LANDKREISTAG
NORDRHEIN-WESTFALEN

Drohneneinsatz im Vermessungswesen

Liegenschaftskataster in 3D

Handlungsempfehlung des Landkreistags NRW

Inhalt

1 Einleitung ... 3
1.1 Ziel der Handlungsempfehlung ... 4
1.2 Vorgehensweise ... 4

2 Rechtliche Grundsatzfragen ... 5
2.1 Katasterrecht ... 5
2.1.1 Aktuelle Erhebungsvorschriften, Novellierungsbedarf ... 5
2.1.2 Betretungsrecht ... 6
2.2 Luftverkehrsrecht ... 6
2.2.1 Europäische Vorschriften ... 7
2.2.2 Anpassung deutscher Vorschriften ... 7
2.2.3 Gesamtbetrachtung und praktische Konsequenzen ... 8
2.2.3.1 Drohnenklassen ... 8
2.2.3.2 Betriebskategorien ... 8
2.2.3.3 Kompetenznachweise ... 10
2.2.3.4 Luftsperrgebiete und Ausnahmegenehmigungen ... 11
2.3 Persönlichkeitsrechte von Unbeteiligten ... 12
2.4 Arbeitsschutz ... 12
2.5 Versicherung ... 12
2.6 Fazit ... 13

3 Datenerhebung mit Drohnensystemen und deren Auswertung ... 14
3.1 Technische Ausstattung ... 14
3.2 Erhebung ... 14
3.2.1 Innendienstliche Vorbereitung ... 14
3.2.2 Örtliche Durchführung ... 15
3.3 Auswertung ... 16
3.4 Technischer und personeller Aufwand ... 16
3.5 Ableitung von Punktobjekten in Koordinatenkatasterqualität ... 17

4 Ableitung von Produkten zur Aktualisierung des Gebäudenachweises im Liegenschaftskataster ... 17
4.1 Standards, Schnittstellen und Prozesse ... 18
4.2 Punktwolke zu CityGML/NAS ... 21
4.3 CityGML/NAS zur Fortführung des 3D-Modells/Liegenschaftskatasters ... 25
4.4 Technischer und personeller Aufwand ... 33
4.5 Aktualisierung nachgelagerter 3D-Stadtmodelldatenbestände ... 34
4.6 Verortung von BIM-Daten im Gesamtprozess ... 35
4.7 Fazit ... 36

5 Hinweise zur Abschätzung des Aufwandes bei der Gebäudeerfassung ... 37

6 Gesamtfazit und Ausblick ... 39
6.1 Gesamtfazit ... 39
6.2 Ausblick ... 41

7 Literaturverzeichnis ... 43

8 Anlage ... 47

Gebäudeeinmessung mit einer Drohne und die Fortführung des Liegenschaftskatasters in 3D

Handlungsempfehlung

1 Einleitung

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) bzw. Unmanned Aerial Systems (UAS), umgangssprachlich auch als Drohnen bzw. Drohnensysteme bezeichnet, haben in den letzten Jahren eine enorme Verbreitung erfahren. Diese beschränkt sich mitnichten nur auf den Freizeitmarkt, sondern umfasst genauso die verschiedensten Wirtschafts- und Wissenschaftszweige; so auch das Gebiet des Vermessungswesens und der Geoinformation. Vor dem Hintergrund der Fokussierung auf Anforderungen an einheitliche, vollständige und aktuelle Geobasisdaten und der wachsenden Bedeutung der dritten Dimension innerhalb des Vermessungswesens verbirgt sich hinter dem Thema UAV ein enormes und vielfältiges Potenzial. Bezogen auf den Teilbereich des Liegenschaftskatasters lässt sich diesbezüglich diagnostizieren, dass zum einen ein umfangreiches Ausschöpfen dieses Leistungsvermögens vielfach noch in den Anfängen steckt und dass zum anderen in puncto Einheitlichkeit der Datenerhebung nur wenige normative Schriftwerke vorhanden sind. Als ein Beispiel für die aktuelle Situation kann die Handhabung der Einmessung von Gebäuden betrachtet werden. So stellt bis dato die Gebäudeeinmessung mittels UAV lediglich eine alternative Erfassungsmethode zu den etablierten Methoden dar, welche aus katasterrechtlicher Sicht nur für topographische Aufgaben eingesetzt werden darf. Vorgaben hinsichtlich qualitativer Erfassungsparameter fehlen in Nordrhein-Westfalen hierbei noch fast vollständig.

Es lässt sich jedoch der Trend feststellen, dass die Gesamtthematik in den letzten Jahren deutlich präsenter geworden ist. Dies lässt sich neben einer vermehrten Anzahl von Fachartikeln ebenso an einer zunehmenden Auseinandersetzung mit der dritten Dimension in den erwähnten Bereichen festmachen. Exemplarisch hierfür steht die gegenwärtige verstärkte Konzentration auf dem Gebiet „Digitale Stadtzwillinge“ oder auch die ab 2024 gültige GeoInfoDok 7, welche erstmalig die Führung von 3D-Gebäudeobjekten als amtliche Geobasisdaten umfasst.

Der Anstoß zur Bildung dieser Arbeitsgruppe liegt allerdings nicht ausschließlich in der generellen Betrachtung des Themas „UAV im Liegenschaftskataster“ begründet, sondern fußt maßgeblich auf der Arbeit einer Arbeitsgruppe des Landes Nordrhein-Westfalens zum Thema „Zukunft der Gebäudeeinmessungspflicht in NRW“ und einer daran anschließenden Diskussion innerhalb des Landkreistags NRW.

Der Relevanz dieser Gesamtmaterie hat sich der Fachausschuss Vermessungswesen und Geoinformation des Landkreistags NRW angenommen und ist mit dem Auftrag zur Gründung einer Arbeitsgruppe mit dem Titel „Nachweis von Gebäuden aus Punktwolken“ in seiner Sitzung vom 06.05.2021 tätig geworden.

Die Handlungsempfehlung basiert auf der Vorschriftenlage mit Stand von Juni 2022. Im Nachgang hat das Bundesministerium für Digitales und Verkehr ein Schreiben zur Auslegung des Behördenbegriffs und zur geplanten Änderung des § 21k Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) mit Datum vom 20.07.2022 veröffentlicht. Somit besteht derzeit aus Sicht der Autorinnen und Autoren Unklarheit bei der Auslegung der derzeitigen Vorschriftenlage.

1.1 Ziel der Handlungsempfehlung

Das Ziel der Arbeitsgruppe wurde durch folgenden Arbeitsauftrag spezifiziert:
„Erarbeitung einer Handlungsempfehlung zur Erhebung und Fortführung von Gebäuden/Bauwerken mithilfe von Drohnenaufnahmen unter Berücksichtigung von 2D- und 3D-Gebäudegeometrien (3D-CityGML und BIM/IFC) für die Verwendung des Gebäudenachweises im Liegenschaftskataster mit Abschätzung von Investitionen und Aufwände“

Die Handlungsempfehlung dient als Vorlage für eine einheitliche, zuverlässige und nachvollziehbare Vorgehensweise bei der Erhebung und Fortführung von Gebäuden aus Punktwolken, welche mittels UAV gewonnen werden. Sie formuliert die notwendigen Anforderungen an die Hard- und Softwareausstattung und trifft Aussagen zur effizienten Gestaltung der Arbeitsprozesse. Dabei deckt sie das gesamte Spektrum, von den rechtlichen Rahmenbedingungen über die Vorbereitung für die örtliche Erhebung und der Generierung von 3D-Gebäudegeometrien bis zur Übernahme in die Datenhaltungskomponente inklusive nachgelagerter Produkte, ab.

Die Handlungsempfehlung richtet sich primär an die Katasterbehörden innerhalb des Landes Nordrhein-Westfalen. Darüber hinaus kann sie auch als Anhaltspunkt für weitere interessierte Fachstellen dienen.

1.2 Vorgehensweise

Für eine stimmige Arbeitsteilung wurde die Arbeitsgruppe in drei Unterarbeitsgruppen (UAG) aufgeteilt. Innerhalb dieser Unterarbeitsgruppen wurden einerseits die rechtlichen Rahmenbedingungen für einen Einsatz von Drohnen innerhalb von Gebäudeeinmessungen beleuchtet und andererseits der Prozess der Erhebung und Fortführung betrachtet.

Dementsprechend erfolgte die Charakterisierung der UAG:
UAG 1: Rechtliche Grundsatzfragen
UAG 2: Datenerhebung mit Drohnensystemen und deren Auswertung
UAG 3: Ableitung von Produkten zur Aktualisierung des Gebäudenachweises im Liegenschaftskataster

Mit dieser Aufteilung wurde ein zielgerichteter und abgestimmter Arbeitsablauf sichergestellt, da im Wesentlichen jede Gruppe autark voneinander ihre Arbeit aufnehmen und sowohl die vorhandenen praktischen Erfahrungen als auch die theoretischen Erkenntnisse weiter ausbauen und schlussendlich in dieser Handlungsempfehlung festhalten konnte.

Entgegen der heutzutage üblichen Vorgehensweise bei der Ableitung von 3D-Gebäudegeometrien, wird im Rahmen dieser Ausarbeitung schwerpunktmäßig ein anderer Ansatz verfolgt.
Bisher ist die vorherrschende Praxis bei der Ableitung von 3D-Gebäudegeometrien, dass diese auf Grundlage von 2D-Gebäudegrundrissen erfolgt. Dazu dient die Punktwolke faktisch als obere Begrenzung des 3D-Gebäudevolumens und somit der Ableitung der 3D-Dachform über dem präzise eingemessenen Grundriss. Zwischen der Gebäudegrundfläche und dem Dach entsteht mit Bildung der Wandflächen der finale Volumenkörper für das Gebäude. Man spricht bei der 3D-Gebäuderekonstruktion auf Basis von vorab erhobenen 2D-Grundrissen auch vom „2D-first“-Ansatz.

Innerhalb dieser Handlungsempfehlung wird angenommen, dass kein 2D-Grundriss als Anhalt für die Gebäudeform vorliegt, sondern dass zuerst der 3D-Volumenkörper erfasst wird (sog. „3D-first“-Ansatz).

Aus diesem 3D-Volumenkörper wird der 2D-Grundriss für den Nachweis des Gebäudes im Liegenschaftskataster im Zuge des Fortführungsprozesses abgeleitet.

Neben der Darlegung der allgemeinen Verfahrensweise innerhalb des „3D-first"-Ansatzes wird zudem eine Aussage über die erzielbaren Genauigkeiten und die damit in Verbindung stehenden personellen und finanziellen Aufwände untersucht. Eingebettet ist der gesamte Prozess zudem in den Rahmen von internationalen Standards. Einen weiteren Nutzen generiert die Handlungsempfehlung bei der Untersuchung der UAV als alternative Erfassungsmethode und trägt somit ihren Teil zu einer Homogenität der Datenerfassung bei.

Die im Rahmen dieser Arbeitsgruppe gewonnenen Erkenntnisse haben nicht den Anspruch, eine umfassende Betrachtung der einzelnen Aspekte bis ins letzte Detail zu liefern, sondern sind als Machbarkeitsstudie zu verstehen.

2 Rechtliche Grundsatzfragen

Die folgende Ausarbeitung behandelt das Thema des UAV-Einsatzes nicht vollumfassend, sondern soll eine Orientierungshilfe bieten. Dabei steht der Einsatz von UAV für die hoheitlichen Aufgaben der Katasterverwaltung – hier insbesondere für die Laufendhaltung des Gebäudenachweises – im Fokus.
Die wesentlichen Themen und Vorgehensweisen werden auf Grundlage der Erfahrungen und des Kenntnisstandes der teilnehmenden Katasterämter beschrieben.

2.1 Katasterrecht

2.1.1 Aktuelle Erhebungsvorschriften, Novellierungsbedarf

Der Einsatz von Methoden der Fernerkundung im amtlichen Vermessungswesen in NRW ist aktuell nach Vorschrift des Erhebungserlasses (ErhE) Nr. 9.1.4 auf die Erhebung von topographischen Geobasisdaten beschränkt. Für die Erhebung bei Liegenschaftsvermessungen sind nach ErhE Nr. 33.1.2 und 33.1.3 Verfahren einzusetzen, die mittels direkter Positionsbestimmung mithilfe von Sateliten (Global Navigation Satellite System: GNSS-Verfahren) oder Polaraufnahmen an den einheitlichen geodätischen Raumbezug anschließen.
Daraus folgt, dass UAV derzeit lediglich zur Erfassung nicht einmessungspflichtiger Gebäude und nicht grundrissrelevanter Gebäudeeckpunkte eingesetzt werden können, wie z.B. First- und Traufpunkte.
Nach Vorschrift des § 1 Abs. 1 Vermessungs- und Katastergesetz (VermKatG NRW) NRW ist die Aufgabenerfüllung des amtlichen Vermessungswesens jedoch ständig dem Fortschritt von Wissenschaft und Technik anzupassen und schließt daher den Einsatz weiterer Erfassungsmethoden für Liegenschaftsvermessungen nicht aus, soweit die in den Vorschriften definierten Qualitätsanforderungen erfüllt werden. Aufgrund dessen wurde das VermKatG NRW in § 30 durch eine Experimentierklausel ergänzt, die die Möglichkeit eröffnet, neue Entwicklungen zuerst in Form eines Experimentes zu erproben und das Gesetz erforderlichenfalls an die Entwicklungen anzupassen (Mattiseck u. a. 2020).

An anderer Stelle wird bereits grundsätzlich beschrieben, wie sich UAV zur (Nach-)Erhebung von Gebäudegrundrissen nutzen lassen und Hinweise zur Dokumentation in Anlehnung an die heutigen Vorschriften in NRW gegeben. In diesem Zusammenhang wurde nachgewiesen, dass grundsätzlich eine Erfassung von Gebäudegrundrissen auch mit Koordinatenkatasterqualität (Genauigkeitsstufe 2100) möglich ist (Rembold 2020). Diesbezüglich wäre jedoch insbesondere bei der Dokumentation zur Qualitätsbeurteilung der Vermessungsergebnisse eine Fortschreibung der Vorschriften erforderlich. Beides ist Voraussetzung für den Einsatz von UAV für die Gebäudeeinmessung als Liegenschaftsvermessung.

Wie eingangs beschrieben dürfen UAV in NRW bereits heute zur Erhebung topographischer Geobasisdaten und somit zur Erhebung von Grundriss- und Volumeninformationen nicht einmessungspflichtiger neu errichteter oder in ihrer Form veränderter Gebäude als topographische Vermessung eingesetzt werden. Unter der Voraussetzung einer Änderung der Definition der Liegenschaftsvermessung im VermKatG NRW würde sich diese Möglichkeit der topographischen Vermessung bereits heute auf alle Gebäude im Liegenschaftskataster erweitern lassen.

Unabhängig davon bestehen beim Einsatz von UAV weitere rechtliche Maßgaben, die im Folgenden beschrieben werden.

2.1.2 Betretungsrecht

Nach Vorschrift des § 6 Abs. 1 VermKatG NRW sind Personen, die mit örtlichen Arbeiten zur Durchführung des Gesetzes beauftragt sind, berechtigt, bei der Erfüllung ihres Auftrags Grundstücke und bauliche Anlagen zu betreten und zu befahren, um die nach pflichtgemäßem Ermessen erforderlichen Arbeiten vorzunehmen. Diese Regelungen sind auf den Einsatz von UAV übertragbar.
Die Vorschriften des § 6 Abs. 2 und 3 über die Eigentümerinformation und die Schadensersatzregelung sind entsprechend anzuwenden.
Da der Einsatz von UAV teilweise kurzfristig an die vorgefundenen Gegebenheiten wie z.B. Witterung oder örtliche Hindernisse angepasst werden muss, erscheint eine schriftliche Bekanntgabe im Regelfall nicht zweckmäßig und kann bei Bedarf durch eine mündliche Anmeldung sowie allgemeine elektronische Mitteilungen z.B. über die Internetseite der Behörde, an Ordnungsbehörden und Polizeileitstellen ersetzt werden.

2.2 Luftverkehrsrecht

Für den Betrieb von UAV gelten internationale, europäische und nationale luftverkehrsrechtliche Vorschriften.
Seit dem 11.09.2018 ist die Europäische Union für den Erlass EU-weit geltender Regelungen der unbemannten Luftfahrt für alle Gewichtsklassen zuständig. Nach Auskunft des Luftfahrtbundesamtes gilt das EU-Recht nicht für Luftfahrzeuge, wenn sie im öffentlichen Interesse von einer mit hoheitlichen Befugnissen ausgestatteten Stelle zur Erledigung ihrer Aufgaben eingesetzt werden (Art. 2 Abs. 3 UAbs. 1 lit. a EU (VO) 2018/1139).
Die Katasterbehörden und die öffentlich bestellten Vermessungsingenieure genießen als Behörden gleichermaßen diesen Dispens beim Einsatz von UAV zur Erfüllung ihrer hoheitlichen Aufgaben.
Jedoch müssen die Sicherheitsziele des Luftfahrtrechts auch beim Einsatz durch diese Behörden angemessen berücksichtigt werden.

Der Erlass von Vorschriften für den UAV-Einsatz durch Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) liegt auch künftig in nationaler Verantwortung.
Für einen Überblick über die Rechtslage werden zunächst die europäischen (Kapitel 2.2.1) und die deutschen Vorschriften (Kapitel 2.2.2) skizziert. Das Zusammenspiel dieser Vorschriften zu beschreiben, setzt eine Gesamtbetrachtung dieser beiden Ebenen voraus (Kapitel 2.2.3).

Zu unterscheiden sind:

- Der Betreiber des UAV ähnelt dem Halter eines Kfz. Im Rahmen dieser Ausarbeitung ist damit die Katasterbehörde gemeint, also die BOS.
- Der Fernpilot ist die natürliche Person, die das UAV steuert, also ein konkreter Mitarbeiter.

2.2.1 Europäische Vorschriften

Auf europäischer Ebene sind vor allem zwei Verordnungen (VO) der Kommission von Interesse, die beide am 01.07.2019 in Kraft traten:

- Die VO (EU) 2019/945 regelt Einzelheiten der UAV in technischer Hinsicht und führt Klassendefinitionen ein, die insbesondere vom Gewicht abhängen.
- Die VO (EU) 2019/947 regelt den UAV-Einsatz und dessen Voraussetzungen (z.B. Qualifikation der Fernpiloten).

Beide Regelwerke, die vielfach aufeinander verweisen, wurden zwischenzeitlich novelliert.

Die EU verfolgt einen risikobasierten Ansatz. Wer wann unter welchen Voraussetzungen welches UAV einsetzen darf, hängt im Allgemeinen u.a. von folgenden Kriterien ab:

- Gewicht des UAV,
- Anwesenheit von Unbeteiligten am Einsatzort,
- Ausbildung der Fernpiloten,
- technische Funktionalitäten (z.B. Return-to-home, Fallschirm).

2.2.2 Anpassung deutscher Vorschriften

Die VO (EU) 2019/947 machte eine Novellierung des deutschen Rechts erforderlich. Die rechtliche Privilegierung von BOS blieb dabei bestehen (BT-Drs. 19/28179, S. 66). Alte und neue Rechtslage lassen sich wie folgt gegenüberstellen:

	alte Rechtslage (bis 17.06.2021)	**neue Rechtslage (ab 18.06.2021)**
Kompetenznachweis/ Drohnenführerschein	BOS befreit, § 21a Abs. 2 LuftVO a. F. (Kenntnisnachweis empfehlenswert und meistens erworben)	mindestens eine dringende Empfehlung für eine umfassende Schulung
Betriebsgenehmigung für UAV > 5 kg	BOS befreit, § 21a Abs. 2 LuftVO a. F.	neue Regelungen nicht vergleichbar (Betriebskategorien, s. nächste Zeile)
Betriebsgenehmigung für die Kategorie „speziell“ (Art. 12 VO (EU) 2019/947)	– Regelung existierte nicht –	BOS befreit, § 21k Abs. 1 LuftVO
Abstandshaltepflichten zu geografischen Gebieten (Wohnsiedlungen, Industriegebiete, NSG, JVA etc.)	BOS befreit, § 21b Abs. 1 LuftVO a. F.	BOS befreit, § 21k Abs. 2 LuftVO
Kennzeichnungspflicht des UAV	Pflicht für alle (auch BOS), § 19 Abs. 3 LuftVZO a. F.	– weggefallen –
Registrierungspflicht (Betreiber und UAV)	– Regelung existierte nicht –	BOS befreit, § 66a Abs. 12, § 66b Abs. 6 LuftVG (jedoch empfehlenswert)
Transponderpflicht	– Regelung existierte nicht –	BOS befreit, § 21k Abs. 3 LuftVO

2.2.3 Gesamtbetrachtung und praktische Konsequenzen

Aus dem deutschen Luftverkehrsrecht bestehen auch für Behörden einzuhaltende Verpflichtungen, wenn sie UAV zur Erfüllung ihrer Aufgaben einsetzen.
Um den Sicherheitszielen des Luftverkehrsrechts zu entsprechen und Haftungsrisiken zu senken, sollten behördliche UAV-Einsätze darüber hinaus stets so geplant und ausgeführt werden, dass ihr Gefährdungspotential möglichst niedrig bleibt.
Aufgrund des risikobasierten Ansatzes der EU bestimmen das UAV selbst (gewichtsabhängige Klasse, Kap. 2.2.3.1) und die Art seines Einsatzes (Gefahrenpotential für Menschen, Kap. 2.2.3.2) die erforderliche Qualifikation des Fernpiloten.

Seit dem 01.01.2022 setzt der nichtbehördliche Einsatz eines UAV Kompetenznachweise voraus.
Für Katasterbehörden werden diese dringend empfohlen.

2.2.3.1 Drohnenklassen

Die VO (EU) 2019/945 unterscheidet in ihrem Anhang anhand verschiedener physischer Kriterien fünf Drohnenklassen (C0 bis C4). Stark vereinfacht betrachtet kann man diese Klassen als Gewichtsklassen auffassen. Das Merkmal des maximalen Startgewichts (Maximum Take-off Mass, MTOM) veranschaulicht die Differenzierung: C0 (< 0,25 kg), C1 (< 0,9 kg), C2 (< 4,0 kg), C3 (< 25,0 kg und < 3 m) sowie C4 (< 25,0 kg). Die zwei weiteren Klassen C5 und C6, die auf C3 fußen und durch die VO (EU) 2020/1058 hinzugefügt wurden, sind nur für die Betriebskategorie „speziell“ (Kap. 2.2.3.2 b)) bedeutsam.
Nach § 21k LuftVO Abs. 1 bedarf der Betrieb von UAV mit weniger als 25 Kilogramm Startmasse durch BOS keiner Genehmigung nach Artikel 12 der VO (EU) 2019/947.

