

# DGPF Projekt: Evaluierung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamarasysteme – Themenschwerpunkt Höhenmodelle

3-Ländertagung DGPF - OVG - SGPBF

1. Juli 2010

Technische Universität Wien

# Themenschwerpunkt Höhenmodelle

## Projektsitzung in Stuttgart (5.-6. Okt. 2009)



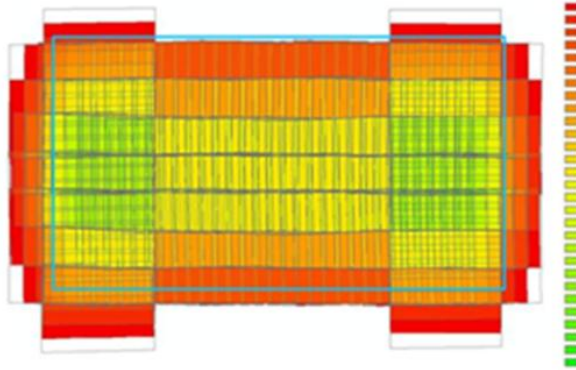
- Untersuchungen mit MATCH-T DSM
  - Norbert Haala
- DOM Generierung mit NGATE
  - Heidi Hastedt
- Evaluation von Höhenmodellen aus Mehrfachbildzuordnung - Untersuchungen mit SAT-PP
  - Kirsten Wolff
- Untersuchungen Vexcel Imaging / Microsoft Photogrammetry
  - Michael Gruber
- Qualität der ALS50 Laserscanner Referenzbefliegung
  - C. Ressler
- Ableitung von ATKIS-DGM-Datensätzen aus digitalen Bildern
  - Sven Baltrusch



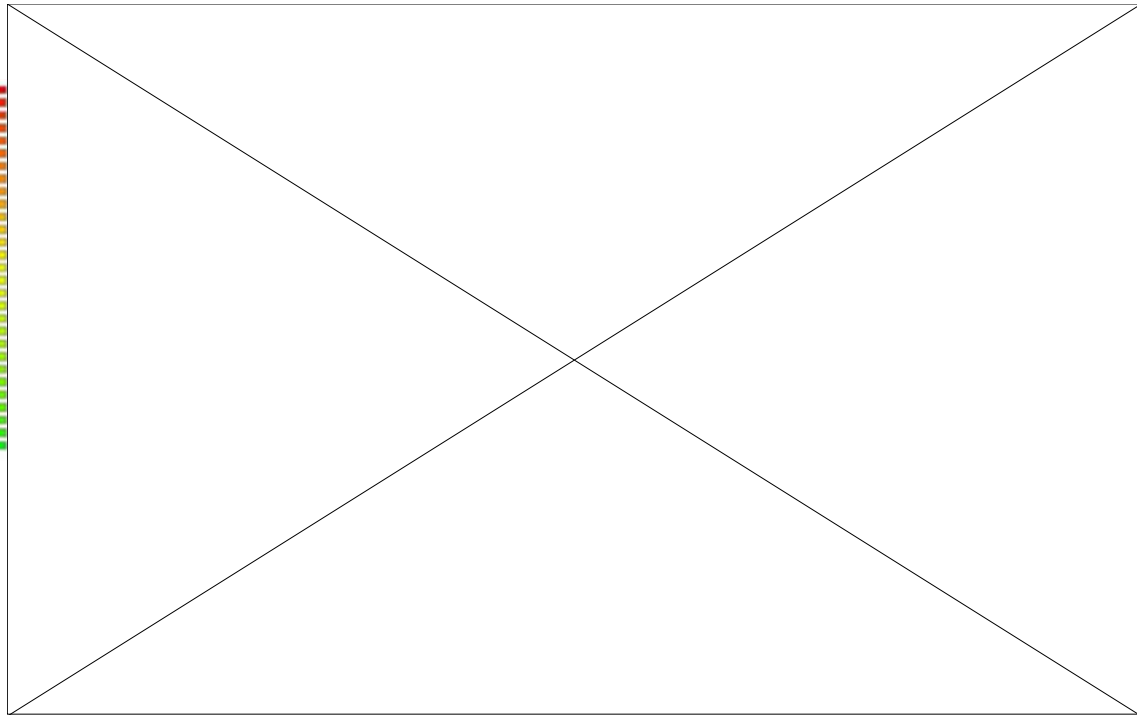
# Motivation: Digitale Höhenmodelle aus Daten digitaler Luftbildkamerasysteme



- Nutzung digitaler Luftbildkameras verspricht Verbesserungen der automatischen Bildzuordnung durch
  - Große Überdeckung, erhöhte Redundanz
  - Verbesserte radiometrische Qualität



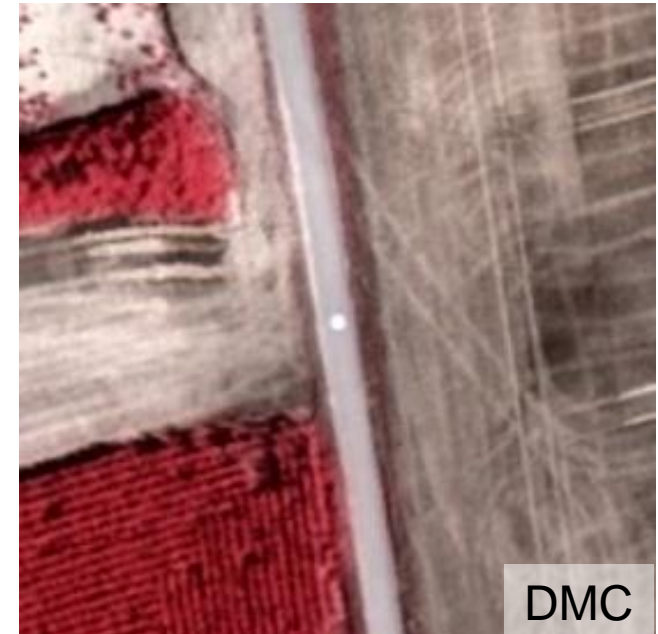
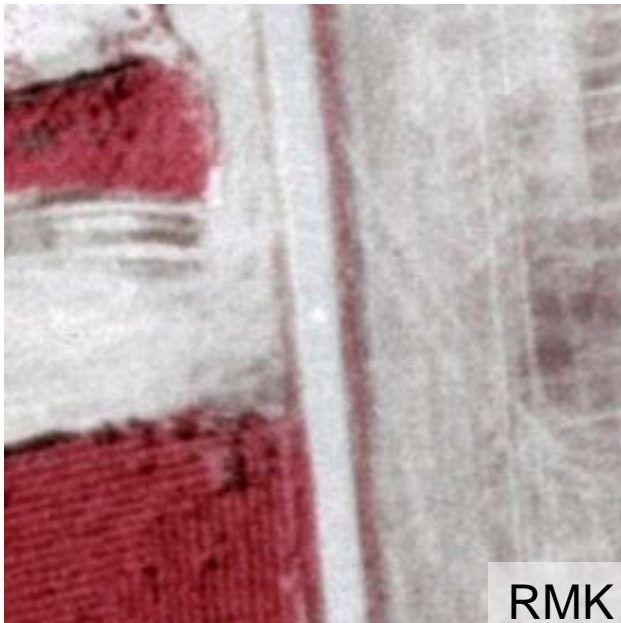
Ultracam-X 8cm GSD block  
(2 (dark red) – 30 folded overlap (dark green))



