



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

**NEU**

**e**

# Elektroflug

Ludwig Retzbachs

Magazin

Nr. 2/11

www.elektroflug-magazin.de

## DG-1000 in 1:3 **Ausgefahren**

Alle Fakten: Original DG1001TE mit Elektromotor

Extremheli: Speedfliegen mit TDR von Henseleit Neues aus der Elektrobranche

**Scale-Heli MD 520N NOTAR**

80-mm-Impeller von Horizon

4 x 4-Meter-Segler im Vergleich

Reglertechnik der Zukunft von Hacker-Motor

**1 Modell, 4 Antriebskonzepte – Kadett von Graupner**

Schlepperkunst – die Maule von Hepf Modellbau

**Elektroflug manntugend: e-Genius**

Cargo-Wettbewerb – Antriebsenergie effizient einsetzen



Technik  
**Li-Akkus**  
Entwicklungen  
und Trends

# HITEC AURORA 9



## Touch me!



Set mit Sender,  
2,4 GHz HF-Modul,  
Empfänger OPTIMA 9,  
Senderakku und Lader  
# 11062

**469,90 EUR\***

#### Top-Features:

- 5,1" Hintergrundbeleuchtetes Touch Screen Display mit Telemetrieanzeige
- 30 Modellspeicher
- Frei zuordenbare Schalter, Schieber und digitale Trimmungen (inkl. digitaler Nano-Trimmung)
- Hochpräzise 8-fach-kugelgelagerte Knüppelaggregate
- Einfache Steuermodiwahl (4 Standard + 2 zusätzliche)
- Sagenhaftes Preis-Leistungsverhältnis

Ausführliche Produktbeschreibungen unter [www.hitecrc.de](http://www.hitecrc.de)

**MULTIPLEX**

[www.multiplex-rc.de](http://www.multiplex-rc.de)

MULTIPLEX Modellsport GmbH & Co.KG • Westl. Gewerbestr. 1 • D-75015 Bretten

**HITEC**

[www.hitecrc.de](http://www.hitecrc.de)

**HITEC ROBOTICS**

[www.hitecrobotics.de](http://www.hitecrobotics.de)

**RC System**

[www.rcsystem-multiplex.de](http://www.rcsystem-multiplex.de)

**TRAXXAS**

[www.traxxas.de](http://www.traxxas.de)

\* unverbindliche Preisempfehlung

+++MULTIPLEX NEWSLETTER ANFORDERN+++

# robbe RUXXY®

Motoren und Regler



# RC-TOY

Macht die besten Preise

Einfach Elektroflug-02-2011 im Gutscheinfenster auf der Warenkorbseite eingeben und schon erhalten Sie den Preisnachlass ab einem Warenwert von 100€!

**Gutschein:**  
**10 Euro**

Code: Elektroflug-02-2011

## Walkera V120D03 RTF Komplettsset

- Hauptrotordurchmesser: 305mm
- Länge: 288mm
- Gewicht: 86g

Lieferumfang:  
1x Walkera V120D03 RTF  
1x 2,4 GHz WK-2603 6-Kanal Sender  
1x 600mAh 3,7V LiPo Flugakku  
1x LiPo Ladegerät  
1x Ersatzrotorblätter

### Features:

- Brushless Heckmotor
- Brushless Hauptmotor
- 3D Flybarless System
- perfekt für 3D Kunstflug geeignet
- CNC Rotorkopf mit kollektiver Blattverstellung
- präzisiertes Steuerverhalten in seiner Größenklasse



249,- €

## Walkera V120D01 RTF Komplettsset

- Hauptrotordurchmesser: 258mm
- Länge: 290mm
- Gewicht: 80g

Lieferumfang:  
1x Walkera V120D01 RTF  
1x 2,4 GHz WK-2403 4-Kanal Sender  
1x 600mAh 3,7V LiPo Flugakku  
1x LiPo Ladegerät  
1x Ersatzrotorblätter

199,- €



## Eskey Belt CPX 3D Artikelnr.: 002793

- Hauptrotordurchmesser: 680mm
- Länge: 650mm
- Gewicht: 670g

Lieferumfang:  
1x Eskey Belt CPX 3D RTF  
1x 6-Kanal 2,4 GHz Fernsteuerung  
1x 1800mAh 11,1V LiPo Flugakku  
1x LiPo Ladegerät  
in drei verschiedenen Farben erhältlich

175,- €



## Pro Kit Models 3GX

### T-REX 450 PRO 3GX Super Combo Artikelnr.: KX015080

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

Lieferumfang:  
1x T-REX 450 Pro 3GX Kit  
1x 3GX Flybarless-System  
3x DS410MG Digitalservo  
1x DS520 Digitalservo  
1x ESC 35X BL Regler  
1x BL Motor 450MX



419,- €

### T-REX 600EFL 3GX PRO Super Combo Artikelnr.: KX016017

- Hauptrotordurchmesser: 1347mm
- Länge: 1160mm
- Gewicht: ca. 2290g

Lieferumfang:  
T-REX 600EFL 3GX Pro Kit  
1x 3GX Flybarless-System  
3x DS610 Digitalservo  
1x DS650 Digitalservo  
1x 80A BL Regler  
1x BL Motor 600MX



785,- €

### T-REX 550E 3GX Combo Artikelnr.: KX021008

- Hauptrotordurchmesser: 1188mm
- Länge: 1042mm
- Gewicht: 2800g

Lieferumfang:  
1x T-REX 550E 3GX Kit  
1x 3GX Flybarless-System  
3x DS610 Digitalservo  
1x DS620 Digitalservo  
1x 70A BL Regler  
1x BL Motor 600MX



709,- €

### T-REX 700E V2 3GX Super Combo Artikelnr.: KX018E12

- Hauptrotordurchmesser 1562mm
- Länge: 1328mm
- Gewicht: 2830g

Lieferumfang:  
1x T-REX 700E 3GX Kit  
1x 3GX Flybarless-System  
3x DS610 Digitalservo  
1x DS650 Digitalservo  
1x 120A BL Regler  
1x BL Motor 700MX



1119,- €

## Flächenmodelle bei RC-Toy!



Sickle Hotpoint 40 EP 149,- €



Pitts 12 Python 219,95 €



Cap 232 25E 139,- €



Zlin 50L 25E 159,- €



Yak-55 169,- €



Sukhoi 31 159,- €

## Highlight: MXS-R »Breitling«



179,95 €

Mehr dazu bei uns im Shop!

**-2% Best Preis Garantie**  
Gültig für Produkte von Align, Walkera, Eskey

08042 501055  
info@rc-toy.de

Versand innerhalb Deutschlands in 1-2 Tagen

**0€** ab 50€ Bestellwert  
Versandkostenfrei

www.rc-toy.de online-shop

# Editorial

Wer als alter Flugmodellbauer mal die Homepage des japanischen Motorenherstellers O.S. Motor unter [www.osengines.com](http://www.osengines.com) anklickt, dem entfährt wohl erst mal ein verwundertes „Ups“. Bei jener Traditionsfirma nämlich, die 1936 den ersten Modellmotor mit 1,66 Kubikzentimeter und Funkenzündung herausbrachte, die 1947 ein Pulsostrahlrohr zum Verkauf anbot, die 1957 mit dem legendären 1,66-Kubikzentimeter-Glühzündermotor O.S. PET (-2) die bis dahin branchenüblichen Selbstzündermotoren aus dem Markt zu drängen begann, die um 1970 zusammen mit Graupner den ersten Wankel-Modellmotor auf den Markt brachte, bei dieser von dem Namen Ogawa Seiki abgeleiteten, stets am Puls der Zeit lauschenden Firma O.S., sind jetzt vier kompakte, blau eloxierte Außenläufermotoren auf der Startseite abgebildet. Und, wie um auch letzte Zweifel auszuräumen, steht daneben „High-Powered Brushless Aircraft Motors!“. So in etwa geht wohl Energiewende auf Japanisch?

Vielleicht liegt es ja einfach an der Beschäftigung mit der Materie Modellflug, dass man niemals am Überkommenen festklebt, stets versucht, neue Möglichkeiten auszuloten und so vielen anderen technikorientierten Branchen meist einen Schritt voraus ist?

Ludwig Retzbach  
Herausgeber



Anzeige



iVol

## Fliegen, wie im Cockpit...



### ...der neue iVol 2G16 macht's möglich!

Entdecken Sie die neue iVol-Generation. Ausgestattet mit völlig neuer Technik und in bewährtem Design. Natürlich mit integrierter JETIBOX-Funktionalität.



- 2,4 GHz-Funktechnik mit 16 Kanälen
- Volle Telemetriefähigkeit
- Konfiguration und Kalibrierung am eigenen PC
- 2 Steuerknüppel, stufenlos längenverstellbar
- grafische Darstellung der Telemetriedaten

Alle JETI-Duplex-Produkte bei uns erhältlich – auch für Händler.



Baltic Seagull Electronics  
Schauenburger Straße 116  
D 24118 Kiel  
Telefon 0431 530354-10  
[kundenservice@baltic-seagull.de](mailto:kundenservice@baltic-seagull.de)  
[www.baltic-seagull.de](http://www.baltic-seagull.de)

# Inhalt 02/11



88 | *MD520N Beat Sigrist realisierte in seinem Scale-Heli MD520N ein voll funktionsfähiges NOTAR-System. Der Heckrotorlose Helikopter gilt im Original als Meilenstein der Flugtechnik*



106 | *E-Genius In einem Großprojekt mit Partnern aus der Industrie und öffentlichen Fördergeldern entwickelte das Institut für Flugzeugbau der Universität Stuttgart den mantragenden Elektro-Zweisitzer E-Genius*



56 | *Strommessung Sensoren und mobile Module zum Messen und Speichern von Strömen während des Flugs sind ein zentraler Baustein fürs Setup von Antrieben. Die Übersicht zeigt aktuelle Produkte*

28 und 98 | *Lithium-Special Gehört dem Lithium-Akku wirklich die Zukunft? Im ersten Artikel ab Seite 28 beleuchten wir Trends, aktuelle Forschungsergebnisse und Potenziale zukünftiger Stromspeichertechnologien. Fundierte Kenntnisse über den Zellaufbau, die innere Chemie und die physikalischen Grenzen von LiPos thematisiert der zweite Artikel ab Seite 98.*



## e-Modelle

- 8 **DG-1000** Scale-Segler in 1:3 mit Klapptriebwerk
- 20 **Maule** Schlepper mit Kunstfluggenen von GB Models
- 72 **Kadett 1** Modell, 4 Antriebskonzepte
- 88 **MD 520N** Porträt eines Scale-Heli mit NOTAR-System

## e-World

- 16 **DG-1001TE** Das Original mit Elektro-Antrieb
- 38 **F3A-Kunstflug** Epochen des Elektro-Kunstflugs
- 84 **Lastenträger** Air Cargo Challenge 2011
- 106 **E-Genius** Mantragender Zweisitzer mit E-Motor

## e-Wissen

- 28 **Energieträger** Trends und Visionen in der Akkutechnik
- 98 **Special** Zellaufbau und chemische Eigenschaften von LiPos

## e-Service

- 44 **e-World** Kurzmitteilungen aus der Elektrobranche
- 46 **Vergleichstest** Viermetersegler Alpina, Sharon, Excel, Luky Sport
- 52 **Neue Klasse** 80-mm-Impeller von Horizon Hobby
- 55 **e-Facts** Mehr wissen, besser fliegen
- 56 **Übersicht** Sensoren und Module zum Strommessen
- 59 **e-rste Hilfe** Praxistipps aus dem Modellflugalltag
- 60 **MasterSenstrol** Reglertechnik der Zukunft von Hacker
- 64 **Trend** Speedfliegen mit dem Elektro-Heli
- 68 **Feuerwerk** Pyro 650-62 von Kontronik

## e-Magazin

- 5 **Editorial**
- 70 **Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin Shop**
- 82 **Was macht eigentlich Martin Weberschock?**
- 96 **e-Magazin** Die digitale Ausgabe für iPad & Co
- 104 **Ihr Kontakt zu Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin**
- 112 **Flugplatzgespräche** Harder & Kohn über Hongkong-Ware



# Jeden Monat neu.

Jetzt zum Reinschnuppern:  
Das vorteilhafte Schnupper-Abo

Jede Ausgabe  
**164 Seiten!**  
Mehr hat  
keiner



## Ihre Schnupper-Abo-Vorteile

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

**Jetzt bestellen!**

Im Internet [www.modell-aviator.de](http://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](http://www.modell-aviator.de/emag)



Text und Fotos: Oliver Hoppe

# Superorchidee

DG-1000 im Maßstab 1:3





Die Faszination eines vorbildgetreuen Klapptriebwerks gepaart mit einem vorbildgetreuen Modellsegler der EXTRAKLASSE, kommt bei der DG-1000 von Egger Modellbau voll zum Tragen. *Der viel genutzte und oft überstrapazierte Begriff Superorchidee findet hier sein Paradigma.*

**A**ls die Firma DG Flugzeugbau Ende der 1990er-Jahre erste Planungen für die komplette Neuentwicklung eines Doppelsitzers anstellte, war der Markt im Großen und Ganzen beherrscht von zwei Flugzeugtypen: der ASK 21 von Alexander Schleicher und dem Duo Discus von Schempp-Hirth. Die 21er war als gutmütiges, aber etwas schwerfälliges Schulflugzeug bekannt, mit dem man auch dem Kunstflug frönen konnte. Der Duo dagegen setzte kompromisslos auf den Leistungsstreckenflug. Die Überlegung des relativ kleinen Herstellers DG war es nun, hier in eine

Marktnische zu stoßen, indem man ein modernes Flugzeug entwickelte, das gleichermaßen für die Schulung wie auch für Kunst- und Streckenflug geeignet war. Einen Allrounder, der es Segelflug-Clubs ermöglichen sollte, mit nur einem Typ all die unterschiedlichen Interessen ihrer Mitglieder zu vereinen. So entstand die DG-1000. Und der Erfolg gab den Machern Recht. Heute sind es mehrere Varianten, in denen der Hersteller das Muster anbietet. Im Mai 2011 startete als sechste Version die DG-1001TE zu ihrem Jungfernflug. Ein technischer Meilenstein mit völlig CO<sub>2</sub>- und abgasfreiem, elektrischem Klapptriebwerk – mehr zum Original im anschließenden Artikel.





DG-Piloten haben gut lachen: Markus Egger mit Showpilot Heli Negele

### Markus' Neue

Wenn man sich mit dem Kärntner Modellsegelflugzeughersteller Markus Egger darüber unterhält, warum er sich als seine erste Entwicklung eines Segelflugmodells in Voll-GFK-Bauweise ausgerechnet die DG-1000 als Vorbild aussuchte, so drängen sich sofort einige Parallelen zur Geschichte des Originals auf. Egger, der sich schon seit einigen Jahren in der Herstellung von Segelflugzeugen in Styro-Abach-Bauweise einen Namen gemacht hatte, wollte eine komplette Neuentwicklung auf den Markt bringen. Als Kleinserienhersteller mit Manufakturcharakter musste er die Nische besetzen. Und so wollte auch er den perfekten Allrounder entwickeln – eben ganz wie seine Vorbilder bei DG Flugzeugbau: ein qualitativ hochwertiges, optisch faszinierendes Scale-Großmodell, mit dem Piloten alle fliegerischen Wünsche und Verrücktheiten ausleben können. Es sollte aber auch ein Flugzeug werden, das durch seine ausgewogenen Flugeigenschaften selbst Einsteiger in der Großsegelfliegerei nicht vor unlösbare Aufgaben stellt.

Nach über einem Jahr harter Arbeit in Entwicklung, Bau, Erprobung und Verfeinerung seiner DG-1000 berichtete uns Markus Egger mit sichtlichem Stolz, dass er sein Ziel tatsächlich ziemlich genau getroffen hat. Nun war es an der Zeit, sich selbst davon zu überzeugen. Und so machten wir uns auf die Reise an den schönen Ossiacher See im Süden Österreichs und statteten Markus Egger und seinem neuen Baby einen



Die Flächenformen sind fertig lackiert und damit vorbereitet für das GFK-Gelege

Besuch ab. Ganz nebenbei waren wir natürlich neugierig, wie so ein edles Schalentier denn eigentlich entsteht und haben ihm bei der Produktion einmal über die Schulter geschaut.

### Big toys for big boys

Es ist schon ein ziemlich beeindruckender Brocken, den Markus Egger zu unserem Treffpunkt mitbringt, der ganz in der Nähe gelegenen Fliegerpension Karawankenblick. Das Modell im Maßstab 1:3 mit seinen 6.660 Millimeter (mm) Spannweite fällt definitiv in die Kategorie „Spielzeug für große Jungs“. Und doch wirkt die DG-1000 mit ihrer Streckung und den Winglet-Flügeln grazil und elegant wie eine Superorchidee.

Aber als Erstes interessieren uns natürlich die inneren Werte. Ein massiver Holmverbinder aus gestreckter und in Formen gepresster Kohlefaser und Balsastützstoff sorgen in Zusammenarbeit



Der Bausatzinhalt: Fast fix und fertig kommt der Großsegler zum Kunden

### Technische Daten

Maßstab	1:3
Spannweite	6.660 mm
Bauweise	Voll-GFK-CFK
Abfluggewicht	Segler ab 17 kg/mit KTW ab 19,6 kg
<b>Servoempfehlung</b>	
Querruder	Hitec HS 7950
Wölbklappen	Hitec HS 7950
Landeklappen	Graupner DES 707 BB/MG
Seitenruder	Graupner DES 707 BB/MG
Höhenruder	2 × Graupner DS 3288
empfohlene Stromversorgung	Emcotec DPSI RV (2010), oder DPSI Mini 5 Magic
Antrieb	AFT-25 von Florian Schambeck
Motor	Lehner 1930, Innenläufer
Getriebe	6,7:1 von Hacker
Regler	YGE 120 HV
Antriebsakku	2 × 5s-LiPo 5.000 mAh
Preis	ab 3.475,- Euro



**Die DG-1000 vor der Pension  
Karawankenblick am Ossiacher See**

mit den üppig dimensionierten Torsionsbolzen für einen absolut verwindungssteifen Sitz der Flächen am Rumpf. Und damit sich diese im Schnellflug und Looping auch nicht über Gebühr verbiegen, zeigt uns Markus Egger später in seiner Werkstatt, was er zwischen die Schalen packt: einen durchgehenden 8 mm dicken, stehend eingebauten Holmsteg. Biaxial belegt mit Hochmodulkohlefasergewebe in Verbindung mit den eingelassenen CFK-Gurten macht er diesen Flügel einfach nur bretthart. Ich bin erstaunt, wie leicht das Konstrukt mit den fertig anscharnierten Querrudern, Wölbklappen und den bereits eingebauten Schambeck-Störklappen dennoch in



**Die Segeleigenschaften der DG-1000 sind erstklassig.  
Soll wieder gestiegen werden, schaltet man das AFT25 zu**

der Hand liegt. Hier bin ich von anderen Herstellern bei weniger Festigkeit Schwereres gewohnt. Weiterer Pluspunkt: Durch die geschickte Teilung der Flächen lässt sich das gesamte Modell selbst in kleineren Kombis problemlos unterbringen.

Auch beim Rumpf verlässt Egger Modellbau ausgetretene Pfade. Das Urformpositiv wurde (wie auch das der Flächen) zuerst am Computer entworfen und dann CNC-gefräst. Die Folge ist eine exakte Replik des Originalvorbilds mit bereits integrierten, passgenauen Anformungen samt Klappmechanismus für die beiden Haubenträger. Auch die gesamte Steckung und Profilformung samt korrekt vorgegebener EWD ist fix und fertig installiert. Es sind diese Details, die dem späteren Erbauer viel Zeit und Mühe sparen und dafür sorgen, dass das Modell auch flugtechnisch keine bösen Überraschungen birgt.

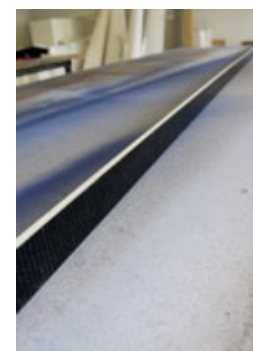
### **Klapptriebwerk**

Selbstverständlich sind auch Seiten- und Höhenruder samt Dämpfungsfläche aus dem edlen Kunststoff hergestellt. Gerade hier, betont Markus Egger, habe er auf eine besonders leichte Bauweise geachtet, damit der Kunde später nicht

„Das wenige zusätzliche Gewicht des Antriebs, das Trimmblei wird durch 10s-LiPo-Power ersetzt, sei im Flug nicht spürbar“



**Typisch für die DG-1000 sind die  
Flächenknicks und hochgezogenen Winglets –  
hier etwas überzeichnet dargestellt**



**Der hält was er  
verspricht: Holm fertig  
zum Einbau in die  
Flächenschalen**



**Trotz Klapptriebwerksakkus, die ganz vorne platziert sind, passt noch ein kompletter Cockpitausbau in den Rumpf**

unnötig Blei im Bug spazierenfliegt. Apropos Blei: Auf dieses Material kann gänzlich verzichtet werden, wenn sich der Erbauer dafür entscheidet, das Flugzeug mit einem Klapptriebwerk von Florian Schambeck (AFT25) – sozusagen in der DG-1001TE-Version – zu bauen. Auch unser Vorführmodell aus der ersten Serie hatte dieses Triebwerk verbaut, was es zu einem kraftvollen Eigenstarter macht.

Markus Egger berichtet uns, dass der Großteil seiner Kunden das Modell bereits mit eingebautem AFT25 bei ihm bestellt. Das wenige

zusätzliche Gewicht des Antriebs, das Trimmblei wird durch 10s-LiPo-Power ersetzt, sei im Flug nicht spürbar, aber der Einsatzradius erweitert sich deutlich. Genauso wie die Sicherheit bei Absaufern, eine Situation die Hangflieger nur allzugut kennen.

Trotz der vielen Technik im Rumpf ist es bei der DG-1000 von Egger Modellbau immer noch möglich, einen kompletten Scale-Cockpitausbau inklusive zweier Piloten hineinzubaunern. Und damit sich der Kunde auf diesem Gebiet nicht mehr als notwendig den Kopf zerbrechen muss, wird ein passender, umfangreicher Ausbausatz mit Instrumentenpilzen und Sitzschalen angeboten.

### Durchzugsstark

Doch nun wollten wir sehen, was fliegerisch in dem Modell steckt. Heli Negele, bekannter Showpilot und Mitveranstalter des Bavarian Air Meeting, dessen Maschine wir hier gerade begutachtet haben, führt uns das Modell im Flug vor. Also, Akkus rein, Klapptriebwerk ausfahren und schon rollt die Maschine mit dem bekannten satten Sound des AFTs an. Es fällt auf, dass sie dabei nur ganz leicht die Nase senkt. Schon nach

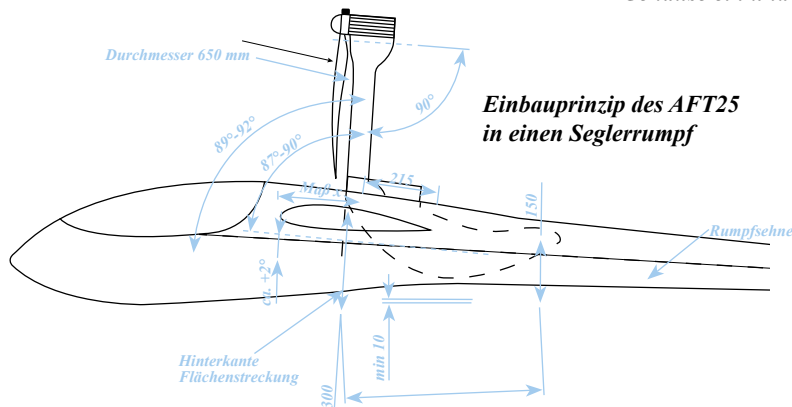
## AFT von Schambeck

Das Ausfahrtriebwerk (AFT) der Firma Florian Schambeck Luftsporttechnik ist in zwei Leistungsklassen erhältlich, dem AFT19 und dem AFT25. Die Eingangsleistung des AFT19 reicht von 900 bis 1.500 Watt und die des AFT25 von 1.100

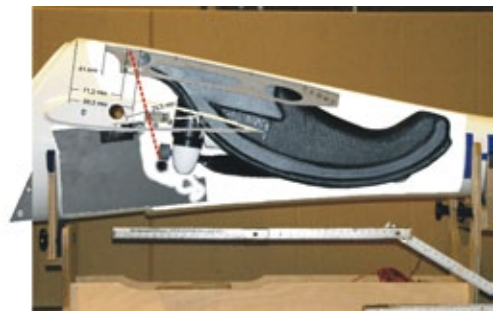
bis 2.000 Watt. Der auf einem ausfahrbaren Träger befestigte Brushlessmotor ist in einem bananenförmig aussehenden Gehäuse im Modellrumpf gelagert. Fotos und Skizze von Florian Schambeck Luftsporttechnik.



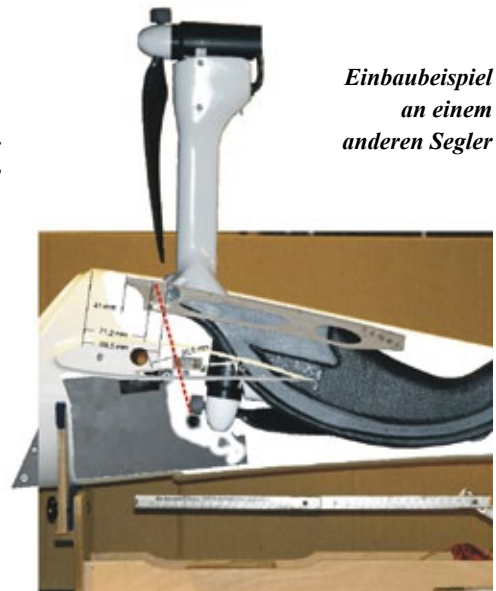
Das AFT25 fährt ins CFK-Gehäuse ein und aus



Einbauprinzip des AFT25 in einen Seglerrumpf



Einbaubeispiel an einem anderen Segler

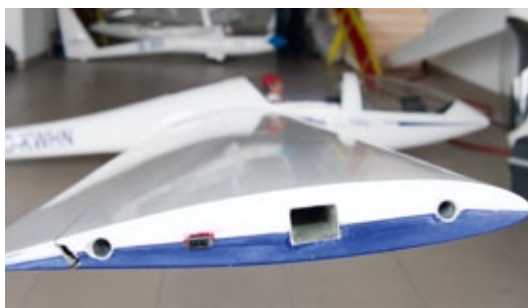




*Heli Negele startet seine DG-1000 von Modellbau Egger*



**Unzerstörbar: Der Flächenverbinder gleicht in seiner massiven Ausführung einem Schlagstock**



**Die Außenflügel werden mittels Vierkant-Kohleverbinder montiert**

wenigen Metern ist sie frei und Heli beginnt einen kurzen Steigflug. Nach zirka 50 Höhenmetern kann er das Triebwerk bereits wieder einfahren. Die Thermik krallt sich die DG-1000 nun sanft, aber nachdrücklich, und befördert das Modell schon bald in eine gute Ausgangshöhe für eine Menge Spaß.

Und Spaß bedeutet für Heli in erster Linie Action in Form von exzellentem Kunstflug, schwindelerregend hohen Ablassern und atemberaubend tiefen und schnellen Überflügen. Die Einzige, die diese Show tatsächlich völlig kalt zu lassen scheint, ist die DG selbst. Ohne sichtbare Biegung, Verwindung und ohne Flattertendenz lässt sie selbst die härtesten Manöver über sich ergehen. Ihr Durchzug aber, der ist gewaltig. Und auch nach mehreren Vier-Punkt-Rollen hintereinander muss sie dem Luftwiderstand nur

wenig Tribut zollen, Loopings geraten zu wahren Durchmesser-Monstern – Gänsehaut bei allen Anwesenden.

Später, als die Thermik langsam schwächer wird, wollen wir auch die Kurbeleigenschaften näher unter die Lupe nehmen. Ich nehme mit meinem Sechsmeter-Ventus den Kampf auf. Ein Bild für die Götter, wie die beiden maßstabgleichen Modelle langsam und bedächtig im selben zarten Abendbart kreisen. Nur eines trübt mir den Spaß: Die DG-1000 steigt besser als der Ventus, und das, obwohl sie mit ihrem Klapptriebwerk deutlich schwerer ist. Dank des von Dr. Helmut Quabeck eigens für dieses Modell berechneten Profilstraks und der gut wirkenden, großen Wölbklappen zeigt sich das Segelflugmodell nun von seiner zahmen Seite. Heli Negele verrät mir, dass er sich selbst in direkter Nähe der nahen Baumwipfel noch so langsam zu kreisen traut, so vertraut fühle er sich inzwischen mit der



**Die Höhenruderrflosse mit den beiden Servos wird einfach mit zwei Stahlschrauben fixiert**

## **DG-1000**

*Die erste DG-1000 des Hersteller DG Flugzeugbau startete ihren Jungfernflug am 27. Juli 2000. Fast elf Jahre später, am 7. Mai 2011 erlebte die mit einem Elektromotor angetriebene DG-1001TE ihren Erstflug.*

## **Bezugsadressen**

**Modellbau Egger**  
St. Stefan 24  
9560 Feldkirchen/Kärnten  
Österreich  
Telefon:  
00 43/676/727 46 72  
E-Mail:  
[info.modellbau@aon.at](mailto:info.modellbau@aon.at)  
Internet:  
[www.modellbau-egger.at](http://www.modellbau-egger.at)

**Florian Schambeck**  
**Luftsporttechnik**  
Stadelbachstraße 28  
82380 Peissenberg  
Telefon: 088 03/489 90 64  
Fax: 088 03/48 96 64  
E-Mail: [schambeck@klapptriebwerk.de](mailto:schambeck@klapptriebwerk.de)  
Internet:  
[www.klapptriebwerk.de](http://www.klapptriebwerk.de)



Maschine. Ein plötzliches Abreißen der Strömung sei praktisch ausgeschlossen. Und zum Beweis überzieht er anschließend gnadenlos und wir werden Zeuge, was passiert: Die DG-1000 nimmt lediglich etwas die Nase nach unten und holt minimal Fahrt auf.

Absolut harmlos präsentiert sich die DG-1000 dann auch bei der Landung. Mit Unterstützung der Wölbklappen und Butterflymix auf die Querruder braucht der Großsegler nur eine sehr knapp bemessene Landewiese, rollt kurz aus und legt dann sanft eine Fläche ins Gras. Und in der

warmen, untergehenden Abendsonne Kärntens habe ich nun schon zum zweiten Mal für heute dieses Gänsehautgefühl.

### **Umstellung geglückt**

Markus Egger hat mit der Entwicklung seiner DG-1000 etwas Neues gewagt. Er hat umgestellt von der konventionellen Bauweise mit Styropor-Abachi-Flügeln auf die viel modernere Voll-GFK-Schalentechnologie, nah am Original. Damit hat er für den anspruchsvollen Piloten, der auf der Suche nach einem ganz besonderen

## **„Bei der Berechnung der Klappengröße und des Profilstraks hat uns Dr. Helmut Quabeck mit seiner langjährigen Erfahrung unterstützt“**

*Markus Egger, Inhaber der Firma Egger Modellbau*



## **Interview** Vollkunststoff für Klapptriebwerkler

Markus Egger, Inhaber der österreichischen Firma Egger Modellbau, ist seit einigen Jahren als Hersteller von Scale-Segelflugmodellen bekannt. Sein erstes Projekt in Voll-GFK ist die DG-1000. Im Interview mit **Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin** erklärt er, wie es dazu kam.

*Herr Egger, warum entstand die DG-1000 in Voll-GFK und nicht wie ihre anderen Modelle in Gemischtbauweise?*

Schon früh fiel der Entschluss, dass meine hohen Ansprüche an die eigene Fertigungsqualität nur mit CNC-gefrästen Urmodellen sinnvoll umsetzbar sind. Bei der Genauigkeit der Formen wollte ich auf keinen Fall Kompromisse eingehen. Denn nur bei einer einwandfreien Aerodynamik und Profiltreue sieht so ein Modell nicht

nur am Boden gut aus, sondern fliegt sich auch genauso gut.

*Wie sind Sie bei der Entwicklung der DG-1000 vorgegangen?*

Gemeinsam mit dem bekannten Showpiloten Heli Negele wurden die Eckpunkte abgesteckt. Wir wollten zwar ein relativ leichtes Flugzeug bauen, aber ohne im Grenzbereich des Kunst- und Vollgasflugs Abstriche machen zu müssen. Daher ist der Holm mit einem biaxialen Kohlefasergewebe belegt und bildet gemeinsam mit den CFK-Holmgurten brettharte und verwindungssteife Flächen. Der Durchbruch bei der Aerodynamik kam, als wir die Wölbklappen um einen gewissen Prozentsatz vergrößert haben. Sticht man das Modell aus großen Höhen an und fliegt dann beispielsweise eine Rolle, verringert sich die Geschwindigkeit

kaum merklich und der Durchzug bleibt voll erhalten. Bei der Berechnung der Klappengröße und des Profilstraks hat uns Dr. Helmut Quabeck mit seiner langjährigen Erfahrung unterstützt.

*Haben Sie von Beginn an den Einbau eines Klapptriebwerks eingeplant?*

Kunden, die sich ein Flugzeug dieser Größe und Bauausführung anschaffen, haben selbstverständlich ganz besondere Ansprüche. Die DG-1000 sollte alle Wünsche möglichst in einem Modell umsetzen: Sowohl langsames und absolut unkritisches Thermikfliegen mit hervorragenden Steigwerten im Bart als auch perfektes und neutrales Schnell- und Kunstflugverhalten. Von Beginn an stand fest, dass das Klapptriebwerk AFT25 von Florian Schambeck problemlos einbaubar sein sollte, da es die Flexibilität unterstützt.



Scale-Modell ist, ein Produkt im Portfolio, mit dem er uns voll überzeugen konnte. Bei unserem Besuch bei ihm in Feldkirchen, konnten wir auch Zeuge der Entstehung dieses Segelfluggzeugs werden und haben gesehen, dass bei Egger Modellbau neben viel Kohle- und Glasfaserkunststoff auch eine Menge Herzblut und Begeisterung für die Originale mit in die Produktion einfließen. So bekommt jeder Kunde ein individuell auf ihn abgestimmtes Modell ganz nach seinen Wünschen, das nicht nur bestechend gut aussieht, sondern sich auch genauso fliegt. |

*Das Aufrüsten geht schnell von der Hand. Unter den beiden Solarpaneelen schlummert das AFT25*



*Mittels zweier Rändelschrauben werden die Flächen am Rumpf gehalten*

— Anzeigen

**KAISER Modellbau**  
[www.kaisermode llbau.de](http://www.kaisermode llbau.de)  
**ALIGN** Benziner  
 info@kaisermode llbau.de  
 Fischbacherstraße 26 a, 65779 Kelkheim  
 Telefon: 061 95/75 68 19 oder 01 72/660 74 52

[www.schmierer-modellbau.com](http://www.schmierer-modellbau.com)  
 \* Wir sind auf der Messe am Bodensee!!! \*  
**NEU! Ray X F3J Wettbewerbsmodell**

Diese DVD zeigt in aufeinander aufbauenden Übungen, wie Sie zu einem erfolgreichen und sicheren Modellhelikopter-Piloten werden.

Artikel-Nr. 12579

**Mehr Informationen, mehr Bücher und mehr Vielfalt im Online-Shop [www.alles-rund-ums-hobby.de](http://www.alles-rund-ums-hobby.de) und auf Seite 70**

High End Elektromotoren  
**PLETTENBERG**

**Wir bewegen die Welt !**  
 the art of power ...  
 ... made in Germany.

Plettenberg Elektromotoren • Rostocker Str. 30 • D - 34225 Baunatal  
[www.plettenberg-motoren.com](http://www.plettenberg-motoren.com) • [info@plettenberg-motoren.com](mailto:info@plettenberg-motoren.com)  
 Tel: +49 (0) 56 01 / 97 96 0 • Fax: +49 (0) 56 01 / 97 96 11

Text: Mario Bicher, Fotos: DG Flugzeugbau

# Elektro-Turbo

## Fakten zum Elektroantrieb der Original DG-1001TE

ELEKTRO-TURBOANTRIEB, das klingt für Modellflieger vielversprechend. DG Flugzeugbau, Produzent bekannter manntragender Segelflugzeuge, *stattete seine DG-1001TE mit einem solchen Turbo aus*. Dort hängt man die Erwartungen an die Antriebsleistung jedoch tief. Umso mehr überraschte das Ergebnis: *der kraftvolle Elektromotor überzeugt und zeigt Potenziale auf*.

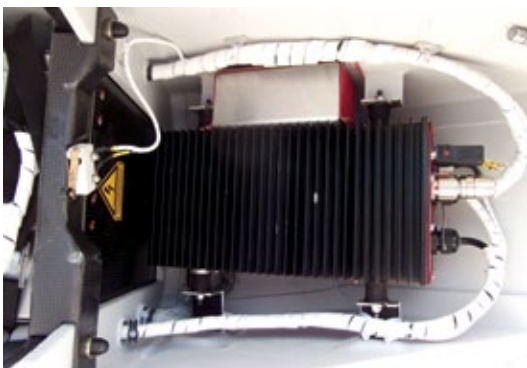




**I**m direkten Vergleich zum bereits erprobten und vielfach eingesetzten Klapptriebwerk mit Verbrennungsmotor waren die Verantwortlichen bei DG Flugzeugbau zunächst skeptisch gegenüber dem Elektromotorkonzept. Die mögliche Leistungsausbeute schätzte man konservativ ein und erwartete vom Elektroantrieb nicht mehr, als dass er den Aktionsradius der DG-1001TE um etwa 100 Kilometer gegenüber der reinen Seglerversion erweiterte. Ausreichend, um mit dem Hilfsmotor wieder zum Heimatflugplatz zurückzukehren oder einen Ausweichplatz anzufliegen. Der Aspekt Eigenstartfähigkeit stand gar nicht im Pflichtenheft. Insgesamt sollte auch der Entwicklungsaufwand gering gehalten und als Versuchsträger die für einen Verbrenner vorgesehene DG-1001T angepasst und eingesetzt werden. Modifikationen, das wissen Modellflieger aus eigener Erfahrung nur zu gut, haben jedoch ihre Grenzen. Nicht anders erging es den Konstrukteuren bei DG Flugzeugbau.

### Neue Wege

Die erforderlichen Anpassungen an das ursprünglich vorgesehene Vorführflugzeug DG1001T überstiegen das technisch und konstruktiv Vertretbare. Der Schritt vom Verbrenner



*Von Piktronik stammt der Wechselrichter SAC-41. Er übernimmt die Motorsteuerung. Die im Motor eingebauten Sensoren sind nur bis 700 Umdrehungen in der Minute aktiv*



*Einer von zwei brandfest verschlossenen Batteriekästen. Hier der mit 48 LiPo-Zellen im Motorraum. Darüber ist das Batteriemanagementsystem platziert*

### Technische Daten

DG-1001TE	
Spannweite	20 m
Leermasse	539 kg
Flächenbelastung	35 kg/m <sup>2</sup> (80 kg Zuladung)
Geringstes Sinken	0,54 m/s, bei 81 km/h
Beste Gleitzahl	1:46,5, bei 120 km/h
Antrieb und Akku	
Motortyp	Bürstenloser Außenläufer
Motorname	Emrax 222 von Enstroj
Leistung	25 kW/34 PS
Wechselrichter	Piktronik SAC-41
Akku	72 LiPo-Zellen in Reihe von Kokam
Kapazität	31 Ah
Nennspannung	266 V
Akkugewicht	65 kg
Propeller	DG-P001-1
Steigleistung	1,8 m/s (630 kg)
Steighöhe	2.300 m (630 kg)
Reichweite	120 km (doppelsitzig im Sägezahn)
Reisegeschwindigkeit	120 km/h

zum Elektro ging nur über einen speziell am Elektro-Antriebskonzept angepassten Neubau eines DG-1001-Rumpfs. Zusätzliche Batteriespannen im Motorkasten und eine neue Verkabelung beispielsweise, konnten so viel einfacher umgesetzt werden. Zugleich plante man in Kooperation mit der Europäischen Luftfahrtbehörde EASA eine Musterzulassung für den nun DG-1001TE getauften Segler.



*Die Klapptriebwerksmechanik konnte vom Verbrenner-Turbo übernommen werden. Zum Einfahren in den Rumpf bringt die Sensorelektronik den Propeller in eine definierte Parallelposition zum Arm*

### Elektro-Turbo

*Bei DG Flugzeugbau bezeichnet die Wortkonstruktion Elektro-Turbo ein Antriebskonzept, das primär die Reichweite im geringen Umfang erhöhen soll. Der Elektro-Turbo wird kurzzeitig als Hilfsmotor im Schleppbetrieb oder Flugbetrieb eingesetzt, um bei Bedarf eine Landestelle anzufliegen, die im Gleitflug alleine nicht erreichbar wäre. Eigenschaften wie Eigenstartfähigkeit oder Motorsegelflug zum Reisen spielen eine untergeordnete Rolle.*



## „Wie sich abzeichnet, wird der Elektrosegler wahrscheinlich vielseitiger einsetzbar sein, als die Version mit Verbrennerantrieb“

Jelmer Wassenaar, Projektleiter

Ernüchterung machte sich wieder bei der Marktanalyse geeigneter Elektroantriebe breit. Entweder waren diese zu schwer, zu schwach oder nicht effizient genug. Yuneec aus China, bekannt vom manntragenden Elektro-Motorsegler E430, schien aufgrund seiner Erfahrungen als Partner geeignet, konnte das Projekt aber wegen interner Probleme nicht durchführen. Ebenfalls fiel der für DG infrage kommende deutsche Hersteller AST Köhler aus. Mit dem slowenischen Motorenbauer Enstroj fand man schließlich einen Partner, der auf Basis eines bestehenden Motor-konzepts das DG-1001TE-Projekt zum Erfolg führen sollte.

### Der Antrieb

Die Wahl fiel auf einen Standardmotor von Enstroj, dem Emrax 222. Er leistet auf Dauer 25 Kilowatt bei einer Drehzahl von 2.800 Umdrehungen in der Minute (U/min). Damit der Emrax 222 diese eigentlich nicht für ihn vorgesehene Leistung und Drehzahl auch erreichen kann, waren wenige Änderungen erforderlich – beispiels-

weise vergrößerte man den Luftspalt zwischen Magneten und Spulen. Der Brushlessmotor bringt ein Gewicht von nur 11 Kilogramm auf die Waage und entwickelt im direkten Vergleich zum sonst verwendeten Verbrenner eine um 15 Prozent höhere Leistung – wie sich später herausstellen sollte. Lediglich in der Flugdauer kann der Verbrenner aktuell noch von der höheren Energiedichte des Flugsprits profitieren und den V-Segler über größere Distanzen tragen als den E-Segler. Angesichts der zu erwartenden Entwicklungen auf dem Akkumarkt dürfte es jedoch eher eine Frage der Zeit sein, bis auch dieses Argument pro Verbrenner vom Tisch ist. Aktuell reicht die elektrische Kapazität aus, den Motor etwas über 20 Minuten lang bei konstanter Drehzahl mit Strom zu versorgen.

Energie bezieht der Brushlessmotor aus einem LiPo-Akkupack, der insgesamt aus 72 in Reihe geschalteten Zellen – Nennspannung 266 Volt – besteht und in zwei Blöcke aufgeteilt ist: einen mit 48 und einen mit 24 Zellen. Das Separieren des Akkupacks ließ sich aus Platz- und Schwerpunktgründen nicht vermeiden. Ein Pack ist

**Eingekapselter Brushlessmotor Emrax 222 von Enstroj mit Sensorelektronik von RLS. Die Drehzahl wird konstant bei 2.800 Umdrehungen in der Minute gehalten**



## Interview Potenziale des Elektroantriebs

Verantwortlicher Projektleiter der DG-1001TE ist Diplom-Ingenieur Jelmer Wassenaar, der das Projekt seit Oktober 2009 bei DG Flugzeugbau betreut. Im Interview mit **Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin** erklärte er Details zum Elektro-Turbo.

*Die Regelelektronik erkennt die Stellung des Propellers beim Einfahren des Triebwerkarms. Kommunizieren Wechselrichter und Motor über Sensoren, um die Motorposition zu identifizieren?*  
Der Motor hat hinten einen Winkelgeber drauf, der dazu verwendet wird, den Motor bei niedriger Drehzahl effizienter zu machen. Der Wechselrichter kann den Propeller bremsen und Senkrecht halten, auch dafür wird der Sensor verwendet.

*Wie effizient arbeitet die Rückspeisung beziehungsweise um wie viel wird die Motorlaufzeit erhöht?*  
Den genauen Wirkungsgrad der Energierückgewinnung haben wir noch

nicht ermittelt, er ist aber nicht besonders gut. Für 24 Minuten Motorlaufzeit bei voller Leistung müsste man über 3 Stunden mit ausgefahrenem Triebwerk fliegen. Das Eigensinken liegt dabei aber um die 2 Meter pro Sekunden statt 0,6 mit eingefahrenem Triebwerk. Wenn man das Triebwerk aber zum Beispiel eine Minute als Unterstützung beim F-Schlepp benutzt, dann wäre es möglich, die Batterie beim Fliegen über dem Platz wieder voll zu laden. Somit stände einem die maximale Kapazität wieder beim Streckenfliegen zur Verfügung.

*Ist der Einsatz von Solarzellen auf dem Flügel zwecks Reichweitenerhöhung geplant?*

Solarzellen haben für uns zwei Nachteile. Erstens ist es schwierig, die erforderliche Oberflächengenauigkeit hinzubekommen die wir für unsere Flügel mit Laminarprofilen brauchen. Zweitens heizen sich die Zellen und das darunter liegende Laminat bei kräftiger Sonnen-

einstrahlung stark auf. Die Harze, die wir zurzeit verwenden, sind nicht zugelassen für Temperaturen über 60 Grad Celsius. Solarzellen würden erfordern, die Struktur des Flügels neu auszulegen und zuzulassen. Auch der Preis und das Gewicht stehen dem entgegen, sodass diese Idee nicht entwickelt wird.

*Ist die DG-1001TE bereits auf dem Markt erhältlich?*

Die DG-1001TE kann man seit Kurzem bei uns mit dem getesteten Elektro-Turbo ordern.

*Das Elektro-Turbo-Konzept sieht vor, den Motor kurzzeitig als Hilfsantrieb einzusetzen. Bietet ein Elektroantrieb nicht mehr Potenzial?*

Wie sich zeigte, durchaus. Anfang September haben wir mehrere Eigenstarts mit der DG-1001TE erfolgreich durchgeführt. Wie sich abzeichnet, wird der Elektrosegler wahrscheinlich vielseitiger einsetzbar sein als die Version mit Verbrennerantrieb.

*Etwas über 20 Minuten Motorlaufzeit bietet der Elektro-Turbo der DG-1001TE und erhöht damit den Aktionsradius des Seglers*



im Motorraum und einer im oberen Rumpfbereich platziert. Aus Sicherheitsgründen sind die von Kokam verwendeten Zellen des Typs SLPB78216216H in stabilen, brandsicheren Gehäusen untergebracht, die aus Kohlefaser, Aramid und Aluminium bestehen. Zwecks Einzelzellenüberwachung beim Laden und Entladen der LiPos kommt ein speziell entwickeltes Batteriemanagementsystem zum Einsatz. Dieses ist modular aufgebaut und überwacht in sechs Einheiten je zwölf LiPo-Zellen.

Geregelt wird die Motordrehzahl von einem industriellen Wechselrichter der Firma Piktronik. Er wurde von Enstroj speziell für den verwendeten Emrax 222 angepasst. Sobald der Motorträger ausgefahren und in seiner Endstellung fixiert ist, bringt der Wechselrichter den Propeller sanft, aber zügig auf die Gesamtdrehzahl von 2.800 U/min und hält diese im Betrieb konstant. So lässt sich der optimale Wirkungsgrad des Antriebssystems während der gesamten Betriebsdauer einhalten und nutzen. Die dazu verwendete Sensorelektronik stammt von RLS. Der Sensor ist dabei bis 700 U/min aktiv, um den Wirkungsgrad zu steigern. Darüber und bis zur Höchstdrehzahl wird der Motor sensorlos gesteuert wie es im Modellbau üblich ist. RLS und Enstroj produzieren in Slowenien und sind Spezialisten für Elektromotorkonzepte.

### **Erste Erfahrungen**

Schon während der ersten Standläufe am Boden zeigte sich, dass das Antriebskonzept

voll aufgegangen ist. Die vorhandene Leistung machte neugierig und steigerte die Spannung bis zum Erstflug, der nach etwa anderthalb Jahren Entwicklungsarbeit am 07. Mai 2011 stattfand. Die Ehre wurde Jelmer Wassenaar, Konstrukteur der DG-1001TE bei DG Flugzeugbau, zuteil.

Die Überwachung wesentlicher Parameter im Flug übernimmt das bei DG bewährte Motor-Steuergerät DEI-NT, wie es bereits seit Jahrzehnten in verschiedenen Evolutionsstufen eingesetzt wird. Nur erweiterte man die Funktionen zur Überwachung des Flugs und Motorsteuerung um die Erfordernisse des Elektroantriebs – über ein Display bekommt der Pilot wesentliche Werte direkt angezeigt. So stellte sich heraus, dass die maximale Strombelastung im Flug bei 90 Ampere liegt.

Die Flugleistungen beeinträchtigte das Elektromotorkonzept keinesfalls. Im Vergleich zum Verbrenner-Klaptriebwerk ist es viel leiser und das Eigensinken sogar geringer, was sich beispielsweise beim Thermikkreisen mit stehendem Propeller bemerkbar macht. Fliegt man schneller als dies allein über den Antrieb möglich wäre, übernimmt der Motor eine Generatorfunktion und könnte die Akkus im Flug laden. Insgesamt zeigte man sich bei DG Flugzeugbau mehr als zufrieden über die erzielten Ergebnisse der DG-1001TE mit dem gewählten Antriebskonzept. Einige Erwartungen wurden sogar übertroffen und zeigen Potenziale für zukünftige Entwicklungen auf.

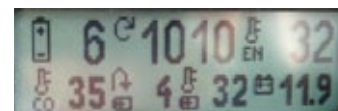
***Dass der Elektro-Turbo der DG-1001TE sogar zur Eigenstartfähigkeit verhilft, gehörte nicht ins Planungskonzept. Es zeigt, wie viel Potenzial im Elektroantrieb steckt***



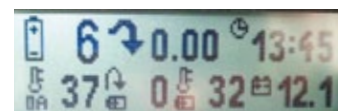
**Displayanzeige DEI-NT-Menü „Batteriemanager“:** dargestellt sind die Spannungslage der stärksten und schwächsten Zelle sowie der Ladezustand



**Im „Lademodus“ zeigt das DEI-NT beispielsweise den aktuellen Ladestrom, die Temperatur und die Gesamtspannung an**



**Anzeige des DEI-NT während des Motorlaufs. Oben von links nach rechts: restliche Batteriekapazität in Amperestunden, Drehzahl und Motortemperatur. Unten: Wechselrichter-temperatur, Batterieentladestrom, Batterietemperatur und Spannung der Pufferbatterie**



**Anzeige des DEI-NT im Segelflug. Oben: restliche Batteriekapazität in Amperestunden, Faktor für die Überziehwarnung und Uhrzeit. Unten: Außentemperatur, Batterieentladestrom, Batterietemperatur und Spannung der Pufferbatterie**

Text: Loys Nachtmann  
Fotos: Silvia Kronthaler

# Gernots Maule

## Die Elektro-Schleppmaschine eines World-Champions

Gernot Bruckmann, mehrfacher Champion im Motor- und Segelkunstflug, hat eine große *ultraleichte Elektro-Schleppmaschine entwickelt*. Wir erklären, warum der prominente Kunstflugpilot eine MAULE mit 2.800 Millimeter Spannweite entwickelte, *welche Features seine Konstruktion von Schleppmodellen anderer Mitbewerber abhebt und welche Antriebs- und Ladetechnik er beim Elektro-Seglerschlepp einsetzt*.







