



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Raumentwicklung
Geoinformation

Vermessung

Projekt «Luftaufnahmen42» Technische Spezifikationen

Auszug aus dem Pflichtenheft
7. November 2014



Inhalt

1. Zusammenfassung	3
1.1. Übersicht Kanton Zürich	4
1.2. Blatteinteilung	5
2. Spezifikationen Laserscanning – LIDAR (LID)	6
2.1. Messflug LIDAR (LID)	6
2.2. Rohdaten LIDAR (LID)	7
2.3. Auswertung (DTM und DOM)	7
2.4. Bezugsrahmen	8
2.5. Datenabgaben	9
3. Spezifikationen Luftbildaufnahmen – Orthofoto	10
3.1. Bildflug	10
3.2. Orthofotomosaik	11
3.3. Bezugsrahmen	12
3.4. Datenabgabe	13

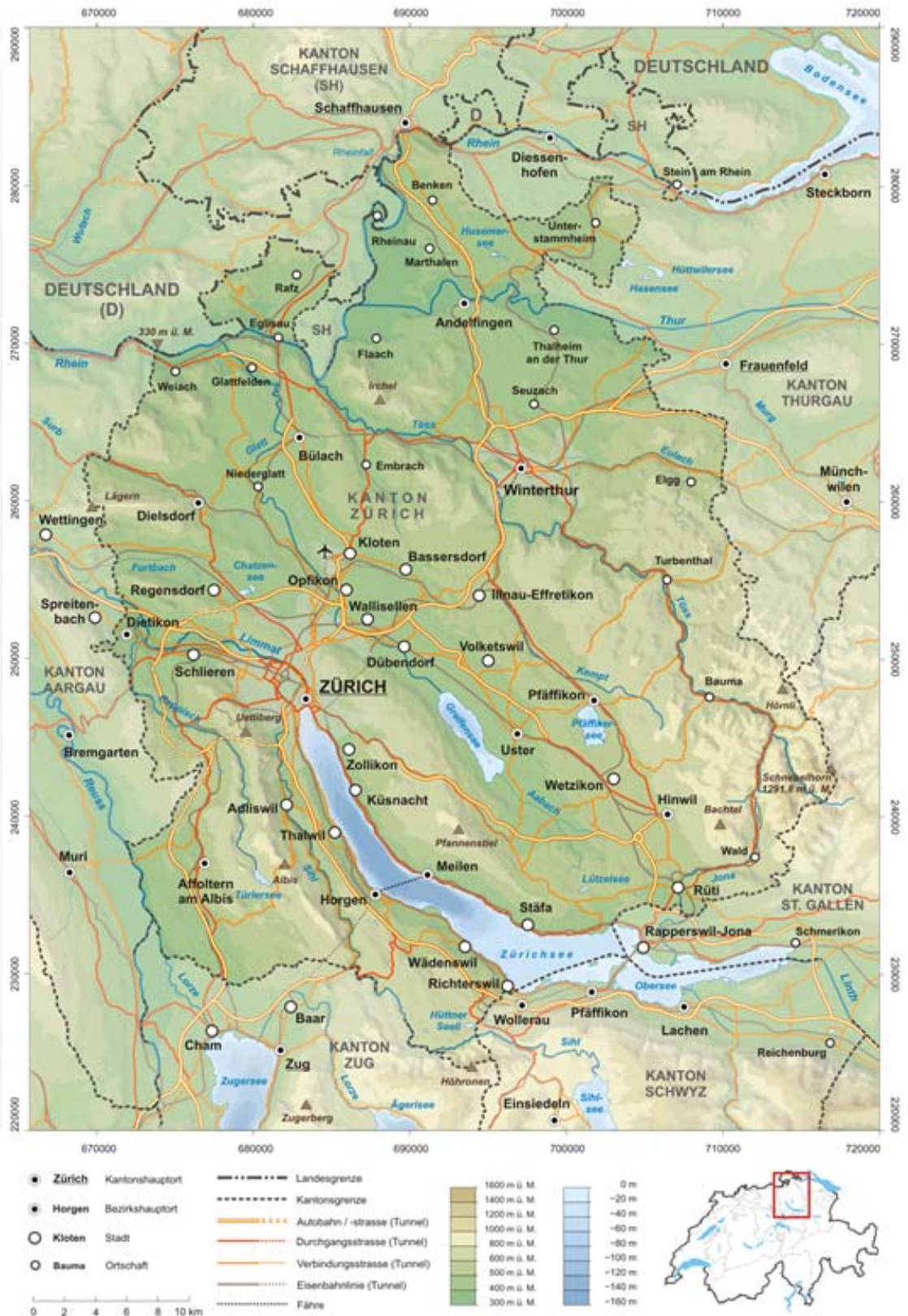
1. Zusammenfassung

Das Orthofoto stellt gemäss Geoinformationsgesetz (GeolG; SR 510.62) als Georeferenzdaten einen wesentlichen und wichtigen Datensatz der