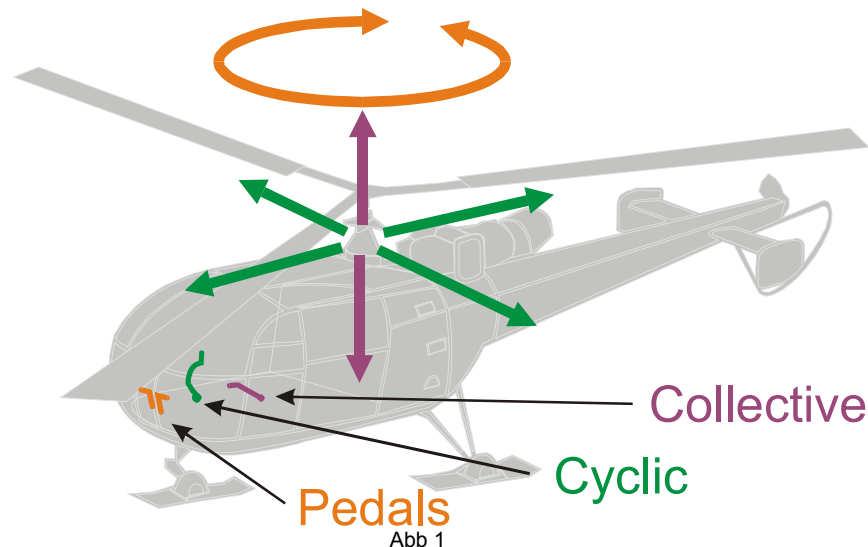


Steuerung der Hubschrauber

1. Grundlagen

Ein Hubschrauber wird mit drei unterschiedlichen Steuern gesteuert. Der Steuerknüppel, oder auch Cyclic genannt wird im Schwebeflug verwendet um den Hubschrauber nach links, rechts, vorne oder hinten zu bewegen. Im Vorwärtsflug werden durch den Cyclic die Kurven oder das Steigen und Sinken eingeleitet. Mit den Pedalen kann der Hubschrauber um die Hochachse an Ort gedreht werden, und mit dem Collective steuert der Pilot das Steigen und Sinken im Schwebeflug, und zusammen mit dem Cyclic die Geschwindigkeit im Vorwärtsflug (Abb 1).



Bei jedem Hubschrauber wird der Steuerknüppel mit der rechten Hand und der Collective mit der Linken bedient. Die Füße werden gebraucht um über die Pedale den Heckrotor zu steuern. Wegen der Instabilität eines Hubschraubers darf der Cyclic im Flug nicht losgelassen werden, es sei denn der Heli ist mit einem automatischen Stabilisierungssystem ausgerüstet.

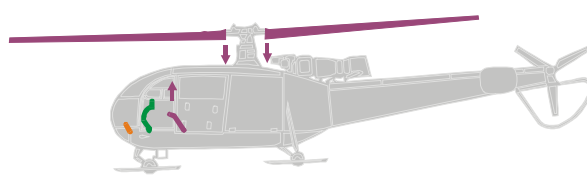


Abb 2

Sobald der Pilot am Collective nach oben zieht, wird der Anstellwinkel aller Rotorblätter um den gleichen Betrag erhöht. Dadurch nimmt der Gesamtauftrieb zu und der Helikopter beginnt zu steigen. Sinngemäss verringert sich der Anstellwinkel, wenn der Pilot den Collective nach unten drückt. (Abb 2)

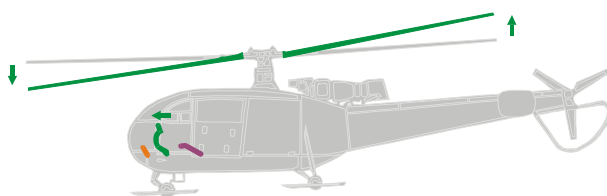


Abb 3

Wird der Cyclic nach vorne gedrückt, wird der Anstellwinkel der Rotorblätter während einer Umdrehung kontinuierlich geändert. Durch den unterschiedlichen Auftrieb wird die Rotorblattebene nach vorne geneigt. Selbstverständlich neigt sich die Ebene nach hinten, sobald der Pilot den Cyclic nach hinten zieht. (Abb 3)

