
Chancen und Grenzen von Low-cost Drohnen – Praxisbeispiele aus der Lehre von Geoinformatik und Vermessung

Pascal NEIS, Eric BACH, Marvin FITZKE, Niklas GÖSEL, Lukas KAUF,
Darius MINOR, Benedict MÜLLER, Moritz SAUERESSIG

Hochschule Mainz – Fachrichtung Geoinformatik und Vermessung · pascal.neis@hs-mainz.de

Zusammenfassung

Mit drei Beispielen von bekannten Vermessungsaufgaben, wie Gebäudeabsteckung, Grenzaufnahme und Aufnahme und Erstellung eines 3D-Modelles wurde überprüft, wo die Chancen und Grenzen einer Low-cost Drohne liegen. Im Ergebnis konnten die jeweiligen Genauigkeitsanforderungen bei keiner Untersuchung erreicht werden. Die verbauten Sensoren und auch die Schnittstelle zur Steuerung der untersuchten Drohne hatten direkte Auswirkungen auf die erzielten Ergebnisse. Dennoch bietet die verwendete Drohne, durch ihre zahlreichen Sensoren, Schnittstellen, Kurs- und Übungsmaterialien, vielseitige Möglichkeiten den Einstieg und Umgang, wie die manuelle und automatisierte Flugsteuerung, praktisch mit Schülern und Studierenden zu erleichtern.

1 Einleitung

An der Hochschule Mainz wurde im Rahmen eines Vorlesungsmoduls im Masterstudiengang Geoinformatik und Vermessung im Sommersemester 2022 anhand von drei Praxisbeispielen untersucht, inwieweit eine Low-cost Drohne in der Lehre und Ausbildung sinnvoll eingesetzt werden kann. Im Fokus der Vorlesung bzw. der Gruppenarbeiten lagen dabei die Schwerpunkte auf die implementierte vollautomatisierte Steuerung der Drohne und der gewählte Versuchsaufbau zur Prüfung der Genauigkeit.

2 Low-cost Drohne

Die im Rahmen der Praxisbeispiele verwendete Low-cost Drohne „RoboMaster TT“ stammt vom Unternehmen DJI, ist seit ca. Mitte 2021 in Europa auf dem Markt und hat eine unverbindliche Preisempfehlung von 269 €. Die „RoboMaster TT“ wird als pädagogische Drohne beworben, da für sie speziell ausgerichtetes Lehrmaterial, in Form von verschiedenen Kursen im Kontext von Robotik und KI, angeboten werden. Die Drohne (siehe Abbildung 1) bietet eine Software Development Kit (SDK) Unterstützung, hat ein Gewicht von 87g und hat die folgenden Sensoren an Bord: Inertial Measurement Unit (IMU), Infrarot-Höhenmesser, Barometer, abwärts gerichteter Sichtsensor, Wi-Fi, Bluetooth und eine Kamera. Die maximale Flugreichweite mit WLAN beträgt ca. 100m und über eine Bluetooth-Fernsteuerung ca. 15m. Zusätzlich kann durch ein steckbares Modul die Drohne um einen Mikrocontroller (ESP32)

mit Infrarot-Abstandssensor (TOF) und weiteren Sensoren ergänzt werden. Die Erfassungsentfernungsgenauigkeit vom TOF wird dabei vom Hersteller mit 2cm angegeben. Die verbaute Kamera hat laut Spezifikation eine 1,5 Zoll CMOS Sensorgröße. Die Auflösung eines Bildes beträgt 2.592×1.936 (5 Megapixel) bei einem Sichtfeld von $82,6^\circ$. Videos können mit einer Auflösung von 1280×720 (720p) und einer Bildrate von bis zu 30 Frames per second (FPS) aufgenommen werden. Die Drohne kann das Kamerabild auch in Form einer HD 750P-Bildübertragung als Livestream über ihr WLAN-Netzwerk zur Verfügung stellen.



