

ANDROMEDA – Projekt

Höhen- und Lagebestimmungen

R. Kretzschmar

B. Bruscke

B. Teichert

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

Fakultät Geoinformation

Friedrich- List- Platz 1

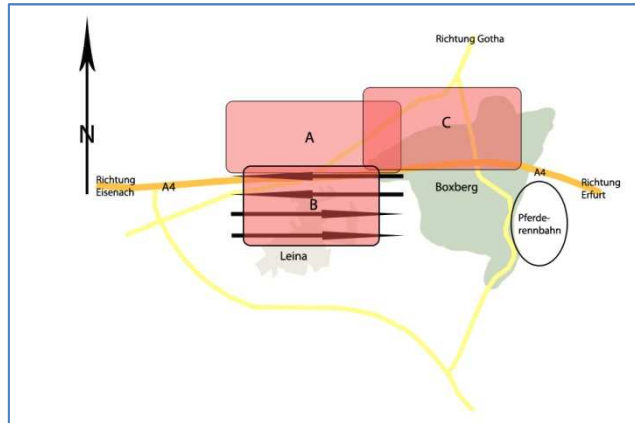
01069 Dresden

Inhalt

- Ausgangsdaten
- UAV's in der Photogrammetrie
- GPS-IMU-Sensor-System
- Kamerakalibrierung
- Bildtriangulation
- Orthobilder und Mosaik
- Erreichte Genauigkeit
- Schlussbemerkungen

Ausgangsdaten

- Drohnendaten



- 100 Luftbilder im Gebiet B
- Innere Orientierung **ohne Verzeichnung**

A screenshot of a data table with multiple columns and rows, likely representing GPS/INS recording data. The table is too small to read individual entries but shows a structured grid of data points.

- Daten der GPS/INS-Aufzeichnung im WGS84 (?)

- Referenzdaten

Daten des LVermGeo Thüringen im Thüringer Landessystem PD83

- Digitale Orthobilder
- Digitales Geländemodell
- Digitale Luftbilder



UAV-Systeme in der Photogrammetrie

Probleme und Schwierigkeiten:

- keine vertikale Ausrichtung der Aufnahmekamera
- Verwendung ungenauer GPS- und IMU-Systeme
- nicht bekannte oder veränderliche Innere Orientierung der Kamerasysteme
- Anzahl und Verteilung der Passpunkte

GPS-IMU-Sensor

Direkte Georeferenzierung liefert:

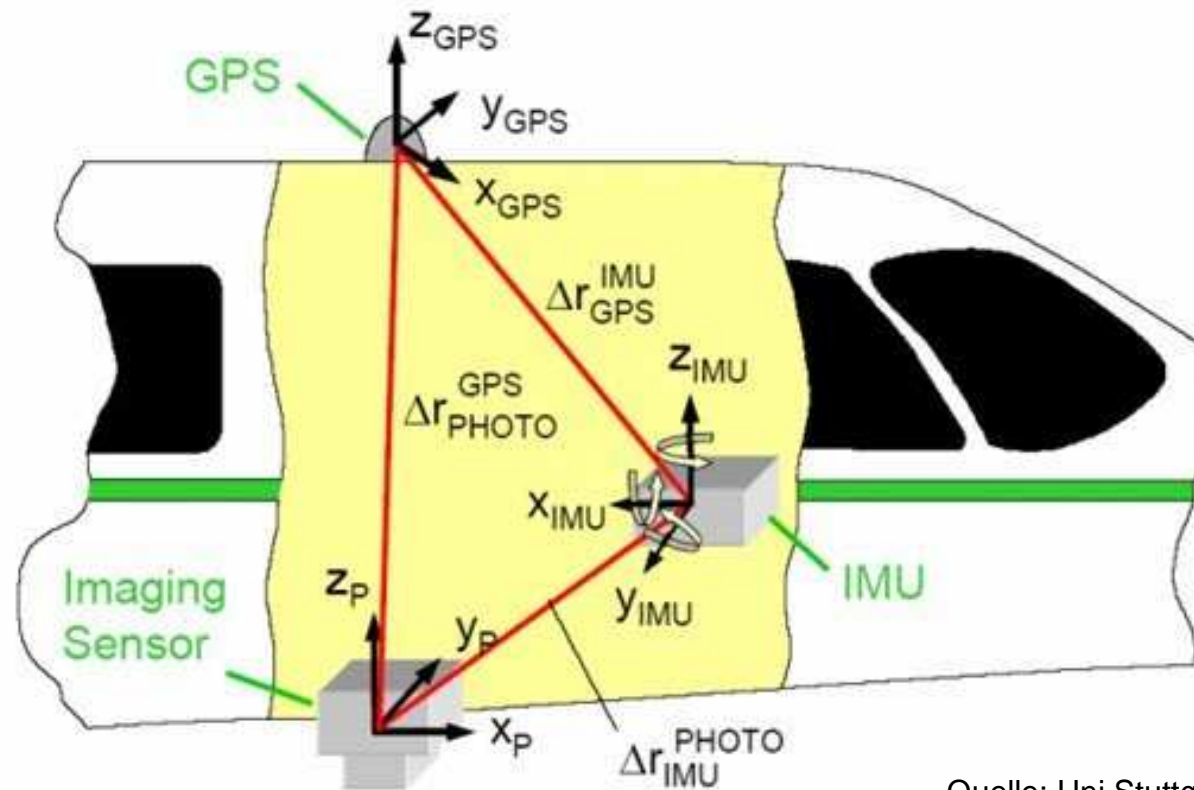
- schnelle Bestimmung der äußeren Orientierung eines Sensors
- sehr flexible Flugplanung
- eine zuverlässigere automatische Punktübertragung

