



Leistungsbeschreibung RGI-Messbildflug Berlin 2027

26.05.2026

Zielsetzung

Ziel der Ausschreibung ist zum einen die Gewinnung von digitalen Luftbildern nach AdV¹-Produkt- und Qualitätsstandard² in der jeweils aktuellen Fassung. Diese digitalen Luftbilder sollen als 4 Kanal-Bilddaten (RGI) mit einer Bodenauflösung von 10 cm mittels digitalen Messbildflug im Frühjahr 2027 aufgenommen werden.

Das zweite wesentliche Ziel ist die Erzeugung eines digitalen TrueOrthophotomosaiks (TrueDOP), sowie das dazu notwendige digitale bildbasierte Oberflächenmodell (bDOM).

Die Gesamtfläche von Berlin (ca. 892 km²) ist so aufzunehmen, dass ein lückenloses Dense Image Matching und eine sichere stereoskopische Erfassung und Auswertung – bis und inklusive des Gebietsrandes – möglich ist.

Inhalt

- A Umfang
- B Bedingungen
- C Dokumentation und Lieferung
- D Liefertermine
- E Allgemeine Rahmenbedingungen

¹ Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland

² Produkt- und Qualitätsstandard für Digitale Luftbilder des amtlichen Vermessungswesens Version 4.2 mit Stand vom 04.03.2026

A. Umfang

A.1. Beschreibung

- A.1.1. Durchführung eines Messbildfluges mit Erfassung von RGBI-Bilddaten für den Raum Berlin mit einer digitalen Luftbildkamera mit Flächensensor, mit einer Längsüberdeckung von 80 %, einer Querüberdeckung von mindestens 60 % und einer Bodenauf-
lösung (GSD) des geometrieegebenden Kanals (z. B. panchromatischer Kanal) von
10 cm.
- A.1.2. Berechnung einer Aerotriangulation im Koordinatenbezug, EPSG-Code 25833.
- A.1.3. Erstellung und Lieferung eines digitalen bildbasierten Oberflächenmodells (bDOM).
- A.1.4. Herstellung gekachelter Digitaler TrueOrthophotomosaiken (TrueDOP) im Format
GeoTiff RGB und RGBI jeweils in 10 cm und 20 cm Auflösung.

B. Bedingungen

B.1. Bildflug

B.1.1. Gebietsabdeckung

Die Gesamtfläche von Berlin (ca. 892 km²) ist so aufzunehmen, dass ein lückenloses
Dense Image Matching und eine sichere stereoskopische Erfassung und Auswertung
– bis und inklusive des Gebietsrandes – möglich ist.

Die Flugstreifen sind über das Befliegungsgebiet hinaus um min. zwei volle Basislän-
gen am Anfang und am Ende zu erweitern.

B.1.2. Ausführungsfrist

- B.1.2.1. Frühestmöglicher Befliegungstermin ist der 25. Februar 2027. Kurz vor dem
Eintritt der Belaubbung endet der Befliegungszeitraum. Hohe Priorität hat ein
früher und zusammenhängender Befliegungszeitraum.
- B.1.2.2. Das Ende des Befliegungszeitraums ist abhängig vom Fortschritt der Vegeta-
tion und wird bestimmt durch den Austrieb der Hauptblätter des Baumbe-
standes - vornehmlich der Kastanie. Das Ende des Befliegungszeitraums wird
vom Auftraggeber festgelegt und mit dem Auftragnehmer zeitnah abge-
stimmt.
- B.1.2.3. Der Befliegungsauftrag erlischt ohne Setzen einer Nachfrist mit dem Ende des
Befliegungszeitraumes.
- B.1.2.4. Eine Verlängerung des Befliegungszeitraums ist nicht vorgesehen.
Ausnahme: Wurde der überwiegende Teil der Landesfläche bereits beflogen
und konnte der Bildflug witterungsbedingt oder durch Auflagen Dritter (z.B.
Flugaufsicht) nicht fristgerecht zum Abschluss gebracht werden, kann der
Auftraggeber den Befliegungszeitraum verlängern. Ein Rechtsanspruch auf
eine Verlängerung des Befliegungszeitraums besteht nicht.
- B.1.2.5. Der Auftragnehmer hat das Recht, ausgeführte Befliegungen innerhalb des
Befliegungszeitraums nachzubessern oder zu wiederholen. Der Auftraggeber
ist von dieser Absicht unverzüglich zu unterrichten.

RGBI-Messbildflug Berlin 2027 – Leistungsbeschreibung

B.1.2.6. Soweit der Auftragnehmer die Befliegung unverschuldet nicht termingerecht zu Ende bringt, kann der Auftraggeber eine mängelfreie Teilbefliegung abnehmen und vergüten. Voraussetzung ist, dass die Daten für den Auftraggeber verwertbar sind. Ein Rechtsanspruch auf die Abnahme von Teildaten besteht nicht.

B.1.2.7. Die Ausführungsfrist für den gesamten Auftrag beginnt mit dem unter Punkt B.1.2.1 genannten frühesten Befliegungstermin und endet mit der unter Punkt D.6. genannten Lieferfrist.

B.1.3. Maßgebliche Kriterien der nutzbaren Befliegungsdaten

B.1.3.1. Die Erfassung der digitalen Bilddaten hat bei einwandfreiem Bildflugwetter zu erfolgen (Sonne, keine Wolkenschatten, kein Dunst, kein Rauch).

