

Steffen Isfort

Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung

Direkte Georeferenzierung von UAV-Bildflügen

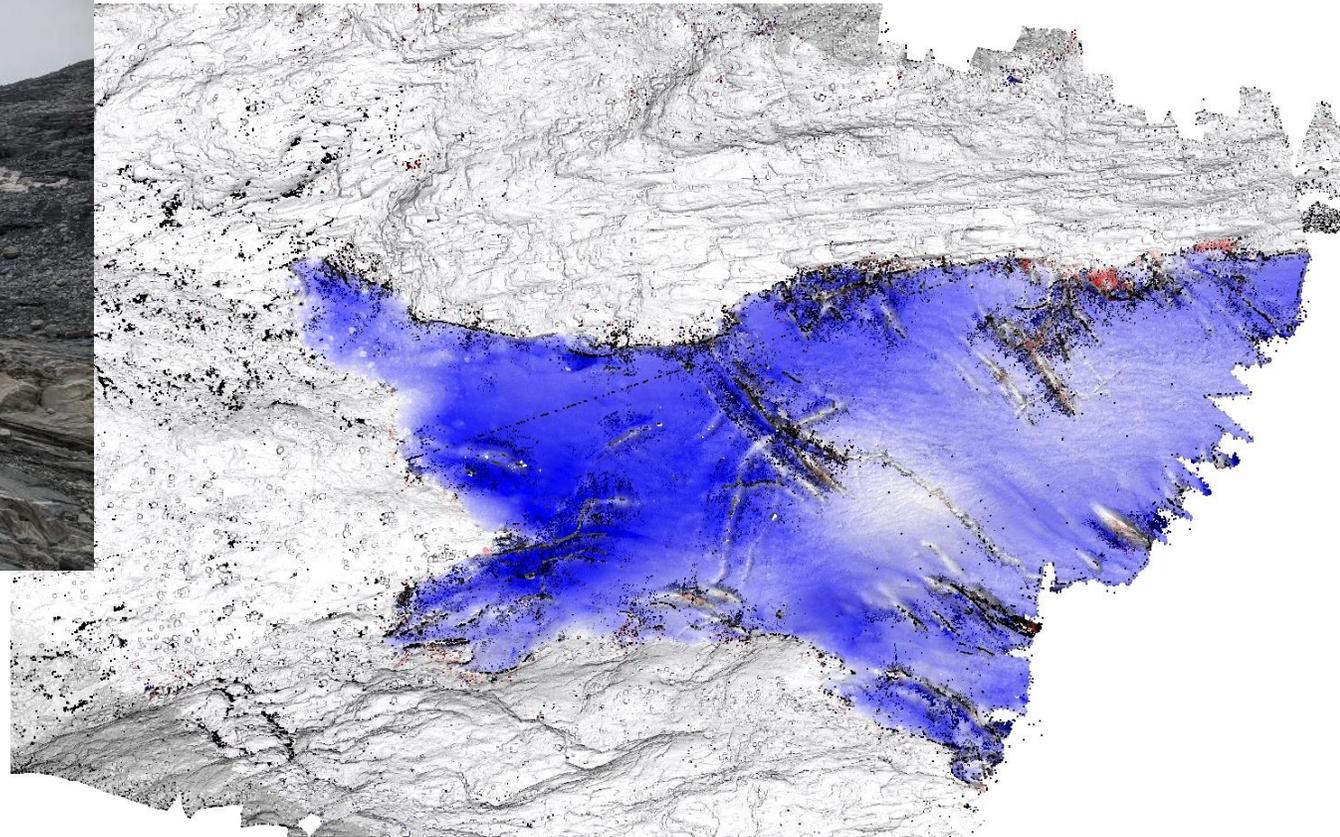
Ein Praxistest im glazialen Terrain

Oldenburger 3D-Tage // 31.01.2024

Motivation



4D-Punktwolkenanalyse



**Benötigen wir noch
Passpunkte?**

Motivation

1. Direkte Georeferenzierung mittels RTK

- Reduzierung der Passpunktanzahl
- Reduzierung systematischer Fehler

2. Günstige Kameras mit komplexer Verzeichnung

- Passpunkte
- Variation der Flughöhe
- Oblique-Aufnahmen
- Bi-Radiale Modellierung (Liebold et al., 2023)
- Modellierung durch Fourier-Reihen (Hastedt et al., 2021)



© www.dji.com

Motivation

Befliegung mit der DJI Phantom 4 RTK in 2022 und 2023

Untersuchte Einflussfaktoren:

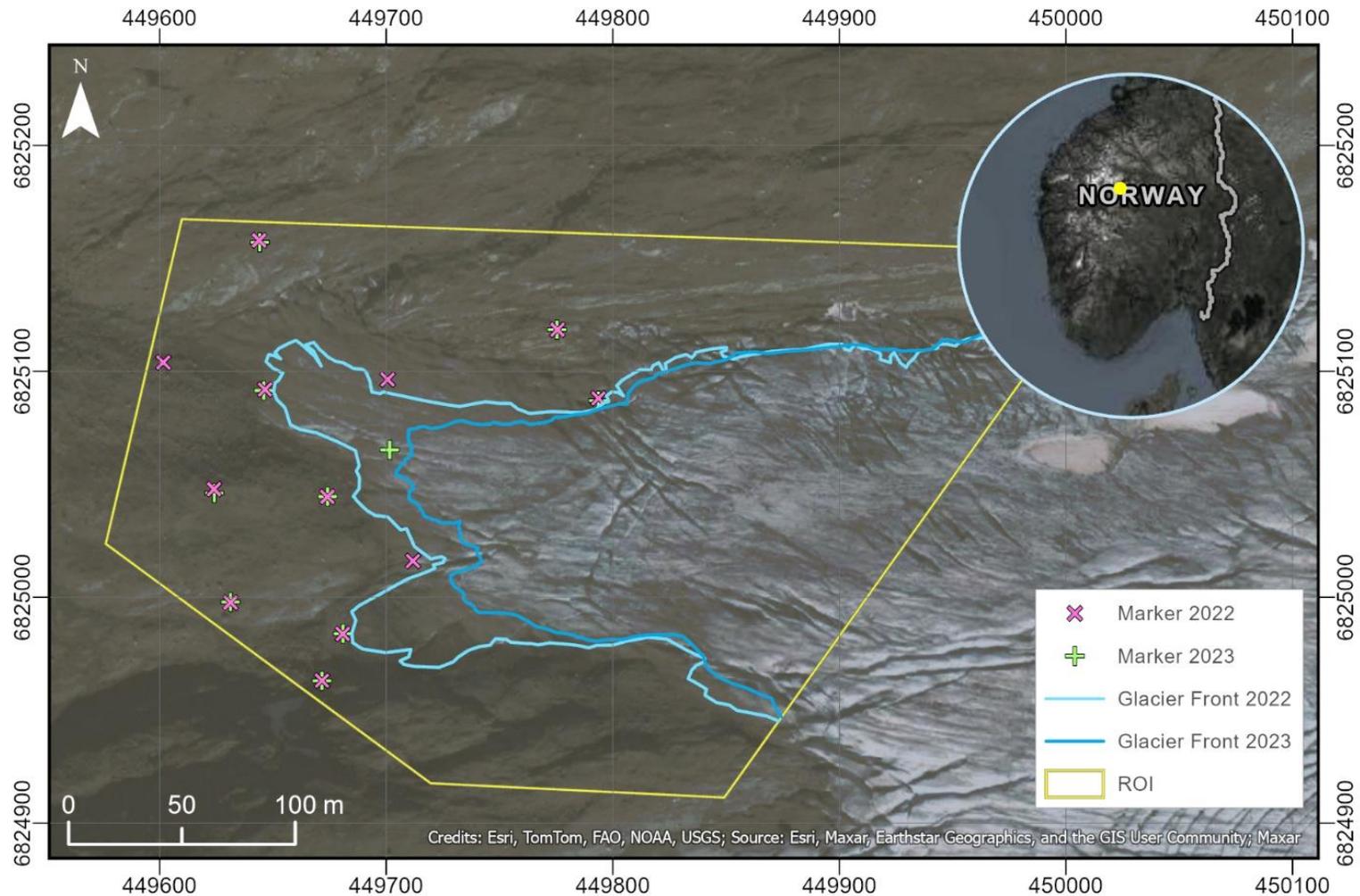
- Flugmuster
- Flughöhe
- Ground Sampling Distance (GSD)
- Georeferenzierungsstrategie / Passpunktkonfiguration

Ziel:
Validierung der erarbeiteten Methoden in einem komplexen Szenario



Studienggebiet

Bøverbreen Gletscher, Jotunheimen Nationalpark



2022:

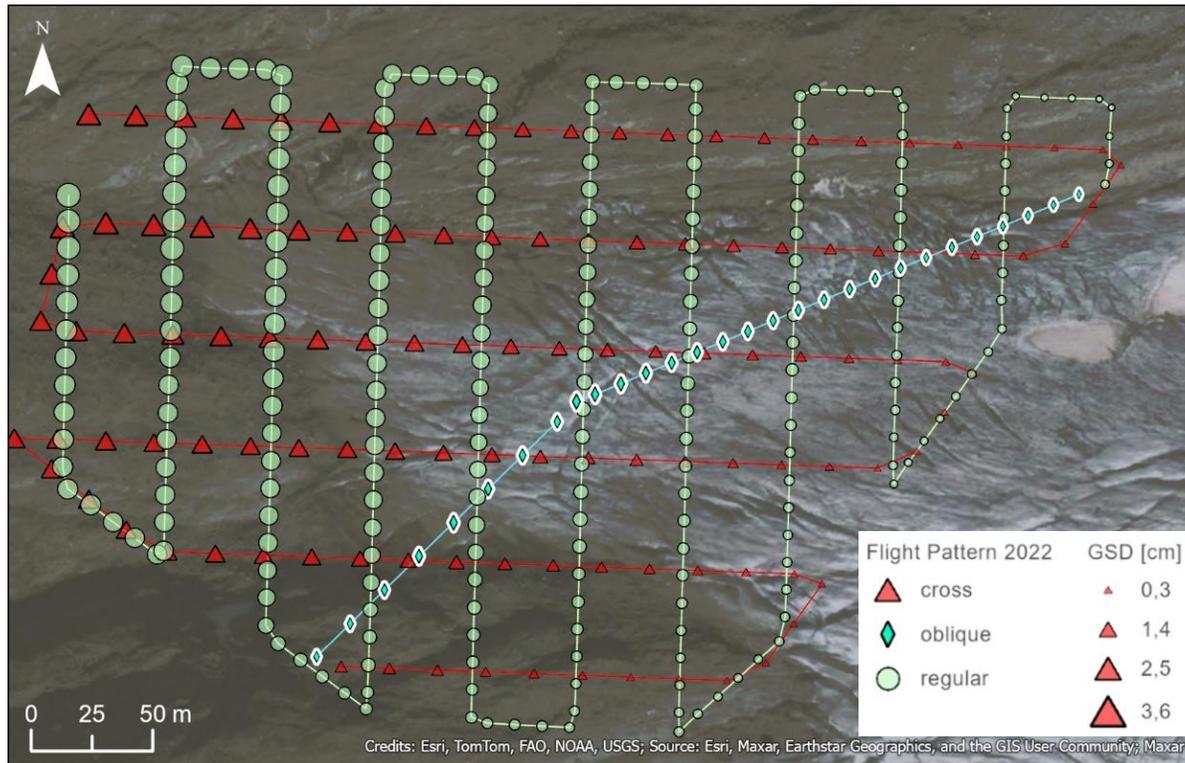
12 signalisierte Punkte
(mRMSE: X: 1,1 cm; Y: 1,1 cm; Z: 1,5 cm)

