

UAV-basierte Vermessung von Bergseen

Christian Mulsow

Lindau,
13.06.2018



DRESDEN
concept
Exzellenz aus
Wissenschaft
und Kultur

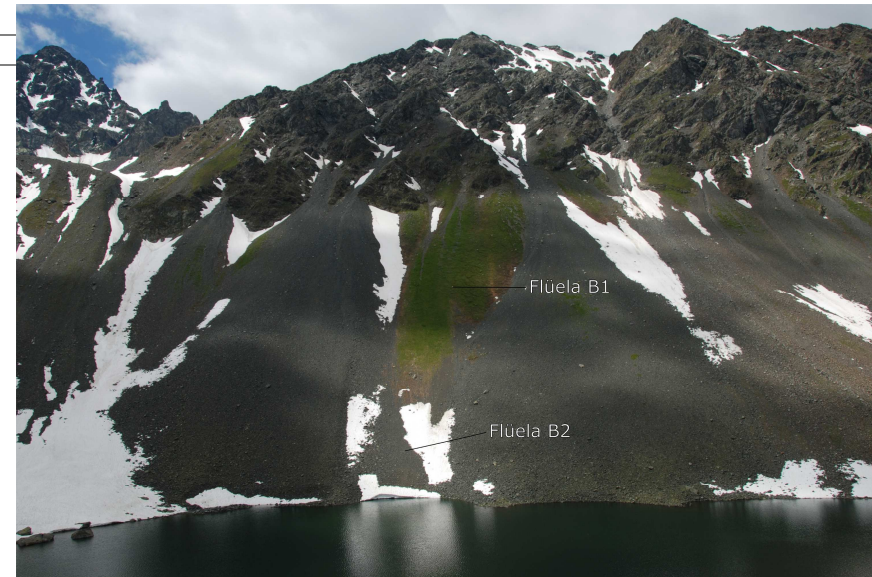
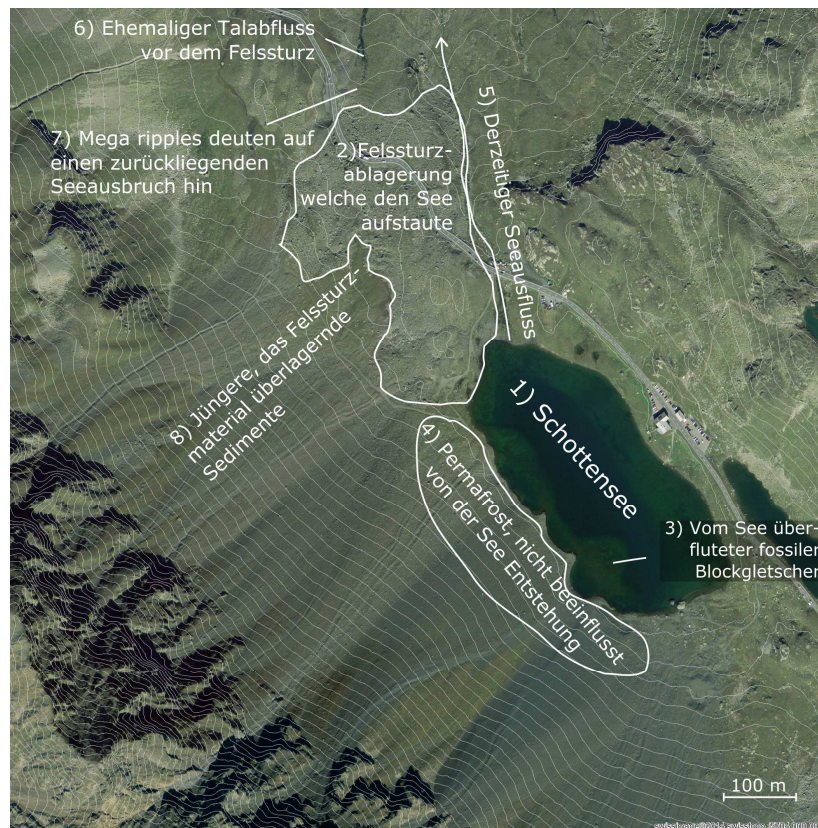


Inhalt

1. Motivation
2. UAV-Bildblock
3. Bildorientierung- Mehrmedienbündel
4. Unterwasser-DTM-Generierung
5. Ergebnisse



Motivation

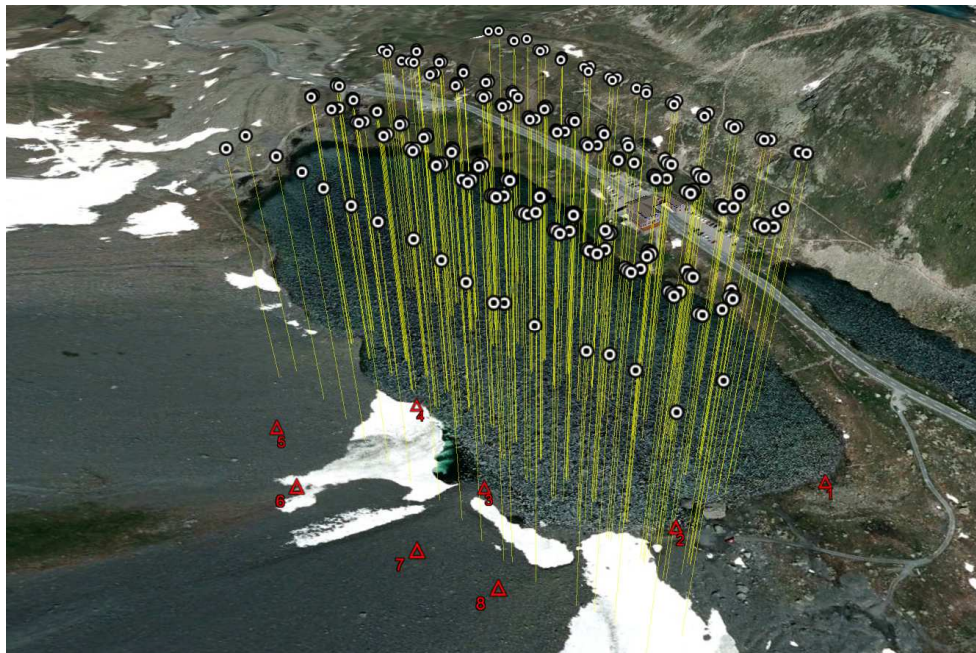


- Objekt: Schottensee (Flüelapass), Schweizer Alpen
- Ältestes Permafrost-Studienobjekt der Schweiz
- Ziel: Rekonstruktion der geomorphologischen Prozesse

Bedarf an DTM des Seebodens!



