



Helmut Wenninger

Konsumerdrohnen im Vermessungseinsatz

Von der Spielzeugdrohne zum „Flying Surveyor“ - Ein Erfahrungsbericht

Bild 1: Aufnahme einer Haufwerksvermessung

Drohnen, UAVs oder Flying Surveyor - gemeint ist immer das Gleiche. Schlussendlich handelt es sich dabei immer um ein Modellflugzeug, das ein Vermessungsgerät in eine günstige Position, also einen optimalen Aufnahmeort bringt. Welches Vermessungssystem das ist, z. B. eine Kamera, ein Scanner oder ein Wärmesensor, spielt eine untergeordnete Rolle. Es liegt also auf der Hand, darüber nachzudenken, welches Fluggerät man wirklich braucht und warum es solche Unterschiede in den Beschaffungskosten gibt. Sind Flugsysteme so viel schlechter, wenn sie nur in der Kategorie 1.000-5.000 EUR liegen oder benötigt man wirklich einen 40.000 EURO-Brummer, um seine Vermessung durchzuführen?

Moderne Sensortechnik egal ob GNSS, Scanner, Totalstation oder der Fotoapparat haben immer ein Ziel „einfach messen“. Das geht und funktioniert auch erstaunlich gut, die Qualität der Messung wird damit nicht immer ausgedrückt. Etwas komplexer wird es wirklich bei der „Fotovermessung“. Bereits 1997 hat es das Fotoauswertesystem „CADdy PhotoCAD“ gegeben, das für die Vermessung von Gebäuden oder Gelände sehr erfolgreich eingesetzt wurde. Auch damals war die Anordnung der Bilder schon ausschlaggebend für die Ergebnisse. Es liegt also auf der Hand, die „Fotovermessung“ unter dem CADdy Generalmotto „einfach messen“ wiederzubeleben und für den professionellen Einsatz von Drohnen aufzubereiten.

Die Vorteile dieser Messmethodik liegen auf der Hand. Unzugängliche Stellen können problemlos erreicht werden, der Baustellenablauf wird nur wenig gestört, der Zeitbedarf sowohl im Außendienst wie im Innendienst wird geringer und das Messergebnis ist in der Regel feinmaschiger und genauer. Zu guter Letzt wird auch die Dokumentation wesentlich anschaulicher und nachvollziehbarer.

Zuerst sollten wir uns klar machen, was wir erreichen möchten, was das Ziel der Vermessung mit dem Fotoapparat ist. Erst dann suchen wir das geeignete „Stativ“ oder den richtigen „Prismenstab“, denn um nichts anderes handelt es sich bei einem Fluggerät. Es bringt nur das Vermessungssystem in die richtige Position. Und das Vermessungsgerät ist in diesem Fall der Fotoapparat. Das Stativ die Drohne.

Eine wichtige Aufgabe für Vermessungsbüros, Planungsbüros oder Vermessungsabteilungen ist die Bereitstellung von exakten Plänen eines Geländes, eines Haufwerkes (Schüttung im Kieswerk oder einer Deponie) oder Bauwerkes. Weiterführende Aufgaben wie Massenermittlungen oder Planungsaufgaben im Tief- und Hochbau werden in der Regel dann sowieso mit den bestehenden Werkzeugen durchgeführt. Natürlich sollten auch Nebenaufgaben wie Bestandskontrolle, Zustandskontrolle oder Felddokumentation machbar sein, um das Einsatzgebiet und die Ver-

wendbarkeit eines Multikopters zu steigern, aber bei diesen Aufgaben stehen Qualität und komplexer Workflow der Auswertung nicht im Vordergrund. Meist reichen Fotos und Videos für Dokumentationsaufgaben.

Um einen handelsüblichen Fotoapparat zu einem wirklich guten Vermessungssystem zu machen, hat es in den letzten Jahren eine Entwicklung gegeben, die man aus Sicht von Anwender und auch Softwareentwicklern nur als sensationell beschreiben kann. Der Motor dieser Entwicklung war sicher die Film- und auch Autoindustrie, die uns Algorithmen für die Gesichts-, Verkehrszeichen- oder Strukturerkennung geliefert hat und des Weiteren interessante Möglichkeiten, Texturen zu verarbeiten. Daraus wurden Methoden abgeleitet, die in unterschiedlichen Bildern gemeinsame Strukturen und Pixel erkennen und daraus über die Methoden der Photogrammetrie 3D-Modelle errechnen können, und zwar mit hervorragender Genauigkeit. Das Ergebnis steht Scanneraufnahmen in nichts nach bzw. ist in manchen Fällen sogar besser. Zuerst war natürlich das Ziel, die neue Branche der 3D-Drucker zu füttern, aber bald hat sich daraus ein neues Vermessungssystem entwickelt.

