



Dieser Bericht wird zur Verfügung gestellt von

ROTOR

Hubschrauber-Modellflug
kompetent | informativ | seriös

AUSGABE 10/2012

Weitere Themen
in dieser Ausgabe:

- Blade 300X
- Learning by doing – Step by step zum sicheren Helipiloten
- YGE 120 HV Opto V4



Sie möchten ROTOR regelmäßig, pünktlich und bequem in Ihrem Briefkasten haben? Sie wollen keine Ausgabe mehr versäumen? Dann sollten Sie ROTOR jetzt im Abonnement bestellen.

Es warten tolle Prämien auf Sie!

Besuchen Sie auch unseren Onlineshop und entdecken Sie actionreiche DVDs, informative Bücher und vieles mehr!

Klicken Sie sich
einfach rein

ROTOR



700er E-Heli
 »Made in Germany«

EIKEN HAUSSÜHL



In ROTOR 9/2011 stellten wir in einem Kurzporträt den damals brandneuen 700er Heli Diabolo von minicopter vor und versprachen, das Modell zu gegebener Zeit einem ausführlichen Test zu unterziehen. Eiken Haussühl löst nun dieses Versprechen ein.

Der Diabolo von minicopter



Die Firma minicopter aus dem nordhessischen Vellmar stellt bereits seit 1999 Modellhubschrauber von hoher Qualität her. Der Diabolo ist die neueste Entwicklung von Gerd Guzicki und wurde bereits kurz in ROTOR 9/2011 vorgestellt. In dieser Vorstellung soll nun ausführlich über Aufbau und Flugeigenschaften dieses außergewöhnlichen Hubschraubers berichtet werden. Die Erprobung zog sich über einen langen Zeitraum hin, so dass auch die Dauerhaltbarkeit des Diabolos und aller seiner Komponenten näher untersucht werden soll.

Der Diabolo lehnt sich mit seinem zweistufigen Zahnradgetriebe, dem riemengetriebenen Heckrotor und der einfachen Ansteuerung der Taumelscheibe ohne Push-Pull in Grundzügen an den legendären Joker 1 (Anmerk. der Red.: einer der, wenn nicht sogar der erste Serien-Elektro-Heli der 700er Klasse) an. Damit hören aber die Gemeinsamkeiten auch schon auf. Die Rotordrehrichtung des Modells kann bei der Bestellung angegeben werden; hier handelt es sich um ein rechtsdrehendes System.

Bei der Beschreibung des Diabolos in der Online-Bauanleitung fällt als erstes das massive schrägverzahnte Getriebe auf, das für sehr hohe Leistungsspitzen von über 7 kW geeignet ist. Das ungewöhnlich große Heckrohr mit einem Durchmesser von 30 mm nimmt jetzt wieder, wie beim Joker 1 und 2, einen Riemen auf, der hier allerdings über einen speziell entwickelten Riemenspanner

optimal gespannt wird. Der Diabolo wurde vor der Auslieferung der ersten Serie in hunderterten von Flügen von verschiedenen Piloten intensiv getestet, so dass man eine ausgereifte Konstruktion auf den Markt bringen konnte. Dennoch wurden mir während der Phase des Zusammenbaus des Bespre-

chungsmusters, das aus der ersten Charge stammt, einige kleinere Updates zur Verfügung gestellt, mit denen die Performance des Hubschraubers für die Belastungen, die bei extrem leistungsorientierten 3D-Flügen auftreten könnten, noch weiter erhöht werden soll. Doch dazu später mehr.

Der Bausatz des Diabolo: Sauber verarbeitete Alu- und CFK-Teile so weit das Auge reicht.



Das obere rechte Seitenteil mit den Rotorwellenlagerungen. Der untere Lagerbock dient gleichzeitig als eine Aufnahme der schräg eingebauten Rollservos.

Der Bausatz

Der Diabolo wird in einem Kasten geliefert, der – in Styroporlocken sorgfältig verpackt – die Kabinenhaube, alle langen Teile wie Heckrohr und Streben sowie unter einem Zwischenboden, einen kleinen Mechanikkasten enthält. In diesem befindet sich neben vielen Plastikbeuteln das Landegestell und auch die CFK-Teile zur Erstellung des Chassis. Die Bauteile machen einen sehr hochwertigen Eindruck und sind nach unterschiedlichen Bauabschnitten in einzelnen, nummerierten Beuteln verpackt.

Alle Teile passen durch die hohe Bauteilqualität und die damit einhergehenden geringen Fertigungstoleranzen perfekt zusammen. Als Bauanleitung wurde zuvor das online stehende Exemplar mit den Bildern in Originalgröße ausgedruckt. Es zeigte sich jedoch schnell, dass es wesentlich sinnvoller ist, den Zusammenbau des Modells mit der Bauanleitung auf einem Laptop vorzunehmen, da man komfortabel die detailreichen Bilder auf nahezu Bildschirmgröße aufziehen kann. In der Zwischenzeit kam zu der Online-Bauanleitung auch eine Packliste hinzu, die die Identifikation der Bauteile und damit den Zusammenbau noch weiter erleichtert. Zum Datum des Erscheinens dieses Berichts wird außerdem eine detaillierte grafische Anleitung, wie man sie von der Joker-Familie her kennt, erhältlich sein, so dass der Zusammenbau noch leichter und komfortabler vonstatten gehen kann.