Im Idealfall Ablösung der klassischen AT, wenn:

- direkt gemessene Positionen und Winkel ausreichend genau und zuverlässig sind
- Gesamtsystemkalibrierung (GPS, IMU u. Kamera) bekannt ist

GPS-IMU-Sensor

Relative Lage der Module zueinander



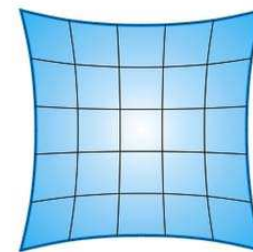
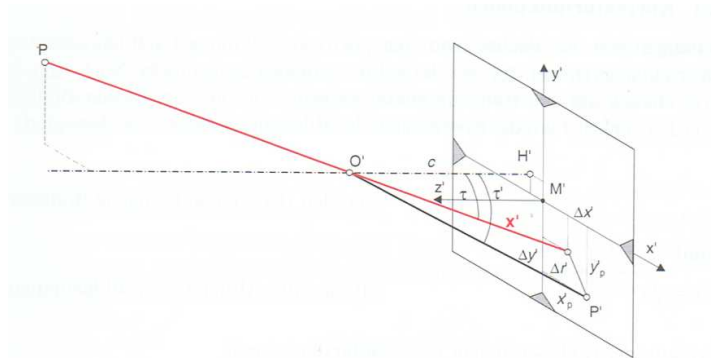
Quelle: Uni Stuttgart

GPS-IMU-Sensor

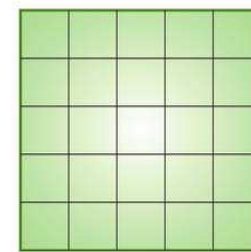
- **Boresight-Alignment-Winkel:**
Abweichung der GPS/Inertial-Winkel zum Bildkoordinatensystem der Kamera
- **Zeitliche Synchronisierung:**
Interpolation auf die Aufnahmezeitpunkte der Kamera
- **Unterschiedliche Definition der Drehwinkel:**
Navigations- versus photogrammetrischer Winkel
- **Verwendung verschiedener Bezugssysteme:**
WGS84 \leftrightarrow Gauß-Krüger | Ellipsoidhöhen \leftrightarrow Normalhöhen
- **Innere Orientierung mit Verzeichnung**

Elemente der Inneren Orientierung

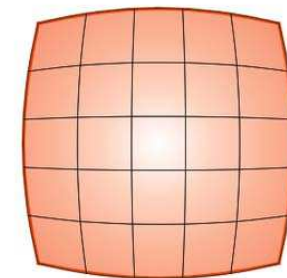
1. Lage des Bildhauptpunktes H'
2. Kammerkonstante c
3. Verzeichnung