Abb. 1:

Drohne mit Controller und Punktmatrix-Display
Bildquelle: <https://www.dji.com/de/robomaster-tt>

3 Praxisbeispiele

Zur Untersuchung der Chancen und Grenzen der verwendeten Low-cost Drohne wurden drei Beispiele aus bekannten Vermessungsaufgaben gewählt, wie die Gebäudeabsteckung, Grenzaufnahme und Aufnahme und Erstellung eines 3D-Modelles. Die jeweiligen Versuchsaufbauten sind in Abbildung 2 dargestellt. Die eingesetzte Drohne kann in ihrer Standardausführung für die Positionierung bzw. Positionsbestimmung nicht auf ein Global Navigation Satellite System (GNSS) zurückgreifen. Dementsprechend erfolgten die Praxisbeispiele je in einem lokalen metrischen Koordinatensystem.

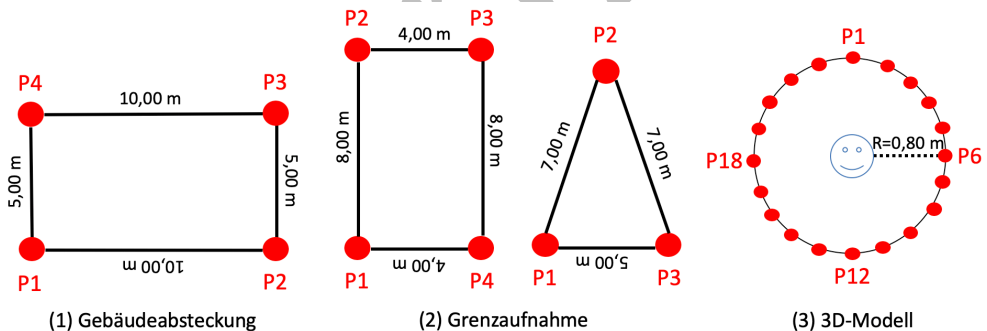


Abb. 2: Versuchsaufbauten der gewählten Praxisbeispiele

3.1 Gebäudeabsteckung

Beim Praxisbeispiel der Gebäudeabsteckung erfolgte mit Hilfe der Drohne eine automatisierte programmgestützte Markierung von vier Gebäudeeckpunkten. Dafür wurde ein eigenes JAVA Programm implementiert, welches das SDK der Drohne nutzt. Durch diesen praktischen Versuch soll beurteilt werden können, ob die eingesetzte Drohne für eine Grob- (Genauigkeitsanforderung < 10 cm) und grundsätzlich für eine Fein- (Genauigkeitsanforderung < 1 cm) absteckung geeignet ist. Damit die Drohne die Gebäudeeckpunkte „markieren“ kann (siehe Abbildung 2), wurden zwei Laserdioden an der MCU angeschlossen. Eine Diode dient dabei der horizontalen Ausrichtung der Drohne und eine Diode zur vertikalen

Markierung der Gebäudeecke. Damit die Genauigkeit in diesem Versuchsaufbau nicht zusätzlich von äußeren Einflüssen wie Wind oder schlechten Lichtbedingungen beeinflusst werden kann, erfolgten die drei Versuche mit je 5 Absteckungen in der Aula der Hochschule Mainz. Somit galten für je 5 Absteckungen die folgenden Bedingungen:

1. Versuch: Tageslicht (Raumlicht Aus) und kein Rotieren der Drohne
2. Versuch: Tageslicht (Raumlicht An) und kein Rotieren der Drohne
3. Versuch: Tageslicht (Raumlicht An) und Rotieren der Drohne

