

Basiswissen für Modellhelipiloten

Aufbau & Grundeinstellung
von Modellhelicoptern

**Uwe Caspart
Markus Fiehn**

ROTOR EDITION

ISBN 978-3-923142-81-1

Artikel-Nr. 463610, EUR 19,90

1. Auflage 2013 © by Modellsport Verlag GmbH

Postfach 2109, 76491 Baden-Baden,

modellsport@modellsport.de, www.modellsport.de

Herausgeber: Redaktion der Fachzeitschrift ROTOR, www.rotor-magazin.com

Das Urheberrecht und alle weiteren Rechte liegen beim Verlag. Übersetzung, Nachdruck und die Übernahme auf elektronische Datenträger wie CD-ROM, Bildplatte u. Ä. sowie Speicherung in elektronische Medien wie Bildschirmtext, Internet usw. ist ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Verlags nicht gestattet.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
<hr/>	
Basic Patterns	
⊖ Begriffe und Abkürzungen	10
⊖ Grundsätzliches zur Sendereinstellung	22
⊖ Gas- und Pitcheinstellung	32
⊖ Dual-Rate, Expo und Gain	42
<hr/>	
Alles über Servos	
⊖ Die richtige Auswahl der Servos	52
⊖ Servoeinbau	60
<hr/>	
Der Heckrotor	
⊖ Funktion, Probleme sowie Lösungen	70
<hr/>	
Der Hauptrotor	
⊖ Funktionsweise und die verschiedenen Bauarten	82
<hr/>	
Rotorkopf-Hardware	
⊖ Aufbau und Bestandteile eines Rotorkopfs	90
<hr/>	
Rotorkopf-Montage	
⊖ Tipps und Tricks zur richtigen Montage	98
<hr/>	
Drehende Flügel	
⊖ Auswahl und Umgang mit Rotorblättern	106
<hr/>	
Glossar	
⊖ Begriffe und Fachausdrücke	116
<hr/>	



2 | Basic Patterns

Begriffe und Abkürzungen, die Sie kennen sollten

Zu allererst möchte ich Ihnen kurz die Fachbegriffe rund um das Helifliegen »rüberbringen«. Damit das nicht einfach eine Liste mit Begriffen und Abkürzungen wird, habe ich mich entschlossen, einen Rundumschlag zu machen, in dem möglichst alle Begriffe in ihrem Zusammenhang zur Sprache kommen. Andere, klügere Köpfe als ich schreiben darüber ganze Bücher. Ich versuche, in wenigen Seiten das Wesentliche, also die Basic Patterns aus der Praxis an den Mann bzw. die Frau zu bringen. Möge es mir gelingen. Ins Detail können wir ja später noch gehen, wenn nötig. Sollten bei meinen Erläuterungen noch Fragen offen sein oder ist etwas unklar, so zögern Sie bitte nicht, sich über die Redaktion ROTOR bei mir zu melden. Ich werde in einem der folgenden Artikel gern auf Ihre Frage eingehen.

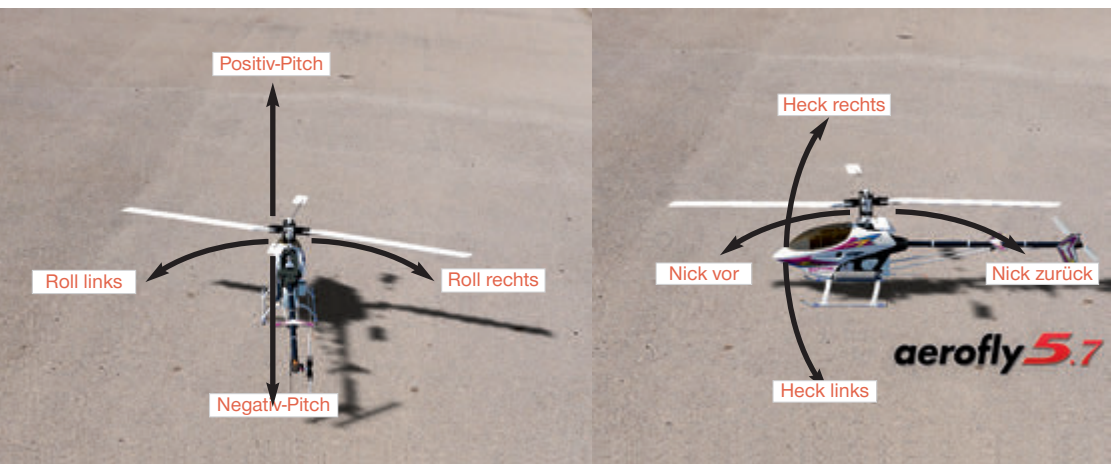
Die Steuerfunktionen: Pitch, Roll, Nick und Heck

Pitch nennt man die kollektive, Roll und Nick die zyklische Blattverstellung des Hauptrotors. Das Heck ist ein eigener Rotor mit kollektiver Blattverstellung.

