Entwurf & Implementation einer Refotografie-Applikation für iOS

Autor

Rasmus Diederichsen

Betreuung

Prof. Dr. Oliver Vornberger

Ann-Katrin Häuser, MSc.

AG Medieninformatik

Inhalt

Refotografie

Rekonstruktion von Aufnahmen

- Position, Orientierung
- Brennweite, Hauptpunkt, etc.

Erstellung von Vorher-Nachher-Vergleichen

- Historische Entwicklung von Gebäuden
- Baufortschritt
- Jahreszeiten

Problem: Wie Pose finden?

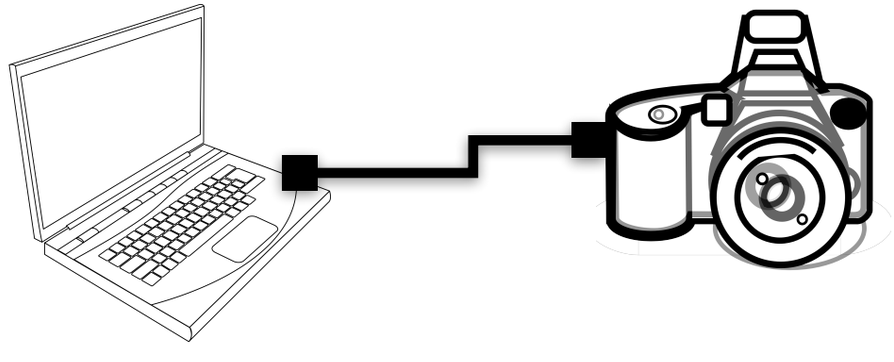
Bisher

- Bisher: Augenmaß, Trial & Error, Annäherung & Nachbearbeitung
- *Timera*, *rePhoto*: Hilfestellung durch Overlay
  - Rekonstruktion erfolgt manuell

Neu

- Bae et al., 2010

Computational Re-Photography (Bae, Agarwala, Durand, 2010)



Rekonstruktion von Brennweite, Hauptpunkt und Pose historischer Fotos

- Komplette Rekonstruktion aller Parameter
- Pfeile zur Veranschaulichung der 3D-Translation
- Weder mobil noch verfügbar

Ziele

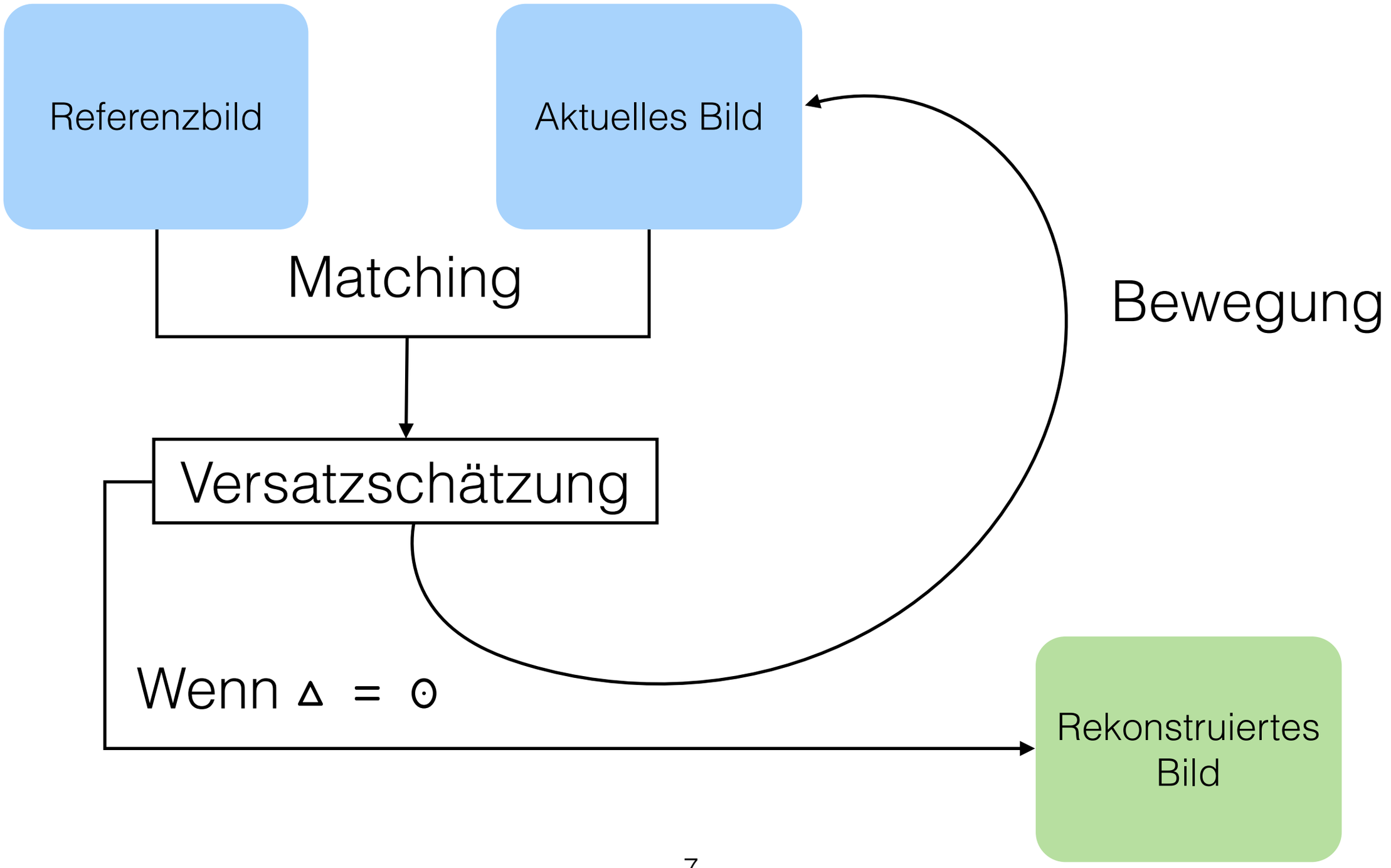
- Vereinfachung des Ansatzes von Bae et al.
- Automatisierte Refotografie

