

Einsatz von Unmanned Aerial Vehicles in der Vermessungsverwaltung der Kommunen

Moderne flächenhafte 3D-Vermessung mit UAV-Systemen Handreichung des Deutschen Städtetages

Inhaltsverzeichnis

Vor	wort	3
1	Einleitung	4
2	Von der klassischen 2D/3D-Vermessung zur modernen flächenhaften 3D-Vermessung	ງ 5
3	Voraussetzungen zum Einsatz von UAV	6
	3.1 Drehflügler (Senkrechtstarter)	6
	3.2 Flächenflieger	6
	3.3 Ausstattungsmerkmale	6
	3.4 Software Auswertung:	7
	3.5 Hardware Auswertung:	8
	3.6 Flugausbildung:	8
	3.7 Kennzeichnungspflicht:	9
	3.8 Rechtsgrundlagen:	9
	3.9 Versicherung:	9
4	Wo können UAVs eingesetzt werden?	9
5	Aufwandsdarstellung	.10
	5.1 Grundsätzliches	.10
	5.2 Auswertung der Best Practice Beispiele	.11
	5.3 Tabellarische Darstellung der Beispiele	.12
6	Abwägung der Vor- und Nachteile	.15
	6.1 Vorteile	.15
	6.2 Nachteile	.16
7	Fazit	.16
8	Anlagen: Zusammenhängende Darstellung der Beispiele	.17
	8.1 Stadt Köln	.17
	8.2 Landeshauptstadt Düsseldorf	.23
	8.3 Kreis Düren	.27
	8.4 Stadt Worms	.32
9	Literatur	.34

Vorwort

Einfach zu steuernde, unbemannte Fluggeräte haben sich in den vergangenen Jahren in verschiedenen Aufgabenfeldern etabliert. Die auch als Drohnen, Mikro- und Multicopter bezeichneten Unmanned Aerial Vehicles (UAV) werden zum Beispiel in Industrie und Landwirtschaft, im Sicherheits- und Rettungswesen oder für Film- und Fotoaufnahmen genutzt.

Auch in der Vermessung kommt diese Technologie immer häufiger zum Einsatz. Die Geräte sind schnell einsatzbereit und können sofort auswertbare Informationen sammeln, aus denen sich zum Beispiel 3D-Objekte berechnen lassen. Auf UAV-Plattformen können außerdem unterschiedliche Vermessungssensoren installiert werden, die je nach Bedarf und Einsatzbereich spezifische Erhebungen aus der Luft vornehmen.

Die Möglichkeiten der UAV-Erfassung ergänzen die klassischen Methoden der Photogrammetrie, also der Erkundung aus der Luft und vom Boden aus zum Zwecke der Raumdarstellung. Mit vergleichsweise geringem Aufwand können damit vollumfängliche Geodaten für konkrete raumbezogene Aufgabenstellungen gewonnen werden. Die Daten können vielfältig ausgewertet werden, zum Beispiel für die Bauplanung, für das Erstellen von Geländemodellen, für Bestandsdokumentationen oder in der Denkmalpflege.

Die vorliegende Handreichung stellt die Voraussetzungen zum Einsatz von Unmanned Aerial Vehicles vor, identifiziert Einsatzbereiche und zeigt anhand von Best Practice-Beispielen Aufwand und Nutzen im Praxiseinsatz. Das Papier kann bei Entscheidungsprozessen zur Beschaffung von UAV-Geräten herangezogen werden.

Helmut Dedy

Hauptgeschäftsführer des Deutschen Städtetages

Einsatz von Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in der Vermessungsverwaltung der Kommunen

Moderne flächenhafte 3D-Vermessung mit UAV Systemen

Handreichung des Deutschen Städtetages – von der Fachkommission "Geoinformation, Vermessung und Bodenordnung" am 16./17.05.2019 in Magdeburg und vom Bau- und Verkehrsausschuss am 24./25.10.2019 in München zustimmend zur Kenntnis genommen

1 Einleitung

Diese Handreichung richtet sich an Gebietskörperschaften, die **U**nmanned **A**erial **V**ehicle-Technologie (UAV) für den Einsatz im hoheitlichen und technischen Vermessungsbereich nutzen möchten. Es zeigt die aktuell vorhandenen technischen Möglichkeiten anhand von Best Practice Beispielen (siehe Tabelle unter Punkt 5.3) und kann als Grundlage für Entscheidungsprozesse bei der Beschaffung eines UAV dienen.

UAV bieten eine Trägerplattform für diverse Vermessungssensoren und werden somit zum Verbindungsstück zwischen der klassischen Luftbildphotogrammetrie mit einem Flugzeug und der photogrammetrischen Aufnahme am Boden.

UAV sind unbemannte Fluggeräte, welche durch eine Fernsteuerung bedient werden. Dabei sind manuelle, semi-automatische, als auch automatische Flüge mit vordefinierter Flugbahn realisierbar. Die Kombination mit weiterer Hardware wie zum Beispiel einer Fotokamera oder Multispektralkamera, einer Bodenstation und der Fernsteuerung wird **UAS**, also **U**nmanned **A**erial **S**ystem genannt. Sie beschreibt das gesamte Equipment, das verwendet wird.

In den letzten Jahren haben unbemannte Fluggeräte zu einer Bereicherung des geodätischen Aufgabenfeldes beigetragen. Das UAV ist schnell und spezifisch einsatzbereit und liefert sofort aufklärende, umfangreiche Informationen, aus denen sich mit geodätischen Fachkenntnissen geometrische 3D-Objekte der realen Welt berechnen lassen. Im Rahmen von geodätischen Erhebungsprozessen dient diese Sensortechnik der gezielten digitalen Informationsgewinnung für konkrete raumbezogene Aufgabenstellungen wie beispielsweise Planen, Bauen, Gebäude- und Geländemodelle, Bestandsdokumentation, Monitoring, 3D-Stadtmodelle sowie Denkmalpflege. Die UAV-Technologie ermöglicht es, hierzu vollumfängliche Geodaten zu gewinnen.

Die Bauwirtschaft steht derzeit im Mittelpunkt wirtschaftlicher, umweltpolitischer und gesellschaftlicher Herausforderungen. Die Eigentümer öffentlicher Infrastrukturen sowie die Gesellschaft insgesamt sind konfrontiert mit erheblichen Anstrengungen für Sanierung, Neubau und Umgestaltung in den Bereichen Straße, Tunnel, Brücken, Schienen, Schulen, Kitas, etc. Building Information Modelling (BIM) steht als Synonym für die digitale Transformation des Baugewerbes und der bebauten Umwelt. Der allgemein anerkannte Wert von BIM etabliert sich als strategisches Instrument zur Erreichung von Zeit-, Kosten- und Qualitätszielen und bildet die Grundlage für strategisches Planen, fundiertes Entscheiden und politisches Handeln. Vollständige, genaue und widerspruchsfreie digitale Informationen zu bestehenden oder neuen Bauwerken, erzeugt durch UAV-Einsätze, ergänzt durch geodätische Vermessungssensoren, verschnitten mit fachspezifischen Umgebungsdaten bilden die Grundlage für einen optimalen medienbruchfreien digitalen Datenaustausch, zur bestmöglichen Weiterverwendung der erfassten Informationen zu BIM-Fachmodellen.

Dieses Fachmodell erhöht die Transparenz für alle an Planungs-, Simulations-, Entwurfs-, Abstimmungs-, Überwachungs- und Entscheidungsprozessen beteiligten Institutionen. Die durch geodätische Dienstleistungen erstellten geometrischen Strukturen bilden sowohl die Basis, als auch die Verknüpfungspunkte im BIM.

2 Von der klassischen 2D/3D-Vermessung zur modernen flächenhaften 3D-Vermessung

Die bisherigen CAD-Dokumentationen sind in erster Linie zeichnungsorientiert ausgerichtet. Die Darstellung erfolgte überwiegend in 2D beziehungsweise 2,5 D (z. B. Höhenangaben im Lageplan). Eine 3D-Darstellung war nicht gewünscht oder gefordert, bedingt durch nicht vorhandene technische Ausstattung mit entsprechender Auswerte- und Visualisierungsmöglichkeiten

Mittlerweile ist die Nutzung von innovativer 3D-Sensortechnik zur 3D-Punktwolkenerzeugung möglich. Vollständige dreidimensionale Vermessungsdaten erlauben heute die direkte Ableitung konsistenter Grundrisse, Schnitte und Ansichten an beliebiger Stelle sowie die Durchführung von Kollisionsprüfungen und Massenermittlungen. Die fotorealistische Digitalisierung der realen Welt wird durch Laserscanning, sowie durch photogrammetrische Auswertung verwirklicht.