Kollektiv bedeutet, dass beide (oder alle Blätter bei einem Mehrblatt-Rotorkopf) gleichzeitig und in eine Richtung verstellt werden. Durch den Anstellwinkel der Rotorblätter wird der Auftrieb gesteuert. Das Modell steigt oder sinkt. Am Heckrotor bewirkt es, dass der Heli sich nach rechts oder links dreht; beides in Relation zur Hauptrotorwelle, sprich zur Hochachse

Zyklisch bedeutet, dass die Blätter je nach ihrer Position bei ihrer Drehung um die Rotorwelle angestellt werden. Damit steuern Sie, in welche Richtung der Heli bzw. die Rotorebene sich neigt und somit die Flugrichtung. Dies ist in alle Richtungen möglich. Die Rotorebene ist dabei die Fläche, die sich bildet, wenn sich die Hauptrotorblätter schnell drehen. Das kennen Sie vom Propeller an Flugzeugen.

Ein Hubschrauber, egal ob Modell oder bemanntes Vorbild, wird über die Funktionen Pitch, Roll, Nick und Heckrotor gesteuert.





Es gibt sowohl Sender, deren Ergonomie so abgestimmt wurde, dass sie sich optimal in der Hand halten und mit den Daumen bedienen lassen, als auch solche, bei denen alle Bedienelemente so angeordnet sind, dass sie sich beim Betrieb in einem Pult optimal erreichen lassen.

Hausnummern für die Anstellwinkel für kollektives und zyklisches Pitch sind $\pm 8 - 12^\circ$ bzw. $\pm 4 - 8^\circ$, wobei sich die Werte beim gleichzeitigen Steuern natürlich addieren bzw. subtrahieren. Gebe ich 6° zyklisch rechts, ergibt dies auf der einen Seite $+6^\circ$, auf der anderen -6° . Gebe ich noch 6° kollektiv dazu, sind es rechts $+12^\circ$ und links 0° .

Hier wäre jetzt eigentlich eine Exkursion in die Themen Phasenverschiebung und Kreiselprezession angebracht, denn wenn man auf die Rotorblätter schaut, stellt man fest, dass die Taumelscheibe genau die Bewegungen macht, die man zyklisch steuert (positives kollektives Pitch erreicht man je nachdem, ob die Blätter von vorn oder hinten angelenkt werden, durch Heben oder Senken der Taumelscheibe), die Rotorblätter aber um 90° versetzt agieren.

Die Erklärung, warum dies so ist, ist nicht ganz einfach und endgültig durchschaut habe ich sie selbst noch nicht vollständig. Für unsere Reihe ist sie aber auch nicht von Bedeutung. Wichtig ist, dass wir wissen, dass dies so ist. Wer versuchen möchte, diese Thematik vollständig zu durchschauen, kann gern Google bemühen. Die Suchbegriffe sind »Rotor« und »Phasenverschiebung«.

All das will angesteuert werden: Regler, Motor, Empfänger, Servos und Gyro.

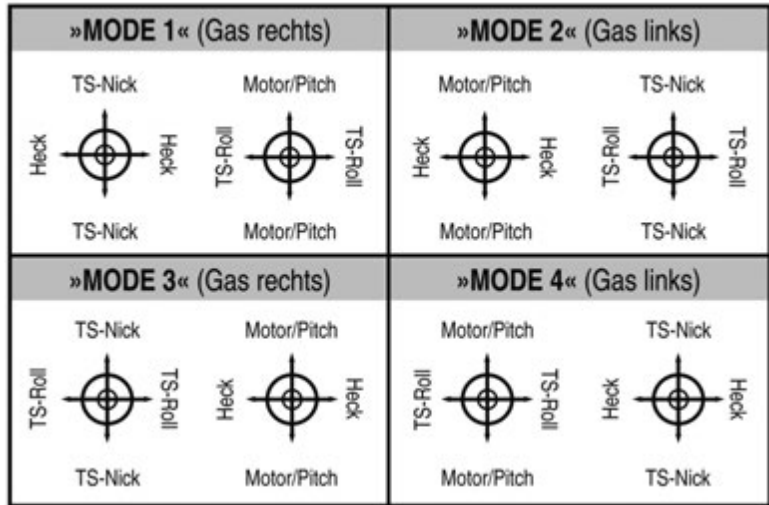
Steuermodos

Damit die Steuereingaben von Ihren Fingern auf die Haupt- und Heckrotorblätter übertragen werden können, bedarf es einiger Technik. Das HID (Human Interface Device) bei den Modellfliegern ist der Sender (oder auch englisch TX = Transmitter). Dieser hängt Ihnen entweder um den Hals und Ihre Hände liegen locker auf (Pultsen-



»Man unterscheidet nach vier Steuerknüppelanordnungen, im Volksmund auch Stickmodes genannt. Am sinnvollsten für das Helfliegen sind die Modes 2 und 3, bei denen die Taumelscheibenfunktionen auf einem Steuerknüppel liegen, so dass dessen Bewegung auch der des Modells entspricht.«

Grafik: Graupner



der) oder Sie halten ihn in den Händen (Handsender). Gesteuert wird über die Knüppel (Sticks) in dem Mode (Knüppelbelegung), den der Pilot gewählt hat.