*Dank großer Bremsklappen kommt die Schleppmaschine im Schrittempo hereingeschwebt – Punktlandungen sind ein Kinderspiel*

**R**iesige Kunstflugmaschinen, riskante Aerobatic-Stunts und eine perfekte Show, so präsentiert sich Gernot Bruckmann auf Flugtagen. Da stellt sich schon die Frage, warum sich ein Weltklasse-Kunstflugpilot vor den Bildschirm setzt und mit dem PC eine (fast) anfängertaugliche und gutmütige Schleppmaschine wie die Maule konstruiert? Bewährte Schlepper à la Piper und Wilga gibt es ja bereits zuhauf. Gernot meint dazu lapidar: „Als mehrmaliger Deutscher Meister im Segelkunstflug fühle ich mich verpflichtet, mit einer Schleppmaschine neue Akzente zu setzen. Bereits in der Planungsphase stand fest, es sollte ein ultraleichter, leiser und zuverlässiger Elektro-Alltagschlepper sein, mit einem breiten Einsatzspektrum für alle möglichen Segelflugmodelle bis etwa 10 Kilogramm (kg) Fluggewicht. Für noch größere Segelflugmodelle mit mehr Masse sollte alternativ der Einbau eines Verbrenners problemlos möglich sein, damit auch Modelle mit bis zu 25 kg Gewicht schnell zum Thermikanschluss kommen“.

Gernot entschied sich für einen Scale-Hochdecker mit einem möglichst großen Flächeninhalt und riesigen Bremsklappen, der sich in leichter, aber stabiler Holzbauweise problemlos realisieren lässt. Leichtbauweise und großer Flächeninhalt sind bekanntlich der beste Garant für perfekte Langsamflugeigenschaften – und gerade dieses Merkmal schätzen Scale-Piloten, weil das Schlepptempo sehr vorbildähnlich

aussieht. Da muss man schon zweimal hinsehen, um herauszufinden, ob es sich ums manntaugende Vorbild oder nur um Modellflugzeuge handelt. Und so konzentriert sich Gernot auf die Maule, die nur selten auf Modellflugplätzen zu sehen ist und sich angenehm vom Piper- und Wilga-Einerlei abhebt.

### Der Amerikaner

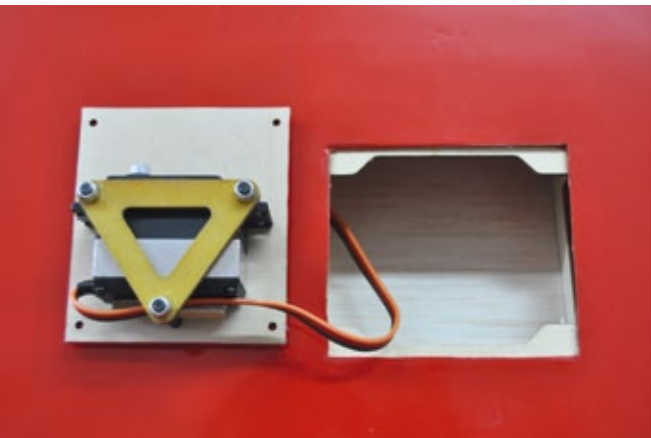
Hersteller des einmotorigen STOL-Flugzeugs Maule MX-7 ist die Maule Air, Inc. im amerikanischen Bundesstaat Georgia, die 1941 von Belford D. Maule (1911-1995) gegründet wurde.

### Bezugsadresse

**Hepf Modellbau & CNC Technik**  
 Dorf 69  
 6342 Niederdorf  
 Österreich  
 Telefon:  
 00 43/53 73/57 00 33  
 Fax: 00 43/53 73/57 00 34  
 E-Mail: [info@hepf.at](mailto:info@hepf.at)  
 Internet: [www.hepf.at](http://www.hepf.at)  
 Preis: 738,- Euro  
 Bezug: Direkt

### Technische Daten

Spannweite	2.800 mm
Länge	2.280 mm
Höhe	590 mm
Gewicht	9.000 bis 10.000 g
Flügelfläche	134 dm <sup>2</sup>
<b>12s-LiPo-Betrieb</b>	
Motor	AXI 5345/18 HD
Regler	Jeti Spin 99
Propeller	Fiala 22 × 10E
<b>15s-Lipo-Betrieb</b>	
Motor	AXI 5345/22 HD
Regler	Jeti Spin 77-15
Propeller	Fiala 22 × 10E

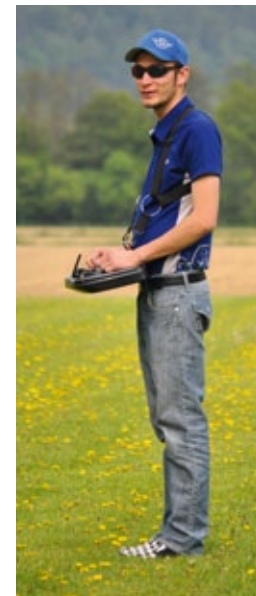


**Die im Bausatz enthaltene Servohalterung ist sehr stabil und ermöglicht bei Bedarf einen schnellen Servowechsel**

mit Oracover geliefert. Sie ist in einer gelb-roten oder blau-weißen Finish-Variante bei Hefp Modellbau erhältlich. Alle erforderlichen Zubehörteile wie Schleppkupplung, Ruderanlenkung, Servobefestigung, Fahrwerk samt Räder und Alu-Moträger mit Distanzhalter sind bereits im Bausatz enthaltenen – es müssen also keine teuren Spezialteile extra gekauft werden.

Neben der Optik hat der Konstrukteur auch die Allroundeigenschaften des Originals auf das Modell weitgehend übertragen. Kurze Aufrüstzeiten auf dem Modellflugplatz, geringes Gewicht trotz hoher mechanischer Belastbarkeit standen während der gesamten Designphase stets im Fokus. Besonderen Wert legt Gernot auf den einfachen Akkuwechsel, der durch großzügige Wartungsöffnungen rasch und mit wenigen Handgriffen möglich ist. Auch die STOL-Fähigkeit des Originals hat sich aufs Modell vererbt, denn Gernots Maule kann dank geringer Flächenbelastung auf unglaublich kurzen Strecken starten und mit den enormen Bremsklappen im Schritttempo beim Landeanflug hereinschweben – Punktlandungen gelingen wie von selbst.

Eine Schleppmaschine ist erst dann alltagstauglich, wenn Sie ein perfektes Handling am Boden wie in der Luft vorweisen kann. So erfolgt der komfortable Zugang zum Rumpfinnenen entweder durch die seitlichen Türen oder durch die große Wartungsklappe zwischen den Tragflächen. Bei 2.800 Millimeter (mm) Spannweite spielt die Transportfreundlichkeit eine zentrale Rolle. Deshalb sind Höhen- und Seitenleitwerk samt



**Gernot Bruckmann**

*Der österreichische Ausnahmepilot ist 19 Jahre jung und errang bereits unzählige nationale sowie internationale Titel in verschiedenen Modellklassen. 2011 gewann er das ETOC in USA zum zweiten Mal hintereinander. Letztes Jahr ging Gernot beim Tucson Aerobatic Shootout als Freestyle-Gewinner hervor und stand beim EXFC, dem European Extreme Flight Championship, in Tschechien sowie bei European Acro Cup schon mehrmals auf dem höchsten Siegestreppchen. Er ist mehrfacher Deutscher Meister im Indoorkunstflug und mehrmals Deutscher Meister im Segelkunstflug. Seine eigenen Produkte vertreibt er über die Marke GB Models.*

Das Unternehmen befindet sich noch immer in Familienbesitz und fertigt seit ihrem Bestehen nur einen einzigen Flugzeugtyp, der aber über die Jahre konsequent weiter entwickelt wurde. Da alle Maule-Flugzeugtypen auf der Piper J-3 basieren, ist eine gewisse Ähnlichkeit unverkennbar.

Als abgestrepter Hochdecker für den harten Allroundeinsatz entwickelt, werden heute mehrere Maule-Versionen mit hochbelastbaren Zweibein- und Dreibeinfahrwerken sowie mit Schwimmern ausgeliefert. Auf Kundenwunsch sind Maule-Flugzeuge wahlweise mit einem SMA-Dieselmotor, diversen Lycoming-Motoren von 160 bis 260 PS und sogar mit einer Allison-Gasturbine mit 420 PS erhältlich. Bei einer Spannweite von 10,2 Meter und einer Rumpflänge von 7,16 Meter kann der Hochdecker bis zu vier Passagiere befördern.

### **Geringfügig kleiner**

Gernots Maule ist eine leichte, stabile Balsasperrholzkonstruktion und wird fertig bespannt



*Tief und eng mit hängender Fläche über den Boden kreisen, mit der Maule ist auch das möglich*



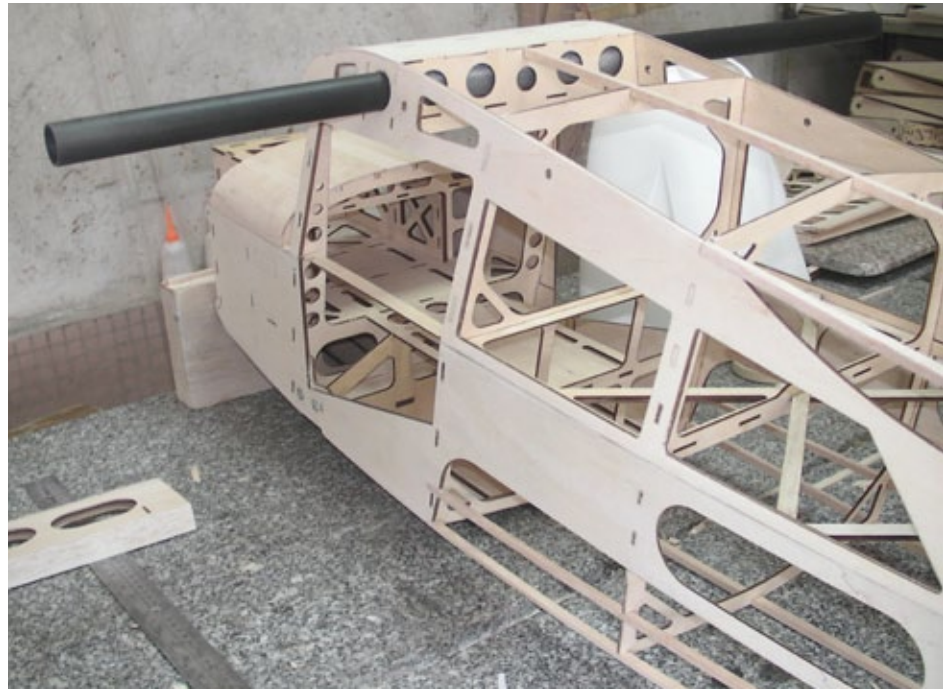
**Die robuste Schleppkupplung ist wartungsfreundlich und mit einer Inbusschraube schnell montiert**

Ruder mit ein paar Handgriffen abnehmbar – der Vorteil: Einfacher Transport im Auto und platzsparende Aufbewahrung zuhause.

Bei der Konstruktion und Profilierung der Tragflächen machte Gernot Bruckmann keine Experimente. Er wählt das bewährte Profil des bekannten Swiss-Trainers aus der berühmten Modellbaufirma seines Vaters, der bereits vor Jahren spezielle Profile für große Schleppmaschinen optimierte. Die großzügig dimensionierten Landeklappen der Maule sind als Spaltklappen ausgeführt, um den raschen Abstieg aus beliebiger Höhe ohne Geschwindigkeitszuwachs zu ermöglichen. Das kräftig dimensionierte Alufahrwerk mit 5-Zoll-Reifen auf stabilen Alufelgen garantiert einen problemlosen Betrieb selbst auf holprigen Pisten.

### **Antrieb**

Einzigartig an Gernots Maule ist, dass sie trotz ihrer Größe nur etwa 9.000 bis 10.000 Gramm (g) Abfluggewicht auf die Waage bringt – egal, ob ein Elektro- oder Verbrennerantrieb eingebaut ist. Dank des leistungsstarken Außenläufers



AXI 5345/18 HD kann sie Segelflugmodelle bis etwa 8.000 g Gewicht schnell zum Thermikanschluss hoch schleppen. Als Regler und Stromspender eignen sich ein Jeti Spin 99 opto und ein 12s-LiPo-Akku ab 5.000 Milliamperestunden (mAh) Kapazität. Hängen hingegen schwere Brocken bis zu 20 kg Gewicht an der Schleppleine, so sind ein AXI 5345/22 HD-Brushlessmotor, ein Jeti Spin 77-15 opto-Regler und ein 15s-LiPo-Akku von Vorteil. Bei den genannten Elektroantrieben hat sich der Holzpropeller Fiala 22 × 10E als ideal herauskristallisiert.

### **Fernsteuerung**

Für den Betrieb der Maule ist eine Fernsteueranlage mit mindestens acht Kanälen erforderlich. Gernot verwendet in seinem Modell einen Jeti

**Die stabile Leichtbauweise des CAD-Designs ist gut zu erkennen**

### **STOL**

Das Kürzel STOL steht für Short Take-Off and Landing und bezeichnet die Fähigkeit eines Flugzeugs, bei Bedarf eine sehr kurze Start- und Landestrecke zu benötigen. Als erstes STOL-Flugzeug gilt die Fieseler Storch aus den 1930er-Jahren. Zu den modernen Mustern gehört die Pilatus Porter. Die STOL-Fähigkeiten prädestinieren diese Typen, beispielsweise auf kurzen Pisten in den Bergen eingesetzt zu werden. Darum sieht man diese Modelle auch häufig im Winter im Einsatz, dann jedoch mit Skier am Fahrwerk.

*Einfache positive und negative Kunstflugfiguren sind mit der Maule möglich*







*Herstellerseitig sind auf dem Motorspant bereits Markierungen für den Elektromotor angebracht – der Vorteil: Auf Antrieb fluchtet der Spinner präzise mit der Motorhaube*

Duplex R8 EPC-Empfänger mit externem MPX-Stecker, der die hohen Servoströme moderner Digitalservos locker an den Servoanschlüssen verteilen kann. Die verwendeten Rudermaschinen sollten wegen der großen Ruderflächen ein Drehmoment von mindestens 80 Newton-Zentimeter (Ncm) aufbringen, damit ein störungsfreier Schleppbetrieb gewährleistet ist.

*Falls nonstop geschleppt wird, empfiehlt es sich, Löcher für die Kühlluft in den CFK-Spinner und in die Alu-Grundplatte zu fräsen. Die gesamte Antriebseinheit bleibt dann selbst im Dauereinsatz handwarm*



„**Einzigartig an Gernots Maule ist, dass sie trotz ihrer Größe nur etwa 9.000 bis 10.000 Gramm Abfluggewicht auf die Waage bringt – egal, ob ein Elektro- oder Verbrennerantrieb eingebaut ist**“

Als Bordstromversorgung kommen die Akkuweiche Jeti MaxBEC-2D und zwei zweizellige LiPo-Akkus mit jeweils 2.500 mAh zum Einsatz. Bei Verwendung von LiPo-fähigen HV-Servos kann die Akkuweiche entfallen und die Empfängerstromversorgung mit einem Jeti Universal Switch 20A mittels Magnetschalter ein- und ausgeschaltet werden. Geeignete Bordstromversorgungen und Servo-Sets für die Maule sind demnächst bei Hepf Modellbau als Combo erhältlich.

### **Elektro-Zapfsäule**

Soll die Elektro-Maule viele Segler bei einem Wettbewerb schnell zum Thermikanschluss schleppen, ist selbst ein Antriebsakku mit großer Kapazität schnell leer und muss nachgetankt oder gegen ein anderes Akkupack gewechselt werden. Deshalb die Frage: Wie löst eigentlich der RC-Profi das Ladeproblem auf dem Modellflugplatz. Oder anders gefragt: wie viele Akkupacks hat er im Gepäck, wenn einen Nachmittag lang elektrisch geschleppt werden soll? Gernot meint dazu: „Kürzlich habe ich den Scale-Kunstflugsegler Mucha SZD-22 mit 5.200 mm Spannweite und etwa 10 kg Gewicht mit meiner Elektro-Maule nach oben gebracht. Solch einen Oldie kann man mit einem 15s-LiPo mit 5.000 mAh Kapazität locker fünf bis sechsmal auf etwa 250 Meter Ausgangshöhe schleppen. Selbst wenn ein dicker Brummer wie die Mucha am

*Gernot Bruckmann überprüft, ob die Ruderanlenkungen nach vielen Testflügen noch immer spielfrei sind*



Schleppseil hängt, bleiben AXI-Motor, Steller und LiPo-Akku temperaturmäßig voll im grünen Bereich. Bei schlanken und leichten Segelflugmodellen sind natürlich entsprechend mehr Schleppts im Stromspender drin. Wird hingegen nicht ständig geschleppt, wie es wohl bei den meisten Modellflugclubs der Fall ist, sind zwei bis drei 12s- bis 15s-LiPo-Akkupacks für einen Flugnachmittag mehr als ausreichend.“

Beim Elektro-Schlepp spielen Power-Ladegeräte eine zentrale Rolle. Fragen wir mal den Champion, wie er den Stromspeicher in seiner Elektro-Maule auf dem Modellflugplatz möglichst schnell vollpumpt und welche Ladetechnik er einsetzt. Hier sein Statement: „Manche Modellflugclubs haben einen 220-Volt-Anschluss auf dem Flugfeld, da kann man mit geeigneten Ladegeräten die LiPo-Antriebsakkus in der Maule schnell und komfortabel volltanken. Falls kein Stromanschluss vorhanden ist, verwende ich ein leises und kompaktes 220-V-Notstromaggregat mit etwa 1.000 Watt Leistung, an das ich ein entsprechendes 12-V-Ladegerät über ein Schaltnetzteil anschließe. Bisher hat sich diese Technik bestens bewährt.“



*Mit drei 5s-LiPo-Akkupacks in Serie geschaltet schleppt die Elektro-Maule selbst schwere Segelflugmodelle mehrmals hintereinander*



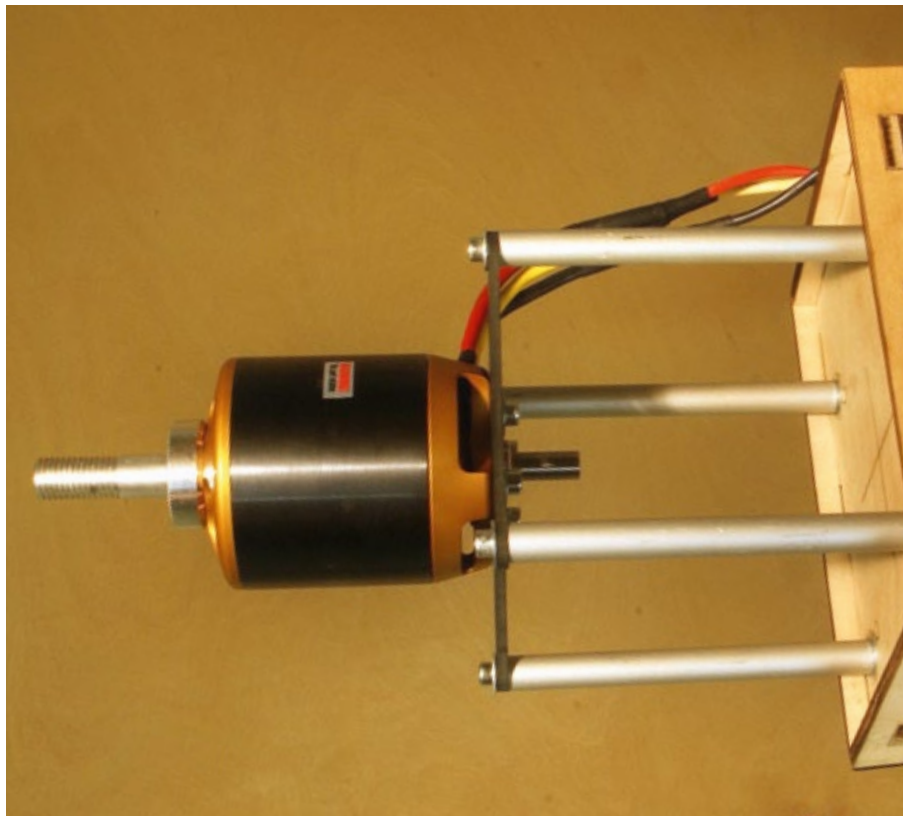
*Der Empfänger Jeti Duplex R8 EPC ist mit doppelseitigem Klebeband befestigt. Beide 2,4-Gigahertz-Antennen sind innen im Rumpf montiert, eine schaut senkrecht nach oben, die andere ist parallel zur Rumpflängsachse ausgerichtet*



## Limits

Wie schnell der Antriebsakku in einem Elektro-Schlepper leer ist, hängt davon ab, wie groß und schwer der Segler ist und auf welche Höhe er geschleppt wird. Zudem spielt es eine große Rolle, ob beide RC-Piloten, die das Schleppgespann steuern, viel oder wenig Schlepperfahrung haben. Wenn es gemütlich, also scalemäßig nach oben gehen soll, erfüllt ein 12s-LiPo-Antrieb in der Maule seinen Zweck. Hat hingegen der Seglerpilot kaum Schlepperfahrung und kann nicht ordentlich hinter der Schleppmaschine fliegen, dann ist natürlich mehr Motorleistung von Vorteil.

Den größten und schwersten Kunstflugsegler, den Gernot bisher mit seiner Elektro-Maule auf 350 Meter Ausgangshöhe geschleppt hat, ist der bekannte Swift S1 im Maßstab 1 : 2,2 mit 5.800 mm Spannweite und knapp 20 kg Abfluggewicht aus der Firma seines Vaters. Diese spektakuläre Aktion wurde eigentlich nur durchgezogen, um zu zeigen, was heutzutage mit einer leichten und filigran gebauten Elektro-Schleppmaschine wie der Maule möglich ist.



## Gyro und Telemetrie

Für Schlepppiloten mit wenig Erfahrung ist ein Gyro auf den Querrudern vorteilhaft, denn das Modell liegt dann wie ein Brett in der Luft. Auch auf dem Höhenruder ist ein Kreisel sinnvoll, weil er den Steigwinkel des Schleppgespanns ohne Zutun des Piloten konstant hält. Dadurch sieht der Schleppvorgang sehr realistisch aus, man muss schon genau hinschauen, um herauszufinden, dass es sich nicht um zwei manntragende Flugzeuge, sondern nur um RC-Modelle handelt.

Einen Kreisel nutzt Gernot Bruckmann nicht. Hingegen zählt aber das Variometer zur Standardausrüstung in seiner Maule, um stets die genaue Flughöhe zu kennen. Das ist besonders bei Seglerwettbewerben von entscheidender Bedeutung, weil alle RC-Piloten von derselben Ausgangshöhe und somit unter gleichen Bedingungen starten sollen. Auch Spannungs- und Stromsensoren wie der Jeti MUI 30 oder MUI 150 gehören heutzutage in jede Elektro-Schleppmaschine, um den Antriebsakku und die Empfängerstromversorgung zu überwachen. Bei Entnahme einer frei wählbaren Strommenge lösen die Sensoren zuverlässig Alarm aus und der RC-Pilot kann auf diese Weise die LiPo-Akkus im Modell vor gefährlicher Tiefentladung schützen und rechtzeitig nachladen.

**Schlepp eines Grunau Baby.  
Die Maule kann Segelflugmodelle  
bis 20 Kilogramm mitziehen**

**Mit dem im Bausatz  
enthaltenen Alu-  
Motorträger und  
den mitgelieferten  
Abstandsbolzen ist  
der AXI-Außenläufer  
in wenigen Minuten  
montiert**

### Variometer

Um zu wissen, in welcher Höhe sich das Flugmodell aktuell befindet, leistet ein Variometer wertvolle Hilfe. Es misst den das Modell umgebenden Luftdruck in Bezug auf den zuvor in Bodennähe erfassten Wert und berechnet die Differenz. Moderne Telemetriesysteme zeigen den Höhenunterschied auf dem Display des Senders oder eines Zusatzgeräts an.



Text und Fotos: Ludwig Retzbach

# Energieträger

## Zukunft der Stromspeichertechnologien

*Prometheus brachte den Menschen das Feuer, und damit den ersten (nicht immer) beherrschbaren ENERGIESPENDER. Er wurde von den Göttern dafür grausam bestraft. Doch den alten Griechen galt er als *Stifter der menschlichen Kultur*. Vielleicht, weil diese ohne Energienutzung einfach nicht denkbar ist. Doch Feuer war nur der Anfang.*



**H**eute geht es primär um Elektroenergie. Sie allorts und jederzeit verfügbar zu machen, gilt als die Herausforderung unserer Zeit. Elektrische Energie steht für „saubere“ Energie schlechthin. Sie kann mit höchstmöglicher Effizienz und ohne nennenswert lästige Begleiterscheinungen in andere Energieformen zurückverwandelt werden. Hat man genügend davon, so lässt sich damit quasi alles kaufen, ähnlich wie mit Geld. Doch wie bei Letzterem ist es nicht immer leicht, auf ganz saubere Art in ihren Besitz zu gelangen. Und, um den Vergleich fröhlich weiter zu spinnen, bleibt auch die Frage der Wertstabilität bislang noch unbeantwortet. Gesucht wird also das Medium, das elektrische Energie möglichst verlustfrei über lange Zeiträume speichern kann und dabei auch hochflexibel belastbar ist, ähnlich einem (erträumt) inflationsausgleichenden Girokonto mit beliebig großem Verfügungsrahmen. Wo also ist der Speicher für elektrische Energie, in den bei geringem Gewicht viel reingehet (mit hoher Energiedichte), und andererseits aber auch einen ausreichend schnellen Energieumsatz zulässt (mit hoher Leistungsdichte) und dabei natürlich so zuverlässig und genügsam arbeitet wie ein sudanesisches Kamel?



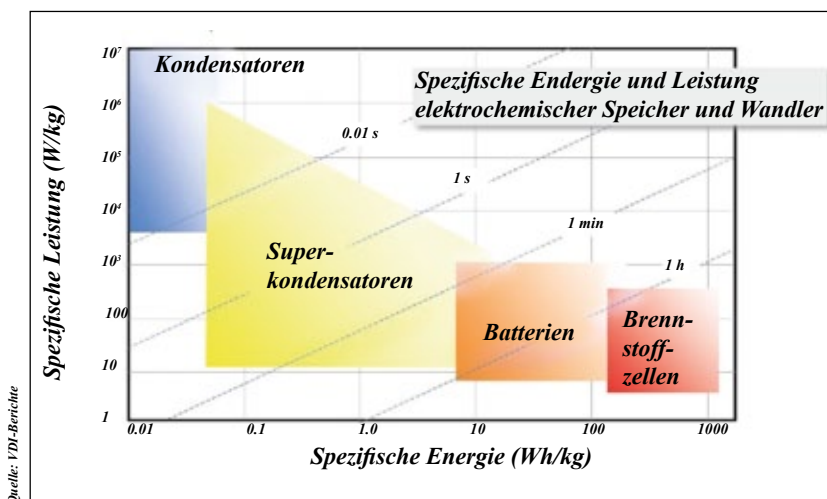
*Als Vorbild für einen genügsamen und effizienten Energiespeicher unerreicht – in der Dynamik eher verhalten*

### Fast in – fast out

Leider widersetzt sich Elektrizität grundsätzlich der direkten Speicherung. Als einzig „reine“ elektrische Speicher gelten bis heute Kondensatoren, die Fastfood-Experten unter den Energiespeichermedien. Sie sind führend in der Leistungsdichte. Bei ihnen wird die Energie unmittelbar über das elektrische Feld festgehalten. Direkter geht's nicht. Leider nur in vergleichsweise kleinen Häppchen. Daran ändern bislang auch die nach dem Helmholtz-Prinzip arbeitenden hochkapazitiven Varianten, die so genannten „Superkondensatoren“ nicht allzu viel Entscheidendes. Diese Doppelschichtkonden-

„**Gesucht wird also das Medium, das elektrische Energie möglichst verlustfrei über lange Zeiträume speichern kann und dabei auch hochflexibel belastbar ist**“

### Entladedichte-/Leistungsdiagramm



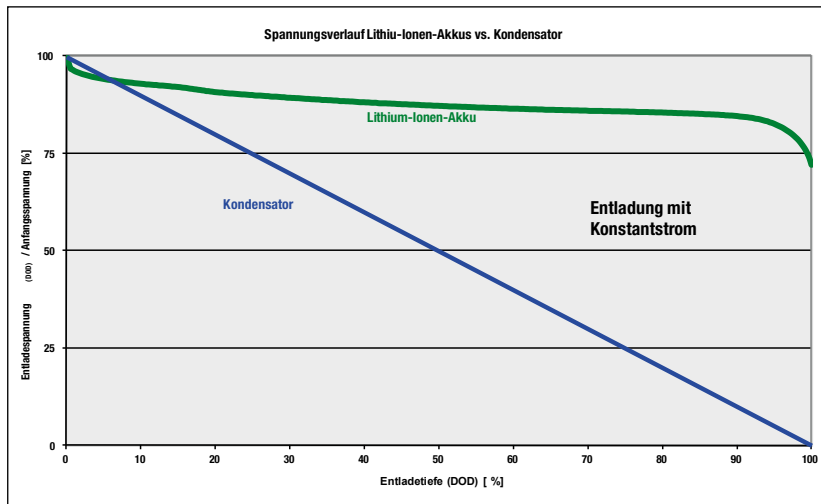
satoren, von Firmenbezeichnungen abgeleitet auch als Supercaps, Ultracaps, BoostCaps oder Goldcaps, bezeichnet, liegen bezüglich Energiedichte mit realistischen 5 bis 10 Wattstunden je Kilogramm (Wh/kg) bei einem Bruchteil der klassischen Nickel-Cadmium- (NiCd) Akkus. Neuere Entwicklungen machen zwar bereits mit noch höheren Energiedichtewerten von sich reden, verschweigen aber gerne die zwangsläufig damit einhergehenden Kompromisse.

Unschlagbar ist der Kondensator fraglos in der Ladetechnik. Er benötigt keine und kennt auch keine Tiefentladungängste. Richtig behandelt ist der Schnellspeicher auch unerreicht zyklentfest, lässt sich hunderttausende Mal auf- und entladen. Doch schon bei der Geschwindigkeit, mit der das Ganze vor sich geht, bremst die moderne Sucht nach Kapazitätsrekorden. Super-Ultracaps benötigen, möchte man sie wirklich vollständig auffüllen, schon Ladezeiten in der Größenordnung von einigen (zehn) Sekunden. Das liegt an ihrer inneren Struktur mit Nanoporen, die ein kompliziertes Leitungssystem darstellen. Will man die Kapazität der Superkondensatoren voll ausnutzen, sind Leistungseinbußen unvermeidlich. Doch schneller als Akkus sind sie damit noch allemal.

Weniger bekannt ist, dass die Superkondensatoren mit der höchsten Kapazitätsausbeute Elektrolyte enthalten, die sich bereits bei 1,3 beziehungsweise 2,7 Volt (V) zu zersetzen beginnen. Kondensatorbatterien bestehen also immer aus Serienschaltungen vieler, vieler einzelner Zellen. Vor allem aber steht die Entladekennlinie eines Kondensators der direkten Nutzung durch einen spannungskritischen Verbraucher diametral entgegen. Von Entladespannungskonstanz, wie sie viele Batterien in durchaus befriedigender Qualität zu liefern imstande sind, kann beim Kondensator nicht die Rede sein. Die Spannungshöhe

Quelle: VDI-Berichte

## Verlauf Entladespannung



fällt linear von Voll auf Null (siehe Diagramm oben). Kondensatoren allein sind also meist nicht die Lösung; eher schon in Kombination mit anderen Stromquellen.

### Äpfel und Birnen

Möchte man elektrische Energie in größeren Mengen speichern, führt an Umwegen kein Weg vorbei. Die kürzeste „Umleitungsstrecke“ lenkt uns

durch das Reich der Elektrochemie. Mit galvanischen Elementen, meist einfach nur Batterien genannt, lässt sich Elektrizität bei dem heutigen Stand der Technik zumindest in überschaubaren Mengen speichern – mit höchster Effizienz. Daher gilt den Batterien auch das momentan zu beobachtende große Medieninteresse.

**Lithium-Ionen-Standardzellen der Größe 18650 – verlässlich und preiswert, da massenhaft produziert**

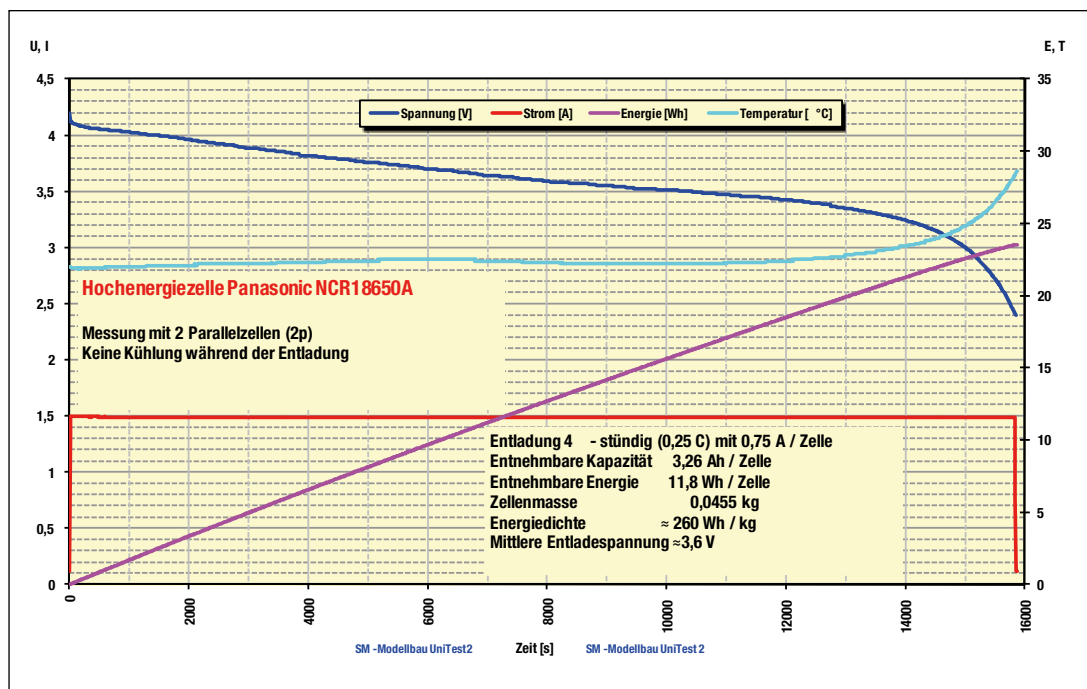
„Wir sprechen bei den jüngsten Batterieentwicklungen von Energiedichtewerten der Größe 260 Wh/kg. Doch Benzin und Diesel bringen es auf etwa 12.000 Wh/kg. Mit Verlaub, immer noch Faktor 50“

Die eigentlich schon weit mehr als 100 Jahre alte Diskussion um Elektromobilität hat durch die Umweltproblematik einerseits, wie auch aktuelle technologische Entwicklungen andererseits neuen Auftrieb bekommen. Sie kreist derzeit neben den Kosten- und Sicherheitsaspekten vorwiegend um die Reichweitenfrage. Verglichen wird gerne die große Energiedichte fossiler Kraftstoffe (Benzin und Diesel) mit der von elektrochemischen Energiespeichern, den Akkus. Bei dieser Gegenüberstellung sehen letztere, selbst wenn man sie im Licht der neuesten Forschungsergebnisse betrachtet, immer noch recht jämmerlich aus.

Aus aktueller Sicht gelten für die absehbare Batteriezukunft Lithium-Ionen- (Li-Ion) Akkus als der einzig realistische Lösungsansatz. Ihre heute schon realisierte Energiedichte liegt im Bereich von 100 bis 160 Wh/kg. In dieser Region bewegen sich auch jene nicht ganz akkurat als Lithium-Polymer-Batterien (LiPos) bezeichneten Spannungsquellen, die dem Modellflughobby Auftrieb spenden. Dass es bei Verzicht auf die üblich gewordene exorbitante Leistungsdichte (hohe C-Raten) noch deutlich mehr sein könnte, beweisen neue Entwicklungen im Bereich der Laptopakkus, die auch schon bei mantragenden Elektroflugprojekten erprobt werden. Denn für beide Anwendungsgebiete gilt eine etwas andere Prämisse: Man möchte möglichst lang, nämlich über viele Stunden, netzunabhängig am Rechner arbeiten beziehungsweise mit Motor-kraft fliegen können.

Die gerade auf den Markt gekommene NR18650A von Panasonic – 18 Millimeter (mm) Durchmesser und 65 mm lang sowie 45,5 Gramm (g) schwer – beispielsweise liefert bei einer Nenn-

## Performance der Panasonic NCR18650A



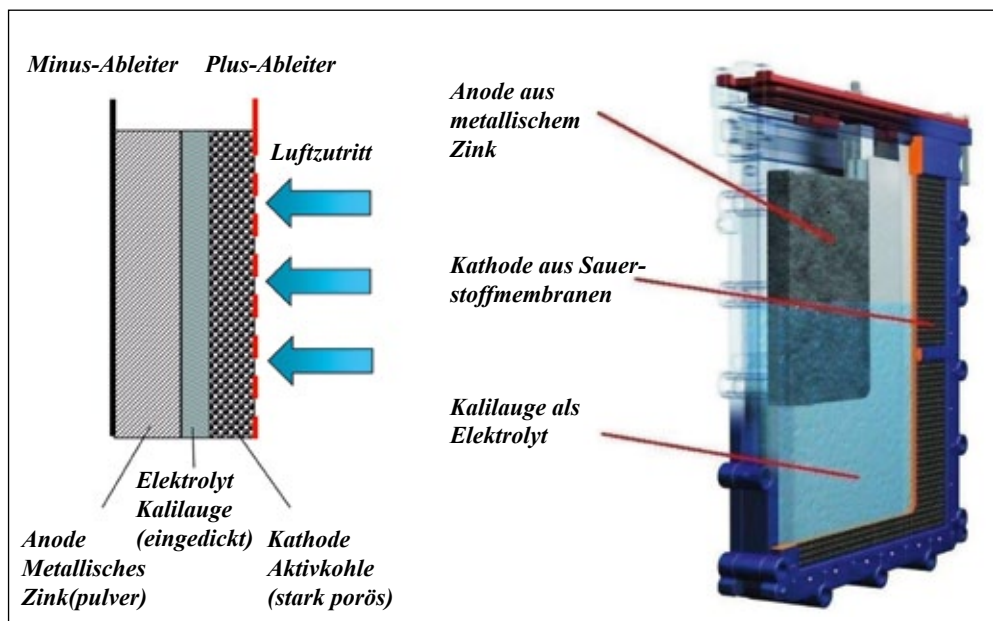


**Der Tesla-Sportwagen hat es natürlich leicht, gute Fahrleistungen und große Reichweiten zu erzielen. Die Karosserie ist großenteils aus Carbon (siehe oben) und das Ladekabel schränkt die Kofferraumnutzung schon erheblich ein**

kapazität von typisch 3.100 Milliamperestunden (mAh) immerhin mehr als 260 Wh/kg ab. Das ist beachtlich, funktioniert allerdings uneingeschränkt nur dann, wenn man die Zelle über eine Zeitdauer von vier bis fünf Stunden (0,25 bis 0,20C) entlädt. Doch ist dies unrealistisch?

Nun, der Elektro-Hochleistungssportwagen Tesla-Roadster hat immerhin 6.831 Stück Sony-Zellen gleicher Größe in seinem Batteriefach hinter den Schalensitzen – verschaltet in der Endkonfiguration 99s69p. Er hängt damit bekanntlich jeden Porsche an der Ampel ab und kommt, allerdings nur, wenn man solche Kraftakte sparsam verwaltet, mit einer Aufladung 350 Kilometer (km) weit. Wie einschlägigen Fachpublikationen weiter zu entnehmen ist, hat der Roadster damit eine Energiemenge von 53 Kilowattstunden (kWh) an Bord. Bestünde

### Prinzipaufbau der Zink-Luft-Zelle



die Fahrbatterie nun aus 6831 Stück der NC-R18650A, würde sie es rein rechnerisch (bei nur geringfügigem Mehrgewicht) auf nahezu 81 kWh bringen. Kaum wagt man, an dieser Stelle weiter zu rechnen, denn damit wären 550 km Fahrtstrecke drin – ohne Nachladen.

Bei so viel Begeisterung scheint es an der Zeit, noch ein paar andere physikalische Fakten in Erinnerung zu rufen: Wir sprechen bei den jüngsten Batterieentwicklungen von Energiedichtewerten der Größe 260 Wh/kg. Doch Benzin und Diesel bringen es auf etwa 12.000 Wh/kg. Mit Verlaub, immer noch Faktor 50. Nun gut, Elektromotoren haben im Vergleich mit Benzin- und Dieselmotoren den etwa dreifachen Wirkungsgrad. Aber das bringt noch keinen Gleichstand.

Doch sind solche Vergleiche überhaupt zulässig und fair? Eigentlich nein! Denn dass hier Äpfel und Birnen verglichen werden, wird rasch klar, wenn man sich mal eine Benzinkutsche vorstellt, die nicht nur den zum Verbrennen des Treibstoffs erforderlichen Sauerstoff in einer Druckflasche mit sich führen, sondern auch noch ihr Abgas in einem – stellen wir uns das einfach so vor – gigantischen gelben Sack auffangen und ebenfalls an Bord behalten müsste. Denn genauso funktioniert unser Akku. Er hat alle chemischen Energieträger von Anfang an dabei und wird auch die mit der Entladung wertlos gewordenen Reaktionsprodukte nicht so einfach los.

### Luftatmende Zellen

Glücklicherweise kennt man seit vielen Jahren auch auf dem Batteriesektor Hoff-

Anzeige

# Der Himmlische Höllein



## Bei uns finden Sie:

- Flugmodelle (Bausätze und ARF)
- exklusive CNC-Modellserie
- Helicopter
- Fernsteuerungen
- Empfänger
- Servos
- Motoren
- Drehzahlregler
- Akkus
- Ladegeräte
- und noch vieles mehr



## Wir bieten:

- faire Preise
- riesige Auswahl
- kompetente Fachberatung
- Onlineshop mit realer Verfügbarkeitsanzeige
- weltweiter Schnellversand
- ca. 300m<sup>2</sup> Ladengeschäft



[www.hoelleinshop.com](http://www.hoelleinshop.com)

# Der Himmlische Höllein

Glander Weg 6  
96486 Lautertal  
Tel.: 09561-555 999  
Email: mail@hoellein.com



**Glaubt man dem Aufdruck auf dieser Weidezaunbatterie, so liegt ihre Energiedichte inklusive Anschlusskabel und Umverpackung bei sensationellen 450 Wattstunden je Kilogramm**

nungsträger, die ebenfalls mit Sauerstoff aus der Umgebungsluft arbeiten. Dieser stellt quasi das Kathodenmaterial der Batterie zur Verfügung. Solche Zellen enthalten dann nur noch ein reaktives Metall als Anode (Minuspol), das im Laufe der Entladung katalytisch verbrannt wird. Dazu dient üblicher Weise eine Kathode aus Aktivkohle, was auch die Kostenseite günstig beeinflusst. Im Hörgeräteinsatz und bei elektrischen Weidezäunen sind solche Zellen, die man in Betrieb nimmt, indem man den über dem Luftloch angebrachten Aufkleber abzieht, lange schon üblich. Sie liefern mit einer Zinkanode bei ca. 1,4 V Zellenspannung lockere 300 bis 400 Wh/kg und verheißern, wenn größer gebaut, durchaus noch weitere Potenziale. Der benötigte Sauerstoff wird von der Zelle eingeatmet, einfach so in den genannten Beispielen einer Langzeitentladung, aber auch turbobeschleunigt möglich, wenn es mal um mehr Leistung gehen soll. Noch mehr versprechen luftatmende Zellen auf Basis von hochreaktiven Leichtmetallen wie Aluminium, Magnesium oder Lithium. Letzteres schießt, wie zu erwarten, in Sachen Energiedichte auch hier wieder den Vogel ab, wenngleich hier Probleme mit der in der Luft stets enthaltenen Feuchtigkeit noch nicht als endgültig gelöst gelten können. Wiederaufladbar im herkömmlichen Sinne sind solche elektrochemischen Elemente bislang nicht eigentlich. Wohl aber bietet es sich an, das bei der Entladung anfallende Metalloxid anschließend in wirtschaftlichen Großanlagen unter Zufuhr elektrischer Energie zu recyceln, was einer Wiederaufladung gleichkommt. Auf dieser Technologiebasis sind Energiedichten im

vierstelligen Bereich möglich, viel beachtete Projekte, die allerdings noch der industriellen Umsetzung harren.

Die kalifornische Firma PolyPlus (Berkeley) beispielsweise forscht seit Längerem an einer wiederaufladbaren Lithium-Air-(Li-Air-) Batterie und behauptet allen amerikanischen Ernstes, auf diesem Weg mal bis zu 11.000 Wh/kg erreichen zu können. Gleichmaßen zählen bei PolyPlus Lithium-Seawater-Batterien im nautischen Umfeld zu den ambitioniertesten Hoffnungsträgern. Interessante Visionen erschließen allerdings aus der „Luftenergie-Debatte“ für die zukünftige Energielogistik: An Standorten mit reichlich anfallenden regenerativen Energien könnten aus regional vorkommenden Mineralien unedle Metalle erzeugt werden, die dann später zur Energieerzeugung nutzbar wären. Deren Transport in andere Weltregionen gestaltet sich aus heutiger Sicht einfacher als der von Strom über Hochvolt-Fernleitungen. (Vergleiche Projekt „Desertec“)



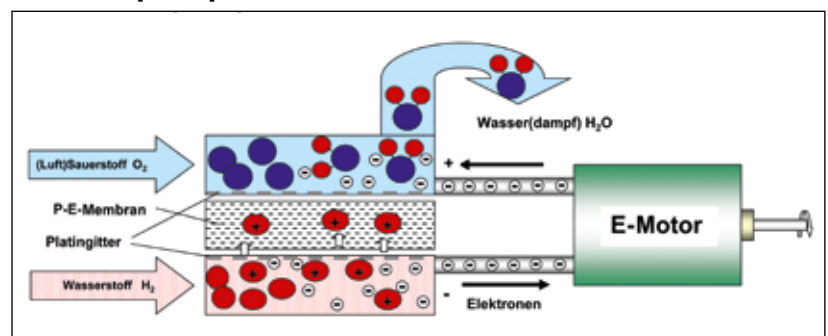
**Zuweilen müssen auch hier die Labelaufdrucke sehr kritisch hinterfragt werden**

Nüchtern und durch die Brille der Elektrochemie betrachtet fällt indes auch in diesen edlen Wein aus dem Kelch der guten Hoffnung ein ernüchternder Tropfen Wasser. Denn der Vergleich mit dem Luft atmenden und Abgas ausstoßenden Verbrennungsmotor ist nur zur Hälfte richtig: Das Reaktionsprodukt, der im Metalloxid gebundene Sauerstoff, bleibt bei der Metall-/Sauerstoffbatterie ja gebunden und damit an Bord. Ein so gearteter Energietank wird dann paradoxer Weise immer schwerer, je leerer man ihn macht. Dennoch sind, solange die Luft zum Atmen noch unbesteuert bleibt, Metall-Luftsauerstoffzellen ein sehr attraktives Entwicklungsziel und man wird mittelfristig (!) noch einiges davon hören.

### Da ist was im Fluss

Trotz erfolgreicher Bemühungen, Spezialakkus für unterschiedliche Anwendungsbereiche zu kreieren, weisen die derzeit üblichen Batterien systembedingt ein gravierendes Handicap auf. Es liegt in ihrer relativen Unflexibilität. Energiespeicher und Energiewandler bilden

### Funktionsprinzip einer Brennstoffzelle





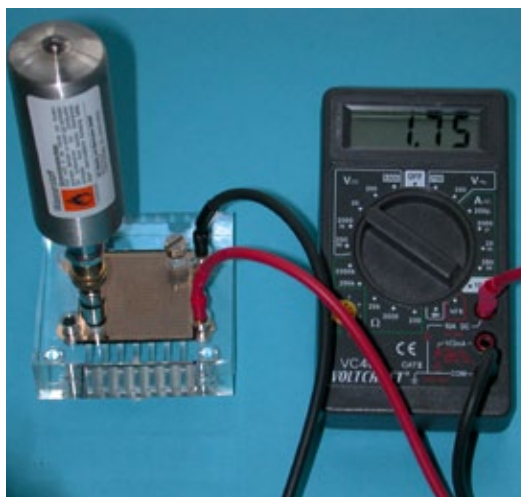


*Brennstoffzellenflugzeuge sind schon in Erprobung – hier eine Exponat auf der Aero Friedrichshafen 2011*

dort nämlich eine stofflich-funktionale Einheit. Wächst der eine Teil, so wird der andere ganz zwangsläufig mitgezogen. Dies ist nicht immer so erstrebenswert, denn eine Batterie, der man nur wenig Leistung über einen längeren Zeitraum abverlangt, kommt eigentlich mit einem sehr kleinen Energiewandler aus, benötigt dafür aber größere Energiespeicher. Umgedreht braucht eine Hochstrombatterie, wie sie beispielsweise als Starterbatterie zum Einsatz kommt, zwar einen leistungsfähigen Wandler, begnügt sich dafür aber mit wenig Speicherkapazität.

Trennt man die beiden Funktionsteile, so erhält man eine so genannte Redox-Flow-Batterie. Sie enthält als Speicher zwei Chemikalien tanks, in denen die reagierenden Substanzen in flüssigem oder gasförmigem Zustand in den benötigten Mengen bereitgehalten werden. Der elektrochemische Wandler bekommt sie über Leitungen zugeführt. Er kann nun in seiner Größe allein dem Leistungsbedarf angepasst werden. Die Reaktionsprodukte indes müssten dann allerdings auch wieder in „Abfalltanks“ gesammelt werden, was verständlich werden lässt, warum sich dieser Aufwand vorerst wohl nur in großtechnischen Anlagen lohnt.

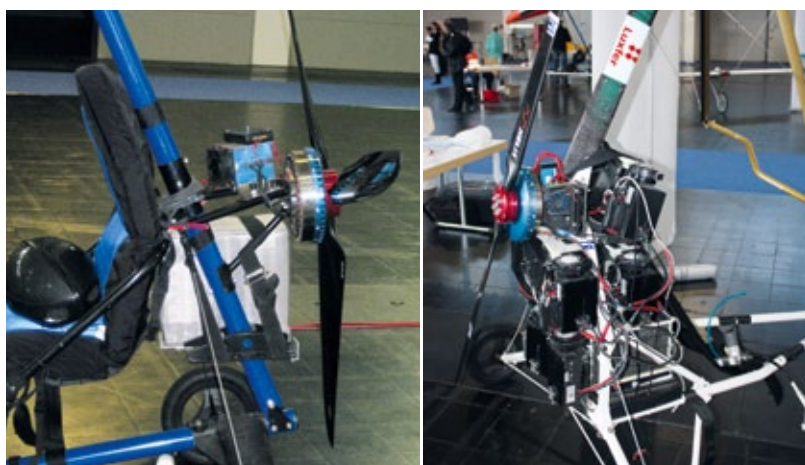
Doch es gibt eine prominente Ausnahme: Die Entbindung von der allfälligen Entsorgungsaufgabe kann nämlich erfolgen, wenn das Reaktions- und damit Abfallprodukt so sauber ist, dass Bedenken hinsichtlich Umweltverschmutzung erst gar nicht aufkommen können. Dies trifft zu, wenn die Reaktionskomponenten Wasserstoff und Sauerstoff heißen. In diesem Falle besteht das Abgas aus reinstem Wasser und kann überall bedenkenlos in die Natur emittiert werden, flüssig oder (meist) als Wasserdampf. Mehr noch: Der benötigte Sauerstoff lässt sich wieder direkt aus der Luft zapfen, so dass man lediglich noch Wasserstoff in irgendwelchen Behältnissen mitnehmen muss. Ohnehin steht reiner Wasserstoff mit mehr als 33.000 Wh/kg als leuchtender Stern am Himmel der chemi-



*Versuchsaufbau einer Brennstoffzelle. Sie liefert relativ viel Strom (Ampere-Anzeige) bei leider wenig Spannung (zirka 0,6 Volt)*

schen Energiedichteskala. Er verliert allerdings viel von seinem diesbezüglichen Charme, wenn er vorher in irgendwelchen Druckflaschen oder Hydridspeichern gebunkert werden muss. Doch mit nahezu 600 Wh/kg zaubert er den real existierenden Batterien immer noch leichtfüßig ein neidisches Gelb auf die Polkappen.

