

Flugsicherheitsmitteilung

Auswirkung der Drehung des Propellers auf die Bewegung eines Flugzeugs

Braunschweig, den 25. 11. 1974
LBA III 3 – 985.1/74

Jeder Flugzeugführer hat schon Bewegungen seines Flugzeuges beobachtet, für die seine theoretischen Kenntnisse keine ausreichende Erklärung boten. Für einige dieser Bewegungen ist der Propeller die Ursache. Um diesen Erscheinungen im Flug besser begegnen zu können, ist das Wissen um diese Effekte von Nutzen.

Daher wird im folgenden beschrieben, welche Ursachen die Propellereffekte haben und welche Wirkungen sie hervorrufen.

Durch die Drehung des Propellers werden verschiedene Drehbewegungen des Flugzeugs hervorgerufen, die vom Flugzeugführer nicht direkt beeinflussbar sind. Die Ursa-

chen für diese Bewegungen liegen in den folgenden Erscheinungen:

1. Drallwirkung
2. Verdrehung des Luftstroms
3. Kreiselwirkung
4. Asymmetrische Kraft

Drallwirkung

Auf Grund des Newton'schen Grundgesetzes „Wirkung = Gegenwirkung“ ruft das Moment, das den Propeller in Drehung versetzt, ein Gegenmoment hervor, das versucht, das Flugzeug im entgegengesetzten Sinn zu drehen (**Bild 1**).

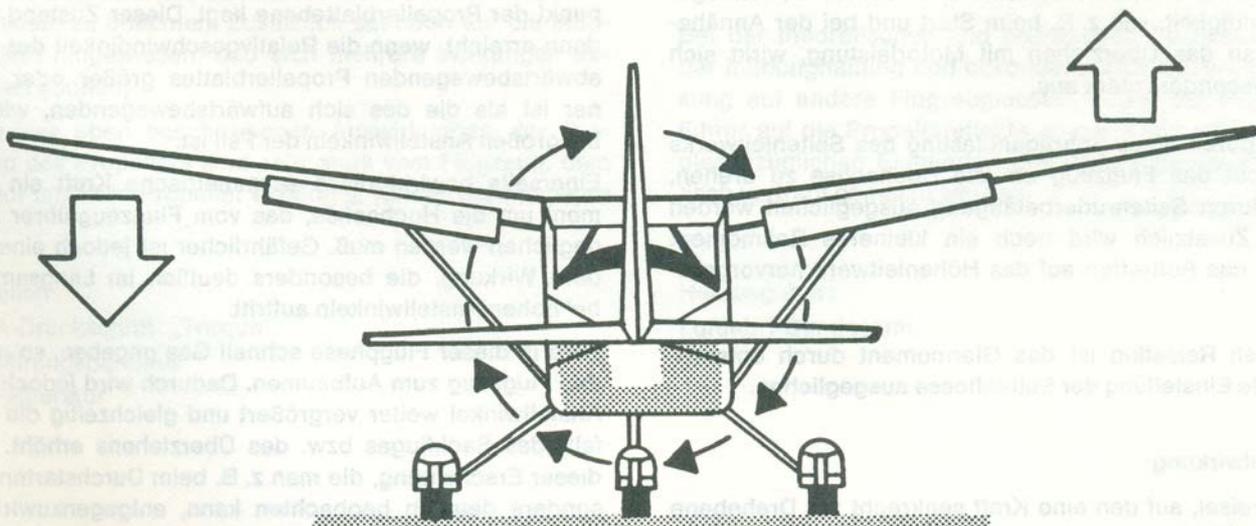


Bild 1: Drallwirkung

Es tritt also ein Rollmoment auf, dessen momentane Größe von der zu dieser Zeit erbrachten Motorleistung abhängt.

Daher ist es auch nur für einen bestimmten Leistungsbe- reich vollständig ausgeglichen.

Stärker wirkt sich die Drallwirkung am Boden während des Startvorganges aus, da hier kein konstruktiver Aus- gleich möglich ist. Durch das Rollmoment wird das eine Rad des Hauptfahrwerks stärker belastet, so daß auf

fenden Kraft und der Drehachse gebildeten Ebene als auch auf der Drehebene selbst (**Bild 3**).

Ein rotierender Propeller wirkt genauso wie ein Kreisel. Wird durch eine Kraft versucht, die Drehebene des Pro- pellers zu ändern, so entsteht hieraus eine Nick- oder Gierbewegung oder eine Kombination aus beiden.