B.1.3.2. Das Befliegungsgebiet muss grundsätzlich frei von Schnee, Raureif und Eis sowie ausreichend abgetrocknet sein.

B.1.3.3. Ausnahmen sind nur nach vorhergehender Absprache und der Zustimmung des Auftraggebers zugelassen.

B.1.4. Flugbeschränkungen

B.1.4.1. Nach Aussage der Deutsche Flugsicherung GmbH bestehen zurzeit folgende Rahmenbedingungen für Fotoflüge im Luftraum C Berlin:

„Zum neuen Luftraum C Berlin ab 09.11.2020: Flächendeckende Fotoflüge können über ganz Berlin erst ab FL70 durchgeführt werden. Darüber hinaus werden von der DFS nur volle Flughöhen akzeptiert. D. h., Zwischenhöhen sind nicht möglich.“

Über weitere Flugbeschränkungen im Bildfluggebiet hat sich der Auftragnehmer selbst zu informieren.

B.1.4.2. Die Verantwortung für eine fristgerechte Auftragsausführung liegt beim Auftragnehmer. Damit sind z. B. Flugbeschränkungen, wetterbedingte oder sonstige technische Risiken einzuplanen und somit Bestandteil des Angebotes.

B.1.5. Bodenauflösung

Die Bodenauflösung (GSD) beträgt 0,10 m. Sie gilt für den geometriergebenden Kanal (z. B. panchromatischen Kanal) und den tiefsten Geländepunkt des Bildfluggebietes.

B.1.6. Längs- und Querüberdeckung

Die im Punkt A.1.1. geforderten Überdeckungsverhältnisse (80 % / 60 %) sind jeweils am höchsten Geländepunkt des Bildfluggebietes zu erreichen.

B.1.7. Sonnenstand

Der Sonnenstand muss zu jeder Aufnahmezeit > 25° betragen.

B.1.8. Flugrichtung

Der Flug ist in Ost–West-/West–Ost-Richtung durchzuführen.

Eventuelle Vorgaben oder Beschränkungen der Flugsicherung können die oben genannte Vorgabe der Flugrichtung beeinflussen.

B.1.9. Navigation und Position

Die direkte Georeferenzierung ist durch eine kombinierte DGNSS/INS-Lösung durchzuführen. Es gelten folgende Bedingungen:

GNSS:

- Einsatz einer DGNSS-geeigneten Aufnahmekamera mit Rückmeldeimpuls in Verbindung mit einem GNSS-Mehrfrequenzempfänger (min. L1- und L2-Registrierung).
- Die Abweichungen der Projektionszentren in Lage und Höhe müssen < 10 cm sein.
- Bezugshöhe ist das bundesweit einheitliche Höhenbezugssystem Deutschlands DHHN2016.
- Messung der Trägerphasen in einem Zeittakt von min. 1 sec (1 Hertz, RINEX-Format).
- Messung der Trägerphasen mindestens 3 Minuten vor Erreichen des Bildfluggebietes.
- Ununterbrochene Signalaufzeichnung von mindestens 5 Satelliten im Streifenflug.
- Ununterbrochene Signalaufzeichnung von mindestens 4 Satelliten beim Streifenwechsel, mit einem
- Elevationswinkel > 10° und einem Signal-Rausch-Verhältnis > 3 im Intervall 1-9.
- Registrieren der Trägerphasenmessungen und der Aufnahmeauslösungen im GNSS-Zeitsystem.
- Bestimmung des Antennen-Offsets mit Millimeter-Genauigkeit am Boden.
- SAPOS®-Referenzstationen sind zwingend zu verwenden.

Inertialeinheit:

- Kalibrierung durch den Hersteller nicht älter als 2 Jahre.
- Genauigkeit der Kreisel drift der inertialen Messeinheit: 0,1°/h.
- Genauigkeit der Orientierungswinkel ω und $\varphi = \pm 0,005$ gon und $\kappa = \pm 0,02$ gon.
- Die GNSS-Auswertung zur Bestimmung der Aufnahmeorte ist durch den Auftragnehmer zu liefern.

B.1.10. Maximale Abweichungen (Flugkurs, Drehwinkel)

B.1.10.1. Flugkurs: max. ± 50 m Abweichung von der Planung

B.1.10.2. Bildneigungen ϕ (Nicken) und ω (Rollen): jeweils max. $\pm 3,0$ gon

B.1.10.3. Bildkantung κ (Gieren): max. $\pm 5,0$ gon

B.1.11. Flugdurchführung

B.1.11.1. Die Flugstreifen sind grundsätzlich durchzufliegen.

B.1.11.2. Für die Befliegung ist nur eine Kamera-Objektivkombination vorzusehen.

