

Vom Modellflughobby zu unbemannten Flugsystemen für die Geodatenerfassung



Christian Briese, Raoul Fortner, Philip Sager und Norbert Pfeifer, Wien

Kurzfassung

In den letzten Jahren haben die technologischen Entwicklungen im Bereich der unbemannten Luftfahrzeuge (uLFZ, engl. Unmanned aerial vehicles, UAV) zu einem vermehrten Einsatz dieser Technologie in Forschung und Entwicklung geführt. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Technik und die laufende Rechtsentwicklung zum praktischen Einsatz von UAV Systemen (engl. Unmanned aerial systems, UAS) für die Geodatenerfassung in Österreich. Darüber hinaus werden unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten dieser Technologie aufgezeigt. Zukünftig besitzen UAS das Potential die Datenerfassungslücke zwischen der terrestrischen Vermessung und der luftgestützten bemannten Luftfahrt zu schließen.

Schlüsselwörter: Unbemannte Luftfahrzeuge, unbemannte Flugsysteme, Flugsteuerungssysteme, Luftbild, Nahbereichs-Luftbildmessung

Abstract

Technological developments have led to a significantly increased usage of unmanned aerial vehicles (UAV) in research and development in the last years. This article provides an overview about the actual status of the UAV technology in the field of geomatics and provides actual information about the legal use of UAV in Austria. Furthermore, different application fields are discussed. In the future, UAS have the potential to close the data acquisition gap between terrestrial surveying and manned airborne data acquisition.

Keywords: Unmanned aerial vehicles (UAV), unmanned aerial systems (UAS), remotely piloted aircraft systems (RPAS), airborne platforms, flight support systems, aerial image, close range airborne photogrammetry

1. Einleitung

„Der Traum vom Fliegen“ beschäftigt die Menschheit bereits seit vorgeschichtlicher Zeit – man wollte es den Vögeln gleich tun. Im 15. Jahrhundert machte sich Leonardo da Vinci (1452-1519) daran, ein Fluggerät zu erfinden. Da Vinci kam auf die Idee, dass man sich in die Luft schrauben könnte, vorausgesetzt, man kann diese Schraube schnell genug drehen. Er erfand damit den ersten Hubschrauber zumindest theoretisch [1]. Nach Versuchen mit Heißluftballons (weitere Details zur Geschichte der Luftfahrt können unter [1] nachgelesen werden) konnte im Jahr 1783 eine erste zweistündige Ballonfahrt mit einem wasserstoffgefüllten Ballon vor rund 200.000 Bewohnern in Paris stattfinden [1]. Erste Luftbilder aus einem Fesselballon machte der französische Fotograf Nadar im Jahr 1858, während erste Luftaufnahmen aus unbemannten, ferngesteuerten Flugzeugen aus den 1930er Jahren stammen und militärischen Zwecken dienen [2]. Eine

der Wiegen der Luftfahrt in Österreich-Ungarn entstand in Wr. Neustadt wo Ignaz „Igo“ Etrich die Etrich Taube – eines der ersten in größerer Stückzahl gebauten Flugzeuge – ab 1909 entwickelte [3].

Die Geschichte des Messens und Rekonstruierens aus Luftbildern, also der Aerophotogrammetrie, soll hier nicht wiederholt werden. Anstelle der bildgebenden Sensoren (Kameras, Laserscanner, Mikrowellenradar) werden auch andere Messinstrumente eingesetzt, wie bspw. Magnetometer oder Instrumente zur Messung der Schwerkraft. Im vorliegenden Artikel werden speziell luftgestützte bildgebende Messungen aus unbemannten Luftfahrzeugen ins Zentrum gesetzt.

Im Fachbereich der Photogrammetrie wurden z.B. von der Technischen Universität Wien in den 1980er Jahren einige Forschungsarbeiten zur Luftbilderfassung mittels unbemannter Luftfahrzeuge publiziert („Ballonphotogrammetrie“,

siehe z.B. [4]). Das Thema wurde zu dieser Zeit auch international diskutiert. Heckes publizierte im Jahr 1984 am ISPRS Kongress in Rio de Janeiro (Brasilien) einen „Überblick über Flugsysteme für photogrammetrische Luftaufnahmen im Nahbereich“ [5]. Dabei unterteilte er als „Kameraträger für den Nahbereich: (1) gefesselte Systeme (Drachen, Systeme nach dem Prinzip „Leichter als Luft“), (2) ferngelenkte, unbemannte Systeme (Kleinflugzeuge, Kleinhubschrauber) und (3) langsam fliegende, bemannte Systeme (Sportflugzeuge, Ultraleicht-Flugzeuge, Hubschrauber, Luftschiffe und Ballone)“. In seinem Artikel erwähnt Heckes (1984), dass dem routinemäßigen Einsatz von Kleinflugzeugen und Kleinhubschraubern noch Navigationsprobleme entgegenstehen. Abschließend in der Zusammenfassung von Heckens (1984) findet man: „Bei stetiger Weiterentwicklung der Kameraträger und der Navigationstechniken können diese Systeme die Lücke zwischen terrestrischer und aero-photogrammetrischer Aufnahmetechnik schließen.“

Die von Heckes (1984) genannten „Kameraträger“ erlebten in den letzten Jahren aufgrund des technologischen Fortschrittes im Flugzeugbau (Leichtbau, Antriebsentwicklung) als auch im Bereich der Navigation (globale Satellitennavigation, inertielle Messsysteme) und der Mechatronik (Mechanik, Elektrotechnik und Informatik) einen signifikanten Fortschritt. Diese Technologien wurden und werden auch im militärischen Bereich intensiv genutzt. Im vorliegenden Artikel wird ausschließlich auf die zivile Nutzung von unbemannten Flugobjekten eingegangen. Begriffe dafür sind: *unmanned aerial vehicles (UAV)* oder das Gesamtsystem (inklusive Bodenstation) *unmanned aircraft system (UAS)* oder auch *remotely piloted aircraft system (RPAS)*. Neben dem Bereich der UAVs gibt es aktuell auch für die Nahbereichs-Luftbildphotogrammetrie interessante Entwicklungen in der bemannten Luftfahrt (z.B. Ultraleicht-Flugzeuge, Gyrokooper und motorisierte Paragleiter). Auf diese Entwicklungen wird im vorliegenden Artikel nicht näher eingegangen.