Ein weiterer wichtiger Meilenstein war die Entwicklung von sogenannten miniaturisierten Gyrosensoren. Damit werden kleinste Lageänderungen in Abweichung zur Waagrechten und Senkrechten gemes-

sen. Diese finden sowohl im Fluggerät selbst als auch in der Kameraaufhängung Verwendung und machen das Fluggerät für jedermann steuerbar. Die Kamera wird dabei in optimaler Position gehalten.

Die Anforderungen

Im nächsten Schritt untersuchen wir, welche Komponenten ein solches System überhaupt nutzt, um zum gewünschten Ergebnis zu kommen.

Was braucht ein „Flying-Surveyor-System“ für ein gutes Ergebnis:

- ein Fluggerät, das die Kamera in die gewünschte Position bringt
- eine Kamera, die Aufnahmen in vernünftiger Qualität liefert
- eine Software, die Aufnahmen zu einem 3D-Modell zusammenbaut
- eine Software, die das 3D-Modell in handelsübliche Formate ausgibt
- eine Software, die diese Formate verarbeiten kann.
- und das Wissen, wie man diese Schritte machen kann und wo man die Werkzeuge bekommt.

Alle Systemkomponenten gibt es heute zu fairen Preisen und Nutzungsbestimmungen, teilweise sogar als Freeware oder Open-Source-Software.

Das Fluggerät

Hier gibt es eine Reihe von Angeboten, die sich technisch erheblich unterscheiden. War früher der Helikopter das Maß aller Dinge um eine Kamera ruhig in der Luft zu halten, so hat sich in der Zwischenzeit der Kopter durchgesetzt. Ob man dabei die Grundvariante mit 4 Propellern (Quadrokopter) oder



Bild 2: PH4 mit RTK-Messeinheit



Bild 3: PH4 als Handgepäck

bis zu 8 Propellern (Octokopter) nutzt, ist eigentlich nebensächlich. Auch hier gilt wieder der Grundsatz der Zweckmäßigkeit. Je höher das Traggewicht, also die Nutzlast ist, umso mehr Propeller und Energie (Strom, Akkus) braucht man. Grundsätzlich spricht dies für Quadrokopter, aber natürlich gibt es auch Argumente für mehrrotorige Geräte, wie zum Beispiel die Ausfallsicherheit, wenn ein Motordefekt auftritt.

Zuerst denkt man, das Gerät muss groß, schwer und leistungsstark sein, um eine professionelle Kamera zu tragen. Das stimmt aber nur bedingt, im Gegenteil schwere Geräte haben eher Nachteile gegenüber leichten schnellen Geräten. Das Fluggerät muss sicher, verlässlich und leicht sein und wenig Energie verbrauchen, damit lange Flugzeiten möglich sind. Kameras sind heute per se nicht mehr schwer, außer es handelt sich um Sondergeräte, wie z. B. Scanner oder 3D-Kameras.

Wichtiger ist die Softwareausstattung, der Bordcomputer, das Bord-GPS und die verwendete Kamera. Natürlich bestimmt auch bei diesen Komponenten der Einsatzzweck die notwendige Ausstattung. Wir haben mehrere Versuche mit Mittelklasse-Drohnen in der Kategorie 1.500-5.000 EUR durchgeführt und sind zu dem Ergebnis gekommen, dass diese Drohnen sehr gut für den Vermessungseinsatz geeignet sind.

