



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

INSTITUT FÜR
PHOTOGRAMMETRIE
UND FERNERKUNDUNG

Qualität der ALS50 Laserscanner Daten Befliegung Vaihingen/Enz

Camillo Ressler, Matthias Ockermüller, Helmut Kager

Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (I.P.F.),
Technische Universität Wien

www.ipf.tuwien.ac.at

**Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamarasysteme,
DGPF-Projekttag an Universität Stuttgart (05.-06.10.2009)**

Airborne Laser Scanner System

Airborne laser scanning erfolgt mit einem **multi sensor system (MSS)** mit den System-Komponenten:

- **Laserscanner**
 - Entfernungsmessung mittels LiDAR
 - Richtungsmessung (verschiedene Ablenk- und Messprinzipien)
- **GPS-Empfänger (allgemein: GNSS)**
 - misst: Position der Plattform
- **IMU (Inertial Measurement Unit)**
 - misst: Verdrehung der Plattform
- Synchronisation mittels GNSS-Signal

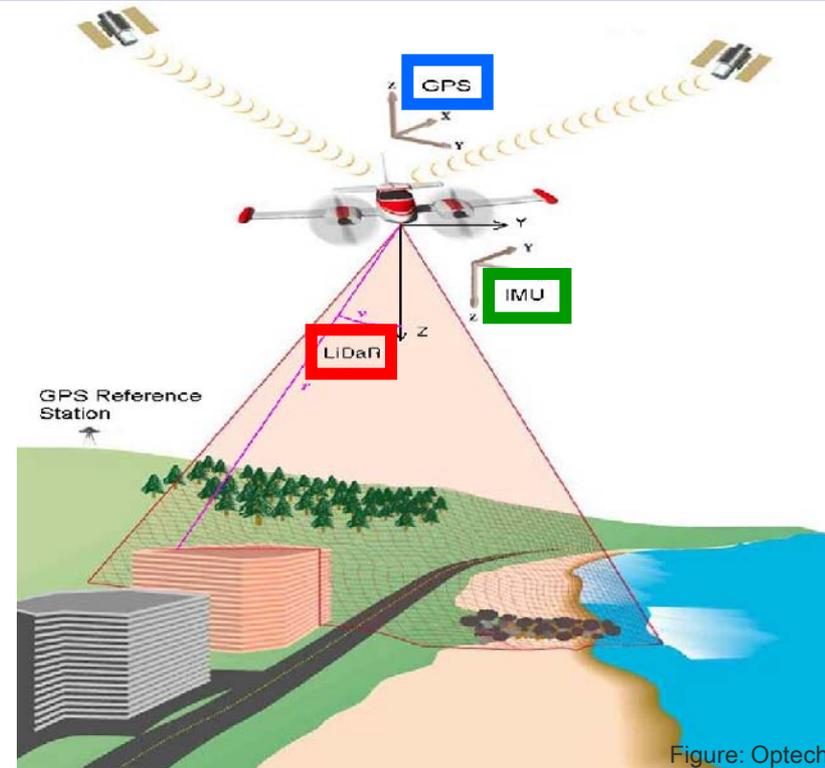
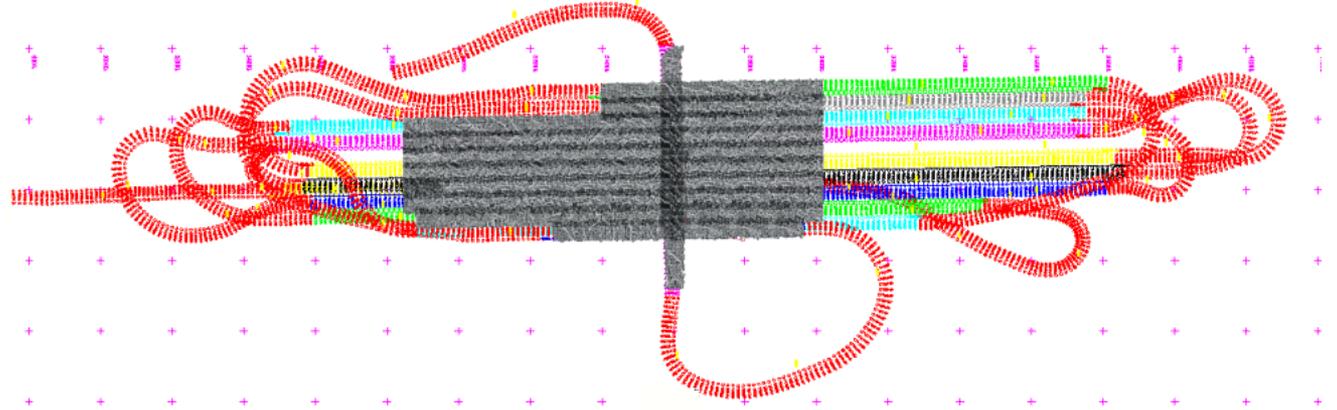


Figure: Optech

- Streifenweise Befliegung:



Mathematisches Modell (direkte Georeferenzierung)

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_{\text{GNSS}} + \mathbf{R}_{\text{IMU}} \cdot \left(\mathbf{m} - \mathbf{R}_{\text{M}} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ \rho \cdot \sin \theta \\ \rho \cdot \cos \theta \end{pmatrix} \right)$$

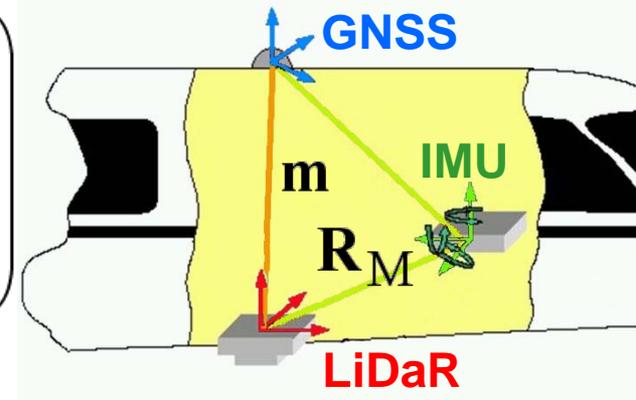


Abb. nach Cramer 2001

\mathbf{X} Bodenkpunkt (im übergeordneten System)

\mathbf{X}_{GNSS} GNSS-Antenne: Phasenzentrum

\mathbf{R}_{IMU} Rotation vom "sensor body frame" ins globale System

ρ, θ Entfernung und Ablenkwinkel des Laserstrahls

\mathbf{m} Mounting offset vector ('lever arm')

\mathbf{R}_{M} Mounting rotation bias ('misalignment')

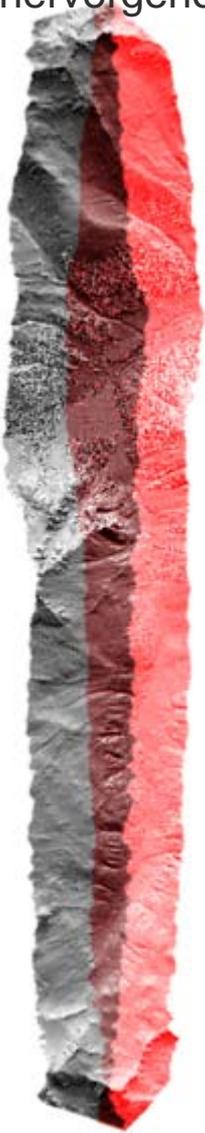
Mounting Kalibrierung ist häufig nicht hinreichend genau bekannt
 → Fehler in \mathbf{X}

Geometrische Qualität der ALS-Daten

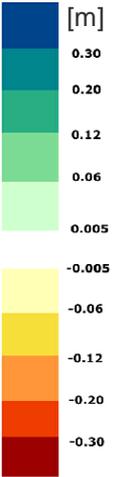
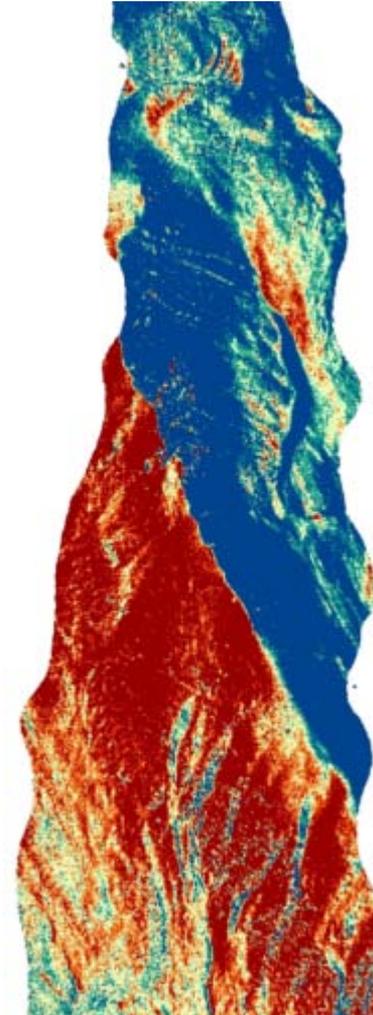
2 Streifen