Um die Sicherheitsziele des Luftverkehrsrechts im behördlichen Einsatz nicht unangemessen zu verletzen, sollte sich der Einsatz an den Vorgaben für den zivilen Einsatz orientieren. Da viele Katasterbehörden die Phantom 4 Pro bzw. Phantom 4 RTK von DJI (1,5 kg) einsetzen und wohl auch künftig zur Risikominimierung UAV < 4,0 kg beschaffen dürften, ist in diesem Zusammenhang die Klasse C2 relevant. UAV der Klassen C0 bis C3 (also auch C2) haben eine einstellbare Begrenzung der Flughöhe von maximal 120 m über Grund. Zur Klasse C2 gehört ein vom Fernpiloten einstellbarer Langsamflugmodus (≤ 3 m/s).
Aufgrund von Übergangsvorschriften (Art. 20 ff. in VO (EU) 2019/947) können bis zum 31.12.2023 die bestehenden (d.h. nichtklassifizierten) UAV weiterbetrieben werden. Etwaige zukünftige Handlungsbedarfe (Neubeschaffung oder Nachklassifizierung der UAV) oder zukünftige rechtliche Rahmenbedingungen (ggf. abermalige Verlängerung von Übergangsvorschriften) sind nicht Gegenstand dieser Ausarbeitung.

2.2.3.2 Betriebskategorien

Die VO (EU) 2019/947 unterscheidet drei Betriebskategorien: „offen“ (Art. 4), „speziell“ (Art. 5) und „zulassungspflichtig“ (Art. 6).
Für die typischen katasterbehördlichen Einsätze kommen in Betracht:
a) Kategorie „offen“ (hierbei die Unterkategorien A2 und A3) sowie
b) Kategorie „speziell“

a) Kategorie „offen“

Diese Betriebskategorie ist auch für nichtbehördliche UAV-Betreiber erlaubnisfrei, also ohne vorherige Genehmigung zulässig. Ein UAV-Einsatz genügt dieser risikoarmen Kategorie, wenn bestimmte Merkmale beachtet oder enge Grenzen eingehalten werden. Beispielsweise muss das UAV weniger als 25 kg (MTOM) wiegen sowie eine maximale Flughöhe von 120 m über Grund einhalten. Der Fernpilot muss das UAV in Sichtweite betreiben und darf Menschenansammlungen nicht überfliegen. Menschenansammlungen sind eine „räumlich vereinigte Vielzahl […] von mehr als zwölf Personen“ (BR-Drs. 39/17, S. 23), in denen sich der Einzelne nicht halbwegs frei bewegen kann, wenn etwas Unvorhergesehenes passiert (EASA EAR 2021, S. 22). Sie können zum Beispiel in gut besuchten Fußgängerzonen vorkommen und u.a. durch die Wahl der Tageszeit für den UAV-Einsatz umgangen werden.
Die Kategorie „offen“ gliedert sich in die Unterkategorien A1 (hier irrelevant) sowie A2 und A3.

Viele Katasterbehörden haben ihre Fernpiloten bereits für die Unterkategorie A3 geschult (Angaben wie „A1/A3 Open Sub Category“ auf bereits erworbenen Zertifikaten, EASA EAR 2021, S. 168).
Im Unterschied zu A3 umfasst A2 risikoreichere Flugmanöver (EASA EAR 2021, S. 177 f.). Dies betrifft insbesondere Annäherungen an unbeteiligte Personen im Einsatzgebiet: Beim Regelflug sind 30 m Mindestabstand und beim Langsamflug 5 m Mindestabstand einzuhalten. Als unbeteiligte Personen gelten Menschen, die nicht ausdrücklich über die Risiken des UAV-Einsatzes informiert wurden (ein Warnschild zur Information genügt nicht). Dies können Fußgänger auf dem Gehweg oder Autofahrer auf der Straße sein. Kehrseite der Medaille sind die höheren Qualifikationsanforderungen (EU-Fernpilotenzeugnis A2, EASA EAR 2021, S. 171), denen auch behördliche Fernpiloten in Unterkategorie A2 genügen sollten.
Bei Projekten wie der Erstellung eines Luftbildverbandes über einem Grundstück kann die Unterschreitung des o.g. Mindestabstandes oder sogar ein Überflug von Unbeteiligten (z.B. Passanten) nicht immer vermieden werden. Dies führt in Kombination mit einem katastertypischen UAV (Klasse C2, Kap. 2.2.3.1) dazu, dass der Einsatz in die Betriebskategorie „speziell“ einzustufen ist.

b) Kategorie „speziell“

Manche UAV-Einsätze (wie etwa das obige Beispiel) verlassen den Rahmen der Betriebskategorie „offen“ und fallen damit in die Betriebskategorie „speziell“ (Art. 5 VO (EU) 2019/947; EASA EAR 2021, S. 24). Anders als bei privaten UAV-Einsätzen müssen BOS ihre Einsätze in der „speziellen“ Kategorie nicht von der zuständigen Luftfahrtbehörde genehmigen lassen (§ 21k Abs. 1 LuftVO). Gleichwohl sollten BOS Maßnahmen ergreifen, die das spezifische Betriebsrisiko des konkreten UAV-Einsatzes reduzieren.
Die Deutsche Flugsicherung (DFS) erließ noch unter der alten LuftVO die Nachrichten für Luftfahrer (NfL) 1-1163-17 vom 27.10.2017, die für BOS zur Anwendung empfohlen werden.
Hiernach wird den Katasterbehörden zur Vermeidung eines Organisationsversagens empfohlen, ein Betriebskonzept (auch „ConOps“ genannt) für den Einsatz von UAV zu entwickeln, sowie den Fernpiloten, die jeweiligen Einsätze zur Vermeidung von Individualversagen risikominimierend gestalten und dokumentieren zu lassen. Unterstützt wird der Fernpilot hierbei durch das Betriebshandbuch, in dem der Ablauf für die Erstellung einer Risikoanalyse für den UAV-Einsatz beschrieben wird.
Risikominderungsmaßnahmen können beispielsweise sein:

- ein zweiter Beobachter,
- Aufprallschutz,
- gekapselte Rotoren,
- Airbag,
- Fallschirm oder andere fallhemmende Systeme (wobei der Betrieb unterhalb der Mindestauslösehöhe etwa beim Auf- oder Abstieg ggf. besonderer Sicherheitsanforderungen bedarf),
- sicherheitsorientierter, bewusster Einsatz von Geofencing mit Return-To-Home-Funktion,

- einprogrammierte Notfalllandung an vorher definierten Orten,
- Systeme zur Hinderniserkennung oder
- Distanzierung und Schutz unbeteiligter Dritter durch geeignete Absperrungen (Fangzäune, Fangnetze) und/oder Warnhinweise

Weitere Sicherheitsmaßnahmen sind der VO (EU) 2019/947 zu entnehmen.
So lange keine spezifischeren Vorgaben vorliegen, sollten sich Behörden an diesen Maßgaben orientieren. Für den Einsatz von UAV im amtlichen Vermessungswesen bietet es sich an, eine aktualisierte Hilfestellung analog zu den „Empfehlungen für gemeinsame Regelungen zum Einsatz von Drohnen im Bevölkerungsschutz“ zu erarbeiten. Die Niedersächsische Vermessungs- und Katasterverwaltung arbeitet derzeit an dieser Grundthematik, jedoch aktuell ohne einen Einsatzschwerpunkt auf die Erfassung von Gebäuden zu legen.

Nach Möglichkeit sollte der UAV-Einsatz so geplant und durchgeführt werden, dass er den Rahmen der „offenen“ Betriebskategorie einhält. Eine Übertretung dieser Vorgaben ist für Behörden zur Erfüllung ihrer Aufgaben jedoch möglich, wenn mögliche Maßnahmen zur Risikominimierung ergriffen werden. Hierzu empfiehlt sich ein Betreiberkonzept der Behörde sowie eine einsatzspezifische Risikoanalyse und eine Einsatzdokumentation durch den Fernpiloten.
Eine wesentliche Beschränkung der Einsatzmöglichkeiten von UAV zur Erhebung von Gebäuden lässt sich aus diesem Kontext nicht erkennen.

2.2.3.3 Kompetenznachweise

Kategorie „offen“ – EU-Kompetenznachweis A1/A3 („kleiner EU-Drohnenführerschein“)
Diese Qualifikation berechtigt zu einem UAV-Betrieb in den Unterkategorien A1/A3 der „offenen“ Kategorie (Kapitel 2.2.3.2 a)).
Zu absolvieren sind ein Online-Lehrgang und eine Online-Theorieprüfung. Die Einzelheiten sind in Punkt UAS.OPEN.020 Abs. 4 lit. b VO (EU) 2019/947 beschrieben.

Kategorie „offen“ – EU-Fernpilotenzeugnis A2 („großer EU-Drohnenführerschein“)
Um ein UAV in der Unterkategorie A2 betreiben zu dürfen, muss der Fernpilot das EU-Fernpilotenzeugnis A2 besitzen. Diese Qualifikation baut auf dem EU-Kompetenznachweis A1/A3 auf. Hinzu kommen ein Selbststudium und eine zusätzliche Theorieprüfung (Punkt UAS.OPEN.030 Abs. 2 VO (EU) 2019/947).

Kategorie „speziell“
Ein Mindestkatalog von Kompetenzen, über die ein Fernpilot verfügen muss, ist in Art. 8 Abs. 2 VO (EU) 2019/947 verankert. Darüber hinausreichende Kompetenzen werden „von der zuständigen Behörde“ (ebd.), also dem Luftfahrtbundesamt (LBA), bei der Betriebsgenehmigung mitgeteilt (§ 21b Abs. 1 LuftVO) – die BOS jedoch nicht benötigen (§ 21k Abs. 1 LuftVO). Zudem ist das LBA zuständig für die Ausstellung von Zeugnissen für die „spezielle“ Kategorie, die beim zivilen Einsatz von UAV benötigt werden. Der LBA-Website sind hierzu (Stand 06/2022) noch keine weiterführenden Informationen zu entnehmen.

Für einen risikominierten Einsatz von UAV zur Erhebung von Gebäuden sollte der Fernpilot, den EU-Kompetenznachweis A1/A3 („kleiner EU-Drohnenführerschein“) nachweisen können und sollte über das EU-Fernpilotenzeugnis A2 („großer EU-Drohnenführerschein“) verfügen. Inwieweit weitergehende Qualifikationen wie etwa Zeugnisse zum Betrieb von UAV, die beim privaten Einsatz in der Kategorie „speziell“ gefordert werden, auch im behördlichen Kontext sinnvoll sind, kann erst abgeschätzt werden, wenn konkrete Informationen zu den Schulungsinhalten und -anforderungen vorliegen.

Die folgende Tabelle bietet einen zusammenfassenden Überblick über die jeweiligen Kategorien, wie sie für den nichtbehördlichen Bereich einzuhalten sind. Nach Rücksprache mit dem Luftfahrtbundesamt ist die „freiwillige“ Unterwerfung unter das EU-Luftrecht für Katasterbehörden i.d.R. die einfachste und effektivste Art und Weise, den europäischen Sicherheitszielen im Luftverkehr gerecht zu werden (Art. 2 Abs. 3 UAbs. 2 VO (EU) 2018/1139). Daher die Empfehlung des Luftfahrtbundesamtes: „Halten Sie sich an alles, was alle anderen UAS-Betreiber beachten müssen. In begründeten Ausnahmefällen dürfen Sie abweichen, wenn sie ein ausreichendes Sicherheitsniveau dennoch gewährleisten können.“

Aus der unteren Tabelle und den bisherigen Ausführungen lassen sich folgende drei Prioritäten ableiten:

(1) Der EU-Kompetenznachweis A1/A3 wird für Katasterbehörden empfohlen.
(2) Empfehlenswert ist ferner ein darauf aufbauendes EU-Fernpilotenzeugnis A2.
(3) Hinsichtlich Drohnenklassifizierung und Einzelheiten der „speziellen“ Betriebskategorie herrscht bislang keine Klarheit, daher sollten Aktivitäten der Vorschriftengeber, der Hersteller und der Schulungsdienstleister verfolgt werden.

Betriebskategorie	**„offen“ (UAS.OPEN)**			**„speziell“ (UAS.SPEC)**
Unterkategorie	**A2** (UAS.OPEN.**030**)		**A3** (UAS.OPEN.**040**)	
Zeitraum	bis 31.12.2023 (nichtklassifizierte UAV)	ab 01.01.2024 (nur noch klassifizierte UAV)	aktuell*[a]*	vorerst nicht*[b]*
Schutz von Personen				
allgemein	Überflug vermeiden		„nach vernünftigem Ermessen“ Gefährdungen vermeiden	Überflug zulässig
horiz. Mindestabstände				
Regelflug	50 m	30 m		
Langsamflug		5 m		
Qualifikation Fernpilot	EU-Fernpilotenzeugnis A2		EU-Kompetenznachweis A1/A3	weitere Qualifikationen
Drohnenklasse, max. Startgewicht	keine Klassenzuordnung und -kennzeichnung gefordert m < 2,0 kg	Kennzeichnung mit C2, klassenspezif. Anford. (u.a.: m < 4,0 kg, h ≤ 120 m, v_langs ≤ 3 m/s)	Kennzeichnung mit C2, C3 oder C4 und Erfüllung klassenspezif. Anforderungen	C0 bis C6

[a] Die Übergangsregelung in Art. 20 lit. b VO (EU) 2019/947 gestattet den Aufstieg nicht klassifizierter Bestandsdrohnen (m < 25 kg), sofern diese vor dem 01.01.2024 in Verkehr gebracht wurden. Der Betrieb ist bis zum 31.12.2023 zulässig (Art. 22 lit. c VO (EU) 2019/947).
[b] Bislang nur wenige Schulungsangebote.

2.2.3.4 Luftsperrgebiete und Ausnahmegenehmigungen

Beim Einsatz von UAV sind Luftsperrgebiete, Gebiete mit Flugbeschränkungen (§ 26 LuftVG, § 17 LuftVO) sowie Gefahrengebiete (Abkommen der International Civil Aviation Organisation (ICAO)) zu beachten. Die Gebietsdefinitionen und sonstige Beschränkungen lassen sich folgenden Quellen entnehmen:

- Nachrichten für Luftfahrer (NfL) der Deutschen Flugsicherung (DFS),
- Luftfahrthandbuch (AIP),
- Notice-to-Airmen (NOTAM, vgl. https://notaminfo.com/germanymap) oder
- ICAO-Karten.

Soweit die Beschränkungen den geplanten Einsatz nicht unter bestimmten Auflagen bereits zulassen, kann beim Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung oder der zuständigen Flugverkehrskontrollstelle eine Genehmigung eingeholt werden.

Die NfL 2021-1-2248, die noch auf der alten Fassung der LuftVO beruht, regelt Einzelheiten für den UAV-Einsatz in der Nähe von Flughäfen. Weitere Informationen hierzu sind auf der Internetseite der Deutschen Flugsicherung (www.dfs.de) einzusehen. Ein UAV-Einsatz ist nicht ausgeschlossen, wenn dieser zeitlich flexibel durchgeführt werden kann.

2.3 Persönlichkeitsrechte von Unbeteiligten

Bei UAV-Einsätzen lässt sich teilweise eine hochauflösende Abbildung von unbeteiligten Personen (Eigentümer, Passanten etc.) auf den entstehenden Fotos oder Videos kaum vermeiden. Auch die Aufnahme von Luftbildern eines speziellen Grundstücks mit den für die Gebäudeerhebung erforderlichen Bodenauflösungen stellt eine Erhebung personenbezogener Daten dar (Art. 4 Nr. 2 Datenschutzgrundverordnung (DSGVO)). Dies stellt einen Eingriff dar, der gerechtfertigt werden muss – und kann, da dieser „zur Wahrung der berechtigten Interessen des Verantwortlichen [Rechtsträger der Katasterbehörde] […] erforderlich“ ist (Art. 6 Abs. 1 lit. f DSGVO).
Im Hinblick auf den Zweck der Verarbeitung, die Erhebung, die Auswertung, und die Speicherung von Geobasisdaten im Rahmen des gesetzlichen Auftrages des VermKatG NRW (hier zur Koordinierung und Objektmodellierung sowie Orthophotoaktualisierung und künftig ggf. Gebäudetexturierung) erscheint dieser Eingriff in die Persönlichkeitsrechte der Betroffenen jedoch verhältnismäßig und zulässig.

Um eine Überbeanspruchung dieser Rechtfertigungsnorm zu vermeiden, ist der Grundsatz der Datenminimierung (Art. 5 Abs. 1 lit. c i.V.m. ErwGr. 39 DSGVO) zu beachten:

- weitgehende Vermeidung von identifizierbaren Personenabbildungen
- Limitierung der Zahl der Zugriffsberechtigten
- Löschung von nicht mehr benötigten Aufnahmen
- Verpixelung von nicht gelöschten Aufnahmen etc.

2.4 Arbeitsschutz

Der Arbeitsschutz wird in der Handlungsempfehlung nicht näher betrachtet, da es bereits umfassende Veröffentlichungen zu diesem Thema gibt. Zu empfehlen sind u.a. die Broschüren der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (DGUV):

- „Sicherer Umgang mit Multikoptern (Drohnen)“ – DGUV-Information 208-058
- „Vermessungsarbeiten“ – DGUV Information 201-060

Den Fernpiloten wird in diesem Zusammenhang angeraten, sich z.B. durch entsprechende Kleidung, Beschilderung, Absicherung etc. vor Ort als Vertreter einer BOS kenntlich zu machen – auch um sich deutlich von Einsätzen Dritter abzugrenzen.

2.5 Versicherung

Der Halter eines Luftfahrzeugs – die BOS, die ein UAV einsetzt – haftet für die betriebsbedingten Personen- und Sachschäden (§ 33 Abs. 1 S. LuftVG) und muss daher eine Haftpflichtversicherung abschließen (§ 43 Abs. 2 S. 1 LuftVG) oder prüfen, ob eine bestehende Police UAV-Risiken mit abdeckt (Uslar 2022, S. 13). Hierbei handelt es sich um eine verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung ohne Haftungsausschlüsse für außergewöhnliche Situationen wie etwa höhere Gewalt (BeckOGK/Förster LuftVG § 33 Rn. 4f.).
Die Versicherungsbestätigung ist bei jedem UAV-Einsatz mitzuführen (§ 106 Abs. 2 LuftVZO).

Eine Befreiung von der Versicherungspflicht besteht nur für Bundes- und Landesbehörden (§ 43 Abs. 2 S. 2 LuftVG).

2.6 Fazit

Der Einsatz von UAV durch Behörden zur Erfüllung ihrer Aufgaben ist nach wie vor privilegiert möglich. Die damit einhergehenden Freiheiten sind jedoch verantwortungsvoll zu nutzen, indem die Arbeitsprozesse regelgeleitet so unterstützt und im Einzelfall gestaltet und dokumentiert werden, dass sie datenschutz-, luftfahrt-, haftungs- sowie arbeitsschutzrechtlichen Anforderungen genügen. Generell sollten dabei die Einsätze so geplant und durchgeführt werden, dass der geringstmögliche Eingriff zur Erreichung der Ziele gewählt wird.
Auch Katasterbehörden sollten ihre Fernpiloten schulen lassen. Es ist empfehlenswert, den UAV-Einsatz so zu planen, dass dieser die Betriebskategorie „offen" erfüllt.
Werden Menschenansammlungen überflogen bzw. vorgeschriebene Abstände nicht eingehalten, verlässt der UAV-Einsatz den Rahmen der Betriebskategorie „offen". Insbesondere für diese Fälle erscheint es sinnvoll, auch im behördlichen Bereich gemeinsam einsatzadäquate Betriebskonzepte zu erarbeiten (Vermeidung von Organisationsversagen) und die jeweiligen Einsätze risikominimierend zu gestalten (Vermeidung von Individualversagen).
Eine wesentliche Einschränkung der Einsatzmöglichkeit von UAV zur Erhebung von Gebäuden lässt sich in diesem Kontext nicht erkennen.

Nach den derzeitigen katasterrechtlichen Vorschriften ist der Einsatz von UAV auf die Vermessung von nicht einmessungspflichtigen Gebäuden bzw. auf die Vermessung von Gebäudeeckpunkten begrenzt, die nicht den Grundriss bestimmen und insofern mit topographischer Genauigkeit nachgewiesen werden können.

Vor dem Hintergrund, dass derzeit im amtlichen Vermessungswesen – außer beim Grenznachweis – der Aktualität die höhere Priorität vor der Genauigkeit zugesprochen wird, ist zu überlegen, UAV augenblicklich für die Erhebung nicht einmessungspflichtiger Gebäude und künftig für die Erhebung aller Gebäude in drei Dimensionen mit topographischer Genauigkeit (ca. <10 cm) einzusetzen.

Eine Erfassung von Gebäudegrundrissen mit Koordinatenkatasterqualität (Genauigkeitsstufe 2100) ist generell möglich. Allerdings würde sich der Aufwand für die Koordinierung bei der Erhebung der einzelnen Gebäudeeckpunkte und für die Dokumentation zur Qualitätsbeurteilung erhöhen.

Darüber hinaus wäre der Einsatz von UAV auch heute schon für Qualitätsverbesserungen im Altkataster denkbar. So hat z.B. der Ennepe-Ruhr-Kreis aus UAV-Schrägaufnahmen Gebäudeecken erfasst, um damit in einer Ortslage die Koordinatenqualität zu verbessern. In diesem Projekt, für das auch das Katasterzahlenwerk neu ausgewertet wurde, konnten mittlere Punktgenauigkeiten von 4 cm erreicht werden (Rembold 2022).

Wie die Verfahren zur 3D-Gebäudemodellierung für das Liegenschaftskataster aus Punktwolken von UAV-Vermessungen aussehen könnten, wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

3 Datenerhebung mit Drohnensystemen und deren Auswertung

Mit Blick auf bestehende Publikationen (DVW Schriftenreihe – UAV 2020 und Deutscher Städtetag 2019) wird im Folgenden ein Überblick über die wesentlichen Sachverhalte zur Datenerhebung mit Drohnensystemen zur Erfassung von Gebäuden und Bauwerken für das Liegenschaftskataster gegeben. Primär wird darauf abgestellt, das Gebäude in allen drei Dimensionen mit topographischer Genauigkeit zu erfassen.

3.1 Technische Ausstattung

Die zur Erhebung der Daten (Fotos) erforderliche Grundausstattung wird nachfolgend in verallgemeinerter Weise beschrieben. Die bei den Mitgliedern im Einsatz befindliche Ausstattung kann im Detail der Anlage (Kapitel 8) entnommen werden. Sie weist eine hohe Homogenität auf.