Wir haben unseren Test mit der Yuneec Q500+ Typhoon 4K begonnen, ein Ready-To-Fly-Kopter - konzipiert in den USA und gebaut in China für den Massenmarkt in der Preislage um die 1.500 EUR bei der Markteinführung, und heute mit einem Preis von 750 EUR, also für Modellbauer schon ein High-End-Gerät. Das Ergebnis war durchaus zufriedenstellend, allerdings war der Mangel an Flugplanungssoftware doch ein großes Handicap. Heute gibt es mehrere Anbieter die schnelle Fluggeräte mit ausgezeichnete fest eingebaute Optik oder Wechselkameras anbieten. Sie sind einfach zu fliegen, extrem widerstandsfähig und sehr ausgereift mit garantierten Eigenschaften. Es gibt eine kritische öffentliche Community, die ungenügende Eigenschaften und überhöhte Preise sofort an den Pranger stellt und Nachbesserungen fordert.

Nun zum Beispiel: das Flugsystem DJI Phantom4. Aufgrund folgender Eigenschaften haben wir uns für diese Testdrohne entschieden:

- Fluggewicht deutlich unter 5 kg (wichtig für die unkomplizierte Aufstiegs-genehmigung)
- hervorragender Giro steuert und stabilisiert das Fluggerät auch bei extremen Flugbewegungen und Wind

Vielleicht sollten wir auch einen Satz darüber verlieren, warum sich das Wenninger-CADdy-Team mit diesem Thema beschäftigt und Zeit und Geld für solche Untersuchungen einsetzt. Das ist einfach zu beantworten:

Die Hauptmotivation für das Team war immer, eine einfache, verständliche Vermessungstechnik und Software zu fairen Preisen bereitzustellen. Dabei ist uns besonders wichtig die Kompetenz des Vermessungsfachmannes hervorzuheben. Und diese ist nicht darauf beschränkt „Knöpfchen zu drücken“ und eine Koordinate abzurufen, sondern auch eine kluge Messanordnung zu wählen und eine möglichst exakte Koordinate zu liefern.

Hervorragend bewährt hat sich das „Learn&Earn“ Angebot der Fa. CADdy Geomatics GmbH. In einem 3-Tages-Kurs werden sowohl die Flugübungen, die rechtlichen Vorgaben, die Softwarevoraussetzungen und der gesamte Workflow behandelt. Im Grundpreis ist eine Drohne enthalten. Die Schulung kann aber auch ohne Drohne gebucht werden. Aktuell haben bereits ca. 50 Vermessungsingenieure die Zusatzausbildung „Flying Surveyor“ absolviert.

- unabhängiger Kameragiro der neuesten Generation (stabilisiert die Kameraposition auch bei stärkeren Wind- und Flugbewegungen)
- extrem schnell bis zu 74 km/h, damit schneller wie viele Flügeldrohnen und liefert bis zu 400 Aufnahmen mit einem Akku
- integrierte Kamera mit 12 MP verzeichnungstreu (kann auch kalibriert werden)
- Akku computergesteuert für lange Flugzeiten (bis zu 28 min) und kurze Ladezeiten
- GPS-System zur Positionsstabilisierung
- hohe Reichweite der Fernsteuerung (bis zu 3,5 km)
- Smartphone und Tabletunterstützung für die Flugplanung
- FPV (Flight Pilot View) auf dem Tablet, Pilot kann man durch die Kamera schauen
- 5 verschiedene Flugmodi möglich (Pilotview, Tabview, Followme, Orbit, Waypointmode, Trackmode)
- Viele kostenlose Apps für die einfache Wegpunktsteuerung mit Übergabe während des Fluges optimiert für Senkrecht- (Fläche) oder Schrägaufnahmen (Objektvermessung) oder Inspektionsflüge
- mehrere Flugmodi (pilot, sport und coming home)
- USB-Anschluss für die Konfiguration und Programmierung des Bordcomputers
- einfache Justagemöglichkeit für den Kompass (extrem wichtig für eine verlässliche Flugsteuerung)
- Kollisionsschutz durch eingebaute Ultraschallsensoren
- Geeignet für Out- und Indoorflüge (mit Bodenpunkterkennung im Indoormodus)
- Transportabel auch als Handgepäck für Auslandseinsätze

Die Kamera

In der Vergangenheit war die Kamera die „Mutter der Genauigkeit“. Diese Rolle ist etwas aufgeweicht worden durch die neuen Bilderkennungsverfahren und Kamerasysteme. Das mag auch der geringen Auflösung und mangelnder Qualität der Objektive und der CCD-Sensoren geschuldet gewesen sein. Heute haben sogar Handys eine Qualität, die Topergebnisse in der 3D-Auswertung liefern. Die Qualität des Ergebnisses wird vielmehr von der Anzahl der Aufnahmen und der Position der Aufnahmen beeinflusst als von der Pixelanzahl.

