

Pflichtenheft zur Ausschreibung von UAS-Dienstleistungen

GÖRRES GRENZDÖRFFER¹

Zusammenfassung: Der Bedarf und die Nachfrage nach UAS-Befliegungsdienstleistungen durch Behörden und Firmen, z.B. zur 3D-Datenerfassung und Kartierung von beliebigen Objekten nehmen rasant zu. Gleichzeitig entstehen viele neue Firmen, die photogrammetrische Standardprodukte anbieten wollen, ohne über entsprechende photogrammetrische Grundkenntnisse zu verfügen. Da es ein völlig neues Feld ist, fehlt es – im Unterschied zum klassischen Bildflug – an verbindlichen Standards und Richtlinien, um diese Dienstleistungen fachgerecht nachfragen und anbieten zu können. Der Beitrag enthält ein detailliertes Pflichtenheft zur Ausschreibung von UAS-Befliegungsdienstleistungen, das Behörden und Unternehmen mit geringen individuellen Anpassungen direkt verwenden können. Der Beitrag geht allerdings aus Platzgründen nicht auf die dafür notwendigen photogrammetrischen Grundlagen ein.

1 Einleitung

In den letzten zwei bis drei Jahren ist eine Vielzahl kleinerer Firmen entstanden, die mit UAS-Aufnahmen ihr Geld verdienen wollen. Auch einzelne Vermessungs- und Ingenieurbüros haben sich ein oder mehrere UAS angeschafft, um ihr Portfolio zu verbreitern und an dem rasanten technologischen Fortschritt teilhaben zu können (GRENZDÖRFFER 2016). Das Spektrum der angebotenen Dienstleistungen unter den zurzeit gültigen rechtlichen Rahmenbedingungen (BMVI 2014) ist groß und reicht von Fotos und Videos für Werbezwecke und Eventbegleitung, über die Kartierung von Wildschäden und die Vermessung von Bauwerken bis hin zu Spezialbefliegungen zur Inspektion von Solar- und Windkraftanlagen. Es gibt keine genaue Übersicht oder ein Branchenverzeichnis für die Anbieter solcher Dienstleistungen. Deshalb ist es schwierig eine genaue Marktübersicht zu geben. Viele Dienstleister, die z.B. im „Drohnenforum“ registriert sind, bieten auch „Vermessungsflüge“ an, aber nicht alle verfügen über die dafür notwendige Technik und das dazugehörige Knowhow.

Bei der Beauftragung für einen UAS-Bildflug sind mehrere Rahmenbedingungen vom Auftraggeber zu spezifizieren, um einerseits ein optimales Ergebnis zu bekommen und es gleichzeitig dem Auftragnehmer zu ermöglichen ein passgenaues und angemessenes Angebot zu erstellen. Das trifft im Besonderen auf Behörden zu, die solche Dienstleistungen in der Regel ausschreiben müssen, und sich schon aus diesem Grund intensiver mit dem Thema beschäftigen müssen. Gleichwohl gibt es keine verbindlichen Vorgaben, so dass die beauftragten Firmen entweder teilweise unnötig hohe Anforderungen (= Kosten) zu erfüllen haben oder aber auch Produkte abliefern dürfen, die für die nachfolgenden Auswertungen nur bedingt geeignet sind.

Die nachfolgenden Ausführungen konzentrieren sich auf die Ausschreibung von UAS-Bildflügen mit dem Ziel der Erstellung photogrammetrischer Standardprodukte. Im Einzelnen handelt es sich dabei um digitale „true“ Orthophotos, Digitale Oberflächenmodelle und eine 3D-Punktwolke. D.h. die Richtlinie ist für alle Aufträge gedacht, die einen gewissen Vermessungsanspruch haben bzw.

¹ Universität Rostock, Professur für Geodäsie und Geoinformatik, J.-v.-Liebig Weg 6, 18059 Rostock, E-Mail: goerres.grenzdoerffer@uni-rostock.de

für ein längerfristiges Monitoring gedacht sind. In diesem Falle ist eine genaue Georeferenzierung zwingend, um beispielsweise (Massen)Veränderungen detailliert erfassen zu können.

