

ten war noch keiner gestöben. Bedauerlicherweise wurden auch ausgesprochene Irrwege beschrieben.

1.1.2

Periode der Tragschrauber (1919–1935)

Obwohl der Spanier Juan De la Cierva keinen Hubschrauber im Sinn hatte, leistete er bei der Entwicklung seiner Tragschrauber (Autogiro, Bild 1.5) entscheidende Beiträge zur Verwirklichung des Hubschraubers. Die ihm gestellte Aufgabe forderte ein überzielsicheres Flugzeug.

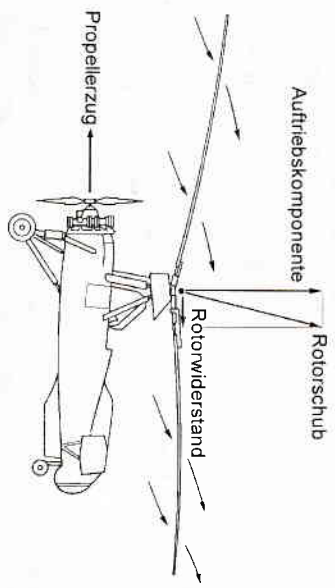


Bild 1.5 Tragschrauber

Beim Tragschrauber handelt es sich um ein Fluggerät, bei dem der Vortrieb durch einen Propeller und der Auftrieb durch einen Drehflügel in Segelstellung erzeugt wird. Ein derartiges Fluggerät benötigt nur extrem kurze Start- und Landestrecken in Kombination mit der Fähigkeit, sehr langsam fliegen zu können. VTOL (Vertical Take Off and Landing) ist jedoch nicht möglich.

Die Tragschraube (der Drehflügel) wird nur vom Fahrtwind in Eigendrehung (Autorotation) versetzt. Damit entfällt das Problem des Drehmomentenausgleichs, mit dem die Ingenieure beim Hubschrauber zu kämpfen hatten.

1.1.2.1

Erfindung und Verwirklichung des Schlaggelenkes

De la Cierva erreichte mit seinen Tragschraubern schon relativ hohe Flugeschwindigkeiten. Dadurch wurde er erstmalig mit den Auswirkungen, der *asymmetrischen Rotoranströmung* konfrontiert, die bei allen Drehflüglern im Vorwärts-

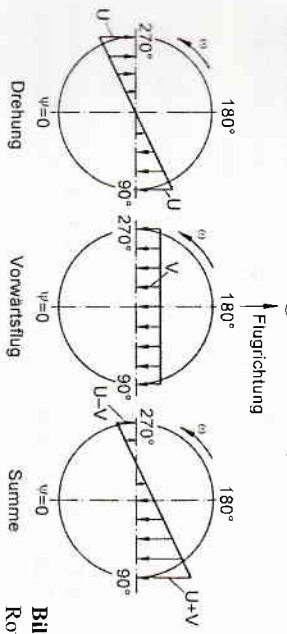


Bild 1.6 Anströmung der Rotorblattelemente

flug auftreten. Am vorlaufenden Blatt addieren sich Umlauf- und Flugeschwindigkeit, am rücklaufenden Blatt subtrahieren sie sich, Bild 1.6.

Der Drehflügel hat dadurch im Vorwärtsflug am vorlaufenden Blatt ein höheres *Auftriebspotential* als am rücklaufenden Blatt. Mit starr an der Nabe angelenkten Blättern (d.h. einem Propeller) hat demzufolge die starke Tendenz, bei Vorwärtsbewegung um die Längsachse zu rollen. Diesem Verhalten kann bei niedrigen Flugeschwindigkeiten noch gegengesteuert werden; mit zunehmender Geschwindigkeit endet diese Möglichkeit jedoch sehr schnell am Anschlag des baulich begrenzten Steuerbereiches. De la Cierva griff 1922 die Idee auf, die Blätter nicht starr, sondern gelenkig an der Nabe zu befestigen. Dieses Konzept war im Deutschen Reichspatent Nr. 249702 aus dem Jahre 1912 von Max Bartha und Dr. Josef Madzsar im Zusammenhang mit der Kopfkippsteuerung für einen koaxialen Rotor patentiert worden. Durch diese sogenannten *Schlaggelenke* der Rotorblätter können keine Biegemomente mehr auf die Nabe übertragen werden. Die Blätter reagieren auf die von der ungleichförmigen Anströmung verursachten Unsymmetrie der Luftkräfte mit einer, durch die Gelenke ermöglichten, freien Schlagbewegung. Diese verläuft senkrecht zur Rotorebene.

1.1.2.2

Erfindung des Schwenkgelenkes

Mit Einführung der Schlaggelenke erfuhren die Blätter während des Umlaufes neben den wechselnden Luftkräften auch Corioliskräfte in der Rotorebene, die zu Materialermüdungen an den Blättern führten. Um dies zu vermeiden, wurde ein zusätzliches Gelenk in die Blattwurzel eingebaut, das *Schwenkgelenk*. Die Schwenkbewegung liegt in der Rotorebene.

1.1.2.3

Unterschied zwischen Propeller (als Hubschrauberzeuger) und Rotor

Propellerblätter sind steif gegen jede Biegung. Die Rotorblätter besitzen Schlag- und Schwenkgelenke, sind also momentenfrei an der zentralen Nabe angelenkt. Bei modernen gelenklosen Rotoren sind die Gelenke in der Form biegeweicher Blattlässe ausgeführt. Der bauliche Unterschied zwischen Propeller und Rotor hat entscheidende Auswirkungen auf die *Dynamik*, die *Steuerung* und die *Flugmechanik* des Hubschraubers.

Änderungen der an aerodynamischen Profilen Luftkräfte erzeugenden Parameter Anströmungsgeschwindigkeit und/oder Anstellwinkel bewirken entsprechende Änderungen der Luftkräfte am Drehflügel.

Propellerblätter geben unmittelbar in der Umlaufposition veränderten Schubes das resultierende Biegemoment aus den Luftkräften multipliziert mit dem Abstand zum Blattanschluss an die zentrale Nabe weiter und damit ein Kräfteffektivmoment auf das gesamte Fluggerät.

Ein Rotorblatt erfährt zwar ebenfalls die erhöhte Kraftwirkung an gleicher Stelle des Umlaufes, die Folgen sind jedoch von Grund auf andere: Die Kräfte können durch die eingeführten Gelenke nicht als Biegemomente auf die Nabe übertragen werden. Sie bewirken stattdessen Beschleunigungen des Blattes in Richtung der Kräfte und damit *Auslenkungen*.