

Echtzeit-Georegistrierung von Videodaten mit Hilfe von Navigationssensoren geringer Qualität und digitalen 3D-Landschaftsmodellen

Navigare 2011, 4. Mai 2011, swisstopo, Wabern

Hannes Eugster

FHNW Fachhochschule Nordwestschweiz

Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik

Institut Vermessung und Geoinformation

hannes.eugster@fhnw.ch

© 2011 FHNW / IVGI

Inhalt

Motivation und Einführung

Zielsetzung

Ansatz mobile Video-Georegistrierung

Umsetzung

Testflüge und Resultate

Fazit

Motivation

Kostengünstige leichtgewichtige Navigationssensorik (6 DOF)

- GNSS-Navigationsempfänger
- MEMS-basierte Inertialnavigationssysteme
- Genauigkeit: Lage/Höhe 5-10m,
Ausrichtung 2-5°



Integriert heute beispielsweise in ...

- Smartphones
- Navigationssystemen
- Mini- und Mikrodrohnen

➤ Die Nutzung bedingt ...

- vielfach die Registrierung bezüglich bestehenden Geodatensätzen

Integration von Bildsensoren ⇒ Steigerung der Registrierungsgenauigkeit

Herausforderungen

Verbesserung der Georegistrierungsgenauigkeit durch ...

- zusätzlichen Einbezug von Bilddaten
... in Kombination mit ...
- bestehenden Geobasisdatenbeständen (3D-Stadtmodelldaten)

Untersucht und umgesetzt wird die Fragestellung anhand folgender Anwendung



Mikro- und Minidrohnensysteme

3D-Geoinformationsdienste

⇒ Aktuelle Geodaten in 3D-Geoinformationsdiensten

Inhalt

Motivation und Einführung

Zielsetzung

Ansatz mobile Video-Georegistrierung

Umsetzung

Testflüge und Resultate

Fazit

Zielsetzung

**Adaption des direkten Georeferenzierungsansatzes auf Navigationssensorik
geringer Qualität**

Entwurf und Implementierung eines **integrierten Georeferenzierungsansatzes**
unter Verwendung von

- INS/GNSS-Navigationssensoren geringer Qualität
- digitalen 3D-Stadtmodellen (B-Rep.)

**Implementierung und Test von Bild-zu-Modell Zuordnungsalgorithmen unter
realen Bedingungen (Aussenraumanwendungen)**

**Nutzung des integrierten Ansatzes für eine INS/GNSS/Vision-basierte
Navigationsdatenintegration**

Abgrenzung zu ähnlichen Fragestellungen in Robotik und Computer Vision

- Bildbasierte Navigationslösung ist gelagert in einem geodätischen
Bezugsrahmen
- Integration der Navigationslösung in einen bestehenden Geodatensatz

Inhalt

Motivation und Einführung

Zielsetzung

Ansatz mobile Video-Georegistrierung

- Architektur und Integrationsansatz
- Direkte Georeferenzierung – Registrierungsstufe I
- Integrierte Georeferenzierung – Registrierungsstufe II

