

■ Fliegendes Auge

Kameradrohnen entwickeln sich zum Verkaufsschlager. Dank Multikopterkonzepten sind sie relativ einfach zu steuern.

Bereits seit Jahrzehnten kommen Drohnen, also unbemannte Flugkörper, zu militärischen Zwecken zum Einsatz. Im privaten und gewerblichen Bereich haben sie erst in den letzten Jahren ihren Durchbruch erlebt. Oft dienen sie als ferngesteuerte Plattformen für Kameras – bei Fotografen, im Vermessungswesen oder bei der Inspektion von Industrieanlagen. Die Preise beginnen bei einigen hundert Euro, gehobene Modelle sind für einige tausend Euro zu haben, bei Komplettsystemen für Profis geht es rasch in den fünfstelligen Bereich. Fast alle diese Drohnen sind als Multikopter ausgelegt – im einfachsten Fall als Quadrocopter, also als System mit vier horizontalen Propellern.

Die Propeller eines Quadrocopters sind kreuzweise symmetrisch in Bezug zum Drohnenschwerpunkt angebracht und werden mit Elektromotoren betrieben. Die Form der Propellerblätter ist so gewählt, dass die umgebende Luft sie asymmetrisch umströmt; ihr Profil ist nicht veränderbar. Dadurch erfahren die Propeller einen dynamischen Auftrieb. Drehen sich nun jeweils zwei auf einer Verbindungsachse liegende Propeller gleichsinnig und die beiden anderen in die entgegengesetzte Richtung, heben sich ihre Drehmomente insgesamt auf, und die Drohne steigt zumindest an einem windstillen Tag einfach senkrecht nach oben.



Fotolia / Kadmy

Drohnen lassen sich aufgrund der symmetrischen Propelleranordnung intuitiver steuern als Hubschrauber.

Zur Lageregelung nutzen Drohnen die Signale von Beschleunigungs- und Kreiselensoren.

Die durch die Rotationsrichtung der Propeller definierte Achse heißt Hoch- oder Gierachse. Um den Quadrocopter zu lenken oder auf Wind reagieren zu können, kann der Pilot die Drohne um zwei weitere Achsen drehen: um die parallel zur Flugrichtung verlaufende Längs- oder Rollachse und um die zu den beiden anderen Achsen senkrecht stehende Quer- oder Nickachse (Abb. 1a).

Welche Propeller dazu rascher oder langsamer rotieren müssen, hängt von der Anordnung der vier Propeller relativ zur Flugrichtung ab. Man unterscheidet zwischen zwei Konfigurationen (Abb. 1b, c). Bei der +-Konfiguration liegen zwei

der vier Propeller auf der Rollachse, also in Flugrichtung. Bei der x-Konfiguration dagegen sind die Propeller um 45 Grad zur Flugrichtung versetzt. Die +-Konfiguration hat den Vorteil, dass für ein Rollen oder Nicken der Drohne jeweils nur eines der beiden Propellerpaare erforderlich ist: Bei einem Propeller des Paares muss dazu die Drehzahl steigen, beim anderen sinken. So lassen sich Kurven fliegen oder ein Sink- oder Steigflug einleiten. Bei der x-Konfiguration dagegen sind für Rollen oder Nicken immer Eingriffe an beiden Propellerpaaren erforderlich. Um zum Beispiel um die Längsachse nach rechts zu rollen, also eine Rechtskurve einzu-

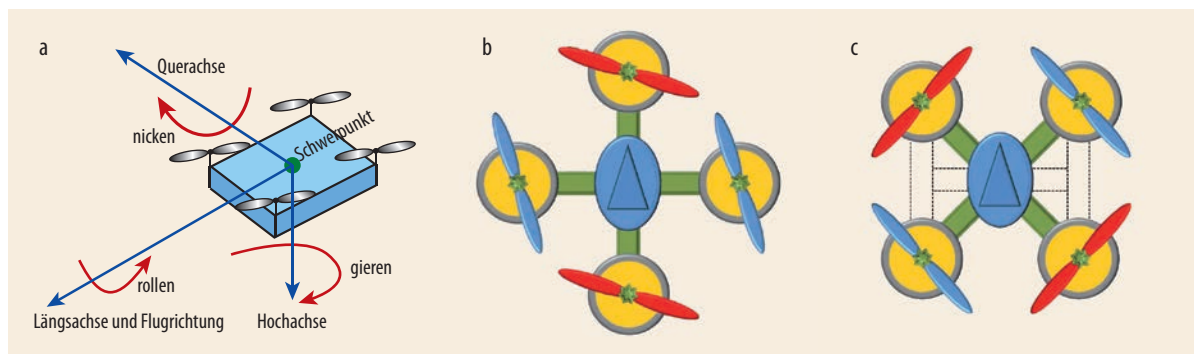


Abb. 1 Die drei Achsen, um die sich eine Drohne drehen kann, schneiden sich in ihrem Schwerpunkt (a). Jeweils zwei der

vier Propeller rotieren mit gleichem Drehsinn (rot, blau). Bei der +-Konfiguration (b) ist zum Nicken oder Rollen nur

eines der Paare nötig. In der x-Konfiguration (c) schränken dafür die Propeller das Bildfeld der Kamera nicht ein.

leiten, müssen die beiden in Flugrichtung links liegenden Propeller sich schneller drehen, die beiden rechts liegenden unverändert oder langsamer. Ein Vorteil dieser Konfiguration ist, dass die Propeller nicht ins Bildfeld einer Kamera ragen, die meist in Flugrichtung zeigt.

