



Unbemannte Luftfahrtsysteme

Befliegung von Ingenieurbauwerken

von Achim Kelkel

Bislang kennt man unbemannte Luftfahrtsysteme UAS (Unmanned Aircraft Systems), sogenannte Drohnen, vor allem aus den Fernsehnachrichten als Militärtechnik. Inzwischen ermöglicht die Ausstattung mit Assistenzsystemen und umfangreicher Sensorik sehr kontrollierte Flugbewegungen mit diesen unbemannten Kleinfluggeräten. Das hat die Anwendungsbereiche deutlich erweitert. Im Folgenden sollen Einsatzmöglichkeiten solcher unbemannter Luftfahrtsysteme im Bereich von Ingenieurdienstleistungen vorgestellt werden.

Befliegung zur Stromtrassenprüfung

Auch die Miniaturisierung hat dazu beigetragen, dass mittels Befliegung mit solchen Drohnen neuartige Dienstleistungen entwickelt oder bestehende Leistungsangebote kostenoptimiert werden. Mögliche Einsatzgebiete sind z. B.:

- Befliegung von Ingenieurbauwerken z. B. zur Brückenprüfung,
- Aufnahme des Baufortschritts aus Höhen bis ca. 100 m Höhe
- Aufnahme spezieller Bauwerkfotos,
- Videoaufnahmen,
- Montageüberwachung aus der Luft
- Panoramaaufnahmen an vorgesehenen Sendemaststandorten in der Soll-Höhe,
- Aufnahmen von Blitzschutzanlagen
- Inspektionsflüge technischer Infrastruktur

mit zusätzlicher Sensorik (Wärmebildaufnahmen, Corona-Aufnahmen)

- Befliegung von Stromleitungstrassen
- IR-Aufnahmen in der Geologie und vieles mehr.

Auf Herstellerseite hat sich inzwischen ein Markt unterschiedlicher Systeme entwickelt. Diese bieten zum Teil Baukastensysteme aber auch Komplettsysteme an. Selbst einige hochwertige „Spielzeug-Systeme“ wie die AR-Drohne der Firma Parrot zeigen beeindruckende Flugfunktionalitäten. In den folgenden Ausführungen werden diese Systeme jedoch nicht weiter betrachtet, da sie für die Befliegung von Ingenieurbauwerken nicht die erforderlichen Systemeigenschaften aufweisen.

Neue Kameras für Foto- und Videoaufnah-

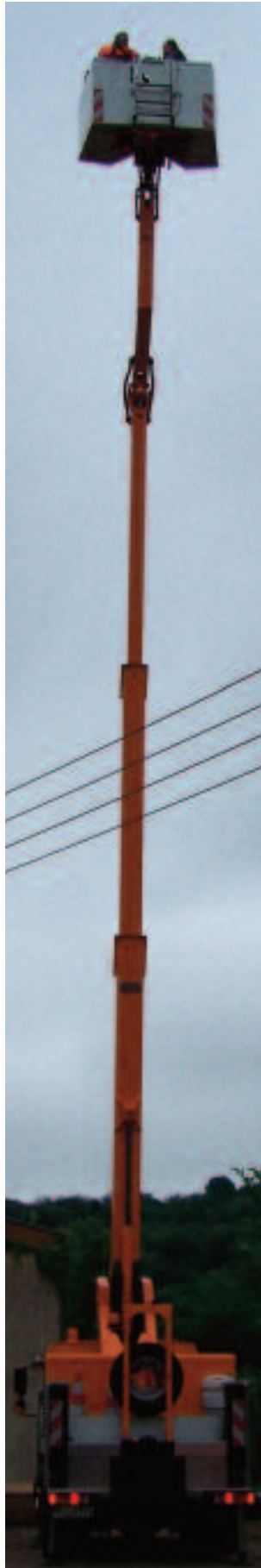
men, die neben der Fototechnik auch ein Betriebssystem enthalten, erlauben nicht nur die Kamerafernsteuerung und die Live-Übertragung vor Ort, sondern auch die Verteilung der Bilder oder Videos direkt aus der Luft auf Cloud-Server. Entsprechende Übertragungskapazitäten wie UMTS (3G) oder LTE (4G) stehen mit immer besserer Flächenausleuchtung zur Verfügung. Dadurch sind Sichtprüfungen möglich, bei denen der verantwortliche Ingenieur in seinem Büro sitzt und mit EDV-Unterstützung die Kamera aus der Ferne steuert, die Vorschau live sehen kann, während die hochauflösenden Bilder parallel gespeichert werden und wenig später per Cloud-Dienst zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung stehen.