kantonalen Verwaltung dar. Das Amt für Raumentwicklung führt in den Jahren 2014-2016 ein Projekt mit dem Titel **«Luftaufnahmen42»** durch. Die zu erstellenden Grundlagen dienen den verschiedensten Ämtern als Basismaterial für ihre Arbeiten und Projekte, beispielsweise in den Bereichen Infrastrukturplanung, Städteplanung, Raumplanung, Naturgefahren-Beurteilung, Forstwesen, Umweltbereich, Energieversorgung, Leitungsvermessung und Solarpotentialanalyse, Vermessung (Verifikation der Bodenbedeckung sowie Periodische Nachführung), Archäologie (Erfassen von archäologischen Fundstellen), Landwirtschaft, Gewässer, Lärmschutz usw.

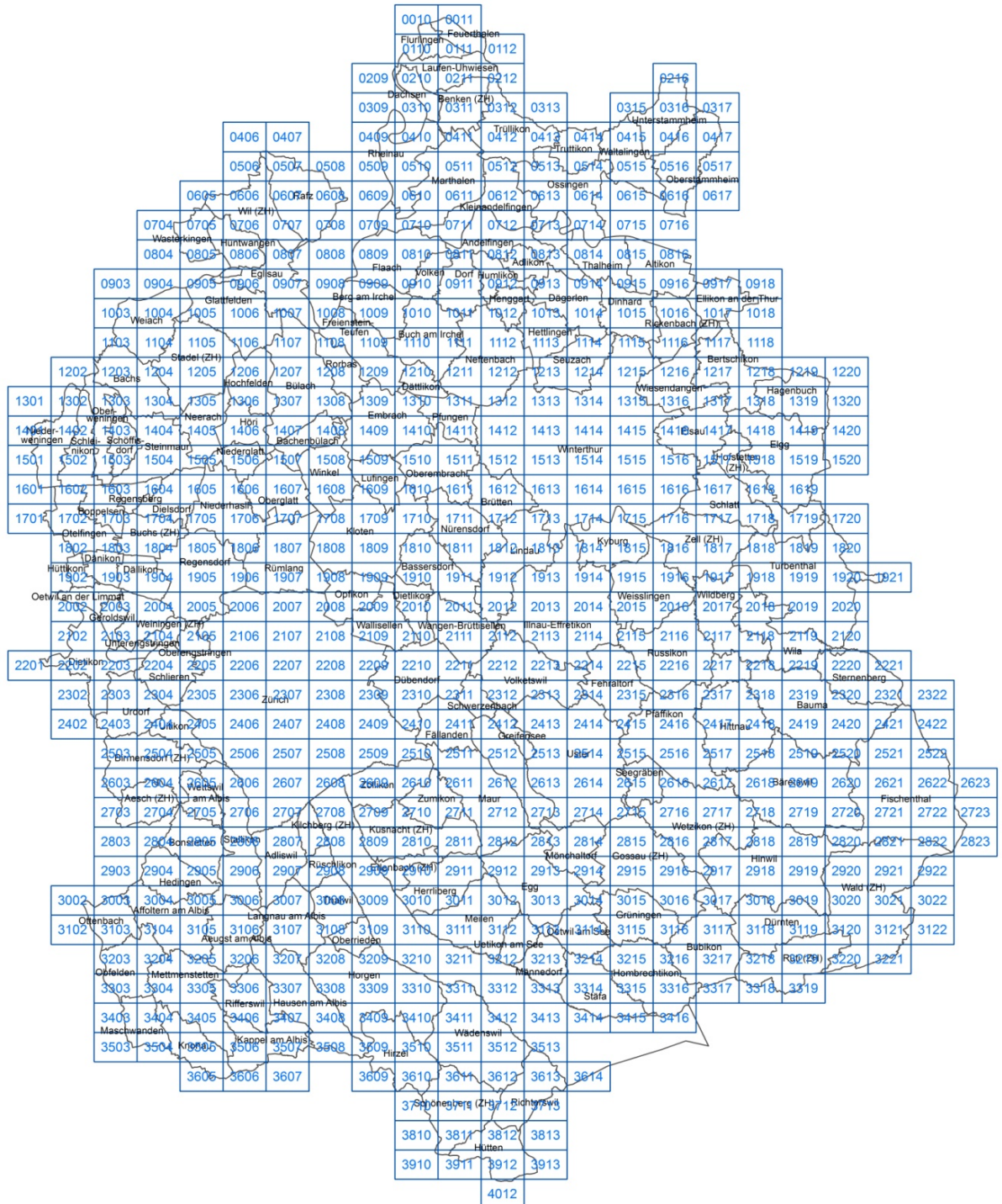
Das Projekt «Luftaufnahmen42» bedeutet, dass alle zwei Jahre Luftaufnahmen und alle vier Jahre ein Laserscanning vorliegen. Geplant wird als Erstes im Frühjahr 2014 ein Laserscanning LIDAR (LID) mit anschliessender Anfertigung eines digitalen Terrainmodells (DTM) und eines digitalen Oberflächenmodells (DOM). Im Sommer soll ein Bildflug (BIL) mit anschliessendem Orthofoto (DOP) durchgeführt werden. Als Perimeter für das DOP, DTM und DOM im Kanton Zürich liegt eine Blatteinteilung basierend auf der Landeskarteneinteilung vor. Ein Puffer von 500m soll als Übergriff in die Nachbarkantone mitverarbeitet werden. So ergibt sich eine zu bearbeitende Fläche von knapp 1'900 km². Die beinahe vollständige amtliche Vermessung im Kanton Zürich dient als Grundlage für die Erstellung des DTM und des DOM, die wiederum Grundlage für die Orthofotoerstellung sind. Als Option soll bereits heute eine Frühjahresbefliegung 2016 offeriert werden.