Ein Laserscanner tastet Oberflächen in hoher Geschwindigkeit rasterartig ab und erzeugt direkt Punktwolken mit 3D-Koordinaten. Während die Position beim Laserscanning in einem Flugzeug mittels GNSS-Empfänger und inertialem Navigationssystem bestimmt wird, erfolgt die Georeferenzierung beim terrestrischen Laserscanning durch zuvor bestimmte oder vorgegebene Passpunkte. Zur Erzeugung von 3D-Punktwolken werden bei der photogrammetrischen Auswertung verschiedene Algorithmen (SIFT, RANSAC, Bündelblockausgleichung, dense image matching) durchgeführt. Bei ausreichender Längs- und Querüberdeckung (70 Prozent bis 80 Prozent) definieren identische Objektpunkte die relative Zuordnung der Fotos. Nach der Eliminierung von Ausreißern und Optimierung der Kamerapositionen erfolgt die Georeferenzierung auch hier durch Passpunkte über eine Sieben-Parameter-Transformation. Zuletzt werden weitere Bildpunkte in dreidimensionale Punkte überführt, sodass eine 3D-Punktwolke entsteht.

Diese Messtechniken werden von folgenden Plattformen genutzt:

- Satelliten
- Bemannte Flugzeuge
- UAV
- PKW und weitere mobile Träger
- Tragbare Rucksacklösungen

Die erzeugten Ergebnisse können beliebig kombiniert / miteinander verschnitten werden, um ein optimales und vollständiges Ergebnis zu liefern. Dies ist möglich, da die Rechenleistung immer weiter steigt und so große Datenmengen performant verarbeitet, dokumentiert und präsentiert werden können. Der hohe Automatisierungsgrad der Workflows, leistungsfähige Algorithmen und beträchtlicher Speicherplatz führen zu einer effizienten Aufgabenerledigung mit geforderten Qualitätsansprüchen bezüglich der Ergebnisse. Die Visualisierung der 3D-Daten spielt dabei eine wichtige Rolle. Kombiniert mit GIS- und Geobasisdaten sowie mit einer Fülle von spezifischen Informationen kommunaler Fachdienststellen liefert sie Antworten auf komplexe Fragestellungen zur Gestaltung unserer Umwelt. Die Antworten unterstreichen einmal mehr den enormen Wertschöpfungscharakter von Geodaten bei Entscheidungen für zielgerichtete Gestaltungsmaßnahmen im Bereich Planen und Bauen. Planungen sollen in einer virtuellen Realität erfolgen, mit Zugriff von jedem beliebigen mobilen Endgerät.

Webbasierte Darstellungen, bei denen Bestandsdaten wie die Liegenschaftskarte und das 3D-Stadtmodell mit aktuellen CAD-Entwürfen verschnitten werden, sind die neue Grundlage für transparente Planungsprozesse.

3 Voraussetzungen zum Einsatz von UAV

Die Voraussetzungen zum Einsatz von einem UAV sind überschaubar. Um allerdings einen zielgerichteten und effizienten Einsatz in den Kommunalen Vermessungs-verwaltungen zu gewährleisten, bedarf es einer genaueren Betrachtung der Gesamtheit der Voraussetzungen.

Der überwiegende Grundgedanke sollte immer der spätere Einsatzbereich der UAV sein. Daher ist zunächst wichtig die Bauart der einzelnen Modelle zu unterscheiden. Hier kann grundsätzlich zwischen einem Drehflügler oder Flächenflieger unterschieden werden.

3.1 Drehflügler (Senkrechtstarter)

Ein Drehflügler ist ein Luftfahrzeug, das von einem oder mehreren Rotoren angetrieben wird, welche in einer Ebene angeordnet sind. Durch die senkrecht nach unten wirkende Kraft wird für diese Luftfahrzeuge der Auftrieb erzeugt.

Durch seine präzise Fluglage und an die Bedürfnisse anpassbare Fluggeschwindigkeit, eignet sich diese Bauweise von UAVs ideal für den Einsatz zur Dokumentation von komplexen Objekten (umkreisen). Dank großer Flexibilität im Flug und einer präzisen Flugplanung lassen sich große und komplexe Projekte (siehe Punkt 4 dieses Dokuments) bearbeiten.

Unterscheiden kann man die gängigen Drehflügler durch die Anzahl der verbauten Rotoren. Am Markt gibt es Quadro-, Hexa- oder Oktocoptern (4, 6 oder 8 Rotoren). Für welche Modellvariante man sich entscheidet, hängt auch hier von der Aufgabenstellung ab. Je mehr Rotoren, desto mehr Gewicht lässt sich bewegen (Kamera), gleichzeitig reduziert sich die mögliche Flugzeit. Auch im Bezug zur geforderten Gefährdungsbeurteilung spielt die Anzahl der Rotoren eine entscheidende Rolle. Je mehr Rotoren verbaut sind, desto geringer ist die Absturzgefahr.

3.2 Flächenflieger

Im Vergleich zu einem Drehflügler kommt ein Flächenflieger in der Regel zum Einsatz, wenn man die gezielte Betrachtung einzelner Objekte vernachlässigt und stattdessen auf die Erfassung von großen langgestreckten Gebieten Wert legt. Ein ideales Beispiel des Einsatzgebietes eines Flächenfliegers ist unter anderem der Flug an langgezogenen Gebirgshängen oder Deichen.

3.3 Ausstattungsmerkmale

Nachfolgend sind die wesentlichen Ausstattungsmerkmale, die es im Zusammenhang von UAV Einsätzen zu beachten gilt, aufgeführt. Auch an dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass die einzelnen Merkmale immer im Bezug zum Einsatzbereich betrachtet werden müssen.

• Mess-Sensorik (Kamera, Laserscanner):

Die wesentliche Unterscheidung der eingesetzten Mess-Sensorik besteht darin, ob diese festverbaut oder wechselbar ist.

- o Systemintegrierte Kamera (i.d.R. mit fester Brennweite)
- Externe Kamera (z. B. Sony α)
- Laserscanner
- Thermalkamera

• Positionsbestimmung:

Die Positionierung der eingesetzten UAV erfolgt standardisiert über das L1 Band von GPS in Verbindung mit GLONASS. Über diese beiden globalen Positionierungssysteme ergibt sich auch die Lagerung der Aufnahmen im Raum.

Einige Modelle bieten zudem eine eigene RTK-Lösung an, um die erzielten Genauigkeiten noch zu steigern. Um jedoch den Anforderungen der Kommunalen Vermessungsverwaltungen gerecht werden zu können, ist es erforderlich RTK mit dem SAPOS-Dienst zu kombinieren.

Akkus:

Großen Einfluss auf den Einsatzbereich der UAV, der leider oftmals vernachlässigt wird, ist die Flugdauer des Gerätes. Derzeit reicht die Flugzeit der unterschiedlichen Geräte von (ca.) 7min bis 30min pro Akku. Die Menge der bereitzuhaltenden Akkus, die Dauer des erneuten Aufladens und die Haltbarkeit sind nur einige der Faktoren, die bei einer Anschaffungsentscheidung bedacht werden sollten. UAVs unterscheiden sich ebenfalls durch die Anzahl der verbauten Akkus. Moderne intelligente Akkus verfügen darüber hinaus über eine integrierte Eigenüberwachung.

Software Flugplanung:

Um eine sichere und auf die Aufgabe abgestimmte Flugplanung durchführen zu können, ist vor Flugbeginn eine Flugplanung in technischer- und rechtlicher Sicht durchzuführen. Die technische Flugplanung ist anschließend auf die UAV zu übertragen, welche den Auftrag automatisiert abarbeitet.

Beispielhaft kann auf die nachfolgend genannte Software verwiesen werden, die jeweils ein eigenes Anwendungsspektrum bedient:

- o Pix4Dcapture
- o DJI GO 4
- o DJI GS Pro
- Map2Fly
- o DMFV Pilot
- AiProFlight

Weitere Informationen sind den Tabellen unter Punkt 5.3 dieser Handreichung zu entnehmen.

3.4 Software Auswertung:

Um die beim Flug gesammelten, umfangreichen Daten fachgerecht auswerten zu können sind die gängigsten Softwareprodukte aufgeführt:

- Pix4Dmapper
- Agisoft PhotoScan/Metashape
- CAD/Gis/Bim- Software

Die großen Datenmengen ergeben trotz Automation bei der Auswertung einen Anstieg der Bearbeitungszeiten im Innendienst. Hierzu zählen unter anderem der Datentransfer, die Nachbearbeitung der Messdaten und das rechenintensive Prozessieren aller Messdaten insbesondere im Bereich der Photogrammmetrie. Ferner wird spezielles Fachwissen im Rahmen der auftragsbezogenen Auswertung in speziellen CAD-, BIM-, GIS-Softwarelösungen benötigt. Große Datenmengen mit entsprechenden Rechen- und Speicherkapazitäten sind sowohl den technologischen Entwicklungen als auch den wachsenden Anforderungen der Auftraggeber geschuldet.

