

# Modellhubschrauber, Tips und Tricks

Diese Seiten sollen Einsteigern ohne Vorkenntnissen zu den ersten Erfolgserlebnissen führen, und Modellhubschrauber mit Fernsteuerung soweit zu bringen, daß die ersten Startversuche erfolgreich durchgeführt werden können. Dabei wird ausschließlich die Praxis beschrieben, denn zunächst gilt "Grau ist alle Theorie". Das Studium der theoretischen Grundlagen und warum und wie ein Hubschrauber fliegt sollte unserer Meinung nach besser erst nach den ersten Erfolgserlebnissen erfolgen, denn dann ist die Motivation viel größer das alles auch grundlegend zu verstehen.

## 1.) Grundlagen

Es geht zwar ohne Theorie, aber nicht ganz ohne Grundlagen. Die folgenden Erläuterungen und Erklärungen stellen sicher, daß Sie wissen wovon im Einzelnen später gesprochen wird.

Die Steuerfunktionen eines Modellhubschraubers

Ein Modellhubschrauber wird über 5 Funktionen bzw. 4 Bewegungsrichtungen gesteuert.

### Bewegungsrichtungen (Achsen)

Steuerung	Ausführung	Englisch
Heben/Senken	mit der Taumelscheibe	Pitching
Rollen	Rotor mit der Taumelscheibe links/rechts neigen	Roll
Nicken	Rotor mit der Taumelscheibe nach vorne/hinten neigen	pitchen
PITCH	damit wird "Heben" und "Senken" des Hubschraubers gesteuert	Pitch
ROLL	damit wird gesteuert, wenn der Hubschrauber seitlich nach links oder rechts fliegt.	
NICK	damit wird gesteuert, wenn der Hubschrauber nach vorne oder hinten fliegen soll	
GIER	damit wird gesteuert, wenn sich der Hubschrauber um die Hochachse dreht.	YAW
MOTOR	dieser sorgt in jeder Situation für die jeweils notwendige Antriebskraft und muß daher ständig entsprechend angesteuert und geregelt werden.	

### Der Aufbau eines Hubschraubers, Bestandteile

Ein Hubschrauber besteht im wesentlichen aus dem Rumpf, dem Hauptrotor, dem Heckrotor und dem Antrieb (Motor und Getriebe).

### Rotor, Drehrichtungen

Der Rotor sorgt für den notwendigen Auftrieb und auch gleichzeitig für den Vortrieb des Hubschraubers. Für den Auftrieb zieht der Rotor nach oben, für den Vortrieb wird der Rotor leicht nach vorne geneigt. Der Rotor ist nichts anderes als ein rotierender Flügel. Durch die Anstellung des Rotors gegen die Luft, die von vorne anströmt, wird der entsprechende Auftrieb erzeugt. 80-90% der notwendigen Rotor-Antriebskraft werden für den Auftrieb benötigt, 10-20% für den Vortrieb. Es gibt "links-" oder "rechtsdrehende" Rotoren. Die Drehrichtung bei Modellhubschraubers wird immer so angegeben, als ob man von oben auf den Rotor schaut. Ein rechtsdrehender Rotor dreht sich also von oben gesehen nach rechts im Uhrzeigersinn. Ohne Drehmomentausgleich (s. Heckrotor) würde der Rumpf bei rechtsdrehenden Rotoren nach "links" drehen, bei linksdrehenden Rotoren entsprechend nach "rechts"

Die Rotor-Drehzahlen sind je nach Modellgröße unterschiedlich, aber auch für unterschiedliche Flugzustände wie Schwebeflug und Kunstflug. Hubschrauber der Größe wie Carbon F1 (ca. 150cm Rotordurchmesser) werden mit ca. 1500 U/pm am Rotor gesteuert.

### Heckrotor und Drehmoment

Kraft erzeugt Gegenkraft. Diese Gesetzmäßigkeit führt dazu, daß ein Haupt-Rotor, der nach links angetrieben wird, ein Drehmoment auf den Rumpf in entgegengesetzter Richtung (rechts) erzeugt. Der Heckrotor wird dazu benutzt, diesem Gegendrehmoment wieder entgegen zu wirken und den Rumpf des Hubschraubers am wegdrehen zu hindern. Mechanisch ist der Heckrotor ein „Verstellpropeller“ der nach Bedarf Schub oder Zug erzeugt. Der Heckrotor muß also immer eine Gegenkraft erzeugen, die dem Gegendrehmoment genau proportional ist. Dann bleibt der Rumpf stehen und nur der Rotor dreht sich. Drehmomentschwankungen erschweren die Steuerung (s. Kreisel).

### Taumelscheibe

Eine direkte Ansteuerung von den Servos zu den Rotorblättern oder den Paddeln geht nicht, die Servos sind fest in der Mechanik eingebaut, die Rotorblätter und die Paddel drehen sich. Also muß ein Element zwischengeschaltet werden, welches einerseits von den „festen“ Servos angesteuert wird, andererseits deren Steuerbewegungen auf die sich drehenden Rotorblätter und die Paddel überträgt. Die TS dient also dazu, die Rotorblätter und die Paddel mechanisch anzusteuern.

Die TS muß nach allen Seiten neigbar sein (zyklische Steuerung) und sich gleichzeitig heben und senken lassen (kollektive Steuerung). Dazu besitzt die TS einen äußeren und einen inneren Ring. Der äußere Ring wird von den Servos angesteuert, der innere Ring ist über ein (Kugel)Lager mit dem inneren Ring verbunden und steuert die Paddel und die Rotorblätter an, z.T über den Pitchkompensator (s.u.). Der innere Ring sitzt gleichzeitig auf einer Kugel, um ihn bei Schwenkbewegungen zu zentrieren, durch diese Kugel läuft die Rotorwelle, auf der die TS auf und ab (heben und senken) geschoben wird.

Damit der äußere Ring stehen bleibt, ist immer noch eine TS-Führung am Außenring angebracht.

Normalerweise ergibt heben der TS auch heben des Hubis, es gibt aber auch andere mechanische Lösungen, bei denen das genau umgekehrt funktioniert.

Wird die TS über Umlenkhebel angesteuert und zwar so, daß die Servos im sog. Vorbau der Mechanik eingebaut sind und für neigen nach vorne und hinten ein Servo, für neigen nach links und rechts ein Servo und für heben und senken ein Servo benutzt wird, dann spricht man von der *normalen, ungemischten Ansteuerung der Taumelscheibe* ( wobei dies nicht ganz richtig ist, denn die „Mischung“ erfolgt mechanisch durch die Umlenkmechanismen).

Wird die TS direkt von darunter sitzenden Servos angesteuert, spricht man von einer *„gemischten Ansteuerung“* der TS, dabei übernehmen z.T. komplizierte Mischfunktionen im Sender die Funktionen der mechanischen Umlenkhebel. Es gibt vier unterschiedliche „gemischte TS-Ansteuerungen“ (s. Fernsteuerungsprogrammierung).

### **Kollektive Blattverstellung**

Um den Hubschrauber zu heben oder zu senken, werden die Rotorblätter „kollektiv“, das heißt beide Rotorblätter gleichzeitig und in die gleiche Richtung verdreht. Um den Hubschrauber zu heben wird jedes Rotorblatt „positiv“ gegen die Luftströmung angestellt, bei Schwebeflug heben sich der so erzeugte Auftrieb und das Gewicht des Hubschraubers auf, beide Kräfte sind im Gleichgewicht. Um den Hubschrauber zu senken muß nur der Anstellwinkel reduziert werden, in manchen Flugsituationen, z.B. schneller Abstieg, wird der Anstellwinkel sogar zu negativen Werten verstellt.

### **Zyklische Blattverstellung**

Die Taumelscheibe wird durch die Steuerung Roll und Nick seitlich oder nach vorne/hinten gekippt. Die mechanische Ansteuerung erfolgt dabei auf den äußeren Ring der Taumelscheibe. Dabei wird auch der innere Ring der Taumelscheibe mitgeschwenkt. Bei jedem Blattumlauf (Eine Umdrehung des Rotors) folgt der Anstellwinkel des Rotorblattes der Stellung des inneren Rings der Taumelscheibe. Dies läßt sich sehr einfach testen, indem die Taumelscheibe schräg gestellt und der Rotor langsam gedreht wird. Da wo die Taumelscheibe ihre höchste Stelle hat, ist der größte positive Anstellwinkel des Rotorblattes, am niedrigsten Punkt der Taumelscheibe der geringste Anstellwinkel. Das ganze solange, bis der Rotor (im Flug) die Neigung der Taumelscheibe angenommen hat. Die Zyklische Steuerung ist also die Steuerung des Rotors mit der Taumelscheibe nach links und rechts und nach vorwärts und rückwärts.