Die rechte obere Chassisplatte mit allen Einbauten. Die linke Seite kann nun montiert werden.



Die Hauptzahnäder des Diabolo (links) und Joker 3 im Vergleich.

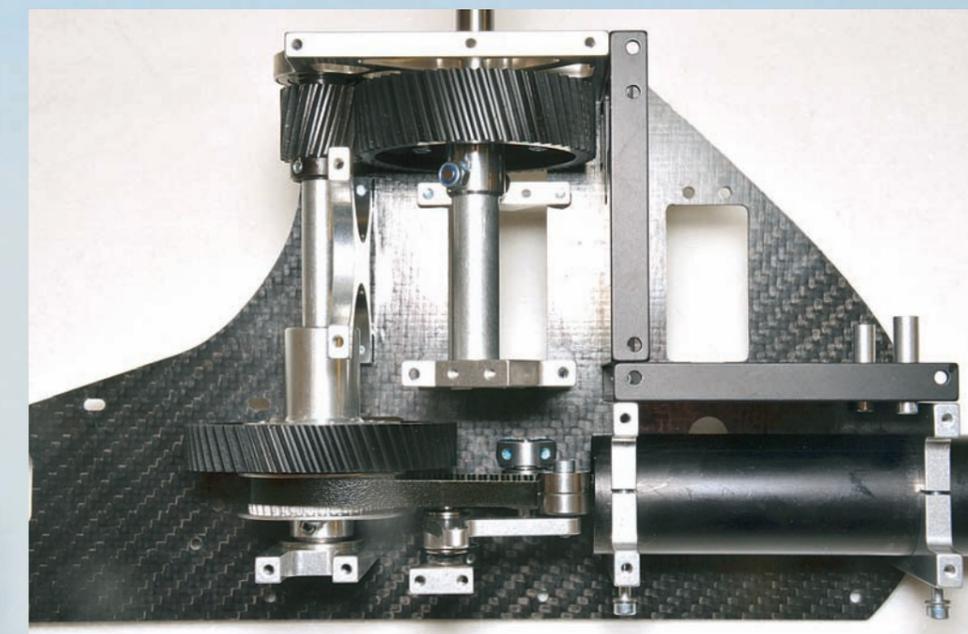
»Zum Datum des Erscheinens dieses Berichtes wird außerdem eine detaillierte grafische Anleitung, wie man sie von der Joker-Familie her kennt, erhältlich sein, so dass der Zusammenbau noch leichter und komfortabler vonstatten gehen kann.«

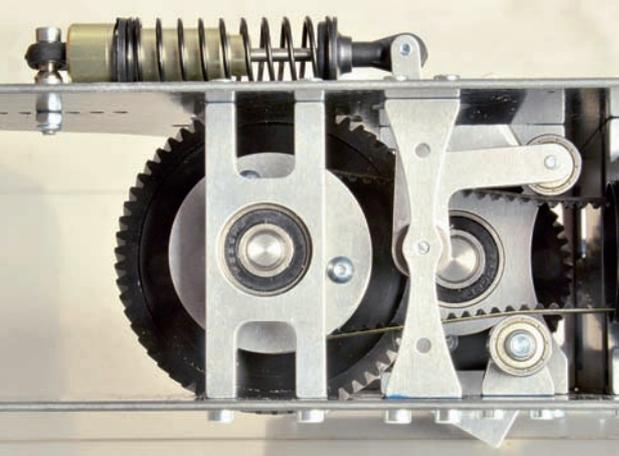
ten Seite des oberen Chassis, an dem zunächst alle Teile, die zum Antriebsstrang und zu den Rollservos gehören, verschraubt werden. Darunter befinden sich beispielsweise die aufwendig gefräste Domlagerplatte, die die Lager für Hauptrotor- und Vorgelegewelle aufnimmt und der untere Rotorwellenbock. Dieser dient gleichzeitig als untere Befestigung der Rollservos. Bevor er eingebaut werden kann, müssen die vorderen unteren Ecken der langen rechteckigen Rollservo-Ausschnitte ausgeschliffen werden, so dass die rechtwinklig sind. Das ist für den lotrechten Einbau der Rotorwelle zwingend erforderlich. Mit einer neuen Feile oder Schleifpapier ist das aber kein Problem.

Mechanik

Wie bei allen Joker-Versionen ist das Chassis zweigeteilt, wobei in das obere Teil der vollständige Antriebsstrang inklusive Motor, Servos und RC-Komponenten integriert ist. Das untere Chassisteil dient im wesentlichen der Akkuaufnahme und der Befestigung des Landegestells. Der Bau beginnt mit der rech-

Das 18 mm breite, schrägverzahnte Hauptzahnrad mit 57 Zähnen wird mit einer Aluminium-Nabe sowie mit der gehärteten 10-mm-Rotorwelle verschraubt und mit einer Distanzhülse (hier war zunächst ein Stelling zur axialen Fixierung vorgesehen) zwischen die Lagerböcke eingesetzt. Passscheiben redu-





Der Riemenspanner im Detail. An der rechten Seitenplatte sitzt eine fest montierte Führungsrolle aus zwei Kugellagern. Links ist die Führungsrolle an einem Kniehebel befestigt, der mit einem außen an der Platte sitzenden Feder-Öldämpfer vorgespannt wird. So wird ein eventuelles Flattern des Zahnriemens wirkungsvoll vermieden.