Auf zusätzliche Software, die auf die jeweiligen Auswerteprozesse gegebenenfalls aufbaut, wird an dieser Stelle verzichtet.

3.5 Hardware Auswertung:

Da es sich beim Einsatz von UAVs in der Regel um große Datenmengen handelt, die aufwendig ausgewertet werden, muss die zur Auswertung eingesetzte Hardware entsprechend dimensioniert sein.

Die nachfolgenden Zahlen geben die vom Softwarehersteller empfohlenen Werte, der beim Kreis Düren eingesetzten Software wieder:

Prozessor: Intel Core i7-7820XArbeitsspeicher: 128 GB DDR4

• Grafikkarte: Geforce GTX 1080 (8GB GDDR5X)

• Festplatte: 1 TB SSD

Weitere Informationen sind den Tabellen unter Punkt 5.3 dieser Handreichung zu entnehmen.

3.6 Flugausbildung:

Laut § 21a Absatz 2 der LuftVO wird zur Erfüllung behördlicher Aufgaben kein Nachweis über die Flugfähigkeiten für Mitarbeiter der Kommunalen Vermessungsverwaltungen benötigt.

Zitat:

"Keiner Erlaubnis nach Absatz 1 und keines Nachweises nach Absatz 4 bedarf der Betrieb von unbemannten Luftfahrtsystemen durch oder unter Aufsicht von

- 1. Behörden, wenn dieser zur Erfüllung ihrer Aufgaben stattfindet;
- Organisationen mit Sicherheitsaufgaben im Zusammenhang mit Not- und Unglücksfällen sowie Katastrophen."

Der Erwerb des Kenntnisnachweises und des erweiterten Kenntnisnachweises (praktische Prüfung) nach §21a Absatz 4 Satz 3 Nr. 2 LuftVO ist, um im Schadensfall keine Schwierigkeiten mit der Versicherung zu bekommen, aber durchaus empfehlenswert. Im zivilen Bereich sind die oben genannten Nachweise ab einer Startmasse von zwei Kilogramm bereits Pflicht.

3.7 Kennzeichnungspflicht:

Ferner besteht Kennzeichnungspflicht des Fluggeräts ab einer Startmasse von 0,25 Kilogramm, um im Schadenfall den Halter feststellen zu können. Die Kennzeichnung erfolgt mittels einer feuerfesten Plakette mit Namen und Adresse des Eigentümers.

3.8 Rechtsgrundlagen:

Die aktuell zu beachtenden Rechtsvorschriften stellen sich wie folgt dar:

- LuftVG
- LuftVO
- LuftVZO
- NfL (Nachrichten f

 ür Luftfahrer)
- SERA
- AIC
- DS-GVO
- Flyer "Die neue Drohnenverordnung" des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur
- Zukünftig: EU- Drohnengesetz und EU-Drohnenverordnung

3.9 Versicherung:

Eine entsprechende Versicherung ist zwingend erforderlich. Oft ist der Einsatz der UAV durch bestehende Versicherungen bereits abgedeckt, wie bei anderen Vermessungsinstrumenten auch.

4 Wo können UAVs eingesetzt werden?

Es gibt vielfältige Einsatzbereiche von UAVs in den Kommunalen Vermessungsverwaltungen. Von der Erstellung einzelner Luftbildaufnahmen, komplexen 3D-Gebäudemodellen, bis hin zu großflächigen Oberflächenmodellen lassen sich nahezu alle erdenklichen Aufgaben ableiten.

Die Vielfalt der Anwendungen ermöglicht es lediglich einen Teil der Aufgabenfelder nachfolgend exemplarisch darzustellen:

- Landschaftsplanung
 - o Orthofoto/Schrägaufnahmen
 - Volumen- und Massenberechnung
 - o Gelände und Erdschicht Auswertung
 - o Digitale Oberflächen- und Höhenmodelle (DOM, DHM)
- Städtische Planung
 - o 3D-Stadtmodelle
 - Baufortschrittsdokumentation
 - Solarkataster
 - o BIM

- Topographische Vermessungen
 - Amtliche Basiskarte (ABK)
 - o Planungsgrundlagen
 - Schlussvermessungen
- Inspektionsaufgaben
 - Bauwerksschäden
 - Gutachterunterstützung
- Katastrophenabwehr
 - Aktuelle Luftbilder
 - Geländeübersicht
- Denkbare Einsatzgebiete: (amtliches) Vermessungswesen
 - o Lagepläne
 - Gewässerläufe
 - Fortführungsvermessungen
 Die Durchführung von Fortführungsvermessungen mit UAV ist bisher gesetzlich noch nicht abgebildet.

5 Aufwandsdarstellung

5.1 Grundsätzliches

Ebenso wie bei herkömmlichen vermessungstechnischen Aufnahmemethoden sind folgende grundsätzliche Rahmenbedingungen zu beachten:

- Die Akzeptanz für den Einsatz von UAVs in der Bevölkerung ist nicht grundsätzlich gegeben. Hintergründe sind unter anderem das Thema Datenschutz, der Eingriff in die Privatsphäre sowie der vielfältige Missbrauch von UAVs im privaten Bereich. Eine gute Absicherung und Kennzeichnung der Messstelle und des Fachpersonals, sowie eine Anmeldung beim Eigentümer ergibt sich als selbstverständlich, wie bei bisherigen Vermessungen auch. Entsprechende Öffentlichkeitsarbeit wie zum Beispiel die Weitergabe des Befliegungstermins an Polizeidienstleitstellen und Ordnungsbehörden ist aus praktischer Sicht zu empfehlen.
- Für den sicheren Betrieb eines Fluggerätes ist die Vorschriftenlage zu beachten und ein ausreichend geschultes und ggf. qualifiziertes vermessungstechnisches Fachpersonal notwendig. Zweifelsfrei ist eine sorgfältige Prüfung, Wartung und Dokumentation des eingesetzten Fluggerätes, um die Gefahren eines Flugunfalls zu minimieren. Weiterhin ist ein ausreichender Versicherungsschutz für den Betrieb notwendig.
- Eine umfangreiche Sondierung des Marktes und der Aufbau eigener Erfahrungen vor dem Hintergrund der geplanten Aufgabenstellungen sind notwendig.
- Ein Konzept für den Umgang mit den großen Primärdatenmengen und deren Archivierung muss erarbeitet werden. Trotz Komprimierungsformaten bei den Luftbildern sind die Datenmengen aufgrund von benötigten Überlappungen als nicht unerheblich anzusehen.
- Die benötigten Rechenzeiten der Softwarepakete sind im Bereich der Photogrammmetrie von der Menge der Messdaten und der verwendeten Hardwareleistung ab-

hängig. Mehrere Stunden bis Tage sind für die Erzeugung der Orthofotos beziehungsweise 3D-Punktwolken je nach Rahmenbedingungen einzuplanen. Defizite in den Vorkonfigurationen führen vielfach zu einer neuen Iteration mit entsprechender Rechenlaufzeit.

Die zusätzlichen Kosten für eine leistungsfähige Software- und IT Hardwarebeschaffung ist einzuplanen.

Bei UAVs schränken die Akkukapazitäten die möglichen Flugzeiten stark ein. Je nach Hersteller sind in der Regel Flugzeiten zwischen unter 10 und gut 30 Minuten pro Akku-Set gegeben. Die benötigte Anzahl an Akku-Sets bzw. die Ladezeiten im Außendienst sind bei der Flugplanung zu beachten. Es ist empfehlenswert, entsprechende Akku-Sets in Reserve vorzuhalten.

5.2 Auswertung der Best Practice Beispiele

Eine Umfrage unter den Mitgliedsstädten thematisierte die verwendeten UAV-Technologien. Diese bezog sich auf die verwendeten Modelle, deren Ausstattungsmerkmale (Kamera, Softund Hardware, Akkus), den praktischen Einsatz und die Flugsicherheit. Die Frage nach zukünftigen Einsatzfeldern rundete die Umfrage ab.

Bisher konnten Rückläufe aus Köln, Düsseldorf, Kreis Düren, Halle (Saale) und Worms berücksichtigt werden.

