

# Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen im Liegenschaftskataster

Markus Rembold

## Zusammenfassung

Unbemannte Luftfahrtsysteme ermöglichen heutzutage die hochgenaue photogrammetrische Bestimmung von Vermessungspunkten. Der Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen für Anwendungen im Liegenschaftskataster wird aus technischer wie rechtlicher Sicht dargestellt. Anwendungen ergeben sich insbesondere bei der Koordinierung von Gebäudepunkten und bei der Sollkoordinatenbestimmung von neuen Grundstücksgrenzen.

## Summary

Unmanned aerial systems (UAS) enable us to a precise photogrammetric calculation of survey points. The UAS-use to cadastral applications is shown from a technical and lawful point of view. Applications are especially the calculation of building coordinates and the computation of required coordinates.

**Schlüsselwörter:** unbemannte Luftfahrtsysteme, Liegenschaftskataster, Koordinierung von Gebäudepunkten, Sollkoordinaten

## 1 Einleitung

Unbemannte Luftfahrtsysteme werden zunehmend auch außerhalb ihrer ursprünglich militärischen Anwendung im zivilen Bereich von Privatpersonen und Behörden für unterschiedlichste Aufgaben eingesetzt. Die vom DVW e.V. in den Jahren von 2016 bis 2020 veranstalteten Seminare zeigen ein breites Anwendungsspektrum für unbemannte Luftfahrtsysteme vor allem auch im geodätischen Bereich auf (so zum Beispiel DVW e.V. 2020).

Aus der Sicht einer Katasterbehörde (Ennepe-Ruhr-Kreis, Nordrhein-Westfalen) werden im vorliegenden Beitrag der Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen im Liegenschaftskataster – insbesondere zur Koordinierung von Gebäudepunkten und zur Sollkoordinatenbestimmung – aus technischer wie rechtlicher Sicht dargestellt.

Neben Luftfahrzeugen wie beispielsweise Flugzeugen und Motorseglern gelten nach dem Luftverkehrsgesetz auch unbemannte Fluggeräte einschließlich ihrer Kontrollstation als Luftfahrzeuge, wenn sie nicht zu Zwecken des Sports oder der Freizeitgestaltung betrieben werden (unbemannte Luftfahrtsysteme; § 1 Abs. 2 Satz 2 LuftVG). Der Begriff »Drohne« ist eher militärisch geprägt. Das EU-Recht spricht hingegen nicht von »unbemannten Luftfahrtsystemen«, sondern von »unbemannten Luftfahrzeugsystemen« (unmanned aircraft system, UAS),

worunter unbemannte Luftfahrzeuge sowie die Ausrüstung für dessen Fernsteuerung zu verstehen sind (Art. 2 Satz 2 Nr. 1 VO (EU) 2019/947). Anstelle UAS sind auch die Begriffe »unmanned aircraft vehicle« (UAV) oder »unmanned aircraft« (UA) in Gebrauch. Für den vorliegenden Beitrag wird einheitlich die Abkürzung UAS verwendet.

Soweit nachfolgend vom amtlichen Raumbezug gesprochen wird, ist hiermit der einheitliche geodätische Raumbezug (§ 1 Abs. 2 VermKatG NRW) gemeint, dessen 3D-Position (Lage und ellipsoidische Höhe) durch das ETRS89/DREF91/Realisierung 2016 gegeben ist (Nr. 3 ErhE).

## 2 Bisherige Anwendungen von UAS im Liegenschaftskataster

Mit zunehmender Entwicklung kompakter UAS und adäquater Auswerteprogramme ist in der Literatur der vergangenen Jahre wiederholt die Anwendung UAS-gestützter photogrammetrischer Verfahren für Katastervermessungen behandelt worden.

Manyoky et al. (2012) beschreiben die Ergebnisse einer an der ETH Zürich durchgeführten Pilotstudie, bei der zwei Messgebiete (Grundstücksgrenzen, Gebäudeecken, Vegetation) mit je zwei Methoden (Totalstation/GNSS und UAS) aufgenommen wurden. Mit den eingesetzten UAS werden Genauigkeiten von durchschnittlich 2,3 cm in der Lage und 3,8 cm in der Höhe erreicht und damit die in der Schweiz, in Österreich und in Bayern für das Liegenschaftskataster geforderten Genauigkeiten eingehalten (Manyoky et al. 2012).

Rose (2014, 2016) berichtet über den Einsatz von UAS bei Liegenschaftsvermessungen; Anwendungsfälle sind dort unter anderem die Ermittlung neuer Grenzen (zum Beispiel für Straßenschlussvermessungen), die Vermessung von Gewässern, die Bestimmung von temporären Vermessungspunkten sowie Gebäudeeinträge. Letztere sind nach Rose (2016) als problematisch anzusehen, da die bei Liegenschaftsvermessungen erwartete Genauigkeit nicht ohne weiteres erreicht wird.

Schlösser und Kuhnt (2020) behandeln den Einsatz von UAS in der niedersächsischen Vermessungsverwaltung und sehen Anwendungsgebiete im Liegenschaftskataster unter anderem in der Vermessung von Gebäuden und langgestreckten Anlagen sowie in der Qualitätsverbesserung und der Aktualisierung der tatsächlichen Nutzung.

### 3 Rechtliche Aspekte

Beim Einsatz von UAS für Aufgaben des Liegenschaftskatasters ist die Frage der rechtlichen Zulässigkeit zu klären. Hierbei ist zu differenzieren, ob einerseits ein UAS durch die Verwaltungsvorschriften (Innenrecht) als Messwerkzeug zugelassen ist oder ob andererseits durch die Befliegung mit einem UAS in die Grundrechte Dritter eingegriffen wird und es daher einer gesetzlichen Ermächtigungsgrundlage bedarf (Außenrecht).