### **Pitchkompensator**

Der ist notwendig, weil die Taumelscheibe sich bei Betätigung von Pitch auf- und abwärts bewegt, um die Rotorblätter im Anstellwinkel zu verstellen, die Paddel aber können nur der **Neigung** der Taumelsscheibe folgen. Deshalb dürfen die Auf- und Abwärtsbewegung der Taumelscheibe nicht auf die Ansteuerung für die Padel übertragen werden. Der Pitchkompensator dient also der Entkopplung von kollektiver und zyklischer Ansteuerung zum Rotorkopf. Damit sich der innere Ring der Taumelscheibe mit den Rotorblättern dreht, ist ein TS-Mitnehmer am Rotorkopf-Zentralstück angebracht (meist zwei Stifte die in den Pitchkompensator eingreifen).

### **Rotorkopf**

Dieser dient zum Befestigen und drehbaren Lagerung der Rotorblätter und der Paddelstange an der Rotorwelle. Bestandteile sind: Rotorkopfzentralstück, Blattlagerwelle, Blattgriffe, Bell-Mischhebel, Paddelstangenlagerung+Ansteuerung. Das Rotorkopf-Zentralstück nimmt die Lagerung und Dämpfung für die Blattlagerwelle auf. Die Blattlagerwelle verbindet die beiden Blattgriffe in Zugrichtung miteinander, auf dieser Welle sind die Blattlager angebracht. Die Blattgriffe nehmen die Rotorblätter auf, die Fliehkräfte sind immens und müssen eingeleitet werden, deshalb empfehlenswert: Kugellager und Drucklager an den Blattgriffen. Die Mixerhebel übertragen die zyklischen Steuerbewegungen von der TS auf die Paddelstange bzw. umgekehrt.

### **Rotorblätter**

Diese dienen zum Erzeugen von Auftrieb und Vorwärtbewegung des Hubis (s.o.)

### **Paddel/Mischhebel**

Diese dienen dazu, die Bewegungen des Rotorkopfs zu dämpfen, indem eine zweite „Kreiselebene“ aufgebaut wird, die mit der „Kreiselebene der Rotorblätter“ über die Mischhebel gekoppelt ist. Die notwendigen Stabilisierungs-Kräfte auf die Rotorblätter wären direkt mit den Servos nur sehr schwer und auch nicht schnell genug aufzubringen. Die Paddel dienen vor allem also als Gewicht/Dämpfung (nach Bell), die Form ergibt zusätzliche aerodynamische Wirkungen in die gewünschte Stellrichtung (nach Hiller). Das Verhältnis der „Mischung“ zwischen „Paddelkreisel“ und „Rotorkreisel“ kann durch unterschiedliche Längen der Mischhebel auf jeder Seite der Achse variiert werden.

Ohne Paddel haben wir einen paddellosen Rotorkopf bzw. einen direkt angesteuerten Rotorkopf. Dieser ist bei Modellhubschraubern sehr schwer zu steuern und wird bis heute mechanisch noch nicht wirklich beherrscht.

### **Autorotation/Freilauf**

Autorotation ist ein Flugzustand, indem der Hubschrauber einen antriebslosen Gleitflug ausführt. Die Rotorblätter drehen sich dabei ähnlich einer Windmühle, der nötige Wind dazu entsteht durch die Abwärtsbewegung des Hubschraubers und die Strömung durch den Rotor von unten nach oben. Damit der Rotor für die Autorotation frei drehen kann ist ein sog. Autorationsfreilauf eingebaut. Dieser entkoppelt den Rotor vom gesamten Antrieb, sprich Getriebe oder Motor und sorgt dafür, daß der Rotor weiterdrehen kann, selbst wenn der Motor steht. Während des Autorotationsflugs werden die Rotorblätter negativ angestellt und der Rotor so auf Drehung gehalten. Kurz vor der Erde werden die Rotorblätter positiv angestellt, dadurch wird die Abwärtsbewegung gestoppt, allerdings nur so lange, bis die durch die Drehung im Rotor gespeicherte, kinetische Energie (der Rotor ist auch eine Schwungmasse) verbraucht ist. Da durch positive Anstellung der Rotorblätter, welche zum Abfangen benötigt wird, der Rotor abgebremst wird, muß der Pilot also genau im richtigen Moment gegensteuern, da er nur einmal diese Möglichkeit hat.

### **Motor**

Dieser hat im Hubi erheblich Bedeutung, denn ohne Motor geht gar nichts. **Generell gilt, daß ein Modellhubschrauber mit Verbrennermotor besser ist für Einsteiger, als ein Hubi mit-Elektro-Motor.** Auch wenn es verlockend klingt, einen Elektro-Hubi zu betreiben, einfach den Motor anschalten (kein schwieriger Anlassvorgang), kein Lärm (fliegen hinterm Haus oder sogar im Hof), alle diese vermeintlichen Vorteile machen das Einsteigen in die Praxis nur theoretisch einfacher, tatsächlich sieht es aber so aus, daß mit E-Motor nur sehr wenig Flugzeit zusammenkommt, und am Anfang ist Übungszeit eminent wichtig für jede Art von Fortschritt beim Üben. Mit E-Motor sind die Betriebszeiten je Akkuladung max. 8min, auch wenn die Werbung anders aussieht, für nicht eingestellte Hubis reduzieren sich diese 8 Minuten meist auf max. 4 Minuten. Danach ist der Motor heiß, der Akku muß geladen werden. Selbst wenn ein 2ter Akku vorhanden ist, muß der Motor abkühlen, das sind mind. 15 Minuten. Die Leistung eines E-Hubis ist äußerst schwach, gerade in Gefahrenmomenten ist dies ein großer Nachteil. Geht der Akku zur Neige, muß in jedem Fall gelandet werden. Gerade dafür sollte aber ausreichend Energie zur Verfügung stehen, aber der leere Akku "bricht" ausgerechnet dann bei der Landung zusammen (keine Energie mehr), abfangen ist meist nicht mehr möglich. Und wer glaubt, seinen E-Hubi hinterm Haus betreiben zu können, irrt, denn die Gefahr, die auch von einem kleinen E-Hubi ausgeht, ist sehr groß, die drehende Masse "Rotor" speichert immense Energien, ist also **sehr gefährlich**. Und gerade für den Anfang ist jede Menge Platz notwendig, denn der Hubi wird zunächst immer nach irgend einer Richtung fliegen und muß ständig "eingefangen" werden. Ein optimal ausgestatteter E-Hubi kostet meist mehr als ein vergleichbarer Verbrennerhubi, die Mechanik ist so filigran, daß leichteste Landestöße schon zu hohem Ersatzteilbedarf führen, das geht ins Geld

Wir empfehlen deshalb für den Einsteiger einen Hubi mit Verbrennermotor in der Größe 5-7,5ccm, damit werden die Übungsstunden in vernünftigen Zeiteinheiten möglich, die Mechanik ist robust und verträgt auch mal einen Fehler des Piloten. Je größer der Hubi, desto ruhiger die Fluglage, daher kann, den entsprechenden Geldbeutel vorausgesetzt, auch ein Hubi mit 10ccm Motor für den Einstieg empfohlen werden.

Für den Einsteiger ist dann ein Motor mit Kolbenring etwas besser, diese Motoren haben weniger Kompression und sind deshalb besser zu starten als Motoren mit ABC-Laufgarnitur. Bei allen Entscheidungen für einen bestimmten Typ Hubi sollte immer im Vordergrund stehen, daß die Ersatzteilversorgung schnell und problemlos gewährleistet sein muß.

### **Auswiegen Hubi**

Wie bei jedem Flugmodell muß auch ein Hubi statisch genau ausgewogen werden. Dazu wird er einfach (bei querstehender Paddel-Stabstange) an der Stabstange mit beiden Händen angehoben, die Nase soll sich dann leicht nach unten neigen.

## **2.)Vor dem Zusammenbau**

### **Werkzeuge für den Zusammenbau:**

Für Inbuschrauben:

Ein Satz Inbusschlüssel je einmal 1mm bis 4mm, 4mm besser 2 x, Inbusschlüssel sind meist den Bausätzen beigelegt. Bequemer wirds, wenn zusätzlich Inbussteckschlüssel 1mm bis 4mm vorhanden sind.