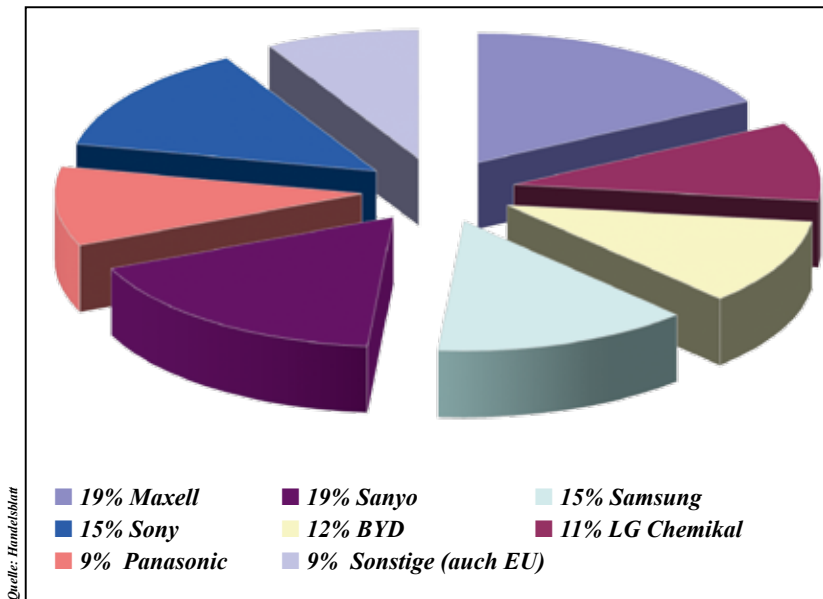
Der aufmerksame Leser hat es natürlich längst schon erraten: Die Rede ist von der Brennstoffzelle, die bei der Elektromobilitätsdebatte die Batterien lange Zeit in den Schatten zu stellen vermochte, dann zeitweise ins Hintertreffen geriet und nun langsam wieder, wohl infolge der Reichweitendebatte, an Boden gewinnt. In ihr werden mit Hilfe von Platinkatalysatoren die beiden Gase erst mal in den atomaren Zustand überführt und dann „kalt“ zu Wasser verbrannt. Wobei der Begriff „kalt“ zurecht in Anführungszeichen steht, denn aufgrund der Reaktionsenthalpie wird dabei noch einiges an Wärme frei. Etwas „anrühlich“ ist daher ihr im Vergleich zu Batterien etwas bescheidener Energiewir-



*Die Brennstoffzelle bringt im Vergleich zum Lithium-Ionen-Akku doch einiges an Mehraufwand mit sich, wie am Beispiel dieser beiden ansonsten weitgehend antriebsgleichen Trikes leicht auszumachen ist*

„Im Nachhinein drängt sich der Eindruck auf, dass man sich hierzulande allzu früh schon mit dem Erreichten zufrieden gab und die Anstrengungen von den Entwicklungslabors mehr in die Marketingetagen verlagerte“

## Produzenten Lithium-Akkus weltweit



kungsgrad: Während ein Lithium-Ionen-Akku locker 90 Prozent dessen, was eingeladen wurde, auch gern wieder hergibt, muss sich die Brennstoffzelle im günstigsten Fall mit 60 Prozent bescheiden. Hinzu kommt die Neigung des Wasserstoffs, aufgrund seiner geringen Molekülgröße stets und überall „ausbüchsen“ zu wollen. Mit Langzeitspeicherung hat die Wasserstoffwirtschaft Probleme wie auch mit der kosten- (wirkungsgrad-) günstigen Herstellung des Energieträgers. Mit Brennstoffzellen zu arbeiten ist zudem deutlich aufwändiger als jede Art von Batterienutzung.

Denn eine Brennstoffzelle liefert unter realistischen Lastbedingungen gerade mal 0,6 V ab. Man muss, um eine brauchbare Spannungslage zu bekommen, auch hier eine Menge Zellen zu einem so genannten Stack zusammenschalten und bei höherem Leistungsbedarf mit einem Ventilator für künstliche Beatmung sorgen. Gleichwohl verspricht die Brennstoffzelle derzeit als einziger Stromlieferant, die von fossilen Kraftstoffen vorgegebene Reichweite zumindest größenordnungsmäßig erreichen zu können. Hinzu kommt, dass sich der Wasserstoff durch den Einsatz so genannter Reformer, nicht ganz CO<sub>2</sub>-neutral zwar, auch aus Erdgas oder flüssigem Methanol gewinnen lässt. Immerhin rollt seit Sommer 2011 bereits ein DLR-Airbus A320 ATRA mit brennstoffzellenbetriebenen Bugrad zum Start.

### Warum dauert das so lange?

Derzeit wird von der Industrie und in wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen erst mal schwerpunktmäßig an der Straßen- und Luftverkehrstauglichkeit des Lithium-Ionen-Akkus geforscht. Immer wieder ist von Ergebnissen zu erfahren, die vermittelt neuer Elektroden

und Stromableiterformen die Energieausbeute drastisch erhöhen sollen. So verspricht der Einsatz von Silizium-Nanofäden anodenseitig an Stelle des bisher üblichen Graphits eine Verzehnfachung der Akkukapazität. Dies lässt sich allerdings erst dann voll auskosten, wenn auch am Gegenpol (Kathode) Materialien gefunden werden, die mit vergleichbaren Zuwachsraten locken. Aus Japan (Sumitomo Electric Industries) kommen Signale, die mit einer neuen Plus-Ableitertechnik auf Basis von Aluminium-Celmet, einem hochporösen, schwammartigen Metallsubstitut, das sich in leicht abgewandelter Form schon bei Nickel-Akkus bewährt hat, die Kathodenkapazität bei LiIon-Akkus zumindest verdreifachen wollen. Doch ist auch hier der Weg vom Reagenzglas zur Produktionsstraße noch ein langer. Darüber hinaus stehen Verbesserungen der Betriebs- und Unfallsicherheit auf der Agenda, wie auch Fragen der Materiallogistik. Denn immer noch stellen sich die Kosten der Batterie als Stolpersteine auf dem Weg zur Elektromobilität dar.

Gleichwohl klagen viele potenzielle Anwender darüber, dass gerade in Deutschland immer noch kaum greifbare Ergebnisse der Batterieforschung erkennbar sind. Käuflich verfügbare Zellen kommen immer noch aus Ländern wie Frankreich, Japan, Korea, Taiwan und vermehrt aus China.

Bei der Ursachenforschung lohnt es sich, kurz eine Rückschau in die 1970er-Jahre zu wagen, als bei Varta noch konkurrenzfähige Nickel-Cadmium-Akkus gebaut wurden. Im Nachhinein drängt sich der Eindruck auf, dass man sich hierzulande allzu früh schon mit dem Erreichten zufriedengab und die Anstrengungen von den Entwicklungslabors mehr in die Marketingetagen verlagerte. Nicht zu vergessen natürlich auch die dann im darauffolgenden Jahrzehnt erstarkende Umweltbewegung mit durchaus berechtigten Auflagen hinsichtlich Entsorgung von Produktionsrückständen, allerdings auch verbunden mit einem öffentlichen Stimmungswandel, alles irgendwie „Chemische“ unter Generalverdacht zu stellen, was der Zwangsverabreichung einer entwicklungstechnischen Schlaftablette gleichkam. Die Weiterentwicklung der Akkus überließ man in dieser Zeit vor allem den Japanern. Namentlich zu nennen wären hier die Firmen Sony, Sanyo und Panasonic – die beiden letzten heute zu einem Konzern verschmolzen. Gleichzeitig begann in den asiatischen Tigerstaaten der Aufbau einer ambitionierten Technikindustrie.

Produkte wie Batterien sind enorm forschungsintensiv. Firmen investieren gerne in eine Entwicklung, wenn sich – möglichst weltweit – Bedarf abzeichnet. Dieser entstand erst durch Powertools, dann durch das Gedeihen der Konsumelektronik in Form tragbarer Phonogeräte

„Denn immer noch stellen sich die Kosten der Batterie als Stolpersteine auf dem Weg zur Elektromobilität dar“

und Kameras, in den 1990er-Jahren schließlich der Handys und Laptops. Dies ist auch einer der Gründe, weshalb der Kleingerätemarkt derzeit bestens versorgt ist, während es an modernen Batterien für Großverbraucher mangelt. Der oben erwähnte Tesla-Sportwagen ist ein Paradebeispiel dafür, dass, wollte man bis vor kurzem ein Fahrzeug elektrifizieren, es gar keine Wahl gab, als große Mengen eigentlich für ganz andere Zwecke konzipierter Zellen zu verbauen, so wie die milliardenfach produzierte, sichere und vergleichsweise preisgünstige US18650 von Sony. Nach einem ähnlichen System wurde der Energiespeicher des Toyota Prius-Hybrid in der Urversion mit 228 Nickel-Metallhydrid-Rundzellen (6.500 mAh) von Panasonic bestückt.

Wer beispielsweise die rasante Entwicklungsgeschwindigkeit moderner elektronischer Datenspeicherchips in den letzten zehn Jahren zum Maßstab wählt, liegt bei Akkus komplett daneben. Die Anforderungen an zeitgemäße Energiespeicher sind ausgeprägt multidimensional und nicht im Schnellgang zu erledigen. Akkuentwickler hierzulande – endlich durch die E-Mobilitäts-Nachfrage erweckt und umwelttechnisch legitimiert – haben zudem erst mal aufzuholen, was seit Jahrzehnten verschlafen wurde. Sie stehen nun aber hinsichtlich Batteriegröße vor neuen Herausforderungen. Denn ein Akku wird natürlich effektiver, wenn man seine „Chemie“ anstatt in 500 kleine in ein großes Gehäuse einquartiert. Doch, wohin mit der entstehenden Verlustwärme, die jetzt erst mal die ferne Zellenoberfläche erreichen muss. Ein oftmals nicht gesehenes,

sicherheitstechnisches Problem ergibt sich dadurch, dass die chemische Energie, die in einem Lithium-Ionen-Akku steckt, insgesamt mehrfach höher ist, als der elektrisch nutzbare Anteil. Und da, wie oben bereits ausgeführt, ein Akku herkömmlicher Bauart wie eine Sprengstoffmischung alles zur Energiefreisetzung Nötige – wenn auch unvermischt – in sich hat, darf auch die Frage nicht unbeantwortet bleiben, was denn wohl im Falle einer Störung geschieht. Wenn so ein Akku nämlich eines schönen Tages beschließt, seinen „Thermal Runaway“ zu nehmen, helfen weder Löschwasser noch LiPo-Sack. Auch bei weniger spektakulären Kleinfekten wie dem Ausfall einer Zelle ist das jetzige, auf vielen Minizellen basierende System überlegen, denn dort besteht die Gesamtbatterie stets aus mehreren Teilmodulen, die einzeln prozessorüberwacht und zusätzlich in herkömmlicher Weise durch Schmelzeinsätze gegeneinander abgesichert sind.

Überall dort, wo es nicht auf allerbeste Energiedichte ankommt, hat die Lithium-Ionen-Batterie mit Eisenphosphatkathode (LiFePO<sub>4</sub>-Akku) die Nase weit vorne. Sie – heute nahezu ausschließlich in China produziert – erfüllt aufgrund der elektrochemischen Stabilität der Pluselektrode jetzt schon alle gängigen Sicherheitsanforderungen; allerdings mit eher ernüchternder Energiedichte von etwa zirka 100 Wh/kg. Sie ist deshalb und wegen ihrer hohen Lebenserwartung bei real existierenden landgebundenen Elektrofahrzeugen derzeit eindeutig erste Wahl. Auch Experimentalflugzeuge kommen gut damit in die Luft, dort aber nicht sehr weit. Interessant verspricht

## Quellen

<http://www.golem.de/1003/73643.html>

<http://www.motorlexikon.de/?I=9507>

[www.polyplus.com/directions.html](http://www.polyplus.com/directions.html)

VDI-Berichte Nr. 1874, 2005 Supercaps – Properties and Vehicle Application. Dr. rer. nat. R. Kötz, Dr. Ing. Ph. Dietrich, Dr. rer. nat. M. Hahn, Dr. phil. nat. F. Büchi, Paul Scherrer Institut, Villigen, Schweiz

Lithium-Ionen-Akkumulatoren – neue Entwicklungen und Verbesserungen. Helmut Körner Universität Konstanz. 19. Januar 2010

Die Batterie als Alternative. Aktueller Stand der Forschung HOPPECKE Batterien GmbH & Co. KG

Universität Ulm. Alterungsmechanismen in Lithium-Ionen-Batterien und PEM-Brennstoffzellen und deren Einfluss auf die Eigenschaften von daraus bestehenden Hybrid-Systemen. Mai 2010

Moderne Akkumulatoren. A. Jossen und W. Weydanz. Januar 2006



**Derzeit herrscht das Motto vor: Lieber klein und viele. Großzellen gelten Vielen als noch nicht marktreif und hinreichend erprobt**



**100-Amperestunden-Lithium-Ionen-Batterie mit Lithium-Eisenphosphat-Kathode steht als Pufferbatterie in Kombination mit einer Brennstoffzelle hoch im Kurs. Als alleiniger Energiespeicher gilt sie mit 100 Wattstunden je Kilogramm als zu energiearm**

hingegen die Kombination aus Brennstoffzelle (hohe Energiedichte) und  $\text{LiFePO}_4$ -Akku (hohe Leistungsdichte für Start) zu werden.

### **Was fliegt schon elektrisch?**

Im Modellflug hat sich die elektrische Antriebsvariante längst als anderen mindestens gleichwertig, in zahlreichen Anwendungsbereichen sogar überlegen gezeigt. Dies ist allerdings weitgehend den Umständen zu danken, dass Sicherheitsanforderungen, Operationsgebiet und wünschenswerte Flugdauer sich dort in überschaubaren Größenordnungen bewegen. Hinzu kommt der Experimentalcharakter, der ja stets einen Großteil der Reize des Modellflugs ausmacht. Im mantragenden Flugsport sind es naturgemäß auch erst mal die dem Experiment aufgeschlossenen Bereiche wie Gleitschirme, Hängegleiter und Ultraleichtsegler, welche den Elektroantrieb vorwiegend als Aufstiegs- und Rückkehrhilfe schätzen. Auch der nicht mehr dem Ultraleichtbereich zugeordnete Segelflug nutzt längst die Kraft des elektrischen Antriebs, sondern auch das damit verbundene positive Image, um die für Freizeitaktivitäten immer enger werdenden Räume gegen lärmempfindliche Flugplatzanreiner noch verteidigen zu können. Da auch hier der Elektroantrieb erst mal als eingebaute Hochstartleine und vielleicht noch als Flautenschieber fungiert, lässt sich das Problem der Energiedichte relativ entspannt sehen.

Im mantragenden Elektromotorflug sieht es noch anders aus. Hier lavieren unerschrockene Pioniere noch zwischen verschiedenen Akkus hin und her, die

einerseits mit ausreichender Spurtstärke einen sicheren Start und anschließend ein flotten Steigflug gewährleisten, und andererseits mit Hochenergie im Marathonfach eine brauchbare Figur machen. Mit angestrebten Distanzen von mehreren hundert Kilometern werden Parallelen zum Automobilsektor erkennbar. Es laufen Versuche, des mantragende Experimental-Elektro-Motorflugzeug „Elektra One“ mit einem Power-Pack aus 2.744 (verschaltet aus 14s196p) Panasonic-Zellen des Typs NC-R18650A (siehe oben) auf einen Rekordflug von über 550 km zu schicken. Bei dem doppelsitzigen Mitbewerber E-Genius schickt man derzeit 5.616 Stück einer mehr leistungsbetonten Zelle mit gleichen Abmessungen ( $18 \times 65 \text{ mm}$ ) ins Rennen. Einen völlig anderen Weg ging man hingegen bei der Lange Aviation GmbH. Die dort fabrizierte Antares, schon 2004 vorgestellt und damit dem Experimentalstadium längst entwachsen, bedient sich 72 in Serie geschalteter Zellen des Typs VL 41 M (41 Ah). Die Batterie wird in Frankreich bei Saft produziert und wurde ursprünglich für militärische Anwendungen konzipiert. Frankreich dürfte somit das einzige westeuropäische Land sein, das sich mit moderner Akkutechnik auf Weltmarktniveau befindet.

Man sieht, der umweltfreundliche Reiseflug beschäftigt die Gehirne der Flugzeugkonstruktoren und Enthusiasten. Selbst wenn wir auch in den nächsten zehn Jahren wohl noch auf einem kerosinbeheizten Düsenstrahl nach Teneriffa jetten werden, so rückt der Tag näher, an dem dies einmal vielleicht in Einklang mit Mutter Natur erfolgen könnte. Zumindest scheint es, als hätte Prometheus nicht ganz umsonst gelitten.

„**Frankreich dürfte somit das einzige westeuropäische Land sein, das sich mit moderner Akkutechnik auf Weltmarktniveau befindet**“

# Jeden Monat neu.

Jetzt zum Reinschnuppern:  
Das vorteilhafte Schnupper-Abo



## Ihre Schnupper-Abo-Vorteile

- ▷ 12,- Euro sparen
- ▷ Keine Ausgabe verpassen
- ▷ Versand direkt aus der Druckerei
- ▷ Jedes Heft im Umschlag pünktlich frei Haus
- ▷ Regelmäßig Vorzugsangebote für Sonderhefte und Bücher

**Jetzt bestellen!**

Im Internet [www.rc-heli-action.de](http://www.rc-heli-action.de)  
oder telefonisch unter 040/42 91 77-110

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

Mehr Informationen unter [www.rc-heli-action.de/emag](http://www.rc-heli-action.de/emag)



Text: Peter Claus

# Elektrobatic

## Die Entwicklung des Elektrokunstflugs

Das *Streben bei der Entwicklung von Elektroantrieben* für den Flugmodellsport ging und geht in Richtung immer HÖHERER LEISTUNGSFÄHIGKEIT. Daher war es nur eine Frage der Zeit, bis sich nach jahrelanger Dominanz des Verbrennungsmotors irgendwann auch der mit Elektromotoren betriebene Kunstflug entwickeln würde. *Hier treffen die höchsten Anforderungen zusammen:* hohe Leistung sowie lange Flug- und Motorlaufzeiten.

**M**otivierend bei der Entwicklung des Elektroantriebs für den Kunstflug wirkten die technischen Herausforderungen. An die anderen, positiven Aspekte, wie nicht överschmierte Modelle, die Regelbarkeit des Antriebs, dessen vibrationsarmer Lauf oder an die geringere Lärmentwicklung, hatte zunächst niemand so richtig gedacht.

Leistungsfähige Elektromotoren gab es schon vor langer Zeit. Und bei den F3A-Kunstflugmodellen war die Entwicklung ebenfalls weit fortgeschritten. Die Einführung der F3A-Wendefigurenprogramme erfolgte bereits 1984 und entsprechende Flugzeugtypen waren verfügbar. Es fehlte eigentlich nur noch

an der adäquaten Befeuerung, den geeigneten Stromspeichern. Sie mussten einen hohen Strom abgeben können und über eine hohe Kapazität verfügen. Anhand des Entwicklungsstands von Akkus lässt sich die Entwicklung des Elektrokunstflugs in drei Epochen einteilen.

### 1. Epoche

In dieser Zeit – bis etwa Ende der 1980er-, Anfang der 1990er-Jahre – erinnerten die eingesetzten Modelle meist sehr an Kunstflugsegler. Da die Modelle rein



widerstands- und gewichtsoptimiert konstruiert wurden, hat man auf Fahrwerke noch weitestgehend verzichtet. Die Kunstflugfiguren wurden damals sehr dynamisch geflogen. Die Elektromotoren waren noch mit Kohlebürsten zur Übertragung und Kommutierung des Stroms an die Wicklungen des Läufers versehen. Erste Versuche mit Leichtbaumodellen und japanischen Großserienmotoren von Mabuchi (Magnetmaterial war Ferrit) Kunstflug zu betreiben, gab es schon in den 1970er-Jahren. Anschließend wurde Cobalt-Samarium als Magnetmaterial eingesetzt. Bekannte Motorenhersteller in Deutschland waren Geist, Keller und Plettenberg.

Bürstenmotoren erreichten zunächst Wirkungsgrade von 60-70 Prozent. Ende der 1980er-Jahre gab es einen Innovationsfortschritt in deren Entwicklung: die Kobalt-Samarium-Magnete wurden durch Neodym ersetzt. Damit verbesserte sich der Wirkungsgrad der Motoren um bis zu 10 Prozent. Eingesetzt wurden sie sowohl im Direktantrieb als auch mit zwischengeschaltetem Getriebe.

Die Technologie von Nickel-Cadmium-Akkus (NiCd) verbesserte sich kontinuierlich. Mit den „roten“ Sanyo-Zellen standen Kapazitäten bis 1.400 Milliamperestunden (mAh) pro Zelle zur Verfügung. In dieser Zeit gab es einige wenige Kunstflugwettbewerbe, aber noch keine kontinuierliche Szene. Bei Wettbewerben des DMFV Anfang der 80er, mussten verschiedene Flugaufgaben mit einem Modell erfüllt werden: Geschwindigkeitsfliegen um zwei Pylone, Limbofliegen und Kunstflug.

Bei Letzterem konnte sich der Pilot sechs Figuren aus 20 möglichen auswählen.

Die Figuren wurden als reine Zentraf figur geflogen, da

Wendefigurenprogramme zu viel Energie erforderten.



*Der Sieger des DMFV-Wettbewerbs 1982, Reinhard Weber, mit seinem Modell. Spannweite 1.400 Millimeter, Gewicht 2.800 Gramm, 22 bis 24 Zellen Sub-C-Größe, Motor Keller 50/14 als Direktantrieb*



*Eine Konstruktion von Dirk Menge. Spannweite 1.800 und Länge 1.600 Millimeter, Gewicht 3.500 Gramm, 20 Sub-C-Zellen, Motor Graupner Ultra 1600, Propeller APC 9 x 7 Zoll, Direktantrieb*

## 2. Epoche

Erst mit neuen Komponenten konnten die Modelle weiterentwickelt werden. Es entstanden aus F3A-Modellen abgeleitete Leicht-Varianten wie E-Matador, E-Saphir, Genesis-E und spezielle Konstruktionen wie MeMe, Smash, Dream und einige mehr. Diese hatten meist einen kleineren Rumpfquerschnitt. Zunehmend praktizierten

„Anhand des Entwicklungsstands von Akkus lässt sich die Entwicklung des Elektro-kunstflugs in drei Epochen einteilen.“



*Peter Albert mit seinem PEPP: 22 bis 26 Nickel-Cadmium-Zellen mit 1.400 Milliamperestunden Kapazität, Motor Plettenberg, Propeller Zinger 11 x 7,5 Zoll, Gewicht 3.000 Gramm*



*DMFV-Jahresabschlusswettbewerb 1996 in Kirberg im Elektroflug. Von links: Hans-Jürgen Ahlborn, Torsten Wagner, Dirk Menge, Peter Claus, Peter Lumpe*



*Saphir E von Peter Claus in Styro-Balsa-Bauweise mit Einbein-Einziehfahrwerk. Spannweite 1.740 und Länge 1.640 Millimeter, Gewicht 4.500 Gramm, Motor Plettenberg HP 355/50/8, Akku 30 Zellen Sanyo 1.700 NSCR (SP), Propeller APC 13 x 9 Zoll, Regler Schulze Heli*



*Weit verbreitete, leistungsfähige Antriebe kamen von Plettenberg – hier schon mit Neodym-Magneten. Deutlich ist der Bürstenapparat des Kommutators zu erkennen*

die Piloten Bodenstarts, sodass auch vermehrt Einziehfahrwerke zur Verwendung kamen. Aber immer noch war die mittfliegende Energiemenge der alles begrenzende Faktor.

Um 1995 erschien dann die 56 Gramm (g) schwere Sanyo-Zelle 1700 NSCR (SP), die ab sofort state of the art war. Akkukauf mit der Briefwaage war angesagt. Leistung stand zwar nicht im Überfluss zur Verfügung, aber es ging schon ganz gut. Die Entwicklung der NiCd-Zellen ging bis 2.400

mAh Kapazität. Anschließend schloss sich die Entwicklung von Nickel-Metallhydrid-Akkus (NiMH) mit Kapazitäten bis 3.300 mAh bei ähnlichem Gewicht an. Damit stand eine um zirka 40 Prozent höhere Energiemenge zur Verfügung. Im gleichen Atemzug erlebte die Motorentechnik Ende der 1990er-Jahre mit der Entwicklung der Brushlessmotoren den nächsten Innovationsprung. Hier wurde eine Gewichtsreduzierung von etwa 40 Prozent bei vergleichbarer Leistung erzielt. Dieses waren wieder wichtige Impulse in Richtung Elektroflug.

Die Wettbewerbsszene wurde in dieser Epoche durch die Einführung der FAI-Wettbewerbsklasse F5A belebt – F5 sind Elektromodelle und



*E-Faktor Type SMR99 von Michael Ramel. Spannweite 1.998 und Länge 1.996 Millimeter, Gewicht 4.400 Gramm, Motor Lehner LMT1940/14 mit Getriebe 6:1, Folding-Prop 17 x 12 Zoll, 30 x NiCd RC 2000 bis RC 2400*

das A steht für Kunstflug. Diese waren Wendefigurenprogramme mit 17 Kunstflugfiguren speziell für Elektroflugmodelle. Beim DAeC gab es in diesen Jahren mehrere Deutsche Meisterschaften. Der DMFV übernahm diese Programme als dritte Wettbewerbsklasse bei seinen Motorkunstflugwettbewerben. Aufgrund der Durchführung von F5A-Wettbewerben im Rahmenprogramm von Europa- und Weltmeisterschaften Mitte der 1990er-Jahre gab es kurzfristig einen regelrechten Boom. Leider wurden dann aber keine wirklichen Europa- und Weltmeisterschaften im Elektroflug

„ Im gleichen Atemzug erlebte die Motorentechnik Ende der 1990er-Jahre mit der Entwicklung der Brushlessmotoren den nächsten Innovationssprung “



*Ratsrepus von Bernhard Schröger. Spannweite 2.400 und Länge 2.000 Millimeter, Gewicht 12,8 Kilogramm, Akkus 3 x 30 NiCd 1.400er-Klasse, Motor Plettenberg Dino*



*Präziser und aufwändiger Leichtbau des E-Faktor von Michael Ramel*





*Feldladestation 1996 von Bernhard Schröger. Parallelen zur Neuzeit sind durchaus erkennbar – ohne Aggregat nichts los*

durchgeführt, sodass das Interesse schnell wieder verflieg. Rückblickend betrachtet war die damalige Entscheidung auch richtig, wie sich in der 3. Epoche zeigte. Nur noch eine relativ kleine Gruppe von Piloten blieb weiterhin der Szene treu.

Um das Jahr 2000 entwickelte Michael Ramel den E-Faktor. Ein Modell, das schon in der F3A-Bundesliga konkurrenzfähig war. Der DMFV gab das spezielle Elektrokunstflugprogramm bei Wettbewerben im Motorkunstflug bereits im Jahr 2001 wieder auf. Damit wurde in allen Klassen Elektro- und Verbrennungsantriebe gleich behandelt. Das Programm wird ab jetzt dazu benutzt, für alle eine Kunstflugklasse mit mittlerem Schwierigkeitsgrad anzubieten, um den Piloten eine kontinuierliche Entwicklungsmöglichkeit und einen harmonischen Einstieg in die komplexe Materie Kunstflug zu ermöglichen.

In diesen Zeitraum nahmen auch die ersten Großmodelle an Wettbewerben teil. Zu nennen sind hier beispielhaft Bernhard Schröger mit seiner Ratsrepus beim F3A-X – wegen des Gesamtgewichts über 10 Kilogramm (kg) außer Konkurrenz – oder Peter Adolfs mit seinem Heinkel Doppeldecker beim Motorkunstflug im DMFV sowie Paul Junker mit einer besonders leichten Cap in der F3A-X-Kategorie (unter 10 kg) beim Elektroflugmeeting in Aspach. Für diese Modelle entwickelte beispielsweise die Firma Plettenberg einen speziellen Antrieb, genannt „Dino“, sodass nicht mehrere Motoren über ein Getriebe gekoppelt werden mussten, sondern ein einziges Triebwerk im Direktantrieb verwendet werden konnte. Diese Epoche endet etwa 2003.

„Heute nimmt kaum noch ein mit Verbrennungsmotor angetriebenes Kunstflugmodell an den verschiedenen F3A-Wettbewerben in Deutschland teil“



*Heinkel He-72 Kadett von Peter Adolfs 1993: Spannweite 2.100 Millimeter, Gewicht 12,5 Kilogramm, Antrieb 2× Plettenberg HP 355/40/7 (Bürstenmotor) mit Eigenbau-Zahnriemengetriebe, Propeller 21 × 13 Zoll Asano, 2 × 30 Zellen Sub-C Sanyo SCR-C 1700, 5.700 Umdrehungen in der Minute bei 70 Ampere Stromaufnahme*

### 3. Epoche

Mit der Einsatzfähigkeit von Lithium-Polymer-Akkus (LiPo) beginnt die dritte und aktuelle Epoche. Es geht nun alles ziemlich schnell. Mit diesen Zellen reduziert sich das Akkugewicht nochmals erheblich. Ein Vergleich der Energiedichten der verschiedenen Akkutypen macht das deutlich:

Akkutyp Energiedichte in Wh/kg

Blei	35 bis 40
NiCd	bis 45
NiMH	bis 65
LiPo	130 bis 170

*Mit den Brushlessmotoren wurde das Gewicht deutlich reduziert, hier ein sensorloser HP 370/40, die so genannte Waschmaschine*



*Der Limited Beluga von Bernd Beschorner im Showroom der Firma Plettenberg. Motor Plettenberg Xtra 25/12 im Spinner mit Kokam 10s3p 2.000er-LiPo*



*Der Motor für Großmodelle: Plettenberg Dino, vierpoliger Motor für 2 × 30 Nixx-Zellen oder mehr*



*Gegenläufiger Doppelprop-Antrieb von Peter Haase, eingebaut im Opium von Jan Rottmann*

Das entspricht der mehr als nahezu vierfachen Energiedichte im Vergleich zur NiCd-Zelle und der mehr als doppelten zur NiMH-Zelle. Die Euphorie war und ist groß, jetzt wurde und ist alles möglich. Ab sofort entfällt die Versuchung, Kunstflugmodelle nicht mehr nach der Antriebsart zu unterscheiden.

Zuerst setzte Jason Shulman diese Zellen in einem Rhapsody bei der F3A-Weltmeisterschaft in Polen ein und errang den 7. Platz mit einem Hacker-Antrieb. 2004 wird Bernd Beschorner mit einem elektrisch angetriebenen Limited Beluga Deutscher Meister in der F3A-Bundesliga. Heute nimmt kaum noch ein mit Verbrennungsmotor angetriebenes Kunstflugmodell an den verschiedenen F3A-Wettbewerben in Deutschland teil. Selbst bei Großmodellen kann der Benziner durch einen Elektroantrieb adäquat ersetzt werden. An der Antriebsleistung liegt es jedenfalls nicht mehr. Der Gesamtaufwand und die Kosten sind allerdings höher. Speziell übers Nachladen der Akkus muss man sich hier Gedanken machen, wenn keine Steckdose in der Nähe ist.

Zum German Acro Masters 2006 stattete Bernd Beschorner seine Delro-Raven mit 3.100 Millimeter (mm) Spannweite und einem Gewicht von 17,5 kg mit einem Plettenbergmotor aus. Beim German Acro Masters 2010 wurden schon vier eingesetzte Modelle elektrisch angetrieben. Bei den Modellen kommen nun auch speziell für Elektroantriebe ausgelegte Typen auf den Markt. Wie sinnvoll das ist, zeigt sich daran, dass man jetzt auf alle Verstärkungen für den vibrierenden Verbrennungsmotors verzichten und konsequent leicht bauen kann. Erstmals sind elektrisch angetriebene F3A-Modelle leichter als vergleichbare, mit Verbrennungsmotor angetriebene. Besonders deutlich wird dies beim E-Faktor von Michael Ramel, entstanden in sehr leichter Holzbauweise, und beim Limited Beluga – Rumpf in Wabenbauweise, Fläche und Leitwerk in leichter Styro/Balsa-Technik. Leicht fliegt leichter. Besonders bei den immer anspruchsvolleren Kunstflugfiguren in den neuen Programmen wird dies deutlich.



*Der Doppelprop-Antrieb von Peter Haase basiert auf einem Motor Hacker C50*



*Der Voll-GFK-CFK Limited Beluga von Christoph Danders mit Kevlar-Wabe-Rumpf*



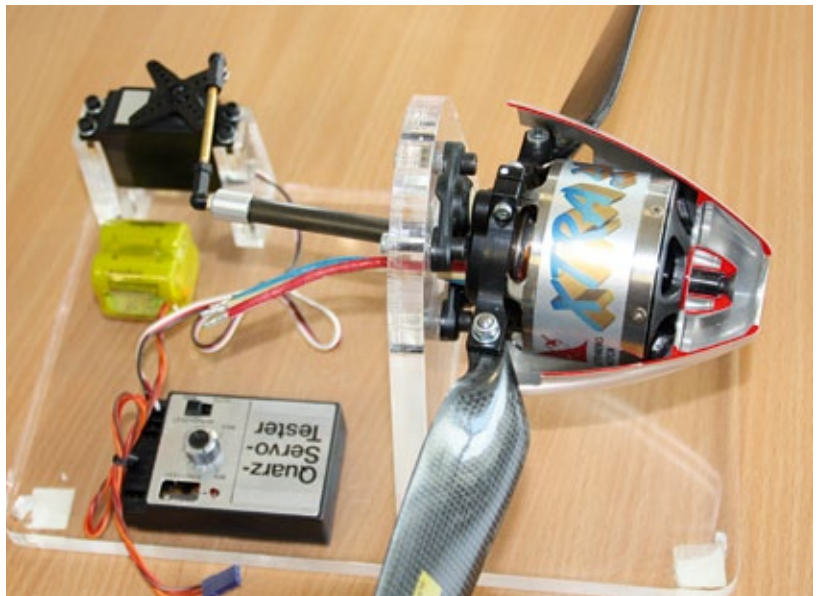
*Bernd Beschorner mit seiner Delro-Raven. Spannweite 3.100 Millimeter, Gewicht 17,5 Kilogramm, Motor Plettenberg Predator 37/6, Akku 14s mit 15.000 Milliamperestunden Kapazität. Maximaler Strom zirka 300 Ampere und maximale Leistung etwa 15 Kilowatt*

Aufgrund der konsequenten Nutzung der Eigenschaften von Elektromotoren wird man immer kreativer:

- Proportionale Bremse beim Sinkflug über den Gasknüppel
- Der Motor kann zur optimalen Kühlung im Spinner untergebracht werden
- Vektorantriebe, die Messerflugloopings und deren Figurenfamilie einfacher gelingen lassen
- Gegenläufige Propeller, um den Propellerdrall um den Rumpf zu minimieren
- Mehrmotorige mit gegenläufigen Propellern
- Quergedachte Konstruktionen, die mit den vibrationsfreien Antrieben erst in Leichtbauweise realisierbar werden
- Optimierung der Propeller

### **Nächste Epochen**

Im Kunstflug sind die elektrisch angetriebenen Modelle mittlerweile leistungsfähiger als die mit Verbrenner ausgerüsteten. Sicher sind wir noch nicht am Ende der Entwicklung. Es steckt nach wie vor Potenzial im Elektroantrieb. Wenn man überlegt, wie viel Ingenieursleistung über die Jahrzehnte in Verbrennungsmotoren investiert wurde, steht dem Elektroantrieb noch viel bevor. Eine Schlüsselstellung wird auch weiterhin die



Entwicklung der Akkutechnologie innehaben. Die Verbesserung der Wirkungsgrade in allen Bereichen des Antriebsstrangs und die Steigerung der Energiedichte der Akkus lassen eine spannende Zukunft erwarten. Aktuell ist ein leistungsfähiger Smoker für Elektromodelle auf den Markt gekommen. Jetzt fehlt höchstens der kernige Sound eines passenden Originalmotors, der

auch noch in einiger Entfernung zu hören ist. Obwohl, gerade der leise Elektroantrieb hat seinen Reiz.

**Demonstrationsmodell eines Vektorantriebs von Plettenberg. Sehr schön ist hier auch die Integration des Motors im Spinner zu erkennen**

**Im Deja Vu von Hans-Jürgen Ahlborn laufen die Motoren entgegengesetzt**



**Quergedacht – Progress von Peter Haase. Alle Steuerflächen sind angelenkt. Auch solche Konstruktionen werden mit dem Elektroantrieb realisierbar**



**Die neueste Variation des Limited Beluga von Manfred Greve mit sechs Stummelflügeln – der vordere in der Mitte ist mit dem Seitenruder steuerbar – und Dreiblattpropeller Magcad**



**Der im Wirkungsgrad optimierte Propeller mit Winglets – Magcad patentiert 19,8 × 17,5 Zoll von Manfred Greve – soll zirka 20 Prozent Energie sparen**

KURZMITTEILUNGEN aus der Elektro-Branche

# e-World

## AUCH DAS NOCH



Aufhorchen lässt die Ankündigung des japanischen Modellmotorenbauers O.S. Motor: dort wird man zukünftig auch Brushlessmotoren im Programm haben. Was für ein Paukenschlag. O.S. Motor – der Inbegriff des traditionellen Verbrenners – setzt auf Stromer. Ob das ein Zeichen für den Weg in eine andere Zukunft ist?

[www.osengines.com/motors/index.html](http://www.osengines.com/motors/index.html)



## BRENNSTOFF AUF RÄDERN



Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und Airbus testeten diesen Sommer erfolgreich ein elektrisch angetriebenes Bugrad im Rollversuch. Seine elektrische Energie bezieht es aus einer Brennstoffzelle. Zukünftig soll es helfen, den Energieverbrauch, die Lärmemissionen und die Luftbelastung auf und um einen Flughafen zu reduzieren. Interne Schätzungen gehen von ein um 19 Prozent verringerten Schadstoffausstoß am Boden aus.

[http://www.dlr.de/dlr/presse/desktopdefault.aspx/tabid-10172/213\\_read-931/year-2011/](http://www.dlr.de/dlr/presse/desktopdefault.aspx/tabid-10172/213_read-931/year-2011/)



## NÄCHSTE GENERATION



So viel Ladepower lässt LiPo-Herzen höher schlagen. Der Pulsar 3 von Elprog bietet 1.500 Watt Ladeleistung und kann bis zu 16 Zellen laden und balancieren. Der Ladestrom reicht bis 25 Ampere. Via Bluetooth kommuniziert es mit einem PC – künftig auch Smartphone – um Prozessdaten zu übertragen und speichern. So viel Power macht auch LiPos der kommenden Generation mit 10 Amperestunden Kapazität und mehr rasch wieder einsatzbereit.

<http://www.pp-rc.de/SHOP/pulsar3.htm>



## STARKES DOPPEL



Im Fraunhofer-Institut IISB entwickelte man ein neuartiges Antriebssystem, das aus zwei mechanisch unabhängigen Einzelradantrieben mit integriertem Doppelumrichter und separater, feldorientierter Regelung besteht. Das ermöglicht eine freie Drehmomentverteilung auf beide Antriebsräder einer Achse, und zwar 80 Kilowatt beziehungsweise ein Spitzendrehmoment von 2.000 Newtonmeter. Das Design erlaubt neue Fahrzeugkonzeptionen mit mächtig Leistung.

[http://www.iisb.fraunhofer.de/de/presse\\_publicationen/pressemitteilungen/e-power\\_auf\\_der\\_achse.html](http://www.iisb.fraunhofer.de/de/presse_publicationen/pressemitteilungen/e-power_auf_der_achse.html)



## WELTENBUMMLER



In vielen Tagen um die Welt. Seit Ende September 2010 ist das elektrisch betriebene Katamaran des Projekts „SolarPlanet“ auf den Weltmeeren unterwegs. Mitte Mai wollte man eigentlich am Startpunkt Monaco zurück sein. Trotz der Verspätung gilt den Machern das Projekt schon jetzt als voller Erfolg. Zeigt es doch, dass mit aktuell vorhandenem Equipment aus Solarzellen und Elektroantrieb auf dem Seeweg Kontinente zu verbinden sind – ganz CO<sub>2</sub>-neutral.

<http://www.planetsolar.org/en/home.html>





Lithium ist der wichtigste Rohstoff für moderne Akkus. Die Unternehmensberatung Frost & Sullivan geht daher davon aus, dass im Recycling des Wertstoffs künftig ein großer Markt liegen wird.  
<http://www.frost.com/prod/servlet/report-overview.pag?repid=M5B6-01-00-00>

Oha, ganz neue Töne aus München. Regierungschef Horst Seehofer hat die Energiewende zufrieden als „ein einziges großes Konjunkturpaket für Bayern“ bezeichnet, berichtet BR-online. Bis 2022 sollen erneuerbare Energien im Freistaat bereits 50 Prozent ausmachen.  
<http://www.br-online.de/bayerisches-fernsehen/rundschau/energiewende-bayern-energieagentur-ID1312218431904.xml>



Akkus für Elektroautos müssen hoch leistungsfähig sein. Was aber, wenn sie ihren Zenit überschritten haben? General Motors und Nissan arbeiten zusammen an einem Projekt, um ausgemusterte Autoakkus als Speicher für Wind- und Solarstrom zu nutzen.  
<http://www.golem.de/1107/85165.html>

Im belgischen Leuven trafen Ende Mai Windkraftexperten aus 15 Ländern zusammen. Ihre gemeinsame Vision: Eines nicht allzu fernen Tages könnte Windkraft über den Wolken erzeugt werden. Beispielsweise mit Drachen, die an zentimeterdünnen Seilen hängen.  
<http://www.aerotelegraph.com/elektra-one-elektroflugzeug-fuer-jedermann>



Schätzungen zufolge dienen zwei Prozent des weltweiten Energiebedarfs der Klärung von Abwässern. Die Biotechnikfirma Emefcy aus Israel hat nun ein Verfahren deutlich verbessert, mit dem Kläranlagen ihren Strom selber erzeugen, mithilfe der Bakterien im Abwasser.  
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/Abwasser-erzeugt-Strom-1288830.html>

Dr. Bor Jang und Dr. Aruna Zhamu von Nanotek Instruments wollen auf Grundlage des Nobelpreisgekrönten „Wundermaterials“ Graphen neue, deutlich leitfähigere und langlebigere Anoden für Lithium-Akkus entwickeln.  
<http://www.nanowerk.com/news/newsid=22528.php>



Der französische Autohersteller Renault will zusammen mit dem Autobahnbetreiber Vinci Autoroutes ein dichtes Netz an Ladestationen aufbauen. Bis 2013 sollen 738 elektrische Tankstellen auf Park- und Rastplätzen einsatzbereit sein.  
[http://www.rp-online.de/auto/news/Stromtankstellen-an-Frankreichs-Autobahnen\\_aid\\_1014227.html](http://www.rp-online.de/auto/news/Stromtankstellen-an-Frankreichs-Autobahnen_aid_1014227.html)

Pioneer hat ein spezielles Navigationssystem für Elektroautos entwickelt. Topografische Daten wie Hügel werden berücksichtigt, um dem Fahrer stets eine möglichst genaue Schätzung über die verbleibende Reichweite anzuzeigen.  
<http://www.golem.de/1107/84770.html>



Laut Vattenfall Geschäftsführer Oliver Weinmann würde der Strombedarf in Deutschland um 0,5 Prozent ansteigen, wenn 2020 eine Million Elektroautos auf deutschen Straßen fahren. Er betont, dass „Grüner Strom“ diesen Bedarf decken kann.  
<http://www.autobild.de/artikel/interview-mit-vattenfall-geschaeftsfuehrer-1873474.html>

Die Schweizer Elektroflugpioniere Bertrand Piccard und André Borschberg haben den Hangar eines Militärflugplatzes in der Nähe von Bern bezogen. Hier arbeiten sie an einem Solarflugzeug mit 80 Meter Spannweite. Langfristiges Ziel: Passagierflug mit Sonnenenergie.  
<http://www.heise.de/tr/artikel/Hoehenflug-beim-Wirkungsgrad-1320387.html>



Aluminium-Celmet ist eine Art aufgeschäumtes Metall, das poröse und extrem leitfähige Eigenschaften besitzt. Japanische Forscher der Sumitomo Electric Industries wollen damit die Anoden von Lithium-Akkus verbessern. Die Kapazität ließe sich so bis zum dreifachen steigern.  
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/Aluminium-Celmet-soll-die-Kapazitaet-von-Lithium-Ionen-Batterien-erhoehen-1271422.html>

Was kommt nach dem Lithium-Akku? Wissenschaftler der Justus-Liebig-Universität in Gießen erforschen die Zellstruktur von Natrium-Ionen-Batterien bei Raumtemperatur. Der Vorteil: Im Gegensatz zu Lithium kommt Natrium nahezu unbegrenzt in der Natur vor.  
<http://www.uni-giessen.de/cms/ueber-uns/pressestelle/pm/pm216-11>



Mit winzigen Silizium-Nanokabeln als Anode sollen Lithium-Ionen-Akkus zehnmal mehr Energie abgeben können, als die aktuellen Modelle. Das zumindest kündigen Forscher der Stanford-Universität an. Von einer Markteinführung sei man aber noch weit entfernt.  
<http://www.oe24.at/digital/Laptops-mit-einer-Akkulaufzeit-von-40-Stunden/230182>

Text und Fotos: Markus Glöckler und Oliver Kinkelin

# Viermeter

Die *Viermeterklasse* bei Elektroseglern gilt seit jeher als KÖNIGSKLASSE. Das bessere LEISTUNGSPOTENZIAL gegenüber den kleineren Modellen um drei Meter Spannweite überzeugt genauso wie die HANDLICHKEIT im Vergleich zu Modellen mit deutlich über vier Meter Spannweite. *In puncto Antriebsausstattung führen bereits preiswerte Standardkomponenten zum Erfolg.* Wir vergleichen vier Modelle.

## Schmierer

Sharon Profi X

- ⬆ Thermiksensibilität
- ⬆ Transportfreundliche Tragfläche
- ⬆ Viele Varianten lieferbar
- ⬆ Sehr leicht und stabil
- ⬇ Preis

★★★★★ SEHR GUT

## Schmierer Sharon Profi X

Preis: 984,- Euro

Internet: [www.schmierer-modellbau.de](http://www.schmierer-modellbau.de)

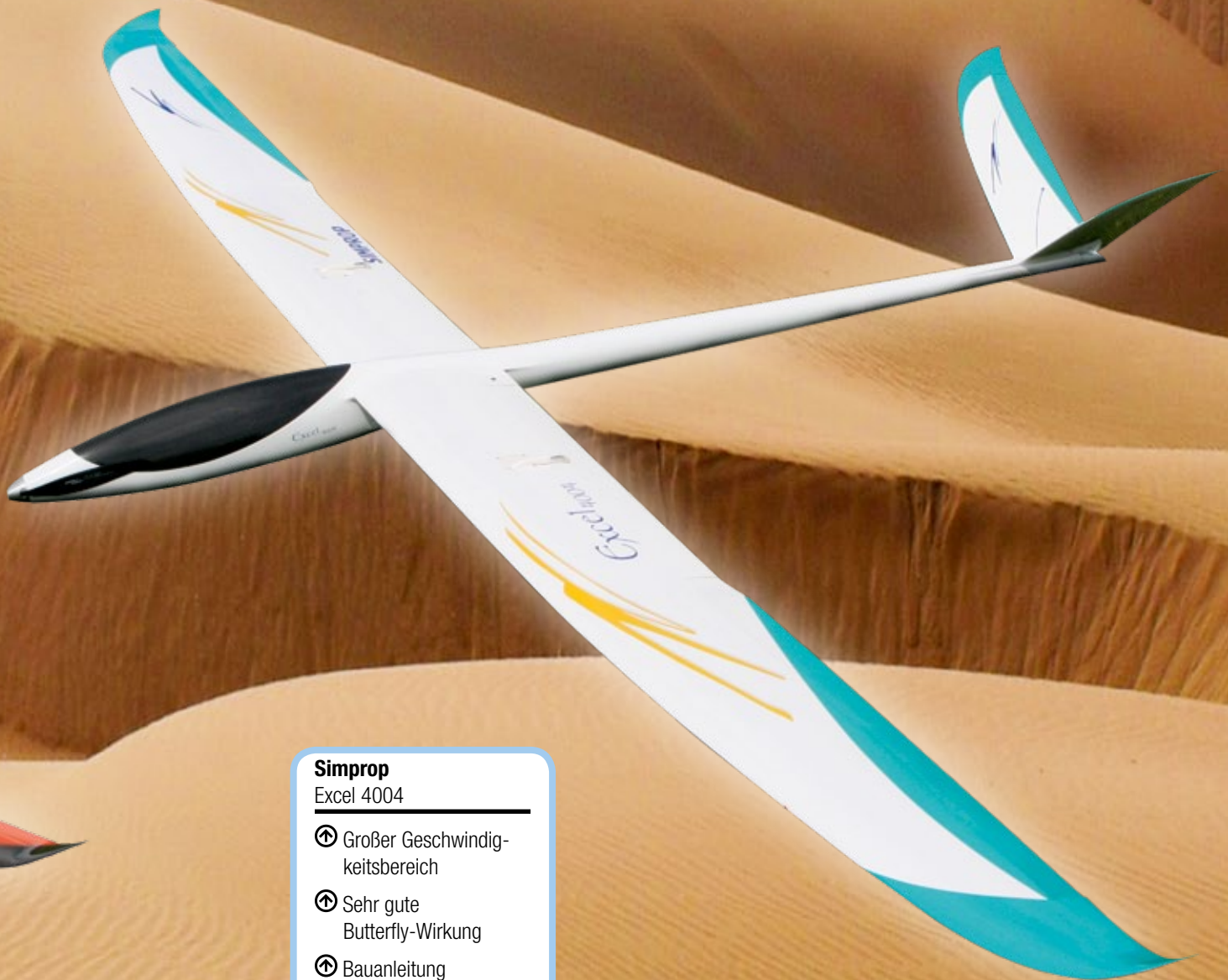
Der Sharon Profi X von Schmierer ist der Floater in diesem Vergleich. Seine F3J-Gene sind auch in der Version mit 4.200 Millimeter Spannweite zweifellos noch vorhanden. Wer es etwas wendiger mag, der greift einfach zur Variante mit 3.700 Millimeter. Getestet wurde die Carbon-D-Box-Version mit Störklappen. Die Verarbeitung des Voll-GFK-Modells ist gut und die Oberflächenqualität ebenso. Es gibt einige Festigkeitsvarianten und zudem Versionen mit und ohne Störklappen, sodass für jeden was dabei ist. Der Sharon bietet ausreichend Platz für die unterschiedlichsten Motorisierungen, er ist locker unter 5.000 Gramm zu bauen und sein Flugverhalten ist stets ausgewogen sowie unkritisch. Seine Stärken liegen im Floaten und im Thermikflug. Andererseits lässt er sich auch mal gerne durch die eine oder andere Kunstflugfigur scheuchen. Durch die dreiteilige Tragfläche ist der Sharon sehr transportfreundlich und hat ein geringes Packmaß. Leider fehlt eine ausführliche Bauanleitung, sodass er nur für den erfahrenen Piloten geeignet ist. Mit einem 4s-LiPo-Antrieb und dem Kontronik Fun 500-27 mit 5,2:1-Getriebe steigt der Sharon mit knapp 9 Meter pro Sekunde bei einer Stromaufnahme von 44 Ampere.