Natürlich hat die Qualität des Objektivs immer noch einen großen Einfluss auf die Schärfe und das damit erzeugte Ergebnis. Man muss aber wissen, dass Digitalkameras heute wesentlich genauere Planlagen haben als Filmkameras und in sich schon genauer sind. Die Ergebnisse werden vielmehr von der Auswertesoftware und der Aufhängevorrichtung der Kamera bestimmt als von der Qualität der Kamera.

Für das oben genannte Fluggerät wird eine integrierte 12-Megapixel-Kamera verwendet, damit wird eine 4K-Auflösung (4fach HD) geliefert. Diese 12 Megapixel werden vom Gesamtbild ausgeschnitten. Damit wird die Randunschärfe praktisch weggelassen. Über die Fernbedienung kann man verschiedene Auflösungen und Farbmodi während des Fluges einstellen, sich also den Gegebenheiten (wolkig, sonnig) anpassen. Beim Speichern der Bilder werden die Aufnahmepositionen im WGS84 Format in den Header des Bildes geschrieben (Exif Header). Die Koordinate der Kameraposition hat nur A-GPS Genauigkeit, das bedeutet 2-3 m Genauigkeit. Durch das Zusammenrechnen und Mitteln der Bilder für das 3D-Modell ergeben sich ohne Georeferenzierung Genauigkeiten im m-Bereich.

Die Aufhängevorrichtung - das Gimbal

sorgt für ein ruhiges Bild und eine immer sauber ausgerichtete Kamera. In diesem Bereich hat sich in der Entwicklung am meisten getan. Die tollen Ergebnisse, die man heute erreicht, sind vor allem auf Gimbals zurückzuführen, die schnell die Bewegungen der Drohne ausgleichen. Ein kleiner Giro sorgt dafür, dass die Kamera unabhän-

gig von der Luftbewegung des Fluggerätes sauber ausgerichtet und vor allem ruhig bleibt. Auch diese 3-6 Achsenkompensatoren sind heute Massenware geworden, dank eines anspruchsvollen Modellbaus und einer neuen Bewegung in der Filmindustrie, nämlich Luftaufnahmen zu machen, also einen Blick von oben - den sogenannten „Birdview“ zu ermöglichen. Kaum eine Filmproduktion kommt mehr ohne diesen „Birdview“ aus. Uns soll es recht sein, bekommen wir doch so ruhige, rauscharme Aufnahmen mit einfachen, leichten Kameras hin.

Im Zusammenhang mit der Hardware der Flugtechnik, möchte ich auch die Reparaturfähigkeit und den Service von Konsumprodukten im UAV-Bereich hervorheben. Unfälle bzw. Ausfälle werden immer vorkommen, bewegen wir Fachleute uns doch mit der Technik immer im Grenzbereich (miten in Katastrophen, nahe an Bauwerken etc.). Bei Anschaffungskosten von 1.000-3.000 EUR liegen auch Reparaturkosten nur in diesem Spektrum. Technisch bedingte Ausfälle aufgrund von Qualitätsmängeln sind bei uns (außer bei den Hochleistungsakkus) bis jetzt nicht vorgekommen.

Die Flugplanungssoftware

Auch in diesem Sektor war die Entwicklung der letzten 12 Monate atemberaubend. Heute gibt es über 10 verschiedene Apps für die Flugplanung auf Android, iOS oder dem Desktop. Alle haben eine Bedienoberfläche auch auf dem Browser. So können die Planungen in der Cloud verwaltet und überall mitgenommen oder auch geteilt werden. Je nach Aufgabe wählt man die am besten geeignete App aus und plant auf dem Tablet oder Smartphone seinen Flug.

