

# **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](mailto: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 Geodatenätzen



### Integration von Bildsensoren ⇒ Steigerung der Registrierungs Genauigkeit

## Herausforderungen

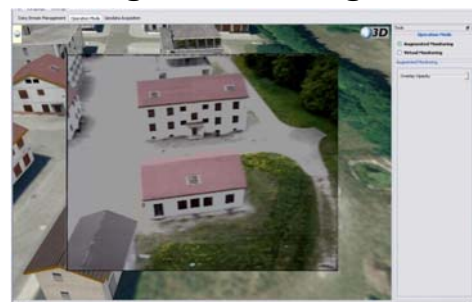
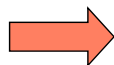
### Verbesserung der Georegistrierungs Genauigkeit durch ...

- 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

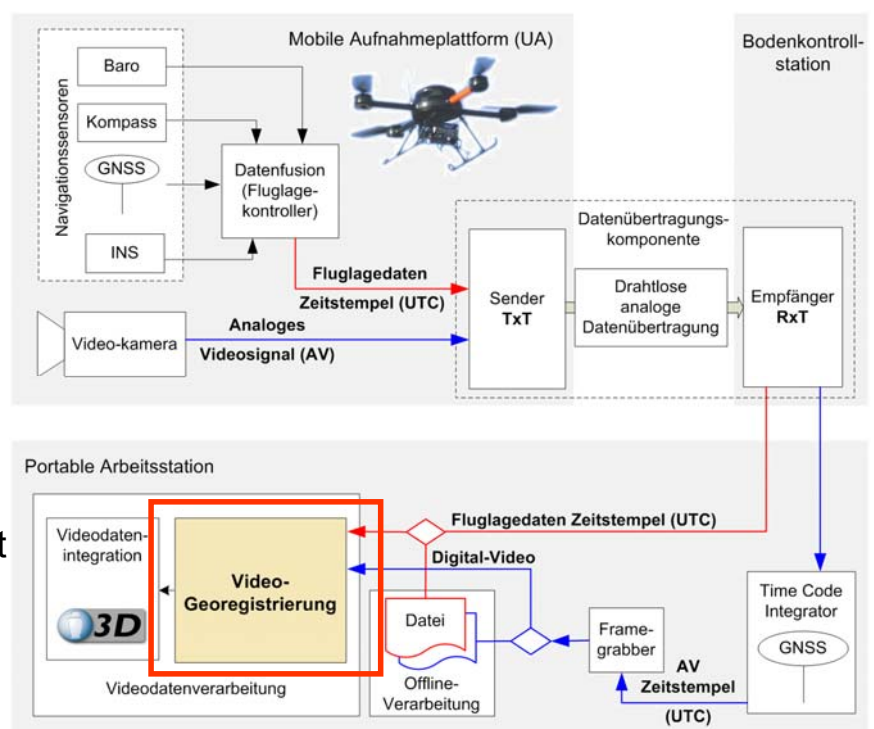
## Testflüge und Resultate

## Fazit

## Architektur und Integrationskonzept (I)

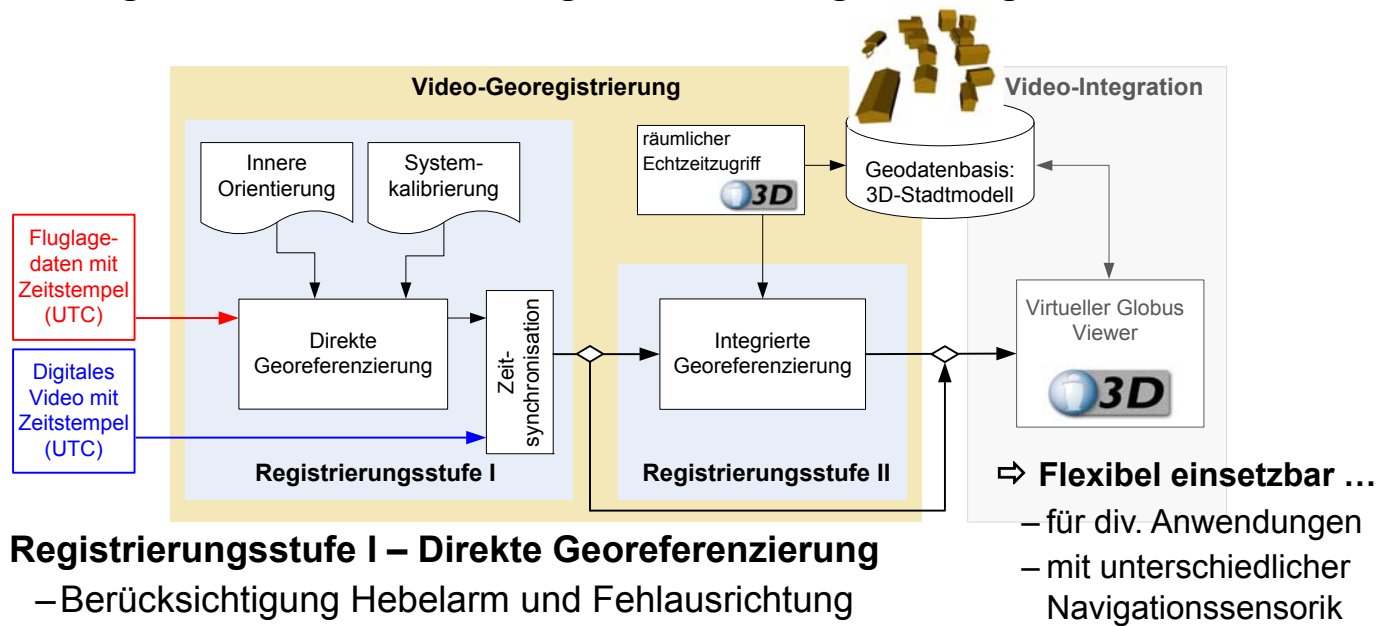