kissenförmige
Verzeichnung



verzeichnungsfreie
Abbildung



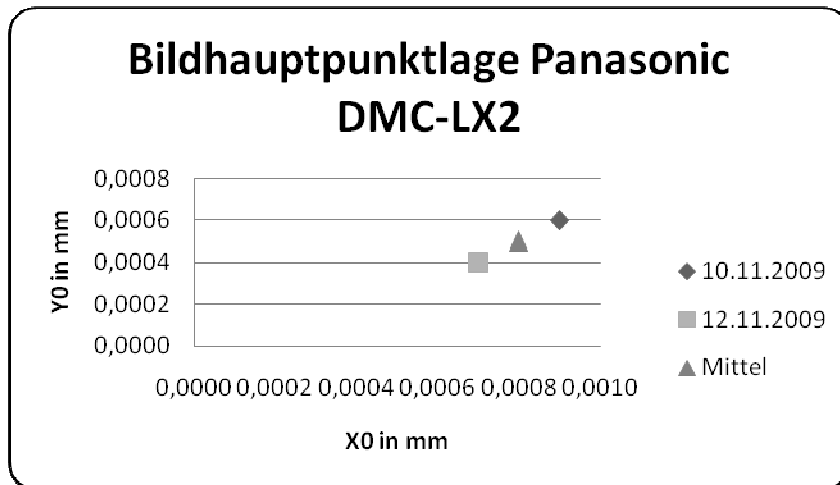
tonnenförmige
Verzeichnung

Kamerakalibrierung



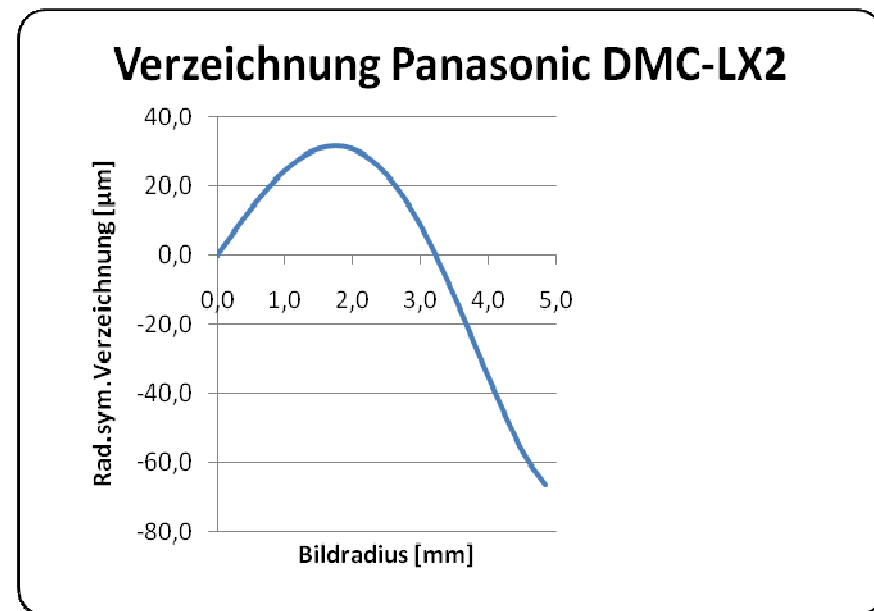
- Testfeld im Messkeller der HTW Dresden
- Räumlicher Aufbau
- 58 selbstklebende codierte Zielmarken
- Genauigkeit: 0,1 mm

Ergebnis Kamerakalibrierung



- Bildhauptpunktlage leicht instabil
 - absolute Lage kreist um Mittelpunkt
 - Verhalten in anderen Untersuchungen bestätigt
- Kamerakonstante stabil

- sehr große Verzeichnung am Bildrand
- ca. 33 Pixel im Bild
- bei 300 m Flughöhe sind dies bis zu 5 m in der Natur



