



VERMESSUNG AVT – ZT-GmbH
A-6460 IMST, EICHENWEG 42

TEL.: ++43 (0) 54 12 / 69 30-0 FAX: ++43 (0) 54 12 / 69 30-26 E-MAIL: avt@avt.at

Z E R T I F I Z I E R T E S M A N A G E M E N T S Y S T E M N A C H I S O 9 0 0 1

Projektdokumentation

Scannen, digitale Aerotriangulation und Orthophoto-Produktion für Bildflüge im Schweizerischen Nationalpark aus 1988

Auftraggeber (AG)

Schweizerischer Nationalpark / Parc Naziunal Svizzer
Bereich Rauminformation

Chastè Planta-Wildenberg
CH-7530 Zernez



Vertreter des Auftraggebers: Bereichsleiter Ruedi Haller

Auftragnehmer (AN)

Vermessung AVT ZT-GmbH
Eichenweg 42
A-6460 Imst

Ausführender Projektleiter: Franz Baumann

Koordinator und Berichtsautor: Dr. Klaus Legat

Geschäftszahl (GZ) des AN: 31488/08

Imst, 18. April 2009

Inhalt

1	Bezug	3
2	Ausgangsdaten.....	3
3	Bildflug.....	4
4	Leistungsumfang	6
5	Scannen	6
6	Innere Orientierung und Aerotriangulation	7
6.1	Durchführung	7
6.2	Ergebnisse.....	7
7	Orthophoto-Produktion.....	9
7.1	Orthorektifizierung	9
7.2	Mosaikierung	9
7.3	Ergebnisse.....	9
7.4	Anmerkungen zur Qualität des Orthophotos	10

1 Bezug

- Unsere Besprechung vom 30.09.2008 in Imst
- Angebot Nr. 2008-10/059 der Vermessung AVT vom 02.10.2008
- Ihr Auftragsschreiben vom 25.11.2008

2 Ausgangsdaten

Vom Auftraggeber wurden folgende Ausgangsdaten zur Verfügung gestellt:

- Geschnittene Einzelbilder der CIR-Bildflüge im Gebiet vom Juli und August 1988 (insgesamt 21 Streifen, 465 Bilder), Kalibrierungsprotokoll der beim Flug eingesetzten Luftbildkamera. Diese Unterlagen wurden seitens des AG beim Schweizerischen Bundesamt für Landestopographie (Swisstopo) entlehnt und dem AN kostenlos zur Verfügung gestellt.
- Tabellarische Übersicht der übergebenen Daten inkl. der Scanauswahl (siehe weiter unten):

Streifen	Gebiet	Bildnummer		Bilder	Flugtag	Zu scannen
		erste	letzte			
146	Piz Minger	3575	3594	20	07. August	11
147	Val Minger	3595	3610	16	07. August	09
148	Mot Foraz	3852	3863	12	07. August	08
149	Val Foraz	4975	4991	17	07. Sept.	09
150	Clemgia	3552	3574	23	07. August	12
(155 – 154)					07. August	(83)
155	Munt Chavagl	3809	3822	14	07. August	08
156	Mut La Schera	4950	4974	25	07. Sept.	14
157	God La Schera	4926	4949	24	07. Sept.	14
158	Val dal Spoel	3886	3906	21	07. August	12
159	Piz Murter	3864	3885	22	07. August	12
160	Piz dal Diavel	4905	4925	21	07. Sept.	11
161	Val Cluozza	4877	4904	28	07. Sept.	15
162	Valletta	3823	3851	29	07. August	15
163	Spi da Tantermozza	4992	5029	38	07. Sept.	20
164	Val Tantermozza	3789	3808	20	07. August	11
165	Piz d'Esan	5042	5056	15	07. Sept.	08
166	God Carolina	5057	5096	40	07. Sept.	21
167	Val Mueschauns	3776	3788	13	07. August	07
168	Piz da l'Acqua	4829	4852	24	07. Sept.	14
169	Schembrina	4853	4876	24	07. Sept.	13
170	Val Trubchun	3533	3551	19	07. August	10
Σ : 21 (+4)		Σ :		465		254 (+83)

- Die Daten der Streifen 151 bis 154 wurden seitens des AN bereits innerhalb der Geschäftszahl 31324/04 bearbeitet (an diese Ergebnisse war nahtlos anzuschließen)
- Genäherte Bildmittelpunkte der Luftbilder im Bezugssystem LV95 / LHN95
- Passpunktdaten für das Interessensgebiet im Bezugssystem LV95 / LHN95
- Digitales Geländemodell (DGM) des Gebiets aus ALS im Bezugssystem LV95 / LHN95