### Datenverarbeitungskette und Videointegration in 3D-Geoinformationsdienst

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



## Architektur und Integrationskonzept (II)

### Lösungsansatz zweistufige Video-Georegistrierung



### Registrierungsstufe I – Direkte Georeferenzierung

### Registrierungsstufe II – Integrierte Georeferenzierung

## Direkte Video-Georeferenzierung – Registrierungsstufe I

### Einfluss Navigationsdaten geringer Qualität

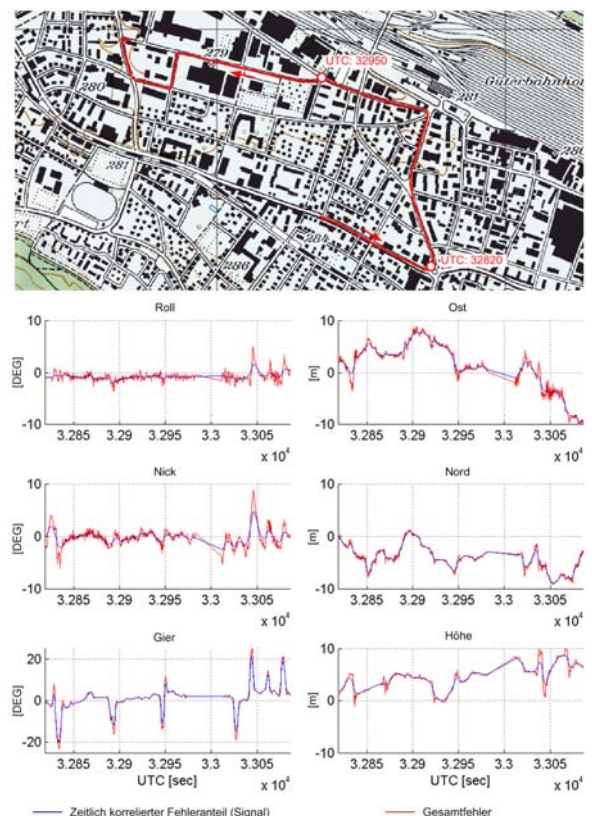
- Untersuchung systematisches Fehlerverhalten bezüglich Referenztrajektorie