Für Schlitzschrauben:

Kleiner und mittlerer Schraubendreher

Für Kreuzschlitzschrauben: Kreuzschlitzschraubendreher klein und mittel

Für Motor-Muttern:

Steckschlüssel 13mm

Für Muttern:

Gabelschlüssel und/oder Steckschlüssel 3mm, 5,5mm, 7mm

Schraubensicherungslack Loctite

Zahnradfett (Bosch-Fett)

Balsa Messer, Messer mit Abbrechklingen  
Scheere für Kabinenhaube, besser dafür geeignet ->gebogene Scheere  
Schleifpapier 240er für Rotorblätter  
Pitchwinkellehre (nützlich)  
Auswuchtgerät für Rotorblätter (nützlich)  
Zeichenblockpapierstreifen für einstellen von Zahnradspiel  
Kugelgelenkzange (nützlich)

### Zubehör

Glühkerzen-Fernanschluß, ermöglicht das Glühen der Glühkerze ohne direkten Zugang  
Tankventil, ermöglicht betanken ohne abziehen von Spritschlauch vom Düsenstock  
Silicon-Spritschlauch 1mm Wandstärke, für Tankanschluß und Druckanschluß  
Kabelbinder klein, für Verlegung von Servokabel (nützlich)  
Sprühlack für Rotorblätter  
Cyanacrylatkleber (Sekundenkleber)

## 3.)Zusammenbau

Für den Zusammenbau eines Modellhubschraubers gilt: Halten Sie sich vor allem an die Anleitung, nicht planlos loslegen, besser Text und Zeichnung zunächst gedanklich in Übereinstimmung bringen und den Vorgang versuchen zu verstehen, erst dann loslegen. Auch wenn ein Vorgang aus der Zeichnung vielleicht so aussieht als ob alles klar ist, trotzdem Text durchlesen, ob nicht doch zusätzliche Informationen dort stehen. Beachten, wenn in den Zeichnungen Hinweise auf Schraubenbefestigungen (Loctite-Symbol) oder Fett vorhanden sind.

### Schraubensicherung:

Im Modellhubschrauber gibt es Vibrationen, erzeugt vom Verbrennungsmotor. Dadurch neigen ungesicherte Schrauben dazu, sich im Laufe der Zeit zu lösen. Um dies zu verhindern, werden normale Muttern meist als Stoppmuttern ausgelegt. Diese klemmen und können sich von selbst nicht lösen. Überall da, wo diese Muttern nicht eingesetzt werden können, muß normalerweise die Schraube und ihr Gewindegegenstück (meist Mutter) mit Schraubensicherungskleber im folgenden immer Loctite genannt, verwendet werden. Für unsere Zwecke eignet sich vor allem Loctite blau. Beim Verkleben wird auf das Gewinde der Schraube ein kleiner tropfen gegeben und die Schraube eingedreht. Es macht keinen Sinn zuviel zu verwenden. Nach ca. 10Minuten ist die Klebestelle im allgemeinen trocken, belastbar nach ca. 1 Stunde. Müssen verklebte Schrauben gelöst werden, ist die beste Lösung die Schraube zunächst mit einer Lötspitze zu erhitzen und dann mit dem entsprechenden Werkzeug zu lösen. Dies gilt vor allem für kleine Madenschrauben mit 3mm Gewinde.

### Wellensicherung

Auch Kugellager werden manchmal auf Wellen festgeklebt. Dies ist z.T. unter "Experten" umstritten. Wir empfehlen daher, Kugellager nur dann festzukleben, wenn die Anleitung des Modells dies ausdrücklich erwähnt. Beim Festkleben der Kugellager geht es darum, den Innenring des Lagers fest mit der jeweiligen Welle zu verbinden. Beachten, daß nur der Innenring verklebt wird, nicht zuviel Loctite verwenden. Zur Wellensicherung eignet sich Loctite rot.

## 4.)Motor, Antrieb

Motor und Getriebe bilden eine Einheit, die für den ganzen Betrieb von erheblicher Bedeutung ist. Daher muß der Motoreinbau sehr sorgfältig vorgenommen werden, hier werden viele Kräfte übertragen, Zahnräder greifen ineinander und müssen sauber laufen. Ein schlecht eingestelltes Getriebe kann sehr viel Leistung kosten und auch zu nicht beherrschbaren Vibrationen führen.

**Die Montage des Lüfterrads** auf Motorwelle ist immer ein etwas kritischer Punkt. Der Motor dreht immer in die Richtung "Mutter lösen". daher muß die Kurbelwellenmutter fest angezogen werden. Nun läßt sich aber die Motorwelle nicht fest mit einem Werkzeug greifen. Hier gilt zuerst: Anleitung lesen. Sagt diese nichts darüber aus, empfehlen wir, das Lüfterrad mit einem dicken Lappen zu umwickeln und versuchen, während die Mutter angezogen wird, das Lüfterrad so festzuhalten. Darauf achten, daß keine Lamelle abgebrochen wird. Bei **robbe** gibt es dafür ein nützliches Werkzeug, eine lange Schraube wird durch das Kerzengewinde gedreht und dadurch der Kolben im unteren Totpunkt gehalten. So läßt sich die Kurbelwellenmutter problemlos festziehen.

**Alle Getrieberäder** müssen sauber fluchtend aufeinander laufen. Dabei muß versucht werden, die Zähne mit der größt möglichen Fläche ineinander greifen zu lassen. Gleichzeitig muß alles leicht laufen, es muß daher noch ein ganz leichtes **Zahnflankenspiel** vorhanden sein. Um dies zu erreichen, folgender Trick: Die Wellenlager so befestigen, daß die Zähne hart ineinander greifen, die Lagersitze noch nicht ganz fest anziehen. Dann wird ein Streifen Zeichenblockpapier geschnitten, das Getriebe gedreht und der Streifen Papier zwischen die beiden Zahnräder gehalten und durchlaufen lassen. das Papier muß über den gesamten Umfang des größeren Zahnrades einlaufen. Dadurch stellt sich das richtige Zahnflankenspiel von selbst ein. Nun Wellenlager endgültig befestigen

## **Kupplung, Funktion**

Die Kupplung dient dazu, für den Startvorgang des Motors diesen vom Getriebe zu entkoppeln. Dazu wird die Fliehkraft genutzt, die beim Drehen der Motorwelle ab einer gewissen Drehzahl, höher als Motorleerlauf, ein Gewicht nach außen drückt an die Kupplungsglocke und deren Belag. Wird die Drehzahl weiter erhöht, entsteht ein so hoher Anpressdruck, daß ein regelrechter Kraftschluß entsteht, die Kupplung ist fest ohne zu schleifen. Sinkt die Motordrehzahl wieder ab bis Leerlauf oder wenn der Motor ausgeht, geben die Fliehkraftgewichte das Getriebe wieder frei, dadurch kann der Rotor ohne Abbremsen durch den Motor weiterdrehen, z.B. für Autorotation.

## **5.) Rotorblätter**

Die Beschaffenheit der Rotorblätter ist von entscheidender Bedeutung für die Flugeigenschaften. Deshalb muß peinlich genau darauf geachtet werden, daß jedes Rotorblatt gleich schwer ist, der Blattschwerpunkt muß so weit wie möglich vorne liegen. Holzrotorblätter müssen sauber bespannt werden, es sollten keinerlei Falten entstehen. Außerdem müssen die Blattwurzel und das Blattende mit Lack gegen Schmutz versiegelt werden. Bleigewichte in Holzrotorblättern sorgen dafür, daß der Blattschwerpunkt weiter nach vorne kommt. Dadurch werden die Flugeigenschaften erheblich verbessert. Allerdings muß das Einkleben genau nach Anleitung erfolgen, gut eignet sich dafür z.B. UHUplus endfest 300. Die Oberfläche muß dann entsprechend verspachtelt und verschliffen werden, nach entfernen des Schleifstaubs kann die Bespannung erfolgen.

### **Auswiegen von Rotorblättern**

Diese Arbeit muß äußerst sorgfältig durchgeführt werden, auch bei den meisten GFK-Rotorblättern. Wenn eine Auswiegevorrichtung vorhanden ist, diese benutzen und beide Blätter auf gleiches Gewicht einstellen mittels Klebestreifen. Dabei grundsätzlich so wenig wie möglich Klebstreifen aufbringen, deshalb Klebestreifen immer ganz außen am Rotorblatt aufbringen.

Ist keine Auswiegevorrichtung vorhanden, kann diese mit einfachen Mitteln hergestellt werden. Dazu werden nur eine Gewindestange M4, 120mm lang, 2 Muttern M4 und 2 Unterlegscheiben 4mm benötigt. Die beiden Rotorblätter werden mit der Gewindestange miteinander durch die Blattanschlußbohrung verschraubt, die Muttern so weit angezogen, daß zum einen auf jeder Seite die Gewindestange gleich weit über die Blattwurzeln herausragt und daß die Blätter gegeneinander sich leicht klemmen. Dann Blätter längs ausrichten in gerader Linie. Der Rotorkopf selbst müßte bei richtiger Montage automatisch ausgewogen sein, daher müssen nur die Blätter ausgewogen werden.