Die fertig montierte Heckrotornabe. Im nächsten Schritt werden die Blatthalter aufgeschoben und verschraubt.



den großen Riemenscheiben für den Heckrotorantrieb ohne Führungsrollen an der Heckabtriebswelle auskommen, wie sie z. B. im *Joker 2* verbaut wurden, um das Überspringen des Heckriemens zu verhindern. Das einteilige Heckrotorgehäuse ist beim *Diabolo* aus einem Aluminiumblock gefräst und nimmt die gehärtete Heckabtriebswelle und das Riemenrad auf. Zur Montage des Heckrotorgehäuses auf dem Heckrohr werden von innen zwei Klemmbacken lose angeschraubt, auf das geschlitzte Ende des Heckrohrs aufgeschoben und festgeschraubt, womit auch der Umlenkhebelhalter fest sitzt. Diese Lösung zur Befestigung ist nicht nur einfach und wartungsfreundlich, sondern hält auch hohen mechanischen Beanspruchung stand.

Eine weitere Besonderheit dieses Modells ist die Verwendung eines Riemenämpfers, der ein Flattern des Heckriemens unterdrücken soll und gleichzeitig den Riemen auf eine einstellbare Zugkraft vorspannt. Er besteht im Wesentlichen aus einem doppelt kugellagerten Kniehebel der auf einer Seite mit einem Feder-Öldämpfer verbunden ist und auf der anderen mit zwei Kugellagern auf den

Heckriemen drückt. Nach seinem Zusammenbau wird er, genau wie die starre, ebenfalls doppelt kugellagerte Umlenkrolle zur Führung des Heckriemens an den entsprechenden Positionen im Chassis verschraubt. Nachdem die linke Chassisplatte aufgeschraubt wurde, kann das Heckrohr so weit verschoben werden, bis die Zugspannung des Riemens leicht auf die Führungslager am Kniehebel drückt. Der Stoßdämpfer wird an der dritthintersten Bohrung der Seitenplatte

Das Innere des Heckrotorgetriebes. Gut zu erkennen: die zwei Klemmbacken, die später innen im Heckrohr sitzen.



verschraubt. Durch die Wahl des Befestigungspunkts kann die Vorspannung später noch variiert werden.

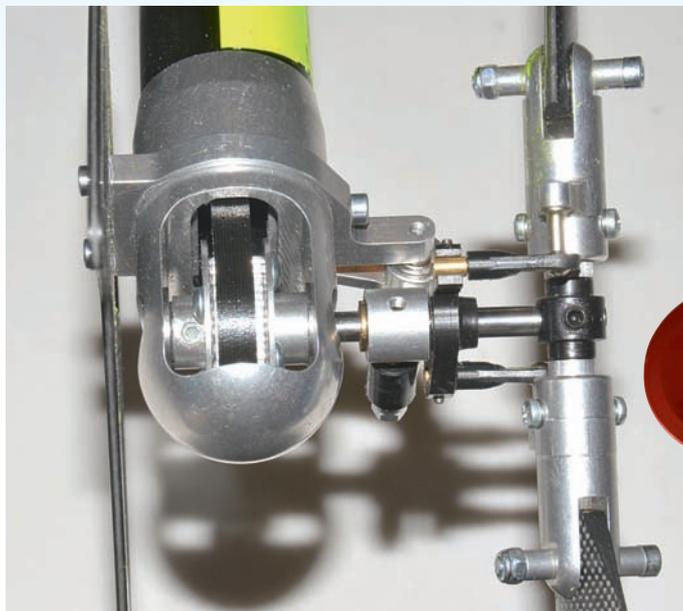
Der Heckrotor verfügt über eine Stahlnabe, auf der pro Seite ein Axial- und zwei Radiallager befestigt werden. Zwischen letzteren sitzt ein Haltering, auf dem die aus Aluminium gefrästen Blattgriffe mit M3-Schrauben verschraubt werden. Nach dem Zusammenbau der Einheit sollte ein geringes Axialspiel von ca. 0,1 mm vorliegen, um eine unnötige Vorspannung der Drucklager zu vermeiden. Die Pitchhülse ist aus Aluminium hergestellt, die Pitchbrücke ist aus POM gefräst und trägt die verstifteten Gelenke für die Kugelhülsen. Die Blattbefestigungsschrauben tragen beim *Diabolo* Propellermomentgewichte aus je zwei Aluminiumhülsen, durch die sich die Stellkräfte des Servos verringern.