Viele der aktuellen Entwicklungen im Bereich kleiner bzw. leichter UAV nutzen die technische Weiterentwicklung im Modellflugsport um geeignete Plattformen zur systematischen Erfassung von Objekten und Landschaftsoberflächen zu entwickeln. Während im Modellflugsport neben dem Modellbau vor allem auch die Kunst der manuellen Flugsteuerung eine wesentliche Rolle spielt, versucht man bei den Flugsystemen zur

Geodatenerfassung den Piloten durch Assistenzsysteme beim Fliegen zu unterstützen bzw. nutzt man Navigationskomponenten um ein automatisiertes oder zukünftig sogar autonomes Fliegen zu ermöglichen.

Die technische Weiterentwicklung der Flugplattformen hat zu einem signifikanten Anstieg der Nutzung von UAV Systemen zur Geodatenerfassung geführt (siehe z.B. die Publikationen der ISPRS-Kongresse 2008 in Peking und 2012 in Melbourne, die eigens zum Thema UAV veranstalteten Konferenzen UAV-g in Zürich (2011) bzw. in Rostock (2013), das „UAS Summit“ im Rahmen der AGIT 2013 in Salzburg, der „Workshop on UAV-based Remote Sensing Methods for Monitoring Vegetation“ an der Universität zu Köln sowie die zukünftige Session „Unmanned aerial vehicles for high resolution sensing in the geosciences“ [6] auf der in Wien stattfindenden General Assembly 2014 der EGU (European Geosciences Union).

Im folgenden Kapitel 2 wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Technik gegeben. Kapitel 3 widmet sich der Rechtslage zum Einsatz von UAV Systemen in Österreich und stellt einen aus österreichischer Sicht aktuellen Abriss über relevante Organisationen und Interessengruppen zur Verfügung. Das abschließende Kapitel 4 fasst den Artikel zusammen, zeigt unterschiedliche praktische Anwendungsgebiete von UAV Systemen auf und gibt einen Ausblick in zukünftige Entwicklungen.

2. Aktueller Stand der Technik

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, hat sich die Technologie im Bereich unbemannter Flugsysteme in den letzten Jahren signifikant weiterentwickelt. In den folgenden Unterkapiteln wird überblicksartig auf die dabei relevanten Fortschritte eingegangen.

2.1 Fluggeräte

Heute steht eine Vielzahl unterschiedlicher Fluggeräte von Groß bis sehr Klein zur Verfügung, beispielsweise (vgl. Abbildung 1):

- Luftschiffe oder Ballone (Prinzip „Leichter als Luft“)
- Motorisierte Gleitschirme
- Micro-Flugzeuge (z.B. Spannweite < 1 m)
- Flächenflugzeuge
- Helikopter
- Multi-Rotor Systeme



(a) Zeppelin (Länge ca. 10 m), <http://skive.ch/>



(b) Helikite (11 m³), <http://www.allsoop.co.uk/>



(c) Motorisierter Paragleiter (Gleitschirm: 3.8 m²)
<http://www.vflugzeuge.de/>



(d) Nurlügel (Spannweite: 80 cm)
<http://www.sensefly.com>



(e) Flächenflugzeug (Spannweite: 5 m)
<http://www.zhaw.ch/de/engineering/institute-zentren/zav/unsere-projekte/projekt-umars.html>



(f) Hubschrauber (Hauptrotor: 3.2 m)
<http://www.aeroscout.ch/>



(g) Quadrocopter (Durchmesser: 50 cm)
<http://mikrokopter.de>



(h) Flächenflugzeug (Spannweite: ca. 75 m)
<http://www.nasa.gov/centers/dryden/news/ResearchUpdate/Helios/>

Abb. 1: UAV Typen mit unterschiedlichen Sensoren

- HALE (High Altitude and Long Endurance) Systeme
- Neben großen Flugobjekten (z.B. >25 kg Gesamtgewicht oder mehr als 5 m Spannweite), die oft auch für militärische Anwendungen genutzt werden, hat der Leichtbau mit den typischerweise eingesetzten Materialien: GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff), CFK (kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff) und EPP (expandiertes Polypropylen) und die Weiterentwicklung der Regelungs- und Navigationssensorik zu einer Vielzahl möglicher Bauweisen (von sehr groß bis sehr klein) für die Geodatenerfassung geführt.

Leichte Flächenflugzeuge und Helikopter sind als Fluggeräte durch Multirotorsysteme ergänzt worden. Letztere erlauben durch gegenläufige in einer horizontalen Ebene angebrachte Motoren einen Drehmomentausgleich und über entsprechende Motorregelung anhand von Beobachtungen von inertialen Messeinheiten (Beschleunigungsmesser und Drehratensensoren) eine den Steuerbefehlen entsprechende Lageregelung des Flugobjektes. Anhand dieses Konzeptes sind selbst horizontierende, automatisiert oder auch autonom fliegende (siehe dazu Kapitel 2.2) Multirotorsysteme mit z.B. drei (Trikopter), vier (Quadrokopter), sechs (Hexakopter), acht (Oktokopter) oder mehr Rotoren möglich.

Die Flugeigenschaften der jeweiligen UAV Typen unterscheiden sich signifikant (z.B. senkrecht starten und landen, Länge der Flugzeit in Stunden bzw. Reichweite in km, Windanfälligkeit). Bei der Auswahl des geeigneten Flugzeugtyps für die jeweilige Anwendung sind neben den Flugeigenschaften die Einsatzmöglichkeiten (Strom-, Gewichts- und Platzbeschränkungen) der jeweiligen Sensorik (Digitalkamera, Laserscanner, Thermalkamera, Multispektralkamera, etc.) zu berücksichtigen.