Die sechs Freiheitsgrade der Bewegung einer Drohne werden sensorisch erfasst. Die drei Translationsfreiheitsgrade erkennt die Steuerung mittels mikro-elektromechanischer Beschleunigungssensoren, wie sie im Prinzip auch in Fahrzeugen und Smartphones Verwendung finden. Mikro-elektromechanische Kreiselensoren erfassen die drei Rotationsfreiheitsgrade.

Kinderleicht gesteuert

Dank einer differenziellen Steuerung, bei der man einfach die Drehzahlen der Propeller variiert, lässt sich ein Quadrocopter intuitiver steuern als ein Hubschrauber. Beim Hubschrauber dagegen kann man die Drehzahl nur an Haupt- und Heckrotor verändern, der dritte Freiheitsgrad wird durch den Anstellwinkel der Hauptrotorblätter kontrolliert. Solch eine Steuerung erfordert vom Piloten mehr Training sowie zusätzliche mechanische Komponenten, die das Gerät teurer und wartungsanfälliger machen würden.

Im militärischen Bereich gibt es nur in Ausnahmefällen Hubschraubermodelle mit zwei Hauptrotoren. Dass sich bei ihnen kein Multikopterkonzept durchgesetzt hat, liegt letztlich an dem hohen mechanischen Aufwand, der nötig wäre,

um die Propeller mit einem Verbrennungsmotor mittels Getrieben zu steuern. Ein elektromotorischer Antrieb wiederum scheitert an Masse und Volumen der Akkus, die solch ein Hubschrauber bräuchte.

Zusammen mit der Kamera, die durchaus bis zu einem Kilogramm wiegen kann, hat jede Drohne eine gewisse Masse.

Diese bestimmt maßgeblich die Flugeschwindigkeit, die in der Größenordnung von etwa 1 m/s liegt. Je massereicher das Gefährt ist, desto schneller muss bzw. kann es fliegen. Nur so entsteht eine ausreichend große Auftriebskraft durch den Druckunterschied ober- und unterhalb des Propellers. Auch das Profil des Propellerblatts spielt eine Rolle, aber entscheidend ist die Flächenbelastung: das Verhältnis zwischen der Masse des Fluggefährts und dessen Flügelfläche. Im Fall einer Drohne ist die Flügelfläche durch die Kreise gegeben, welche die rotierenden Propeller überstreichen. Da ein Drohnenleichtgewicht langsamer fliegen kann, um genügend Auftrieb für eine stabile Flugbahn zu erzeugen, ist es einfacher zu handhaben. Ist eine Drohne aber dafür gedacht, eine schwere Last zu tragen, sollte ihr Pilot über genug Routine verfügen.

Der Preis einer Drohne hängt von vielen Faktoren ab. So macht es einen Unterschied, ob Drohne und Kamera ein integriertes System

bilden oder Einzelkomponenten sind. Bei einfachen Drohnen ist die Kamera nicht stabilisiert; sie hat also keine separate Lageregelung, um unruhige Flugbewegungen zu kompensieren. Zudem gibt es Unterschiede in der Steuerung, bei Software und Hardware sowie den Akkus.

Auch stellt sich die Frage, wie viel Drehmomentreserven eine



Drohne bei Windstille noch haben soll. Um eine Drohne flexibel

steuern zu können, sollte sie bei Windstille nur im mittleren Bereich drehen. Nicht zuletzt spielt die mechanische und elektrische Qualität der Komponenten eine Rolle. Zudem bedeuten Multikopter mit mehr als vier Propellern mehr Komplexität. Ihr Vorteil ist eine höhere Flugzuverlässigkeit, weil sie den Ausfall eines einzelnen Propellers kompensieren können. Bei einem Quadrocopter gilt es dann nur noch, das Fluggerät möglichst geordnet und unversehrt zu landen.

Versandunternehmen erproben Drohnen inzwischen intensiv für die rasche Zustellung von Waren. Wer also in der warmen Jahreszeit verstärkt im Freien ist, wird wohl immer häufiger ein feines Brummen in der Luft wahrnehmen. Manchmal ist es eine Drohne.

Michael Vogel