Umsetzung

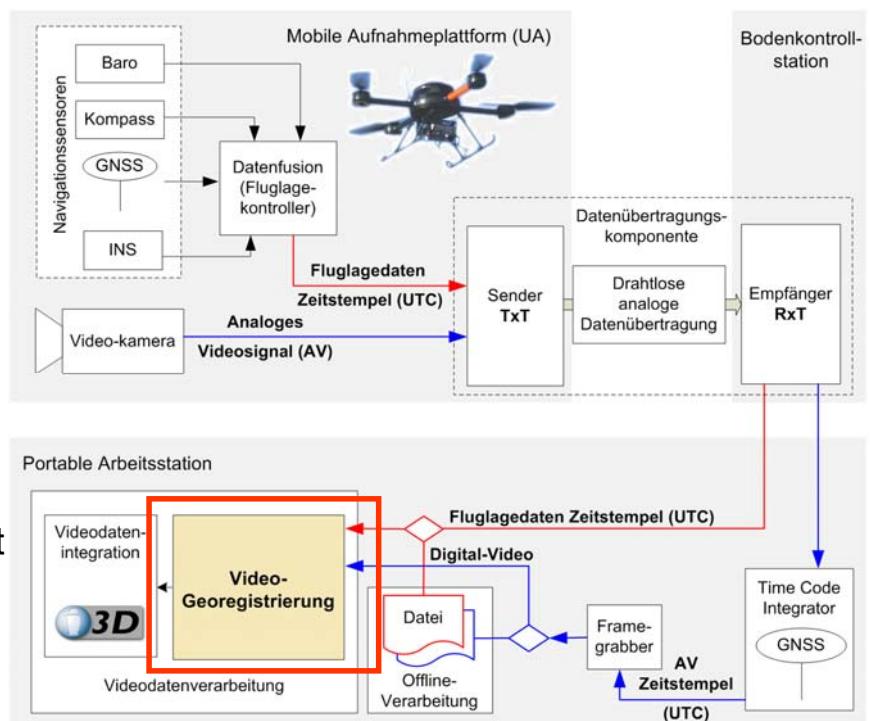
Testflüge und Resultate

Fazit

Architektur und Integrationskonzept (I)

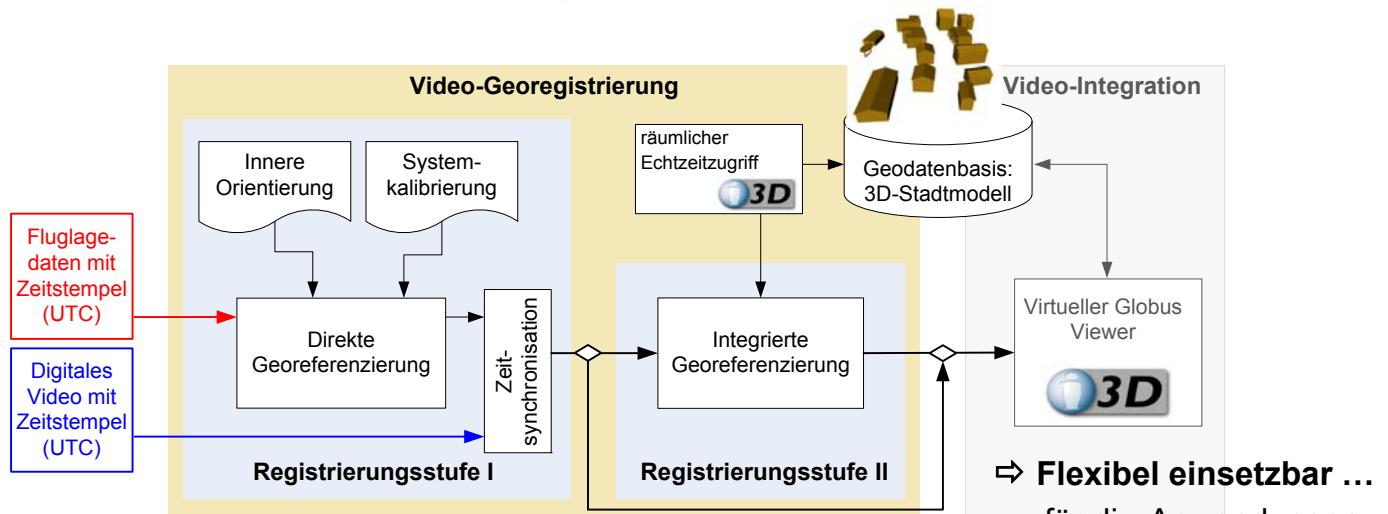
Datenverarbeitungskette und Videointegration in 3D-Geoinformationsdienst

- Echtzeit-Unterstützung
- Direkte Nutzung der Fluglagedaten aus Flugnavigationssensorik
- Analoge Videodatenübertragung
- Synchronisation Video mit Fluglagedaten über GNSS-Zeit



Architektur und Integrationskonzept (II)

Lösungsansatzansatz zweistufige Video-Georegistrierung



Registrierungsstufe I – Direkte Georeferenzierung

- Berücksichtigung Hebelarm und Fehlausrichtung
- Synchronisation zwischen Fluglagedaten und Videoframes

