



Kanton Zürich
Baudirektion



Factsheet – Abgabe der Daten «Luftaufnahmen42»

Amt für Raumentwicklung
Geoinformation, GIS-Produkte
Referenz-Nr.: 04.02.2016

Allgemeines

Projekt Das Projekt mit der Bezeichnung «Luftaufnahmen42» sieht vor, ein hochauflösendes Laserscanning (LIDAR) zur Erstellung von Digitalen Oberflächen- (DOM) oder Terrainmodellen (DTM), sowie Luftbilder (Orthofoto, alternierend Sommer- und Frühjahrsflüge) zu erstellen. Diese üblicherweise in Städten oder für kleinräumige Projekte eingesetzten hochaufgelösten Produkte werden nun über einen Perimeter von mehr als 1800km², mit anspruchsvoller Topographie, zwei Grosstädten und dem Flughafen Zürich produziert.

Das Laserscanning (LIDAR) und die daraus abgeleiteten Produkte DTM und DOM konnten termingerecht Anfangs 2014 zur freien Verfügung bereitgestellt werden.

Die weiteren Produkte sind Sommer- und Frühjahrsluftbilder aus welchen anschliessend Orthophotos gerechnet werden.

Diese Grundlagen stehen in erster Linie den Amtsstellen und Gemeinden als Basismaterial für ihre Arbeiten und Projekte zur Verfügung. Sie können beispielsweise in den Bereichen Infrastrukturplanung, Städteplanung, Raumplanung, Naturgefahren-Beurteilung, Forstwesen, Umweltbereich, Energieversorgung, Leitungsvermessung, Solarpotentialanalyse, Vermessung, Archäologie, Landwirtschaft, Gewässer, Lärmschutz usw. wertvolle Unterstützung bieten. Dank des Wiederholungszyklus von zwei bzw. vier Jahren sind auch Zeitreihen und Monitoringprojekte möglich.

Die vorgesehene Umsetzung der einzelnen Bildflüge mussten wetterbedingt auf zwei Jahre unterteilt werden. Ein weiterer Grund waren die Einschränkungen durch die Flugsicherung Skyguide.

Auftraggeber Fachstelle Vermessung im Amt für Raumentwicklung der Baudirektion Kanton Zürich

Auftragnehmer Ingenieurgemeinschaft BSF Swissphoto (CH) / Cowi (DK), für Flüge 2014

Informationen www.geolion.ktzh.ch

- Digitales Oberflächenmodell Kanton Zürich (DOM ZH)
- Digitales Terrainmodell Kanton Zürich (DTM ZH)
- LIDAR Laserscanning-Geodaten Kanton Zürich
- Luftbilder ZH Sommer 2014/15
- Luftbilder ZH Frühjahr 2015/16
- Orthophoto ZH Sommer 2014/15
- Orthophoto ZH Frühjahr 2015/16
- Relief Digitales Oberflächenmodell Kanton Zürich
- Relief Digitales Terrainmodell Kanton Zürich

Das wichtigste in Kürze

Perimeter Ganzer Kanton Zürich inkl. 500 m Buffer über die Kantonsgrenze, 1'868 km²

Bezugsrahmen Bezugsrahmen LV95, Bezugssystem CH1903+

Laserscanning »LIDAR«

Laserscanning 2014 (LIDAR) - Befliegungszeit ab 17. März bis 17. April 2014 (vor Laubaustritt)
- Flughöhen von ca. 1400 m
- Mittlere Punktedichte von 8 Punkten/m² mit Genauigkeit Lage + 20 cm, Höhe + 10 cm
- Auswertung eines Digitalen Terrainmodells (DTM) sowie eines Digitalen Oberflächenmodells (DOM)

Abgabe der Daten (LIDAR) Die Daten sind ab Januar 2015 verfügbar.
Die Daten können direkt via dem GIS-Browser (www.maps.zh.ch) unter Rubrik Höhen können Dateien des LIDAR sowie das DTM und DOM kostenlos heruntergeladen werden. Für die Daten gilt die GIS-ZH Open Data Lizenz.