2.2 Flugsteuerung und Flugunterstützung

Beim klassischen Modellflugsport steuert der Pilot sein Modell direkt auf Sicht (Sichtflug, engl. *Visual line of sight* (VLOS)). Dadurch ergeben sich naturgemäß einige Einschränkungen, abhängig von der Größe des Modells, dem Können und der Sehkraft des Piloten. Für ein Flächenmodell mit rund 150 cm Spannweite ist das Erkennen der Fluglage schon nach etwa 300 m schwierig. Die aktuelle Fluglage, -höhe und -geschwindigkeit kann dabei nur geschätzt werden. Beim Starten, Landen und in der Luft kann sich der Pilot nur auf seine Erfahrungswerte, die dem jeweiligen Fluggerät angepasst werden müssen, stützen.

Seit ein paar Jahren gibt es auch im Bereich des Modellflugsports Telemetriesysteme für Modellflugzeuge (siehe z.B. [7]). Dabei werden Informationen zu Strom, Spannung, Flughöhe, Geschwindigkeit, etc. via der für die Modellflugsteuerung heutzutage typischerweise eingesetzten 2,4 GHz Funkstrecke an ein Modul am Boden gesendet und auf einem Display (z.B. auf der Fernsteuerung) ausgegeben. Neuerdings ist darüber hinaus immer häufiger auch eine Sprachausgabe der relevanten Daten (z.B.: Steig- oder Sinkrate) möglich.

Durch die Entwicklung kleiner und leichter inertialer Messsensoren (typischerweise basieren die Sensoren auf der MEMS (*micro-electromechanical system*) -Bauweise) stehen heute Flugstabilisierungssysteme für die verschiedenen Typen der Fluggeräte zur Verfügung. Die Systeme arbeiten meist mit 2- oder 3-Achsen Drehraten- und Beschleunigungssensoren und stabilisieren dementsprechend 2 oder 3 Achsen. Durch diese Sensoren und Regelungstechniken ist ein vereinfachtes bzw. präziseres Fliegen des Piloten möglich. Für Multi-Rotor Systeme, bei denen durch einen Regelkreis eine entsprechende Steuerung der Motoren erfolgt, sind diese Systeme essentiell.

Neben dem manuellen und manuell gestützten Flug stehen heute für den Einsatz im UAV Autopilotensysteme zur Verfügung (siehe z.B.: [8] und [9]). Diese Sensoren nutzen über die Flugstabilisierungssensoren hinaus GNSS Empfänger (typischerweise L1 Empfänger) um neben der Flugstabilisierung ein automatisiertes Abfliegen eines vorgegebenen Flugpfades (oft als Wegpunktflug bezeichnet) zu ermöglichen. Außer dem Wegpunktflug ist auch ein automatisches Starten, Landen bzw. ein Rückflug zur Startposition in einer bestimmten Höhe über Grund möglich. Mittels der eingesetzten Sensorik kann auch eine näherungsweise direkte Georeferenzierung der aufgenommenen Sensordaten erfolgen (siehe [10]). Beim Einsatz von Autopiloten ist jedoch immer ein entsprechendes Telemetriesystem nötig um den aktuellen Zustand des Fluggerätes überwachen zu können. Autopilotensysteme ermöglichen einen automatisierten Betrieb des UAV auf Sicht (VLOS) als auch ein Fliegen ohne direkte Sichtverbindung zum Fluggerät (engl. *Beyond visual line of sight* (BLOS)). Beim Einsatz sind die jeweiligen rechtlichen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen (siehe dazu auch Kapitel 3.2).

Alternativ zum Fliegen auf Sicht (VLOS) ist heute auch der Immersionsflug oder FPV (*first*

person view) populär (siehe dazu Abbildung 2). Bei dieser Variante der Flugsteuerung wird das Flugobjekt mittels eines live übertragenen Videokamerabildes aus der Perspektive des ferngesteuerten Modells – wie aus der Sicht eines Fahrers/Piloten – gesteuert. Das Live-Video wird dabei typischerweise in eine Videobrille eingespielt und der Pilot hat den Eindruck als ob er selbst in seinem Modell mitfliegen würde. Wenn das Flugobjekt neben der Kamera und der Übertragungstechnik auch mit entsprechenden Sensoren ausgestattet ist, können dem Piloten am Boden diese Sensordaten (Flughöhe, -geschwindigkeit, Position, etc.) direkt in die Datenbrille eingespielt werden. Das Konzept des FPV widerspricht dem Prinzip des Fliegens auf

Sicht (VLOS) und wirft damit neue Fragen an die rechtlichen Regularien auf (siehe dazu auch Kapitel 3.2 und 4).

2.3 Sensoren

Grundsätzlich sind beim UAV-Einsatz zwei Arten von Sensoren zu unterscheiden: Notwendige Einrichtungen für den unbemannten Flugbetrieb selbst (beispielsweise Sensoren für automatische Ausweichmanöver bei Hindernissen im Sinne des „Detect&Avoid“), sowie solche für die jeweilige Arbeitsmission (beispielsweise spezielle Kameras für Luftbildaufnahmen). Jedoch sind beide Arten von Sensoren auch Teil der luftfahrtrechtlichen Zulassung, also auch jene der



Abb. 2: Immersionsflug bzw. FPV (firstpersonview); Links Oben: Pilot mit Videobrille und Empfangsequipment; Rechts Oben: UAV mit Videokamera am Kopf der Pilotenpuppe; Unten: Livebild mit Sensordaten; Bildquelle: <http://fpv-community.de/>.

Arbeitsmission als Bestandteil der so genannten *payload*.