Im Gegensatz zum *Joker 1* und *2* wurde der Durchmesser der Riemenscheibe im Heckrotorgetriebe von 14,5 auf 24,1 mm (26 Zähne) vergrößert, so dass beim *Diabolo* auch hohe Leistungen am Heckrotor ohne nennenswerten Verschleiß des Riemens übertragen werden können. Die Übersetzung beträgt so 1:4,75. Als Tuningteil erreichte mich Mitte Juni dann noch eine Riemenscheibe mit rot eloxierten Bordscheiben, die nur noch 24 Zähne aufweist und für Piloten gedacht ist, die den *Diabolo* mit niedrigen Hauptrotordrehzahlen fliegen möchten bzw. generell eine noch höhere Drehzahl am Heck bevorzugen. Damit beträgt die Übersetzung dann 1:5,15.

zieren das Axialspiel auf ein Minimum. Der Freilauf des *Diabolo* wird nicht mehr auf der Hauptrotorwelle, wie z. B. beim *Joker 3*, montiert, sondern auf die Vorgelegewelle. Durch die zusätzliche Untersetzung von 3,17 lässt sich ein kompakteres Freilaufsystem realisieren. Der Vorgelegestrahg beinhaltet das schrägverzahnte Stahlritzel (18 Zähne) zum Antrieb des Hauptzahnrad, die Freilaufnabe mit einem 11 mm breiten, schrägverzahnten Delrinzahnrad (62 Zähne) sowie das Riemenrad für den Heckrotorantrieb. Diese Einheit wird in das vordere Kugellager der Domlagerplatte geschoben, die Welle an der Kugellageroberkante bündig ausgerichtet, der Riemen für den Heckrotorantrieb in das Riemenrad eingelegt und der untere Lagerbock verschraubt. In Verbindung mit einem Motorritzel von 18 Zähnen ergibt sich eine Gesamtuntersetzung von 12,63:1. Alle Zahnräder des Hauptrotorantriebs werden bei *micopter* gefräst und laufen sehr sauber rund. Die Antriebsritzel bestehen jeweils aus Stahl.

Heck und Heckrotorgetriebe

Das 912 mm lange Heckrohr hat einen Außendurchmesser von 30 sowie eine Wandstärke von lediglich 0,5 mm und wiegt nur 103,5 g. Es ist aus schwingungsabsorbierendem, schwarz eloxierten Aluminium hergestellt. Es ist sehr biegesteif und kann in Verbindung mit



Der Heckrotor des *Diabolo* überzeugt durch leichtgängigkeit und Spielfreiheit. Buchsen auf den Blatthalterschrauben dienen als PMG.



Ein Tuning-Riemenrad sorgt für mehr Drehzahl am Heck, was sich gerade bei niedrigeren Hauptrotordrehzahlen als sinnvoll erweist.



Die elastisch aufgehängte Führung der Heckanlenkung.



Die Ansteuerung des Heckrotors erfolgt wie bei den *Jokern* mit einem 4-mm-CfK-Rohr, das zur Schwingungsunterdrückung allerdings nun in zwei elastisch gelagerten Kunststoffhüsen geführt wird.

Unteres Chassis

Das untere Chassis dient im Wesentlichen zur Aufnahme des Antriebsakkus. Mit einer lichten Weite von 64 und einer Höhe von 68 mm können alle gängigen Akkus, ob jetzt zwei 6s- oder ein 12s-Pack mit 5.000 mAh untergebracht werden; optional besteht auch die Möglichkeit, noch größere Energiespeicher zu nutzen. Die Akkus werden mit O-Ringen gegen vier mit Silikon-schlauch überzogene Distanzbolzen nach oben hin hängend festgespannt. So wandert der Schwerpunkt weiter nach oben, was sich positiv auf die Wendigkeit auswirkt. Auch bei sehr hohen Beschleunigungen, wie sie z. B. bei extremen 3D-Manövern auftreten, verrutschen die Akkus nicht. Die vorderen beiden Distanzbolzen haben Querbohrungen und fungieren gleichzeitig als Träger für eine Aluminiumplatte, die den Drehzahlregler aufnimmt.

Nach Fertigstellung dieser Baugruppe werden die beiden Aluminium-Kufenbügelhalter verschraubt, an denen später das Landegestell montiert wird. Beim *Diabolo* kann man zwischen einem Landegestell aus CfK, das leichter und teurer ist, und dem dem Baukasten beiliegenden aus schwarz eloxiertem Aluminium wählen. Ich bevorzuge die Aluminium-Version, da sie sich (sicher nicht nur) bei mir in der Vergangenheit bei härteren Landungen sehr bewährt hat. Im Gegensatz zu CfK nimmt sie bei höheren Belastungen, wie sie z. B. bei verunglückten Autorotationslandungen auftreten können, weitgehend die kinetische Energie auf. Bei dem hier verwendeten Aluminium-Landegestell muss darauf geachtet werden, dass der hintere Kufenbügel etwa 8 mm höher als der vordere und die Vorderkante der Bügel plan ist, während die Hinterkante zu den Enden hin leicht abgeschrägt ist. Damit steht der *Diabolo* leicht nach vorn geneigt.