Mit dem Einsatz von Laserscanning erwarten wir im Gegensatz zur photogrammetrischen Methode, dass der Laserstrahl durch relativ dichte Vegetation bis auf den Boden vordringen wird und uns Daten in hoher Auflösung liefert, um anschliessend ein digitales Terrain-Modell oder ein Oberflächen-Modell abzuleiten. Auf der Basis von hochauflösenden Luftaufnahmen und dem neuen DTM erwarten wir ein ausgewogenes Orthofotomosaik über den ganzen Kanton Zürich.

1.1. Übersicht Kanton Zürich



1.2. Blatteinteilung



2. Spezifikationen Laserscanning – LIDAR (LID)

Die technischen Anforderungen an das Laser-Scanning sind nachstehend aufgeführt. Im Übrigen findet der Leitfaden Qualitätssicherung Photogrammetrie & DTM-Generierung (KKVA Juli 2000) im Anhang Anwendung.

2.1. Messflug LIDAR (LID)

Thema	Beschreibung
Perimeter	<p>Ganzes Gebiet des Kantons Zürich inkl. Buffer angrenzender Kantone gemäss beiliegendem Perimeterplan.</p> <p>Perimeter 1'868 km² (inkl. 500 m Buffer um Kantons-grenze ZH).</p> <p>Gesamtfläche Kanton ZH 1'728.89 km²</p>
Bezugsrahmen	Bezugsrahmen LV95, Bezugssystem CH1903+
Befliegungszeit	<p>Zeitfenster für den Messflug ab 10. März 2014 während eines Monats vor Laubaustritt.</p> <p>Schneefreie Verhältnisse (bei leichter Schneebedeckung kann die Bestellerin eine Spezialbewilligung erteilen).</p> <p>Keine produktmindernden Vorkommnisse (tiefliegende Wolken, Regen, etc.).</p> <p>Datenlücken aufgrund Nadelwald, dichtem Unterholz, etc. sind mit der Wahl des Befliegungszeitpunktes zu vermeiden.</p>
Referenzstationen	Allfällig benötigte Referenzstationen sind im Bezugssystem CH1903+ (LV95) zu betreiben. Eine Transformation der Koordinaten aus CH1903 nach CH1903+ ist nicht zulässig.
Kalibrierung	Die Kalibrierung des Laserscanners ist so vorzunehmen, dass die Genauigkeitsanforderungen erfüllt werden. Das Verfahren ist zu dokumentieren.
Kontrolle	Die Kontrolle der Daten wird mit Kontrollflächen erfolgen.
Überlappung Flugstreifen	<p>Mindestens 10%/Mittelwert 30%.</p> <p>Markante (künstliche) Höhenstufen sind im Überlappungsbereich zu vermeiden. Die Überlappungen sind zu belegen.</p>
Öffnungswinkel	Max. 2 x 20°

2.2. Rohdaten LIDAR (LID)

Thema	Beschreibung
Bezugssystem	Die Daten (Lage und Höhe) sind im Bezugsrahmen LV95, Bezugssystem CH1903+ zu erfassen.
Punktdichte	Mittlere Punktdichte (Lasershots) ohne Überlappung 8 Punkte/m ²
Genauigkeit	Lage + 20 cm (1σ) Höhe + 10 cm (1σ)

2.3. Auswertung (DTM und DOM)

Thema	Beschreibung
Anforderungen DTM/DOM	Unregelmässige Punktwolke LAS Format ASCII – Klassifizierung in Klassen <i>siehe unten</i>
DTM	Datenlücken ab 50 m ² und Objekte ab 500 m ² , welche vom Laser nicht erfasst wurden, sind zu dokumentieren, zu attribuieren (Grund der Datenlücke) und als Shape-Datei abzugeben. Der Vergleich mit den Kontrollflächen inkl. Standardabweichung ist nachzuweisen.
DOM	Die Punkte sind wie folgt zu klassieren: <ul style="list-style-type: none"> - Bodenpunkte - Vegetation tief (< 3 m) - Vegetation hoch (> 3 m) - Gebäude - Ausreisser und Fehlmessungen - Brücken, Stege (Höhe > 3 m) - Streifenrandpunkte - Freileitungen, Masten, Antennen, etc. - übrige Punkte (temporäre Objekte, Fahrzeuge etc.) Der Vergleich mit den Kontrollflächen inkl. Standardabweichung ist nachzuweisen. 98% der Punkte sind richtig zu klassieren. Die Qualität der Klassierung ist nachzuweisen.

2.4. Bezugsrahmen

Die Nutzungsdauer des neuen Gelände- und Oberflächenmodells fällt in den Zeitraum des geplanten Bezugsrahmenwechsels von LV03 auf LV95. Das Höhenmodell als Georeferenzdatensatz muss während einer gewissen Übergangsfrist in beiden Bezugsrahmen angeboten werden.

Das Höhenmodell wird vollständig im neuen Lagebezugsrahmen LV95 sowie Höhenbezugsrahmen LHN95 ausgewertet und erstellt werden.

Der Unternehmer ist aufgefordert, ein technisches Konzept für die Transformation des Höhenmodelles in den lokalen Bezugsrahmen LV03/LN02 vorzustellen.