Registrierungsstufe II – Integrierte Georeferenzierung

- Feinregistrierung mit Hilfe bestehender 3D-Stadtmodelldaten

Direkte Video-Georeferenzierung – Registrierungsstufe I

Einfluss Navigationsdaten geringer Qualität

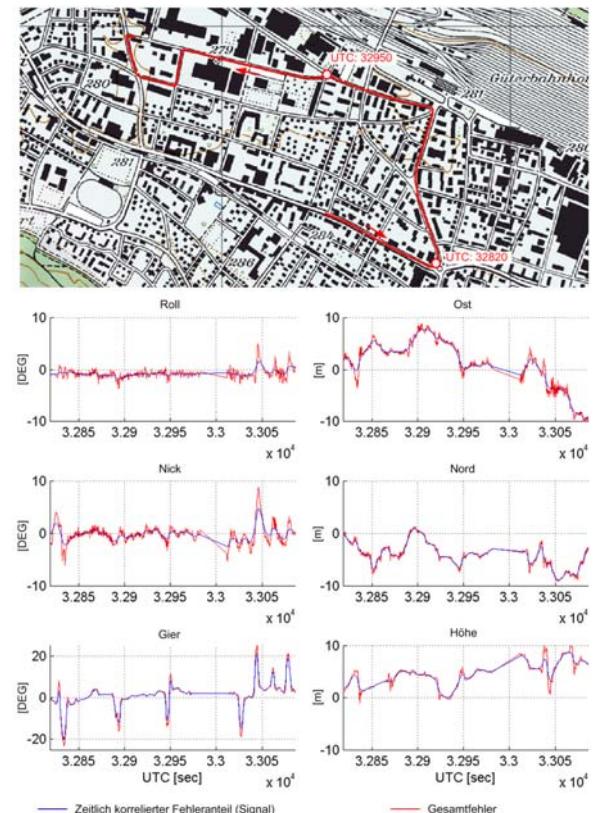
- Untersuchung systematisches Fehlerverhalten bezüglich Referenztrajektorie

	microdrones md4-200	UAVNavigation AP04
Lage (1σ)	2.7 m	4.7 m
Höhe (1σ)	3.6 m	5.0 m
Roll und Nick (1σ)	1.3 °	1.5 °
Gier (1σ)	4.1 °	6.3 °

⇒ Zeitliche hoch korrelierte Systematik enthalten

Einfluss auf Fehlausrichtung- und Hebelarmkalibrierung

- Fehlausrichtung und Hebelarm sind stark korreliert mit systematischem Fehler der Navigationsdaten



Integrierte Video-Georeferenzierung – Registrierungsstufe II

Vorgeschlagener Lösungsansatz: Kontinuierliche Schätzung des systematischen Fehlers der direkt bestimmten äusseren Orientierung

- Mit Hilfe der Bildinformation und verfügbaren 3D-Stadtmodelldaten
- Behandlung der hoch korrelierten Fehleranteile in einem Term