Wesentliches Werkzeug ist das UAV. Es ist eine Vielzahl an Produkten erhältlich und objektiv betrachtet ist es unerheblich, wie viele Rotoren genutzt werden, um ein Kamerasystem in die Lage zu versetzen, Luftbildaufnahmen zu erstellen. Relevant sind jedoch neben der tatsächlichen Flugdauer, welche witterungsabhängig variiert, eine einfache Bedienbarkeit und ein möglichst unempfindliches Verhalten bei Wind. Einige aktuelle UAV sind mit integrierten Real Time Kinematic- bzw. Echtzeitbewegungs-Modulen (RTK-Modulen) ausgestattet, wodurch zu den erstellten Bildern zentimetergenaue Positionen in den Metadaten geliefert werden. Voraussetzung ist, dass der RTK-Empfang vor Ort dies zulässt. Andernfalls besteht noch die Möglichkeit zum Postprocessing. Hierdurch kann die Anzahl der terrestrischen Passpunkte erheblich reduziert werden, da lediglich Kontrollpunkte beobachtet werden müssen und nicht mehr Passpunkte im herkömmlichen Sinn. Für die Positionsbestimmung von Passpunkten und Kontrollpunkten wird ein GNSS-Empfänger in der Regel ausreichen. Zur Ergänzung der Luftbildaufnahmen in überdachten oder verdeckten Bereichen kann eine weitere Fotokamera eingesetzt werden. Das Kamerasystem der Drohne könnte handgeführt hierfür genauso gut genutzt werden.
Für die Datensicherung, Datensichtung und eine erste Schnellauswertung vor Ort oder ggf. Anpassungen an der Flugplanung runden Laptop oder Tablet die außendienstliche Ausstattung ab.
Für die innendienstliche Bearbeitung (Bündelblockausgleichung) ist ein leistungsstarker Rechner (PC/Server) erforderlich.
Auf der Softwareseite sind eine auf die Drohne abgestimmte Flugplanungssoftware und die Auswertesoftware zu nennen.

3.2 Erhebung

3.2.1 Innendienstliche Vorbereitung

Zur Vorbereitung der örtlichen Erhebung sollte – soweit möglich – eine räumlich zusammenhängende Menge an zu erfassenden Gebäuden bestimmt werden. Wesentlich ist die Kenntnis darüber, welche Gebäude fertiggestellt sind und insofern beflogen werden können. Diese Information ergibt sich aus Mitteilungen der Baugenehmigungsbehörden, ggf. auch aus fernerkundlichen Datenerhebungen (change detection). Geschäftsbuchfunktionen können bei einer effizienten Projektbearbeitung helfen und so beispielsweise die Information externer Stellen (z.B. Öffentlichkeit, Polizei/Ordnungsbehörde) und im Einzelfall das Einholen von Genehmigungen vereinfachen. Bei wenigen und leicht kontaktierbaren Grundstückseigentümern (z.B. Gelände von Firmen oder Museen) können die Eigentümer angeschrieben, andernfalls per Internetveröffentlichung informiert werden.

Zur Flugvorbereitung sind zunächst die im Fluggebiet vorliegenden Rahmenbedingungen zu ermitteln. Im Rahmen der innendienstlichen Vorbereitung können nachfolgende Punkte geklärt werden, sind jedoch ggf. vor Ort erneut zu prüfen. Diese Aufzählung ist nicht abschließend, sondern kann individuell angepasst werden.

- Wetterprognosen
- Luftsperrgebiete, Gebiete mit Flugbeschränkungen sowie Gefahrengebiete (vgl. Kapitel 2.2.3.4)
- Örtliche Hindernisse (Richtfunkstrecken, Hochspannungsleitungen, etc.)
- Flugplanung (siehe nachfolgender Abschnitt)

Bei der Kameraeinstellung hat sich als hilfreich erwiesen eher mit einer niedrigeren Belichtung zu fotografieren, da helle Fassadenflächen dazu neigen zu reflektieren, was eine spätere Bildauswertung erschwert.

Die Festlegung der Flugparameter (Überlappungsgrad, Flughöhe, Flugmodus, Flugblöcke) werden an die Lage und Größe des Objektes (Form, Höhenunterschiede, Hindernisse, Anzahl Akkus) angepasst. Dabei ist die Genauigkeitsanforderung als Maß der Parameter Flughöhe, Überlappung und Sensor (Kamera) ausschlaggebend. 3 cm Lagegenauigkeit als Absolutwert der Luftbildauswertung ist in der Regel bei Flughöhen von rund 50 m erreichbar (etwa am Beispiel des Drohnenmodells Phantom 4 (P4) des Herstellers DJI). Sofern keine örtlichen Hindernisse vorliegen, sollte die Flughöhe bei ca. 25 m, jedoch nicht höher als 60 m über Grund gewählt werden. Wesentlich sind um etwa 30° gegenüber der Senkrechtaufnahme verschwenkte Schrägaufnahmen, um Gebäudeecken eindeutig identifizieren zu können. Die Flugplanung ist dahingehend zu optimieren.
Die einzelnen Prozessschritte für häusliche Vorbereitung und örtliche Durchführung werden sinnvollerweise mittels einer Checkliste protokolliert.

3.2.2 Örtliche Durchführung

Neben dem Start- und Landeplatz sind auch die Standpunkte des Piloten (line-of-sight) zu bestimmen. Ein geeigneter Home-Point ist auszuwählen und eine ausreichende Flughöhe für die Coming-Home Funktion festzulegen. Die vorbereitete Flugplanung ist zu überprüfen und ggf. anzupassen.
Vor dem Start müssen folgende örtliche Bedingungen geprüft werden:

- Wetterbedingungen
- Bereiche mit höherer Windlast
- Verkehr
- Hindernisse (Bäume, Gebäude, Baukräne, etc.) im Flugkorridor
- Einsatzbereitschaft eventuell notwendiger Kommunikationsgeräte
- Flugtüchtigkeit des UAV prüfen (Akkuladung, Propeller, Beschädigungen, Datenverbindung, Abstandssensoren, etc.)
- Überprüfung des GNSS-Empfangs
- Sicherung und freier Raum oberhalb des Start- und Landeplatzes
- Kompass/Inertiale Messeinheit IMU arbeitet ordnungsgemäß
- Keine Personen, Tiere und Hindernisse im Gefahrenbereich des UAV (insbesondere bei Start und Landung)

Nach erfolgter Kontrollpunktfestlegung und Prüfung des UAV (ggf. mittels einer Checkliste) kann der Drohnenflug erfolgen.

Der Luftraum sowie die technischen Daten (Akkustand, Flughöhe, Entfernung, etc.) sind laufend zu überwachen. Bei Überschreiten von Grenzwerten (Abfall von Akkuspannung, Magnetfeldstörung, Signalverlust, …) oder Auftauchen von Hindernissen im Luftraum (Vogelschwärme, Rettungshubschrauber, etc.) ist sofort zu landen.

Ggf. ergänzende Schrägaufnahmen für überdachte oder verdeckte Bereiche wie Hauseingänge sind aufzunehmen, wenn diese in den standardmäßig aufgenommenen Schrägaufnahmen nicht hinreichend abgebildet sind. Nach der Datenübertragung/Datensicherung kann eine erste Grobauswertung durchgeführt werden. Damit wird sichergestellt, dass alle erforderlichen Bereiche erfasst sind.

3.3 Auswertung

Die innendienstliche Auswertung erfolgte in einer entsprechenden Auswertesoftware (z.B. Agisoft Metashape), hierfür können beispielhafte vorkonfigurierte Parametrisierungen verwendet werden. Es besteht die Möglichkeit der Batchverarbeitung mehrerer Projekte in Form von standardisierten Verfahren.

Ziel ist die geometrische Erfassung von Gebäuden primär durch Ableitung von 3D Punktwolken, welche der weiteren Modellierung zur Verfügung gestellt werden. Eine alternative Erhebung von Gebäudeeckpunkten in Koordinatenkatasterqualität wird in Kapitel 3.5 skizziert. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Software Metashape von der Firma Agisoft mit Hauptsitz in der russischen Stadt Sankt Petersburg entwickelt wird.

3.4 Technischer und personeller Aufwand

Sowohl die bisher beschriebenen Arbeiten als auch die Weiterverarbeitung (3D-Modellierung) sind nach einer gewissen Einarbeitung von qualifiziertem Fachpersonal leistbar. Eine zeitliche Aufwandsabschätzung hat stattgefunden und wird nachfolgend wiedergegeben. Dabei ist zu beachten, dass mit steigender Erfahrung und optimierten Prozessabläufen noch ein gewisses Einsparpotential erwartet werden kann. Komplexere Strukturen erhöhen den zeitlichen Aufwand, jedoch nicht in dem Maße wie es bei herkömmlichen Verfahren (terrestrische Vermessung) der Fall wäre.

Selbst für ein kleinräumiges Gebiet mit mehreren Gebäudeobjekten sind die örtlichen vorbereitenden Arbeiten (inkl. Passpunkt-/Kontrollpunktbestimmung) in rund 30 Minuten abgeschlossen. Für ein einzelnes Gebäude (Standardfall) liegt der Zeitaufwand bei durchschnittlich 15 Minuten. Die eigentliche Befliegung dauert durchschnittlich ca. 15 Minuten. Für Datensicherung, -sichtung und Abbau können weitere 15 Minuten veranschlagt werden. Der Außendienst sollte mit einem Trupp von zwei Personen ausgestattet werden. Je Gebäudeobjekt sind somit aufgerundet 60 Minuten Erfassungszeit vor Ort zu veranschlagen.

Hinzugerechnet werden muss der Aufwand für die häusliche Vorbereitung (ca. 15 Minuten) und an die Befliegung anschließende Auswertung, soweit sie die Interaktion des Anwenders erfordert. Diese kann von einer Person abgearbeitet werden.

Bei der häuslichen Auswertung müssen die Bündelblockausgleichung und die Ableitung einer dichten Punktwolke zur 3D-Modellierung durchgeführt werden.
Nach der geometrischen Auswertung (ca. 30 Minuten) schließt sich eine Rechenzeit von ca. 3-5 Stunden für die Ableitung der dichten Punktwolke (kein Personeneinsatz notwendig).

Die Anschaffungskosten für eine Drohnenausstattung mit Software liegen bei etwa 16.000 Euro. Hinzu kommen Lizenzgebühren von ca. 2.000 Euro jährlich, sowie ggf. Kosten für Wartungsverträge.

3.5 Ableitung von Punktobjekten in Koordinatenkatasterqualität

Neben der in dieser Handlungsempfehlung primär dargestellten Möglichkeit, Gebäude mit topographischer Genauigkeit zu erfassen, legen andere Veröffentlichungen den Schluss nahe, mit etwas abweichendem Aufwand für die Gebäudeeckpunkte Koordinaten in Koordinatenkatasterqualität ableiten zu können. Dazu muss neben dem unabdingbaren Kontrollpunkt auch mindestens ein Passpunkt zentral im Befliegungsgebiet ausgelegt und mit GNSS in Lage und Höhe vermessen werden (Przybilla und Bäumker 2020).

Aus Gründen der Genauigkeitssteigerung empfiehlt es sich insbesondere bei größeren Gebieten, weitere gut verteilte Pass- und Kontrollpunkte zu platzieren. Es besteht die Möglichkeit in der erfolgten photogrammetrischen Auswertung direkt Gebäudekoordinaten aus den referenzierten Bildern abzugreifen (Pix4D, Agisoft Metashape). Der Aufwand, die Koordinaten direkt aus dem Projekt abzugreifen kann mit ca. 30 Minuten beziffert werden.
Um die korrekte Verortung der Lagekoordinaten des Gebäudes zu gewährleisten, sind die Abweichungen im Kontrollpunkt zu ermitteln und zu dokumentieren.

Eine abschließende Untersuchung ist im Rahmen des Projektauftrages nicht erfolgt, könnte jedoch im Rahmen einer Bachelorarbeit beauftragt werden.

4 Ableitung von Produkten zur Aktualisierung des Gebäudenachweises im Liegenschaftskataster

Die Erhebung der Geometrie-Informationen für das zu aktualisierende Gebäude erfolgt grundsätzlich mittels UAV-Luftbildaufnahmen wie im vorangegangenen Kapitel 3 beschrieben. Die hieraus abgeleiteten orientierten Gebäudeaufnahmen und die 3D-Punktwolken dienen im weiteren Verlauf als Grundlage zur Aktualisierung des Gebäudenachweises im Liegenschaftskataster. Sie dienen aber gleichzeitig auch der Fortführung des 3D-Gebäudebestandes um das jeweils mittels UAV erfasste, neu errichtete bzw. veränderte Einzelgebäude.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, aus der UAV-Aufnahme die Eckpunkte des Gebäudegrundrisses einzeln zu vermessen (Rembold 2022). Die Erweiterung dieser 2D-Gebäuderepräsentation um die dritte Dimension kann dann grundsätzlich unter Anhalt der Grundrissgeometrie aus der Punktwolke wie folgt abgeleitet werden:
Die Punktwolke dient faktisch als obere Begrenzung des 3D-Gebäudevolumens und somit der Ableitung der 3D-Dachflächen über dem präzise eingemessenen Grundriss. Das Geländemodell dient als untere Begrenzung des Gebäudevolumens. Zwischen Gebäude-Grundfläche und Dach werden die Wandflächen gebildet, so dass sich insgesamt ein geschlossener Volumenkörper für das Gebäude ergibt. Diese Vorgehensweise entspricht der derzeit üblichen Vorgehensweise bei der Ableitung von 3D-Stadtmodell-Datensätzen (3D-Gebäuderekonstruktion auf Basis von vorab erhobenen 2D-Grundrissen, sog. „2D-first“). Grundsätzlich können auch auf Basis einer UAV-Aufnahme auf diesem Wege 2D- und 3D-Gebäude fortgeführt werden.

Im Rahmen dieser Projektarbeit wurde schwerpunktmäßig ein anderer Weg untersucht: Es wurde angenommen, dass es keinen 2D-Grundriss (z.B. als AX_Gebaeude aus dem Liegenschaftskataster) als

Anhalt für die Gebäudeform gibt, sondern zuerst der 3D-Volumenkörper erfasst wird (sog. „3D-first"-Ansatz). Aus diesem 3D-Volumenkörper wird der 2D-Grundriss für den Nachweis des Gebäudes im Liegenschaftskataster im Zuge des Fortführungsprozesses abgeleitet. Wesentlich ist die weitestgehend nahtlose Einfügung der neuen Prozessschritte in den bislang für NRW geltenden Geschäftsprozess zur Fortführung des Liegenschaftskatasters.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, die jeweils verwendete Primär-Datenhaltung für die 3D-Stadtmodelle um die erhobenen Einzelgebäude fortzuführen. Diese Primärdatenhaltung für die 3D-Stadtmodelle sind bei vielen Kommunen derzeit Datenhaltungen, die auf dem CityGML-Datenschema basieren (z.B. auf Basis von Produkten der Firmen virtualcitysystems GmbH oder Geoplex GIS GmbH). Ab der GeoInfoDok 7 unterstützt aber auch das das Schema AFIS-ALKIS-ATKIS (3A) der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) die Führung von 3D-Gebäudeobjekten als amtliche Geobasisdaten. Der Vorteil der Verwendung des 3A-Schemas ist die deutschlandweite Normierung in dem einen, vom amtlichen Vermessungswesen bekannten Datenstandard. Dies legt die Lösung nahe, die 3D-Gebäudeinformationen in einer 3A-Datenhaltungskomponente (3A-DHK) zu führen und ihre Erhebung als amtliche Geobasisdaten sicherzustellen.
Dies bedingt die Erstbefüllung der 3A-DHK mit einem Komplettbestand an 3D-Gebäuden. Hierzu können die teilweise bestehenden 3D-Gebäudeinformationen der Kommunen oder die amtlichen Geobasisdaten der Landesverwaltung herangezogen werden. Soweit die letztgenannten im Einzelfall geometrisch unzureichend modelliert erscheinen, besteht auch die Möglichkeit die 3D-Bestandsdaten dieser Gebäude durch eigene (Nach-)Erhebungen sukzessive zu optimieren.

Soweit bisher die Kataster- bzw. Geoinformationsbehörden bereits eigene Datenhaltungen auf der Grundlage des CityGML-Schemas vorhalten, können diese als Sekundärdatenhaltung weiter genutzt und aus den amtlichen Geobasisdaten mit hoher Aktualität fortgeführt werden, damit die bereits implementierten Funktionalitäten wie z.B. Stadtplanungstools den Fachbehörden weiter zur Verfügung gestellt werden können.

Für diese 3D-Stadtmodell-Anwendungen ist die Texturierung der Gebäudehüllen ein wesentliches Orientierungsmerkmal. Sie liegt für eine ganze Reihe von existierenden Stadtmodellen ganz oder in Teilen bereits vor. Die durch UAV-Befliegung gewonnenen Luftbilder können auch zur Texturierung der Gebäudegeometrie für die fortgeführten Einzelgebäude verwendet werden. Aus pragmatischen Gründen ist die Mitführung dieser Texturen über die 3A-Datenhaltung sinnvoll, ohne diese Texturen jedoch zum Inhalt des amtlichen Liegenschaftskatasters zu machen.

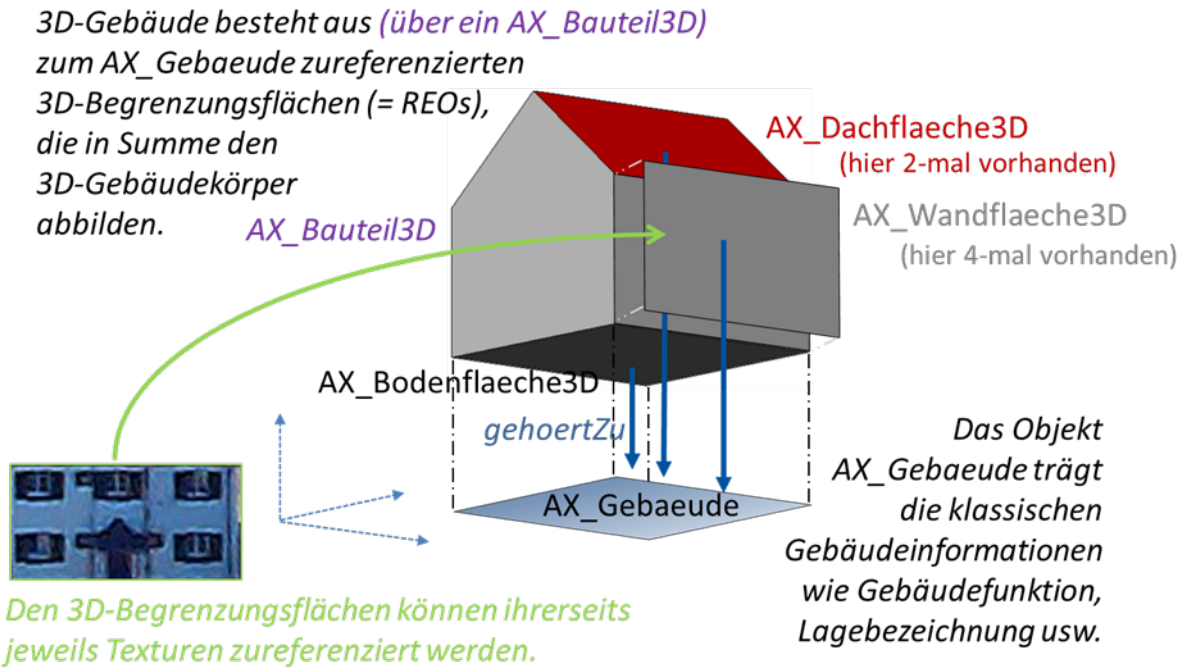
4.1 Standards, Schnittstellen und Prozesse

Der Wunsch nach Führung von 3D-Gebäudeobjekten im Liegenschaftskataster entstand aus unterschiedlichen Gründen. Zum einen bringt es Synergien mit sich, wenn die 3D-Gebäudedaten direkt mit der Fortführung des 2D-Liegenschaftskatasters fortgeführt werden. Zum anderen besteht im Zusammenhang mit den Überlegungen zum digitalen Bauantrag der Bedarf nach amtlichen 3D-Daten.

Standards und Schnittstellen
Die GeoInfoDok 7.1.1 ermöglicht es erstmals, 3D-Geobasisdaten im 3A-Schema zu führen. Die Modellierung der 3D-Klassen im 3A-Schema der GeoInfoDok 7.1.1 erfolgte in Analogie zu den Strukturen des internationalen Standards CityGML. Somit ist die Datentransformation der 3D-Information von der einen Struktur in die jeweils andere grundsätzlich unproblematisch möglich. In der GeoInfo-Dok wurde eine Modellierungstiefe bis zum Level of Detail 3 (LoD 3) realisiert. Im LoD 3 können Gebäude relativ detailliert beschrieben werden. Beispielsweise kann ein Objekt der Klasse AX_Bauteil3D Tex-

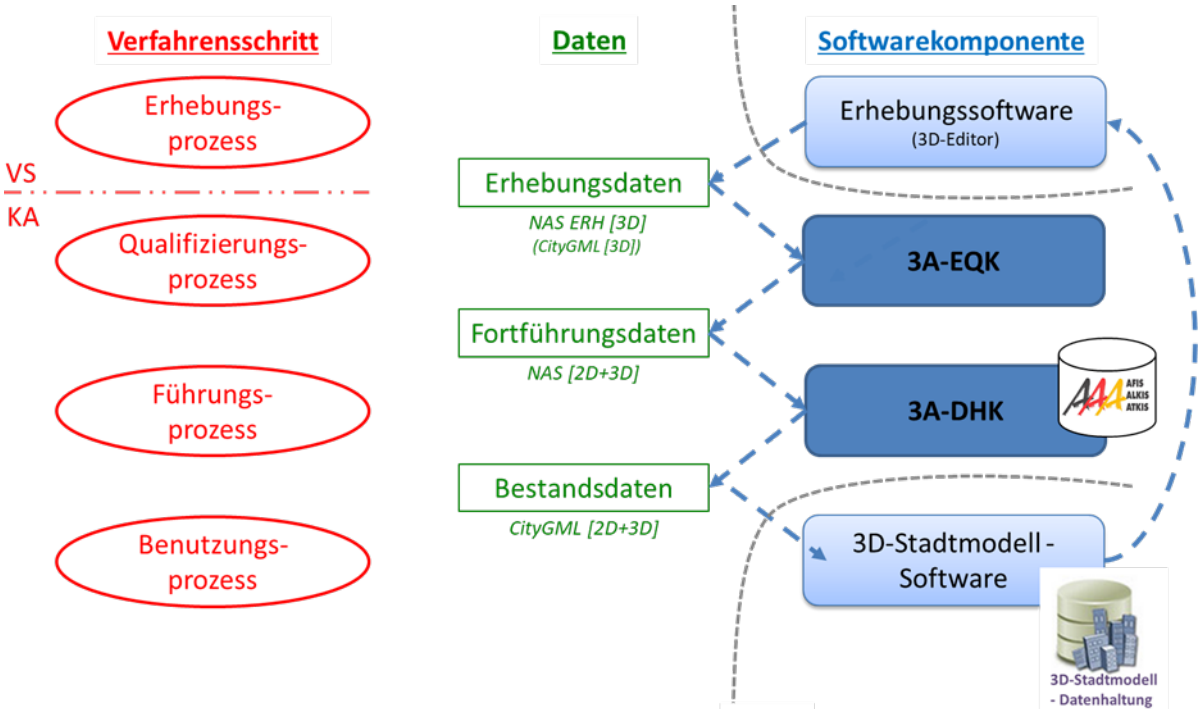
turen, Farben und andere Informationen zur Ausgestaltung tragen. Im Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS-3D) wird die Geometrie des 3D-Objektes durch die Klasse AX_Bauteil3D repräsentiert. Die Klasse AX_Bauteil3D entspricht der CityGML-Klasse BuildingPart, wobei es bei AX_Bauteil3D aus katastertechnischer Sicht notwendige Ergänzungen im Verhältnis zum BuildingPart gibt. Im ALKIS-3D wurde eine explizite Relation vom AX_Bauteil3D zum 2D-Gebäude (3A-Objektart AX_Gebaeude) modelliert, da diese Zusammengehörigkeit nicht zwingend durch geometrische Verschneidung ermittelt werden kann. Außerdem erfordert die GID 7.1.1 die ISO-konforme Führung von Qualitätsangaben beim AX_Bauteil3D. Wichtig zu erwähnen ist der Umstand, dass das AX_Bauteil (2D) und das AX_Bauteil3D nicht deckungsgleich sind. Ein AX_Bauteil ist ein Teil des AX_Gebauedes, welcher andere Merkmale als der Rest des Gebäudes aufweist. AX_Bauteil liegt innerhalb der Gebäudegeometrie. AX_Bauteil3D ist die einzige Klasse zur Modellierung eines 3D-Gebäudes im Liegenschaftskataster. So kann ein Gebäude aus einem einzigen AX_Bauteil3D bestehen.