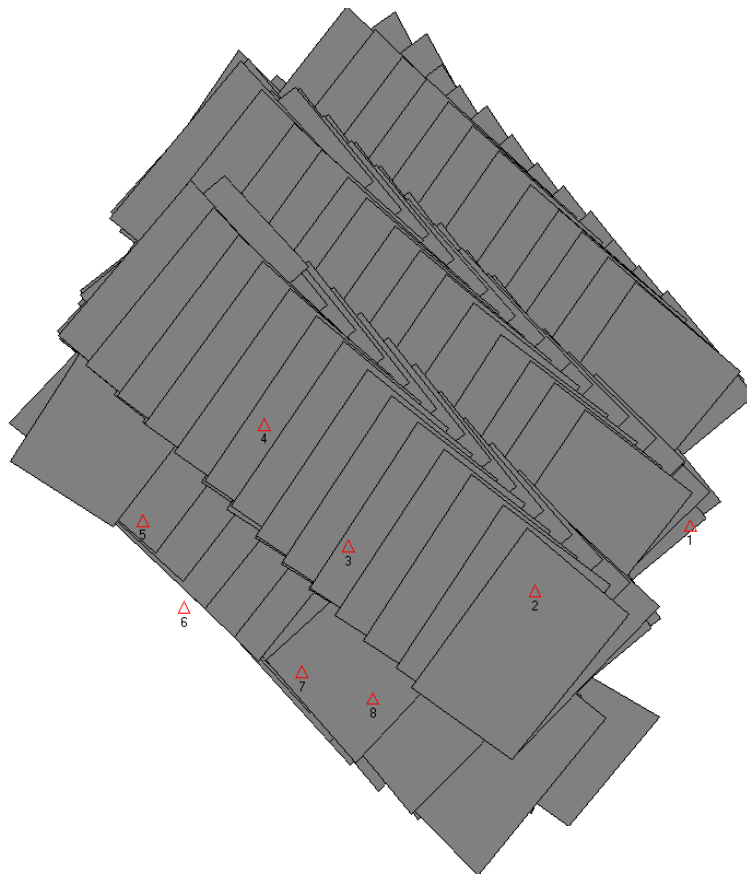
UAV-Bildblock



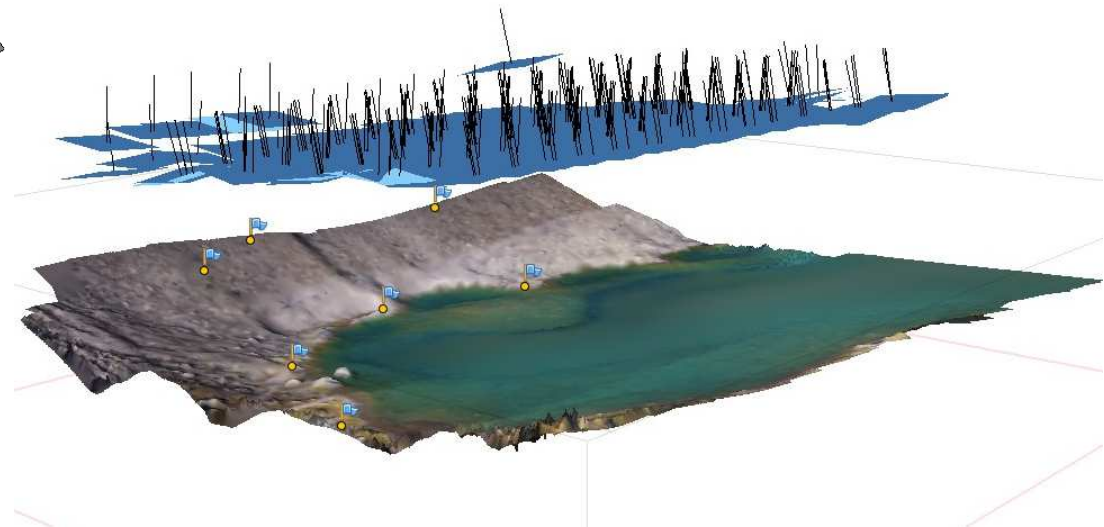
- UAV Ascending Technologies (AscTec) Falcon 8 octocopter
- Sony NEX-7 Kamera (24 Mp, 20mm, F/2.8)
- 300 Bilder
- 100m Flughöhe
- GSD 2cm
- Überlappung 75% längs, 65% quer
- Näherungs-Orientierungen von UAV's GNSS/IMU



UAV Bildblock

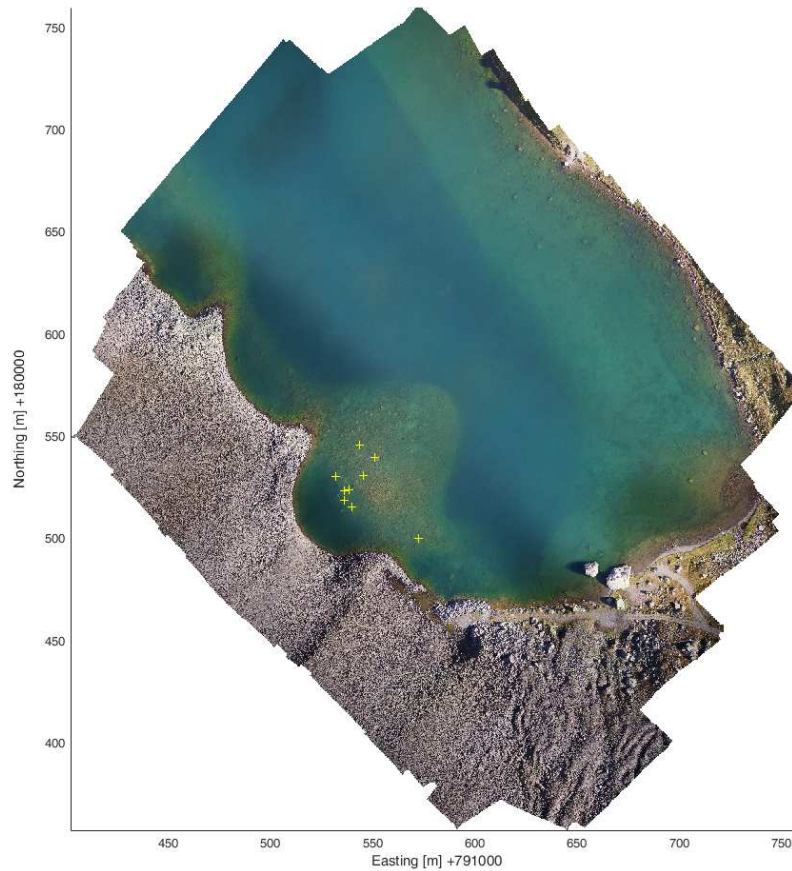


- 8 Passpunkte (Genauigkeit 5/5/10 cm in X/Y/Z)
- Keine Unterwasserpaspunkte!





UAV Bildblock



- 15 Kontrollpunkte (unvermarkt) am Seeboden (Genauigkeit 10/10/10 cm in X/Y/Z)
- Neigungsmessungen





