



AK GT
Unterlage
1487

32. Tagung

TOP 2.2.1

**Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)**

Leitfaden für die Ableitung historischer Orthophotos

Version 1.0

Status:

32. Tagung AdV-Arbeitskreis Geotopographie, Beschluss GT 2019/04

**Bearbeitet von der Projektgruppe ATKIS-DOP
im AdV-Arbeitskreis Geotopographie**

Bearbeitungsstand: 20.02.2019

Inhalt

1	Veranlassung, Ziele.....	3
1.1	Veranlassung.....	3
1.2	Ziele.....	3
2	Photogrammetrische Ableitung historischer DOP	5
2.1	Eingangsmaterial	5
2.2	Aerotriangulation.....	10
2.3	Orthorektifizierung.....	11
2.4	Qualitätskontrolle	12
2.5	Ergebnisse des Benchmarks.....	13
3	Wertung / Zusammenfassung.....	14

Anlage (nur für den internen Gebrauch!):

Zusammenfassung der Ergebnisse des Benchmarks vom Februar 2018

Herausgegeben von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)

Das vorliegende Dokument ist unter der Federführung des AdV-Arbeitskreises Geotopographie von der Projektgruppe ATKIS-DOP erarbeitet worden. Es wurde vom Arbeitskreis mit Beschluss GT 2019/04 verabschiedet.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Leitfaden für die Ableitung historischer Orthophotos

Stand: 20.02.2019
Version 1.0

1 Veranlassung, Ziele

1.1 Veranlassung

Historische Geobasisdatenbestände bestehen im Wesentlichen in Form von historischen analogen Luftbildern und Karten, die über lange Zeiträume in den Luftbild- und Kartenarchiven der Länder gesammelt wurden und Nutzern in Form von analogen und zunehmend digitalen Kopien zur Verfügung gestellt werden.

Diese Daten stellen eine wertvolle Dokumentation der Erdoberfläche und deren Entwicklung (z.B. Siedlungsstrukturen, Bewuchs, Nutzung) seit den 1920er Jahren dar.

Eine Möglichkeit das Potenzial der historischen Luftbilder zeitgemäß und nutzergerecht, z.B. georeferenziert in webbasierten Anwendungen, zu erschließen und zu veröffentlichen, ist die Ableitung von Orthophotos. Da der traditionelle photogrammetrische Ansatz zur Ableitung dieser Orthophotos sehr aufwändig ist und angesichts der großen Mengen von zu bearbeitenden historischen Luftbilddaten nicht immer zu vertretbaren Bearbeitungszeiten führt, sind alternative Lösungsansätze zu untersuchen.

Historische DOP im Sinne dieses Leitfadens sind Digitale Orthophotos, welche aus analogen Luftbildern entstanden sind, bei denen eine ausreichende Bildqualität und Überlappung vorliegt, die zwar nicht den heutigen Qualitätsansprüchen genügen, eine Ableitung aber dennoch zulassen.

In der Regel liegen keine heute üblichen Informationen zur Georeferenzierung, wie z.B. Daten der direkten Georeferenzierung, für die Bilddaten vor.

1.2 Ziele

Ziel dieses Leitfadens ist, den Vermessungsverwaltungen eine Entscheidungshilfe für die Vorgehensweise zur Ableitung von historischen Orthophotos in Abhängigkeit der jeweiligen vorhandenen Rahmenbedingungen an die Hand zu geben.

Dabei sind folgende Rahmenbedingungen zu beachten:

- Qualität der gescannten Luftbilder (Radiometrie, Rahmenmarken, Überdeckung, Bildmitten ...)
- Verfügbarkeit von Kameradaten, Kalibrierschein (Kalibrierprotokoll)
- Verfügbarkeit von Passpunktdaten
- Verfügbarkeit von Höhenmodellen
- anvisierte Qualität der DOP (erreichbare Lagegenauigkeit, homogene Radiometrie, ...)
- photogrammetrisches Fachwissen, Erfahrung
- Personaleinsatz, Automatisierungsgrad
- Bearbeitungszeiten

Um Empfehlungen abgeben zu können, hat die Projektgruppe ATKIS-DOP Softwarefirmen zur Teilnahme an einem Benchmark zur Ableitung historischer DOP aus gescannten analogen Luftbildern eingeladen. Ziel des Benchmarks war es, Lösungsansätze zu präsentieren, welche die begrenzten Ressourcen der Landesvermessungsverwaltungen berücksichtigen und in angemessenen Zeiten zu vertretbaren Ergebnissen führen.

Teilgenommen haben sieben Softwarefirmen, deren Anwendungen im Wesentlichen die folgenden Lösungsansätze verwenden:

- klassischer photogrammetrischer Lösungsansatz:
 - Geosystems mit der Software „ERDAS IMAGINE Photogrammetry“
 - Trimble/Inpho mit der Software “ApplicationsMaster V8.0”

- Structure from Motion (SFM) Lösungsansatz¹:
 - ESRI mit der Software „ArcGIS“
 - geoDyn mit der Software „ArcGIS“, „Match-AT“ und eigener Software
 - PCI Geomatics mit der Software „HAP“
 - Steinbeis Transferzentrum Geoinformatik mit der Software „Agisoft Photoscan“
 - TU Wien/nFrames mit den Softwareprodukten „OrientAL“ und „Sure“

¹ Structure from Motion (SFM) beschreibt den Prozess der 3D-Oberflächenberechnung mit 2D-Bildinformationen aus unterschiedlichen Perspektiven. Damit 3D-Punkte aus 2D-Bilddaten berechnet werden können, ist es zuerst notwendig den Bildverband zu orientieren. Dies geschieht durch eine Kombination von photogrammetrischen Algorithmen. Im speziellen sind dies die Merkmalspunktdetektion und -extraktion, Zuordnung homologer Punktepaare, relative Orientierung von Bildpaaren, robuste Schätzer zur Ausreißerdetektion und die Bündelblockausgleichung.