Sommer Luftbilder

Bildflug 2014 (Sommerbilder) - Befliegungszeit ab 22. Juni bis 18. Juli 2014
ca. 29% (Gebiet Südlich der Koordinate 240'500) inkl. Tösstal
- Längs-/Querüberdeckung Minimal 80%/50%
- Flughöhen von ca. 1'900 m
- Aufnahmespektrum Farbig «RGB» und Infrarot «CIR»
- Anfertigen eines Orthofotomosaik mit Pixelgrösse 10 cm
Aufgrund der Schlechtwettersituation im Sommer 2014 konnten die Sommerbefliegung nicht abgeschlossen werden.

Bildflug 2015 (Sommerbilder) - Befliegungszeit ab 26. Juni bis 16. Juli 2015
ca. 71% (Gebiet Nördlich der Koordinate 240'500)
- Längs-/Querüberdeckung Minimal 80%/50%
- Flughöhen von ca. 1'900 m
- Aufnahmespektrum Farbig «RGB» und Infrarot «CIR»
- Anfertigen eines Orthofotomosaik mit Pixelgrösse 10 cm

Abgabe der Daten (Sommerbilder) Die Orthophotos «RGB» und Infrarot «CIR» werden ab 9. Februar 2016 aufgeschaltet.
Auf dem GIS-Browser (www.maps.zh.ch) unter Rubrik Orthophoto können Dateien nach Kacheln kostenlos heruntergeladen werden. Für die Daten gilt die GIS-ZH Open Data Lizenz.

Luftaufnahmen Für weitere Verarbeitungen stehen auch die nicht entzerrten Luftaufnahmen zur Verfügung.
Diese sind nicht als Download erhältlich sondern müssen bestellt werden.
Weitere Angaben dazu unter GIS-ZH Nr. 380 Luftbilder ZH Sommer 2015/15

Frühjahres Luftbilder

Bildflug 2015 (Frühjahresbilder) - Befliegungszeit ab März 2015 während eines Monats
ca. 78% geflogen (Gebiet Nördlich der Koordinate 236'000)
- Längs-/Querüberdeckung Minimal 80%/50%
- Flughöhen von ca. 1'900 m
- Aufnahmespektrum Farbig «RGB» und Infrarot «CIR»
- Anfertigen eines Orthofotomosaik mit Pixelgrösse 10 cm

Abgabe der Daten (Frühjahresflug) Die Orthophotos «RGB» und Infrarot «CIR» werden ab ca. Juni 2016 aufgeschaltet.
Auf dem GIS-Browser (www.maps.zh.ch) unter Rubrik Orthophoto können Dateien nach Kacheln kostenlos heruntergeladen werden. Für die Daten gilt die GIS-ZH Open Data Lizenz.

Bildflug 2016 (Frühjahresbilder) - Befliegungszeit ab März 2016 während eines Monats
 ca. 22% noch zu fliegen (Gebiet Südlich der Koordinate 236'000)
 - Längs-/Querüberdeckung Minimal 80%/50%
 - Flughöhen von ca. 1900 m
 - Aufnahmespektrum Farbig «RGB» und Infrarot «CIR»
 - Anfertigen eines Orthofotomosaik mit Pixelgrösse 10 cm

Abgabe der Daten (Frühjahresflug) Das vollständige Orthophotos «RGB» und Infrarot «CIR» werden ab Herbst 2016 aufgeschaltet.

Auf dem GIS-Browser (www.maps.zh.ch) unter Rubrik Orthophoto können Dateien nach Kacheln kostenlos heruntergeladen werden. Für die Daten gilt die GIS-ZH Open Data Lizenz.