Überlappung
hervorgehoben

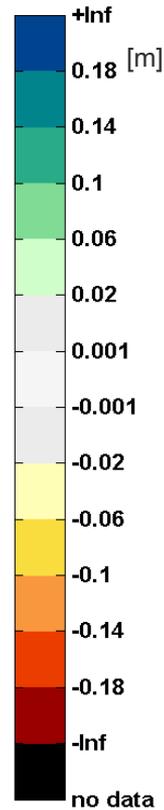
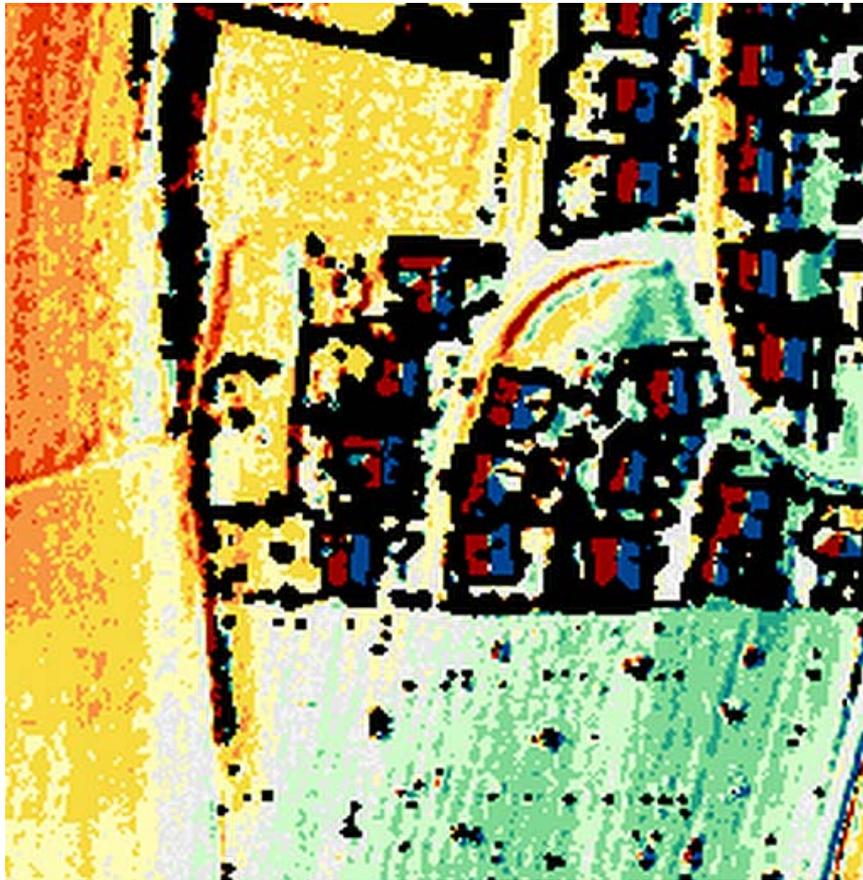


Farbcodierte
Streifendifferenz

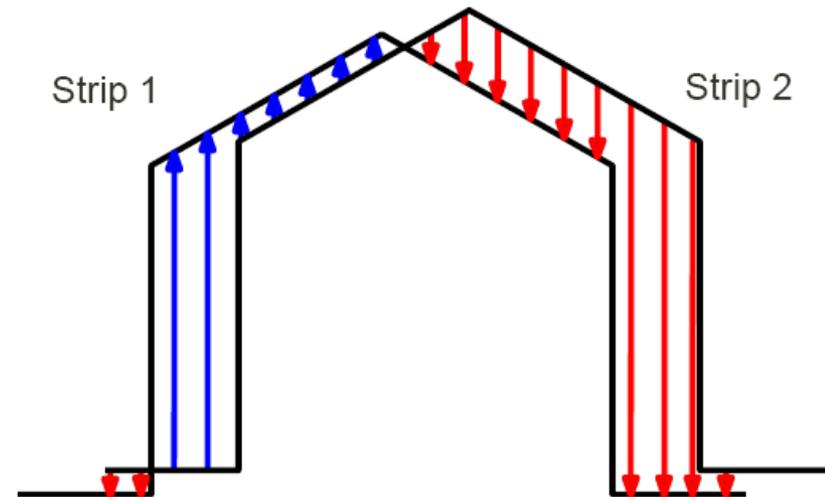


Geometrische Qualität der ALS-Daten

Farbkodierte Differenz der Höhen von zwei überlappenden Streifen:



Effekt der Streifendifferenz an Gebäuden:



- hauptsächlich Lagefehler aufgrund falscher Georeferenzierung
- Fehlerursache meist **Mounting-Kalibrierung**

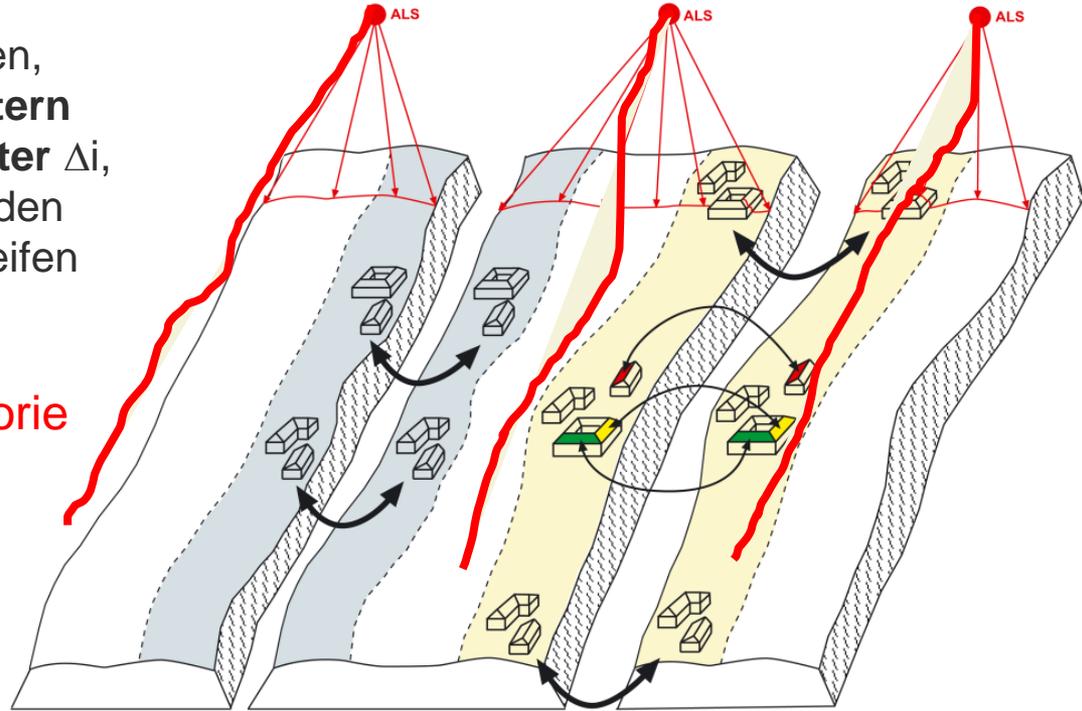
Verbesserung der Georeferenzierung durch ALS-Streifenausgleichung

$$\Delta \mathbf{X} = \Delta \mathbf{X}(\mathbf{X}, t, \mathbf{X}_{\text{GNSS}}(t), \mathbf{R}_{\text{IMU}}(t), \mathbf{R}_{\text{M}} + \Delta \mathbf{R}_{\text{M}}, \mathbf{m} + \Delta \mathbf{m}, \Delta \mathbf{i})$$

Verschiebung und Verdrehung der Streifen, sowie **Korrektur der Mounting-Parametern** ($\Delta \mathbf{R}_{\text{M}}$, $\Delta \mathbf{m}$) und (**interner**) **Laser-Parameter** $\Delta \mathbf{i}$, so dass Abweichung an korrespondierenden Ebenen im Überlappungsbereich der Streifen minimiert werden.

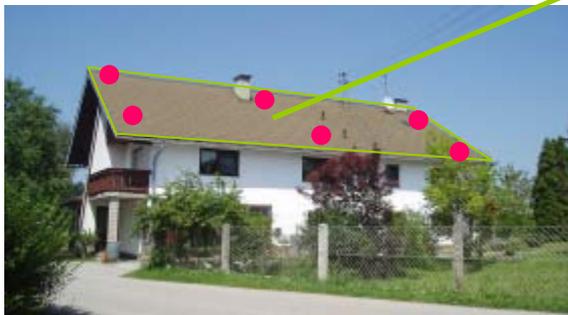
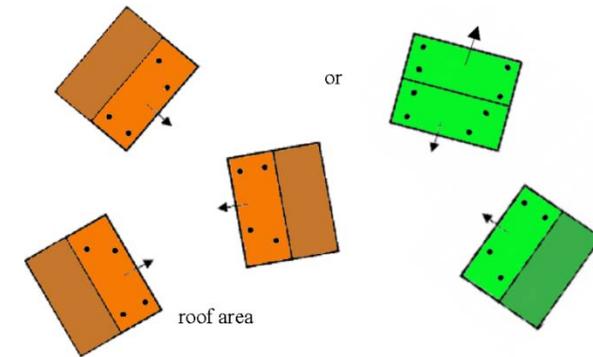
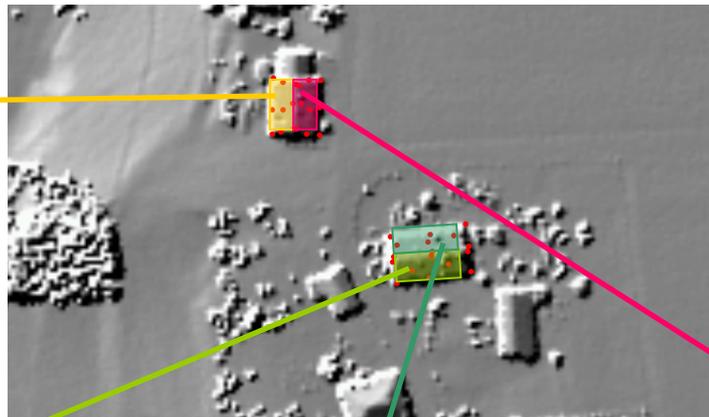
Voraussetzung: GNSS-INS-Trajektorie $\mathbf{X}_{\text{GNSS}}(t)$, $\mathbf{R}_{\text{IMU}}(t)$ muss bekannt sein.

Verbesserung ohne GNSS-INS-Traj. auch möglich, jedoch vom Ansatz her unterlegen.