Die Flugtechnik

Es gibt an einem Kopter, wie diese unbemannten Fluggeräte auch heißen, je nach Version 4; 6 oder 8 Rotoren mit zwei unterschiedlichen Rotorlaufrichtungen. Jeweils abwechselnd drehen sich die Rotoren rechts oder links herum. Zum Schweben müssen sich alle Rotoren gleich schnell drehen. Dabei hebt sich das Dreh-moment entlang der senkrechten Achse durch die unterschiedlichen Drehrichtungen auf und der Kopter schwebt in der Luft.

Zum Fliegen in eine Richtung wird der Kopter quasi aus dem Gleichgewicht gebracht. Die Propellerdrehzahl wird jeweils so gesteuert, dass sich der Kopter in die gewünschte Flugrichtung neigt. Vor-/Rückwärtsbewegun-



RECHTLICHES ZU AUFSTIEGSGENEHMIGUNGEN

Der Betrieb von unbemannten Luftfahrtsystemen wird gemäß § 29 Abs. 1 Luftverkehrsgesetz (LuftVG) i.V. m § 16 Abs. 1 Nr. und Abs. Luftverkehrsordnung (LuftVO) geregelt.

Diese gesetzliche Regelung bezieht sich auf den Betrieb eines UAS (unmanned aircraft systems) ohne Verbrennungsmotor mit einer Gesamtmasse von max. 5 kg und einer maximalen Flughöhe von 100 m über Grund (AGL). Zurzeit können „allg. Aufstiegsgenehmigungen“ bei der zuständigen Behörde des jeweiligen Bundeslandes beantragt werden. Pflicht ist dabei in jedem Fall ein Versicherungsschutz.

RECHTLICHES ZUM ÜBERFLUG

Der Überflug eines Privatgrundstücks mit einem Helikopter ist aus Sicht der Genehmigungsbehörden durch die Genehmigung eines entsprechenden „Arbeitsfluges“ im Wesentlichen genehmigt. Weitere Genehmigungen und Anmeldungen sind in der Regel nicht erforderlich. Jedoch sind bei Foto- oder Filmaufnahmen die Persönlichkeits- und Urheberrechte gemäß BGB zu wahren.

Für den Drohneneinsatz gelten im Prinzip dieselben Vorgaben, die jedoch in den meisten Fällen wie folgt ergänzt werden: Starts und Landungen dürfen nur mit Zustimmung des jeweiligen Grundstückseigentümers bzw. des Verfügungsberechtigten durchgeführt werden. Innerhalb von Ortschaften sind die zuständigen Ordnungsbehörden/Polizeidienststellen vorab zu informieren. Gleiches gilt für naturschutzrechtliche Schutzgebiete.

- ◀ Einsatz Hubsteigers zur Prüfung einer Richtfunkstrecke
- gen werden als „Nicken“, Rechts- und Linksbewegungen als „Rollen“ bezeichnet. Drehen um die Hochachse heißt „Gieren“.
- Die wichtigsten Leistungsmerkmale sind:
- GPS-Navigation mit Routenspeicherung,
 - barometrische Höhenregelung,
 - GPS-Höhenregelung,
 - GPS-gesteuerte Kameraausrichtung, elektronischer Kompass,
 - Rollen und Nicken kompensierende Kamerahalterung,
 - zusätzliche Flugkontrollkamera mit Videooption,
 - Telemetrieübertragung an Kontrollnotebook und Fernsteuereinheit,
 - Fernsteuereinheit mit Sprachausgabe der wichtigsten Telemetriedaten,



▲ Drohne mit acht Rotoren (Oktokopter), Android-Kamera und 3G Funk
▼ Cloud-Service



▼ Helikopter-Arbeitsflug in ca. 20m Höhe mit Überflug innerorts.



Steuerungsbereichweite ca. 2 km (Sichtflug),
Videoaufzeichnung der Befliegung.