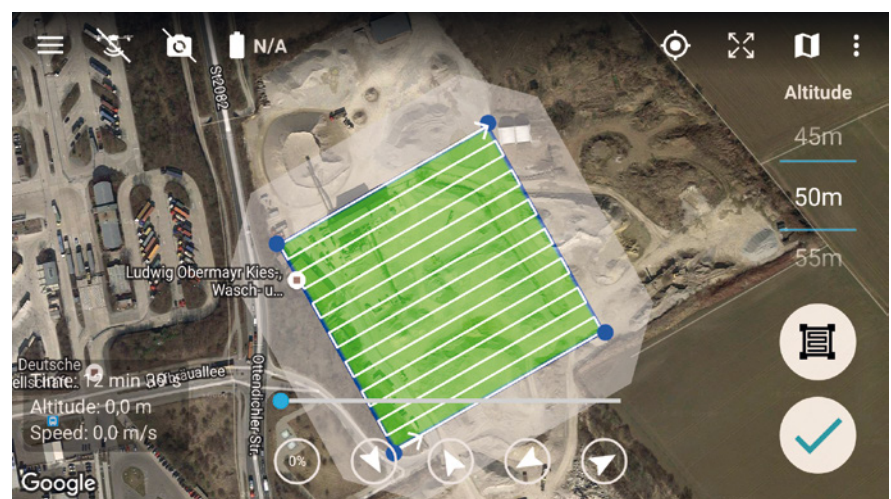


Bild 4: Screenshot aus der Flugplansoftware

Die Software

kaum eine andere Marktentwicklung der letzten Jahre ist für die Ermittlung solcher Ergebnisse aus einfachen Fotos so verantwortlich, wie die Softwarebranche. Nirgends hat es einen derartigen Quantensprung gegeben. Wie schon oben erwähnt, hat uns die Film- und Autoindustrie einen Entwicklungsschub beschert, der aus vielen Fotoaufnahmen eines Gegenstandes oder eines Geländes ein echtes 3D-Modell berechnet. Dazu gibt es mehrere Softwarepakete, die sowohl die räumliche Zusammenführung der Fotos, aber auch die Verschneidung durchführen.

Im Rahmen der Ausbildung zum Flying Surveyor haben sich eine Reihe von Produkten und auch 3D-Diensten herauskristallisiert die allesamt gute Ergebnisse liefern, aber unterschiedliche Vorgehensweisen bzw. Arbeitstechniken implizieren.

Auswertedienste

Diese Internetdienste ermöglichen den Upload von Bildern und liefern einige Stunden später ein fertiges 3D-Modell ab. Dabei gibt es einfache Dienste die hauptsächlich im Modellbau und Architekturbereich zuhause sind (z. B. 123d catch von Autodesk), aber auch komplexe Dienste die auf Geländeaufnahmen und landwirtschaftliche Auswertungen spezialisiert sind wie Dronedeploy und Altizure. Beide liefern eine kostenlose Flugplanung, sind aber in der Auswertung relativ teuer.

Desktopauswertesysteme

Seit Anfang des Jahres sind 4 neue Systeme auf den Markt gekommen bzw. haben Einsatzreife erreicht. Das bekannteste ist wohl immer noch Agisoft aus Russland. Es liefert gute Ergebnisse und arbeitet schnell und effizient. Preislich ist es im oberen Segment angesiedelt. Noch teurer ist Pix4D, das als Highendsystem bezeichnet werden kann und auch gute Ergebnisse liefert. Dazu kommt eine kostenlose Flugplanung. Die Newcomer sind 3dSurvey und 3DFlow. Beide beliefern in Zukunft auch den deutschen Markt, teilweise auch über das CADdy Vertriebsnetz zu sehr günstigen Konditionen.

Cloudbasierte Auswertesysteme

Der Prozess für die 3D-Modellerstellung in der Cloud ist denkbar einfach, eine Anleitung was beim Fotografieren beachtet werden soll und wie die Bilder angeordnet sein

sollten gibt es obendrauf. Also Bilder wählen und Hochladen oder Einspielen und warten bis das Modell fertig berechnet ist. Das kann je nach Anzahl der Bilder schon mal ein paar Stunden sein. Beachten sollte man das Onlinedienste oft die Anzahl der Bilder beschränken (z. B. 123Catch auf 70 Bilder). Das vermindert entweder die Qualität oder auch die Quantität (Aufnahmefläche). Bei den Desktopprodukten gibt es diese Einschränkung nicht.