Luftaufnahmen Für weitere Verarbeitungen stehen auch die nicht entzerrten Luftaufnahmen zur Verfügung. Diese sind nicht als Download erhältlich sondern müssen bestellt werden. Weitere Angaben dazu unter GIS-ZH Nr. 380 Luftbilder ZH Sommer 2015/15

Technische Angaben

Systeme und Technologien Kamera: Vexcel UltraCampXp

Die Hauptkomponenten der UltraCamXp-Systems – kreiselstabilisierte Plattform, Kamerakopf mit 8 Objektiven und 13 CCD-Sensoren (9 Panchromatisch, 3 RGB, 1 NIR), On-Board Computerrack zur Steuerung und Datenregistrierung und Feldcomputersystem zum Herunterladen und Sichern der Daten

Die wichtigsten Systemspezifikationen zusammengefasst:

Panchromatisches Bildformat	11'310 Pixel (in Flugrichtung) x 17'310 Pixel (quer)
Multispektrales Bildformat	3'770 Pixel (in Flugrichtung) x 5'770 Pixel (quer)
CCD-Pixelgrösse	0.006 mm
Aufnahme-Modus	gleichzeitig Panchromatisch, RGB und NIR
Brennweite	100.5 mm
Bewegungskompensation	FMC mit TDI-Steuerung
Radiometrische Auflösung	> 12 bit (16 bit registriert)
(Roh-)Datenmenge pro Bild	0.624 GByte

Software	GrafNav	NovAtel	Post-Processing der GNSS-Daten des UCXp-Systems
	AEROffice	IGI	GPS/IMU-Prozessierung des UCXp-Systems
	ArcGIS/ArcView	ESRI, USA	Erstellen der Übersichtskarten
	UltraMap	Microsoft	Digitale Bildentwicklung
	BINGO	Dr.E.Kruck	Bündelblockausgleichung
	Inpho	Inpho/Trimble	Aerotriangulation, Orthophotogenerierung, Mosaikierung
	Photoshop	Adobe, USA	Bildbearbeitung

Flugplanung Bildflug 2014/15 Der Bildflug im Sommer 2014 wurde basierend auf den gewählten Anforderungen begonnen. Ziel war die flächendeckende Erreichung der maximal geforderten 8 cm Bodenauflösung (Pixelgrösse). Das Gebiet wurde in drei Blöcke aufgeteilt, hauptsächlich aufgrund der Topographie. Daraus entstanden insgesamt 142 Fluglinien auf konstant 6'000 ft (1'825 m) MSL

bzw. 7'000 ft (2'150 m) MSL.

Die Erfahrungen in der Flugsaison 2014 zeigten jedoch, dass die Einschränkungen durch die Flugsicherung Skyguide auf den gewählten Flughöhen so einschneidend waren, dass selbst an „optimalen“ Flugtagen nur Flugfenster von wenigen Dutzend Minuten Länge verfügbar waren. Unter diesem Standpunkt wurde die Flughöhe konstant auf 7'000 ft festgesetzt. Daraus entstanden insgesamt 65 Fluglinien auf konstant 7'000 ft (2'150 m) MSL.

Die höhere Flughöhe resultierte in einer leicht schlechteren Bildauflösung. Die Pixelgrösse beträgt jedoch immer noch auf dem Grossteil des Kantonsgebiets < 10 cm und erreicht an den tiefsten Geländestellen ein Maximum von 10.7 cm. Dies wird für die zuverlässige Berechnung eines 10 cm-Orthophoto immer noch als ausreichend sein.

Der anfänglich festgelegte Aufnahmezeitpunkt betreffend des Sonnenwinkels von 50° musste auf 40° erhöht werden. Dies hatte jedoch schlussendlich auf das gesamte Projekt nur wenig Auswirkung.

Daten Bildflüge

Stand Sommer-Bildflug Zürich 2014/2015

bsf swissphoto

LAN, 16.07.2015

Anzahl Bilder total: 11'542 (100%)
Bilder erfasst: 11'542 (100%)

Legende

- nicht geflogen
- geflogen, nicht verwendet
- 01.07.2014
- 16.07.2014
- 17.07.2014
- 18.07.2014
- 26.06.2015
- 28.06.2015
- 15.07.2015
- 16.07.2015