Mode bedeutet also nichts anderes, als die Art, wie die Steuerbefehle den Knüppeln zugeordnet sind. Jede Funke (Slang für Sender) kann prinzipiell auf jeden Mode geproggt (Slang für Programmieren) werden. Achten muss man darauf, ob die Mechanik umgebaut werden kann (Taumelscheiben- und Heckknüppel gehen beim Loslassen auf Mittelstellung, Pitch bleibt, wo es ist) oder entsprechend dem gewählten Mode gekauft werden muss.

Für die unterschiedlichen Anordnungen gibt es die Steuermodi 1 – 4. In jedem dieser Modi kann dann der Pilot die jeweiligen Steuerrichtungen einstellen. Typischerweise verwenden konvertierende Flächenflieger Mode 1 oder 4, reine Helfflieger die Modi 2 oder 3.

Ich empfehle für Neueinsteiger in die Helffliegerei dringend Mode 2 oder 3. Bei diesen liegt die Taumelscheibe auf einem Knüppel, so dass der Heli genau die Bewegungen macht, die Sie mit diesem Knüppel ausführen. What you do is what you get. Sie ersparen Ihren Synapsen damit die Verteilung der Steuerbefehle auf zwei Hände.

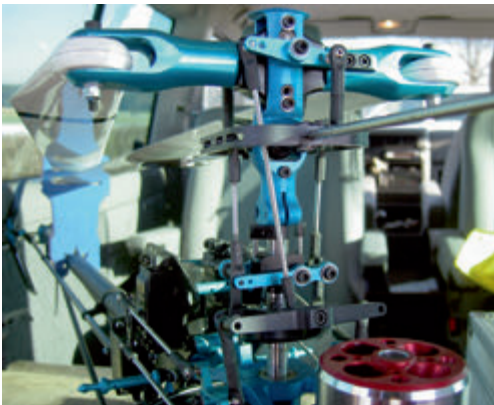
Gibt es bei den Modi noch reichlich Diskussion, welcher denn nun der beste ist, herrscht bei den Steuerrichtungen fast eitel Freude und Einigkeit: Pitch rein (Knüppel nach vorn) und der Heli steigt, Nick drücken (Knüppel nach vorn) und die Nase kippt nach unten, Roll rechts (Knüppel nach rechts) und der Heli kippt nach rechts, Heck links (Knüppel nach links) und die Nase dreht sich nach links.

« Mode bedeutet also nichts anderes, als die Art, wie die Steuerbefehle den Knüppeln zugeordnet sind. Jede Funke (Slang für Sender) kann prinzipiell auf jeden Mode geproggt werden.

5 | Basic Patterns

Dual-Rate, Expo und Gain

Hebelelei an Paddelköpfen: Die »Programmierung« der zyklischen Eigenschaften erfolgt hauptsächlich durch Versetzen der Anlenkpunkte.



Warum Dual-Rate und Expo?

Als es um die Schalterbelegungen ging, habe ich geschrieben, dass dies zwei sehr mächtige Funktionen sind. Was Pitch- und Gaskurve für den Auftrieb, sind Dual-Rate und Expo für das Steuerverhalten. Dual-Rate ist zuständig für die maximalen Drehraten, Expo für das Verhältnis von Knüppelposition zu Drehrate – also mal ganz grob gesprochen. Ich schreibe hier absichtlich nichts von Servowegen, denn was da bei welcher Knüppelstellung tatsächlich an »Bewegung« beim Heli ankommt, ist von zig Faktoren abhängig:

- ⊖ Größe und Gewicht des Helis: Je mehr Masse, um so mehr Kraft wird benötigt diese zu beschleunigen.

- Massenverteilung am Modell relativ zum Drehpunkt: Hebelgesetz – je länger der Hebel, desto weniger Kraft wird benötigt. Masse weit weg vom Drehpunkt = kurzer Hebel, Masse nah am Drehpunkt = langer Hebel.

- Zur Verfügung stehende Leistung: Ohne Kraft keine Beschleunigung. Erst »würgt« der Motor, ehe Drehrate rauskommt.

- Drehzahl: Je höher die Drehzahl, je mehr und schneller können die Blätter bei Einstellwinkel X »Luft schaufeln«.