Thema	Beschreibung
Lagetransformation LV95-LV03	<p>Zwischen den Bezugsrahmen LV95/LV03 ist auf Grundlage des Transformations-Datensatzes CHENyx06 eine nicht strenge Affintransformation mit 3 Parametern (Translation mit Rotation ohne Veränderung des Massstabs) festzulegen.</p> <p>Die erreichten Genauigkeiten der Lagetransformation sind nachzuweisen.</p>
Höhentransformation LHN95-LN02	<p>Eine exakte Transformation ist aufgrund der unterschiedlichen Systeme (orthometrische Höhen/Gebrauchshöhen) und infolge der grossen Verzerrungen im LN02 nicht möglich.</p> <p>Eine genäherte Transformation mit dem Programm HTrans und den entsprechenden Parameterdaten mit einer Approximation von LN02 mit cm- oder dm-Genauigkeit genügt den gestellten Genauigkeitsanforderungen nicht. Es sind Verfeinerungen der Transformationsparameter durch den Einbezug der Höheninformation der LFP1+2 vorzusehen.</p> <p>Die erreichten Genauigkeiten der Höhentransformation sind nachzuweisen.</p>
Genauigkeit der Transformation	<p>Die Daten (Lage und Höhe) sind ins Bezugssystem CH1903 (LV03/LN02) zu transformieren.</p> <p>Die Lagetransformation ist mit der Software REFRAME des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo) und den Lagefixpunkten LFP 1+2 umzusetzen, die Höhentransformation mittels REFRAME und dem Geoid CHGEO2004.</p> <p>Die Transformation in das Gebrauchshöhensystem LN02 ist mittels HTrans umzusetzen, wobei die Transformationsparameter durch den Einbezug der Höheninformationen der LFP 1+2 verfeinert werden müssen.</p> <p>Es ist eine Genauigkeit der Höhentransformation im cm-Bereich zu gewährleisten und nachzuweisen.</p> <p>Höhe: $\pm 1\text{cm}$ (1σ)</p>

2.5. Datenabgaben

Thema	Beschreibung
Dokumentation	<ul style="list-style-type: none"> - Technischer Bericht - Metadaten zu den Produkten DTM und DOM: Flugzeitpunkt und Lokalisation der einzelnen Kacheln. - Nachweis der erreichten Punktdichte (Punktdichtekarten) - Nachweis des Vergleichs mit den Kontrollflächen - Nachweis der Qualität der Klassierung der Punkte im DOM - Übersicht zu den Höhendifferenzen zwischen den einzelnen - Flugstreifen - Stationsprotokolle der lokalen GPS-Referenzstationen
Punktewolke	Unregelmässige Punktewolke aufgeteilt pro Kachel in folgendem Dateiformat, in LV95/LHN95 sowie LV03/LN02: <ul style="list-style-type: none"> - Format ASPRS LAS 1.2
DTM	Kacheln unterteilt nach Kacheleinteilung, je in LV95/LHN95 sowie LV03/LN02: <ul style="list-style-type: none"> - ASCII (XYZ) - ESRI-GRID (0.5 m) - LAS - Datenlücken (Shape-Datei)
DOM	Kacheln unterteilt nach Kacheleinteilung, je in LV95/LHN95 sowie LV03/LN02: <ul style="list-style-type: none"> - ASCII (XYZ- Klassierung) - ESRI-GRID (0.5 m) - LAS
Flugwege	Grafische Darstellung der Flugwege Flugdaten (GPS-Mittelpunkte, effektive Fluglinie, Flugdatum)
Datenverfügbarkeit	Ab Ende Januar 2015

3. Spezifikationen Luftbildaufnahmen – Orthofoto

Die technischen Anforderungen an Bildflug und Orthofotomosaik, sowie Laserscanning und Gelände- und Oberflächenmodell sind nachstehend aufgeführt. Im Übrigen findet der Leitfaden Qualitätssicherung Photogrammetrie & DTM-Generierung (KKVA Juli 2000) Anwendung.