Koordinatensystem: LV95
0 3 6 12 18 km

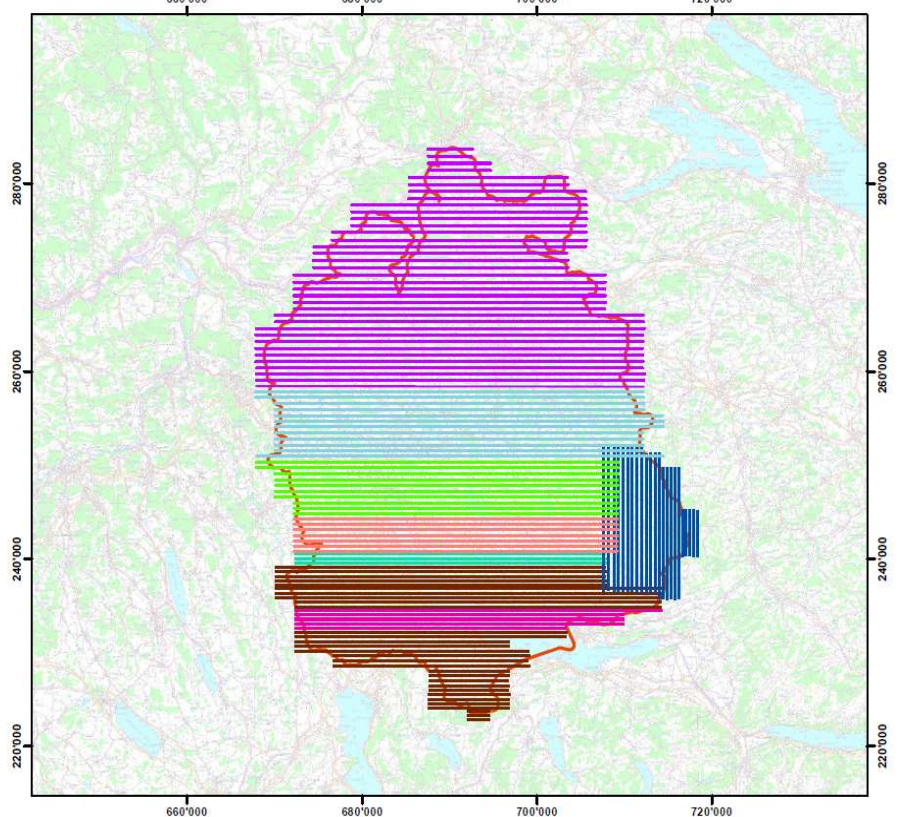


Abb. Sämtliche Fluglinien

Kontrollpunkte und -
flächen

Für die Aerotriangulation der Bilddaten wurden über das ganze Kantonsgebiet 48 Vollpasspunkte terrestrisch vermessen. Sie bestehen jeweils aus 3 in Lage und Höhe klar identifizierbaren Objekten (z. B. Strassenmarkierungen, Schachtdeckel). Die neuen Passpunkte für die Aerotriangulation wurden vor allem entlang der Peripherie des Blocks gemessen, um eine optimale Abstützung ohne Extrapolation zu gewährleisten. Im Zentrum des Kantons

sowie an der Grenze zum Kanton Thurgau standen zahlreiche Passpunkte aus früheren Projekten zur Verfügung, welche nach sorgfältiger Einzelprüfung ebenfalls benutzt werden konnten.

Sämtliche Messungen der Höhen- und Lagekontrollpunkte erfolgten mittels GNSS-Messungen mit einem geodätischen Zweifrequenz-Empfänger (z. B. Leica GNSS1200+) im RTK-Modus (swipos), sowie mittels Anschlussmessungen mit reflektorloser Totalstation. Mit dieser Methode können direkt im Feld 3D-Koordinaten in LV95/LHN95 mit einer Genauigkeit < 3 cm gemessen werden.

Zur Kontrolle der Einstellungen auf dem GNSS-Empfänger und des Korrektursignals wurden pro Messeinsatz mindestens 2 Fixpunkte gemessen, deren 3D-Koordinaten im Zielsystem LV95/LHN95 bekannt sind.