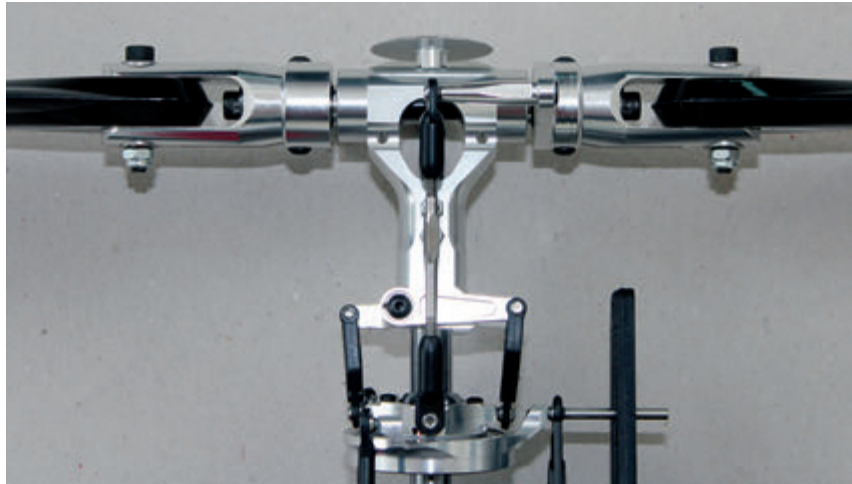
- Mechanisch mögliche Wege, somit mögliche Einstellwinkel der Blätter: Je höher dieser ist, desto mehr und schneller können die Blätter bei Drehzahl X »Luft schaufeln«

- Blattgeometrie, also Länge, Profiltiefe und Profilform: Primär ist die Länge ausschlaggebend. Daraus ergeben sich der Rotorkreis und dessen Fläche. Gibt man das Gewicht dazu, erhält man die Flächenbelastung. Zyklisch betrachtet ist die Blattlänge der Hebel. Profiltiefe und Form bestimmen Auftrieb und Wirkungsgrad.

- Blattkonstruktion und -Material und damit Biege- und Torsionssteifigkeit: Je steifer ein Blatt, um so direkter wird es die Kraft umsetzen.

- Blattgewicht und Lage des Schwerpunkts: Alles was bezüglich der Massen für den Heli gilt, gilt auch und zuerst für die Blätter. Wir steuern nicht das Modell, sondern die Blätter. Die Blätter »ziehen« letztendlich nur den Heli ihrer Bewegung hinterher. Schwere Blätter sind träger als leichte. Für den Schwerpunkt gilt ebenfalls das Hebelgesetz. Der Schwerpunkts hat

aber nicht nur eine Position in der Länge des Blatts, sondern auch in dessen Tiefe. Dadurch und mit der Lage der Befestigungsbohrung ergibt sich der so genannte Vorlauf der Blätter. Je größer dieser ist, desto geringer sind die Rückstellkräfte. Das Blatt »will« sich anstellen und umgekehrt. Sowohl beim Paddel- als auch beim Flybarless-Modell hat das große Auswirkungen auf den Regelkreis.



→ Hebelverhältnisse am Heli: Die Drehbewegungen der Servos werden in lineare Bewegungen der Gestänge umgewandelt. Dadurch ergibt sich, dass bei zunehmendem Drehwinkel der Weg pro Winkelzunahme geringer wird. Das gleiche gilt umgekehrt, wenn aus der linearen Bewegung wieder eine Drehbewegung wird. Dazu kommen dann noch unterschiedliche Hebellängen, also Über- und Untersetzungen an den Servos, den Umlenkhebeln der Taumelscheibe und des Rotorkopfs. Schon haben wir unendlich viele Varianten, welchen Winkel die Blätter bei welchem Steuerinput haben können.

→ Typ und Einstellung des Paddelkopfs: Wir haben das Paddelsystem mit der Stabilisierung durch die Kreiselkräfte (Bell) und der indirekten Steuerung durch die Paddel (Hiller) und den direkte Anteil von der Taumelscheibe. Geometrie, Mischverhältnisse, Größe und Gewicht der Paddel, Länge der Paddelstange, Delta usw. sind hier die Einflussgrößen.

⊖ Flybarless-Heli: Macht eigentlich nichts anderes, als Steuerinputs in Drehraten umzusetzen. Das »Wie« kann anhand der Parametrierung eingestellt werden. Außerdem haben die Flybarless-Systeme je nach Hersteller auf Grund der verwendeten Algorithmen in der Programmierung jeweils eine eigene Charakteristik.

→ Die Aerodynamik des Helis: Diese spielt natürlich auch eine Rolle. Unser Modell bewegt sich in der Luft und wird von Rotor- sowie Fahrtwind umströmt. Rumpf oder Haube bieten Widerstand, können je nach Form und Flugrichtung stabilisierend sein oder aber eine gewollte Bewegung behindern.

Sie sehen, es ist ein ganzes Universum an Faktoren, die beeinflussen, was unser Heli letztendlich auf Grund seines Setups »kann«. Damit meine ich hier die maximalen Drehraten und wie schnell der Heli auf diese beschleunigt bzw. wieder abgestoppt werden kann – 100% des Machbaren.

Ist der Heli flugfertig aufgebaut und eingestellt, sind all diese Einflussgrößen bis auf die Drehzahl mehr oder weniger konstant. Input am Sender wird zu Output am Heli, so wie dieser es eben auf Grund seiner Hardware und seiner Einstellung (Stimmt so nicht ganz, denn es gibt ja auch Flybarless-Elektroniken, bei denen zwischen Parametersätzen umgeschaltet werden kann) kann.