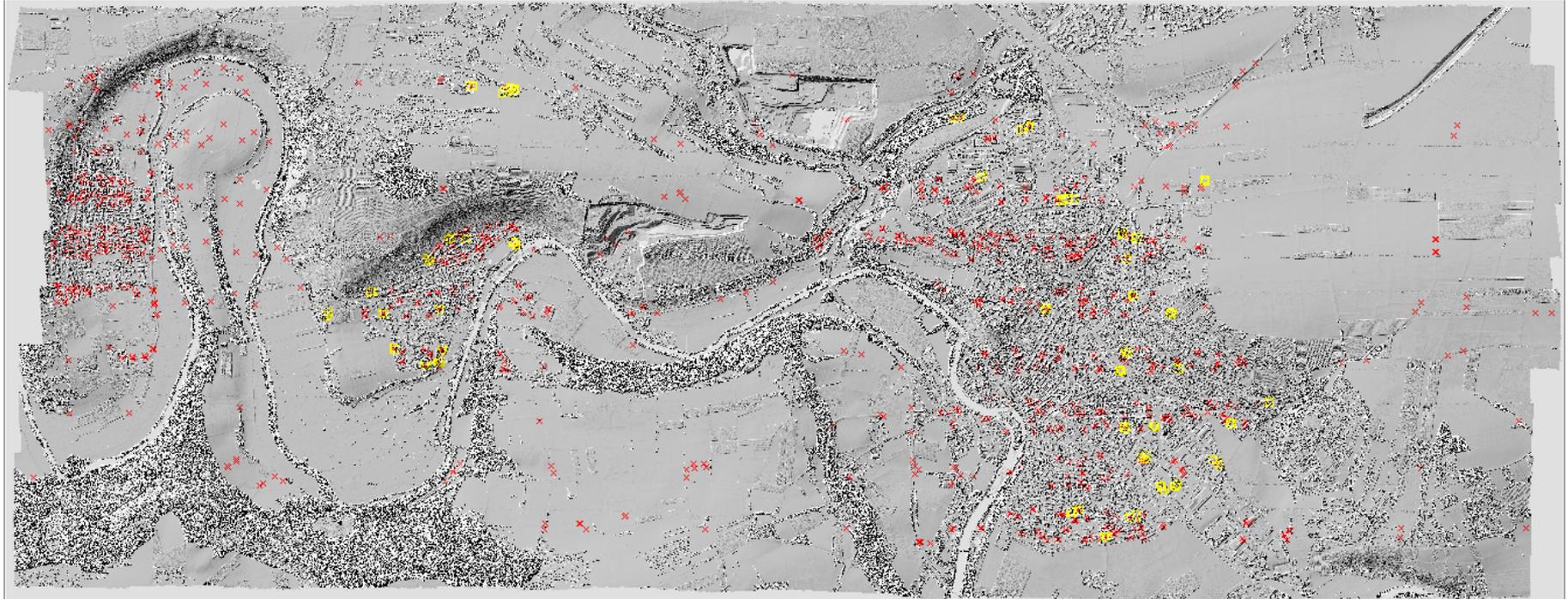


Verbesserung der absoluten Orientierung

- Definition von Passebenen über ≥ 4 terrestrisch eingemessene **Passpunkte**
- Verschiedene **Dachexpositionen** sind notwendig.
- Bei **ALS-Vaihingen**: photogrammetrisch bestimmte Punkte auf Dächern (aus DMC-Block, 8cm).



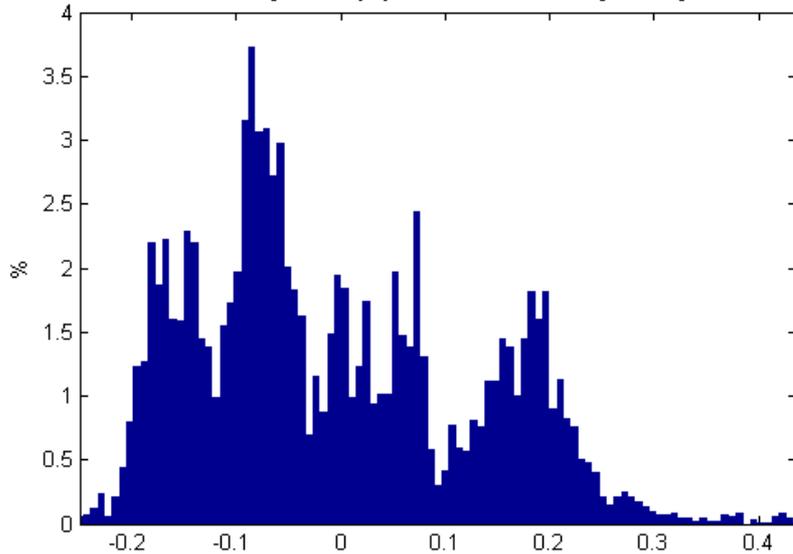
ALS-Vaihingen: Verteilung der Pass- u. Verknüpfungsdächer



1110 Verknüpfungsebenen x
49 Passebenen □

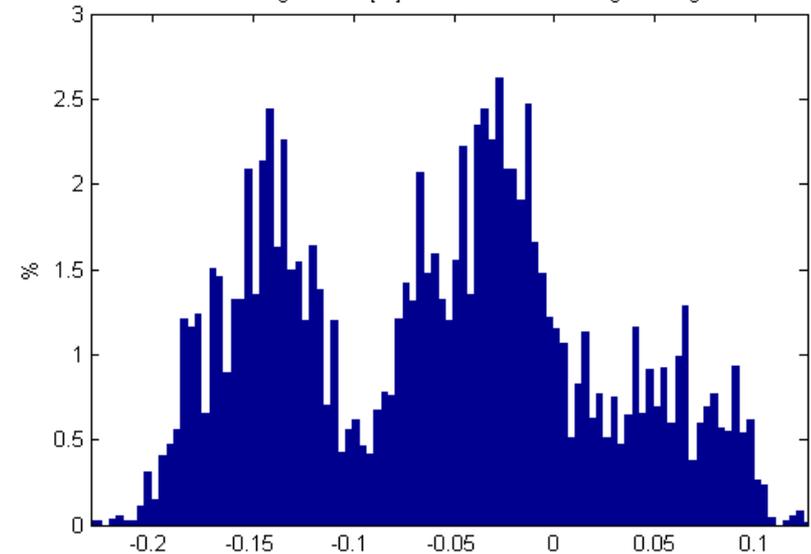
Korrekturen an den originalen Punkten durch die Streifenausgleichung

Verteilung von ΔX [m] durch die Streifenausgleichung

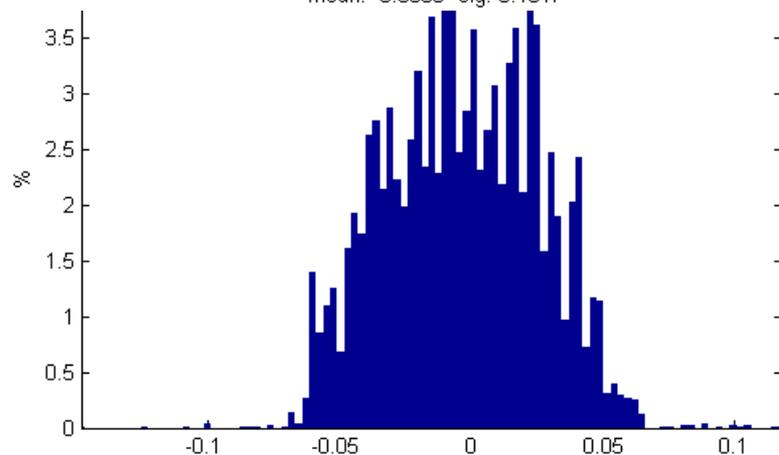


numel: 9446 RMS: 0.1318
 median: -0.0410 sig_{MAD}: 0.1423
 mean: -0.0066 sig: 0.1317

Verteilung von ΔY [m] durch die Streifenausgleichung



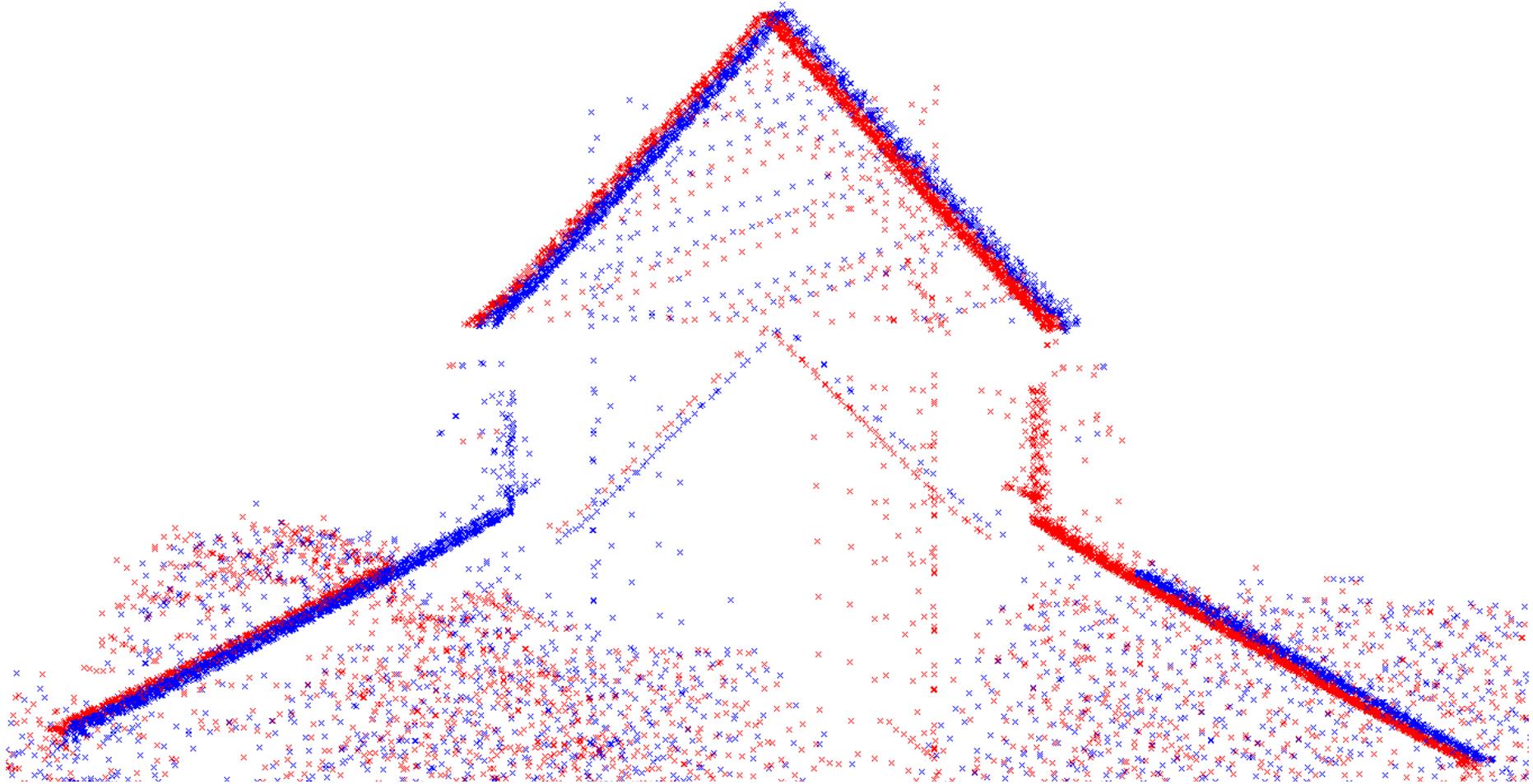
numel: 9446 RMS: 0.0981
 median: -0.0520 sig_{MAD}: 0.0964
 mean: -0.0592 sig: 0.0782