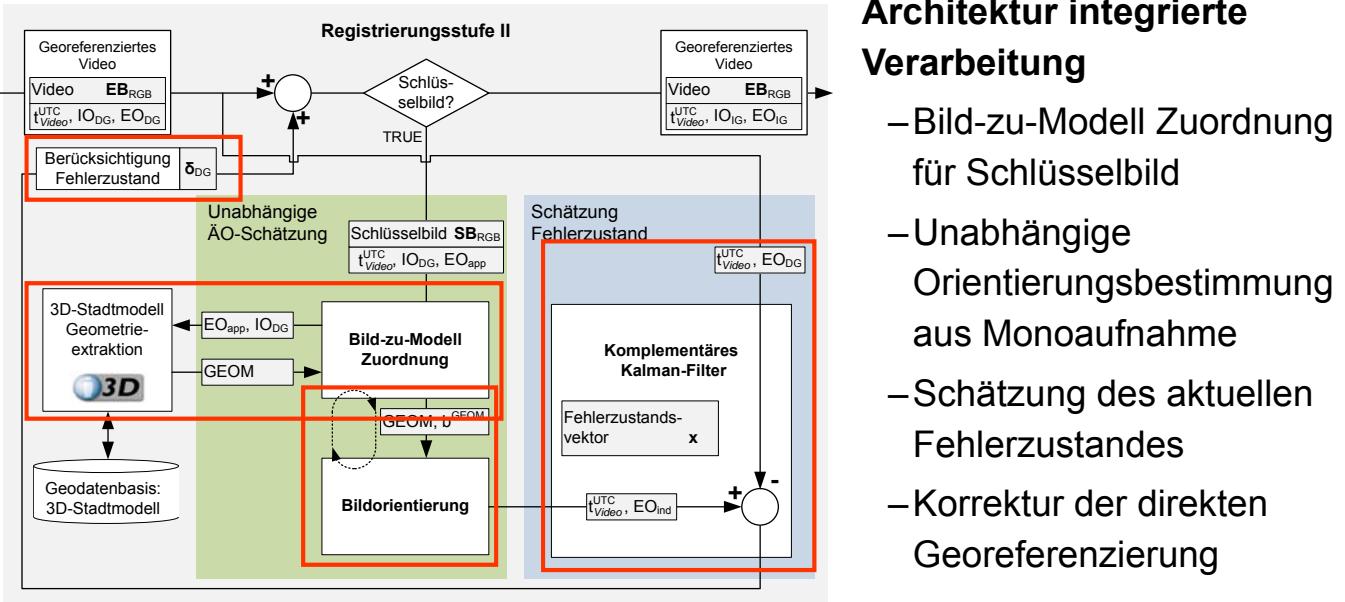
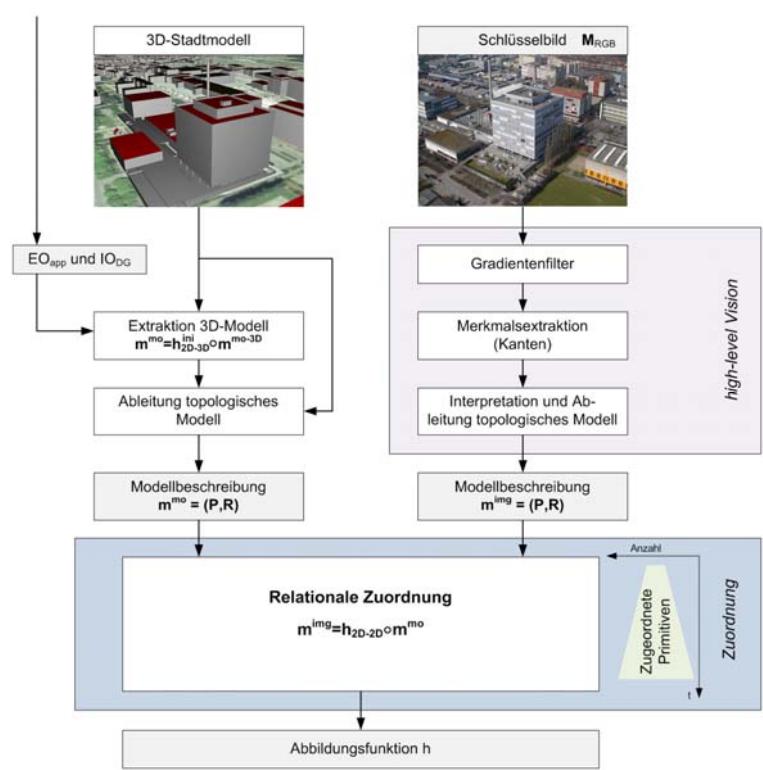


Bild-zu-Modell Zuordnung – Relational Matching (I)



Suchen nach der optimalen Abbildung zweier Modellbeschreibungen

Mitberücksichtigung von Relationen zwischen einzelnen Merkmalen

Implementierter Zuordnungs-algorithmus

- Adaptiertes Relational Matching für Außenraumanwendungen

Prozessierungsschritte

- 1) Merkmalsextraktion und Modellbildung
- 2) Optimierung des Abbildungsnutzen

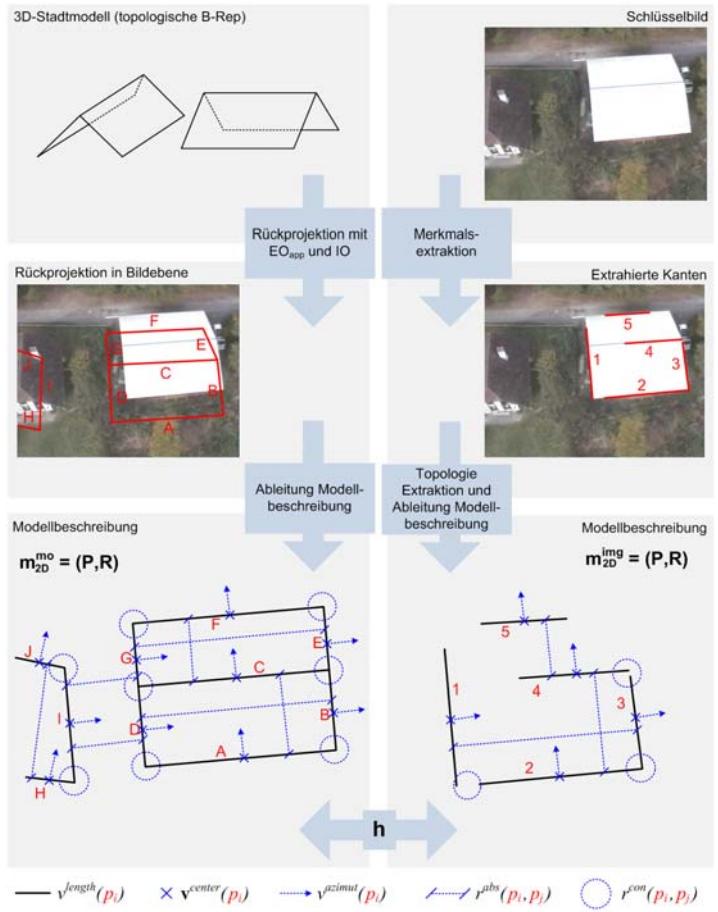
Bild-zu-Modell Zuordnung – Relational Matching (II)

