



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

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

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Von der klassischen 2D/3D-Vermessung zur modernen flächenhaften 3D-Vermessung	4
3	Voraussetzungen zum Einsatz von UAV	5
3.1	Drehflügler (Senkrechtstarter)	5
3.2	Flächenflieger	5
3.3	Ausstattungsmerkmale.....	5
3.4	Software Auswertung:.....	6
3.5	Hardware Auswertung:	7
3.6	Flugausbildung:	7
3.7	Kennzeichnungspflicht:.....	7
3.8	Rechtsgrundlagen:.....	7
3.9	Versicherung:	8
4	Wo können UAV's eingesetzt werden?	8
5	Aufwandsdarstellung	9
5.1	Grundsätzliches	9
5.2	Auswertung der Best Practice Beispiele.....	10
5.3	Tabellarische Darstellung der Beispiele	11
6	Abwägung der Vor- und Nachteile	14
6.1	Vorteile	14
6.2	Nachteile	15
7	Fazit	16
8	Anlagen: Zusammenhängende Darstellung der Beispiele	17
8.1	Stadt Köln	17
8.2	Landeshauptstadt Düsseldorf.....	22
8.3	Kreis Düren	26
8.4	Stadt Worms	31
9	Literatur	33

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 **Unmanned Aerial Vehicle-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 z.B. einer Fotokamera oder Multispektralkamera, einer Bodenstation und der Fernsteuerung wird **UAS**, also **Unmanned Aerial System** 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 bzw. 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% bis 80%) 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 UAV's 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 i.d.R. 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 u.a. 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.
 - 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. UAV's 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:
 - Pix4Dcapture
 - DJI GO 4
 - DJI GS Pro
 - Map2Fly
 - 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 u.a. der Datentransfer, die Nachbearbeitung der Messdaten und das rechenintensive Prozessieren aller Messdaten insbesondere im Bereich der Photogrammetrie. 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 ggf. aufbaut, wird an dieser Stelle verzichtet.

3.5 Hardware Auswertung:

Da es sich beim Einsatz von UAV's i.d.R. 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 i7-7820X
- Arbeitsspeicher: 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 Luftfahrtssystemen durch oder unter Aufsicht von

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

Der Erwerb des Kenntnissnachweises und des erweiterten Kenntnissnachweises (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 2kg bereits Pflicht.

3.7 Kennzeichnungspflicht:

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

3.8 Rechtsgrundlagen:

Die aktuell zu beachtenden Rechtsvorschriften stellen sich wie folgt dar:

- LuftVG
- LuftVO
- LuftVZO
- NfL (Nachrichten für 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 UAV's eingesetzt werden?