RGBI-Messbildflug Berlin 2027 – Leistungsbeschreibung

- B.1.11.3. Innerhalb eines im Randbereich der Landesfläche liegenden Flugstreifens ist das Auslassen von nur wenigen Bildern zu vermeiden.
- B.1.11.4. Benachbarte Flugstreifen sind unmittelbar aufeinander zu befliegen. Aus flugtechnischen und ökologischen Gründen kann die Streifenfolge bis maximal zwei Zwischenstreifen verändert werden (Streifenfolge z.B.: 1, 4, 2, 5, 3, 6, 9, 7, 10, 8, usw.). Es ist jedoch sicherzustellen, dass die Sonnenstände benachbarter Streifen etwa identisch sind. Es dürfen zwischen zwei Bildflugtagen keine Streifenlücken entstehen.
- B.1.11.5. Bei der geplanten Frühjahrsbefliegung mit GSD=10 cm und einem Sonnenstand >25° werden Anfang März tendenziell zwei Befliegungstage benötigt. Bei der Flugdurchführung ist darauf Wert zu legen, dass dort, wo sich die beiden Bildflugtage treffen, möglichst die gleiche Schattenrichtung vorliegt.
- B.1.11.6. Nachbefliegungen sind mit demselben digitalen Sensor (Kamera-Objektivkombination aus Erstbefliegung) durchzuführen. Abweichungen hiervon bedürfen zuvor der ausdrücklichen Zustimmung des Auftraggebers.
- B.1.11.7. Es dürfen während des Fluges nur Aufnahmen für diesen Auftrag gemacht werden. Andere als die für den Aufnahmepurpose erforderlichen Sensoren dürfen während des Fluges nicht in Betrieb genommen werden.
- B.1.11.8. Während des Bildfluges muss ein Operateur im Flugzeug anwesend sein, der den korrekten Ablauf des Bildfluges überwacht und bei Problemen sofort eingreifen kann.

B.1.12. Verfahren bei Flugunterbrechung

- B.1.12.1. Bildflugunterbrechungen sind zeitnah zu benennen und zu begründen. Daraus resultierende Konsequenzen sind ebenfalls zeitnah zu benennen.
- B.1.12.2. Wird ein Flugstreifen unterbrochen, dann ist dieser vollständig erneut zu befliegen, so dass ein eindeutiger, widerspruchsfreier Datensatz erzeugt wird.
- B.1.12.3. Bei nicht vermeidbaren Flugunterbrechungen sollte der Nachflug so durchgeführt werden, dass bDOM- und TrueDOP-Kacheln vollständig aus Luftbildern, die zeitlich unmittelbar zusammenhängend befliegen wurden, berechnet werden können.
- B.1.12.4. Es ist sicherzustellen, dass durch Flugunterbrechungen keine Teilblöcke entstehen, die weniger als 4 Flugstreifen enthalten.

B.2. Digitale Kamera

B.2.1. Format

Der Bildflug ist mit einer digitalen Luftbildkamera mit Flächensensor durchzuführen. Die Brennweite des geometriergebenden Kanals (z. B. panchromatischer Kanal) muss mindestens 80 mm und darf maximal 120 mm betragen.

Es muss sichergestellt werden, dass das verwendete Aufnahmesystem das Befliegungsgebiet unter Berücksichtigung der Flugbeschränkungen (siehe B.1.4) mit der geforderten GSD von 10 cm für den geometriergebenden Kanal (z. B. panchromatischen Kanal) erfassen kann.

RGBI-Messbildflug Berlin 2027 – Leistungsbeschreibung

Es sind Luftbildkameras einzusetzen, die der DIN 18740-4 genügen und die die Herstellung eines Messbildes im Sinne der DIN 18740-3 gewährleisten, wobei sicherzustellen ist, dass die gewonnenen Messbilder für den geplanten Einsatz (z. B. stereoskopische Auswertung) geeignet sind und die gewünschten Ergebnisse (z. B. True-DOP) in den geforderten Ausprägungen und Genauigkeiten abgeleitet werden können.

B.2.2. Kalibrierung

Die Kalibrierung der Kamera muss vom Auftragnehmer durch ein Kalibrierungszertifikat des Herstellers nachgewiesen werden. Die Gültigkeit der geometrischen Kalibrierung zum Zeitpunkt des Bildfluges ist sicherzustellen und ggf. durch eine Selbstkalibrierung oder Validierungsprüfung nachzuweisen.

Die Kalibrierung der Kamera darf zum Zeitpunkt des Bildfluges nicht länger als 2 Jahre zurückliegen. Nach jeder Veränderung, die Einfluss auf die Kalibrierung hat, ist erneut eine Kalibrierung, mindestens eine Selbstkalibrierung durchzuführen.

Erfolgt keine Veränderungen an der Kamera, kann anstelle einer erneuten Kalibrierung eine Selbstkalibrierung der Kamera oder ein Nachweis über die Beibehaltung der Kalibrierungswerte in Form einer Validierungsprüfung vorgelegt werden. Die Validierungsprüfung darf zum Zeitpunkt des Bildfluges nicht länger als 1 Jahr zurückliegen.

Nach längstens zwei mit Validierungsprüfungen überbrückten Jahren ist eine vollständige geometrische und radiometrische Kalibrierung durch den Kamerahersteller vorzunehmen.

B.2.3. Kanäle

Die Luftbildkamera muss in der Lage sein, den geometriergebenden (z. B. panchromatischen), roten, grünen, blauen und infraroten Kanal aufzuzeichnen.

B.2.4. Radiometrische Auflösung

Die Aufnahme erfolgt mit einer radiometrischen Auflösung von mindestens 12 Bit / Kanal.

B.2.5. Belichtung und Bewegungsunschärfe

B.2.5.1. Die Belichtung muss mittels Zentralverschluss und konstanter Zugriffszeit erfolgen. Enthält eine Kamera mehrere Aufnahmemodule mit jeweils eigenen Verschlüssen, so muss die Synchronisation der Verschlüsse so genau sein, dass keine Artefakte für ortsfeste Objekte erkennbar sind. Die Auslösezeitpunkte müssen auf 0,1 ms protokolliert und bei der Erstellung der Messbilder berücksichtigt werden.