2023:

10 signalisierte Punkte
(mRMSE: X: 1,1 cm; Y: 1,0 cm; Z: 1,2 cm)

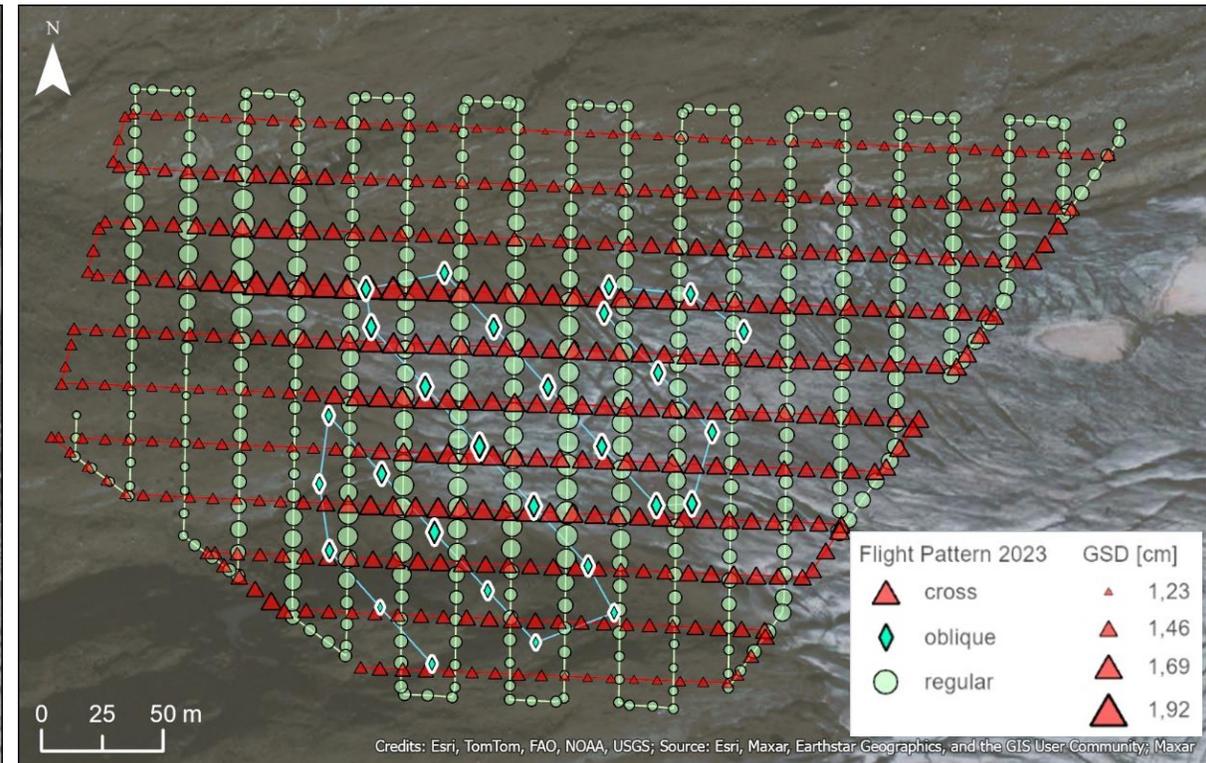


Flugmuster



2022

| | | | | |
|---------|-------|-----------|-----------|-----------|
| Regular | 115 m | Ellipsoid | # 238 | (90 / 80) |
| Cross | 100 m | Ellipsoid | # 118 | (80 / 70) |
| Oblique | 115 m | Ellipsoid | # 21 / #8 | |



2023

| | | | | |
|---------|------|-----|-------|-----------|
| Regular | 50 m | DGM | # 438 | (80 / 70) |
| Cross | 50 m | DGM | # 418 | (80 / 70) |
| Oblique | 50 m | DGM | # 25 | |