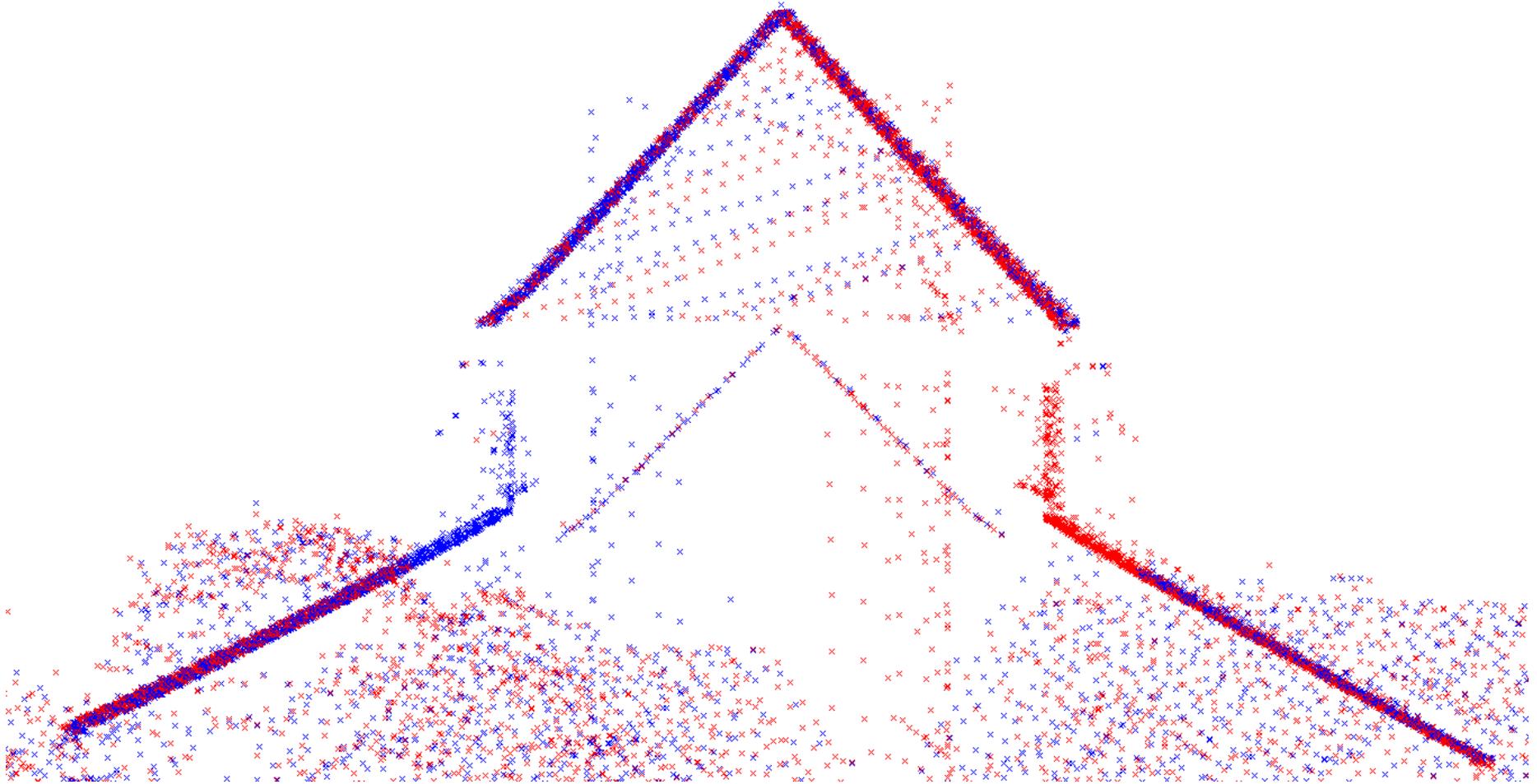
numel: 9446 RMS: 0.0292
 median: -0.0040 sig_{MAD}: 0.0326
 mean: -0.0032 sig: 0.0290

#	mean	RMS	max	[m]
9446 x:	-0.007	0.132	0.436	
9446 y:	-0.059	0.098	-0.231	
9446 z:	-0.003	0.029	-0.148	

Profilansicht: Original-Zustand

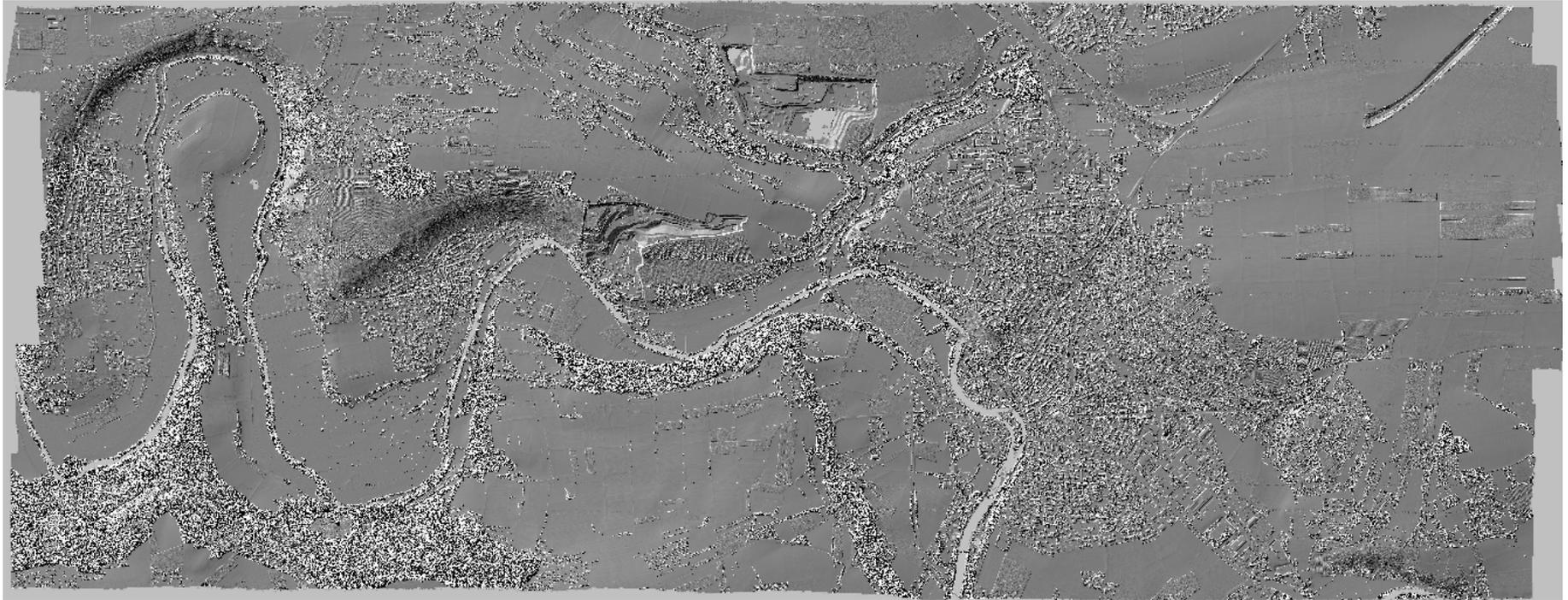


Profilansicht: Zustand nach der Streifenausgleichung



Streifendifferenzen

ALS-Block:



Streifendifferenzen

ALS-Block: Überlappungsbereich hervorgehoben



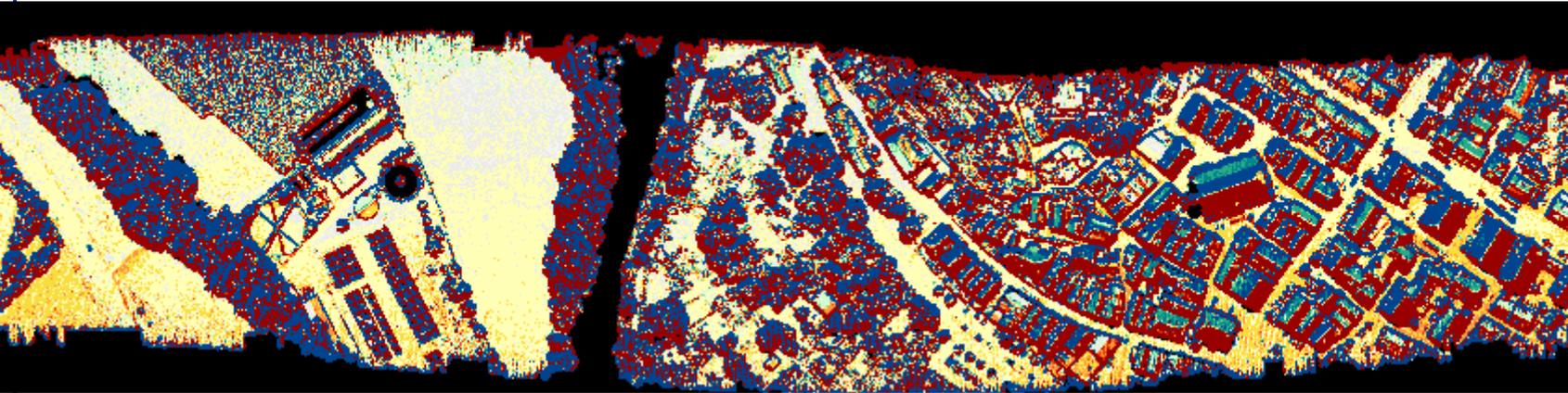
Streifendifferenzen

ALS-Block: Streifendifferenzen

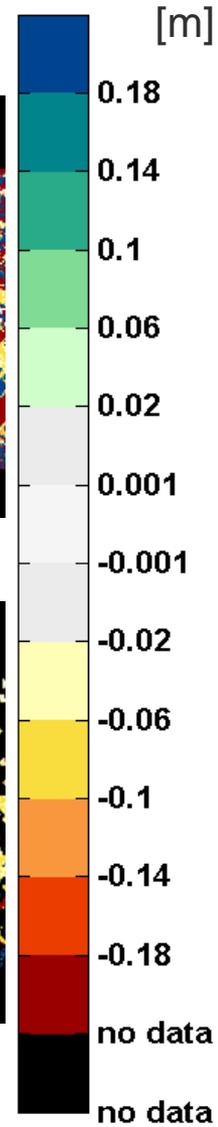
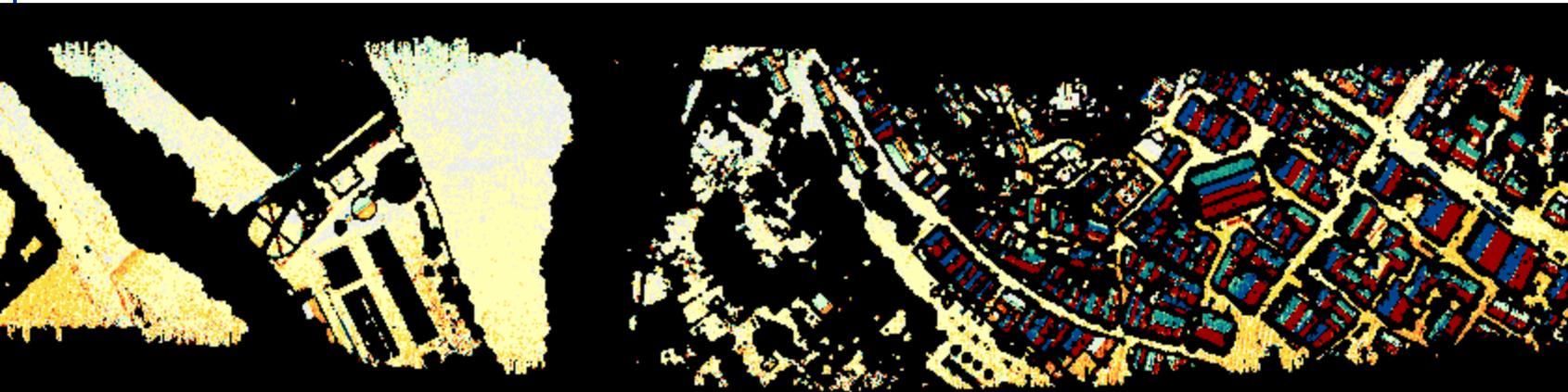


Streifendifferenzen: PRE

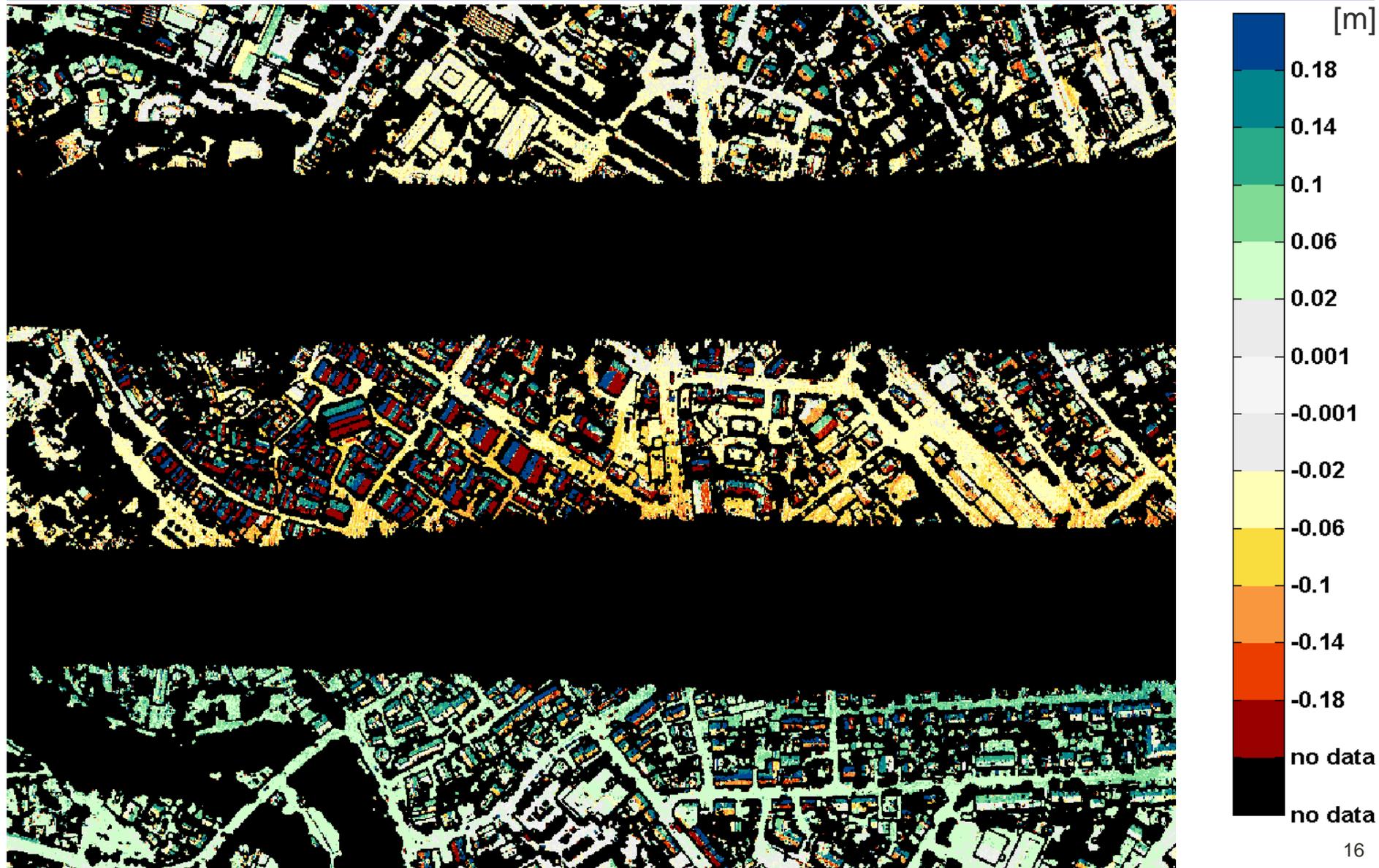
Unmaskierte Streifendifferenz: mit Vegetation



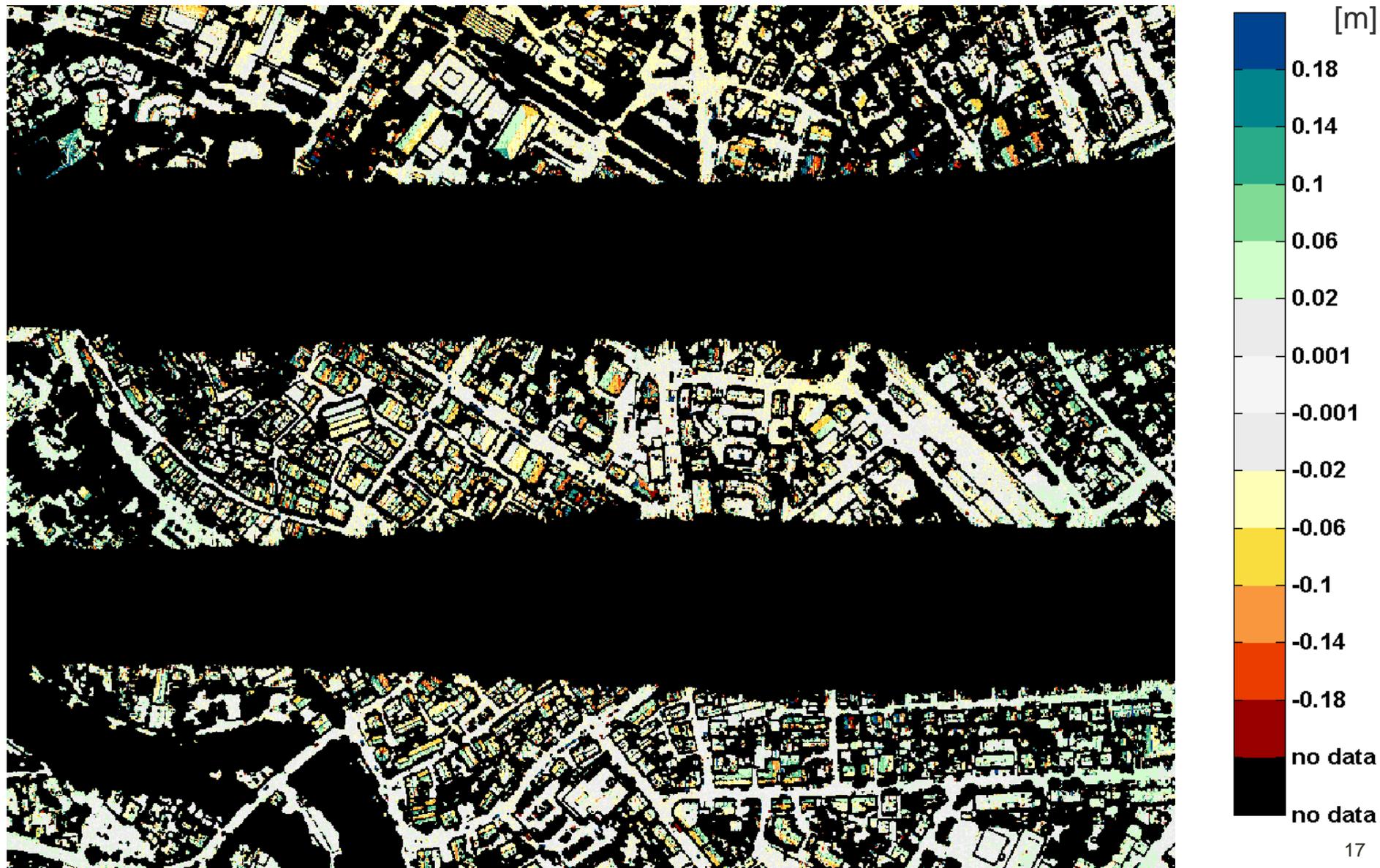
Maskierte Streifendifferenz: ohne Vegetation