3.1. Bildflug

Thema	Beschreibung
Perimeter	<p>Ganzes Gebiet des Kantons Zürich inkl. Buffer zu angrenzenden Kantonen gemäss beiliegendem Perimeterplan.</p> <p>Befliegungsperimeter 1'868 km² (inkl. 500 m Buffer um Kantonsgrenze ZH)</p> <p>Gesamtfläche Kanton ZH 1'728.89 km²</p> <p>Perimeter und Kachelung ÜP 3.28 km² auf Daten-DVD.</p>
Bezugsrahmen	Bezugssystem CH1903+, Bezugsrahmen LV95.
Gelände	<p>Höchster Punkt: 1'291.8 m (Schnebelhorn im Tösstal)</p> <p>Tiefster Punkt: 330 m (Rhein bei Weiach)</p>
Befliegungszeit 2014 Sommeraufnahmen	<p>Zeitfenster für Befliegung ab 23. Juni 2014, ca. 1 Monat</p> <p>Dem Sonnenhöchststand annähernd, damit wenig Schlag Schatten entstehen. (Einhaltung eines minimalen Sonnenstandes von 48 - 50° zur Minimierung von Schlagschatten).</p> <p>Infolge Schlechtwetterlage Sommer 2014 konnte nur ein Teil der Luftbilder erstellt werden. Die Befliegung des restlichen Teils findet im Sommer 2015 statt.</p>
Befliegungszeit 2015 und 2016 Frühjahresaufnahmen	<p>Zeitfenster für Befliegung April 2016</p> <ul style="list-style-type: none"> - Befliegung vor Laubaustritt - Zeitlich um den Sonnenhöchststand herum, damit wenig Schlagschatten entstehen. - Es soll an möglichst wenig Tagen geflogen werden. Es sind möglichst (annähernd) vergleichbaren Konditionen (Befliegungszeit, Luftverhältnisse, ...) anzustreben. <p>Bereits im Frühjahr 2015 wird mit der Überfliegung des Kantons gestartet. 2016 folgt dann die restliche Fläche.</p>
Passpunkte Vorarbeit	<p>Festlegung der Lage und Anzahl der Passpunkte durch den Unternehmer.</p> <p>Link zu den Daten LFP1 und LFP2: http://map.geo.admin.ch</p>

Thema	Beschreibung
Passpunkte Signalisation	Vorgängige Signalisation der Passpunkte und/oder nachträgliches Einmessen von Passpunkten ist Aufgabe des Unternehmers.
Kamera	Digitaler Luftbildsensor (Rahmenkamera oder Zeilenscanner)
Aufnahmespektrum Kamera Band λ (nm)	Spektralbereich sichtbares Lichtspektrum (RGB) Blau 430 – 490 nm Grün 535 – 585 nm Rot 610 – 660 nm Spektralbereich infrarotes Lichtspektrum (CIR) PIR 675 – 900 nm
Längs-/Querüberdeckung	Minimal 80%/50% Ergibt sich aus der Objektversetzung siehe nachstehender Punkt.
Objektversetzung	Die Objektversetzung (ΔR) ist eine Funktion der Höhendifferenz (ΔZ) (genaue Objekthöhe-Höhe DTM) und darf nicht grösser sein als $\Delta R = 0.25 * \Delta Z$. Ein 10 m hohes Gebäude darf somit höchstens 2.5 m versetzt sein. Mehr zur Objektversetzung kann dem Leitfaden Qualitätssicherung Photogrammetrie & DTM-Generierung (KKVA Juli 2000) im Anhang, entnommen werden.
Ground Sampling Distance (GSD)	Die wahre Pixelgrösse der Aufnahmen (GSD) ist gemäss Leitfaden Qualitätssicherung Photogrammetrie & DTM-Generierung (KKVA Juli 2000) im Anhang, um 20% kleiner als diejenige des digitalen Orthofotomosaiks zu wählen.
Radiometrische Auflösung	Auflösung des Bildsensors 12 Bit (4096 Niveaus)
Bildmassstab	Festlegung durch den Unternehmer gemäss technischen Spezifikationen Aerotriangulation/Orthofoto (vgl. Objektversetzung)

3.2. Orthofotomosaik

Thema	Beschreibung
Geometrische Auflösung	Pixelgrösse des Orthofotomosaik 10 cm
Kachelung	Kachelung und Kachelnummerierung (500 m x 500 m).
Radiometrische Auflösung	Auflösung pro Farbkanal 8 Bit (256 Niveaus)
Bildkanäle	Echtfarben-Orthofoto: Bildmaterial mit 3 Kanälen, Rot/Grün/ Blau