Das Pflichtenheft ist nicht zur Anwendung zu bringen, wenn es sich um die Ausschreibung von reinen Werbevideos oder Inspektionsflügen handelt, die im Anschluss nicht weiter geometrisch ausgewertet werden sollen. Wenn es bei einem Projekt nicht auf eine hohe absolute Lagegenauigkeit in cm-Bereich ankommt, kann man durchaus auf eine passpunktlose Aerotriangulation übergehen, und die genäherten GPS-Daten der Aufnahmen verwenden. Schließlich sind die Einmessung von Passpunkten und deren manuelle Bildmessung aufwendig und teuer. In diesem Falle liegen die erzielbaren Genauigkeiten bei ca. 1 - 3 m in absoluter Lage und Höhe. Der Begriff „absolute“ Lagegenauigkeit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die genannten Abweichungen an Kontrollpunkten gemessen werden können. Der Bildverband selber ist in sich homogen und es treten keine offensichtlichen Fehler an den Schnittkanten benachbarter Bildern auf. Nur muss man sich für diesen Fall auch im Klaren sein, dass eine multitemporale Auswertung schwierig wird, da Bilder unterschiedlicher Zeitpunkte nicht mehr übereinander passen und somit Veränderungen nur unzureichend erfasst werden können.

Zwei Sachen vorweg:

- Die Photogrammetrie misst nur die direkt luftbildsichtbare Oberfläche, d.h. alle von oben zu sehenden Bildbereiche die in mindestens zwei Bildern zu erkennen sind. D.h. in abgeschatteten, von oben nicht einsehbaren Bereichen gibt es keine 3D-Informationen. Durch eine geeignete Bildflugplanung kann der Anteil der sichttoten Bereiche verringert, aber nicht verhindert werden. Bei bewachsenen Flächen oder im Wald wird auch nur dessen Oberfläche gemessen und nicht die Höhe der darunterliegenden Oberfläche. Im Nachgang, d.h. im Rahmen der Analyse der 3D-Punktswolke kann man versuchen, die so genannten „nicht Bodenpunkte“ von den Bodenpunkten mit Hilfe automatischer statistischer Verfahren zu trennen. Anschließend wird zwischen den verbleibenden Bodenpunkten interpoliert, um ein digitales Geländemodell abzuleiten. Das funktioniert für viele Oberflächen auch ganz zufriedenstellend, aber nicht für alle.
- Grundsätzlich ist anzumerken, dass ein UAS-Bildflug in der freien Natur stattfindet und nicht jede Witterung einen Flug zulässt. Das bedeutet, es ist immer ein gewisses Zeitfenster (mind. 2 Wochen) für eine Befliegung einzuplanen. Falls zusätzliche Erschwernisse vorliegen, z.B. Befliegungen nur bei bestimmten Tidewasserständen oder zu definierten Uhrzeiten oder bei definierten Licht- bzw. Wetterverhältnissen ist ein entsprechend größeres Zeitfenster einzuplanen. Ausschlusskriterien für einen Flug sind dabei starker Wind (> 4 Bft), Nebel, Regen, Schneefall und anderes schlechtes Wetter. Vorzugsweise sollte der Flug entweder bei Sonnenschein oder gleichmäßig bedecktem Himmel stattfinden. Bei unterschiedlich bewölktem Himmel kann es sein, dass sich z.B. ein Wolkenschatten durch die Bilder schiebt. Diese sind auch im fertigen Orthophoto zu sehen, was rein optisch nicht so schön ist und eine spätere Nutzung unter fernerkundlichen Aspekten (z.B. Klassifikation) erschwert, bzw. ganz verhindert. Für Messaufgaben hingegen, z.B. zur Volumenbestimmung, spielen die Schatten nur eine untergeordnete Rolle. Das bedeutet, wenn es auf schöne Bilder ankommt, die anschließend auch inhaltlich klassifiziert werden sollen, muss ein durchgehend wolkenfreier Himmel gegeben sein und der Flug muss bei wechselnden Wolken abgebrochen werden. Wenn es mehr auf die Geometrie ankommt, sind Wolkenschatten nur ein untergeordnetes Problem und es ergeben sich deutlich größere Flugfenster.

2 Problemstellung

Das umfangreiche Pflichtenheft dient zudem dazu nur potentiell geeignete Firmen für diese Aufgaben zu interessieren, die über das entsprechende Knowhow verfügen und sich mit den entsprechenden Fachbegriffen und der notwendigen Hard- und Software auskennen. Durch das standardisierte Verfahren ergibt sich für die beteiligten Firmen zudem der Vorteil an Ausschreibungsverfahren kostengünstiger und effektiver teilnehmen zu können, da ein Teil der Unterlagen mehrfach genutzt werden können. Das Pflichtenheft beinhaltet folgende Punkte:

- Allgemeines und Rechtliches
- Spezifikation der Dienstleistung (UAS-Befliegung)
- Spezifikation der photogrammetrischen Standardprodukte (digitales „true“ Orthophoto, Digitales Oberflächenmodell und 3D-Punktwolke)
- Spezifikationen für die Kontrolle der Genauigkeit, Datenabgabe und Lieferung
- transparentes Auswahlverfahren für den wirtschaftlichsten Anbieter

Die nachfolgende tabellarische Darstellung fasst die oben genannten Punkte für eine Beauftragung einer UAS-Befliegung für vermessungstechnische Zwecke zusammen. Grundlage für die Tabelle ist teilweise der ADV-Leitfaden zur Ausschreibung einer digitalen Luftbildbefliegung als Grundlage zur Herstellung von ATKIS®-DOP und stereoskopischen Auswertung, ADV 2015. Viele Punkte sind für die Ausschreibung von UAS-Flügen modifiziert und ggf. ergänzt worden. Zudem sind an mehreren Stellen Hinweise eingearbeitet, die bei einer Ausschreibung entfernt werden müssen. Die rot markierten Informationen sind individuell für jeden Flug zu definieren.