(Quelle:https://tudresden.de/bu/umwelt/geo/ipf/photogrammetrie/studium/materialien/software_sfm)

2 Photogrammetrische Ableitung historischer DOP

2.1 Eingangsmaterial

Die Qualität und die Verfügbarkeit der Eingangsdaten bestimmen primär den zu wählenden Lösungsansatz und damit auch die erreichbare Qualität des historischen Orthophotos.

Sollen aus mehreren Zeitscheiben von Luftbilddaten historische DOP abgeleitet werden, sollte mit den jüngsten Luftbilddaten begonnen werden. Die dabei entstehenden Ergebnisse sowie gesammelten Erfahrungen (z.B. bei der Identifizierung von Passpunkten) können in die Ableitung von Luftbilddaten älterer Jahrgänge einfließen.

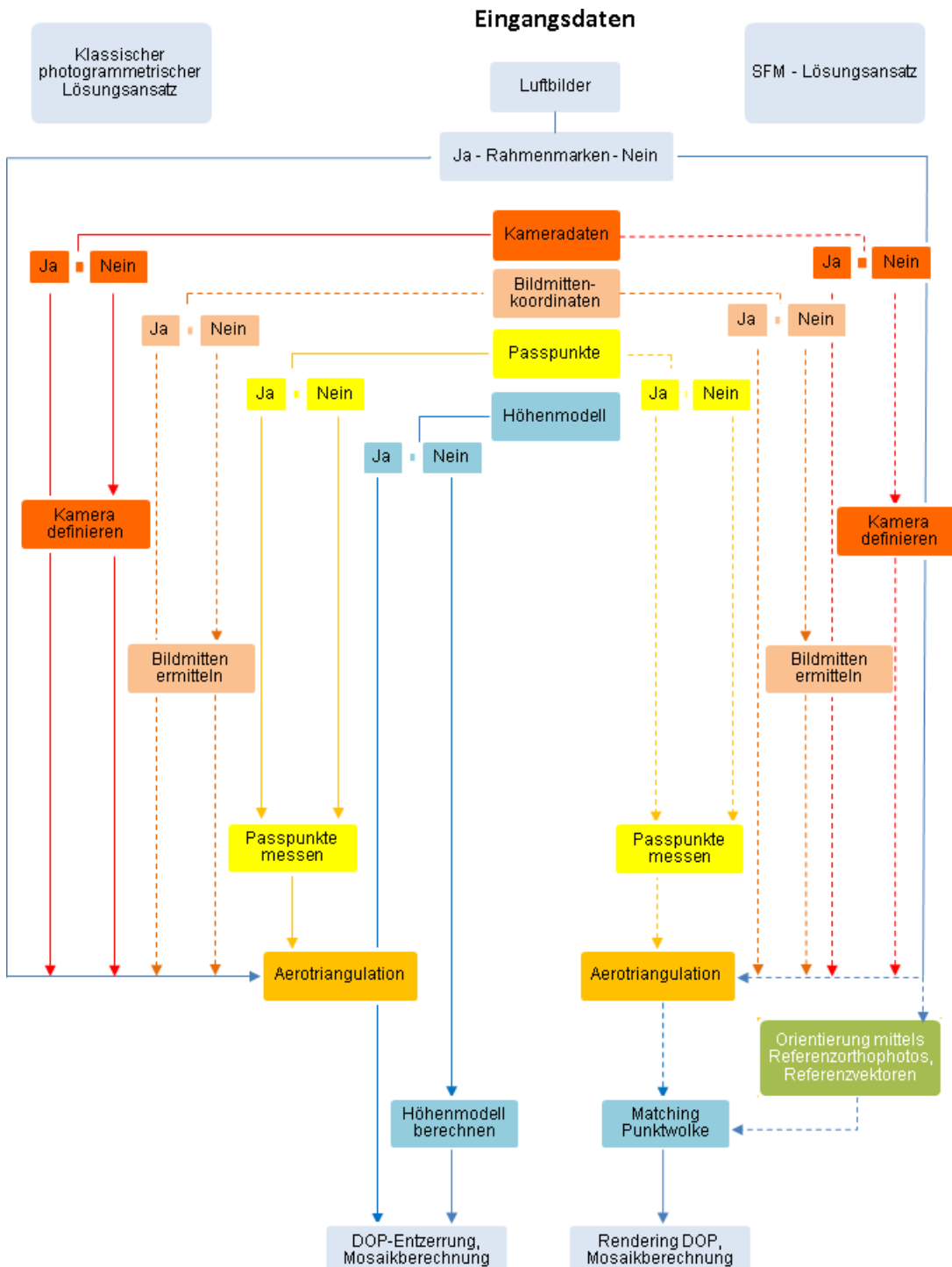


Abb. 1: Von Eingangsdaten abhängige Workflows beider Lösungsansätze

Anhand der Abb. 1 wird der direkte Zusammenhang von Eingangsdaten und gewähltem Lösungsansatz deutlich.