#### 3.1 Innenrecht

Unter Fernerkundung ist – im Sinne des nordrhein-westfälischen Erhebungserlasses (Nr. 9.1.4) – die berührungslose Erfassung von topographischen Bild- und Höheninformationen insbesondere durch Fotografie und Laserscanning zu verstehen. Ein UAS stellt damit ein Messwerkzeug zur Erhebung von Geobasisdaten des Liegenschaftskatasters dar, insbesondere zur Erhebung der tatsächlichen Nutzung und der charakteristischen Topographie (§ 12 Satz 2 Nr. 2 VermKatG NRW, Nr. 8.1.3 ErhE), aber auch zur Erfassung nicht einmessungspflichtiger Gebäude von Amts wegen (Nr. 28.6 ErhE).

Die Möglichkeit, ein UAS zur photogrammetrischen Bestimmung von Vermessungspunkten (Grenzpunkte, besondere Gebäudepunkte, besondere Bauwerkspunkte und Netzpunkte) im Zuge von Liegenschaftsvermessungen (§ 12 Satz 2 Nr. 1 VermKatG NRW) einzusetzen, besteht jedoch aufgrund der derzeitigen Verfahrensvorschriften nicht. Hierfür sind (nur) satellitengestützte Verfahren mit SAPOS® unter Nutzung der Dienste HEPS oder GPPS, Polaraufnahmen mit Anschluss an geeignete Vermessungspunkte des Koordinatenkatasters oder kombinierte Verfahren einzusetzen (Nr. 33.1.2 Satz 1 ErhE).

#### 3.2 Außenrecht

Der Betrieb von UAS ist in der Bundesrepublik Deutschland unter anderem im Luftverkehrsgesetz und der Luftverkehrs-Ordnung geregelt. Die Sicherheitsanforderungen an einen UAS-Betrieb sind in der Luftverkehrs-Ordnung (Abschnitt 5a, § 21a ff.) als »erlaubnisfreier Betrieb« (Gewichtsklasse bis 5 kg), als »erlaubnispflichtiger Betrieb« (sog. präventives Verbot mit Erlaubnisvorbehalt; 5 kg bis 25 kg) und in Form von »Betriebsverboten« mit Ausnahmemöglichkeiten (sog. repressives Verbot mit Befreiungsvorbehalt; ab 25 kg) ausgestaltet (siehe im Einzelnen Giemulla et al. 2018).

Gemäß § 21a Abs. 2 Nr. 1 LuftVO ist eine Behörde beim Betrieb von UAS von der Erlaubnis- und Kenntnissnachweispflicht befreit, wenn der Betrieb zur Erfüllung einer Aufgabe der Behörde stattfindet. Die Luftverkehrs-Ordnung nimmt damit behördliche UAS-Einsätze zwar von Beschränkungen aus, enthält eine ausdrück-

liche Ermächtigung zum Einsatz von UAS allerdings nicht (Gröhn 2017). Für das amtliche Vermessungswesen in Nordrhein-Westfalen bestehen derzeit keine (spezial-) gesetzlichen Regelungen, die einen Einsatz von UAS als »Erhebungsmodalität« (Möstl und Schwabenbauer 2019) zulassen. Das nordrhein-westfälische Vermessungs- und Katastergesetz ist messtechnik-neutral formuliert; es wird allgemein gefordert, dass die Aufgabenerfüllung des amtlichen Vermessungswesens ständig dem Fortschritt von Wissenschaft und Technik anzupassen ist (§ 1 Abs. 1 Satz 2 VermKatG NRW).

Hingegen können die bestehenden Möglichkeiten von Betretungsrechten privater Grundstücke durch Behördenmitarbeiter in die Bewertung einbezogen werden: In einem Großteil der Fälle, in denen ohne den UAS-Einsatz von einem Betretungsrecht Gebrauch gemacht würde, dürften auch gute Argumente für einen UAS-Einsatz sprechen (Gröhn 2017).

Die in Kap. 4 beschriebenen UAS-Anwendungen im Liegenschaftskataster sind als örtliche Aufgaben zur Durchführung des Vermessungs- und Katastergesetzes anzusehen (§ 6 Abs. 1 VermKatG NRW). Hierfür besteht ein Betretungs- und Befahrrecht, wonach Personen berechtigt sind, bei der Erfüllung ihres Auftrags Grundstücke und bauliche Anlagen zu betreten und zu befahren, um die nach pflichtgemäßem Ermessen erforderlichen Arbeiten vorzunehmen (§ 6 Abs. 1 VermKatG NRW). Dieses Recht kann zum einen für den Start- und Landeplatz des UAS angewendet werden, zum anderen aber auch als Argument für den UAS-Einsatz an sich herangezogen werden (Gröhn 2017).

Die Absicht, Grundstücke oder bauliche Anlagen zu betreten oder zu befahren, soll den Eigentümerinnen und Eigentümern oder Besitzerinnen und Besitzern oder sonstigen Nutzungsberechtigten vorher mitgeteilt werden (§ 6 Abs. 2 VermKatG NRW). In Analogie zu dieser Regelung werden bei Befliegungen seitens der Katasterbehörde des Ennepe-Ruhr-Kreises die betroffenen Personen vorher schriftlich informiert. Aufgrund der Erlaubnispflichtbefreiung bei UAS-Einsätzen durch Behörden (§ 21a Abs. 2 Nr. 1 LuftVO) bedarf es auch keiner Zustimmung des Grundstückseigentümers oder des sonst Berechtigten für den UAS-Aufstieg (§ 21a Abs. 5 Nr. 1 LuftVO); gleiches gilt für Zustimmungen gemäß § 25 Abs. 1 LuftVG.