Bildorientierung– Datenaufbereitung

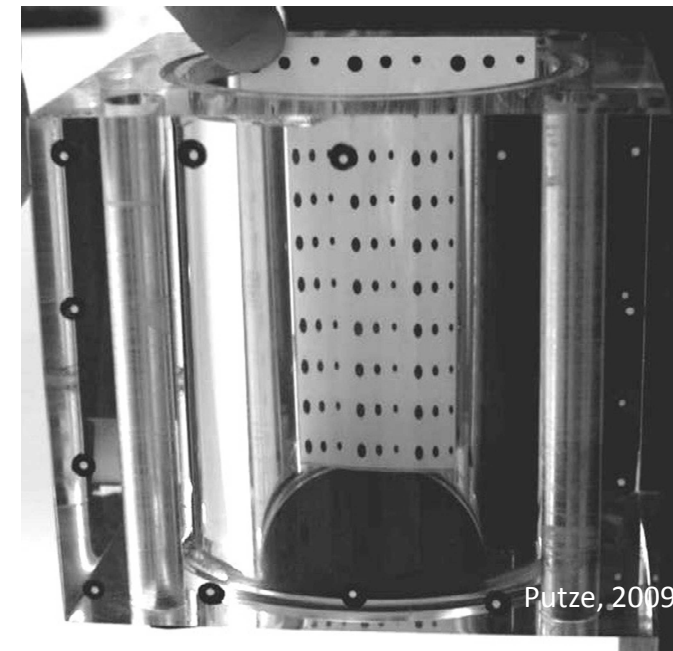
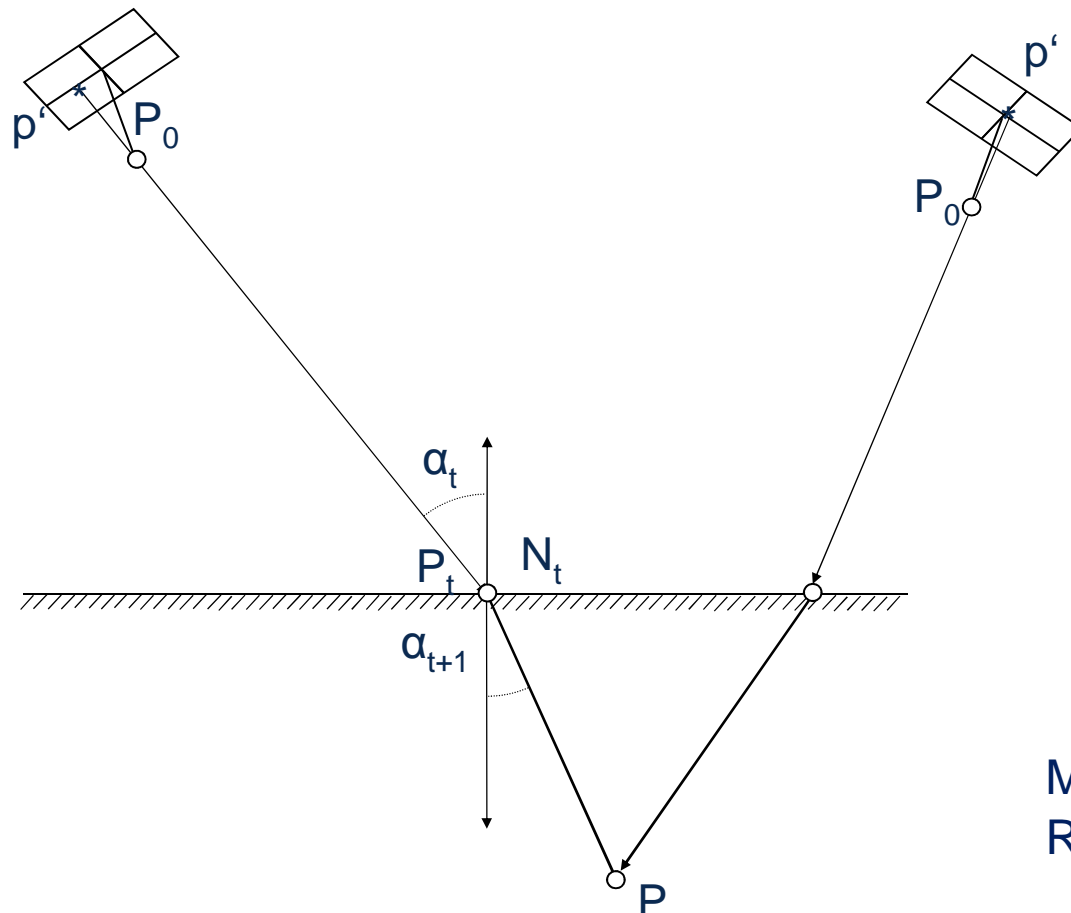


- Reduktion des Blockumfangs auf relevante Gebiete
- Aussortieren schlechter Bilder (unscharf, überbelichtet etc.)
- 6 Bilder mit >70% Wasserüberdeckung

→ **Komplette Orientierung mit konv. (Ein-Medien-) Bündel nicht möglich!**



Mehrmedienbündel



Modellierung der
Refraktionseffekte notwendig!



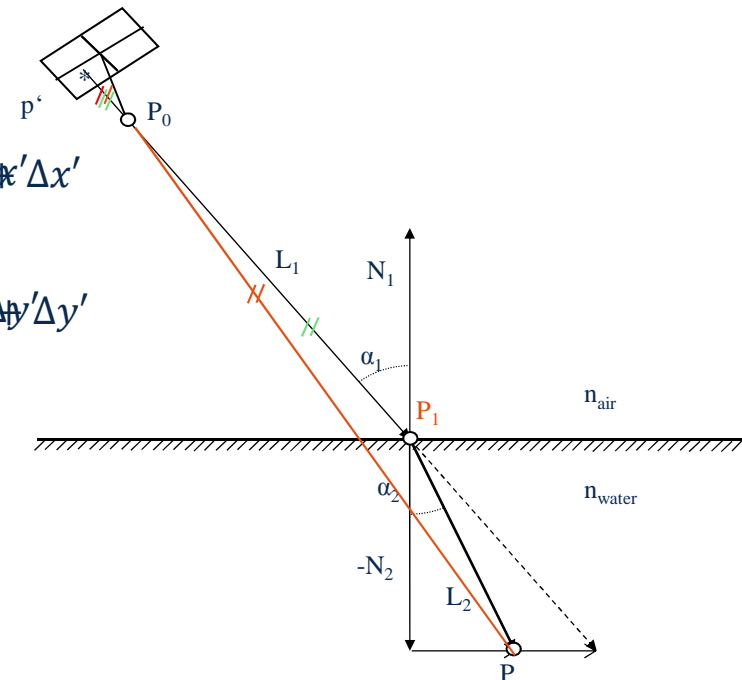
Mehrmedienbündel

Erweitertes Kollinearitätsgleichungssystem :

$$\begin{aligned}
 x' &= x'_0 + z' \frac{r_{11}(X_{P_1} - X_0) + r_{21}(Y_{P_1} - X_0 Y_0) + r_{31}(Z_{P_1} - X_0 X_0)}{r_{13}(X_{P_1} - X_0) + r_{23}(Y_{P_1} - X_0 Y_0) + r_{33}(Z_{P_1} - X_0 X_0)} \Delta x' \\
 y' &= y'_0 + z' \frac{r_{12}(X_{P_1} - X_0) + r_{22}(Y_{P_1} - X_0 Y_0) + r_{32}(Z_{P_1} - X_0 X_0)}{r_{13}(X_{P_1} - X_0) + r_{23}(Y_{P_1} - X_0 Y_0) + r_{33}(Z_{P_1} - X_0 X_0)} \Delta y'
 \end{aligned}$$

Koordinaten des Durchstoßpunktes P_1 über Rückwärts-Raytracing :

$$(P_1) = f_{BRT}(P_0, P, N_{water}, D_{water}, n_{air}, n_{water})$$



Alle Parameter können als Unbekannte behandelt werden!