Die überstehenden Enden der Gewindestange links und rechts auf einer geeigneten Unterlage auflegen, sodaß die Welle sich leicht bewegen und die Rotorblätter schwingen können. Das schwerere Rotorblatt wird sich nach unten bewegen. Jetzt ein großes Stück farbiges Klebeband, liegt meist den Rotorblättern bei, außen am leichteren Blatt auf die Nase auflegen, noch nicht andrücken. Jetzt müßte dieses Rotorblatt schwerer sein, am Klebebandstück solange kleine Stückchen abschneiden, bis die Blätter sich sauber auswiegen und gleich schwer sind. Jetzt Klebeband andrücken über die Nase, fertig. Wenn später im Betrieb trotzdem noch eine Unwucht auftritt, kann dies entweder an den Paddeln liegen oder an den Rotorblättern. Versuchsweise ein kleines Stück Klebeband auf einem Rotorblatt außen anbringen. Wird die Unwucht (schütteln) größer, war es das falsche Blatt, Klebeband auf die andere Seite wechseln und wieder versuchen. Stellt sich keine Verbesserung oder Unterschied ein, Klebeband am Rotorblatt entfernen und an einem Paddel ansetzen. Vorgang solange wiederholen, bis der Rotor einwandfrei und ohne jegliches Schütteln läuft. Rotorblätter müssen nach jeder Bodenberührung oder Heckrohrberührung neu ausgewuchtet werden, wenn sie überhaupt noch verwendbar sind.

### **Grundeinstellungen Pitch, Heckrotor, Taumelscheibe**

Diese Einstellungen müssen in der Anleitung des Hubschraubers im einzelnen beschrieben sein, deshalb nur zusätzliche Tips. Es wird in jedem Fall dringend die Verwendung einer Pitchwinkel-Lehre empfohlen. Damit lassen sich die geforderten Pitchwinkel entsprechend der Knüppelstellung einstellen. Für erste Flugversuche empfehlen wir in Knüppelanschlag "senken" eine Pitcheinstellung von -3-4Grad, bei Knüppelmittelstellung +4Grad und bei max. Knüppelstellung für "steigen" von 8-9Grad. Beachten, daß immer an beiden Blättern gemessen werden muß. Beide müssen bei gleicher Pitchknüppelstellung auch gleiche Pitchwerte aufweisen. Ergeben sich Abweichungen, folgende Punkte beachten.

### **Pitcheinstellung über den Pitch-Verlauf**

Es kann passieren, daß zwar beide Blätter in Stellung Schwebeflug gleich eingestellt sind, aber in Stellung max. sinken (oder heben) nicht mehr die selben Werte aufweisen. Dies kommt meist davon, daß die Mischhebel am Rotorkopf nicht gleich stehen. Daher diese kontrollieren und auf gleiche Einstellung bringen, bei Schwebeflug müssen beide Mischhebel meistens waagrecht stehen. Dann alle andern Pitcheinstellungen erneut kontrollieren und eventuell ändern. Wenn diese Einstellungen optimiert sind, stimmt später auch der Spurlauf über den gesamten Verstellbereich des Pitchknüppels. Eingestellt wird immer durch Ablängen von Gewindestangen und deren Kugelhöpfe (drehen).

## 6.) Fernsteuerung

### Einbau Fernsteuerung

Hier darauf achten, daß alle Elektronik-Komponenten vor Vibrationen geschützt werden müssen. Alle Servos auf Gummitüllen mit eingelegten Nieten setzen, diese dienen dann als Anschlag beim Festschrauben der Servos. Alle Kabel so verlegen, daß kein Kabel in ein Getriebe geraten kann. Wenn alle Kabel richtig angeschlossen sind (nach Einstellung und Programmierung der Fernsteuerung), dann Kabel bündeln und mit Kabelbindern zusammenfassen, Kabelgewirr vermeiden. Weitere Hinweise entnehmen Sie bitte unserem "kleinen Empfänger-ABC" im Internet

Die Antenne des Empfängers am besten in ein Bowdenzugröhrchen, welches in Längsrichtung über den Kufen verlegt ist, einführen. In jedem Fall darauf achten, daß die Antenne weder in den Rotor noch in das Getriebe der Mechanik gelangen kann.

**Der Akku verdient besondere Beachtung.** Er muß zwar absolut fest sitzen, damit er sich im Fluge nicht aus seiner Position bewegen kann, trotzdem muß auf Vibrationsschutz geachtet werden. Hier keine "Billigakkus" verwenden, sondern immer Nickel-Cadmium (NiCd) Akkus mit entsprechend qualitativ hochwertigen Verbindern. Batterien bzw. Mignonzellen im Akkubehälter eingelegt sind **absolut unzulässig**. Der Akku sollte auch ausreichend groß bemessen sein, es fließt hier doch etwas mehr Strom. Zur Sicherheit sei immer empfohlen, eine Spannungsanzeige einzubauen, z.B. eine 10LED-Akkuanzeige.

### E-Hubis

Bei E-Hubis mit BEC-Stromversorgung vom Regler darauf achten, daß dieser für den Betrieb mit mind. 4 Servos (2,5A) geeignet ist. Außerdem darf der Regler keine elektrische Bremse besitzen, ein normaler E-Flugregler mit Bremse kann deshalb nicht verwendet werden.

### Kreisel, Kreisel-Einbau

Ein Kreisel dient der Dämpfung von Drehmomentschwankungen und kompensiert diese über den Heckrotor. Er wird deshalb zwischen Heckrotorservo und Empfängerausgang für das Heckrotorservo eingesteckt. Drehmomentschwankungen entstehen durch den Antriebsmotor, der seine Leistung nicht linear, sondern mit ständig schwankendem Drehmoment abgibt. Außerdem ergeben sich Drehmomentschwankungen durch verstellen der Pitchwerte im Flug (heben und senken) und auch durch ständiges Aussteuern des Schwebefluges. Im Prinzip kann gesagt werden, daß jede Steuerbewegung auch eine Drehmomentschwankung ergibt, die letztlich durch den Kreisel kompensiert werden muß. Fehlt diese Kompensation bzw. ein Kreisel, dreht sich der Hubschrauber bei jeder Steuerbewegung um seine eigene (Hoch) Achse.

Da der Heckrotor dafür zuständig ist, das Drehmoment auszugleichen, müssen Drehmomentschwankungen auch mit dem Heckrotor kompensiert werden. Diese von Hand auszusteuern ist sehr schwierig, obwohl dies in den Anfangszeiten der Modellhubschrauber nicht anders möglich war.

Heute erledigt der Kreisel diese Aufgabe. Waren bis ca. 1995 mechanische Kreisel mit richtig rotierender Kreiselscheibe Standard, sind dies heute praktisch ausgestorben. Kreisel mit Piezoelementen sind Standard. Diese arbeiten viel präziser und verschleißfreier. Allerdings nur, wenn das Heckrotorservo auch in der Lage ist, diese Präzision umzusetzen.

Der Einbauplatz für den (Piezo) Kreisel ist beliebig, entgegen manchen Angaben verschiedener Hersteller. Kreisel messen die Winkelgeschwindigkeit (Winkelveränderung/Zeit), und die ist an allen Stellen des Hubis die selbe. Auch der Kreisel sollte vor Vibration geschützt werden, er darf allerdings auch nicht nur in Schaumgummi gelegt werden, er sollte mit einer dämpfenden Lage Doppelklebeband auf die Mechanik geklebt und vielleicht zusätzlich mit einem Gummiband gegen ablösen von der Klebeschicht geschützt werden.

### Empfängereinbau

Auch hier gilt Vibrationsschutz, am besten den Empfänger in eine dicke Lage Schaumgummi packen. Die Kabelanschlüsse so verlegen, daß kein Kabel unter Spannung (Zugbelastung) eingesteckt ist, sondern genügend Bewegungsraum vorhanden ist. Ach den Empfänger mit Gummiband vor "wegfliegen" sichern.

### Schalterkabel

Auch diese sollte von vernünftiger Qualität sein und die Kabelquerschnitte sollten so dick als möglich sein, schließlich bewegen wir ständig 5 starke Servos, da fließt richtig Strom.

### Servos

Hier wird viel "erzählt", vor allem von den Anhängern der Sekte "Nur das teuerste ist gut genug". Wie so oft liegt hier die Wahrheit in der Mitte. Es gibt gaaanz billige Servos, z.Zt. ca. 15-20 Mark, die würden wir auch nicht verwenden. Im Flächenmodell auf der Motordrossel mag dies noch gehen, aber im Hubschrauber macht es sich schon bemerkbar, ob ein Servo eine gute Auflösung hat oder eben gar keine. Auch das Drossel-Servo sollte genau stellen, denn dieses wird ebenso ständig betätigt. Manche "Experten" empfehlen daher einem Einsteiger Servos ab 150 aufwärts, dies ist eben genau so

falsch wie unnötig. Von Futaba, Jr oder Hitec gibt es Servos in Standardgröße ab ca. DM 50.-. Die sind für den Anfang ausreichend, sowohl was Genauigkeit und Standfestigkeit angeht. Die Stellgeschwindigkeit sollte nicht langsamer als 0,14sec für 45Grad sein, die Stellkraft für kleinere Hubis so um die 3Kp, für größere 4-5kp sein. Für den Heckrotor bringt ein "schnelles" Servo bessere Ergebnisse, muß aber für den Anfang nicht unbedingt sein.