Grundsätzlich ist fraglich, ob UAS-Einsätze für eine Aufgabenwahrnehmung im amtlichen Vermessungswesen vor dem Hintergrund einer höheren Eingriffsbreite oder -intensität überhaupt einer Normierung bedürfen. So sind die im Polizei- und Ordnungsrecht zu findenden Regelungen zum UAS-Einsatz eher klarstellende Normen (so zum Beispiel Möstl und Schwabenbauer (2019) zu Art. 47 BayPAG oder Landtag M-V (2019) zu § 34 SOG M-V). Ein Eingriff in das Recht auf informationelle Selbstbestimmung (Art 2. Abs. 1, Art. 1 Abs. 1 GG) liegt zudem in der Regel nicht vor, da in den Schrägluftbildern die Menschen zwar anhand ihrer Umrisse noch als

solche erkennbar sind, infolge der gewählten Flughöhen die individuelle Person aber nicht identifizierbar ist (Gröhn 2017).

Änderungen, die sich infolge des neuen EU-Rechts insbesondere für den behördlichen UAS-Einsatz ergeben, bleiben abzuwarten.

## 4 Anwendungen

Die Tatsache, dass in Nordrhein-Westfalen derzeit keine Möglichkeit besteht, ein UAS zur photogrammetrischen Bestimmung von Vermessungspunkten im Zuge von Liegenschaftsvermessungen einzusetzen (Kap. 3.1), schmälert das Einsatzspektrum eines UAS im Liegenschaftskataster keineswegs.

Nachfolgend werden als Anwendungsbeispiele die Koordinierung von Gebäudepunkten (Kap. 4.1) und die Bestimmung von Sollkoordinaten aus Orthophotos im Zuge von Straßenschlussvermessungen behandelt (Kap. 4.2).

### 4.1 Koordinierung von Gebäudepunkten

Im Geobasisinformationssystem des Liegenschaftskatasters sind neben allen Flurstücken auch alle Gebäude aktuell darzustellen und zu beschreiben (§ 11 Abs. 1 Satz 1 VermKatG NRW). Aufgrund des neuerdings bezüglich des Gebäudenachweises in Nordrhein-Westfalen bestehenden Grundsatzes »Aktualität vor Qualität« (vgl. § 19 Abs. 3 Satz 4 DVOzVermKatG NRW) wäre beispielsweise ein aus Orthophotos digitalisierter Nachweis ausreichend. Allerdings wird dann nicht der Gebäudegrundriss (senkrechte Projektion des Gebäudekörpers auf die Erdoberfläche), sondern die im Orthophoto erkennbare Dachfläche nachgewiesen. Zudem sind die Koordinaten der Dachecken nicht als Anschlusspunkte für eine sich anschließende Neuberechnung des Katasternachweises nutzbar.

Die Koordinierung von Gebäudepunkten mittels UAS wird nachfolgend beispielhaft anhand des Katastererneuerungsverfahrens Breckerfeld-BoBel (Stadt Breckerfeld, Gemarkung Breckerfeld, Flur 16) beschrieben. Das Gebiet umfasst eine Fläche von 10 Hektar, die im Wesentlichen von einer kleineren, landwirtschaftlichen Ortslage mit etwa 80 Gebäudeobjekten geprägt ist.

Die Ortslage wurde in fünf unterschiedlichen Bildflügen (eine Nadiraufnahme, je eine Obliqueaufnahme pro Himmelsrichtung, Neigungswinkel  $-60^\circ$ ) in einer Höhe von 70 m mit einer Längsüberdeckung  $p = 80\%$  und einer Querüberdeckung  $q = 70\%$  überflogen, wobei insgesamt 2127 Bilder aufgenommen wurden. Da sich infolge der Obliqueaufnahmen unterschiedliche Bildmaßstäbe ergaben, konnte auf unterschiedliche Flughöhen der Bildflüge zur zuverlässigen Bestimmung der inneren Orientierung verzichtet werden.

Zum Einsatz kam ein UAS der Firma SZ DJI Technology Co., Ltd. (Phantom 4 RTK). Der Zweifrequenz-RTK-GNSS-Empfänger empfängt neben den L1-/L2-Frequenzen des GPS- und des GLONASS-Systems auch die B1-/B2-Frequenzen des BeiDou-Systems und die E1-/E5a-Frequenzen des Galileo-Systems; die SAPOS®-HEPS-Korrekturdaten werden über NTRIP empfangen.

Die neun über das Gebiet verteilten Kontrollpunkte wurden mittels GNSS (SAPOS®-HEPS, Leica GS 16) im amtlichen Raumbezug zweifach bestimmt (lineare Abweichung aus zwei unabhängigen Bestimmungen:  $\varnothing 0,011$  m, maximal 0,015 m).

In der Auswertesoftware (Agisoft Metashape Professional) erfolgte zunächst eine automatisierte Extraktion und Zuordnung von Bildmerkmalen sowie eine robuste Bildverknüpfung (relative Orientierung über 928.216 Verknüpfungspunkte, »dünne Punktwolke«). Der RMSE-Rückprojektionsfehler (reprojection error, Agisoft LLC 2020) dieser Punktwolke betrug 0,593 px; er ist ein Maß für die Übereinstimmung der beobachteten Bildpunkte und der rekonstruierten 3D-Punkte.