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

⇒ Zeitliche hoch korrelierte Systematik enthalten

### Einfluss auf Fehlausrichtung- und Hebelarmkalibrierung

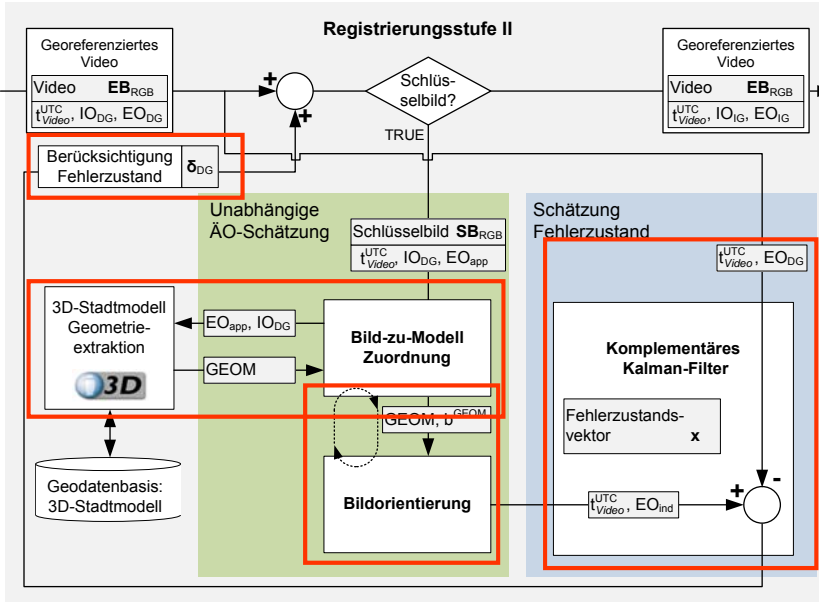
- Fehlausrichtung und Hebelarm sind stark korreliert mit systematischem Fehler der Navigationsdaten



## Integrierte Video-Georeferenzierung – Registrierungsstufe II

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

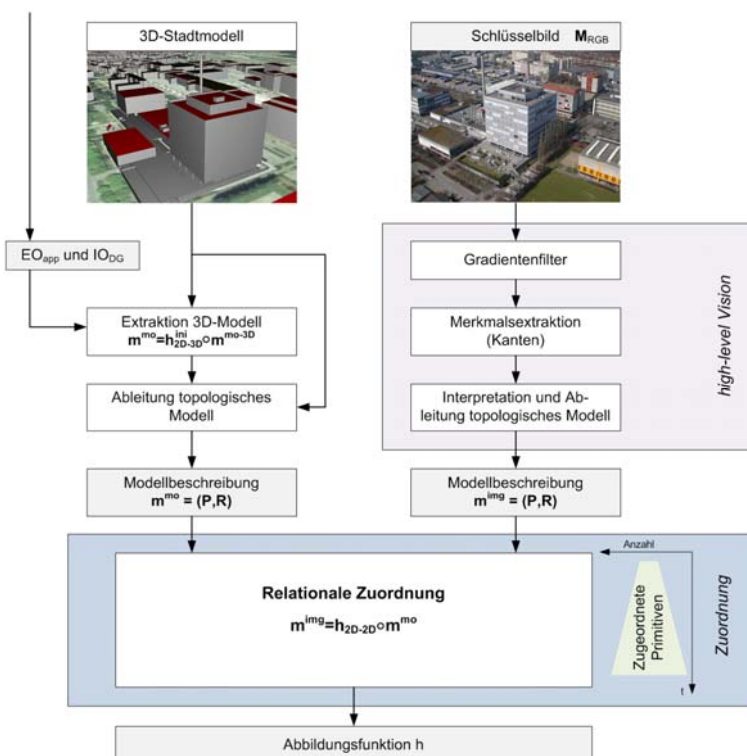
- Mit Hilfe der Bildinformation und verfügbaren 3D-Stadtmodelldaten
- Behandlung der hoch korrelierten Fehleranteile in einem Term



### Architektur integrierte Verarbeitung

- Bild-zu-Modell Zuordnung für Schlüsselbild
- Unabhängige Orientierungsbestimmung aus Monoaufnahme
- Schätzung des aktuellen Fehlerzustandes
- Korrektur der direkten Georeferenzierung