Wie bei allen Komponenten in der Luftfahrt ist auch hier das Gewicht und die Größe sehr wichtig, Stichwort: „Leicht fliegt leicht“. Die Sensoren für die Unterstützung bei der Flugsteuerung (Stabilisierungssysteme und Autopiloten) sind vielfältig und können je nach UAV gewählt werden. Im Vergleich zur zusätzlichen Sensorik für die Geodatenerfassung, wie Kameras und Laserscanner, spielt das Gewicht dieser Sensorik eine geringere und beinahe vernachlässigbare Rolle. Bei der Steuerung per Livebild (FPV) haben sich wenige Gramm schwere Platinenkameras aus der Überwachungstechnik etabliert. Die Auflösung reicht von 600×400 Pixel bis hin zu Full HD. Zusätzlich und je nach Zweck gibt es neben den Platinenkameras eine ganze Reihe sogenannter Action Cams (z.B. der Firma GoPro) mit einem Gewicht unter 0,1 kg.

Für die Erfassung von Luftbildern werden, je nach Fluggerät, digitale Kompaktkameras oder digitale Spiegelreflexkameras eingesetzt. Neben der Gewährleistung einer entsprechenden Bildqualität und den photogrammetrischen Anforderungen für die Folgeauswertung der Bilder (möglichst stabile innere Orientierung, Schärfentiefe, etc.) stellt oftmals die Steuerung der Kamera und die Synchronisierung der Bilddaten mit anderen am UAV befindlichen Sensoren eine große Herausforderung dar. Die aus Gewichtsgründen zur Verfügung stehenden Kamerasysteme wurden im Gegensatz zu den klassischen Luftbildkameras üblicherweise nicht für den Einsatz in UAV Systemen entwickelt. Dementsprechend muss eine Synchronisation, bspw. über die GPS-Zeit mit dem PPS- (pulse per second) Signal, durch Kunstgriffe realisiert werden.

Digitale Kameras eignen sich aufgrund ihrer Größe, der leichten Verfügbarkeit, der internen Stromversorgung und Datenspeicherung und nicht zuletzt aufgrund ihres geringen Gewichts für die Geodatenerfassung mittels UAV. Zusätzlich steht ein breites Spektrum von Kameras mit unterschiedlicher Stabilität und Abbildungsqualität, vor allem in radiometrischer und geometrischer Hinsicht, zur Verfügung. In den letzten Monaten lässt sich auch ein verstärkter Einsatz von Laserscannersystemen auf UAV-Plattformen beobachten, siehe z.B. [11], [12] oder [13]. Das Sensorgewicht ist dabei eine Herausforderung, der durch größere UAVs begegnet werden kann. Darüber hinaus ist bei dieser kinematischen Datenerfassungsmethode aber eine kontinuierliche

und entsprechend genaue Beobachtung der Flugtrajektorie zur Georeferenzierung der Sensordaten essentiell. Die Messgenauigkeit in der äußeren Orientierung (Position und Winkelstellung) des Sensorkoordinatensystemes kann nur durch eine ausreichend genaue Synchronisation der Datenströme der verschiedenen Sensoren realisiert werden.

Zusätzlich zu Kameras und Laserscannern können auch Publikationen mit Multi- und Hyperspektral-Kameras bzw. auch mit Thermal-kameras gefunden werden (siehe dazu z.B. die Präsentationen der UAV-g Konferenz 2013 [14]).

2.4 Funkübertragung

Für den Einsatz von UAV Systemen ist neben der Übertragung der Telemetriedaten des UAVs eine drahtlose Übertragung etwaiger Sensordaten von praktischer Relevanz. Laut dem Dokument Kienmayer und Flühr, 2013 [15] steht allerdings noch kein eigenes für (zivile) UAS-Anwendungen reserviertes Funkfrequenzband für die Flugsteuerung und Sensordatenübertragung zur Verfügung.

Allgemein setzt die Nutzung eines Funksystems in der Regel eine Bewilligung durch die nationale Fernmeldebehörde (unter Berücksichtigung internationaler Vorgaben) voraus. Die in Österreich verwendbaren Funksysteme können dem Frequenznutzungsplan entnommen werden. Neben den reservierten Frequenzen besteht die Möglichkeit, bei der Fernmeldebehörde um eine „private“ Frequenz anzusuchen. Eine solche kann einem Interessenten auf Antrag gegen Gebühr und zeitlich befristet zugestanden werden [15].

International wurde im Rahmen der World Radio Conference 2013 (WRC'13) eine Resolution beschlossen, ein Frequenzband bei 5 GHz für die UAS Nutzung zu reservieren. Diesbezügliche Bauvorschriften für Funkschnittstellen seien allerdings nicht vor dem Jahr 2016 zu erwarten [15].

3. Interessensvertretungen und Rechtslage in Österreich

3.1 Interessensvertretungen

Neben den Verbänden im Bereich des Modellflugs, wie z.B. dem österreichischen Aeroclub [16] oder dem deutschen Modellflugverband (DMFV), gibt es noch einige andere Gruppierungen die zunehmend an Einfluss gewinnen. Dies sind z.B. die Foren RCGroups [17] und die FPVC-Community (FPVC) Deutschland [18]. Die FPVC arbeitet in Deutschland direkt mit DMFV und den deutschen Behörden zusammen um das Thema

FPV Flug bekannter zu machen und um eine gesetzliche Regelung zu erarbeiten.

Über den Modellflug hinaus existieren im Bereich der UAS die Internationale Organisation UVS International [19] und im deutschsprachigen Raum die Organisation UAV DACH [20] als Initiativen zur Integration von UAV Systemen in den zivilen Luftraum.

In Österreich gibt es seit 2012 innerhalb der AAI (Austrian Aeronautics Industries Group) eine sehr aktive UAS-Arbeitsgruppe (AAI-UAS-WG), in der österreichische Produzenten, Entwickler und Forschungseinrichtungen zu allen UAS-Themen zusammenarbeiten, insbesondere im Bereich ziviler Nutzung und Regularien [21]. Dieser Arbeitsgruppe gehören neben größeren und kleineren Firmen auch viele wissenschaftliche Partner an, und sie steht im laufenden Austausch mit den zuständigen nationalen Behörden (BM-VIT, Austro Control GmbH).