Die anschließende Bündelausgleichung lieferte die Schätzung der Parameter der inneren Orientierung (Kamerakonstante, Bildhauptpunktlage, radial-symmetrische sowie radial-asymmetrische und tangentiale Verzeichnung) und der äußeren Orientierung (3 Translationen und 3 Rotationen pro Bild). Bezüglich der geschätzten 2127 Kamerapositionen (estimated camera locations) ergaben sich folgende durchschnittliche RMSE-Werte in East, North und Normalhöhe:  $RMSE_E = 0,022$  m,  $RMSE_N = 0,018$  m,  $RMSE_H = 0,069$  m. Die vorgenannten RMSE-Werte werden in der eingesetzten Auswertesoftware aus den in der Bündelausgleichung für jede Kameraposition geschätzten Koordinaten und den Eingangskordinaten (input values; aus Echtzeit-GNSS-Bestimmung) berechnet (Agisoft LLC 2020). Die ellipsoidischen Höhen wurden mit einer mittleren Geoidundulation in Normalhöhen (DHHN 2016) umgerechnet.

Die mittels GNSS bestimmten Punkte wurden dabei nicht zur Lagerung der Bildflüge, sondern lediglich als Kontrollpunkte benutzt. Die linearen Abweichungen in den neun mittels GNSS bestimmten Kontrollpunkten (Punktnummern (1) bis (9)) sind in Tab. 1 aufgeführt. Die durchschnittlichen RMSE-Werte für die Kontrollpunkte (1) bis (9) ergaben sich in East, North und Normalhöhe zu  $RMSE_E = 0,004$  m,  $RMSE_N = 0,008$  m,  $RMSE_H = 0,030$  m.

Der Anschluss an den amtlichen Raumbezug erfolgte somit »nur« über die mittels SAPOS®-HEPS während der Befliegung gemessenen Echtzeit-Koordinaten (direkte Georeferenzierung).

Nach der Bündelausgleichung wurden die in den Bildern sichtbaren Gebäudeecken mit Hilfe allgemeiner räumlicher Vorwärtsschnitte im amtlichen Raumbezug koordiniert (Abb. 1). Dazu wurden durchschnittlich etwa 6 Bildmessungen pro Gebäudeecke durchgeführt. Bei insgesamt 246 koordinierten Gebäudeecken ergab sich ein RMSE-Rückprojektionsfehler  $< 1$  px (error pix, Agisoft LLC 2020).

Tab. 1: Lineare Abweichungen in den Kontrollpunkten

| Kontrollpunkte ...   | Punktnummer | Lineare Abweichung in East, North |        | $ds = \sqrt{dE^2 + dN^2} [m]$ |
|--|-------------|-----------------------------------|--------|-------------------------------|
|  |             | dE [m]                            | dN [m] |                               |
| ... mittels GNSS (SAPOS®-HEPS, Leica GS 16) bestimmt       | (1)         | 0,004                             | 0,001  | 0,004                         |
|  | (2)         | -0,004                            | -0,001 | 0,004                         |
|  | (3)         | -0,006                            | -0,018 | 0,019                         |
|  | (4)         | 0,003                             | 0,010  | 0,010                         |
|  | (5)         | 0,000                             | 0,002  | 0,002                         |
|  | (6)         | -0,007                            | -0,013 | 0,015                         |
|  | (7)         | 0,006                             | 0,009  | 0,011                         |
|  | (8)         | 0,001                             | 0,004  | 0,004                         |
|  | (9)         | 0,001                             | -0,005 | 0,005                         |
| ... aus Gebäudeeinmessung (Bestimmungsjahr 2011, GST 2100) | 200500      | 0,007                             | -0,034 | 0,035                         |
|  | 200501      | 0,012                             | -0,003 | 0,012                         |
|  | 200502      | 0,016                             | -0,001 | 0,016                         |
|  | 200503      | 0,006                             | -0,025 | 0,026                         |
|  | 200504      | -0,007                            | -0,039 | 0,040                         |
|  | 200505      | -0,013                            | -0,005 | 0,014                         |

Dieser Fehler lässt sich näherungsweise mit der Aufnahmeentfernung  $h = 100$  m und der Kamerakonstanten  $c = 8,8 \text{ mm} = 3648 \text{ px}$  in die Ground Sampling Distance (GSD) umrechnen:

$$GSD [m] = \frac{h [m]}{c [px]} \cdot 1 [px] = 0,027 [m]$$

Zudem lagen Gebäudepunkte vor, deren amtliche Koordinaten im Jahr 2011 bei einer Gebäudeeinmessung in Koordinatenkatasterqualität (GST 2100, Standardabweichung  $\leq 3$  cm) bestimmt worden waren. Die Gebäudeecken waren dabei mit einer einfachen Polaraufnahme mit Spannmaßkontrolle auf doppelt GNSS-bestimmte, temporäre Vermessungspunkte aufgemessen worden. Diese Gebäudepunkte wurden ebenfalls photogrammetrisch bestimmt und konnten somit als Kontrollpunkte benutzt werden. Die linearen Abweichungen sind ebenfalls in Tab. 1 aufgeführt (Punktnummern 200500 ff.).

Die Dokumentation der photogrammetrisch bestimmten Gebäudepunkte erfolgt in einem Fortführungsriß (Abb. 2) und in den hierzu gehörenden Vordrucken der Anlage 8 ErhE (Blätter A, B1 und D). Im Fortführungsriß werden die photogrammetrisch bestimmten Gebäudepunkte mit ihren Punktnummern (abschließende Punktnummern im amtlichen Raumbezug, Hilfspunktnummer) dargestellt.