Mehrmedienbündel

Backward Ray Tracing (BRT):

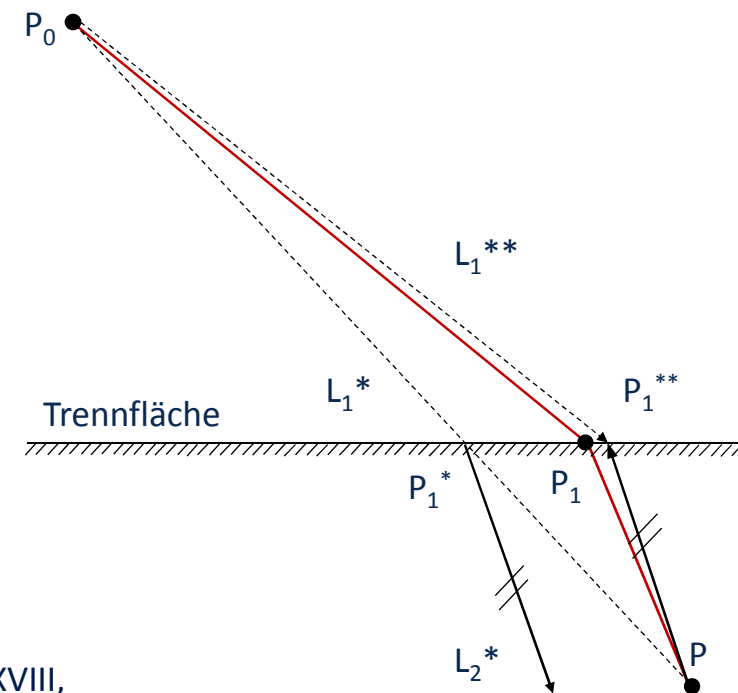
Beispiel : Alternating forward ray tracing (AFRT)

- Startvektor L_1 (Verbindung $P_0 - P$)
- Berechnung des gebrochen Bildstrahls L_2
- Verschiebung von L_2 in P , Berechnung Schnittpunkt P_1
- Vektor von P_0 to P_1 usw.

Abbruchkriterium: Betrag Änderung von P_1 unter Grenzwert

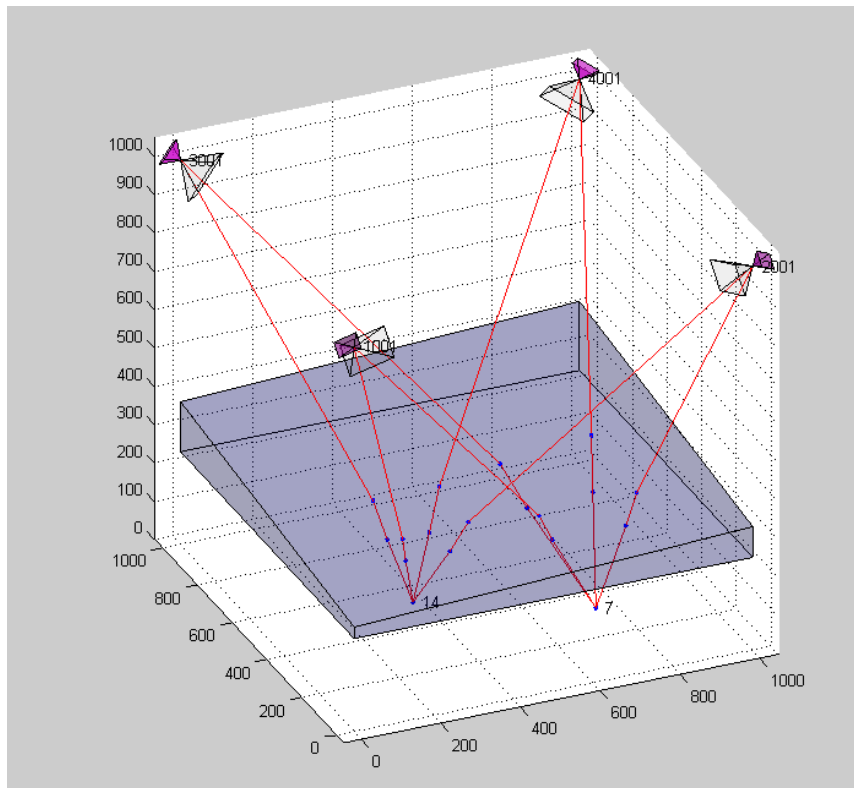
**Diverse Methoden implementiert für alle möglichen
Trennflächenkombinationen und Abbildungspfade**

Mulsow, C., 2010. A flexible multi-media bundle approach.
International Archives of Photogrammetry,
Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII,
Part 5 Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK





Mehrmedienbündel



Hoher Berechnungsaufwand!

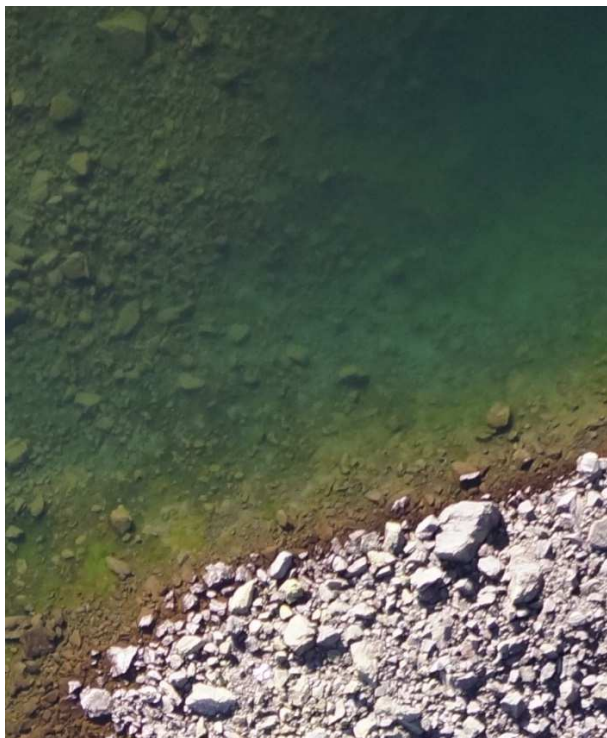
Numerische Differentiation notwendig!

- Nichtlineares Raytracing innerhalb nichtlinearem Kollinearitätsgleichungssystem
- Für jede numerische Differentiation 2x Raytracing notwendig!

**Strategie: Orientierung zuerst
(Verknüpfungspunkte), DTM
Generierung mit orientiertem Block!**



Bildmessung für Bildorientierung



Variierende Abbildungsqualität von Land- und Unterwasserbereichen!