# Motivation: Digitale Höhenmodelle aus Daten digitaler Luftbildkamerasysteme



- Nutzung digitaler Luftbildkameras verspricht Verbesserungen der automatischen Bildzuordnung durch
  - Große Überdeckung, erhöhte Redundanz
  - Verbesserte radiometrische Qualität



# DOM-Erfassung

## Digitale Bildzuordnung vs. airborne LiDAR

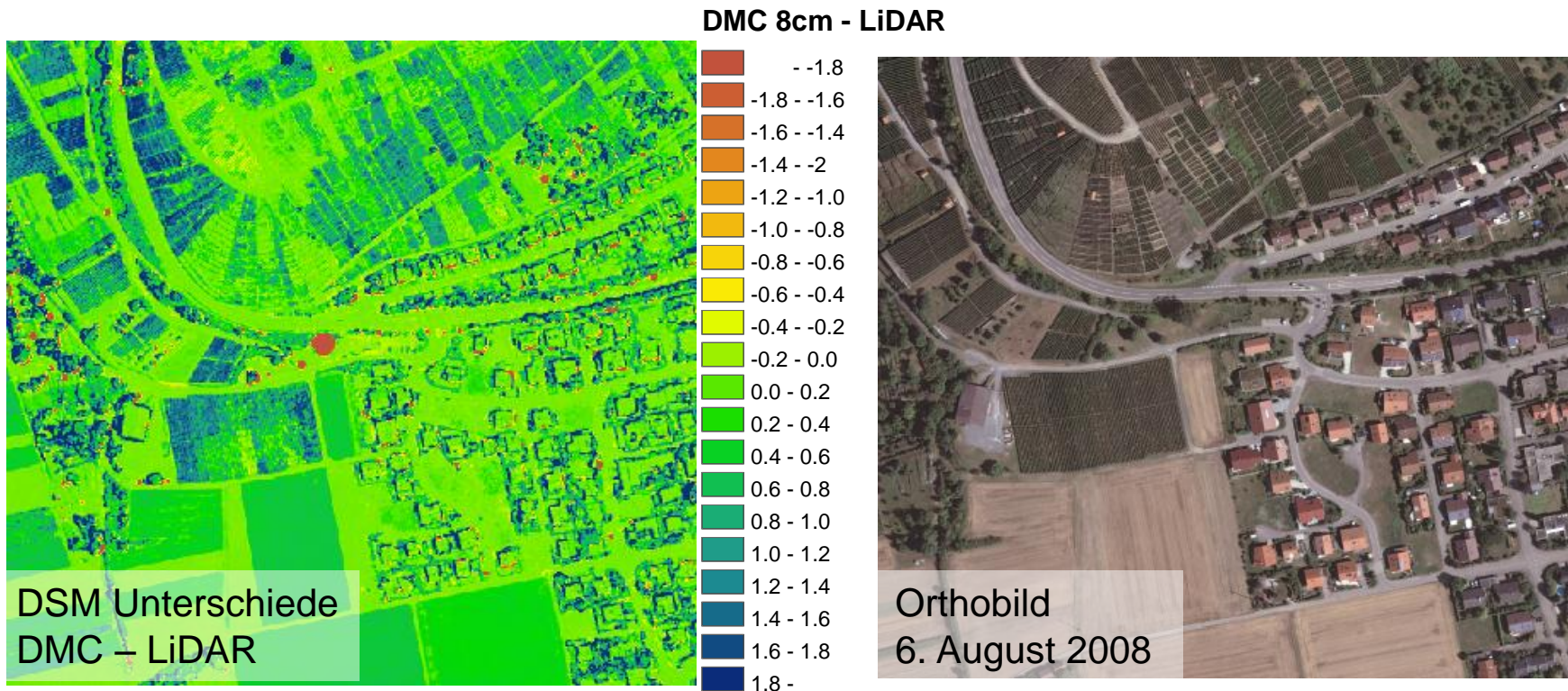


- Sinnvolle Ergebnisse aus beiden Verfahren
- Größte Differenzen bei Vegetation aufgrund von Pflanzenwachstum und unterschiedlichen Meßprinzipien



# DOM-Erfassung

## Digitale Bildzuordnung vs. airborne LiDAR



- Sinnvolle Ergebnisse aus beiden Verfahren
- Größte Differenzen bei Vegetation aufgrund von Pflanzenwachstum und unterschiedlichen Meßprinzipien
  - Weinberg, Mais, einzelne Bäume
- Genauigkeit der LiDAR-Referenzmessung?



# DOM Genauigkeit: Vergleich mit Kontrollpunkten



- Beispiel: DOM erzeugt aus MATCH-T DSM
  - 25cm Raster für 8cm GSD, 50cm Raster für 20cm GSD
- RMS-Werte nach Elimination potentieller Verdeckungen
  - 20cm GSD 50cm Gitterweite : 11.1cm RMS
  - 8cm GSD, 25cm Gitterweite : 4.4cm RMS
- Ausreichende Genauigkeit der Referenzmessungen?
  - Signalisierte Punkte, LiDAR



	Sensor	RMS [cm]	Mean [cm]	$\Delta$ Max/Min [cm]	
LiDAR-reference	ALS 50	3.4	-1.1	6.4	-11.0
GSD 8cm Raster 0.2m	DMC	3.9	-0.8	21.1	-0.9
	Ultracam-X	4.2	-1.4	11.7	-10.8
	DigiCAM	5.3	-1.1	15.5	-15.7
	RMK	5.2	2.4	15.6	-19.9
GSD 20 cm Raster 0.5m	DMC	15.7	-9.3	36.9	-30.5
	DigiCAM	10.1	-0.1	27.1	-30.5
	Ultracam-X	7.6	0.7	21.3	-17.9
	RMK	9.9	1.4	31.8	-25.9

DOM mit Kontrollpunkten

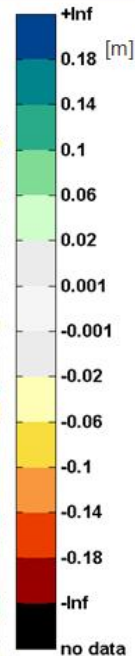
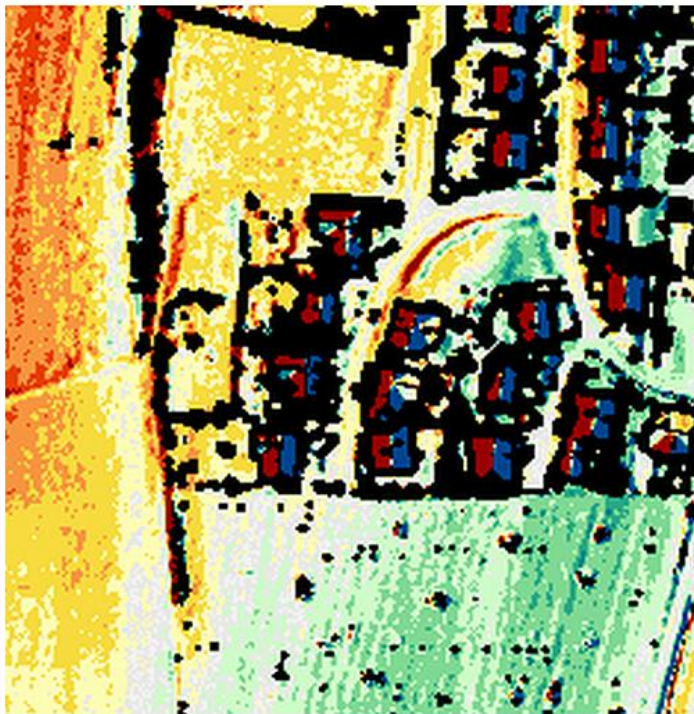