Eingeführte Modellbeschreibung

- Kantenobjekte als Primitiven
 - Mittelpunkt
 - Kantenorientierung
 - Kantenlänge
- Beziehungen zwischen den Primitiven
 - Abstand zwischen parallelen Kanten
 - Gemeinsamer Stützpunkt

Optimale Abbildung h wird über A* Algorithmus ermittelt (Pearl, 1984)

- Optimierung des Nutzens
(Vosseman, 1992)



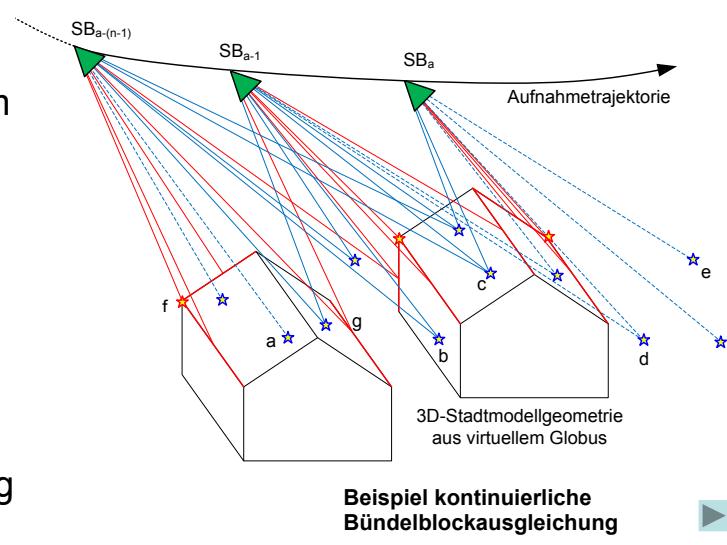
Unabhängige Orientierungsbestimmung

Einzelbildorientierung

- Räumlicher Rückwärtsschnitt basierend auf Bild-zu-Modell Zuordnung
- Zusätzliche Unterstützung von Geradenbeobachtungen
(Schwermann, 1995)

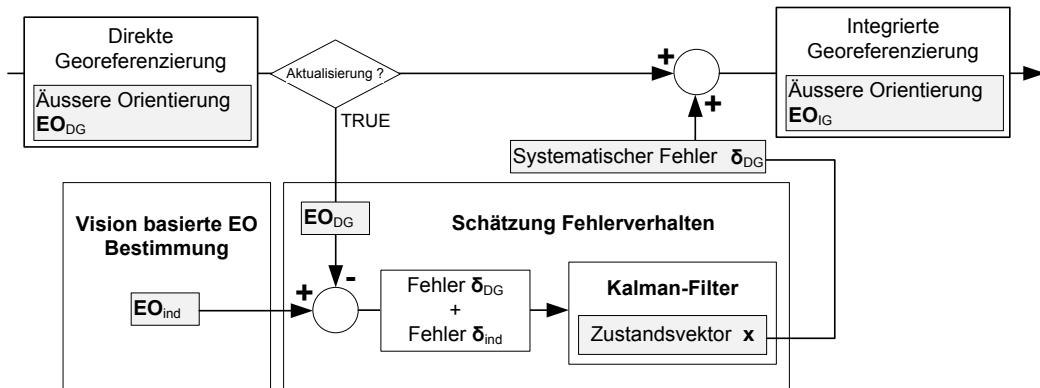
Kontinuierlicher Bündelblock

- Anlehnung an SLAM und SfM
- Referenzierung bezügl. absolutem geodätischem Bezugsystem
- Stützung der Orientierungsbestimmung durch Verknüpfungspunkte
- Schätzung erfolgt über die letzten n -Schlüsselframes
- Levenberg-Marquardt Optimierung
(Madsen et al. 1999)



Kontinuierliche Fehlerzustandsschätzung

Verwendung komplementäres Kalman-Filter Design (Brown und Hwang, 1987)



- Error state Filter (einfach anwendbar in Kombination mit unterschiedlichen INS/GNSS-Systemen)
- Modellierung des gesuchten systematischen Fehlers im Zustandsvektor, dabei wird der ...
 - **systematische Fehleranteil** der direkten Georeferenzierung, sowie ...
 - die enthaltene **Fehlausrichtung** und der **Hebelarm**
- ... in **einem Fehlerterm** behandelt.