- Bildmessung in LPS (Erdas)
- “semi-automatisches” Kennzeichnen von Unterwasserpunkten
- Schwieriges Messobjekt – Abbildungsqualität ~

Eingangsdaten für Bündel:

- 8000 Bildmessungen
- ~900 Verknüpfungspunkte
- 150 Unterwasserpunkte



Bildorientierung

- I. Alle Bildpunkte als Landpunkte (keine Mehrmedienmodellierung)
- II. Nur Landpunkte, Kameraparameter frei, nur Bilder mit mind. 70% Landüberdeckung
- III. Kameraparameter fest (von II), Bildorientierungen von Land-Bildern aus II fest, Orientierungen der Restbilder frei (>30% Wasserüberdeckung), Unterwasser-Bildpunkte zusammen mit Landpunkten, Wasserebene fest (N Lotrichtung D aus GPS, Brechungsindex Wasser)
- IV. Maximaler Freiheitsgrad, Wasserebene fest

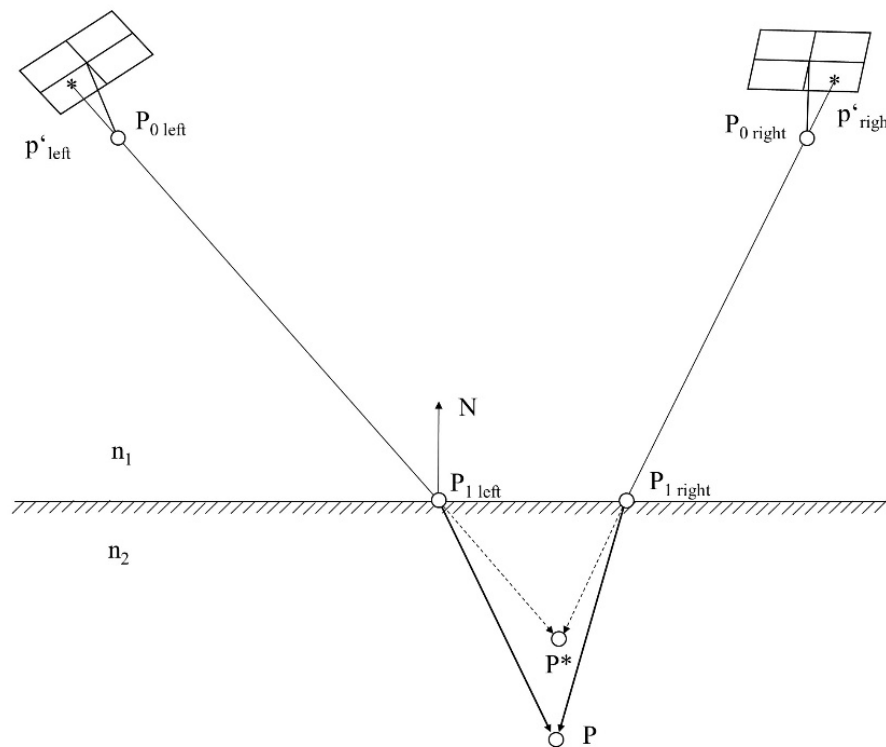
Keine Bestimmung der Wasseroberfläche möglich !

Unzureichend Aufnahmegeometrie – nur Senkrechtaufnahmen!

Quality Parameter	Parameter Setting No.			
	I	II	III	IV
s_0 [px]	0.48	0.47	0.49	0.49
RMS x' y' land [px]	0.43/0.44	0.42/0.43	0.42/0.43	0.43/0.44
RMS x' y' water [px]	0.44/0.43	-	0.51/0.51	0.46/0.46
c_k [mm]	20.443	20.467	20.467	20.441
x_H [mm]	-0.0027	-0.0018	-0.0018	-0.0030
y_H [mm]	0.0584	0.0552	0.0552	0.0587
RMS X/Y/Z land [cm]	1.7/1.4/4.4	1.5/1.2/3.8	1.5/1.2/3.8	1.7/1.4/4.4
RMS X/Y/Z water [cm]	1.0/1.7/4.4	-	0.9/1.6/5.3	1.0/1.8/6.0
	Underwater check-points			
RMS Z (Bundle) [cm]	2.9		3.5	4.0
RMS [cm] $Z_{\text{target}} - Z_{\text{actual}}$	65.8	-	11.8	14.5



DTM Generierung

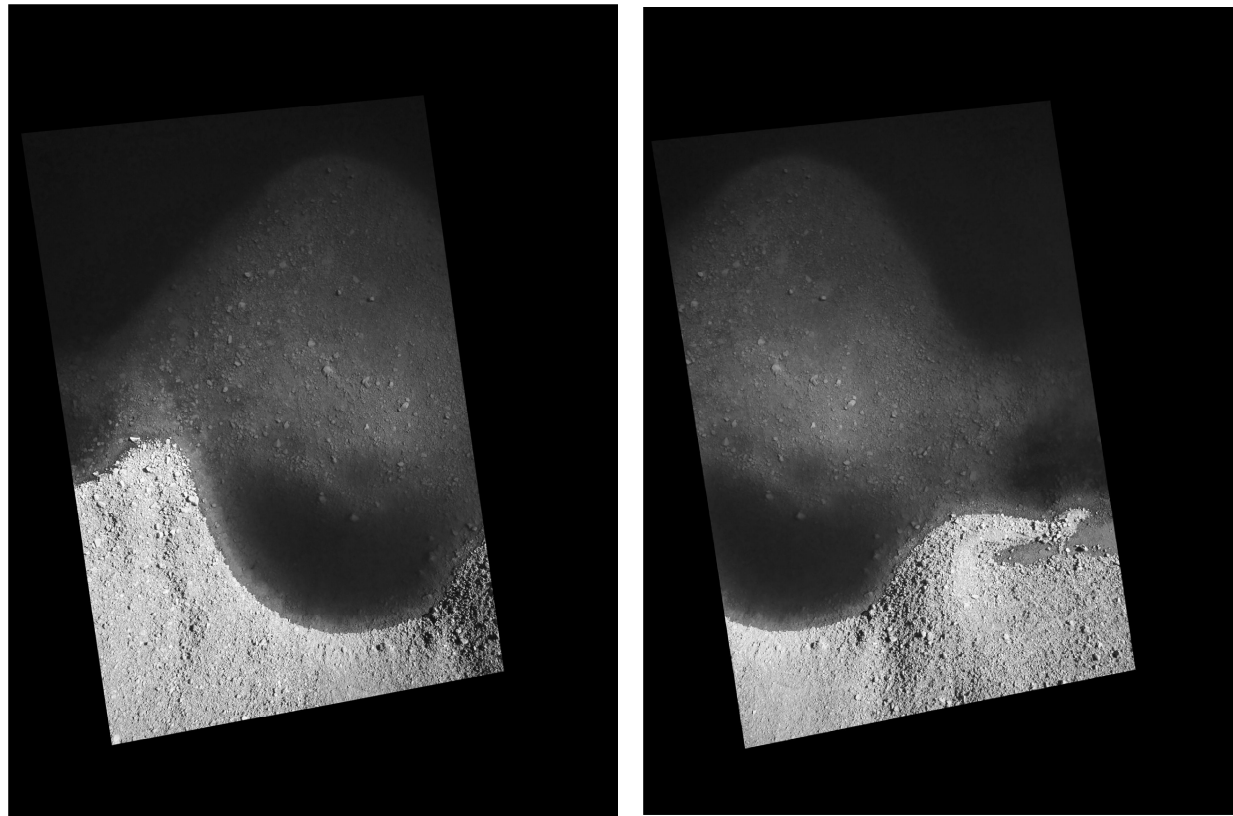


Extraktion auf Basis von Stereonormalbildpaaren

- Finden von Bildpunktpaaren
- Matching (LSM)
- Normaler Vorwärtsschnitt
- Identifikation von Unterwasserpunkten Anhand Höhe
- Mehrmedien-Vorwärtsschnitt für Unterwasserpunkte
- Fusionierung der Einzelpunktewolken
- Filterung
- TIN – Berechnung



