

PRAKTISCHE FLUGAUSBILDUNG TRAGSCHRAUBER



- 0 GRUNDLAGEN UND VERFAHERN
- 1 VERTRAUTWERDEN MIT DEM TRAGSCHRAUBER
- 2 VORBEREITUNG UND ABSCHLUSS AUF EINEN FLUG
- 3 ANGEWÖHNUNGSFLUG
- 4 WIRKUNG DER STEUER
- 5 ROLLEN
- 6 GERADEAUSFLUG
- 7 STEIGEN
- 8 SINKEN
- 9 KURVENFLUG
- 10 LANGSAMFLUG
- 11 ABNORMALE SITUATIONEN
- 12 START UND STEIGFLUG
- 13 PLATZRUNDE, ANFLUG UND LANDUNG
- 14 ERSTER ALLEINFLUG
- 15 KURVEN MIT ERHÖHTEN ANFORDERUNGEN
- 16 NOTLANDUNG OHNE TRIEBWERKSLEISTUNG
- 17 SICHERHEITSLANDUNG
- 18 NAVIGATION

9 KURVENFLUG

9.0.1 Einleitung

9.0.2 Begriffe

9.1 GRUNDLAGEN DES KURVENFLUGES

9.1.1 Kurvenflug durch Querlage

9.1.2 Der Kurvenradius

9.1.3 Auswirkungen des vergrößerten Anstellwinkels

9.1.4 Referenzen für die Lagehaltung im Kurvenflug

9.2 EINLEITEN DES KURVENFLUGES

9.2.1 LOOKOUT

9.2.2 Technik des Einleitens

9.2.3 Das negative Wendemoment

9.3 HALTEN DES KURVENFLUGES

9.3.1 LOOKOUT

9.3.2 Stabilisierung

9.4 AUSLEITEN AUS DER KURVE

9.4.1 LOOKOUT

9.4.2 Steuereinsatz beim Ausleiten

9.4.3 Ausleiten auf einen Fernrichtpunkt

9.4.4 Ausleiten auf einen vorbestimmten Steuerkurs

9.5 KURVEN IM STEIGFLUG / KURVEN IM SINKFLUG, GLEITFLUG

9.5.1 Charakteristik einer Kurve im Steigflug

9.5.2 Charakteristik von Sink- oder Gleitflügen

9.6 AIRMANSHIP

9.7 KONTROLLFRAGEN

9.0 EINLEITUNG, BEGRIFFE

9.0.1 EINLEITUNG

Kurven

Beim Kurvenflug wird zwischen normalen Kurven mit 25° bis 30° Querlage und Steilkurven > 45° unterschieden.

In diesem Kapitel lernen Sie wie normale Kurven eingeleitet, gehalten und ausgeleitet werden. Sie finden darin Erklärungen über die verschiedenen Effekte, welche dabei auftreten und Sie lernen diese zu korrigieren.

In einer stationären Kurve werden Höhe und Querlage konstant gehalten.

Am Anfang der Ausbildung ist vor allem der stabilen Lagehaltung eine grosse Bedeutung beizumessen. Auf die genaue Höhenhaltung wird erst Gewicht gelegt, wenn Sie die Technik der stabilen Lagehaltung beherrschen.

Themen des Kapitels:

- Einleiten, Halten und Ausleiten von Kurven
- Der zusätzliche Auftrieb für den Kurvenflug
- Referenzen am Tragschrauber für das Halten der Fluglage

9.0.2 BEGRIFFE

- ADVERSE YAW – Negatives Wendemoment
- ADDITIONAL LIFT – Zusätzlicher Auftrieb
- BANK – Querlage, Querneigung
- CLIMBING TURN – Kurve im Steigflug
- DESCENDING TURN – Kurve im Sinkflug
- HEADING – Steuerkurs
- MEDIUM TURN – Kurvenflug mit 25°–30° Querlage
- ROLL – Rollen, Bewegung um die Längsachse
- INKLINATION – Richtung der magnetischen Feldlinien
des Erdmagnetfeldes
- TOTAL LIFT..... – Gesamter Auftrieb
- TURN – Kurve

9.1 GRUNDLAGEN DES KURVENFLUGES

9.1.1 KURVENFLUG DURCH QUERLAGE

Damit ein Körper in Bewegung einer Kreisbahn folgt, also eine Kurve macht, ist es notwendig, dass eine Kraft diesen Körper in Richtung Kreismitte drückt. Wenn diese Kraft – Zentripetalkraft genannt – nachlässt, nimmt der Körper wieder eine Geradeausbewegung ein (Tangente an die Kurve welcher er gefolgt ist).