Die Anzahl der Rückläufe zeigt, dass das Thema "Einsatz von UAV in den Kommunalen Vermessungsstellen" noch nicht so recht in der Praxis angekommen ist. Gleichwohl lassen sich an den Beispielen die Herangehensweisen der Kommunen an das Thema erkennen:

- Unterstützung bestehender Verfahren um die Möglichkeit, schnelle luftbildgestützte Eindrücke zu gewinnen
- Kein vollumfänglicher Ersatz bestehender terrestrischer Verfahren
- Kein Ersatz flächendeckender luftbilddatengestützter Verfahrensweisen
- Vielfach projektbezogener Einsatz, dann aber mit hochgenauen Ergebnissen
- Blick in die Zukunft künftiger Vermessungsverfahren am Beispiel der Erreichbarkeit von Genauigkeiten der Gebäudeeinmessung

In einer tabellarischen Darstellung aus den Angaben der Kommunen werden die Ergebnisse transparent, einzelne Szenarien sind im Anschluss an die Tabelle beispielhaft übernommen worden.

5.3 Tabellarische Darstellung der Beispiele

Kommune	Halle (Saale)	<u>Köln</u>	<u>Düsseldorf</u>	Kreis Düren	<u>Worms</u>
Beschaffungsjahr	2017 (November)	2017	2017	2018	2018
im praktischen Einsatz seit	März 2018	2017	2016	2018	2018
Modell	Trimble ZX 5	DJI Inspire 2	Aibot X6V2 (Leica)	DJI Phantom 4 Pro	Aibot X6 V2 (Leica)
Ausstattungsmerk- male Kopter (Gewicht) Gimbal	Multirotor (6 Rotoren) 4700 g Carbonkonstruktion	Quadrocopter 4250 g GPS und GLONAS DJI Zenmuse X5S Gimbal	Hexacopter 4944 g Universelles Gimbal	Quadrocopter 1388g GPS und GLONASS DJI Phantom 4 Pro Gimbal	Hexacopter 4944 g universelles Gimbal
Ausstattungsmerk- male Kamera (Typ, Auflösung, Brennweite)	Präzisionssystemkamera Sony α6000, 24 MP mit 16 mm Objek- tiv inkl. Gimbal	DJI Zenmuse X5S Kamera (1/3" CMOS) 20,8 MP mit 15 mm Objektiv und 72° Öff- nungswinkel (Field of View, wech- selbar) JPEG und RAW 4:3, 5280x3956 16:9, 5280x2970 bis zu 4096x2160 Pixel (4K)	Systemkamera Sony Alpha 6000 24,3 MP mit 20 mm & 16-50 mm Brennweite JPEG und RAW 3:2, 6000x4000 16:9, 6000x3376 GoPro Hero 6	DJI Phantom 4 Pro Kamera (1" CMOS) 20 MP mit 24 mm Objektiv und 84° Öff- nungswinkel (Field of View, wech- selbar) JPEG und RAW 3:2, 5472x3648 4:3, 4864x3648 16:9, 5472x3078 bis zu 4096x2160 Pixel (4K)	Systemkamera Sony Alpha 6000 24,3 MP mit 20 mm Brennweite, JPEG und RAW 3:2, 6000x4000 16:9, 6000x3376
Software	- Trimble Access Aerial Imaging Lizenz für Flugplanung und -synchronisation, - Trimble Business Center Photogrammetry für Auswertung	DJI Ground Station Pro, DJI GO 4 Agisoft Metashape Professional (64bit)	AiProFlight & Agisoft Metashape	Pix4D Capture App Pix4D Mapper (ggf. CloudCompare)	AiProFlight & Agisoft Metashape

Kommune	Halle (Saale)	<u>Köln</u>	Düsseldorf	Kreis Düren	<u>Worms</u>
Hardware 1. Flugplanung	Pentium Prozessor, 8 GB RAM, Grafikkarte on board	Tablet Micro-SD Karte mit bis zu 128 GB Speicher- platz	Tablet mit Flugpla- nungssoftware	Tablet Micro-SD Karte mit bis zu 128 GB Speicher- platz	Tablet mit Flugpla- nungssoftware
2. Berechnung des digitalen Orthopho- tos bzw. des DGM weitere Bearbei- tung des DGM mit GIS- bzw. CAD- Software:	i7 Prozessor, 32 GB RAM, 3D Grafikkarte ex- tern, SSD Festplatte, 2 Monitore	Hochleistungsrechner für Auswertung	Hochleistungsrechner für Auswertung	Hochleistungsrechner für Auswertung	Hochleistungsrechner für Auswertung
Flugzeit je Akku- satz	Ca. 13 - 17 Minuten Flugzeit je Akkusatz	Ca. 23 - 27 Minuten Flugzeit je Akkusatz	Ca. 12 Minuten Flug- zeit je Akkusatz	Ca. 30 Minuten Flug- zeit je Akkusatz	Ca. 12 Minuten Flug- zeit je Akkusatz
Fortbildung : Soft- und Hard- ware, Flugausbil- dung	3 Personen, 3-tägige Fortbildung durch zertifi- ziertes Personal des Sys- temanbieters	Internet-Tutorials, Literatur, Workshops, eigene hausinterne Flugausbildung; quar- talsweise Flugübung/- nachweise auf Modell- fluggelände	3 Personen, 5-tägige Fortbildung, Übungsplatz	4 Personen, 3-tägige Fortbildung durch zer- tifiziertes Personal des Systemanbieters	3 Personen, 3-tägige Fortbildung, Eingezäunter Sport- platz als Übungsplatz, Übungsflüge und Tests (ca.1x im Mo- nat)

Kommune	Halle (Saale)	<u>Köln</u>	<u>Düsseldorf</u>	Kreis Düren	<u>Worms</u>
Flugsicherheit	 Information Anzeige) über beabsichtigten Flug an Ordnung- behörde sowie Kran- kenhäuser, Flughafen Personalbedarf mind. 2 Personen 10 m Sicherheitsab- stand bei Start/Landung Max. Flughöhe 100 m Max. Windgeschwindigkeit 36 km/h / 10 m/s kein Flugbetrieb bei Regen, Nebel, Schnee 	Mitteilung über Multi- Koptereinsatz geht an Ordnungsamt, Polizei, ggf. an die Deutsche Flugsicherung zur Beantragung einer erweiterten Flughöhe und zusätzlich bei Sondernutzungsge- bieten an die entspre- chenden Behörden	Mitteilung über Multi- Koptereinsatz geht an Ordnungsamt, Polizei, Rechtsamt, Flughafen Düsseldorf, Amt für Verkehrsmanagement und zusätzlich bei Sondernutzungsge- bieten an die entspre- chenden Behörden	Informationen an Ordnungsbehörden Informationen von ICAO, NOTAM und Wetterdiensten 4 zertifizierte Piloten nach §21a Abs. 4 Satz 3 Nr. 2 LuftVO	Ordnungsbehörde der Stadt hat eine generelle Aufstiegsgenehmigung von öffentlichen Flächen erteilt. Polizei wird vor jedem Flug schriftlich Informiert. Beachtung des Luftverkehrsgesetz Hubschrauberlandeplätze beachten.
Aktuelle/zukünftige Einsatzfelder/ Aufgaben	 Aktualisierung der Digitalen Stadtgrund- karte Erstellung DGM Dokumentation Baufort- schritt und Beweissiche- rung Erfassung von First- und Traufhöhen Schrägaufnahmen be- stimmter Bereiche oder Bauwerke 	Topografische Auf- nahmen, Lageplan- grundlage, Bau- werksinspektion / Schadens- dokumentation, Volu- menberechnung, Luftbildaufnahmen zu Planungszwecken, Ergänzung von La- serscandaten, BIM	3D-Modelle/ Be- standsdokumen- tation, Deformations- messung Volumenbe- rechnung, Bau- werksinspektion, DGM, Orthophotos, Luftbildaufnahmen als Planungsgrundlage, Filmaufnahmen, Bau- fortschrittsdokumenta- tion, BIM	Aufrechterhaltung der Aktualität zur Fortfüh- rung der ABK, Volu- menberechnung, Luftbildaufnahme als Planungsgrundlage, Erprobung ALKIS- Fortführung	Topografische Aufnahmen, Volumenberechnung, Schadensdokumentation, Baufortschrittsdokumentation, Baumkontrollen. Luftbildaufnahmen zu Planungszwecken, Bauwerkskontrolle, Rehkitzrettung, Wärmebildgutachten
Ergebnis: Beispiele Bildliche Darstellung		Siehe Beispielauflis- tung	Siehe Beispielauflis- tung	Siehe Beispielauflis- tung	Siehe Beispielauflistung

6 Abwägung der Vor- und Nachteile

Das große Angebot von UAV-Systemen und deren vielfältigen Einsatzmöglichkeiten eröffnen den Kommunen eine wirtschaftliche Ergänzung des bestehenden Instrumentariums sowie die Erschließung neue Aufgabenfelder. Durch die Verlagerung der Position des Messsystemträgers in den Luftraum ist eine schnelle und flächenhafte Erfassung von georeferenzierten Messdaten aus der Vogelperspektive möglich. Neben den Vorteilen im kommunalen Einsatz sollten jedoch auch die gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie die Nachteile eines solchen Systems betrachtet werden. Auf der Basis dieser Kriterien muss jede Dienststelle die Vorund Nachteile abwägen und ein individuelles Fazit ziehen. Ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit, werden im Folgenden die Vor- und Nachteile eines UAV-Einsatzes aus kommunaler Sicht dargestellt:

6.1 Vorteile

- UAVs sind in verschiedenen Leistungsklassen verfügbar und können je nach Hersteller mit unterschiedlichen Sensoren ausgestattet werden. Entsprechend flexibel kann auf die individuellen Anforderungen der kommunalen Auftraggeber reagiert werden.
- Die Manövrierfähigkeit von modernen UAVs in Form von Multikoptern ist als sehr gut anzusehen. Die Einbindung einer Vielzahl von redundanten Flugsensoren und intelligenter Software in die Flugsteuerung ermöglicht dabei ein hohes Maß an Sicherheit im Betrieb.
- Durch die Datenerfassung aus der Vogelperspektive ist eine schnelle flächenhafte Aufnahme eines Projektzustandes aus verschiedenen Blickwinkeln möglich. Der laufende Betrieb eines Projektes wird durch die Messdatenerhebung nur geringfügig bis überhaupt nicht beeinflusst. Vom Boden schwere bzw. nicht zugängliche Stellen können zusätzlich erfasst werden. Auch zeitlich begrenzte Projektsituationen auf Baustellen oder durch Naturereignisse entstandene Zustände können durch die sehr schnelle Erfassung der Messdaten flächenhaft dokumentiert werden.
- Durch die berührungslose Erhebung der Messdaten ist ein großer Gewinn an Arbeitssicherheit für den Messtrupp insbesondere in Gefahrenbereichen gegeben. Aufwändige Sicherungsmaßnahmen, welche teilweise zeit- und kostenintensiv durch externe Dienstleister erbracht werden, sind vielfach entbehrlich.
- Eine direkte Verknüpfung von Bildmaterial mit weiteren Messdaten ist über eine Sensorplattform möglich. Das UAV dient dabei als Trägerplattform bzw. "Stativ" unterschiedlicher Sensoren.
- Eine Verknüpfung mit terrestrischen (3D-)Daten z. B. aus dem terrestrischen Laserscanning, der terrestrischen Photogrammmetrie oder klassischer geodätischer Sensoren ist über die Nutzung von "Passpunkten" in der Auswertung gegeben.
- Eine vollständige flächenhafte und schnelle Erfassung eines Projektzustandes als Basis für BIM-Verfahren wird durch die Nutzung der UAV-Technik unterstützt. Auch eine Dokumentation des späteren Baufortschritts ist wirtschaftlich gegeben.
- Die gezielten Einsätze von UAV-Systemen ergeben klare Zeit- und Kostenersparnis im Außendienst. Außer im Bereich der Passpunkte entfallen der stationsgebundene Aufbau der Messausrüstung sowie die Signalisierung, die Anzielung und die Erfas-

sung von Einzelpunkten. Weiterhin werden durch die flächenhafte Erhebung der Daten auch ergänzende Auswertungen ohne kostenintensive zusätzliche Außendienststunden im Innendienst ermöglicht. Eine Reduktion von Außendienstzeiten ist die Folge.

 Die Anschaffungskosten einfacher UAV-Systeme sind überschaubar und im Vergleich zu leistungsstarken Tachymetern oder Scannern günstiger. Auch im Vergleich zu einer konventionellen Befliegung sind die Betriebskosten deutlich geringer und der Einsatz kann sehr zielgerichtet erfolgen.

6.2 Nachteile

- Mit Blick auf die terrestrischen Messverfahren ergeben sich keine weiteren Nachteile.
 Für die Akzeptanz in der Öffentlichkeit ist durch entsprechende Informationen der betroffenen Menschen zu sorgen.
- Der Einsatz eines UAVs unterliegt einer wesentlich größeren Wetterabhängigkeit als klassische Messinstrumente. Die meisten Systeme sind nicht wasserdicht und können nur bis zu einem vorgeschriebenen Windbereich eingesetzt werden. Zudem schränken Aspekte wie ausreichende Belichtung, Abschattungen und ggf. der Vegetationsgrad die Erfassungsmöglichkeiten aus der Luft ein. Terrestrische Ergänzungsarbeiten sind einzuplanen.
- Ggf. sind Ausnahmegenehmigungen für den Betrieb eines UAVs notwendig und müssen gesondert bei der zuständigen Stelle im Voraus beantragt werden. Zeitliche und örtliche Restriktionen sind die Folge. (Bahngelände, Militärische Anlagen, Flughäfen)

Eine Abwägung der Vor- und Nachteile ist pauschal schwer möglich. Vielmehr muss jeder Anwender individuell in Bezug auf seine Aufgabenbereiche eine Einschätzung vornehmen. Grundsätzlich handelt es sich bei den UAVs um eine bekannte und inzwischen ausgereifte Technik mit einer großen Zahl an Vorteilen für die aktuellen und zukünftigen Vermessungsaufgaben einer Kommune. Insbesondere die schnelle und flächenhafte Erhebung von Messdaten spart Außendienstzeit und in vielen Bereichen kann die Arbeitssicherheit der Mitarbeiter stark verbessert werden. Zu beachten sind aber auch die sehr großen Datenmengen und ihre Bearbeitung, die benötigte IT-Infrastruktur sowie die erhöhten Anforderungen an einen betriebssicheren und gesetzeskonformen Einsatz des UAVs.

7 Fazit

Die Nutzung der innovativen Technologie der UAV ermöglicht mittlerweile zuverlässig eine umfassende flächenhafte 3D-Erfassung von Daten der Erdoberfläche in kleinen räumlichen Einheiten mit hoher Genauigkeit und liefert schnell verwertbare Ergebnisse.

Dabei ist der Vorteil einer vermessungstechnischen Aufnahme schwer zugänglicher Auftrags- und Aufnahmeumgebungen unübersehbar.

Die Zeit- und Kostenersparnis im Außendienst gewährt eine hohe Wirtschaftlichkeit, geringe Belastung der Aufnahmeumgebung und hat auch Auswirkungen auf eine verbesserte Arbeitssicherheit mit geringerem Unfallrisiko im Vergleich zu den hergebrachten Aufnahmemethoden (z. B. im Straßenland, in stark befahrenen innerstädtischen Straßen-Kreuzungsbereichen, bei der Aufnahme von wassergefüllten Gruben).

Das Datenerhebungsverfahren löst aber für gebietsdeckende Aufträge die bisherigen luftbildgebenden Verfahren nicht ab, sondern ergänzt deren Ergebnisse allenfalls und bietet eine in Detailumgebungen willkommene Unterstützung.

Denkbar ist für die nahe Zukunft auch eine qualifizierte und qualitätssichernde Unterstützung bei der Datengewinnung im boomenden BIM-Bereich.

Abschließend ist festzuhalten, dass mit der neuen Technologie eine Aufwertung der Kompetenz für die Erledigung vermessungstechnischer Aufgabenstellungen in den kommunalen Vermessungsstellen für die Belange von Verwaltung, Recht und Wirtschaft verbunden ist und diese im Portfolio der Vermessungsstellen einen steigenden Stellenwert für die zukünftige Erledigung von Anforderungen gewinnen wird.

Durch die schnelle Verfügbarkeit von Bildmaterial wird das UAV-Verfahren in den bisher nicht bedienbaren Aufgabenstellungen angewendet werden (z. B. Unfallaufnahme, Beweissicherung, Zustandsdokumentation nach Schadensereignissen) und daher einen hohen Akzeptanzgrad erreichen können.

8 Anlagen: Zusammenhängende Darstellung der Beispiele

8.1 Stadt Köln

Stadt Kö Amt für Liegensch 233-2 Bau- u			Projekt: Kiesgrube Im Ergänzungsmess		
Überfliegung:	Ausg	earbeitet:	Gemarkung(en):	Flur(en):	
07.	11.2018 Fischer	22.11.2018 Fischer	Rondorf-Land	41	
Index:	Maßstab:	Format:	Flurstück(e):		
Α	unmaßstäbli	h DIN A4	verschiedene		
Verwendete Unterlage	en:		Verwendete Abbildung:		
			Lage: GK (177)	Höhen: NN (100)	
Amtlich	es AP- und Niv	P-Netz	Dateiname:	18-	
			2228_Kiesgrubelmmendorf_1	81009_L177_H100.psx	

Übersicht:



Auftragsbeschreibung:

In regelmäßigen Abständen wird für die Kiesgrube Immendorf durch die Stadt Köln ermittelt, wieviel Erdmasse entnommen wurde. Bisher wurde die Bestandserfassung klassisch mit Tachymeter und Echolot (für den Bereich unter Wasser) durchgeführt. Für die Erfassung der Geländeoberfläche wurde jetzt zum zweiten Mal eine Überfliegung mit einem UAV durchgeführt. Der Arbeitsaufwand im Außendienst konnte dadurch von 3 Tagen auf 1 Tag reduziert werden. Derzeit wird die Fläche unter Wasser weiterhin per Echolot erfasst. Die Auswertung der Überfliegung reduzierte sich auf die Bestimmung der Passpunkte zur Erzeugung der dichten Punktwolke. In dieser dichten Punktwolke wurden dann manuell die Bruchkanten bestimmt und die relevanten Geländepunkte nach GEOgraf exportiert. Die weitere Auswertung erfolgte dann in GEOgraf. Hier wurde das Geländemodell mit dem Bestand der letzten Jahre verschnitten und die entnommene Erdmasse ermittelt.