Für die Untersuchung der Genauigkeit wurden die Differenzen der abgesteckten Gebäudepunkten zu den Sollkoordinaten ermittelt. Bei Versuch 1 wurde aus den fünf Durchläufen eine Standardabweichung des Einzelwerts von 39cm und im Mittel aller Sätze von 7cm erreicht. Beim 2. Versuch eine Standardabweichung von 32cm und im Mittel 6cm. Der 3. Versuch zeigte eine Standardabweichung des Einzelwertes von 49cm und im Mittel 9cm. Die Ergebnisse zeigen, dass die Drohne nicht die geforderte Genauigkeitsanforderung ($<10\text{cm}$) für eine Grobabweckung liefern kann. Eine Verwendung bei einer Feinabweckung ist demnach ebenfalls nicht möglich. Weiterhin ist in den Ergebnissen ebenfalls ersichtlich, dass unterschiedliche Lichtverhältnisse und das Rotieren bereits den Flug und damit die Genauigkeit der Drohne beeinflussen. Weiterführende Tests einer Gebäudeabweckung im Außenbereich der Hochschule zeigten bereits, dass die Drohne sehr windempfindlich ist.

3.2 Grenzaufnahme

Um die Möglichkeiten der Drohne mit integrierter Kamera auszunutzen, wurde die Grenzaufnahme mit Hilfe von Computer Vision umgesetzt. Durch ein selbstimplementiertes Programm wird die Drohne so gesteuert, dass mittels Gesichtserkennung eine Person erkannt bzw. verfolgt wird, die eine aufzunehmende Grenze abläuft. Bei der Aufnahme der Grenze wird dabei kontinuierlich die Position der Person erfasst, was wiederum den Grenzverlauf im Anschluss als Ergebnis liefern soll. Die Umsetzung der Gesichtserkennung erfolgt mit Hilfe der OpenCV Bibliothek in JAVA. Um die mögliche Genauigkeit für diese Aufgabe (Anforderung $<1\text{cm}$) zu bestimmen, wurden zwei unterschiedliche Teststrecken (siehe Abbildung 2) in drei Durchläufen im Außenbereich der Hochschule abgegangen bzw. abgeflogen. Die zu erfassenden Grenzpunkte wurden dabei auf dem Boden markiert, damit sie von der Person abgelaufen und damit über die Drohne erfasst werden können. Aus den erfassten Positionen des Drohnenfluges lassen sich anschließend die Abweichungen zu den Sollkoordinaten berechnen. Obwohl die testweise durchgeführten Grenzaufnahmen ein kleineres Ausmaß haben, sind bereits größere Abweichungen aufgetreten. Bei der rechteckigen Teststrecke liegen die erfassten Punkte der Grenzaufnahme im Mittel ca. 40cm neben den abgelaufenen Punkten und bei der dreieckigen Teststrecke sind es im Mittel ca. 60cm. Diese Abweichungen werden sich voraussichtlich bei praxisnahen Grenzaufnahmen noch verstärken. Dies lässt sich auf verschiedene Ursachen zurückführen: Der Abflug der Strecke erfolgt sehr kleinschrittig, wodurch die Drohne viele kleine Positionsänderungen durchführt. Zusätzlich muss die Drohne häufig die eigene Position korrigieren bzw. justieren, damit die Gesichtserkennung in ihrem Toleranzbereich bleibt.

3.3 Aufnahme und Erstellung eines 3D-Modelles

Die Qualität eines 3D-Modells ist direkt abhängig von der Qualität der Fotos, deren Anzahl und der daraus resultierenden Überlappungen. Um zu untersuchen ob die verwendete Drohne für die Aufnahme der Fotos eines Objektes eingesetzt werden kann, wurde der in Abbildung