Motor

Als Antriebsmotor kommt ein Copter 30/10 von Plettenberg (Vorstellung in ROTOR 2/2011) zum Einsatz. Dieser ist als zehnpoliger Innenläufer konzipiert und verfügt über ein neu entwickeltes Gebläse. Da dessen Lüfterschaukeln zur Effizienzsteigerung profiliert sind, muss bei der Bestellung die Laufrichtung angegeben werden. Für den hier vorgestellten, rechtsdrehenden *Diabolo* wird die rechtsherum laufende Version des Motors benötigt. Der Copter 30/10 kann noch höhere Impulsleistungen als der 30/12 abgeben, wobei dann kurzzeitig Ströme von 150 bis 200 A fließen können. Nach Aussage der Firma Plettenberg wird in den nächsten Monaten der Copter 30/10 evo erscheinen, der gegenüber der aktuellen Version eine leicht geänderte spezifische Drehzahl und eine um ca. 50% erhöhte Drehmomentbelastbarkeit aufweisen soll.

Für den *Diabolo* gibt es zwei verschiedene Motorträgerplatten; eine normale und eine mit einem zusätzlichen 6-mm-Stützlager. Für den Copter wird die Variante ohne Stützlager benötigt, da der Motor eine sehr massive Lagerung der Motorabtriebswelle aufweist. Für die Montage des gehärteten Stahlritzens muss eine etwa 0,5 mm tiefe Fläche an die Abtriebswelle geschliffen werden. Dafür sollte man zuvor alle Öffnungen des Motors sorgfältig abkleben, so dass beim Schleifen keine Metallpartikel eindringen können.

Hauptrotorkopf

Der Rotorkopf ist bis auf die Dämpfungselemente vollständig aus Metall hergestellt. Zu-



Das Innenleben eines Hauptrotorblattgriffs mit zwei Radial- und einem Axiallager.

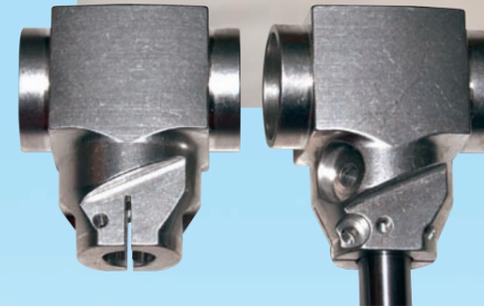
Der eingesetzte Motor: ein Plettenberg Copter 30/10. Für den rechtshdrehenden *Diabolo* wird die rechtsdrehende Version des Motors benötigt.

erst werden die zwei O-Ring-Buchsen aus POM mit jeweils zwei O-Ringen bestückt, die übrigens in unterschiedlichen Härtegraden bestellt werden können. Auf die gehärtete 8-mm-Blattlagerwelle werden pro Seite neben diversen Passscheiben zwei Radiallager, eine Blatthalterbefestigung und ein Axiallager geschoben. Bei der Montage des Drucklagers muss wie üblich darauf geachtet werden, dass die innere Scheibe den größeren Innendurchmesser hat.

Eine gewichtige Rolle nimmt in der Anleitung die korrekte axiale Vorspannung der Blattlagerwelleneinheit ein. Mit dieser soll verhindert werden, dass die O-Ringe unter der auftretenden Last des extremen 3D-Fliegens herausgedrückt werden können. Dazu werden 0,1 und 0,2 mm starke Passscheiben hinzugefügt bis die Radiallager nach dem Festziehen der M5-Schraube in der Blattlagerwelle beim Drehen knacken. Anschließend entnimmt man wieder je eine 0,1-mm-Scheibe, so dass gerade keine Knackgeräusche mehr von den Radiallagern ausgehen,



Der Rotorkopf besteht, wie auch die Taumelscheibe, komplett aus Aluminium und ist sehr spielfrei. Die Taumelscheibenmitnehmer sind direkt am Zentralstück befestigt. Hier erkennt man auch gut die 6 mm messenden Kugeln, die an allen Anlenkungen des Rotorkopfs zum Einsatz kommen.



Links das ursprüngliche, rechts das neue Zentralstück, das noch einmal zusätzlich auf der Rotorwelle geklemmt wird.

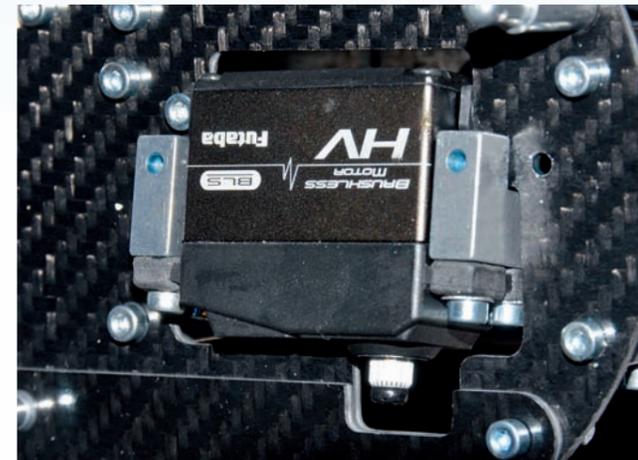
und die Vorspannung ist richtig eingestellt. Danach werden die Blattgriffe montiert. Zur leichteren Montage werden sie mit einem Heißluftföhn auf ca. 150° erwärmt, so dass sie bzw. die Kugellagersitze im Innern sich etwas ausdehnen. Dann werden sie zu den Bohrungen im Befestigungsring fluchtend aufgeschoben. Während des Abkühlens ziehen sie sich und damit auch die Lagersitze geringfügig zusammen und es entsteht eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Radiallagern und Blattgriffen, die auch bei extremen Belastungen nicht nachgibt.