Verarbeitungsparameter:

Allgemein Fläche ca. 87500m² Flughöhe 50m Kameras 695 Passpunkte 17 Flugzeit ca. 90 Minuten DHDN / 3-degree Gauss-Kruger Zone 2 Koordinatensystem (EPSG::31466) **Dichte Punktwolke** Punkte 85.604.383 Qualität Mittel Tiefenfilterung Moderat Modell Flächen 17.102.064 Oberflächenart Höhenfeld Quelldaten Dichte Punktwolke Interpolation An . Qualität Mittel Tiefenfilterung Moderat **Orthomosaik** Größe 47072x39226 **Software** Version PhotoScan Version 1.5.0 build 7492 Plattform Windows 64

Qualität der Passpunkte:

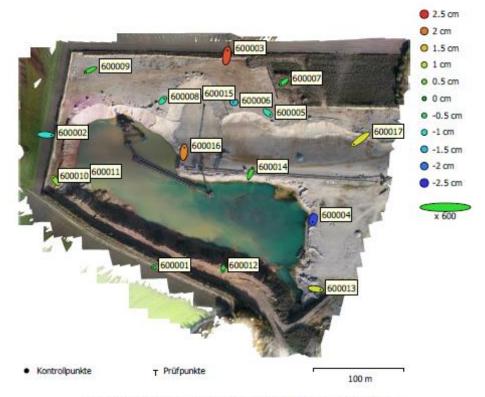


Fig. 3. Kontrollpunktepositionen und Fehlerabschätzung.

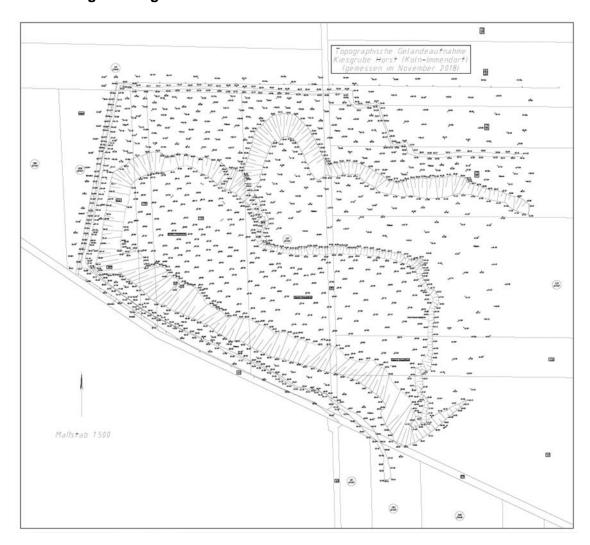
Z Fehler ist durch Ellipsenfarbe dargestellt. X, Y Fehler sind durch Ellipsenform dargestellt.

Geschätzte Kontrollpunktepositionen sind mit schwarzen Punkten markiert,
Prüfpunktepositionen - .

Anzahl	Fehler X (cm)	Fehler Y (cm)	Fehler Z (cm)	XY Fehler (cm)	Gesamt (cm)
17	1.05309	1.03673	1.14452	1.47778	1.86916

Tabelle 3. Kontrollpunkte RMSE. X - Rechtswert, Y - Hochwert, Z - Höhe.

Auswertung in GEOgraf:



Technische Daten:

Technische Daten - UAV

Fluggerät

Model DJI Inspire 2

Bauart Quadcopter

Max. Abfluggewicht 4250 g

Nettogewicht 3440 g

Flugzeit Ca. 90 Minuten – 4 Sätze zu je ca. 23 Minuten

Positionsbestimmung GPS und GLONAS

Kamera

Gimbal DJI Zenmuse X5S

Sensor 1/3" CMOS mit 20,8 Megapixel Gewicht 461 g Gimbal mit Objektiv

Objektiv 15mm Brennweite und 72° Öffnungswinkel

(Field of View, wechselbar)

Foto

Formate JPEG und RAW

Fotoauflösung 4:3, 5280x3956

16:9, 5280x2970

Videoauflösung bis zu 4096x2160 Pixel (4K)

Speichermedium Micro-SD Karte mit bis zu 128GB Speicherplatz

Technische Daten – Software

Flugplanung

Software DJI Ground Station Pro

Sicherheit Informationen an Ordnungsbehörden

Informationen von ICAO, NOTAM und Wetterdiensten

Flugauswertung

Software Agisoft Metashape Professional (64bit)

Ergebnis Punktwolke

Daraus abgeleitet: Orthofoto, DGM usw.

8.2 Landeshauptstadt Düsseldorf

Zielsetzung: Erstellung eines 3D-Modelles zur Berechnung von

Bauwerksparametern¹

Durchführung: Kombination von UAV-Befliegung, Terrestrischem Laserscanning und

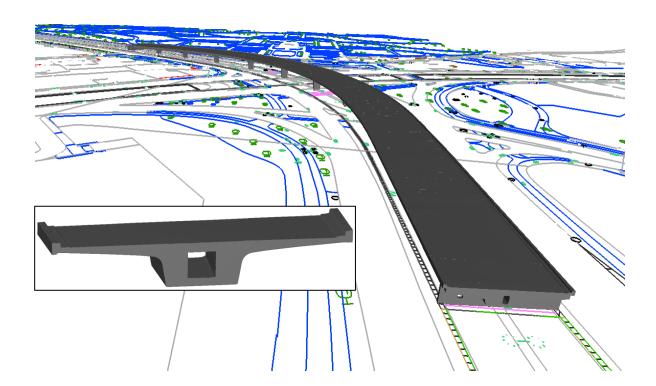
Mobile Mapping



¹ Masterarbeiten der Ruhr Universität Bochum, Lehrstuhl für Massivbau, 2016

Beschreibung:

Der Teilsicherheitsbeiwert für Eigenlasten einer knapp 340 Meter langen Hochstraßenbrücke aus den 1960er Jahren sollte im Zuge von Masterarbeiten ermittelt werden. Die wachsende Altersstruktur von Brückenbauwerken in Deutschland, als auch das steigende Verkehrsaufkommen fordern einen zunehmenden Erhaltungs- und Ertüchtigungsaufwand. In diesem Zusammenhang liefern Bauwerksparameter im Rahmen von Tragfähigkeitsberechnungen entsprechende Auskünfte. Daraus folgt ein hohes öffentliches Interesse an den Umgang und auch der Finanzierung der Umsetzung. Zur Erstellung eines benötigten 3D-Modelles kamen diverse Vermessungssensoren zum Einsatz. Die Punktwolke des Mobile Mapping wurde mit der des terrestrischen Laserscanners und der der UAV-Befliegung verglichen, angepasst und anschließend verknüpft. Um während der Befliegung eine freie Sicht auf die Hochstraße zu erhalten, war eine Straßensperrung für einen sehr kurzen Zeitraum von nur 2 Stunden sinnvoll. Die Mobile Mapping Daten zeigten die Straßenoberfläche, der Laserscanner erfasste die Brückenunterseite, als auch den Hohlkörper des Bauwerkes und mit Hilfe des UAVs gab es eine gemeinsame Schnittmenge, wodurch eine integrierte Darstellung des gesamten Objektes inklusive seiner Umgebung gelang. Durch lineare Verbindungen der einzelnen Querschnitte (78) entstand ein vollständig digitales Modell.



