

# Beschreibung Bell - Hiller Rotorkopf

Beigesteuert von Fabian Tschoetschel

Die meisten Modellhubschrauber sind mit einem Rotorkopf mit Bell / Hiller Steuerung ausgerüstet. Im Folgenden wird kurz erläutert, wozu diese Steuerung gut ist und wie sie funktioniert.

Unsere kleinen Modelle unterscheiden sich von ihren größeren Vorbildern vor allem durch die Masse. Sie sind dadurch sehr anfällig auf äußere Einflüsse wie beispielsweise Windböen. Des Weiteren reagieren sie sehr schnell auf Steuerimpulse.

Die Herausforderung

Folgende Aussage habe ich schon häufiger gehört: „Ein Hubschrauber ist, im Gegensatz zu Flugzeugen, von Natur aus instabil“. Dies ist aber so nicht ganz richtig. Durch die Masse des sich drehenden Rotors ist das gesamte System gyroskopischen Effekten unterworfen (Wiki: Selbststeuerungseffekt, der einem System aufgrund der Drehbewegung einzelner Elemente oder des gesamten Systems innewohnend ist -> Kreiselwirkung). Dabei handelt es sich nicht nur um eine Stabilisierung aufgrund des Trägheitsmoments, sondern auch um dynamische Vorgänge, die das System auch bei Störungen in einen stabilen Zustand zurückführen können. Die Wiedererlangung eines stabilen Zustandes wird nicht immer erreicht, die Nachhaltigkeit der Effekte ist also begrenzt.

Im Wesentlichen bewirkt der Effekt, dass sich der Hubschrauber seine Fluglage in Längs- und Querachse gar nicht ändern möchte und seine Fluglage damit stabil ist. Im Gegensatz zu einem Flugzeug ist ihm dabei aber völlig egal, in welcher Fluglage er sich dabei befindet. Eine Änderung der Fluglage wird immer durch einen Steuerimpuls oder einen äußeren Einfluss hervorgerufen.

Da sich unsere kleinen Modelle im Wesentlichen durch die sehr kleine Masse von ihren größeren Vorbildern unterscheiden, bewirken Steuerimpulse und äußere Einflüsse sehr schnelle Fluglageänderungen. Die Herausforderung besteht also darin, die Fluglageänderungen zu dämpfen und die Eigenstabilisierung zu verstärken, damit unsere Modelle sich so wie ihre Vorbilder bewegen bzw. sich überhaupt steuern lassen.

Bezogen auf die Hochachse (Hecksteuerung) begegnen wir diesem Problem mit der Verwendung von Kreiseln (Gyros). Für die Längs- und Querachse ist die Bell / Hiller Ansteuerung zuständig.

Ein zyklischer Steuerimpuls über die Hauptrotorblätter übt eine Kraft auf das sich drehende System aus. Ist der Anstellwinkel des nach hinten gerichteten Blattes größer als der des nach vorne gerichteten, wirkt die Kraft genau so, dass sich das System nach vorne neigen sollte. Da das System aufgrund der Drehung aber den bereits erwähnten gyroskopischen Effekten unterliegt, wirkt die Rotorebene der ausgeübten Kraft entgegen und weicht um ca. 90° in Drehrichtung aus. Das rechtsdrehende System neigt sich also nicht, wie vielleicht erwartet, nach vorne, sondern nach rechts. Dieses Prinzip gilt sowohl für die Hauptrotorebene, wie auch für die später beschriebene Hilfsrotorebene (Paddelstange).

Dämpfung über Bell-Gewichte

Dieses Prinzip sieht die Verwendung einer Hilfsrotorebene vor, an dessen Enden sich Gewichte (Bell-Gewichte) befinden und die im Gegensatz zur Hauptrotorebene schwenkbar aufgehängt ist. Über ein Gestänge beeinflusst die Neigung der Hilfsrotorebene im Vergleich zur Hauptrotorebene direkt und zyklisch den Anstellwinkel der Hauptrotorblätter.