Der Flybarless-Kopf des Thunder Tiger Titan X50. Die Programmierung erfolgt in der Stabilisierungselektronik.

“ Sie sehen, es ist ein ganzes Universum an Faktoren, die beeinflussen, was unser Heli letztendlich auf Grund seines Setups kann.

6 | **Alles über Servos**

Die richtige Auswahl der Servos

Von den Sendereinstellungen gehen wir nahtlos über auf das, was vom Sender angesteuert wird: die Servos. Die unterscheiden sich erst mal in ihrer Größe. Als »Normgrößen« kennen wir Mikro-, Mini-, Midi-, Standard- sowie Maxi-Servos und dazwischen noch alle möglichen Abstufungen für z. B. Flächenservos, Cars usw. Wirklich genormt ist da – soweit mir bekannt ist – nichts, aber es gibt wohl ein Agreement unter den Herstellern bzgl. der Maße bei den »Normgrößen«.

Wenn also beispielsweise in der Anleitung eines 500ers steht, dass Midi-Servos zu verwenden sind, dann kann man davon ausgehen, dass Midi-Servos – egal welchen Herstellers – passen. Trotzdem empfiehlt es sich, beim Kauf auf die Abmessungen zu achten. Gerade bei den kleineren Servos können geringe Abweichungen bei der Höhe oder den Befestigungspunkten zu ungeahnter Gehirnakrobatik führen.

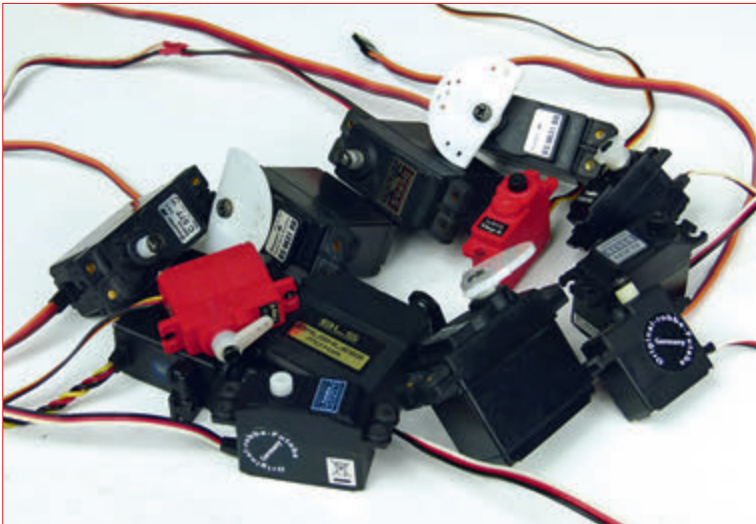
Schier unendlich sind die Unterschiede bei den inneren Werten. Analog, Digital, Coreless, Brushless, Kunststoff- oder Metallgetriebe, 4,8, 6V oder HV, Normal- oder Narrow-Pulse sowie Stellkraft und Geschwindigkeit lassen sich beliebig kombinieren zu dem Servo mit den gewünschten Eigenschaften für die geplante Anwendung.

Im Laufe eines Modellflieger-Lebens sammeln sich Servos der unterschiedlichsten Größen und Bauweisen an.

Analog oder Digital?

Analoge Servos geben ihrem Motor alle 20 ms ein Signal. Wirkt eine Kraft auf das Servo, braucht die Steuerelektronik bis zu 20 ms, um dem Motor einen neuen

Spannungsimpuls zu senden. Bei Servos mit digitaler Signalverarbeitung, wie sie heutzutage fast nur noch anzutreffen sind, sendet die Steuerelektronik alle 0,4 ms einen Impuls an den Motor. Der Motor bekommt die Spannungsimpulse viel schneller. Resultat: Digitale Servos sind schneller, genauer und halten ihre Position besser.



Coreless oder Brushless?

Das sind zwei völlig unterschiedliche Paar Stiefel. Gemeinsam ist nur die Endung »less«, also »ohne«. Coreless bedeutet kernlos. Hierbei sind

die Wicklungen vom Rotor des Motors nicht auf einen Eisenkern aufgebracht, sondern in Form eines Rohres ausgebildet ohne eben diesen Eisenkern. Der Vorteil liegt in der geringeren Masse durch das Wegfallen des Kerns sowie dem Wegfallen des Nutenrastens, was sich insgesamt in einer schnelleren Beschleunigung äußert. Einen Nachteil hat diese Bauart allerdings auch: Solche Servos haben weniger Kraft. Außerdem sind sie durch ihr asymmetrisches Wickelschema nur als Bürstenmotor baubar.