## Simprop Excel 4004

Preis: 549,80 Euro

Internet: [www.simprop.de](http://www.simprop.de)

Simprop bietet mit dem Excel 4004 ein recht preiswertes Elektromodell in der Viermeterklasse an. Die Tragflächen-geometrie wurde vom Modell Prolution aus demselben Hause übernommen. Im Gegensatz zu dieser verzichtete man bewusst auf die Störklappen, um das Modell leicht zu halten. Dafür besitzt der Excel 4004 unten angeschlagene Wölbklappen für große Butterfly-Ausschläge. Der Rumpf mit V-Leitwerk ist ausreichend lang und das Leitwerk so dimensioniert, dass eine gute Querstabilität gegeben ist. Die Bauanleitung ist simproptypisch sehr detailliert. Viele kleine Details wie zum Beispiel die Landekufe, die Schwerpunkt-Markierungen am Rumpf und die leichte Montage des V-Leitwerks zeichnen den Excel 4004 aus. Leider ist er mit dem von Simprop vorgeschlagenen Antrieb nicht unter 5.000 Gramm Abfluggewicht zu bauen. Die Steigleistung von 4 Meter pro Sekunde ist ausreichend, aber nicht üppig. Dafür ist das Flugverhalten des Excel ohne Fehl und Tadel. Das Profil ist eher von der dynamischen Art, dank der Wölbklappen besitzt das Modell aber einen großen Geschwindigkeitsbereich. Mit 41 Ampere ist die Belastung moderat.



### Simprop

Excel 4004

- ⬆️ Großer Geschwindigkeitsbereich
- ⬆️ Sehr gute Butterfly-Wirkung
- ⬆️ Bauanleitung
- ⬆️ Vorfertigung
- ⬆️ Steigleistung

★★★★☆ GUT

**Graupner****Alpina 4001 elektro**

- ⬆️ Hervorragende Thermikeigenschaften
- ⬆️ Sehr richtungsstabil
- ⬆️ Variabel in Bauausführung und Motorisierung
- ⬆️ Materialqualität
- ⬇️ Hohes Gewicht

★★★★★ SEHR GUT

**Graupner Alpina 4001 elektro**

Preis: 649,50 Euro

Internet: [www.graupner.de](http://www.graupner.de)

Die Alpina 4001 von Graupner ist der Klassiker unter den Viermeterseglern. An ihr werden alle Modelle dieser Klasse gemessen. Durch den speziellen Elektrorumpf sind die unterschiedlichsten Motorgrößen möglich, womit die Alpina vom gemächlichen Elektrosegler bis zum Viermeter-Hotliner ausgerüstet werden kann. Um auf ein geringes Abfluggewicht zu kommen, empfiehlt sich eine Antriebsvariante mit vier LiPos und einer 15 × 9,5-Zoll-Luftschraube. Dadurch steigt die Alpina bei mäßigem Stromverbrauch von 47 Ampere dann doch noch in einem Winkel von zirka 30 Grad beziehungsweise 6 Meter pro Sekunde. Als Viermeterhotliner ist ausreichend Platz für einen 5s- oder 6s-LiPo vorhanden. Dadurch erhöht sich das Gewicht der Alpina aber auf 5.500 bis 6.000 Gramm. Mit Wölb- und Störklappen ist das Modell ideal für kurze Landeanflüge an kleinen Modellflugplätzen oder im hochalpinen Gelände geeignet. Die Alpina-Serie glänzt nicht durch kompromisslose Leichtbauweise, ist aber in unterschiedlichen Ausführungen von der Thermik-Edition als leichter Elektrosegler bis zur knallharten Master-Edition mit reichlich Kohlefaser zu haben. Sie überzeugt stets durch ein ausgewogenes und sehr eigenstabiles Flugverhalten. Ist immer beherrschbar und trotzdem sehr agil und wendig. Das Pendelleitwerk verleiht der Alpina eine sehr gute Ruderwirkung kombiniert mit geringem Luftwiderstand. Das Modell wird mit umfangreichem Kleinteilsatz und einer hervorragenden Anleitung in Wort und Bild, gefüllt mit vielen wichtigen Tipps zu Fertigstellung, ausgeliefert.

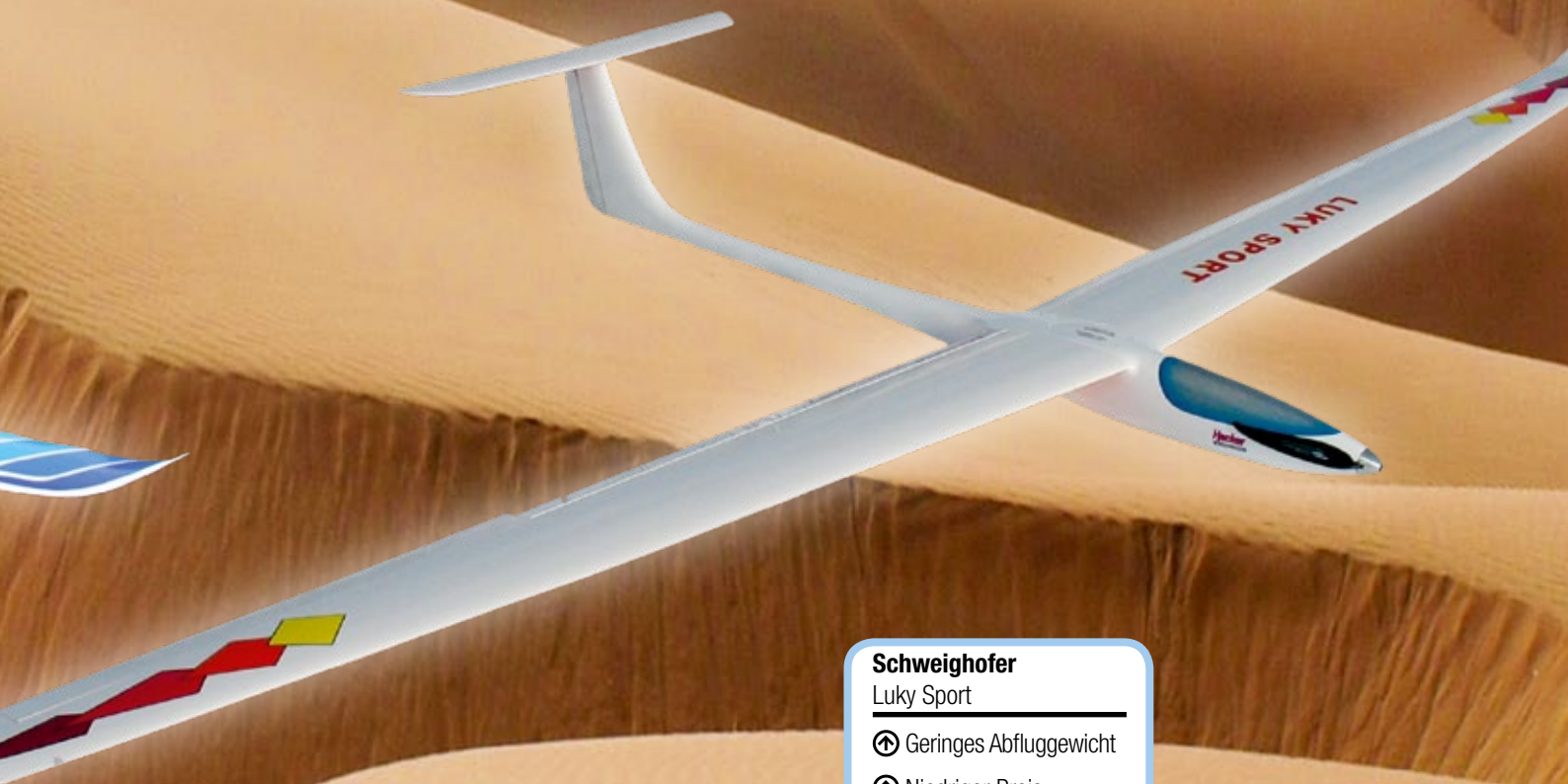


## Schweighofer Luky Sport

Preis: 449,90 Euro

Internet: [www.der-schweighofer.com](http://www.der-schweighofer.com)

Auch mit einem 5s-LiPo und einem leistungsstarken Elektroantrieb kommt der Luky Sport von Schweighofer problemlos unter 4.500 Gramm Abfluggewicht. Mit einer 18 × 11-Zoll-Luftschraube sind mehrere, kraftvolle Steigflüge bei 7 Meter pro Sekunde in einem Winkel von etwa 50 Grad möglich. Die Balsaflächen und -leitwerke verlangen ein behutsames Handling beim Transport. Die Tragflächen mit den hochgezogenen Randbögen sind sauber verschliffen und faltenfrei mit Folie gebügelt. Der GFK-Rumpf ist stabil und leicht. Durch den langen Rumpf in Verbindung mit einem T-Leitwerk fliegt der Luky Sport sehr geradlinig, ohne schwerfällig zu sein. Die unten angeschlagenen Wölbklappen erlauben zwar keine negative Verwölbung des Profils, jedoch zeigen sie eine gute Wirkung im Thermikflug und zum Landen in der Butterfly-Stellung. Das Modell verhält sich in jeder Fluglage vollkommen unkritisch und lässt sich in der Thermik mit nur wenig Ruderunterstützung gleichmäßig kreisen. Ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis macht den Luky Sport zum Einsteigermodell in dieser Größe. Mit 47 Ampere ist der Stromverbrauch etwas höher, aber die umgesetzte Leistung stimmt.



### Schweighofer

#### Luky Sport

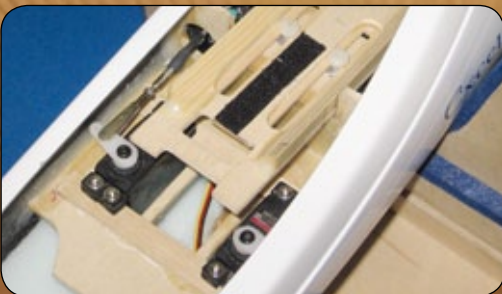
- ⬆️ Geringes Abfluggewicht
- ⬆️ Niedriger Preis
- ⬆️ Gutmütige Flugeigenschaften
- ⬆️ Steigleistung
- ⬇️ Kein negativer Wölbklappen-ausschlag möglich
- ⬇️ Montageaufwand

★★★★☆ GUT



**Technische Daten**

Modellname	Alpina 4001 elektro	Luky Sport	Sharon Profi X	Excel 4004
Spannweite	4.001 mm	4.000 mm	4.200 mm	4.004 mm
Rumpflänge	1.690 mm	1.730 mm	1.650 mm	1.848 mm
Tragflächeninhalt	80,6 dm <sup>2</sup>	93 dm <sup>2</sup>	83 dm <sup>2</sup>	84,7 dm <sup>2</sup>
Fluggewicht Herstellerangabe	Ab 4.900 g	Ab 4.300 g	Ab 3.800 g	Ab 4.800 g
Fluggewicht Testmodell	5.250 g Master-Edition-Version	4.300 g	4.105 g CFK-D-Box-Version	5.272 g
Regler	Kontronik Jazz 80-6-18 BEC	Kontronik Jazz 80-LV BEC	Kontronik Jive 80 ULV	Simprop Magic-Control 60-16
Motor	Flyware MAX650-F7	Hacker A40-12L V2	Kontronik Fun 500-27 5,2:1	Simprop Magic 50-28
Luftschraube	aero-naut CAM-Carbon 15 × 9,5 Zoll	aero-naut CAM-Carbon 18 × 11 Zoll	aero-naut CAM-Carbon 16 × 8 Zoll	aero-naut CAM-Carbon 17 × 11 Zoll
Akku	4s-LiPo 3.800 mAh Hacker	5s-LiPo 4.500 mAh Hacker	4s-LiPo 3.200 mAh SLS	4s-LiPo 3.300 mAh
Maximalstrom	47 A	47 A	44 A	41 A
Steigleistung	ca. 6 m/s	ca. 7 m/s	ca. 9 m/s	ca. 4 m/s
Bewertung	★★★★★	★★★★☆	★★★★★	★★★★☆



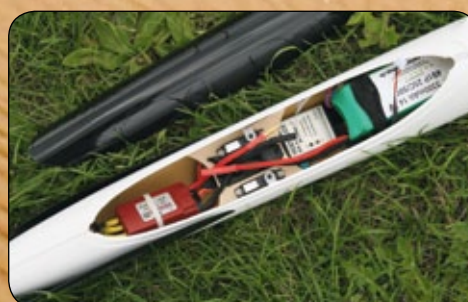
*Für den RC-Ausbau liegen beim Excel sauber ausgeschnittene Sperrholzbretter bei. Der Akku kommt auf einer verschiebbaren Akkuaufgabe zu liegen, sodass der Schwerpunkt gut variiert werden kann*



*Im geräumigen Alpina-Rumpf ist viel Platz für die RC-Komponenten. Dadurch sind eine Vielzahl verschiedener Antriebskombinationen und großer, kräftiger Servos möglich*



*Auch mit 5s-LiPo und leistungsstarkem Elektroantrieb kommt der Luky Sport problemlos unter 4.500 Gramm Abfluggewicht*



*Der RC- und Antriebseinbau ist beim Sharon in Eigeninitiative zu erstellen, dafür bietet der Rumpf ausreichend Platz und sorgt so für einen übersichtlichen Einbau*

**Fazit**

Beim Viermetersegler erwarten die meisten Piloten gute All-rounder-Eigenschaften. Das optimale Verhältnis aus Steigleistung und Stromverbrauch sowie den erzielbaren Flugleistungen, dem Handling und Preis bestimmen den Sieger. Das Maß der Dinge bleibt auch in diesem Vergleich die Alpina 4001 von Graupner. Ihr folgt der Luky Sport von Schweighofer um Haaresbreite. Wer Voll-GFK liebt, Leistung sucht und den Preis dafür bezahlt, ist mit dem Sharon Profi X von Schmierer bestens beraten. Der Excel 4004 überzeugt im Flug, Detail und Preis, was ihn für den einen oder anderen Piloten zum Topmodell macht.

# JETZT BESTELLEN



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

Artikel-Nr. 11602

**Mehr Informationen,  
mehr Bücher und mehr Vielfalt im Online-Shop  
[www.alles-rund-ums-hobby.de](http://www.alles-rund-ums-hobby.de) und auf Seite 70**

[www.BASTLER-ZENTRALE.de](http://www.BASTLER-ZENTRALE.de)  
ADDELSBAH TOTAL STUTTGART



**Jeden Monat neu!**

[www.rc-heli-action.de](http://www.rc-heli-action.de)

Wenn der HST Luft holt,  
bleibt allen anderen der  
Atem stehen.



[www.schuebeler-jets.de](http://www.schuebeler-jets.de) | [info@schuebeler-jets.de](mailto:info@schuebeler-jets.de)  
Detmolder Strasse 32 | 33102 Paderborn | fon +49 5251 873348 | fax +49 5251 8718976



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

**Im Aerobatic-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.aerobatic-workbook.de](http://www.aerobatic-workbook.de)

**DIREKT BESTELLEN**  
unter [www.alles-rund-ums-hobby.de](http://www.alles-rund-ums-hobby.de)

oder telefonisch unter  
**040 / 42 91 77-100**

Text, Fotos und Grafik: Peter Kaminski

# Neue Klasse

## 80er-Impeller Delta-V 32 von Horizon Hobby

Mit dem Habu 32 DF von Horizon Hobby wurde *erstmalig ein 80-Millimeter-Impeller* in ein Modell eingesetzt. Der DELTA-V-32 könnte zum Begründer einer NEUEN IMPELLERKLASSE werden. Schließt er die Lücke zwischen den 70er- und 90er-Größen?



Foto: © Bertold Weikmann - Fotolia.com



*Horizon Hobby verwendete hochwertige Komponenten für den Impeller Delta-V 32*

**B**ei der Entwicklung der Impeller standen im Wesentlichen zunächst Impeller mit 70 und 90 Millimeter (mm) im Fokus. Je nach Bedarf entstanden kleinere Typen, zum Beispiel der HW 505 mit 66 mm oder noch kleinere wie der Micro Fan mit 50 mm, beide von Wemotec. Da Impellermodelle aber auch größer wurden, entwickelten einige Hersteller auch größere Impeller, die für mehr Schub sorgen, beispielsweise die Turbo-Fan-Reihe 3000 NG (Innendurchmesser 100 mm), 4000 (120 mm) oder 8000 (145 mm) von aero-naut oder die Impeller der HDT- und der neuen HST-Serie von Schubeler mit bis zu 128 mm Innendurchmesser.

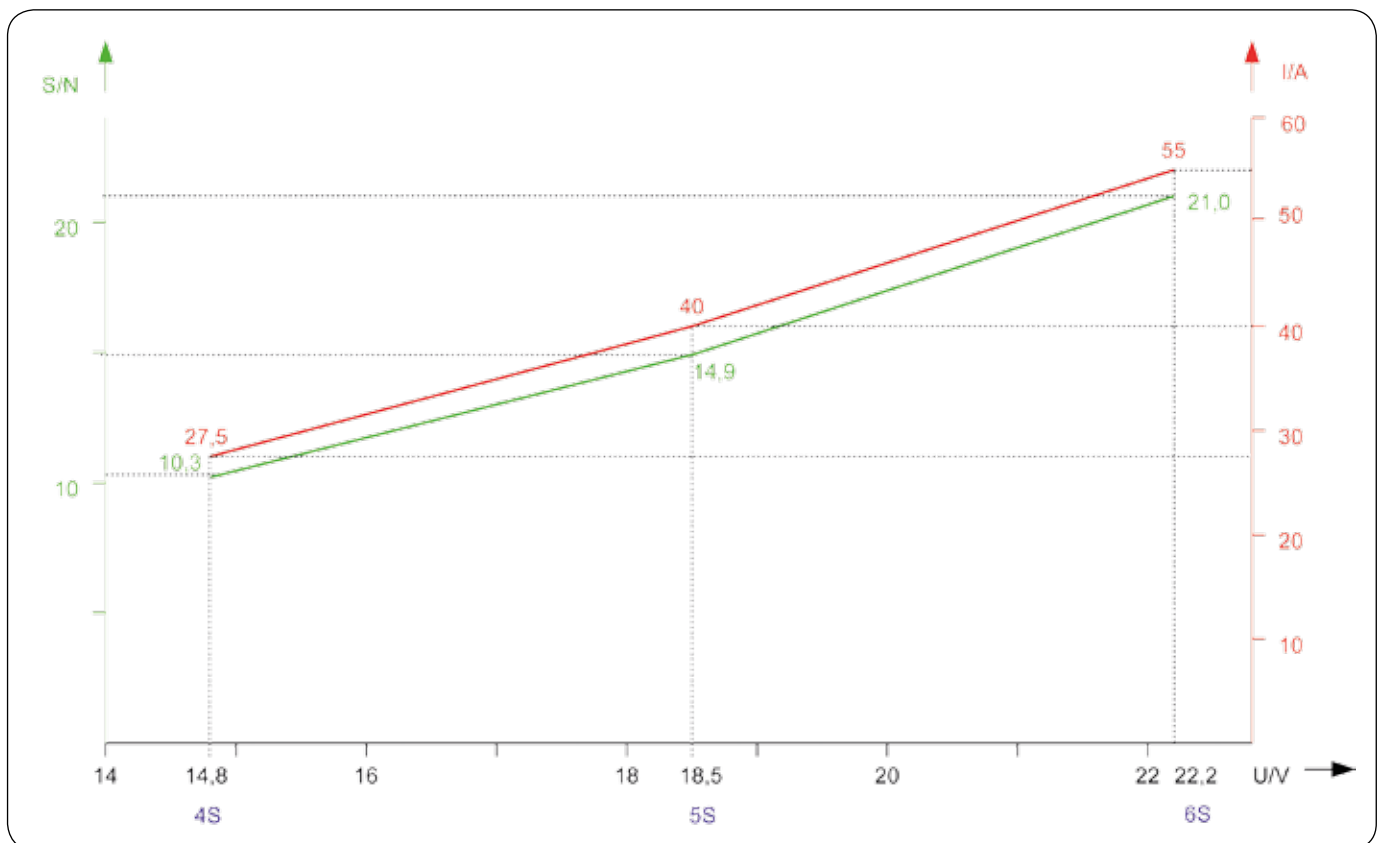
### Technische Daten Impeller Delta-V 32

Rotor	Fünfblatt
Durchmesser	80 mm/83 mm (innen/außen)
Impellerlänge	66 mm
Gewicht	116 g
Wellendurchmesser	5 mm
Motordurchmesser	28 mm
Preis	34,99 Euro

### Marktlücke

So gab es bisher fast alle Größen zwischen 50 und 120 mm im 10-mm-Raster. Der Hauptteil der Masse am Markt sind aber die 70er- und 90er-Klassen. Gerade hier gab es eine Lücke, die Bedarf weckte, denn die Antriebe wurden immer stärker. Was früher ein 90-mm-Fan leistete, kann heute auch mit einem 70-mm-Impeller erreicht werden. So kam es wie erwartet: mit dem neuen E-Jet Habu 32 DF präsentierte E-flite einen 80-mm-Impeller, den wir hier erstmals vorstellen möchten.

Der neue ist zwar nicht der erste Impeller von E-flite. Mit dem Delta-V 15 gibt es bereits einen mit 69 mm Innendurchmesser. Der des Delta-V 32 mit Fünfblattläufer beträgt 80 mm und der Außendurchmesser 83 mm. Die 32 steht bei der Typenbezeichnung für 3,2 Zoll. Geliefert werden ein Impellermantel, ein Aluminiumspinner, ein Rotor aus glasfaserverstärktem Spritzguss (Polyphenylsulfid), ein Mitnehmer, ein Strömungskörper zur Motorabdeckung und Durchführung der Motorkabel, Kleinteile und auch ein passender Einlauftring.



*Messergebnisse beim Betrieb des 80er-Impeller mit 4s-, 5s- und 6s-LiPos*

## Brushlessmotor BL-32DF

Außendurchmesser	28 mm
Länge	52 mm
Wellendurchmesser	5 mm
Gewicht	162 g
Strom	65 A/75 A (Dauer/kurzzeitig)
Spez. Drehzahl	2.150 U/min/V
Zellenzahl	4s- bis 6s-LiPos
Preis	59,99 Euro

*Der 80er-Impeller wurde explizit für den Habu 32 DF von Horizon Hobby entwickelt, eignet sich aber genauso gut für ähnliche Modelle*



Die Länge des Impellermantels beträgt 66 mm ohne Einlauf-ring. Die Motoraufnahme ist für Brushlesstypen mit 28 mm Durchmesser vorgesehen.

E-flite bietet auch einen neuen, passenden Motor an und zwar den Brushless 32 Ducted Fan. Hierbei handelt es sich um einen Innenläufer mit 5-mm-Welle und sechs Polen mit einer spezifischen Leerlaufdrehzahl von 2.150 Umdrehungen pro Minute pro Volt (U/min/V). Der Hersteller gibt einen maximalen Dauerstrom von 65 Ampere (A) und einen Spitzenstrom von 75 A an. Das Gewicht des montierten Aggregats mit Motor und Anschlusskabel sowie Goldstecker beträgt 260 Gramm.

### Messergebnisse

Wir haben die Antriebskonstellation E-flite Delta-V 32 und Brushless 32-Motor vermessen. Aus Vergleichsgründen



*E-flite empfiehlt zum Betrieb einen 6s-LiPo, einen 80-Ampere-Regler und den Innenläufer BL-32 DF mit 2.150 kv*

*Im 6s-Betrieb leistet der Delta-V 32 bis zu 21 Newton und eignet sich für Modelle bis 3,5 Kilogramm Abfluggewicht*



erfolgte dies wie üblich mit Einlauftring, jedoch ohne Düse. Vorgesehen ist der Antrieb im Habu 32 DF für sechs LiPo-Zellen. Bei einer Betriebsspannung von 22,2 Volt (6 LiPo-Zellen mit Nominalspannung von 3,7 V) stellten sich 40.100 Umdrehungen pro Minute ein und es ergab sich ein Strom von 55 A (Eingangleistung 1.220 Watt) bei einem Schub von 21 Newton (N); das wären nach alter Lesart 2,14 Kilopond (kp). Damit lassen sich die Daten des Herstellers, die zwar unter etwas anderen Rahmenbedingungen erfolgten, nachvollziehen und bestätigen. Im E-flite-Datenblatt werden 2,45 kp Schub bei 21,9 V Betriebsspannung, 39.640 Umdrehungen pro Minute und 53 A Strom angegeben, wobei die Messung aber mit Einlauftring und einer Düse mit 159 mm Länge und 72 mm Durchmesser erfolgten. Beim Einbau in ein Modell wird sich in Abhängigkeit von der Strömungsführung bei ähnlichem Schub ein höherer Strom einstellen.

Zuvor war der Impeller auf Unwucht vermessen und festgestellt worden, dass man die noch vorhandene mit einfachen Mitteln verbessern kann. Das Testmuster zeigte einen Unwuchtwert von 1,3 g/mm. Nach dem Wuchten lief er deutlich ruhiger. Auf Nachfrage beim Hersteller hieß es, dass auch die Horizon Hobby-Qualitätssicherung bereits festgestellt hatte, dass die Wuchtung nicht immer optimal ausgeführt wurde. Bereits ausgelieferte Impeller sollten geprüft und im Einzelfall feingewuchtet werden. Der Produktionsprozess wird zurzeit umgestellt.

### Klassenstar

Der neue E-flite Delta-V 32 wird sicherlich der Start für eine neue Impellerklasse sein, denn mit über 20 N Schub aus sechs LiPo-Zellen lassen sich ideal E-Jets bis zu 3.500 g Abfluggewicht bestücken. Tamjets bietet mit dem TJ80 seit kurzem einen weiteren 80-mm-Impeller auf Basis eines abgedrehten 90er-Läufers an und auch WeMoTec bietet auf Basis des Midi-Fan nun seit Oktober den Midi-80 mit 80 mm Durchmesser an uns als dritter im Bunde soll auch Stumax kurzfristig ein 80-mm-Impeller im Angebot haben. Man darf gespannt sein, ob auch weitere Modelle direkt für diese Impellerklasse auf den Markt kommen – wovon man erst mal ausgehen kann. Im Habu 32 DF hat der Delta-V 32-Impeller und der dafür vorgesehene Brushless 32-Motor von Horizon Hobby schon das Leistungspotenzial beeindruckend demonstriert.

### Kontakt

#### Horizon Hobby Deutschland

Hamburger Straße 10, 25337 Elmshorn

Telefon: 041 21/461 99 60, Fax: 041 21/461 99 70

E-Mail: [info@horizonhobby.de](mailto:info@horizonhobby.de), Internet: [www.horizonhobby.de](http://www.horizonhobby.de)

MEHR WISSEN, besser fliegen

# e-Facts

*Elektroflug ist zu einem unkomplizierten Freizeitvergnügen geworden. Einschalten, losfliegen. Und dennoch drängt sich so manche FRAGE auf, gehört HALBWISSEN auf den Prüfstand und LEGENDEN sind zu entzaubern. Hier die Fakten.*

*Gibt es eigentlich Vergleichslisten zwischen Verbrennungs- und Elektromotoren ?*

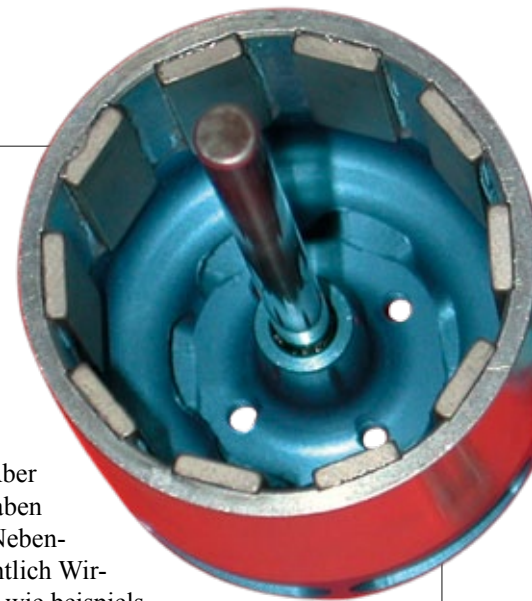
Einige amerikanischen Firmen machen tatsächlich solche Vergleichsangaben. Diese spiegeln aber nicht mal die halbe Wahrheit wieder. Während ein Verbrenner mehr oder weniger auf einen Luftschraubentyp – mit leicht variablen Durchmesser- und Steigungs- und Blattzahlwerten – festgelegt ist, kann ein Elektromotor ein breites Spektrum verschiedener Propeller bedienen; abhängig von der Batteriespannung (Zellenzahl). Bei Elektromotoren, die in ihrem Inneren weit mehr Wärme speichern können als Zylinderköpfe, spielen auch Einschaltdauer und Kühlbedingungen eine mitentscheidende Rolle. Es bleibt dem Anwender nicht erspart, aus kompetenten Publikationen die entsprechenden Werte herauszulesen. Viele Firmen veröffentlichen auf ihren

Internetseiten breit angelegte Antriebstabellen. Im Internet finden sich auch noch Antriebsrechner, die inzwischen eine hohe Prognosequalität aufweisen. Der abgebildete Elektromotor soll beispielsweise einen Zweitakt-Verbrenner mit 0,32 Kubikin (zirka 5,3 Kubikzentimeter) ersetzen. Er kann mehr!



*Es tauchen immer mehr Außenläufer mit 8 oder 10 Polen auf. Sind sie den 14-poligen an Drehmoment überlegen?*

Nein, das sind sie in keiner Weise. Aber viele Rotorpole haben auch ungünstige Nebenwirkungen hinsichtlich Wirkungsgrad. Wenn, wie beispielsweise bei Helis, ohnehin ein Getriebe vorhanden ist, kann es vorteilhaft sein, auf ein Polpaar zu verzichten und das am Propeller / Rotor benötigte Moment durch eine höhere Untersetzung zu erzeugen.



*Das Flugfigurenspektrum im Elektrokunstflug und 3D ist erschöpft. Mangelt es hier an technischen Innovationen?*

Erst vor Kurzem tauchte eine in Vergessenheit geratene Technik wieder auf: der Verstellpropeller. Dieses Mal jedoch in einer 17 Kilogramm wiegenden Su-26 mit 2.600 Millimeter Spannweite. Die Verstellpropellermechanik wird über eine Hohlwelle angesteuert. Jedoch nicht durch

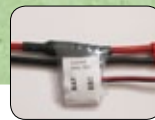


den Motor hindurch, sondern über das Getriebe. Die Untersetzung hat den Vorteil, die Drehzahl zu reduzieren, was dem Verstellpropeller besser bekommt. Markus Rummer präsentierte seine marktreife Antriebslösung beim Horizon Air Meet 2011. An Innovationen mangelt es also nicht.

Text: Thomas Delecat

# Stromschnellen

„Geschätzte 32 bis 35 Ampere zieht der Motor im Steigflug“ – solche Aussagen gehören schon heute vielfach der VERGANGENHEIT an. Moderne Stromsensoren messen im Modell den Strom und die verbrauchte Kapazität – und das Angebot wächst rasant. Dieser Einkaufsführer soll einen Überblick über den Status quo geben und zugleich zeigen, wohin die Reise geht.



## Technische Daten

Bezeichnung	Strom-Sensor	Wattmeter	Multimeter 7 in 1	StromSensor 50A	StromSensor 100A	StromSensor 200A	Stromsensor
Hesteller/ Anbieter	ACT europe	Staufenbiel	Staufenbiel	Flightcommand	Flightcommand	Flightcommand	GlobeFlight
Telemetriesystem	S3D-T	-	-	Flightcommand	Flightcommand	Flightcommand	EzOSD
entnommene Kapazität / Restkapazität	ja/k.A.	ja/nein	ja/k.A.	k.A./k.A.	k.A./k.A.	k.A./k.A.	k.A.
Abmessungen	k.A.	51,3 × 42,9 × 13,7 mm	100 × 73 × 21 mm	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Gewicht	k.A.	42 g	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Strommessbereich	bis 35 A	0 bis 50 A (100 A Spitzen)	0 bis Spitzen von 80 A	0 bis 50 A	0 bis 100 A (Spitzen bis 125 A)	0 bis 200 A (Spitzen bis 250 A)	25 A, 50 A, 100 A
Spannungsmess- bereich	-	0 bis 60 V	0 bis 60 V	angekündigt	integriert	integriert	ja, aber k.A.
Darstellung	UPD, PC oder Smartphone	Display	Display	Tablet-Display	Tablet-Display	Tablet-Display	FPV-Brille, PC, iPhone
Datenspeicherung	Datenlogger im Telemetrie- system	bis abstecken Akku	bis abstecken Akku	Datenlogger in Tablet-Display	Datenlogger in Tablet-Display	Datenlogger in Tablet-Display	k.A.
Steckersysteme	k.A.	vorkonfek- tioniert	vorkonfektioniert	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Einzelzellenüber- wachung	k.A.	-	2 bis 8s LiXX	14s	12s LiPo bzw. 14s LiFe	12s LiPo bzw. 14s LiFe	k.A.
Sonstiges		-	Multimeter mit sieben Strommess- funktionen. Kann optional auch (!) im Modell mitflie- gen, grundsätzlich aber eher zur Analyse am Boden gedacht	Im Telemetrie- system kön- nen mehrere Stromsensoren für verschiedene Akkupacks ange- schlossen werden. 50 A Sensor angekündigt	Im Telemetrie- system können meh- rere Stromsensoren für verschiedene Akkupacks ange- schlossen werden.	Im Telemetrie- system können mehrere Stromsen- soren für verschie- dene Akkupacks angeschlossen werden	verschiedene Ausführung, von Parkflyer bis Profi
Preis	39,90 Euro	24,90 Euro	59,90 Euro	k.A.	39,- Euro	49,- Euro	k.A.



**S**pätestens mit der 2,4-Gigahertz-Technik und der Massentauglichkeit von Telemetrie verschmelzen Sensorik und Datenauswertung miteinander. Eine ganz neue Generation von Bauteilen befindet sich derzeit in der Entwicklung. So stehen beispielsweise leistungsfähige, hochempfindliche Stromsensoren für Spektrum-Anlagen vor der Marktreife. Das integrierte Steuer- und Telemetriesystem schafft damit die Voraussetzung, eine „Tankuhr“ einsteigerfreundlich direkt auf dem Handsender oder beispielsweise dem Smartphone anzuzeigen.

Andere Firmen, wie beispielsweise robbe, schlagen noch einen anderen Weg ein und suchen nach Synergien in der Elektronik der Modellflugzeuge. Die nächste Generation der roxy-Regler soll serienmäßig mit Drehzahlmessern und Stromsensoren ausgestattet werden. Steuerbefehle und Sensordaten fließen hier über ein gemeinsames Bus-System,

ausgewertet und dargestellt wird alles über das FASSTest-Telemetriesystem. Wie bei Spektrum sind für das FASSTest-System noch keine Daten und Fotos vorhanden.

Einen interessanten Weg geht auch das junge Berliner Unternehmen Flightcommand. Herzstück des gleichnamigen, auf Großmodelle ausgelegten Telemetriesystems ist die so genannte Flight Control Unit (FCU), eine Art Mini-Computer im Modell. Die Daten der Stromsensoren werden hier analysiert, sodass der Zustand von bis zu 14 Zellen direkt ausgewertet werden kann. Eine ähnliche Funktion besitzen auch die General-Module von Graupner, die darüber hinaus auch weitere Sensoren kompakt in einem „mitdenkenden“ Bauteil vereinen und an die HoTT-Telemetrie übertragen.

Daneben bieten die zahlreichen Telemetriesysteme, die mittlerweile am Markt vertreten sind, vielen Firmen auch



	Ez Tiny Telemtrie	General Air Modul	General Engine Modul	General Electric Modul	HTS-C200	HTS-C50	TXE 30	TXE 50-200
	GlobeFlight	Graupner	Graupner	Graupner	Hitec	Hitec	IISI	IISI
	EzOSD	HoTT	HoTT	HoTT	AFHSS	AFHSS	IISI-RC	IISI-RC
	k.A.	ja/ja	ja/ja	ja/ja	nein	nein	ja/ja	ja/ja
	40 x 34 x 5 mm	41 x 44 x 16 mm	41 x 44 x 16 mm	51 x 47 x 18 mm	6 x 21 x 27 mm	6 x 19 x 20 mm	36 x 19 x 8 mm	47 x 21 x 8 mm
	k.A.	31 g	30 g	k.A.	7 g	5 g	12 g	17 bis 31 g
	50 A	0 bis 40 A	0 bis 40 A	0 bis 150 A (Spitzen bis 320 A)	0 bis 200 A	0 bis 50 A	30 A	50, 100, 150, 200 A
	-	30 V	30 V	60 V	-	-	-	-
	Notebook, iPhone	SmartBox	SmartBox	SmartBox	Sender, PC	Sender, PC	IISI-Cockpit	IISI-Cockpit
	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.		über PC-Interface HPP-22 oder HTS-navi	Datenlog im Cockpit-Modul	Datenlog im Cockpit-Modul
	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	Ringkern	Ringkern	Kabelende	Kabelende
	k.A.	1-6s LiPo	2-6s-LiPo	2-14s-LiXX	-	-	k.A.	k.A.
	kompakter Telemetrie-chipsatz mit integriertem Stromsensor. Daten werden über den Audiokanal des Empfängers abgegriffen	Allgemeiner Sensor für Graupner HoTT-Empfänger und Modelle mit Verbrennungs- oder Elektromotor	Allgemeiner Sensor für Graupner HoTT-Empfänger und Modelle mit Verbrennungs- oder Elektromotor	Allgemeiner Sensor für Graupner HoTT-Empfänger und Modelle mit Elektromotor	Kabeldurchmesser bis 10 mm, Messung in 1-A-Schritten	Kabeldurchmesser bis 6 mm, Messung in 0,1-A-Schritten	2s bis 4s LiPo	2s bis 12s LiPos. Verträgt bis Stromspitzen bis 300 A
	139,- Euro	71,60 Euro	46,70 Euro	82,- Euro	36,90 Euro	29,90 Euro	k.A.	k.A.

offene Schnittstellen. So hat sich SM Modellbau auf die Entwicklung von leistungsfähigen Stromsensoren spezialisiert, die beispielsweise kompatibel zu dem M-Link-System von Multiplex sind. Aber auch klassische Telemetrieanlagen wie die von ACTeurope oder Jeti bieten ihren Kunden mittlerweile serienmäßig Stromsensoren samt Auswertungsmöglichkeiten an.

Diese technischen Weiterentwicklungen gehen zugleich einher damit, dass Basis-Funktionen günstiger und immer platzsparender werden. Schließlich möchte nicht jeder seine Modell-Flotte auf Telemetrie umrüsten, ist aber dennoch daran interessiert, die Ströme in seinem Modell zu messen. Kaum mehr als 50 Gramm bringen Wattmeter wie beispielsweise das Power Meter mini von Simprop oder die verschiedenen Wattmeter auf die Waage, die bei Fachhändlern wie Staufenbiel, Pichler, Schweighofer, Emcotec und anderen erhältlich sind. Mit einem eigenen

Display ausgestattet, können Sie einfach an den Stromkreislauf angeschlossen werden und ermöglichen die Datenauswertung nach dem Flug. Wer es dann doch lieber in Echtzeit haben will, kann auf die „Tankuhr“ von IISI-RC zurückgreifen.

Und nicht zuletzt spielt die Darstellung exakter Werte eine wichtige Rolle beim Immersionsflug. GlobeFlight bietet für das EzOSD-System einen eigenen Stromsensor an, mit dem die Kapazitäten und Amperezahlen direkt in der FPV-Brille angezeigt werden. Kurzum – die Funktionsvielfalt wächst und wächst, die Firmen gehen kreative Wege. Vor allem aber zeigt das Beispiel der Stromsensoren, wie viel Hightech mittlerweile im Elektroflug steckt. Mit diesem Einkaufsführer möchten wir Ihnen hier eine kleine Orientierung an die Hand geben. Da der Markt ständig in Bewegung ist, kann dieser Artikel allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben.



### Technische Daten

Bezeichnung	MUI 30	MUI 50/75	MUI 150	Strom-Sensor 35 A	Strom-Sensor 150 A	Power Meter mini	UniLog 2 Stromsensor	MicroPower eLogger
Hesteller/Anbieter	Jeti	Jeti	Jeti	Multiplex	Multiplex	Simprop	SM Modellbau	Emcotec
Telemetriesystem	Duplex	Duplex	Duplex	M-Link, Gigascan	M-Link, Gigascan	-	M-Link, HoTT, Jeti	-
entnommene Kapazität / Restkapazität	k.A.	k.A.	k.A.	ja/ja	ja/ja	-	ja/ja	ja/ja
Abmessungen	20 × 16,5 × 5 mm	27 × 19 × 11 mm	29 × 19 × 11 mm	33 × 31 × 7 mm	42 x 32 x 19 mm	48 × 37 × 18 mm	k.A.	k.A.
Gewicht	10 g	19/21 g	25 g	12 g	20 g	55 g	11 bis 18 g	22 g
Strommessbereich	0 bis 30 A	0 bis 50/75 A	0 bis 150 A	0 bis 35 A	0 bis 150 A	0 bis 100 A	20, 40, 80, 150, 400 A	100 A, 150 A
Spannungsmessbereich	bis 60 V	bis 60 V	bis 60 V	k.A.	-	6 bis 50 V	60 V	5 bis 80 V
Darstellung	JetiBox	JetiBox	JetiBox	Sender, Box	Sender, Box	Display	UniDisplay, PC	PC
Datenspeicherung	k.A.	k.A.	k.A.	Datenlogger	Datenlogger	Data hold Funktion	micro-SD	interner Speicher
Steckersysteme	k.A.	k.A.	k.A.	6-mm, diverse	6-mm, diverse	4 mm	Verschiedene	Kabelanschluss
Einzelzellenüberwachung	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	-	bis 6s	-
Sonstiges						fliegt im Modell mit, zur späteren Auswertung	Logger kompatibel zu Telemetrie anderer Hersteller	Weitere Sensoren können an den eLogger angeschlossen werden
Preis	k.A.	k.A.	k.A.	39,90 Euro	64,90 Euro	k.A.	ab 17,90 Euro	ab 73,90 Euro

PRAXISTIPPS aus dem Elektroflug

# e-rste Hilfe

## Magnete in Außenläufern wieder einkleben

Bei Brushless-Außenläufern lösen sich gelegentlich einzelne Magnete ab. Es scheint, als sei der Kleber, mit dem sie im Rotorgehäuse befestigt waren, mit der Zeit ermüdet. Im Grundsatz stimmt das auch, zumal diese *Klebestellen prinzipbedingt schon dadurch strapaziert werden, dass die Magnetkraft* bei Motoren mit 12 Polzähnen und 10/14 Polen nicht gleichmäßig auf dem Umfang verteilt angreift. Vielmehr geht die Hauptzugkraft stets an zwei sich gegenüber liegenden Stellen aus. Unter dem Einfluss dieser Kräfte verformt sich der Rotor dann tendenziell zu einer Ellipse, deren Flachseiten dann aber mit der Feldwechsel-frequenz, also schneller als die Rotordrehung selbst, über den Umfang rasen. Davon wird der Rotor förmlich durchgewalzt, was auch die Klebestellen beansprucht. Allerdings hängt der Grad der so ausgelösten Beanspruchung noch von anderen FAKTOREN ab:

- Zu dünne Rotorringe, wie sie in den Anfangsjahren vorwiegend aus Gewichtsgründen gewählt wurden.
- Bei Dreieckschaltung der Wicklungen tritt der Effekt stärker zutage als bei Sternschaltung.
- Weniger Magnete – etwa 10 statt 14 – reduzieren das Problem aufgrund von mehr Klebefläche.
- Falsches, zu spätes Timing sorgt dafür, dass die Motoren nicht zeitgerecht kommutieren. Damit entstehen Kräfte, die den „Ausfall“ begünstigen. Das ist aber durch eine entsprechend frühe Timingeinstellung des Controllers beeinflussbar.

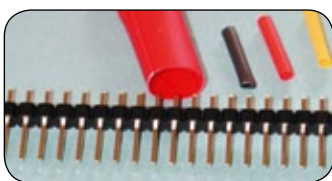
Sofern die Magnete nicht zu stark beschädigt wurden, kann man sie wieder (polrichtig!) einfügen, mit geeigneten Abstandhaltern, beispielsweise Holzstreifen in der Mitte der entstandenen Lücke fixieren und einkleben. Dazu eignen sich neben anaeroben *Spezialklebern am besten langsam aushärtende Epoxidkleber wie UHU plus endfest 300*. Man muss den Kleber allerdings, nachdem die Klebestellen penibel gereinigt und mit Azeton entfettet wurden, bei höheren Temperaturen aushärten lassen, damit die nötige Festigkeit erreicht wird – und es auch schneller geht. Diese beträgt bei UHU plus endfest 300 bei Raumtemperatur nämlich nur 1.200 Newton pro Quadratcentimeter ( $\text{N}/\text{cm}^2$ ). Bei 90 Grad Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) ist es schon etwa das Doppelte davon. Höher als  $100^{\circ}\text{C}$  ( $2.500 \text{ N}/\text{cm}^2$ ; 10 Minuten Aushärte-dauer) sollte man allerdings niemals gehen, da sonst die hitzeempfindlichen Neodymmagnete Schaden nehmen können. Also (Back-ofen-)Temperatur genau kontrollieren.



## Servokabel mal rasch anpassen

*Servokabel sollten eigentlich immer so kurz wie möglich sein.* Schließlich bedeutet jeder Zentimeter Kabellänge zusätzlichen ELEKTRISCHEN WIDERSTAND und damit für das Servo Kraft- und Geschwindigkeitsverlust. Das gilt

in noch eindeutigerem Maße, *wenn Verlängerungskabel benötigt werden.* Nicht immer hat man die passende Länge zur Hand. Solche auf Maß gefertigten Kabel lassen sich aber leicht aus Servokabeln und handelsüblichen Steckerleisten aus dem Elektronikfachhandel kostengünstig selbst herstellen, wie in den Abbildungen dargestellt.



1. Steckerleiste – nur solche mit vergoldeten Stiften verwenden – mit abgelängten Schrumpfschlauchstücken



2. Zum Lötten Steckerleiste mit Gegenstück sichern



3. Gelötet und eingeschrumpft

4. Zur Sicherheit nochmals einen Schrumpfschlauch drüber



Text: Mario Bicher  
Fotos: Mario Bicher, Hacker Motor GmbH

# Alles geregelt

Alte Zöpfe, die es abzuschneiden gilt, können durchaus jung sein. Bei der Firma Hacker ist man davon überzeugt, dass für *Power-Antriebe von morgen* eine modernisierte Technik von gestern den Fortschritt garantiert. Motoren und Reglern mit SENSOREN gehört die Zukunft. *Viele Argumente sprechen für ein Umdenken.*



Szene – an Rainer Hacker, Inhaber von Hacker Motor, der Wunsch nach einer Reglergeneration herangetragen wurde, die den gewachsenen Ansprüchen großer Elektroflugmodelle idealer entspricht. LiPo-Packs ab 10s und höher, die dank erstklassiger Spannungslage bei hoher Strombelastung eine enorme Leistungsbereitschaft zeigen, und Motoren, die 15 Kilowatt und mehr konsumieren, bringen Regler zum Schwitzen. Nicht immer mit glücklichem Flugende. Kurz, eine Lösung musste her, die vor den Möglichkeiten von Motor und Akku nicht kapitulierte, die immer zuverlässig und sicher funktionierte, die Luft nach oben ließ.

Aus Sicht der Firma Hacker stoßen auch noch so MOSFET-starke Regler an physikalische Grenzen, die mit dem Sicherheitsanspruch des Motorenbauers kaum in Einklang zu bringen sind. Damit sich die zur Verfügung stehende Leistung lohnend einsetzen ließ, galt es neue Wege zu gehen. Die Pfade vorhandener Modellflug-Reglertechnik schienen ausgetreten. Auf der einen Seite stoppte die Blockkommutierung die weitere Entwicklung. Auf der Anderen erkannte man das brachliegende Potenzial der Sensortechnik. Das Eine zu reformieren und das Andere wieder salonfähig zu machen, stand ganz oben im Pflichtenheft.

Der Sensstrol will keine Revolution anzetteln. Wenn, dann ist es eine Evolution. In der beliebten 3s- bis 6s-LiPo-Klasse würden die Vorteile des Sensstrol voraussichtlich weniger deutlich zum Tragen kommen. Die bereits vorhandene Technik funktioniert hier optimal. Überschreitet man einen gewissen Übergangsbereich und nähert sich der 10s-Klasse und höher, greifen die Argumente des neuen Antriebskonzepts.

**D**as Paradoxon erhielt bei Hacker Motor den kunstvollen Namen MasterSensstrol – gebildet aus den Begriffen Sensorik und Controller. Es signalisiert, worum es im Kern geht: einem Regler mit implementierter Sensortechnik.

Auf dem falschen Dampfer befindet sich nun der Elektroflugenthusiast, der hier den Abverkauf einer zufällig wieder entdeckten Kiste prall gefüllt mit alten Reglern vermutet. Tatsächlich existieren vom neuen Regler Sensstrol aktuell nicht mal eine Hand voll Muster. Die Redaktion von **Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin** konnte sich bei einem Besuch der Firma Hacker Motor als erstes ein Bild über das neue Hightech-Gerät machen.

## Leistung muss sich lohnen

Gut drei Jahre liegt es zurück, als erstmals im Gespräch mit Wettbewerbspiloten – vorwiegend aus der F3A- und F3AX-

## Problemzonen und Lösungen

Um alle drei Phasen eines Brushlessmotors zu bestromen, verwenden moderne Controller das Prinzip der Blockkommutierung. Richtig angesteuerte MOSFETs garantieren einen schnellen Auf- und Abbau des elektrisch erzeugten Magnetfelds in den Spulen und somit die eigentliche Motordrehung. Einfach ausgedrückt, bleibt bei dieser Technik eine Phase und damit ein Drittel des Motors ungenutzt. Hinzu kommt, dass die Endstufe des Reglers besonders im Teillastbetrieb mit erhöhten Verlusten beaufschlagt wird, da die MOSFETs immer komplett ein- beziehungsweise ausgeschaltet werden und die Verluste während der Umschaltphasen an den MOSFETs entstehen. Ohne Zweifel ist auch die dadurch entstehende ständige Magnetfeldänderung im Motor mit Verlusten verbunden. Was fehlt, ist ein zyklisches Bestromen der Spulen, das die Übergänge einbezieht: die Sinuskommutierung.

„Beim Sensstrol bildet man die Sinuskommutierung auf drei Phasen nach, also auf 120 Grad verteilt, und kann damit den Elektromotor vom Magnetfeld her besser ausnutzen, weil alle drei Phasen bei der Bestromung des Motors genutzt werden. Theoretisch könnte man den sinuskommutierten Motor ein Stück kleiner oder bei gleicher Größe eben leistungsfähiger machen“, so Rainer Hacker auf Nachfrage. Ein kleinerer

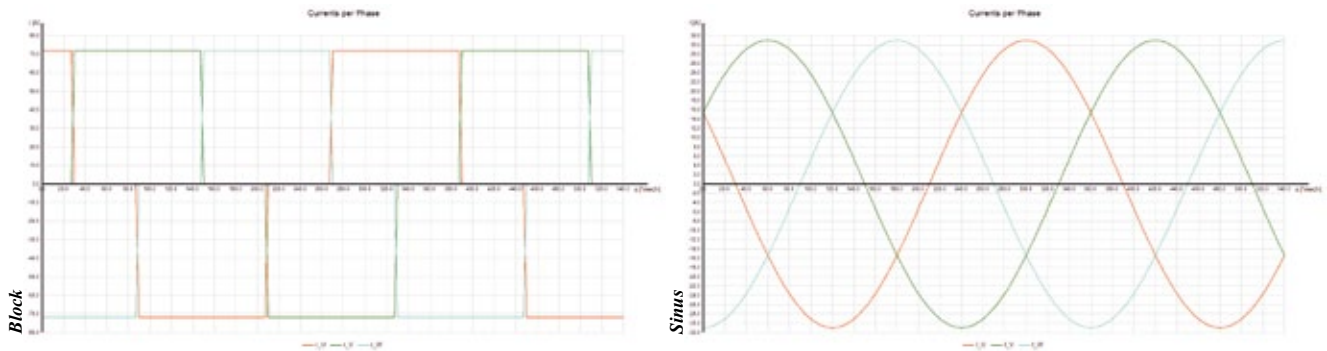


*Antriebskonzept Sensstrol aus der Betatestphase. Von diesem System existieren aktuell eine Hand voll Muster*

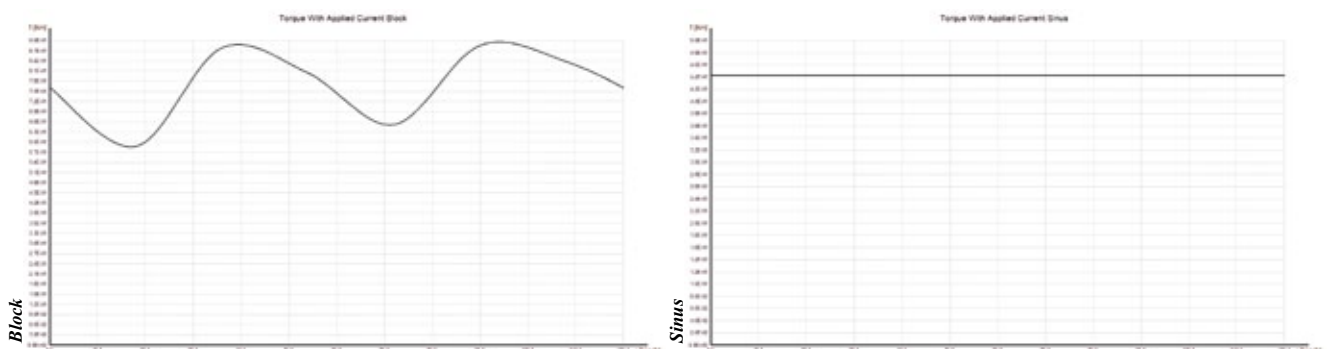
Motor heißt weniger Material und damit weniger Rohstoffe, was ihn preiswerter macht. Ob man Motoren auch in der Praxis kleiner baut – theoretisch wäre ein Drittel denkbar – will man bei Hacker abwarten. Der scheinbare Vorteil birgt schließlich einige Nachteile, die es abzuwägen gilt.