Die Kräfte, welche in einer Kurve auf ein Tragschrauber wirken sind die gleichen wie im horizontalen Geradeausflug. Diese sind das Gewicht, der Auftrieb, der Schub und der Widerstand.

Die Kurve wird mittels des Steuerknüppels durch Ausschlagen der Rotordrehebene eingeleitet, welche den Tragschrauber um die Längsachse drehen. Ist die Querlage erreicht, wird mit dem Steuerknüppel wieder die Neutralposition eingenommen und der Tragschrauber behält seine Querlage bei.

Da die Auftriebskraft immer senkrecht zur Rotorkreisfläche wirkt, fliegt der Tragschrauber eine Kurve. Der Grund dafür ist, dass die Auftriebskraft nun nicht mehr senkrecht zur Erdoberfläche wirkt.

Die jetzt «schiefe» Auftriebskraft kann in eine horizontale Komponente, die Zentripetalkraft, und in eine vertikale Komponente, die vertikale Kraft, aufgeteilt werden.

Wird nach einem horizontalen Geradeausflug eine Kurve eingeleitet, so reicht die verbleibende vertikale Kraft nicht mehr aus, das Gewicht zu kompensieren. Der Tragschrauber beginnt zu sinken.

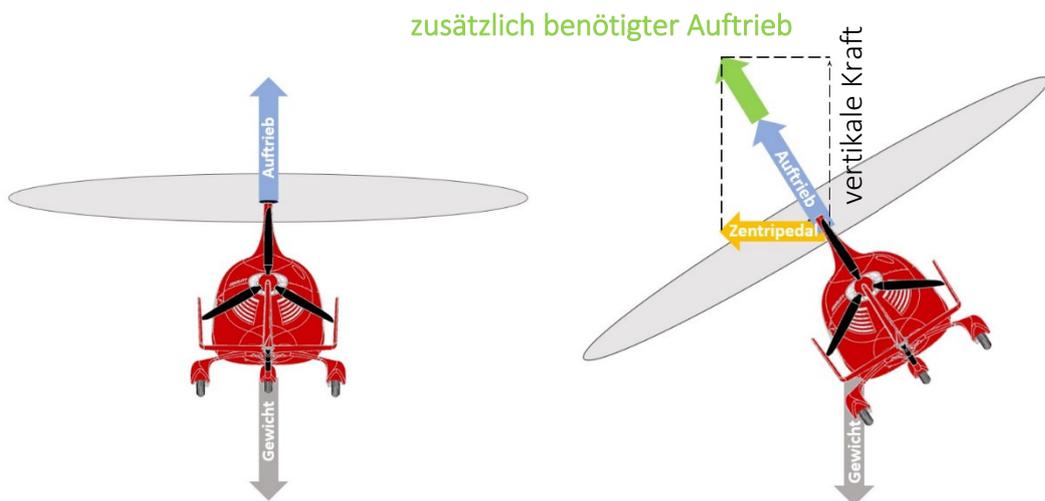


Bild: Kräfte im horizontaler Geradeausflug

Bild: Kräfte im Kurvenflug

Um keine Höhe zu verlieren ist es notwendig den Auftrieb zu erhöhen, entweder durch Erhöhen des Anstellwinkels oder durch Erhöhen des Schubs und somit der Geschwindigkeit. Die beiden Massnahmen können auch ergänzend ausgeführt werden.

Um eine horizontale Kurve mit konstanter Geschwindigkeit zu fliegen, wird daher leicht am Steuerknüppel gezogen, um den Anstellwinkel zu erhöhen. Dadurch erhöht sich aber auch der Widerstand, welcher durch die gleichzeitige Erhöhung des Schubs ausgeglichen wird.