Es gibt vielfältige Einsatzbereiche von UAV's 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
 - o Volumen- und Massenberechnung
 - o Gelände und Erdschicht Auswertung
 - o Digitale Oberflächen- und Höhenmodelle (DOM, DHM)
- Städtische Planung
 - o 3D-Stadtmodelle
 - o Baufortschrittsdokumentation
 - o Solarkataster
 - o BIM
- Topographische Vermessungen
 - o Amtliche Basiskarte (ABK)
 - o Planungsgrundlagen
 - o Schlussvermessungen
- Inspektionsaufgaben
 - o Bauwerksschäden
 - o Gutachterunterstützung
- Katastrophenabwehr
 - o Aktuelle Luftbilder
 - o Geländeübersicht
- Denkbare Einsatzgebiete: (amtliches) Vermessungswesen
 - o Lagepläne
 - o Gewässerläufe
 - o 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 UAV's in der Bevölkerung ist nicht grundsätzlich gegeben. Hintergründe sind u.a. das Thema Datenschutz, der Eingriff in die Privatsphäre sowie der vielfältige Missbrauch von UAV's 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 z.B. 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 Photogrammetrie von der Menge der Messdaten und der verwendeten Hardwareleistung abhängig. Mehrere Stunden bis Tage sind für die Erzeugung der Orthofotos bzw. 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 UAV's schränken die Akkukapazitäten die möglichen Flugzeiten stark ein. Je nach Hersteller sind i.d.R. 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, Soft- und 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)	Köln	Düsseldorf	Kreis Düren	Worms
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)
Ausstattungsmerkmale Kopter (Gewicht) Gimbal	Multirotor (6 Rotoren) 4700 g Carbonkonstruktion	Quadrocopter 4250 g GPS und GLONAS DJI Zenmuse X5S Gimbal	Hexacocter 4944 g Universelles Gimbal	Quadrocopter 1388g GPS und GLONASS DJI Phantom 4 Pro Gimbal	Hexacocter 4944 g universelles Gimbal
Ausstattungsmerkmale Kamera (Typ, Auflösung, Brennweite)	Präzisionssystemkamera Sony α6000, 24 MP mit 16 mm Objektiv inkl. Gimbal	DJI Zenmuse X5S Kamera (1/3" CMOS) 20,8 MP mit 15 mm Objektiv und 72° Öffnungswinkel (Field of View, wechselbar) 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° Öffnungswinkel (Field of View, wechselbar) 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)	Köln	Düsseldorf	Kreis Düren	Worms
Hardware 1. Flugplanung	Pentium Prozessor, 8 GB RAM, Grafikkarte on board	Tablet Micro-SD Karte mit bis zu 128 GB Speicherplatz	Tablet mit Flugplanungssoftware	Tablet Micro-SD Karte mit bis zu 128 GB Speicherplatz	Tablet mit Flugplanungssoftware
2. Berechnung des digitalen Orthophotos bzw. des DGM weitere Bearbeitung des DGM mit GIS- bzw. CAD-Software:	i7 Prozessor, 32 GB RAM, 3D Grafikkarte extern, SSD Festplatte, 2 Monitore	Hochleistungsrechner für Auswertung	Hochleistungsrechner für Auswertung	Hochleistungsrechner für Auswertung	Hochleistungsrechner für Auswertung
Flugzeit je Akkusatz	Ca. 13 - 17 Minuten Flugzeit je Akkusatz	Ca. 23 - 27 Minuten Flugzeit je Akkusatz	Ca. 12 Minuten Flugzeit je Akkusatz	Ca. 30 Minuten Flugzeit je Akkusatz	Ca. 12 Minuten Flugzeit je Akkusatz
Fortbildung : Soft- und Hardware, Flugausbildung	3 Personen, 3-tägige Fortbildung durch zertifiziertes Personal des Systemanbieters	Internet –Tutorials, Literatur, Workshops, eigene hausinterne Flugausbildung; quartalsweise Flugübung/-nachweise auf Modellfluggelände	3 Personen, 5-tägige Fortbildung, Übungsplatz	4 Personen, 3-tägige Fortbildung durch zertifiziertes Personal des Systemanbieters	3 Personen, 3-tägige Fortbildung, Eingezäunter Sportplatz als Übungsplatz, Übungsflüge und Tests (ca.1x im Monat)

Kommune	Halle (Saale)	Köln	Düsseldorf	Kreis Düren	Worms
Flugsicherheit	<ul style="list-style-type: none"> - Information Anzeige) über beabsichtigten Flug an Ordnung-behörde sowie Krankenhäuser, Flughafen - Personalbedarf mind. 2 Personen - 10 m Sicherheitsabstand bei Start/Landung -Max. Flughöhe 100 m - Max. Windgeschwindigkeit 36 km/h / 10 m/s - kein Flugbetrieb bei Regen, Nebel, Schnee 	<p>Mitteilung über MultiKoptereinsatz geht an Ordnungsamt, Polizei, ggf. an die Deutsche Flugsicherung zur Beantragung einer erweiterten Flughöhe und zusätzlich bei Sondernutzungsgebieten an die entsprechenden Behörden</p>	<p>Mitteilung über MultiKoptereinsatz geht an Ordnungsamt, Polizei, Rechtsamt, Flughafen Düsseldorf, Amt für Verkehrsmanagement und zusätzlich bei Sondernutzungsgebieten an die entsprechenden Behörden</p>	<p>Informationen an Ordnungsbehörden Informationen von ICAO, NOTAM und Wetterdiensten</p> <p>4 zertifizierte Piloten nach §21a Abs. 4 Satz 3 Nr. 2 LuftVO</p>	<p>Ordnungsbehörde der Stadt hat eine generelle Aufstiegsgenehmigung von öffentlichen Flächen erteilt. Polizei wird vor jedem Flug schriftlich informiert. Beachtung des Luftverkehrsgesetz Hubschrauberlandeplätze beachten.</p>
Aktuelle/zukünftige Einsatzfelder/Aufgaben	<p>Aktualisierung der Digitalen Stadtgrundkarte</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erstellung DGM - Dokumentation Baufortschritt und Beweissicherung - Erfassung von First- und Traufhöhen - Schrägaufnahmen bestimmter Bereiche oder Bauwerke 	<p>Topografische Aufnahmen, Lageplangrundlage, Bauwerksinspektion / Schadensdokumentation, Volumenberechnung, Luftbilddaufnahmen zu Planungszwecken, Ergänzung von Laserscandaten, BIM</p>	<p>3D-Modelle/ Bestandsdokumentation, Deformationsmessung, Volumenberechnung, Bauwerksinspektion, DGM, Orthophotos, Luftbilddaufnahmen als Planungsggrundlage, Filmaufnahmen, Baufortschrittsdokumentation, BIM</p>	<p>Aufrechterhaltung der Aktualität zur Fortführung der ABK, Volumenberechnung, Luftbilddaufnahme als Planungsggrundlage, Erprobung ALKIS-Fortführung</p>	<p>Topografische Aufnahmen, Volumenberechnung, Schadensdokumentation, Baufortschrittsdokumentation, Baumkontrollen. Luftbilddaufnahmen zu Planungszwecken, Bauwerkskontrolle, Rehkitzrettung, Wärmebildgutachten</p>
Ergebnis: Beispiele Bildliche Darstellung		Siehe Beispielauflistung	Siehe Beispielauflistung	Siehe Beispielauflistung	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 neuer 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 Vor- und 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