2.1 Allgemeines und rechtliches

Zweck der Befliegung	<i>Hinweis: Beschreibung des Zwecks, damit der AN die Ziele der Befliegung versteht und ggf. seine Vorstellungen mit einbringen kann.</i>
Gebietsbeschreibung und Einschränkungen	<p>(1) Dem Auftragnehmer wird das Untersuchungsgebiet in Form einer Karte und digital als Shape-, KML-Datei zur Verfügung gestellt</p> <p>(2) Es bestehen folgende räumliche Einschränkungen im Hinblick auf</p> <p>a) Erreichbarkeit (<i>mit Auto, zu Fuß, Schiff</i>)</p> <p>b) Begehbarkeit (z.B. Naturschutzgebiet, steile Böschung, Schilf ...)</p> <p>(3) Über Flugbeschränkungen im Bildfluggebiet hat sich der Auftragnehmer selbst zu informieren und ggf. eine entsprechende Erlaubnis einzuholen.</p> <p>(4) Der Auftraggeber stellt die für eine etwaige Einzelerlaubnis notwendigen Nachweise (Eigentümer bzw. Nutzungsnachweis) zur Verfügung.</p> <p>(5) Die Verantwortung für eine fristgerechte Auftragsausführung liegt beim Auftragnehmer. Damit sind z.B. zeitliche und räumliche Flugbeschränkungen, wetterbedingte oder sonstige technische Risiken einzuplanen und somit Bestandteil des Angebotes.</p>
Nutzungsrechte Eigentum	<i>/ Hinweis: Mit der nachfolgend beschriebenen Rechteübertragung auf den Auftraggeber gehen auch Pflichten bei der Veröffentlichung der</i>

Daten einher. Das betrifft insbesondere den Datenschutz, dieser ist nämlich durch den Rechteinhaber bei der etwaigen Veröffentlichung der Bilder zu gewährleisten! Diese Verpflichtung ist unabhängig von der datenschutzrechtlichen Verpflichtung des UAS-Betreibers, die er zur Erlangung einer Aufstiegserlaubnis unterschreibt.

(1) Der Auftragnehmer räumt dem Auftraggeber das ausschließliche, örtlich unbeschränkte, übertragbare, dauerhafte, unwiderrufliche, umfassende und unkündbare Nutzungsrecht ein, über das der Auftraggeber uneingeschränkt weiter verfügen kann, an den im Zusammenhang mit der Ausführung des Auftrages aufgezeichneten digitalen Daten sowie an allen aufgrund des Bildfluges erstellten Daten.

(2) Das Nutzungsrecht umfasst insbesondere das Recht, die o.g. Daten - digital oder analog dauerhaft oder temporär zu speichern, zu laden, anzuzeigen und ablaufen zu lassen;

- abzuändern, zu bearbeiten oder auf anderem Weg umzugestalten;

- auf einem beliebigen bekannten Medium oder in einer anderen Weise zu speichern, zu vervielfältigen, auszustellen, zu veröffentlichen, zu verbreiten oder öffentlich wiederzugeben;

- in Datenbanken, Datennetzen und Online-Diensten einzusetzen, einschließlich des Rechts, die Daten den Nutzern der vorgenannten Datenbanken, Netzen und Online-Dienste zur Recherche und zum Abruf mittels vom Auftraggeber gewählter Tools bzw. zum Herunterladen zu Verfügung zu stellen;

- durch Dritte zu nutzen oder für den Auftraggeber betreiben zu lassen.

(3) Der Auftragnehmer ist nicht berechtigt, die Daten selbst zu nutzen oder eine Nutzung durch Dritte zu ermöglichen.

(4) Soweit der Auftragnehmer sich eines Nachauftragnehmers bedient, hat er diesem gegenüber vertraglich sicherzustellen, dass die Nutzungsrechte mit dem oben beschriebenen Umfang auf den Auftraggeber übergehen.

(5) Das Nutzungsrecht erstreckt sich auch auf Teilergebnisse.

(Optional) (6) Es dürfen während des Fluges nur Aufnahmen für diesen Auftrag gemacht werden.