Aus behördlicher Sicht ist in Österreich das BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Infrastruktur und Technologie), Gruppe Luft bzw. OZB (Oberste Zivilluftfahrtbehörde) [22] sowie die ausgelagerte Zulassungsbehörde ACG (Austro Control GmbH) [23] zuständig im Bereich UAV. Eine Übertragung einzelner behördlicher Aufgaben an den österreichischen Aeroclub – oder seine Sachverständigen – ist im Bereich sehr kleiner und leichter UAV aktuell in Diskussion.

3.2 Rechtslage

Auf internationaler Ebene sind bei der Entwicklung von Regularien für zivile UAS-Einsätze vor allem die ICAO (International Civil Aviation Organization, [24]) mit ihrer UAS Study Group, sowie das informelle Netzwerk der Luftfahrtbehörden JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems, [25]) aktiv (auch unter österreichischer Beteiligung durch ACG-Experten). Allerdings benötigen diese Gremien viel Zeit und mit international verbindlichen Ergebnissen ist wohl erst in einigen Jahren zu rechnen.

Auf europäischer Ebene ist formell die EU-Kommission (etwa die Generaldirektion DG ENTR, siehe [26]) sowie insbesondere die europäische Agentur für Flugsicherheit EASA (European Aviation Safety Agency, [27]) zuständig, wobei die EASA derzeit nur die Kompetenz für UAS über 150 kg hat, während gemäß aktuellem EU-Recht alle UAS unter 150 kg in die Regelungskompetenz der einzelnen Nationalstaaten fallen (Regulation (EC) No 216/2008).

Die EASA hat einen mehrjährigen Diskussionsprozess zum europäischen Regelwerk für UAS gestartet und ist auf Grund der zahlreichen Rückmeldungen gerade dabei, ihre eigenen Vorschläge (NPA 2012-10 [28]) komplett zu überarbeiten und 2014 einen neuen Entwurf zu präsentieren (siehe CRD 2012-10 [29]). Langfristig will die EASA auch UAS unter 150 kg europaweit einheitlich regeln, derzeit herrschen hier noch große Unterschiede in der Leichtigkeit der technischen Zulassung und beim Erhalt einer Aufstiegsgenehmigung.

Daneben existieren beratende Einrichtungen und Verbände, etwa UVSI (Unmanned Vehicle Systems International) oder EUROCAE (European Organization for Civil Aviation Equipment), die ebenfalls auf diesen Prozess des „*rulemaking*“ Einfluss nehmen. Details zum Zusammenspiel der drei Ebenen – international, europäisch, national – bei der laufenden Entwicklung der zukünftigen UAS-Regularien finden sich im Vortrag von Mag. Raoul Fortner (AAI) vom 6. Dezember 2013 [30] (siehe insbesondere S. 11ff).

In Österreich war der Einsatz von UAS zur Luftbildaufklärung bisher im Luftfahrtgesetz (LFG) nicht explizit geregelt, ein UAS mit einer Kamera galt aber als „Luftfahrzeug“ und hätte die für Luftfahrzeuge geltenden Regularien einhalten müssen, um eine technische Zulassung sowie eine Betriebs- und Aufstiegsenehmigung zu erlangen. Die technischen Möglichkeiten und die praktische Verfügbarkeit der Technik waren der Gesetzgebung voraus. Die Rechtsunsicherheit war auch daran zu erkennen, dass seitens der Interessensvertretungen der Modellflieger unterschiedliche Rechtsauslegungen vertreten wurden.

Mit 1. Jänner 2014 herrscht nun auch in Österreich in der nationalen Gesetzgebung eine bessere rechtliche Klarheit über den Einsatz von unbemannten Flugsystemen: Eine entsprechende Änderung des Luftfahrtgesetzes (LFG) wurde vom BMVIT noch im Dezember 2012 zur Begutachtung ausgesandt und nach zahlreichen Überarbeitungen auf Grund der Begutachtung im April 2013 von der Regierung dem Parlament übermittelt. Der Nationalrat beschloss diese LFG-Novelle am 22. Mai 2013 [31], und der Gesetzestext wurde am 20. Juni 2013 im Bundesgesetzblatt veröffentlicht (BGBl I 108/2013, siehe [32]), sodass die Novelle am 1. Jänner 2014 in Kraft treten konnte.

Das neue LFG regelt ab 1. Jänner 2014 im Abschnitt 4 folgende Einteilung unbemannter

	Einsatzgebiet			
	I unbebaut	II unbesiedelt	III besiedelt	IV dicht besiedelt
Betriebsmasse bis einschließlich 5 kg	A	A	B	C
Betriebsmasse bis einschließlich 25 kg	A	B	C	D
Betriebsmasse über 25 kg und bis einschließlich 150 kg	B	C	D	D

Tab. 1: Kategoriezuordnung A,B,C und D anhand der jeweiligen Gewichtsklasse und des Einsatzgebietes (nach-ACG, LBTH 67 siehe [34])

Luftfahrzeuge in Österreich unter 150kg: Über der „Spielzeuggrenze“ (maximal 79 Joule Bewegungsenergie – § 24d LFG) gibt es nun drei Kategorien:

- 1) Flugmodell (ausschließlich unentgeltlich, nicht kommerziell und nur zum Zwecke des Fluges in einem Umkreis von maximal 500 m) – §§ 24d, 24e LFG
- 2) Unbemanntes Luftfahrzeug (uLFZ) der Klasse 1 (mit direkter Sichtverbindung zum Piloten ohne irgendein technisches Hilfsmittel, maximale Höhe 150m über Grund) – §§ 24f, 24h LFG
- 3) Unbemanntes Luftfahrzeug der Klasse 2 (alle anderen UAS, auch ohne direkte Sichtverbindung) – § 24g LFG

Während für die uLFZ der Klasse 1 direkte, ohne technische Hilfsmittel bestehende Sichtverbindung zum Piloten gewährleistet werden muss (VLOS), können uLFZ der Klasse 2 auch ohne Sichtverbindung (BLOS) betrieben werden. Unbemannte Luftfahrzeuge der Klasse 1 und 2 dürfen aber nur mit Bewilligung der Austro Control GmbH oder einer auf Grund einer Übertragung gemäß §140b zuständigen Behörde betrieben werden. Für uLFZ der Klasse 2 sind sämtliche für Zivilluftfahrzeuge und deren Betrieb geltende Bestimmungen oder erlassenen Verordnungen anzuwenden (siehe Änderung der Zivilluftfahrzeug- und Luftfahrtgerät-Verordnung 2010 des BMVIT, BGBl. II Nr. 470/2013, [33]).