- UAV's 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 UAV's 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 Photogrammetrie 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 Erfassung 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 UAV's 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 UAV's 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 UAV's 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 UAV's.

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.

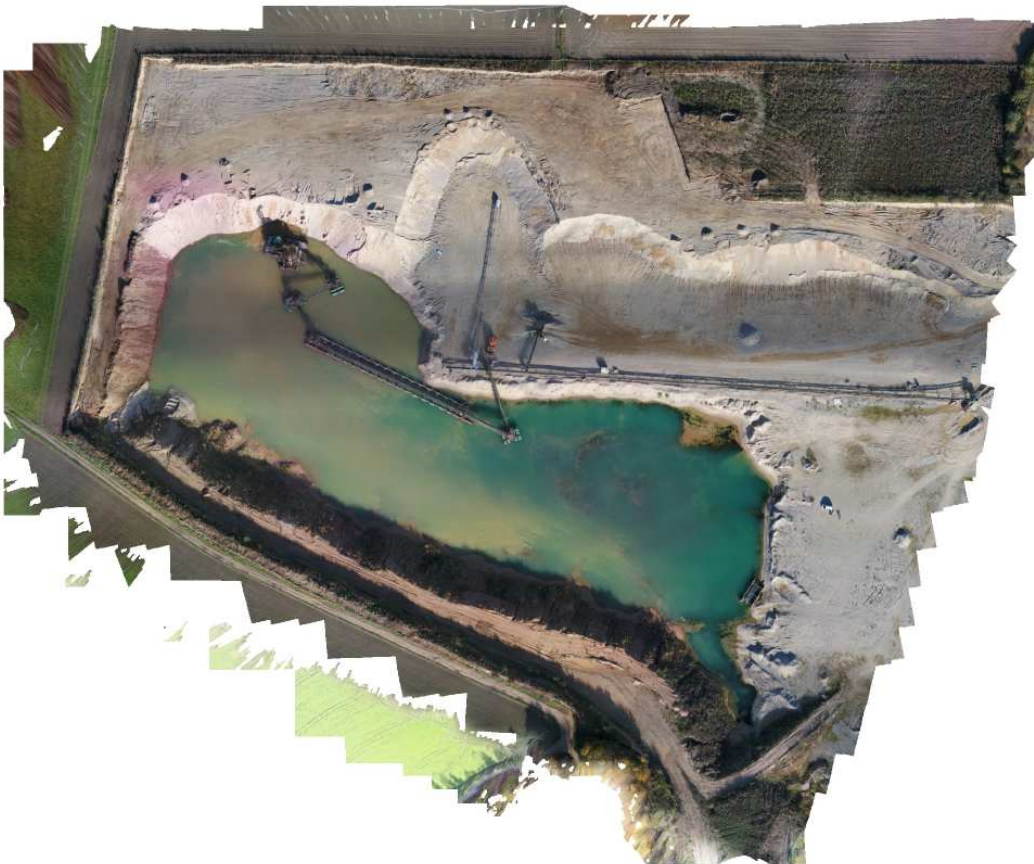
Durch die schnelle Verfügbarkeit von Bildmaterial wird das UAV-Verfahren in den bisher nicht bedienbaren Aufgabenstellungen angewendet werden (z.B. Unfallaufnahme, Beweissicherung, Zustandsdokumentation nach Schadensereignissen) und daher einen hohen Akzeptanzgrad erreichen können.