Für die Verwendung des klassischen photogrammetrischen Lösungsansatzes sollten die Eingangsdaten möglichst vollständig und in guter Qualität vorliegen. Fehlen wichtige Informationen wie z.B. Kameradaten, Bildmittenkoordinaten oder sind die Rahmenmarken in den Luftbilddaten schlecht oder nicht erkennbar, können trotz alledem gute Ergebnisse bei Verwendung des SFM-Lösungsansatzes erzielt werden.

2.1.1 Digitalisierte Luftbilddaten

Digitalisierte Luftbilddaten zur Ableitung historischer digitaler Orthophotos sollten im Idealfall die Anforderungen erfüllen, die in folgenden Dokumenten beschrieben sind:

- Leitfaden zur Ausschreibung „Scannen von Luftbildern“ (AK GT-Dokument [1093]).
- Produkt- und Qualitätsstandard für digitale Luftbilder des amtlichen deutschen Vermessungswesens (AK GT-Dokument [896Rx]).

2.1.1.1 Bildqualität

Die Auflösung bzw. Körnung der analogen historischen Luftbildfilme sowie die zur Digitalisierung genutzten photogrammetrischen Präzisionsscanner bestimmen die maximal erreichbare und auch wirtschaftlich vertretbare Scanauflösung (anfallende Kosten und Zeitaufwand bei Scanleistung im eigenen Haus oder bei Vergabe der Arbeiten).

Von der Scanauflösung der digitalisierten Luftbilddaten hängt unmittelbar die erreichbare maximale Bodenauflösung der daraus abgeleiteten DOP ab. Nach bisherigen Erfahrungen ist bei einem Bildmaßstab der analogen Luftbilder von ca. 1:12.000 und einer Scanauflösung von 25 µm eine Bodenauflösung von 30 cm im abgeleiteten DOP erreichbar.

Beschädigungen an den analogen Luftbildern sowie eine unterschiedliche, nicht homogene Radiometrie des gesamten Luftbildverbandes wirken sich dabei entsprechend negativ auf die abgeleiteten DOP aus. In solchen Fällen ist vor der Prozessierung eine radiometrische Korrektur der gescannten Luftbilder zu empfehlen. In den folgenden Bildbeispielen ist zu sehen, wie Korrekturen der Radiometrie in den gescannten Luftbilddaten, unabhängig vom gewählten Lösungsansatz, zu einer nahezu homogenen Radiometrie über den gesamten Luftbildverband hinweg führen.

Bildverbesserung:

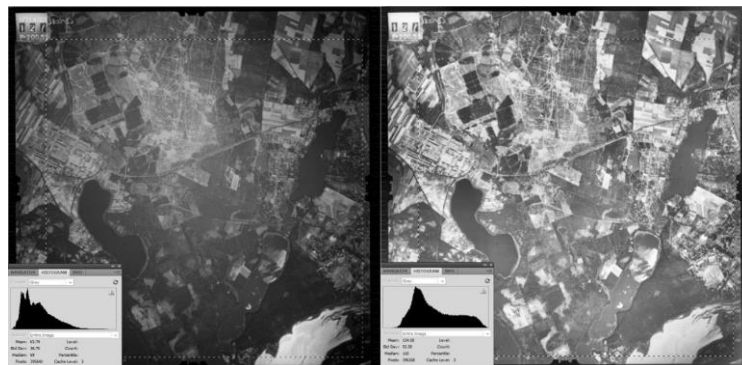


Abb. 2: Beseitigung der Vignettierung und Aufhellung (Quelle: geoDyn)



Abb. 3: Kontraststeigerung und Beseitigung der Überstrahlung (Quelle: geoDyn)

Im oberen der beiden folgenden Bildbeispiele wurden die DOP ohne vorherige radiometrische Korrektur prozessiert. Es sind deutliche Streifenmuster der einzelnen Flugstreifen erkennbar.

Im unteren Bildbeispiel wurde durch die vorherige radiometrische Korrektur der Luftbilddaten ein wesentlich homogeneres Ergebnis in den DOP erzielt.