Wie bei allen Hubschraubern aus dem Hause microcopter sind die Anlenkarme mit den Blatthaltern verschraubt und können nach ei-

nem Absturz einfach ausgetauscht werden. Am Aluminium-Zentralstück sind vierfach kugellagerte Taumelscheibenmitnehmer befestigt. Nach Fertigstellung des Hauptrotorkopfs wurde er gegen eine neue Version ersetzt, die eine zusätzliche Klemmung an der Rotorwellenaufnahme hat. Dadurch soll eine höhere Sicherheit bei extremen 3D-Flügen erreicht werden. Bei den neuesten Versionen des *Diabolo*s werden für die Befestigung der Hauptrotorblätter ferner nicht mehr M4-, sondern M5-Schraubschrauben verwendet, womit bei den meisten Rotorblättern die Verwendung von Reduzierhülsen entfällt.

Elektronik

Das Flugverhalten eines Hubschraubers mit Flybarless-Rotorkopf wird zu einem nicht unerheblichen Anteil vom verwendeten Stabilisierungssystem bestimmt. Natürlich müssen aber auch die angesteuerten Servos in ihrer Leistungsfähigkeit berücksichtigt werden. Die hier verwendeten Elektronikkomponenten bestehen aus dem AC-3X der Firma Plöching, das schon seit längerer Zeit auf dem Markt ist und sich durch ein sehr neutrales Flugverhalten auszeichnet sowie Servos von robbe/Futaba.



Das Heckservo sitzt auf speziellen Haltern in einem Ausschnitt im hinteren Bereich der Mechanik.

An der Taumelscheibe kommen BLS272HV zum Einsatz, die sich durch einen breiten Spannungsbereich (von 2,5 bis 8,4 V), ein hohes Drehmoment und ein Metallgetriebe mit sehr geringem Spiel, verbunden mit einer sehr geringen Stellzeit auszeichnen. Zusammen mit dem Heckrotorservo BLS256HV erhält man so eine sehr leistungsfähige elektromechanische Ansteuerung.

Servoeinbau

Wie bei allen microcopter-Modellen wird die Taumelscheibe von drei Servos im Winkel von 120° angesteuert. Die Rollservos sind dabei vor der Rotorwelle schräg in den Seitenplatten, das Nickservo dahinter auf vier Distanzhülsen an der rechten Seitenplatte verschraubt. Wie bereits erwähnt, erfolgt die Anlenkung ohne Push-Pull-Hebel über 3 mm starke Gewindestangen geradlinig und direkt. Um die hohen Stellkräfte, die bei einem Flybarless-Heli auftreten können, entsprechend umsetzen zu können, werden beim *Diabolo* nur noch Kugelbolzen mit 6 mm Außendurchmesser verwendet, die nicht mehr von den Kugelpfannen getrennt werden können. Die Steuerstangen zu den Blatthaltern besitzen ein Rechts-Links-Gewinde, so dass man mit einem dem Bausatz beiliegenden, gefrästen Maulschlüssel und einem verstellbaren Maulschlüssel (»Engländer«) den Spurlauf des Hauptrotors sehr leicht und absolut exakt einstellen kann.

Die Montage des Heckrotorservos wird wie folgt durchgeführt: Zuerst werden die zwei L-förmigen Servoträger mit vier Inbusschrauben M3 an das Servo geschraubt. Entgegen der Anleitung sollte danach nur der linke, vertikal stehende Gewindeblock von innen mit dem Chassis verschraubt werden. Darauf wird das Heckservo beginnend mit dem Kabelausgang in den Ausschnitt gekippt und die linke Seite mit dem bereits montierten Gewindeblock verschraubt. Erst danach

kann man mit Hilfe einer langen Flachrundzange den rechten, horizontal stehenden Gewindblock zuerst mit das Chassis und dann mit dem Servo verschrauben. Bei dem aktuellen Baukastenversion des *Diabolo* sind die Böcke nun 2 mm länger, so dass das Heckservo weiter innen im Chassis positioniert ist.