8 Anlagen: Zusammenhängende Darstellung der Beispiele

8.1 Stadt Köln

 Stadt Köln Amt für Liegenschaften, Vermessung und Kataster 233-2 Bau- und Ingenieurvermessungen			Projekt: Kiesgrube Immendorf Ergänzungsmessung 2018		
Überfliegung:		Ausgearbeitet:		Gemarkung(en):	Flur(en):
07.11.2018 Fischer		22.11.2018 Fischer		Rondorf-Land	41
Index:	Maßstab:	Format:	Flurstück(e):		
A	unmaßstäblich	DIN A4	verschiedene		
Verwendete Unterlagen:			Verwendete Abbildung:		
Amtliches AP- und NivP-Netz			Lage: GK (177) Höhen: NN (100)		
			Dateiname:		
			18- 2228_KiesgrubeImmendorf_181009_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. 87500m ²
	Flughöhe	50m
	Kameras	695
	Passpunkte	17
	Flugzeit	ca. 90 Minuten
	Koordinatensystem	DHDN / 3-degree Gauss-Kruger Zone 2 (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:

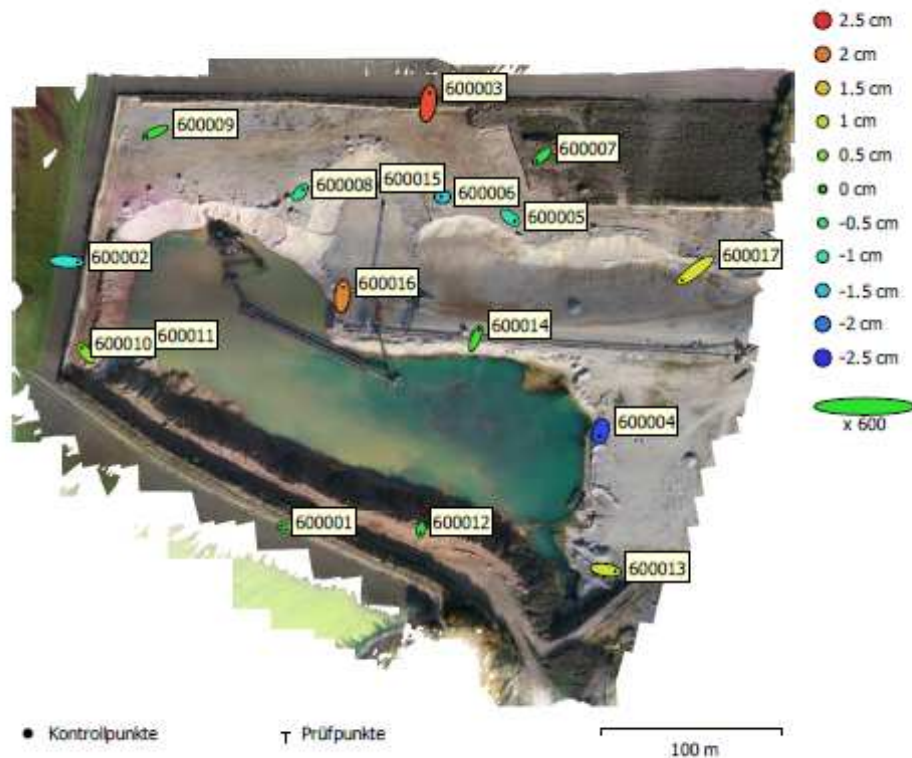
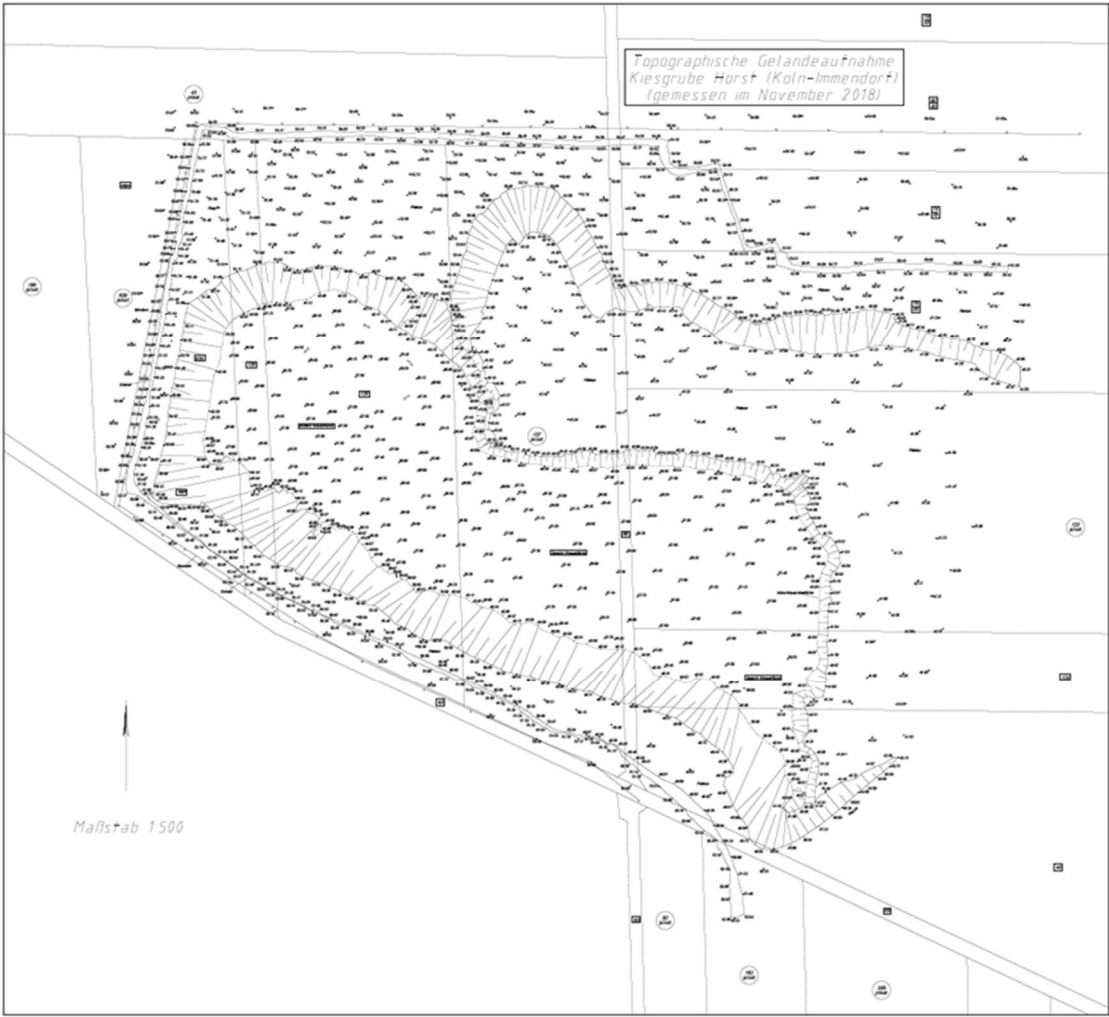