Bei bereits im Liegenschaftskataster nachgewiesenen Gebäuden werden aus den photogrammetrisch bestimmten Koordinaten der Gebäudepunkte die Längen der Gebäudeseiten berechnet und mit ihrem vorhandenen Nachweis im Katasterzahlenwerk verglichen. Liegen

die Abweichungen innerhalb der größten zulässigen Abweichungen der Nr. 2.2.3 Anlage 5 ErhE, werden die betreffenden Gebäude im Fortführungsriß »schwarz« dargestellt und die aus den photogrammetrisch bestimmten Koordinaten ermittelten Spannmaße als Klammermaße dokumentiert (Abb. 2). Es erhalten nur diejenigen Gebäudepunkte eine abschließende Punktnummer im amtlichen Raumbezug, die in zwei möglichst senkrecht zueinander stehenden Richtungen rechnerisch auf Identität überprüft worden sind. Diejenigen Punkte, die nur in eine Richtung überprüft sind, erhalten im Fortführungsriß Hilfspunktnummern. Ihre endgültige Koordinierung erfolgt erst in der im Anschluss durchgeführten Neuberechnung des Katasterzahlenwerks (Rembold 2021).

Das Blatt A (Anlage 8a ErhE)

enthält – wie bei jeder Liegenschaftsvermessung – lediglich die Verwaltungsdaten, wie die Angaben zur Vermessungsstelle, zum Ort der Vermessung, zu den Besonderheiten der Vermessungsschriften und zu den Personen, die die örtliche/häusliche Bearbeitung vorgenommen haben.

Das Blatt B1 (Anlage 8b ErhE) dokumentiert die GNSS-Messwerte der Kontrollpunkte.

Das Blatt D (Anlage 8e ErhE) umfasst die sogenannte VP-Liste, die die Koordinaten der photogrammetrisch bestimmten Gebäudepunkte und deren Standardabweichungen sowie die linearen Abweichungen dE, dN und ds in den Kontrollpunkten nachweist.

Eine gesonderte Dokumentation der statistischen Parameter der Bündelausgleichung ist in den für Liegenschaftsvermessungen vorgesehenen Ausgleichungsprotokollen der Anlage 8 ErhE (Anlage 08f, 08g, 08h; Blätter F, G, H für die freie, dynamische und endgültige Ausgleichung) nicht ohne Weiteres möglich. Sie ist aber auch in dieser Form nicht erforderlich. Werden zum Beispiel Vermessungspunkte mittels SAPOS®-HEPS bestimmt, wird die Schätzung der Phasenmehrdeutigkeiten in einem Referenzstationsnetz (Netz-RTK; SAPOS®) auch nicht gesondert dokumentiert. Vielmehr werden im Blatt B1 (Anlage 8b ErhE) nur die geschätzten Echtzeitkoordinaten (Einzelmessung) mit ihren a-posteriori Standardabweichungen und weiteren Parametern (Satellitenzahl, GDOP, Epochenzahl) aufgeführt. Gleiches kann auch für mehrfach photogrammetrisch bestimmte Vermessungspunkte ausreichend sein.

Die Gebäudepunkte werden mit der Genauigkeitsstufe 2200 (Standardabweichung  $\leq 6$  cm) und mit der



Deskription »Aus Luftbildmessung oder Fernerkundungsdaten ermittelt« (DES 2000) geführt. Aufgrund der erzielten Genauigkeiten wäre auch eine Vergabe der Genauigkeitsstufe 2100 (Standardabweichung  $\leq 3$  cm) möglich. Da die Gebäudepunkte aber örtlich nicht untersucht wurden und daher eine Nutzung der Gebäudepunkte als Anschlusspunkte für künftige Liegenschaftsvermessungen ausgeschlossen werden soll (vgl. Nr. 33.1.3 ErhE zur Punktdefinition), wird die Genauigkeitsstufe 2200 vergeben.

Die zuvor beschriebene photogrammetrische Bestimmung von Gebäudepunkten ist aufgrund der rechtlichen Vorbehalte (Kap. 3.1) nicht als Gebäudeeinmessung (Liegenschaftsvermessung, § 12 Satz 2 Nr. 1 VermKatG NRW) zu werten.

Abschließend ist noch folgendes zu bemerken: Eine ausschließliche Koordinierung der Gebäudepunkte mittels photogrammetrischer Verfahren ist regelmäßig nicht zielführend, da das Prinzip der Nachbarschaft bezüglich der den Gebäudepunkten benachbarten Grenzpunkte infolge der Lagefehler der Flurkarte erheblich verletzt wird. So weist die Flurkarte in der Ortslage Breckerfeld-Boßel absolute Lagefehler in einer Größenordnung von durchschnittlich 2,80 m auf. Die Koordinaten der Grenzpunkte sind daher mit den vorhandenen Messwerten (Katasterzahlennachweis, Originärnachweis) im amtlichen Raumbezug neu zu berechnen, wobei ausschließlich Ausgleichungsverfahren eingesetzt werden. Das Verfahren ist in Rembold (2017, 2018) beschrieben.

Der Anschluss der Neuberechnung an den amtlichen Raumbezug erfolgte im vorliegenden Fall über 90 photogrammetrisch bestimmte Gebäudepunkte, zusätzliche terrestrische Vermessungen waren nicht notwendig. Hierüber wird an späterer Stelle berichtet werden (Rembold 2021).