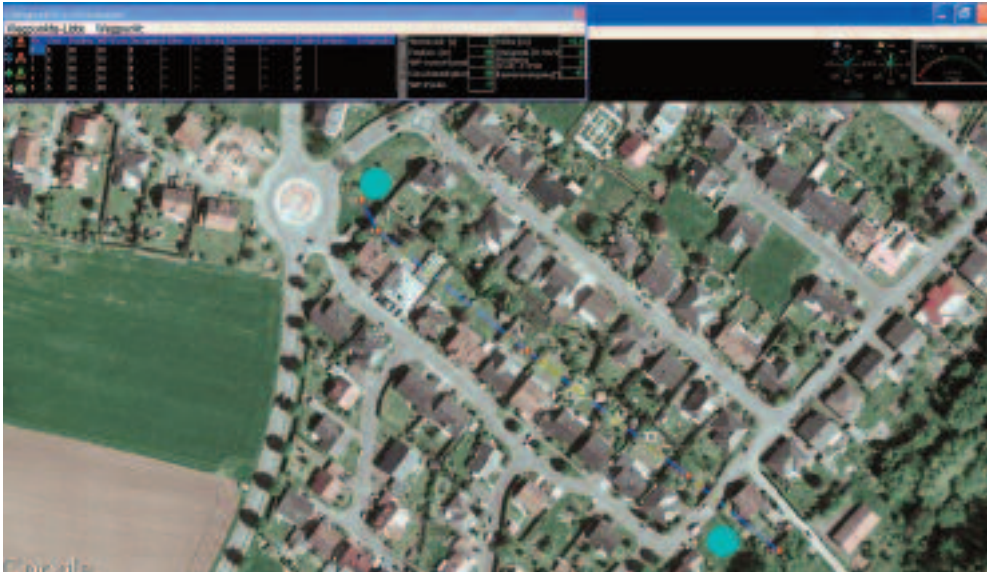
Leitungsbefliegungen ortsnah/innerorts

Wie die Praxis zeigt, finden Inspektionsflüge von Leitungstrassen als sogenannte Helikopter-Arbeitsflüge zum Teil im absoluten Grenzbereich statt. So werden teilweise einmotorige Maschinen eingesetzt, die bei einem technisch bedingten Ausfall eine unfallfreie Notlandung an Ort und Stelle unmöglich machen. Ort und Stelle könnten eine Straße, Garten oder ein EFH sein. Angemerkt sei, dass eine Flugstunde für derartige Hubschrauber mit ca. 600 Euro angesetzt wird, eine Flugstunde mit einem Hubschrauber der Kategorie 1 (zweimotorig) dagegen mit ca. 2.500 Euro zu Buche schlägt. Nicht umsonst werden aufgrund der hohen Leistungsfähigkeiten und der Sicherheitsreserven bei der Bundespolizei und den Rettungsdiensten vorwiegend solche Hubschrauber eingesetzt.

Hier lassen sich folgende Aufgabenfelder für beratende Ingenieure ableiten:

Erfassung des Optimierungspotenzials,
Analyse der Sicherheitsrisiken,
Entwicklung wirtschaftlicher und sicherer Alternativen,

Prüfung des Einsatzes unbemannter Systeme
Viele Hersteller solcher Fluggeräte bieten ergänzende Tools zur automatisierten Befliegung an. Hierbei ist neben der Bestimmung der Flugroute, der Flughöhe auch die gezielte Ausrichtung des Fluggeräts samt Foto/Videokamera auf den POI (Point of Interest) möglich. Fotos können auch automatisch ausgelöst werden. Die Routen können gespeichert werden und stehen so für spätere Befliegungen erneut zur Verfügung. Darüber hinaus können so auch im Vorfeld sichere Start- oder Landezonen ausgewiesen werden. Hier liegt der wesentliche Unterschied zur Helikopterbefliegung. Für diese Start- und Landeflächen müssen Genehmigungen vorliegen. Es gilt jedoch zu beachten, dass im Gegensatz zu Begehungen der Einzelstandorte jeweils die entsprechende Zugangsberechtigung geklärt werden muss. Der Einsatz einmotoriger Helikopter sollte aus Sicherheitsgründen bei innerörtlichen Befliegungen ausgeschlossen sein. Die Befliegung z. B. von Hochspannungstrasse ist gerade mit einmotorigen Helikoptern sicherlich eine wirtschaftliche Variante der



◀ Beispieldarstellung mit dem GPS-Tool der Firma Highsystems: per Bildbearbeitung eingefügte graue Markierungen zeigen sichere Start- und Landezone