Folgende Abbildung stellt die Zusammenhänge schematisch dar:



Prozesse

Die nachfolgende Abbildung stellt die Arbeitsprozesse zur Aktualisierung des Gebäudenachweises im Liegenschaftskataster auf der Grundlage von Punktwolken anschaulich dar. Dabei wird auf die bekannte ALKIS-Prozesskette der Erhebung, Qualifizierung, Führung und Benutzung gemäß dem Hauptdokument der GeoInfoDok Bezug genommen.



Die Aufgaben im Erhebungsprozess sind der ausführenden Vermessungsstelle zugeordnet. Eine Aussage, ob die Vermessungsstelle eine der Verwaltung der Gebietskörperschaft ausgelagerte Stelle wie z.B. ein Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur (externe Vermessungsstelle) oder eine Organisationseinheit in der Verwaltung der Gebietskörperschaft der Katasterbehörde (interne Vermessungsstelle) darstellt, ist hiermit nicht verbunden. Die Vermessungsstelle erstellt auf Basis der aus der UAV-Befliegung abgeleiteten 3D-Punktwolke (vgl. Kapitel 3) mit dem in Kapitel 4.2 beschriebenen 3D-Editor einen Erhebungsdatensatz für das fortzuführende Einzelgebäude, der im Wesentlichen die 3D-Geometrie des Gebäudes beinhaltet. Der 3D-Editor ist in der Regel eine von den ALKIS-Verfahrenslösungen entkoppelte Software-Lösung (vgl. Kapitel 4.2).

Ob der Erhebungsprozess von einer externen oder internen Vermessungsstelle wahrgenommen wird, kann hier offenbleiben. Grundsätzlich wäre sogar denkbar, dass eine externe Vermessungsstelle die 3D-Punktwolke und die UAV-Bilder bei der Katasterbehörde einreicht und die Ableitung des 3D-Erhebungsdatensatzes für das fortzuführende Einzelgebäude durch die Katasterbehörde vorgenommen wird. Prinzipiell ist es jedoch einfacher, wenn derjenige das 3D-Gebäude modelliert, der auch im Außendienst einen direkten Eindruck vom Gebäude gewonnen hat.

Als Standard zur Übergabe von 3D-Gebäudeobjekten hat sich in der Vergangenheit CityGML bewährt. Allerdings bietet mit Einführung der GeoInfoDok 7.1.1 die Normbasierte Austauschschnittstelle (NAS) künftig eine native 3D-Unterstützung für Gebäudeobjekte. In Bezug auf den CityGML-Standard kann somit ein Schnittstellenwechsel und die damit verbundene Konvertierung der Daten vermieden werden. Aus diesem Grund wird im Rahmen dieser Handlungsempfehlung die Abgabe der vektorisierten 3D-Geometrien an die Erhebungs- und Qualifizierungskomponente (EQK) im Standard NAS ERH (3D) empfohlen.

Mit der Qualifizierung der Erhebungsdaten beginnt der eigentliche Fortführungsprozess in der ALKIS-Verfahrenslösung (vgl. Kapitel 4.3), der mit der Übernahme der Fortführungsdaten in die 3A-DHK der ALKIS-Verfahrenslösung endet.

Ist der Erhebungsdatensatz erfolgreich an die EQK übergeben, wird im Rahmen des Qualifizierungsprozesses automatisiert der 2D-Gebäudegrundriss als Objekt „AX_Gebäude“ abgeleitet und eine Relation zum „AX_Bauteil3D“ angelegt. Im Anschluss werden dem 2D-Grundriss „AX_Gebäude“ die notwendigen Attribute zugewiesen. Das Zuweisen der Attribute ist an dieser Stelle wieder vergleichbar mit dem herkömmlichen Vorgehen der 2D-Fortführung.
Ist der Gebäudegrundriss „AX_Gebäude“ erzeugt und entsprechend attributiert, werden die Fortführungsdaten über die NAS-Schnittstelle [2D + 3D] wie gewohnt in die Datenhaltungskomponente (DHK) abgesenkt.

Im Rahmen von Benutzungsprozessen können die 3A-Bestandsdaten aus der DHK ausgeladen werden. Die klassischen Ausgabeformate sind die Normbasierte Austauschschnittstelle (NAS), die insbesondere die Abgabe von Differenzdatensätzen im Rahmen des NBA-Verfahrens (Nutzerbezogene Bestandsdatenaktualisierung) ermöglicht sowie ein WebFeatureService (WFS). Wegen der schematischen Nähe der NAS zum CityGML-Standard kann über eine Konvertierung auch CityGML ausgegeben werden.

Für die Web-Darstellung von 3D-Stadtmodellen werden die Bestandsdaten in der Regel in einer externen Datenhaltung geführt und von dieser „gekachelt“ bereitgestellt. Dieses Vorgehen bietet bezüglich der Präsentation der Daten diverse Vorteile (bspw. performante Darstellung im Web, Verfügbarkeit von Tools für Fachanwender wie z.B. Stadtplanungs-Widgets, etc.). Aus diesem Grund wird in Kapitel 4.5 auf die Aktualisierung externer Datenbestände aus den Bestandsdaten der DHK näher eingegangen.

4.2 Punktwolke zu CityGML/NAS

Die 3D-Gebäudegeometrie kann verlässlich derzeit nur manuell vektorisiert werden. Automatische Verfahren wie etwa das Verfahren der TU Delft (vgl. https://3d.bk.tudelft.nl/liangliang/publications/2017/polyfit/polyfit.html) o.ä. funktionieren nach Auskunft von Experten bisher nur etwa für die Hälfte der Objekte zufriedenstellend. Die daraus entstehenden Nacharbeiten für die andere Hälfte zehren den durch die Automation gewonnenen Vorteil i.d.R. wieder auf. Daher wird hier im Rahmen dieser Projektarbeit nur die manuelle Vektorisierung betrachtet, da sie zuverlässige Ergebnisse für alle Formen von Gebäuden gewährleisten kann.

Bei der manuellen Vektorisierung können bereits jetzt automatisierte Hilfsfunktionen wie z.B. die Ableitung von planaren Gebäudeaußenflächen/-ebenen aus der Punktwolke die Erhebung vereinfachen. Dazu zählt auch die Schnittbildung von Ebenen zur Bestimmung von Kanten.

SGJ3D-Construction ist ein von CPA Software GmbH entwickeltes, autarkes, selbständig installierbares 3D-Konstruktionsprogramm für die 3D-Welten von CityGML und ALKIS®-3D (Quelle: Flyer CPA ReDev GmbH – http://www.cpa-redev.de).

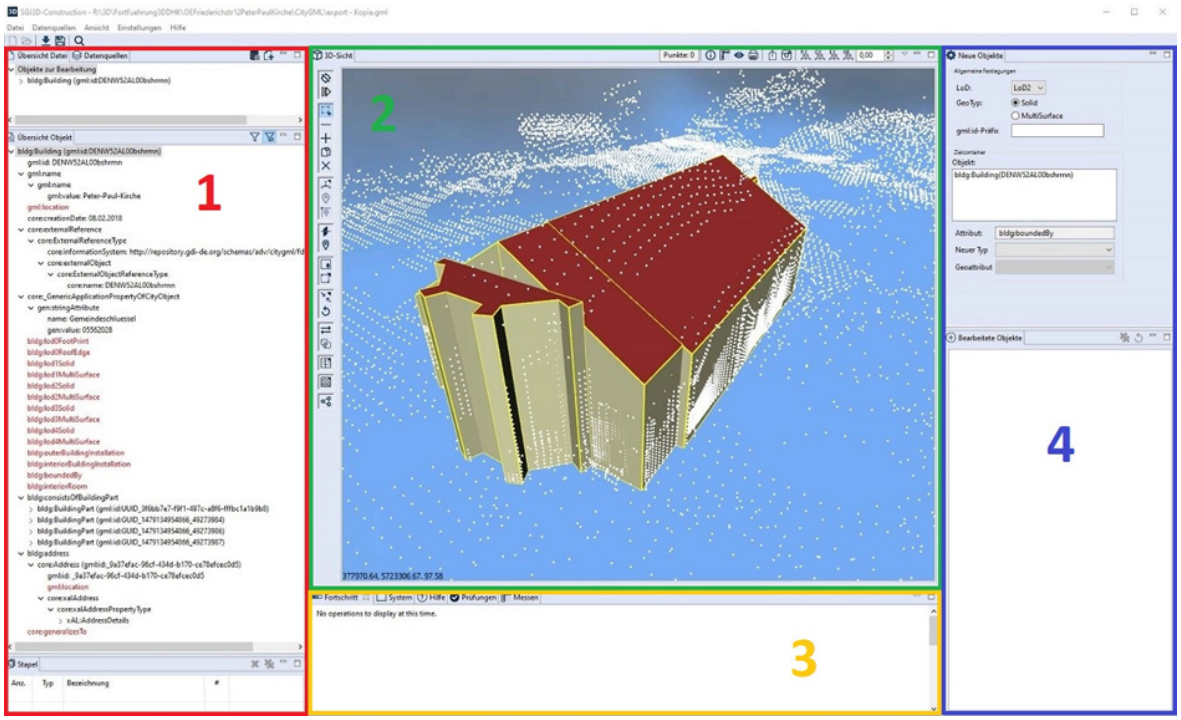
Notwendige Daten
Für die Konstruktion von 3D-Gebäudegeometrien können die Punktwolken, die aus UAV-basierten Luftbildern entstanden sind (vgl. Kapitel 3), herangezogen werden. Die Punktdaten werden im ASCII-Format mit x,y,z Koordinate erwartet. Um Speicherplatz einzusparen können die Dateien auch direkt gZip-komprimiert eingelesen werden. Im Dialogteil „Datenquellen“ werden die Inhalte durch die Abkürzung XYZ gekennzeichnet (Quelle: Browserhilfe SGJ3D-Construction). Andere Dateiformate wie *.las-Dateien, welches das Standard-Format der Punktwolken aus den UAV-Flügen ist, müssen vor dem Importieren konvertiert werden. Da SGJ3D-Construction im ETRS89/UTM-Landessystem arbeitet, müssen die Punktwolken nicht transformiert werden, wenn diese mit dieser Georeferenz geliefert werden.

Für die Texturierung der Außenhülle des zu vektorisierenden Gebäudeobjektes werden die orientierten Fassadenbilder aus dem UAV-Flug (vgl. Kapitel 3) benötigt. Soll das zu vektorisierende Gebäudeobjekt an ein im Stadtmodell bereits vorhandenes, unmittelbar benachbartes Gebäude herandigitalisert werden, müssen die Stadtmodelldaten dieses Bestandsgebäudes zur Verfügung stehen. Wenn die Stadtmodelldaten in einer 3A-DHK geführt werden, können diese im NAS-Format ausgegeben und auch in diesem Format in SGJ3D-Construction eingelesen werden.
Wenn im Zuge der Baumaßnahme rund um das Gebäude auch die Geländeoberfläche verändert wurde, kann auch das Digitale Geländemodell (DGM) importiert werden (aktuell als ASCII-Datei). Zur Qualifizierung bzw. Anpassung des DGM können die erhobenen Punktwolkendaten aus dem UAV-Flug genutzt werden, da durch diese Daten eine qualitativ hochwertige Abbildung des Geländes möglich ist.

Erfassungsoberfläche

Die Erfassungsoberfläche gliedert sich in vier verschiedene Bereiche:

1. Datensicht: Datenquellen, Übersicht Datei z.B. welches Objekt aktuell bearbeitet wird
2. 3D-Sicht: dieser Bereich ist unterteilt in Zeichenbereich, welcher der Anzeige vorhandener Objekte und der Erfassung neuer Flächen dient, und Menübereich
3. Systemsicht: individuelle Konfiguration der Bedienoberfläche u.a. auch Ausgabe der Ergebnisse der Datenprüfung
4. Steuerungssicht:
   neue Objekte: hier wird die Semantik der neuen Objekte gesteuert;
   bearbeitete Objekte: hier werden Veränderungen an bereits vorhandenen Objekten angezeigt



Quelle der Abbildung: CPA ReDev GmbH

Prozessbeschreibung SGJ3D-Construction

Der Arbeitsprozess gliedert sich in folgende Schritte:

1. Einlesen der Eingangsdaten, Anlegen eines neuen 3A-Objektes für das neue Gebäude und Vektorisierung der Gebäudegeometrie aus der Punktwolke,
2. ggf. Anpassung des Geländemodells,
3. geometrische Abweichungskontrolle zwischen Punktwolke und 3D-Gebäude als geometrische Validierung des neuen Gebäudeobjektes gegenüber den Punktwolkendaten,

4. semantische Validierung des 3A-Objektes für das neue Gebäude,
5. Export der neuen Objekte (neues bzw. verändertes Gebäude und ggf. veränderter Geländeausschnitt).

1. Einlesen der Eingangsdaten, Anlegen eines neuen 3A-Objektes für das neue Gebäude, Vektorisierung der Gebäudegeometrie aus der Punktwolke und Ableitung der Fassadentexturen

In SGJ3D-Construction wird die Punktwolke aus dem UAV-Bildflug eingelesen. Zu Beginn des Prozesses wird ein neues 3A-Objekt AX_Bauteil3D angelegt, welches schematisch konform zum 3A-Schema aufgebaut ist. Diesem zunächst geometrielosen Objekt wird durch nachfolgend beschriebene Arbeitsschritte eine Geometrie zugewiesen. Attributive Eigenschaften werden so weit wie möglich auf den Prozess der Fortführung der Gebäude im 3A-Modell verlagert (vgl. Kapitel 4.3). Zunächst werden auf einer zuvor auf Geländeniveau erzeugten horizontalen Hilfsfläche die Punkte des Gebäudegrundrisses auf Grundlage der Punktwolke digitalisiert.

Bei sehr einfachen Gebäuden kann durch vertikale Verschiebung der horizontalen Grundebene auf den tiefsten Punkt des Geländeschnittes die Grundfläche des Gebäudes (AX_Bodenflaeche3D) festgelegt werden. Zusätzlich können Trauf- und Firsthöhe vorgegeben werden, welche dann zur Extrudierung eines Hilfskörpers verwendet werden. Dieser dient in einem weiteren Arbeitsschritt als Schablone für die automatische Erzeugung der semantisch unterschiedenen Außenflächen (AX_Dachflaeche3D und AX_Wandflaeche3D).

Bei den gängigen Gebäudegeometrien sind die Boden-, Dach- und Außenwände einzeln zu erfassen. SGJ3D-Construction unterstützt den Anwender hier, indem mit einer Funktion aus der Punktwolke für eine Gebäudeaußenfläche charakteristische Punkte ausgewählt werden können und aus diesen eine vermittelnde, planare Hilfsebene erzeugt wird. Aus den so für die verschiedenen Gebäudeaußenflächen erzeugten vertikalen, ggf. horizontalen und schrägen Hilfsebenen können durch Schnittbildung die AX_Dachflaeche3D-, AX_Wandflaeche3D- und AX_Bodenflaeche3D-Objekte gebildet werden.
SGJ3D-Construction besitzt eine Geometrieprüfung, welche den Anforderungen des Prüfplans für Gebäudemodelle LoD1 bzw. LoD2 der AdV entspricht.

Fassadentexturen können aus den aufgenommenen Luftbildern für die jeweiligen Gebäudeaußenflächen ausgeschnitten und den jeweiligen AX_Dachflaeche3D- bzw. AX_Wandflaeche3D-Objekten zugewiesen werden.

Auch wenn dies nicht zwingend nötig ist, so hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn derjenige, der im Außendienst das Gebäude mit dem UAV beflogen hat, im Nachgang das Gebäude vektorisiert.
Sonderfälle:

- Es gibt auch Fälle, in denen ein neues Gebäude an ein angrenzendes, vorhandenes Gebäude, das in Koordinatenkatasterqualität vorliegt, dazu erfasst werden muss. Dabei müssen bei der Ableitung der neuen Gebäudegeometrie die Bestandsgeometrien angehalten werden. Unter anderem erfolgt ein Einschlagen von neuen Punkten und Fassadenkanten in die Geometrie des 3D-Bestandsgebäudes, welches dann auch als NAS-ERH(3D)-Objekt exportiert wird.
- Soll an ein vorhandenes Gebäude, das in geringerer Qualität vorliegt, beispielsweise ein Anbau dazu erfasst werden, wird das Bestandsgebäude wie bisher auch durch die Fortführung mitverbessert.

2. Anpassung des Geländemodells
Wird im Zusammenhang mit der Gebäudeerfassung oder -bearbeitung das Gelände verändert, ist die Anpassung des DGM im SGJ 3D-Construction möglich.

3. Geometrische Abweichungskontrolle zwischen Punktwolke und 3D-Gebäude
Wie gut das gebildete 3D-Gebäudeobjekt die Geometrie des Real-Gebäudes abbildet, kann dadurch dargestellt werden, dass die lotrechten Abstände der Punkte aus der UAV-Punktwolke zu den jeweils nächstliegenden Gebäudeaußenflächen berechnet und z.B. nach einem Ampelschema farbig dargestellt werden.

Eine solche Funktionalität ist im SGJ3D-Construction noch nicht implementiert. Eine ähnliche Funktionalität validiert im Produkt SGJ3D-QM die 3D-Oberfläche von in CityGML-strukturierten Gebäuden gegen die aus einer Laserscanbefliegung stammenden Daten einer 3D-Punktwolke (Quelle: https://www.cpa-redev.de/Produkte/SGJ3D/SGJ3D-QM/) und kann nach entsprechender Anpassung in SGJ3D-Construction implementiert werden.

4. Semantische Validierung des 3A-Objektes für das neue Gebäude
In SGJ3D-Construction erfolgt die Erzeugung der Gebäudemodelldaten automatisch unter stringenter Beachtung der Semantik des 3A-Modells.

5. Export der neuen Objekte
Das fertige Gebäudemodell wird als NAS-ERH (3D)-Datei zur Ergänzung der 3A-Bestandsdaten in der 3A-DHK (vgl. Kapitel 4.3) als Erhebungsdaten exportiert.
Auch ein ggf. fortgeführter Bereich des als TIN-Raster abgelegten DGMs kann z.B. als WFS-T Datensatz zur Fortführung der 3D-Datenbank exportiert werden.
Der Erhebungsprozessschritt ist hiermit abgeschlossen.

Alternativen zu SGJ3D-Construction
Alternativ zum SGJ3D-Construction kann als 3D-Editor z.B. die Software SketchUp verwendet werden, um aus der Punktwolke eine 3D-Gebäudeobjekt zu vektorisieren. SketchUp beinhaltet eine Reihe von Hilfsfunktionen, die die Geometrieableitung aus der Punktwolke sinnvoll unterstützt.

Um die Ergebnisse der Vektorisierung in einem Datenschema ausgeben zu können, das dem 3A-Schema nahekommt, muss hier jedoch ein Export im CityGML-Schema erfolgen. Dieses unterstützt SketchUp von sich aus im Augenblick nicht. Die von der Firma 3DIS GmbH hergestellte Erweiterung CityEditor für Trimble SketchUp kann hierzu genutzt werden.

Da weder SketchUp noch CityEditor Validierungsverfahren für die gebildeten Objekte für das CityGML-Schema beinhaltet, ist die Software CityDoctor der HFT Stuttgart als Validierungstool zu verwenden. Fassadentexturen müssen in Bildbearbeitungsprogrammen wie Photoshop, Gimp etc. entsprechend vorbereitet werden. In SketchUp lassen sich passende Bildausschnitte für Fassaden den gebildeten Gebäudeseiten lediglich zuweisen.

Die AdV hat ein CityGML-Schema als Brücke zur GeoInfoDok 7 spezifiziert. Es gibt Hersteller von ALKIS-Software (z.B. die Firma ibR Geoinformation GmbH aus Bonn), die eine Schnittstelle zum Import von CityGML in das 3A-Schema technisch unterstützen. Wird der Gesamtprozess mit SketchUp betrieben, so müssen sich die Sachbearbeiter sowohl mit dem 3D-Gebäudemodell-Schema von CityGML als auch mit dem 3A-Schema für 3D-Gebäudeobjekte befassen. Wegen dieser zusätzlichen Schnittstellenproblematik wird dieser Weg von der Abeitsgruppe nicht empfohlen.