Datenauswertung

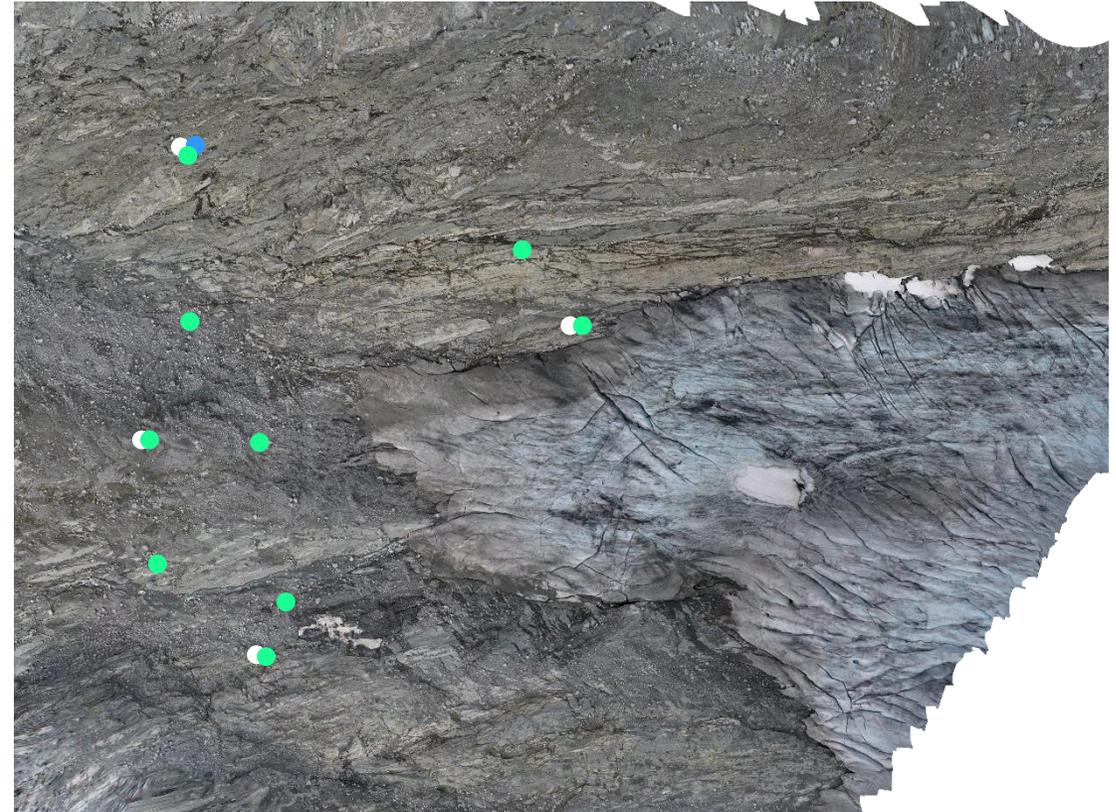
| PA | PA + O | CG | CG + O |
|-------|--------|-------|--------|
| 0 GCP | 0 GCP | 0 GCP | 0 GCP |
| 1 GCP | 1 GCP | 1 GCP | 1 GCP |
| 4 GCP | 4 GCP | 4 GCP | 4 GCP |
| 9 GCP | 9 GCP | 9 GCP | 9 GCP |

(Flugmuster: **PA** = regular, **PAO** = regular+oblique, **CG** = crossgrid, **CGO** = crossgrid + oblique)