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



Suchen nach der optimalen Abbildung zweier Modellbeschreibungen

Mitberücksichtigung von Relationen zwischen einzelnen Merkmalen

Implementierter Zuordnungsalgorithmus

- Adaptiertes Relational Matching für Aussenraumanwendungen

Prozessierungsschritte

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



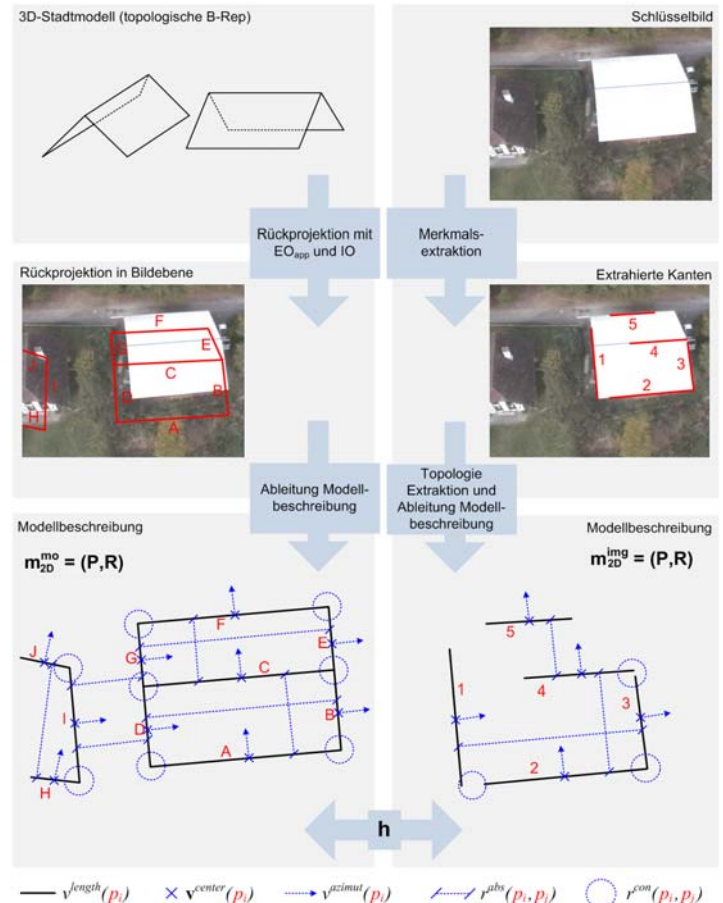
## Bild-zu-Modell Zuordnung – Relational Matching (II)

### 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 (Vosselman, 1992)



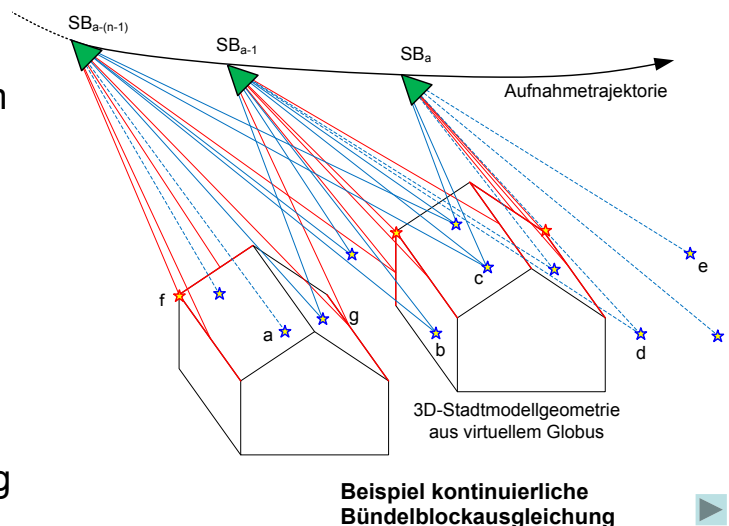
## Unabhängige Orientierungsbestimmung

### Einzelbildorientierung

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

### Kontinuierlicher Bündelblock

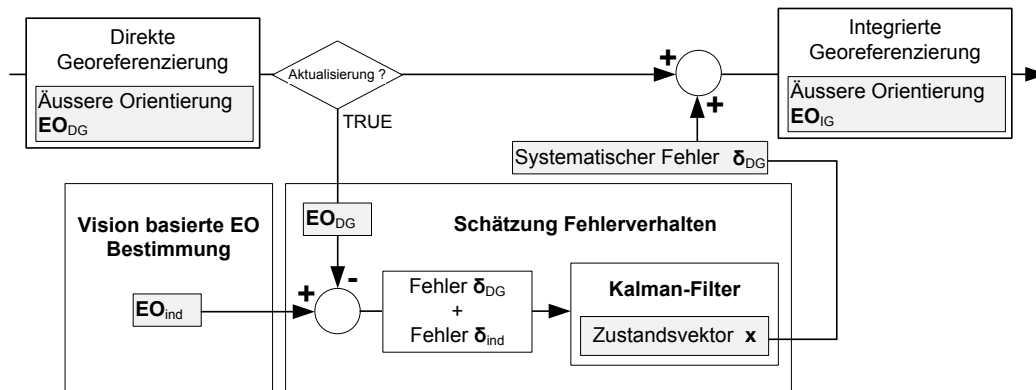
- Anlehnung an SLAM und SfM
- Referenzierung bezügl. absolutem geodätischem Bezugssystem
- Stützung der Orientierungsbestimmung durch Verknüpfungspunkte
- Schätzung erfolgt über die letzten  $n$ -Schlüsselframes
- Levenberg-Marquardt Optimierung (Madsen et al. 1999)