B.2.5.2. Die maximale Bewegungsunschärfe muss kleiner sein als die angestrebte Bodenauflösung. Das Kamerasystem muss daher mit Einrichtungen für den Bildwanderungsausgleich, z. B. FMC (engl.: Forward Motion Compensation), AMC (engl.: Adaptive Motion Compensation) oder TDI (engl.: Time Delay and Integration) betrieben werden (gemäß DIN 18740-4:2007-09, 4.1.2.2, 1. und 2. Absatz). Alternativ ist dies in Flugrichtung durch die Kombination von Fluggeschwindigkeit, Verschlusszeit der Kamera und Bodenauflösung zu gewährleisten.

Eine durch Winkeländerungen entstehende Bewegungsunschärfe muss durch Einsatz einer stabilisierenden Plattform kompensiert werden (gemäß DIN 18740-4:2007-09, 4.1.2.2, 2. Absatz).

B.3. Digitale Bilddaten (d. h. digitale Luftbilder)

B.3.1. Spektrale Auflösung

Die Aufnahme erfolgt als 4-Kanal-multispektral-Bild (RGBI).

B.3.2. Geometrie des Farbbildes durch Pan-Sharpning

Bedingt durch den Aufbau der Luftbildkamera kann das Farbbild eine schlechtere geometrische Auflösung besitzen. Daher ist für die Geometrie des Farbbildes der geometriergebende Kanal zu nutzen. Im nachfolgenden Text ist der geometriergebende Kanal der panchromatische Kanal:

B.3.2.1. Das zu liefernde Farbbild soll die Geometrie (Auflösung und Lagetreue der Pixel) des panchromatischen Kanals beinhalten und ist mittels des Pan-Sharpning-Verfahrens abzuleiten (gemäß DIN 18740-4:2007-09, 4.1.1, letzter Absatz).

B.3.2.2. Das Pan-Sharpning-Verhältnis darf nicht schlechter als 1:4 sein.

B.3.3. Verfahren der radiometrischen Korrektur

B.3.3.1. Das Bildmaterial ist in gleichbleibender, radiometrisch homogener Qualität für das Gebiet des ganzen Bildfluges zu liefern. Dabei sind graue Objekte mit neutralen Grauwerten in den Lichtern, Mitten und Tiefen sicherzustellen (gemäß DIN18740-2, Anhang D.2 und D.3).

B.3.3.2. Die Histogramme der Luftbilder sollen, abgesehen von ihren Rändern, keine Lücken aufweisen und den vollen Grauwertbereich umfassen. Grundsätzlich sollen die Pixel mit dem niedrigsten und dem höchsten Grauwert nicht häufiger vorkommen als die Pixel der benachbarten Grauwerte, d. h., die Anzahl der hellen und dunklen Grauwerte am rechten und linken Rand der Histogramme soll stetig abnehmen. Ausnahmefälle, z. B. Reflexionen, sind davon ausgenommen.

B.3.3.3. Als Zwischenergebnis vor einer endgültigen radiometrischen Bearbeitung der digitalen Luftbilder ist ein Musterdatensatz pro Befliegungstag an den Auftraggeber zu dessen Freigabe zu liefern. Der Musterdatensatz muss pro Bildflugtag zwei repräsentative, sich entsprechend der beauftragten Querüberdeckung überlappende Bildpaare beinhalten, die die Landschaftstypen Siedlung und Wald umfassen. Der Musterdatensatz muss den Anforderungen der Leistungsbeschreibung genügen.

B.3.4. Orientierung

Unabhängig von der Flugrichtung dürfen die Bilder nicht genordet werden.

B.3.5. Bezeichnung der Bilddatensätze

Die Bilddatensätze erhalten Namen, die sich aus dem Bildflugjahr, der spektralen Auflösung, der GSD, der Streifennummer und der Bildnummer zusammensetzen.

RGBI-Messbildflug Berlin 2027 – Leistungsbeschreibung

Nummerierung der Bilder:

Die interne Bildnummerierung der Kamera soll nicht verwendet werden.

Das in Abhängigkeit der Flugrichtung erste Bild im nördlichsten Streifen erhält die 5-stellige Bildnummer 00001. Alle nachfolgenden Bilder werden fortlaufend und jeweils um den Wert 1 aufsteigend bis zum letzten Bild des letzten Streifens nummeriert. Die Reihenfolge der Nummerierung orientiert sich jeweils an der Flugrichtung. Das heißt: Die Bildnummer soll eindeutig und fortlaufend über alle Streifen hinweg erfolgen. Die Vergabe doppelter Bildnummern innerhalb verschiedener Streifen ist zu vermeiden. Kein Neubeginn der Bildnummerierung pro Streifen.

Nummerierung der Streifen:

Der nördlichste Streifen erhält die 3-stellige Nummer 001. Die Streifen werden fortlaufend und jeweils um den Wert 1 aufsteigend von Nord nach Süd nummeriert.

Das heißt: Die Streifennummer soll eindeutig und fortlaufend erfolgen. Die Vergabe doppelter Streifennummern ist zu vermeiden.

Pro Bilddatensatz ist folgende Benennung anzuwenden:

- 2027_RGBI_10_sss_nnnnn.tif
- | | |
|-------|--|
| 2027 | = Jahr der Befliegung |
| RGBI | = Spektrale Auflösung |
| 10 | = Bodenauflösung in cm |
| sss | = einzusetzende Streifennummer (3-stellig) |
| nnnnn | = einzusetzende Bildnummer (5-stellig) |

B.3.6. Datenformat

TIFF (TIFF-Standard, Rev. 6.0) (tiled-Format), unkomprimiert, 8 Bit pro Kanal. Die Bilder dürfen keine Bildpyramiden enthalten.