16 Varianten ausgewertet mit Metashape Pro

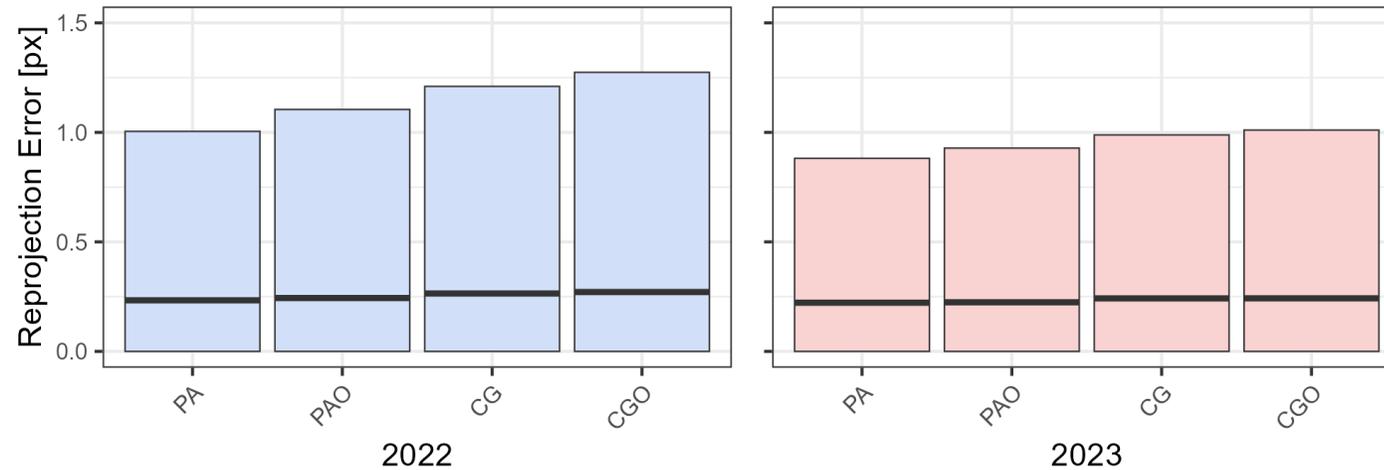
Direkte/integrierte Referenzierung

Fourier-Reihen zur Verzeichnungsmodellierung



Punktwolken

Reprojektionsfehler

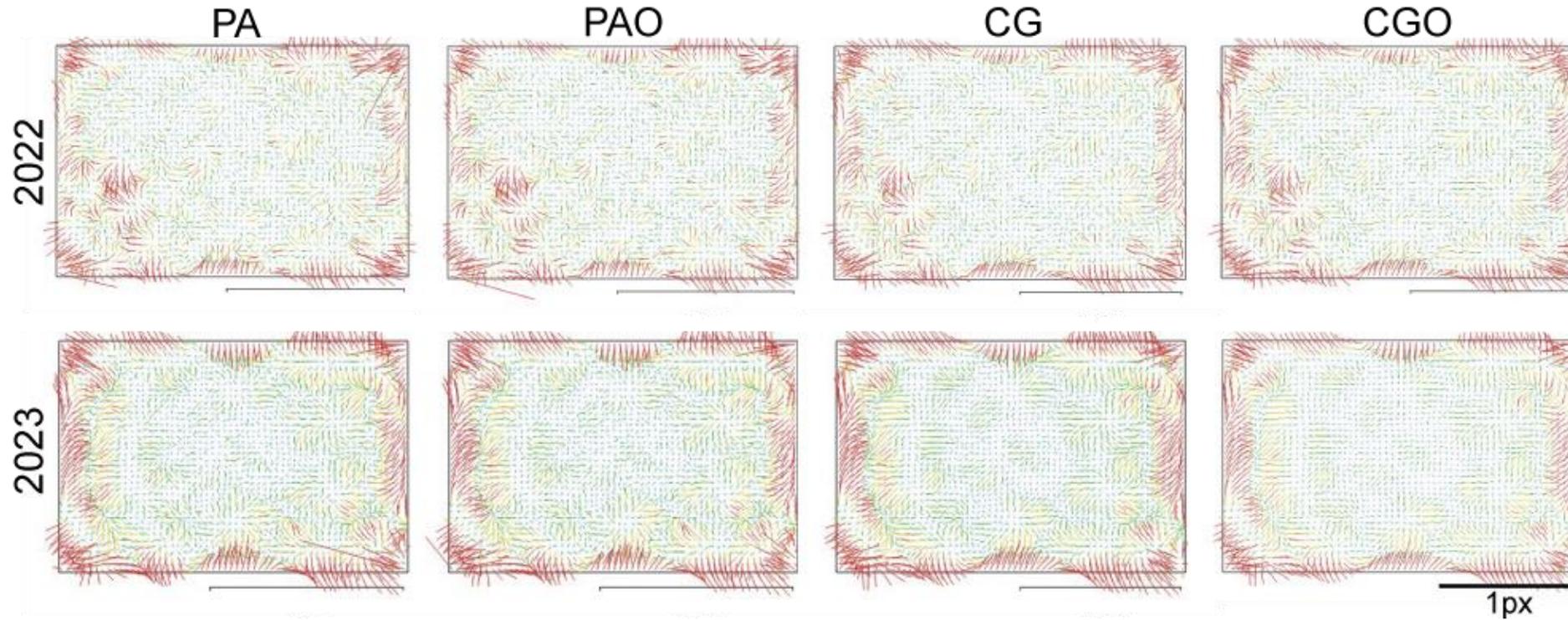


95 % Perzentil

Median ca. 0,25 px in allen Varianten

- 2023 insgesamt etwas kleiner (konstante GSD, niedrigere Flughöhe)
- Georeferenzierungsstrategie und Blockkonfiguration haben hier keinen signifikanten Einfluss