Fig. 3. Kontrollpunktepositionen und Fehlerabschätzung.
 Z Fehler ist durch Ellipsenfarbe dargestellt. X, Y Fehler sind durch Ellipsenform dargestellt.
 Geschätzte Kontrollpunktepositionen sind mit schwarzen Punkten markiert,
 Prüfpunktepositionen - .

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 Bauwerksparemtern¹

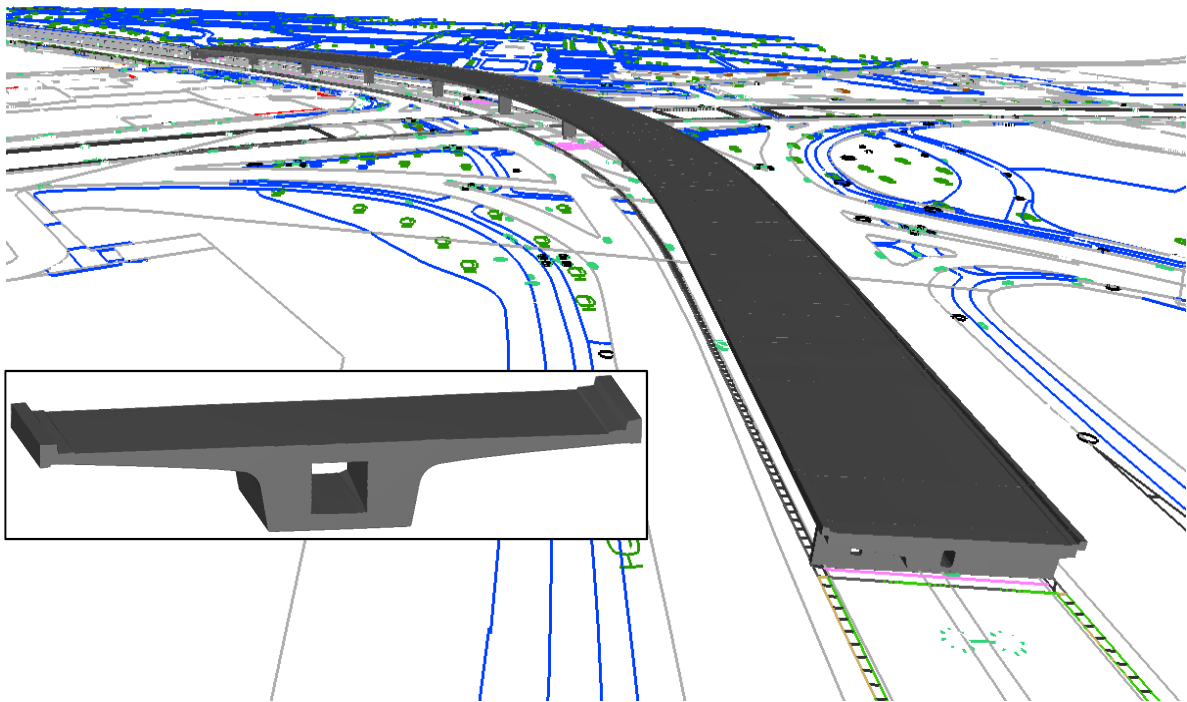
Durchführung: Kombination von UAV-Befliegung, Terrestrischem Laserscanning und Mobile Mapping



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

Beschreibung:

Der Teilsicherheitsbeiwert für Eigenlasten einer knapp 340 m 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 zukünftiger 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.