## 4.2 Bestimmung von Sollkoordinaten

### 4.2.1 Koordinatenkataster

Unter Koordinatenkataster wird die Gesamtheit der Vermessungspunkte des Liegenschaftskatasters verstanden, deren Lagekoordinaten im amtlichen Raumbezug mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit ermittelt worden sind (Nr. 14.2.2 ErhE). Die Vermessungspunkte – also Grenzpunkte, besondere Gebäudepunkte, besondere Bauwerkspunkte und Netzpunkte – verfügen im Fall des



Abb. 1: Bildmessungen in den Schrägluftbildern

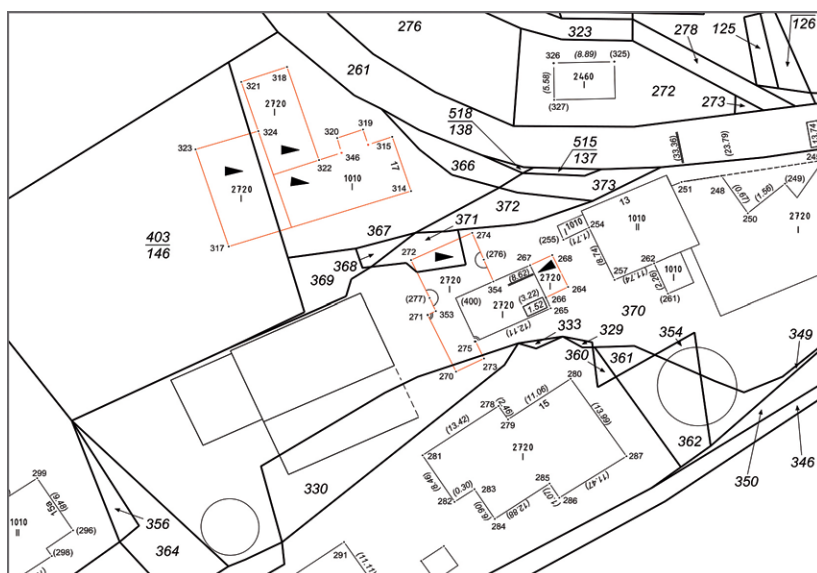


Abb. 2: Fortführungsriß (Ausschnitt)

Koordinatenkatasters über eine Standardabweichung in der Lage von 0,03 m oder besser (Nr. 32.1.1 Satz 1 ErhE).

Die Grundsätze des Koordinatenkatasters bestehen in der Absteckung von Sollkoordinaten und der Grenzuntersuchung durch Koordinatenvergleich (Nr. 32.3.2 Sätze 2 und 3 ErhE), wobei Sollkoordinaten als rechnerisch ermittelte Koordinaten von neuen Grenzpunkten in Koordinatenkatasterqualität definiert sind (Nr. 31.3 ErhE). In Gebieten, in denen das Koordinatenkataster bereits vorliegt oder im Rahmen von Liegenschaftsvermessungen geschaffen wird, können Sollkoordinaten für neue Grenzpunkte auch anhand der Auftragsvorgaben berechnet werden (Nr. 32.3.2 Satz 1 ErhE).

Die Sollkoordinaten können dabei nicht nur mit üblicher Vermessungssoftware oder CAD-Programmen berechnet werden, sondern auch aus digitalen Orthophotos abgeleitet werden, die wiederum Ergebnis einer UAS-Be-  
fliegung sind.

#### 4.2.2 Straßenschlussvermessung

Für neugebaute oder ausgebaute Straßen ist regelmäßig eine Straßenschlussvermessung durchzuführen (§ 16 Abs. 1 VermKatG NRW, § 13 StrWG NRW). Straßenschlussvermessungen mit UAS weisen insbesondere dann eine hohe Effizienz auf, wenn – mit Ausnahme zu bestimmender Kontrollpunkte – keine weiteren terrestrischen Vermessungen durchgeführt werden müssen. Bei Liegenschaftsvermessungen (§ 12 Satz 2 Nr. 1 VermKatG NRW) – insbesondere Teilungsvermessungen – sind aufgrund der bestehenden Verfahrensvorschriften in Nordrhein-Westfalen die alten »schwarzen« Grundstücksgrenzen auf Übereinstimmung mit den Nachweisen des Liegenschaftskatasters zu untersuchen (Nr. 27.1.1 ErhE). Aufgrund der gesetzlichen Abmarkungspflicht (§ 20 VermKatG NRW) sind bei den alten Grundstücksgrenzen Abmarkungsmängel zu beheben und die neuen »roten« Grenzen ebenfalls eindeutig, dauerhaft und sichtbar durch Grenzzeichen zu kennzeichnen.

Unter der Voraussetzung, dass das nordrhein-westfälische Vermessungs- und Katastergesetz dahingehend geändert wird, dass Grundstücksgrenzen grundsätzlich nur noch auf Antrag abgemerkt werden oder für neugebaute Straßen die gesetzliche Abmarkungspflicht gelockert wird (vgl. zu den jetzigen Ausnahmetatbeständen § 20 Abs. 2 VermKatG NRW), ist unter Nutzung von UAS folgende Verfahrensweise denkbar (Abb. 3):

- 1) Vor Beginn der Straßenbaumaßnahme:
  - a) Die vorhandenen Vermessungspunkte – insbesondere Grenzpunkte und Netzpunkte, für die noch keine Koordinatenkataster-Koordinaten vorliegen – werden in Abhängigkeit von der Qualität der Flurkarte mittels Liegenschaftsvermessung (§ 12 Satz 2 Nr. 1 VermKatG NRW, »Koordinierung von Grundstücksgrenzen«) untersucht und im amtlichen Raumbezug in Koordinatenkatasterqualität (KKQ) bestimmt; Abmarkungsmängel werden nicht behoben.
  - b) Ausgehend von diesen in Koordinatenkatasterqualität bestimmten Vermessungspunkten werden alle Punkte, deren Vermarkungen/Abmarkungen in der Örtlichkeit nicht vorgefunden werden, auf der Grundlage des bestehenden Katasternachweises mittels Neuberechnung mit alten Elementen im amtlichen Raumbezug koordiniert (Quasi-Koordinatenkatasterqualität, Q-KKQ).
- 2) Nach Abschluss der Straßenbaumaßnahme:
  - a) Die neugebaute oder ausgebaute Straße wird mittels UAS befliegen. Aus den (Nadir-/Oblique-)Aufnahmen werden digitale Orthophotos berechnet, aus denen Sollkoordinaten für markante Merkmale (vgl. Nr. 19.1.3 ErhE) der neuen Grenzen ermittelt