Brushless bedeutet bürstenlos. Anstelle von Kohlebürsten übernimmt eine Elektronik die Ansteuerung des Motors – vergleichbar der mechanischen oder elektronischen Zündung oder Benzineinspritzsteuerung beim Auto. Die Vorteile sind: kein Verschleiß von Kohlebürsten und variabelere Ansteuerung. Zündzeitpunkt und -dauer sind beim Bürstenmotor durch den Kollektor vorgegeben, beim Brushless-Motor variabel. Brushless-Servos sind immer digital. In der Praxis zeichnen sie sich durch ein extrem schnelles Ansprechverhalten aus.

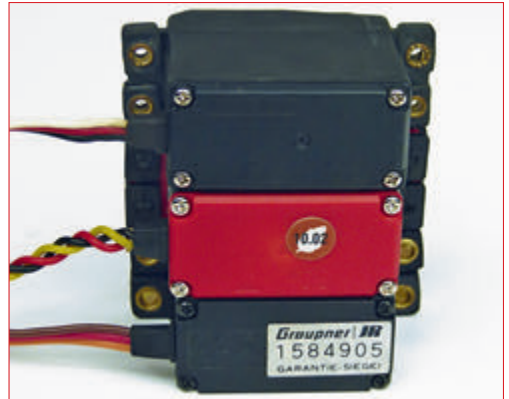
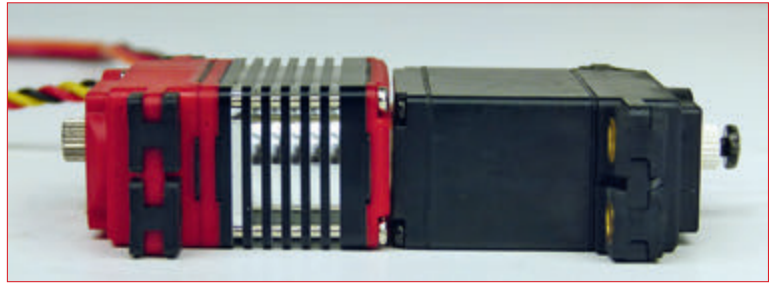
Den Unterschied beim Ansprechverhalten habe ich in der Praxis schon mehrfach am Heck erlebt. Obwohl das verwendete Bürsten-Servo nominal schneller und stärker war, hat das Heck rausgedreht – beim eigentlich langsameren und schwächeren Brushless-Exemplar nicht. Simple Sache: Das normale Servo ist zwar von A nach C schneller, das bürstenlose ist aber schneller bei B und wird erst zwischen B und C von der Bürsten-Variante überholt. Insgesamt haben Brushless-Servos ein besseres Ansprechverhalten, sprich Beschleunigung.

Kunststoff- oder Metallgetriebe

Der Unterschied ist eigentlich klar. Einst galt: Kunststoff = schnell und spielfrei, Metall = langsamer, mehr Spiel, aber extrem robust. Das hat sich inzwischen durch intelligenten Einsatz verschiedener Metalle in den Getrieben sowie bessere und leistungsstärkere Antriebe relativiert. Gute Metallgetriebe-Servos sind inzwischen genauso schnell und spielfrei wie ihre Plastikbrüder, dabei aber um ein Vielfaches robuster. In meinen Helis werkeln nur noch Servos mit Metallgetrieben.

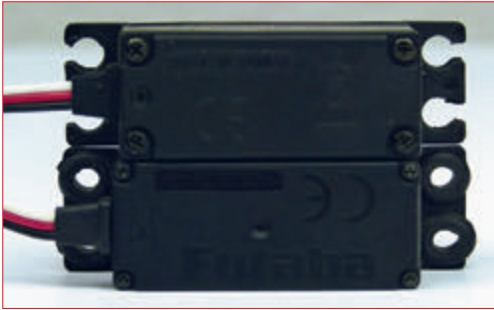
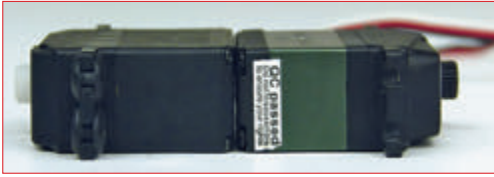
Nennspannung

Groß ist die Verwirrung, und diese kommt aus der Zeit, als die Empfängerstromversorgung noch aus Nickel-Cadmium-Akkus oder stinknormalen Batterien kam. Man redete nicht von Spannung, sondern von der Zellenzahl. Vier Zel-



»Standard-Servos« haben meist eine Grundfläche von etwa 40 x 20 mm, auch die Befestigungsmaße sind mehr oder weniger genormt. Die Abweichungen sind so gering, dass eigentlich jedes Servo in jeden Heli passt.

« Gute Metallgetriebe-Servos sind inzwischen genauso schnell und spielfrei wie ihre Plastikbrüder, dabei aber um ein Vielfaches robuster.



Das Einbaumaß so genannter Midi-Servos liegt bei etwa 35 x 15 mm. Auch hier kann man in- zwischen glücklicherweise von einer Normung sprechen.