1. (möglichst) Automatische Rekonstruktion eines Aufnahmestandortes eines *ähnlichen* Bildes

2. Führung des Nutzers zur richtigen Pose (Translation, *ggf. Rotation*)

3. Anfertigung & Anzeigen der ggf. nachoptimierten Refotografie

Ablauf (naiv)


Referenzbild
Aktuelles Bild
Matching
Versatzschätzung
Bewegung
Wenn Δ = 0
Rekonstruiertes Bild

Versatzschätzung – Epipolargeometrie

Gegeben 2 kalibrierte Aufnahmen einer Szene, berechne Posedifferenz *(R,T)*

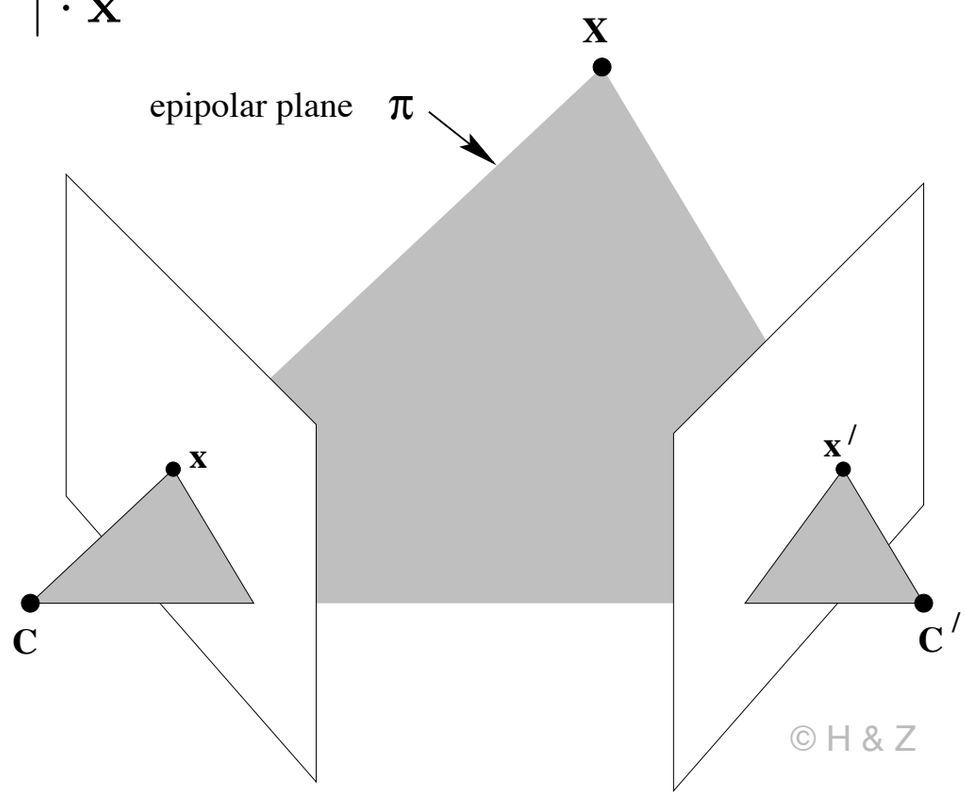
Es ist $\mathbf{X}' = R\mathbf{X} + T$

$$\lambda_2 \mathbf{x}' = R\lambda_1 \mathbf{x} + T \qquad | \cdot \hat{T}$$

$$\lambda_2 \hat{T}\mathbf{x}' = \lambda_1 \hat{T} R\mathbf{x} + \underbrace{\hat{T}T}_{=0} \qquad | \cdot \mathbf{x}'^T$$

$$\lambda_2 \underbrace{\mathbf{x}'^T (T \times \mathbf{x}')}_{=0} = \lambda_1 \mathbf{x}'^T \hat{T} R\mathbf{x}$$

$$0 = \mathbf{x}'^T \underbrace{\hat{T}R}_{E} \mathbf{x}$$



Versatzschätzung – Epipolargeometrie

Gegeben 2 kalibrierte Aufnahmen einer Szene, berechne Posedifferenz *(R,T)*

$$\mathbf{x'}^T E \mathbf{x} = 0$$

Verschiedene Algorithmen zur Schätzung

- 8-Punkt-Algorithmus *(Longuet-Higgins, 1981)*
- 5-Punkt-Algorithmus *(Níster, 2003)*

4 Lösungen für *(R,T)*

- Richtige Lösung führt zu rekonstruierten Punkten mit positiver Tiefe in beiden Frames
- Eindeutige Lösung (bis auf Skalierung für *T* 😑)

Probleme der Versatzschätzung

1. Naive Idee: Referenzbild immer mit aktuellem Bild vergleichen
   - Schätzung wird für $\Delta = 0$ instabil
   - je näher an der Wahrheit, desto weniger weiß man weiter
2. Unbekannte Skalierung erschwert Vergleich über Iterationen

Problem 1: Schätzungsdegeneration

Lösung (Bae et al.)

1. 2 Bilder der Szene aufnehmen
   - *First frame*, etwa 20° vom Original rotiert
   - *Second frame*, beste Annäherung an Original nach Augenmaß
2. Versatz $T_{first,ref}$ zwischen Referenzbild und *First frame* berechnen
3. Anstatt $T_{current,ref} = 0$ lieber $T_{first,current} = T_{first,ref}$ anpeilen

✓ Instabilität der Schätzung vermeiden

Problem 2: Unbekannte Skalierung

Lösung (Bae et al.)

1. 2 Bilder der Szene aufnehmen
   - *First frame*, etwa 20° vom Original rotiert
   - *Second frame*, beste Annäherung an Original nach Augenmaß
2. 3D-Rekonstruktion der Szene (Punktwolke)
3. Mittlere Distanz der Punkte zur Kamera als Skala verwenden
4. Jeweils mit aktuellem Frame neu Rekonstruieren, Distanz vergleichen, *T* skalieren