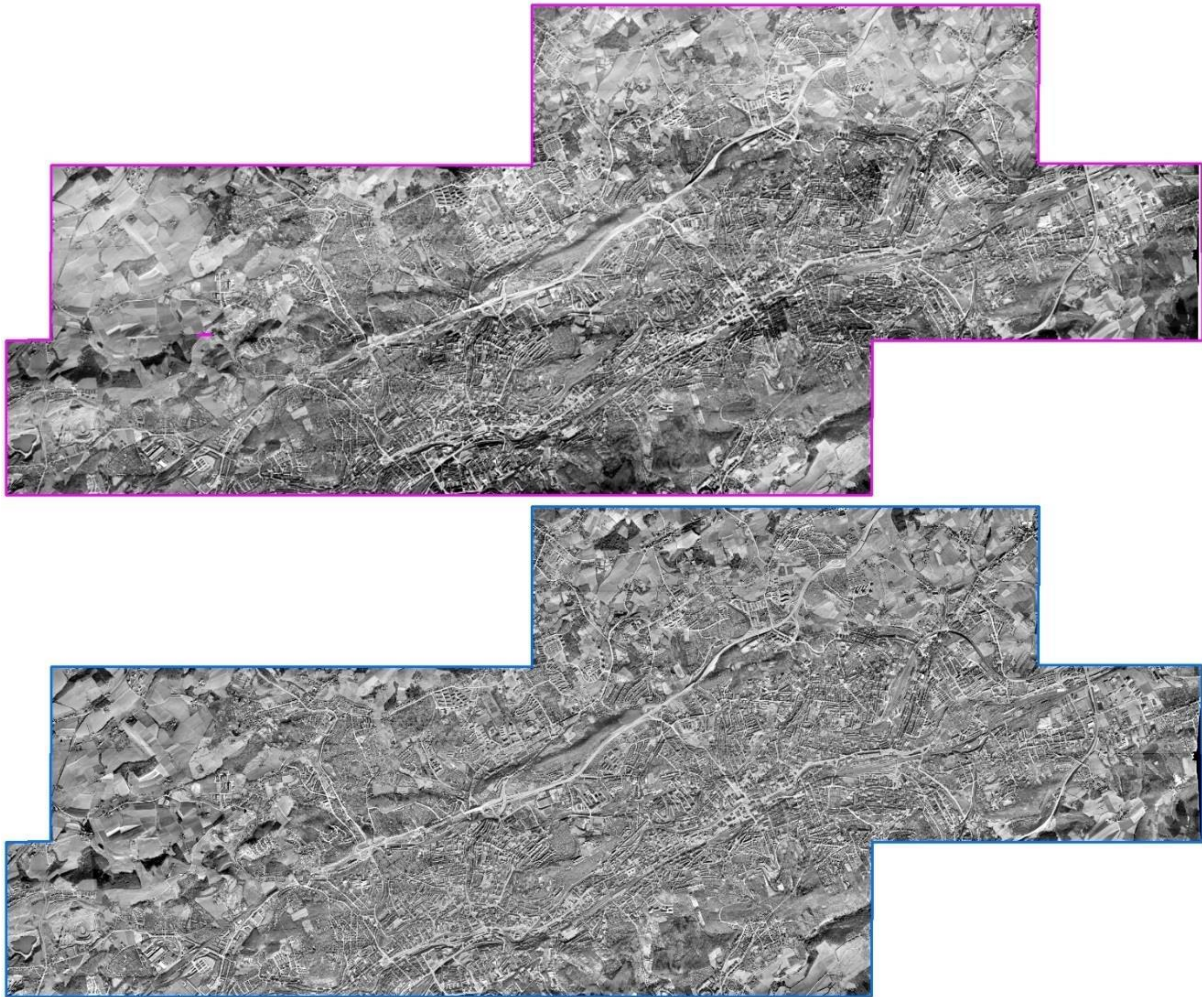


Abb. 4: Radiometrie vor und nach der Korrektur (Quelle: geoDyn)

2.1.1.2 Rahmenmarken

Die Erkennbarkeit der Rahmenmarken in den Luftbilddaten ist besonders wichtig, wenn der klassische photogrammetrische Lösungsansatz verwendet wird. Fehlen die Kameradaten, insbesondere der Kalibrierschein, kann durch das Messen der Rahmenmarken die innere Orientierung der Kamera zumindest zum Teil rekonstruiert werden.

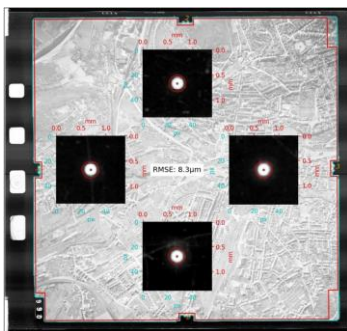


Abb. 5: Gut erkennbare Rahmenmarken (Quelle: TU Wien/nFrames)

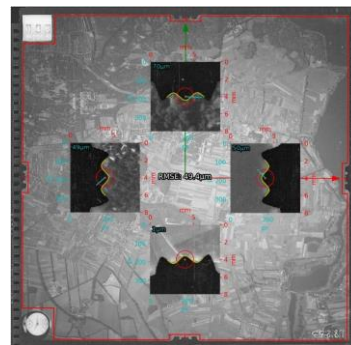


Abb. 6: Schlecht erkennbare Rahmenmarken (Quelle: TU Wien/nFrames)

Besonders gut für automatisierte und manuelle Messverfahren eignen sich die Rahmenmarken in der Abb. 5, während in der Abb. 6 Rahmenmarken zu sehen sind, die beim Einsatz automatisierter

Messverfahren i.d.R. nicht erfasst werden. Falls diese mit dem menschlichen Auge noch erkannt werden, können sie manuell gemessen werden. Dies führt zu einem höheren personellen und zeitlichen Aufwand bei Verwendung des klassischen photogrammetrischen Lösungsansatzes. Alternativ empfiehlt sich ggf. der Einsatz des SFM-Lösungsansatzes, da hierbei keine Messung der Rahmenmarken notwendig ist. Es sind jedoch – abhängig von der verwendeten Software - die Bilddaten so zu beschneiden, dass keine Rahmenmarken mehr im Bild enthalten sind.

2.1.1.3 Überdeckung

Die erreichbare Lagegenauigkeit der DOP wird beeinflusst von der Längs- und Querüberdeckung der Luftbilddaten.

Da historische Luftbilder i.d.R. Längs- und Querüberdeckungen aufweisen, die für automatische Algorithmen der modernen Matching-Verfahren relativ gering sind, ergeben sich entsprechende Qualitätseinschränkungen und/oder auch ein höherer Aufwand bei der Orientierung und/oder bei der Erzeugung von Höhenmodellen direkt aus den Luftbildern sowohl für den klassischen als auch den SFM-Lösungsansatz.