Besonders stark kann diese Erscheinung bei Flugzeu- gen mit Spornrad während des Starts beobachtet wer- den. Wenn das Spornrad plötzlich abgehoben und damit gleichzeitig die Drehebene des Propellers verändert

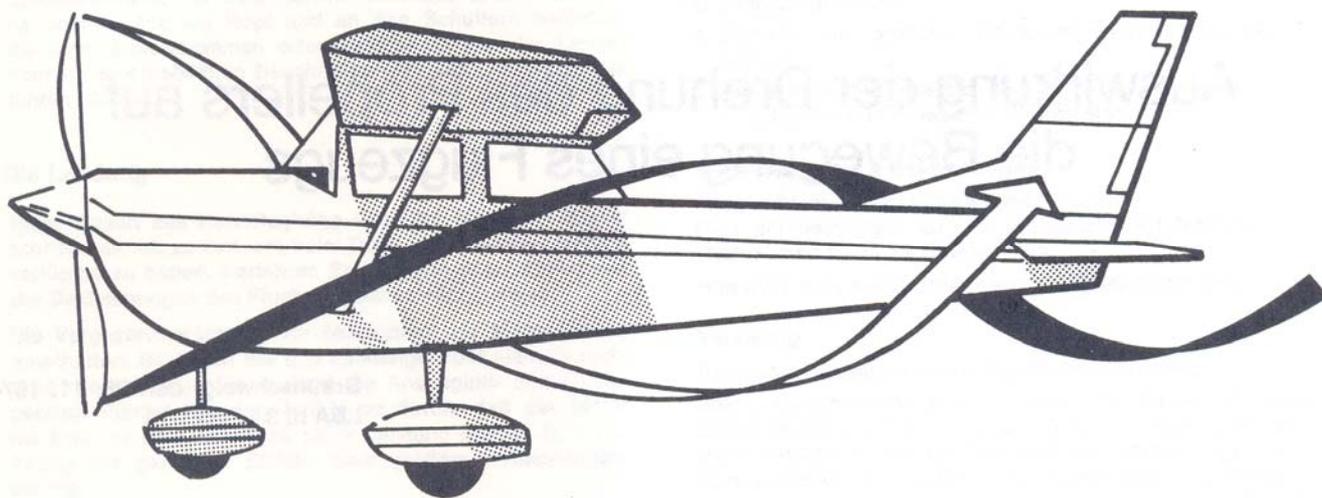


Bild 2: Verdrehung des Luftstroms

dieser Seite der Rollwiderstand ansteigt. Darum ver- sucht das Flugzeug um die Hochachse zu drehen, was der Flugzeugführer durch Betätigen des Seitenruders ausgleichen muß.

Verdrehung des Luftstroms

Durch den Propeller wird der Luftstrom nicht nur in Richtung der Flugzeuglängsachse beschleunigt, son- dern er wird auch um diese Achse gedreht, so daß sich eine spiralförmige Bewegung ergibt (**Bild 2**).

Bei großer Propellerdrehzahl und kleiner Vorwärtsge- schwindigkeit, wie z. B. beim Start und bei der Annähe- rung an das Überziehen mit Motorleistung, wirkt sich dies besonders stark aus.

Auch durch diese Schräganblasung des Seitenleitwerks versucht das Flugzeug um die Hochachse zu drehen, was durch Seitenrunderbetätigung ausgeglichen werden muß. Zusätzlich wird noch ein kleineres Rollmoment durch das Auftreffen auf das Höhenleitwerk hervorgeru- fen.

Für den Reiseflug ist das Giermoment durch entspre- chende Einstellung der Seitenflosse ausgeglichen.

Kreiselwirkung

Ein Kreisel, auf den eine Kraft senkrecht zur Drehebene wirkt, weicht aus, er führt eine sogenannte Präzessions- bewegung aus. Dabei steht die Präzessionsebene so- wohl senkrecht auf der durch die Richtung der angrei-

wird, entsteht sofort eine dem Kreiselprinzip entspre- chende Drehung um die Hochachse, der durch Seiten- ruderbetätigung entgegengewirkt werden muß.

Auch im Fluge löst jede Änderung der Flugzeuglage um die Hoch- und/oder Querachse eine Präzessionsbewe- gung aus. Diese Bewegung muß vom Flugzeugführer stets mit Höhen- und/oder Seitenrunder ausgeglichen werden.

Asymmetrische Kraft

Unter der asymmetrischen Kraft eines Propellers ver- steht man eine Kraft, deren Angriffspunkt nicht im Mittel- punkt der Propellerblattebene liegt. Dieser Zustand wird dann erreicht, wenn die Relativgeschwindigkeit des sich abwärtsbewegenden Propellerblattes größer oder klei- ner ist als die des sich aufwärtsbewegenden, wie es bei großen Anstellwinkeln der Fall ist.

Einerseits bewirkt diese asymmetrische Kraft ein Mo- ment um die Hochachse, das vom Flugzeugführer aus- geglichen werden muß. Gefährlicher ist jedoch eine an- dere Wirkung, die besonders deutlich im Langsamflug bei hohen Anstellwinkeln auftritt.

