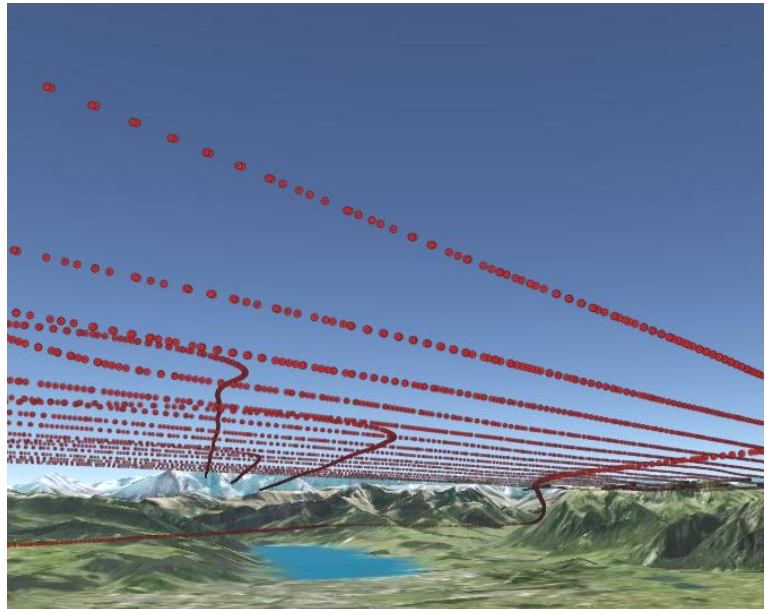


# Bachelor-Thesis 2009

# INS/GNSS- unterstützte Georeferenzierung digitaler Luftbilder



**Autor:** Fabian Huber

**Examinator:** Prof. Dr. Stephan Nebiker

**Experte:** Adrian Annen

# INS/GNSS-unterstützte Georeferenzierung digitaler Luftbilder

**Der Einsatz von Inertialnavigationssystemen und von globaler Satellitennavigation gewinnt in der digitalen Aerophotogrammetrie immer mehr an Bedeutung. In dieser Bachelor-Thesis wurden die Möglichkeiten bei der Verwendung dieser Orientierungsdaten untersucht, um praxistaugliche Empfehlungen für die direkte Georeferenzierung und die kombinierte, INS/GNSS-unterstützte Aerotriangulation zu erarbeiten.**

**Schlagworte:** direkte Georeferenzierung, Inertialnavigation, INS/GNSS-Datenfusion, NovAtel Inertial Explorer, GNSS, INS, Aerotriangulation

## 1. Ausgangslage

Mit den mittels Satelliten- und Inertialnavigation direkt gemessenen äusseren Orientierungen von Luftaufnahmen wird eine direkte Georeferenzierung der Luftbilddaten ohne vorgängige Aerotriangulation ermöglicht (vgl. Abb. 1). Die Genauigkeit der Resultate einer solchen Extrapolation hängt von vielen Faktoren ab. Vor allem bei der Datenprozessierung müssen verschiedenste Punkte beachtet werden, damit die Qualität der ursprünglichen Messdaten durch die ganze Prozesskette hindurch erhalten bleibt.

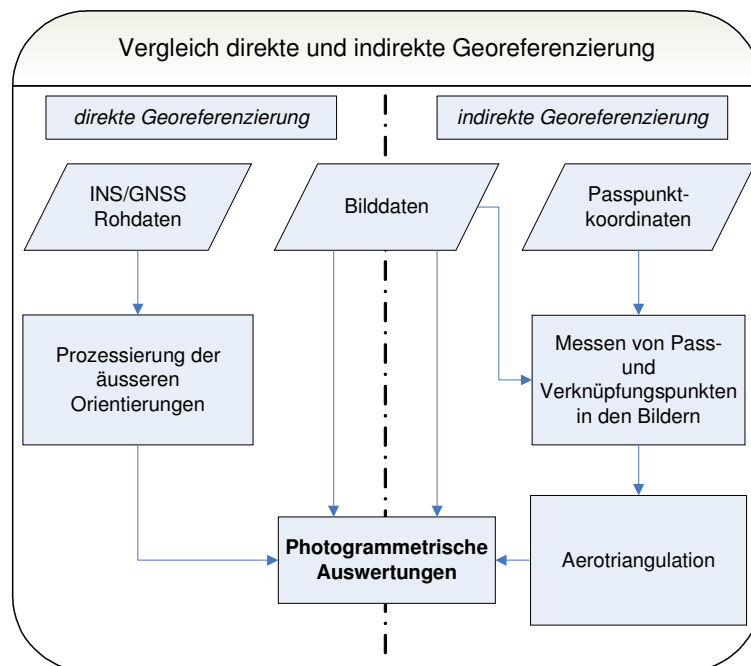


Abb. 1: Ablauf einer direkten Georeferenzierung verglichen mit der herkömmlichen Aerotriangulation

Als Grundlage für diese Untersuchungen wurden die Daten zweier Bildflüge in Fribourg und Thun von Flotron AG zur Verfügung gestellt, welche beide mit einer Vexcel UltraCamX und einem NovAtel SPAN INS/GNSS-System durchgeführt wurden.

## 2. Prozessierung der INS/GNSS-Daten

Die Auswertung der so genannten Flugtrajektorien erfolgte im Post-Processing mit der Software Inertial Explorer. Die GNSS-Daten und die Aufzeichnungen der Inertial-Messeinheit (IMU) wurden simultan ausgewertet. Dabei wurden die Daten vor- und rückwärts prozessiert und anschliessend kombiniert. Mit dieser Methode konnten die daraus entstandenen Differenzen überprüft und allfällige Problemstellen lokalisiert werden.