Gut zehn Jahre liegt es zurück, als man die letzten Sensorregler und -motoren für den Modellbaumarkt produzierte und fortan durch sensorlose Antriebe ersetzte. Die Elektronik berechnet und kontrolliert den Drehvorgang mit einer sehr hohen Genauigkeit und Zuverlässigkeit. Spezifische Anwendungen im Modellflug würden allerdings davon profitieren, wenn die Elektronik exakt weiß, an welcher Position sich der Rotor aktuell befindet. Und, das kommt als entscheidender Faktor hinzu, wenn die Elektronik eine exakte Position, beispielsweise der Rotorglocke vorgeben und halten kann. Digitalservos genießen gegenüber analogen den Vorzug, dass sie eine gewollte Ruderposition anfahren und halten. Warum sollte man diese liebgewordene Selbstverständlichkeit beim Antrieb missen.

### Simulierter Ansteuerungsverlauf in den Phasen zwischen Block- und Sinuskommutierung



### Simulierter Drehmomentverlauf bei Block- und Sinuskommutierung



**Obwohl es sich um denselben Motor handelt, unterscheiden sich die Strom- beziehungsweise Drehmomentwerte zwischen Block- und Sinuskommutierung. In der Simulation wird erkennbar, wie „wellig“ das Motordrehmoment bei Blockkommutierung in Vergleich zur Sinuskommutierung ist. Dort ist das Drehmoment praktisch eine Gerade. Die Simulation wurde hier herangezogen, da die Auflösung des Drehmomentsensors eines Prüfstandes das unterschiedliche Drehmoment während einer 120-Grad-Drehung nicht so detailliert wiedergeben kann**

## Anwendungsbeispiele

An dieser Stelle schließt sich ein Kreis. „F3A-Figuren werden im so genannten Constant-Speed geflogen. Bei Abwärtspassagen dient das Runterregeln des Antriebs auch als Bremse, um die Beschleunigung des Flugmodells zu unterbinden. Je nach Neigungswinkel ist eine unterschiedlich starke Brems-



Über das Sensorkabel sind Motor und Regler verbunden. Zweipolige Innenläufer mit Getriebe eignen sich ideal. Mehrpolige Außenläufer sind in der Entwicklung

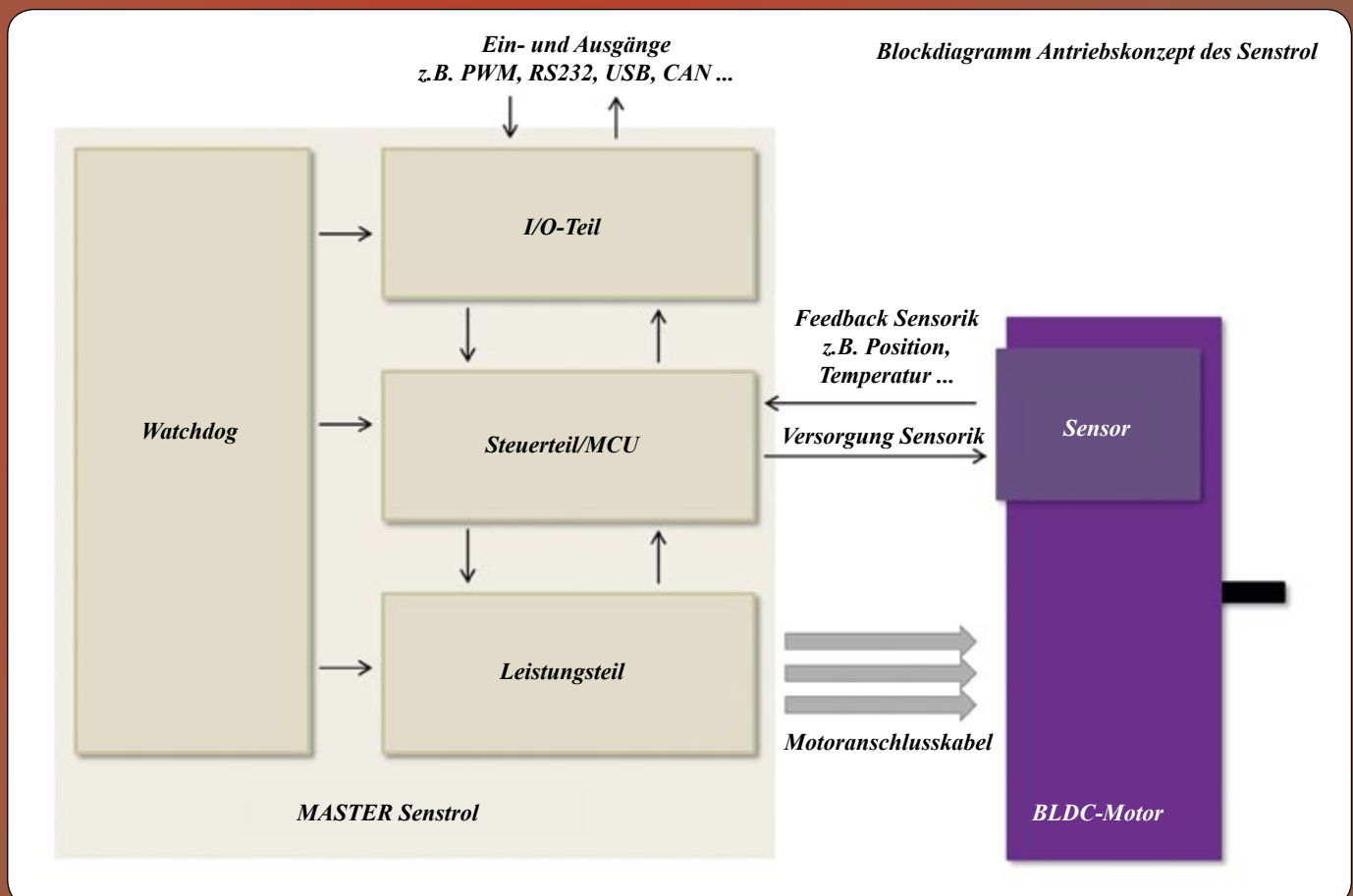
wirkung erforderlich. Diese mit der Unterstützung einer Elektronik zu steuern, würde dem Piloten helfen, im Constant-Speed zu bleiben“, erklärt Rainer Hacker einen der Vorteile des Senstrol.

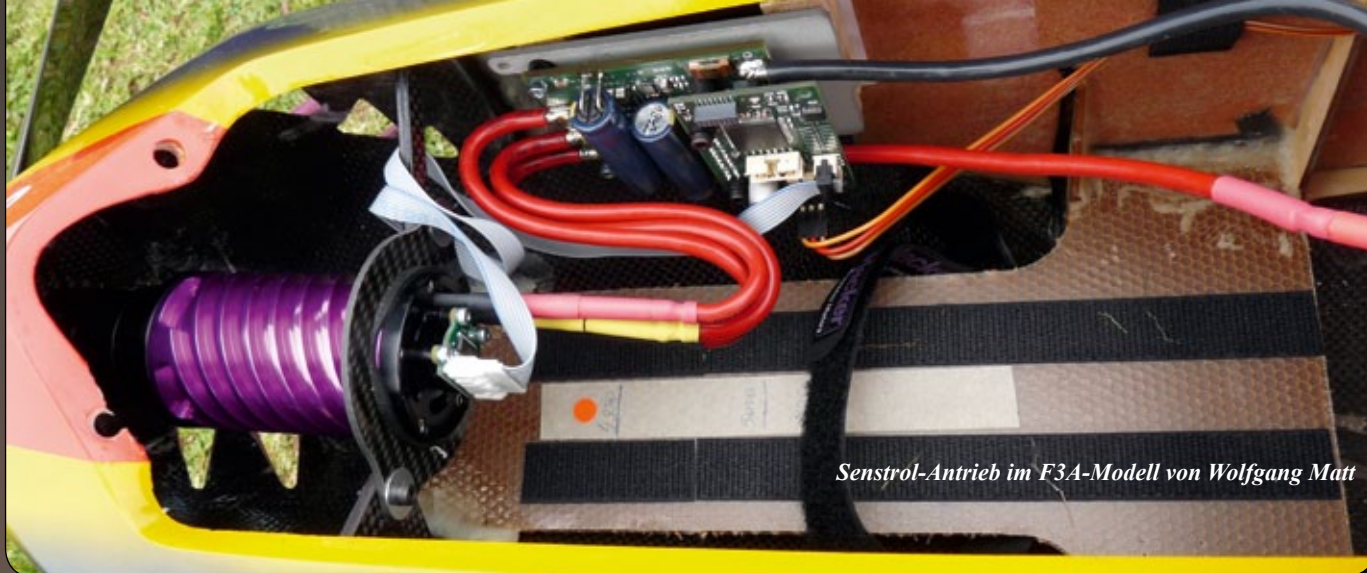
Weitere Anwendungsbeispiele erschließen sich bei näherer Betrachtung. Mit Hilfe der Sensortechnik ist die exakte Position des Propellers erfasst und bestimmbar. Luftschrauben von Klapptriebwerken lassen sich somit ohne mechanische Hilfskonstruktionen senkrecht stellen und einwandfrei in den Rumpf einfahren. Die bei großen Modellen so gefürchteten Fehlkommutierungen, die zu heftigen Kurzschlüssen und damit einer Zerstörung von Regler und Akku führen können, gehören der Vergangenheit an. Der Senstrol gibt mit einer definierbaren Anlaufgeschwindigkeit die Richtung und Drehzahl des Props ohne Vertun vor, wenn gefordert steht auch das volle Drehmoment selbst bei Stillstand des Propellers an!

Ein Propeller, der beim Landen nicht mitdreht, kann vom System in der Horizontalen positioniert und damit vor Bodenberührungen samt Folgeschäden geschützt werden. Und, um ein letztes Beispiel zu bringen, beim mehrmotorigen Modell lassen sich die Drehzahlen exakt synchronisieren.

## Antriebskonzept 2.0

Der MASTERSenstrol soll viel mehr können, als bloß die Drehzahl zu regeln. Über den am Motor angeschlossen Sensorbus laufen weitere, am Motor erfasste Daten in den Controller ein, zum Beispiel Temperaturwerte. Auf der gegenüberliegenden Seite überwacht der Senstrol den Akku und misst über das Balancersystem die Einzelzellenspannung,





Senstrol-Antrieb im F3A-Modell von Wolfgang Matt

den Strom, die Temperatur und weiteres und kann so wichtige Parameter, wie beispielsweise den Innenwiderstand oder die verbrauchte Kapazität und damit die Leistungsfähigkeit des Akkus bestimmen. Mit Hilfe der gewonnenen Daten kann der Regler zuvor programmierte Befehle aktivieren und in laufende Prozesse eingreifen.

Vorstellbar wäre, dass der Senstrol nach dem Anstecken des Akkus dessen Kapazität und Güte erfasst und aus anderen bekannten Daten – Propeller und Motoreigenschaften – errechnet, wie stark der Akku maximal belastet werden kann, ohne ihn zu beschädigen. Moderne LiPos zeigen im vollgeladenen Zustand eine hohe Spannungslage auch unter starker Belastung. Der Senstrol kann diese Spitze sowie den langsamen Leistungsabfall glätten und über die gesamte Flugdauer eine zwar geringfügig niedrigere, jedoch ausgeglichene Leistung bereit stellen. Umgekehrt ginge es genauso. Dem System sind mögliche Reserven bekannt, sodass auch eine Art Turboboostfunktion programmierbar ist. Einem Impellerantrieb könnte in der Startphase kurzzeitig mehr Leistung zur Verfügung gestellt werden.

Denkbar wären auch Sicherheitsfeatures, bei dem der MasterSenstrol den Start nicht freigibt, weil beispielsweise eine

Zelle auffällig ist. Oder das aufgrund gemessener, niedriger Umgebungstemperatur und damit kaltem LiPo nur 80 Prozent der eigentlichen Leistung beziehungsweise Kapazität abrufbar sind. Über eine Logfunktion, so ist es aktuell für Akkupacks über 12s geplant, lässt sich die Historie eines Akkus speichern und bei Bedarf auswerten.

### Potenziale

Die Zusammenarbeit zwischen den Firmen Hacker und Jeti legt den Schluss nahe, dass erfasste Daten den Weg aus dem Modell aufs Senderdisplay finden. Telemetrie wird eine Rolle spielen. Noch steht aber nicht fest, in welchem Umfang und welche Daten übertragen werden sollen. In jedem Fall stellt diese Option einen weiteren Sicherheitsaspekt dar, der gewünscht ist.

Sensorgesteuerte, sinuskommutierte Brushlessmotoren sind bei zahlreichen industriellen Anwendungen Alltag und keine bahnbrechende Neuheit. Die dort fortschreitende Miniaturisierung von Elektronik und Antriebskomponenten macht den Senstrol auch für die Industrie interessant. Die Firma Hacker plant in die Entwicklung aber auch einen weiteren Industriezweig mit Zukunft ein: mantragende Elektroflugzeuge. „Die MasterSenstrol-Technik bietet hier völlig neue Ansatzpunkte, die wir sicherlich aufgreifen und einsetzen werden“, so Rainer Hacker. Dort sind smarte Lösungen in Form leichter, leistungsstarker Motoren, wie sie die Sinuskommütierung gestattet, und die Sensortechnik sinnvoll ergänzt, gefragt.

### Ausblick

Seit Kurzem befindet sich der Senstrol in der Betatestphase und ist bei einigen namhaften Piloten, unter anderem Elektroflugass Wolfgang Matt im Einsatz. Sowohl die Programmierfeatures als auch die späteren Leistungsdaten sind noch nicht endgültig festgelegt. Erste Motoren mit Sensorik und erste LiPos mit einem neuen, auf den Senstrol angepassten Balancersystem entwachsen aktuell der Entwicklungsphase. Die Markteinführung ist für das erste Halbjahr 2012 vorgesehen.



Rainer Hacker, Geschäftsführer von Hacker Motor  
 „Theoretisch könnte man den sinuskommutierten Motor ein Stück kleiner oder bei gleicher Größe eben leistungsfähiger machen“

Kontakt
<b>Hacker Motor GmbH</b> Schinderstrassl 32, 84030 Ergolding Telefon: 08 71/95 36 28 0, Fax: 08 71/95 36 28 29 E-Mail: <a href="mailto:info@hacker-motor.com">info@hacker-motor.com</a> , Internet: <a href="http://www.hacker-motor.com">www.hacker-motor.com</a>

Text und Fotos: Stefan Strobel

# Speedflugschrauber

„*Mal eben so schnell fliegen is ' nich ' ' . Ein Fliegerkollege, der mittlerweile mehrere SPEEDWETTBEWERBE bestritten hatte, bringt die Thematik auf den Punkt. „Aber wenn dein Heli mit über 200 Stundenkilometer über den Platz fegt, das ist einfach nur gut. Allein schon deswegen, weil das Fluggeräusch bei diesem Speed dem einer TURBINE ähnelt“ . Ganz klar, hier geht es um den neuen Trend des Heli-Speedfliegens.*





**L**ogisch, schnell kann man im Grunde mit jedem Heli fliegen. Doch möchte man richtig schnell sein, also jenseits der 200er-Marke, muss man ein paar Dinge beachten. Worin der kleine Unterschied zwischen schnell und verdammt schnell liegt, möchten wir hier genauer erläutern.

### *Im freien Fall*

Nicht nur die Heli-Technik muss stimmen, damit der Hubschrauber mit Mördergeschwindigkeit über den Platz fegt. Auch die Flugtechnik sollte stimmen. Und das macht man am besten so: Grundsätzlich gehen wir vom Speeden mit Fallstrecke aus. In Amerika gibt es zwar auch Wettbewerbe, in denen der Heli nur in der Horizontalen beschleunigen darf, doch dabei ist die zu erreichende Geschwindigkeit natürlich viel geringer. Wir möchten schnell fliegen. Das heißt, dass der Heli zunächst einmal bis an die Sichtgrenze in Richtung Wolken gejagt wird. Oben angekommen, ist Vollgas die Devise – also



### **Basics Flybarless**

Grundsätzlich kann man sagen, dass zum Speedfliegen ein Flybarless-Heli vorausgesetzt wird. Nicht nur, dass die Paddel einen erhöhten Luftwiderstand bilden, auch gibt es Grenzen, was die Geschwindigkeit betrifft. Ein elektronisch stabilisiertes System kann das immer aufkommende Aufbäummoment des Hubschraubers viel besser kompensieren.



### **Mit Paddel T-Rex 600 Pro**

Ganz klar, schnell geht mit einem Paddelkopf auch. Hier ist der Rotorkopf des neuen T-Rex 600 Pro von robbe abgebildet, der mit flotten 145 Stundenkilometern gemessen wurde. Selbst mit 2.500 Umdrehungen auf dem Rotorkopf begann der Heli, zu unterschneiden.



## Versuchsträger Three Dee Rigid

Der Three Dee Rigid von Henseleit Helicopters eignet sich aufgrund seines – zunächst einmal – niedrigen Gewichts, seiner aerodynamisch geformten Haube und natürlich seines Rotorkopfs ohne Paddel zum Speedfliegen.



## Größe Logo 400 SE

Auch der Logo 400 SE ist mit einem V-Stabi von Mikado stabilisiert. Doch die Trainerhaube lässt keine höheren Geschwindigkeiten zu. Auch gilt: je größer, desto besser. Daher sind zum Speedfliegen Helis der 700er-Klasse ideal.

## Drehfreudig Pyro 700-52

Leistung ist alles, so auch beim Heli-Speeding. Da viel Power über eine längere Zeit (während des Überflugs) abgerufen werden muss, ist ein

Antrieb mit hohem Wirkungsgrad nötig. Der Pyro 700-52 von Kontronik an einem Power-Jive 120 HV-Controller hat sich hier bewährt. Damit der Motor diese Leistungswerte auch abgeben kann, ist ein 12s-Akku mit mindestens 5.000 Milliamperestunden und über 30C Belastbarkeit nötig.



Regler auf 100 Prozent. Im freien Fall senkrecht nach unten liegt zunächst einmal kein oder nur ganz wenig Pitch an.

Doch jetzt wird es spannend. Um diese Fallgeschwindigkeit in die Horizontale mitzunehmen, muss man den Heli in einem weichen Bogen abfangen. Hierbei gibt man langsam Pitch auf Maximum. Macht man alles richtig, schießt der Heli mit Vollpitch und in einer Anstellung von etwa 30 Grad über den Platz. Das heikle am Abfangbogen ist, dass man im Grunde keine Chance hat, den Heli beim Horizontal-Überflug zu korrigieren. Denn jede Bewegung auf Nick würde den Heli zum Über- oder Unterschneiden bringen. Bei Geschwindigkeiten jenseits der 200-Stundenkilometer-Marke kein gesunder Flugzustand. Hat man bis hierhin alles richtig gemacht, durchfliegt der Heli gerade die Messstrecke. Übrigens: Die Heckempfindlichkeit sollte für Speedflüge sehr gering eingestellt sein. Sonst würde der Hochachsenkreisel übersteuern und im besten Fall nur bremsen.

Wie erwähnt, ist es bei solch hohen Geschwindigkeiten keine gute Idee, Eingaben auf Nick zu geben. Daher sollte man zum Ausleiten aus der Hochgeschwindigkeitsphase zunächst etwas abwarten, bis sich der Speed etwas abgebaut hat. Denn beim Zug auf Nick nach oben könnte der Heli überschneiden. Einfach nur Pitch zu reduzieren ist die schlechteste Wahl. Denn

dann nimmt der Hubschrauber Fahrt nach unten auf, was natürlich schnellstens mit Nick abgefangen werden sollte – was wiederum ein Überschneiden provozieren könnte. Ursache und Wirkung wird selten deutlicher.

### Theoretisches

Grundsätzlich muss beim Heli immer an den Rotorblättern die Strömung anliegen. Steht der Hubschrauber, ist das auch immer auf allen Seiten gegeben. Bei Vorwärtsfahrt ändert sich dies. Das vorlaufende Blatt ist mit dem Plus der Geschwindigkeit beaufschlagt, das nachlaufende bewegt sich im Medium Luft dementsprechend langsamer. Wird die Fluggeschwindigkeit in Bezug auf die Hauptrotordrehzahl zu hoch, reißt die Strömung am nachlaufenden Blatt und der Heli bäumt sich auf (oder unterschneidet). Das Allheilmittel, einfach mit irrsinnig viel Rotordrehzahl zu fliegen, funktioniert nur bis zu einer gewissen Grenze: der Schallmauer.

Durchbricht ein Gegenstand die Schallmauer, bildet sich der so genannte Machsche Kegel – die Aerodynamik ändert sich schlagartig und die Strömung würde nun am vorlaufenden Blatt abreißen. Die Schallgeschwindigkeit ist von Luftdichte und Temperatur abhängig und liegt in unseren Breiten und auf etwas über Meereshöhe bei etwa 340 Meter pro Sekunde

## Lahmer Klassiker 3D-Blatt

Was beim Auto der Reifen ist beim Heli das Rotorblatt. Genügt für normalen Rundflug und hartes 3D noch fast jedes handelsübliche Blatt, ist das beim Speeden nicht mehr möglich. Der Heli würde sich mit einem 3D-Blatt sehr früh aufbäumen.



## Black-Edition Kontroniks Limitierter

Richtig auf die Zwölf bekommt man mit der neuen Black-Edition des Kontronik Pyro 700. Dieser ist mit einem dickeren Draht von Hand bewickelt und sorgt so für noch mehr Drehmoment. Klar, dass damit auch die Stromaufnahme steigt – von nichts kommt eben nichts.



## Tempomacher Matt Black

Nur mit Rotorblätter, die relativ schwer sind und keinen Vorlauf besitzen, sind hohe Geschwindigkeiten überhaupt möglich. Das hier gezeigte Matt Black von Spinblades ist bestimmt ein fähiges Blatt, beliebt ist auch das Radix Gold von Curtis Youngblood.

## Three Dee Rigid von Henseleit Helicopters

Technische Daten	
Hauptrotordurchmesser	bis 1.620mm
Leergewicht der Mechanik	1.900 g
Gewicht flugfertig ausgerüstet ohne Antriebsakku	3.100 g
Abfluggewicht je nach verwendetem Antriebsakku	4.000 bis 4.900 g
Länge Haubenspitze bis Leitwerksende	1.420 mm
Gesamthöhe	370 mm
Untersetzung für 12s-Betrieb	12,36 : 1 (13 Zähne Ritzel)
Motor	Kontronik Pyro 700-52
Empfohlener Regler	Jive 120+ HV
Servos	robbe/Futaba BLS 253/254
Flybarlesssystem	Mikado V-Stabi
Stromwerte	
Normalflug	bis 80 A
Speedflug mit erhöhtem Pitch	über 100 A
Speedflug mit erhöhtem Pitch und Pyro 700 LE	ab 120 A

(1.224 Stundenkilometer). Gehen wir nun von einem Rotordurchmesser von 1,6 Meter aus, die Rotordrehzahl liegt bei 2.500 Umdrehungen in der Minute, bewegen sich die Blattspitzen mit etwa 210 Meter pro Sekunde. Genau hier sind wir an einem Punkt angelangt, an dem wir mit Unwägbarkeiten hantieren müssen. Denn um die Rollneigung durch die Vorwärtsfahrt abzufangen, ist bei diesen Geschwindigkeiten schon ein gehöriger Ausschlag nötig. Davon bekommt man zunächst nichts mit, da das V-Stabi diese Arbeit erledigt. Beaufschlagen wir dann noch einen Pitchwert von etwa 15 Grad, dürfte das rücklaufende Blatt am Anschlag des Möglichen sein. Um das zu Umgehen, ist demnach noch mehr Drehzahl nötig. Bei 3.000 Touren auf dem Kopf bewegen sich die Blattspitzen mit 251 Meter pro Sekunde. Bis zur Schallgeschwindigkeit sind es dann noch 89 (320 Stundenkilometer).

### Was kommt?

Ganz klar, Heli-Speeding ist eine ganz neue Sparte des RC-Heli-Sports. Hier ist noch viel Platz für Neuerungen und Innovationen. Wo wird die Reise hingehen? Weg vom vollsymmetrischen Rotorblatt hin zu einem propellerähnlichen Hauptrotor? Vielleicht neigt sich ja der Rotor gleich mehr in Flugrichtung, das wäre eine logische Entwicklung. An was jedoch schon gearbeitet wird, sind aerodynamischere Rumpfe.

# Feuerwerk

## Kontronik Pyro 650-62

Text und Fotos: Ludwig Retzbach

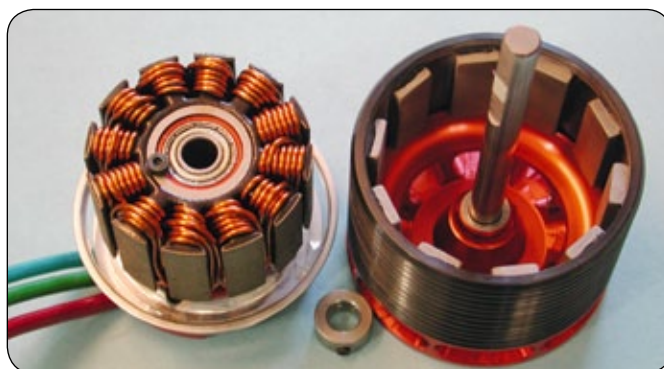


Die Ankündigung eines Elektromotors, der *je Kilogramm Motorgewicht 10 Kilowatt Dauer(!)leistung* verträgt, stößt in der „ernsthaften“ Elektrobranche immer noch auf eine Mischung aus ungläubigem Kopfschütteln und nachsichtigem Lächeln. Nun, KONTRONIK hat ihn.

**U**m genau zu sein: Das 10-polige Außenläuferaggregat wiegt nicht mal 300 Gramm und lässt sich bis 3 Kilowatt (kW) „aufbürden“. Der Wirkungsgrad liegt dabei immer noch kaum unter der 85-Prozent-Grenze. Eigentlich ist dies auch ganz selbstverständlich, denn nur bei dieser hohen Effizienz lässt sich die entstehende Verlustleistung – hier knapp ein halbes kW – auch noch über die Luft abführen. Dabei, und diese Einschränkung muss fairerweise ganz zu Anfang gemacht werden, muss der Motor aber ordentlich drehen können. Im vorliegenden Beispiel sind dies mindestens 20.000 Umdrehungen pro Minute (U/min). Nur dann schaufelt das auf der Motorrückseite angeflanschte Zentrifugalgebläse hinreichende Mengen Luft durch die Bereiche des Stators, die ursächlich an der „Wärmegewinnung“ beteiligt sind. Es sind zum einen die Wicklung (Kupferverluste, stromabhängig) wie auch die Statorzähne (Eisenverluste, drehzahlabhängig).

### Konstruktionsdaten

Motorconfiguration	Außenläufer
Außenmaße (Ø × Länge)	50,5 × 51,5 mm
Welle (Ø × Länge)	abgeflacht 6 × 23 mm
Befestigungslochkreis (Ø)	30 mm
Befestigungsbohrungen	je 4 × M4
Gewicht	292 g
Polzahl	10
Nutzahl	12
Montageart	Einbau

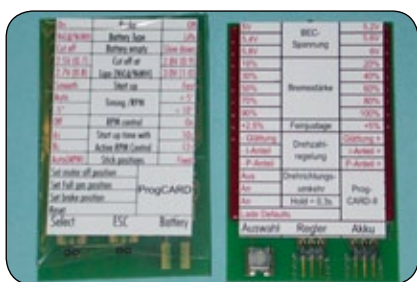


*Dicke Magnete, dicker Rückschluss, „luftige“ Wicklung und eine saubere Luftführung kennzeichnen das Innenleben des Pyro 650-62*



Mit dem Jive 80+ HV wurde gemessen (Autotiming)

Dazu war allerdings eine ausgeklügelte Gestaltung der Luftführung unumgänglich, beginnend bei den „unverbaubaren“ Lufteinlässen am vorderen Lagerschild, das über die einströmende Luft auch gleich dem Stator Wärme entzieht. Kritischer noch ist die Durchströmung in Längsrichtung. Dazu bekam der Rotor tiefe Magnete mit offenen Zwischenräumen. Der Wickelraum wurde außerdem nicht vollständig mit Dickdraht gefüllt, um auch hier einen ausreichenden Luftdurchtritt zu gewährleisten. Das direkte Kühlen des Wicklungsdrahts bewirkt zudem, dass sich die Temperatur und damit der hiervon mit abhängige Widerstandszuwachs bei Dauerbetrieb in Grenzen hält.



Mit den ProgCards lassen sich die Stellbeziehungsweise Reglerparameter leichter einstellen

Da die von der Koratop-Reihe abgeleitete Pyro-Serie auf ein zusätzliches drehzahllimitierendes Dünnringlager verzichtet, verdient die Schwingstabilität der Rotorglocke ein besonderes Augenmerk. Der Rotorring weist so mit 2,5 Millimeter (mm) Wandstärke nicht nur ein hervorragendes magnetisches Rückschlussverhalten, sondern auch eine beachtliche mechanische Steifigkeit auf. Gleichwohl können bei dem engen Luftspalt (0,35 mm gemessen) bei unwuchtigen Luftschrauben Probleme auftreten.

Die Pyro-Serie wurde speziell für Helianwendungen konstruiert. Daher sind die in den Diagrammen angegebenen Luftschraubengrößen auch mehr als Richtgrößen gedacht. Optimal passt der Motor indes zu einem leistungsfähigen Planeten-

### Leistungsdaten

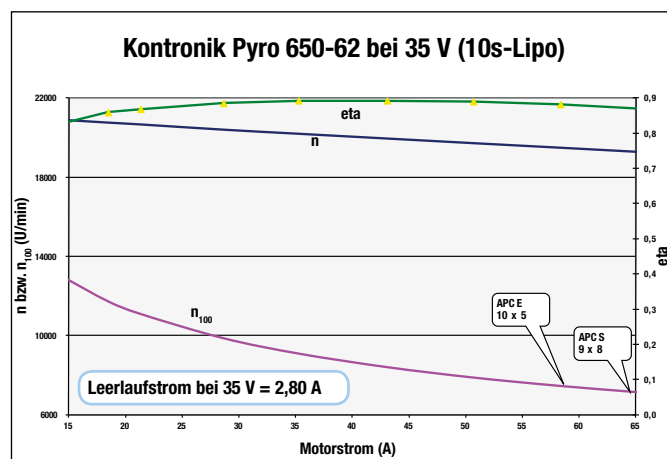
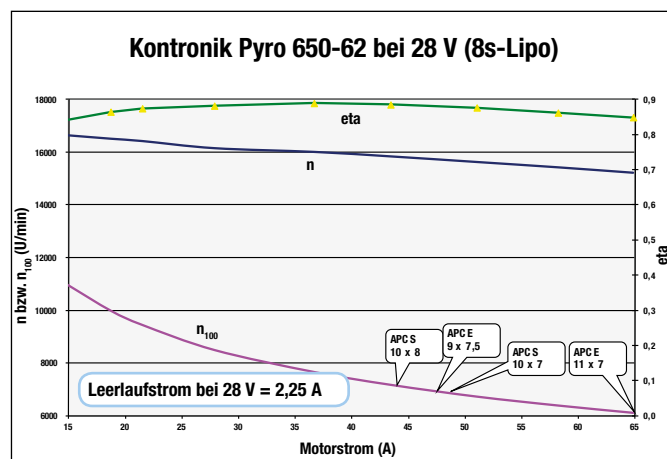
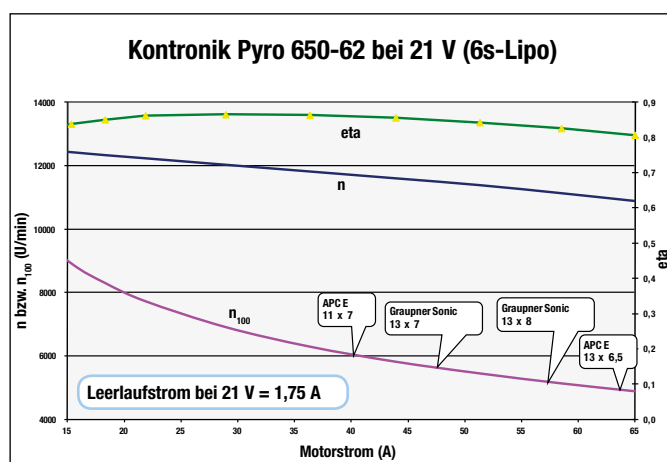
Spezifische Drehzahl	613 U/min/V
Leerlaufstrom (I <sub>0</sub> )	2,25 A (bei 28 V)
Innenwiderstand (R <sub>iDC</sub> )	27 mΩ bei 20°C
Zellenzahl	(6)8 bis 10 LiPos
Dauerstrom	80 A
Maximalstrom	90 A (30 s)
Max. Eingangsleistung (dauer)	3.000 W
Max. Wirkungsgrad (gemessen)	90 % bei 37 V und 44 A

### Bezugsadresse

**Kontronik**  
 Etzwiesenstraße 35/1, 72108 Rottenburg-Hailfingen  
 Telefon: 074 57/943 50, Fax: 074 57/94 35 90  
 E-Mail: [info@kontronik.com](mailto:info@kontronik.com), Internet: [www.kontronik.com](http://www.kontronik.com)  
 Preis: 284,90 Euro, Bezug: Fachhandel und direkt

getriebe – keine Radialkräfte auf der Welle – wo sich dann bei Untersetzungen von 4 : 1 bis 5 : 1 mit 8s- bis 10s-LiPos Luftschrauben der Größen 18 bis 22 Zoll drehen lassen.

Leerlaufmessungen ergaben, dass die angegebene Maximaldrehzahl von 25.000 U/min allein mechanisch limitiert sein kann. Das gemessene Leerlaufverhalten bleibt auch bei Spannungen >40 Volt gänzlich linear, was auf eine hervorragende Eisenqualität schließen lässt.



# Elektroflug *Ludwig Retzbachs* Magazin

Mehr Informationen, mehr Bücher im Online-Buch-Shop unter [www.alles-rund-ums-hobby.de](http://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](http://www.aerobatic-workbook.de)



**RC-Flight-Control 02/2011**

Mit dem Fachmagazin werden Sie mit dem nötigen Wissen rund um moderne Video-Übertragungssysteme versorgt. Außerdem informiert ein großer Vergleichstest über die aktuellen Telemetriesysteme und über neue Kameras für geniale HD-Bilder.

Artikel-Nr. 12757  
€ 8,50

**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



**Full Throttle**  
Gerhard Schmid

Seit 1964 messen sich die besten Piloten der USA jedes Jahr im September bei den National Championship Air Races, dem schnellsten Motorsport der Welt. Einblicke hinter die Kulissen, packende Zweikämpfe und begeisternde Bilder machen dieses Buch zum Muss für jeden Luftfahrtfreund.

224 Seiten  
Artikel-Nr. 11554  
€ 39,90



**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



Michal Šíp  
**DMFV Wissen Hangflug –  
Grundlagen, Technik und Flugpraxis für Hangflieger**  
68 Seiten, Format A5  
Artikel-Nr.: 11570, € 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  
**DMFV-Wissen Lithium  
Lithium-Akkus in Theorie und Praxis**  
68 Seiten, Format A5  
Artikel-Nr. 11633, € 12,00

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

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

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



**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**  
Thomas Riegler

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 104**

Bestell-Fax: 040/42 91 77-199  
E-Mail: [service@alles-rund-ums-hobby.de](mailto: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 Retzbach's  
Magazin

**Herausgeber**  
Ludwig Retzbach

**Anzeigen**  
Sven Reinke (Leitg.),  
Dennis Hermens  
[anzeigen@wm-medien.de](mailto:anzeigen@wm-medien.de)

**Redaktion**  
Hans-Henny-Jahnn-Weg 51  
22085 Hamburg  
Telefon: 040 / 42 91 77-300  
Telefax: 040 / 42 91 77-399  
[redaktion@elektroflug-magazin.de](mailto:redaktion@elektroflug-magazin.de)  
[www.elektroflug-magazin.de](http://www.elektroflug-magazin.de)

**Vertrieb**  
Janine Haase  
Telefon: 040 / 42 91 77-100  
[service@wm-medien.de](mailto:service@wm-medien.de)

**Gesamtherstellung**  
Wellhausen & Marquardt  
Mediengesellschaft bR  
Tom Wellhausen

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

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

**Leitung Redaktion/Grafik**  
Christoph Bremer

Druckd auf chlorfrei  
gebleichtem Papier.  
Printed in Germany.

**Chefredakteur**  
Mario Bicher  
(verantwortlich)

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

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

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

**Redaktionsassistentz**  
Dana Baum

**Bezug**  
Ludwig Retzbach  
Elektroflug Magazin  
erscheint zweimal im Jahr.

**Autoren, Fotografen & Zeichner**  
Peter Claus, Markus Glökler,  
Oliver Hoppe, Peter Kaminski,  
Oliver Kinkelin, Frank Siegert

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

**Grafik**  
Sarah Thomas,  
Jannis Fuhrmann, Martina Gnaß,  
Tim Herzberg, Bianca Kunze,  
Galina Wunder  
[grafik@wm-medien.de](mailto:grafik@wm-medien.de)

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

**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](mailto:post@wm-medien.de)  
[www.wm-medien.de](http://www.wm-medien.de)

**Grosso-Vertrieb**  
VU Verlagsunion KG  
Postfach 5707  
65047 Wiesbaden  
Telefon: 061 23 / 620 - 0  
E-Mail: [info@verlagsunion.de](mailto:info@verlagsunion.de)  
Internet: [www.verlagsunion.de](http://www.verlagsunion.de)

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

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.

**Geschäftsführer**  
Sebastian Marquardt  
[post@wm-medien.de](mailto:post@wm-medien.de)

**wellhausen  
& marquardt**  
Mediengesellschaft

Text und Fotos: Ludwig Retzbach

# Zugmaschine

## Vier Antriebskonzepte für den Graupner Kadett 2400

Werbefachleute würden wohl von „eigenständiger Optik“ sprechen, wenn sie den *nostalgisch filigran wirkenden Retro-Look des Graupner-Kadett 2400* beschreiben sollten. Doch das Zweckmodell hat POTENZIALE und entwickelte sich in kurzer Zeit zum ELEKTROSCHLEPPER schlechthin. Der Beitrag möchte *einige erprobte Antriebsvarianten* vorstellen.

**D**abei drängt sich natürlich ganz zu Anfang die Frage auf, was denn wohl einen guten Schlepper im Allgemeinen und einen Elektro-schlepper im Besonderen auszeichnet? Einige einführende Thesen sollen das Thema umreißen.

### Im Einzelnen

1. Wer schleppt, der leistet nicht bloß Aufstiegs-hilfe. Er übernimmt Lenkung und Verantwortung für Nachfolgende. Der Schlepper gibt auch die Richtung vor. Er sollte in der Lage sein, diese selbst dann noch zu halten, wenn der nachfolgende Segler mal ein bisschen aus der Spur läuft. Hier ist ein hohes Maß an Richtungsstabilität erwünscht, damit der Schlepp-pilot neben dem Steuern des eigenen Modells auch noch den Geschleppten im Augenwinkel behalten kann. Sonst passiert es schnell, dass der berühmte Schwanz mit dem Hund wackelt.
2. Gute Führung setzt scharfe Beobachtung voraus. Beim Modellflug beschränkt sie sich auf die optische Wahrnehmung. Ausladende Dimensionen sind hierbei vor allem in großer Höhe sehr hilfreich. Nicht ohne Einfluss auf die Lageerkennung ist auch eine sinnvolle Farbgestaltung des Schleppers.

### F-Schlepp

*Für den Begriff Flugzeugschlepp hat sich bei den manntragenden Flugzeugen und unter Modellfliegern die Wort-schöpfung F-Schlepp eingebürgert. Die Ursprünge des Schleppens von Flugzeugen, gemeint sind überwiegend Segler, gehen bis in die Anfänge der Fliegerei zurück. So besaß Antony Fokker ein Patent, wie das Schleppen von Gleitflugzeugen geschehen könnte. In den 1930er Jahren erlebte der F-Schlepp seinen ersten Boom.*





3. Wer Verantwortung trägt, ist Dienstleister. Er stellt seine Kraft vorwiegend in die Dienste anderer. Gut, wenn er nicht mit sich selbst schon genug zu tun hat. Ergo sollte das Schleppflugzeug ein beachtliches Leistungsgewicht aufweisen. Wir sprechen von mindestens 300 Watt pro Kilogramm Flugmasse – bezogen auf das Schleppmodell.
4. Doch Leistung pur ist noch nicht alles. Zu beachten wäre auch, wie sie zustande kommt. Und hier gerät man oft ganz schnell in die Bredouille. Legt man die Zugmaschi-

ne nämlich zu einseitig auf Standschub aus, so mögen die Starts zwar perfekt gelingen, aber spätestens bei der ersten Kurve mit Rückenwind sackt dann ein schneller Segler durch. Bekanntlich ist es von Vorteil, wenn der Segler stets etwas über dem Schlepper fliegt, damit der aufrichtende Einfluss des Leinenzugs auf den „Vordermann“ in Grenzen bleibt. Somit gehört auch ein hinreichendes Maß an Fluggeschwindigkeit ins Portfolio, damit der Segler aus eigenem Auftrieb steigt und nicht einfach „geliftet“ wird.

„Wir sprechen von mindestens 300 Watt pro Kilogramm Flugmasse – bezogen auf das Schleppmodell“



**Video zum Bericht auf**  
[www.elektroflug-magazin.de](http://www.elektroflug-magazin.de)



**Unten angeschlagene Landeklappen taugen bei kleinem Ausschlag (bis etwa 30 Grad) zur Auftriebserhöhung, bei großem Ausschlag mehr als Luftbremse**

5. Und natürlich sollte der Schlepper stabil genug sein, auch Passagen weniger gelungenen Zusammenspiels zwischen vorne und hinten schadlos zu überstehen. Das Schleppmodell muss also im Bereich der Krafteinleitung durch die Schleppkupplung stark genug oder zumindest so nachrüstbar sein, um auch dann, wenn der Schalter zum Seilabwurf erst viel zu spät gefunden wurde, nicht gleich in der Luft zu zerfleddern. Kurz: Auch Nehmerqualitäten sind gefragt.
6. Der Energienachschub muss gesichert sein. Es ist die bekannte Krux aller Elektroantriebe, dass die Reichweite des Energiespeichers eben Grenzen hat, das „Nachtanken“ länger dauert und elektrische Energie (noch) nicht überall in unbegrenzten Mengen zur Verfügung steht. Hier gibt es nicht die Ideallösung, wohl aber verschiedene Lösungsansätze: Weniger Energie (namentlich Strom) verbrauchen ist dabei sicher nicht der Schlechteste. Dieses ist mit Leichtbau wie mit gutem Antriebswirkungsgrad zu erreichen. Große Akkus sind eine weitere Möglichkeit, verschlechtern aber die Gewichtsbilanz. Auch in den Schlepppausen immer wieder schnell mal Nachladen zählt zu den bewährten Möglichkeiten, wobei hier neben schnellladewilligen LiFe-Akkus auch die Platzinfrastruktur (leistungsstarke Stromversorgung) eine Rolle spielt.

### **Wir können alles außer Scale**

Schon beim Betrachten des rohbaufertigen Kadetten, wie er von der schwäbischen Firma Graupner für 419,- Euro in einem geräumigen Kartonabteil über den Ladentisch kommt, wird klar, dass dieser gute Chancen hat, die obige Sechs-Punkte-Testreihe mit Bravour zu bestehen. Nur eines darf man eben nicht von ihm verlangen: Vorbild-ähnliches Aussehen. Wer also glaubt, dass eine durch transparente Folie sichtbare Baustruktur mit rechteckigen Konturen nicht mehr In sei und somit auch nicht seinem individuellen Bedürfnis

## **Bezugsadressen**

**Graupner**  
Postfach 12 42  
73230 Kirchheim/Teck  
Telefon: 070 21/72 20  
Fax: 070 21/72 22 00  
Internet: [www.graupner.de](http://www.graupner.de)

**Reisenauer Präzisionsantriebe**  
Hochfellnstraße 68  
83346 Bergen/Chiemgau  
Telefon: 086 62/40 95 16  
Telefax: 086 62/40 95 17  
Internet: [www.reisenauer.de](http://www.reisenauer.de)

**robbe**  
Metzloser Straße 36  
36355 Grebenhain  
Telefon: 066 44/870  
Fax: 066 44/74 12  
Internet: [www.robbe.com](http://www.robbe.com)

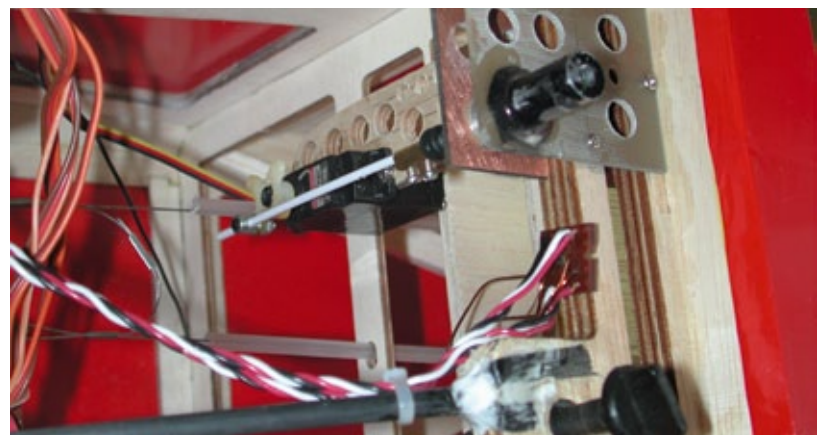
**RS-LRK-Motoren**  
Wüstenbacher Weg 22  
71546 Aspach 1  
Telefon: 071 91/90 62 67  
Internet:  
[www.rs-e-motoren.de](http://www.rs-e-motoren.de)

nach Zeitgeistkongruenz entspricht, ein Modell vielleicht sogar unbedingt einem manntragenden Vorbild gleichsehen müsse, der möge sich bei den zahlreich angebotenen Piper Cubs, Wilgas und Pilatus Portern umsehen. Alle übrigen jedoch dürfen sich eingeladen fühlen zu einer Entdeckungsreise durch die Elektroschlepperszene, in der sich der Kadett in verschiedenen Varianten erfolgreich entfalten konnte.

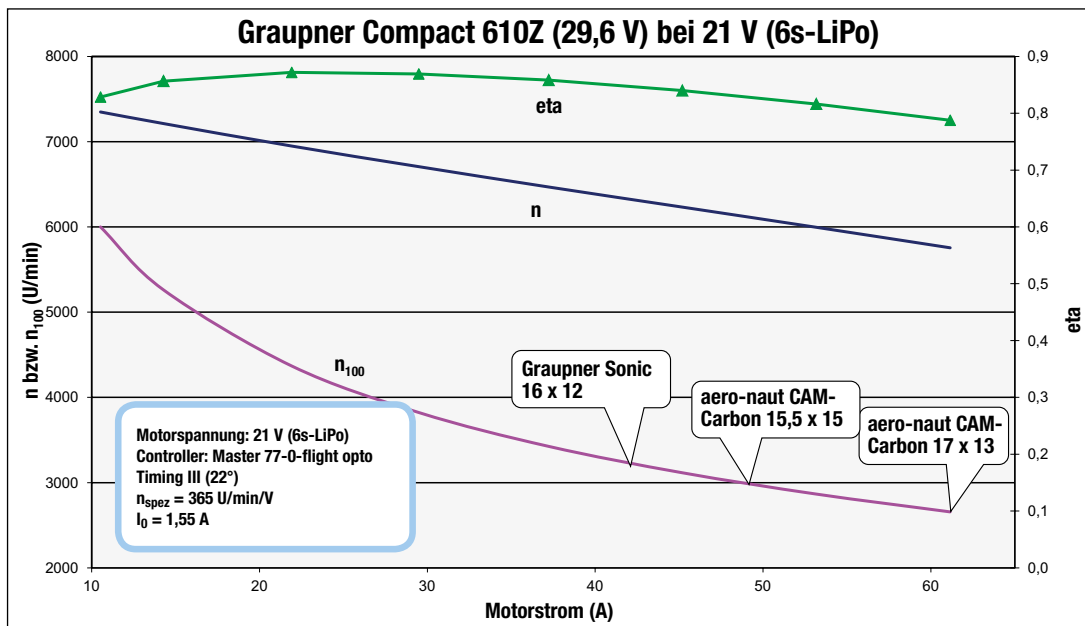
Der Kadett 2400, die Zahl steht für die Spannweite, wird von Graupner mit dem ausdrücklichen Hinweis auf die Eignung als Elektroschlepper angeboten. Die Steuerung erfolgt über alle Ruder (Seite, Höhe, Quer). Der Hochdecker verfügt zudem über groß dimensionierte, unten angeschlagene Bremsklappen. Sie müssen über die beiliegenden Außenscharniere noch montiert werden. Alle anderen Ruderklappen waren bei der neuesten Baukastenversion bereits befestigt. Die Scharniere neueren Datums sind zudem alle verstiftet. An Sicherheit wurde also gedacht. Die mittig geteilten Tragflächenhälften verbindet ein Alurohr mit 32 Millimeter (mm) Durchmesser. Der Einbau einer Schleppkupplung (Best. Nr. 7891 im Graupner-Programm) in die Flächenwurzel ist optional. Da die beiden Höhenruderhälften von je einer Rudermaschine getrennt angelenkt werden, beschäftigt der große Kadett bei Vollausbau somit acht fleißige Servos. Als Basismotorisierung empfiehlt man bei Graupner den hauseigenen Außenläufermotor Compact 610 Z (29,6 V) mit 6s-LiPos. Bei dieser Antriebsausstattung bleibt das Modell anstrengungslos unter dem 5-Kilogramm-Limit, sodass auch von Plätzen ohne behördliche Aufstiegserlaubnis gestartet werden darf.