Bei der Vorrecherche wurden weitere potenzielle Software-Produkte ermittelt, deren genaue Einsatzmöglichkeiten und Limitierungen hier nicht weiter untersucht wurden. Darunter zählen das 3D Studio Max von Autodesk, Citygrid Modeler ggf. zzgl Texturiser von UVM Systems, RhinoCapture bzw. RhinoCity von Rhinoterrain und Blender von Blender Foundation.

Hinweis

Für die Grundrisse der digitalisierten Gebäude wurde aufgrund eines Soll-Ist-Vergleiches der im Liegenschaftskataster in höchster Qualität vorliegenden Koordinaten der Grundrisspunkte (quasi Sollkoordinaten) und den 2D-Komponenten der Koordinaten der Grundrissflächen (äußere Genauigkeit) eine Standardabweichung von etwa 1 dm ermittelt. Die innere Genauigkeit der Vektorisierung der Eckpunkte des Gebäudegrundrisses aus der Punktwolke lag merklich besser. Dabei sei angemerkt, dass der Fokus der Arbeiten primär auf eine zügige Erfassung der Gebäudegeometrie bei Einhaltung einer topographischen Genauigkeit gelegt worden war.

Neben dem hier skizzierten Verfahren, das 3D-Gebäude komplett aus der Punktwolke abzuleiten, besteht auch die Möglichkeit, die Eckpunkte des Gebäudegrundrisses mit Hilfe der Photogrammmetrie-Software aus Kapitel 3 bereits hochgenau zu erheben (vgl. Kapitel 3.5) und als Zwangspunkte in den Prozess der Bildung der 3D-Gebäudegeometrie einzuführen. Diese Vorgehensweise wurde hier aus Zeitgründen nicht weiter untersucht. Der Fortführungsprozess würde dann wie üblich vom AX_Gebaeude aus starten und von dort aus das AX_Bauteil3D gebildet.

4.3 CityGML/NAS zur Fortführung des 3D-Modells/Liegenschaftskatasters

Entsprechend des oben skizzierten Gesamtprozesses liegen nun Erhebungsdaten für das zu aktualisierende Gebäude in Form von NAS-ERH (3D)-Daten vor.

Die aus der Punktwolke generierten Gebäudemodelldaten für das Einzelobjekt sind auf das notwendige Maß beschränkt. Sie umfassen nach derzeitiger Vorstellung („3D-first"-Ansatz) lediglich AX_Bauteil3D mit den jeweils über Relationen verknüpften Teilflächen AX_Dachflaeche3D, AX_Wandflaeche3D und AX_Bodenflaeche3D sowie jeweils AX_Textur3D. Soweit zum Grunddatenbestand gehörig werden zudem AX_GebaeudeInstallation3D für Wintergarten, Arkade und Schornstein im Gebäude im Rahmen der NAS-ERH (3D)-Daten ergänzend bereitgestellt. Für Bauwerke wird anstelle eines AX_Bauteil3D ein AX_Bauwerk3D geliefert.

Die aus der Erhebung bereitgestellten Daten umfassen somit weder AX_Gebaeude noch AX_BesondererGebaeudepunkt. (Anmerkung: Die Objekte AX_BesondererGebaeudepunkt sollten insbesondere dann Teil der Erhebungsdaten sein, wenn der Gebäudegrundriss im Zusammenhang mit der 3D-Geometrie des Gebäudes hochgenau erhoben worden wäre („2D-first"-Ansatz), was hier aber nicht eingehender betrachtet wird.)

Im Zuge des nun anstehenden ALKIS-Fortführungsprozesses müssen – wie bisher auch – die normalen Geschäftsprozesse durchlaufen, das Liegenschaftskataster somit fortgeführt und entsprechende Fortführungsprodukte erstellt werden. Der fortgeführte Datenbankzustand beinhaltet dann neben den bisherigen Katasterinhalten auch das fortgeführte 3D-Gebäude (jedoch i.d.R. keinen AX_BesondererGebaeudepunkt für das neue Gebäude).
Sofern im Zusammenhang mit dem neuen oder geänderten Gebäude auch weitere Fortführungsnotwendigkeiten bestehen (Tatsächliche Nutzung, Lagebezeichnung o.ä.), soll dies in einem gemeinsamen Workflow zusammen mit der Fortführung der Gebäudemodelldaten in der 3A-Erhebungs- und Qua-

lifizierungskomponente (3A-EQK) verarbeitet werden. Wird die EQK-Bearbeitung von einem Sachbearbeiter durchgeführt, der nicht an der außendienstlichen Erhebung mit dem UAV beteiligt war, so müssen Informationen, welche nicht in den Erhebungsdaten im NAS-ERH(3D)-Format enthalten sind wie Informationen zur tatsächlichen Nutzung, Lagebezeichnung, Gebäudefunktion usw. auf geeignete Weise an die mit der ALKIS-Fortführung beauftragte Stelle weitergegeben werden.

Neben dem ALKIS-Hersteller CPA, der ein Verfahren zur Fortführung von 3D-Gebäudemodell-Daten im Rahmen der ALKIS-Fortführung bereits heute anbietet, hat auch die Firma ibR Geoinformation GmbH (im Folgenden ibR genannt) die softwaretechnischen Voraussetzungen im Hinblick auf die GeoInfoDok 7 in den Grundzügen bereits geschaffen. VertiGIS GmbH wird nach eigener Aussage, das Thema 3D-Gebäude im 3A-Umfeld aus Zeitgründen bis zur Einführung der GID7 nicht angehen können, steht danach dem Thema aber offen gegenüber. Bei den Projektgruppenmitgliedern war keine Behörde vertreten, die das SmallWorld GIS-basierte ALKIS-System der Firma GIS Consult GmbH im Einsatz hat. Insofern wird für die SmallWorld-Anwender von einer vergleichbaren Situation ausgegangen wie bei den der ALKIS-Anwendern der Firma VertiGIS GmbH.

Zur weiteren Untersuchung dieses Prozessschritts wurde wegen ihres Verbreitungsgrades innerhalb der Arbeitsgruppe und der Möglichkeit zur praktischen Untersuchung auf Basis schon bestehender 3D-Ansätze die ALKIS-Lösung der Firma ibR herangezogen.

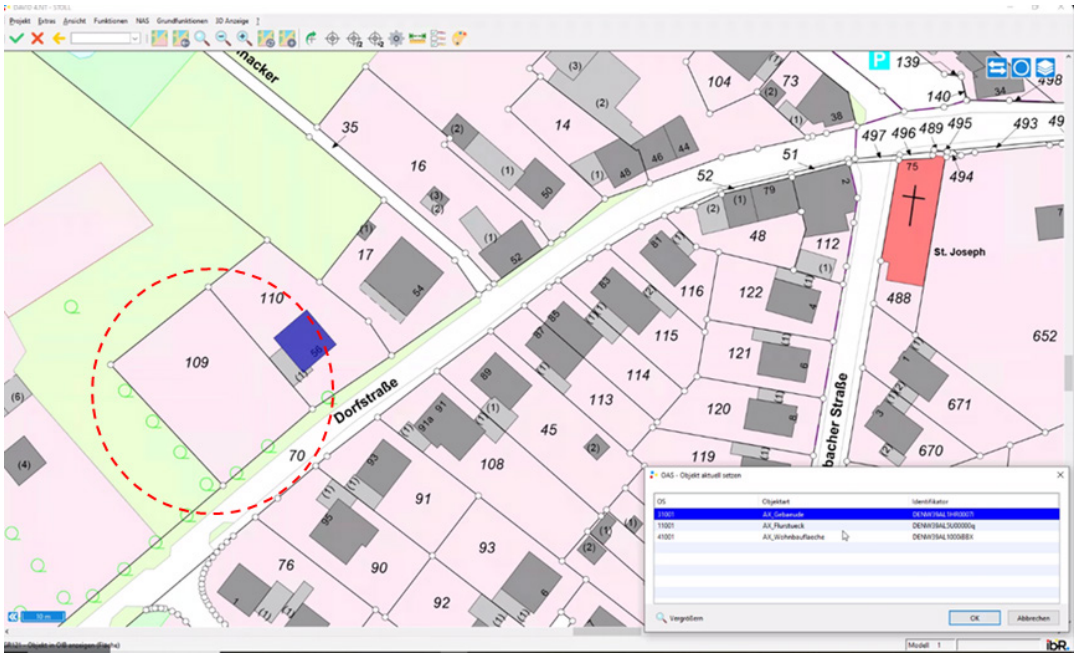
Workflow zur Fortführung des 3D-Modells/Liegenschaftskatasters
Als Testdaten wurden der Firma ibR für ein Befliegungsprojekt (Gemarkung Gressenich, Flur 60, Flurstück 109) folgende Daten für einen gemeinsamen Workshop-Termin bereitgestellt:

- NAS-Bestandsdaten (2D) aus dem Liegenschaftskataster für diesen Bereich,
- Ausschnitt aus dem LoD2-Modell des Landes für diesen Bereich als Bestandsdaten für das Stadtmodell,
- Fortzuführendes Einzelgebäude, das noch nicht im Liegenschaftskataster geführt wird: GML-Datei im Format NAS ERH (3D), welches mit dem 3D-Editor SGJ 3D-Construction der Firma CPA erstellt wurde.

Im Testdatensatz ist ein AX_Bauteil3D enthalten, jedoch noch keine AX_Textur3D-Objekte.
Im Workshop wurde mit der Firma der folgende Workflow zur Fortführung des 3D-Modells/Liegenschaftskatasters für dieses Gebäudeobjekt herausgearbeitet. Das eingerichtete Projekt basierte auf den Strukturen der GeoInfoDok 7.

1) Einrichtung eines Fortführungsprojektes zur Übernahme einer Gebäudeeinmessung

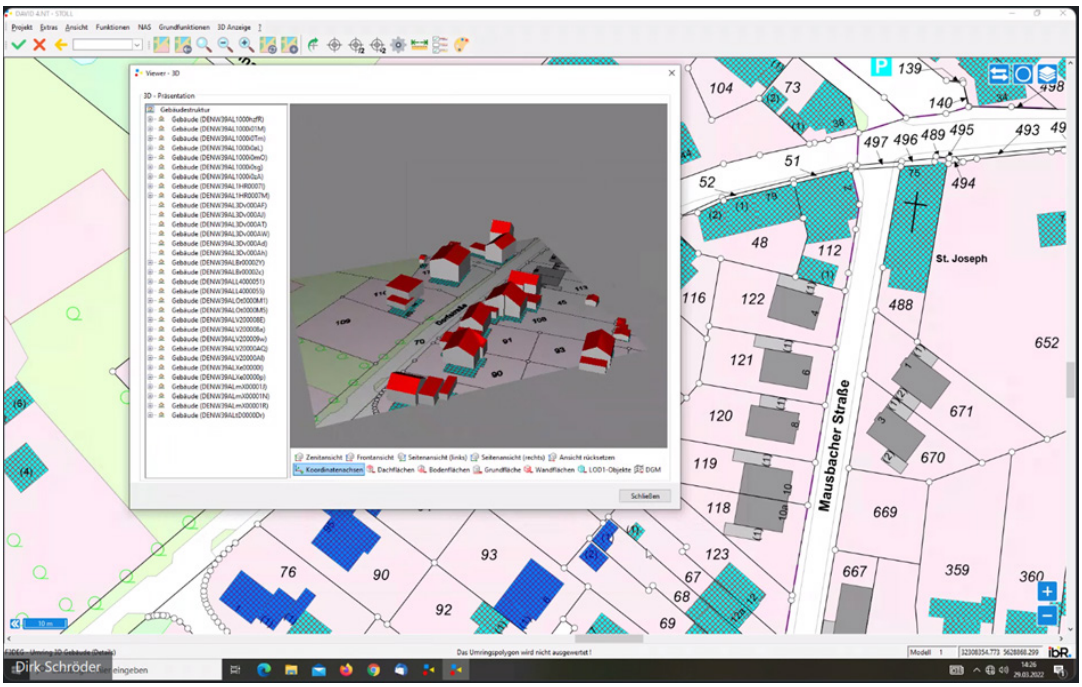
2) Import der NAS-Bestandsdaten (2D) aus dem Liegenschaftskataster für den fortzuführenden Bereich (vgl. untenstehende Abbildung: rot umrandet)



Quelle der Abbildung: ibR Geoinformation GmbH

Da die Bestandsdaten für das Stadtmodell derzeit noch im CityGML-Standard vorliegen, wurden die 3D-Gebäude-Daten hilfsweise über einen DAVID-Konverter eingelesen und automatisch über die Objekt-ID mit dem jeweiligen Gebäude-Grundrissobjekt (AX_Gebaeude) verknüpft.

Im Ergebnis stehen nun ALKIS-3D-Gebäudeobjekte in der 3A-EQK zur Verfügung (vgl. unten stehende Abbildung).



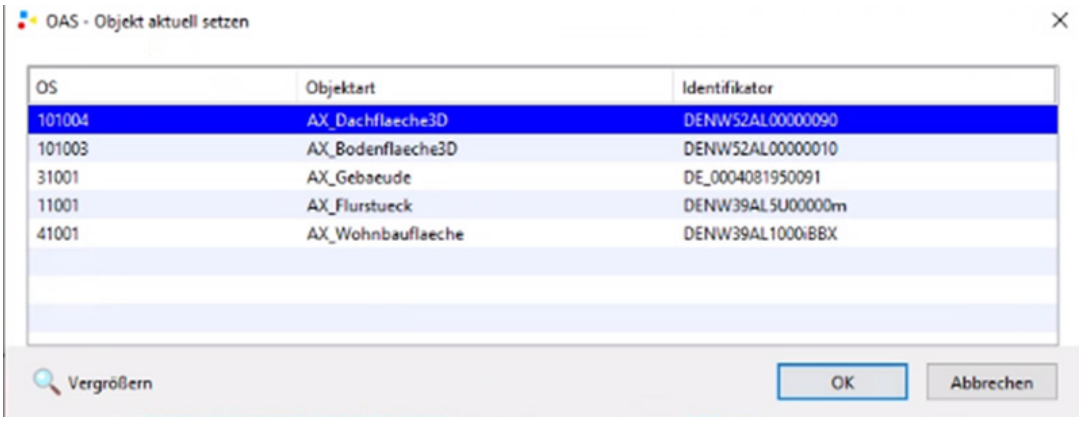
Quelle der Abbildung: ibR Geoinformation GmbH

Werden die 3D-Gebäude künftig als AX_Bauteil3D – Objekte primär in der 3A-DHK geführt, können diese dann zusammen mit den 2D-ALKIS-Daten in einem Zug importiert werden.

3) Anstelle der NAS-ERH-Daten der Stufe 1, welche nur Vermessungspunkte enthalten, wird im nächsten Prozessschritt das AX_Bauteil3D für das neue Gebäude als NAS-ERH (3D) per Importfunktion in die EQK eingeladen, welches aus dem Prozess-Schritt, der in Kapitel 4.2 beschrie-

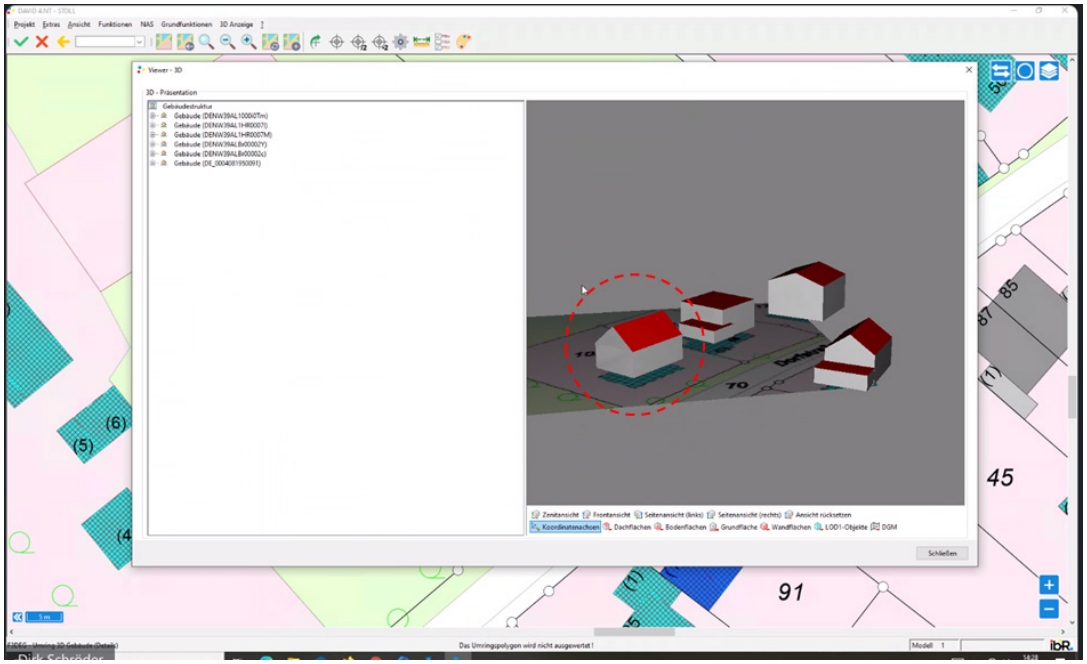
ben wurde, resultiert. Der Importprozess entspricht dem in der Abbildung in Kapitel 4.4 verzeichneten Prozessschritt „3D-Aufbereitung“, der einen Aufsatz zur EQK darstellt.

4) Da nach dem Ansatz „3D-first“ noch kein AX_Gebaeude gebildet wurde, kann mit einer weiteren Funktion aus der AX_Bodenflaeche3D ein AX_Gebaeude abgeleitet werden. Dieser Prozessschritt erweitert den bisherigen Geschäftsprozess Gebäude (in der Abbildung in Kapitel 4.4 als Geschäftsprozess „Gebäude+“ bezeichnet).
Nach Ausführung dieser Funktion wird an der Stelle des Gebäudegrundrisses ein unattributiertes AX_Gebaeude mit einer vorläufigen Objekt-ID (vgl. untenstehende Abbildung: AX_Gebaeude mit Identifikator DE_0004081950091) angezeigt. Weiterhin wird innerhalb des Prozesses automatisiert die Referenz zwischen dem neuen AX_Gebaeude und dem bestehenden AX_Bauteil3D mit seiner AX_Bodenfläche3D und AX_Dachfläche3D gebildet.



Quelle der Abbildung: ibR Geoinformation GmbH

Im Ergebnis kann das importierte 3D-Gebäude (AX_Bauteil3D) und die erzeugte Grundrissfläche (AX_Gebaeude) in der EQK dargestellt werden (vgl. Abbildung unten).



Quelle der Abbildung: ibR Geoinformation GmbH

Die hier relevanten Prozessschritte Nr. 3 (Einladen NAS-ERH (3D)) und 4 (Bildung eines Objektes AX_Gebaeude aus der AX_Bodenflaeche3D unter Bildung einer Relation) haben netto ca. 1-2 Minuten gedauert.

5) Im Weiteren schließt sich die übliche Bearbeitung des Gebäudes im Zusammenhang mit der Fortführung einer Gebäudeeinmessung im Liegenschaftskataster an. Diese umfasst u.a. die Vergabe der Lagebezeichnung sowie der Gebäudefunktion für das Gebäude, ggf. die Bildung von Objekten AX_BesondereGebaeudelinie bei offenen Gebäudelinien, bei Bedarf auch die Änderung der Tatsächlichen Nutzung und ggf. weiterer Inhalte. Hiernach ist der Qualifizierungsprozess abgeschlossen. Es stehen Fortführungsdaten für die Fortschreibung der 3A-DHK zur Verfügung.

6) Im Anschluss werden diese Fortführungsdaten im Rahmen des Führungsprozesses in die 3A-DHK übernommen. Der an die 3A-DHK abgeschickte Fortführungsauftrag ergänzt die klassischen 2D-Bestandsdaten wie auch die 3D-Objekte in der 3A-DHK, wenn diese Daten wie hier angenommen integriert geführt werden.
Das neue Gebäude ist im amtlichen Datenbestand in seiner 2D- wie auch in seiner 3D-Repräsentation ergänzt worden.

Weitere Aspekte der Fortführung von 3D-Gebäudedaten
Im Verlauf des Workshops wurden noch weitere Aspekte dieser Vorgehensweise erörtert. Hierbei möchte die Projektgruppe im Vorfeld zu diesen schon recht im Detail angestellten Überlegungen hervorheben: Der bisherige Prozess der Fortführung des Liegenschaftskatasters wird durch die Verwendung der NAS ERH (3D)-Daten nicht komplexer. Es lässt sich im Gegenteil in der überwiegenden Zahl der Fälle eine Vereinfachung in der Objektbildung der bislang geführten Gebäudeobjekte des 2D-Modells erreichen, da die als Erhebungsdaten vorgelegten Informationen schon mehr Geometrieinformationen beinhalten als die NAS ERH (Stufe 1)-Daten.

- Ableitung des AX_Gebaeude aus dem AX_Bauteil3D:
  Aus Vereinfachungsgründen sollten im Rahmen der NAS-ERH (3D) lediglich 3D-Gebäudeobjekte der Objektart AX_Bauteil3D als Erhebungsdaten übergeben werden. Das entsprechende 2D-Gebäude (Objektart AX_Gebaeude) soll dann automatisiert aus diesem AX_Bauteil3D (dort vornehmlich aus der AX_Bodenflaeche3D) abgeleitet werden. So kann der interaktive Aufwand im Rahmen des Fortführungsprozesses reduziert werden.
  Bei einfachen Gebäudestrukturen, die den Schwerpunkt der in dieser Handlungsempfehlung betrachteten Standardvorgänge im Kontext der Übernahme von Gebäudeeinmessungen ausmachen, wird dieser Prozess nach Einschätzung der Firma ibR fast ausnahmslos automatisch funktionieren.
  Bei komplexeren Strukturen kann die 2D-Objektbildung auch automatisiert vonstatten gehen, wenn eindeutige Ableitungsregeln (z.B. in Anlehnung an Anlage 9 zum Erhebungserlass NRW) formuliert werden. Soweit dies nicht möglich ist, muss das AX_Gebaeude wie bisher auch interaktiv gebildet werden.
  Einige dieser komplexeren Strukturen werden im Folgenden der Vollständigkeit halber erörtert.

  - Abweichungen in den Bauteil-Definitionen 2D gegenüber 3D:
    Es gibt Unterschiede in der Objektbildung bezüglich der auf den ersten Blick vermeintlich identischen Bauteil-Objekte im 3A-Schema in Bezug auf 2D und 3D: Die Definition für das AX_Bauteil (2D) sieht eine Bildung bei abweichender
    - Gebäudehöhe,
    - Bauart und
    - Dachform (in NRW künftig nicht mehr zu führen) vor.