**Digitalservos** empfehlen wir hier noch nicht für den Einsteiger. Die Probleme, die man sich mit der Stromversorgung bei diesen Servos einhandelt, sind einfach zu groß für den Normalanwender. Außerdem sind die Preise viel zu hoch.

Bei Servos für kleine E-Hubis darauf achten, daß die Getriebe spielfrei arbeiten (Kugellager) und auch etwas Kraft (1,5-2kp) vorhanden ist.

**Alle Anlenkungen müssen leichtgängig** sein. "Spielfrei" ist da zweitrangig, solange man nicht Wettbewerbsambitionen hat. Hat man erst einmal etwas Erfahrung in der Materie, weiß man auch wie man leichtgängig + spielfrei unter einen Hut bekommt. Also vor allem auf Leichtgängigkeit der Anlenkungen achten. Eventuell Kugelköpfe vorsichtig aufweiten durch Überdehnen oder mit speziellem Werkzeug, aber bitte "VORSICHTIG". Der Bowdenzug bzw. die Anlenkung zum Heckrotor muß leicht, wirklich leicht laufen, damit kann auch ein Standardservo gute Ergebnisse erzielen.

Bei den Servos nicht vergessen, die Abtriebshebel mit den zugehörigen Schrauben zu befestigen. Dazu alle Steuerhebel des Senders auf Neutralposition bringen, (Sender und Empfänger einschalten), dann die Servohebel in Neutralposition an den Servos befestigen. In dieser Servoposition alle Anlenkungen ablängen und einstellen. Ist mechanisch alles vorbereitet, kann nun die Programmierung der Fernsteuerung beginnen.

## Grundprogrammierung:

Warum muß programmiert werden? Das ist ein bis heute nicht gelöstes Problem, denn zum Programmieren wird deshalb ein "Programmierbarer Fernsteuersender" benötigt. Das ist nichts anderes als ein Sender, der bestimmte Funktionen des Hubis in einer best. Logik miteinander verknüpfen kann. Auch hier hört man oft die Meinung "Nur das Beste....." aber es geht auch mit relativ einfachen Mitteln.

Für die folgenden Vorschläge gehen wir von einer sog. mechanisch angesteuerten TS (Taumelscheibe) aus. Beschreibungen für die gemischten TS (TS-Servos steuern die TS direkt an) folgen dann anschließend. Alle mechanisch notwendigen Einstellungen und Montage des Rotor wird vorausgesetzt.

## Benötigte Mischfunktionen:

Die Hersteller haben leider unterschiedliche Bezeichnungen für die Funktionen, generell sollten zwei Mischfunktionen vorhanden sein:

### 1. Pitch/Gas-Mischung, genannt Gaskurve.

Diese Funktion koppelt Pitch und Gas, beide werden mit dem Drosselknüppel des Senders angesteuert, die Servos beider Funktionen werden aber auf unterschiedlichen Empfängeranschlüssen angesteckt. Die Funktion dient dazu, den Motor im besten Fall immer im richtigen Verhältnis zum Pitch anzusteuern. Früher wurden dazu einfach am Empfängeranschluss für den Drosselknüppel zwei Servos, nämlich Pitch und Gasservo über V-Kabel gleichzeitig angeschlossen. Schnell war aber klar, daß dies nicht ideal ist, denn beide Funktionen verhalten sich nicht linear zueinander. Deshalb gibt es heute Sender mit Hubi-Programmierung, die vor allem diese Funktion zur Verfügung stellt. Hier kann dann das Gas separat zu jeder Stellung des Drosselknüppels, und damit zu "Pitch", eingestellt werden. Dies ist die wichtigste aller hubschrauber-spezifischen Einstellungen in einem programmierbaren Sender.

### 2. 2.) Die Pitch-Heckrotor-Mischung

Diese Funktion ist sinnvoll, bei heutigen Kreiseln aber anfangs schon nicht mehr unbedingt notwendig. Dabei wird zu jeder Stellung des Pitchknüppels auch eine bestimmte Veränderung der Neutralposition des Heckrotors automatisch und einstellbar "dazu gemischt". Grund für diese Funktion ist, daß sich bei Pitchverstellung ebenso das Drehmoment ändert. Geht man von der Schwebeflug-Pitchstellung als Neutralstellung für den Heckrotor aus, wird für weniger Pitch (sinken) natürlich auch weniger Drehmoment ausgeübt und daher weniger Heckrotoranstellung benötigt, um den Hubschrauber am drehen um die Hochachse zu hindern.

- Bei heben (mehr Pitch) wird dagegen mehr Heckrotoranstellung benötigt. Dies gilt für die linearen Drehmomentänderungen, die von der Pitch-Steuerung hervorgerufen werden. Dies erledigt diese Funktion automatisch. Moderne Kreisel sind aber so gut, daß der Einsteiger diese Funktion am besten zunächst abschaltet.

Diese beide Funktionen sind es, die auch aufwendige Fernsteuerungen, dann in stark verfeinerter Form, zur Verfügung stellen. Für den Einsteiger sind aber diese zwei Funktionen schon genug. Je weniger zu verstehen ist, desto besser ist es zu verstehen.

## Programmierung der Fernsteuerung

### Schritt für Schritt:

#### Hubiprogramm

Zunächst muß der Sender (bzw. der verwendete Modellspeicher) auf Hubibetrieb bzw. Hubiprogramm eingestellt werden. Damit werden im Grunde die beiden oben erwähnten Funktionen eingestellt bzw. im Sender aktiviert.

#### Knüppelanordnung

Zunächst muß die Knüppelanordnung festgelegt werden. Diese ist pilotspezifisch, deshalb muß nun dem Sender mitgeteilt werden, wie und mit welchen Knüppeln der Pilot vor hat, seinen Hubi zu steuern.

Wir empfehlen generell die Hilfe eines Piloten und deshalb die Übernahme dessen Knüppelanordnung. Ist dieser nicht vorhanden, eine Vorüberlegung dazu:

Sind schon Erfahrungen bzw. Steuergewohnheiten vom Flächenmodell vorhanden, sollten diese soweit möglich übernommen werden.

Vergleich Knüppelbewegungen Fläche/Hubi	
Hauptsteuerrichtung Querruder	Hauptsteuerrichtung Taumelscheibe (TS) rechts/links
Höhenruder	TS vorwärts/rückwärts neigen Hubi vorw./rückw.
Seitenruder	Heckrotor links/rechts, Hubi dreht um Hochachse
Gas	Pitch(und Gas)=Heben und senken (TS bzw. Hubi)

Dabei gilt allgemein:

Pitchknüppel nach vorne drücken = Heben

Wer mehr von den "Großen" Fliegern kommt, kann auch an der Kreuzfunktion vom Pitchknüppel den Heckrotor steuern, anstatt die TS, diese wird dann in Roll- und Nickrichtung mit einem Knüppel gesteuert.

Auf welcher Seite nun der Drosselknüppel anzuordnen ist und ob Abweichungen von diesen Vorschlägen im Einzelfall sinnvoll sind, das hängt von den persönlichen Vorstellungen des Piloten oder des "Fluglehrers" ab.

#### Leerlauftrimmung

Meistens stellen die Hubiprogramme der Sender auch noch eine Leerlauftrimmung zur Verfügung. Dies ist sehr komfortabel, denn damit wirkt die Trimmung des Pitch(Drosselknüppels) lediglich in der Leerlaufposition, die Vollgasstellung wird nicht beeinflusst. Damit läßt sich vor allem der Motor einfacher starten, denn die Trimmung muß für Vollgas nicht verändert werden. Daher wenn vorhanden, diese Funktion aktivieren. Dabei beachten, daß die Gastrimmung dann auch nur in Leerlaufstellung des Pitchknüppels wirksam ist. Notfalls diese Funktion umpolen (nicht Gas).

#### Servolaufrichtungen für jede Funktion einstellen:

Rollen links steuern - die TS muß sich (in Flugrichtung gesehen, also von hinten betrachtet) nach links neigen. Liegt auf diesem Knüppel auch die Pitchfunktion, Knüppel in Pitchmitte belassen zum testen der Roll-Funktion.

Nicken nach vorne steuern, die TS muß sich nach vorne neigen.