3 Bildflug

Die Bildflüge im Gebiet wurden am 07. August sowie 07. September 1988 durchgeführt (vgl. obige Tabelle). Der mittlere Bildmaßstab betrug ca. 1:9.000. Es wurde eine Bildmesskamera vom Typ Wild RC20 mit einer Objektivbrennweite von 21 cm eingesetzt. Die Befliegung wurde mit einer mittleren Längsüberdeckung von 80% durchgeführt. Aufgrund der sehr variablen Flugstreifenrichtungen kann keine generelle Angabe für die Querüberdeckung gemacht werden (vgl. Abbildung 1). Als Filmmaterial wurde Color-Infrarotdiafilm (CIR) verwendet.

Zwischen den beiden Flugtagen liegt ein Zeitintervall von 31 Tagen (in der Abb. sind die Fluglinien des ersten Flugtags (07.08.) rot dargestellt, jene des zweiten Flugtags (07.09.) sind blau eingezeichnet). Gerade im Zeitraum August / September unterliegt die Vegetation im Hochgebirge sehr großen Veränderungen, die die Erstellung eines einheitlichen Orthophoto-Mosaiks erschweren. Zudem wurden einander benachbarte Streifen mitunter zu sehr unterschiedlichen Tageszeiten geflogen, wodurch sich zum Teil große Unterschiede in den Schattenständen ergeben (siehe auch Abbildung 2 und Abbildung 3).

Zusätzlich musste im Bereich der Streifen 148 / 149 eine Überdeckungslücke mit einer Größe von ca. 5 ha festgestellt werden (siehe oranges Polygon in Abbildung 1 bzw. Abbildung 4). Das Bearbeitungsgebiet des Vorprojekts aus 2004 ist in Abbildung 1 gelb umrandet (Streifen 151 – 154).

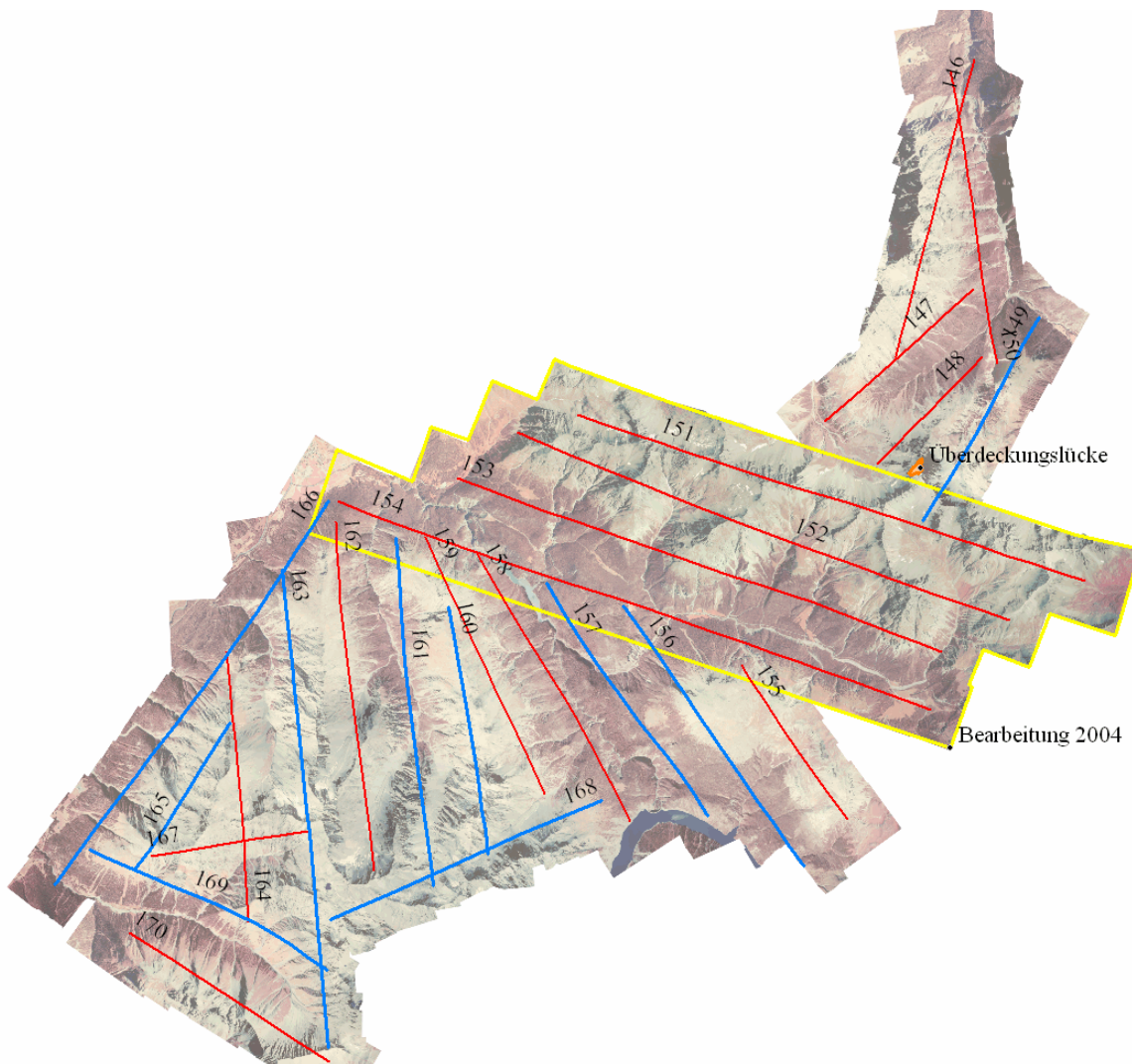
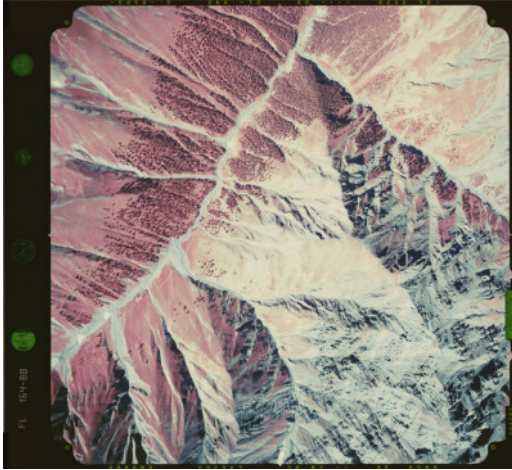
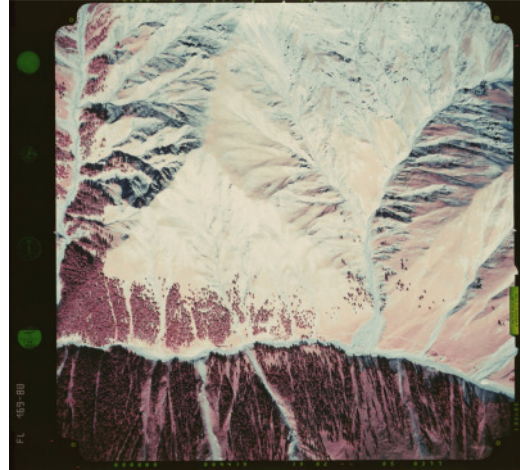