# C. Ressler: Qualität der ALS50 Laserscanner Daten Befliegung Vaihingen/Enz

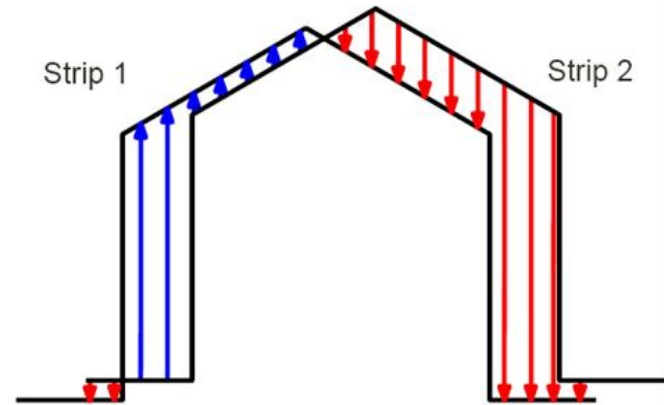


## Geometrische Qualität der ALS-Daten

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

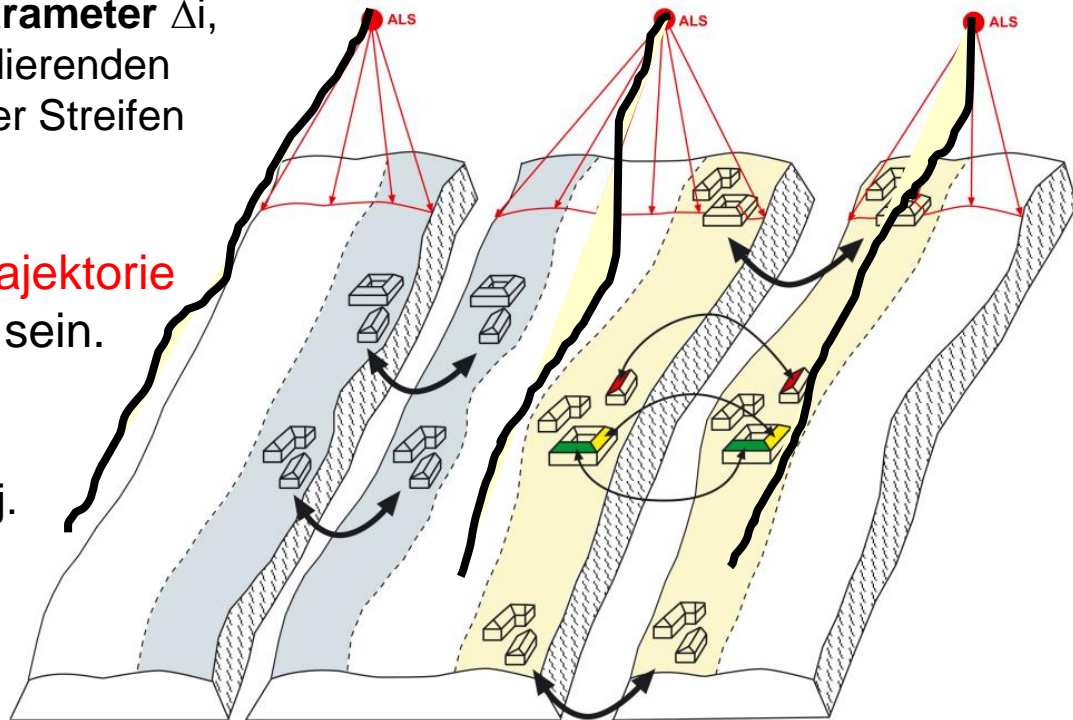


$$\Delta \mathbf{X} = \Delta \mathbf{X}(\mathbf{X}, t, \mathbf{X}_{\text{GNSS}}(t), \mathbf{R}_{\text{IMU}}(t), \mathbf{R}_M + \Delta \mathbf{R}_M, \mathbf{m} + \Delta \mathbf{m}, \Delta \mathbf{i})$$

Verschiebung und Verdrehung der Streifen, sowie **Korrektur der Mounting-Parametern** ( $\Delta \mathbf{R}_M, \Delta \mathbf{m}$ ) 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.

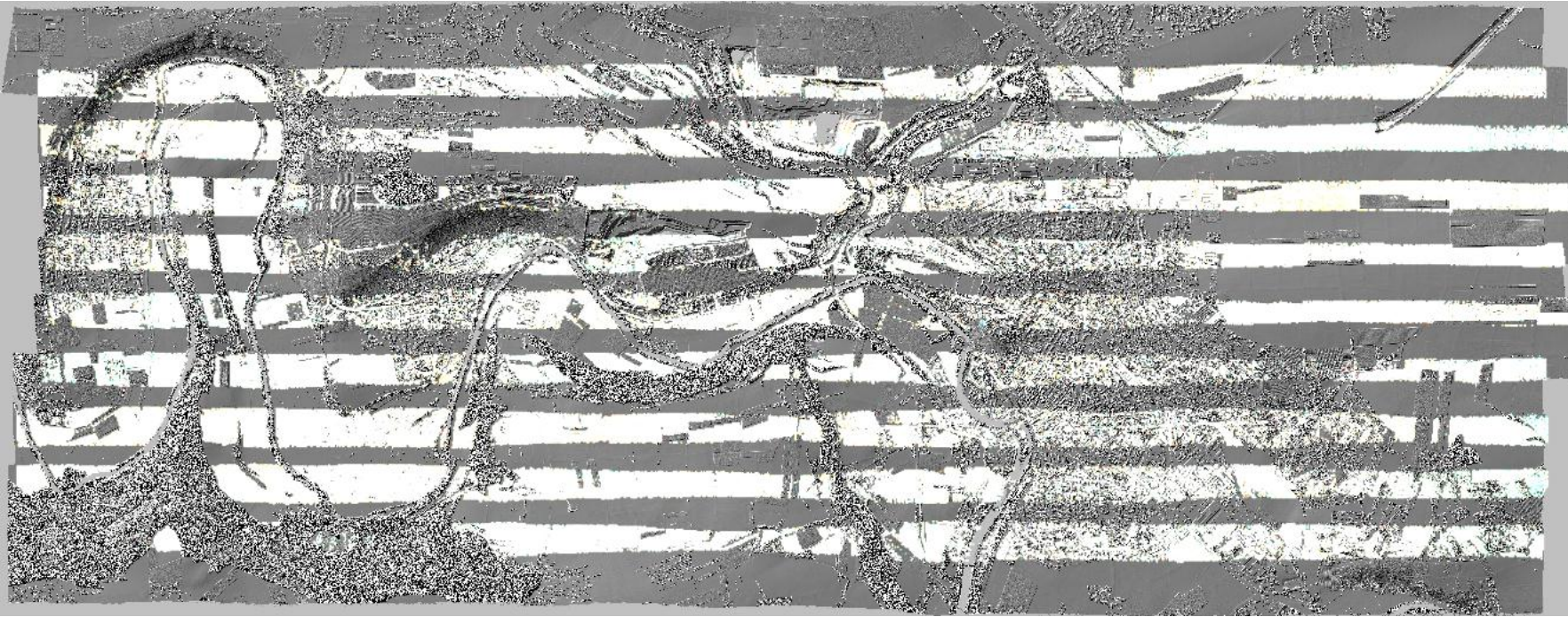
Verbesserung ohne GNSS-INS-Traj. auch möglich, jedoch vom Ansatz her unterlegen.