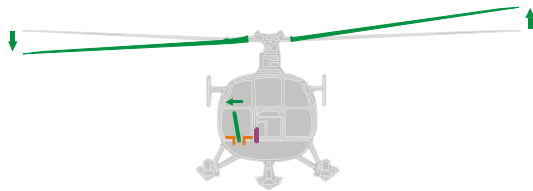


Abb 4

Dasselbe wie oben beschrieben geschieht, wenn der Pilot den Cyclic entweder nach rechts oder nach links drückt. (Abb 4)

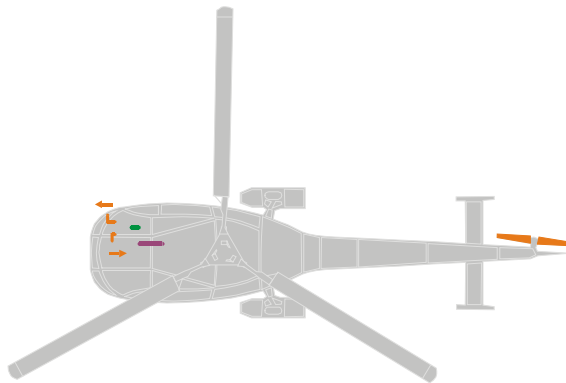


Abb 5

Mit den Pedalen wird der Anstellwinkel aller Heckrotorblätter um den gleichen Betrag verstellt (ähnlich der Collectiven Blattverstellung am Hauptrotor). Dadurch erhöht oder verringert sich der Heckrotorschub. (Abb 5)

Die ganze Sache mit der Steuerung hat nur einen kleinen Haken. Sobald der Pilot an einem der drei Steuer etwas verändert, muss er an den beiden Anderen ebenfalls korrigieren. Wie wir wissen, muss der Pilot am Collective ziehen wenn er im Schwebeflug etwas steigen will. Dies bewirkt nun, dass durch den grösseren Anstellwinkel der Rotorblätter (und dadurch erhöhter Luftwiderstand) das Drehmoment zunimmt. Dadurch beginnt sich der Hubschrauber um die Hochachse zu drehen, was nur mit einer Korrektur am Heckrotor verhindert werden kann. Da nun der Heckrotor einen grösseren seitlichen Schub liefert, wird auch die seitliche Versetzung des Hubschraubers vergrößert, was wiederum nur mit einer Korrektur am Cyclic ausgeglichen werden kann. Man könnte meinen, dass sich der Hubschrauber nun in einem stabilen Schwebeflug befindet. Dem ist leider nicht so!! Wegen den äusseren Einflüssen (vor allem Wind) und den nicht konstanten Verwirbelungen rund um den Hubschrauber muss der Pilot immer an allen Steuern korrigieren um einen stabilen Schwebeflug zu halten. Die grosse Schwierigkeit besteht darin all diese kleinen Korrekturen richtig zu koordinieren. Erst wenn ein Pilotenschüler nicht mehr studieren muss an welchem Steuer er nun korrigieren soll, kann er den Helikopter in einem mehr oder weniger stabilen Schwebeflug halten. Und um diesen Automatismus ein zu trainieren braucht es einige Zeit (und einige Schweißstropfen).

2. Die Technik

Die Steuerung eines Hubschraubers wird über Steuerstangen, Umlenkhebel und Steuerseile, von den Steuerorganen auf die Taumelscheibe (resp zum Heckrotor) sichergestellt (Abb 6).