2.1.1.4 Bildmittenkoordinaten

Genäherte Bildmittenkoordinaten sollten zur groben Orientierung der gescannten Luftbilder mindestens bekannt sein.

Mit genaueren Bildmittenkoordinaten ist bei Verwendung beider Lösungsansätze eine genauere Orientierung der Luftbilder zu erreichen.

2.1.2 Kameradatei

Im Idealfall ist die für den historischen Bildflug genutzte Luftbildkamera bekannt (Fabrikat, Modell, Seriennummer) und der zugehörige Kalibrierschein liegt vor.

Ist die verwendete Luftbildkamera bekannt, aber der Kalibrierschein fehlt, ist dieses eventuell in der Sammlung der Kalibrierscheine von analogen und digitalen Luftbildkameras im internen Bereich von adv-online.de zu finden.

2.1.2.1 Klassischer photogrammetrischer Lösungsansatz

Der Kalibrierschein dient zur Bestimmung der inneren Orientierung der Kamera zum Zeitpunkt des Bildfluges bei der Durchführung der Aerotriangulation.

Liegen die Kameradaten und der Kalibrierschein vor, können deren Werte direkt in den Arbeitsschritt Aerotriangulation übernommen werden.

Ist lediglich das Kameramodell bekannt, muss die Kameradefinition hergeleitet werden:

- Messen des Pixelabstandes zwischen Rahmenmarken, z.B. in der Software Photoshop.
- Messen der Rahmenmarken automatisch; manuell, wo sie nicht erkannt werden.
- Festlegung der Brennweite.

Diese ermittelten Werte ergeben die innere Orientierung, deren Werte in den Arbeitsschritt Aerotriangulation einfließen.

2.1.2.2 SFM-Lösungsansatz

Hier wird je nach der verwendeten Software weder eine Kameradatei noch ein Kalibrierschein unbedingt benötigt.

2.1.3 Passpunkte

- PP aus aktuellen DOP (in der Regel Hausecken, Straßenkreuzungen)
- für jedes 4. Luftbild eine Lagepasspunktgruppe, bestehend aus etwa 3 Einzel-PP bestimmen und mit DGM-Höhe verschneiden
- Passpunkt muss in mindestens 2 analogen Luftbildern sichtbar und messbar sein

- die Passpunkte sollten möglichst mittig im Bild liegen.

Die so festgelegten Passpunkte können evtl. für die Ableitung von DOP aus anderen Zeitscheiben erneut genutzt werden.

Weitere mögliche Passpunktquellen sind evtl. vorhandene ältere Passpunktskizzen und -listen.

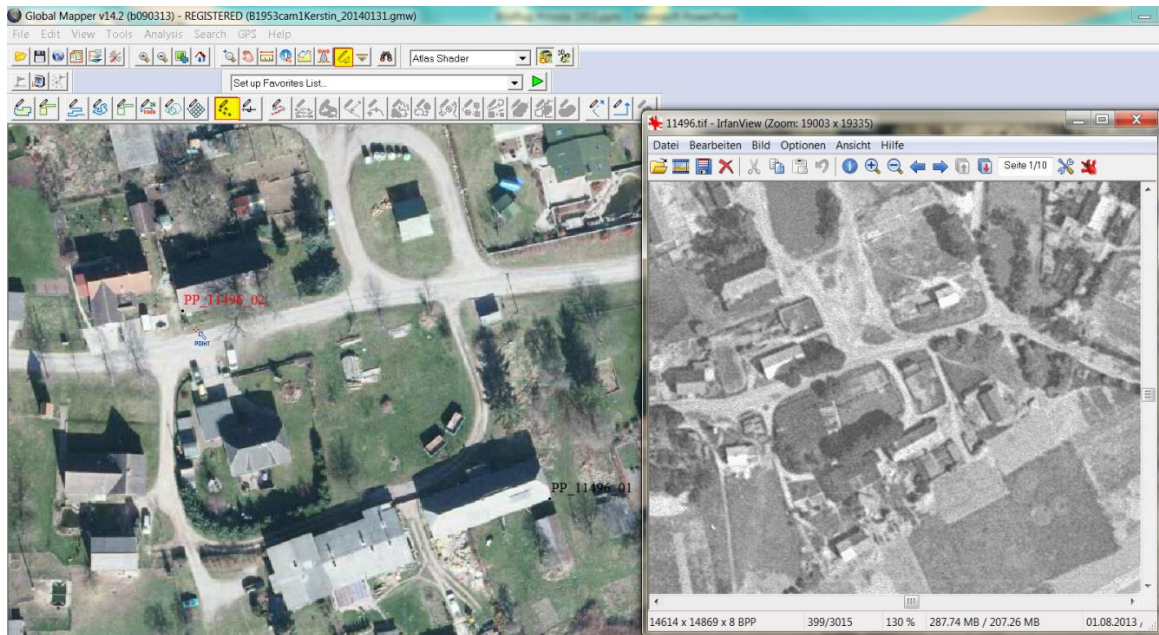


Abb. 7: Passpunkte in aktuellen und historischen Luftbildern
(Quelle: Amt für Geoinformation, Vermessung und Katasterwesen Mecklenburg–Vorpommern)

2.1.4 Digitales Höhenmodell

Bei Verwendung des photogrammetrischen Lösungsansatzes wird für die Entzerrung des gescannten Luftbildes zum DOP die Höheninformation (DOM / DGM) benötigt.