Als Richtschnur für die erreichbare Genauigkeit mit Konsumerdrohnen der Art der DJI Phantom4 kann man sagen, dass bei einer Flughöhe von 30-40 m cm-Genauigkeit erreicht werden kann. Bei einer Überdeckung von 75% in Längs- und Querrichtung, erreicht man ca. 400 Aufnahmen. Das entspricht einer Fläche von 500 x 500 m, also schon eine ordentliche Grube, Kieswerk bzw. Deponie. Mit entsprechender Flughöhe wird die Fläche größer aber die Genauigkeit auch schlechter.

Die Georeferenzierung

Oft reicht ein lokales Modell für eine Auswertung oder Massenermittlung, aber meist ist eine exakte Georeferenzierung notwendig bzw. sinnvoll. Dafür gibt es in den Desktopprodukten entsprechende Funktionen. Erst nach der Georeferenzierung lassen sich exakte Massen und Mengen ermitteln. Das Modell wird praktisch kalibriert. Im Falle von RTK gesteuerten Drohnen sind zwar die Ergebnisse in sich schon genauer, um eine Kalibrierung kommt man trotzdem nicht herum, wenn man exakte Ergebnisse haben möchte. Passpunkte sind entweder bei bestehenden Projekten bereits vorhanden, oder man bestimmt sie über schnell verteilte Scheiben, die aus der Luft gut erkennbar sind. Die Messung erfolgt über RTK GPS.

Sollte eine gute Profilberechnung notwendig sein, kommt man um professionelle Produkte wie z. B. CADdy Classic oder AutoCAD Civil 3D nicht herum. Hier lassen sich problemlos Längs- und Querprofile nach den üblichen Verfahren erstellen und die Massen z. B. über die Prismenmethode oder über Elling ermitteln.

Zusammenfassend

kann gesagt werden, dass das Ergebnis dieses Feldversuches weit positiver war, als zunächst erwartet wurde. Die Genauigkeit ist vollkommen ausreichend für klassische Vermessungsaufgaben in diesem Aufgaben-

spektrum, auf alle Fälle besser und kleinmaschiger wie mit konventionellen Methoden. Die Genauigkeit der Ergebnisse hängt in erster Linie von der Messanordnung ab, also auch hier wieder ein Punkt für eine gute Ausbildung des Piloten. Für den Aufbau und die Flugzeit, also die reine Außendienstzeit kann man, je nach Größe der Projekte, von bis zu 1 Stunde ausgehen, die Innendienstauswertung, je nach Rechnerpower und Anzahl der Bilder bis zu 3 Stunden.

Positiv ist auch das Kosten-Nutzenverhältnis. Bei Preisen von 1.000-2.000 EUR macht es sogar Sinn für unterschiedliche Aufgaben (Scannermessung, Wärmebildkameras) mehrere Trägerdrohnen einzusetzen. Auch bei einem Absturz oder „Flyaway“ sind die Reparaturkosten ein vielfaches günstiger wie bei den großen „Lasteseln“.

Zu guter Letzt kommt noch ein neues Argument für die Zukunft hinzu. Die Aufstiegs-genehmigungen werden in Zukunft für Drohnen unter 5 kg deutlich erleichtert, bzw. fallen ganz weg. Der viel zitierte „Pilotschein für Drohnen“ wird wohl kommen, evtl. aber an das Fluggewicht gekoppelt, so die letzte Aussage der Flugaufsichtsbehörden. Eine Kennzeichnungspflicht wird von uns schon lange empfohlen und in Zukunft auch gesetzlich vorgeschrieben. Das Thema „Vermessung mit Photo und Drohne“ ist sehr komplex, daher empfehlen wir dringend eine entsprechende Ausbildung. Sie hilft zum Einen das Fluggerät zu beherrschen, aber auch um den gesamten Prozess kennenzulernen und fachlich abzusichern, darüber hinaus wird keine Kraft an ungeeignete Methoden verschleudert.

Autorangaben

Dipl.-Ing. Helmut Wenninger
Max-Planck-Str.4,
85609 Aschheim-Dornach
www.wenninger.de



Der Autor studierte Vermessung und Geoinformatik an der FH München. Er leitet die Wenninger Geoinformatik seit 45 Jahren und hat eine umfassende Erfahrung über die Tätigkeit in der Praxis. Zudem hat er die Vermarktung und Weiterentwicklung der CADdy-Software übernommen.

Im VDV ist er Ehrenlandesvorsitzender des VDV Bayern