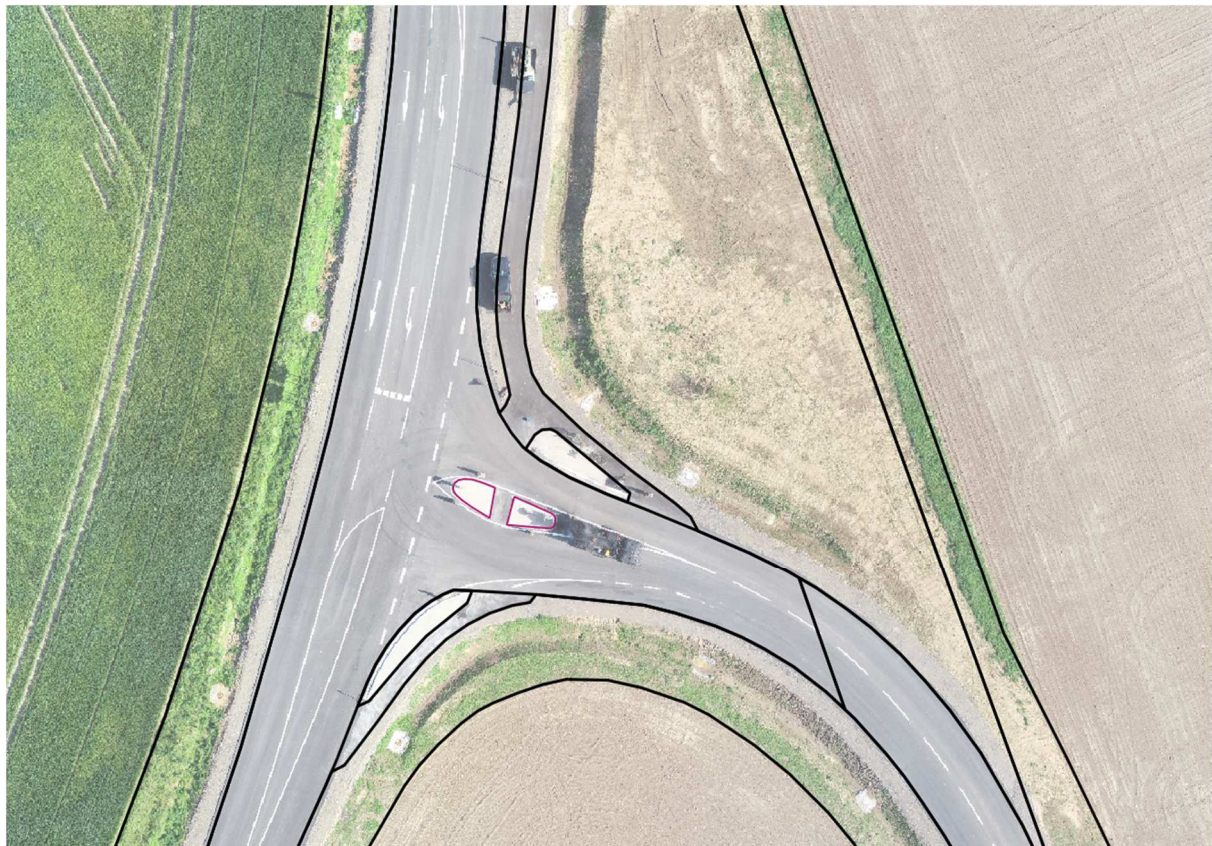


8.3 Kreis Düren

Modell Beschaffungsjahr Beschaffungsgedanke	DJI Phantom 4 Pro 2018 Aufrechterhaltung der Aktualität zur Fortführung der ABK
Technische Daten - UAV Fluggerät Bauart Abfluggewicht Flugzeit Positionsbestimmung Kamera Sensor Objektiv Foto Formate Bildgröße Auflösung Speichermedium	Quadrocopter 1.388g 150 Minuten – 5 Akkus zu je 30 Minuten GPS und GLONASS 1" CMOS mit 20 Megapixel 35mm Brennweite und 84° Öffnungswinkel (Field of View) JPEG und RAW Seitenverhältnis 3:2/4:3/16:9 bis zu 4096x2160 Pixel (4K) Micro-SD Karte mit bis zu 128GB Speicherplatz
Technische Daten – Software Flugplanung Software Sicherheit Flugauswertung Software Ergebnis	Pix4D Capture App Informationen an Ordnungsbehörden Informationen von ICAO, NOTAM und Wetterdiensten Pix4D Mapper (ggf. CloudCompare) Punktwolke daraus abgeleitet: Orthofoto, DGM, Höhenlinien usw.
Sonstiges Piloten Einsätze 2018 Auftraggeber	4 zertifizierte Piloten nach §21a Abs. 4 Satz 3 Nr. 2 der LuftVO 18 Kreisverwaltung Düren