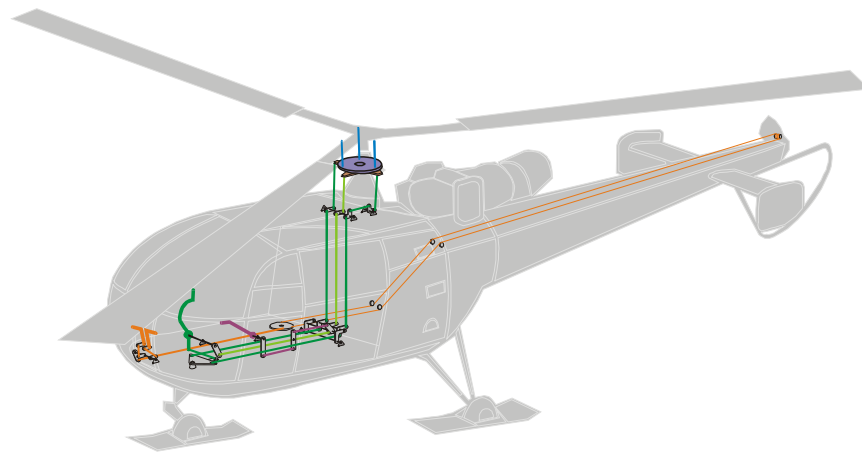


Abb 6

Das wichtigste Element der Steuerung eines Hubschraubers ist die Taumelscheibe. Sie liegt auf der Rotorachse, direkt unter dem Hauptrotor und ist zuständig für die Übertragung der Steuerimpulse auf die einzelnen Rotorblätter. Grundsätzlich besteht die Taumelscheibe aus zwei Teilen, dem fixen und dem drehenden Teil. Der fixe oder untere Teil ist über Steuerstangen und Umlenkhebel mit dem Steuerknüppel verbunden und der drehende oder obere Teil mit jedem einzelnen Rotorblatt. Wird nun die Taumelscheibe mit dem Steuerknüppel nach vorne oder zur Seite geneigt, ändert sich der Anstellwinkel jedes Rotorblattes während einer Umdrehung (zyklische Blattverstellung). Wenn der Pilot am Collective nach oben zieht, bewegt sich die Taumelscheibe als Ganzes nach oben und der Anstellwinkel aller Rotorblätter wird gleichzeitig erhöht (kollektive Blattverstellung). Dieses Prinzip funktioniert unabhängig von der Anzahl Rotorblätter des Hubschraubers (Abb 7).

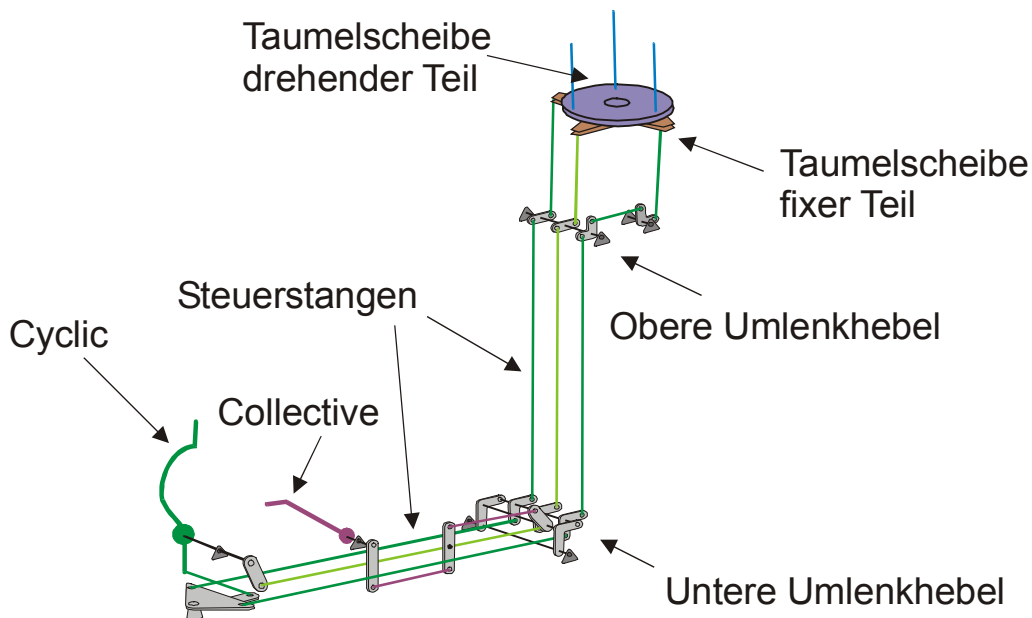


Abb 7

Die Steuerung wird bei kleineren Hubschrauber in der Regel mit hydraulischen Servomotoren unterstützt, um den Kraftaufwand des Piloten zu verringern. Bei mittleren und grossen Hubschraubern treten an der Taumelscheibe so grosse Kräfte auf, dass eine rein mechanische