2.1.4.1 Klassischer photogrammetrischer Lösungsansatz

Bei der Verwendung des klassischen photogrammetrischen Lösungsansatzes wird für die Berechnung des DOP zwingend ein Höhenmodell benötigt. Die Gitterweite sollte dabei anhand des Maßstabs der Luftbilder bzw. der zu erzielenden Auflösung des DOP festgelegt werden. Die am Benchmark beteiligten Softwarefirmen nutzten ein Höhenmodell mit der Gitterweite von 10 m, mit dem sehr gute Ergebnisse erzielt wurden.

Nutzung eines schon vorliegenden Höhenmodells:

Dieses sollte möglichst aus einem Zeitraum stammen, der nahe an dem des historischen Bildfluges liegt.

- Vorteil:
Kein weiterer Aufwand zur Erzeugung des Höhenmodells.
- Nachteil:
Änderungen in der Geländeoberfläche, die zeitlich nach dem Bildflug entstanden sind, führen zu punktuellen Lageabweichungen im DOP.

Berechnung eines Höhenmodells aus den historischen Luftbilddaten:

- Vorteil:
Geländeinformation passt in seiner Aktualität zur Bildinformation, daraus folgt keine punktuelle Lageverschlechterung im DOP.
- Nachteil:
Aufwand zur Erzeugung und Qualitätssicherung der Höheninformation.

Die Qualität entspricht wegen geringerer Überdeckungen nicht den heute erreichbaren Genauigkeiten (siehe Kapitel 2.1.1.3).

2.1.4.2 SFM-Lösungsansatz

Das Höhenmodell entsteht während des Berechnungsvorganges aus der 3D-Punktwolke, die mittels des angewandten Bildmatching-Verfahrens berechnet wurde. Der Berechnungsansatz ist ggf. anzupassen, da die analogen Luftbilder eine zu geringe Überlappung und oft insuffiziente radiometrische Qualität aufweisen. Eine Bildkorrelation mit größeren Pyramidenstufen passend zur angestrebten Bodenauflösung des DOP führt zu einer Glättung des bildbasierten DOM. Es wird empfohlen, anschließend die Bodenpunkte aus der 3D-Punktwolke herauszufiltern, um ein DGM als Entzerrungsgrundlage für die Luftbilddaten zu erhalten.

2.2 Aerotriangulation

2.2.1 Klassischer photogrammetrischer Lösungsansatz

Im Zuge der Ableitung der DOP bei Nutzung des klassischen photogrammetrischen Lösungsansatzes sind zuerst die Luftbilddaten mithilfe einer Aerotriangulation zu orientieren und zu georeferenzieren.

Die klassischen Arbeitsschritte hierbei sind:

- Innere Orientierung: Definition des Bildkoordinatensystems (Kameradaten)
- Äußere Orientierung: Orientierung und Georeferenzierung der Bilddaten

2.2.1.1 Innere Orientierung

Eine Voraussetzung für die Erstellung der inneren Orientierung ist, dass die Ausrichtung der Luftbilder beim Scanvorgang immer gleich gewählt wurde und damit die Nebenabbildungen (Uhr, Kompass, etc.) immer auf der gleichen Seite in den Luftbilddaten liegen. Entsprechend der verwendeten Aerotriangulationssoftware ist die Ausrichtung der gescannten Luftbilder mit der Definition der Flugrichtung für die einzelnen Flugstreifen abzustimmen.

Prinzipielle Vorgehensweise:

- Definition der Kamera (siehe Kapitel 2.1.2.1)
- Definition der Flugkonfiguration (Anzahl und Richtung der Flugstreifen, Bildzuordnung)
- manuelles Messen aller Rahmenmarken in allen Bildern (Vorteil: gleichzeitig Qualitätskontrolle der Eingangsbilddaten)
- automatisches Messen der Rahmenmarken; manuelles Messen, wo keine automatische Messung möglich ist (Nachteil: nur punktuelle Qualitätskontrolle der Eingangsbilddaten)
- fehlende Rahmenmarken: Nutzen markanter Stellen in den Bildern (Kratzer o.ä.), ggf. Einbrennen von eigenen Rahmenmarken (z.B. mit Erdas Software)
- 3 Rahmenmarken sind normalerweise ausreichend. Es wird empfohlen 4 Rahmenmarken anzumessen, da damit Fehler aus dem Scanprozess erkannt werden.

2.2.1.2 Äußere Orientierung

Folgende Rechenprozesse und manuelle Arbeitsschritte fallen bei der äußeren Orientierung an:

Erzeugung von Verknüpfungspunkten:

Die Erzeugung und Messung der Verknüpfungspunkte erfolgt i.d.R. automatisch. Manuelle Messungen sind ggf. erforderlich in Gebieten mit schlechter Radiometrie und bei Bildinhalten mit viel Gewässer- und Waldanteilen. Abhängig von der Genauigkeit der Näherungskordinaten der Bildmitten und der verwendeten Aerotriangulationssoftware müssen vor der Verknüpfungspunktbeurteilung vereinzelt Passpunkte gemessen werden, um für alle Luftbilder eine ausreichende Anzahl von Verknüpfungspunkten zu erhalten.

Messen von Passpunkten:

Anzahl und Lage der zu messenden Passpunkte sind in Kapitel 2.1.3 beschrieben. Die maximal erzielbare Lagegenauigkeit der DOP hängt unmittelbar von der Anzahl und der Lage der Passpunkte ab und erfordert einen entsprechenden hohen manuellen und zeitlichen Aufwand.