Die vertikale Kraft kompensiert das Gewicht und der Schub kompensiert den Widerstand.

Diese beiden Kräfte heben sich auf und übrig bleibt die Zentripetalkraft, welche für den Kurvenflug verantwortlich ist. Der Tragschrauber führt eine Beschleunigung durch, die Zentripetalbeschleunigung, welche der Tragschrauber konstant in der Kurve hält.

9.1.2 DER KURVENRADIUS

Querlage und Geschwindigkeit

Der Radius für Kurven / Richtungsänderungen ist abhängig von Querlage und Geschwindigkeit.

Mit einer grösseren Querlage oder einer niedrigeren Geschwindigkeit ergibt sich ein kleinerer Radius als mit einer geringeren Querlage und einer grossen Geschwindigkeit.

Der gesamte Auftrieb, welcher für einen Kurvenflug ohne Höhenverlust benötigt wird, ist grösser als derjenige für den Geradeausflug, denn im Kurvenflug muss zusätzlich zum Gewicht die Wirkung der Zentrifugalkraft kompensiert werden.

Die Resultierende ist grösser als der Vektor für das Gewicht im Horizontalflug (siehe Bild oben).

9.1.3 AUSWIRKUNGEN DES VERGRÖSSERTEN ANSTELLWINKELS

Verringerung der Fluggeschwindigkeit

Der grössere Anstellwinkel, der im Kurvenflug benötigt wird, um den zusätzlichen Auftrieb zu erzeugen, hat auch einen grösseren Widerstand zur Folge. Dadurch verringert sich die Fluggeschwindigkeit.

Im Kurvenflug mit Querlagen bis 30° ist diese Verringerung ohne grosse Bedeutung.

Für Tragschrauber liegt sie in der Grössenordnung von ca. 15 km/h.

Im Reiseflug wird sie in der Regel nicht durch eine Erhöhung der Triebwerkleistung ausgeglichen.

9.1.4 REFERENZEN FÜR DIE LAGEHALTUNG IM KURVENFLUG

Der Scheinhorizont

Zu Beginn der Ausbildung ist es für Sie nicht einfach, denjenigen Punkt auf der Frontscheibe zu erkennen, der für eine stabile Lagehaltung am Scheinhorizont entlanggeführt werden muss. Bei der Bestimmung und Interpretation dieses Punktes ist folgendes zu beachten:

- In hügeligem / bergigem Gelände darf der «Punkt» nicht dem Gelände entlanggeführt werden. Es muss jene Linie gefunden werden, welche Parallel zum realen Horizont verläuft. Diese Linie ist der Scheinhorizont.
- Die Lage (Höhe) des «Punktes» auf der Frontscheibe hängt von der Fluggeschwindigkeit ab.