Alternative für eine mehrfache Nachnutzung der Befliegungsergebnisse

(1) Der Auftraggeber räumt dem Auftragnehmer das örtlich unbeschränkte, übertragbare, dauerhafte, unwiderrufliche, umfassende und unkündbare Nutzungsrecht ein, über das der Auftragnehmer uneingeschränkt weiter verfügen kann, an den im Zusammenhang mit der Ausführung des Auftrages aufgezeichneten digitalen Daten sowie an allen aufgrund des Bildfluges erstellten Daten.

(2) Der Auftraggeber verzichtet auf das ausschließliche Nutzungs- und Verwertungsrecht.

Hinweis: Die Landesvermessungsämter haben die Erfahrung gemacht, dass ein Verzicht des ausschließlichen Nutzungs- und Verwertungsrechts zu einer Preisreduktion bis zu 25% führen kann. Allerdings trifft das wohl nur auf solche landesweiten Befliegungen zu, die z.B. an Google o.ä. auch verkauft werden können. Bei UAS-Befliegungen wird sich seltener ein Zweitverwerter finden lassen.

- Bieter / Bietergemeinschaft** (1) Bieter / Bietergemeinschaft sind in § 6 ff. VOL/A (Teilnahme am Wettbewerb) geregelt.
(2) Die Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit ist von jedem im Angebot aufgeführten Unternehmen einzeln nachzuweisen. Werden besondere Nachweise gefordert, sind diese vom jeweiligen Ausführenden zu erbringen.
- Nachauftragnehmer (Unterauftragnehmer / Subunternehmer)** (1) Ohne Genehmigung des Auftraggebers dürfen über den Inhalt des erteilten Auftrages keine Subverträge abgeschlossen werden.
- Ansprechpartner** (1) Bei Angebotsabgabe ist ein Ansprechpartner für die Ausschreibung und für die Durchführung des Projektes zu benennen.
- Mitwirkung des Bieters** 1) Zum Schutz des Auftraggebers:
Enthalten die technischen Bedingungen nach Auffassung des Bieters Unklarheiten, so hat der Bieter vor Angebotsabgabe schriftlich darauf hinzuweisen, auch wenn er den Hinweis schon vorher in anderer Form gegeben hat. (Quelle: § 4 Abs. 3 VOL/B)
- Haftpflicht** (1) Der Auftragnehmer verpflichtet sich, den Auftraggeber von allen Haftpflichtansprüchen freizustellen, die gegen diesen im Zusammenhang mit dem übernommenen Auftrag von Dritten erhoben werden.
(2) Der Auftragnehmer hat auf Verlangen nachzuweisen, dass er hinsichtlich aller Haftpflichtansprüche, die sich aus der Ausführung des übernommenen Auftrages ergeben können, eine Haftpflichtversicherung in ausreichender Höhe abgeschlossen hat und laufend unterhält. Der Auftraggeber ist berechtigt, rückständige Prämien anstelle des Auftragnehmers an den Versicherungsunternehmer zu zahlen und die Beiträge von der dem Auftragnehmer zustehenden Vergütung oder einer von ihm hinterlegten Sicherheit einzubehalten.
- Nachweis der Eig-nung (§ 7 Abs. 1 VOL/A)** (1) Informationen über einzusetzende UAS und Kameras, technische Parameter
(2) Angaben zum GPS-System oder Tachymeter, das für die Positionsbestimmung der Passpunkte verwendet wird, Typ und Genauigkeit
(3) Angaben zum Zugriff auf die Ressourcen zu (1) und (2)
(4) Nachweis der Allgemeinerlaubnis für das Befliegungsgebiet (Bundesland)

(5) Angaben zum auftragsbezogenen technischen Workflow incl. Besonderheiten und Maßnahmen zur Qualitätskontrolle (Verwendete Software, Passpunktmarken, Qualitätsprotokoll der GPS-Messung etc.)

(6) **Option 1** Referenz-Ergebnisse aus einem vergleichbaren Auftrag (UAS, Flugzeitpunkt, Bodenauflösung, Kamera)

Option 2 Referenzen über vergleichbare Aufträge der letzten 2 Jahre
Anlage 1: Verbindliche Angaben des Bieters über Angaben nach VOL sowie Kontaktdaten

Inhalte des Angebots

(1) oben genannte Nachweise und Informationen zur verwendeten Technik

(2) graphische Darstellung der Bildflugplanung und der ungefähren Lage der Passpunkte

(3) Zeitplanung (Ausführungs- / Liefertermine),

(4) Aufschlüsselung des Angebotspreises nach folgenden Kriterien:
Befliegungskosten