Zielsetzung: Bestandsaufnahme einer Industrieanlage als Planungsgrundlage zu-

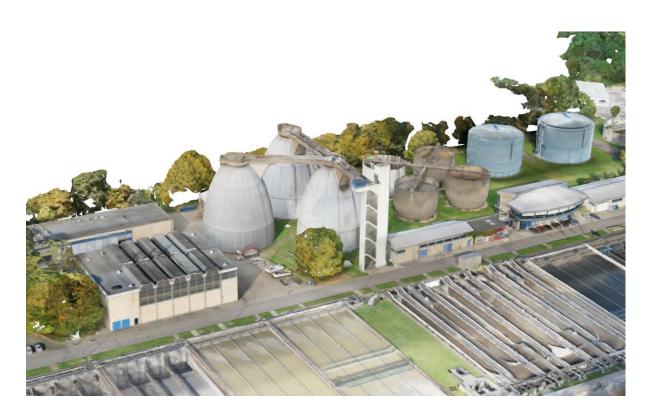
künftiger Umbau- und Erweiterungsmaßnahmen

Durchführung: Einsatz der UAV-Technologie



Beschreibung:

Aufgrund von zukünftigen Umbau- und Erweiterungsmaßnahmen von technischen Industrieanlagen sollte das Klärwerk komplett geometrisch und topographisch erfasst werden. Der
Einsatz der UAV-Technologie diente dem Management der Bewirtschaftung der Sonderbauwerke, indem Massenberechnungen von Erdbewegungen bei Becken(um)bauten, Umgestaltungen im Rohrleitungssystemen und damit verbundene Kollisionsprüfungen für die Planung
und Baustellenlogistik ermöglicht wurden. Hierfür überflog der Multikopter das gesamte Areal
mit orthogonaler Orientierung, sowie schräg ausgerichtet zu den Fassaden, um ein lückenloses 3D-Modell zu erhalten. Die Georeferenzierung erfolgte über 80 Passpunkte, verteilt auf
170.000 m². Aufgrund der riesigen Datenmenge war eine Unterteilung des Gebietes in kleinere Abschnitte mit getrennten Berechnungen in Agisoft Metashape erforderlich. Aus den
mehr als 2500 Fotos entstanden Punktwolken mit mehr als 300.000.000 Punkten, welche in
einer weiteren Software wieder zusammengefügt, bereinigt, qualitätsgeprüft und anschließend zu einem Mesh generiert wurden. Zurück importiert in Agisoft Metashape erhielt das
Modell mit Hilfe der Fotos eine Textur. Das abgeleitete Orthophoto hat eine Auflösung von 1
cm/ Pixel.



8.3 Kreis Düren

Modell	DJI Phantom 4 Pro
Beschaffungsjahr	2018
Beschaffungsgedanke	Aufrechterhaltung der Aktualität zur Fortführung der ABK
Technische Daten - UAV	
Fluggerät	
Bauart	Quadrocopter
Abfluggewicht	
Flugzeit	150 Minuten – 5 Akkus zu je 30 Minuten
Positionsbestimmung	GPS und GLONASS
T contonaceum mang	of o and ocornios
Kamera	
Sensor	1" CMOS mit 20 Megapixel
Objektiv	35mm Brennweite und 84° Öffnungswinkel (Field of View)
Foto	IDEO I DAM
Formate	JPEG und RAW
Bildgröße	Seitenverhältnis 3:2/4:3/16:9
Auflösung	bis zu 4096x2160 Pixel (4K)
Speichermedium	Micro-SD Karte mit bis zu 128GB Speicherplatz
Technische Daten - Soft-	
ware	
Flugplanung	Div4D Conture Ann
Software	Pix4D Capture App Informationen an Ordnungsbehörden
Sicherheit	Informationen von ICAO, NOTAM und Wetterdiensten
Sichemen	Informationen von ICAO, NOTAW und Wetterdiensten
Flugauswertung	Pix4D Mapper (ggf. CloudCompare)
Software	Punktwolke
Ergebnis	daraus abgeleitet: Orthofoto, DGM, Höhenlinien usw.
Sonstiges	
Piloten	4 zertifizierte Piloten nach §21a Abs. 4 Satz 3 Nr. 2 der
Einsätze 2018	LuftVO
Auftraggeber	18
	Kreisverwaltung Düren

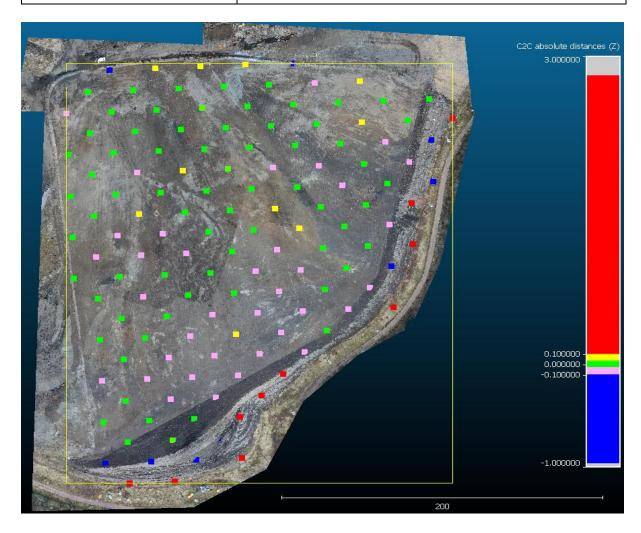
Straßenvermessung für ABK

Informationen	
Auftraggeber Beschreibung Besonderheiten	Vermessungs- und Katasteramt Erstellung eines Orthofotos zur Fortführung der ABK Ortsumgehung Frauwüllesheim – L264 (Teilbereich West) Straßenbaulastträger Straßen.NRW militärische Kontrollzone – ETNN (Fliegerhorst Nörvenich)
Einsatz	
Gebiet und Flughöhe resultierende GSD	1300x225m in 100m Flughöhe 2,73cm/px
Zeitvergleich	
Gebietserkundung/Passpunkte Flug Auswertung	40min – 6 Passpunkte mittels GPS-Bestimmung 20min 90min (ohne automatisierte Punktwolken Erstellung)
klassisches Messverfahren Informationsgehalt UAV (kein visuelles Ergebnis)	2 Außendiensttage Straßenverlauf, Begleittopografie usw.



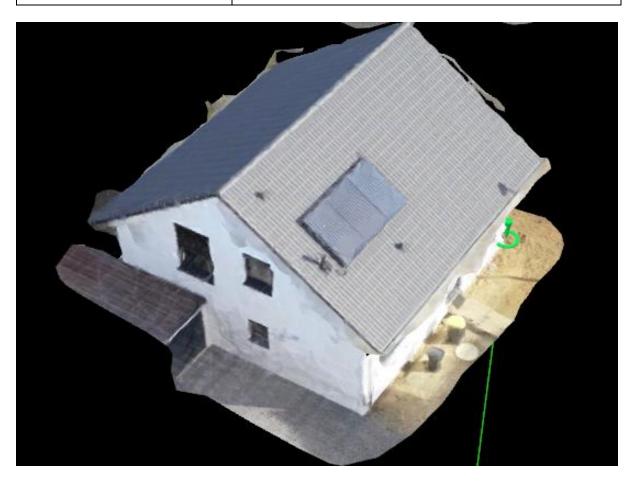
Höhenüberprüfung Abfalldeponie

Informationen	
Auftraggeber Beschreibung	Dürener Deponiegesellschaft mbH Höhenüberprüfung und Massenermittlung Renaturierung Deponie Horm
Einsatz	
Gebiet und Flughöhe resultierende GSD	800x600m in 70m Flughöhe 1,91cm/px
Zeitvergleich	
UAV Gebietserkundung/Passpunkte Flug Auswertung	(für ca. 110.000.000 Punkte) 120min – 16 Passpunkte mittels GPS-Bestimmung 34min 180min (ohne automatisierte Punktwolken Erstellung)
klassisches Messverfahren Punktraster mit Tachymeter (kein visuelles Ergebnis)	(für ca. 400 Punkte) 4 Arbeitstagtage Absteckung der Soll-Punkte, Höhenvergleich usw.



Gebäudeeinmessung mit Genauigkeitsbetrachtung

Informationen	
Auftraggeber Beschreibung Besonderheiten	Vermessungs- und Katasteramt Möglichkeit der Fortführung des Liegenschaftskatasters Gebäudeeinmessung – Einfamilienhaus in Nörvenich militärische Kontrollzone – ETNN (Fliegerhorst Nörvenich)
Einsatz	
Gebiet und Flughöhe resultierende GSD	75x65m in 30m Flughöhe 1,16cm/px im DoubleGrid
Zeitvergleich	
UAV Gebietserkundung/Passpunkte Flug Auswertung	30min – 4 Passpunkte mittels GPS-Bestimmung 22min 120min (ohne automatisierte Punktwolken Erstellung)
klassisches Messverfahren Gebäudeeinmessung (kein visuelles Ergebnis)	1 Arbeitstag für Außen- und Innendienst Einmessung, Ausgleichung usw.



Fortsetzung Genauigkeitsbetrachtung

Die primäre Fragestellung, die während der Erprobung des eingesetzten UAV, in verschiedenen Einsätzen auftat, war von Seiten des Vermessungs- und Katasteramtes des Kreises Düren:

Lässt sich eine Genauigkeitsvorgabe nach Erhebungserlass erreichen? Diese Fragestellung wurde mittels Überprüfung einer hoheitlichen Vermessung, einer Gebäudeeinmessung für das Liegenschaftskataster, überprüft.