Abbildung 1: Bildflug mit farblich gedämpftem CIR-Orthophoto im Hintergrund



Streifen 164, Bild 3808 (August)
Flugrichtung: ca. Süd



Streifen 169, Bild 4861 (September)
Flugrichtung: ca. West-Nordwest

Abbildung 2: Beispielbilder mit deutlichen Inhalts- und Farbunterschieden (Orientierung gem. Flug)

Abbildung 3 zeigt die beiden obigen Bilder mit ihrer jeweiligen genäherten Abdeckung am Boden. Zudem ist ein deutlicher Maßstabsunterschied zwischen den beiden Aufnahmen zu erkennen, der aus der unterschiedlichen Flughöhe über Grund resultiert.

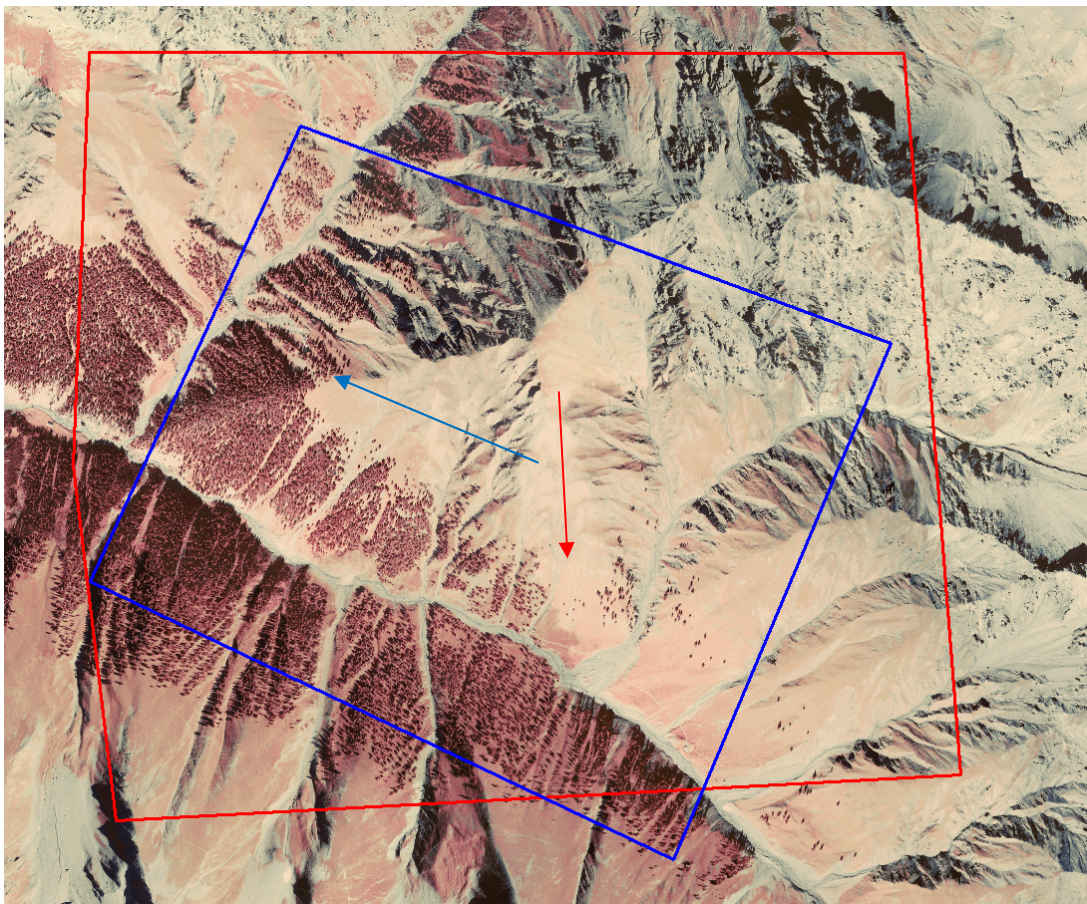


Abbildung 3: Obige Beispielbilder mit ihren jeweiligen genäherten Bodenabdeckungen und Flugrichtungen (rot = Bild 3808 aus Streifen 164, blau = Bild 4861 aus Streifen 169)

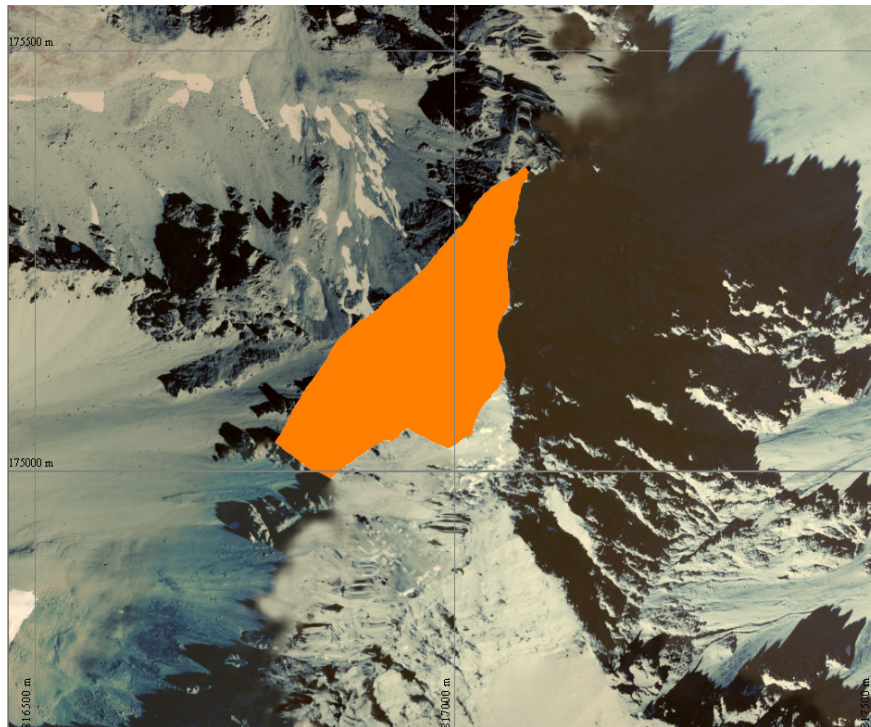


Abbildung 4: Abdeckungslücke / Schwierige Bildübergänge aufgrund von Farb- und Schattenänderungen (rechts oben bzw. links unten im Bildausschnitt)

4 Leistungsumfang

Wie bereits erwähnt, wurde aus den Daten der Flugstreifen 151 bis 154 durch den AN bereits im Jahr 2004 ein Orthophoto-Mosaik produziert. Da jedoch die ursprünglichen Bilder im Rahmen der Orientierung und Mosaikierung ohnehin in den Gesamtprozess eingebunden werden mussten, wurde das Mosaik auch für dieses Teilgebiet neu erstellt.