Steuerung (nur mit Steuerstangen und Umlenkhebel) nicht mehr möglich ist, und die Steuerung nur mit hydraulischer Unterstützung gewährleistet werden kann.

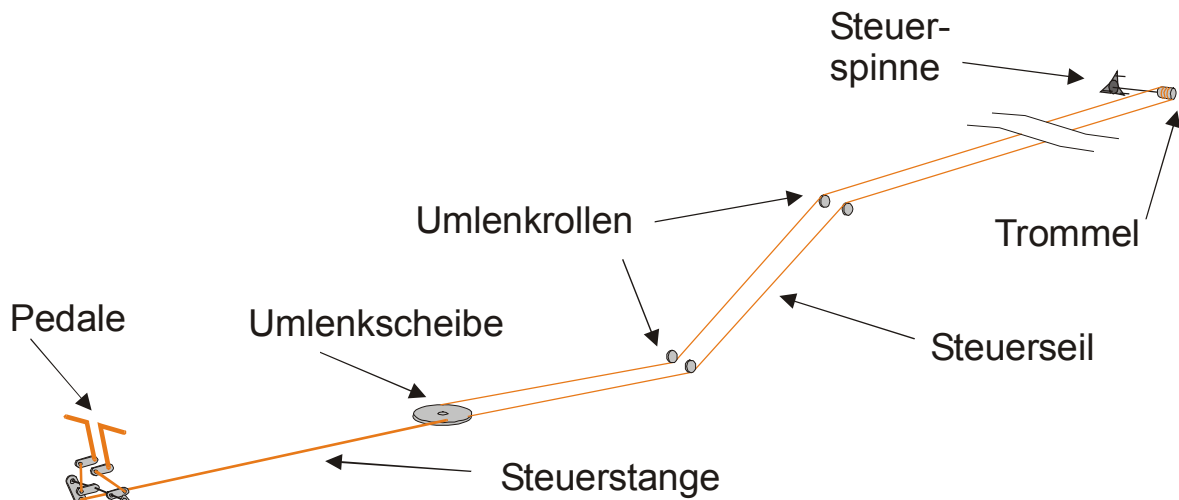


Abb 8

Die Steuerung des Heckrotors funktioniert grundsätzlich gleich. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass nur die kollektive Blattverstellung gebraucht wird. Die Pedale im Cockpit sind über Steuerstangen Umlenkhebel und Steuerseile mit der sogenannten Spinne verbunden. Die Spinne überträgt die Steuerimpulse auf die einzelnen Heckrotorblätter, ähnlich wie die Taumelscheibe am Hauptrotor. Auch hier gilt, je grösser der Hubschrauber, desto grösser sind die Steuerkräfte am Heckrotor und desto mehr muss die Steuerung mit hydraulischen Hilfsmitteln unterstützt werden (Abb 8).

3. NOTAR

Beim NOTAR (NO TAIL ROTOR) handelt es sich um einen Helikopter mit einem Hauptrotor aber ohne Heckrotor. Dieses Verfahren wurde von McDonnell Douglas (MD-Helicopters) entwickelt und patentiert. Der grosse Vorteil dieses Systems liegt darin, dass keine Gefährdung durch den drehenden Heckrotor vorhanden ist. Weiter wird der Lärmpegel des Helikopter wesentlich verringert. Bei einem konventionellen Hubschrauber wird ein Grossteil des Lärms durch den Heckrotor verursacht.