Inhalt

Motivation und Einführung

Zielsetzung

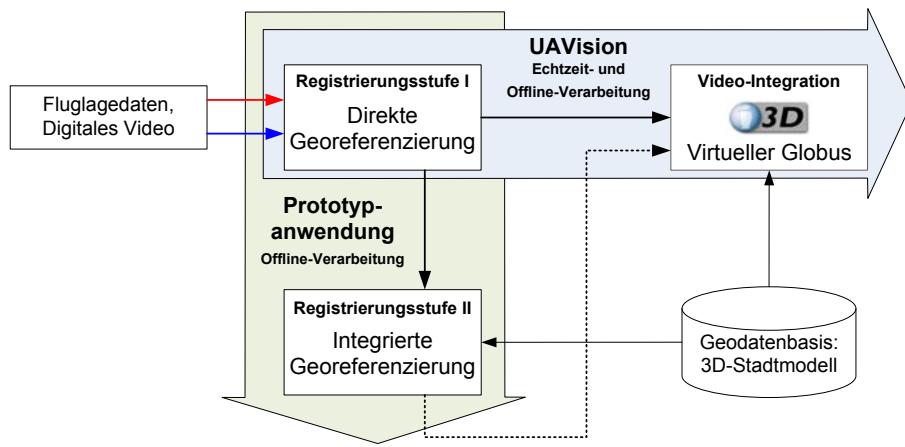
Ansatz mobile Video-Georegistrierung

Umsetzung

Testflüge und Resultate

Fazit

Prototypeanwendung und Umsetzung

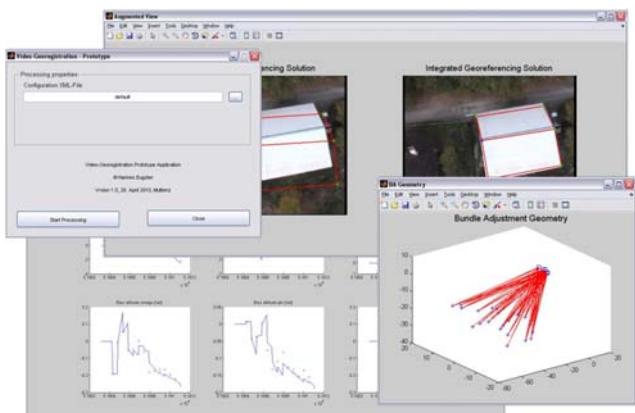


UVision – Kommerzielle Softwarelösung für Mini- und Mikrodrohnenbasierte ...

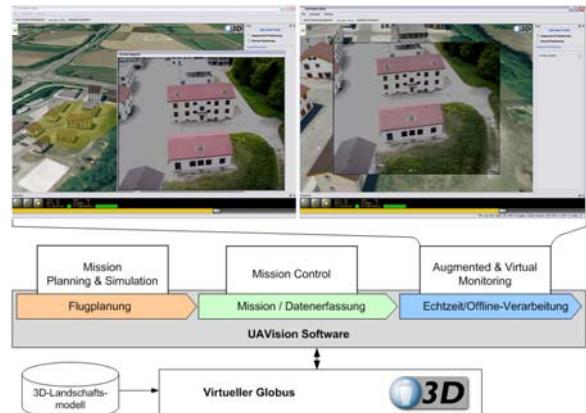
- Missionsplanung
- Missionsdurchführung und Geodatenerfassung
- Echtzeit-Geodatenintegration in 3D-Geoinformationsdienste

VGR-Prototypanwendung für Test integrierte Georeferenzierung

VGR-Prototypeanwendung



UVision



- MATLAB Implementierung
- Test und Entwicklung Algorithmen
- Untersuchung integrierter Georeferenzierungsansatz
- Offline-Verarbeitung

- C++ Implementierung
- Direkte Videodatenintegration in virtuellen Globus
 - Augmented Monitoring
 - Virtual Monitoring
- Nur Registrierungsstufe I unterstützt
- Echtzeitfähig