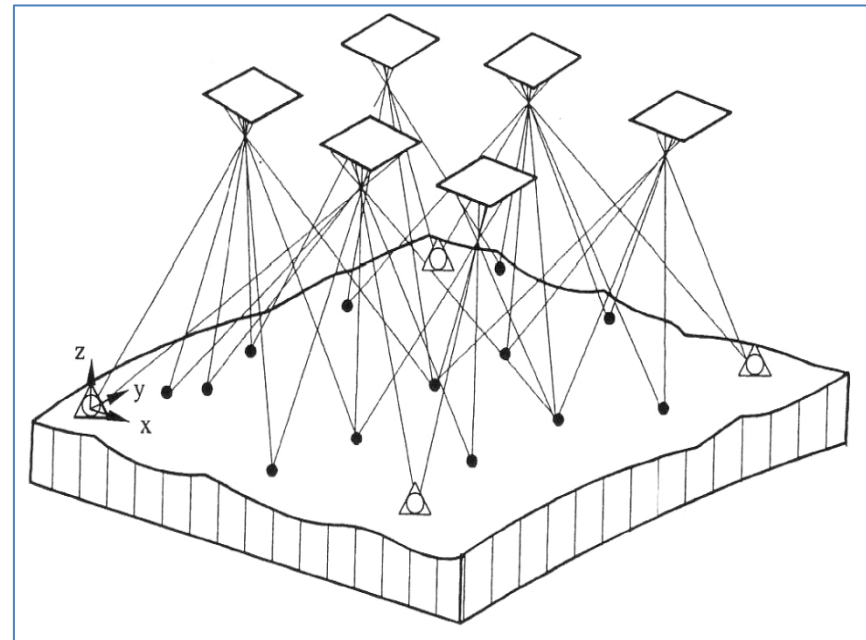
Bündelblockausgleichung

Funktionaler Zusammenhang zwischen Bild und Objekt durch Kollinearitätsgleichungen

Nicht-lineares Problem → Näherungswerte erforderlich

Ergebnis:

Koordinaten der Projektionszentren und der 3 Drehwinkel je Bild (Elemente der äußeren Orientierung)

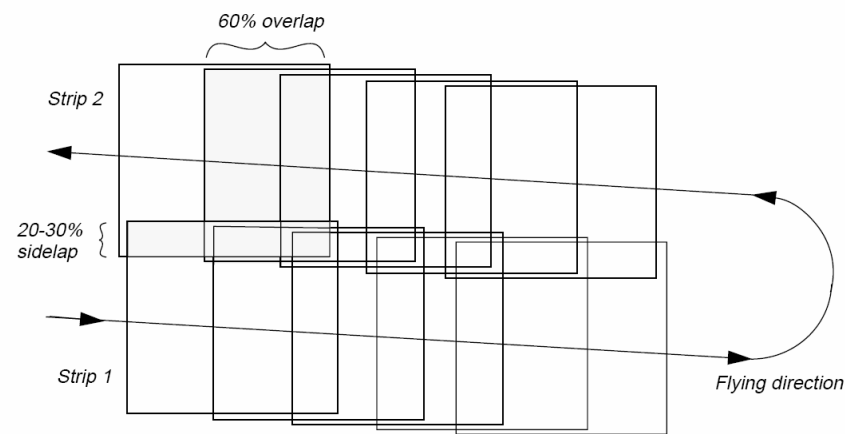


Bildflug

Photogrammetrische Bildflugplanung

Bildverband mit mindestens:

- 60 % Längs- und
- 30 % Querüberdeckung



Ergebnis der Befliegung im Block B

(Testgebiet mit 20 Bildern)



Unschärfe und Punktzuordnung



Unschärfe durch:
Vibration und Bildwanderung etc.

$$\text{Bildwanderung} = (c \cdot v \cdot t)/H$$

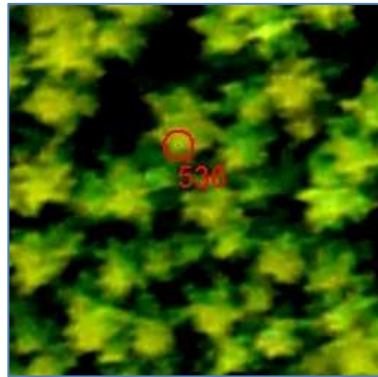
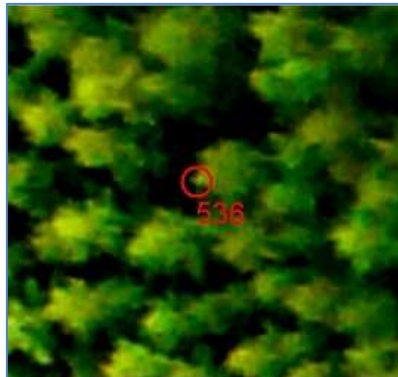
mit:

c = Kamerakonstante

v = Fluggeschwindigkeit

t = Belichtungszeit

H = Flughöhe



Schwierige Identifizierung homologer Punkte bei unterschiedlichen Aufnahme-positionen z. B. im Wald