Die ACG (Austro Control GmbH) hat als beherrschende Behörde des BMVIT – nach einer kurzen Begutachtung mit der Industrie – am 17. Dezember 2013 detaillierte Ausführungsbestimmungen für die Zulassung und den Betrieb von UAS der Klasse 1 in Österreich veröffentlicht – LBTH 67 (Lufttüchtigkeits- und Betriebstüchtigkeitsanforderungen für unbemannte Luftfahrzeuge bis 150 kg, siehe [34]). Für UAS der Klasse 2 wird

auf die allgemeinen Bestimmungen nach LFG verwiesen, was derzeit eine Zulassung praktisch kaum ermöglicht, wobei hier im Laufe des Jahres 2014 wohl noch detailliertere Regularien erscheinen sollen.

LBTH 67 unterteilt unbemannte Luftfahrzeuge der Klasse 1 in vier verschiedene Zulassungskategorien (A, B, C, D) mit jeweils unterschiedlich strengen Zulassungsvoraussetzungen, wobei sich die konkrete Zuordnung gemäß Tabelle 1 aus dem Gesamtgewicht inklusive Treibstoff und Beladung ergibt (bis 5kg, 5kg bis 25kg, 25kg bis 150kg) in Verbindung mit der Besiedelungsdichte des Einsatzgebietes (unbebaut, unbesiedelt, besiedelt und dicht besiedelt). Menschenansammlungen sind explizit ausgeschlossen und bedürfen wegen des großen Gefahrenpotentials einer individuellen Prüfung.

Je nachdem, in welchem Gebiet und mit welchem Gesamtgewicht geflogen wird, entspricht die technische Zulassung des UAS Klasse 1 dann eher einer Modellbauzulassung (Kategorien A und B, wobei für B sogar explizit auf Bauvorschriften für Großmodelle zurückgegriffen wird), oder es findet eine strenge technische Überprüfung des Gerätes und all seiner ausfallgefährdeten Komponenten statt (Kategorie C und D). Auch die Auflagen für die PilotInnen sind entsprechend abgestuft.

Relevante Beilagen des LBTH 67 sind – neben dem Antragsformular und dem verpflichtenden Datenschild (Anlage D) für das Gerät – insbesondere die Betriebsvorschriften (Anlage E), Vorgaben zur Lärmzulässigkeit (Anlage N) sowie technische Bauvorschriften (für Kat. B ist dies Anlage B, für Kat. C und D ist dies Anlage C) und Vorgaben zur Analyse der Betriebssicherheit beim Ausfall kritischer Komponenten (Anlage F). Weiters wird im LBTH 67 noch auf zugehörige relevante Rechtsgrundlagen verwiesen, die vom

Betreiber einzuhalten sind, das sind neben dem LFG selbst insbesondere die LVR (Luftverkehrsregeln, eine Verordnung des BMVIT [35]).

Neben den luftfahrtrechtlichen Regularien sind natürlich auch noch andere Bestimmungen einzuhalten, insbesondere das Datenschutzgesetz und der allgemeine zivilrechtliche Schutz der Privatsphäre (insbesondere bei Kameraeinsätzen – siehe dazu auch § 24I LFG), Rechte der Grundstückseigentümer bei Start und Landung sowie auch versicherungsrechtliche Aspekte.

4. Zusammenfassung und Ausblick

In den letzten Jahren haben sich die technologischen Entwicklungen im zivilen Bereich der UAV signifikant weiterentwickelt. Somit stehen UAV heutzutage als eine interessante Plattform zur Geodatenerfassung zur Verfügung. Die geeignete Auswahl der Flugplattform ist allerdings schwierig und muss je nach Anwendungsfall (Missionsprofil) erfolgen.

Abschließend soll nur kurz auf unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten überblicksmäßig eingegangen werden. Einige Artikel zu diesen Themen findet man in den bereits in der Einleitung erwähnten Konferenzen bzw. im vorliegenden VGI Heft. UAV können als spannende Plattform für die Nahbereichs-Aerophotogrammetrie angesehen werden. Dabei kann man die Anwendungen in 3 Gruppen unterteilen: (1) (näherungsweise) vertikale Luftbildmessung (2) (näherungsweise) horizontale Luftbilderfassung und (3) 3D Anwendungsfälle mit vertikalen und horizontalen Luftbildern. Diese Unterteilung ist für die Wahl der geeigneten Flugplattform und der Steuerung der Sensorausrichtung (z.B. Ausrichtung der Kamera) relevant.

In den Bereich der ersten Gruppe mit (näherungsweise) vertikaler Luftbilderfassung fallen Anwendungsfälle wie die Erfassung von Verkehrsunfallsituationen, lokale Geländemodellierung und Volumsdifferenzermittlung, sowie das multi-temporale Monitoring von z.B. einer archäologischen Ausgrabung. Auch für Anwendungen in der Geologie, der multi-temporalen Gletschererfassung und des Habitatmonitorings kann die UAV Datenerfassung hochauflösende Sensordaten bereitstellen. In der Schweiz wird darüber hinaus auch der Einsatz von UAS zur Katastervermessung untersucht. Je nach Anwendung können aktive oder passive Sensoren als am geeignetsten erscheinen. In den zweiten Bereich der (näherungsweise) horizontalen Luftbilderfassung fällt der Bereich des Monitorings von Infrastrukturobjekten (wie z.B. Windr-

der und Staumauern), die Erfassung historischer Objekte (wie z.B. Fassaden und Gebäude) aber auch das Monitoring von vertikalen und horizontalen Luftbildern ist für die vollständige Erfassung von 3D Objekten im Innen- und Außenraum relevant.