DTM Generierung – Bildmessung



Stereonormalbildpaar

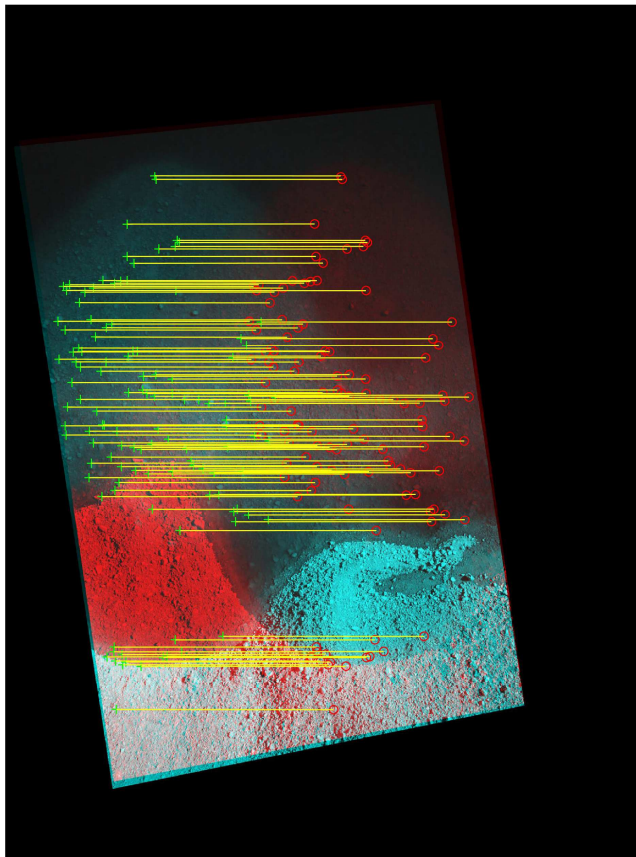
Achtung!

Nicht frei von y-Parallaxen
wegen Refraktion!

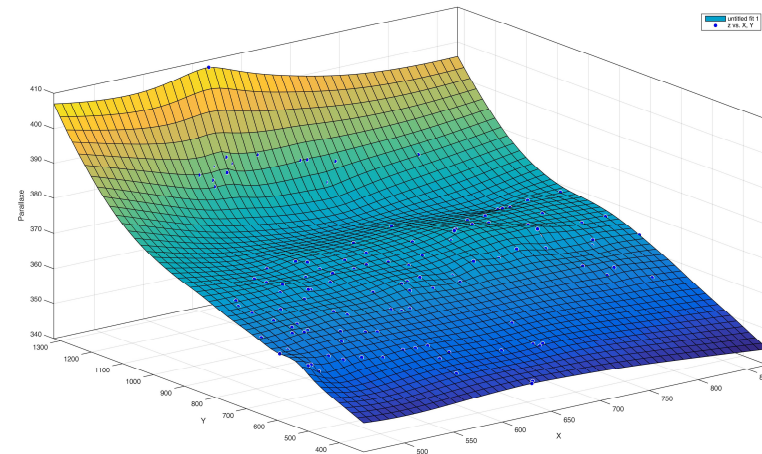
Nur für
Näherungswertberechnung !



DTM Generierung – Bildmessung



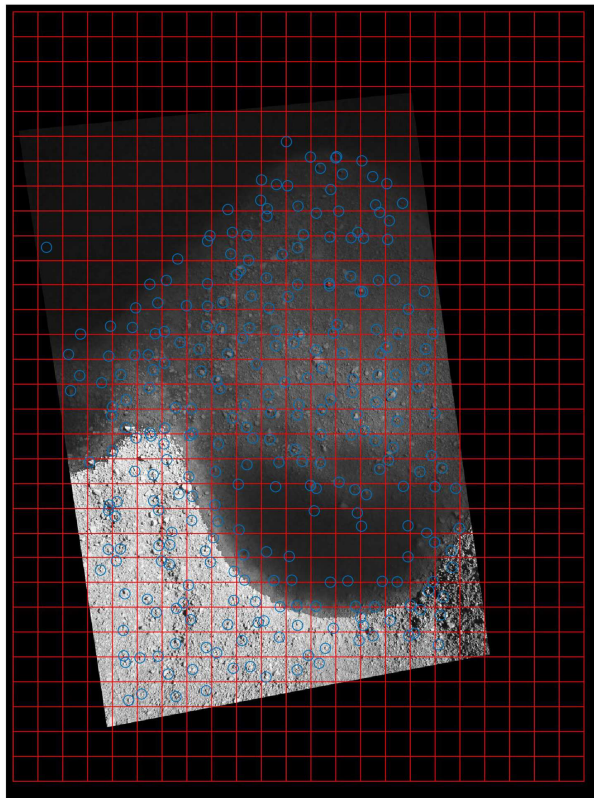
- Pyramidenansatz
- 1. Stufe : Reduktion Auflösung (Faktor 5)
- Descriptor-Matching (Harris-Merkmale)
- Disparitäts-Karte für nächst höhere Auflösung



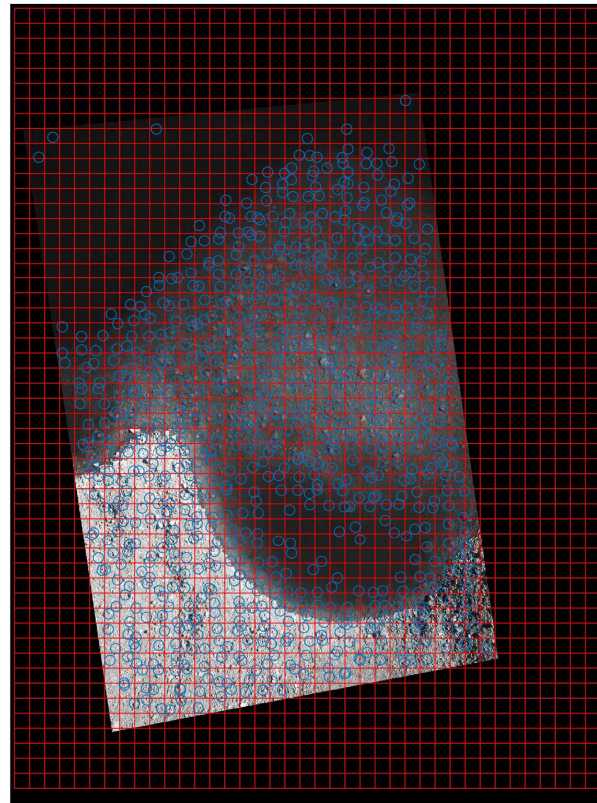


DTM Generierung – Bildmessung

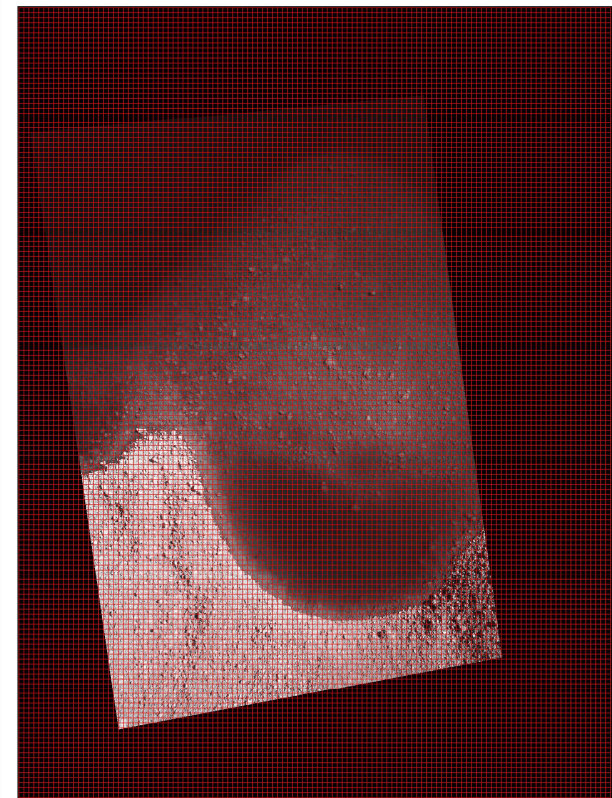
- Rasterweise Identifikation des besten Merkmalspunktes (Harris)