Kosten für die Messung der Pass- und Kontrollpunkte

Kosten für die photogrammetrische Datenauswertung

Fahrt- und ggf. Übernachtungskosten

Kosten für Datenlieferung, Präsentation und Projektmanagement

2.2 Spezifikation der UAS-Befliegung

Digitale Kamera

Hinweis: Die Vorgaben zur Kamera sind abhängig vom Zweck der Befliegung und der dafür notwendigen Sensoren. Bei RGB-Kameras steht die Bildqualität im Vordergrund. Diese wird im Wesentlichen durch die Größe der Sensorelemente und die Güte der Optik bestimmt. Gleichzeitig bedeutet eine höhere Bildqualität in der Regel eine schwerere Kamera und somit ein größeres und teureres UAS. Es können z.B. folgende Vorgaben gemacht werden:

(1) Zulässig sind ausschließlich digitale CCD-Kameras, die über einen Zentral- oder Schlitzverschluss verfügen. Kameras mit einem digitalen Verschluss sind nicht zulässig.

(2) Der Öffnungswinkel des Objektivs soll nicht größer sein als 80°.

(3) Die Auslösezeit soll so gewählt werden, dass Bewegungsunschärfen < 0.5 Pixel liegen, d.h. nicht länger als 1/500 s.

Option bei Videoflügen für Inspektions-, Dokumentations- oder Werbezwecke

(1) Zulässig sind ausschließlich digitale Videokameras, die über eine Stabilisierung (Gimbal) verfügen und Full HD Video (1080p) oder in 4K aufzeichnen können.

- (2) Neben dem UAS-Piloten ist ein zweiter Operateur als Kamerabedienter vorzusehen. (Diese Vorgabe ist in Abhängigkeit des Bundeslandes (z.B. BaWü) ggf. auch Pflicht bei Videoflügen)
- Option für ergänzende Schrägaufnahmen zur Dokumentation** (1) Das Untersuchungsgebiet ist mit Schrägaufnahmen unter einem Winkel von **30 – 60°** überblicksmäßig aus einer Höhe **von ?? m** zu erfassen.
(2) Die Aufnahmepositionen sind
Option 1 in der angehängten Shape-Datei vorgegeben
Option 2 noch mit dem Auftraggeber zu vereinbaren
Option 3 nach freiem Ermessen so zu wählen, dass die Sonne nicht in das Bild einfällt und zu Überstrahlungen führt
- Bodenauflösung** (1) Es ist eine originäre Bodenauflösung von mind. **? cm** zu garantieren.
(2) Die Bodenauflösung gilt für den tiefsten Geländepunkt des Bildfluggebietes.
- Längs- / Querüberdeckung** (1) Es ist eine Querüberdeckung von mindestens **60 %** und eine Längsüberdeckung von mindestens **80 %** einzuhalten.
(2) Die geforderten Überdeckungsverhältnisse sind am höchsten Geländepunkt des Bildfluggebietes zu erreichen.
Hinweis: Bei stark bewegtem Gelände kann aus der Bedingung der Bodenauflösung in Kombination mit der Längs- und Querüberdeckung das Erfordernis nach mehreren Flugniveaus resultieren. Dieses sollte in der Bildflugplanung gesondert angezeigt werden.
- Gebietsabdeckung** (1) Das Befliegungsgebiet ist so aufzunehmen, dass eine lückenlose stereoskopische Erfassung möglich ist.
(2) Die Flugstreifen sind über das Befliegungsgebiet hinaus um je eine zusätzliche Basislänge am Anfang und am Ende zu erweitern.
- Koordinatenreferenzsystem** Abbildung: **UTM32, bezogen auf ETRS89, Höhenreferenzsystem DHHN 92**
- Ausführungsfrist** (1) Die Ausführungsfrist bezieht sich nur auf die Durchführung der Befliegung.
(2) Es wird ein Befliegungszeitraum festgesetzt (**vom xx bis xx**).
(3) Die individuelle Ausführungsfreigabe eines jeden Bildflugs durch den Auftraggeber zu Beginn der Ausführungsfrist ist vom Auftragnehmer zu beachten.
(4) Der Auftraggeber behält sich eine Verlängerung der Frist vor. Ein Rechtsanspruch darauf besteht nicht.
(5) Der Befliegungsauftrag erlischt ohne Setzen einer Nachfrist mit Ablauf des letzten Tages des gesetzten Befliegungszeitraums beziehungsweise der eingeräumten Verlängerung.
(6) Der Auftragnehmer hat das Recht, ausgeführte Befliegungen innerhalb der Ausführungsfrist nachzubessern oder zu wiederholen. Der Auftraggeber ist von dieser Absicht unverzüglich zu unterrichten.