Ändert nun der Hubschrauber seine Fluglage um Längs- oder Querachse, so verbleibt die Hilfsrotorebene durch den gyroskopischen Effekt in der ursprünglichen Lage, die Hauptrotorebene neigt sich also im Vergleich zur Hilfsrotorebene. Die beschriebene zyklische Ansteuerung der Hauptrotorblätter wirkt der Fluglagenänderung entgegen, die Bewegung wird gedämpft.

Bei den ersten Versionen der BELL UH 1D wurde genau diese Technik angewandt, die Gestänge und die BELL-Gewichte sind auf den Bildern gut zu erkennen.

Bei den kleinen Koaxial-Helis wird dieses Prinzip ebenfalls verwendet. Hier wird der obere Rotor über ein entsprechendes Gestänge zyklisch angelegt, die Fluglagenänderungen dadurch gedämpft. Entsprechend wirkt der Aufbau wie zwei Kreiselsysteme um Längs- und Querachse. Der untere Rotor wird über die Taumelscheibe angelenkt und der Hubschrauber dadurch gesteuert. Die Dämpfung der Hochachse wird bei diesen Modellen über einen elektronischen Kreisel realisiert.

Die dämpfende Wirkung des Systems kann entweder einen durch die Verlängerung der Gewichtstange und die Vergrößerung der Gewichte verstärkt werden kann.

Hiller - Steuerung

Gemäß der Steuermethode von Hiller kann über die Stange, an dessen Ende die Bell-Gewichte angebracht sind auch zur Lenkung des Hubschraubers verwendet werden. Dazu wird die Hilfsrotorebene nicht nur schwenkbar befestigt, sondern durch eine kadansisch aufgehängte Welle ersetzt, an dessen Ende sich kleine Hilfsflügel (Paddel) befinden.

Durch eine zyklische Drehung dieser Stabstange bewirken die Paddel, dass sich die Hilfsrotorebene im Vergleich zur Hauptrotorebene neigt. Über ein entsprechendes Gestänge wird wie im vorigen Abschnitt beschrieben erreicht, dass die Hauptrotorblätter entsprechend zyklisch angesteuert werden und der Hubschrauber dem Steuerimpuls nachkommt. Durch Änderung der Parameter (Größe der Paddel, Gewicht der Paddel, Länge der Paddelstange) kann das Steuerungs- und Dämpfungsverhalten angepasst werden.

Vater des Systems für Modellhubschrauber war Dieter Schlichter. Er entwickelte die ersten Rotorköpfe, mit denen die Hubschrauber wirklich steuerbar wurden. Das von ihm verwendete Prinzip findet heute in (fast) jedem Modellhubschrauber Verwendung.

#### Varianten der Pitchkompensation

Bei fast allen größeren Modellhelis, im Gegensatz zu den kleineren drehzahlgesteuerten Modellen, wird der Auftrieb durch eine kollektive Pitchsteuerung geregelt. Dabei wird die Taumelscheibe auf der Hauptrotor nach oben oder unten geschoben. Bei einer kardanischen Aufhängung der Stabstange muss genau diese Bewegung kompensiert werden. Dies wird durch die Verwendung von gekreuzten Hebeln erreicht.

Jan Henseleit verwendet für seine Rotorköpfe ein leicht anderes Prinzip. Hier ist die Stabstange nicht nur kardanisch sondern auch noch nach oben und unten verschiebbar aufgehängt (Moving Flybar System). Damit kann er auf einen Pitchkompensator unterhalb des Zentralstücks verzichten und erreicht damit ein direkteres Ansprechverhalten, da er auf diverse Umlenkhebel und Gestänge verzichten kann.

#### Elektronische Lösung

Wie bereits eingehend beschrieben, wirkt die zweite Rotorebene wie ein dämpfendes Kreiselssystem um Längs- und Querachse. Durch die Verwendung entsprechender elektronischer Komponenten kann auf die Hilfsrotorebene verzichtet werden. Bislang sind mir Systeme von zwei Herstellern bekannt, zum einen das V-Stabi (virtuelle Stabstange) und zum anderen der Heli Command mit RIGID-Funktion. Der Aufbau des Rotorkopfes kann dadurch natürlich deutlich vereinfacht werden.