04.09.2018



UAV-basierte Vermessung von Bergseen

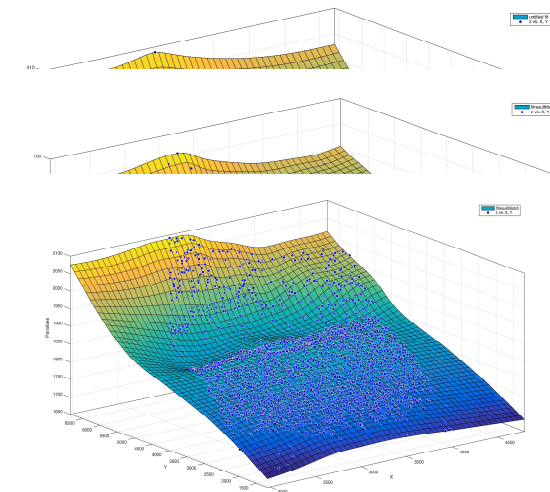
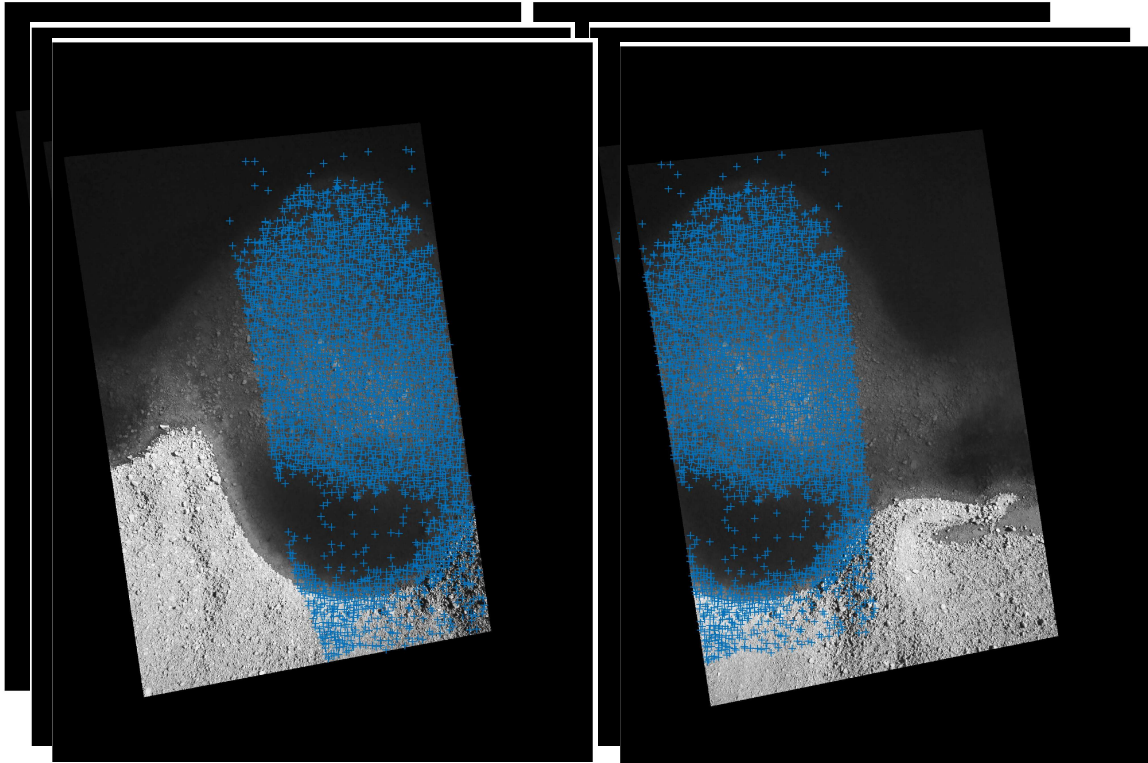


Folie Nr. 17 von 22



DTM Generierung – Bildmessung

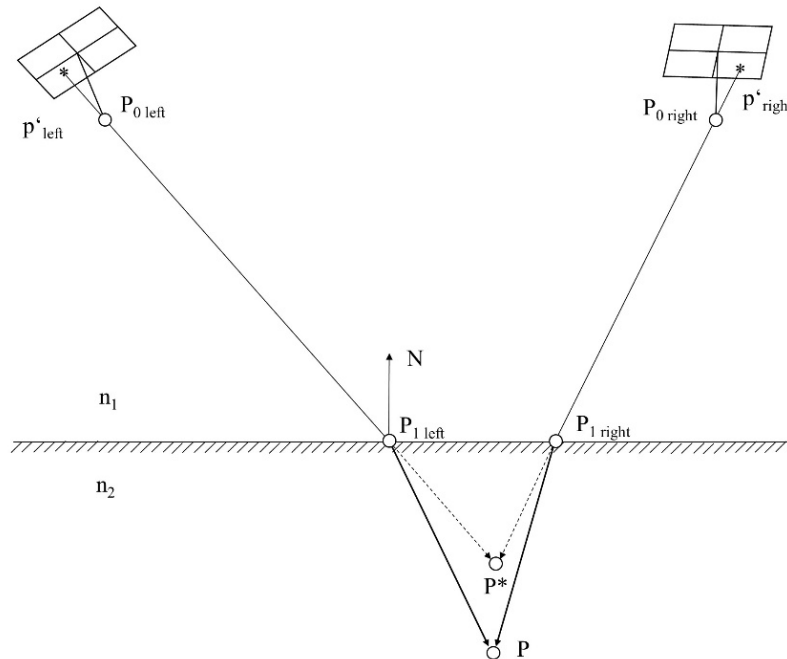
- LSM für jede Stufe (nur x-Verschiebung und Maßstab) → Disparitätskarte für nächst höhere Auflösung als Näherungswert für Punktsuche im Stereopartner



Final Messung im Originalbild mit vollem LSM Parametersatz!