Beispiel kontinuierliche Bündelblockausgleichung

# Kontinuierliche Fehlerzustandsschätzung

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



- *Error state* Filter (einfach anwendbar in Kombination mit unterschiedlichen INS/GNSS-Systeme)
- 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

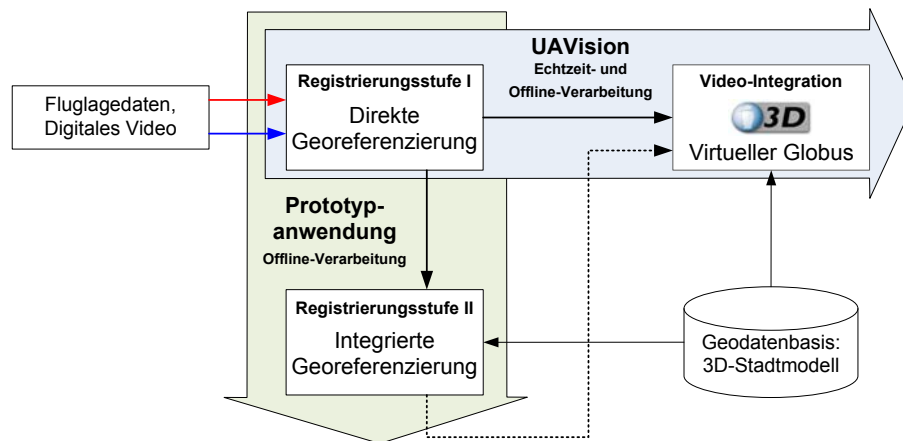
### Umsetzung

### Testflüge und Resultate

### Fazit



## Prototypenanwendung und Umsetzung

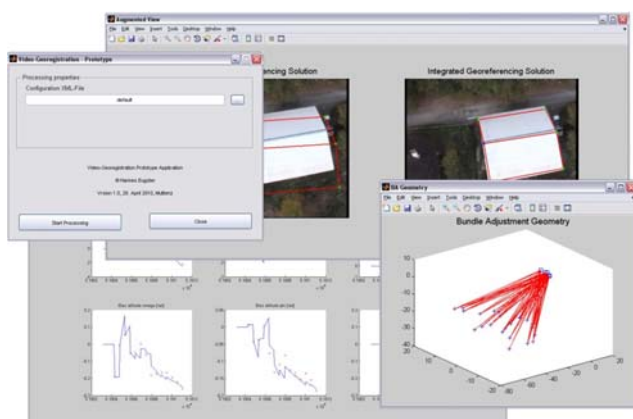


## UAVision – Kommerzielle Softwarelösung für Mini- und Mikrodrohnenbasierte ...

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

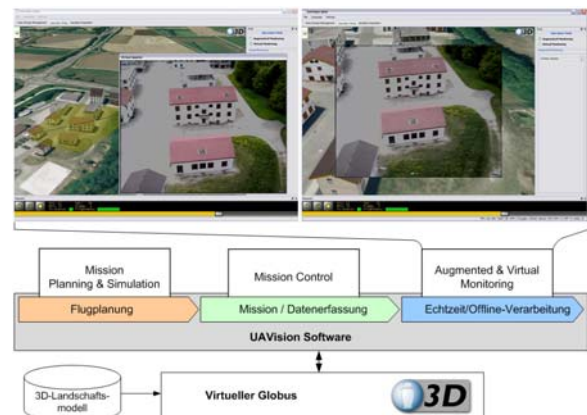
## VGR-Prototypenanwendung für Test integrierte Georeferenzierung