✓ Vergleichbarkeit der Iterationen

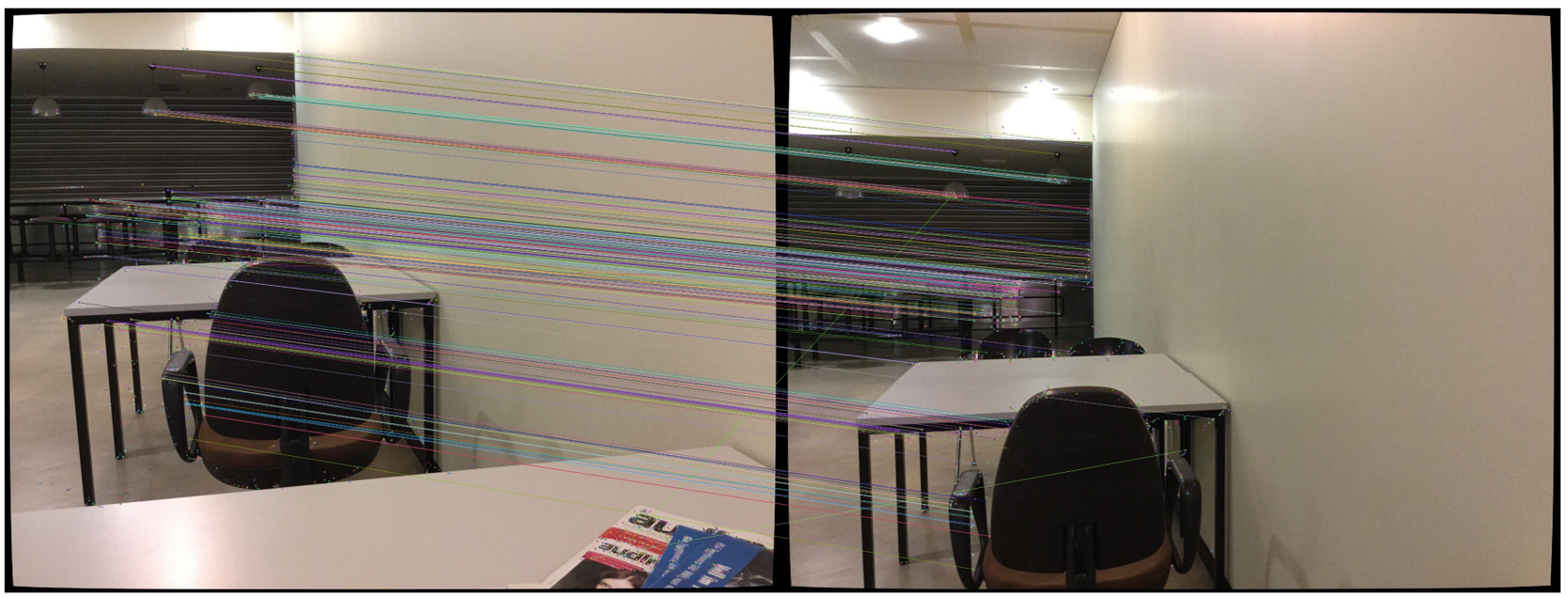
✓ Maß für Nähe (nicht nur Richtung) des Ziels