Aerotriangulation:

Die Bestimmung der äußeren Orientierung der gescannten historischen Luftbilder erfolgt durch die Bündelblockausgleichung. Das Ergebnis sind „Orientierte Luftbilddaten“, aus denen die DOP entstehen und die zudem eine Stereoauswertung der historischen Luftbilddaten ermöglichen.

2.2.2 SFM-Lösungsansatz

2.2.2.1 Innere Orientierung

Die Erstellung der inneren Orientierung ist hier keine zwingende Voraussetzung zur äußeren Orientierung der Luftbilddaten. Wenn die Informationen zur verwendeten Kamera und deren Kalibrierungsdaten nicht vorhanden sind, sollte für die Orientierung der Luftbilddaten dieser Lösungsansatz angewendet werden. (siehe auch Kapitel 2.1.1.2)

2.2.2.2 Äußere Orientierung

Eine Orientierung der Luftbilddaten ist immer zu berechnen. Die Anwendung dieses Lösungsansatzes setzt aber nicht zwingend eine Aerotriangulation zur Orientierung der Luftbilder voraus. Mehrere am Benchmark beteiligte Softwareprodukte nutzen jedoch mittels einer Aerotriangulation erzeugte absolut orientierte Luftbilddaten.

Im Normalfall erstellen die meisten Softwareprodukte, die den SFM-Lösungsansatz nutzen, einen Bildverband ohne die bei einem Aerotriangulationsverfahren anfallenden Arbeitsschritte. Dieser Prozess ist weitestgehend automatisiert. Die Luftbilder werden durch die Berechnung von Verknüpfungspunkten zueinander relativ orientiert. Die absolute Orientierung erfolgt durch automatisiertes oder manuelles Messen von Passpunkten.

Die Software „HAP“ von PCI Geomatics erstellt die äußere Orientierung durch die Verwendung von Referenzbildern oder Referenzvektordaten automatisch.

In Abb. 8 und Abb. 9 sind die Lageabweichungen vor und nach der Lagekorrektur der DOP durch die Nutzung von Referenzvektoren in der Software „HAP“ von PCI Geomatics dargestellt.

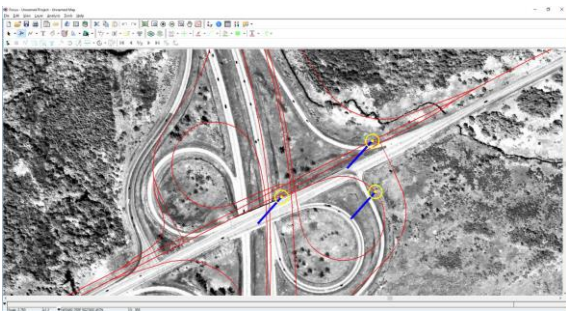


Abb. 8: vor Korrektur (Quelle: PCI Geomatics)



Abb. 9: nach Korrektur (Quelle: PCI Geomatics)

2.3 Orthorektifizierung

2.3.1 Klassischer photogrammetrischer Lösungsansatz

2.3.1.1 Orthophotomosaik

Bei der Entzerrung der Luftbilder ist darauf zu achten, dass für jedes Luftbild ein einzelnes DOP entsteht, dessen Footprint zwar um den Bereich der Randinformation inklusive der Rahmenmarken reduziert ist, jedoch einen genügend großen Überlappungsbereich an Bildinformation aufweist, da dieser für die Ableitung des Mosaiks notwendig ist.

2.3.1.2 Seamline-Bearbeitung

Für die Berechnung des Orthophotomosaiks werden Seamlines benötigt, die i.d.R. automatisch erzeugt und abhängig von der gewünschten Qualität des Orthophotomosaiks manuell korrigiert werden.

Sie werden benötigt für:

- Korrekturen von Fehlern der Radiometrie
- Korrekturen von Fehlern der Orientierung
- Entfernung von Fehlstellen (z.B. Kratzer, Verschmutzungen aus den Luftbildern)

Die Seamlines werden dazu an topographischen Grenzen entlanggeführt.

2.3.1.3 Radiometrieausgleich

Bei der Berechnung des Orthophotomosaiks sind parametergesteuerte, automatische radiometrische Anpassungen möglich. Ggf. kann eine manuelle radiometrische Anpassung nötig sein.

2.3.1.4 Mosaikierung/Kachelung

Bei der Wahl des Mosaikblattschnittes/Kachelung sind die Bedingungen der späteren Datenhaltung und Bereitstellung zu beachten, insbesondere wenn verschiedene Auflösungen und Kachelungen in diversen Ablage- und Bereitstellungssystemen nicht gemeinsam vorgehalten werden können.

2.3.2 SFM-Lösungsansatz

Aus den orientierten Luftbildern wird durch Bildmatching zunächst eine Punktwolke gerechnet. In einem zweiten Arbeitsschritt erfolgt die Berechnung eines Höhenmodells (siehe Kapitel 2.1.4.2.). Aus diesem wird abschließend direkt das Orthophotomosaik abgeleitet. Ein einzelnes DOP entsteht nicht.

2.3.2.1 Radiometrieausgleich

Eine manuelle Korrektur der Radiometrie ist in diesem Arbeitsschritt nicht möglich, da das Orthophotomosaik direkt ohne Zwischenprodukt „einzelnes DOP“ entsteht. Ein automatischer Radiometrieausgleich ist in den meisten Softwareprodukten innerhalb der Berechnungsschritte jedoch möglich.