B.3.7. Gesamtdatenbestand

B.3.7.1. Es ist ein eindeutiger, widerspruchsfreier Datensatz zu erzeugen. Identische oder sich fast vollständig überlappende Bilder dürfen nicht enthalten sein.

B.3.7.2. Im Falle von Nachbefliegungen sind die nicht für den o.g. Datensatz verwendeten Bilder in einem separaten Dateiordner zu liefern.

B.4. **Lage- und Höhensystem**

B.4.1. Koordinatensystem

Für alle Produkte gilt das Koordinatensystem gemäß EPSG-Code 25833.

B.4.2. Höhensystem

DE_DHHN2016 gemäß EPSG-Code 7837.

B.5. **Aerotriangulation**

B.5.1. Passpunkte

Es sind terrestrisch gemessene Passpunkte zu verwenden. Bei Verwendung eigener Passpunkte ist die Herkunft und Qualität zu benennen. Auf Anfrage können Passpunkte vom Auftraggeber unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden.

RGBI-Messbildflug Berlin 2027 – Leistungsbeschreibung

B.5.2. Lage- und Höhengenaugkeit

Die Berechnung der Aerotriangulation hat mit einer Genauigkeit zu erfolgen, die für eindeutig identifizierbare Punkte eine stereoskopische Lage- und Höhenauswertung des Bildmaterials im Rahmen der geforderten Bodenauflösung ermöglicht.

B.5.3. Triangulationsparameter

Die Datei der Triangulationsparameter soll die Bildnummer und die berechneten Werte X, Y, Z, Omega, Phi, Kappa enthalten.

Folgende Formate sind zugelassen:

1. LPS/ORIMA (LPS-Blockdatei)
2. Inpho Match AT

B.5.4. ASCII-Datei

Zusätzlich zur Datei der Triangulationsparameter ist eine ASCII-Datei (.txt) zu liefern, mit folgendem Aufbau pro Zeile, mit einem Semikolon als Trennzeichen zwischen den Werten:

Streifennummer; Bildnummer; X; Y; Z; Omega; Phi; Kappa; Aufnahmedatum

Streifennummer = 3-stellige Nummer

Bildnummer = 5-stellige Nummer

Aufnahmedatum = tt.mm.jjjj

B.5.5. Ergebnisprotokoll

Zur Aerotriangulation ist ein Ergebnisprotokoll in digitaler Form mit folgenden Inhalten zu erstellen:

- Liste der für die AT verwendeten Passpunkte in Form einer Excel-Tabelle mit Angaben der statistischen Werte, wie z.B. Delta X, Delta Y, Delta Z
- Angabe der Verwendung und der erzielten Genauigkeit der GNSS/INS-Daten
- Anzahl der orientierten Bilder
- Übersicht der verwendeten Passpunkte mit Darstellung der Fehlervektoren in digitaler Form
- Kommentierung der Ergebnisse

B.6. **Bildbasiertes Oberflächenmodell (bDOM)**

Der Bildverband sollte radiometrisch homogen vorliegen, da die Radiometrie des bDOM und der TrueDOP direkt aus den Luftbildern übernommen wird.

B.6.1. Digitale Bildkorrelation

Aus den orientierten Luftbildern ist mittels eines geeigneten Bildzuordnungsverfahrens SGM (Semi Global Matching) ein Oberflächenmodell mit 100 Punkten je Quadratmeter zu erstellen.

Datenlücken in der Punktwolke, beispielsweise durch ein gescheitertes Matching, sind durch interpolierte Höhen zu füllen. Derartige Datenlücken sind dem Auftraggeber zu benennen und die Art der Füllung zu dokumentieren (synthetische Punkte).

Topographische Elemente - wie z.B. Brücken - dürfen nicht weggelassen oder ausgeschnitten werden.

Wasserflächen müssen homogen gestaltet sein, orientiert an der Höhe der Uferlinie. Als Uferlinie stellt der Auftraggeber ein 3D-Gewässer-Shapefile zur Verfügung.

B.6.2. Höhensystem

Das bDOM ist im Höhensystem s. B.4.2 zu liefern.

B.6.3. Ergebnisprotokoll

Die erreichten Höhengenaugkeiten sind durch den Abgleich mit den für die AT verwendeten Passpunkten in einem Ergebnisprotokoll mit nachfolgenden Inhalten nachzuweisen:

- Liste der für die AT verwendeten Passpunkte in Form einer Excel-Tabelle mit Angaben der Delta Z-Differenzen zum bDOM

B.6.4. Kachelung

Die Abgrenzung der bDOM-Fläche sollte leicht über die Landesfläche hinausgehen. Das bDOM wird in Kacheln bereitgestellt. Als Vorprodukt zum TrueDOP bildet das bDOM den Ursprung der Kachel in der linken unteren Ecke des linken unteren Rasterelements ab. Die Kachel liegt exakt auf einem Vielfachen eines Kilometers. Die Ecken der Kacheln sind identisch mit den äußeren Ecken der Eck-Rasterelemente. Innerhalb der Kachel liegen die Höhenwerte koordinatorisch im Zentrum einer jeden Rasterzelle.

10 cm Raster: Das bDOM ist mit einer Rasterweite von 10 cm in der Kachelung 1 × 1 Kilometer, Lagesystem s. B.4.1. zu liefern.