Genauigkeit der Auswertung



- ohne Verzeichnungsparameter
- nicht messbar weil Vertikalparallaxen

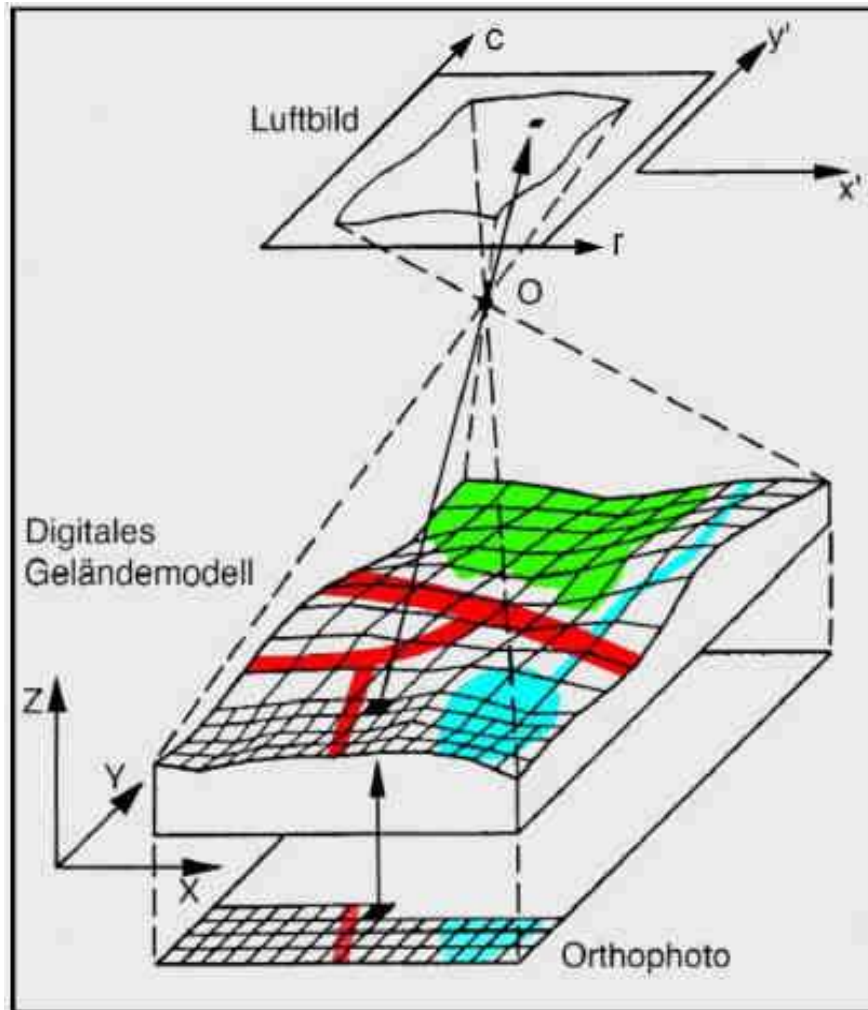
in LPS



- mit Verzeichnungsparameter
- sehr gut messbar

	s_x in m	s_y in m	s_z in m
LPS	0,07	0,11	0,17
Pictran	0,06	0,08	0,11

Orthobildherstellung



Ausgehend vom digitalen Orthophoto wird für jedes Pixel an der Stelle X, Y im DGM die Höhe Z interpoliert.

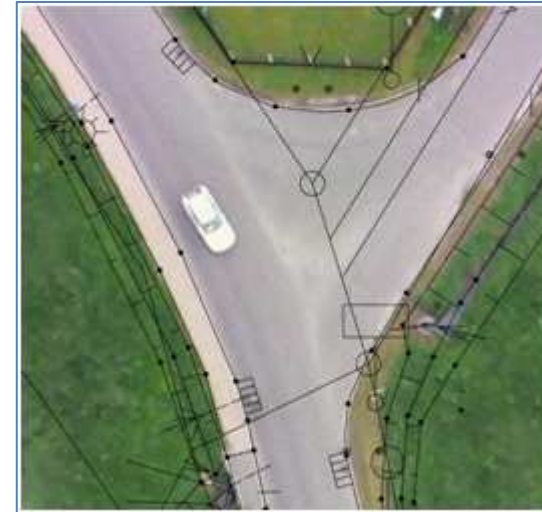
Koordinaten X, Y, Z werden mittels Orientierungsparameter und Kollinearitätsgleichungen in das Luftbild projiziert.