- (7) Soweit der Auftragnehmer die Befliegung unverschuldet nicht termingerecht zu Ende bringt, kann der Auftraggeber die mängelfreie Teilbefliegung abnehmen und vergüten, wenn die Daten verwertbar sind. Ein Rechtsanspruch darauf besteht nicht.
- Pass- und Kontrollpunkte**
- (1) Als Messmethode zur Passpunktbestimmung soll folgendes Gerät eingesetzt werden: **RTK-GPS, Tachymeter**
- (2) Es sind mindestens **6** Passpunkte zu messen. Pro 100 Bilder sind 2 zusätzliche Punkte einzumessen.
- (3) Die Messung und Genauigkeit der Pass- und Kontrollpunkte ist durch eine geeignete Passpunktconfiguration und Methodik zu gewährleisten und zu dokumentieren.
- (4) Es sind mindestens **3** unabhängige Kontrollpunkte zu messen. Pro 100 Bilder ist **ein** zusätzlicher Punkt einzumessen.
- Wetterbedingungen**
- (1) Die Bildqualität darf nicht durch Nebel, **Wolkenschatten**, großflächigen Rauch oder Dunst beeinträchtigt sein.
- (2) Schnee, Raureif, Überflutung, Eis
- a) Das Befliegungsgebiet muss grundsätzlich frei von großflächigen Überflutungen, Schnee, Raureif und Eis sein.
- b) Ausnahmen sind nur nach vorhergehender Absprache und der Zustimmung des Auftraggebers zugelassen.
- Verfahren bei Unterbrechung eines Flugstreifens**
- (1) Wird ein Flugstreifen unterbrochen, dann ist dieser vollständig erneut zu befliegen, so dass ein eindeutiger, widerspruchsfreier Datensatz erzeugt wird.

2.3 Spezifikation der Ergebnisse

- Orthophoto**
- (1) Die Bodenauflösung des Orthophotomosaiks soll der **tatsächlichen** Bodenauflösung entsprechen. (*Hinweis: geraden Wert vorgeben*)
- (2) Das Orthophotomosaik soll homogene radiometrische Eigenschaften aufweisen, d.h. die Grenzen benachbarter Luftbilder sollen farblich angeglichen sein.
- Digitales Oberflächenmodell**
- (1) Die Bodenauflösung des digitalen Oberflächenmodells soll dem **3fachen Wert der tatsächlichen** Bodenauflösung entsprechen. (*Hinweis: geraden Wert vorgeben*)
- Digitales Geländemodell**
- (1) Die Bodenauflösung des digitalen Geländemodells soll der dem **3fachen Wert der tatsächlichen** Bodenauflösung entsprechen. (*Hinweis: geraden Wert vorgeben*)
- (2) Die Höhengenaugigkeit hängt ab von der Gitterweite, dem Bewuchs, dem Erfassungszeitpunkt, etc. Beim Bewuchs können, abhängig vom Befliegungszeitpunkt und der Art des Bewuchses, größere Abweichungen auftreten.

3D-Punktwolke

(1) Die georeferenzierte 3D-Punktwolke ist vor der Klassifizierung derart zu plausibilisieren, dass offensichtliche Fehlmessungen, Punkte die im Bezug zum Bearbeitungsgebiet deutlich zu hoch oder zu tief liegen, aus den Daten eliminiert werden. Die Höhenwerte dieser Filterung sind zwischen AG und AN abzustimmen.

(2) Die Punktwolkendichte soll um den Faktor **3** kleiner sein als die Bodenauflösung.

2.4 Spezifikationen der Genauigkeitskontrolle, Datenabgabe und Lieferung

Kontrolle der Zielgenauigkeit

Hinweis: Die nachfolgend geforderten Genauigkeiten sind nur in Bildverbänden realisierbar, in denen eine günstige Verteilung von Passpunkten möglich war und in denen keine größeren Wasser- oder Forstflächen enthalten sind, die ein genaues Matching beeinträchtigen. Das bedeutet, ausreichende Anzahl von Passpunkten ist vorhanden und die Blockränder sind gut abgebildet.

(1) Überprüfung anhand von Passpunkten:

a) Mittlere Residuen an den Passpunkten \leq 2-fache Bodenauflösung für Lage und Höhe für den Fall, dass dieser Wert größer ist als die Messgenauigkeit (z.B. GPS, Tachymeter) der Passpunkte.

b) Falls die Genauigkeit der Messmethode der Passpunkte (z.B. GPS, Tachymeter) geringer ist als die 2-fache Bodenauflösung, ist die 2-fache Messgenauigkeit der jeweiligen Messmethode anzusetzen.

(2) Überprüfung anhand von Kontrollpunkten:

a) Die mittleren Abweichungen in Lage und Höhe an unabhängigen Kontrollpunkten dürfen das Dreifache der Bodenauflösung oder das dreifache der Messgenauigkeit der zugrundeliegenden Kontrollpunktmessgenauigkeit (z.B. GPS, Tachymeter) nicht überschreiten.