# ALS-Block: Streifendifferenzen



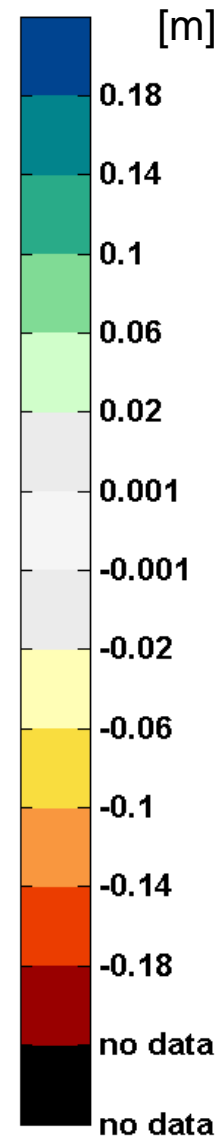
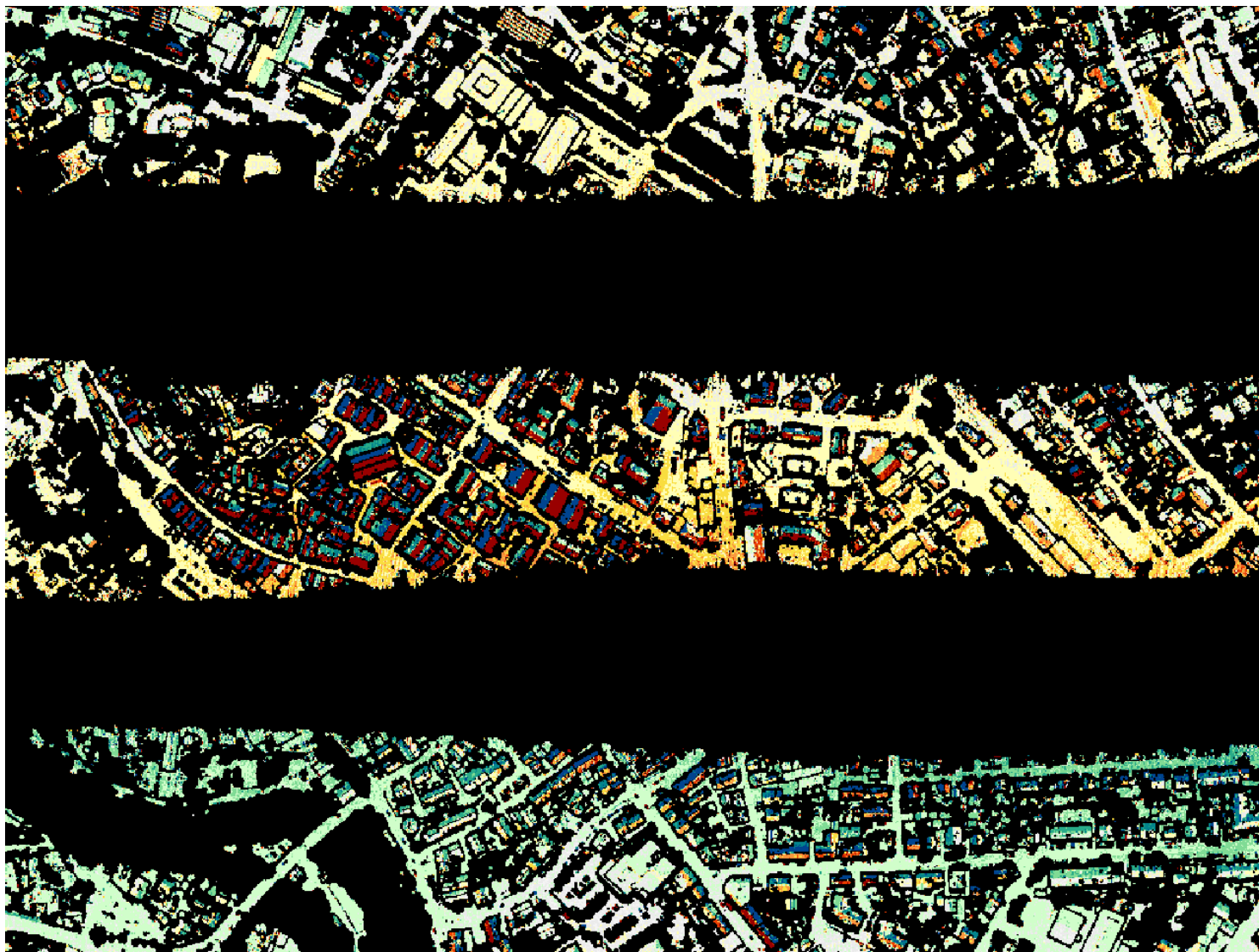
# ALS-Block: Überlappungsbereich hervorgehoben



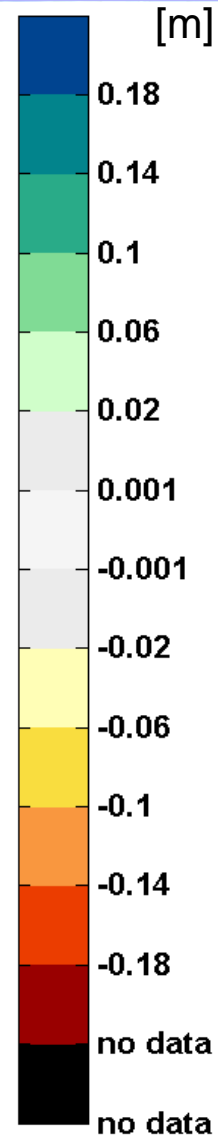
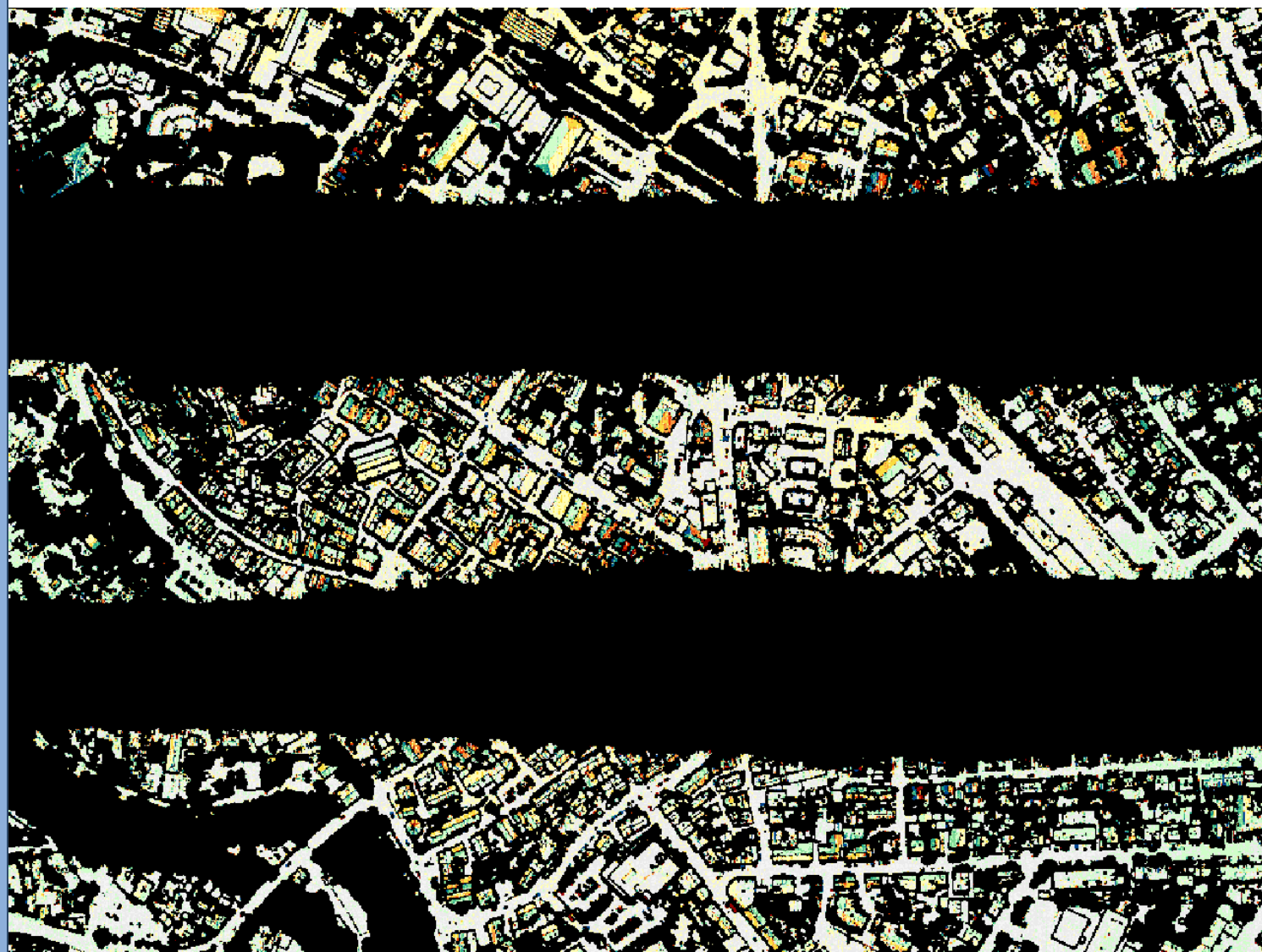
# ALS-Block: Streifendifferenzen