Wird in dieser Flugphase schnell Gas gegeben, so neigt das Flugzeug zum Aufbäumen. Dadurch wird jedoch der Anstellwinkel weiter vergrößert und gleichzeitig die Ge- fahr des Sackfluges bzw. des Überziehens erhöht. Um dieser Erscheinung, die man z. B. beim Durchstarten be- sonders deutlich beobachten kann, entgegenzuwirken, muß zugleich mit der Erhöhung der Motorleistung nach- gedrückt werden, damit eine ungewollte Vergrößerung des Anstellwinkels soweit wie möglich verhindert wird.

Ursache	Maßnahme	Wirkung
Drallwirkung	Gas geben	im Flug: Rollen nach links beim Start: Gieren nach links
	Gas wegnehmen	Rollen nach rechts
Verdrehung des Luftstroms	Gas geben	Gieren nach links
	Gas wegnehmen	Gieren nach rechts
Kreiselwirkung	Übergang zum Steigflug	Gieren nach rechts
	Übergang zum Sinkflug	Gieren nach links
	Einleiten einer Linkskurve	steigen
	Einleiten einer Rechtskurve	sinken
Asymmetrische Kraft	Gas geben Übergang zum Steigflug	Erhöhung des Anstellwinkels Gieren nach links (geringe Wirkung im Vergleich zur Kreiselwirkung)

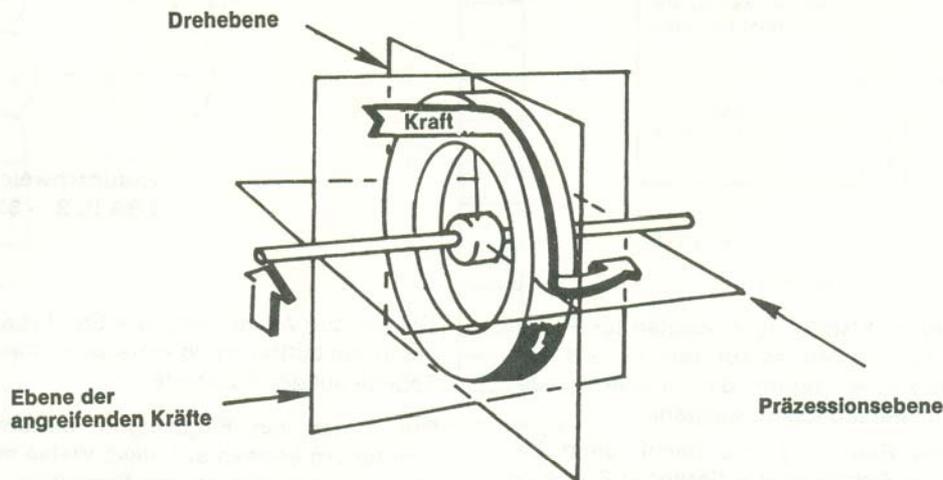


Bild 3: Kreiselprinzip

Faßt man die einzelnen Effekte noch einmal zusammen und setzt ein einmotoriges Propellerflugzeug mit einem in Flugrichtung gesehen rechts drehenden Propeller voraus, so ergibt sich die obige Tabelle, wobei jedoch der Windeinfluß vernachlässigt wurde.

Die Wirkungen sind um so größer, je höher die Motorleistung im Verhältnis zur Flugzeuggröße ist. Sie sind auch bei mehrmotorigen Flugzeugen und Flugzeugen mit Turbinenantrieb, besonders natürlich bei Propellerturbinen, zu beachten. Zusätzlich sei noch auf die Möglichkeit hingewiesen, daß sich mehrere Wirkungen addieren können.

Alle vier eben beschriebenen Auswirkungen der Drehung des Propellers sind sehr stark vom Flugzeug, dem Motor und dem Propeller abhängig. Keines der Momente

hängt von dem anderen ab und die jeweilige Größe wird vom Flugzustand bestimmt. Daher kann keine einheitliche Empfehlung für den Ausgleich dieser Auswirkungen gegeben werden, sondern jeder Flugzeugführer muß lernen, sich auf sie einzustellen. So kann er die Korrekturkräfte nur dann genau bemessen, wenn er auf dem jeweiligen Flugzeugmuster genügend Erfahrung hat (siehe dazu auch Flugsicherheitsmitteilung 1/74 „Wenn man ein Flugzeugmuster noch nicht genau kennt . . .“).

Bei der theoretischen und praktischen Ausbildung, bei der Inübnunghaltung und besonders auch bei der Einweisung auf andere Flugzeugmuster, sollte der Flugzeugführer auf die Propellereffekte hingewiesen und mit den diesbezüglichen Eigenarten des Flugzeuges auch praktisch vertraut gemacht werden.

Quellen:

FAA-Druckschrift: „Torque“
Erfahrungsberichte
Fachliteratur

Herausgeber:

Luftfahrt-Bundesamt