Inhalt

Motivation und Einführung

Zielsetzung

Ansatz mobile Video-Georegistrierung

Umsetzung

Testflüge und Resultate

Fazit

Aufnahmeplattformen



	md4-200	Copter 1B
Plattform		
Hersteller	Microdrones	SURVEY Copter
Typ	Quadrocopter	Rotationsflügler
UAS-Kategorie	Mikro	Mini
Nutzlast	0.2 kg	~5 kg
Max. Abfluggewicht	1 kg	15 kg
Grösse	0.7 m	2 m
Fluglageregelung		
Sensorik	MEMS-INS, GNSS, Baro und Magnetometer	MEMS-INS, GNSS und Barometer
Lage (CEP)	2.5 m	2.5 m
Höhe (SEP)	5 m	5 m
Nick- und Rollwinkel	1-2° (1σ)	1° (1σ)
Azimut	3-5° (1σ)	1-2° (1σ)
PAL-Videokamera		
Typ	Pentax Optio A30 / PAL-Kamera	SONY FCB-EX780BP
Kammerkonstante	~8 mm / ~4.4 mm	~3.2 mm
Auflösung	H: 720, V: 576	H: 720, V: 576

Untersuchungsgebiete

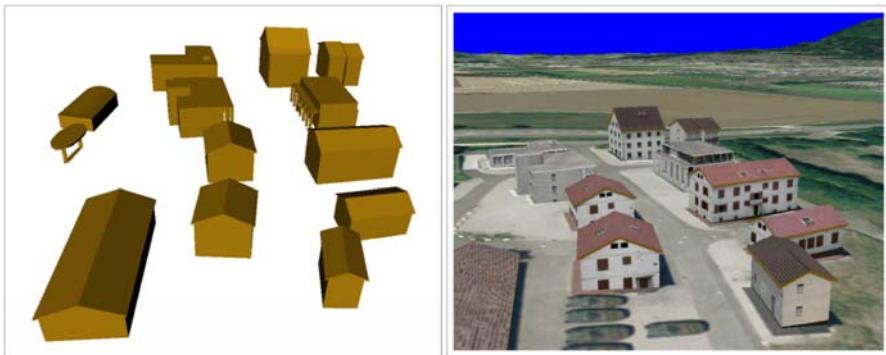
Freilichtmuseum Ballenberg

- Genauigkeit
Stadtmodell ~20 cm
- Photogrammetrisch ausgewertet



ZAZ Eiken

- Genauigkeit
Stadtmodell ~10 cm
- Tachymetrisch aufgenommen



Genauigkeitsuntersuchung Georegistrierungsansatz (I)

Testsequenz / Prozessierungs konfiguration	mittlere Objektdistanz [m]	Georeferenzierungs genauigkeit		Georegistrierungs genauigkeit	
		RMS im Bildraum [Pixel]	RMS im Objektraum [m]	RMS im Bildraum [Pixel]	RMS im Objektraum [m]
i / DG	39	-	-	35.0	1.3
i / IG.a	42	-	-	18.4	0.66
i / IG.b	42	-	-	15.9	0.58
ii / DG	53	49.5	3.4	45.5	2.5
ii / IG.a	53	13.5	0.9	13.3	0.7
ii / IG.b	53	27.0	1.9	26.0	1.4