# Streifendifferenzen: PRE



# Streifendifferenzen: POST



# Qualitätsanalyse der LiDAR Daten



- 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

# Analyse von 3D Punktwolken in ebenen Bereichen: Beispiel LiDAR



Sportplatz Rosswag



LiDAR Referenz



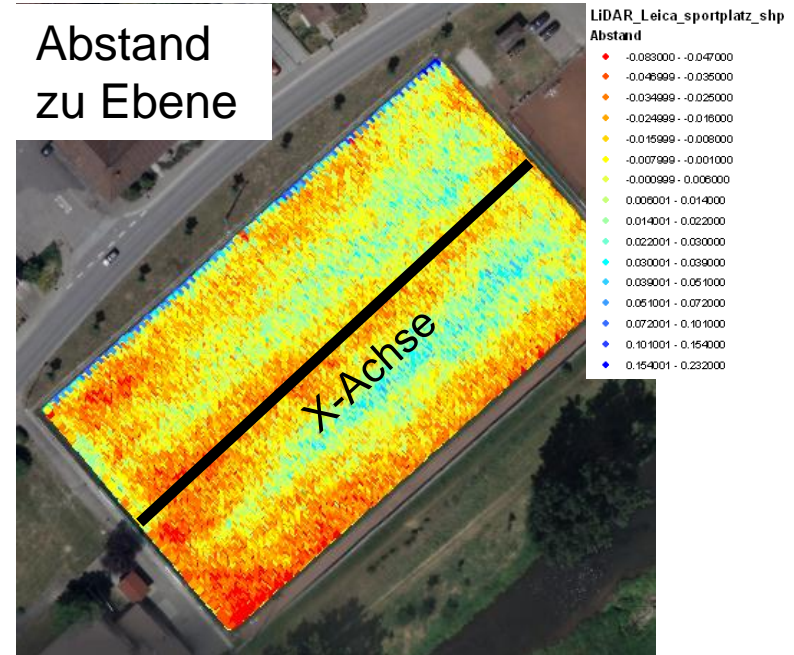


# Analyse von 3D Punktwolken in ebenen Bereichen: Beispiel LiDAR

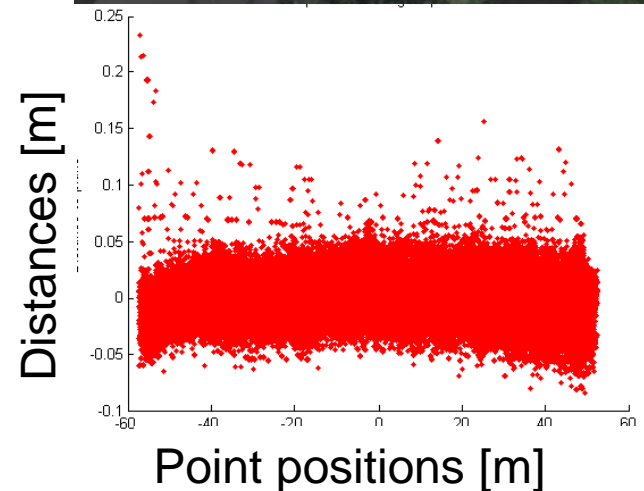
LiDAR  
Höhe



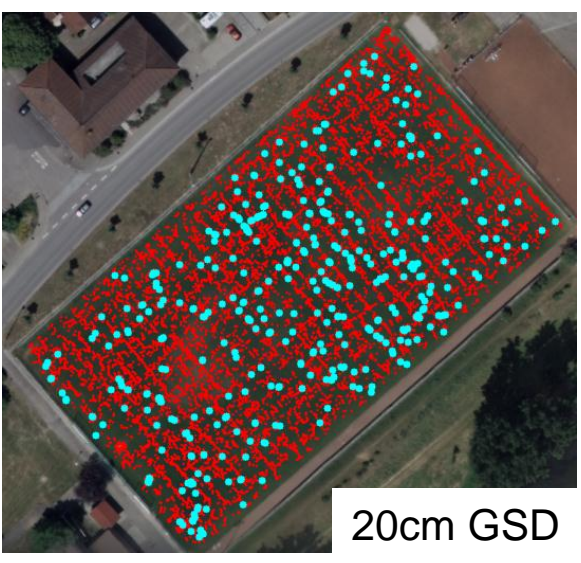
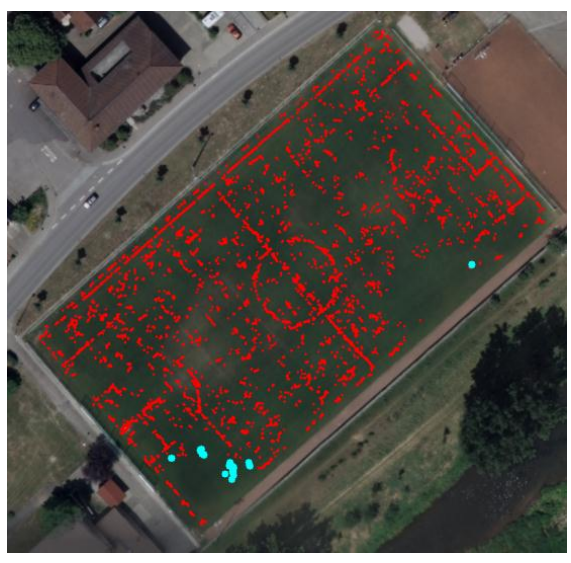