Daraus resultierten für jede Sekunde des Fluges die momentane Position und Orientierung des IMU-Körperkoordinatensystems, bezogen auf ein globales Bezugssystem, wie zum Beispiel ETRS89 oder CHTRS95.



Abb. 2: Ausgewertete Flugtrajektorien mit Bildaufnahme-Positionen in Inertial Explorer

## 3. Kalibrierung der Fehlausrichtung

Um systematische Einflüsse in den Orientierungen zu verringern, muss die genaue Orientierungsdifferenz zwischen dem IMU-Koordinatensystem und dem Bildsensordsystem mit einer Kalibrierung bestimmt werden.

Die herkömmliche Aerotriangulation des Fribourg-Fluges (vgl. Abb. 3) mit gekreuzten Flugstreifen lieferte dazu die Referenzwerte der äusseren Orientierungen, welche dann mit den aus der INS/GNSS-Prozessierung stammenden Werten verglichen wurden. Damit konnte die systematische Fehlausrichtung berechnet und anschliessend berücksichtigt werden.

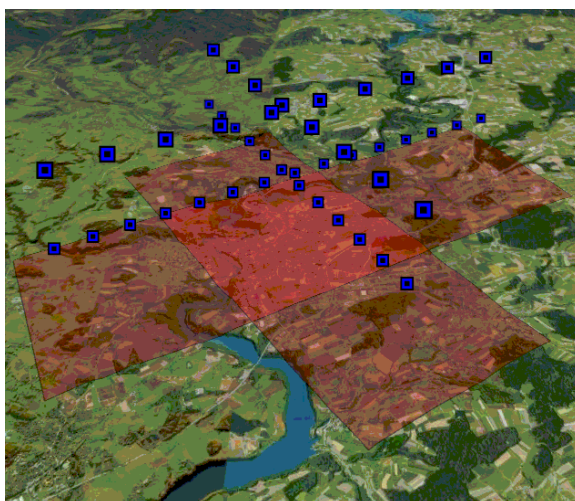


Abb. 3: Visualisierung des Kreuzfluges Fribourg

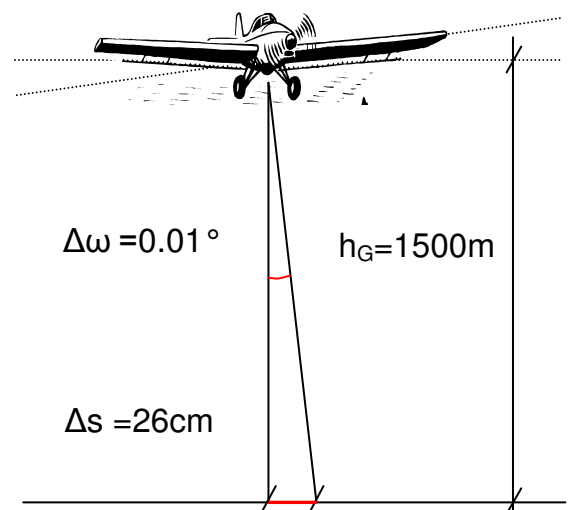


Abb. 4: Einfluss einer IMU-Fehlausrichtung

## 4. Resultate

Um die mit der direkten Georeferenzierung erreichbare Genauigkeit zu evaluieren, wurden in direkt georeferenzierten Bildern Kontrollpunkte gemessen und die Koordinaten mit den Sollwerten aus GNSS-Messungen verglichen (vgl. Tab. 1, Werte links).

Als Vergleich dazu sind unten auch die Werte aus kombinierter Aerotriangulation aufgeführt (vgl. Tab. 1, Werte rechts).

Total 12 Kontrollpunkte	dE [cm]	dN [cm]	dh [cm]
Mittelwert der Differenzen	-2.0 / -0.2	-6.9 / -1.5	-5.2 / -3.9
Standardabweichung	8.1 / 7.1	13.5 / 4.3	21.0 / 4.8

Tab. 1: Erreichte Genauigkeit mit direkter Georeferenzierung (links), verglichen mit der Genauigkeit aus kombinierter AT (rechts); Bildmassstab 1:15'000, Flughöhe 1500m

## 5. Fazit und Ausblick

Die Resultate zeigen auf, dass die direkte Georeferenzierung mit einer Standardabweichung von weniger als 15cm in der Lage und 25cm in der Höhe für viele Anwendungen eine ausreichende Genauigkeit liefert. Vor allem in der Lage kommt die Genauigkeit nahe an diejenige einer herkömmlichen Aerotriangulation heran. Somit ist die direkte Georeferenzierung eine sehr effiziente Alternative zur aufwändigen Aerotriangulation.

Der Nachteil liegt darin, dass ohne bekannte Bodenpunkte keine Kontrolle über systematische Abweichungen möglich ist. Darum muss trotzdem eine genügende Anzahl Kontrollpunkte vorhanden sein, und die kalibrierten Parameter müssen periodisch überprüft werden, um die Genauigkeit über längere Zeit zu gewährleisten.

Autor:	Fabian Huber	fabianhuber@bluewin.ch
Examinator:	Prof. Dr. Stephan Nebiker	stephan.nebiker@fhnw.ch
Experte:	Adrian Annen	annen@flotron.ch