TS heben steuern, (Pitchknüppel nach vorne), die TS muß sich heben bzw. die Rotorblätter müssen positiv angestellt werden (es gibt auch TS, wo diese sich senkt, wenn die Rotorblätter positiv verstellt werden, Anleitung des Hubis beachten)

Gasfunktion prüfen. Wenn der Pitchknüppel voll auf Steigen (heben) steht, muß der Vergaser vollständig geöffnet sein, wenn der Pitchknüppel auf max. senken steht, muß der Vergaser in Leerlaufstellung stehen (Gastrimmung ganz vorne).

#### Heckrotor

Hier gibt es mehrere Kombinationsmöglichkeiten, aber immer die selben, grundsätzlichen Ausschläge. Gesteuert wird immer die "Nase" des Hubschraubers, wo diese hinzeigt, fliegt der Hubschrauber im Normalfall (Vorwärtsflug) auch hin:

Links drehender Rotor, Heckrotor links angebracht

Links drehender Rotor, Heckrotor rechts angebracht

Rechts drehender Rotor, Heckrotor links angebracht

Rechts drehender Rotor, Heckrotor rechts angebracht

In jedem Fall müssen sich für die Steuerung nach links (Nase des Hubschraubers von hinten gesehen nach links) die Heckrotorblätter in Richtung Heck nach rechts einstellen.

## Heckrotorsteuerung des Kreisels einstellen !!!!!!!!!!!

Der Kreisel soll bei einer Drehung des Hubis um die Hochachse z.B. nach links (Nase) automatisch eine Gegensteuerbewegung des Heckrotors nach rechts steuern. Deshalb die Empfindlichkeit des Kreisels für diese Funktionstest zunächst am Sender oder am Kreisel auf MAXimal stellen (später für die ersten Flüge wieder reduzieren auf 50%, nicht vergessen!!!!).

Jetzt Hubi um die Hochachse nach links drehen (Nase). Der Kreisel muß nun die Heckrotorblätter verstellen in die Gegenrichtung. Schwierig ist dies, weil der Kreisel diese Gegensteuerbewegung nur so lange ausführt, wie die Drehung anhält. Vorschlag: Nehmen Sie den Hubi in die Hand, drehen Sie sich mit dem Hubi mehrere male um die eigene Achse nach links und beobachten Sie dabei den Heckrotor bzw. dessen Ausschläge, er muß die Gegensteuerbewegung in die richtige Richtung ausführen (Nase nach rechts steuern). ***Dies bitte ganz genau kontrollieren, denn wenn diese Ausgleichsausschläge in die falsche Richtung erfolgen, ist der Hubi unsteuerbar, die Situation kann äußerst gefährlich werden.***

Wenn noch nicht geschehen, jetzt die Funktion Pitch-Heckrotor (Futaba REVO) anschalten. Diese stört am Anfang nur und wird deshalb später noch erklärt.

## Sonderfall gemischte Taumelscheibe

Diese Taumelscheibe hat zwar mechanisch ein paar Vorteile, meist bei kleineren oder E-Hubis, ist aber etwas aufwendiger und schwieriger zu verstehen.

Gibt es bei der mechanisch gemischten TS für jede Funktion ein separates Servo welches jeweils nur für eine Funktion zuständig ist, wird die gemischte TS von den Servos direkt angesteuert, die Servos sitzen direkt unter der Taumelscheibe. Damit müssen aber die Funktionen der TS von denn Servos gemischt an die TS weiter gegeben werden, jedes Servo hat mehrere Funktionen.

Gehen wir von der am einfachsten zu verstehenden TS aus, der sog 4x90Grad angelenkten TS aus. Dabei sitzen 4 Servos direkt unter der TS, eines vorne und hinten, eines links und rechts. Nun wollen wir die TS nach links neigen. Dazu muß das links sitzende Servo eine Bewegung ausführen, welche die TS nach untenzieht, gleichzeitig muß das rechts sitzende Servo eine Bewegung ausführen, welche die TS nach oben bewegt.

Analog dazu muß für die Bewegung der TS "nach vorne neigen" das vorne sitzende Servo eine Bewegung ausführen, welche die TS nach unten zieht, gleichzeitig muß das hinten sitzende Servo eine Bewegung ausführen, welche die TS nach oben bewegt.

Wollen wir eine Bewegung der TS nach heben steuern, müssen nun alle Servos gleichsinnig und gleichzeitig eine Bewegung ausführen, welche die TS nach oben bewegt.

Diese Bewegungen der Servos müssen "sinnrichtig" vom Sender gemischt werden. Hat der Sender diese Funktion nicht, kann der Hubi mit dieser TS nicht gesteuert werden.

Erschwerend kommt hinzu, daß es zusätzlich weitere 3 mögliche Anordnungen von Servos unter der TS gibt, 90Grad, 120Grad-Quer und 120Grad-Höhe, die dann entsprechend gemischt werden müssen.

## Programmierung TS-Typ

Um den Sender auf die jeweilige TS zu programmieren, muß zunächst festgestellt werden, welcher TS-Typ vorliegt. Das müßte in der Beschreibung des Hubis stehen.

Dies wird mit der Anleitung des Senders verglichen und der jeweilige TS-Typ aktiviert im Sender-Hubschrauber-Programm.

Dann müssen die Servos entsprechend der Anleitung an den Empfängerausgängen angeschlossen werden. Empfängerausgänge für weitere Programmierung gut merken.

Jetzt Pitchknüppel auf Mittelstellung stellen, Empfänger einschalten. Pitch betätigen in Richtung Max Pitch, die TS muß sich heben, alle Servos müssen gleichsinnig ausschlagen. Leider ist dies selten der Fall. Deshalb muß nun ins Menü/Funktion "Servoumpolung" gewechselt werden. Dort müssen die beteiligten Servos (Empfängerausgänge) solange umgepolt werden, bis die Servos die TS heben und senken.

Nun muß noch die Richtung der TS sinnrichtig zu heben und senken eingestellt werden. Dazu Pitch-Knüppel nach vorne stellen, die TS muß sich heben bzw. die Rotorblätter in Richtung positive Anstellung verstellen. Ist dies nicht der Fall, muß nun die Funktion "gemischter Pitch" umgepolt werden. Dazu bietet die TS-Funktion im Sender meist eine Möglichkeit, die einzelnen Richtungen einzustellen.

Dies alles gilt dann auch für TS neigen nach vorne/hinten bzw. links/rechts. Auch diese Funktionen müssen an der TS sinnrichtig ankommen. Hier hilft nur etwas spielen, aber es hört sich schwieriger an als es wirklich ist.

Nun sind die Grundeinstellungen erfolgt, den ersten Startversuchen steht eigentlich nichts mehr im Weg.

Die verfeinerten Einstellungen wie z.B. Gasvorwahl, Gaskurve usw. empfehlen und beschreiben wir erst nach den ersten Flugversuchen. Dann ist bereits ein besseres Verständnis vorhanden und die ersten Nachjustierungen der Neutralstellungen, die immer notwendig sind, sind gemacht.

## 7.) Vorbereitungen zum Start

### Tank

Der Tankeinbau ist meist vorgegeben oder vorbereitet, je nach Hubi-Typ. Trotzdem gibt es ein paar Besonderheiten, die hier erwähnt sein sollen. Die Tankmittellinie sollte in Normallfluglage auf etwas unter dem Vergaserniveau liegen. Liegt der Tank über dem Vergaserniveau, läuft der Sprit von selbst in den Vergaser, der Motor "ersäuft" regelrecht schon vor dem Startvorgang. Anlassen ist damit meist nicht möglich.

Liegt der Tank zu weit unter dem Vergaserniveau, dann muß der Motor den Sprit sehr hoch ansaugen, auch dies führt zu erschwertem Anlassvorgang, außerdem muß dann die Düsenadel sehr weit geöffnet werden, was u.U. im Flug dann zu unregelmäßigem Lauf führt.

Die Sprit-Zuleitung zum Vergaser muß im Tank als sog. Pendelansaugung mit Pendelfilter ausgeführt werden. Das bedeutet, das Pendelfilter bewegt sich durch die Schwerkraft immer an die unterste Stelle im Tank, da wo dann normalerweise der Sprit sich befindet. So wird gewährleistet, daß der Motor in jeder Fluglage mit Sprit versorgt wird. Als bewegliches Glied in der Pendelfilteranlage wird ein Stück Silikon-Spritschlauch verwendet, welches innerhalb des Tanks das Pendelfilter mit dem Tankausgangsnippel verbindet.

Der Tank sollte immer ein Entlüftung haben, die an der höchsten Stelle des Tanks angebracht ist und als VOLL-Anzeige beim Betanken dient (der Sprit läuft dann zur Entlüftung und darüber aus dem Tank, wenn dieser voll ist).