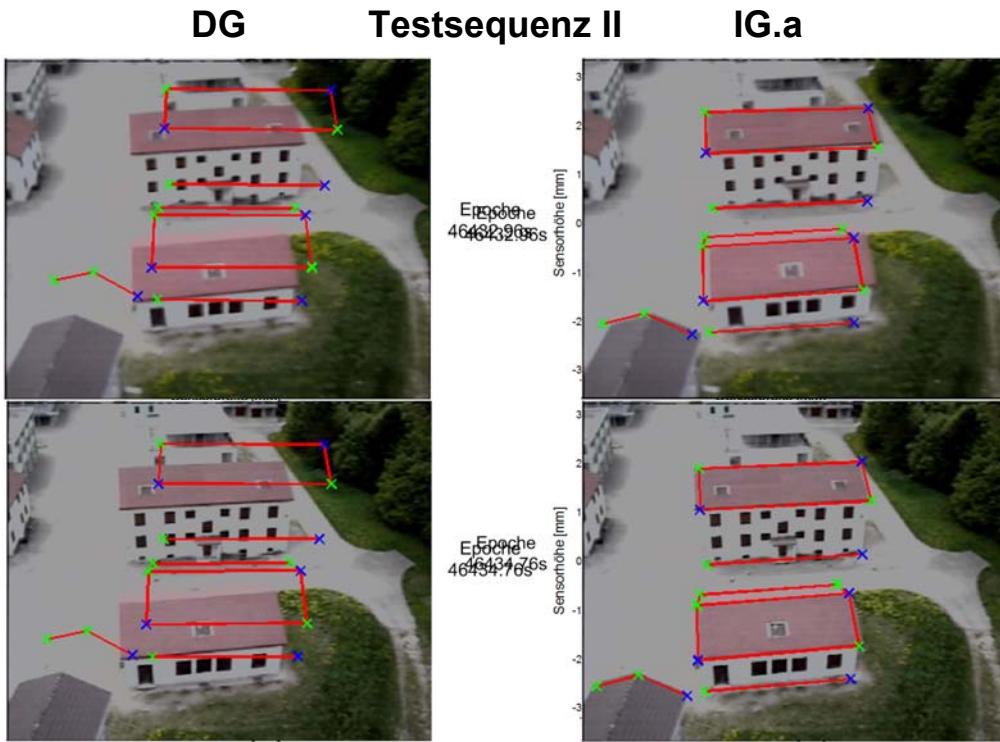
Testsequenz i: Minidrohne (dynamisch) – Untersuchungsgebiet Ballenberg

Testsequenz ii: Mikrodrohne (statisch) – Untersuchungsgebiet Eiken

a – Rückwärtsschnittbasiert

b – Bündelblockbasiert

Genauigkeitsuntersuchung Georegistrierungsansatz (II)



Verbleibende Restsystematik im Bild

Sequenz DG vs. IG.a 

Inhalt

Motivation und Einführung

Zielsetzung

Ansatz mobile Video-Georegistrierung

Umsetzung

Testflüge und Resultate

Fazit

Beurteilung

- Die direkte Georeferenzierung basierend auf INS/GNSS-Sensoren geringer Qualität kann für die Echtzeit-Registrierung von mobil erfassten Videosequenzen verwendet werden.
- Die Funktionstüchtigkeit des vorgeschlagenen integrierten Ansatzes für die Feinregistrierung kann in Regionen mit **einfachen Gebäudestrukturen unter realen Bedingungen** demonstriert werden
- Robuste Merkmalsextraktion und Modellbildung für **Relationale Zuordnung** ist bei **unterschiedlichen Lichtverhältnissen sehr schwierig**
- Der integrierte Ansatz zeigt eine flexible Lösung für eine INS/GNSS/Vision-Datenintegration in einem geodätischen Referenzrahmen
- Echtzeitfähigkeit der zweiten Registrierungsstufe ist noch nicht demonstriert
 - A* Suche ist nicht linear zu den Anzahl Primitiven in den Modellbeschreibungen
 - Echtzeitfähigkeit einer Bündelblockausgleichung ist gezeigt (*Engels, 2006*)

Zusammenfassung

- Die vorgeschlagene Video-Georegistrierung basiert auf einem zweistufigen Ansatz
 - Direkte Georeferenzierung (Registrierungsstufe I)
 - Integrierte Georeferenzierung (Registrierungsstufe II)
- Integrierte Georeferenzierung ermöglicht eine Verbesserung der Registrierungsgenauigkeit auf Basis bestehender 3D-Stadtmodelldaten
- Die Registrierung erfolgt im Bezugsrahmen des vorliegenden Stadtmodells
- Vielseitiger Einsatz des integrierten Ansatzes möglich
 - Registrierung von Bildaufnahmen auf bestehende 3D-Geodatenbestände
 - Eco-localisation – Stützung der Navigationsdaten durch Monobildsensor
- Der zweistufige Ansatz wurde in einer Prototypanwendung implementiert und mit Testsequenzen validiert
- Die integrierte Lösung ermöglicht eine Steigerung der Georegistrierungsgenauigkeit um den Faktor 3 im Vergleich zur direkten Lösung

Fragen ? – Diskussion

Kontakt

Hannes Eugster

Fachhochschule Nordwestschweiz
Institut Vermessung und Geoinformation

Gründenstrasse 40
4132 Muttenz

hannes.eugster@fhnw.ch
T +41 61 467 46 24

iNovitas AG
Mobile Mapping Solutions

Gründenstrasse 40
4132 Muttenz

hannes.eugster@inovitas.ch
T +41 61 467 44 54