1 m Raster: Das bDOM ist mit einer Rasterweite von 1 m in der Kachelung 2 × 2 Kilometer, Lagesystem s. B.4.1. zu liefern.

B.6.5. Datenformat

10 cm Raster: Die bDOM-Kacheln sind im LAZ-Format zu liefern.

1 m Raster: Die bDOM-Kacheln sind im LAZ-Format und im ASCII-Format mit den Werten für X, Y und Z zu liefern.

Im ASCII-Format ist als Trennung zwischen den Werten X/Y und Y/Z jeweils ein einzelnes Leerzeichen zu verwenden. Dies gilt auch, wenn der Z-Wert nur zweistellig vor dem Komma ist. Nachkommastellen: Für die z-Koordinate sind 2 Nachkommastellen anzugeben. Bei ganzen Meterwerten bzw. Dezimeterwerten sind die Nachkommastellen mit 0-Werten aufzufüllen.

B.6.6. Dateinamen

Die bDOM-Kacheln erhalten Namen, die jeweils von der Rasterweite, der UTM-Zone, dem Kachelgebiet (Koordinaten der linken, unteren Ecke), der Kachelgröße (Kantenlänge), Bundeslandkürzel (be für Berlin) und dem Bildflugjahr abgeleitet werden. Es werden ausschließlich Kleinbuchstaben verwendet.

Das Kachelgebiet wird beschrieben durch jeweils ganzzahlige Kilometerwerte des 3-stelligen Rechtswertes und des 4-stelligen Hochwertes der jeweils linken unteren Ecke.

- bdom10_33_rrr_hhhh_1_be_2027.laz
- dom1_33_rrr_hhhh_2_be_2027.xyz
- dom1_33_rrr_hhhh_2_be_2027.laz

rrr = Rechtswert in km (3-stellig),
hhhh = Hochwert in km (4-stellig)

B.7. Digitales TrueOrthophotomosaik (TrueDOP)

B.7.1. Zu verwendende Daten

Grundlage für die Erzeugung des TrueDOP sind alle Daten der unter Gesamtdatenbestand (B.3.7.1.) beschriebenen Bilder sowie das berechnete Oberflächenmodell bDOM (B.6.).

Die Kacheln sind über die Landesgrenze hinaus mit Bildmaterial zu füllen, wie es die Abgrenzung der bDOM-Fläche zulässt (s. hierzu auch 1. Satz in B.6.4.).

B.7.2. Randausgleich

Automatisch

B.7.3. Geometrische Auflösung

Für TrueDOP10 $s_0 = 10$ cm

Für TrueDOP20 $s_0 = 20$ cm

B.7.4. Standardabweichung der Lagekoordinaten

$\sigma_{xy} \leq s_0$

B.7.5. Bildbearbeitung

Vor Erstellung der Endergebnisse müssen die notwendigen Radiometrie-Parameter zu Helligkeit, Kontrast und Intensität mit dem Auftraggeber abgestimmt werden.

Hierzu stellt der Auftraggeber radiometrisch bearbeitete Luftbilddaten aus der durchgeführten Befliegung als Muster bereit.

B.7.6. Besonderheiten bei der Bildbearbeitung

Bei zusammenhängenden Wasserflächen sind diese radiometrisch zu vereinheitlichen, damit Schnittkanten nicht optisch hervortreten. Nicht erwünscht ist die generelle Einfärbung von Wasserflächen.

B.7.7. Kachelzuschnitt

Das TrueDOP ist im Lagesystem s. B.4.1. und in folgenden Kachelgrößen zu liefern:

- 1 × 1 Kilometer, GSD 10 cm.
- 2 × 2 Kilometer, GSD 20 cm.

B.7.8. Datenformat

Alle TrueDOP10-Kacheln sind in folgenden Datenformaten und mit folgenden Georeferenzierungsdateien zu liefern:

- GeoTIFF, tiled-Format, unkomprimiert, 8 Bit pro Kanal, keine Bildpyramiden.
 - TFW-Datei zum GeoTIFF.

Alle TrueDOP20-Kacheln sind in folgenden Datenformaten und mit folgenden Georeferenzierungsdateien zu liefern:

- GeoTIFF, tiled-Format, unkomprimiert, 8 Bit pro Kanal, keine Bildpyramiden.
 - TFW-Datei zum GeoTIFF.

B.7.9. Dateinamen

Die TrueDOP-Kacheln erhalten Namen, die jeweils von der Bodenauflösung, der spektralen Auflösung, der UTM-Zone, dem Kachelgebiet (Koordinaten der linken, unteren Ecke), der Kachelgröße (Kantenlänge), dem Bundeslandkürzel (be für Berlin) und dem Bildflugjahr abgeleitet werden.

Kachelgebiet sind bei den TrueDOP10 jeweils ganzzahlige Kilometerwerte vom Rechtswert und Hochwert der linken unteren Ecke; bei den TrueDOP20 jeweils ganzzahlige und ausschließlich geradzahlige Kilometerwerte vom Rechtswert und Hochwert der linken unteren Ecke. In den Dateinamen werden ausschließlich Kleinbuchstaben verwendet.

Die Georeferenzierungsdateien erhalten das Präfix des jeweiligen Kachelnamens. Auch hier werden ausschließlich Kleinbuchstaben verwendet.