Drehzahlregler

Der hier verwendete Drehzahlsteller HELI JIVE 120+ HV von Kontronik gehört zu den kompaktesten Drehzahlstellern, die auf dem Markt sind. Neben den ausgezeichneten Regeleigenschaften und dem weichen Anlaufverhalten weist der er eine Dauerbelastung von 120 A bei einer maximalen Eingangsspannung von 50 V auf und ist somit sehr gut für 700er Hubschrauber mit 12s-Li-Pos geeignet. Die Dauerbelastung ließe sich noch durch das Anbringen des beiliegenden Kühlkörpers auf der Rückseite erhöhen, was allerdings bei den Testflügen bei Außentemperaturen von über 30° bisher nicht als notwendig erschien. Der Regler wird bei mir im Helimodus 4 betrieben, bei dem sich je nach Spannungslage der Akkus leicht andere Drehzahlen einstellen. Er wurde auf der vorgesehenen Aluplatte mit einem Gummi- und einem Klettband fixiert. Dabei wurde die Wärmeleitfläche des HELI JIVE zur Wärmekopplung mit der Aluplatte mit Wärmeleitpaste versehen.

RC-Anlage

Das Flybarless-System kann bequem auf der dafür vorgesehenen CfK-Platte befestigt werden. Sehr kleine Empfänger können unter dieser Plattform platziert werden. Ich setze einen robbe/Futaba R6208SB ein, der mit einer dünnen Schaumstoffolie unterhalb des U-Profiles zwischen Heckrohr und Seitenplatte befestigt wurde. Dank eines weiteren Updates (erhältlich seit etwa Mitte Juni) in Form eines U-Profiles mit Aussparung lassen



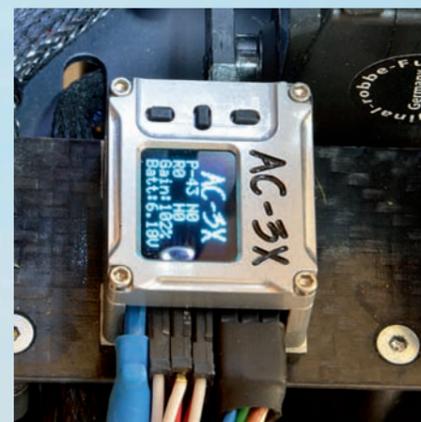
Die fertig aufgerüstete Mechanik des *Diabolo*.

sich die Kabel zum Empfänger jetzt übrigens elegant innerhalb der Mechanik verlegen.

Haube

Die aerodynamisch optimierte Haube ist aus GfK und in hoher Qualität hergestellt. Sie liegt eng am Heckrohr an und ist in verschiedenen Farben erhältlich. Die Farbkombinationen mit den Aufklebern kann bei der Bestellung festgelegt werden. Zur Verbesserung der Wärmeabfuhr von Motor und Regler können Lüftungsschlitze in den Frontbereich der Haube gefräst werden. Die vordere Befestigung erfolgt mit zwei Kunststoffzylinder, die von innen aufgeschraubt werden. Diese sind nach hinten ausgefräst und werden für die Montage der Haube einfach auf zwei Aluminiumbolzen am Chassis aufgeschoben. Die Haube wird zur Montage leicht aufgebogen, auf die Mechanik aufgeschoben und auf zwei Bolzen aufgeklippt. Auch wenn man dies mehrere hundert Mal macht, zeigt das GfK-Material keine Ermüdungserscheinungen.

Das AC-3X sitzt auf der ihm zugedachten Platte hinten oberhalb des Heckrohrs.



Einstellung

Nachdem alle mechanischen Arbeiten erledigt wurden, konnten die elektronischen Komponenten wie das AC-3X und der HELI JIVE programmiert und getestet werden. Hier sollte man sich genügend Zeit nehmen, um alle Parameter korrekt einzustellen.

Bevor ein neu aufgebaute Hubschrauber bei mir abheben darf, werden verschiedene Tests ohne montierte Hauptrotorblätter durchgeführt. Dabei fiel als erstes auf, dass das Heckservo über den gesamten Winkelbereich ungleichmäßig lief und in der Nullstellung keine Stellkraft aufwies. Da die Framerate mit 200 Hz (760 µs Neutralimpulslänge) korrekt eingestellt war. Ein Update des AC-3X behob das Problem aber. Als zweites fiel auf, dass es beim Hochfahren des Hauptrotors auf Schwebeflugdrehzahl immer wieder zu nicht genau reproduzierbaren, impulsartigen Anstiegen der Drehzahl kam. Nach Rücksprache mit Kontronik wurde dann der HELI JIVE resettet, womit dieses Problem erledigt war.

»Bisher wurden etwa 250 Flüge mit dem *Diabolo* absolviert. Durch die sehr gut durchdachte Mechanik und die entsprechende Antriebsauslegung konnte bisher keinerlei Verschleiss festgestellt werden.«



Flugerfahrungen

Gleich beim ersten Flug fiel das sehr leise laufende Getriebe auf. Man hört hauptsächlich die Haupt- und Heckrotorblätter. Durch die zuvor sorgfältig durchgeführten Einstellarbeiten musste weder der Spurlauf noch die Trimmung verändert werden. Der *Diabolo* wurde mit verschiedenen Haupt- und Heckrotorblättern getestet. Eine sehr gut harmonisierende Ausstattung sind z. B. die 720 mm langen Hauptrotorblätter NHP Razor Pro in

AUF EINEN BLICK

gefallen hat:

- ▶ Verarbeitungsqualität
- ▶ sehr leises Laufgeräusch
- ▶ hoher Leistungsdurchsatz möglich
- ▶ gute Sichtbarkeit
- ▶ präzises Steuerverhalten

nicht ganz überzeugen konnte:

- ▶ Bauanleitung nur Online

Kombination mit 110 mm langen Heckrotorblättern von SAB. Mit den langen Blättern reduziert sich nochmals die Kreisflächenbelastung des Hauptrotorsystems bei gleichzeitig noch sehr guter Wendigkeit.