Qualitätskontrolle beim Auftragnehmer

(1) Der Auftragnehmer liefert nur Daten,

a) die vor Abgabe auf offensichtliche Fehler überprüft wurden und

b) die für den genannten Zweck uneingeschränkt verwendbar sind.

(2) Ergibt sich während der Abnahmekontrollen des Auftraggebers, dass derartige, offensichtliche Fehler bereits bei Abgabe vorgelegen haben, hat der Auftraggeber das Recht, Ersatz für die entstandenen Aufwendungen zu verlangen.

Protokoll

Dem Auftraggeber ist das Ergebnisprotokoll der verwendeten Software zu übergeben. Das Protokoll muss mindestens folgende Punkte beinhalten:

Eingesetzte Kamera und innere Orientierung, Anzahl prozessierter Bilder, Verteilung der Passpunkte und deren Residuen an Passpunkten und den Kontrollpunkten, Mehrfachüberlappung, ...

- Hinweis: Optional können vom AN die Äußeren Orientierungen der einzelnen Bilder übergeben werden. Das ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn mit den Bilddaten eine weitere photogrammetrische Prozessierung, z.B. Stereoauswertung geplant ist.*
- Datenträger**
- (1) Die Lieferung erfolgt auf **externer Festplatte / USB-Stick mit USB 3.0 Schnittstelle**. (*optional weiterer Kopien*)
 - (2) Datenträger gehen in das **Eigentum des Auftraggebers über / verbleiben im Eigentum des Auftragnehmers**.
 - (3) Die Festplatte, Verzeichnisse und Dateien sind ohne einschränkende Rechtevergabe zu sichern.
- Datenlieferung / Kachelung**
- (1) Es ist ein Gesamtergebnis inklusive aller Dokumentationen und Metadaten zu liefern.
 - (2) Teillieferungen erfordern die Absprache mit dem Auftraggeber.
 - (3) Die Daten sind in **x m x x m** großen Kacheln auf volle Meter im oben genannten Bezugssystem aufzubereiten. (*Hinweis: Wenn das Gebiet kleiner ist, kann auch auf eine Kachelung verzichtet werden.*)
 - (4) Das Orthophotomosaik ist im ***.tif / *.jpg**-Format zu liefern
 - (5) Das digitale Oberflächenmodell und das digitale Geländemodell sind im ***.tif** Format zu liefern
 - (6) Die 3D-Punktwolke ist im ***.las Format 1.2** zu liefern.

2.5 Bewertungsschema zur Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebots

Im Anschluss an die Ausschreibung ist das wirtschaftlichste Angebot zu ermitteln. Welches Angebot am Ende den Zuschlag erhält, wird in einem zweistufigen Verfahren geklärt:

- a) Ist die Firma überhaupt geeignet (§§ 2 und 7 VOL)? Wenn diese Frage nicht positiv beantwortet werden kann, wird das Angebot ausgeschlossen. Zur Klärung der Eignung ist die berufliche Zuverlässigkeit, die finanzielle und wirtschaftliche sowie die technische Leistungsfähigkeit und Fachkunde zu beurteilen.
- b) Welche der verbleibenden Firmen am besten geeignet ist, wird nach im Verfahren bekanntgegebenen Kriterien bewertet.

Im Gegensatz zu dem Bewertungsverfahren zur Ausschreibung amtlicher digitaler Bildflüge (ADV 2015) ist bei der Ausschreibung digitaler UAS-Bildflüge eine größere Vielfalt an eingesetzter Technik zu erwarten, die sich zudem schnell weiterentwickelt. Das bedeutet, dass sich die nachfolgend genannten Bewertungskriterien noch in der Praxis bewähren müssen, ggf. modifiziert und erweitert werden müssen. Eine einfache Umrechnung in ein Punktesystem ist derzeit ebenfalls noch nicht möglich, da Praxiserfahrungen mit entsprechenden Ausschreibungen fehlen.

2.5.1 Bewertungskriterien

1. Informationen zur Auftrags- und Projektabwicklung

Diese lässt sich nur ungefähr über die bisherigen Referenzen abschätzen.