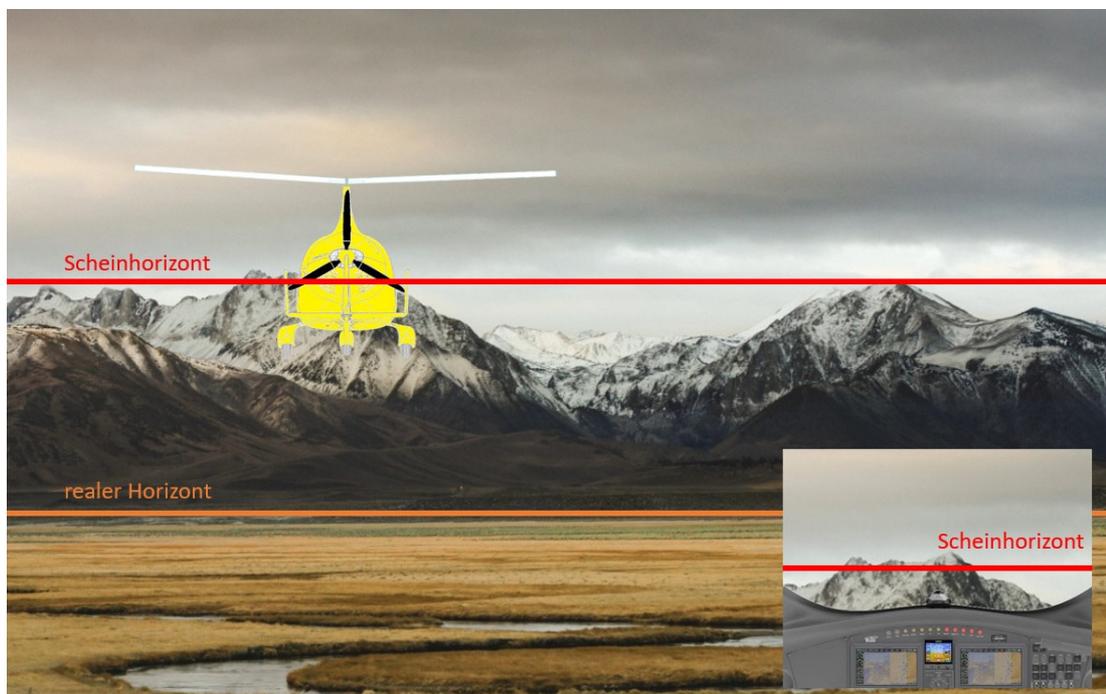


Bild: Parallele Linien zwischen realen- und Scheinhorizont

Die Sitzanordnung – neben- oder hintereinander - muss bei der Festlegung von Referenzen für die Lagehaltung im Kurvenflug berücksichtigt werden. Sie kann im horizontalen Kurvenflug besonders eindrücklich demonstriert und festgestellt werden.



Bild: Linkskurve

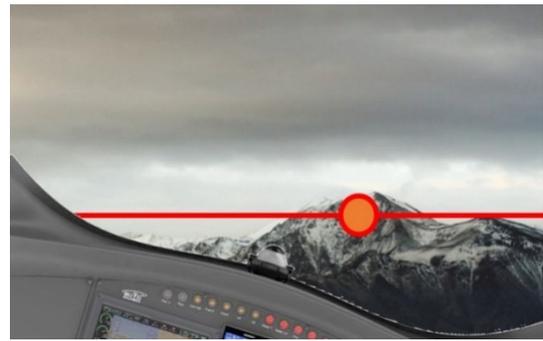


Bild: Rechtskurve

Blick aus dem Tragschrauber, vom linken Sitz aus, wenn die Sitze nebeneinander angeordnet sind.

9.2 EINLEITEN DES KURVENFLUGES

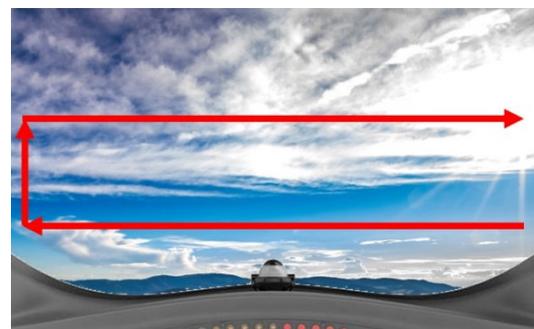
9.2.1 LOOKOUT

Beim Einleiten des Kurvenfluges ist der LOOKOUT von grösster Bedeutung. Damit er aber wirksam ist, muss er nach einem vorgegebenen Verfahren erfolgen. Priorität hat das Absuchen des Luftraumes in Kurvenrichtung. Die Kontrolle beginnt mit einer Kopfbewegung in Richtung der beabsichtigten Kurve. Von dieser Position aus wird der Luftraum horizontal bis auf die der Kurve gegenüberliegende Seite überprüft. Jetzt wird der Kopf angehoben und mit einer Drehbewegung in die entgegengesetzte Seite der ganze Luftraum über dem Tragschrauber auf anderen Luftverkehr abgesucht.

Dieses Absuchen soll mit einer angemessenen Drehgeschwindigkeit des Kopfes gemacht werden. Bei raschen Kopfbewegungen können Schwindelgefühle und ein Orientierungsverlust entstehen.



LOOKOUT vor dem Einleiten einer Linkskurve



LOOKOUT vor dem Einleiten Einer Rechtskurve

Ist der LOOKOUT ausgeführt, so wird die Kurve sofort eingeleitet.