Unter Verwendung der kleinen Riemenscheibe (24 Zähne) für den Heckrotor und den 720 mm langen Hauptrotorblättern kann der *Diabolo* auch mit 1.280 U/min am Hauptrotor noch durch viele 3D-Figuren wie z. B. Rollenkreis oder Nicküberschlagskreis gesteuert werden. Sogar Piro-Flips lassen sich damit noch fliegen. Allerdings ist dann die Regleröffnung am JIVE in Kombination mit dem Copter 30/10 und dem verwendeten Zahnrad von 18 Zähnen eher gering, was natürlich nicht gerade im besten Wirkungsgradbereich der Antriebskomponenten liegt.

Bisher wurden etwa 250 Flüge mit dem *Diabolo* absolviert. Durch die sehr gut durchdachte Mechanik und die entsprechende Antriebsauslegung konnte bisher keinerlei Verschleiss festgestellt werden. Das Modell fliegt auch bei hohen Geschwindigkeiten sehr neutral und ist trotz seiner 750er Größe sehr agil und zeichnet sich durch seine außerordentliche Leichtfüßigkeit im Flug aus.

Auch der Copter 30/10 zeigte während der Erprobung keinerlei Ausfallerscheinungen. Auch bei mehreren direkt aufeinanderfolgenden Flügen bei Temperaturen bis 30° kam es nur zur einer Temperaturerhöhung von ca. 25 Kelvin, was immer noch ein niedriger Wert ist. Die aktuelle Version läuft in Kombination mit dem schrägverzahnten Getriebe des *Diabolo*s leise und ist zugleich sehr kraftvoll, wobei mit dem UniLog Leistungsspitzen bis zu 6 kW und mehr aufgezeichnet wurden (bei 14° Pitch und vollem Nickausschlag).

Der *Diabolo* läßt sich in einem weiten Drehzahlbereich von 1.100 bis etwa 2.100 U/min exakt steuern, wobei er sich bei sehr geringen Drehzahlen und einer entsprechenden Para-

TECHNISCHE DATEN

minicopter Diabolo	
Länge	1.355 mm
Breite	122 mm
Kufenabstand	210 mm
Höhe	380 mm
Hauptrotordurchmesser	1.622 mm
Heckrotordurchmesser	302 mm
Rotorblätter*	NHP Razor Pro, 720 mm, 191 g
Heckrotorblätter*	SAB, 110 mm
Hauptrotordrehrichtung	rechts
Übersetzung Motor/Hauptrotor	12,63:1
Übersetzung Haupt-/Heckrotor	1:5,15
Schwebeflugdrehzahl	1.400 U/min
Kunstflugdrehzahl	1.680 bzw. 1.860 U/min
Motor* Plettenberg Copter 30/10, 580 U/min/V	
Regler*	Kontronik HELI JIVE 120+ HV Typ
Akku*	SLS 45/90C, 12s, 5.000 mAh
Taumscheibenanlenkung	CCPM 120°
TS-Servos*	robbe/Futaba BLS272HV
Flybarless-System*	Plöchinger AC-3X
Heckservo*	robbe/Futaba BLS256HV
Empfänger*	robbe/Futaba R6208SB
Pufferakku*	Sanyo Eneloop, 6 V, 2.000 mAh
Abfluggewicht	5.508 g
RC-System*	robbe/Futaba T14MZ
Preis	€ 950,-

Hersteller/Vertrieb/Bezug minicopter
(www.minicopter.de)

* nicht im Lieferumfang

metrisierung des AC-3X lammfromm durch die Lüfte steuern läßt. Bei Rotordrehzahlen jenseits von 1.800 U/min zeigt er seine wahren Fähigkeiten, die seinem Namen durchaus gerecht werden. Neben sehr harten 3D-Figuren lassen sich mit dieser Ausstattung mühelos Loopings mit einem Durchmesser von gemessenen 140 m und mehr fliegen. Dies ist unter anderem der Verwendung von ausschließlich hochwertigen Materialien und einer auf sehr hohe Leistungen konzipierten Mechanik geschuldet.

Fazit

Alle hier verwendeten Komponenten konnten während der Testphase von vier Monaten überzeugen, wobei sich einmal mehr der hohe Grad deutscher Ingenieurskunst manifestieren konnte. Von den 20 bisher von mir geflogenen unterschiedlichen 700er Hubschraubern ist der *Diabolo* in dieser Ausstattung der schnellste und leistungsstärkste Hubschrauber; und dies mit einem beeindruckenden Abstand.



Die Haube des *Diabolo* kommt in sehr guter Qualität aus dem Kasten. Die Farbkombination kann bei der Bestellung gewählt werden. Sie ist leicht und hat eine sehr gute Aerodynamik.