2. Informationen über UAS und digitales Aufnahmesystem

- Sicherheitsfeatures des UAS (Redundanz im Autopiloten, Rotoren etc., Notfallprozeduren, Automatisches Starten und Landen, Fallschirm, Notlandefunktion, Coming Home Funktion, ...). Beim Vergleich zwischen Flächenflüglern und Multicoptern ist immer zu berücksichtigen, dass im Falle einer fatalen Funktionsstörung (Motor- oder Servoausfall) Flächenflügler nicht einfach abstürzen, sondern in der Regel ziemlich kontrolliert gelandet werden können.
- Qualität der Kamera (Festbrennweite, keine bewegten Teile in der Optik (Bildstabilisierung oder Sensorreinigungssystem), Anzahl Pixel und Pixelgröße, RAW-Format ...)
- Kamerastabilisierung

3. Bildflugplanung

Die Vorlage einer detaillierten Bildflugplanung wird bereits zur Angebotsabgabe von den Anbietern gefordert, um die Umsetzung der technischen Vorgaben gemäß Leistungsbeschreibung zu beurteilen. Hieraus kann ein Eindruck über das Engagement und die fachliche Eignung gewonnen werden. Folgende Aspekte werden für eine Prüfung empfohlen:

Gebietsabdeckung

- Flughöhe entsprechend Bodenauflösung am niedrigsten Geländepunkt
- Längs- und Querüberdeckung am höchsten Geländepunkt
- Bodenauflösung
- Struktur und Format

4. Weitere Informationen aus dem Angebotstext

Das Angebot soll die Ausführung der geforderten Leistungen und das zugehörige Qualitätsmanagement umfassen. Hierbei sollten wesentliche Aussagen zu folgenden Punkten betrachtet und beurteilt werden:

- Erforderlicher Flugaufwand (Eine kürzere Befliegung, die entweder über eine Kamera mit einer größeren Auflösung oder einem schnelleren UAS realisiert werden kann, ist grundsätzlich besser, da sich die Licht- und Wetterverhältnisse in einem kurzen Zeitraum weniger ändern als in einem längeren.)
- Anfahrt und Logistik
- Zugriffsmöglichkeit auf die technische Ausrüstung (UAS, Piloten, RTK-GPS für Referenzmessung). (Es wird erwartet, dass ein Anbieter mit mehr als nur einem verfügbaren Komplettsystem (Flugzeug, GNSS/INS, Kamera, Besatzung) flexibler auf unerwartete und den Befliegungserfolg gefährdende Ereignisse reagieren kann. Die zu bewertenden Systeme müssen sich im Direktzugriff des Anbieters befinden. Die alleinige Möglichkeit der weiteren Hinzuziehung von Komplettsystemen über potenzielle Partner wird nicht bewertet.)
- Zugriffsmöglichkeit auf Postprocessing- und photogrammetrische Auswertesysteme
- Aussagen zu etwaigen Flugbeschränkungen
- Aussagen zu topographischen Besonderheiten und Einschränkungen

- Qualitätsmanagement incl. Maßnahmen zur Qualitätssicherung sowie die Art und Form der dabei entstehenden Ergebnisse
- Aussagen zum Lieferzeitraum. Der Bieter hat anzugeben, in welchem Zeitraum eine vollständige Lieferung des kompletten Datenpakets nach Abschluss der Flugleistung garantiert ist. Je schneller die Lieferung zugesagt wird, desto besser.

5. Bonus für regionalen Anbieter

Bei der Bewertung der Ausschreibungsunterlagen ist eine Bevorzugung regionaler Anbieter anzuraten, da diese im Allgemeinen flexibler auf das aktuelle Befliegungswetter reagieren können und somit auch in der Lage sind kleinere Wolkenlücken etc. auszunutzen. Schließlich basiert die Entscheidung die Flugkampagne zu beginnen immer auf einer Wetterprognose, die bekannter Maßen nicht immer so eintreten muss.

3 Fazit & Ausblick

Das vorgestellte Pflichtenheft für die Ausschreibung von UAS-Befliegungen ist in der Zukunft weiter zu entwickeln und an den technischen und regulatorischen Fortschritt anzupassen. Durch eine hoffentlich große Verbreitung der Ausschreibungsrichtlinie für öffentliche Ausschreibungen von UAS-Befliegungen werden auch die notwendigen Praxiserfahrungen gesammelt, um das Bewertungsschema quantifizieren zu können und dadurch auch die Transparenz für potentielle Auftragnehmer zu erhöhen.

4 Literaturverzeichnis

- AdV, 2015: Leitfaden zur Ausschreibung einer digitalen Luftbildbefliegung als Grundlage zur Herstellung von ATKIS®-DOP und stereoskopischen Auswertung. 30 S., <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Standards-und-Produktblaetter/Standards-der-Geotopographie/>.
- BMVI, 2014: Kurzinformation über die Nutzung von unbemannten Luftfahrtssystemen. 17 S., https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/LF/unbemannte-luftfahrtsysteme.pdf?__blob=publicationFile).
- GRENZDÖRFFER, G., 2016: Unbemannte Flugroboter – aktuelle technologische Entwicklungen und die wichtigsten rechtlichen Rahmenbedingungen. 148. DVW-Seminar UAV 2016 – Vermessung mit unbemannten Flugsystemen, 18. und 19. Februar 2016, Bonn, Schriftenreihe des DVW, Band 82, Wißner-Verlag, Augsburg, 31-51.