    In Nordrhein-Westfalen müssen nach dem jetzigen Stand der Vorschriften (-entwürfe) in der GeoInfoDok 7 künftig die Objekte AX_Bauteil nach den folgenden Wertearten

im Attribut Bauart differenziert werden:

- Durchfahrt im Gebäude
- Durchfahrt an überbautem Verkehrsweg
- Arkade
- Schornstein im Gebäude
- Hochhausgebäudeteil
- Auskragender Gebäudeteil
- Turm im Gebäude
- Tiefgarage

Demgegenüber müssen definitionsgemäß eigenständige Objekte AX_Bauteil3D gebildet werden, wenn die

- Gebäudehöhe verschiedener Gebäudeteile um mehr als 1 Meter abweicht.

Zur Ableitung der Objekte AX_Bauteil mit den o.g. Wertearten bieten sich folgende Lösungen an:

Eine Durchfahrt kann im AX_Bauteil3D durch das Attribut „Durchfahrtshöhe“ gekennzeichnet und so zur automatischen Objektbildung herangezogen werden.

„Arkade“ und „Schornstein im Gebäude“ (sowie bei Bedarf auch „Wintergarten“) können im Hinblick auf das AX_Bauteil3D über die zusätzliche Objektart AX_GebaeudeInstallation3D in 3D abgebildet und so zur Bauteilbildung herangezogen werden.

Ein AX_Bauteil der Bauart Hochhausgebäudeteil definiert sich zum einen aus einer Mindesthöhe von 22m über Grund. Die Objekthöhe wird als Attribut zum AX_Bauteil3D geführt und kann so zur automatischen Bildung des AX_Bauteil im Falle eines Hochhausgebäudeteils herangezogen werden. Lediglich wenn die laut Definition des Hochhausgebäudeteils geltende alternative Bedingung von 8 oberirdischen Geschossen oder mehr zur Bildung herangezogen werden muss, bedarf es für diesen Einzelfall einer interaktiven Bildung eines AX_Bauteil mit BAT = 1300 (Hochhausgebäudeteil).

Auskragende Gebäudeteile können anhand der 3D-Repräsentation des Gebäudes (AX_Bauteil3D und hier insbesondere „schwebenden“ AX_Bodenflaeche3D automatisch abgeleitet werden.

Insgesamt stellt sich jedoch die Frage, inwieweit im 2D-Nachweis künftig noch eine Repräsentation der 3D-Gestalt der Gebäude insbesondere im Hinblick auf auskragende und zurückspringende Geschosse und ggf. weitere 3D-Ausgestaltungen sinnvoll ist.

Für den Fall, dass ein Turm im Gebäude vorkommt, bedarf es für diesen Einzelfall einer interaktiven Bildung eines AX_Bauteil mit BAT = 2720 (Turm im Gebäude).

Tiefgaragen werden als unterirdische Objekte nicht als AX_Bauteil3D gebildet und müssen als AX_Bauteil bzw. AX_Gebäude auf herkömmliche Weise gebildet werden.

- Zuweisung verschiedener AX_Bauteil3D zu einem AX_Gebaeude:

  Weist ein Gebäude unterschiedlich hohe Gebäudeteile auf, dann muss wegen der Notwendigkeit zur Referenzierung der verschiedenen AX_Bauteil3D-Objekte zu dem zugehörigen AX_Gebaeude diese Zusatzinformation, welche AX_Bauteil3D zum jeweiligen AX_Gebaeude gehören (sich z.B. eine Lagebezeichnung teilen) in geeigneter Weise als Information übergeben werden.

  Diese Informationsweitergabe kann unterbleiben, wenn die Bearbeitung des Fortführungsprojektes vom selben Sachbearbeiter bearbeitet wird, der auch die Erhebungsdaten erstellt hat. Die Informationen können auch per Fortführungsriss übermittelt werden.

  Die Zusammenfassung verschiedener AX_Bauteil3D zu einem AX_Gebaeude im Rahmen der Bearbeitung des Fortführungsprozesses kann über eine einfache Selektionsfunktion gelöst werden.

Es wäre auch denkbar, dass der Sachbearbeiter im Rahmen der Erstellung der Erhebungsdaten ein Objekt AX_Gebaude erstellt und mit dem AX_Bauteil3D übergibt.

- Objektbildende Eigenschaften von AX_Gebaude:
  Wenn aus Vereinfachungsgründen im Rahmen des NAS-ERH (3D) lediglich Objekte der Objektart AX_Bauteil3D als Erhebungsdaten übergeben werden sollen, dann sollten im Idealfall bei der Ableitung der Objekte vom Typ AX_Bauteil3D die Bildungsregeln des AX-Gebaeude berücksichtigt werden: Lassen sich verschiedenen Gebäudeteilen unterschiedliche Gebäudefunktionen zuordnen (z.B. Wohnhaus und Garage), dann sollte bei der Bildung des AX_Bauteil3D auch eine ggf. notwendige Auftrennung des AX_Bauteil3D nach der Gebäudefunktion (also nach der objektbildenden Eigenschaft der Objektart AX_Gebaeude) berücksichtigt werden; z.B. sollten Wohnhaus und Garage nicht in einem AX_Bauteil3D zusammen gebildet sein.
  Dies erleichtert die automatisierte Ableitung des AX_Gebaeude aus dem AX_Bauteil3D. Grundsätzlich wäre auch eine weitere Nachbearbeitung der 3D-Modellbildung in der EQK denkbar.

- Aufwand für die zusätzliche Attributierung des AX_Bauteil3D:
  Es gibt keine zwingend erforderliche Attributierung des 3D-Gebäudes (außer für die Attributart Objekthöhe, die aus den 3D-Daten automatisch abgeleitet werden kann), welche über die Attributierung des AX_Gebaeude hinausgeht. Ein gesonderter Aufwand für eine weitergehende Attributierung entsteht im Fortführungsprozess insofern nicht.
  Hinweis: Die beim AX_Gebaeude ebenfalls zu belegende Attributart AX_DQMitDatenerhebung kann bei dem hier aufgezeigten Verfahren mit einer Standardbelegung: AX_DQMitDatenerhebung => herkunft => AX_LI_ProcessStep_MitDatenerhebung => source z.B.
  - 1000 (G) Aus Katastervermessung ermittelt oder
  - 2000 (G) Aus Luftbildmessung oder Fernerkundungsdaten ermittelt

  sowie description = „Erhebung“
  attributiert werden.

- Übernahme von Objekten AX_BesondererGebaeudepunkt:
  Soweit künftig weiter erforderlich können die im Erhebungsprozess z.B. für den Gebäudegrundriss gebildeten und in der NAS-ERH-Datei übergebenen Objekte der Objektart Objekten AX_BesondererGebaeudepunkt in den Datenbestand übernommen werden.

- Bildung von einfachen Objekten AX_Bauteil3D im Rahmen der Bearbeitung des Fortführungsprojektes, ohne dass NAS-ERH (3D)-Daten aus einer UAV-Befliegung vorliegen:
  Es besteht die Möglichkeit, einfache 3D-Gebäude (wie z.B. Garagen) als AX_Bauteil3D entweder
  1. in der Software im SGJ 3D-Construction oder
  2. in der DAVID-EQK

  z.B. anhand von Gebäudemaßen zu konstruieren.

- Umgang mit an die in der 3A-DHK bereits geführten Gebäude angebauten neuen Gebäude:
  Bei Anbauten an Bestandsgebäude (z.B. Ergänzung eines neuen Wintergartens an ein Wohnhaus oder eines Reihenendhauses an eine vorhandene Hausreihe) besteht die Notwendigkeit, das neue Objekt an die Geometrie des 2D- und 3D-Bestandsobjektes heranzubilden, so dass sie sich die Geometrie teilen, wo sich die Objekte berühren.
  Dies bedingt beim AX_Gebaeude wie bisher eine Unterteilung der Umringslinien des AX_Gebaeudes mit Splitpunkten im Rahmen der Bearbeitung des Fortführungsprozesses.

Analog müssen bei Bestandsobjekten vom Typ AX_Bauteil3D in das Bestandsobjekt neue Gebäudeeckpunkte, -linien und -flächen eingeschlagen werden. Dies geschieht im Idealfall im 3D-Editor (vgl. Kapitel 4.2, Sonderfälle). Hierzu müssen NAS-Bestandsdaten in den 3D-Editor geladen werden können. Dies ist z.B. beim Produkt SGJ 3D-Construction der Firma CPA ohne Konvertierung möglich.
Nach der Bearbeitung werden aus dem 3D-Editor veränderte 3D-Bestandsobjekte geliefert, die über die EQK in der 3A-DHK aktualisiert werden.

- Ableitung des AX_BauwerkeEinrichtungenUndSonstigeAngaben aus dem AX_Bauwerk3D:
  Das AX_Bauwerk3D ist das Gegenstück zu den Objekten, die im 2D unter der abstrakten Objektklasse AX_BauwerkeEinrichtungenUndSonstigeAngaben zusammengefasst sind.
  Soweit diese Objekte im Einzelfall wie Gebäude erfasst werden sollen, geht dies im Wesentlichen in Analogie zu dem zuvor zum AX_Gebaeude und AX_Bauteil3D Beschriebenen.
- Umgang mit Texturierungen der Gebäudeaußenflächen:
  Für diese 3D-Stadtmodell-Anwendungen ist die Texturierung der Gebäudehülle ein wesentliches Orientierungsmerkmal. Jedoch ist derzeit fraglich, ob die flächendeckende Aktualisierung der Texturierung nach Katasterstandards (EVA-Prinzipien) sichergestellt werden kann.
  Regelmäßige Befliegungen mit Schrägluftbildern böten hier eine Datenquelle, die jedoch (noch) nicht landesweit etabliert ist.
  Daher besteht die Überlegung die AX_Textur3D-Objekte zwar in der 3A-DHK abzulegen, diese jedoch nicht mit der Modellart DLKM als Bestandteil des amtlichen Liegenschaftskatasters nachzuweisen, sondern nach Möglichkeit als kommunale Objekte mit der speziellen Modellart NWDKOM oder auf andere geeignete Art und Weise zu führen.

- Übernahme von Bestandsdaten für einen Amtsbezirk aus anderen Datenhaltungen:
  Teilweise haben die Kommunen bereits 3D-Stadtmodelle für ihre Zwecke erhoben. Darüber hinaus besteht ein amtlicher Datenbestand an 3D-Stadtmodelldaten beim Land NRW.
  Auf Nachfrage hat die Firma ibR bestätigt, dass die Möglichkeit besteht, solche Bestandsdaten, die z.B. im CityGML-Format vorliegen, für einen Katasteramtsbezirk über eine Importfunktion in die 3A-DHK zu überführen.

- Umgang mit Homogenisierungen des Liegenschaftskatasters:
  Im Rahmen von Liegenschaftsvermessungen werden fortlaufend Vermessungspunkte genauer erhoben als zu früheren Zeiten und das Liegenschaftskataster um diese genaueren Lageinformationen fortgeschrieben. Teilweise wirken sich diese neu vermessenen Punktlagen auch auf weitere benachbart liegende Vermessungspunkte im Liegenschaftskataster aus. Zur Anpassung dieser benachbarten Bestandspunkte bedient man sich der Homogenisierung.
  Werden die 3D-Gebäude integral in der 3A-DHK geführt, werden die entsprechenden Geometrieinformationen zu den 3D-Objekten bei jeder Homogenisierung lagemäßig automatisch mit angepasst. Die geometrische Koinzidenz zwischen den 3D-Gebäuden und den 2D-Grundrissen im Liegenschaftskataster bleibt so stets auf einfache Weise gewahrt.

- Anpassung des Digitalen Geländemodells (DGM) im Rahmen der Fortführung:
  Mit der Errichtung von Gebäuden und Bauwerken gehen teilweise Änderungen der Geländeoberfläche wie Einschnitte oder Aufschüttungen einher. Das DGM ist eigentlich nicht Teil des Liegenschaftskatasters.
  Mit den Daten der UAV-Vermessung kann auch ein DGM des Geländes um das neue/veränderte Gebäude erzeugt werden. Das DGM kann auf dieser Grundlage z.B. mit dem SGJ 3D-Construction der Firma CPA ebenfalls bearbeitet werden.

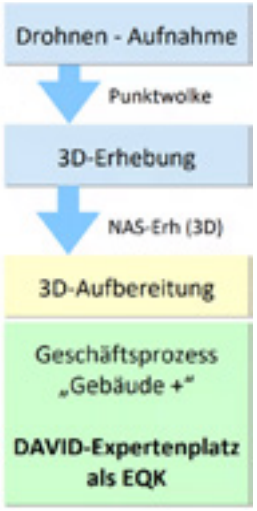
Nach Auskunft der Firma CPA lässt sich das Geländemodell als 3A-Objekt in der 3A-DHK führen und prinzipiell im Rahmen des Fortführungsprozesses mitfortführen. Die näheren Einzelheiten bedürften einer weiteren Abstimmung.
Dann würde das erzeugte 3D-Gebäude realitätsnaher im Geländemodell stehen. Dies wäre ein weiterer Synergieeffekt bei der Nutzung der UAV-Messung.

4.4 Technischer und personeller Aufwand

Der technische und personelle Aufwand für die Übernahme der Punktwolke, die Konstruktion des Gebäudes mit Ausgabe NAS-ERH (3D) im 3D-Editor und der Fortführungsprozess in der ALKIS-Software werden in diesem Kapitel betrachtet.

Für die Konstruktion des Gebäudes aus der Punktwolke wurden die Softwareprodukte SGJ3D-Construction (Fa. CPA) und SketchUp (Fa. Trimble) mit CityEditor (Fa. 3DIS GmbH) und CityDoctor (HFT Stuttgart) von der Projektgruppe untersucht.
Der Fortführungsprozess wurde durch die Fa. ibR mit der ALKIS-Software DAVID in einem Workshop dargestellt. Alle diese Tätigkeiten sind nach Schulung und Einarbeitung von fachlich qualifiziertem Personal leistbar. Eine gegenüber der jetzigen tariflichen Einschätzung abweichende Heraushebung der hier beschriebenen Tätigkeiten ließ sich nicht erkennen.

An die Hardwareausstattung werden keine besonderen Anforderungen gestellt. Die Softwareprodukte SGJ3D-Construction und SketchUp sind auf einem gut ausgestatteten Standard-PC lauffähig (mind. 8 GB RAM). Abhängig von der Datenmenge ist ein größerer Arbeitsspeicher (16 GB RAM) vorteilhaft. Für den Fortführungsprozess ist die vorhandene Hardware der ALKIS-Software (hier DAVID-Software der Fa. ibR) ausreichend.
Für die Umsetzung des untersuchten Prozesses sind verschiedene Softwareprodukte notwendig. Zum einen ist ein 3D-Editor (Einlesen der Punktwolke, Konstruktion des 3D-Gebäudes, Ausgabe NAS-ERH (3D) und des Weiteren eine Erweiterung der ALKIS-Software (Einlesen NAS-ERH (3D), Erfassung und Qualifizierung des Gebäudes in 2D und 3D, Fortführung der AAA-DHK in 2D und 3D) erforderlich. Die Kosten für den 3D-Editor SGJ3D-Construction der Fa. CPA betragen für eine Basislizenz (Lizenz für zwei Arbeitsplätze) einmalig 7.500,00 € (netto) zzgl. jährlich 1350,00 € (netto) für Wartung und Support. Für die alternative 3D-Editor-Lösung auf Basis von SketchUp würden drei unterschiedliche Produkte benötigt: Die Kosten für die Software SketchUp belaufen sich bei zwei Lizenzen auf ca. 550,- € (netto) pro Jahr. Zusätzlich benötigt wird die Software CityEditor (zwei Lizenzen Standard für insgesamt einmalig 800,- € (netto) ohne weitere Wartungskosten) und das Tool CityDoctor Validation (kostenlos).



Quelle der Abbildung: ibR Geoinformation GmbH

Auf die Module zum Einlesen 3D, Aufbereiten 3D und Datenhaltung 3D in der ALKIS-Software der Firma ibR entfallen ein einmaliger niedriger vierstelliger Betrag, zu dem noch der übliche jährliche Wartungskostensatz hinzugerechnet werden muss. Der einmalige Anpassungsaufwand für die Erweiterung des Geschäftsprozesses Gebäude um 3D-Gebäude (vgl. obige Abbildung) wird mit einer niedrigen zweistelligen Anzahl an Entwicklungstagen angegeben. Die Höhe der Kosten für die Anpassung der Geschäftsprozesse hängt somit von der Anzahl der Beauftragungen ab.

Der zeitliche Aufwand für die Ableitung der 3D-Gebäudegeometrie im 3D-Editor betrug durchschnittlich 90 Minuten inkl. Texturierung. Der benannte zeitliche Aufwand bezieht sich auf die Erfassung

eines „Standardgebäudes“, welches als freistehendes Einfamilienhaus samt Garage definiert wurde und einen zahlenmäßig überwiegenden Anteil der im Tagesgeschäft vorkommenden Gebäudeeinmessungen repräsentieren soll. Für den Fortführungsprozess in der ALKIS-Software konnte der Zeitaufwand nicht in eigenen Tests ermittelt werden. Die benötigte Software steht teilweise noch nicht zur Verfügung und ALKIS-3D-Daten können erst mit der Umstellung auf die GeoInfoDok 7 genutzt werden. In einem Workshop mit der Firma ibR konnte das Einlesen der NAS-ERH (3D) und die Ableitung des 2D-Grundrisses schon gezeigt werden. Dieser Vorgang dauerte für das Standardgebäude nur wenige Minuten. Die Ableitung des AX_Gebaeude aus der NAS-ERH (3D) inkl. der Bildung der Relation zum AX_Bauteil3D soll, nach Aussage der Firma ibR, zu ca. 90 % automatisiert möglich sein. Die weitere Attributierung und Ausgestaltung des Gebäudes sowie die Fortführung der AAA-DHK entsprechen den derzeitigen bekannten Abläufen. Daher ergibt sich kein nennenswerter Zusatzaufwand für Personal bei dem Fortführungsprozess in der ALKIS-Software. Wie bei der Übernahme von Gebäudeeinmessungen in das Liegenschaftskataster kann dieser Prozess von Vermessungstechnikern bewerkstelligt werden.

Aus der AAA-DHK soll dann die Ausgabe von Fortführungsdaten (CityGML) zur Aktualisierung von 3D-Stadtmodellen ermöglicht werden. Die Aufwände für diesen Prozess wurden in der Arbeitsgruppe nicht untersucht, sollten sich jedoch nicht signifikant von der üblichen Vorgehensweise unterscheiden.

4.5 Aktualisierung nachgelagerter 3D-Stadtmodelldatenbestände

Um etwaige bei den Kataster- bzw. Geoinformationsbehörden bereits geführte 3D-Stadtmodell-Datenhaltungen (im Folgenden CityGML-DHKs genannt) mit ihren erweiterten Anwendungsmöglichkeiten (wie z.B. Stadtplanungstools) um die fortgeführten Gebäude zu aktualisieren, soll in diesem Kapitel auf die Aktualisierungsmöglichkeiten dieser Datenbanken aus der um das Einzelgebäude fortgeführten 3A-DHK eingegangen werden.

In dem in Kapitel 4.1 skizzierten Gesamtprozess gehört dieser Schritt zum Benutzungsprozess, der auf der fortgeschriebenen 3A-DHK aufsetzt.

Wie üblich können aus der 3A-DHK
- NAS-Bestandsdaten sowie
- NBA-Daten als Differenzdaten zur Aktualisierung externer Datenhaltungen

abgegeben werden.

Derzeit ist noch keine CityGML-DHK bekannt, die bereits NBA-Daten zur Aktualisierung entgegennehmen kann. Grundsätzlich wäre dies jedoch entwickelbar. Daher bestünde derzeit nach Aussage der Firma ibR nur die Möglichkeit, die NBA-Daten als Lösch-, Einfüge- und Änderungsdatensätze über einen Konverter in das Format CityGML zu konvertieren, mit deren Hilfe dann die CityGML-DHK aktualisiert würde. Eine andere Alternative bestünde derzeit im periodischen Komplettaustausch aller 3D-Objekte.

Die Texturierung der Gebäudefassaden und -dächer stellt für den Anwender von 3D-Stadtmodell-Anwendungen ein wesentliches Orientierungsmerkmal dar. Sie liegt für eine ganze Reihe von existierenden CityGML-DHKs ganz oder in Teilen bereits vor. Die durch UAV-Befliegung gewonnenen Luftbilder können auch zur Texturierung der Gebäudegeometrie für die fortgeführten Einzelgebäude verwendet werden. Aus pragmatischen Gründen ist die Mitführung dieser Texturen über die 3A-DHK sinnvoll. Die Texturen zum Inhalt des amtlichen Liegenschaftskatasters zu machen, würde heißen, dass sie einheitlich, vollständig und insbesondere aktuell geführt werden müssten. Auch wenn dieser Anspruch grundsätzlich für jedwede Form von geführten Geodaten gelten muss, ist der übliche dreijährige Aktualisierungsturnus für Geobasisdaten in NRW für die Gebäudetexturen nicht überall erfüllbar. Hieße dies doch,

dass jeder abweichende Anstrich eines Gebäudes alle drei Jahre erfasst und in den Daten nachgeführt werden müsste. Dies scheint in der Breite nicht leistbar, unter anderem weil Schrägluftbilder, aus denen diese Information flächendeckend entnommen werden könnten, nicht überall zur Verfügung stehen.
Daher wird empfohlen diese Texturen der Gebäude nicht zum Inhalt des amtlichen Liegenschaftskatasters in der 3A-DHK zu machen. Dies ist möglich, indem die Objekte AX_Textur3D in der 3A_DHK eine andere Modellart als DLKM erhalten. Für NRW wäre dies z.B. NWDKOM. Neben den neuen 3D-Geometrien der neuen oder veränderten Gebäude werden auch diese Textur-Objekte zu diesen Gebäuden als Ausgestaltungselemente aus der 3A-DHK bereitgestellt.

Neben der Aktualisierung der CityGML-DHK aus der 3A-DHK würde sich auch die Möglichkeit anbieten, die fortgeführten Einzelgebäude z.B. als CityGML-Datensatz zur Einzelfortführung der CityGML-DHK zu verwenden. Diesen Weg empfiehlt die Projektgruppe wegen der zusätzlich notwendigen und komplexeren Prozessschritte sowie der fehlenden Möglichkeit, die Vorteile aus einer integrierten Führung der 2D- und 3D-Gebäude heben zu können (z.B. was die Möglichkeiten der Homogenisierung und die Fortführung von Lagebezeichnungen anbelangt), nicht.