### **Minimalmotorisierung**

Das Flugverhalten dieser Grundversion konnte im Umfeld des Autors denn auch gleich nach dem Marktstart ausgiebig studiert werden. Trotz



**Von der Bauanleitung abweichende Montage der Schleppkupplung an der hinteren Flächenbefestigung. Man beachte: Wenn man den Hebel am Servoarm klein wählt und dafür den vollen Servoweg ausnutzt (2 x 150 Prozent), dann genügt ein leichtes, natürlich qualitativ hochwertiges Servo. Gut erkennbar auch die Anbindung der zusätzlichen Carbon- Diagonalstreben**



seiner XXL-Dimensionen wirkt der Eco-Kadett schon überraschend agil, bereit zu allerlei luftigem Schabernack, der bei entsprechender Könnerschaft durchaus wie Kunstflug aussehen kann. Gleichwohl sind es aber mehr die hinnehmenden, als die gestalterischen Qualitäten, die den Kadett 2400 bei all jenen punkten lassen, die es doch lieber etwas gemüthlicher hätten. Das Flugmodell hebt bereits nach wenigen Metern Rollstrecke sicher ab, auch ohne dass die Klappen an der Flächeninnenseite nach unten gestellt wurden. Tut man dies in zurückhaltendem Maße, bis zu 30 mm an der Hinterkante, so lässt sich beinahe schon von Kurzstartfähigkeit sprechen. So präpariert, lassen sich dann auch – ohne Hang zu riskantem Übermut – tiefe, langsame Vorbeiflüge zelebrieren. Schnell findet auch der Anfänger heraus, dass sich bei Klappeneinsatz zur Auftriebserhöhung die Höhenruder-Hinterkante etwa 3 bis 4 mm absenken sollten. Wer diesbezüglich volle Dröhnung und bis zu 90 Grad Klappenausschlag wünscht, tut allein schon wegen der Hebelverhältnisse gut daran, dort etwas kräftigere Servos eingebaut zu haben. Bei 10 mm Tiefenruderbeimischung und stark reduzierter Laufgeschwindigkeit der Klappenservos wird

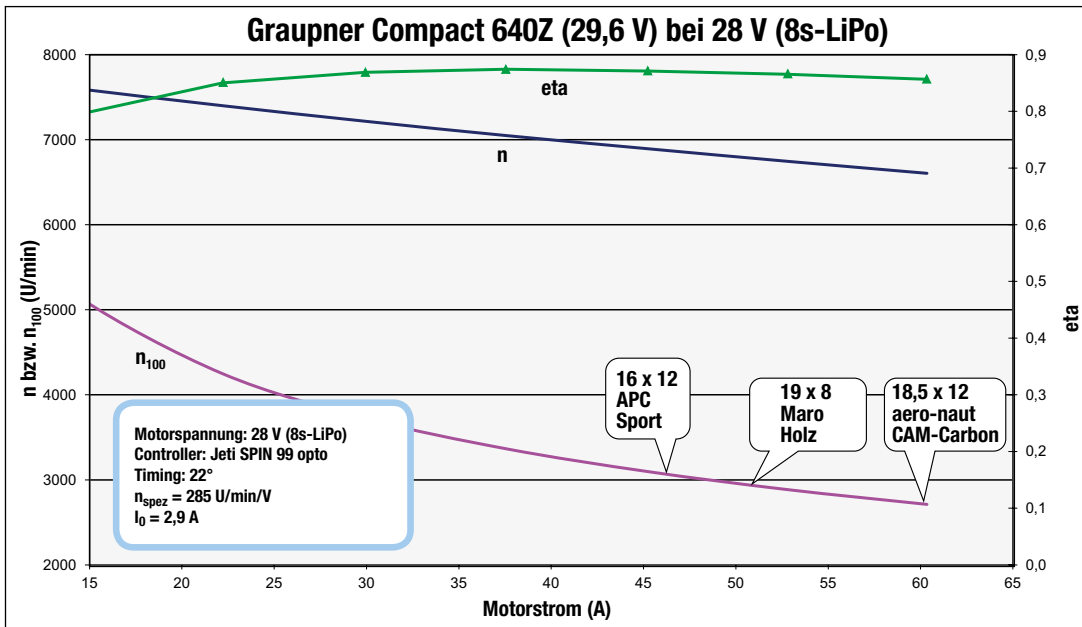
der Übergang von der Arbeits- in die gebremste Abstiegsphase sehr harmonisch erfolgen. Denn ganz senkrecht nach unten in den Wind gestellt sind die Klappen dann eher als Sturzflugbremse, denn als Auftriebshilfe gedacht. Gelandet wird sowieso besser mit reduziertem Klappenausschlag. Apropos Landung: Was immer noch nicht so recht zu dem filigran wirkenden Modell passen will, ist das zweiteilige, äußerst harte Alufahrwerk. Es bedarf einiger Einübung, hiermit sprungfrei quasi am ersten Wochentag zu landen. Hier lohnt sich durchaus, über eine kleine Zusatzinvestition nachzudenken und die gestanzten Blechteile noch vor dem Erstflug zu entsorgen und sie durch ein meist auch leichteres GFK-Fahrwerk entsprechender Größe zu ersetzen, zum Beispiel von KHK, siehe [www.khk-flugmodelle.de/produkte.php?opt=Fahrwerke](http://www.khk-flugmodelle.de/produkte.php?opt=Fahrwerke)

Die hier beschriebene 6s-Ausführung wurde versuchsweise auch zu Schleppendiensten animiert. Das Ergebnis taugt zum Nachweis prinzipieller Befähigung. Dabei gilt es, sich vor der oben beschriebenen Steigungs-Drehzahl-Falle in Acht zu nehmen. Am besten taugt wohl der 16 × 12-Zoll-Sonic-Propeller von Graupner, der es mit

*Von Graupner  
empfohlene  
Motorisierung  
Compact 610 Z für  
6s- bis 8s-LiPos.  
Die Festigkeit des  
Motorspans hat  
Grenzen*

*Dank der Landeklappen  
lässt sich der Kadett  
2400 gefahrlos steil  
nach unten bringen*





Als zweite, bereits stärkere Variante kam der Compact 640 Z von Graupner ins Modell

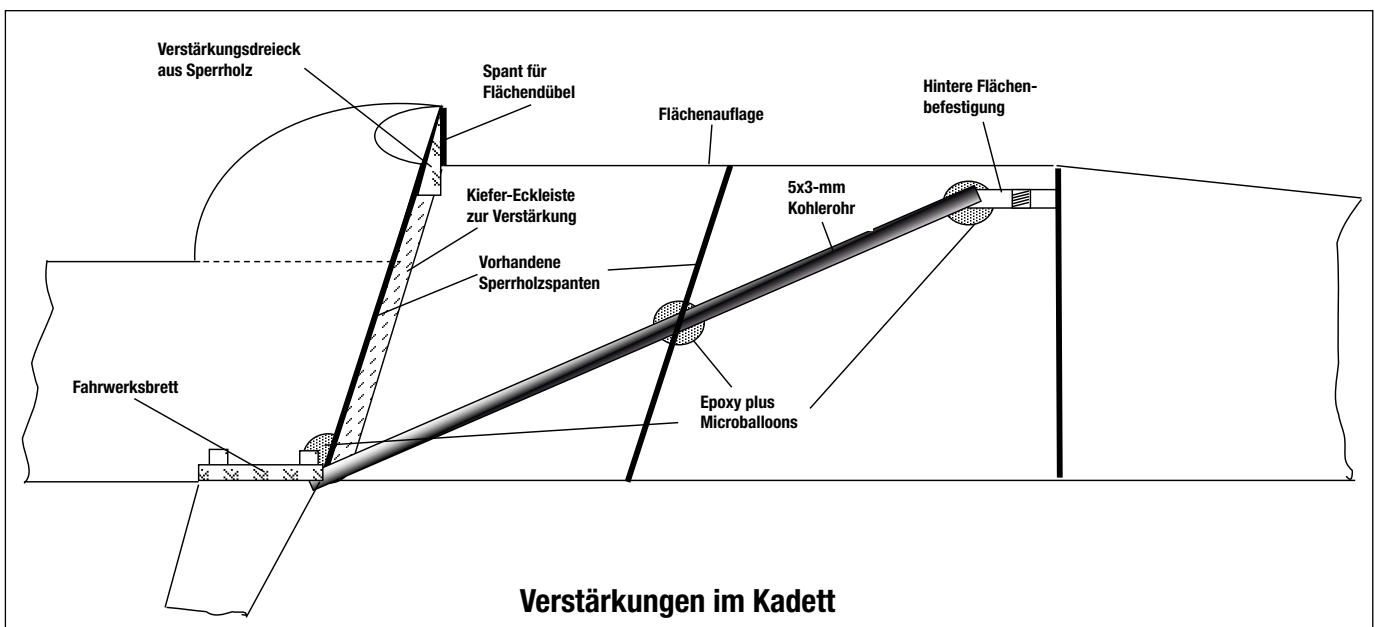
6s-LiPos und 3.300 Milliamperestunden (mAh) Kapazität bei mittlerer Entladetiefe bei etwa 42 Ampere (A) auf 6.400 Umdrehungen pro Minute (U/min) brachte. Geht man mit dem Durchmesser hoch und der Steigung zurück, so fehlt beim Steigflug rasch der wünschenswerte Speed. Rüstet man andererseits bei dieser Motorversion zwei Zellen nach und gelangt damit zu 8s-LiPos, so werden die verfügbaren „schnellen“ Propeller im Durchmesser schon wieder ziemlich klein.

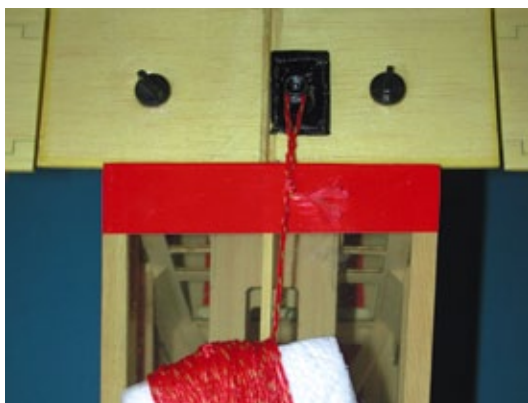
gung ein wenig Augenmaß behält und unnötige Überdimensionierung vermeidet, schafft es mit 3.300-mAh-LiPos möglicherweise, noch unter der Gewichtsgrenze von 5.000 Gramm (g) durchzuschrammen. Die verwendeten SLS 4.400 mAh 35/60 C-LiPos ließen den Zeiger geringfügig über den oberen Grenzbereich wandern. Mit abmontierten Radverkleidungen (GFK) stimmte es dann wieder. Doch, wer wird schon so pingelig sein.

### Etwas mehr, bitte!

Aus dieser Erkenntnis heraus wurde beim ersten primär für Schleppeinsatz vorgesehenen Kadett 2400 gleich der nächst größere Motortyp Compact 640 Z (29,6 V) montiert, die 8s-Antriebsakku -Auslegung jedoch erst mal beibehalten. Wer bei der Auswahl gewichtsrelevanter Komponenten wie Servos und Empfängerversor-

Anzumerken wäre allerdings noch, dass dieser von vorneherein für Schleppeinsatz avisierte Kadett nicht nur ein leichtes GFK-Fahrwerk, sondern auch einige sinnvoll erscheinende Verstärkungen erhielt, die den Bereich der Krafteinleitung durch die Schleppekupplung betrafen (siehe Zeichnung unten). So verbindet auf beiden Rumpffseiten je ein 5/3-mm-Kohlerohr die hintere Flächenhalterung diagonal nach vorne/unten mit dem Fahr-





**Und so sieht die veränderte Schleppkupplung dann von außen aus**

werksbrett, das seinerseits kaum der Verstärkung bedarf. Zusätzlich wurde jener Rumpfspant, der die vordere Flächenhalterung trägt, durch zwei 4 × 4-mm-Kieferneckeleisten verstärkt. Diese sorgt so auch für eine höher belastbare Verbindung zwischen diesem Spant und der Sperrholz-Rumpfsseitenwand. Auch die Schleppkupplung wurde abweichend von der Bauanleitung nicht direkt in die Fläche eingebaut, sondern im Bereich der hinteren Flächen-Befestigungsmuttern am Rumpf befestigt. Sie findet dann durch eine Endleistenbohrung ins Freie. Diese Lösung beinhaltet zumindest den Vorzug, dass die Verbindung zwischen Schleppkupplungsservo und Empfänger beim Abnehmen der Fläche nicht getrennt werden muss. Das anfängliche Misstrauen bezüglich der Krafteinleitung der Schleppkupplung in die filigran wirkende Kadett-Fläche sollte sich bei einer späteren Kadett-Version indessen als weitgehend unbegründet erweisen.

Der Compact 640 Z-Motor lässt sich dann bei Standströmen um 50 bis 60 A schon mit Propellern der Durchmesser 18 bis 19 Zoll ein, wobei deren Steigung wiederum nicht unter 8 Zoll liegen sollte. Mit dieser Upsize-8s-Version ließen sich dann auch schon Segler von gut 4.000 mm Spannweite und 5.000 g Gewicht recht vergnüg-

## Technische Daten Kadett 2400 von Graupner

Spannweite:	2.400 mm
Länge:	1.745 mm
Gesamtflächeninhalt:	100 dm <sup>2</sup>
Abfluggewicht:	4.900 bis 5.400 g (8 bis 10s)
Flächenbelastung:	49 bis 54 g/dm <sup>2</sup>
Motoren:	Compact 610Z und Comapct 640Z von Graupner, roxy 6362-10 von robbe und RS378.30 Heli+Getriebe 4 : 1 von Strecker und Reisenauer

lich auf Höhen um die 300 Meter bugsieren. Die Zugkraft des Antriebs gibt dem Schlepppiloten dann auch das beruhigende Gefühl, zu jedem Zeitpunkt Herr des Verfahrens zu sein. Lediglich der für die Akkugröße doch recht heftige Amperekonsum hintertrieb ein wenig die nun aufkommende Rund-um-Zufriedenheit, denn spätestens nach dem dritten Schleppflug meldete der Akkuwächter Nachladebedarf an.

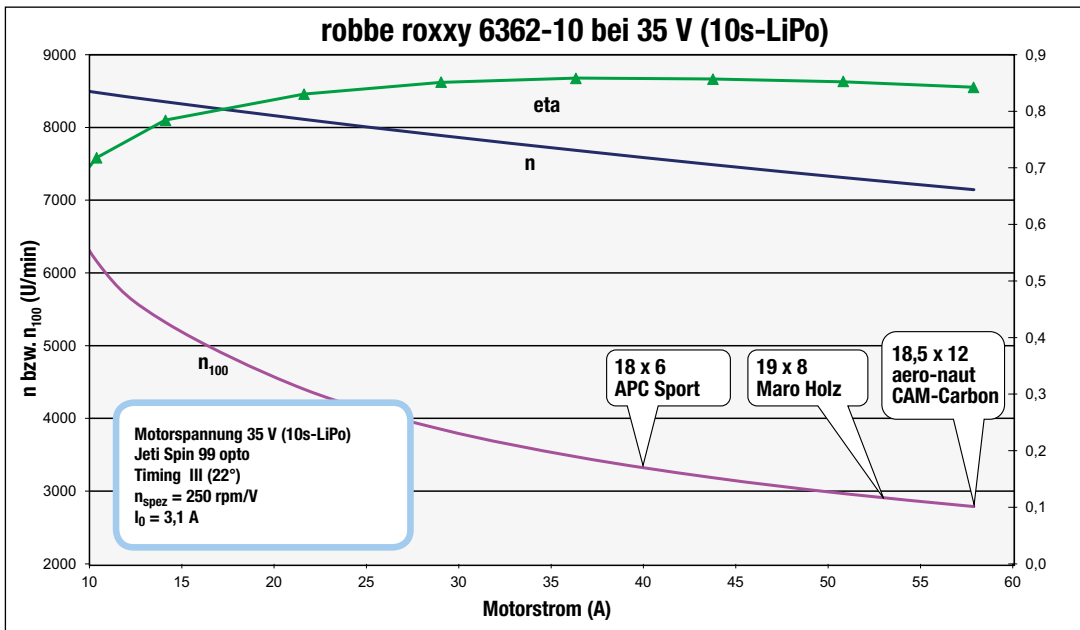
Ein „Skiunfall“ beendete die nahezu idyllische Zweisamkeit mit dem 8s-Kadetten. Kurz entschlossen wollte der Autor der unerwartet langen Winterpause mit der Montage von Skiern begegnen. Das (später weiter fortgeführte) Unternehmen hatte erst mal mit einem Desaster begonnen: Die am Fahrwerksbügel drehbar aufgehängten Schneeschuhe sollten während des Flugs durch modellbauübliche Gummiringe in einem leichten Anstellwinkel (nach oben) gehalten werden. Dies misslang, da aus bislang nicht sicher nachvollziehbaren Gründen (vielleicht Kälteeinwirkung?) beide Gummis sofort nach dem Abheben rissen. Mit nach vorne herabhängenden Skispitzen ist nicht gut fliegen und noch schlechter landen. Und da der Schnee zu diesem Zeitpunkt auch noch ziemlich hart gefroren war, riss es beim Aufsetzen nicht das Fahrwerksbrett heraus, sondern hinterließ nebst kaputtem Propeller auch einen zerfetzten Motorspant – der im Original nicht allzu stabil war – sowie eine angerissene Motorhaube.

„**Geht man mit dem Durchmesser hoch und der Steigung zurück, so fehlt beim Steigflug rasch der wünschenswerte Speed**“

### Motordaten

Motor	Compact 610Z	Comapct 640Z	roxy 6362-10	RS378.30 Heli+Getriebe 4 : 1
Sinnvoller Einsatzbereich	6s- bis 8s-LiPo, max. 65 A	8s- bis 10s-LiPo, max. 75 A	9s- bis 11s-LiPo, max. 70 A	10s- bis 12s-LiPo, max. 80 A
Außenmaße l x Φ	49 × 65 mm	63 × 64 mm	63 × 62 mm	61 × 47 mm
Masse	405 g	610 g	615 g	405 + 95 g
Welle l x Φ	23 × 8 mm	25 × 10 mm	24 × 10 mm	Spezial *
R <sub>idc</sub> (20°C)	28 mΩ	19 mΩ	22 mΩ	19 mΩ
n <sub>spez</sub>	365 U/min/V	285 U/min/V	250 U/min/V	135 U/min/V
empf. Timingeinstellung	18° bis 22°	18° bis 25°	22° bis 25°	15° bis 18°
Vertrieb	Graupner	Graupner	robbe	Strecker/Reisenauer

\* Zeitabhängig wurden wechselnde Ausführungen geliefert



### Nun erst recht

Die reparaturbedingte Gewichtszunahme gab den trotzigen Denkanstoß zu einer abermaligen antriebstechnischen Nachrüstung. Der Graupner-Motor Compact 640 Z (29,6 V) wurde durch einen weitgehend größen- und baugleichen robbe roxxy-Outrunner des Typs 6362-10 mit höherer Windungszahl, jedoch kleinerer spezifischer Drehzahl ersetzt. Jetzt konnten mit einer 10s-LiPo-Batterie mit 5.000 mAh bei maßvoller Stromaufnahme von um die 50 A Luftschrauben der Dimension 19 bis 20 Zoll mit bis zu 13 Zoll Steigung montiert werden. Dies versprach eine nochmals leicht verbesserte Traktion bei deutlich verlängerter Laufzeit, was sich in der späteren Flugpraxis dann auch in vollem Maße bestätigten sollte. Mit dieser Kadettenversion,

nun bei knapp 5.400 g Startgewicht angelangt, konnte man sich mit Seglern von bis zu 6.000 mm Spannweite und 8.000 bis 9.000 g Fluggewicht noch gut anfreunden. Es versteht sich von selbst, dass mit wachsendem Größen-Gewichts-Verhältnis zu Ungunsten des Schleppers das Fliegen zu einem Akt hoher Konzentration gerät, bei dem es gilt, vorne weite und hinten noch weitere Kurvenradien zu fliegen. Besonders schwierig scheinen die Passagen, bei denen in schon großer Höhe und Entfernung nur die Rumpfsilhouetten der Modelle sichtbar sind. Mit dieser Antriebsversion konnte dann beispielsweise der DMFV-Seglerschlepp-Wettbewerb 2010 gewonnen werden. Der geschleppte Viermetersegler wog dabei 4.500 g. Es konnte damit in sechs (!) Schleppflügen mit einer Akkuladung

*Der robbe roxxy Outrunner 6362-10 durfte auch gleich auf einen neuen stabilen Motorspant Platz nehmen*



*Mit einem 22 x 12-Zoll-Propeller – das lässt das Fahrwerk eben noch zu – wird der Kadett zu einem veritablen Kraftprotz*



*Der vergleichsweise schwere Außenläufer verbannt die Akkus auf die hinteren Plätze*

eine Gesamthöhe von 2.112 Meter erfolgen werden. Auch wenn solche wettbewerbsbedingten Energie-Stresstests mit Rücksicht auf den Akku nicht unbedingt an der Tagesordnung sein dürften, zeigt er doch das Potenzial, das der Elektroantrieb bei rundum stimmigen Randbedingungen heute schon aufzuweisen hat. Diese Version konnte in zahllosen Schleppflügen nachweisen, dass sie nicht nur wettbewerbs-, sondern auch in hohem Maße praxistauglich ist.

### Warum denn so direkt?

Allerdings sollte sie noch nicht das obere Ende der Entwicklungsmöglichkeiten kennzeichnen. So reizte es den Autor, auch mal die besondere Befähigung von Getriebeaggregaten beim Antrieb von E-Schleppern zu testen. Ein früherer Vorversuch mit einem Lehner-Motor des Typs 1950-9Δ und einer Reisenauer Super Chief-7 : 1-Untersetzung musste bereits nach wenigen Testflügen als gescheitert erklärt werden, da das – wegen der gewünschten Propellergröße – hoch untersetzende Getriebe nur ein Sonnenrad (Antriebsritzel) von sehr geringem Durchmesser zulässt. Dieses muss sich zwangsläufig mit einer 4-mm-Bohrung und entsprechend abgedrehter Welle begnügen – äußerst wenig

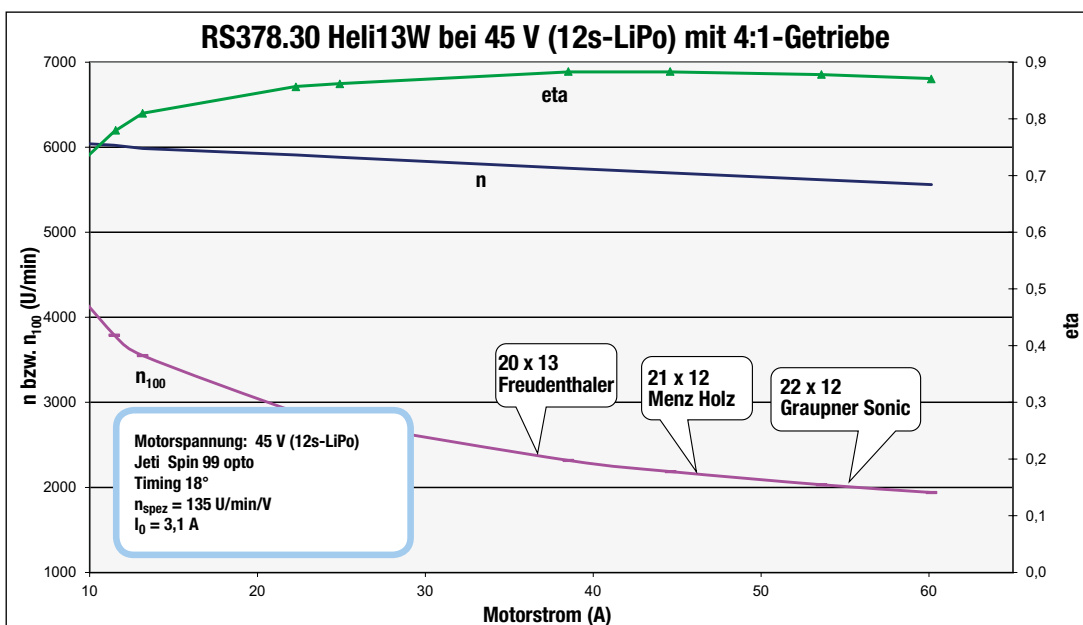
Klebefläche für die Übertragung von damals etwa 2.000 Watt (W) Antriebsleistung. Da hilft es auch nicht, wenn der 2-Pol-Innenläufer auf dem Prüfstand mit mehr als 91 Prozent Wirkungsgrad zu glänzen weiß. Das Ganze kommt nicht rüber.

Und warum kein Außenläufer? Nun, von einer Außenläufer-Getriebekombination ist nur dann ein Vorteil zu erwarten, wenn eine punktgenaue Abstimmung im Bereich hoher Leistung erfolgen kann und diese auch nur relativ kurzzeitig abgefordert wird. Denn der Außenläufer hat ein Kühlproblem, das sich durch ein Vorschaltgetriebe natürlich zuspitzt. Im Schleppereinsatz oder bei Hotliner-Elektrosegler wo man größtenteils mit Vollgas steigt und nach einer überschaubaren Zeitdauer Antriebspause macht, sind diese entlastenden Bedingungen gegeben.

Zwischenzeitlich vermittelt die rasante Entwicklung auf dem Sektor großer Elektroheli neue Impulse. Hier wurden seitens der Motorenhersteller neue 8- bis 10-Pol-Außenläufer entwickelt. Sie liefern, auch dank eingebauter Kühlturbinen, bei einer Motormasse um 400 g bis zu 3.000 W Leistung ab – und das nicht nur für einige Sekunden. Ihr Drehzahlniveau liegt etwa zwischen dem großen Außenläufer (<300 U/min/V) und den bereits bekannten 2-Pol-Innenläufern (>1.000 U/min/V) bei 450 bis 650 U/min/V. Alle Kandidaten verfügen über eine 6-mm-Abtriebswelle, um das produzierte Drehmoment auch schlupffrei weiterreichen zu können. Der eigentliche Vorzug: Jetzt genügt schon ein Untersetzungsverhältnis von etwa 4 : 1, um bei Speisung aus 10s- bis 12s-LiPo-Batterien Propeller von 20 bis 22 Zoll antreiben zu können. Damit wird die mögliche Bodenfreiheit des Antriebs voll ausgeschöpft. Auch diese Turbo-Außenläufer erreichen noch stolze Wirkungsgrade bis 90 Prozent, und das bei Stromwerten nahe 50 A. Wie gemacht also,

„ Mit dieser Antriebsversion konnte dann beispielsweise der DMFV-Seglerschlepp-Wettbewerb 2010 gewonnen werden “

*Strecker-Außenläufer plus Getriebe für 12s-Antrieb mit bis zu 2,5 Kilowatt. Die Sperrholz-Spanten wurden mit GFK-Platten verstärkt*





*Mit Klappeneinsatz herrlich zum Langsamflug geeignet*

um hinter der Schutzwand einer Getriebeuntersetzung auch mal in die Schlepperszene eingeschleust zu werden.

Zur Auswahl standen erst mal vier Motortypen:

- Hacker A50-12L-8Pole Electric Turbine: Masse 480 g,  $n_{spez} = 640$  U/min/V, geeignet erscheinend für Antriebe mit 10s bis 12s
- Strecker 370.30 Heli 13W: Masse 405 g,  $n_{spez} = 545$  U/min/V, geeignet erscheinend für Antriebe mit 12s
- Kontronik Pyro 30-12 (neu:Pyro 700-52): Masse 405 g,  $n_{spez} = 550$  U/min/V, geeignet erscheinend für Antriebe mit 12s
- Plettenberg 30/12: Masse 475 g,  $n_{spez} = 455$  U/min/V, geeignet erscheinend für Antriebe mit 12s bis 14s



**Sicherheit und Komfort: Not-Aus-Dean-Hochstromstecker zur raschen Trennung des Akkus vom Motorcontroller. Daneben die MPX-Ladebuchse (schwarz), um den eingebauten Akku rasch nachladen zu können. Davor der Anti-Blitz-Schalter, der gedrückt den Not-Aus-Stecker mit einem 10-Ohm-Widerstand überbückt. Sonst funkt's bei 12s gewaltig**

Auswahlgründe können manchmal geradezu ernüchternd trivial sein: Wegen des zum Super Chief-Getriebe passenden Lochbilds erhielt der Strecker-Motor spontan den Zuschlag. Begnügt man sich mit der  $20 \times 13$ -Zoll-Propellergröße, so liegt die Stromaufnahme bei 12s (etwa 42 V) bei knapp 45 A, mithin auf dem  $\eta_{max}$ -Plateau.

*Nicht ganz leicht zu schultern, der 7 Meter große und mit 11 Kilogramm etwa doppelt so schwere Nimbus II von Sigggi Zimmermann. Doch der Kadett „schluckt“ notfalls auch solche Brocken*



#### **Kleiner Bruder**

Wem der Kadett mit 2.400 Millimeter Spannweite viel zu groß ist, der findet bei Graupner auch einen deutlich kleineren Bruder: einen Kadett mit 1.600 Millimeter Spannweite. Realistisch sind hier 1.500 Gramm Abfluggewicht. Mit diesem Modell lassen sich sehr gut Segler aus der Dreimeter-Klasse schleppen. Preis: 159,50 Euro.



Dabei werden 1.900 W auf sehr akku- und motorschonende Weise mobilisiert. Die Antriebsabstimmung scheint ganz optimal zu passen. Wie allerdings zu erahnen, bezahlt man für die im direkten Vergleich zum Außenläufer eingesparten 115 g einen geradezu unverschämten Preis, zumal das Reisenauer-Super Chief-Planetengetriebe in dieser Leistungsklasse derzeit eine Monopolstellung zu besetzen scheint – mit all den naheliegenden Begleiterscheinungen.

Der Vollständigkeit halber ist zu erwähnen, dass zum Einbau des Getriebeaggregats, das rückseitig freiliegen muss, nun auch ein neuer Kadett

2400-Versuchsträger fällig wurde. Er präsentierte sich in der bekannt guten Bauqualität und bekam auch die oben schon beschriebenen Verstärkungselemente verordnet. Dank eines aus früheren Erfahrungen gespeisten Downsizing im RC-Bereich treiben 12s-LiPos mit 6.000 mAh Kapazität das Gesamtgewicht gerade mal auf humane 5.800 g hoch. Mit Seglern, die nicht mehr als der Schlepper wiegen, werden mit der 20 x 13-Zoll-Latte bei Nutzung von durchaus unkritischen 90 Prozent der Akkukapazität etwa acht Steigflüge auf insgesamt 2.400 Höhenmeter möglich. Danach, so findet der Autor, dürfte der Pilot auch mal 'ne Ladepause verdient haben.

### Lese-Tipp

Über ein weiteres Antriebskonzept in der Kadett, einem Kontronik-Motor Pyro 650-62 mit 4:1-Reisenauer-Getriebe, berichtet Ludwig Retzbach in Ausgabe 12/2011 von **Modell AVIATOR**. Thematisiert werden die Vor- und Nachteile eines Getriebeantriebs.



*Der Kadett schleppt Modelle bis 11 Kilogramm. Dafür ist jedoch ein geeigneter Antrieb erforderlich*

Anzeige

# Parkflieger®

[www.parkflieger.de](http://www.parkflieger.de)

Am Hollerbusch 7 - D-60437 Frankfurt/M. Nieder-Eschbach  
Alle Preise in Euro inkl. 19% Ust zzgl. Versand - vorbehaltlich Änderungen, Irrtümer und Druckfehler



**269,90**  
ROCKAMP P51-D Mustang



**139,90**  
ROCKAMP Horse Gilmore ARF



**149,90**  
Black F6F Hellcat PNP



**199,90**  
Black Horse Glasair ARF



**101,95**  
RA45006Ah  
6S CC2 35C



**214,95**  
Revolectrix  
PowerLab 12S 1344W



**199,95**  
Scorpion  
SP-S-4035-460 KV

## BOXGUCKER.DE

Wer reinguckt ist schlauer  
eine Parkflieger-Produktion

# Was macht eigentlich?

## Elektroflug-Vizeweltmeister Martin Weberschock

Das Erreichen von Spitzenleistungen beginnt im Kopf. *Mentale Stärke ebnet dem Piloten den Weg aufs Siegestreppchen.* Hightech-Materialien sind bedeutend, stehen aber an zweiter Stelle. *Was nützt einem ein Ferrari, wenn man ihn nicht beherrscht.* Martin Weberschock führte diese Erkenntnis zu mehreren TITELN und seiner BERUFUNG.

Text und Fotos: Mario Bicher



**D**er sympathische Niedersachse ist Träger zahlreicher nationaler und internationaler Titel in den Klassen F3B und F5B, dennoch würde er sich selbst nicht als besten oder schnellsten Modellflieger bezeichnen. Da fallen ihm andere Namen ein. Und Siegeswille alleine ist es auch nicht, der Toppiloten Titel garantiert. Das lässt er im Gespräch glasklar durchblicken. Ein gutes Team und ein perfekt abgestimmtes Modell bilden sicher die besten Voraussetzungen für Siege. Doch im Spitzensport geht es nur um Hundertstel-Sekunden. Hier entscheiden nicht allein das Glück oder die Technik, sondern die Konzentrationsfähigkeit des Piloten. Sich mental auf den wichtigsten Moment des Wettkampfs zu fokussieren, davon ist Martin Weberschock überzeugt, ist eine elementare Komponente, die die Piloten auf dem Podest von den anderen unterscheidet.

Erst spät in seiner Wettbewerbslaufbahn wurde ihm dieser Zusammenhang richtig bewusst. Bis dahin lagen bereits zahlreiche Mannschafts-europa- und -weltmeistertitel, eine Einzel-Vizeweltmeisterschaft und eine kurvenreiche Berufslaufbahn hinter ihm. Sein Abitur machte er am Technischen Gymnasium, es folgte eine Tischlerausbildung und schließlich ein Psychologie-Studium, das in eine vielseitige Selbstständigkeit führte. In dieser Zeit, den 1990er- und 2000er-Jahren, zählte er in den Klassen F3B und F5B zu Deutschlands Besten. Im international angesehenen Ariane-Team um Elektrosegelflug-Ikone Franz Weißgerber gehörte er zur Stamm-

„ In den Wettbewerben gewann er Titel und eine bis heute prägende Erkenntnis: mentale Stärke und Konzentration sind die Schlüssel zum Erfolg „

### Kontakt

**Weberschock Development**  
 Martin Weberschock  
 Jendelstraße 34  
 37130 Groß Lengden  
 Telefon/Fax:  
 055 08/97 44 77  
 Mobil: 01 71/281 30 39  
 Internet:  
[www.weberschock-development.de](http://www.weberschock-development.de)  
 Email:  
[Martin@weberschock-development.de](mailto:Martin@weberschock-development.de)



**Gelegentlich ist beim Entformen der vorsichtige Einsatz eines Hammers erforderlich**

mannschaft. Ob als Pilot oder als Ansager. Besonders Letzteres schätzten seine Teamkollegen. Garantierte seine Aufmerksamkeit und das geschulte Auge für die zu fliegende 150-Meter-Distanz doch so manche entscheidende Sekunde Vorsprung.

In den Wettbewerben gewann er Titel und eine bis heute prägende Erkenntnis: mentale Stärke und Konzentration sind die Schlüssel zum Erfolg. Was banal klingt, gehört zu einer viel missachteten Tatsache. Diese Erfahrung macht Martin Weberschock in seinem Beruf als Coach und Trainer für Manager immer wieder. Gedanken und Vorhaben strukturieren, Wesentliches von Unwichtigem zu trennen, diese Fähigkeiten vermittelt er heute in Einzel- und Gruppenseminaren an Entscheider und Leistungsträger. Aktuell plant er, seine Beratungskompetenzen auch Wettbewerbspiloten in Seminaren anzubieten, um die Chancen aufs Siegerpodest zu erhöhen.

Und nicht nur das. Seminare zu geben, gewinnt für Martin Weberschock zunehmend an Bedeutung. Seine fundierten Kenntnisse im CFK- und GFK-Formenbau stellt er in mehrtägigen Gruppen-Workshops zur Verfügung. Interessenten können dabei auf einen Erfahrungsschatz zurückgreifen, deren Ursprünge bis in seine frühe Kindheit zurückreichen und durch die Konstruktion sowie den Bau mehrerer, erfolgreicher Wettbewerbsmodelle gekrönt sind. Einzelne davon sind bis heute in seinem eigenen Shop sowie bei anderen Händlern käuflich zu erwerben, beispielsweise die Europhia bei der Firma Stratair in Österreich.

Sein Knowhow im Formenbau ist gefragt – bei Modellfliegern und in der Industrie. So entsteht in einem seiner Werkräume aktuell ein zirka zwei Meter breiter Anströmkörper für Windkanaluntersuchungen des „NGT – Next Generation Train“, dem ICE der nächsten Generation, im Maßstab 1:1. Auftraggeber ist die Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, kurz DLR, in Göttingen, die mit der Deutschen Bahn kooperiert. Schon einmal kam Martin Weberschock mit dem ICE in Berührung. Ebenfalls für einen Windkanaltest erstellte er aus CFK ein 1:10-Modell eines Triebwagens des ICE. Ein Werkraum weiter finden sich Negativformen, die zu einer drei Meter spannenden Drohne gehören. Es entstand im Auftrag einer Universität für Agrarwissenschaft und -technik und dient zur Vermessung von Böden. Immer wieder sind seine Fachkenntnisse in Sachen Formenbau gefragt. Vielseitige und unterschiedliche Kontakte zu Universitäten und zur Industrie kommen so zustande.

Alleine lassen sich die vielen Aufträge nicht mehr umsetzen. Zwei freie Mitarbeiter unterstützen ihn je nach Bedarf in der Modellbauwerkstatt. Das schafft Zeit für die Familie – und für Wettbewerbe. An diesen nimmt Martin Weberschock immer noch teil. Aktuell eher beiläufig, aber wer weiß. Für sich selbst visiert er Podiumsplätze weniger an. Heute, das bringt er deutlich zum Ausdruck, würde er viel lieber andere Spitzenpiloten mithilfe seines Knowhows dorthin führen.



**Hier entsteht im Auftrag des DLR für die Deutsche Bahn ein Anströmkörper, der für Windkanaltests vorgesehen ist**



**Die Formen für diese Drohne produzierte Martin Weberschock für eine Uni. Mithilfe des Modells werden agrarwissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt**



#### **Zur Person**

*Martin Weberschock wurde 1972 in Lüneburg geboren und kommt über seinen Vater bereits als Kleinkind mit dem Modellflug in Kontakt – wie auch seine beiden Brüder. Erste GFK-Modelle entstanden als Martin 13 Jahre alt ist, und seine ersten F3B- und F5B-Wettbewerbe bestritt er als Jugendlicher mit 16 Jahren. Von 1996 bis 2002 gewann er mit der Deutschen Nationalmannschaft der Klasse F5B vier Weltmeistertitel in der Mannschaftswertung, davon drei als Pilot. 2000 wurde er F5B-Einzel-Vizeweltmeister in San Diego, USA. 2001, 2003, 2005 und 2009 war er Pilot der deutschen F3B-Nationalmannschaft und errang drei weitere Mannschaftsweltmeistertitel. Nach einer Tischlerlehre in München studierte er Psychologie an der Universität Göttingen, in deren Nähe er heute wohnt und als selbstständiger Coach sowie Formen- und Flugzeugbauer tätig ist.*

Text und Bilder: Ludwig Retzbach

# Air Cargo Challenge

## Modellflug im 21. Jahrhundert: Zeitvertreib oder Studienfach?

*Modellflug als Materie, mit der sich die akademische Forschung beschäftigt?* Immer noch gelten ja MODELLFLIEGER in weiten Kreisen unserer Gesellschaft als etwas wunderliche Typen, die sich mangels tragfähiger Sozialkompetenz lieber in ihren Bastelkellern vergraben, um dort Probleme zu lösen, für die „Normale“ allenfalls ein Schulterzucken übrig haben.

**D**och Vorsicht: Das lange hartnäckig haftende Negativimage technischer Hobbys scheint zu bröckeln. Vielmehr scheinen auch Beobachter außerhalb unserer

eng umgrenzten Fachwelt langsam zu begreifen, dass sich hinter spielerischer Fassade oftmals ungebremste Kreativität verbirgt und Fähigkeiten entwickelt werden, die auch im „richtigen“ Leben von großem Nutzen sind. Ein interessan-

*Das portugiesische  
Siegerteam. Es flog das  
Modell mit der größten  
Spannweite*





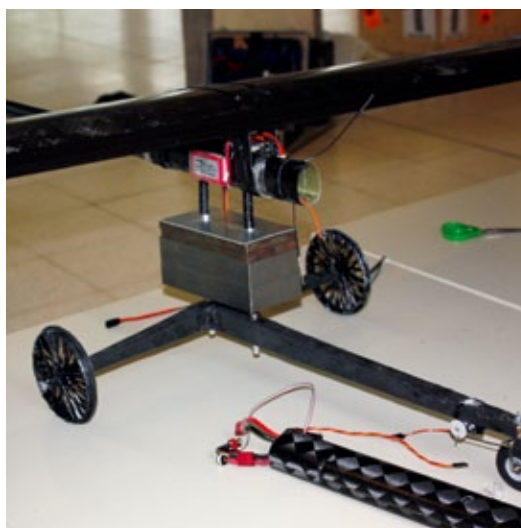
**Modellflug im Hörsaal der Universität Stuttgart. Am Vortrag des Wettbewerbs hatten die Teams Gelegenheit, ihre Lösungen zu präsentieren**

tes Beispiel, den Modellflug als Motivation für studentische Entwicklungsarbeit zu nutzen, stellt der seit 2003 von europäischen Universitäten veranstaltete Air Cargo Challenge (ACC) dar – Infos unter [www.acc2011.com](http://www.acc2011.com). Dieser internationale Modellflugwettbewerb der besonderen Art wurde dieses Jahr von der EUROAVIA Stuttgart Studenteninitiative e.V. in Zusammenarbeit mit dem AkaModell der Uni Stuttgart arrangiert. Am 13. und 14. August 2011 fanden 21 Teams von insgesamt 131 Studentinnen und Studenten aus elf Ländern auf dem Fluggelände in Malmshiem (bei Leonberg) zusammen, um die – im wahrsten Wortsinne – Tragfähigkeit ihrer Konstruktionsideen zu beweisen.

### **Einheitliche Vorgaben**

Es galt dabei, ein selbst konstruiertes Modellflugzeug mit einem Nettogewicht von höchstens 1.800 Gramm (g) möglichst große Zusatzlasten durch die Luft tragen zu lassen. Als Energiespender waren alle Arten von maximal dreizelligen Lithiumakkus mit mindestens 2.500 Milliamperestunden (mAh) Gesamtkapazität erlaubt. Begrenzt war dabei die elektrische Leistung des Antriebs durch ein Stromlimit von 40 Ampere (A). Daraus lässt sich beim durchweg zu beobachtendem Einsatz von modellbauüblichen LiPo-Batterien eine nominale Eingangsnennleistung von 444 Watt (W) (Produkt aus 11,1 Volt  $\times$  40 A) errechnen. Als durchaus praxisrelevant sollte sich bei den Vergleichsflügen auch die Länge der erlaubten Startstrecke erweisen. Wer nach 60 Metern Rollstrecke auf Asphaltbahn noch nicht in der Luft war, bekam die rote Kelle zu sehen. Nach dem Abheben war eine unfallfreie Platzrunde Pflicht.

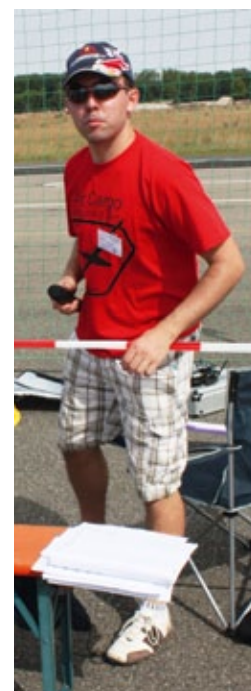
Technische Wettbewerbe, das weiß man seit Anfangstagen, arten gerne in Materialschlachten aus, wenn nicht ein intelligent gewähltes Reglement hier von Beginn an Grenzen setzt. So hatten alle Teams mit demselben Motortyp, einem AXI 2826/10 anzutreten. Damit waren aber die Einschränkungen dann auch nahezu schon abgehakt. Das Reglement gab lediglich noch vor, dass es sich um Flächenflugzeuge (also kein Heli oder Luftschiff) handeln müsse, die zerlegt in einer Transportkiste von 1.100  $\times$  500  $\times$  400 Millimeter (mm) passten. Die Zuladung (Payload) wurde vom Veranstalter als Stahlplatten von 160  $\times$  80  $\times$  8 mm zur Verfügung gestellt. Sie waren nach den mutabhängigen Vorgaben der Teams in einer Payloadbox im Schwerpunkt der Modelle sicher zu verschrauben.



**Konstruktionsaufgabe: Leicht und dennoch hoch belastbar. Die mit Gewichten bestückte Cargobox plus frei wählbarem Fahrwerk**



**So konnten die technischen Komponenten aussehen. Der AXI-Motor war vorgegeben**



**Organisierte und moderierte das Event: Dominic Gloss von der Universität Stuttgart**

„Es galt dabei, ein selbst konstruiertes Modellflugzeug mit einem Nettogewicht von höchstens 1.800 g möglichst große Zusatzlasten durch die Luft tragen zu lassen“



*Team aus Polen mit einer Ju-52-typischen Klappenkonstruktion*

Für die Teammitglieder, in deren Reihen ungewohnt viele Frauen auszumachen waren, ging es somit darum, ein in Grenzen leichtes (Mindergewicht ändert nichts, Mehrgewicht kostet Strafpunkte), kurzstartfähiges Flugzeug mit möglichst hoher Nutzlast zu konstruieren. Die Parameter, die es zu optimieren galt, waren also neben dem verwendeten Propeller und der Flugzeuggeometrie vor allem das Flächenprofil. Frei waren die jungen Flugzeugkonstrukteure auch in der Fahrwerkswahl, wobei sich angesichts der Startmodalitäten das buglenkbare Dreibeinwerk als die häufiger gewählte Lösung herausstellte.

### **Beinhartes Spiel**

Seit Friedrich Nietzsche weiß man: „Im echten Manne ist ein Kind versteckt: das will spielen.“ Ob der schnauzbärtige, später psychisch erkrankte Philosoph Ende des 19. Jahrhunderts mit

**„ Kurz, es war ein Wettfliegen mit hartem Flugkörpereinsatz. Gewiefte Piloten behielten die Contenance und versuchten das Modell nach dem Abheben lange genug geradeaus zu halten“**



*Schnellreparaturen mit Sekundenkleber und Klebeband*



*Bei den Chinesen wird noch über die Zuladung getüftelt. Links im Bild gut zu sehen die geräumig ausgelegte, aerodynamisch verkleidete Cargobox*



*Prof. Dr. Gerhard Busse (mit grauer Mütze) war Jurymitglied*

Begriffen wie Spielhärte schon etwas anzufangen wusste, bleibt ungeklärt. Jedenfalls erwiesen sich die an die Teams und vor allem Piloten des Cargo Challenge gestellten Bedingungen als knochenhart. So herrschte die überwiegende Zeit auf dem Startgelände in Malsheim heftiger Querwind aus Richtung des Zuschauerraums, der selbstverständlich unter Androhung sofortiger Disqualifizierung weder tangiert noch überflogen werden durfte. Den Piloten – überwiegend mit Amateurstatus – blieb also keine Wahl. Im Kampf gegen den Querwind, der die Modelle beim Anrollen nicht selten eigene Wege gehen ließ, dennoch rasch jene Geschwindigkeit zu erreichen, die trotz offensichtlicher „Overload“ ein sicheres Abheben innerhalb von 60 Meter Rollstrecke möglich machte. Oft genug rächte sich dabei das verfrühte Wegreißen der Modelle, indem diese nach Verschwinden des Bodeneffekts sofort wieder durchsackten. Viele verloren die Nerven und in Folge meist auch ihr Modell, indem sie zu früh mit Rückenwind einzudrehen versuchten und so kläglich in der angrenzenden Grünfläche zwischen Hufblattich und Disteln in den Sand gingen. Doch auch hier war erstaunlich, über welche Regenerationsfähigkeit

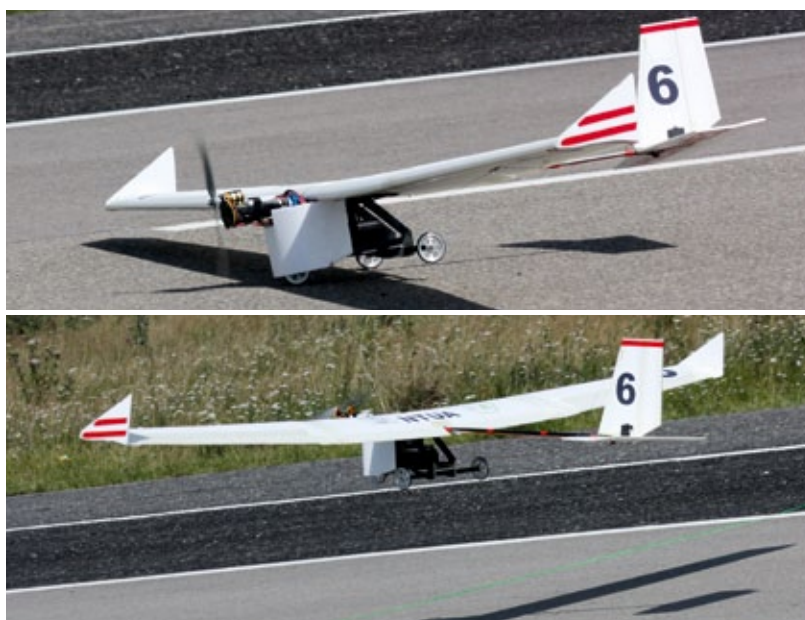


**Zusatzlasten machen auch die Landung nicht einfach**

selbst Leichtbaumodelle dank Sekundenkleber und Aktivatorspray verfügen. Kurz, es war ein Wettfliegen mit hartem Flugkörpereinsatz. Gewiefte Piloten behielten die Contenance und versuchten das Modell nach dem Abheben lange genug geradeaus zu halten, bis ausreichend Höhe gebunkert war, um sich bei der unumgänglichen Rückenwindpassage einige Minusmeter leisten zu können. Nicht bei jedem Durchgang konnte Dominic Gloss, der neben der Organisation des Wettbewerbs am Flugwochenende auch die Moderation übernommen hatte, eine erfolgreiche Landung vermelden.

Der Wettbewerbsverlauf stand in seiner Dramatik rein sportlichen Wettbewerben kaum nach. Seitens der Teams wurde mit erkennbarem Ernst um die vorderen Plätze gerungen. Gleich am ersten Wettbewerbstag hatte das UBI-Portugal-Team die Messlatte mit einer Payload von

10.000 g reichlich hoch gelegt. Knapp gefolgt wurden sie von der TUEleven aus München und dem sehr ehrgeizig agierenden chinesischen Team der Thinghua Universität aus Peking. Diese versuchten darauf, noch einiges an Gewicht nachzulegen, um schließlich mit ächzenden Rädern auf der Startbahn kleben zu bleiben. Das Modell der jungen portugiesischen Universität Baira Interior blieb schließlich vorne. Es hatte mit 4.200 mm die größte Spannweite aller Modelle (Profil Selig1223). Bei einer Flügelfläche von 1,36 Quadratmeter war es im Wesentlichen in Rippenbauweise aufgebaut. Pilot Miguel Silvestre – er hat bisher an allen bisherigen fünf ACC-Wettbewerben teilgenommen – verfügte wohl auch über genügend Nervenstärke und Erfahrung, um den Spitzenplatz auf dem Siegereppchen für sich und sein Team zu verteidigen. |



*Anrollen bei Querwind erschwerte das Ganze, das Abheben gelang dann aber doch. Die grüne Linie markiert das Ende der erlaubten Rollstrecke*

Anzeige

**Hacker**  
Brushless Motors



[www.hacker-motor.com](http://www.hacker-motor.com)

**REALFLIGHT G5.5**  
R/C FLIGHT SIMULATOR

Topfuel

**SebArt**  
di. Sebastian Schmitt

**FLYING POWER RC**

**EXTREME FLIGHT**  
RADIO CONTROL

**DUPLEX**  
2.4 GHz

Text: Raimund Zimmermann  
Fotos: Beat Sigrist, Raimund Zimmermann

# Hinten ohne

## MD 520N mit NOTAR-System

Technische Herausforderungen sind der Motor des Modellflugs. *Ein Original auch in puncto Antriebs- und Steuertechnik vorbildgetreu umzusetzen*, diese Aufgabe reizte Beat Sigrist. Das NOTAR-SYSTEM seines elektrisch betriebenen Helikopters, das den Heckrotor ersetzt, ist voll funktionsfähig.