Call out

Vor Linkskurve:
left side clear
turning to the left

Vor Rechtskurve:
right side clear
turning to the right

9.2.2 TECHNIK DES EINLEITENS

Das Einleiten der Kurve erfolgt flüssig und koordiniert. Es beginnt mit einem Ausschlag des Steuerknüppels in Richtung der beabsichtigten Kurve. Dadurch entsteht eine Rollbewegung um die Längsachse, der Tragschrauber beginnt in Richtung des Steuerausschlages zu drehen.

9.3 HALTEN DES KURVENFLUGES

9.3.1 LOOKOUT

Während des ganzen Manövers wird der Luftraum mit periodischen Kontrollblicken, vor allem in Richtung der Kurve überwacht.

9.3.2 STABILISIERUNG

Die Rollbewegung wird nach Erreichen der gewünschten Querlage gestoppt und der Steuerknüppel neutralisiert. Es steht nach der Neutralisierung nicht mehr in Kurvenrichtung. Dieser Ausschlag wird «abstützen» genannt.

Im Sichtflug ist die Referenz für die Lagehaltung ein Punkt auf der Frontscheibe. Die Lagehaltung erfolgt mit Hilfe der visuellen Referenz auf der Frontscheibe durch Einsatz des Steuerknüppels.

Der zusätzlich benötigte Auftrieb wird durch massvolle Veränderung am Steuerknüppel erzeugt. Dieser Steuerdruck wird im Kurvenflug nicht ausgetrimmt.

Die Kontrolle um die Hochachse erfolgt mit dem Seitensteuer (Fuss) in Richtung der ausgelenkten Kugel / entgegen des Fadens.

- Kugel an der Kurvenaussenseite, Schieben
- Kugel an der Kurveninnenseite, Hängen

Wenn der Sitz nicht in der Symmetrieachse des Tragschraubers steht, zeigt sich in einer Linkskurve ein anderes Bild als in einer Rechtskurve.

9.4 AUSLEITEN AUS DER KURVE

9.4.1 LOOKOUT

Das Ausleiten und Aufrichten beginnt mit einem aufmerksamen LOOKOUT, vor allem in Richtung Kurvenaussenseite.

9.4.2 STEUEREINSATZ BEIM AUSLEITEN

Das Ausleiten bedingt den koordinierten Einsatz von Steuerknüppel sowie Fusspedalen.

Der Zeitpunkt für den Beginn des Aufrichtens wird durch die Grösse der Querlage bestimmt. Bei mittleren Kurven mit einem Tragschrauber ist das etwa 10 Grad vor dem Erreichen des neuen Kurses.

Weil der zusätzliche Auftrieb im Horizontalflug nicht mehr benötigt wird, wird der Zug am Steuerknüppel in der Ausleitphase nachgelassen und der Steuerknüppel leicht nachgedrückt.

Wird dies unterlassen, so geht der Tragschrauber ungewollt in einen Steigflug über.

9.4.3 AUSLEITEN AUF EINEN FERNRICHPUNKT

Im Sichtflug wird die Kurve auf einen vorausbestimmten Fernrichtpunkt ausgeleitet. Dieser soll möglichst weit entfernt gewählt werden. Ist er zu nahe und weht ein starker Wind, so ist es möglich, dass der Tragschrauber während der Kurve versetzt wird und der neue Steuerkurs als Folge davon auf einen anderen Punkt zeigt.

90-Grad-Kurven können durch den Vergleich eines entfernten Landschaftsmerkmals mit einer Referenz am Tragschrauber vorausbestimmt werden

9.4.4 AUSLEITEN AUF EINEN VORBESTIMMTEN STEUERKURS

Wird die Kurve auf einem vorbestimmten Steuerkurs beendet, so müssen Sie das Mass der Querlage in der Kurve berücksichtigen. Je grösser die Querlage, desto früher müssen Sie mit dem Ausleiten beginnen. Die Ablesung des Steuerkurses kann am Magnetkompass erfolgen.

Ausleiten mit Hilfe des Kurskreisels

Das Ausleiten mit Hilfe des Kurskreisels ist einfach. Die 90- und 45-Grad-Marken helfen beim Abschätzen, wie viele Grade noch zu fliegen sind.