## VGR-Prototypenanwendung



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

## UAVision



- 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
<b>Plattform</b>		
Hersteller	Microdrones	SURVEY Copter
Typ	Quadkopter	Rotationsflügler
UAS-Kategorie	Mikro	Mini
Nutzlast	0.2 kg	~5 kg
Max. Abfluggewicht	1 kg	15 kg
Grösse	0.7 m	2 m
<b>Fluglageregelung</b>		
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)
<b>PAL-Videokamera</b>		
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)

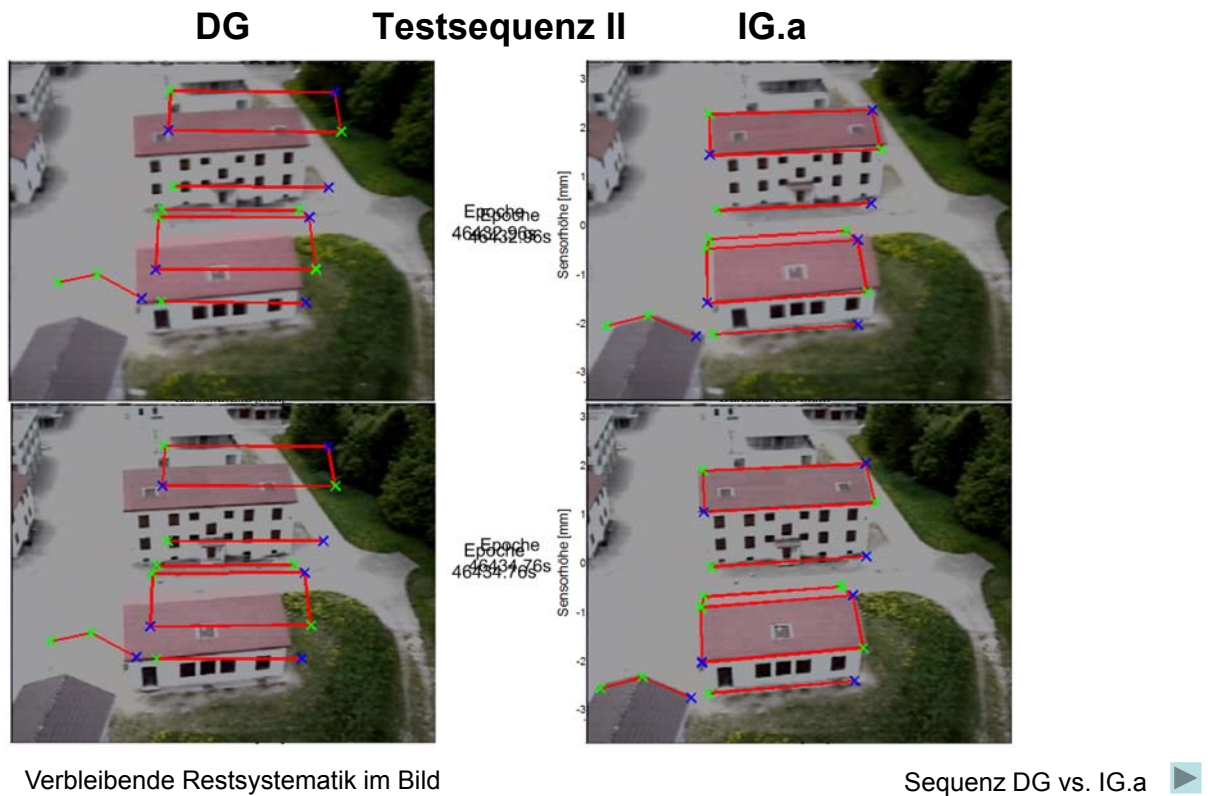
Testsequenz / Prozessierungs konfiguration	mittlere Objektdistanz [m]	Georeferenzierungs genauigkeit		Georegistrierungs genauigkeit	
		RMS im Bildraum [Pixel]	RMS im Objektraum [m]	RMS im Bildraum [Pixel]	RMS im Objektraum [m]
<b>i / DG</b>	39	-	-	35.0	1.3
<b>i / IG.a</b>	42	-	-	18.4	0.66
<b>i / IG.b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



## 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](mailto:hannes.eugster@fhnw.ch)

T +41 61 467 46 24

iNovitas AG  
Mobile Mapping Solutions

Gründenstrasse 40  
4132 Muttenz

[hannes.eugster@inovitas.ch](mailto:hannes.eugster@inovitas.ch)

T +41 61 467 44 54