Ein Druckanschluß muß vorhanden sein, es ist auch möglich, den Überlauf als Druckanschluß zu verwenden. Der Druckanschluß hat die Aufgabe, den Tank mit Überdruck zu beaufschlagen, damit muß der Motor bzw. Vergaser weniger Saugleistung erbringen, die Laufeigenschaften werden verbessert.

Der Druck wird dem Schalldämpfer entnommen, der dort angebrachte Nippel ist der Druckanschluß am Schalldämpfer. Verbunden werden alle Nippel mit "Spritschlauch" aus Silikon, der Innendurchmesser sollte mind. 1mm betragen, besser 1,5mm, die Wandstärke mindestens 1,5mm. Dadurch kann der Spritschlauch nicht so leicht abgeknickt werden. Alle Zuleitungen müssen so kurz wie möglich gewählt werden.

### Grundeinstellung des Vergasers

Normalerweise sind die Vergaser schon grundeingestellt, Kontrolle ist aber zu empfehlen. Dazu Vergaser auf Vollgas (ganz offen) stellen. Ein kurzes Stück Spritschlauch (25cm) auf den Düsenstocknippel am Vergaser aufsetzen. Nun in den Spritschlauch blasen und die Hauptdüsenadel langsam ZU-drehen. Dabei darauf achten, wann die Luftmenge, die in den Spritschlauch geblasen werden kann, reduziert wird. Jetzt die Düsenadel wieder etwas herausdrehen (ca. 1/4 Umdrehung), damit ist die Vollgasstellung grob eingestellt, die meisten Motoren laufen damit etwas zu fett, springen aber in jedem Fall an.

Nun Vergaser in Leerlaufstellung bringen, Drosselküken also leicht geöffnet. Nun wieder in den Spritschlauch blasen, und dabei den Vergaser langsam öffnen. Die einblasbare Luftmenge muß nun ständig zunehmen, bis etwa Mittelstellung des Drosselküken. In völlig geschlossenem Zustand des Drosselküken darf dann keine Luft mehr einblasbar sein. Läßt sich bei völlig geschlossenem Drosselküken noch Luft einblasen, dann muß die Leerlaufnadel so lange ZU-gedreht werden, bis keine Luft mehr eingeblasen werden kann. In Leerlaufstellung muß sich wenig Luft einblasen lassen, die mit zunehmend geöffnetem Vergaser auch zunehmen muß.

Mit der so erfolgten Grundstellung ist bei uns noch jeder Motor angesprungen.

### Tanken

Der Tank wird gefüllt über den Vergaseranschluß. Dieser wird entweder direkt am Vergasernippel abgenommen und dann in den Tanknippel des Externtanks bzw. der Pumpe gesteckt. Liegt der Drucktankanschluß des Schalldämpfers unterhalb des Motors bzw. dessen Auspuffausgang, kann direkt durch die Ansaugung betankt werden.

Liegt der Schalldämpfer bzw. der Druckanschluß oberhalb des Motors bzw. dessen Auspuffausgang, muß der Druckschlauch zum Betanken abgenommen werden. Der Grund dafür liegt darin, daß bei vollem Tank der Überlauf sonst in den Auspuff des Motors gelangt, der Brennraum somit "absäuft" und meistens der Motor nicht mehr durchgedreht werden kann.

Für die ersten Anlassversuche empfehlen wir den Tank nicht vollständig zu füllen, damit der Sprit nicht von alleine in den Motor läuft sondern angesaugt werden muß. So wird verhindert, daß der Motor absäuft.

### **Motor starten**

Der Motor wird gestartet mit dem Elektrostarter, dabei auf richtige Drehrichtung achten. Der Starter muß auf die jeweilige Startvorrichtung (Konus o.ä.) aufgesetzt werden, der Motor muß durchgedreht werden. Dazu den Vergaser mit dem Drosselknüppel (Fernsteuerung EIN) auf Halbgas bis Vollgas stellen. Dabei beachten, daß jetzt auch Sprit angesaugt wird (Blasen verschwinden im Schlauch). Ist Sprit angesaugt, wird jetzt noch die Kerze geglüht. Vergaser in Leerlaufstellung stellen, Trimmung auf Trimmung "Auf" (Leerlaufposition des Drosselkükens) stellen. Der Starter wird wieder angesetzt und der Motor durchgedreht. Bei richtiger Vergasereinstellung sollte der Motor jetzt anspringen. Ist der Motor trotz aller Vorsicht "abgesoffen", läßt sich also wegen viel Sprit im Brennraum nicht mehr durchdrehen, dann muß die Spritversorgung am Düsenstock des Motors abgenommen werden (Spritschlauch abnehmen). Kerze heraus-schrauben, Motor mit Starter durchdrehen, bis er sich ganz leicht drehen läßt und der überflüssige Sprit ausgetreten ist (Lappen vor Kerzenloch halten). Ist alles wieder in Ordnung, kann die Kerze wieder eingeschraubt, der Startvorgang wiederholt werden.

### **Motor Einlaufen lassen**

Neue Motoren müssen einlaufen, bevor sie voll belastet werden bzw. endgültig eingestellt werden. Im Hubschrauber ist das etwas schwierig. Daher den neuen Motor nie mager einstellen. Wer schon fliegen kann, kann nun mit fetter Einstellung die ersten drei Tanks im Schwebeflug fliegen, dabei bei jeder neuen Tankfüllung die Düsennadel etwas weiter eindrehen (magerer). Wer nicht fliegen kann, sollte den Hubi fesseln am Boden (Kufen ausreichend beschweren). Den Motor mindestens einen Tank lang fett (erkennbar an viel Auspuffrauch) laufen lassen, dabei ab und zu von Vollgas auf erhöhten Leerlauf drosseln und wieder Gas geben. Nach dem ersten Tank kann nun der Motor etwas magerer gestellt werden und die ersten Flugversuche unternommen werden, s.u.

## **8. Die ersten Startversuche**

Hier gibt es verschiedene Methoden, bei den ersten Versuchen einen Crash zu verhindern. Dazu gehört zum Beispiel ein unter die Kufen geschnallter Hula-Hupp Reifen, dieser vergrößert die Aufstandsfläche und verringert die Kippneigung. Wer einen glatten Untergrund, Asphalt, Beton o.ä. zur Verfügung hat, sollte auf diesem Untergrund starten, denn damit kann der Hubi leicht wegrutschen, was am Anfang vieles vereinfacht.

Läuft der Motor, Hubi auf den Startplatz stellen, Nase gegen den Wind. Alle Trimmungen (außer der Gastrimmung) auf Mitte stellen, Kreiselempfindlichkeit auf 50%. Laaaaangsam Gas geben, Rotor langsam beschleunigen. In sicherem Abstand (mind. 5m) hinter dem Hubi stehen. Dabei ständig den Hubi beobachten.

Wenn schon deutliche Drehzahl anliegt, der Hubi aber noch deutlich fest auf den Kufen steht, können die ersten Kontrollen erfolgen:

Treten deutliche Vibrationen auf, Versuch abbrechen und nach der Ursache für die Vibrationen suchen. Rotorkreisfläche beobachten, läuft diese in etwa parallel zur Bodenebene?? Eine starke Neigung in eine Richtung deutet auf falsche Einstellung der Taumelscheibe (schräg) oder des Pitchkompensators und der Verbindung zum Rotor hin. Spurlauf soweit in dieser Position möglich, beobachten. Starke Abweichungen (ein Blatt fliegt deutlich höher als das andere) müssen beseitigt werden bevor wir den Rotor weiter beschleunigen.

Sind alle bisherigen Punkte einigermaßen im grünen Bereich, kann die Drehzahl des Rotors weiter erhöht werden. Der Hubi wird dann irgendwann merklich leichter, dies sollte ungefähr kurz vor der Mitte des Knüppelweges sein.

Es ist noch nicht das Ziel, den Hubi jetzt abzuheben. Wir beobachten, in welche Richtung das Heck weg-drehen will in dieser Situation. Dreht der Hubi auf eine Seiteweg und dies läßt sich nicht mit der Heckrotor-trimmung am Sender fürs erste korrigieren, dann muß dies mechanisch erfolgen im Stand durch verstellen der Heckrotor-Blätter in die richtige Richtung. Ein erneuter Versuch muß dann zeigen, ob die Maßnahme Erfolg hatte. Läßt sich das weg-drehen des Hubis am Boden nicht korrigieren, kann es u.U. sein, daß die Ausgleichsrichtung des Kreisels für den Heckrotor genau verkehrt eingestellt ist, der Heckrotor dadurch in eine Richtung beschleunigt wird anstatt abgebremst. Notfalls dann die Ausgleichsrichtung am Kreisel ändern.