Aerotriangulation Die DGPS/INS-Daten ermöglichten die integrierte Sensororientierung. Dadurch konnte die Anzahl der benötigten Passpunkte stark reduziert werden. Zur Kontrolle der Passpunkte und DGPS/INS-Daten konnten auch Fixpunkte aus Befliegungen früherer Jahre verwendet werden. Da bei der Befliegung auf Grund der sehr hohen Überlappung extrem viele Bilder entstanden sind, wird die Aerotriangulation in mehreren Blöcken durchgeführt. Wir unterscheiden hier zwischen den Blöcken „Nord“, „Süd 1“ und „Süd 2“. Für jeden Block werden die Ergebnisse separat in Tabellenform dargestellt. Diese wird bei der Auslieferung von Luftaufnahmen mitgeliefert.

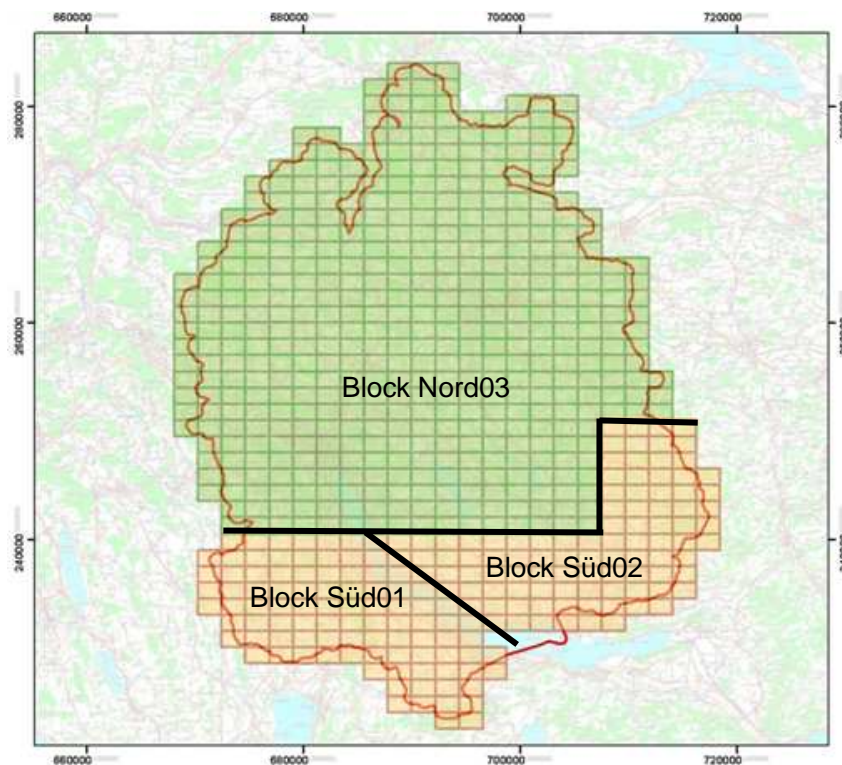


Abb. Einteilung der Blöcke für die Aerotriangulation

Die erreichten Genauigkeiten entsprechen den Erwartungswerten für die Aerotriangulation und erlauben die Orthophotoproduktion in der geforderten Lagegenauigkeit von 1-2 Pixel bzw. 10-20cm. Da die erwarteten Genauigkeiten bereits mit dem Standardmodell erreicht wurden, war keine Bündelblockausgleichung mit "Zusätzlichen Parametern" erforderlich. Die

Kontrolle der Modellorientierung bestätigen diese Aussagen.

DTM Im vorliegenden Projekt wurde DTM aus den Daten vom Laserflug Kanton Zürich 2014 eingesetzt.

Das Geländemodell wurde stereoskopisch verifiziert und in die photogrammetrische Software importiert. Dabei werden die formulierten Anforderungen berücksichtigt. Bei der Anpassung wurden nur Objekte erfasst, die für das Orthophoto entscheidend sind: Zusätzlich Brücken als Bruchkanten eingearbeitet.

Orthophoto-Berechnung Mosaik Nach Aerotriangulation und DTM-Ergänzung wurde jedes Bild orthorektifiziert. Mit diesen Einzelorthophotos wurden automatisch Mosaik-Schnittlinien berechnet. Die Schnittlinien wurden auch manuell überarbeitet. Auf Grundlage der Einzelorthophotos und der Mosaiklinien wurde das Orthophoto-Mosaik bzw. die 646 Orthophoto-Kacheln berechnet. Dabei wurden die Einzelorthophotos an den Mosaiklinien zusammengefügt und ein radiometrischer Bildausgleich durchgeführt.