2.3.2.2 Kachelung

siehe Kapitel 2.3.1.4

2.4 Qualitätskontrolle

Für die Qualitätskontrolle der Orthophotomosaik sind folgende Kriterien zu betrachten:

- Lagegenauigkeit
- Radiometrie
- Vollständigkeit

Die Lagegenauigkeit kann durch eine erneute Passpunktmessung oder durch Vergleich mit genaueren Geobasisdaten (z.B. Gebäudeumringe, Straßenachsen und -kanten, aktuelle DOP) bestimmt werden.

Radiometrische Bearbeitungen (Homogenität, Helligkeit, Kontrast, Artefakte, ...) erfordern Erfahrung im Umgang mit historischen Luftbilddaten, da hiervon die erreichbare Qualität des Endproduktes DOP unmittelbar abhängt. Ebenso beeinflusst die benutzte Software mit ihren Möglichkeiten die radiometrische Qualität des Endproduktes.

Die Vollständigkeit des bearbeiteten historischen Orthophotomosaiks ist insbesondere bei den automatisch ablaufenden Prozessen zu prüfen, da es durch die i.A. schlechteren oder fehlenden

Eingangsdaten (z.B. Bildqualität, Passpunkte, Näherungskoordinaten, Überdeckungen) zu Lücken oder Ausfällen im Bildverband kommen kann.

2.5 Ergebnisse des Benchmarks

Eine detaillierte Auswertung und Präsentation der Ergebnisse des Benchmarks ist in einem nur für den internen Gebrauch vorgesehenen Dokument im internen Bereich von adv-online.de einsehbar, das diesem Dokument als Anlage beigefügt ist.

Nachstehende Erfahrungen, Bemerkungen, Hinweise wurden von den Teilnehmern des Benchmarks gegeben oder aus der Beurteilung ihrer Ergebnisse abgeleitet:

- Die Erfahrung bei der Durchführung des Benchmarks zeigte, dass das Aufsetzen/Definieren der analogen Kamera zur Durchführung der Aerotriangulation fundierte Vorkenntnisse erfordert.
- Die aus den historischen Luftbilddaten abgeleitete Punktwolke und das daraus berechnete DSM ist die Grundlage zur Entzerrung des DOP. Die Qualität der Punktwolke und des DSM ist durch die geringere Auflösung und Überlappung der Ausgangsdaten wesentlich geringer als aus heutigen digitalen Luftbildern abgeleitete Daten. Ein historisches TrueDOP, das durch die Entzerrung entsteht, ist daher qualitativ unbrauchbar.
- Über Bildmatching berechnete Punktwolken (DOM) sind in Bodenpunkte und andere Punkte zu klassifizieren, damit aus dem daraus berechneten DGM ein qualitativ gutes DOP abgeleitet werden kann.
- Probleme bereitet die Verarbeitung von Luftbilddaten, die zu unterschiedlichen Tageszeiten aufgenommen wurden und damit verschiedene Sonnenstände aufweisen. Wenn möglich sollte dies bei der Verarbeitung in einem Block vermieden werden.

3 Wertung / Zusammenfassung

Die Qualität der DOP hängt in einem hohen Maß von den Eingangsdaten, dem gewählten Lösungsansatz und besonders von der Orientierung der Luftbilddaten ab.

Im Benchmark wurde deutlich, dass die Orientierung der Luftbilddaten hohe Ansprüche an alle am Benchmark beteiligten Softwarelösungen stellt. Neben bestimmten Anforderungen an die Eingangsdaten (Qualität, Verfügbarkeit, Passpunkte) wird sehr gutes photogrammetrisches Fachwissen zur Interpretation der Orientierungsergebnisse und deren Einfluss auf die gewünschte Qualität des Endergebnisses verlangt.

Photogrammetrisches Fachwissen ist ebenfalls notwendig zur Beurteilung, welcher Lösungsansatz am besten zu wählen ist, wenn man die gewünschte Qualität des Endproduktes im Zusammenhang mit der Qualität der Eingangsdaten und den zur Verfügung stehenden Ressourcen (Personal, Erfahrung, Software usw.) betrachtet.

Der klassische photogrammetrische Lösungsansatz bietet sich z.B. an, wenn:

- die Eingangsdaten vollständig vorhanden und qualitativ gut sind.
- die zu verarbeitende Anzahl der Luftbilddaten eher klein ist.
- ein hoher Automationsgrad eine untergeordnete Priorität besitzt und genügend Ressourcen vorhanden sind.
- die Fertigstellungszeitpunkte eine niedrige Priorität aufweisen.
- die notwendige Software schon/noch im produktiven Einsatz ist sowie Kenntnisse und Erfahrungen vorhanden sind.
- eine sehr hohe Lagegenauigkeit der DOP erreicht werden soll.

Dagegen bietet sich der SFM-Lösungsansatz z.B. an, wenn:

- die Eingangsdaten nicht vollständig vorhanden sind.
- die zu verarbeitende Anzahl der Luftbilddaten groß ist.
- ein hoher Automationsgrad wegen fehlender Ressourcen wichtig ist.
- kürzere Verarbeitungszeiten und frühere Fertigstellungszeitpunkte wichtig sind.
- die notwendige Software schon im produktiven Einsatz ist und Kenntnisse und Erfahrungen vorhanden sind.
- geringere Lagegenauigkeiten der DOP toleriert werden können.