Ist die Wegdreh-tendenz abgestellt, wird der Rotor noch ein kleines bisschen weiter beschleunigt, wir wollen immer noch nicht abheben. Nun prüfen wir die Tendenz des Hubis, auch welche Seite er kippen will bzw. sich in welche Richtung er sich weg-bewegen will. Jeder Hubi hat diese Tendenz, die Richtung ist unterschiedlich, je nach Rotordrehrichtung und anderer Einflüsse. Wird diese Tendenz beim Abheben nicht vom Piloten kompensiert, kippt der Hubi schon beim ersten Versuch abzuheben, um, Ersatzteilumsatz für den Hersteller ist die Folge.

Also, ganz vorsichtig abchecken, wohin will der Hubi?????. Diese Versuche wiederholen und dabei durch eine leichte Gegensteuerbewegung am entsprechenden Knüppel versuchen, diese Tendenz zu kompensieren, selbst wenn der Hubi immer noch am Boden steht.

Alles dies kann schon die Zeit für den ersten Flugtag benötigen, es ist aber "tötlich" für den Hubi, mit Gewalt zu versuchen, innerhalb weniger Minuten den Hubi schon abzuheben. Wer die Zeit rechnet, die es dauert bis ein Hubiwrack wieder aufgebaut ist, der kommt schnell darauf, daß es besser ist, mit Geduld und System die Sache Schritt für Schritt voranzutreiben. Wer hier den schnellen Erfolg sucht, hat sich mit dem Modellhubi das falsche Hobby gewählt.

Sind diese ersten Einstellungen und Erfahrungen gemacht, kann dann der Moment erfolgen, indem wir versuchen, den Hubi abzuheben, zwar wie schon bekannt langsam und auch nur kurz auf 10cm Höhe und gleich wieder langsam absetzen. Jetzt müßten alle Tendenzen, die wir vorher im stehenden Zustand abgestellt haben meist wieder auftreten, denn der Hubi ist in der Luft ja erheblich beweglicher. Das ganz Spiel beginnt also von vorne.

Wegdrehen des Heckrotors, Tendenz wegzufiegen in welche Richtung usw. Wir versuchen nun, dies durch die Trimmung am Sender oder auch durch mechanische Verstellung zu minimieren. Es wird u.U. nicht gelingen, alle diese Tendenzen 100% abzustellen, dazu gibt es zu viele Faktoren, geübte Piloten steuern diese aus, deshalb sieht das so aus, als ob hier alles 100% eingestellt wäre.

Immer wieder kurzes Abheben, dann der Versuch die Position zu halten, wieder absetzen. Wer hier schon sicher ist, daß er dies auch in 50cm Höhe kann, soll dies versuchen, dabei den Pitchknüppel nie abrupt bewegen, nur langsam steigen oder sinken lassen. Die Abhebezeit sollte langsam gesteigert werden. Ziel ist den Tank irgendwann einmal im Schwebeflug leer zu fliegen. Die richtige Schwebeflughöhe iist eigentlich Augenhöhe. Da dies aber gefährlich sein kann, ist 1 m Höhe der beste Kompromiss. Augenhöhe wird nur geflogen zur Kontrolle des Blatt-Spurlaufs. Einsteiger sollten dies immer von einem Kollegen kontrollieren lassen, nicht selbst nach den Rotorblättern schauen, wenn man noch ungeübt ist.

Nicht entmutigen lassen, jede Steigerung, jedes Erfolgserlebnis feiern. U.U. ist es ganz praktisch, den Hubi leicht nach vorne gegen den Wind fliegen zu lassen und immer wieder absetzen und hinterher laufen. Dies stabilisiert und erleichtert die Situation, also diese Tendenz muß nicht ganz abgestellt werden.

### **Der Schwebeflug**

haben wir bisher versucht, den Hubi am wegfliegen zu hindern und wieder aufzusetzen, kommen wir nun zu Phase 2, wir versuchen dem Hubi unseren Willen aufzudrücken und ihn bewußt in bestimmte Richtungen zu bewegen. Noch immer machen wir keinen Rundflug, der Übergang dazu muß erst noch erlernt werden, was nicht besonders schwierig ist. Nur leider muß nach dem Rundflug das ganze vor einer Landung wieder in den Schwebeflug überführt werden, und das erfordert Erfahrung und sicheren Schwebeflug.

### **Vorwärts schweben**

Wir versuchen, durch gezielte, kurze Nicksteuerung den Hubi nach vorne fliegen zu lassen, aber langsam, langsam. Deshalb aus dem Schwebeflug heraus kurze Steuereingabe nach vorne, warten bis der Hubi leicht Fahrt aufnimmt und sofort wieder abbremsen durch eine leichte Steuereingabe nach hinten. Dies wiederholen, dabei auch die Höhe halten mit Pitch, bis wir deutlich sicher sind, daß der Hubi ausführt, was wir selber wollen. Rückwärts schweben ist nicht so wichtig, dies kann später geübt werden.

### **Seitwärts schweben**

Hier der gleiche Vorgang, wir machen eine Steuereingabe auf eine Seite und versuchen wieder abzubremsen durch Gegensteuerbewegungen.

### **Um die Hochachse drehen**

Dies sollte noch nicht um 180 Grad oder mehr erfolgen, sondern hier nur max. versuchen, den Hubi um 30-40 Grad um die Hochachse zu drehen (Heckrotor) und in der neuen Richtung schweben zu lassen, dann wieder zurück und in die andere Richtung drehen.

Bei Steuerung um die Hochachse mit dem Heckrotor bitte unbedingt vermeiden, daß die Nase des Hubis auf den Piloten zeigt. Dies ist in diesem Stadium die gefährlichste Flugsituation, denn um diese Position zu halten müssen Steuerbewegungen "gedanklich umgepolt" werden.

Diese Übungen wiederholen bis alles 100% beherrscht wird, dann steht dem ersten Rundflug schon nichts mehr im Weg.

### **Rundflug**

Der erste Rundflug sollte regelrecht geplant werden. Wir lassen den Hubi aus dem Schwebeflug nach vorne wegfliegen. Er sollte schon etwas Geschwindigkeit aufnehmen, aber nicht zu schnell werden zu lassen. Ist etwas Fahrt aufgenommen, wird der Hubi wegsteigen. Dies ist normal, denn jetzt liefert der Rotor mehr Auftrieb, weil er zusätzlich von vorne angeströmt wird. Daher nehmen wir, um Höhe zu halten, jetzt etwas Pitch zurück. Nach kurzer Zeit müssen wir nun vorbereitet sein, eine Kurve zu fliegen. Eine Kurve wird geflogen durch Steuerung der Taumelscheibe nach der gewünschten Seite. Der Hubi neigt sich auf diese Seite. Nun verliert er dabei auch Höhe - dies wird kompensiert durch leichtes ziehen am Nickknüppel, die Steuerung zur Seite kann wieder auf Neutralstellung gehen, der Hubi bleibt in der Schräglage. Oft legt sich das Heck gerne nach innen in die Kurve, was durch steuern des Heckrotor kompensiert wird.

Also Kurve einleiten mit Rollknüppel, Roll loslassen wenn Schräglage erreicht ist, Kurve mit dem Nickknüppel ziehen und Höhe halten, Heckrotor etwas korrigieren falls notwendig. Jetzt beachten, daß die eingeleitete Kurve zu einem Vollkreis wird, den nichts ist schwieriger, als eine Kurve abubrechen, wenn die Nase des Hubis auf den Piloten zeigt. Also Kreisflug durchführen, zum Ende hin den Hubi aus der seitlichen Schräglage langsam aufrichten und nach vorne von sich weg wegfliegen, gleichzeitig versuchen, den Hubi abzubremesen durch ziehen am Nick-Knüppel. Der Hubi wird jetzt zwar langsamer, will aber wieder wegsteigen, denn die Blätter werden jetzt von unten angeströmt. Wieder kompensieren wir das Wegsteigen durch Reduzierung von Pitch. Dies kann jetzt, um zu sinken, schon ein größerer Ausschlag sein, für diese Phase, auch Transition genannt (Übergang vom Vorwärts- in den Schwebeflug), wird zum Teil schon "Negativ-Pitch" benötigt, trotzdem fliegt der Hubi, obwohl die Rotorblätter theoretisch keinen Auftrieb mehr liefern.

Fortsetzung folgt mit folgenden Themen:

Ablängen Resonanzrohr

Zubehör für den Start und die Wartung

Spurlaufeinstellung

REVO

Gas Pitchkurven,

Konstant-Drehzahl

Autorotation

3D-Fliegen

Heading

Autorotation

10.)Nach dem Fliegen

Nach einem Absturz

Pflege und Kontrolle

11.)Index mit Begriffen, "damit Sie mitreden können"