4.6 Verortung von BIM-Daten im Gesamtprozess

Im Rahmen von Building Information Modeling (BIM) werden Bauwerke projektbezogen betrachtet. Ziel ist hierbei ein umfassendes digitales Gebäudeabbild des jeweiligen Bauwerks zu modellieren (Borrmann u. a. 2015). Neben der geometrischen Abbildung des Bauwerks werden in der Regel weitere Merkmale wie Kosten, Materialien oder technische Details als Metadaten ergänzt. Ziel des konsequenten Modellierens aller Eigenschaften des Bauwerks ist die Unterstützung sämtlicher interdisziplinärer Prozesse während des Planens, Bauens und Betreibens des Bauwerks. Dies setzt zudem einen problemlosen und transparenten Datenaustausch zwischen allen beteiligten Akteuren voraus (Blankenbach u. a. 2021, S. 18-19). Hierfür stellt die Industry Foundation Classes (IFC) eine offene und herstellerneutrale Schnittstelle zum Datenaustausch bereit.

Im Gegensatz zum BIM zielt der Aufbau von 3D-Stadtmodellen auf die Modellierung ganzer räumlicher Gebiete in einem gegenüber dem BIM-Modell geometrisch wie auch semantisch deutlich reduzierten Detailierungsgrad ab. In der Fachliteratur wird in diesem Zusammenhang auch von Urban Information Modeling (UIM) gesprochen. Anwendungsgebiete der UIM sind in der Regel die Präsentation der räumlichen Strukturen im 3D-Raum. Darüber hinaus sind aber auch Simulationen unterschiedlichster Thematiken wie Lärmkartierung, Wasserstands- bzw. Überschwemmungsmodelle u. a. im großen Maßstab zu nennen.

Im Rahmen des hier beschriebenen Workflows ist zu erwarten, dass sich durch die Integration von BIM-Daten in den Gesamtprozess künftig Synergieeffekte für beide Datenmodelle ergeben können. Anstelle die Geometrie des Objektes aus der Punktwolke eigenständig zu vektorisieren, können BIM-Planungsdaten („as-planned“) die Vorlage für das vektorielle 3D-Gebäudeobjekt liefern, soweit die tatsächliche Bauausführung hinreichend mit der Planung des Gebäudes übereinstimmt. Das Maß dieser Übereinstimmung kann aus Prozessschritt Nr. 3 des in Kapitel 4.2 beschriebenen Teils des Erhebungsvorgangs abgeleitet werden und liefert eine Aussage darüber, ob das Gebäude-Objekt mit seiner „as-planned“-Geometrie in den amtlichen 3D-Gebäudenachweis für das UIM übernommen werden kann.
Es ist jedoch aufgrund der Zusatzkosten davon auszugehen, dass die wenigsten Bauherren aus freien Stücken eine „as-built“-Dokumentation ihres errichteten Gebäudes von sich aus in Auftrag geben werden. Der Zusatznutzen der „as-built“-Dokumentation und ggf. seiner laufenden Aktualisierung („as-is“-Dokumentation) für den späteren Betrieb und die Unterhaltung des Gebäudes in seinem Lebenszyklus dürfte sich aufgrund der mit der Erhebung verbundenen Kosten den meisten Bauherrn nicht erschließen.

Zumindest für die erstmalige „as-built“-Dokumentation würde die Erhebung des Gebäudes für den amtlichen Gebäudenachweis aber eine Grundlage für die Gebäudehülle liefern können, die auch der Bauherr für seine BIM-Modellierung („as-built“) nutzen könnte. Ein auf Basis einer UAV-Befliegung detailliert modelliertes BIM-Objekt („as-built“) könnte nach entsprechender Generalisierung zur Fortführung des amtlichen 3D-Gebäudenachweises und damit des UIM verwendet werden. Zur Vertiefung dieser Thematik wird an dieser Stelle auf den Leitfaden „Geodäsie und BIM“ (Version 3.0), herausgegeben vom DVW e. V. und Runder Tisch GIS e. V., verwiesen.

Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die unterschiedlichen Anwendungsbereiche und die sich hieraus ergebenden Unterschiede auf System-, Modell- und Formatebene sowie im geometrischen Genauigkeits- und Detaillierungs- bzw. Generalisierungsgrad einen Datenaustausch zwischen BIM und UIM erschweren (Donaubauer u. a. 2021). Zwar ist die Integration von BIM-Daten in UIM derzeit Gegenstand von Entwicklung und Forschung, auch werden im Leitfaden „Geodäsie und BIM Version 3.0 (2021)“ vom DVW e. V. und Runder Tisch GIS e. V. bereits Lösungen zur Interoperabilität beider Modelle aufgezeigt, dennoch stehen brauchbare BIM-Modelle aktuell nur vereinzelt zur Verfügung, so dass sie im Hinblick auf diese Handlungsempfehlung noch keinen in der Breite nutzbaren Mehrwert darstellen, dass sich die Einbeziehung in den aktuellen Geschäftsprozess derzeit lohnen würde. Aus diesem Grund wird mit Blick auf den Arbeitsauftrag (vgl. Kapitel 1.1) der Fokus dieser Handlungsempfehlung auf die unabhängige Erhebung und Vektorisierung der Gebäudegeometrien zur Aktualisierung des Gebäudenachweises im Liegenschaftskataster gelegt.

4.7 Fazit

Die Ableitung der 3D-Geometrie inkl. Fassadentexturen für das neue bzw. veränderte und somit fortzuführende Gebäude aus der UAV-Punktwolke kann durch automationsunterstützte, aber im Wesentlichen interaktive Verfahren realisiert werden. Die hierzu benötigten Funktionalitäten stellen 3D-Editoren bereit wie z.B. das Produkt SGJ3D-Construction. Die Genauigkeit der Erhebung im hier integriert beschriebenen Verfahren („3D-first“) lag bei den (wenigen) hier praktisch erprobten Objekten für alle Gebäudeeckpunkte, auch für die des Grundrisses, bei etwa 1 dm und erfüllt damit einen topographischen Anspruch. Andere Untersuchungen haben gezeigt, dass Grundrisspunkte eines Gebäudes grundsätzlich auch mit höherer Genauigkeit aus den UAV-Aufnahmen erhoben werden können (Rembold 2022). Mindestens für die Eckpunkte des Gebäudes oberhalb des Grundrisses erscheint diese Vorgehensweise aber nicht zielführend.

Das Ergebnis der Erhebung kann semantisch nach dem 3A-Schema im bewährten NAS-Format ausgegeben werden. Somit bleibt die Modellkonformität zu den 3A-Daten des amtlichen Vermessungswesens gewahrt. Bei Bedarf kann auch eine im Zuge der Baumaßnahme veränderte Geländeoberfläche aus den Daten erhoben werden. Der Erhebungsprozess ist damit abgeschlossen.

Im Rahmen des hier beschriebenen Workflows ist zu erwarten, dass sich durch die Integration von BIM-Daten in den Gesamtprozess künftig Synergieeffekte ergeben können. Aufgrund des derzeit noch überschaubaren Einsatzes von BIM in der Planung und insbesondere nach der Errichtung von Gebäuden, ist eine praktische Einbeziehung in den Prozess der Gebäudeaktualisierung derzeit noch nicht effizient.

Im hier untersuchten Qualifizierungs- und Führungsprozess zur Fortschreibung der 3A-DHK für das fortzuführende Einzelgebäude kann der NAS-Datensatz in die in NRW üblichen Geschäftsprozesse eingefügt werden. Technische Voraussetzungen sind die Implementierung des Datenmodells der GeoInfoDok 7 in der 3A-DHK und Anpassungen der 3A-EQK.

Die Integration der fortzuführenden Einzelgebäude in die 3A-DHK setzt das Vorhandensein eines Ist-Bestandes an Gebäuden in dieser Datenhaltung voraus. Die Erstbefüllung ist aus den UIM-Datenhaltungen der Kommunen bzw. aus den amtlichen Geobasisdaten der Landesverwaltung möglich. Die Führung der 3D-Gebäudegeometrien primär in der ALKIS-DHK hat viele Vorteile, zwingend ist sie nicht. Als Vorteile ergeben sich: die Einheitlichkeit der Führung als amtliche Geobasisdaten, die Vollständigkeit der 3D-Gebäude bereits zum Zeitpunkt der Katasterfortführung und somit auch die Aktualität des Gebäudebestandes, die Genauigkeit des Gebäudebestandes bedingt durch die terrestrische Erhebung, die Möglichkeit den 3D-Gebäudebestand zusammen mit allen anderen Fortführungen des Liegenschaftskatasters (wie attributive Änderungen der Gebäudefunktionen oder geometrischen Änderungen aufgrund von Homogenisierungen) synchron fortzuführen u.v.m.. Der Fortführungsprozess aktualisiert den Gebäudebestand in der 3A-DHK bezogen auf den Grundriss und die dritte Dimension. Es besteht die Möglichkeit, Fassadentexturen außerhalb des amtlichen Liegenschaftskatasters mitzuführen sowie Ansätze das Geländemodell fortzuführen.

Der Mehraufwand dieses Prozesses liegt bezogen auf die in diesem Kapitel beschriebenen Arbeitsvorgänge im Wesentlichen in der Vektorisierung der 3D-Geometrie des Gebäudes aus der Punktwolke und der Ableitung der Fassadentexturen (vgl. Kapitel 4.2). Dieser Prozessschritt lässt sich idealerweise als Teil des Erhebungsprozesses verorten. Er dauert für das hier untersuchte Standardgebäude durchschnittlich 90 Minuten. Auf dieser Grundlage sind für die weiteren Prozessschritte keine wesentlichen Mehraufwände bezifferbar.

Aus der um das neu errichtete bzw. veränderte Gebäude fortgeführten 3A-DHK lassen sich bereits jetzt schon nachgelagerte Stadtmodelldatenbanken (UIM) fortführen. Besonders effiziente Prozesse z.B. auf Basis des NBA-Verfahrens müssten allerdings noch etabliert werden. Mit der Ableitung auch der Fassadentexturen für das fortgeführte Gebäude aus den orientierten Luftbildern der UAV-Befliegung und ihrer Übernahme in die 3A-DHK sowie die anschließende Überführung in die UIM-Datenhaltung lassen sich Mehrwerte im Hinblick auf die Orientierung der Nutzer innerhalb des Stadtmodells erschließen. Das aktualisierte Stadtmodell steht den Anwendern mit den üblichen dort implementierten Funktionalitäten zur Nutzung zur Verfügung.

5 Hinweise zur Abschätzung des Aufwandes bei der Gebäudeerfassung

Nachfolgend wird skizziert, wie eine Abschätzung bei einem jährlichen Aktualisierungszyklus aussehen könnte. Hierbei wird vereinfachend unterstellt, dass der komplette Gebäudebestand von einer Stelle erhoben und fortgeführt wird. Ferner wird exemplarisch von folgenden Voraussetzungen ausgegangen. Für eine individualisierte Betrachtung wird von der durchschnittlichen Anzahl an Gebäuden ausgegangen, die eine Katasterbehörde je Jahr übernimmt. Vorliegend wird die Annahme getroffen, dass ein Amtsbezirk betrachtet wird, welcher jährlich 1000 Gebäudeeinmessungen fortführt.
Rechnet man mit durchschnittlich 12 kreisangehörigen Kommunen je Kreisgebiet in NRW, ergeben sich zur Einhaltung der Jahresaktualität 84 Gebäudeeinmessungen pro Kommune.
Geht man exemplarisch davon aus, dass ein Drittel der Tage im Jahr keinen UAV-Flugbetrieb zulassen (bspw. aufgrund der Wetterlage) bleiben rund 140 Arbeits- bzw. Flugtage pro Jahr. Bei jährlich 1000 zu erhebenden Gebäuden wären somit 7 Gebäude pro Tag zu erheben, welche dann gebietsweise sukzessive vom Außendienst angefahren werden können.

Berücksichtigt man die zeitliche Abschätzung aus Kapitel 3.4, ergibt sich für den Außendienst je Gebäudeobjekt

- eine innendienstliche Vorbereitungszeit von ca. 15 Minuten für einen Mitarbeiter und
- eine Außendienstzeit von rund 60 Minuten (15 Minuten Entladung und Passpunktmessung, 15 Minuten Flugvorbereitung, 15 Minuten Flugphase, 15 Minuten Nachbereitung inklusive Beladen) für einen Außendiensttrupp.

Die durchschnittliche An-, Weiter- und Rückreisedauer kann je Katasterbehörde in Abhängigkeit von Form und Größe des Kreisgebietes und der Lage des Verwaltungsgebäudes individuell abgeschätzt werden: In Abhängigkeit von der durchschnittlichen Anzahl je Jahr übernommener Gebäude kann zudem abgeschätzt werden, wie viele Gebäude je Gemarkung bzw. Gemeinde zusammenhängend erhoben werden können. Aus den durchschnittlichen An- und Abreisezeiten für das Kreisgebiet sowie der Weiterreisezeit zwischen den einzelnen Gebäudekomplexen, die in der Gemarkung bzw. Gemeinde sukzessive angefahren werden und dem zuvor beschriebenen Aufwand für jeden Gebäudekomplex ergibt sich eine durchschnittliche Anzahl an erhebbaren Gebäuden pro Arbeitstag.

Aus Effizienzgründen ist es vorteilhaft, wenn örtlich zusammenhängende Gebäudeveränderungen tageweise gebündelt erhoben werden, da dadurch eine deutliche Minimierung der Gesamtzeit zu erwarten ist. Im Optimalfall kann die exemplarische Anzahl von 7 Gebäuden innerhalb einer Flugphase erfasst werden. Für diesen Fall erscheint es realistisch, dass sich die Gesamtaußendienstzeit um ca. 30 Minuten verlängert, da sich zum einen die Dauer der Flugphase verlängert und zum anderen die örtlich vorbereitenden Arbeiten etwas umfangreicher ausfallen.

Für den Fall, dass sich die Erfassung auf mehrere Flugphasen erstrecken muss, können u. U. Passpunkte mehrfach verwendet werden bzw. sollte der Außendienst so geplant werden, dass nicht für jede einzelne Gebäudeerfassung eine Flugphase inkl. der vorbereitenden Maßnahmen benötigt wird.

Die Betrachtung der Außendienst- inklusive der Reisezeiten ermöglicht eine Abschätzung, ob zur örtlichen Erhebung für den jeweiligen Amtsbezirk ein oder mehrere Außendiensttrupps eingesetzt werden müssen. Für einen Außendiensttrupp erscheinen 2 Personen sinnvoll und ausreichend.

Wenn für den oben skizzierten Amtsbezirk von einer durchschnittlichen An- und Abreisezeit von 60 Minuten sowie einer durchschnittlichen Fahrt zwischen den einzelnen Gebäuden von 20 Minuten ausgegangen wird, dann lassen sich je Flugtag 4 Gebäude erheben, so dass sich die oben genannten 1000 Gebäude je Jahr mit zwei Außendiensttrupps an 125 Flug- bzw. Arbeitstagen erheben ließen.
Für den zeitlichen Aufwand des Innendienstes (s. Kapitel 3.4 und 4.4) lässt sich nachfolgende Abschätzung für die Fortführung eines Gebäudes treffen:

- Zur geometrischen Auswertung der erhobenen Daten ist mit einem Zeitaufwand von ca. 30 Minuten zu rechnen. Anschließend erfolgt die Ableitung einer dichten Punktwolke zur 3D-Modellierung. Die benötigte Rechenzeit korreliert mit dem Umfang der erhobenen Daten sowie der Rechnerleistung. Als Richtwert können ca. 3-5 Stunden angesetzt werden, in denen kein Personalaufwand anfällt.
- Für die Ableitung der 3D-Gebäudegeometrie im 3D-Editor ist von 90 Minuten für einen Mitarbeiter auszugehen. Der Mehraufwand hinsichtlich der Ableitung der 2D-Gebäudegeometrie zur Fortführung der 3A-DHK ist hierbei vernachlässigbar.

Somit ergibt sich für den Idealfall pro Fortführung eines Gebäudes ein Personalaufwand von rund zwei Stunden (ohne Rechenzeit). In diese Zeiten ist der weitere Aufwand für die üblichen Arbeiten zur Fortführung der AAA-DHK nicht einbezogen, da er sich aus den derzeitigen bekannten Abläufen ergibt und

keinen Mehraufwand darstellt. Es ist insgesamt zu erwarten, dass mit zunehmender Routine mit einer zeitlichen Verkürzung der Bearbeitungszeiten zu rechnen ist.

Neben den Personalkosten sind auch Kosten für die technische Ausstattung erforderlich. Diese betreffen – unter Berücksichtigung des Auslastungsgrades vorhandener Ausstattung – Investitionskosten für das UAV, UAV-bezogene Software und Schulung (rd. 16.000 EUR je Außendiensttrupp), Software zur Erstellung der 3D-Gebäude (rd. 9.000 EUR) sowie ggf. für PKW, GNSS-Empfänger und weiteres.
Dazu kommen laufende Kosten für Wartung und Pflege von Hard- und Software sowie Fahrtkosten.

Demgegenüber steht ein Minderaufwand bei der Katasterübernahme. Dies wird durch den Umstand begründet, dass bei topographischen (3D-)Gebäudeaufnahmen die Prüfung und Erstellung von Vermessungsschriften reduzierter abläuft als bei Liegenschaftsvermessungen.

6 Gesamtfazit und Ausblick

6.1 Gesamtfazit

Die vorliegende Handlungsempfehlung zeigt auf, dass die Erhebung und Fortführung von Gebäuden und Bauwerken mithilfe von Drohnenaufnahmen mit dem Ziel, 2D- und 3D-Gebäudegeometrien in topographischer Qualität abzuleiten, für die Verwendung des Gebäudenachweises im Liegenschaftskataster praktikabel realisierbar ist.

Der Einsatz von UAV ermöglicht – anders als der Einsatz von fernerkundlichen Verfahren auf Basis anderer Plattformen (wie Flugzeugen oder Satelliten) – eine höhere Genauigkeit, eine zuverlässigere Identifizierbarkeit insbesondere eher unzugänglicherer Gebäudebereiche und durch die objektbezogene Einsatzmöglichkeit eine größere Aktualität.

Das Erlangen von 3D-Informationen stellt einen wichtigen Informations- und Qualitätszugewinn für den Gebäudenachweis bei gleichzeitiger Realisierbarkeit einer hohen Aktualität, wie er für den Gebäudenachweis jetzt auch schon gefordert wird, dar.

Die Verwendung der gewonnenen Daten liefern hierbei nicht nur einen Mehrwert hinsichtlich zwei- und dreidimensionaler Fortführung des Liegenschaftskatasters, sondern können darüber hinaus für viele Anwendungsspektren als Basis- oder Ergänzungskomponenten dienen.
Bei der rechtlichen Beleuchtung des Einsatzes von UAV im Bereich Liegenschaftskataster muss zwischen zwei Szenarien unterschieden werden. Der grundsätzliche Einsatz von UAV zur Erhebung von Geobasisdaten im amtlichen Vermessungswesen ist unter Beachtung der Sicherheitsziele des Luftverkehrsrechts möglich. Aus katasterrechtlicher Sicht darf dieses Messinstrument aktuell ausschließlich zur Erhebung mit topographischer Genauigkeit verwendet werden. Eine Datenerhebung im Zuge von Liegenschaftsvermessungen ist derzeit ausgeschlossen.

Im Vorfeld der praktischen Datenerhebung gilt es zunächst verschiedene Umstände zu berücksichtigen. Fundamental ist hierbei, dass die im Einsatz befindliche technische Ausstattung (UAV und unterstützende Software) gewissen Anforderungen genügen muss. Unter dieser hinreichenden Voraussetzung sind jeweils Überlegungen über eine möglichst effiziente Flugplanung erforderlich, damit der Vorteil der UAV-Erfassung in möglichst optimaler Weise ausgeschöpft werden kann. Wesentlich hierbei ist die Bündelung von benachbarten Aufträgen, die sich am einfachsten realisieren lässt, wenn die Befliegung aus einer Hand erfolgt. Beim örtlichen Vorgehen kann im Einzelfall eine Hinzunahme von einfachen

messtechnisch erhobenen Gebäudemaßen nicht vermieden werden (z.B. bei örtlichen Hindernissen). Des Weiteren ist zur Qualitätskontrolle der Lagekoordinaten die zusätzliche Aufnahme mindestens eines Kontroll- bzw. Passpunktes empfehlenswert. Andere Untersuchungen verweisen darauf, dass auch der Gebäudegrundriss mit KKQ per UAV erhoben werden kann.

Bei der innendienstlichen Bearbeitung der Rohdaten gilt es zunächst eine geeignete Hard- und Software zur Verfügung stehen zu haben. Mit der passenden Auswertesoftware stellt die Entwicklung von der Punktwolke zu einem kubischen, geschlossenen Gebäudemodell kein Problem dar; ein in der Leistung angepasster Computer sorgt hierbei für eine zeitlich akzeptable Bearbeitungszeit. Im Allgemeinen hat sich gezeigt, dass innerhalb des hier beschriebenen Verfahrens der Aufwand bei der Ableitung der 3D-Geometrie aus der UAV-Punktwolke in Abhängigkeit von der Gebäudestruktur steht.

Innerhalb dieses Arbeitsschrittes lassen sich grundsätzlich auch Gebäudekoordinaten, die je nach Aufnahmegeometrie und Auswertesoftware den Genauigkeitsanforderungen an das Koordinatenkataster entsprechen, gewinnen. Die vorliegenden Praxisfälle haben jedoch gezeigt, dass das Erreichen einer topographischen Genauigkeit hinsichtlich des Kosten- und Nutzenaufwandes am praktikabelsten erscheint.

Für die Abgabe der vektorisierten 3D-Geometrien wird den Standard NAS ERH (3D) empfohlen. Damit lässt sich ein Mehraufwand vermeiden, welcher durch das Festhalten am Standard CityGML eintreten würde. Die Modellkonformität zu den 3A-Daten des amtlichen Vermessungswesens bleibt ebenso gewahrt. In vielerlei Hinsicht ist auch die primäre Führung in der ALKIS-DHK vorteilhaft, so wird u. a. die Einheitlichkeit der Führung als amtliche Geobasisdaten sichergestellt.

Die Berücksichtigung von BIM in den Gesamtkontext konnte aufgrund des gegenwärtig rudimentären Einsatzes dieser Arbeitsmethode in der Planung bzw. Errichtung von Gebäuden nicht ausgiebig untersucht werden. Es ist allerdings zu erwarten, dass sich durch eine Verzahnung zukünftig Synergieeffekte ergeben.