Folgende vier TrueDOP-Varianten sind zu liefern:

<i>GSD</i>	<i>Kanäle</i>	<i>Dateiart</i>	<i>Kachelname</i>
10 cm	RGBI	GeoTIFF	dop10rgbi_33_rrr_hhhh_1_be_2027.tif
10 cm	RGB	GeoTIFF	dop10rgb_33_rrr_hhhh_1_be_2027.tif
20 cm	RGBI	GeoTIFF	dop20rgbi_33_rrr_hhhh_2_be_2027.tif
20 cm	RGB	GeoTIFF	dop20rgb_33_rrr_hhhh_2_be_2027.tif

C. Dokumentation und Lieferung
--

C.1. Projektinformationen

Jeweils am Ende eines Flugtages setzt der Auftragnehmer den Auftraggeber per E-Mail über den Fortschritt in Kenntnis.

Jeweils wöchentlich, durchgehend bereits ab dem Beginn der Ausführungsfrist bis zur vollständigen Beendigung des gesamten Auftrages, ist dem Auftraggeber ein laufend fortgeführter Bericht als Projektinformation per E-Mail zuzusenden, vorzugsweise als PDF-Datei.

Der Bericht enthält z. B. Gründe für eine Nicht-Befliegung und informiert nach der Befliegung zu geflogenen Flugstreifen und ggf. zu Abweichungen von der Flugplanung. In der Folge werden Aussagen zur Zeitplanerfüllung und zum Stand der Arbeiten aufgeführt. Außerdem werden Absprachen sowie beim Arbeitsprozess aufgetretene Abweichungen zur Leistungsbeschreibung, Besonderheiten und Probleme dokumentiert.

C.2. Datenträger

Die Datenlieferungen erfolgen auf handelsüblichen externen USB-Festplatten, lesbar unter Windows und vorzugsweise mit einem USB-3.0-Anschluss.

Die Datenträger gehen in das Eigentum des Auftraggebers über.

C.3. Lieferumfang

Lieferungen - speziell die Lieferungen der Luftbilder, bDOM und der TrueDOP - müssen jeweils komplett erfolgen. Folgendes ist vom Auftragnehmer zu liefern:

- C.3.1. Projektinformationen gemäß C.1.
- C.3.2. Dokumentation zur Kalibrierung der Kamera im PDF-Format (siehe auch B.2.2.):
 - vollständiges Kalibrierungszertifikat (Langversion) der Kamera,
 - Feld-Kalibrierungszertifikat des Kameraherstellers bei Selbstkalibrierung oder
 - Protokoll laut „Formular zur Dokumentation einer Validierungsprüfung“ nach AdV-Produkt- und Qualitätsstandard 893Rx in der aktuellen Version. Auf Anfrage kann dieses Formular vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden.
- C.3.3. Dokumentation der Kalibrierung der inertialen Messeinheit im PDF-Format.
- C.3.4. GNSS-Antennen-Offset in Millimeter-Genauigkeit.
- C.3.5. Operateurbericht / Bildflugprotokoll im PDF- oder Excel-Format mit folgenden Inhalten: Bildflugnummer, Aufnahmedatum und -zeit, Flugzeug, Besatzung, Luftbildkamera inkl. Seriennummer, Objektiv, Brennweite, Belichtungszeit, Blende, Filter, Flughöhe, Fluggeschwindigkeit, Angaben zu Wetter, Sichtweite, Bewölkung, Längs- und Querüberdeckung, Besonderheiten und Abweichungen (z. B. Flugunterbrechungen mit Begründung).
- C.3.6. Digitale Bilddaten (d. h. digitale Luftbilder) gemäß B.3. ff.
- C.3.7. Bildmittenübersicht als Shape-File (Punktschape) mit der Bildnummer (nnnnn) als Text. Bildmittenübersicht im PDF-Format. Aufnahmen verschiedener Bildflugtage sind in den Bildmittenübersichten farblich differenziert zu kennzeichnen. Die Flugtage und die zugehörige Farbgebung sind in einer Legende darzustellen.
- C.3.8. Triangulationsparameter gemäß B.5.3. sowie B.5.4.
- C.3.9. Ergebnisprotokoll zur Aerotriangulation gemäß B.5.5.
- C.3.10. Genauigkeitsnachweis der gelieferten Georeferenzierung.
- C.3.11. Bildbasiertes Oberflächenmodell gemäß B.6. ff.
- C.3.12. Ergebnisprotokoll zur bDOM Höhengenaugkeit gemäß B.6.3.

- C.3.13. Digitales TrueOrthophotomosaik gemäß B.7. ff.
- C.3.14. Nennung von Hersteller und Version der verwendeten Post-Processing-Software für die Herstellung der Luftbilder, bDOM bzw. TrueDOP.
- C.3.15. Abschlussbericht mit allen geforderten Nachweisen und Angaben.

C.4. Qualitätskontrolle beim Auftragnehmer

- C.4.1. Der Auftragnehmer liefert nur Daten,
 - die vor Abgabe auf offensichtliche Fehler überprüft wurden und
 - die für den Auftraggeber uneingeschränkt verwendbar sind.
- C.4.2. Ergibt sich während der Abnahmekontrollen durch den Auftraggeber, dass derartige offensichtliche Fehler bereits bei Abgabe vorgelegen haben, hat der Auftraggeber das Recht, Ersatz für die entstandenen Aufwendungen zu verlangen.

D. Liefertermine

Die unter D.1. bis D.6. genannten Liefertermine gelten als maximal einzuhaltende Termine. Frühere Lieferungen sind selbstverständlich möglich.