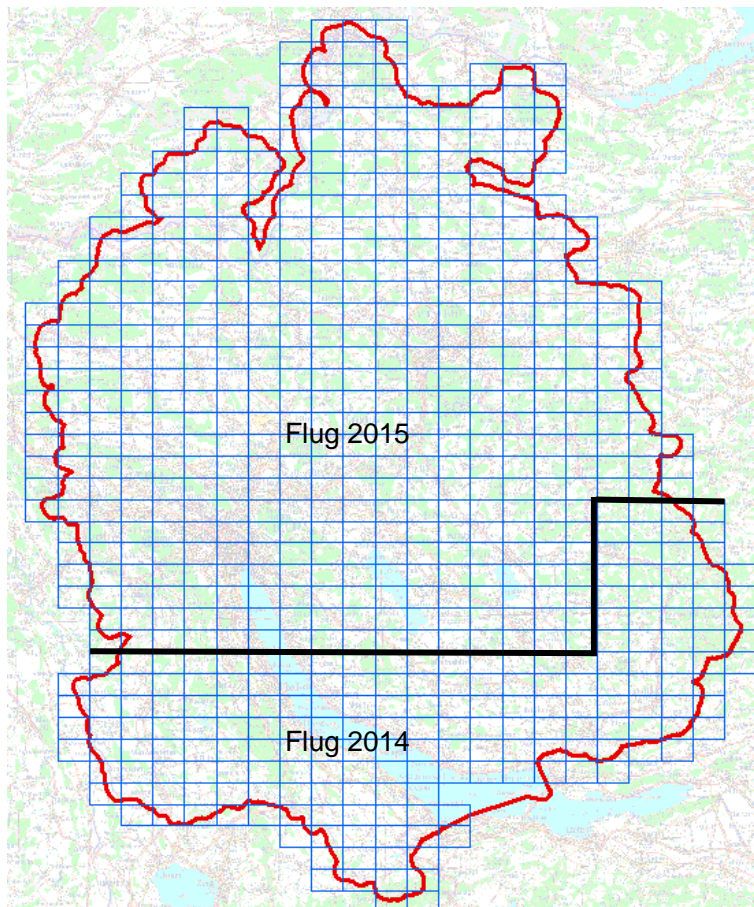


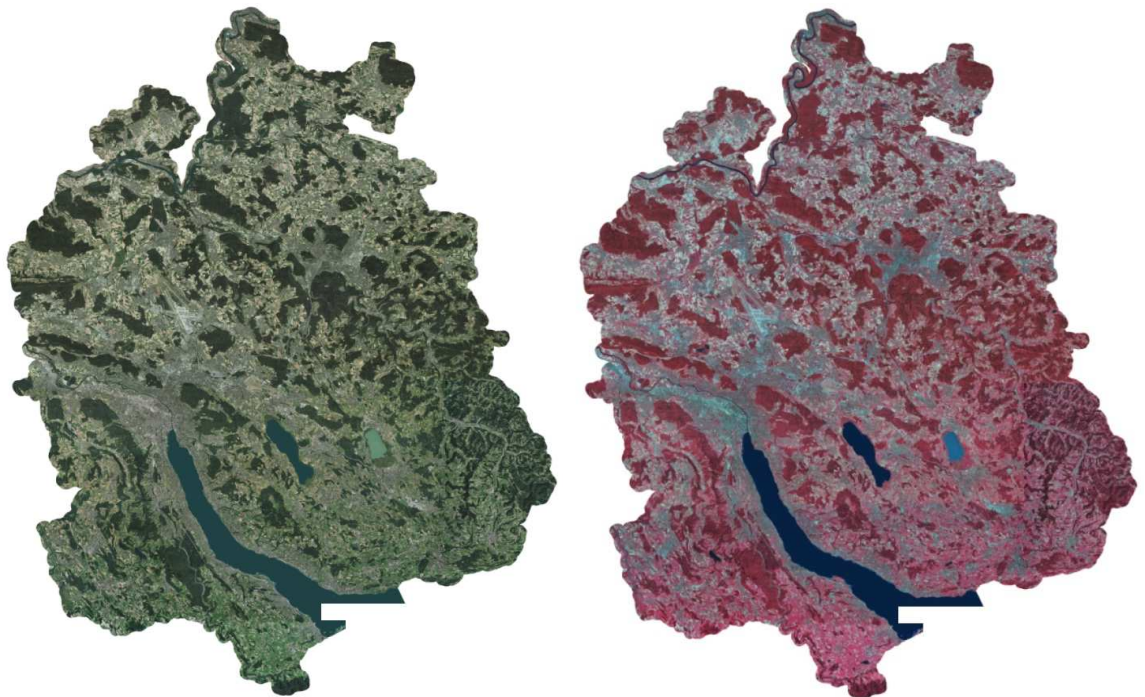
Abb. Übersicht der 646 Orthophotokacheln inkl. Trennung nach zwei Befliegungsjahren