„Für den Drehmomentausgleich und die Hochachsensteuerung wird das raffiniert ausgeklügelte NOTAR-System verwendet.“

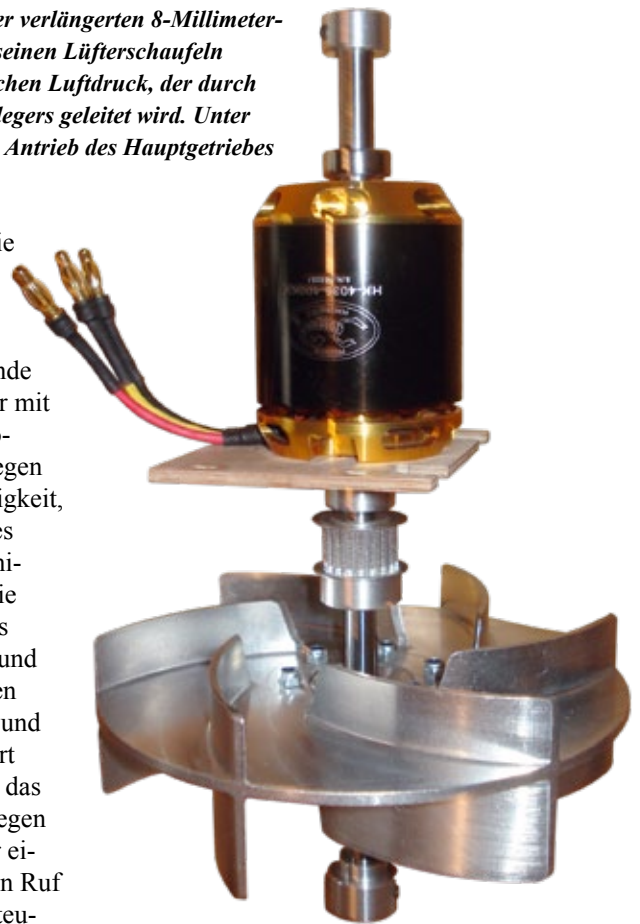


*Der modifizierte Scorpion HK 4035-400 mit der verlängerten 8-Millimeter-Welle. Das große Aluminium-Gebläserad mit seinen Lüfterschaufeln generiert während des Betriebs den erforderlichen Luftdruck, der durch den Gebläsekanal zur Endkappe des Heckauslegers geleitet wird. Unter dem Motorspant sitzt das Zahnriemenrad zum Antrieb des Hauptgetriebes*

Viele Modellflieger werden sie kennen, die Hughes MD 500E, die unter anderem in der damaligen Fernsehserie „Magnum“ eine entscheidende Rolle spielte. Dieser Turbinenhubschrauber mit Fünfblatt-Hauptrotorsystem und konventionellem Heckrotor beeindruckt nicht nur wegen seiner enormen Wendig- und Leistungsfähigkeit, sondern auch durch sein markantes, äußeres Erscheinungsbild mit der typischen, eiförmigen Rumpfzelle. Weniger bekannt dürfte die NOTAR-Ausführung dieses Hubschraubers sein. Sie trägt die Bezeichnung MD 520N und hat als Besonderheit keinen konventionellen Heckrotor. Für den Drehmomentausgleich und die Hochachsensteuerung wird das raffiniert ausgeklügelte NOTAR-System verwendet, das in der bemannten Luftfahrt nicht zuletzt wegen des niedrigeren Geräuschpegels gegenüber einem konventionellen Heckrotor einen guten Ruf genießt. Dieses außergewöhnliche Heck-Steuerprinzip wurde auch erfolgreich im Modellbau umgesetzt. Und zwar im Vario-Modell von Beat Sigrist aus der Schweiz, der das Ganze in Verbindung mit einem entsprechenden Elektroantrieb realisiert.

### ***Einzigartig***

Die Firma Vario Helicopter aus Gräfendorf, spezialisiert auf die Entwicklung und den Vertrieb von Scale-Modellhubschraubern, war der erste Modellbau-Hersteller, der das NOTAR-System erfolgreich in die Serie umsetzte und in Verbindung mit einem Exklusivmodell anbot. Ausgeliefert wurden die ersten Bausätze bereits Ende 1999, wobei das Modell nach wie vor im Angebot von Vario zu finden ist. Es handelt sich zum einen um den Rumpfbausatz der MD 520N, zum anderen um die gesondert erhältliche NOTAR-Mechanik, die ursprünglich für den Antrieb in Verbindung mit einem 12-Kubikzentimeter-Me-



thanolmotor ausgelegt ist. Um es gleich vorweg zu nehmen: Gemäß Informationen der Firma Vario arbeitet man momentan an einem entsprechenden Elektro-Umrüstset – nicht zuletzt auch deswegen, weil der seinerzeit empfohlene Verbrenner, ein Webra Speed 75 P5, nicht mehr lieferbar ist.

Beat Sigrist aus der Schweiz entschloss sich vor knapp drei Jahren, seine bisher tadellos funktionierende, wenn auch mit einem Alter von über zehn Jahren recht betagte Vario MD 520N in Eigeninitiative auf Elektroantrieb umzurüsten. Dabei war von Beginn an sein Ziel, den Umbau von der technischen Seite her möglichst einfach zu gestalten, wobei das ursprüngliche Gesamtkonzept der modellmäßigen Umsetzung der NOTAR-Steuerung unverändert übernommen werden sollte.



*Die rohbaufertige Vario NOTAR-Mechanik mit dem angeflanschten GFK-Luftkanalsystem, dessen Auslass später mit dem Heckausleger verbunden wird*



*Deutlich zu erkennen ist das obere Stützlager am Ende der verlängerten Motorwelle*

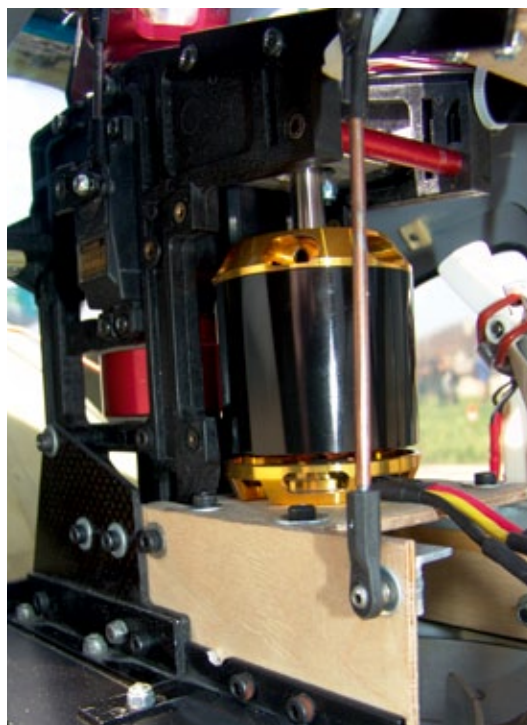


*Die einfache Motorträger-Konstruktion – eine Kombination aus miteinander verschraubten Spanten und Alu-Winkeln. Der kleine Zusatzlüfter dient zur Kühlung des Antriebsmotors*

## Gierfunktion

NOTAR steht als Abkürzung für „no tail rotor system“ und bedeutet, dass es keinen Heckrotor im üblichen Sinn gibt. Stattdessen wird die Gierfunktion, die zur Kompensation des Hauptrotor-Drehmoments sowie zur Drehung des Helis um seine Hochachse benötigt wird, über ein ausgeklügeltes Luftstrahlensystem bewerkstelligt – eine detaillierte Erläuterung des Funktionsprinzips ist der Grafik zu entnehmen. Während bei der manntragenden MD 520N das Prinzip der NOTAR-Hochachsensteuerung relativ komplex ist und sich unter anderem zusätzlicher Luftaustrittsdüsen längs des Heckauslegers bedient, ist die modellmäßige Umsetzung nicht weniger effizient, dafür aber konstruktiv wesentlich einfacher gelöst.

Auf der Motorwelle des senkrecht angeordneten Methanolmotors ist unmittelbar hinter der Kupplung ein überdimensioniertes Gebläserad aus Aluminium befestigt. Dieses dient dazu, einen entsprechend starken Luftstrahl zu generieren, der durch ein GFK-Kanalsystem in den Heckausleger geleitet wird und über eine Öffnung in der Endkappe entweichen kann. Statt variablen Schubs wie beim Vorbild durch verstellbare Schaufelräder ist die Sache hier wesentlich einfacher gelöst: Das Gebläserad liefert einen weitestgehend konstanten Druck, der proportional zur Motordrehzahl ist. Durch diese Lösung kann die Abtriebsdrehzahl des Motors ohne Unter- beziehungsweise Übersetzung direkt genutzt werden. Der mechanische



*Blick ins Rumpffinnere. Die Mechanik sitzt in einem Spantengerüst. Unter der Alu-Bodenplatte befindet sich das Gebläserad inklusive Tunnel*

Aufwand für ein entsprechendes Getriebe zum Antrieb des Fan entfällt somit.

Für eine ausreichende NOTAR-Wirkung ist eine minimale Motordrehzahl von etwa 14.000 Umdrehungen pro Minute (U/min) notwendig. Das Aluminium-Turbinenrad hat sechs Schaufeln die so angeordnet sind, dass die Luft im Zentrum angesaugt, nach außen gedrückt und durch den hinteren Luftleitschacht in das Heckrohr geleitet wird. Die entsprechende Schubbeeinflussung, mit der die Gierfunktion letztendlich realisiert wird, findet ausschließlich in der Endkappe statt. Dementsprechend interessant ist die technische Umsetzung.

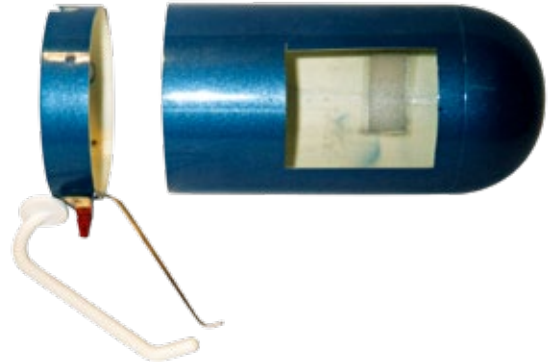
Bei den ersten Versionen der MD 520N bediente man sich einer mittig angeordneten Luftleitklappe aus Kunststoff, die durch das Heckservo angesteuert wurde und je nach Position die Luftströmung nach links oder rechts verteilte. Bei Klappenstellung nach rechts strömte die Luft durch das große in der Endkappe befindliche Auslassfenster nach links – gegen Drehmoment des Hauptrotors – und bewirkte eine Drehung um die Hochachse nach links. Bei Stellung der Luftleitklappe nach links wurde der Luftstrom zu einem kleinen Auslassfenster rechts geleitet mit resultierender Drehung des Hubschraubers um die Hochachse nach rechts. Das funktionierte zwar prinzipiell, doch die Ruderwirkung und die Kombination mit einem stabilisierenden Heckrotor-Gyro-System waren nicht zufriedenstellend, sodass man das Klappenkonzept verwarf.

## Kappendrehung

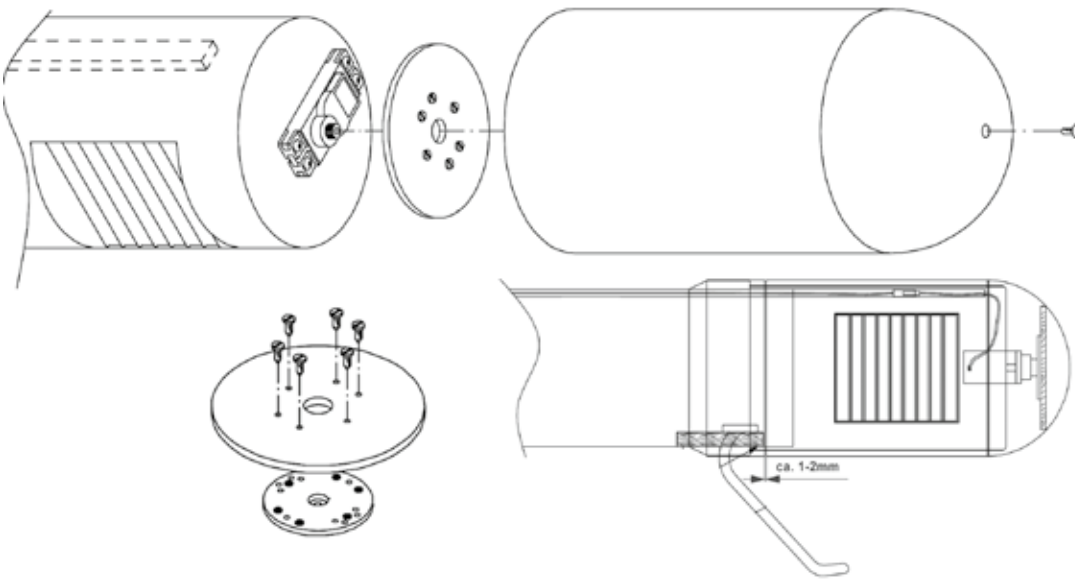
Die perfekte Lösung ist nun eine drehbar gelagerte Endkappe mit nur einem Auslassfenster auf der linken Seite. Durch Drehung der gesamten Kappe wird der Luftstrom entsprechend umgelenkt, womit die Schubwirkung des Hecks beeinflusst werden kann (siehe entsprechende Erläuterung im Kasten). Die technische Umsetzung ist genial einfach bewerkstelligt: Ein Servo ist am Ende des Heckauslegers mit dem Drehpunkt seiner Abtriebsachse exakt mittig verschraubt. In der drehbaren GFK-Endkappe, die letztendlich übergestülpt wird, befindet sich ein entsprechend verklebtes Gegenstück mit Vielzahn, das in



„NOTAR steht als Abkürzung für „no tail rotor system“ und bedeutet, dass es keinen Heckrotor im üblichen Sinn gibt“



Die Bilder und die Zeichnungen verdeutlichen das Funktionsprinzip des NOTAR-Systems, wie es bei der Vario MD 520N umgesetzt wird. Während der Luftleitschacht mit seinen Leitblechen fest mit dem Heckrohr verschraubt wird, ist die Endkappe mit ihrer Luftaustrittsöffnung drehbar konstruiert. Angesteuert wird sie über ein Servo



montiertem Zustand zusammen mit der Endklappe mit der Abtriebswelle des Servos verschraubt wird. Jede Drehung des Servos resultiert somit in einer synchronen Endkappendrehung. Die Verwendung schneller Heckrotorservotypen ist hier natürlich von Vorteil, um die Steuerimpulse des Piloten beziehungsweise die vom Gyro-System generierten Korrekturimpulse möglichst schnell umsetzen zu können. Die mechanische Konstruktion ist somit bei niedrigem Gewicht genial einfach gelöst – und das bei einwandfreier, reaktionsschneller Ruderwirkung.

Die zuvor erwähnte Vario-NOTAR-Mechanik ist so ausgelegt, dass sie auf ein tragendes Spantensystem im Rumpf angewiesen ist. Sie besteht im

Wesentlichen aus zwei Kunststoff-Seitenteilen, die mit zwei CFK-Platten, Kunststoff-Distanzteilen und Alu-Profilen auf einer zentralen Aluminium-Grundplatte zu einer stabilen Einheit verschraubt werden. Die Befestigung der Mechanik im Spantengerüst der Zelle erfolgt an drei Punkten der Bodenplatte sowie links und rechts hinter dem oberen Rotorwellenlager, um Schwingungen im Domlagerbereich abfangen zu können.

### Elektrifizierung

Eine wichtige Vorgabe bei entsprechenden Überlegungen bezüglich eines geeigneten Elektroantriebs war die für das NOTAR-Gebälserad erforderliche Mindestdrehzahl von 14.000 U/min. Bei den Antriebsakkus sollte auf zwei in Serie geschaltete 5s-LiPo-Akkupacks zurückgegriffen werden, die vorne im Rumpfbau untergebracht sind. Kalkuliert man eine Spannung von 3,5 Volt (V) pro Zelle unter Last, ergibt sich bei 10s-Betrieb eine Motordrehzahl von 400 U/min pro angelegtem Volt ( $14.000 \text{ U/min} : 35 \text{ V}$ ). Beim ausgewählten Motor handelt es sich um einen Scorpion-Außenläufer des Typs HK 4035-400, der noch in die Mechanik eingepasst werden musste.

„Eine wichtige Vorgabe bei entsprechenden Überlegungen bezüglich eines geeigneten Elektroantriebs war die für das NOTAR-Gebälserad erforderliche Mindestdrehzahl von 14.000 U/min“



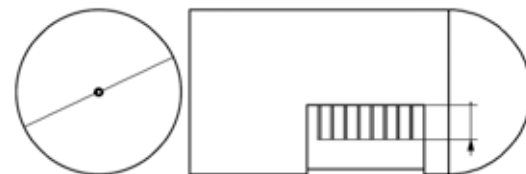


**Gier-Steuer Ausschlag nach links. Die Endkappe wird nach rechts gedreht, der Luftstrom nach links geleitet (gegen Drehmoment des Hauptrotors). Das hat zur Folge, dass sich der Hubschrauber um seine Hochachse nach links dreht**

Sowohl das Konstrukt der Seitenteile als auch die Anordnung des großen Lüfterrads blieben bei der Umrüstung auf Elektroantrieb unverändert, um einem aufwändigen Umbau des bereits eingearzteten Luftkanalsystems aus dem Weg zu gehen. Bei der Begutachtung der Bauteile wurde schnell klar, dass eine zusätzliche Abstützung der Motorwelle aufgrund der relativ hohen Masse des Alu-Gebläserads unbedingt erforderlich sein würde. Und zwar um Schwingungen zu unterbinden, die Motorenkugellager deutlich zu entlasten und damit einem möglichen Schaden aus dem Weg zu gehen. Es schien jedoch unmöglich, ohne Änderungen am Motor die sich drehende Rotorglocke in der Mechanik wirksam mit einem Zusatzlager abzufangen – hier war Eigeninitiative gefragt.

### Umbauten

Es führte kein Weg daran vorbei, die serienmäßige, 8 Millimeter (mm) starke Welle des Motors gegen ein längeres Exemplar zu tauschen, um sowohl im oberen als auch unteren Bereich zusätzliche Stützkugellager montieren zu können. Bei der Montage ließ sich Beat Sigrist von einem gelernten Feinmechaniker helfen, der die nötigen Fachkenntnisse in puncto erforderlichen Passsitz nebst den handwerklichen Fähigkeiten, das Ganze auch fachmännisch umzusetzen, mit sich brachte. Bei der längeren Welle handelt es sich um einen Auswerferstift aus dem Werkzeugbau, der auf eine Länge von 220 mm gekürzt wurde. Dieser hat H7-Passung und ist extrem hart, was sich in Verbindung mit den verwendeten Kugellagern bisher als ideale Kombination erwies.



**Gier-Steuer Ausschlag in Mittelposition (Schweben). Die Endkappe steht ebenfalls mit dem Auslass in der Mitte ihres Verstellwegs**

### Original MD 520 N

Anfang der 1980er-Jahre modifizierte Hughes Helicopters (heute McDonnell Douglas Helicopters) eine OH-64 des US-Heers im Auftrag des Applied Technology Laboratory und der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) als Erprobungsmuster eines NOTAR-Helis; der Erstflug war im Dezember 1981. Die erste MD 520N wurde 1991 ausgeliefert. Hersteller ist die McDonnell Douglas Helicopter Company

## NOTAR (No Tail Rotor System)

Das Kürzel NOTAR steht beim bemannten Vorbild für No Tail Rotor System und bedeutet in der Praxis, dass dieser Hubschrauber ohne den üblicherweise vorhandenen, horizontal wirkenden Heckrotor mit Heckrotorblättern auskommt. Beim NOTAR-System wird die Gegenkraft für das auftretende Drehmoment durch einen Luftstrahl erreicht. Hier agiert ein mit dem Hauptgetriebe verbundenes Luftschaufelensystem, das im Innern des zylindrischen Heckauslegers Druckluft erzeugt. Der Schub lässt sich durch eine variable Pitchverstellung entsprechend variieren. Die Druckluft tritt am Ende des Heckauslegers über eine so genannte Steuerdüse aus. Zusätz-

lich gibt es zwei seitliche, längs am Heckausleger angebrachte Auslassdüsen, die durch ihre Anordnung den Rotorabwind so geschickt beeinflussen, dass der Heckausleger durch die resultierende Luftströmung wie das Profil einer Tragfläche arbeitet. Das sinnigerweise so, dass eine zusätzliche, dem Hauptrotor-Drehmoment entgegen gerichtete Kraft entsteht.

Die Vorzüge dieser Drehmoment-Kompensation sprechen für sich. Zum einen sinkt das Gefahrenpotenzial für Personen in unmittelbarer Nähe des Hubschraubers (keine Heckrotorblätter), zum anderen ist die Geräuschentwicklung gegenüber einem konventio-

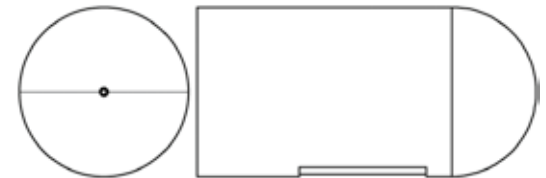
nellen Heckrotor geringer, da der Fan des NOTAR innerhalb der Rumpfzelle arbeitet und somit auch aus der Zone des Hauptrotors verlagert ist, die Turbulenzen („Blattschlagen“) verursacht.

Das Modell-NOTAR-System von Vario funktioniert ähnlich. Hier wird aber nicht wie beim bemannten Vorbild ein Fan an die Mechanik geflanscht, sondern ein überdimensionales Lüfterrad. Dieses sitzt direkt auf der Motorwelle, agiert als Turbinenrad und generiert die notwendige Druckluft für die Steuerungsfunktion. Die Hochachsensteuerung erfolgt ausschließlich durch ein Servo, mit dem die gesamte Endkappe gedreht wird.

(MDHC) aus Arizona in den USA. Wegen des niedrigen Geräuschpegels wird dieser Hubschrauber nach wie vor besonders gerne bei der Polizei eingesetzt. Detaillierte Informationen über die MD 520N sind bei MDHC im Internet unter [www.mdhelicopters.com](http://www.mdhelicopters.com) zu finden. Die Maschine mit Kennung Viktor-Hotel in der Farbe Bright Blue Metallic war in den 1990er-Jahren bei Fuchs-Helikopter in der Schweiz stationiert und diente Beat Sigrist als Vorlage für seinen Modellnachbau.

Der Stator des Motors ist mit einer Trägerplatte aus Sperrholz verbunden, die zwischen den Seitenteilen auf zwei weiteren senkrecht angeordneten Spanten verschraubt wird. Das Ganze ergibt in Verbindung mit auf der Bodenplatte sitzenden Alu-Winkelprofilen eine torsionssteife Motorträgereinheit. Die zusätzlichen Lagerböcke mit den entsprechenden Kugellagern, die unter dem Gebläserad und am oberen Ende angebracht sind, sorgen für eine perfekte Lagerung der langen Motorwelle und Entlastung der Motorenkugellager.

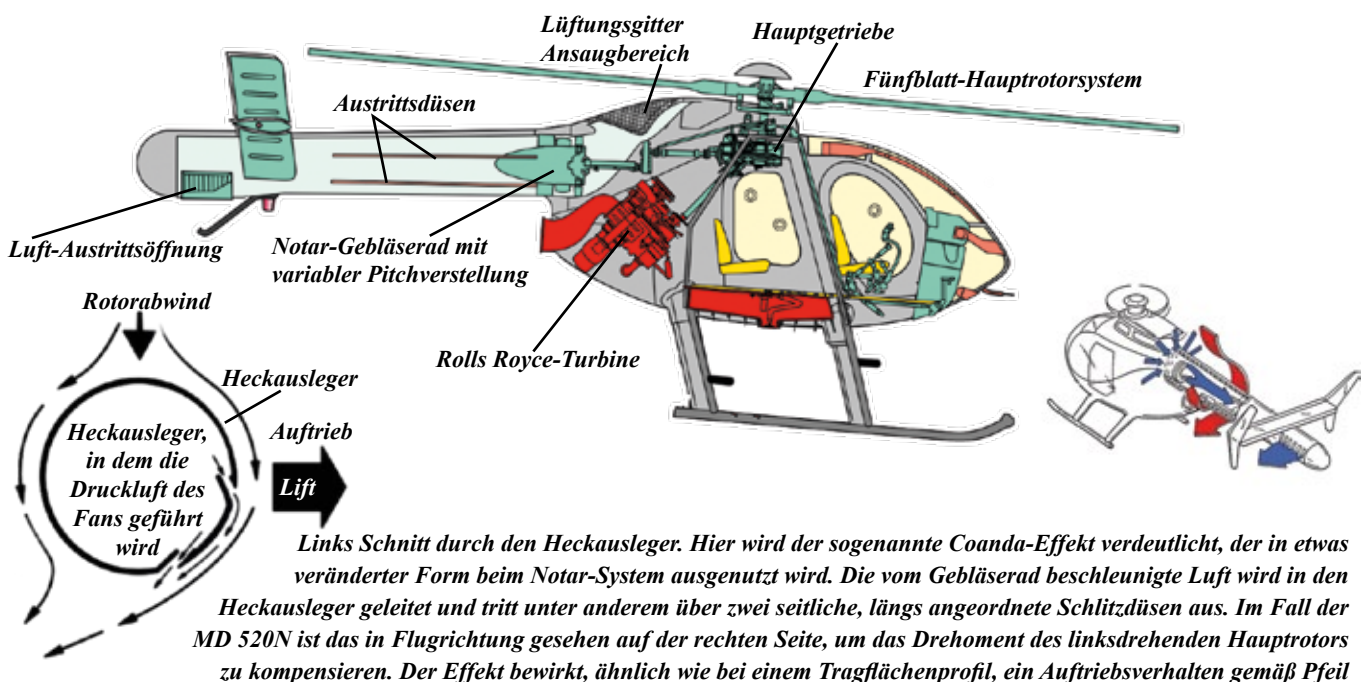
In Verbindung mit einem auf der Motorwelle befestigten Zahnriemenrad mit 22 Zähnen resultiert durch das zweistufige Untersetzungsgetriebe eine Hauptrotordrehzahl von 1.400 U/min, bei Verwendung eines versuchsweise montierten 24-Zähne-Ritzel sind es 1.528 U/min. Um es vorweg zu nehmen: die 1.400 Touren reichen vollkommen für gemütliches Fliegen aus. Hier hält sich auch die maximale Stromaufnahme mit 78 Ampere bei etwa 6.000 Gramm Abfluggewicht in vertretbaren Grenzen.



**Gier-Steuer ausschlag nach rechts. Die Endkappe wird nach links gedreht, der Luftstrom entsprechend nach rechts (mit Drehmoment des Hauptrotors) geleitet. Das hat zur Folge, dass sich der Hubschrauber um seine Hochachse nach rechts dreht**

### Peripherie

Als Controller wird ein Kontronik Jive 80+HV verwendet, der auf der Unterseite des Gyro-Plattform befestigt ist. Betrieben wird dieser im Regler-Modus. Hier führt der Controller einen permanenten Check des (Drehzahl-)Istwerts über die Induktionsspannung des Motors durch, vergleicht sie mit dem Vorgabewert und korrigiert gegebenenfalls, bis die Solldrehzahl stimmt. Der Vorgabewert ist so programmiert, dass über einen entsprechenden Schalter am Sender die gewünschte Rotordrehzahl von 1.400 U/min abgerufen werden kann. Der Controller hält diesen Vorgabewert selbstständig ein.





*Der Jive-Controller sitzt unterhalb des Gyro-Podests, auf dem der Futaba GY 401 befestigt ist. Der Controller beeindruckt durch sein ausgezeichnetes Regelverhalten im Governor-Mode*



*Die beiden 5s-LiPos sowie das 2s-Pack (Zusatzlüfter) sind im Rumpfbauch verstaut*

Zur Stromversorgung dienen zwei in Reihe geschaltete 5s-Packs der Firma DesirePower (V8 XP) mit einer Kapazität von 5.200 Milliamperestunden (mAh). Sie sind vorne im geräumigen Rumpfbauch der Zelle untergebracht und damit auch bezüglich der Einhaltung des Schwerpunkts optimal platziert. Ein weiteres 2s-LiPo-Pack mit einer Kapazität von 2.100 mAh liefert Strom für den kleinen Zusatzlüfter, der an einem kleinen Spant in Höhe des Antriebsmotors befestigt ist und dafür sorgt, dass der Scorpion-Motor während des Betriebs nicht heißläuft.

### **Turbinensound**

Schon die damalige Verbrennerversion begeisterte wegen ihres einmaligen Betriebsgeräuschs, das größtenteils durch das große Doppel-Lüfterrad verursacht wird. Die jetzige Elektroversion

dürfte diesbezüglich allerdings kaum zu toppen sein. Flüsterleise arbeitet der Scorpion-Motor mit dem Hauptgetriebe zusammen, in dessen erster Getriebestufe ein Zahnriemen verwendet wird. Der Turbinensound des Lüfterrads kommt somit noch deutlicher zum Tragen – allein durch diese Maßnahme wurde die MD 520N gegenüber der Methanolversion erheblich aufgewertet. Auch das Heck steht im Schwebeflug vollkommen ruhig – nicht zuletzt auch eine logische Konsequenz des sehr gut arbeitenden Controllers, der die Motordrehzahl und damit einhergehend den Heckschub konstant hält.

Der hier eingesetzte Zweiblatt-Rigid-Hauptrotor ist zwar nicht vorbildgetreu, jedoch würde ein standesgemäßer Fünfblattrotor den Antrieb zu arg strapazieren, der schon in dieser Konfiguration nahe seiner thermischen Grenze betrieben wird – deswegen ja auch der Zusatzlüfter am Motor. Das Rotorkopfsystem stammt von OF-Helitechnik und besitzt als Besonderheit einen so genannten Bendixknochen (biegeweicher, aber zugfester Kevlar-Strang), der die Fliehkräfte aufnimmt. Statt üblicher Axiallager sind



*Die große Gitteröffnung im Dombereich ist nicht nur vorbildgetreu, sondern dient auch dazu, dem Gebläserad entsprechende Luftzufuhr zu gewährleisten*



*Das linksdrehende OF-Zweiblatt-Rigid-System mit dem Bendix-Zugelement*



### **Bezugsadresse**

**VARIO Helicopter  
Uli Streich GmbH &  
Co. KG**  
Seewiesenstraße 7  
97782 Grafendorf  
Telefon 093 57/971 00  
Telefax 093 57/397  
E-Mail:  
[info@vario-helicopter.de](mailto:info@vario-helicopter.de)  
Internet:  
[www.vario-helicopter.de](http://www.vario-helicopter.de)

## MD 520 N

Rotordurchmesser	1.520 mm
Länge	1.450 mm
Durchmesser Rotorwelle	10 mm
Hauptrotorblattlänge	670 mm
Untersetzung Motor/Rotor	1:10 (22 Zähne = 1.400 U/min) oder 1: 9,16 (24 Zähne = 1.528 U/min)
Drehzahl Gebläserad	14.000 U/min (10 × 3,5 × 400) bei 10s-LiPos und 3,5 V/Zelle unter Last
Gewicht abflugbereit	6.000 Gramm
Motor	Scorpion HK 4035-400 U/min/V
Wellendurchmesser	8 mm, verlängert
Maximale Stromaufnahme	78 A
Leistung	maximal 2,73 kW mit 10s
Controller	Kontronik Jive 80+HV
Taumelscheibenservos	3 × Futaba S9202
Heckrotorservo	Futaba S9257
Gyro-System	Futaba GY401
BEC	5 A
Antriebsakku	2 × 5s-LiPos DesirePower V8 XP, 5.200 mAh, 35C
Akku für Zusatzlüfter	2s-LiPo ExtremPower 2.100 mAh

in den Blatthaltern Nadelrollenlager montiert. Obwohl es sich hier um die Rigid-Ausführung ohne stabilisierenden Hilfsrotor (Steuerpaddel) handelt, lässt sich das direkt angelenkte System auch ohne unterstützende Flybarless-Elektronik gut beherrschen.



**Beat Sigrist aus der Schweiz, der Erbauer der MD 520N, kann stolz sein auf seinen gelungenen Elektro-Umbau seiner MD 520N**

Was die Hecksteuerfunktion betrifft, hat man es hier keinesfalls mit einem schwammigen oder trägen Steuerverhalten zu tun. Am Ende einer Pirouette kann präzise gestoppt werden. Auch im schnellen Vorwärtsflug gibt es mit dem NOTAR gegenüber einem konventionellen Heckrotorsystem keine Nachteile – vorausgesetzt, es wird der weiche, vorbildgetreue Flugstil bevorzugt. Für extremen Kunstflug ist ein solcher Scale-Hubschrauber nicht ausgelegt – da gibt es andere Maschinen, die zum Herumturnen besser geeignet sind. Was sowohl Zuschauer als auch den Piloten stets fasziniert, ist das außergewöhnliche Flugbild der MD 520N mit „hinten ohne“. Das markante Zischen des NOTAR bei einem rasanten, tiefen Vorbeiflug sowie der turbinenartige Sound und das ausgeglichene Steuerverhalten ziehen einen in den Bann. Das Beispiel von Beat Sigrist zeigt: Mit Hilfe der Umrüstung auf Elektroantrieb lässt sich manch betagter Methanolheli wieder zu neuem Leben erwecken, einhergehend mit fulminanten Vorteilen gegenüber der bisherigen Verbennerversion.



**Ungewohntes Bild: die Drehung des Helis übers Heck erfolgt über das NOTAR-System**

iPad, iPhone & Co.

# Laden und lesen

Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin, das Magazin für mehr Wissen, mehr Tiefgang, mehr Hintergründe, ist ab sofort auch als eMagazin erhältlich. Ob auf iPad, Tablet-PC, Smartphone oder herkömmlichem Computer, jetzt kann man sein Lieblingsmagazin ganz einfach bei pubbles kaufen und elektronisch genießen.

## Was ist „pubbles“?

pubbles ist ein Zeitschriften-Kiosk, nur eben online. Dort kann man verschiedene Magazine als Dateien herunterladen – zum Anschauen, Blättern, Zoomen und Anklicken. Und das zu jeder Zeit, von überall und auf vielen verschiedenen Endgeräten.

## Und so funktioniert pubbles

Die Registrierung auf [www.pubbles.de](http://www.pubbles.de) ist kostenlos und völlig unverbindlich. Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin und auch viele weitere Titel wie RC-Heli-Action oder Modell AVIATOR sind unter dem Menüpunkt eMagazine zu finden. Dort auf Special Interest klicken und schon ist

man in der richtigen Rubrik. Die entsprechenden Ausgaben sind mit wenigen Klicks gekauft oder abonniert und können nun auf dem iPad, Tablet-PC, Smartphone oder herkömmlichen Computer gelesen werden. In der persönlichen Bibliothek trägt man die Titel immer und überall mit sich, rund um die Uhr, 365 Tage im Jahr. Ob im Urlaub oder auf Geschäftsreise – Papierschleppen gehört ab sofort der Vergangenheit an.

Für iPad- und iPhone-User steht eine extra entwickelte, kostenlose pubbles-App zur Verfügung. Mit dieser wird das Lesen von Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin noch bequemer. Und in Kürze kommen auch Android-Nutzer in den Genuss einer eigenen pubbles-App.

## Die Vorteile im Überblick

Überall und weltweit stets die neueste Ausgabe laden

Jederzeit und allerorts in den Magazinen blättern

Links zu Videos, Herstellern und Bezugsquellen direkt anklicken

Vergrößern interessanter Details

Bequeme Archivierung aller gekauften Hefte

10 Tage früher lesen als am Kiosk

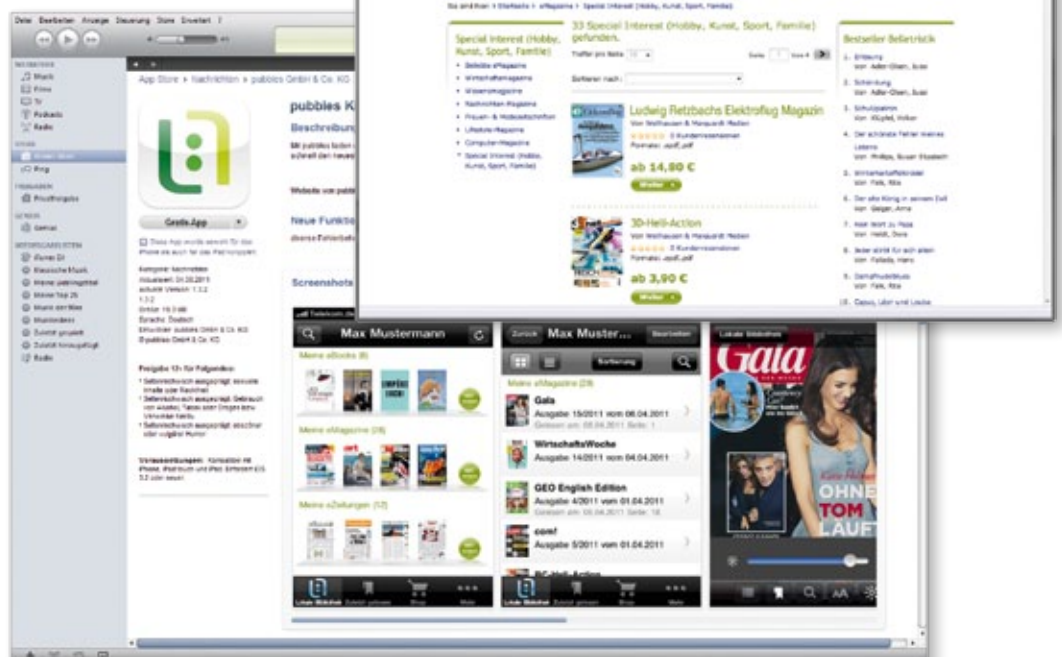
## Printabo+: Das digitale Archiv für Abonnenten

Wer bereits Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin im Abo hat, bekommt für nur 5,- Euro ein digitales Jahresabo zusätzlich zu den Print-Ausgaben. Einfach bei pubbles anmelden, unter Abonnement Printabo+ auswählen, Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin Abonummer eingeben und ab sofort jede Ausgabe automatisch auch digital erhalten. So wächst mit der Zeit für nur 5,- Euro im Jahr ein stattliches Digital-Archiv, das immer und überall verfügbar ist.

**Auch bei Online-Kiosk ist Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin als eMagazin erhältlich. Anders als bei pubbles braucht man dort keine deutsche Rechnungsadresse. Der OnlineKiosk steht unter [www.onlinekiosk.de](http://www.onlinekiosk.de) allen Internetnutzern weltweit zur Verfügung. Die eMagazine von Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin und den anderen Titeln des Verlags können Sie auch aus dem Ausland bestellen und bequem lesen, wo immer Sie sich gerade befinden. Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin findet man im Online-Kiosk in der Kategorie Zeitschriften unter Digitale Zeitschriften.**



Ob über die Webseite oder die App für iPhone und iPad: pubbles bietet rund um die Uhr Zugriff auf die neueste Ausgabe Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin





# Elektroflug

Ludwig Retzbachs  
Magazin

jetzt als eMagazin



[www.onlinekiosk.de](http://www.onlinekiosk.de)



[www.pubbles.de](http://www.pubbles.de)

Weitere Infos auf  
[www.elektroflug-magazin.de/emag](http://www.elektroflug-magazin.de/emag)



Text: Frank Siegert  
Fotos: Mario Bicher, Ludwig Retzbach, Frank Siegert

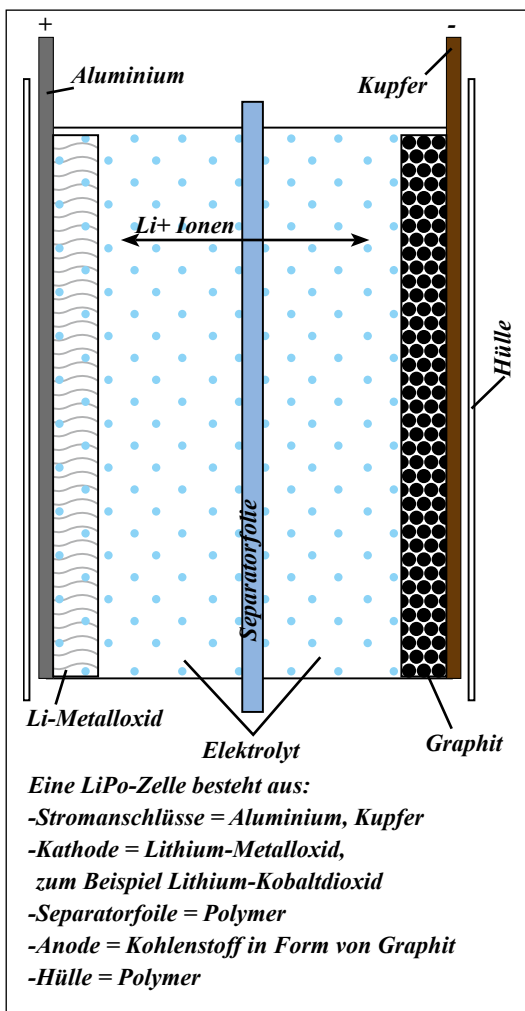
# Be careful

## Zellaufbau und chemische Eigenschaften von LiPos

*Lithium-Polymer-Akkus – wie kraftlos wäre unser Hobby ohne sie? Sie sind beim Elektroflug das Herz der Maschine, aber wie jedes Herzstück können sie bei UNSACHGEMÄSSER BEHANDLUNG auch Schaden nehmen. Je nach Art und Umfang der Misshandlung kann es auch zu katastrophalem Versagen kommen. Fern jeder Effekthascherei geht es an dieser Stelle um das Verdeutlichen und Erklären von chemischen und physikalischen Zusammenhängen.*



**W**ir bewegen uns bei der Anwendung als Antriebsakku im RC-Modellflug nah am Limit des Designs. Kaum eine andere Anwendung fordert den Akku derart und betreibt ihn so weit jenseits der Zone der Dauereinsatzfähigkeit. Wo andere, um eine maximale Lebensdauer zu erreichen, den Akku nur bis 4 Volt (V) aufladen – Limit bei militärischen Anwendungen – gehen wir bis 4,2 V pro Zelle. Unsere Entladeströme liegen meist bei hohen C-Raten, was sich auch in einer starken Erwärmung des Akkus äußert. Das schlägt sich in der Lebensdauer, also der Anzahl der nutzbaren Zyklen nieder. Um die Vorgänge bei der Alterung und Zerstörung eines LiPos zu verstehen, muss man zuerst den Aufbau einer Zelle und die dort verwendeten Materialien betrachten.



### Zellenaufbau

Als Elektrolyt wird meist Lithium-Hexafluorophosphat ( $\text{LiPF}_6$ ) verwendet, das in organischen Lösungsmittel Ethylencarbonat/Dimethylcarbonat (EC/DMC) gelöst ist. Der Elektrolyt liegt als Gel vor, um bei normalen Umgebungstemperaturen von 20 Grad Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) noch eine ausreichende Funktion zu gewährleisten. Die



**Deformierter LiPo nach einem Absturz. Trotz schwerer mechanischer Belastung ist nichts weiter passiert. Dennoch ist der LiPo aus Sicherheitsgründen nicht weiter zu verwenden**

Ionendurchlässigkeit des Separators und die Ionentransportfähigkeit des Elektrolyten sinken mit fallender Temperatur, daher funktionieren LiPos besser, je wärmer sie sind.

Die Zelle muss nahezu völlig wasserfrei sein ( $<20$  ppm, also Millionstel Anteile Wasser) da es sonst zu Instabilitäten kommt. Insbesondere aus der Chemie der Kathode machen Hersteller oft ein Geheimnis, liegt dort auch einer der Gründe für die Leistungsfähigkeit der Zelle begründet. Wichtig ist jedoch hierbei: In einer LiPo-Zelle findet sich im Normalzustand kein metallisches Lithium, es werden nur Lithium-Ionen zwischen den Elektroden transferiert. Die oft zu lesende Mär vom Metallbrand stimmt nicht. Doch was bringt einen LiPo nun dazu, zu versagen? Betrachten wir die verschiedenen Untergangsszenarien.

### Überladung

Die Überladung ist die wohl klassische Methode, um einen LiPo zu zerstören. Üblicherweise durch ein falsches Ladeprogramm oder defektes Ladegerät ausgelöst. Wird die Zelle über ihre Grenzspannung von 4,2 V hinaus geladen, so finden irreversible Änderungen der Zellchemie statt, ab 4,5 V beginnt die kritische Zone. Man darf sich das nicht so vorstellen, dass sich die Zelle ab dieser Spannung spontan in Rauch und Flammen auflöst. Es besteht ab dann allerdings die Gefahr, dass sie es tut – wann genau, lässt sich nicht exakt vorhersagen.

Wenn die Graphitanode „gefüllt“ ist, also nicht mehr in der Lage ist, Lithium durch Interkalation ins Kristallgitter aufzunehmen, lagert sich metallisches Lithium an der Anodenoberfläche ab. Dieses „freie“ Lithium sorgt für eine starke Absenkung der thermischen Stabilitätsgrenze der Zelle und durch Wachstum von Dendriten durch den Separator zu internen Kurzschlüssen. Durch die Temperaturerhöhung und die hohe Spannung kommt es zu verstärkten Reaktionen des Lithiums mit den anderen Stoffen im Elektrolyt und es entsteht Kohlendioxid, das die Zelle anschwellen lässt. Desweiteren kann die Lithium-

**„Insbesondere aus der Chemie der Kathode machen Hersteller oft ein Geheimnis, liegt dort auch einer der Gründe für die Leistungsfähigkeit der Zelle begründet“**

### Interkalation

*Lagern sich Moleküle oder Ionen in die Kristallgitter von chemischen Verbindungen ein, dann spricht man von Interkalation.*



Metalloxid-Verbindung der Kathode – nun vom Lithium vollständig befreit – instabil werden und freien Sauerstoff erzeugen. Diese Reaktionen erzeugen auch Wärme, gleichzeitig wird der Ladestrom nicht mehr umgesetzt und erwärmt die Zelle weiter. Irgendwann ist der „Berg“ überschritten und der Wagen fährt nur noch bergab, der so genannte „Thermal Runaway“ hat eingesetzt. Mehr dazu im Folgenden.

Zellen, die einmal über das Limit geladen wurden, sind ein Sicherheitsrisiko und sollten nicht mehr verwendet werden, auch falls sie rechtzeitig vor dem Feuertod wieder entladen worden sind.

### **Mechanischer Defekt**

LiPos sind gute Energiespeicher, aus diesem Grund benutzen wir sie. Die Energiedichte bewegt sich im Bereich 180 Wattstunden je Kilogramm (Wh/kg) – je hochstromfähiger, desto weniger. Ein vollgeladener LiPo von 250 g speichert also 45 Wh an Energie. Theoretisch genug, um 330 Milliliter Wasser zum Kochen zu bringen. Diese Energie wird ganz oder teilweise bei einem Defekt des Separators unkontrolliert in der Zelle freigesetzt und führt zu einer lokalen Erwärmung. Ebenso wie bei der Überladung kann dies binnen Kürze zu einem Thermal Runaway führen.

Wird ein völlig entladener LiPo stattdessen mechanisch zerstört, findet kaum eine Reaktion statt. Der Ladungszustand definiert, wie kritisch die Zelle auf Misshandlung reagiert. Ein durch Absturz gestauchter LiPo kann ebenso kritisch reagieren. Durch die Stauchung kann der Separator beschädigt sein und diese Schädigung interne Kurzschlüsse auslösen. Das Gemeine an dieser Schadensart ist, dass sie nicht unbedingt sofort offensichtlich, sondern erst nach einiger Zeit mess- und fühlbar wird. Gestauchte LiPos sind daher besser sofort zu entsorgen.

Falls die Stauchung nur leichter Natur ist und man den Akku dennoch weiter verwenden will, so kann man dies durch eine kontrollierte Aufladung auf eine Referenzspannung von zirka 4 V pro Zelle. Das sollte im Freien geschehen – trocken, gesichert und weit weg von brennbaren Dingen, der Akku kann sich dabei eventuell spontan entzünden. Das Laden erfolgt bei 0,5C. Parallel erfolgen das Messen der Zellenspannungen sowie die Kontrolle hinsichtlich eines iden-

tischen Spannungsniveaus. Anschließend ist das Sorgenobjekt über 24 Stunden sicher zu lagern und dann nochmals die Einzelzellenspannung zu kontrollieren. Liegen die Messergebnisse vorher-nachher um mehr als 0,05 V auseinander, driften somit eine oder mehrere Zellen auseinander, so ist der LiPo mit hoher Wahrscheinlichkeit defekt und sollte entsorgt werden. Achtung: Selbst ein LiPo, der keine Probleme zeigt, muss nicht unbedingt auf Dauer einsatzfähig sein oder bleiben. Die Empfehlung lautet eindeutig, den Akku zu entsorgen.

### **Tiefentladung**

Wird eine Zelle über längere Zeit mit weniger als 2,7 V gelagert oder fällt über kürzere Zeit unter eine Spannung von 1,5 V, kommt es zu Ablagerungen von Kupfer (Cu) und es bilden sich Cu-Dentriden aus, die durch den Separator wachsen und ebenso für interne Kurzschlüsse sorgen. Die Zelle ist in diesem tiefentladenen Zustand nicht kritisch, jedoch eine tickende Zeitbombe. Wenn eine solche Zelle wieder geladen wird, dann kann sie instabil werden und sich wie bei einem mechanischen Defekt übermäßig erwärmen – mit allen zuvor beschriebenen Folgen.

### **Übermäßige Erwärmung**

Wie bereits geschrieben, funktioniert die Zelle bei hohen Temperaturen besser. Allerdings hat dieser Effekt auch seine Schattenseite. Bereits ab 60°C wird der Elektrolyt instabil und das LiPF<sub>6</sub> beginnt, verstärkt mit dem Lösungsmittel (EC/DMC) zu reagieren. Hersteller versuchen diesen Vorgang durch Zusätze von Stabilisatoren hinauszuzögern, was jedoch nicht immer gelingt. Ein Zersetzungsprodukt dieser Reaktion ist CO<sub>2</sub>, das für irreversible Blähungen der Zelle verantwortlich ist. Die Zelle bleibt nach dem Einsatz aufgebläht. Reversible Blähungen indes werden von einem Verdampfen des Lösungsmittels hervorgerufen. Wird der Akku abgekühlt, so kondensiert es wieder und die Blähung verschwindet. Diese Vorgänge vermindern immer die Leistungsfähigkeit des Akkus, je nach Fortschritt können sie auch zu einer Instabilität der Zellchemie führen.

Erwärmt sich ein LiPo über 120°C, so beginnt die Separationsfolie zu schmelzen. Dies sorgt für interne Kurzschlüsse, die zu einer weiteren Erwärmung mit bekanntem Ende führen. Vorher

**Ablauf eines LiPo-Brands. Innere chemische und elektrische Vorgänge führen zum Aufblähen der Zelle. Die Hülle gibt an der schwächsten Stelle nach und bricht auf. Beim Kontakt mit Sauerstoff kommt es zur Kettenreaktion. Es entweichen giftige Gase und es kommt zu einem kurzen, starken Feuerstoß, der sich schließlich auf die gesamte Zelle ausbreitet. Die heftige Reaktion ließ sich durch Festbinden der Zelle lokal begrenzen. Anhand der Spuren ist erkennbar, wie sehr sich der Brand auf die Umgebung auswirkt. Etwas Sicherheit bietet in solchen Fällen ein feuerfester Behälter, beispielsweise eine Munitionskiste. Der Versuch fand unter kontrollierten Bedingungen und hohen Sicherheitsvorkehrungen statt. Der Brand wurde durch ein gezieltes Überladen der Zelle mit deutlich überhöhter Einzelzellenspannung ausgelöst. Hier gilt ganz klar die Aufforderung, den Versuch nicht nachzuahmen**



**Entladene (!) LiPos lassen selbst solche Misshandlungen zu. Das Bild widerlegt Gerüchte, nach denen ein LiPo zwangsläufig brennen muss, wenn man einen Nagel in ihn hineintreibt**

passiert aber üblicherweise noch etwas anderes. Die Instabilität des Elektrolyts erreicht bei einem vollgeladenen Akku bereits bei niedrigeren Temperaturen einen Punkt ohne Rückkehr.

### **Kritische Temperatur und Thermal Runaway**

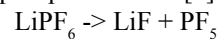
Die kritische Temperatur, ab der die Zelle beginnt, sich aus sich selbst heraus immer weiter zu erwärmen, ist abhängig von der Zellenchemie und liegt bei zirka 75°C – „No Return Temperature“ [1]. Eine über diese Temperatur erwärmte (und voll aufgeladene) Zelle wird von selbst instabil, die schneller ablaufenden Reaktionen erzeugen weitere Wärme, sodass die Erwärmung exponentiell immer weiter voranschreitet. Der Separator versagt und es treten interne Kurzschlüsse auf. Schließlich verdampft das Elektrolyt und die Zelle bläht sich bis zur mechanischen Zerstörung auf. Wenn sie platzt, so wird das überhitzte Elektrolyt unter hohem Druck durch den Bruch ausgestoßen und entzündet sich beim Kontakt mit Luftsauerstoff. (Flammpunkt 10,5°C) [2]. Da dies asymmetrisch passiert – an einer Stelle des LiPos – kann die Zelle wie ein großer, brennender Knallfrosch wegkatapultiert werden und gegebenenfalls sekundäre Feuer auslösen.