Zunächst wurde eine herkömmliche Einmessung mittels Tachymeter in Koordinatenkataster Qualität durchgeführt, um später belastbare Ergebnisse zu erhalten. Das gleiche Gebäude wurde im Anschluss mittels UAV beflogen und eine resultierende Punktwolke berechnet. Der von der UAV aufgenommene Bildverband wurde über Zieltafel am Boden georeferenziert. Der hohe Grad der Überlappung der einzelnen Bilder sorgt dafür, dass von einer Genauigkeit Steigerung um den Faktor drei ausgegangen werden kann.

1,16cm GSD → 4 – 5mm Genauigkeit in der Punktwolke

Der direkte Koordinatenvergleich zwischen herkömmlicher Gebäudeeinmessung und berechnetem Gebäudepunkt aus der Punktwolke zeigt, dass von einem Koordinatenunterschied im einstelligen Millimeterbereich ausgegangen werden kann.

Fehler zu der Initialen Passpunktposition [m]: -0,007 -0,006 Tachymeter Position [m]: 333471,438 5630393,525 Berechnete Position (Punktwolke) [m]: 333471,445 5630393,531

8.4 Stadt Worms

Massenberechnung





Auftragsbeschreibung:

Aufnahmen vor und nach dem Aushub einer Baugrube

- → Massenberechnung des ausgehobenen Volumens direkt in Agisoft.
- → Tachymetrische Vergleichsmessung --> UAV Einsatz führt zu einer Gesamtzeitersparnis von 60 Prozent bei einer Massendifferenz von circa 1,5 Prozent.

Verarbeitungsparameter:

Projekt	Flug -zeit	Starts/ Landungen	Bilder	Passpunkte	Flug höhe	Automatische Wegpunkte
Massen-	Je	1	Je 15	6	40 m	ja
Berechnung	10					
(2 zeitversetzte	Min					
Befliegungen)						

Genauigkeitsbetrachtung:

Punktnummer	Rechtswert				Hochwert			Hõhe		
	Polaraufnahme	Befliegung	Abweichung	Polaraufnahme	Befliegung	Abweichung	Polaraufnahme	Befliegung	Abweichung	
144	453927,081	453927,084	-	5497533,503	5497533,509	-	93,244	93,256	-0,01	
147	453939,039	453939,046	-	5497524,929	5497524,921	-	93,228	93,247	-0,019	
171	453916,694	453916,699	-	5497553,430	5497553,430	-	93,220	93,235	-0,018	
176	453936,663	453936,663	-	5497538,639	5497538,642	-	93,251	93,259	-0,008	
224	453906,420	453906,421	-	5497548,573	5497548,572	-	92,195	92,188	0,007	
244	453911,071	453911,078	-	5497563,404	5497563,403	-	92,706	92,678	0,028	
272	453938,485	453938,482	-	5497549,855	5497549,855	-	94,996	95,006	-0,010	
285	453933,183	453933,191	-	5497559,811	5497559,816	-	94,907	94,911	-0,004	
296	453927,983	453927,988	-	5497569,526	5497569,522	-	94,986	94,975	0,011	
5003	453930,603	453930,601	0,002	5497528,005	5497527,996	0,009	93,504	93,500	0,004	
5039	453939,458	453939,434	0,024	5497535,345	5497535,359	-0,014	93,416	93,443	-0,027	
5058	453918,070	453918,053	0,017	5497557,732	5497557,747	-0,015	93,390	93,399	-0,009	

Geländemodel



Auftragsbeschreibung:

Vollständiges Geländemodell mit 5m Höhenraster einer Tagebau-Grube. Die Grube wurde bereits wieder verfüllt.

--> Die Aufnahmen dienen dem Soll/Ist Vergleich. Flughöhe 40 Meter ab Start/Landepunkt. Bildaufnahmen teilweise in bis zu 70 Meter Höhe zum Grund der Grube.

Verarbeitungsparameter:

Projekt	Flug- zeit	Starts/ Landungen	Bilder	Passpunkte	Flug höhe	Automatische Wegpunkte
Gelände- modell	30 Min	3	332	9	40 m	ja

9 Literatur

- [1] Burger, S.; Elflein, A.; Völter, U. (2015): Photo-based-scanning als Erweiterung des ingenieurgeodätischen Leistungsspetrums. In: zfv, Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 4/2015, 140. Jg., S. 197-202, Wißner-Verlag
- [2] Eling, C.; Klingbeil, L.; Kuhlmann,H. (2016): Warum UAVs und warum jetzt? In UAV 2016-Vermessung mit unbemannten Flugsystemen, Beiträge zum 148. DVW-Seminar in Bonn, Schriftenreihe des DVW, Bd. 82/2016, S. 9-30, Wißner-Verlag
- [3] EU BIM Task Group (2016-2017): Handbuch für die Einführung von Building Information Modelling (BIM) durch den europäischen öffentlichen Sektor, Strategische Maßnahmen zur Verbesserung der Leistung des Bauwesens: Wert schöpfen, Innovationen vorantreiben und Wachstum steigern. www.eubim.eu/wp-content/uploads/.../GROW-2017-01356-00-00-DE-TRA-00-1.pdf
- [4] Löschmann, J.; Stötzel, A.; Dankmeyer, U.; Mark, P. (2018): Gekoppelte Vermessungs-strategien für intelligente, digitale 3D-Stadtmodelle. In: Messtechnik im Bauwesen, März 2018, A61029, S. 6-11, Ernst&Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften [5] Riemenschneider, A. (2018): Das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung ein fester Bestandteil bei der Planung von Gleisanlagen. In: Allgemeine Vermessungsnachrichten (AVN), 125 (11-12), S. 359-363, Wichmann-Verlag
- [6] Schriftenreihe des DVW (2017): Unmanned Aerial Vehicles 2017 (UAV2017), Beiträge zum 156. DVW-Seminar in Stuttgart, Bd. 86/2017, Wißner-Verlag
- [7] Schriftenreihe des DVW (2018): UAV 2018 Vermessung mit unbemannten Flugsystemen, Beiträge zum 169. DVW-Seminar in Hamburg, Bd. 89/2018, Wißner-Verlag
- [8] Weindel, T.; Ziem, E. (2019): Vermessungssensoren für kommunale Zwecke: Einsatz, Massendaten, Trends, Eine Umfrage unter den Vermessungsverwaltungen deutscher Großstädte. In: zfv, Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 1/2019, 144. Jg., S. 41-45, Wißner-Verlag

Herausgeber

Deutscher Städtetag

Autorinnen und Autoren

- Uwe Dankmeyer, Landeshauptstadt Düsseldorf (uwe.dankmeyer@duesseldorf.de)
- Ken Fassbender, Kreis Düren (<u>k.fassbender@kreis-dueren.de</u>)
- Dirk Fischer, Stadt Köln (dirk.fischer@stadt-koeln.de)
- Frank Metzler, Stadt Halle (Saale) (frank.metzler@halle.de)
- Sabine Schmidt, Stadt Köln (<u>sabine.schmidt2@stadt-koeln.de</u>)
- Stefan Schmidt, Kreis Düren (s.schmidt@kreis-dueren.de)
- Dr. Matthias Siemes, Stadt Köln (<u>matthias.siemes@stadt-koeln.de</u>)
- Annika Feldmann, Landeshauptstadt Düsseldorf (<u>annika.feldmann@duesseldorf.de</u>)
- Henning Stramm, Stadt Worms (henning.stramm@worms.de)

Redaktion und Layout

Thomas Reinders, Stadt Köln (thomas.reinders@stadt-koeln.de)

Ansprechpartner in der Hauptgeschäftsstelle

Beigeordneter Hilmar von Lojewski Referent Harald Lwowski, Tel. 0221/3771-129, E-Mail: harald.lwowski@staedtetag.de

Fotos Umschlag

Stadt Köln, Amt für Liegenschaften, Vermessung und Kataster Landeshauptstadt Düsseldorf, Vermessungs- und Katasteramt Kreis Düren, Vermessungs- und Katasteramt

ISBN 978-3-88082-338-9

© Deutscher Städtetag Berlin und Köln, Dezember 2019

Hauptgeschäftsstelle Berlin, Hausvogteiplatz 1, 10117 Berlin, Tel. 030 37711-0, Fax 030 37711-139 Hauptgeschäftsstelle Köln, Gereonstraße 18 - 32, 50670 Köln, Tel. 0221 3771-0, Fax 0221 3771-128 Internet: www.staedtetag.de, E-Mail: post@staedtetag.de