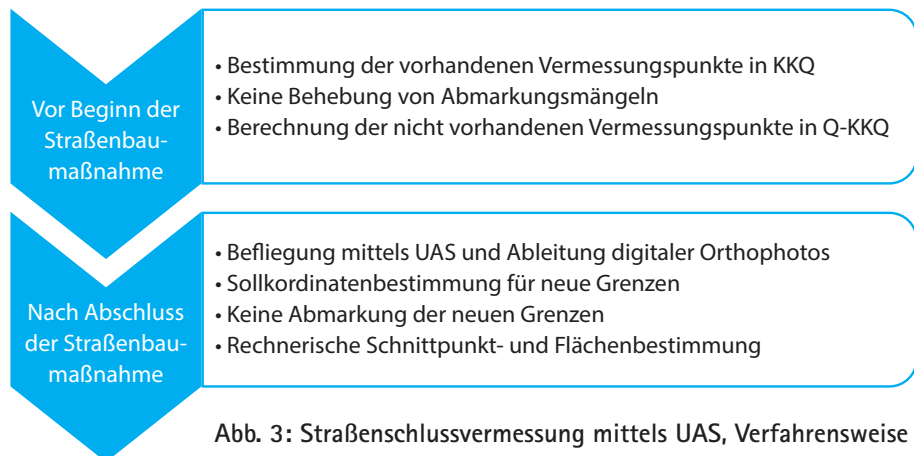


Abb. 3: Straßenschlussvermessung mittels UAS, Verfahrensweise

werden können. Markante Merkmale, wie zum Beispiel Fugen an den Hinterkanten von Rasenkantensteinen oder an den Vorderkanten von Bordsteinen, dürften gerade bei neugebauten oder ausgebauten Straßen hinreichend sichtbar und eindeutig sein, um den örtlichen Grenzverlauf zutreffend zu kennzeichnen.

- b) Die Berechnung der Schnittpunkte der neuen Grenzen mit den alten Grenzen sowie die Flächenberechnungen »Splissflurstücke« können aufgrund des Quasi-Koordinatenkatasters rein rechnerisch erfolgen.

Die vorgenannte Verfahrensweise ist an sich nicht neu und in ähnlicher Weise unter dem Begriff »Hochauflösende 3D-Karte (H3DK)« schon von Rose (2014, 2016) in Ansätzen publiziert worden. Ohne Änderung der gesetzlichen Grundlagen bezüglich der Abmarkungspflicht lässt sich das Verfahren allerdings nicht effizient einsetzen. So kann von einer Abmarkung abgesehen werden, wenn es sich um Grenzen zwischen Grundstücken handelt, die dem Gemeingebrach dienen (§ 20 Abs. 2 Nr. 2 VermKatG NRW). Diese Regelung kann beispielsweise bei der Abgrenzung von Flächen angewendet werden, die innerhalb des Straßenkörpers verschiedenen Straßenbaulastträgern zugeordnet werden müssen (§ 44 StrWG NRW). Bezüglich der äußeren Grenzen des Straßenkörpers besteht jedoch die gesetzliche Abmarkungspflicht, die sich technisch derzeit nur durch eine terrestrische Liegenschaftsvermessung umsetzen lässt.

## 5 Zusammenfassung

Auf dem Markt werden in jüngster Zeit kompakte und bezahlbare UAS angeboten, die mit RTK-fähigen Zweifrequenz-GNSS-Empfängern ausgestattet sind und die Korrekturdaten des Satellitenpositionierungsdienstes der deutschen Landesvermessung (SAPOS®-HEPS) empfangen können. Somit wird eine direkte Georeferenzierung der Bildverbände im amtlichen Raumbezug ermöglicht, die zu einer signifikanten Verbesserung der absoluten

Orientierungen sowie zu einer deutlichen Reduzierung von (polar-/GNSS-bestimmten) Kontrollpunkten führt.

UAS können für zahlreiche Aufgaben im Bereich des Liegenschaftskatasters eingesetzt werden. Insbesondere bietet sich die massenweise Bestimmung von Gebäudepunkten zum Beispiel in Neubaugebieten, aber auch bei Gebäudeaktualisierungen im Zuge von Katastererneuerungsmaßnahmen an. Unabhängig von den Befliegungszyklen der Landesvermessung (in Nordrhein-Westfalen derzeit zwei Jahre, Nr. 11.1.1 ErhE) können mit Hilfe der UAS-Photogrammetrie digitale Orthophotos und digitale Oberflächenmodelle abgeleitet werden, die wiederum zur Bestimmung von Sollkoordinaten für neue Grundstücksgrenzen, zur Gewässererfassung oder zur Fortführung der Amtlichen Basiskarte (tatsächliche Nutzung, charakteristische Topographie) genutzt werden können.

Es konnte nachgewiesen werden, dass die Genauigkeit der photogrammetrischen Bestimmung von Vermessungspunkten mittels UAS in einer Größenordnung möglich ist, die dem Koordinatenkataster entspricht.

Um die UAS-gestützten Mess- und Auswertverfahren effizient einsetzen zu können, bedarf es aber einer Fortschreibung des Fachrechts. In den nordrhein-westfälischen Verwaltungsvorschriften sind UAS für die Durchführung von Liegenschaftsvermessungen bislang nicht als Messwerkzeug zugelassen. Der Einsatz von UAS bei Straßenschlussvermessungen macht nur dann Sinn, wenn die bestehende Abmarkungspflicht gelockert oder ganz aufgehoben wird. Zudem besteht Klärungsbedarf bezüglich der Frage, ob ein UAS als »Erhebungsmodalität« (Möstl und Schwabenbauer 2019) einer fachgesetzlichen Ermächtigungsgrundlage bedarf.