Neben dem Einsatz von UAV zur Geodatenerfassung werden diese Plattformen bereits häufig für Film- und Videoproduktionen, in der Tourismusbranche für Landschaftspanoramen (z.B.: auch Kugelpanoramen), zu Dokumentationszwecken des Baufortschrittes oder auch in der Robotik eingesetzt. Weitere Anmerkungen zur praktischen Anwendung von UAV Systemen können dem Artikel Briese und Otepka, 2013 [36] entnommen werden.

Zur laufenden Entwicklung der Rechtslage ist zusammenfassend festzustellen, dass es mit der LFG-Novelle und dem LBTH 67 zwar ab 1. Jänner 2014 erstmals grundlegende Regularien für den Einsatz unbemannter Luftfahrzeuge der Klasse 1 (direkte Sichtverbindung, VLOS) in Österreich gibt, und viele Unklarheiten der letzten Jahre beseitigt wurden. Zugleich sind aber folgende Herausforderungen bei der kombinierten Zulassung der Geräte (technische Lufttüchtigkeitszulassung) und des konkreten Einsatzes (Betriebszulassung) zu erwarten:

- Sowohl die zuständigen Behörden (BMVIT und ACG) als auch die Industrie, die Entwickler und die Betreiber betreten ab 1. Jänner 2014 erstmalig regulatorisches Neuland in Österreich. Dabei sind wohl Anlaufschwierigkeiten zu erwarten, bis sich dieses neue Regelungssystem eingespielt hat oder gar nochmals überarbeitet wird.
- Möglicherweise wird auch dem Aeroclub – respektive seinen Sachverständigen – eine unterstützende Rolle bei der Zulassung von gewerblichen UAS (etwa der Kategorie A und B) zukommen, auch dort wird sich diese neue Aufgabe erst einspielen müssen.
- Besonders relevant für den einzelnen Antragsteller wird daher die Frage sein, ob die ACG die nötigen Ressourcen zum Abarbeiten hunderter oder gar tausender Einzelanträge hat, und wie umgekehrt die Verfolgung „illegaler“ Flüge (durch die Bezirksverwaltungsbehörden) aussieht.
- Zugleich sind die Fragen für UAS der Klasse 2 – ohne direkte Sichtverbindung (BLOS) – noch sehr offen.

■ Der Einsatz von FPV ist außerdem derzeit explizit nicht unter Klasse 1 geregelt (vgl. LFG-Definition „Sichtverbindung ohne technisches Hilfsmittel“), die diesbezüglich unterschiedlichen Rechtsmeinungen bedürfen daher noch weiterer Klarstellungen durch BMVIT und ACG sowie allfällig erleichterter Sonderregeln zum FPV-Einsatz als UAS der Klasse 2.

Für den praktischen Einsatz von UAV ist daher eine frühzeitige Information über den aktuellen Stand der Regularien für Zulassung und Betrieb empfohlen, ebenso wie der Austausch mit der österreichweiten Community (etwa via AAI oder Aeroclub) zum praktischen Ablauf im Umgang mit der Behörde.

Die aktuell verfügbaren UAS haben mit ihren Flugassistenzsystemen bereits einen beachtlichen Grad an Zuverlässigkeit erreicht, werden aber sicherlich in den nächsten Jahren stark weiterentwickelt werden. Dabei werden v.a. redundante Sensoren, höher genaue GNSS Systeme in Kombination mit verbesserten Algorithmen zur Echtzeitnavigation und zur Trajektorienbestimmung im Postprocessing zum Einsatz kommen. Durch die technischen Entwicklungen die heutzutage eine systematische Geodaten-erfassung ermöglichen und die nun fortschreitende rechtliche Regulierung haben UAV in den nächsten Jahren nun tatsächlich die Möglichkeit die Datenerfassungslücke zwischen der terrestrischen Vermessung und der manntragenden luftgestützten Datenerfassung zu schließen.

Danksagung

Das Ludwig Boltzmann Institut für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie (archpro.lbg.ac.at) basiert auf der internationalen Kooperation der Ludwig Boltzmann Gesellschaft (A), der Universität Wien (A), der Technischen Universität Wien (A), der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (A), dem Land Niederösterreich (A), Airborne Technologies GmbH (A), RGZM-Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz (D), RAÄ-Swedish National Heritage Board (S), IBM VISTA Universität Birmingham (GB) und NIKU-Norwegian Institute for Cultural Heritage Research (N).

Widmung

Wir widmen diesen Beitrag unserem lieben Kollegen DI Bruno Wiesler. Als Leiter des Studienganges Luftfahrt/Aviation an der Fachhochschule Joanneum in Graz hat er in den letzten Jahren ganz besonders zur Forschung und Vernetzung im Bereich der zivilen UAS-Nutzung in Österreich beigetragen, die Entwicklung nationaler Regularien sowie nationale wie auch internationale Kooperationen maßgeblich vorangetrieben. Bruno Wiesler ist im Dezember 2013 völlig unerwartet durch einen Schlaganfall aus dem Leben gerissen worden.