▲ Demo-Videos

Bestandskontrolle. Jedoch nur, wenn entsprechende Sicherheitsanforderungen beachtet werden. Zum Beispiel könnte die Helikopterbefliegung bei Annäherung an Ortschaften unterbrochen werden, und nach der Ortschaft fortgesetzt werden. Innerorts käme dann ein unbemanntes System zum Einsatz. Auch Höchstspannungstrassen an Umspannwerken und z. B. Leitungskreuzungen, die aufgrund des reduzierten Flugraums für normale Helikopter nicht zugänglich sind, könnten mit Drohnen inspiziert werden. Auf der freien Strecke jedoch werden Helikopter noch lange unschlagbar sein, da mit einer Drohne vom Boden aus und auf Sicht geflogen werden muss. Alles andere ist der Luftwaffe in Deutschland vorbehalten.

Grundausrüstung

Für die Befliegung von Ingenieurbauwerken erscheinen Kopter mit 6 bzw. 8 Rotoren als zweckmäßig. Kopter mit 4 Rotoren haben zum einen keine Ausfallreserven und zum anderen eine geringere Nutzlast. Aber auch hier schreitet die Entwicklung voran, mittlerweile sind auch sogenannte Quadro Kopter XL verfügbar.

Im High-End-Bereich und auch mit speziellen Verwendungsanforderungen gibt es diese Geräte schon etwas länger. Für die Steuerung ist eine digitale Codierung und Bindung von Empfänger und Sender Stand der Technik. Es sollte darauf geachtet werden, dass auch Telemetriedaten an die Fernsteuerung übermittelt und von der Fernsteuerung so-

wohl am Display als auch per Audioausgabe ausgegeben werden können.

Als Assistenzsystem sollten mindestens GPS-Einheit mit Controller und GPS-Antenne vorhanden sein. Eine OSD-Einheit (On Screen Display) zum Einblenden von z. B. Kompass und Fluglagedaten in das Videolive-Bild ist für reine Sichtbefliegungen nicht unbedingt notwendig. Eine schwenk-/neigekompensierende Kamerahalterung ist empfehlenswert. Je nach Hersteller sind gesonderte Funkübertragungstrecken zur Telemetrie-Anbindung z. B. an einen Laptop mit einem Waypoint-Tool notwendig. Zur Objektbeobachtung sollte ein Kamera-System eingesetzt werden, das eine ferngesteuerte Zoomfunktion besitzt. Außerdem ist eine zweite, einfachere Kopterkamera als Fluglagekontroll-Kamera zu empfehlen, damit der Pilot eine unabhängige Möglichkeit zur Fluglagenkontrolle per Monitor hat. Nun fehlt nur noch die Begleitmusik wie: Akkus (ca. 5 Sätze), Ladegeräte, Transportkoffer, Kleinwerkzeugsatz, Versicherung, Genehmigungen, ggf. Ersatzstromversorgung im Feldeinsatz (Nachlademöglichkeit), Übungsgelände, und Zeit!

Was ist machbar?

Grundsätzlich werden viele Rahmenbedingungen durch die Genehmigungen gesetzt. Für die Geräte im hier beschriebenen Einsatzumfeld wird ein max. Gewicht von 5 kg erlaubt. Abweichungen sind derzeit nur mit Genehmigungen im Einzelfall möglich und entsprechend lokal zu beantragen. Derzeit wer-

den Systeme dieser Art vorwiegend im professionellen Filmbereich genutzt. Je nach System, Eigengewicht, Zuladung und Flugeigenschaften können Flugzeiten zwischen 10 und ca. 40 Minuten erreicht werden. Im Normalfall gilt die Flughöhenbegrenzung von 100 m. Für besondere Anwendungen wie z. B. Türme kann eine Einzelgenehmigung beantragt werden. Mit zusätzlicher Ausstattung ist für den Beobachter (Kameramann oder Brückenprüfingenieur) eine unabhängige Steuerung des Kamera-Zoom oder der Kameraausrichtung möglich.

Dienstleistung oder Kauf?

Teilbausatzsysteme sind inkl. allen Zubehörs für ca. 12.000 Euro zu haben. Fertigsysteme kosten je nach Ausstattung zwischen 20.000 und 100.000 Euro mit ergänzender Sensorik und Dienstleistungen wie Service, Schulung, etc.

Autor:

Dipl.-Ing. (FH) Achim Kelkel
Ingenieurbüro A. Kelkel,
Rehlingen-Siersburg/Saarland