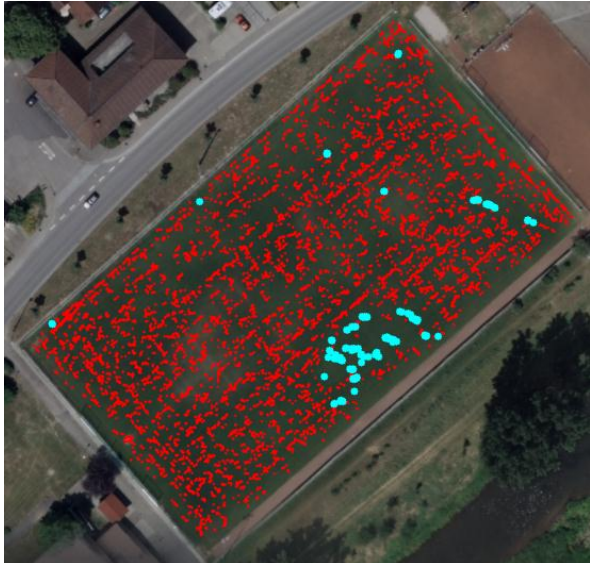
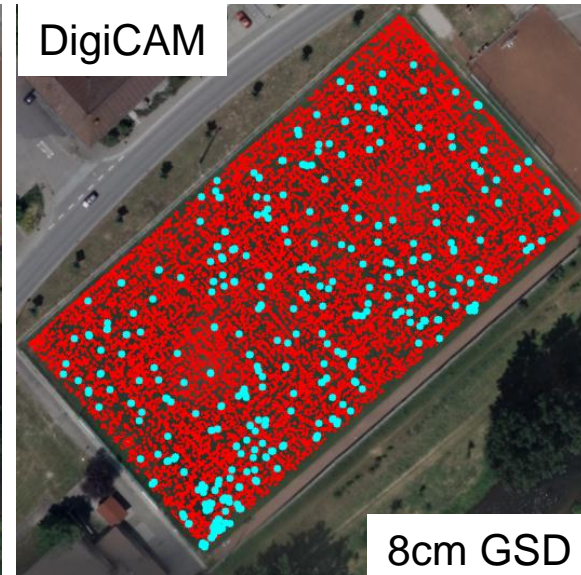
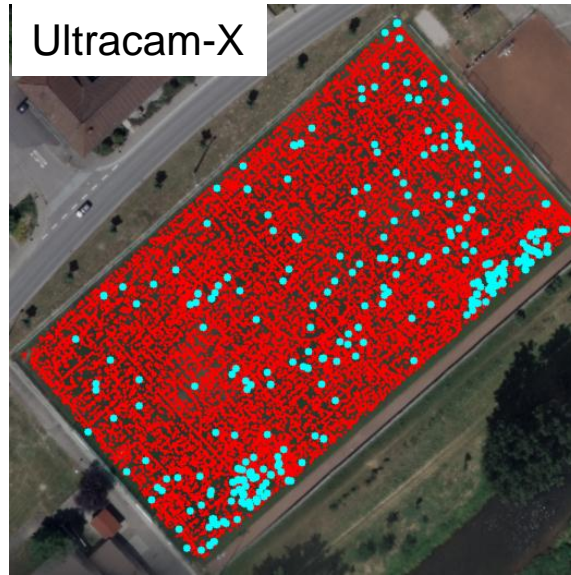
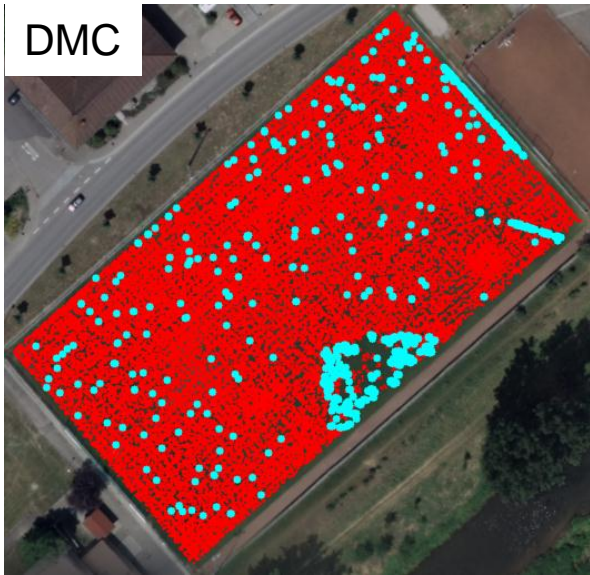
Abstand  
zu Ebene



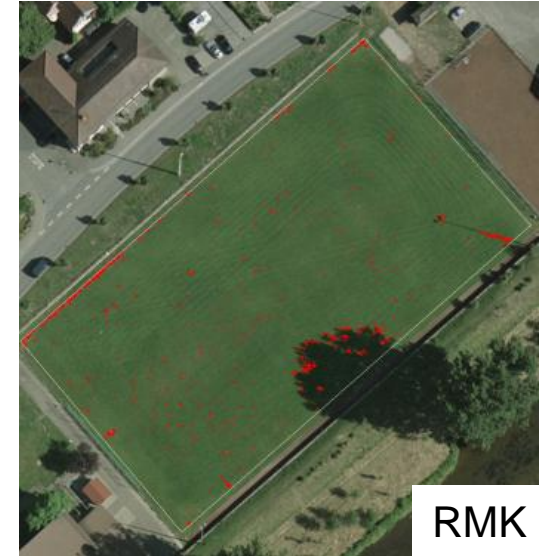
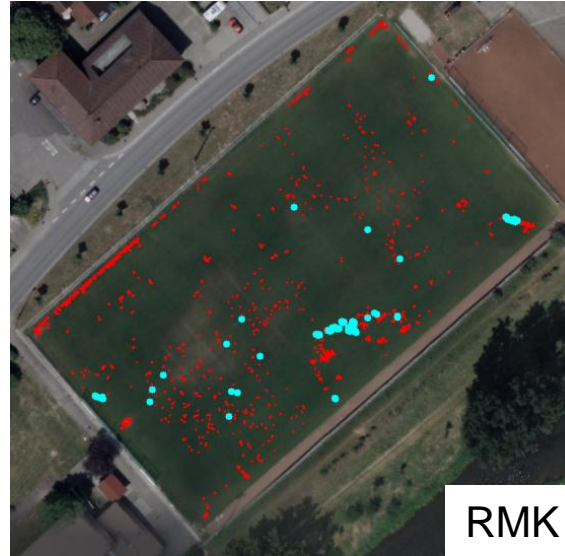
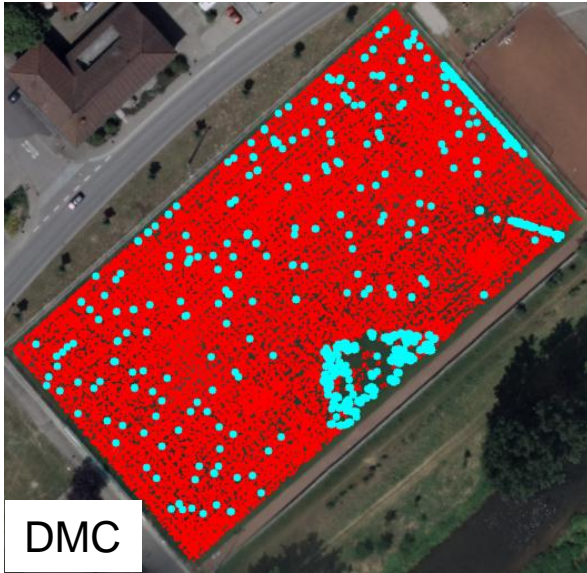
- Schätze ausgleichende Ebene aus 3D Punktwolke
- Analysiere Punktdistanzen zur Ebene
  - $\sigma_0 = 1.92 \text{ cm}$
  - Punktdichte =  $8.25 \text{ Pkte/m}^2$