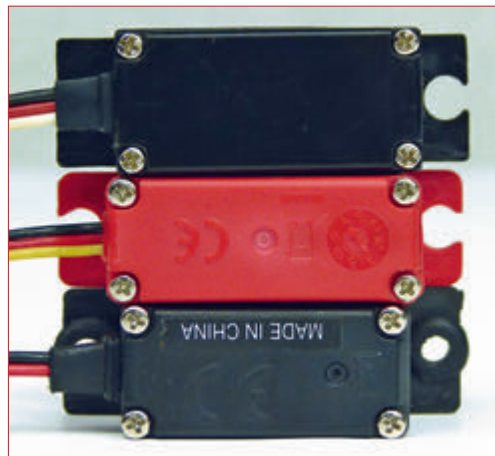
len waren normal, fünf bereits »Hochvolt«. Nun hat ein NiCd- oder später NiMH-Akku aber eine andere Nennspannung als eine Batterie. Dazu kommt, dass die Spannung im vollgeladenen Zustand deutlich über der Nennspannung liegt und in den Beschreibungen der Servos mal Zellen, mal Nennspannung, mal Maximalspannung angegeben werden. So what?

Also entweder steht es in den technischen Daten im Klartext drin, welche maximale Spannung das Servo auf Dauer verträgt, oder man kann es anhand der Leistungsangaben erkennen. Hier steht dann Stellzeit- und/oder -kraft bei 4,8 V oder eben bei 4,8 und 6 V. Diese Angaben beziehen sich auf die Nennspannung von vier- bzw. fünfzelligem NiXX-Akkus, die 1,2 V beträgt. Die Spannung der geladenen Akkus liegt aber bei 1,4 V. Das bedeutet, dass das Servo 4,8 bis 5,6 V oder 6 bis 7 V verträgt. Aber Achtung! Die hohe

Spannung verträgt es nicht unbedingt auf Dauer, z. B. aus einem BEC. Ganz im Trend liegen dann noch HV-Servos, die für den Betrieb direkt an einem 2s-LiPo-Akku mit einer Spannung von 7,4 bis 8,4 V ausgelegt sind.

Normal- oder Narrow-Pulse?

Diese Varianten haben wir Futaba zu verdanken. Dort hat man beim GY601 erstmals den so genannten Narrow-Pulse benutzt, um so den Mitbewerbern bei



der Stellgenauigkeit eine Nasenlänge voraus zu sein. Dazu brauchte es dann natürlich auch das passende Servo, das es nur von Futaba gab, und das war wiederum clever für das Marketing. Der 601er war damals das Maß der Dinge, ähnlich dem

Mini-Servos haben eine Größe von etwa 23 x 12 mm. Hier sind die Abweichungen allerdings oft recht groß, so dass man genau hinschauen muss, welches Servo tatsächlich ohne Modifikationen in das eigene Modell passt.



10 | Rotorkopf-Hardware

Aufbau und Bestandteile eines Rotorkopfs

“Die Anforderungen an die Präzision sind hoch. Wenn da was nicht saugend passt oder nur leicht aus der Mitte oder schräg gefertigt ist, hat das gravierende Auswirkungen.

Zentralstück

Kern eines jeden Rotorkopfs ist – Nomen est Omen – das Zentralstück, das durch Klemmung und Jesussschraube (geht einmal quer durch Zentralstück und Hauptrotorwelle) auf der Hauptrotorwelle befestigt ist. Im Zentralstück ist die Blattlagerwelle in einer Dämpfung gelagert. An ihr sind die Blatthalter mit Radial- und Axiallagern (Drucklager) befestigt. Beim Paddelheli hat der Kopf zusätzlich noch die Paddelebene mit Paddelwippe, -stange und den Mischhebeln. Die Paddelebene kann über oder unter der Rotorebene (Blattlagerwelle) liegen.

Das Zentralstück muss alle Kräfte aufnehmen und ist daher aus Gründen der Stabilität meistens aus Aluminium gefertigt. Die Anforderungen an die Präzision sind hoch. Wenn da was nicht saugend passt oder nur leicht aus der Mitte oder schräg gefertigt ist, hat das gravierende Auswirkungen. Der Heli schüttelt, der Blattspurlauf ist nicht hinzubekommen usw. Messtechnisch können wir als Laien kaum nachprüfen, ob der Kopf o.k. ist, da fehlen uns die Messmöglichkeiten. Gute Indikatoren sind aber, ob beim Zusammenbau alles saugend flutscht, also nicht klemmt oder Spiel hat, und gerade ausschaut. Unsere Augen sind recht gut darin, Fehler in der Symmetrie zu erkennen. Also ruhig mal durch die Bohrung für die Blattlagerwelle schauen, ob da alles symmetrisch ist. Besonders wichtig ist die Bohrung für die Hauptrotorwelle. Wenn da spürbares Spiel vorhanden ist, ist das gar nicht gut. Zum einen wird dann die Kraft vom Kopf nur punktuell auf die Welle übertragen, zum anderen ist es möglich, den Kopf schräg zu befestigen, wenn die Klemmung nicht gleichmäßig angezogen wird. Ist die Jesussschraube gleichzeitig Klemmung, kann der Kopf im schlimmsten

Die Zentralstücke der 700er Flybarless-Helis von RJX, Thunder Tiger und Mikado.