Kameraparameter Restverzeichnung

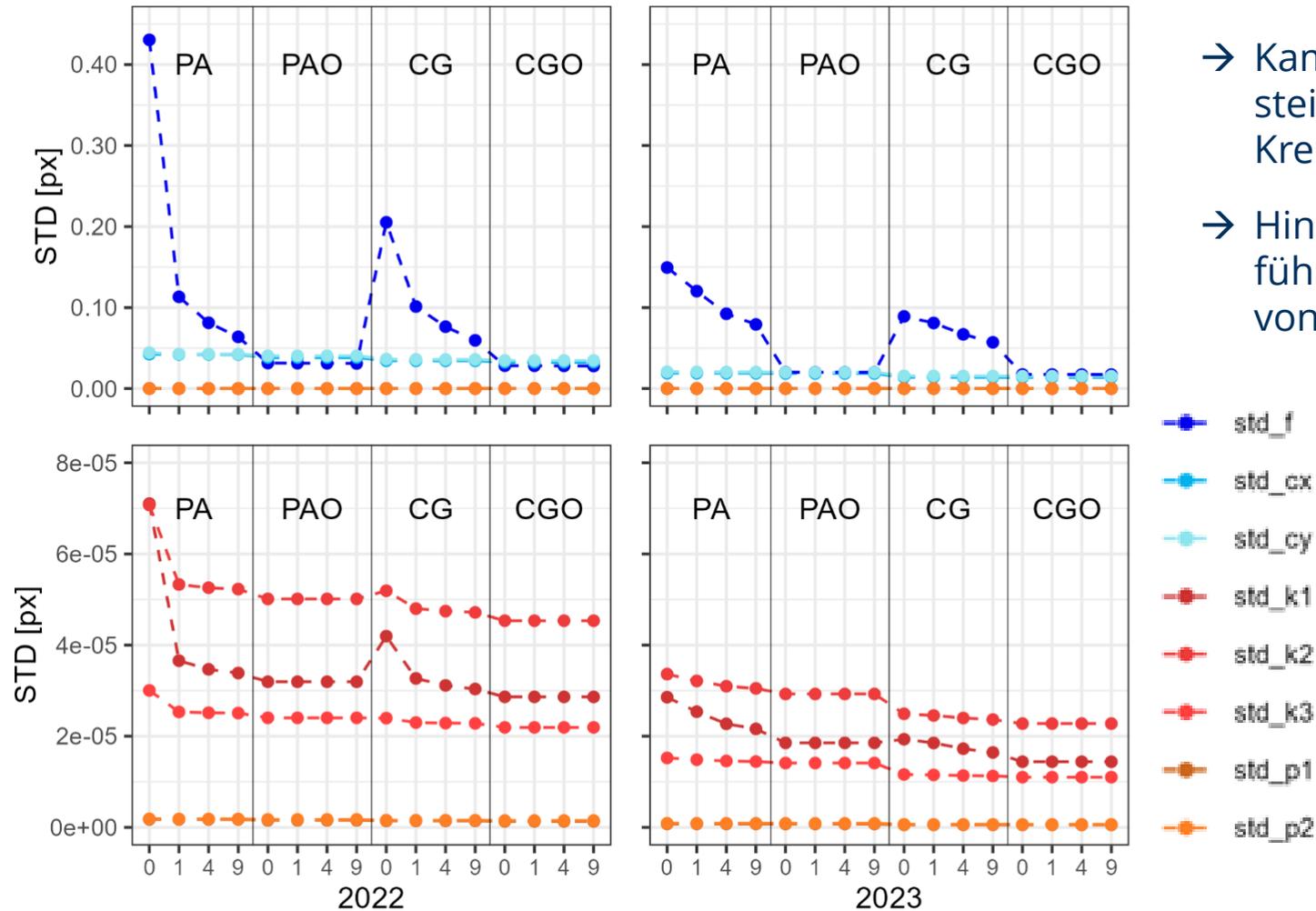


→ Fourier-Reihen reduzieren die Verzeichnung erheblich!

→ Max. Residuum: 0,564 px

Kameraparameter

Standardabweichungen der inneren Orientierung und Verzeichnung



→ Kamerakonstante besser schätzbar mit steigender Passpunktanzahl und Kreuzbefliegung

→ Hinzunahme von Oblique-Aufnahmen führt zur besten Schätzung unabhängig von Passpunktanzahl

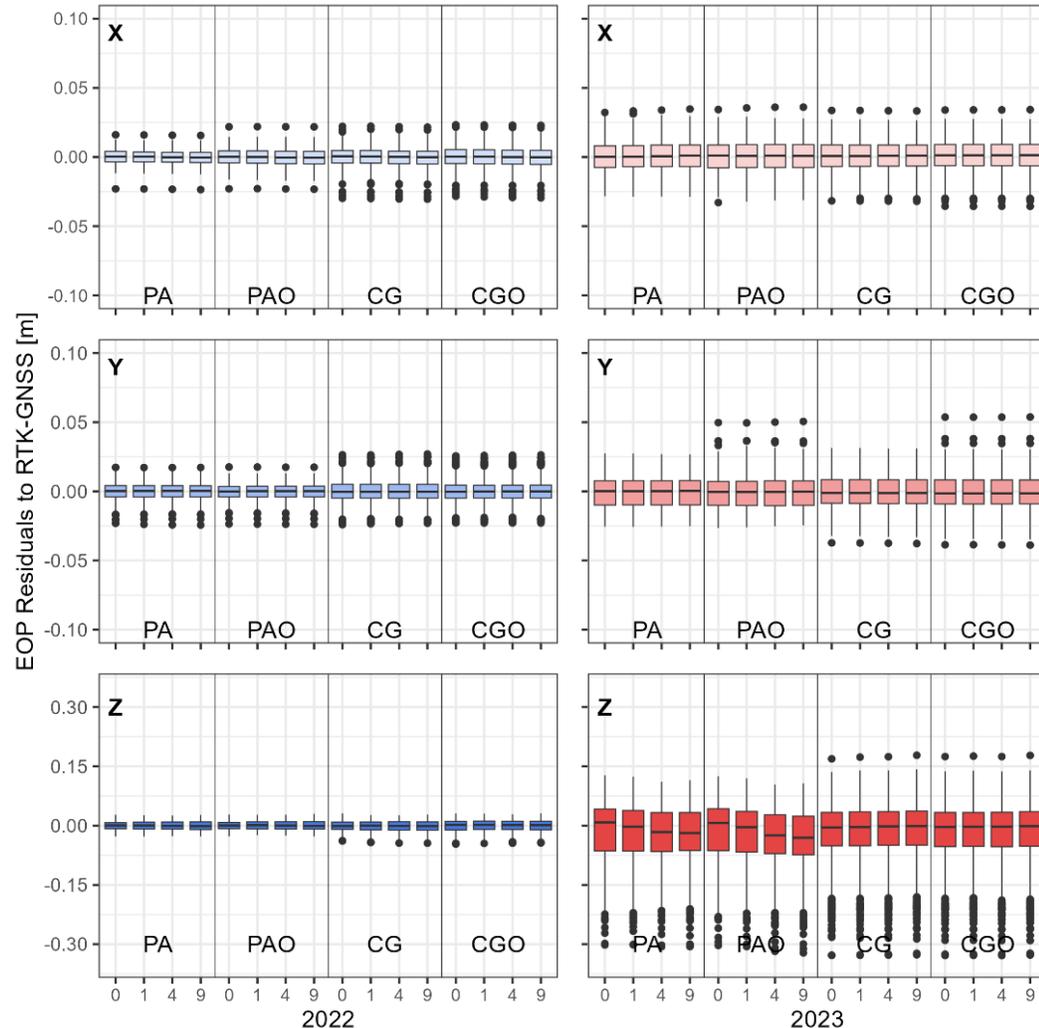


Flugmuster: PA = regular, PAO = regular+oblique, CG = crossgrid, CGO = crossgrid + oblique

0 / 1 / 4 / 9 = Passpunktanzahl

Kameraparameter

Residuen der Kamerapositionen



In der Lage < 2,5 cm (wenige Ausreißer); kein Einfluss von Flugmuster oder Passpunkten.