# Vergleich unterschiedlicher Systeme und Auflösungen



# Analyse von 3D Punktwolken Rosswag 8cm GSD



- Gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse von DMC und RMK durch Doppelkammerflug
  - DMC
    - $\sigma_0 = 5.2 \text{ cm}$
    - Punktdichte =  $19.7 \text{ Pkte/m}^2$
  - RMK
    - $\sigma_0 = 17.2 \text{ cm}$
    - Punktdichte =  $0.8 \text{ Pkte/m}^2$
- Erhebliche Verbesserung durch digitale Kamerasysteme



# DGPF Test: Erfassung von Höhenmodellen

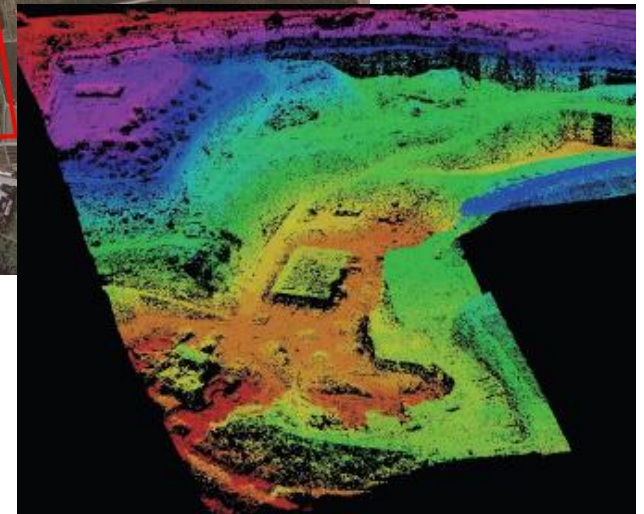
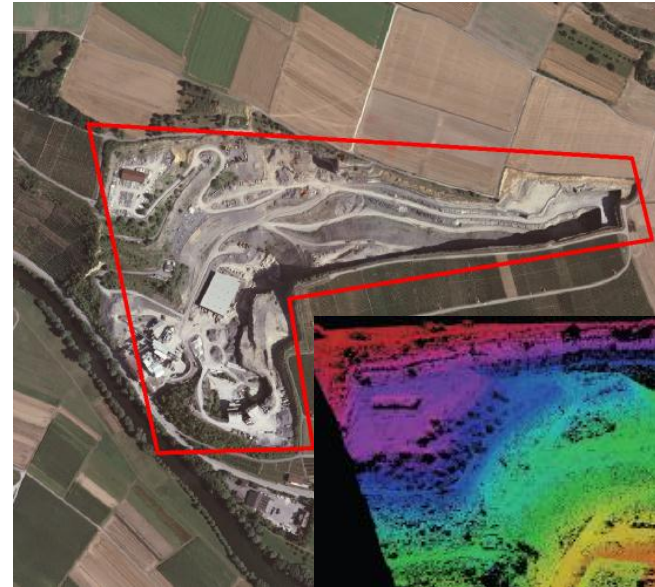
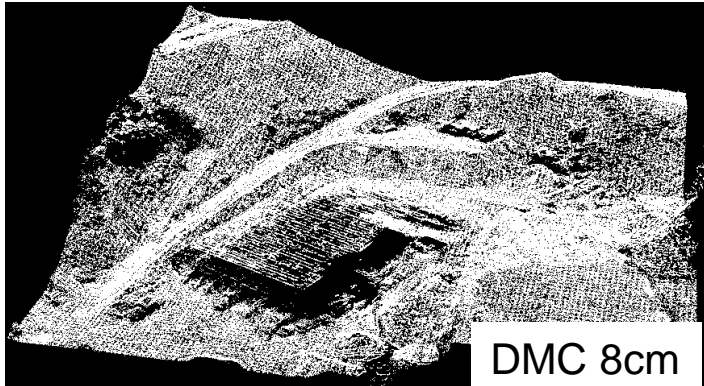
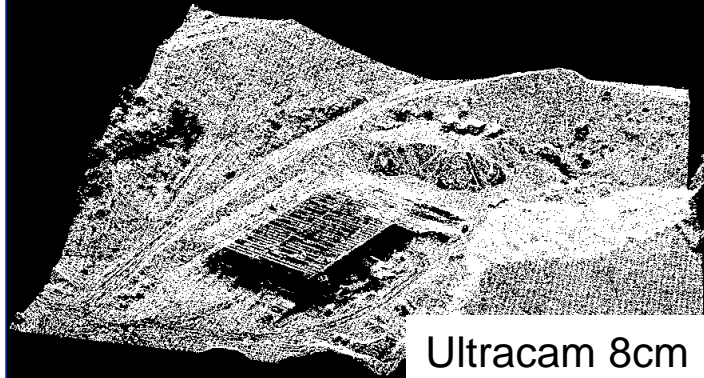
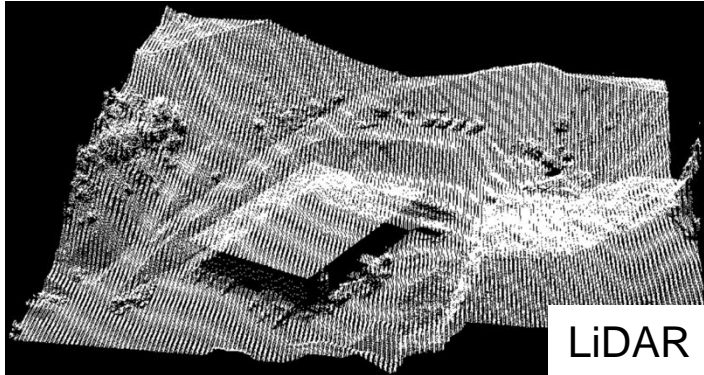


- Erhebliche Qualitätssteigerung der bildbasierten 3D Datenerfassung durch Mehrbildzuordnung und Digitale Luftbildkameras
  - DMC, Ultracam-X, DigiCAM, ADS 40
- Relativgenauigkeit zugeordneter 3D Punkte
  - 1.6cm LiDAR
  - 6.5cm @ 8cm GSD
  - 19.5cm @ 20cm GSD
- Gefiltertes DSM-Raster (Signalisierte Punkte)
  - 4.4cm @ 8cm GSD
  - 11.1cm @ 20cm GSD
    - Genauigkeit des DSM-Raster hauptsächlich durch Bildgeometrie definiert



# Bildzuordnung vs. Airborne LiDAR

## Nutzbarkeit der Höhendaten



- Genauigkeit und Dichte von 3D Punktwolken nähert sich der Qualität von LiDAR an
- Heterogenere Qualität der Bildzuordnung durch Texturabhängigkeit