2 gezeigte Versuchsaufbau gewählt. Die Drohne flog dabei in einem Kreis mit einem Radius von 80cm insgesamt 24 Punkte ab. Der Flug um das aufzunehmende Objekt wurde dabei von einem eigens implementierten JAVA Programm durchgeführt. Dieses berechnet anhand des Radius und Mittelpunktwinkels den Flugplan um das aufzunehmende Objekt. Das Programm fliegt nach der Erstellung des Flugplanes automatisiert die Punkte ab und erstellt an den jeweiligen Punkten auf dem Kreis ein Foto vom Objekt. Für dieses Praxisbeispiel ist es besonders wichtig die Konfiguration der Einstellungen für den Livestream der Drohne zu prüfen. Das eigene SDK der Drohne bietet hierfür verschiedene Parameter wie die Qualität des verfügbaren Livestreams eingestellt werden kann. Neben Auflösung, kann die Bitrate (MB/s) und FPS geändert werden. Bei diesem Versuch wurden die folgenden Einstellungen genutzt: 980x720px, 5MB/s, 5FPS. Für die Erstellung der Bilder aus dem Livestream kam wieder OpenCV zum Einsatz. Nach der Aufnahme der Bilder erfolgte die Erstellung eines 3D-Modells mittels der Photogrammetrie Software Agisoft Metashape. In drei Versuchen konnte jeweils mit den erfassten Bildern grundsätzlich ein 3D-Modell berechnet werden. Das resultierende Modell hat aber eine sehr schlechte Qualität. In einem weiteren Versuch wurde mittels der verfügbaren offiziellen Tello App für iOS der berechnete Flugplan mit der Drohne abgeflogen und über die App jeweils ein Foto des Objektes erstellt. Hierbei fällt auf, dass über die verwendete App des Herstellers ein Bild mit einer 5MP Auflösung erstellt werden kann. Über das SDK können direkt keine Bilder erstellt werden, nur der Livestream kann zur Anfertigung von Bildern in seiner Auflösung von 980x720px eingesetzt werden. Bei der Weiterverarbeitung der aufgenommenen Bilder durch die App konnte mit Agisoft Metashape ein 3D-Modell des aufgenommenen Objektes berechnet werden.

4 Fazit: Chancen & Grenzen

Die durchgeführten Praxisbeispiele haben gezeigt, dass die geforderte Genauigkeit in keinem der drei Vermessungsaufgaben von der verwendeten Low-cost Drohne eingehalten werden kann. Neben den generellen Abweichungen beim Fliegen von der geplanten Route, fiel bei den durchgeführten Versuchen besonders die Anfälligkeit der Drohne beim Rotieren und bei bereits leichtem Wind auf. Dies führte direkt zu Abweichungen bei der Erfassung oder Absteckung im cm-Bereich. Die verbaute Kamera liefert zwar über die separat installierbare App eine 5MP Auflösung, über das SDK kann diese aber nicht komplett ausgeschöpft werden. Daneben ist die untersuchte Drohne lichtempfindlich und reagiert sensibel auf fehlende Oberflächenstrukturen des Untergrundes. Entstehende Abweichungen können zwar durch Licht und eine höhere Flughöhe minimiert werden, jedoch führten dies zu Beginn der Untersuchungen immer wieder zu Schwierigkeiten. Bei den Durchführungen der Vermessungsaufgaben in geschlossenen Räumen konnten geringe Abweichungen bei den Ergebnissen erreicht werden, wenn der Untergrund (Fußboden) mehr Struktur aufweist.

Die für diesen Beitrag verwendete Low-cost Drohne bietet dennoch durch ihre zahlreichen Sensoren, Schnittstellen, Kurs- und Übungsmaterialien, vielseitige Möglichkeiten den Einstieg und Umgang, wie die manuelle und automatisierte Flugsteuerung, praktisch mit Schülern und Studierenden zu erleichtern. Neben den hier beschriebenen Vermessungsaufgaben wurde im Rahmen des Vorlesungsmoduls noch ein Wettbewerb in Form eines Drohnenrennen durchgeführt, bei dem die Studierenden die Fluggeräte mit einem selbst implementierten JAVA Programm möglichst schnell durch mehrere vorgegebene Hindernisparcours fliegen lassen mussten.