Es gibt Möglichkeiten, diesen Vorgang aufzuhalten. Wenn beispielsweise die Ionendurchläss-

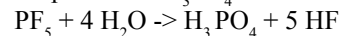
„**Wird ein völlig entladener LiPo stattdessen mechanisch zerstört, findet kaum eine Reaktion statt. Der Ladungszustand definiert, wie kritisch die Zelle auf Misshandlung reagiert**“

sigkeit des Separators mit steigender Temperatur sinkt, dann kann der Prozess selbst limitierend ausgelegt werden. Das kann durch Zusätze im Elektrolyt oder in der Auslegung des Separators erreicht werden. Die Zelle wird zwar irreversibel geschädigt, löst sich aber nicht in Rauch und Flammen auf. Alle diese Methoden haben jedoch ein Problem – sie vermindern auch die Leistungsfähigkeit der Zelle, sowohl was die Energiedichte als auch ihre Hochstromfähigkeit angeht. Da insbesondere Letzteres (Hohe C-Rate) ein starkes Auswahlkriterium im RC-Bereich darstellt, kann man davon ausgehen, dass normale Zellen nicht derartig gesichert sind.

Gesetzt den Fall, der LiPo brennt doch einmal, was passiert dann dabei? Brennende LiPos bewegen sich typischerweise im Temperaturbereich um 500 bis 700°C [3]. Was brennt, ist primär das Elektrolyt, sekundär der Separator, das Graphit und die Hülle. Auch wenn Wasser zum Löschen bedingt wirksam wäre, darf es keinesfalls verwendet werden. Das Leitsalz LiPF<sub>6</sub> im Elektrolyt ist bei hohen Temperaturen nicht stabil. Es zerfällt in Lithiumfluorid und Phosphor-pentafluorid [4] [5]:



Phosphor-pentafluorid wiederum zerfällt zusammen mit Wasser in Fluorwasserstoff HF und Phosphorsäure H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>:



Das ist der Grund, warum man einen LiPo-Brand nicht mit Wasser, sondern mit Sand oder Ähnlichem löschen sollte. Auch CO<sub>2</sub>-Löcher sind nicht sonderlich wirksam, da das heiße Elektrolyt wieder Feuer fängt, sobald sich das Löschgas verflüchtigt hat. Eine kollabierende Zelle steht unter hohem Druck. Oft lässt sich der akute Brand – Ausblasen der Zelle – gar nicht löschen, da er zu schnell stattfindet und eher einer

### **Phosphor-pentafluorid und Fluorwasserstoff**

1876 entdeckte der Chemiker Thomas Edward Thorpe die anorganische, chemische Verbindung Phosphor-pentafluorid. Hierbei handelt es sich um ein sehr giftiges, farbloses Gas. In der Luft oder im Wasser zerfällt es während einer sehr heftigen Reaktion unter anderem in Fluorwasserstoff. Letzterer ist ebenfalls hochgiftig und führt zum Beispiel bei Kontakt mit der Haut zu Verätzungen.



**Ergebnis eines überladenen LiPos. Da er sich in einem feuerfesten Behälter befand, ist nichts Schlimmes passiert**



**Nach dem Entfernen der Aluhülle einer LiPo-Zelle offenbart sich der Aufbau. Das Weiße ist der Separator. Darunter liegt die Lithium-Metalloxid-Folie und rechts in schwarz ist die Graphitfolie zu sehen. Hier gilt ganz klar die Aufforderung, das Aufschneiden eines LiPos nicht nachzuahmen**

Verpuffung ähnelt. Daher sollte das Augenmerk auf eine sichere und feuerfeste Lagerung gelegt werden.

Die Bildung von Fluorwasserstoff lässt sich nie ganz verhindern, dafür steht zu viel Wasser in der Umgebungsluft zur Verfügung. Daher sollte man dem Rauch brennender LiPos immer aus dem Weg gehen. Phosphor-pentafluorid und erst recht Fluorwasserstoff – bilden mit Wasser Flusssäure, die zum Beispiel zum Glasätzen benutzt wird – sind höchst giftige Substanzen und können zu schweren Gesundheitsschäden führen [6]. Die Wirkung des Fluorwasserstoffs ist akut, er geht jedoch sehr schnell Reaktionen mit Stoffen in der Umgebung ein. Durch den Zerfall der Kathode entstehen verschiedene Metalloxide wie zum Beispiel Cobalt(II,III)-Oxid und Nickel(II)/(III)-oxid, die als krebserregend eingestuft sind. Diese Produkte sind

langzeitstabil. Es empfiehlt sich daher unbedingt eine gründliche Reinigung beziehungsweise Sanierung der von den Rückständen des verbrannten Akkus betroffenen Flächen.

Da LiPo-Brände nicht heißer als normale Lösungsmittel- und Benzinbrände sind, reicht als Transportbehälter auch ein Stahlbehältnis aus. Günstig zu erwerbende Munitionskisten aus Ex-Militärbeständen sind geeignet, insbesondere wenn man sie innen mit Folie oder Dämmtapete elektrisch isoliert. Wichtig ist, dass das Behältnis nicht luftdicht sein darf, ansonsten kann der brennende LiPo das Behältnis aufgrund der hohen Gasproduktionsrate sprengen. Im Falle der Munitionskiste reicht es üblicherweise aus, einige Löcher mit dem 10er-Bohrer in den Deckel zu bohren, um im Fall der Fälle für Druckausgleich zu sorgen. So ein LiPo-Container kann die Flammen zurückhalten und

#### Quellen:

[1] *Lithium Ion Battery Fire And Explosion*, Wang, Q., Sun, J. and Chu, G., *Fire Safety Science* 8: 375-382. doi:10.3801/IAFSS.FSS.8-375, 2005

[2] *Datenblatt Fa. Merck: Batterieelektrolyt LP 81 (1 M Lithiumhexafluorophosphat in Ethylen carbonat:Dimethylcarbonat:Ethylacetat)*

[3] *Thermal stability and flammability of electrolytes for lithium-ion*

batteries, Catia Arbizzani, Giulio Gabrielli, Marina Mastragostino, University of Bologna, Department of Metal Science, Electrochemistry and Chemical Techniques, Via San Donato 15, 40127 Bologna, Italy, *Journal of Power Sources* 196 (2011) 4801–4805

[4] Thermal Stability of LiPF<sub>6</sub> Salt and Li-ion Battery Electrolytes Containing LiPF<sub>6</sub>, Yang, Hui, Zhuang, Guorong V., Ross Jr., Philip N., Lawrence Berkeley National Laboratory, 08.03.2006

[5] A Detailed Investigation of the Thermal Reactions of LiPF<sub>6</sub>, Solution in Organic Carbonates Using ARC and DSC, J. S. Gnanaraj, a E. Zinigrad, a L. Asraf, a H. E. Gottlieb, a M. Sprecher, a Schmidt, b W. Geissler, b and D. Aurbacha, *Journal of The Electrochemical Society*, 150 11 A1533-A1537 2003

[6] Erkrankungen durch Fluor oder seine Verbindungen, Bekanntmachung des BMA v. 25. 2. 1981 Im BArbB1 Heft 4/1981

Thermo-chemical process associated with lithium cobalt oxide cathode in lithium ion batteries, Chil-Hoon Doh and Angathevar Veluchamy, Korea Electrotechnology Research Institute, Republic of Korea, Central Electrochemical Research Institute, India, 27.04.2010

verhindern, das ein umher springender LiPo weitere Feuer entfacht. Der giftige Rauch wird aber dennoch in die Umgebung gelangen.

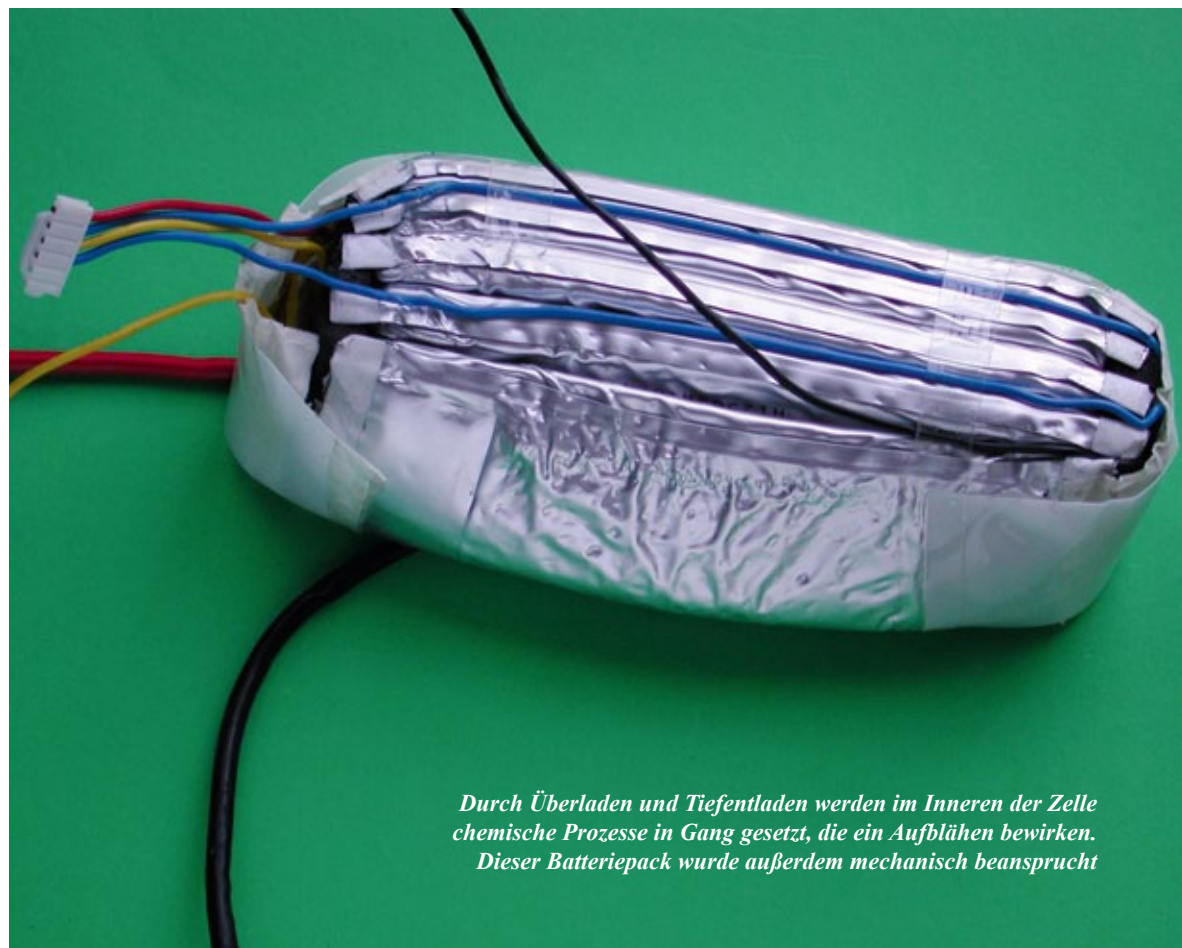
### Alterungsmechanismen

Noch abschließend ein paar Worte zur Alterung von LiPos, da dieser eng mit den Versagensgründen verbunden ist. LiPos altern – nach etwa drei Jahren ist die Kapazität im Durchschnitt auf 50 Prozent gesunken – noch schneller bei einer hohen Zyklenanzahl oder beim Einsatz mit hohen Strömen und bei einhergehender Erwärmung. Der Akku nimmt also durch Betrieb und Lagerung Schaden. Die Zelle wird schlechter und ihre Leistungsfähigkeit nimmt ab. Im Betrieb entstehen Schäden durch Volumenänderung an der Graphitanode. Ein Prozess, der grundsätzlich bei jedem Lade/Entladevorgang auftritt und damit immer zur Alterung des Akkus beiträgt. Die Anzahl der Zyklen sollte immer so klein wie möglich gehalten werden.

Ein anderer, eher auf die Lagerdauer zurück zu führender Grund für Schäden, sind Reaktionen von LiPF<sub>6</sub> mit den anderen Stoffen im Elektrolyt. Diese Reaktionen sind abhängig vom Ladezustand und der Temperatur. Ein voll geladener LiPo altert weit schneller als einer, der nur halb voll ist. Zudem laufen Reaktionen im Akku bei

niedrigen Temperaturen langsamer ab. Daher empfehlen die meisten Hersteller eine Lagerung im halbvoll geladenen Zustand, also 3,7 V bei 15°C, was einen guten Kompromiss zwischen Lebensdauer und Aufwand darstellt. Das untere Temperaturlimit bei der Lagerung liegt bei zirka -25°C, da das Elektrolyt unterhalb dieser Temperatur gefriert und irreversible mechanische Schäden in der Zelle, insbesondere am Separator verursacht. Tiefer als 3,3 V sollte ein LiPo keinesfalls entladen sein, da das Risiko von Kupferablagerungen bei Langzeitlagerung schon unterhalb von 3 V besteht.

Ist es sinnvoll, einen beispielsweise am Ende des Flugtags vollgeladenen LiPo immer zur Lagerung auf die Hälfte zu entladen? Das macht nur dann Sinn, wenn die Schädigung durch die zu erwartende Lagerdauer gegenüber der durch einen Ladezyklus hervorgerufenen überwiegt. Je nach Lagertemperatur macht es erst ab einigen Tagen Sinn. Ein anderer Aspekt hierbei sind jedoch Sicherheitserwägungen – volle LiPos sind wesentlich kritischer als ganz oder teilweise entladene. In jedem Fall sind voll geladene LiPos umsichtiger zu behandeln, da sie – wie beschrieben – sowohl bei mechanischen Schäden als auch hohen Temperaturen viel empfindlicher reagieren. Berücksichtigt man diese Aspekte, wird man lange Zeit viel Freude an seinen Akkus haben.



Durch Überladen und Tiefentladen werden im Inneren der Zelle chemische Prozesse in Gang gesetzt, die ein Aufblähen bewirken. Dieser Batteriepack wurde außerdem mechanisch beansprucht

# Elektroflug Kontakt

Ludwig Retzbachs Magazin

## Elektroflug Bestellskarte

Ich will Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin bequem im Abonnement für ein Jahr beziehen. Die Lieferung beginnt mit der nächsten Ausgabe. Der Bezugspreis beträgt jährlich 26,00 Euro\* (statt 29,60 Euro bei Einzelbezug). Das Abonnement verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr. Ich kann aber jederzeit kündigen. Das Geld für bereits bezahlte Ausgaben erhalte ich zurück.

Es handelt sich um ein Geschenk-Abo. ( mit Urkunde)  
Das Abonnement läuft ein Jahr und endet automatisch nach Erhalt der 2. Ausgabe. Die Lieferadresse:

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

\*Abo-Preis Ausland: 31,00 Euro  
Abo-Service: Telefon: 040/42 91 77-110, Telefax: 040/42 91 77-120

Vorname, Name  
Straße, Haus-Nr.  
Postleitzahl Wohnort  
Land  
Geburtsdatum Telefon  
E-Mail  
Zahlungsweise Bankeinzug (Auslandszahlungen per Vorkasse)  
Bankleitzahl Konto-Nr.  
Geldinstitut  
Datum, Unterschrift

Die Daten werden ausschließlich verlagsintern und zu Ihrer Information verwendet. Es erfolgt keine Weitergabe an Dritte. LR1102

## Elektroflug

### Ihre Abo-Vorteile

- ✓ 1,80 Euro pro Ausgabe sparen
- ✓ Keine Ausgabe verpassen
- ✓ Versand direkt aus der Druckerei
- ✓ Jedes Heft im Umschlag pünktlich frei Haus
- ✓ Regelmäßig Vorzugsangebote für Sonderheft und Bücher

### ◀ Ihre Bestellskarte

Einfach ausschneiden oder kopieren, ausfüllen und abschicken an:

Leserservice  
**Ludwig Retzbachs Elektroflug Magazin**  
65341 Eltville

Telefon: 040/42 91 77-110  
Telefax: 040/42 91 77-120  
E-Mail: [service@elektroflug-magazin.de](mailto:service@elektroflug-magazin.de)

## Elektroflug Shop-Bestellskarte

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

Vorname, Name  
Straße, Haus-Nr.  
Postleitzahl Wohnort  
Land  
Geburtsdatum Telefon  
E-Mail  
Zahlungsweise Bankeinzug (Auslandszahlungen per Vorkasse)  
Bankleitzahl Konto-Nr.

Mehr attraktive Angebote online: [www.alles-rund-ums-hobby.de](http://www.alles-rund-ums-hobby.de)  
Die Daten werden ausschließlich verlagsintern und zu Ihrer Information verwendet. Es erfolgt keine Weitergabe an Dritte. LR1102



Die Suche hat ein Ende. Täglich nach hohen Maßstäben aktualisiert und von kompetenten Redakteuren ausgebaut, finden Sie bei [www.alles-rund-ums-hobby.de](http://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](mailto:bestellung@alles-rund-ums-hobby.de)

## Elektroflug Leserbrief-Karte

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](http://www.elektroflug-magazin.de)  
Die personenbezogenen Daten werden ausschließlich verlagsintern und zu Ihrer Information verwendet. Es erfolgt keine Weitergabe an Dritte. LR1102

### 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](http://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](mailto:redaktion@elektroflug-magazin.de)

Telefax: 040/42 91 77-399, E-Mail: [redaktion@elektroflug-magazin.de](mailto:redaktion@elektroflug-magazin.de)  
modellflug-praxis im Internet: [www.elektroflug-magazin.de](http://www.elektroflug-magazin.de)





Lieferbar in verschiedenen Steigungen als Zwei-, Drei- und Vierblatt.  
Größen von 15/6 bis 34/18  
\*\*\* NEU \*\*\* Druckpropeller in verschiedenen Größen \*\*\* NEU \*\*\*  
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

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](http://www.alles-rund-ums-hobby.de) und auf Seite 70**

**Faserverbundwerkstoffe**  
Composite Technology

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

- **Kohlegelege ST 134 g/m<sup>2</sup> unidirektional, Breite 125 cm**  
Preisgünstiges, unidirektionales Kohlegelege aus gespreizten Kohlefasern (ST = Spread Tow). Die gespreizten Kettgarne werden von sehr wenigen und sehr dünnen Schussfäden gehalten.
- **Kohlefaserprofile, Rohre, Stäbe**  
Hochfest, preisgünstig in kleinen Mengen!  
Auch selten erhältliche Größen, wie Stäbe ab 0,28 mm Ø

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.

<http://ewc.emcotec.de>

**PERFEKTE VERBINDUNG!**  
EWC EMCOTEC Wing Connector...  
...die neuen Flächenverbinder für Ihr Flugmodell.

**EMCOTEC**

WIR STELLEN DIE WEICHEN



**Equilibrium quad** mit Balancer  
**VIER** unabhängige 50 Watt Ladeausgänge

**Robin**  
78 cm Spannweite; ca. 110 g  
4-Kanal 2,4 GHz Fernsteuerung

**Lark**  
36 cm Rumpflänge; ca. 108 g  
4-Kanal 2,4 GHz Fernsteuerung



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

HEPF - Modellbau & CNC-Technik  
A-6342 Niederndorf · Dorf 69  
Bestellhotline +43.5373.570033 · info@hepf.at

Text: Ludwig Retzbach  
Fotos: Ludwig Retzbach und Uni Stuttgart

# E-Genial

## Elektrozweisitzer E-Genius

Die Hangars des Flugzeugherstellers Grob in Mindelheim-Mattsies, Unterallgäu haben schon viel Innovatives beherbergt. *Im Sommer 2011 bekam dort das Versuchsflugzeug E-GENIUS, ein Projekt des Instituts für Flugzeugbau (IFB) an der Universität Stuttgart, zwischen zahlreichen Versuchsflügen seinen letzten Schliff.* Dann ging es ab in die USA zur Teilnahme am NASA Green Flight Challenge.



**D**abei war dem Entwicklungsteam um Professor Rudolf Voit-Nitschmann erst am 25. Mai 2011 der buchstäbliche Stein vom Herzen gefallen. An diesem Tag hatte auf dem Versuchsgelände der Firma Grob der erfolgreiche Erstflug stattgefunden. Genau drei Wochen später, am 15. Juni wurde dann endlich klar, dass der E-Genius für die Anforderungen des mit 1,5 Millionen Dollar dotierten NASA-Wettbewerbs gut vorbereitet ist. Pilotiert von Bauleiter Karl Käser und Systemingenieur Steffen Geinitz schaffte das von Len Schumann konzipierte und in Faserverbundbauweise erstellte Flugzeug, eine Gesamtstrecke von 341 Kilometer mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von mehr als 160 Stundenkilometer. „Verflogen“ wurden hierbei mit 46 Kilowattstunden nur gut 80 Prozent der eingeladenen Energiereserven.

Wenn der künftige Lufttransport von Personen zu den aktuellen Zielen der Elektrofliegerei zählt, so besetzt das Stuttgarter Team im Wortsinne schon zwei der ganz vorderen Plätze: Der E-Genius ist ein elektrisch angetriebener zweisitziger Reise-Motorsegler, bei dem beide Piloten Side-by-Side in ihren Sitzschalen agieren und so einen völlig ungestörten Blick nach



vorne genießen – und ganz nebenbei auch für die Schwerpunktbalance sorgen. Denn der Antriebsmotor werkelt in der verlängerten Seitenleitwerksflosse. Diese etwas ungewöhnliche Triebwerksanordnung begründet Steffen Geinitz mit der Einsatzmöglichkeit eines möglichst großen und damit effizient arbeitenden Propellers bei gleichzeitig kurzen, gewichtsgünstigen (Einzeh-) Fahrwerksbeinen. Zudem, so Geinitz, der für den gesamten Antriebsstrang verantwortlich

**Systemingenieur Steffen Geinitz ist für den Antriebsstrang verantwortlich**



**Luftauslass für den Flüssigkühler. Die Kühlluft strömt von unter her zu**

„Um die gewünschte Gesamtkapazität und die für den Steigflug nötige Belastbarkeit zu erhalten, sind intern jeweils 13 LiIon-Zellen parallel geschaltet (108s13p)“

zeichnet, erzeugt ein weiter hinten angebrachter Propeller im Rumpfbereich keine Interferenzverluste, bläst lediglich noch gegen das Seitenleitwerk. Die ersten Flugversuche zeigten auch hier nur so geringe Einflüsse, dass man letztlich auf einen Seitenzug verzichten konnte. Der Pitch (Steigungswinkel) des im Durchmesser 2.200 Millimeter (mm) messenden Propellers ist elektrisch verstellbar, sodass er optimal an die unterschiedlichen Anforderungen bei Steig- und Reiseflug angepasst werden kann.

### Risikominimierung hat Vorrang

Die Energie kommt aus vier Lithium-Ionen-Akku-Packs (LiIon), die wie Carbon-Board-Cases aussehen und hinter den Sitzen im Raum unter den Tragflächen verstaut sind. Jeder von ihnen enthält 1.404 LiIon-Zellen der Standard-

größe 18650 (18 mm Durchmesser und 65 mm lang), die in Serienschaltung insgesamt 450 Volt (V) an die Klemmen liefern. Um die gewünschte Gesamtkapazität und die für den Steigflug nötige Belastbarkeit zu erhalten, sind intern jeweils 13 Zellen parallel geschaltet (108s13p). Die vier Packs liegen dann auch noch in Parallelschaltung am Eingang des Motorcontrollers. So erhält man ein hinreichend redundantes System, das auch bei Ausfall einer Einheit noch flugfähig bleibt.

Wie schon bei anderen Großprojekten setzt auch das Stuttgarter Team auf verlässliche und gut verfügbare Großserienzellen aus Fernost.

Deren genaue Herkunft will man noch nicht preisgeben, wohl aber, dass die insgesamt 5.616 Zellen netto 260 Kilogramm (kg)



Der Erstflug des E-Genius wie auch die anschließende Flugerprobung erfolgten auf dem Flugplatz der Firma Grob in Mindelheim-Mattsies

## Interview über eine geniale Idee

Wenige Tage vor der Abreise des E-Genius zur CAFE Green Flight Challenge in die USA, führte Ludwig Retzbach mit Professor Dipl. Ing. Rudolf Voit-Nitschmann von der Universität Stuttgart ein Interview zum Konzept und der Idee des E-Genius.

*Wann kam die Idee zum E-Genius auf?  
Wer waren die Geburtshelfer?*

Die Idee für E-Genius wurde geboren anlässlich der Ausschreibung des Berblinger-Preises der Stadt Ulm 2006. Es wurde ein Flugzeug gefordert, das umwelttechnisch und wirtschaftlich Maßstäbe setzt. Ich hatte mir vorgenommen, wieder mit einem Uni-Team an der Ausschreibung teilzunehmen.

Gemeinsam mit zwei Diplomanden, Len Schumann und Steffen Geinitz, haben wir dann im Team das Brennstoffzellen-Flugzeug E-Genius entworfen, das letztendlich die Basis für den E-Genius war. Mit dem Projekt Hydrogenius konnten wir schließlich den Berblinger Preis 2006 gewinnen.

*Unterschied sich das damalige Konzept noch in wesentlichen Bereichen von der heute präsentierten Lösung?*

Zunächst hatten wir vorgesehen, Hydrogenius zu verwirklichen. Nachdem uns jedoch die Firma Daimler die vorgesehene Brennstoffzelle nicht zur Verfügung stellen wollte, haben wir als Alternative die Realisierung eines

reinen batteriegetriebenen Flugzeugs angedacht. Die Bekanntgabe der Ausschreibung zum Green Flight Challenge der NASA hat uns in dieser Richtung bestärkt, da die Anforderungen sogar damit besser zu erfüllen waren. Wir haben nun anstelle des Brennstoffzellensystems ein reines Batteriesystem in das Flugzeug integriert und es dann konsequenterweise in E-Genius umbenannt. Die Flugzeugkonfiguration selbst ist identisch mit Hydrogenius.

*Wo lagen die größten Herausforderungen bei diesem Projekt?*

Die vollständige Neukonstruktion eines Flugzeugs, optimiert für den Elektroflug und die Realisierung hauptsächlich



**Und damit wird „aufgetankt“: das 7,5-Kilowatt-Drehstromladegerät**

wiegen – mit der notwendigen Verbindungs- und Anschlusstechnik werden es dann 282 kg – und eine Energiemenge von 56 Kilowattstunden (kWh) speichern. Damit kommen Hochenergiezellen mit einer Energiedichte von etwa 220 bis 230 Wattstunden je Kilogramm zum Einsatz. Diese bereits von der NASA erprobten Stromspender enthalten trotz der vergleichsweise dicht



**Gut sichtbar die Motoraufhängung. Dahinter der Ausgleichsbehälter für die Kühlflüssigkeit. Der Pitch (Steigungswinkel) des Propellers ist elektrisch verstellbar**

gepackten Energie ganz selbstverständlich auch noch Sicherheitselemente in Form eines den Kurzschlussstrom begrenzenden PTC-Widerstands, wie auch einen Drucksensor, die im Falle eines unzulässig hohen Druckanstiegs die Zelle irreversibel abschalten. Doch genau hier, so schildert es Clemens Gerlach von der Steinbeis Flugzeug- und Leichtbau GmbH, der bei der Antriebsentwicklung mit beteiligt war, schlug die Keule der Zweckentfremdung erst mal gnadenlos auf die Entwickler ein. Denn ein einziger durch Überstrom hochohmig gewordener Kaltleiter-(PTC-)Widerstand unterbricht den Strom nicht wirklich, wenn die restlichen 107 Serienzellen (im Moment) noch intakt sind.



**Ungewöhnlicher Einbauort des Antriebsmotors. Bei den ersten Flügen war der noch unverkleidet**

## **„Es ist die Aufgabe der Forschung, an den Technologien zu arbeiten, die wir morgen nutzen wollen und das technisch Machbare aufzuzeigen.“**

*Professor Dipl. Ing. Rudolf Voit-Nitschmann*



mit Sponsorenmitteln, das alles war eine extreme Herausforderung.

*War es schwierig, die nötige Anzahl von Unterstützern für Ihr Projekt zu finden?*

Unser großer Gönner, Artur Fischer, hat wie damals bei icaré den Anfang gemacht und uns eine Anschubfinanzierung für das Projekt gewährt. Weiterhin erhielten wir Unterstützung vom Land Baden-Württemberg, von der Universität Stuttgart selbst sowie vom Flughafen Stuttgart. In den folgenden Jahren war es sehr mühselig, die restlichen Mittel aufzutreiben. Schließlich konnten wir Airbus als Hauptsponsor gewinnen. Die Teilnahme am Green

Flight Challenge wird von der Windreich AG finanziert.

*Gab es in früherer Zeit bereits fliegende Vorbildprojekte, an denen sich Ihr Team orientieren konnte?*

Als Vorbildprojekt diente unser eigenes Solarflugzeug icaré, das unter ähnlichen Umständen realisiert wurde. Auch was die Auslegung (Heckantrieb, elektrischer Antriebsstrang) und die Bauweise betrifft, haben wir sehr von icaré profitiert.

*Das Medieninteresse an elektrisch angetriebenen Fahr- und Flugzeugen steigt stetig. Befördert dieses Interesse Ihre Arbeit?*

Wir betreiben hier am Institut für Flugzeugbau e-flight seit 1996 – Erstflug icaré Juni 1996. Damals kannte man das Wort e-flight noch gar nicht. Das aktuelle Interesse an diesen Themen hilft uns natürlich schon.

*Erwarten Sie in naher Zukunft auch von deutschen Firmen entscheidende Entwicklungsfortschritte auf dem Gebiet der Stromspeichertechnologie? Wie könnten diese aussehen?*

Wie uns bekannt ist, engagiert sich die Firma Bosch sehr auf diesem Gebiet. Die Fahrzeugtechnologie wird hier die Innovationen beflügeln, die wir dann

(Fortsetzung nächste Seite)

„Dass die hecklastige Einbaulösung wie beim E-Genius überhaupt ohne Schwerpunktprobleme möglich wird, setzt selbstredend ein möglichst leichtes Antriebsaggregat voraus“



*Motorverkleidung (noch unlackiert) wird gerade angepasst*



*Ein fast normales Cockpit*

Vielmehr mutiert er zu einer Zündladung innerhalb der Zelle und kann sie in Brand setzen. Dazu waren die Packs (Reihenschaltungen) nochmals über speziell abgestimmte Schmelzeinsätze abzusichern, übergeordnete Sicherungen, die unbedingt vor den zellinternen Sicherungen ansprechen müssen – aber wiederum auch nicht zu früh. Es nahm jedenfalls eine Menge Entwicklungszeit in Anspruch, den Forderungen nach Funktionalität einerseits und denen nach Sicherheit andererseits gerecht zu werden.

### *Nicht bloß ins Regal gegriffen*

Bei der Entwicklung des Motors arbeitete man mit der Firma Sineton im slowenischen Maribor

zusammen. Es handelt sich, wie immer, wenn es um höchste Effizienz und Leistungsdichte geht, um einen permanenterregten Synchron-Innenläufer-Motor mit einer spezifischen Drehzahl von 5,8 Umdrehungen pro Minute je Volt (U/min/V). Er ist für eine Nenndrehzahl von 2.000 U/min ausgelegt. Bis zu 2.500 U/min würde der Propeller aushalten, dann allerdings kämen Geräusentwicklung und Kreiselkräfte in kritische Bereiche.

Dass die hecklastige Einbaulösung wie beim E-Genius überhaupt ohne Schwerpunktprobleme möglich wird, setzt selbstredend ein möglichst leichtes Antriebsaggregat voraus. Das immerhin noch 27 kg schwere 60-kW-/82-PS-Triebwerk bringt es je nach Belastung auf 93 bis 95 Prozent Wirkungsgrad und stemmt bis zu 400 Newtonmeter (Nm) Drehmoment auf die Antriebswelle. Zur leichteren Einordnung: Ein Pkw-Motor, der mit solchen Momenten aufwartet, bewegt sich gewöhnlich nahe der der 300-PS-Region. Gleichwohl ist aufgrund der verbleibenden Verlustleistung von einigen Kilowatt eine Flüssigkühlung unverzichtbar. Dass man eben gerade diesen Motortyp gewählt hat, ist auch dem Bemühen um eine aerodynamisch saubere Lösung geschuldet. Der Motor kann so voll verkleidet werden. Der Kühler liegt beim

### Technische Daten

Spannweite	16,86 m
Gesamtlänge	8,10 m
Flügelfläche	14,30 m <sup>2</sup>
Fahrwerk	Zweibein, einziehbar
Maximale Startmasse	850 kg
Nutzlast	180 kg
Reisegeschwindigkeit	165 km/h
Gemessene Höchstgeschwindigkeit	270 km/h
Dienstgipfelhöhe	5.000 m
Steigleistung	4 m/s

auch für das Flugzeug nutzen können. Spezialisten sind der Meinung, dass sich die gewichtsspezifische Kapazität der Batterien noch um den Faktor 3 bis 4 steigern lässt.

*Welchen Beitrag zur Entwicklung des manntragenden Elektroflugs können Wissenschaft und Forschung leisten?*  
Es ist die Aufgabe der Forschung, an den Technologien zu arbeiten, die wir morgen nutzen wollen und das technisch Machbare aufzuzeigen.

*Was müsste seitens der Politik und Wirtschaft getan werden, um den Beitrag von Forschung und Entwicklung weiter zu steigern und unterstützen?*  
Eine Etablierung langfristig geplanter und nachhaltiger Förderprogramme wäre wünschenswert.

*Wann wird der personentragende Elektroflug zum Alltag auf unseren Flugplätzen gehören?*  
Das wird sicherlich noch 10 bis 15 Jahre in Anspruch nehmen.

*Wie sehen Ihre nächsten Projekte aus?*  
Als nächstes Projekt wollen wir E-Genius mit einem Hybridantrieb ausstatten, um die Reichweite zu steigern. Weiterhin arbeiten wir innerhalb meiner Firma Steinbeis Flugzeug und Leichtbau GmbH mit Partnern daran, unbemannte, solarbetriebene Elektroflugzeuge als hochfliegende Plattformen weiterzuentwickeln. Diese Plattformen werden dann in Zukunft Aufgaben übernehmen, wofür wir heute Satelliten einsetzen.



**Bitte verstauen sie ihre Batteriekästen hinter den Sitzen**

E-Genius in der Rumpfmittle hinter den Akku-packs und wird unterseitig durch einen NACA-Einlass von Luft durchströmt.

Um auch wirklich nichts an wertvoller Ex-Akku-Energie zu vergeuden und unproduktive Stromspitzen so weit wie möglich zu unterdrücken, verwendet man für das Projekt einen Sinus-Motorcontroller (Drehzahlsteller), der schaltungstechnisch deutlich aufwändiger bestückt ist als die in der Modelltechnik und bei kleinen mantragenden Projekten üblichen Motorsteller/-regler mit Blockkommutierung. Gearbeitet wird übrigens mit einer feldorientierten Regelung, die unmittelbar den Motorstrom beeinflusst. Die Drehzahl lässt sich mit über den Propellerpitch steuern. Der Motorcontroller liegt mit im Flüssigkühlkreislauf des Motors. Allerdings musste für die Lösung ein ganz

spezieller Entwicklungsauftrag vergeben werden. Dies macht letztlich auch deutlich, dass bei der Auslegung des Antriebsstrangs beim E-Genius neue Wege gegangen wurden. Aber das haben wegweisende Forschungsprojekte wohl so an sich.

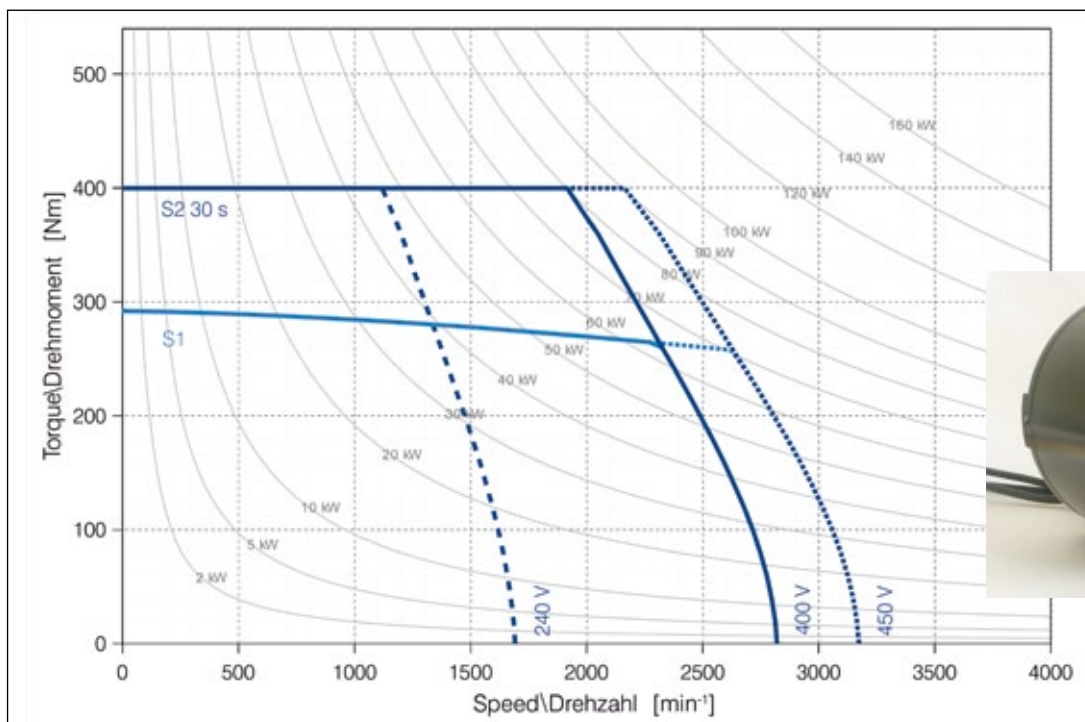


**Professor Voit-Nitschmann, selbst Hobbypilot, nimmt in einem der beiden Schalensitze Platz.**

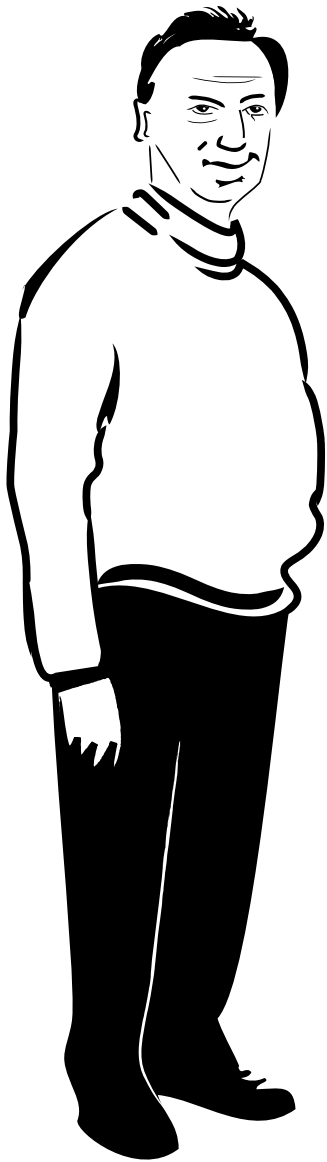
### NASA Greenflight Challenge

Das schon mehrfach verschobene Rennen startet im Oktober 2011 bei San Francisco. Gesucht wird ein schnelles und gleichzeitig besonders effizientes Flugzeug. Es muss über eine Strecke von 320 Kilometer mit einer mittleren Reisegeschwindigkeit von mindestens 160 Stundenkilometer fliegen. Dabei darf es noch nicht einmal einen Liter Benzinäquivalent pro 100 Kilometer und Sitzplatz verbrauchen. Ausrichter ist die US-amerikanische Comparative Aircraft Flight Efficiency (CAFE) Foundation mit Sitz in Santa Rosa, Kalifornien. Die NASA stellt dafür ein Preisgeld in Höhe von 1,5 Millionen US-Dollar zur Verfügung. Erwartet wird ein hochkarätiger Wettbewerb der amerikanischen Elite-Universitäten und Institutionen.

Quelle: [http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi/ntrs.nasa.gov/20100028067\\_201003204.pdf](http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi/ntrs.nasa.gov/20100028067_201003204.pdf)



**Daten des eigens für den E-Genius entwickelten Motors der Firma Sineton**



Flugplatzgespräche, protokolliert von Michal Šíp

# Harder & Kohn

## Heute: Made in China



←**Dr. Harder:** Schönen Tag, lieber Freund, in diesem Regensommer. Wir haben uns schon länger nicht gesehen. Und was machen denn so ihre Knatterkisten? Hat Ihnen einer den Kolben gefressen? Oder laufen die Motoren auf Krücken, nach einem Pleuelbruch? Rost und Ölflecken überall? Ich denke, wir sollten uns doch wieder einmal über den Elektroflug unterhalten.

→**Kohn:** Langsam, langsam, Kollege. Wenn man etwas gut versteht, dann funktioniert es auch, Sie schlauer Doktor, Sie sollten es am besten wissen. Kolbenfresser kenne ich genauso wenig wie Sie einen Pleuelbruch in ihrem Bürstenlosen. Und dass man diese Wunderwerke des Elektroflugs auch in Rauch und Qualm aufgehen lassen kann, samt Regler und Akku, ist ja bekannt. Man muss sich nur ein bisschen dumm anstellen. Und schlauer als wir Verbrennerflieger seid Ihr aus dem Elektrolager wirklich nicht, nur weil da und dort ein Doktor bei euch doziert. Vielleicht nicht einmal ein Echter, man sollte etwas nachforschen. Nein, konvertieren werde ich nicht, aber probieren schon. Halten Sie sich fest: Habe eine Menge Elektrosachen eingekauft.

←Ein bisschen angriffslustig heute, oder? Trotzdem, Sie werden Elektroflieger! Der letzte Hersteller für RC-Vergaser kann dann endlich etwas Besseres bauen. Nun bin ich aber ganz Ohr! Was und wo haben Sie eingekauft?

→Das werden Sie nicht erraten. Eingekauft habe ich dort, wo Ihr alle letztendlich euer Zeugs herbekommt: Aus China. Nur habe ich mir den Umweg gespart und direkt dort, in China bestellt! Grandios, was? Und die Preise, Wahnsinn! Schnäppchen ist noch kein Wort dafür. Einfach unglaublich! Motoren für fünf, LiPos für sechs, Lader für neun Euro! Ein hiesiger Fachhändler müsste einen Herzinfarkt kriegen! Und alles hat der Versender als „Privatgeschenk“ deklariert, da kann der Zoll nur dumm gucken. So habe ich auch für Vereinskollegen gleich einiges mitbestellt. Ich sage noch einmal: Grandios! Da staunen Sie, was?

„Es wird sowieso alles in ein und derselben Fabrik gemacht, alles das Gleiche. Dann pappt man auf die eine Hälfte Marken- aufkleber für teuer drauf“



←Ja, staunen schon, über Sie. Ich nehme an, Sie haben keine Tante in China. Mit dem Privatgeschenk stimmt also schon etwas nicht. Haben Sie nicht ein bisschen darüber nachgedacht, dass man es anders sehen kann, auf jeden Fall weniger grandios? Am Einfuhrzoll und Einfuhrumsatzsteuer haben Sie sich vorbeigemogelt, was schon erst einmal strafbar ist, und mit der Sammelbestellung haben Sie noch einen drauf gesetzt. Nun hoffen wir, dass es Ihnen durchgeht. Das ist das Eine. Das Andere ist die Frage, wie sie Reklamationen erledigen. Dass Sie erstklassige Dinge gekauft haben, das glauben Sie ja selber nicht. Bin schon gespannt, wenn auch Ihre beglückten Kollegen bei ihnen ankommen. Eine Sammelreklamation an die Tante aus Hongkong wird fällig sein. Viel Glück.

→Unsinn. Superdinge habe ich gekauft! Das sieht man denen an, prima verpackt, sauber lackiert, eloxiert, verchromt, kugelgelagert und so weiter, genauso wie die teuren in ihrem Fachgeschäft. Es wird sowieso alles in ein und derselben Fabrik gemacht, alles das Gleiche. Dann pappt man auf die eine Hälfte Markenaufkleber für teuer drauf. Überall sieht man so was doch, man wird nur abgezockt von den großen Firmen! Und der Zoll? Völlig überflüssig, sollte man abschaffen, Schluss mit dem Verein. Behindert uns doch nur und macht uns das Leben schwer. Da kann ich mich richtig aufregen!

←Oh je, lieber Kohn, das wird heftig, da müssen wir gleich mehrere Zähne ziehen. Sie kommen doch aus dem Osten. Dort florieren noch die Asienshops, wo man schon mal unterm Regal ihre „dieselbe Ware“ aus „ein und derselben Fabrik“ kaufen kann, die iPhones für 60 Euro, die gerade Mal mit Mühe telefonieren können (nicht lange). Tolle Markenturnschuhe, in denen Sie es hoffentlich gerade bis zur nächsten Mülltonne schaffen, um sie zu entsorgen. Sie, ein Autofachmann, haben Sie schon mal ein Auto Made in China richtig untersuchen können?

Trotzdem, die Chinesen schaffen es, auch echte iPhones zu bauen und tolle Rechner und so weiter, keine Frage. Die können Sie aber garantiert nicht über ihre grandiose Tante aus einem dubiosen Versand in Hongkong bestellen.

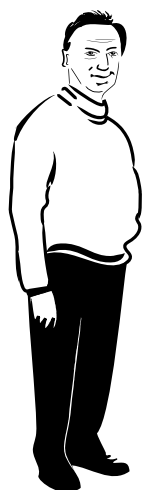
→Sie machen es aber spannend, Doktor. Und wenn schon, das Zeug war so billig, dann schmeißen wir es einfach weg. So groß ist der Schaden auch nicht. Das sollte man nicht so eng sehen. Und mit dem Zoll? Okay, ein bisschen Zoll hintergangen. Die paar Euro! Wie ich schon sagte, die tun eh nichts und kassieren nur, damit sie auch weiter nichts tun müssen!

←Jetzt reicht's aber, lieber Kohn. Zum Glück weiß ich: So dumm sind sie nicht. Nur machen sie es sich jetzt wirklich viel zu einfach. Früher, in eurer alten DDR, war ja auch alles ganz anders, die beiden Erichs haben alles geregelt, da brauchte man keine Fragen zu stellen, das ließ man sowieso besser sein. Jetzt werde ich pädagogisch: Dass in den Zollgebühren auch die sonst fällige Mehrwertsteuer steckt, die wir alle brauchen, damit unser BRD-Laden läuft, hoffe ich zumindest, dass Sie das wissen. Und warum die Zollbeamten nachschauen, was hier so reinkommt? Wir haben einiges an Vorschriften und Standards, damit uns zum Beispiel Dinge nicht um die Ohren fliegen oder wir uns nicht vergiften. Sieht manchmal bürokratisch aus. Doch wenn ich in einem Verkehrsflieger Richtung Peking sitze und weiß, dass irgendwelche Elektronik im Cockpit zwar auch Made in China sein mag, aber zertifiziert durch den deutschen Zoll lief, so bin ich ruhig. Ist mir lieber, als wenn das Teil ihre Tante aus Hongkong eingebaut hätte.

Und Sie, lieber Kohn, wo Sie sich immer so aufregen: Dann kaufen Sie doch Ihre Blutdrucksenker auch über die China-Tante aus dem Internet und nicht in der Apotheke, wo es doch auch „dieselben sind“, nur so viel teurer. Nein, lieber Kohn, tun Sie es lieber nicht. Es könnte ihnen schlecht bekommen und ich möchte trotz allem mit Ihnen wieder diskutieren!



Dr. Harder, der feine Professor, zuhause im Schwabenland. Elektroflugfreak und Elektronikenthusiast, durch und durch. Seine beiden Kinder gehen nicht ohne Nintendo und Handy mit GPS-Suchfunktion zur Schule. Seine Frau bringt sie hin, in einem Hybridauto. Doch die Zukunft wartet schon: Auf dem Carport thront bereits die Photovoltaikanlage, mit der das hoffentlich bald kommende Elektroauto versorgt wird. Welches es sein soll und was für Akkus darin verbaut sind, davon hat er genaue Vorstellungen. Ein Tesla wäre was Feines. Der Ottomotor ist tot, davon ist er überzeugt: Die Zukunft ist durch und durch elektrisch! Er kann sie kaum abwarten, sie kann nicht schnell genug kommen.



Herr Kohn ist auch ein begeisterter Modellflieger und patenter Kerl, der einen Ölfleck auf dem Hemd für eine schicke Stilblüte halten würde. Im Kegelclub gilt er bei den älteren Damen viel, knattert und röhrt seine Harley doch so verheißungsvoll. Über diesen Klang lässt er nichts kommen. E-Bikes? Pfui. Von weitem soll das Donnern und Grollen zu hören sein, wenn er nach Hause kommt. Gera: lange Baumalleen, geschwungene Landstraßen, Freiheit. Auf dem Flugplatz ist er der Fachmann, geht es um Pleuel & Co. Das Andere ist doch nur Spielkram.

# WIR ERLEDIGEN DAS

**ZULASSUNG VON  
GROSSMODELLEN  
IM DMFV**

**Zulassung erteilt**

- ✓ **ZULASSUNG VON GROSSMODELLEN ZWISCHEN 25 UND 150 KG STARTMASSE**
- ✓ **FESTER ANSPRECHPARTNER WÄHREND DES GESAMTEN VERFAHRENS**
- ✓ **DURCHFÜHRUNG DES PRÜFUNGSVERFAHRENS FÜR DEN  
"AUSWEIS FÜR STEUERER VON FLUGMODELLEN"**
- ✓ **SÄMTLICHE INFOS ZUM VERFAHREN ONLINE ABRUFBAR**
- ✓ **SPEZIELL AUF GROSSMODELL-PILOTEN ZUGESCHNITTENE VERSICHERUNGEN**



**DEUTSCHER  
MODELLFLIEGER  
VERBAND**

## 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](mailto:info@dmfv.de)

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

[www.dmfv.aero](http://www.dmfv.aero)  
[www.jugend.dmfv.aero](http://www.jugend.dmfv.aero)  
[www.modellflieger-magazin.de](http://www.modellflieger-magazin.de)

Vorname, Name

Geburtsdatum

Telefon

Straße, Haus-Nr.

E-Mail

Postleitzahl

Wohnort

Datum, Unterschrift

Land

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

LR1102

# eHawk 2000 II

Best# 4363-OK20  
Best# 4363-OK22

eHawk2000 ProII Segler ohne Motor  
eHawk2000 ProII E-Segler mit BL-Motor & Regler



## THERMAL EXPLORER!

### Features:

- Einteiliger ABS Rumpf
- Abnehmbare Tragflächen
- Abnehmbares Leitwerk
- Modifiziertes E-387 Tragflächenprofil
- Hervorragende Kunstflugeigenschaften



Sky Master 2.4GHz



Micro Servos x 4



OBL 36/09-46A



BLC-40A Speed Controller

### Technische Daten:

Länge: 980mm  
Spannweite: 2000mm  
Tragflächeninhalt: 34,36dm<sup>2</sup>  
Gewicht: 1500g



THUNDER TIGER

www.thundertiger-europe.com

# mx-20

## Integrierte Echtzeit-Telemetrie und Sprachausgabe

**Hohe Sicherheit**

Optimiertes Frequenzhopping



**Höchste Präzision**

Zeitgleiches Ansteuern der Servos

**Echtes Pilotenfeeling**

Telemetrie im Display, Sprachausgabe

**GRAUPNER** **HoTT**  
HOOPING, TELEMETRY, TRANSMISSION



Martin Herrig  
Amtierender F3B Weltmeister  
fliegt HoTT



**12 Steuerungsfunktionen**

**7 Flugphasen**

mx-20 GRAUPNER HoTT  
Computersystem 2,4 GHz  
Best.-Nr. 33124 € 469,-\*



[www.facebook.de/gaupnernews](http://www.facebook.de/gaupnernews)



[www.youtube.de/gaupnernews](http://www.youtube.de/gaupnernews)

\* unverb. Preisempfehlung