Korrespondenzfindung

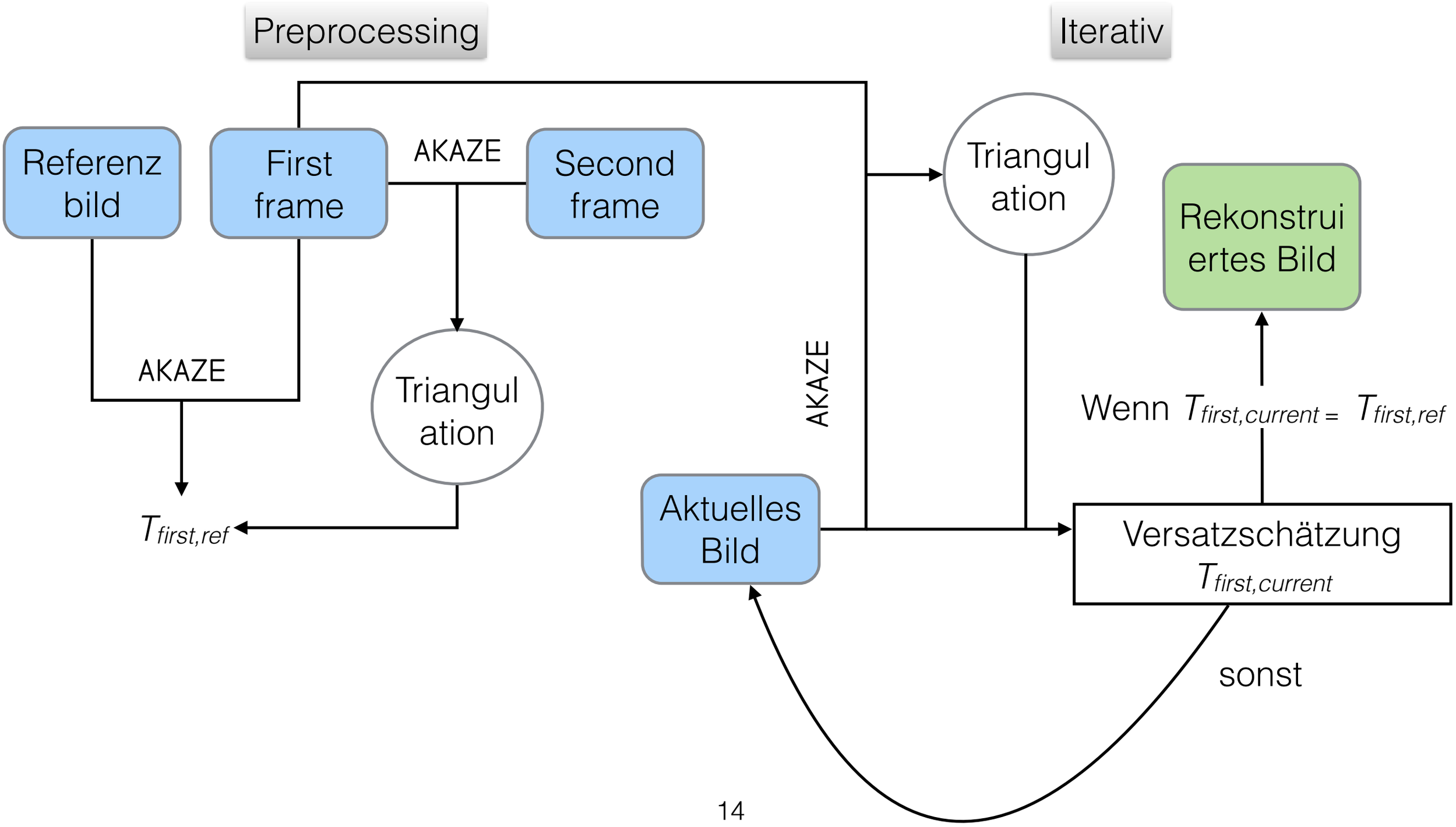
Feature-Detektion

- SIFT (patentiert, effektiv, langsam, reelle Deskriptoren)
- SURF (patentiert, effektiv, schnell, reelle Deskriptoren)
- AKAZE (frei, schnell, binäre Deskriptoren, schneller matchbar, *Alcantarilla 2013*)

- AKAZE-Features auf beiden Bildern finden
- *(Brute-force)* Matching der Deskriptoren
- Als Korrespondenzen verwenden
- **Essentielle Matrix + Posedifferenz berechnen**



Ablauf


Preprocessing
Iterativ
Referenz bild
First frame
AKAZE
Second frame
AKAZE
Triangul ation
$T_{first,ref}$
Triangul ation
Rekonstrui ertes Bild
AKAZE
Wenn $T_{first,current} = T_{first,ref}$
Aktuelles Bild
Versatzschätzung
$T_{first,current}$
sonst

Demo

Stand & Geplante Features

Stand

- 1. Version des UI
  - Auswahl
  - Kantenoverlay, Bild machen
  - anzeigen
- 1. Implementierung Bildversatzschätzung (noch nicht integriert)
- Ansatz zum Upload
- Theoretische Überlegungen

Fehlend, Geplant

- Galerie (anzeigen aller Refotos)
- Assistenzsystem
- Optimierung d. Ergebnisses
- *Code-Qualität, Portabilität, Ästhetik*

Danke für die Aufmerksamkeit

Referenzen

- Bae, S. (2009) *Analysis and Transfer of Photographic Viewpoint and Appearance* (Doctoral dissertation) Retrieved from DSpace MIT (http://hdl.handle.net/1721.1/55085)
- Bae, S., Agarwala, A., & Durand, F. (2010). *Computational Re-Photography*. ACM Transactions on Graphics, 29(3).
- Hartley, R., & Zisserman, A. (2003). *Multiple view geometry in computer vision* (2nd ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Longuet-Higgins, H. (1981). *A computer algorithm for reconstructing a scene from two projections*. Nature, 293(5828)
- Nister, D. (2004). *An efficient solution to the five-point relative pose problem*. The IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 26(6).
- Vornberger, O. http://www.vorher-nachher.photo/

Extras

Kameraparameter

Abbildung von Welt- in Pixelkoordinaten:

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{K}[\mathbf{R} \mid \mathbf{T}] \begin{bmatrix} x \\ y \\ w \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} f_x & s & u_0 \\ 0 & f_y & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} [\mathbf{R} \mid \mathbf{T}] \begin{bmatrix} x \\ y \\ w \\ 1 \end{bmatrix}$$

- Kameramatrix als bekannt vorausgesetzt
- Annahme: Kameramatrizen für alle Bilder identisch

Versatzschätzung – Epipolargeometrie

Gegeben 2 kalibrierte Aufnahmen einer Szene, berechne Posedifferenz *(R,T)*