## Dank

Einen herzlichen Dank sage ich meinen Kollegen Thomas Kaltenbach, Nikolas Kaszub und Hans-Jörg Lehmkuhl sowie Marten Krull (3D-Vermessungen Ingenieurbüro Krull, Hagen), die maßgebend zur Einführung der UAS-Photogrammetrie für Aufgaben des Liegenschaftskatasters im Ennepe-Ruhr-Kreis beigetragen und so erst diesen Beitrag ermöglicht haben.

## Literatur

- Agisoft LLC (2020): Agisoft Metashape User Manual Professional Edition, Version 1.6.
- DVW e.V. (Hrsg.) (2020): UAV 2020 – The Sky is the Limit? DVW-Schriftenreihe, Band 97, Augsburg.
- Giemulla, E., van Schydel, H., Friedl, A. (2018): Gewerblicher und privater Einsatz von Drohnen. Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten. 1. Aufl., Köln.
- Gröhn, K. (2017): Der ordnungsbehördliche Einsatz von Kameradrohnern. In: Baurecht, Heft 10/2017, 48. Jg., 1614–1622.
- Landtag M-V (2019): Gesetzentwurf der Landesregierung. Entwurf eines Gesetzes über die öffentliche Sicherheit und Ordnung in Mecklenburg-Vorpommern und zur Änderung anderer Gesetze. Drucksache 7/3694.
- Manyoky, M., Theiler, P., Steudler, D., Eisenbeiss, H. (2012): Anwendung von UAVs in der Katastervermessung. In: AVN – Allgemeine Vermessungsnachrichten, Heft 1/2012, 119. Jg., 24–28.

- Möstl, M., Schwabenbauer, T. (Hrsg.) (2019): Beck'scher Online-Kommentar Polizei- und Sicherheitsrecht Bayern. München 2019.
- Rembold, M. (2017): »Hauptsache, daß es fertig werde« – Zur Erneuerung des Liegenschaftskatasters. In: NÖV – Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungswesen Nordrhein-Westfalen, Heft 1/2017, 50. Jg., 26–45.
- Rembold, M. (2018): Gewichtsansätze bei der Ausgleichung von altem Katasterzahlenwerk. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 4/2018, 143. Jg., 233–241. DOI: 10.12902/zfv-0216-2018.
- Rembold, M. (2021): Neuberechnung von altem Katasterzahlenwerk mit Anschluss an UAS-bestimmte Gebäudepunkte. In Vorbereitung.
- Rose, A. (2014): Praktische Erfahrungen beim Einsatz von UAV bei der Durchführung von Liegenschaftsvermessungen. In: DVW e.V. (Hrsg.): Multi-Sensor-Systeme – Bewegte Zukunftsfelder. DVW-Schriftenreihe, Band 75, Augsburg, 141–153.
- Rose, A. (2016): Einsatz von UAV bei Katastervermessungen – ein Update. In: DVW e.V. (Hrsg.): UAV 2016 – Vermessung mit unbemannten Flugsystemen. DVW-Schriftenreihe, Band 82, Augsburg, 191–201.
- Schlösser, L., Kuhn, S. (2020): Einsatz von UAV im amtlichen Vermessungswesen – ein Werkstattbericht aus dem Zukunftskonzept VKV 2025. In: DVW e.V. (Hrsg.): UAV – The Sky is the Limit? DVW-Schriftenreihe, Band 97, Augsburg, 39–58.

## Rechtsquellen und Verwaltungsvorschriften

- Polizeiaufgabengesetz (PAG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14.09.1990 (GVBl. S. 397, BayRS 2012-1-1-I), zuletzt geändert durch § 1 des Gesetzes vom 10.12.2019 (GVBl. S. 691).
- Straßen- und Wegegesetz des Landes Nordrhein-Westfalen (StrWG NRW), Bekanntmachung der Neufassung vom 23.09.1995 (SGV. NRW. 91), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 26.03.2019 (GV. NRW. S. 193).
- Gesetz über die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster (Vermessungs- und Katastergesetz – VermKatG NRW) vom 01.03.2005 (SGV. NRW. 7134), zuletzt geändert durch Artikel 16 des Gesetzes vom 14.04.2020 (GV. NRW. S. 218b).
- Verordnung zur Durchführung des Gesetzes über die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster (DVOzVermKatG NRW) vom 25.10.2006 (SGV. NRW. 7134), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 09.12.2019 (GV. NRW. S. 985).
- Luftverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 10.05.2007 (BGBl. I S. 698), zuletzt geändert durch Artikel 11 des Gesetzes vom 30.11.2019 (BGBl. I S. 1942).
- Luftverkehrs-Ordnung vom 29.10.2015 (BGBl. I S. 1894), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 11.06.2017 (BGBl. I S. 1617).
- Erhebung der Geobasisdaten des amtlichen Vermessungswesens in Nordrhein-Westfalen – Erhebungserlass (ErhE) –, Runderlass des Ministeriums des Innern vom 15.09.2017 (SMBL. NRW. 71342), geändert durch den Runderlass des Ministeriums des Innern vom 10.12.2019 (MBL. NRW. S. 790).
- Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15.11.2019 (BGBl. I S. 1546).
- Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24.05.2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge (ABl. L 152 vom 11.06.2019, S. 45).

## Kontakt

Dr.-Ing. Markus Rembold  
Ennepe-Ruhr-Kreis  
Abteilung Liegenschaftskataster und Geoinformationen  
Hauptstraße 92, 58332 Schwelm  
m.rembold@en-kreis.de

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter [www.geodaesie.info](http://www.geodaesie.info).