Seitens des AN wurden nunmehr folgende Leistungen erbracht:

1. Datenübernahme vom Auftraggeber und Eingangsprüfung
2. Scannen der erforderlichen Bilder aller noch ausstehenden Streifen (21 Stück) mit einer Auflösung von 10 μm (insgesamt 254 Stück)
3. Innere Orientierung und digitale Aerotriangulation (AT) der gescannten Bilder unter Nutzung der beigegebenen Passpunkte und des DGM
4. Ortho-Rektifizierung der Luftbilder und Produktion digitaler Orthophotos (DOP) mit einer Bodenauflösung von 10 cm für beide Bildflüge

Als Koordinatensystem wurde auftragsgemäß das Schweizer Landessystem LV95 mit dem Höhensystem LHN95 (orthometrische Höhen) verwendet.

5 Scannen

Die Bilder wurden unter Verwendung eines Vexcel UltraScan 5000 gescannt. Der Scanner weist eine Messgenauigkeit von 2 μm auf. Beim Scannen wurde im Regelfall aufgrund der hohen Längsüberdeckung der Befliegung nur jedes zweite Bild eines Flugstreifens verarbeitet. Es wurden jedoch stets beide Randbilder eines Streifens gescannt, um die gesamte Abdeckung des Bildflugs wiederzugeben. Weiters wurden jene Bilder zusätzlich gescannt, bei denen eine markante Flugrichtungsänderung im Streifen aufgetreten ist.

6 Innere Orientierung und Aerotriangulation

6.1 Durchführung

Innere Orientierung und AT wurden unter Verwendung der Software Applications Master 5.0.1 (Modul Match AT) der Fa. Inpho durchgeführt. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

1. Projekteröffnung und Festlegung der grundsätzlichen Berechnungsparameter des Projekts (z.B. Kamerakalibrierung)
2. Berechnung der inneren Orientierung der Bilder anhand der vier Rahmenmessmarken der Abbildung und Überprüfung der Ergebnisse (manuelle Korrektur im Bedarfsfall)
3. Übernahme und Prüfung der Näherungskordinaten für die Projektionszentren
4. Streifenzuteilung der Bilder
5. Automatisches Matching des gesamten Bildblocks unter Nutzung eines ausgedünnten DGM (dadurch kommt es zu einer Vermeidung von Zuordnungsfehlern sowie zu einer verbesserten Konvergenz beim Matching) mit anschließender Überprüfung der Ergebnisse
6. Messung manueller Verknüpfungspunkte in jenen Bereichen, wo das automatische Matching keine verwertbaren Ergebnisse liefert (insbesondere in dichten Waldgebieten, bei unterschiedlichen Flugtagen bzw. großen topographischen Variationen)
7. Auswahl geeigneter Passpunkte aus den Unterlagen des AG und Messung in den Bildern (der Großteil der Passpunkte war zum Zeitpunkt der Befliegungen luftsichtbar markiert)
8. Iterative Berechnung der AT für den Bildblock inkl. Grobfehlersuche
9. Untersuchung der Ergebnisse auf etwaige Unstimmigkeiten und Bereinigung dieser
10. Wiederholung der Schritte 8 und 9 bis sich ein stabiles Gesamtergebnis einstellt, das den qualitativen Anforderungen an das Projekt genügt

6.2 Ergebnisse

Standardabweichung der Grundgesamtheit („Sigma naught“): 6,7 μm (0,7 Pixel)

Für die AT wurden insgesamt 213 Vollpasspunkte verwendet. Die Liste der Passpunkte ist im Berechnungsprotokoll von Match-AT enthalten (in der Lieferung enthalten). Daneben wurden mehr als 12.500 automatische und 724 manuelle Verknüpfungspunkte gemessen. Insgesamt wurden mehr als 50.000 Verknüpfungsmessungen durchgeführt. Die numerischen Ergebnisse für die Messpunkte sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die numerischen Ergebnisse für die Elemente der äußeren Orientierung sind in Tabelle 2 enthalten.