Neben dem Mehrwert der effizienten Erfassung von Gebäuden und Bauwerken leisten die gewonnenen Daten einen enormen Beitrag hinsichtlich der 3D-Stadtmodelle. Durch die Berücksichtigung internationaler Standards und entsprechender Genauigkeiten lassen sich die gewonnenen Modelle problemlos in bestehende Stadtmodelldatenbanken überführen und können somit einen integralen Bestandteil zum digitalen Stadtzwilling bilden. Die zusätzliche Aufnahme von Texturen sorgt des Weiteren für eine Qualitätssteigerung, indem sie insbesondere die Orientierung innerhalb der Stadtmodelle erleichtert. Nicht außer Acht gelassen werden darf ebenso die Verwendung der Nebenprodukte wie z.B. die Geländemodellfortschreibungen, welche im Zuge der eigentlichen Datenerhebung von Gebäuden gewonnen werden. Diese leisten für die 2D-Daten des Liegenschaftskatasters (ATKIS, ABK) nützliche aktuelle und genaue Informationen (charakteristische Topographie, TN).

Des Weiteren lässt sich das kombinierte Verfahren der Datenerhebung und -fortführung flexibel gestalten, sodass auch wetterbedingt ausfallende Außendiensttage mittels innendienstlicher Bearbeitung kompensiert werden können. Die Bündelung aller Gebäudeerhebungen eines Amtsbezirks in einer Hand erscheint unter dem Aspekt des Personalaufwandes am effizientesten. Die Personalausstattung für die Erhebung und Führung der Gebäude und die Personalaufwände für die jetzigen Prozesse sind je Katasterbehörde auch in Anbetracht von Form und Größe des Amtsbezirks im gewissen Rahmen verschieden. Die für das hier beschriebene Verfahren gegebenenfalls zusätzlichen erforderliche Personalbedarfe lassen sich daher nur individuell ermitteln.

Die wesentlichen investiven Kostenpunkte betreffen die Ausstattung mit PKW, UAV, GNSS-Empfänger, Software und leistungsstarker Hardware. Die diesbezüglichen laufenden Kosten werden durch Fahrtkosten sowie Kosten zur Wartung und Pflege von Hard- und Software bestimmt.

In diesem Kontext lässt sich final festhalten, dass sich keine wesentlichen Einschränkungen der Einsatzmöglichkeit von UAV zur Erhebung von Gebäuden erkennen lassen, die Kosten überschaubar bleiben und der neue Ansatz des „3D-first" eine vielversprechende Methode zur Aktualisierung eines um die 3. Dimension erweiterten Gebäudenachweises im Liegenschaftskataster darstellt.

6.2 Ausblick

Der grundsätzliche Einsatz von UAV durch Mitarbeitende der Katasterbehörden und Vermessungsstellen ist gesetzlich erlaubt (vgl. Kapitel 2). Es wäre für alle Beteiligten eine Hilfe, wenn künftig z.B. auf der Grundlage der Vorarbeiten in Niedersachsen eine Handlungsempfehlung im Sinne eines allgemeinen Betriebskonzeptes für die Nutzung von UAV im amtlichen Vermessungswesen in NRW gemeinsam erarbeitet würde.

Voraussetzung für den Einsatz von UAV auch für Liegenschaftsvermessungen (hier: Gebäudeeinmessung) ist eine Anpassung der einschlägigen Gesetze und Vorschriften. Dazu muss einerseits der grundsätzliche Einsatz als Instrument zur Erhebung bei Liegenschaftsvermessungen erlaubt werden (inkl. Anpassung der Kostenordnung) und andererseits müssen qualitätsbestimmende Parameter im Zuge der Erfassung und Fortführung definiert werden. Entsprechende Untersuchungen durch Abschlussarbeiten an Hochschulen könnten hierzu weitere Erkenntnisse liefern.

Losgelöst vom Bedürfnis der Anpassung der Vorschriften ist die Behandlung der Genauigkeitsanforderungen an Gebäudeeinmessungen. Auch wenn die geforderte Genauigkeit der Koordinatenkatasterqualität im Gebäudegrundriss durch Erhebung mittels UAV grundsätzlich erreicht werden könnte, muss berücksichtigt werden, dass die Anforderungen an das Erreichen dieser Qualität zulasten des Aufwandes gehen. So bewirkt die Reduktion der Gebäudeerhebung auf ein topographisches Aufmaß durch Reduktion des Mess- und Auswerteaufwandes sowie durch Einsparungen bei der Dokumentation (Fortführungsriss, Berechnungsdokumentation) und Prüfung einen wesentlich geringeren zeitlichen Aufwand als bei einer geforderten Koordinatenkatastergenauigkeit. Ebenso sind Überlegungen erforderlich, welche Gebäudetypen mittels UAV-Erhebung detektiert werden sollen und bei welchen bspw. auf eine vereinfachte Erhebung zurückgegriffen werden kann (z.B. bei Nebengebäuden mit Flachdächern). Es wird deutlich, dass der Aufwand für den Gesamtprozess in Abhängigkeit von weiteren Entscheidungen zum Thema Gebäudeerhebung steht.

Ohne die Diskussion um die Gebäudeeinmessungspflicht und die Erhebungsstandards für Gebäude vorwegzunehmen, gilt aus Sicht der Arbeitsgruppe:
Die auf diesem Wege erreichbare topographische Genauigkeit von ca. 10 cm ist für den Gebäudenachweis aus Sicht der Arbeitsgruppe ausreichend. Sie fügt sich in den bestehenden teilweise sehr heterogenen Nachweis der Gebäude im Liegenschaftskataster harmonisch ein, der selbst bei neueren Gebäuden durch die fehlende Verpflichtung zur erneuten Einmessung bei „geringfügigen" Veränderungen wie der Aufbringung einer Wärmedämmung o.ä. nicht nachgeführt werden muss.

Vor dem Hintergrund, dass derzeit im amtlichen Vermessungswesen bedarfsbezogen der Aktualität offenkundig die höhere Priorität vor der Genauigkeit zugesprochen wird, ist zu erwägen, UAV jetzt – für nicht einmessungspflichtige Gebäude – und künftig für die Erhebung von allen Gebäuden in allen drei Dimensionen mit topographischer Genauigkeit einzusetzen.

Soweit sich durch die hier beschriebene topographische Erhebung und Fortführung der Gebäude für die Katasterbehörden in der Breite personelle bzw. anderweitige Mehraufwände ergäben, so wäre eine Refinanzierung dadurch denkbar, anstelle der bisherigen Gebühr für die Gebäudeeinmessung eine reduzierte Aktualisierungsgebühr für die Fortführung durch die Katasterbehörde zu erheben. Finanzielle Mehreinnahmen könnten nach wie vor für die Erneuerung des Grenznachweises verwendet werden. Insgesamt käme es zu einer finanziellen Entlastung der Bauherren und durch die Umgestaltung der Gebäudeeinmessungspflicht in die Erhebung einer Aktualisierungsgebühr zu einer Entbürokratisierung. Der Vorteil der Verwendung des 3A-Schemas ist die deutschlandweite Normierung in dem einen vom amtlichen Vermessungswesen bekannten Datenstandard. Dies legt die Lösung nahe, die 3D Gebäudeinformationen in einer 3A-DHK zu führen und ihre Erhebung als amtliche Geobasisdaten sicherzustellen. Vor dem Hintergrund, dass die GeoInfoDok 7 erst ab 2024 flächendeckend im Einsatz ist und die Nutzer/ ALKIS Softwarehersteller ihre Erfahrungen damit sammeln müssen, erscheint es sinnvoll, dass die innerhalb dieser Handlungsempfehlung dargelegten Inhalte in einen zeitlichen Kontext zu der GeoInfoDok gesetzt werden.

Für die Entwicklung eines effizienten Workflows zur Integration der gewonnen Gebäudegeometrien in Datenbanken von 3D-Stadtmodellen (UIM), z.B. auf Basis des NBA-Verfahrens, müsste dieser allerdings noch etabliert werden.

7 Literaturverzeichnis

Rechtsvorschriften

BR-Drs. 39/17

Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten vom 18.01.2017 – Bundesratsdrucksache 39/17
https://dserver.bundestag.de/brd/2017/0039-17.pdf

BT-Drs. 19/28179

Entwurf eines Gesetzes zur Anpassung nationaler Regelungen an die Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24. Mai 2019 über die Vorschriften und Verfahren für denBetrieb unbemannter Luftfahrzeuge – Bundestagsdrucksache vom 31.03.2021
https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2021/kw18-de-unbemannte-luftfahrzeuge-836840

EASA EAR 2021

European Union Aviation Safety Agency (EASA): Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems, September 2021
https://www.easa.europa.eu/downloads/110913/en

NfL 1-1163-17

Gemeinsame Grundsätze des Bundes und der Länder für die Erteilung von Erlaubnissen und die Zulassung von Ausnahmen zum Betrieb von unbemannten Fluggeräten gemäß § 21a und § 21b Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) – Nachrichten für Luftfahrer vom 27.10.2017
https://www.dfs.de/homepage/de/flugsicherung/rechtlicher-rahmen/richtlinien/1-1163-17.pdf

NfL 2021-1-2248

Allgemeinverfügung zur Erteilung von Flugverkehrskontrollfreigaben zur Durchführung von Flügen mit Flugmodellen und unbemannten Luftfahrtsystemen in Kontrollzonen von Flugplätzen nach § 27d Abs. 1 LuftVG an den internationalen Verkehrsflughäfen mit DFS-Flugplatzkontrolle – Nachrichten für Luftfahrer vom 10.06.2021
https://www.dfs.de/homepage/de/flugsicherung/rechtlicher-rahmen/richtlinien/nfl-2248.pdf

VO (EU) 2018/1139

Verordnung (EU) 2018/1139 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluftfahrt und zur Errichtung einer Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit sowie zur Änderung [mehrerer Verordnungen] vom 4. Juli 2018
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018R1139

VO (EU) 2019/945

Delegierte Verordnung (EU) 2019/945 der Kommission vom 12. März 2019 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R0945
konsolidierte Fassung (VO (EU) 2019/945 + 2020/1058):
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:02019R0945-20200809

VO (EU) 2019/947

Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24. Mai 2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R0947
konsolidierte Fassung (VO (EU) 2019/947 + 2020/639 + 2020/746 + 2021/1166 + 2022/425):
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:02019R0947-20220404

VO (EU) 2020/639

Durchführungsverordnung (EU) der Kommission vom 12. Mai 2020 zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 in Bezug auf Standardszenarien für den Betrieb in oder außerhalb direkter Sicht
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0639

VO (EU) 2020/746

Durchführungsverordnung (EU) 2020/746 der Kommission vom 4. Juni 2020 zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 hinsichtlich der Verschiebung der Anwendungsfristen bestimmter Maßnahmen im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0746

VO (EU) 2020/1058

Delegierte Verordnung (EU) 2020/1058 der Kommission vom 27. April 2020 zur Änderung der Delegierten Verordnung (EU) 2019/945 hinsichtlich der Einführung von zwei neuen Klassen unbemannter Luftfahrzeugsysteme
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R1058

VO (EU) 2021/1166

Durchführungsverordnung (EU) 2021/1166 der Kommission vom 15. Juli 2021 zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 hinsichtlich der Verschiebung des Geltungsbeginns für Standardszenarien im Flugbetrieb in und außerhalb direkter Sicht
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021R1166

VO (EU) 2022/425

Durchführungsverordnung (EU) 2022/425 der Kommission vom 14. März 2022 zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 in Bezug auf die Verschiebung der Übergangsfristen für die Nutzung bestimmter unbemannter Luftfahrzeugsysteme in der „offenen“ Kategorie und des Geltungsbeginns für Standardszenarien für den Betrieb in direkter Sicht oder außerhalb direkter Sicht
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32022R0425

Weitere Literatur

BeckOGK/Förster LuftVG
beck-online.GROSSKOMMENTAR Luftverkehrsgesetz, Stand: 01.01.2022

Blankenbach u. a. 2021
Jörg Blankenbach, Christian Clemen, Ralf Becker: „Grundlagen und Informationsmanagement der BIM-Methode +". In: DVW e. V. und Runder Tisch GIS e. V. (Hrsg.): Leitfaden Geodäsie und BIM. Version 3.0, Bühl/München, 2021

Borrmann u. a. 2015
André Borrmann, Markus König, Christian Koch und Jakob Beetz (Hrsg.): „Building Information Modeling". Springer Vieweg, Wiesbaden, 2015

DGUV-Information 208-058
„Sicherer Umgang mit Multikoptern (Drohnen)" (Juli 2020)
https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/3820/sicherer-umgang-mit-multikoptern-drohnen

DGUV Information 201-060
„Vermessungsarbeiten" (Juni 2020)
https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/3731/vermessungsarbeiten

Deutscher Städtetag 2019
Deutscher Städtetag (Hrsg.): „Einsatz von UAV in der Vermessungsverwaltung der Kommunen". Berlin und Köln, 2019

Donaubauer u. a. 2021
Andreas Donaubauer, Robert Kaden, Robert Seuß, Ulrich Gruber und Thomas H. Kolbe: „CAD, BIM und GIS – digitale Modelle der gebauten Umwelt +". In: DVW e. V. und Runder Tisch GIS e. V. (Hrsg.): Leitfaden Geodäsie und BIM. Version 3.0, Bühl/München, 2021

DVW Schriftenreihe – UAV 2020
DVW e.V. (Hrsg.): „UAV 2020 – The Sky is the Limit?". DVW-Schriftenreihe, Band 97, Augsburg, 2020, https://geodaesie.info/sites/default/files/privat/DVW_97_2020_UAV_2020_FINAL_200214.pdf

DVW Schriftenreihe – UAV 2022
DVW e.V. (Hrsg.): „UAV 2022 – Innovation und Praxis". DVW-Schriftenreihe, Band 100, Augsburg, 2022, https://geodaesie.info/sites/default/files/privat/DVW_100_2022_UAV_2022_FINAL_220328.pdf

Mattiseck u. a. 2020
Klaus Mattiseck; Jochen Seidel und Stephan Heitmann: Vermessungs- und Katastergesetz Nordrhein-Westfalen. Kommentar, 5. Aufl., Kommunal- und Schulverlag, Wiesbaden 2020 (2008)

Przybilla und Bäumker 2020

Heinz-Jürgen Przybilla und Manfred Bäumker: Untersuchungen zur Qualität des Realtime Kinematic GNSS Systems der DJI Phantom 4 RTK, 40. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF in Stuttgart – Publikationen der DGPF, Band 29, 2020
https://www.dgpf.de/src/tagung/jt2020/proceedings/proceedings/papers/08_DGPF2020_Przybilla_Baeumker.pdf

Rembold 2020

Markus Rembold: „Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen im Liegenschaftskataster“, zfv 6/2020, S. 357–363
https://geodaesie.info/zfv/heftbeitrag/8624

Rembold 2022

Markus Rembold: „Neuberechnung des Katasterzahlenwerkes mit Anschluss an UAS-bestimmte Gebäudepunkte“, zfv 2/2022, S. 97–103
https://geodaesie.info/zfv/heftbeitrag/8755

Uslar 2022

Wolfgang Uslar: „Drohnen – vom Spielzeug zum Logistikwerkzeug“. In: DVW 2022, S. 9–14

Anlage: Übersicht der eingesetzten UAV

	Städteregion Aachen	Märkischer Kreis	Kreis Mettmann	Rhein-Kreis-Neuss	Kreis Warendorf
Drohne / UAV (Hersteller / Typ)	DJI Phantom 4 RTK, inkl. Referenzstation	DJI Phantom 4 RTK, inkl. Referenzstation	DJI Phantom 4 RTK, inkl. Referenzstation	DJI Phantom 4 RTK	DJI Phantom 4 Pro
Software Flugplanung	DJI Phantom 4 RTK Fernbedienung	DJI	Integrierte Flugplanungs-App in der Steuereinheit GS Pro,	DJI GS RTK App	Ground Station Pro DJI GO Litchi Droniq
Software Bildauswertung	Agisoft Metashape	Agisoft Metashape	Agisoft Metashape Professional	Agisoft Metashape	Agisoft Metashape
Software Punktwolkenverarbeitung	Agisoft Metashape; GEOGRAF; CloudCompare	-/-	CloudCompare im kleinen Umfang	Agisoft Metashape	noch nicht im Einsatz z. B. CloudCompare, zukünftig Vestra Infravision
Hardware Datenspeicherung	HDD - WD40EFRX Red 4TB und 16GB SD-Karten in der Drohne	SSD	bisher keine portablen Festplatten	Festplatte 1TB HDD und Server	-/-
Hardware Rechner / Server	ASUS ROG STRIX X299-E - ATX mit Intel Core i9 9940X 3,3 GHz, 16 GB RAM; MSI GeForce RTX 2080 SuperVentus XS OC (2 Stück); SSD MZ-V7P1TOBW 1TB und HDD - WD40EFRX Red 4TB	CPU: Intel Xeon W-2145 (8 Kerne mit Multithreading und 4 Channel Memory),GPU: RTX 2080,RAM: 64gb DDR4,ROM: 1TB SSD	Intel Xeon E5-1650 v4 @ 3.60Ghz, 128GB Ram Arbeitsspeicher, Nvidia Quadro P5000, 2TB Festplatte 64Bit Windows 10 Betriebssystem Intel Xeon E5-1650 v4 @ 3.60Ghz, 128GB Ram Arbeitsspeicher, Nvidia Quadro P5000, 2TB Festplatte 64Bit Windows 10 Betriebssystem	HP Z2 mini (GFX P600 4GB, 1TB HDD, 16GB RAM)	Serverlösung: Windows 10 64Bit installiert auf VMware ESXi 6.7 Festplatte C: 100GB (Raid5 SSD lokal im Server) RAM 128GB Grafik 16MB NVIDIA GRID vGPU grid_m10-8a Netzwerk 10 GBit/s Zentraler Speicher mit SSD Cache und 10 GBit/s Anbindung. CPU 8 Kerne einer Intel(R) Xeon(R) Gold 6140 CPU @ 2.30GHz
bisherige Gesamtkosten				ca. 16.000 €	
bisherige Projekte / Anwendungsgebiete	Massenerfassung; Luftbild zur Erstellung DGM; Orthofoto zur Fortführung ABK; Punktwolke (Abstand Gebäude/Wohnwagen)	Großflächige Geländeaufnahmen und Vergleich mit Laserscanningauswertung des Landes zum Nachweis von Bodenbewegungen. Vergleich mit Lageplandaten. Photo- und	Bestandsdokumentation, Orthophotomosaike für ABK-Fortführung, kommunales Marketing, Überwachung von Massenbewegungen	Großflächige Bestandsdokumentation einer Klosteranlage mit sämtlichen Gebäuden und umgebenden Anlagen inkl. Texturierung und 3D-Geländemodell sowie Einpassung einer	Bestanddokumentationen Monitoringprojekte (Videoaufnahmen) Erstellung von kleinräumigen Orthofotos

LANDKREISTAG NORDRHEIN-WESTFALEN
Ausschuss für Vermessungswesen und Geoinformation
Arbeitsgruppe „Nachweis von Punktwolken“

LEITUNG DER ARBEITSGRUPPE

David Arzdorf, StädteRegion Aachen (David.Arzdorf@staedteregion-aachen.de)

AUTORINNEN UND AUTOREN SOWIE TEILNEHMENDE

Winfried Amelung, Märkischer Kreis (W.Amelung@maerkischer-kreis.de)
Andre Diederich, Oberbergischer Kreis (Andre.Diederich@obk.de)
Michael Fielenbach, Rhein-Kreis Neus (Michael.Fielenbach@rhein-kreis-neuss.de)
Boris Giesen, Kreis Heinsberg (Boris.Giesen@kreis-heinsberg.de)
Ulrich Gruber, Kreis Recklinghausen †
Tobias Grüterich, Kreis Mettmann (Tobias.Grueterich@kreis-mettmann.de)
Sven Heitz, Oberbergischer Kreis (Sven.Heitz@obk.de)
Jens Hinrichs, Kreis Warendorf (Jens.Hinrichs@kreis-warendorf.de)
Thomas Klein, Rhein-Kreis Neus (Thomas.Klein@rhein-kreis-neuss.de)
Sören Loges, Kreis Lippe (S.Loges@kreis-lippe.de)
Dominik Pipjorke, Kreis Mettmann (Dominik.Pipjorke@kreis-mettmann.de)
Stefan Rattmann, Kreis Kleve (Stefan.Rattmann@kreis-kleve.de)
Sebastian Schallenberg, Stadt Köln (Sebastian.Schallenberg@stadt-koeln.de)
Christiane Strauch, Märkischer Kreis (C.Strauch@maerkischer-kreis.de)
Willi Weitz, Kreis Düren (W.Weitz@kreis-dueren.de)
Roland Zager, StädteRegion Aachen (Roland.Zager@staedteregion-aachen.de)

Die Arbeitsgruppe übernimmt keine Haftung für Schäden jeglicher Art, die sich aus der Anwendung des Dokuments ergeben. Zudem weisen die Autorinnen und Autoren darauf hin, dass die Firma Agisoft, die die Software Metashape entwickelt, ihren Hauptsitz in Sankt Petersburg hat.

Foto Titelseite:
Aleksandr Simonov_Adobe Stock, StädteRegion Aachen

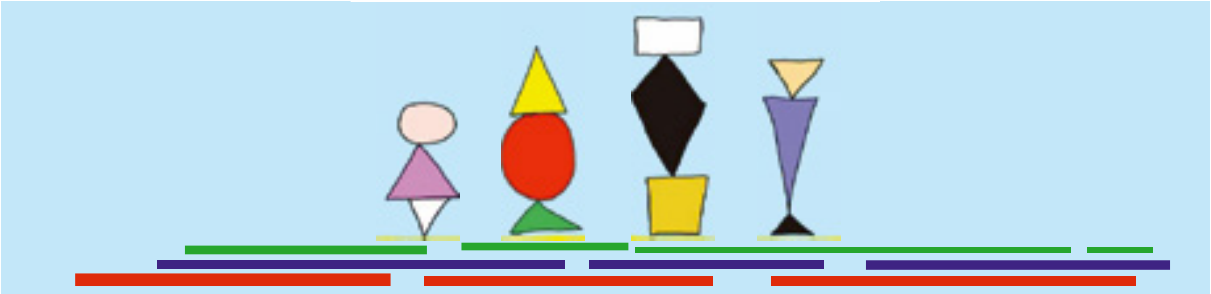
© Landkreistag Nordrhein-Westfalen Düsseldorf, August 2023

LANDKREISTAG NORDRHEIN-WESTFALEN
Kavalleriestraße 8
40213 Düsseldorf

ANSPRECHPARTNERIN

Dr. Andrea Garrelmann
Hauptreferentin für Umwelt, Bau- und Planungsrecht
Tel. +49 211 300 491 320
Mail a.garrelmann@lkt-nrw.de

Der Landkreistag Nordrhein-Westfalen (LKT NRW) ist der kommunale Spitzenverband der 31 Kreise des Landes mit rund elf Millionen Einwohnern.



www.lkt-nrw.de
twitter: @lktnrw

Stand: August 2023