Dieser Grauwert wird übernommen (Resampling).

Orthobildmosaik



- enthält alle 20 ausgewählte Aufnahmen
- Orthobilder auf DGM5 - Basis
- hohe Lagegenauigkeit



	dx [m]	dy [m]
Gulli 1	-0,01	0,02
Gulli 2	0,00	0,03
Treppenecke	0,00	0,02

Erreichte Genauigkeit

1. Punktmessgenauigkeit in den orientierten Bildern:

Pictran: Mehrbildauswertung mit allen Bildern durch Vorwärtsschnitt

LPS: Bestimmung derselben Punkte im Stereomodell

Standardabweichungen dieser Auswertungen:

	s_x [m]	s_y [m]	s_z [m]
Pictran	0,06	0,08	0,11
LPS	0,07	0,11	0,17

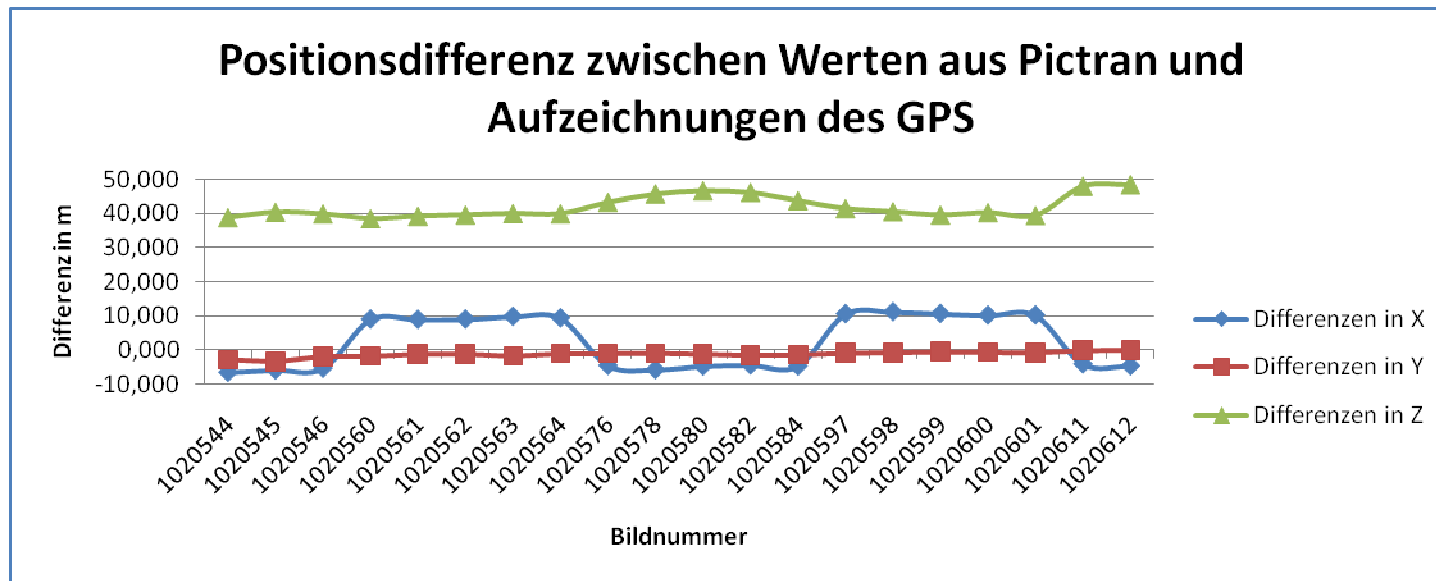
Anmerkung:

Die schlechteren Werte in LPS können z. T. durch die Schnittkonfiguration erklärt werden; das Höhen-Basis-Verhältnis schwankt zwischen 1:3 und 1:7.

Aus Zeitgründen wurde in LPS für jeden Punkt nur ein Stereomodell verwendet.