Effekte der Flugkonfiguration nur in 2023 sichtbar, da hier das GNSS der UAV deutlich schlechtere Genauigkeiten in Z auswies (RMSE ~ 10 cm)

→ Bei Nutzung von Passpunkten Restsystematik erkennbar

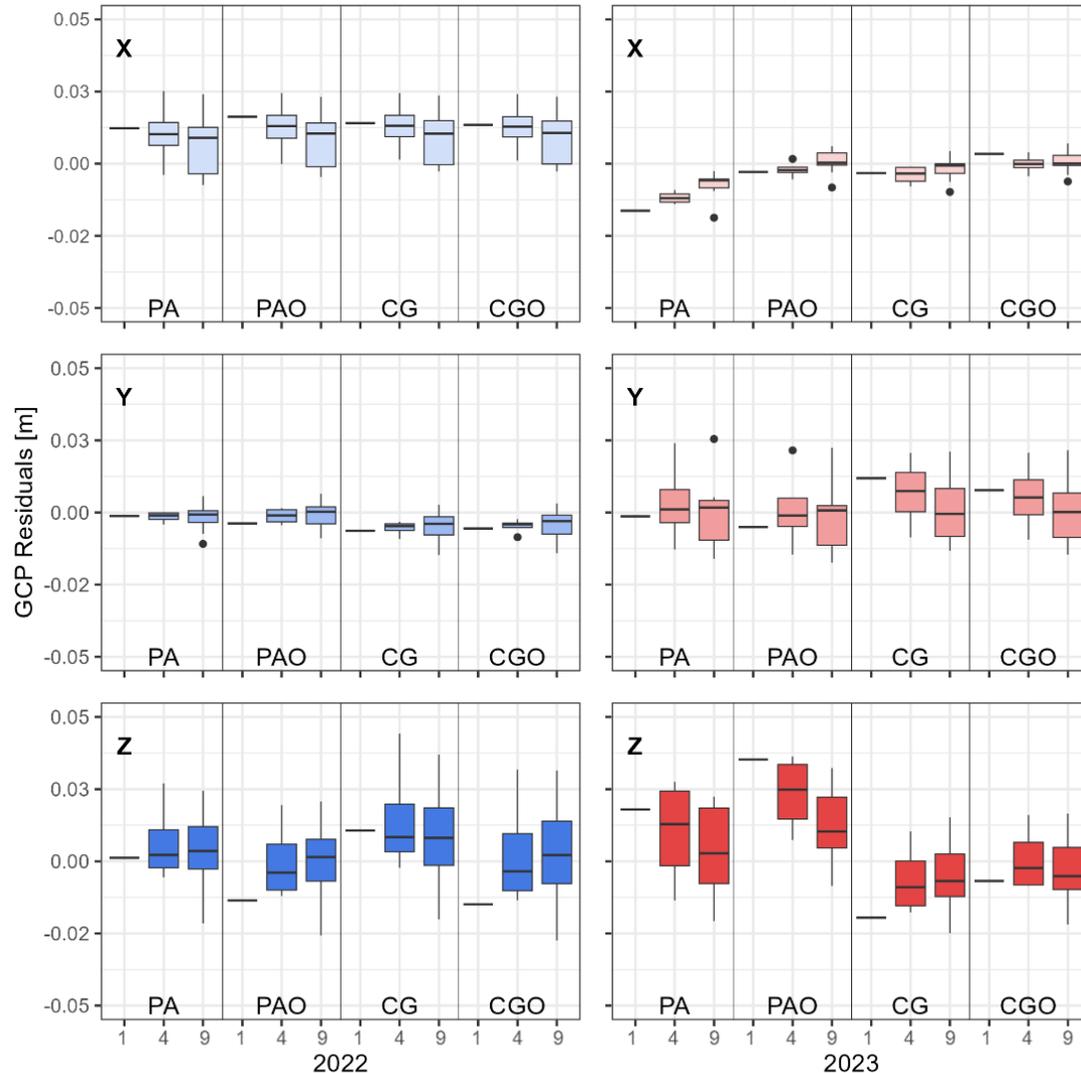
→ Kreuzbefliegung verbessert die Schätzung in Z unabhängig von der Passpunktanzahl

Konfiguration hat keinen signifikanten Einfluss auf die Rotationsparameter.