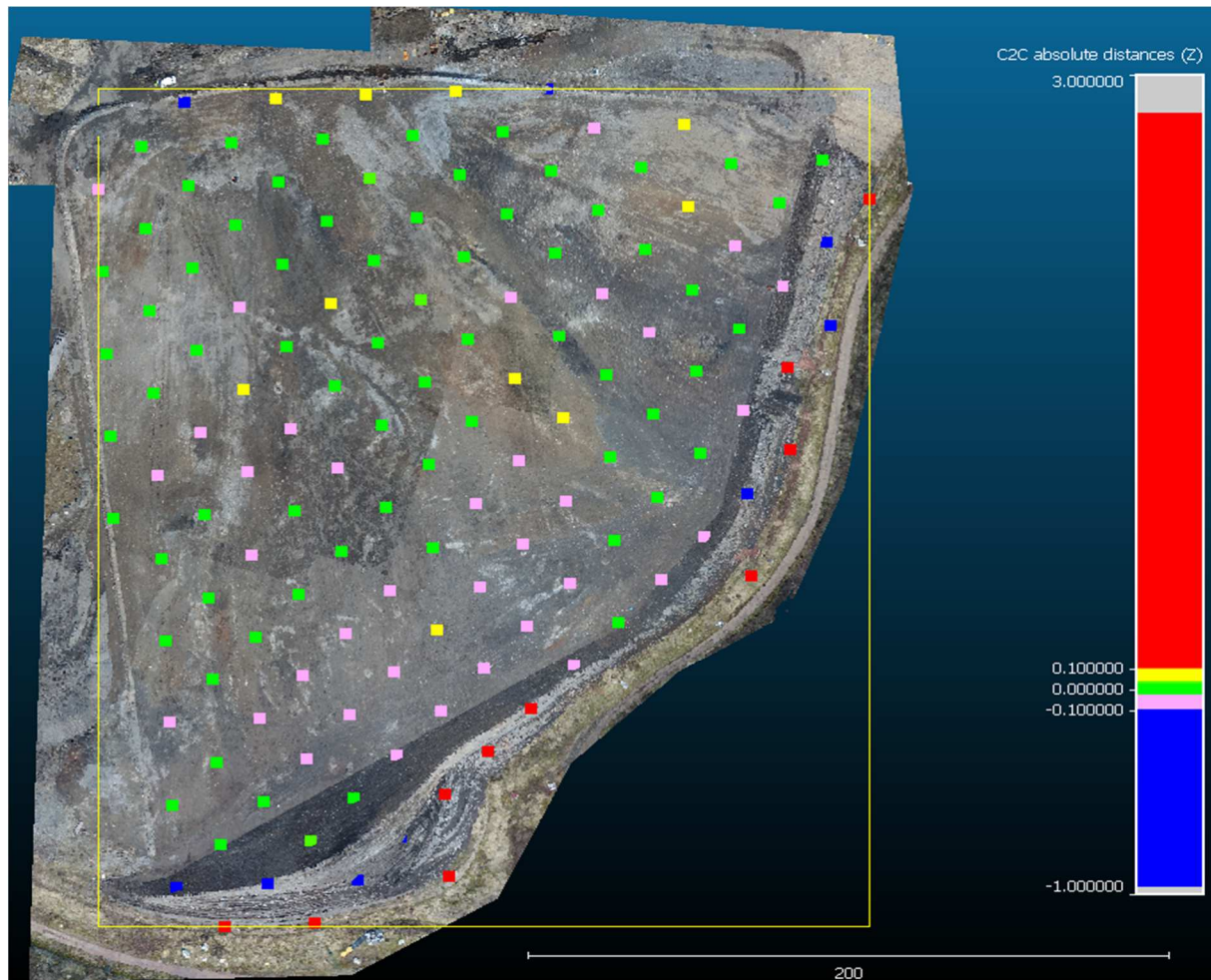
Straßenvermessung für ABK

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



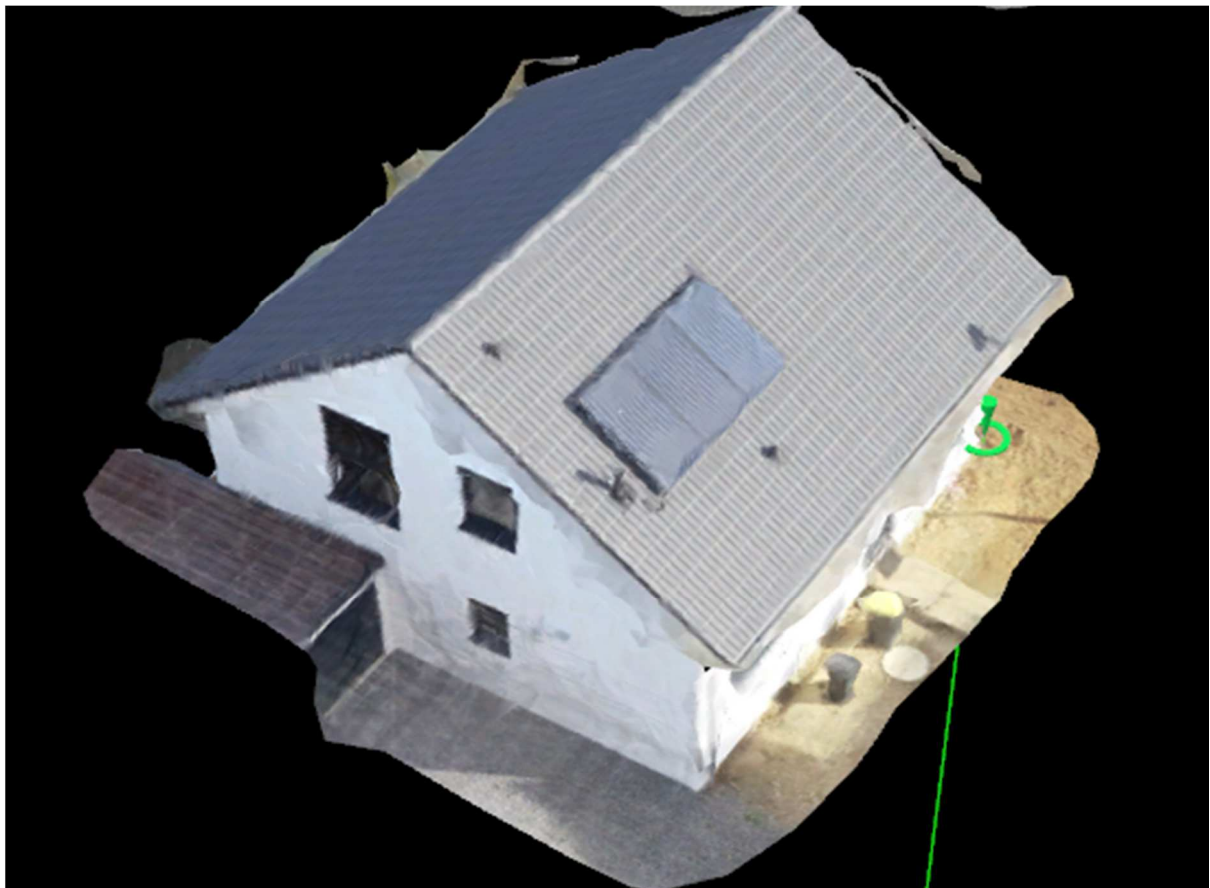
Höhenüberprüfung Abfalldeponie

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 klassisches Messverfahren Punktraster mit Tachymeter (kein visuelles Ergebnis)	(für ca. 110.000.000 Punkte) 120min – 16 Passpunkte mittels GPS-Bestimmung 34min 180min (ohne automatisierte Punktwolken Erstellung) (für ca. 400 Punkte) 4 Arbeitstage 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 auftrat, 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 befliegen 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 Gesamtzeiterparnis von 60 % bei einer Massendifferenz von ca. 1,5 %.

Verarbeitungsparameter:

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

Genauigkeitsbetrachtung:

Vergleichswerte Befliegung-Polaraufnahme, Bauvorhaben Parkhaus Köhlstraße

Punktnummer	Rechtswert			Hochwert			Höhe		
	Polaraufnahme	Befliegung	Abweichung	Polaraufnahme	Befliegung	Abweichung	Polaraufnahme	Befliegung	Abweichung
144	453927,081	453927,084	-	5497533,503	5497533,509	-	93,244	93,256	-0,012
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	-0,015
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

Geländemodell



Auftragsbeschreibung:

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

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

Verarbeitungsparameter:

Projekt	Flugzeit	Starts/Landungen	Bilder	Passpunkte	Flughöhe	Automatische Wegpunkte
Geländemodell	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 Leistungsspektrums. 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 UAV's 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 Vermessungsstrategien 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

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

Redaktion und Layout

Herr 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

© Deutscher Städtetag Berlin und Köln, August 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