Erreichte Genauigkeit

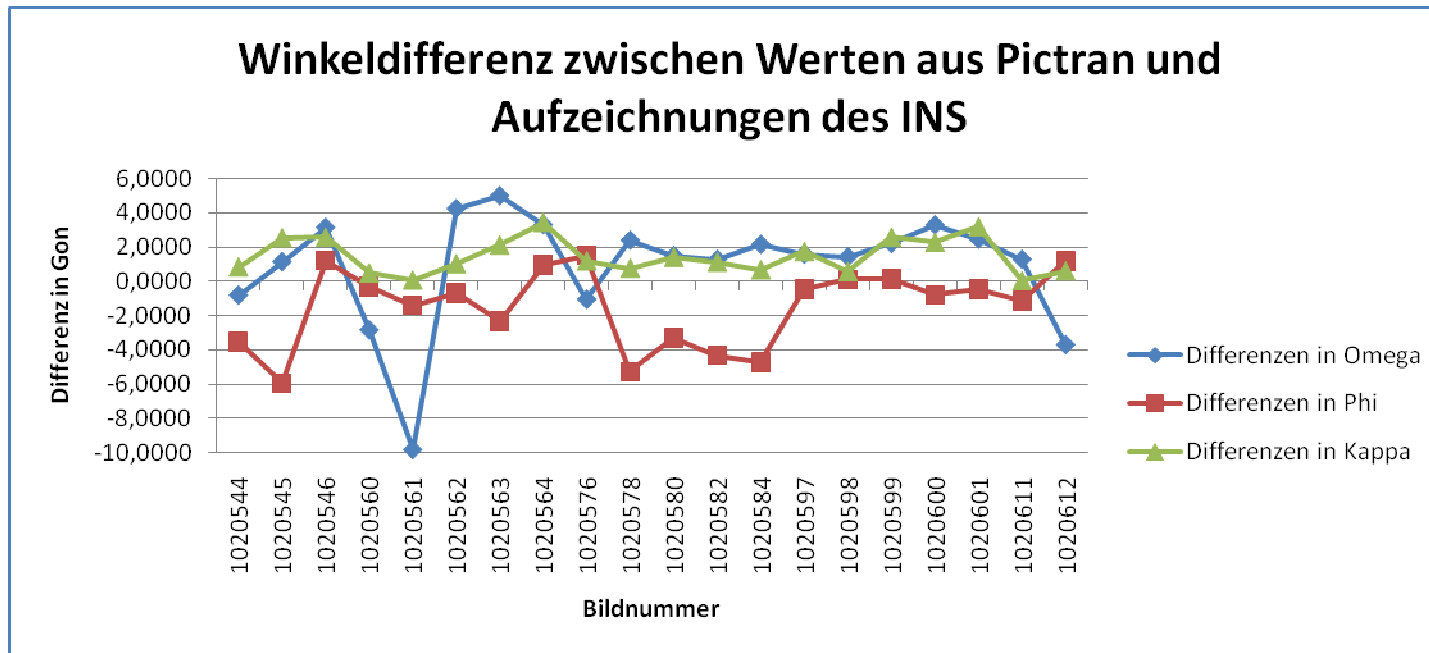
2. Äußere Orientierung (Projektionszentren):



- Gute Genauigkeit in Y
- Vorzeichenänderung in den Differenzen der X-Werte je nach Flugrichtung
- Große Abweichungen in Z; systematischer Höhenfehler