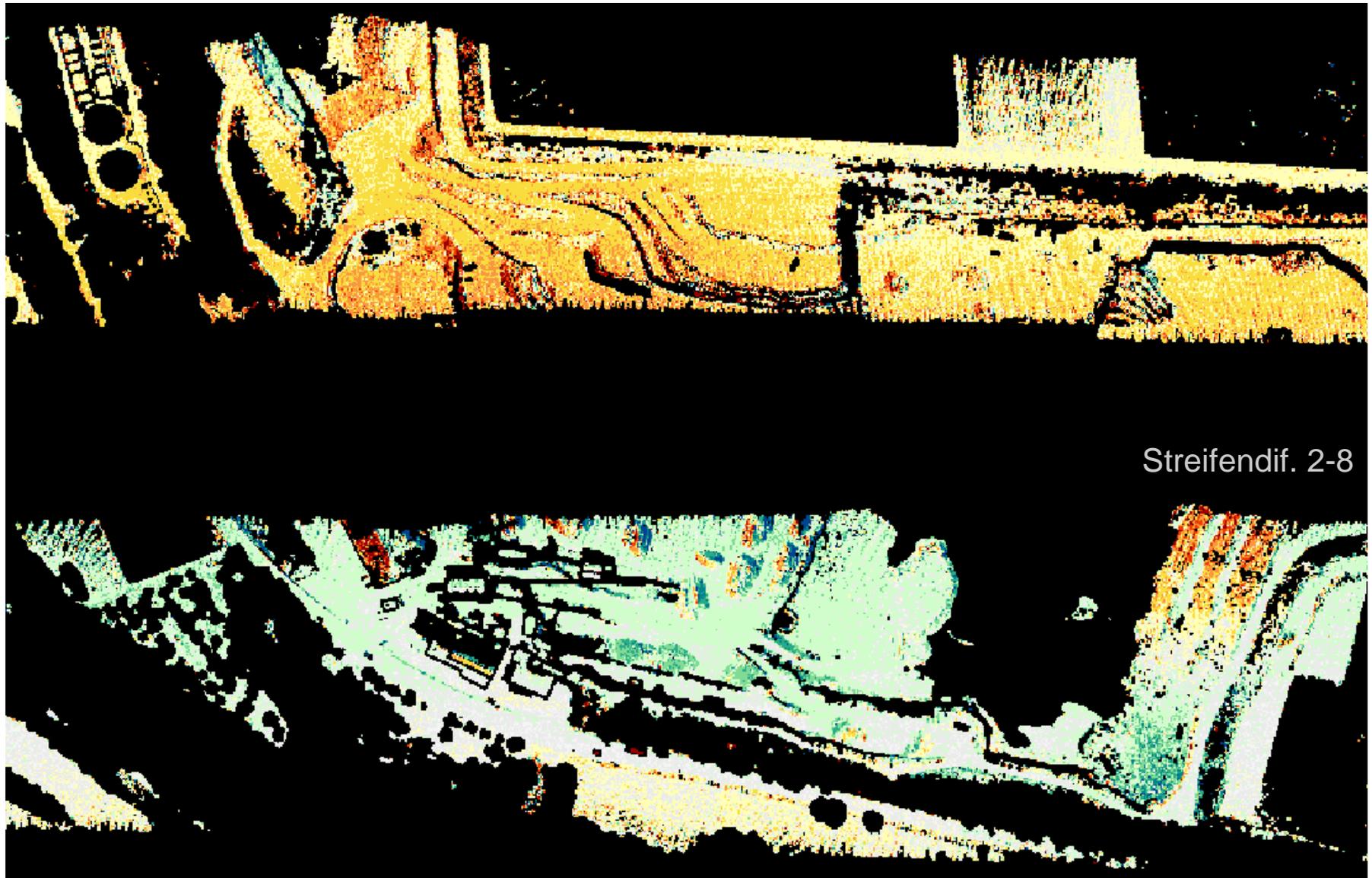
Streifendifferenzen: PRE



Streifendifferenzen: POST

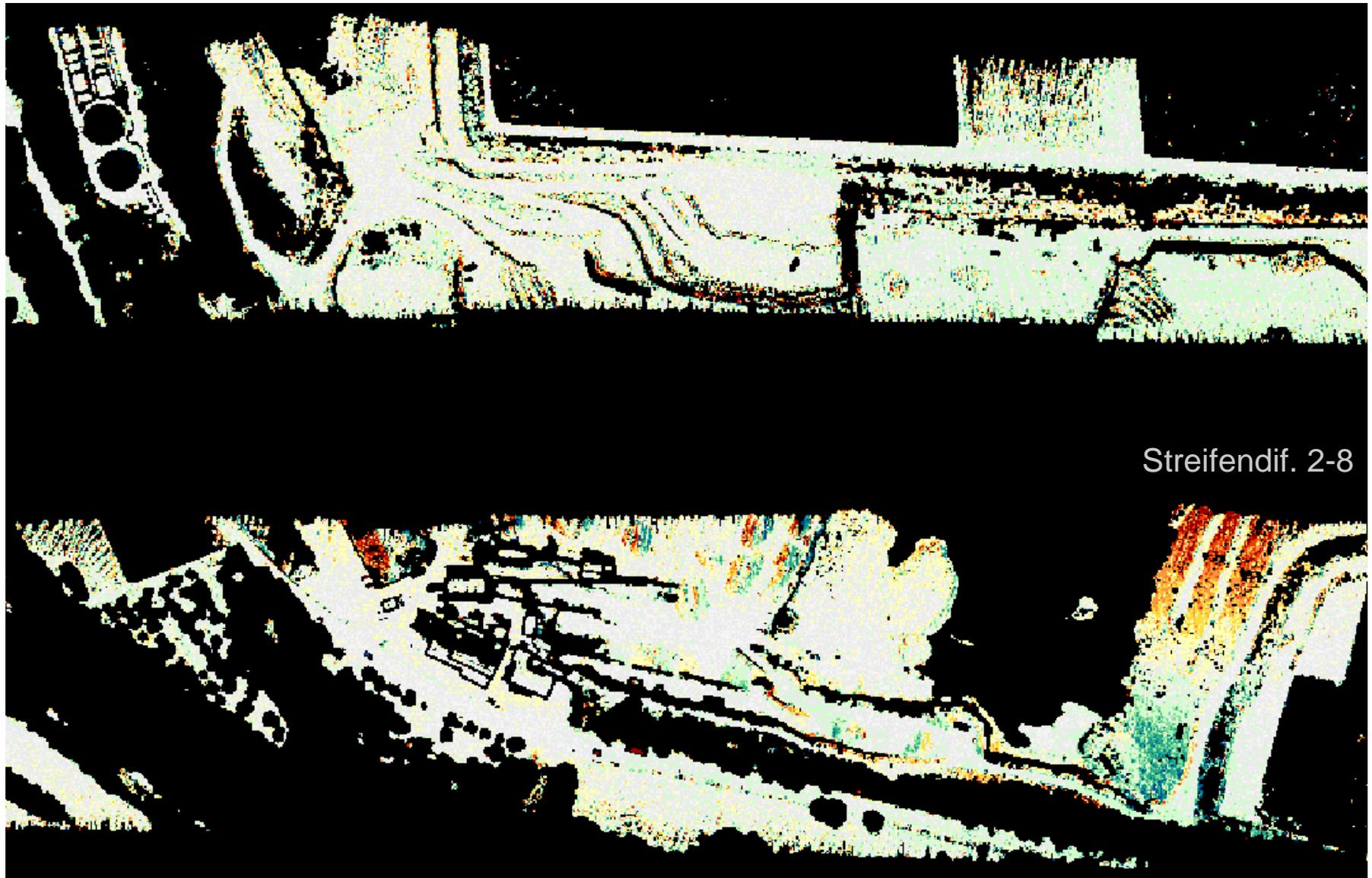


Streifendifferenzen: PRE



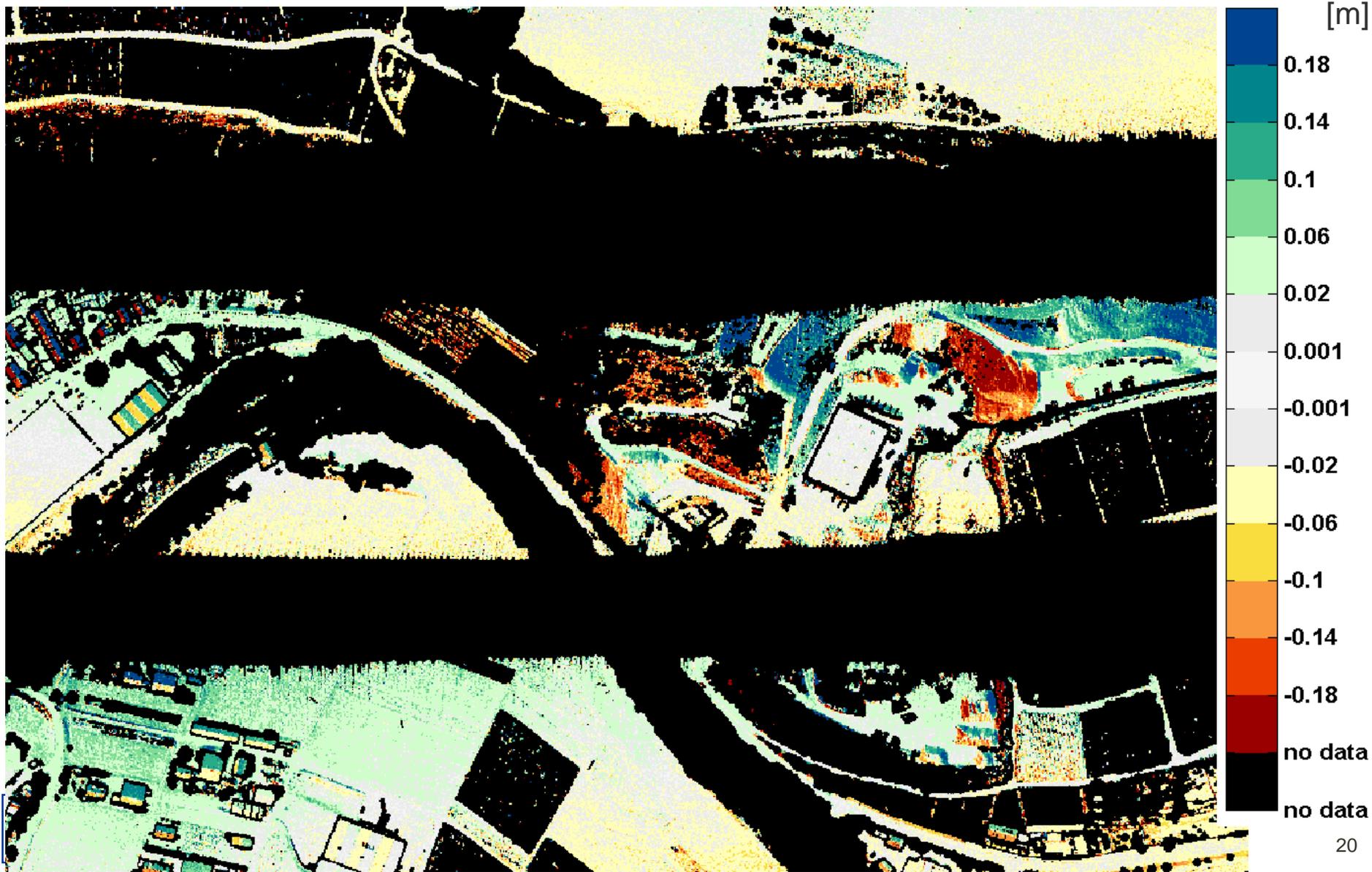
Streifendif. 2-8

Streifendifferenzen: POST

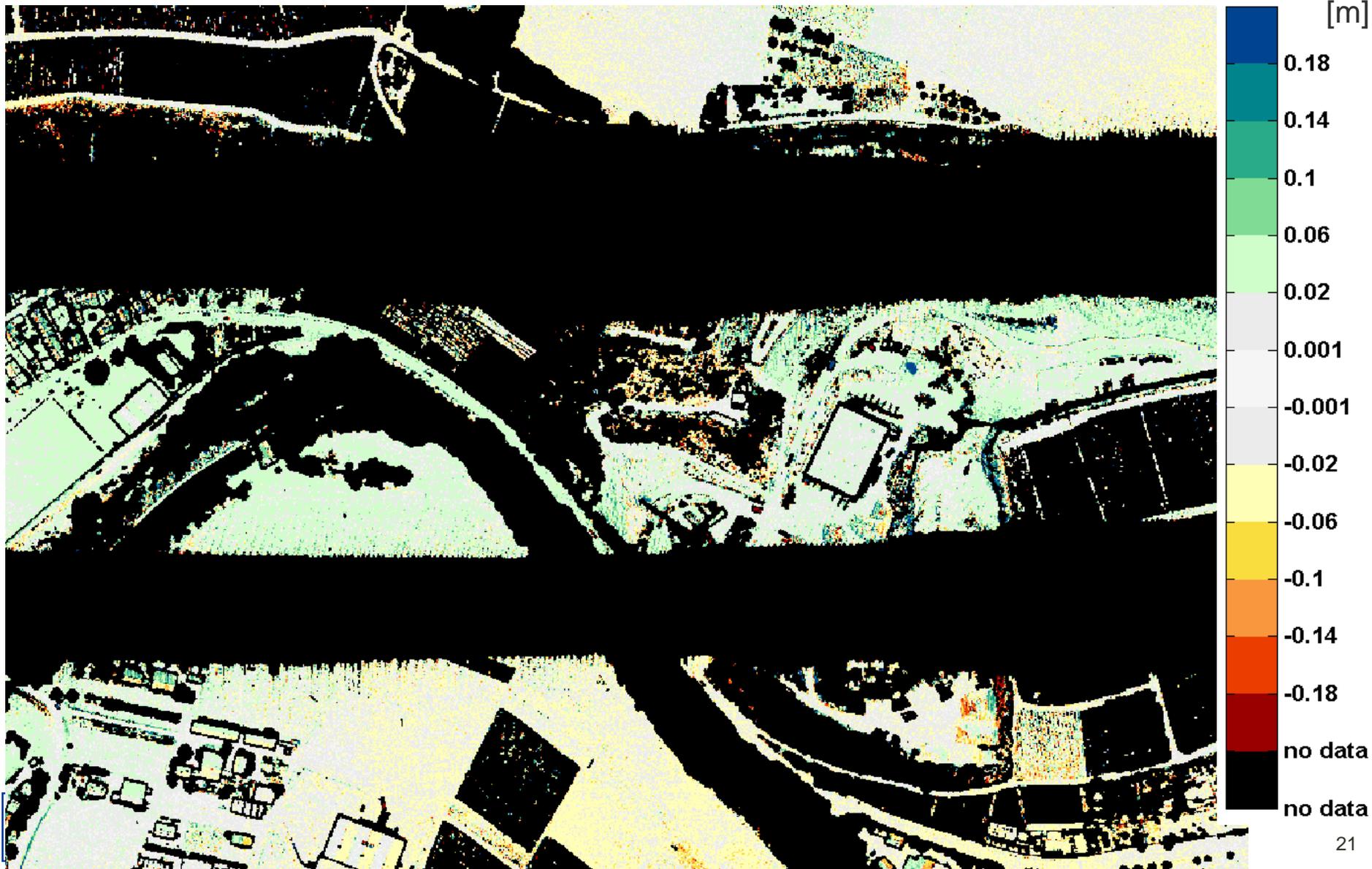


Streifendif. 2-8