Referenzen

- [1] *Luftfahrtarchiv*, <http://www.luftfahrtarchiv.eu>, 2.10.2013.
- [2] *Wikipedia, Luftbild*, <http://de.wikipedia.org/wiki/Luftbild>, 2.10.2013.
- [3] *Wikipedia, IgoEtrich*, http://de.wikipedia.org/wiki/Igo_Etrich, 2.10.2013.
- [4] *Lubowski, G., Waldhäusl, P., Ballonphotogrammetrie. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 68. Jahrgang, Heft 1, 1980 S.30-39.*
- [5] *Heckes, J., 1984: Überblick über Flugsysteme für photogrammetrische Luftaufnahmen im Nahbereich, Volume XXV Part A5, 1984, XVth ISPRS Congress, Technical Commission V: OTHER APPLICATIONS OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 17-29 June 1984, Rio de Janeiro, Brasil, 392-401.*
- [6] *EGU 2014 Session: „Unmanned aerial vehicles for high resolution sensing in the geosciences“*, <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2014/session/15488>, 2.10.2013.
- [7] *MULTIPLEX Modellsport GmbH & Co.KG*, <http://www.multiplex-rc.de>, → Produkte, Zubehör, Fernsteuerungen, Sensorik, 2.10.2013.
- [8] *DIY Drones, Community for amateur Unmanned Aerial Vehicles*, <http://diydrones.com/>, 2.10.2013.
- [9] *Sky Circuits Ltd*, <http://www.skycircuits.com>, 19.12.2013.
- [10] *Glira, P., Briese, C., Pfeifer, N., 2013: Direkte Georeferenzierung von Bildern eines unbemannten Luftfahrzeuges mit LowCost-Sensoren, Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, 2013.*
- [11] *Integration eines Riegl Scanners in einen Schiebel Helikopter*, <http://riegl.com/media-events/single-news/article/iriegli-vq-820-gu-successfully-integrated-in-schiebel-camcopter-s-100>, 2.10.2013.
- [12] *Aeroscout Laser Integration*, <http://www.aeroscout.ch/index.php/consulting>, 2.10.2013.
- [13] *Scan-copter*, <http://scan-copter.com>, 8.11.2013.
- [14] *UAV-g Konferenz 2013*, http://www.uav-g.org/presentations_online.htm, 8.11.2013.
- [15] *Kienmayer, C. und Flühr, H., 2013: Definition der Luftschnittstelle für RPAS nach LFG2013 in Österreich, ein Dokument das im Rahmen der AAI-UAS-WG vorgelegt wurde und auch bei der Austrian Aeronautics Industries Group (AAI), <https://www.aag.at> erhältlich ist.*
- [16] *Aeroclub*, <http://aeroclub.at>, 19.12.2013.
- [17] *RCGroups*, www.rcgroups.com, 19.12.2013.
- [18] *FPV-Community Deutschland*, www.fpv-community.de, 19.12.2013.
- [19] *UVS International*, <http://www.uvs-international.org>, 19.12.2013.
- [20] *UAV DACH*, <http://www.uavdach.org>, 19.12.2013.
- [21] *Arbeitsgruppe UAS der Austrian Aeronautics Industries Group (AAI)*, <https://www.aag.at/uas>, 19.12.2013.
- [22] *BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Infrastruktur und Technologie), Gruppe Luft bzw. OZB (Oberste Zivilluftfahrtbehörde)*, <http://www.bmvit.gv.at/verkehr/luftfahrt/index.html>, 19.12.2013.

- [23] *Austro Control Österreichische Gesellschaft für Zivilluftfahrt mbH*, <http://www.austrocontrol.at>, 19.12.2013.
- [24] *International Civil Aviation Organization*, www.icao.int, 19.12.2013.
- [25] *Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems (JARUS)*, www.jarus-rpas.org, 19.12.2013.
- [26] *EU-Kommission – DG ENTR*, http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/aerospace/uas/index_en.htm, 19.12.2013.
- [27] *EASA*, <http://www.easa.europa.eu/regulations/regulations-structure.php>, 19.12.2013.
- [28] *EASA, NPA 2012-10*, <http://www.easa.europa.eu/rulemaking/docs/npa/2012/NPA%202012-10.pdf>, 19.12.2013.
- [29] *EASA, CRD 2012-10*, <http://www.easa.europa.eu/rulemaking/docs/crd/2012/CRD%202012-10.pdf>, 19.12.2013.
- [30] *Fortner, R. (AAI), 2013, Drohnen in Österreich – Recht trifft Forschung und Technik, HVR Seminar: „Drohnen im Anflug auf Österreich“*, 6. Dezember 2013, <http://www.rotekreuz.at/site/hvr-kommission/hvr-seminare/2013-drohnen-im-anflug-auf-oesterreich/>, 28.12.2013.
- [31] *Beschluss zur Änderung des Luftfahrtgesetzes im Nationalrat*, http://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XXIV/I/I_02299/index.shtml, 8.11.2013.
- [32] *Bundesgesetz: Änderung des Luftfahrtgesetzes*, Bundesgesetzblatt I Nr. 108/2013, http://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2013_I_108/BGBLA_2013_I_108.pdf, 8.11.2013.
- [33] *Änderung der Zivilluftfahrzeug- und Luftfahrtgerät-Verordnung 2010*, Bundesgesetzblatt II Nr. 470/2013, http://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2013_II_470/BGBLA_2013_II_470.pdf, 19.12.2013.
- [34] *Austro Control GmbH, 2013, Lufttüchtigkeits- und Betriebstüchtigkeitshinweis Nr. 67*, http://www.austrocontrol.at/luftfahrtbehoerde/lizenzen_bewilligungen/flugbewilligungen/unbemannte_lfz, 19.12.2013.
- [35] *Luftverkehrsregeln 2010*: Bundesgesetzblatt II Nr. 80/2010, <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20006720>, 19.12.2013.
- [36] *Briese, C., Otepka, G., Zum Einsatz von Multikoptern als Kameraplattform in der Nahbereichs-Luftbildmessung*, Zeitschrift SACHVERSTÄNDIGE (SV) 2013/4.

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Briese, Technische Universität Wien, Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Photogrammetrie E120.7, Gußhausstraße 27-29, A-1040 Wien.

Ludwig Boltzmann Institut für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie, Hohe Warte 38, 1190 Wien.

E-Mail: christian.briese@geo.tuwien.ac.at

Mag. Raoul Fortner, Austrian Aeronautics Industries Group (AAI), Kramergasse 1/3, A-1010 Wien.

E-Mail: r.fortner@aai.gv.at

Ing. Philip Sager, Österreichischer Aeroclub (ÖAeC), Sektion Modellflug, Fachreferent FPV, Prinz-Eugenstraße 12, 1040 Wien.

E-Mail: philip_sager@hotmail.com

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Pfeifer, Technische Universität Wien, Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Photogrammetrie E120.7, Gußhausstraße 27-29, 1040 Wien.

E-Mail: norbert.pfeifer@geo.tuwien.ac.at