Bei einer stark nach Instrumenten orientierten Lagehaltung besteht die Gefahr, dass die Luftraumbeobachtung vernachlässigt wird

Ausleiten mit Hilfe des Magnet-Kompasses

Ein Ausleiten der Kurve mit Hilfe des Magnet-Kompasses ist nicht einfach, besonders, wenn es sich um Steuerkurse in nördlicher oder südlicher Richtung handelt.

Der Magnet-Kompass wird während der Drehung durch die Inklination stark abgelenkt. Bei der Arbeit mit dem Magnet-Kompass soll der vorgesehene Steuerkurs in der Landschaft geschätzt werden.

Nach Stabilisierung des Tragschraubers wird der neue Steuerkurs mit der Anzeige des Magnet-Kompasses verglichen und wenn notwendig korrigiert.

Im fortgeschrittenen Training können Ausleitübungen unter Berücksichtigung des Kompass-Drehfehlers und des Beschleunigungsfehlers erfolgen.

9.5 KURVEN IM STEIGFLUG / KURVEN IM SINKFLUG, GLEITFLUG

9.5.1 CHARAKTERISTIK EINER KURVE IM STEIGFLUG

Mit einem Tragschrauber mit kleiner Leistungsreserve sollen «steigende» Kurven mit einer Querlage von höchstens 15 bis 20 Grad geflogen werden. Bei grösseren Querlagen ergibt sich, wenn überhaupt, ein flacher Steigflug.

9.5.2 CHARAKTERISTIK VON SINK- ODER GLEITFLÜGEN

Bei Kurven im Sink- oder Gleitflug entstehen nach dem Einleiten einer Sink- oder Gleitflugkurve rasch grosse horizontale und vertikale Geschwindigkeiten oder Sinkraten. Bei unkonzentrierter Führung des Steuerknüppels besteht die Gefahr einer Überschreitung der maximalen Geschwindigkeiten für eine strukturelle Überbelastung.

9.6 AIRMANSHIP

Die koordinierte Kurve

Die koordinierte Kurve erfordert den Einsatz der Steuer. Der Ausdruck «koordiniert» bezieht sich auf die abgestimmte Anwendung der primären Steuer zum Einleiten, Halten und Ausleiten der Kurve und bei der Korrektur von Störkräften.

- Links/Rechts drücken des Steuerknüppels für das Einleiten, Halten und Ausleiten der Querlage
- Ziehen/Stossen des Steuerknüppels zur Erzeugung des zusätzlich benötigten Auftriebes
- Die Fusspedale zur Kompensation des negativen Wendemomentes

Einfluss der Massenträgheit beim Wechsel der Richtung

Bei Richtungswechseln sind die Auswirkungen der Massenträgheit in die Überlegungen mit einzubeziehen. Im Kurvenflug wird der Tragschrauber beschleunigt. Dem Bestreben der Masse, ihre Lage, Richtung und Geschwindigkeit

beizubehalten, wird eine Kraft durch die Wirkung der Rotordrehscheibe entgegengesetzt.

Die Bewegungen des Tragschraubers sind unter anderem von der (aerodynamischen) Wirksamkeit der Steuer abhängig. Sie erfordern je nach Wirksamkeit der Steuer eine angemessene Zeit.

Änderungen der horizontalen Fluggeschwindigkeit erfolgen nur langsam. Die richtige Interpretation eines Trends der Geschwindigkeitsänderung gehört deshalb zu den wichtigen Aufgaben bei der Führung eines Tragschraubers.

Orientierung

Bei starkem Wind und konstanter Querlage endet ein Kreis nicht über demselben Punkt, an dem wir ihn begonnen haben. Der Tragschrauber driftet mit dem Wind ab.

Das Mass dieser Versetzung können wir feststellen, wenn wir uns den Punkt unter dem Tragschrauber merken, an dem wir mit dem Kreis beginnen und diesen mit der Position nach Abschluss des Manövers vergleichen.

Im Kapitel 16 werden Sie lernen, wie diese Versetzung durch unterschiedliche Querlagen ausgeglichen wird!