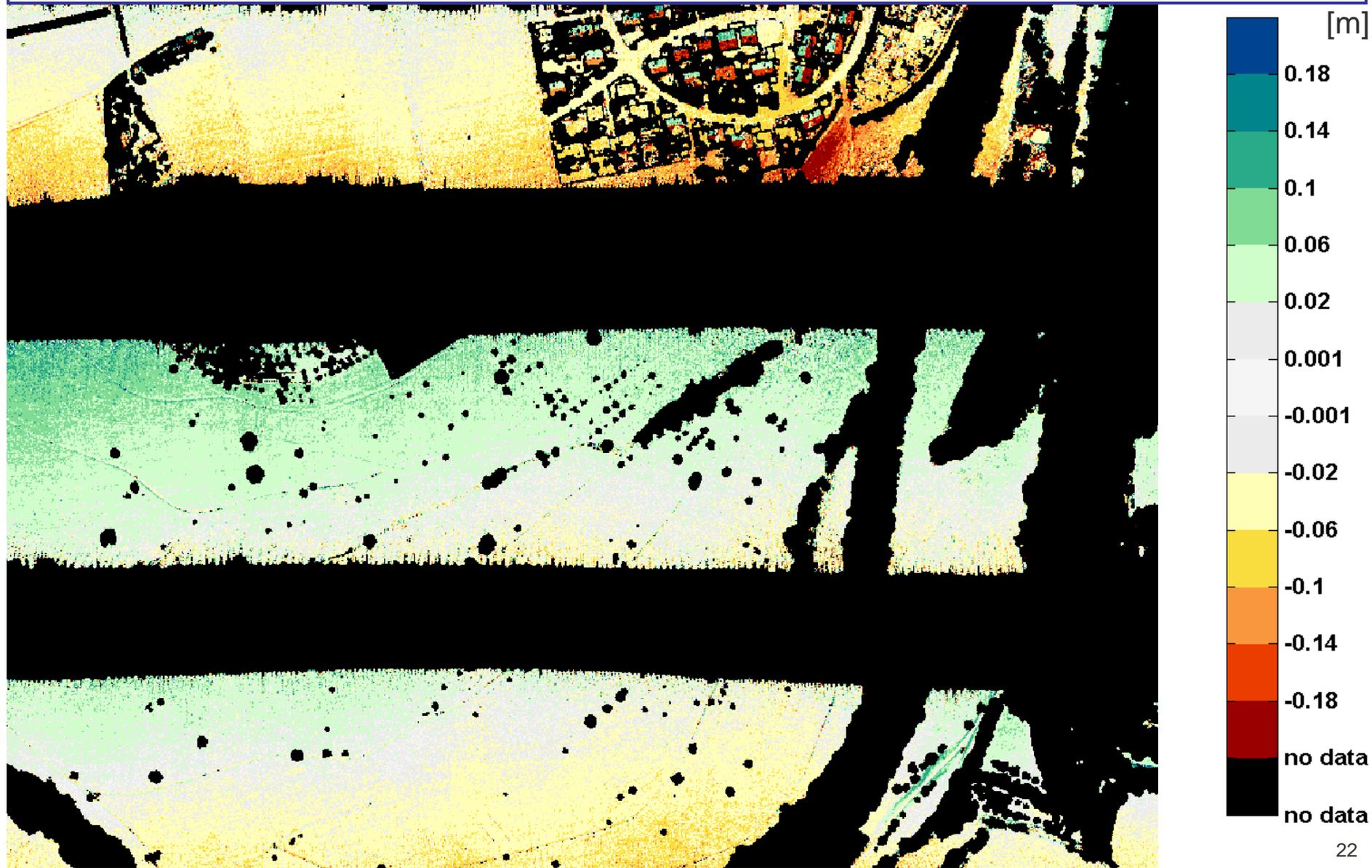
Streifendifferenzen: PRE



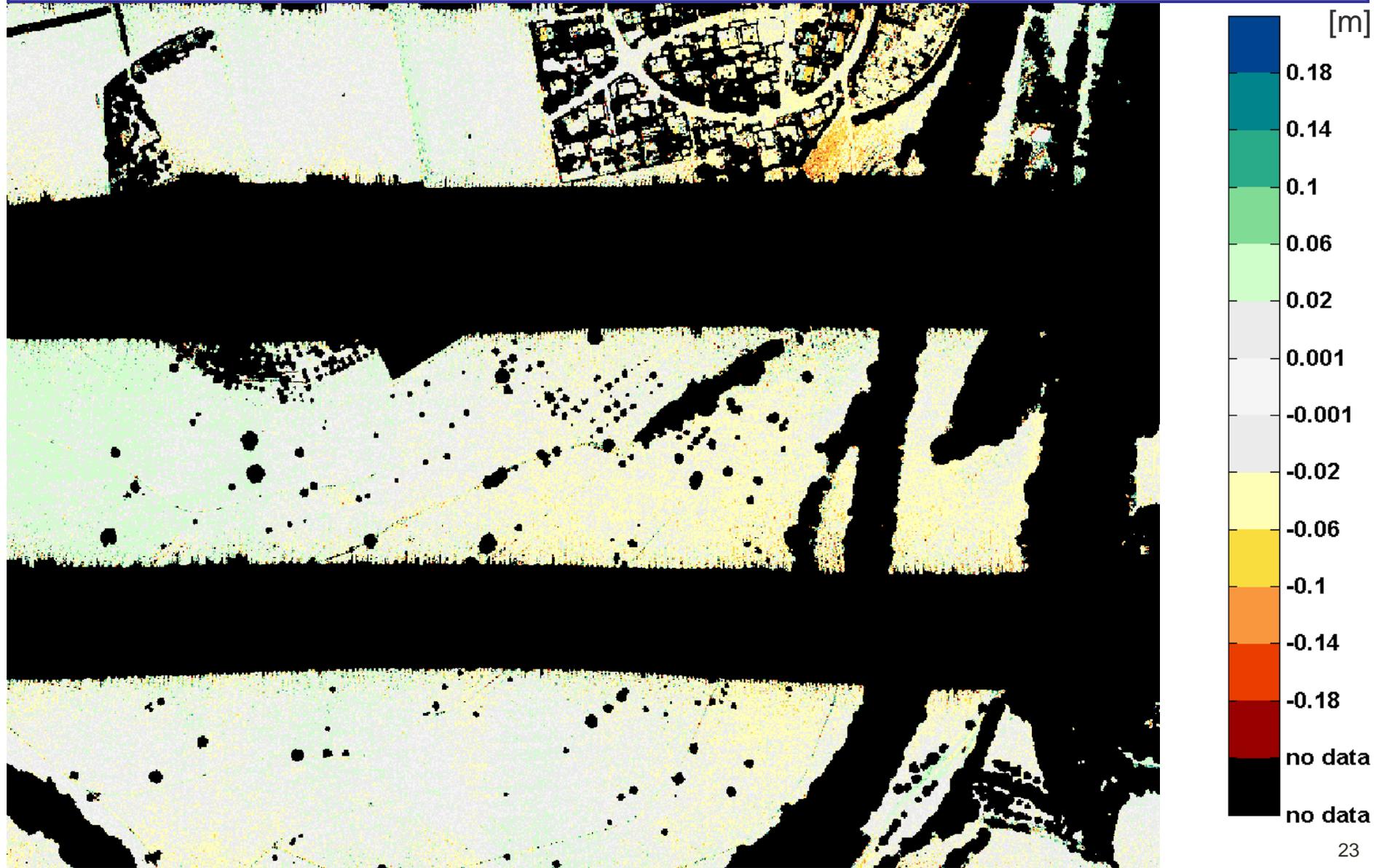
Streifendifferenzen: POST



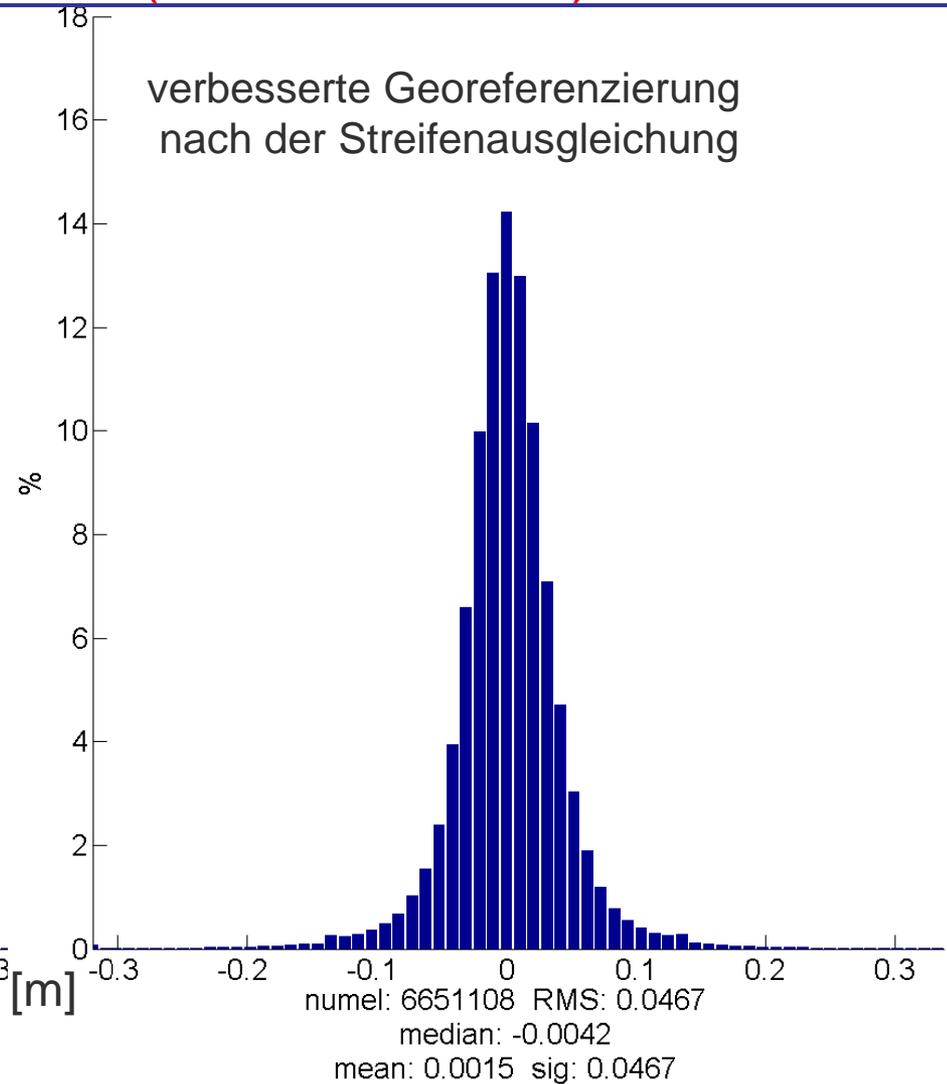
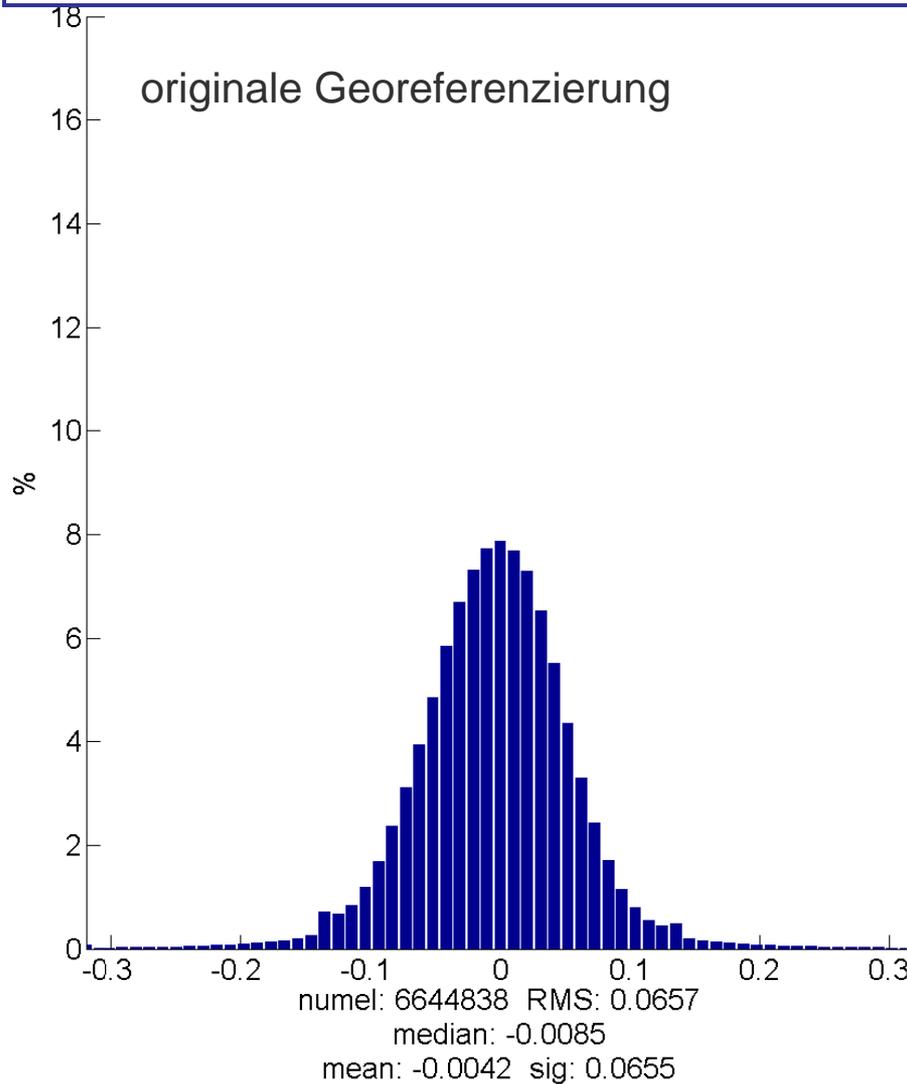
Streifendifferenzen: PRE



Streifendifferenzen: POST



Gesamtstatistik über alle maskierten Streifendifferenzen (6.6 Mill. Werte)



Zusammenfassung

- Auswirkung der Streifenausgleichung auf die Daten:
Verschiebung in Flugrichtung: 13cm im quadr.Mittel, max. 44cm
- Verbesserung der relativen Orientierung der ALS-Streifen:
RMS der Streifendifferenzen von 6.6cm → 4.7cm
- Absolute Orientierung: Passebenen aus DMC-8cm-Block