Fall auf der Welle kippeln. 50 mm Kopf zu 690 mm Blatt ergeben bei 0,1 mm Spiel 1,38 mm an der Blattspitze. Das klingt recht wenig, kann Sie aber zur Verzweiflung bringen, wenn Sie nach der Ursache von Vibrationen oder Schüttel-effekten suchen.

Blattlagerwelle, Dämpfung und Delta 3

Dämpfung, das sind die O-Ringe oder Kunststoffbuchsen, in denen die Blattlagerwelle gelagert ist. Die Dämpfung braucht man, um Schwingungen vom Rotor zum Heli zu entkoppeln und umgekehrt. Grobe Anhaltswerte: Je höher die Drehzahl und je wendiger der Heli sein soll, desto härter die Dämpfung mit der Gefahr von Wobbeln (aufschaukelnde Schüttelbewegung) bei niedrigen Drehzahlen. Je niedriger die Drehzahl und je träger der Heli sein soll, desto weicher die Dämpfung, mit der Gefahr von Boomstrike (Rotorblatt schlägt in Heckrohr) bei hoher Drehzahl. Es gibt sie daher meist in verschiedenen Härten vom Hersteller. Dämpfungsgummis sind ein Verschleißteil. Mit jeder Umdrehung des Rotors walken die ein wenig und irgendwann werden sie mürbe und weich. Das geht schleichend und fällt erst so richtig auf, wenn man einen neuen und einen reichlich geflogenen Kopf direkt vergleicht.

Im direkten Zusammenhang mit der Dämpfung steht das so genannte Delta 3. Ohne Dämpfung kein Delta 3. Ich habe keine Ahnung, woher der Begriff kommt. Er bedeutet aber nichts anderes, als wo der Anlenkpunkt des Blatthalter relativ zum Drehpunkt der Blattlagerwelle liegt. Null ist genau Mitte, also Hauptrotorwelle. Wie immer beim Heli: kleine Ursache, große Auswirkung (je weicher der Kopf gedämpft ist). Erinnern Sie sich noch daran, als es um von vorn und von hinten angelenkte Blätter ging? Durch die Dämpfung bewegt sich die Blattlagerwelle in ihrer Lagerung und damit auch der Anlenkpunkt der Blatthalter relativ zur Blattlagerwelle. Zieht der Rotor am Kopf, setzt sich die Blattlagerwelle erst mal nach oben in ihrer Dämpfung, bis sie auf »Anschlag« ist. Von vorn angelenkt bedeutet das, dass der Pitchimpuls gedämpft wird, da dadurch die Nase des Blatts nach unten gezogen wird. Von hinten angelenkt genau umgekehrt. Zum Steuerimpuls kommt noch der Impuls durch das Setzen in der Dämpfung hinzu.

Dasselbe passiert auch bei zyklischen Steuereingaben. Hierbei kippt die Blattlagerwelle in der Dämpfung um ihren Drehpunkt, bis sie sich gesetzt hat. Sitzt der Anlenkpunkt der Blattlagerwelle im Drehpunkt, passiert gar nichts. Sitzt er bei von vorn angelenktem Blatt aus der Mitte versetzt Richtung Blattaufnahme, wird der Impuls um das Setzen der Blattlagerwelle in der Dämpfung verringert und aus der Mitte vom Blatthalter weg versetzt verstärkt. Von hinten angelenkt verhält es sich mit dem Versatz dann umgekehrt.

Na, das ist aber mal schwer in Worte zu fassen. Einfach die Grafik anschauen und sofort ist es klar. Jedenfalls können mit Delta 3 Steuerimpulse verstärkt oder gedämpft, bzw. auch Einfluss auf störende Schwingungen genommen werden. Ein Paradebeispiel war da der Three Dee NT mit MFS-Kopf, der nur von hinten



Schwer zu messen, aber sofort zu sehen: Die Bohrung der Hauptrotorwelle (von unten) sitzt außer mittig.

AUS DER **ROTOR**-REDAKTION:



»ROTOR-Redakteur Markus Fiehn erläutert zusammen mit Ron Sebastian und den Teilnehmern des ROTOR Workshops anschaulich die mechanische und elektronische Grundeinstellung eines RC-Helicopters anhand verschiedener Modelle und Fernsteuerungen«

DVD: Aufbau und Grundeinstellung von Modellhubschraubern

Laufzeit ca. 90 min.

Preis **29,90**_{EUR}

Aus der Praxis, für die Praxis...

Bestellen Sie per Telefon: **07221/9521-19**, via E-Mail: modellsport@modellsport.de
oder unter: www.modellsport.de/shop, Bestell-Nr.: **473224**