Die ausserhalb liegenden Inseln Ufenau und Lützelau und die Seebrücke Rapperswil-Pfäffikon ZH wurde nicht als Orthophoto abgedeckt.

Bemerkung: Dies erfolgt in der Frühjahresüberfliegung 2015/16.

- Orthophoto Eigenschaften
- RGB und CIR, 8 Bit pro Kanal (24bit), verlustfrei LZW komprimierte georeferenzierte TIFF mit Tiff World File (TFW Datei).
 - Auflösung 10 cm
 - Hoher Kontrast auch im Schlagschatten
 - Kein Farbstich
 - Homogene und natürliche Farben über den gesamten Perimeter. Möglichst homogene Darstellung der Seeoberfläche.
 - Keine Croplines durch Gebäude oder andere künstliche Objekte, ausgenommen der Trennung zwischen den beiden Befliegungsjahren 2014/2015. Hier entsteht eine scharfe Schnittkante entlang der Kachelgrenze. Dies führt dazu, dass radiometrische und geometrische Unterschiede zwischen den Kacheln nicht zu vermeiden waren und in der Folge gewisse Objekte unschön erscheinen.

CIR



Es stehen neben den RGB-Daten auch CIR-Daten zur Verfügung.

Transformation in CH1903 Die Transformation der Orthophoto-Raster vom Koordinatensystem LV95 ins System LV03 wurde mit einer eigens von BSF Swissphoto entwickelten Software realisiert. Diese Software basiert auf einem sogenanntem Warp-Algorithmus, wo eine nichtstrenge Affintransformation mit drei Parametern (Translation mit Rotation ohne Veränderung des Massstabs) eingesetzt wurde.

Die Parameter der Affintransformation wurden mit einem Gitter von identischen Transformationspunkten aus beiden Koordinatensystemen (LV95 und LV03) ermittelt. Die Berechnung der Transformationspunkte in LV03 wurde im Programm Reframe von Swisstopo durchgeführt.

Fazit der neutralen Qualitätskontrolle Das Orthofotomosaik wurde termingerecht erstellt und entspricht den Anforderungen und dem aktuellen Stand der Technik. Der Kanton Zürich erhält mit diesem Produkt ein sehr präzises und sorgfältig aufbereitetes Produkt, welches schöne Plan- und Kartografiegestaltungen zulässt. Der Informationsgehalt ist dank der hohen Auflösung von 10cm GSD sehr gut. Auch die geometrische Präzision erfüllt höchste Ansprüche. Insbesondere die Verwendung eines hochpräzisen Geländemodelles und eine Befliegung mit hoher Querüberlappung ergeben hier sehr gute Werte.

Die Bodensicht ist durch die bei voller Belaubung durchgeführte Befliegung nicht optimal. Hierfür wurde jedoch vorgesorgt, indem die Frühjahrsbefliegung bereits angelaufen ist ab Herbst 2016 vollständig zur Verfügung steht.

Wir können dem Unternehmer gute und zuverlässige Arbeit bescheinigen.

Zürich, Februar 2016