Das Prinzip des NOTARs ist eigentlich ganz einfach. Ein Teil des Hauptrotorabwindes wird in den Heckausleger geleitet und dort mit einem Fan weiter verdichtet. Die Luft strömt nun durch den Heckausleger und entweicht am Ende durch schwenkbare Düsen. Diese Düsen werden durch die Pedale gesteuert und erlauben den Ausgleich des Drehmomentes und die Drehung des Hubschraubers um die Hochachse (Abb 9).

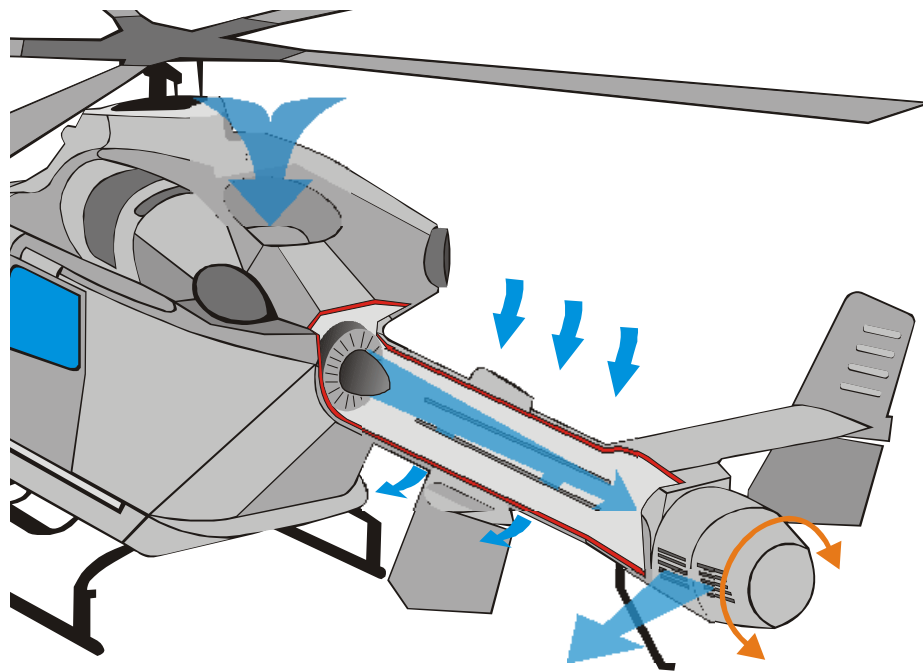


Abb 9

Unterstützt wird diese Wirkung durch die spezielle Form und weitere Auslassdüsen entlang dem Heckausleger. Durch die, nur auf einer Seite ausströmende Luft wird der Downwash zur Seite abgelenkt und beschleunigt. Dadurch wird ein seitlicher aerodynamischer Auftrieb erzeugt (Abb10). Mit diesem kleinen Trick kann man auch mit einem runden Körper die Wirkung eines normalen Flügelprofils erreichen.

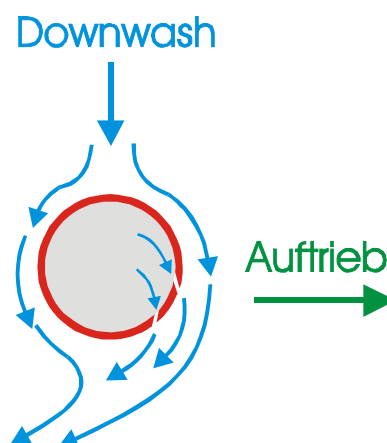


Abb10

Dieses System wird vor allem für die Steuerung im Schweben- und langsamen Vorwärtsflug verwendet. Im schnellen Vorwärtsflug wird der Helikopter über senkrecht angeordnete Seitenruder in der Hochachse gesteuert.

Die Steuerung um die Hochachse ist auch in der Autorotation voll funktionsfähig, da der Fan, welcher den notwendigen Luftdurchsatz im Heckausleger erzeugt, mechanisch mit dem Hauptgetriebe verbunden ist.