Tabelle 1: Numerische Ergebnisse für die Passpunkte

	Maximale Standardabweichungen [m]		
Parameter	Ost	Nord	Höhe
Mittelwert	0,066	0,062	0,114

Tabelle 2: Numerische Ergebnisse für die Projektionszentren

	Standardabweichungen [m]			Standardabweichungen [gon/1000]		
Parameter	Ost	Nord	Höhe	Omega	Phi	Kappa
Mittelwert	0,109	0,107	0,059	3,5	3,4	1,4
Maximum	0,333	0,296	0,172	10,2	8,4	4,6

Fazit: Die Qualität der Ergebnisse entspricht den Erwartungen für einen Hochgebirgsbildflug.

Übersichten der Residuen (Abbildung 5) und Standardabweichungen der Passpunkte (Abbildung 6):

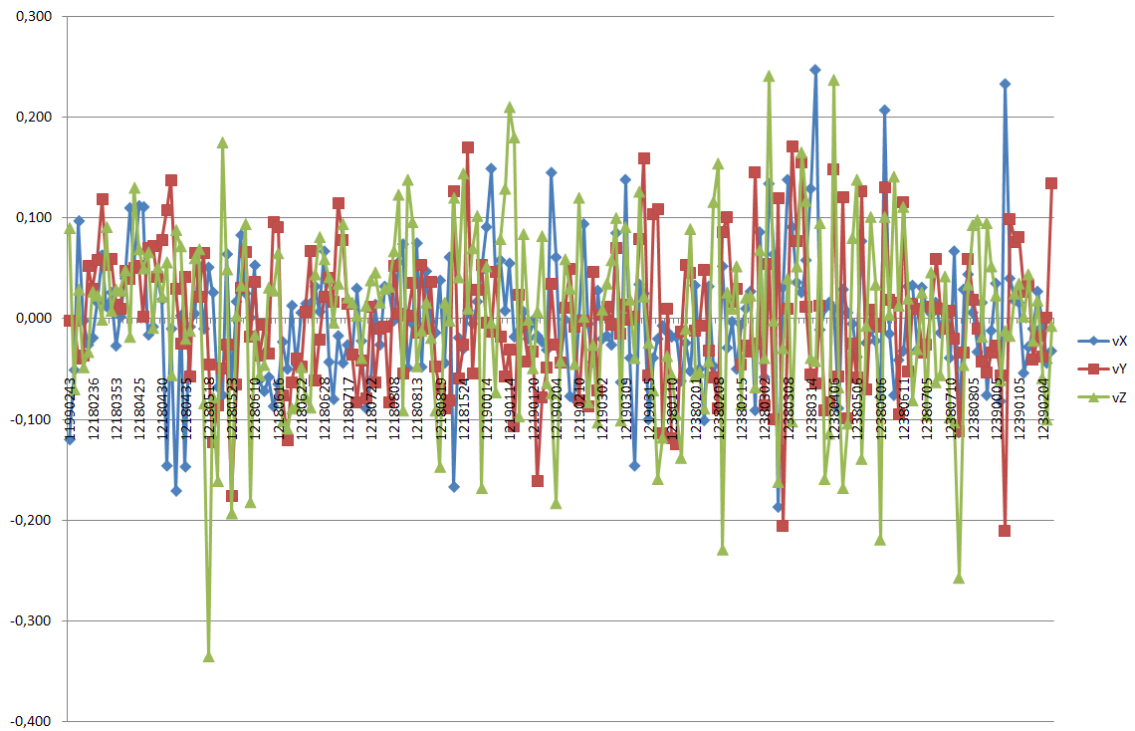


Abbildung 5: Residuen der verwendeten Passpunkte [m]