Thema	Beschreibung
	Infrarot-Orthofoto: CIR (Color-Infrarot) Orthofoto. Es setzt sich aus dem nahen Infrarot und den Farbkanälen Rot und Grün zusammen.
Qualitätsanforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalisiergenauigkeit im Orthofoto 1-2 Pixel. - Homogene und natürliche Farben über gesamten Perimeter (radiometrische Verzerrungen). - Möglichst homogene Darstellung der Seeoberfläche. - Hoher Kontrast vor allem in Bereichen mit Schlag- schatten. - Keine Croplines durch Gebäude oder andere künstliche Objekte. - Keine Bildverzerrungen (Doppelabbildungen) durch bewegte Objekte (bei Zeilenscanner). - Bilder müssen im Bereich von Siedlungen so geschnitten werden, dass bei Gebäuden und Brücken keine Übergänge sichtbar sind. - Die Nahtstelle zwischen 2 benachbarten Bildausschnitten sollte nicht sichtbar sein und muss radiometrisch ausgeglichen werden. - DTM-Entzerrung: Brücken (Bahn, Autobahn, Autozubringer) müssen lagegenau abgebildet werden. Die Position der Brücken kann aus den mitgelieferten Daten der amtlichen Vermessung (AV) extrahiert werden.
Aerotriangulation	Bündelblockausgleichung RMS Passpunkte Lage <10 cm RMS Höhe < 20 cm

3.3. Bezugsrahmen

Die Nutzungsdauer des neuen Orthofotomosaik fällt in den Zeitraum des geplanten Bezugsrahmenwechsels von LV03 auf LV95. Das Orthofoto als Georeferenzdatensatz muss während einer gewissen Übergangsfrist in beiden Bezugsrahmen angeboten werden.

Das Orthofotomosaik wird vollständig im neuen Bezugsrahmen LV95 ausgewertet und erstellt.

Der Unternehmer ist aufgefordert, die Transformation des Orthofotomosaik in den aktuell gültigen Bezugsrahmen LV03 in einem ausführlichen technischen Konzept auszuführen.

Thema	Beschreibung
Orthofotomosaik	Pixelgrösse des Orthofotomosaik 10 cm Kachelung und Kachelnummerierung gemäss Vorgaben

Thema	Beschreibung
	Perimeterplan im Bezugsrahmen LV03 (Bezugsrahmensystem CH1903)
Transformation Rasterdaten LV95-LV03	Zwischen den Bezugsrahmen LV95/LV03 ist auf Grundlage des Transformations-Datensatzes CHENyx06 eine nicht-strenge Affintransformation mit drei Parametern (Translation mit Rotation ohne Veränderung des Massstabs) für Rasterbilder festzulegen. Die erreichten Genauigkeiten der Lagetransformation sind nachzuweisen.

3.4. Datenabgabe

Thema	Beschreibung
Dokumentation	<ul style="list-style-type: none"> - Technischer Bericht Aerotriangulation (Protokoll) - Kalibrierungsprotokoll der Luftbildkamera (innere Orientierung) - Flugplan (Bildstreifen und Bildmittelpunkte) - Passpunktplan - Verzeichnis der Passpunkte im ASCII-Format
Orthofotomosaik (RGB)	<ul style="list-style-type: none"> - RGB, 8 Bit pro Kanal (24-bit), verlustfrei (LZW) komprimierte georeferenzierte TIFF mit Tiff World File (TFW-Datei) oder GeoTIFF. - Datensätze (über den gesamten Perimeter) Bildkacheln unterteilt in 500 x 500 m Kacheln.
Multispektrales Orthofotomosaik (CIR)	CIR, 8 Bit pro Kanal (32-bit), verlustfrei (LZW) komprimierte georeferenzierte TIFF mit Tiff World File (TFW-Datei) oder GeoTIFF.
Luftbilder mit Orientierungsparametern	<ul style="list-style-type: none"> - RGB, 8 Bit pro Kanal (24-bit), verlustfrei (LZW) komprimierte TIFF - CIR, 8 Bit pro Kanal (24-bit), verlustfrei (LZW) komprimierte TIFF - Bildmitten und Orientierungsparameter äussere Orientierung als ASCII-File und Shapefile. - Dokumentation für Luftbildindex (Einzelbilder oder bei Zeilenkameras Fluglinien).
Flugwege	Grafische Darstellung der Flugwege Flugdaten (GPS-Mittelpunkte, effektive Fluglinie, Flugdatum)
Datenverfügbarkeit	Ab Dezember 2015 für Sommeraufnahmen Ab Dezember 2016 für Frühjahresaufnahmen