DTM Generierung - Vorwärtsschnitt



Raytracing für Mehrmedien-Vorwärtsschnitt

Algorithmus von Glassner (1989):

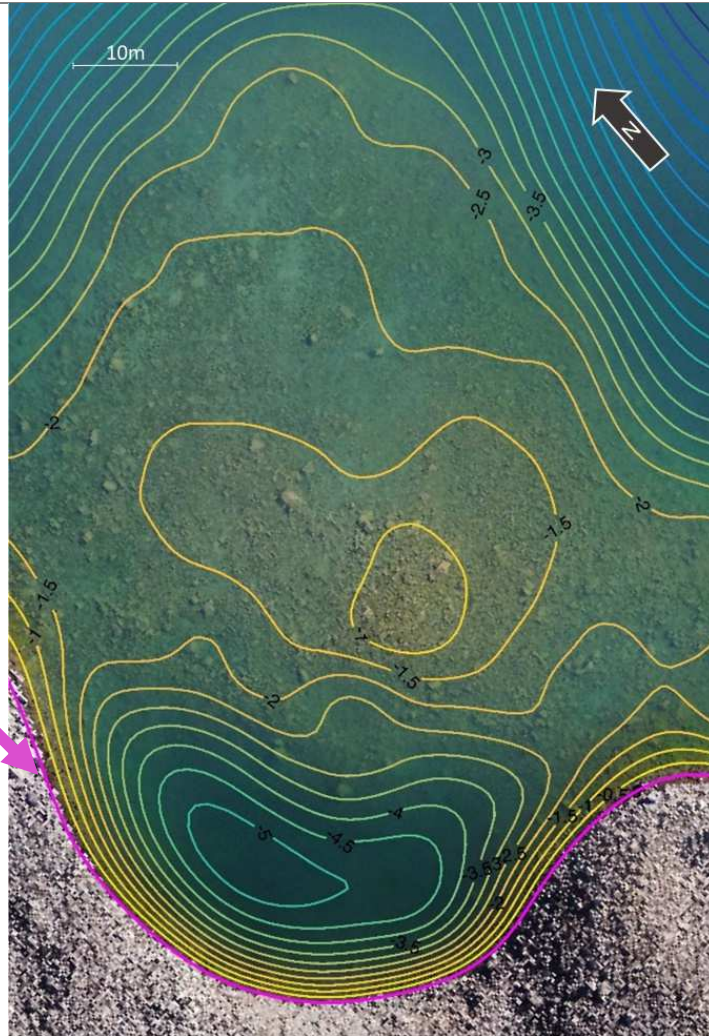
- Durchstoßpunkt durch Trennfläche über Geraden/Ebenen-Schnitt
- Richtung des gebrochenen Bildstrahls:

$$L_2 = \frac{L_1}{n} + \left(\frac{C}{n} - \sqrt{1 + \frac{1}{n^2} (C^2 - 1)} \right) N$$

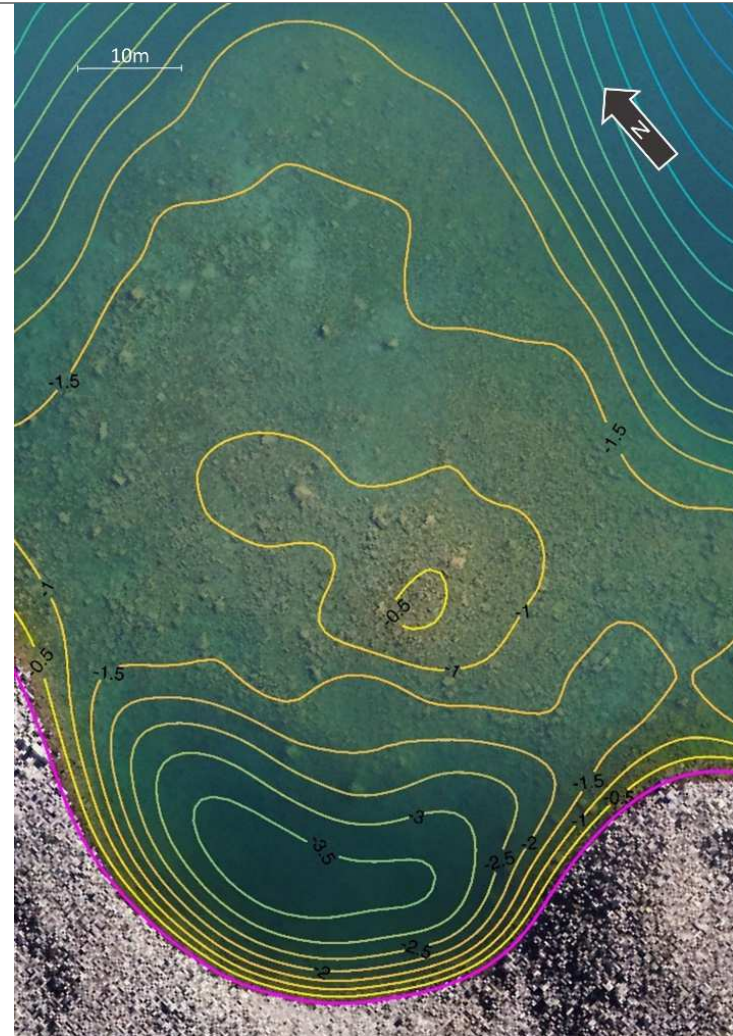
$$C = -N \cdot L_1 \quad , \quad n = \frac{n_2}{n_1}$$



Uferlinie aus
Schnitt
DTM /
Wasser-
oberfläche



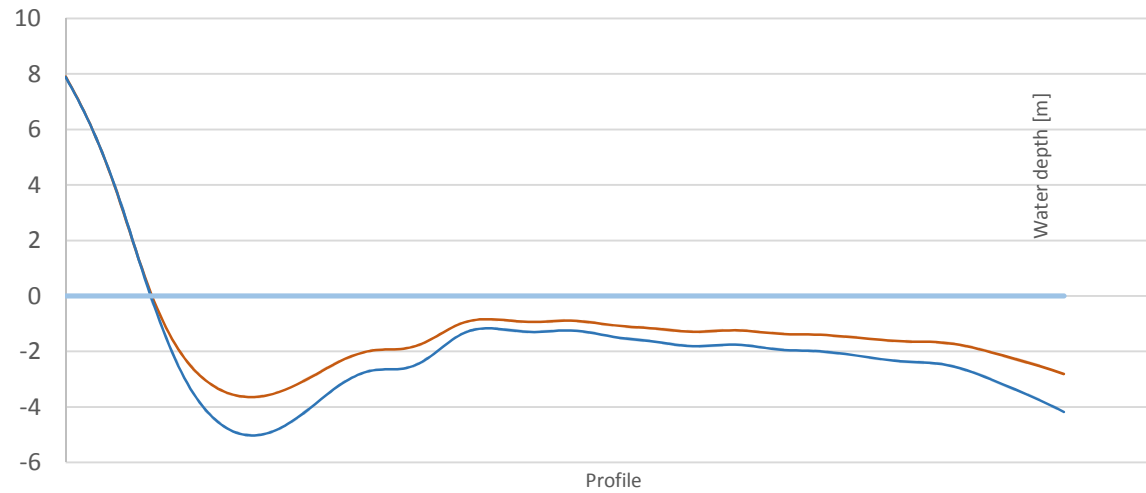
Mit Mehrmedienberücksichtigung



Ohne Mehrmedienberücksichtigung



Vergleich DTM



- without refraction compensation
- with refraction compensation
- Water

Fazit

- Modellierung der Refraktion ist notwendig und handhabbar
- DTM-Qualität abhängig von Abbildungsqualität
- Messung bis $\sim 4\text{m}$ Tiefe
- Anwendbar bei ruhiger Wasseroberfläche

Todo

- Automatische Uferlinienmessung, zusätzlicher Input für Bündel
- Aufnahme eines "perfekten" Datensatzes mit Unterwasserpasspunkten

Fragen?

Christian Mulsow

christian.mulsow@tu-dresden.de

Lindau,
13.06.2018