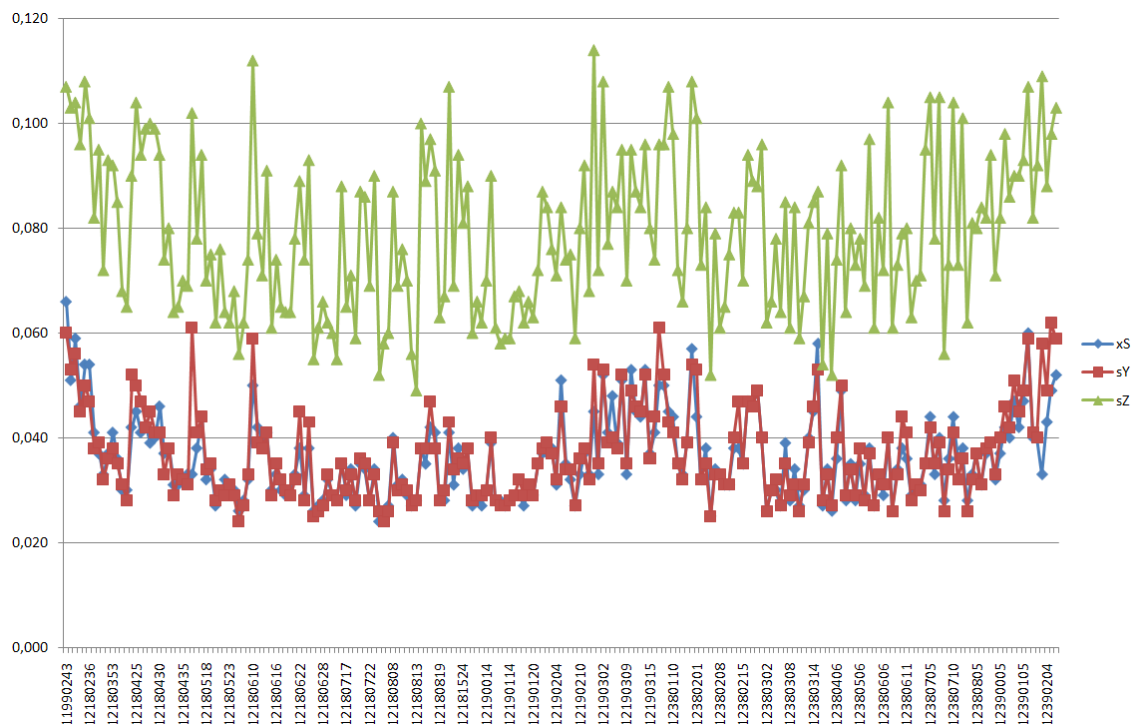


Abbildung 6: Standardabweichungen der verwendeten Passpunkte [m]

7 Orthophoto-Produktion

Die Erzeugung der Orthophotos erfolgte anhand der aktuellsten Version der Software OrthoBox der Fa. Inpho. Von Seiten des Auftraggebers gab es folgende technische Vorgaben für die DOP-Produktion:

- Bodenauflösung der DOP: 10 cm
- Kachelgröße: 1.000 × 1.000 m² (Bezugssystem LV95)
- Dateiformat: 3-Kanal (Geo-) TIFF-Bilder mit TFW-File mit 8 Bit Farbtiefe pro Kanal

7.1 Orthorektifizierung

Für die Orthorektifizierung wurde die Letztversion des seitens des AG bereit gestellten DGM verwendet. Die Rektifizierung erfolgte anhand des Moduls OrthoMaster. Es wurde der innere Bildbereich jedes Bildes mit einer hinreichend großen Überlappung zu den Nachbarbildern verwendet, um die Schnittlinie zwischen den Einzelbildern bestmöglich „verstecken“ zu können.

7.2 Mosaikierung

Die automatische Mosaikierung erfolgte anhand des Moduls OrthoVista. Dabei wurden die Bilder farblich ausgeglichen und über spezialisierte Algorithmen bestmöglich ineinander übergeführt. Die hierbei generierte Schnittlinie nimmt jedoch keine Rücksicht auf „Objekte“, die nicht im DGM enthalten sind (Vegetation, Gebäude, etc.). Dadurch kommt es mitunter zu geometrischen Fehlern im automatischen Mosaik, die zu korrigieren sind. Diese Korrektur der Schnittlinien erfolgte im Rahmen der Detailsichtung anhand des Moduls OrthoVista-SeamEdit.

Die Randbegrenzung des DOP-Mosaiks erfolgte so, dass ein möglichst stufenfreier Rand unter Nutzung der maximal sinnvollen Bildfläche erhalten wurde.

Der Blattschnitt wurde seitens des Auftraggebers mit quadratischen Kacheln mit einer Seitenlänge von 1.000 m vorgegeben (vgl. Abbildung 7). Die Bezeichnung der Blätter ist wie folgt:

vmRRRHHH.EXT

Dabei bedeuten:

- PNS = „Parc Naziunal Svizzer“
- RRR = Rechts- (=Ost-) Wert in Kilometer
- RRR = Hoch- (=Nord-) Wert in Kilometer
- EXT = Extension („tif“ bzw. „tfw“)

Das endgültige Mosaik wurde im Detail gesichtet und bzgl. Fussel bzw. sonstigen Bildstörungen bereinigt. (Aufgrund des Alters der Bilder und der – vermutlich – mehrmaligen Nutzung in der Vergangenheit wiesen die Bilder ein überdurchschnittlich hohes Maß an Verunreinigungen auf.)