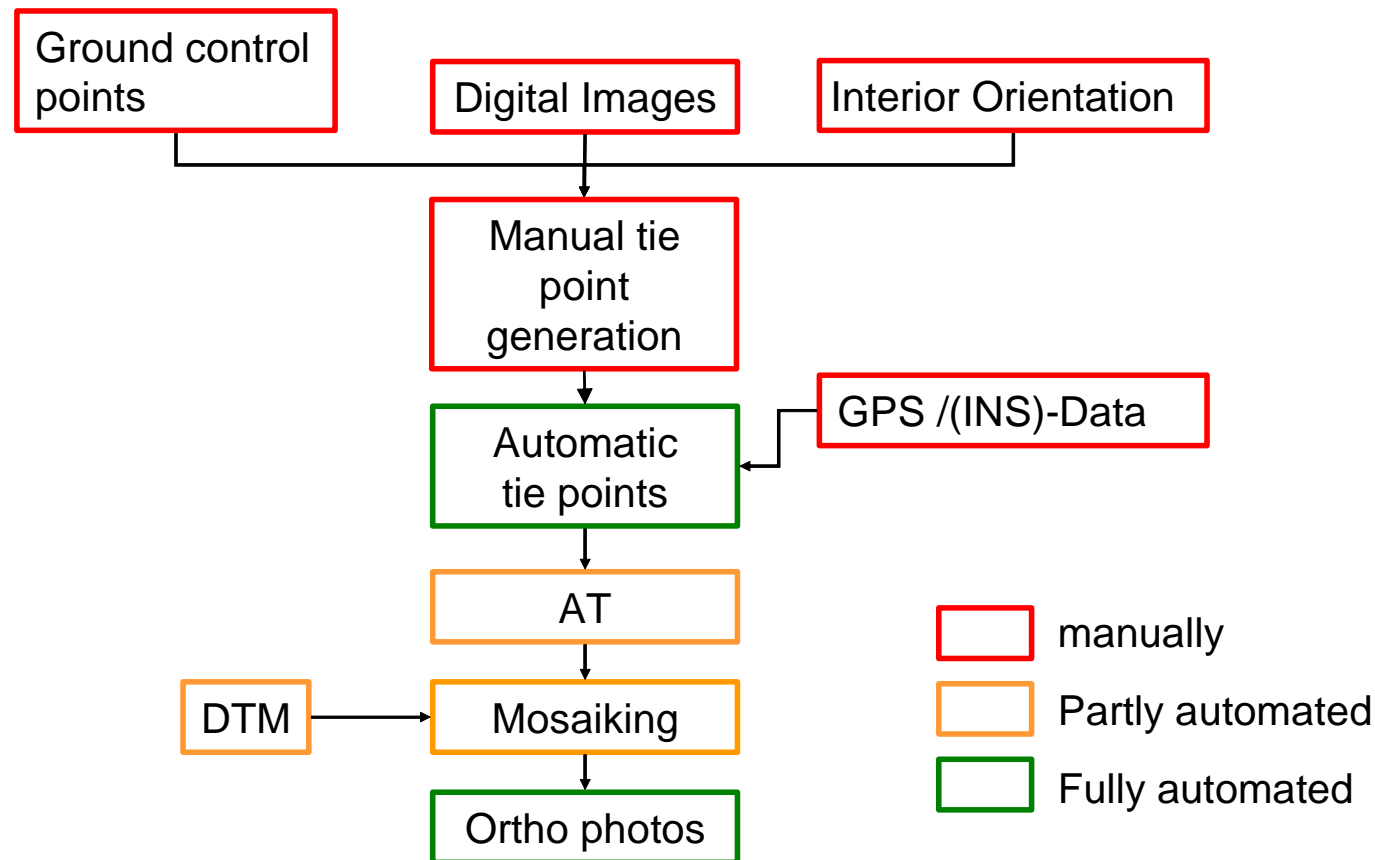
Erreichte Genauigkeit

3. Äußere Orientierung (Drehwinkel):



- Omega und Phi entsprechen Phi und Theta aus INS-Messung
- Kappa entspricht Psi (unterschiedliches Bezugssystem zu INS)
- Differenzen erklären den unruhigen Flug

Photogrammetrischer Workflow mit UAV-Bildern



Quelle: Engel, Grenzdörffer, Teichert: ISPRS, Peking, 2008

Vergleich beider Programme

	Pictran	LPS
allgemein		
Haupteinsatzgebiet	Nahbereichsphotogrammetrie	Aerophotogrammetrie
Messprinzip	Einschneideverfahren	Stereoskopische Bildauswertung
Aufbau	modular	modular
Triangulation		
Berechnung	keine Nährungswerte nötig	Nährungswerte nötig
Verknüpfungspunkte	manuell	manuell, semiautomatisch
Verzeichnung	radial, tangential	radial
Kamera	verschied. Kameramodelle	verschied. Kameramodelle
Kamerakalibrierung	möglich	möglich
Weiterverarbeitung		
Erstellung von DGMs	nicht möglich	möglich
Orthbilderstellung	mittels DOM	mittels konstanter Höhe oder DGM
Mosaik	innerhalb der Orthophotoentzerrung	separate Berechnung
Kosten		
Preis mittlere Ausstattung	4.950 €	9.653 €

Zusammenfassung/Ausblick

- **Mini-UAV-Systeme haben ein großes Anwendungspotential**
- **Gute Georeferenzierung ist ein „key issue“**
- **UAV-Spezialisten sollten die photogrammetrischen Anforderungen verstehen und vice versa**

- **Entwicklung neuer Methoden für diese speziellen Anwendungen:**
 - effiziente Georeferenzierung
 - Auswertung flexibler und unorthodoxer Flugbahnen
 - Entwicklung von genaueren „low-cost“ GPS- und IMU-Systemen
 - Verwendung von DGPS