D.1. Operateurbericht

Spätestens 5 Tage nach Abschluss der Befliegung.

D.2. Digitale Bilddaten (d. h. digitale Luftbilder) gemäß B.3. sowie Bildmittenübersicht gemäß C.3.7.

Spätestens 4 Wochen (28 Tage) nach Abschluss der Befliegung.

D.3. Aerotriangulation

Spätestens 5 Wochen (35 Tage) nach Abschluss der Befliegung.

D.4. bDOM

Spätestens am 30.06.2027. Falls bei den Zuschlagskriterien Lfd. Nr. b (siehe im Dokument SenStadt_Zuschlagskriterien_2027.pdf → Leistungspunkt b) ein anderes Lieferdatum angegeben wurde, gilt dieses.

D.5. TrueDOP

Spätestens am 30.06.2027. Falls bei den Zuschlagskriterien Lfd. Nr. b (siehe im Dokument SenStadt_Zuschlagskriterien_2027.pdf → Leistungspunkt b) ein anderes Lieferdatum angegeben wurde, gilt dieses.

D.6. Abschlussbericht

Der Abschlussbericht und alle leihweise zur Verfügung gestellten Daten und Unterlagen sind spätestens eine Woche nach der TrueDOP-Lieferung zuzusenden.

D.7. Erfüllung und Nichterfüllung von Lieferterminen

- D.7.1. Die Liefertermine unter D.1. bis D.6. gelten als verbindliche Termine. Der Auftragnehmer hat dafür zu sorgen, dass sie eingehalten werden.

- D.7.2. Die voraussichtliche Nichterfüllung eines Liefertermins ist dem Auftraggeber unverzüglich anzuzeigen und der Grund zu benennen.
- D.7.3. Der Auftraggeber hat das Recht, Positionen ersatzlos zu stornieren, deren Liefertermine überschritten wurden und auch nicht innerhalb einer vereinbarten Nachfrist geliefert werden konnten.

E. Allgemeine Rahmenbedingungen
--

E.1. Lieferung von Daten und Datenträger

- E.1.1. Die Lieferung aller Daten und Datenträger (auch Zwischen- und Nachlieferungen), sowie Verpackung und Versicherung erfolgt zu Lasten des Auftragnehmers.

E.2. Bieter, Bietergemeinschaft, Nachauftragnehmer

- E.2.1. Bieter, bzw. Bietergemeinschaft sind in § 32 UVgO (Rechtsformen von Unternehmen und Bietergemeinschaften) geregelt.
- E.2.2. 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.

E.3. Mitwirkung des Bieters/Auftragnehmers, Ansprechpartner

- E.3.1. Wenn der Bieter/Auftragnehmer erkennt, dass die Leistungsbeschreibung oder eine Forderung zur Vertragsausführung fehlerhaft, unvollständig, nicht eindeutig oder objektiv nicht ausführbar ist, hat er dies und die ihm erkennbaren Folgen unverzüglich schriftlich mitzuteilen. Der Auftraggeber wird seinerseits unverzüglich über eine Änderung der Leistungsbeschreibung oder seiner Forderung zur Vertragsausführung entscheiden.
- E.3.2. Mit Angebotsabgabe ist eine Ansprechperson sowie Stellvertreter für die Ausschreibung und als Rolle eines Auftragnehmers für die Durchführung des Projektes zu benennen.

E.4. Datensicherung, Aufbewahrungsfrist

- E.4.1. Der Auftragnehmer verpflichtet sich, eine Sicherung der gelieferten originären und der aufbereiteten Daten für die Dauer der Gewährleistung aufzubewahren.
- E.4.2. Auf Verlangen des Auftraggebers werden bei Datenverlusten die Daten ganz oder auch in Teilen durch den Auftragnehmer wieder bereitgestellt.
- E.4.3. Dem Auftraggeber bleibt vorbehalten, den Auftragnehmer zu entlasten und die Daten nach Absprache und mit schriftlicher Bestätigung auch vorzeitig zum Löschen freizugeben.

E.5. Bereitstellung von Daten durch den Auftraggeber

Folgende Daten und Unterlagen werden bzw. können durch den Auftraggeber im Koordinatenbezug EPSG 25833 für die Bearbeitung des Auftrages bereitgestellt werden:

- Daten der Landesgrenze Berlins
- RINEX-Daten der SAPOS-Referenzstationen für den Bildflug
- Passpunktskizzen tlw. mit Foto (ausschließlich für die Auftragserfüllung)
Die Passpunkte sind sehr unterschiedlich ausgeprägt, (Kanal-Deckel, Geländer-Ecke, Mauerecke, Fahrstreifenmarkierung, u. a.). Eine Garantie für die Aktualität der Daten kann der Auftraggeber nicht übernehmen. D. h., es muss immer damit gerechnet werden, dass Punkte sich verändert haben oder nicht mehr bestehen.
Die zuvor genannten Passpunktdaten werden dem Auftragnehmer nach der Vertragsunterzeichnung übermittelt.
- Shape-Daten der Berliner Brückenbauwerke mit Höheninformation
- Shape-Daten der Berliner Wasserflächen mit Höheninformation inkl. Wasserflächen vom Land Brandenburg in der Umgebung der Landesgrenze zu Berlin
- Shape-Daten für den Kachelzuschnitt 1 × 1 Kilometer
- Shape-Daten für den Kachelzuschnitt 2 × 2 Kilometer

<i>--- Ende der Leistungsbeschreibung ---</i>
--