7.3 Ergebnisse

Dem Auftraggeber werden folgende Ergebnisse auf externem Wechseldatenträger übergeben:

- Gescannte Luftbilder
- Rechenprotokoll der Aerotriangulation
- DOP-Blätter (Auflösungen 10 cm, 20 cm, 40 cm, 1 m, 5 m)
- Automatische Schnittlinien (DXF)
- Blattschnittdatei

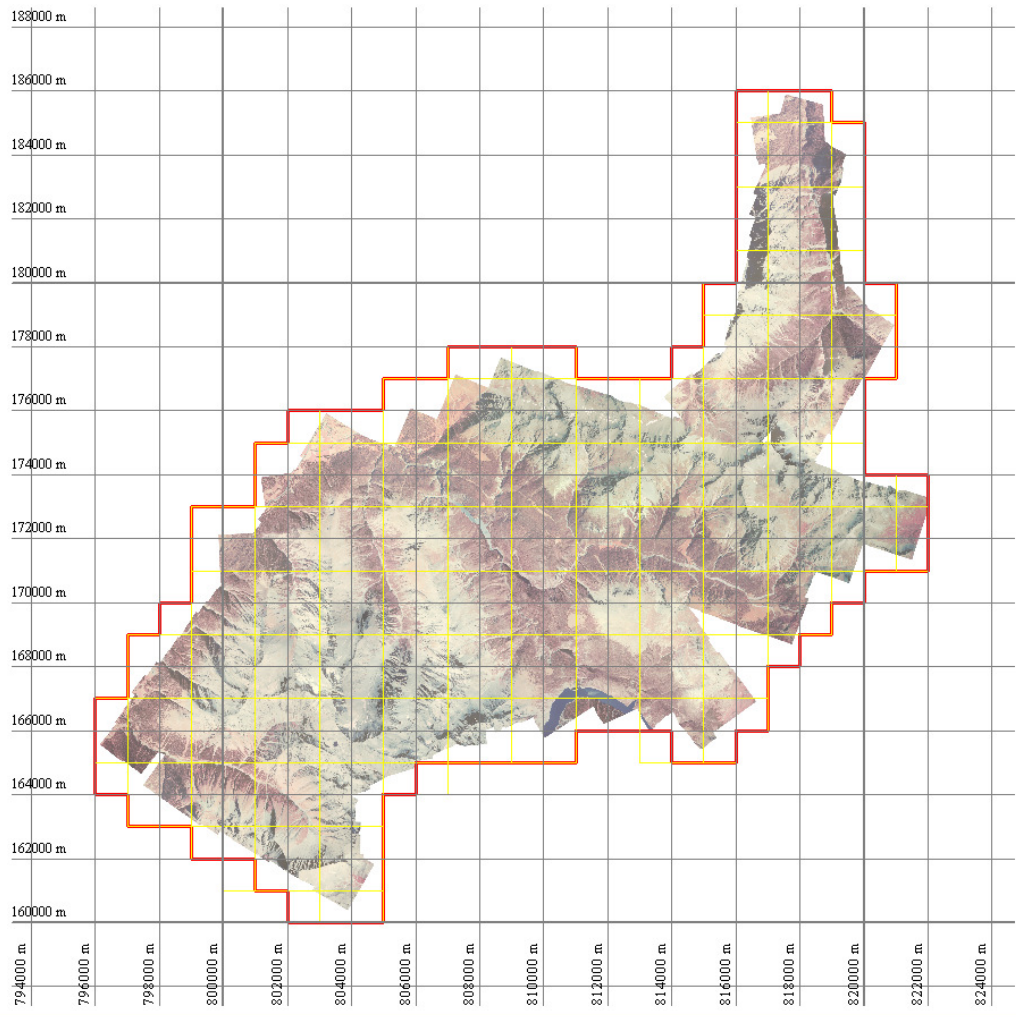


Abbildung 7: Gebietsabgrenzung und Blattschnitt (gelb/grau) ohne LV95-Additionskonstanten

7.4 Anmerkungen zur Qualität des Orthophotos

Bei der Erstellung des Orthophotos traten folgende Probleme auf:

- Große Unterschiede in den Bildinhalten benachbarter Flugstreifen aufgrund der beiden Flugtage im August bzw. September
- Relativ geringe Rasterweite des DGM für eine Topographie dieser Art
- Abgeschnittene Grate und Gipfel im DGM (vmtl. geglättete Daten)

Aus diesen Gründen treten in manchen Blättern des Orthophoto-Mosaiks Verzerrungen auf, die ohne Eingriffe im DGM nicht korrigierbar sind. Bei der stereoskopischen Auswertung aus den Bildern spielt dieses Phänomen keine Rolle.

.....
Dr. Klaus Legat