Flugmuster: PA = regular, PAO = regular+oblique, CG = crossgrid, CGO = crossgrid + oblique

0 / 1 / 4 / 9 = Passpunktanzahl

Residuen der Passpunkte



Lage:

Kein großer Einfluss von Flugkonfiguration oder Passpunktkonfiguration zu erkennen (Medianabweichungen zw. -1,5 cm und 1,5 cm Streuungen bis max. ca. 4 cm)

→ leichte Verbesserung bei größerer Passpunktanzahl

Höhe

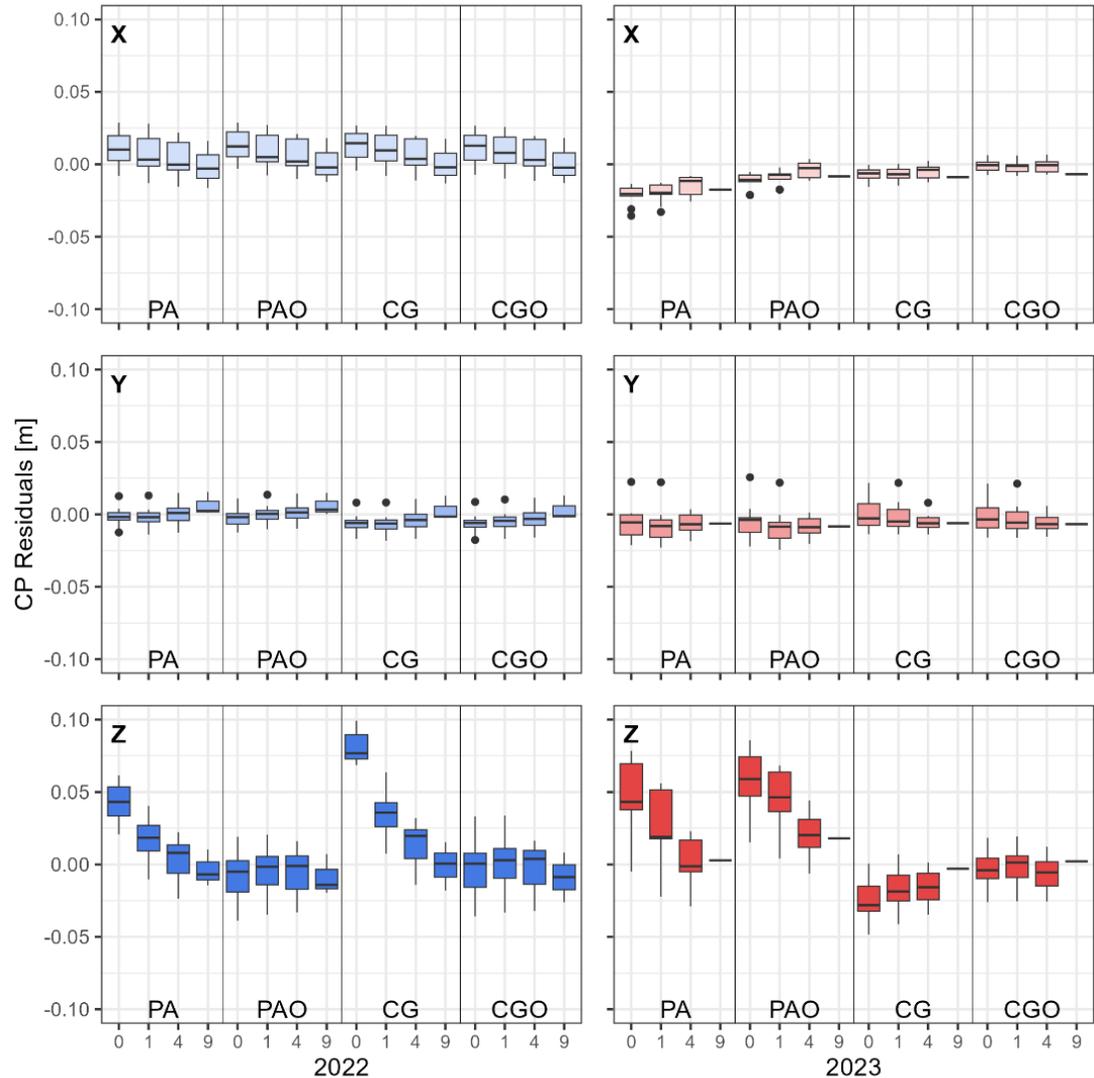
Größere Variation in 2023 durch schlechtere RTK-Lösung (RMSE in Z ~ 10 cm)

→ Kreuzbefliegung und Oblique-Aufnahmen verbessern die Schätzung in Z (Medianabweichung <1cm)

Flugmuster: PA = regular, PAO = regular+oblique, CG = crossgrid, CGO = crossgrid + oblique

1 / 4 / 9 = Passpunktanzahl

Residuen der Kontrollpunkte



Lage:

Kein eindeutiger Einfluss von Flugkonfiguration oder Passpunktkonfiguration zu erkennen

(Residuen max. 2,5 cm)

Höhe:

Kombination Kreuz- und Oblique-Aufnahmen führt zur besten Schätzung in Z

(Residuen max. ca. 3 cm)

Flugmuster: PA = regular, PAO = regular+oblique, CG = crossgrid, CGO = crossgrid + oblique

0 / 1 / 4 / 9 = Passpunktanzahl

Fazit

1. Kleinerer Reprojektionsfehler bei konstanterer GSD
2. Fourier-Reihen reduzieren die Verzeichnung unabhängig vom Flugmuster/Georeferenzierung
3. Oblique-Aufnahmen führen zur besten Schätzung der Kamerakonstante auch ohne Passpunkte
4. Insb. Kreuzbefliegung verbessert die Schätzung der Kamerapositionen, Pass- und Kontrollpunkte auch ohne Passpunkte

**In dieser Untersuchung ist auch ohne Passpunkte eine Referenzierung mit RTK-Genauigkeit realisierbar!
Signalisierte Punkte weiterhin sinnvoll, mind. als unabhängige Kontrollpunkte!**

Vielen Dank!

Kontakt: steffen.isfort@tu-dresden.de