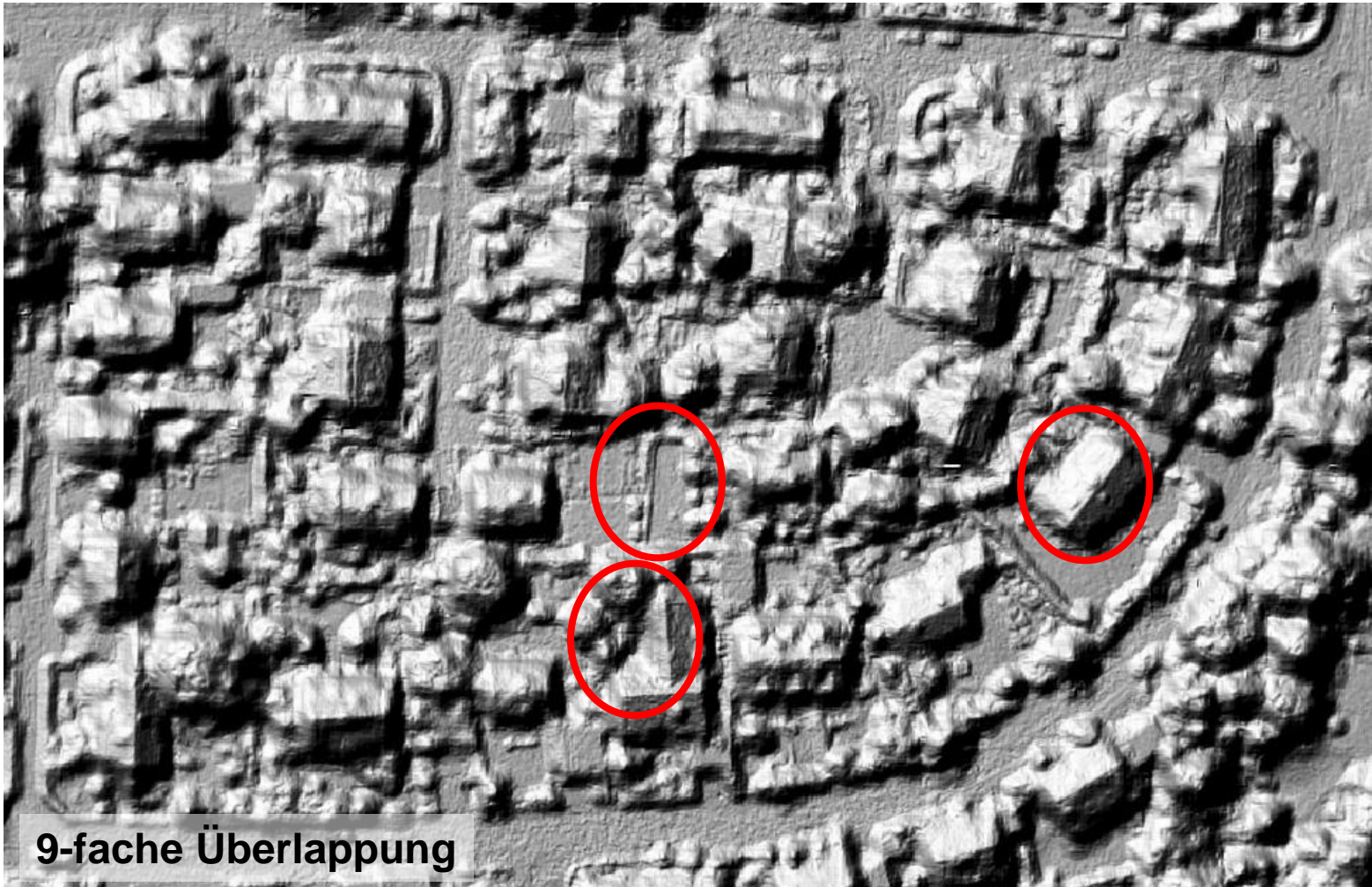
# Kirsten Wolff (ETHZ): bebautes Gebiete Referenz DSM, 25cm



Referenz DSM, 25cm



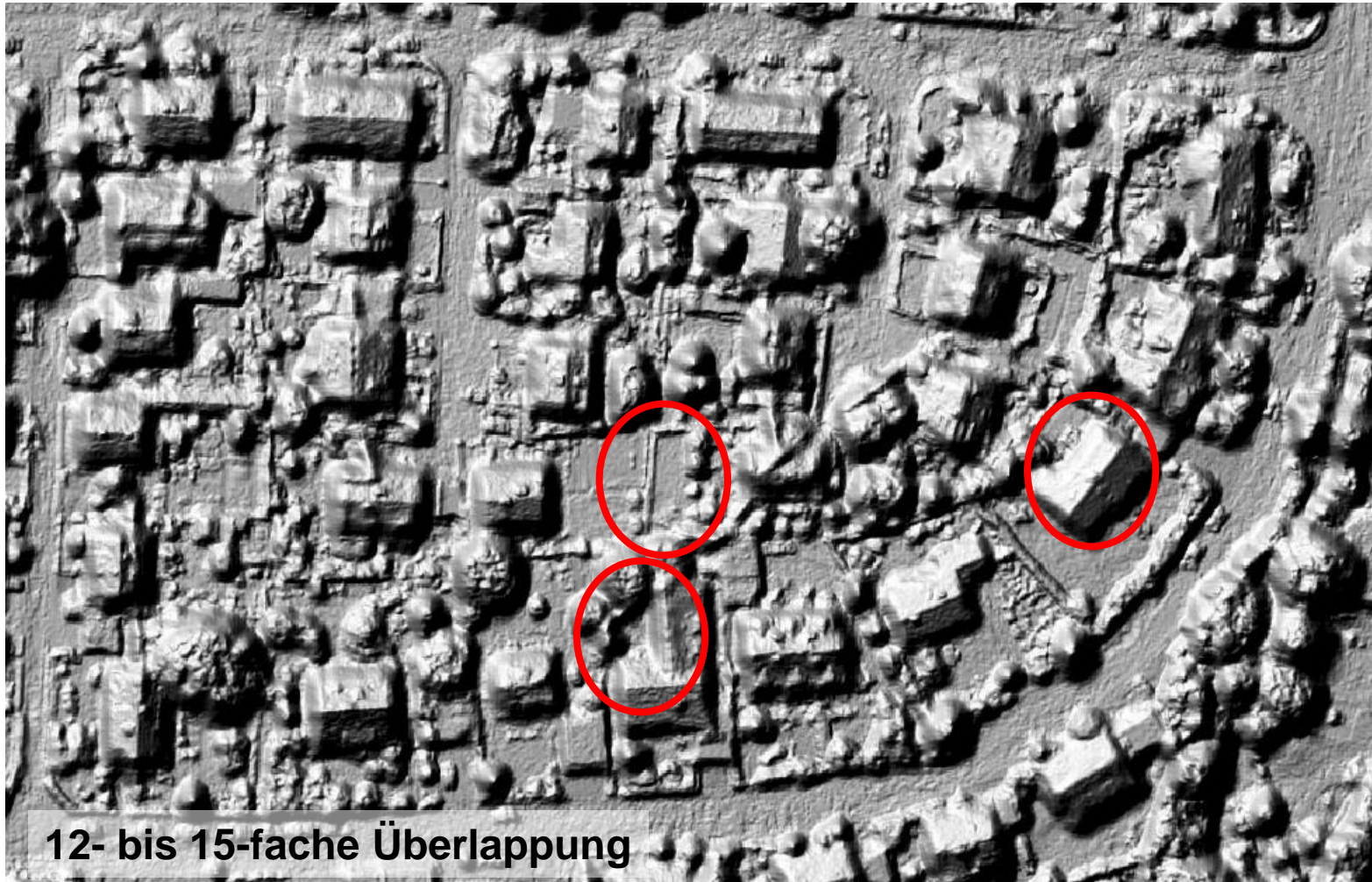
# DMC 8 cm – interpoliertes DSM, 25cm



9-fache Überlappung



# UC-X 8cm – interpoliertes DSM, 25cm

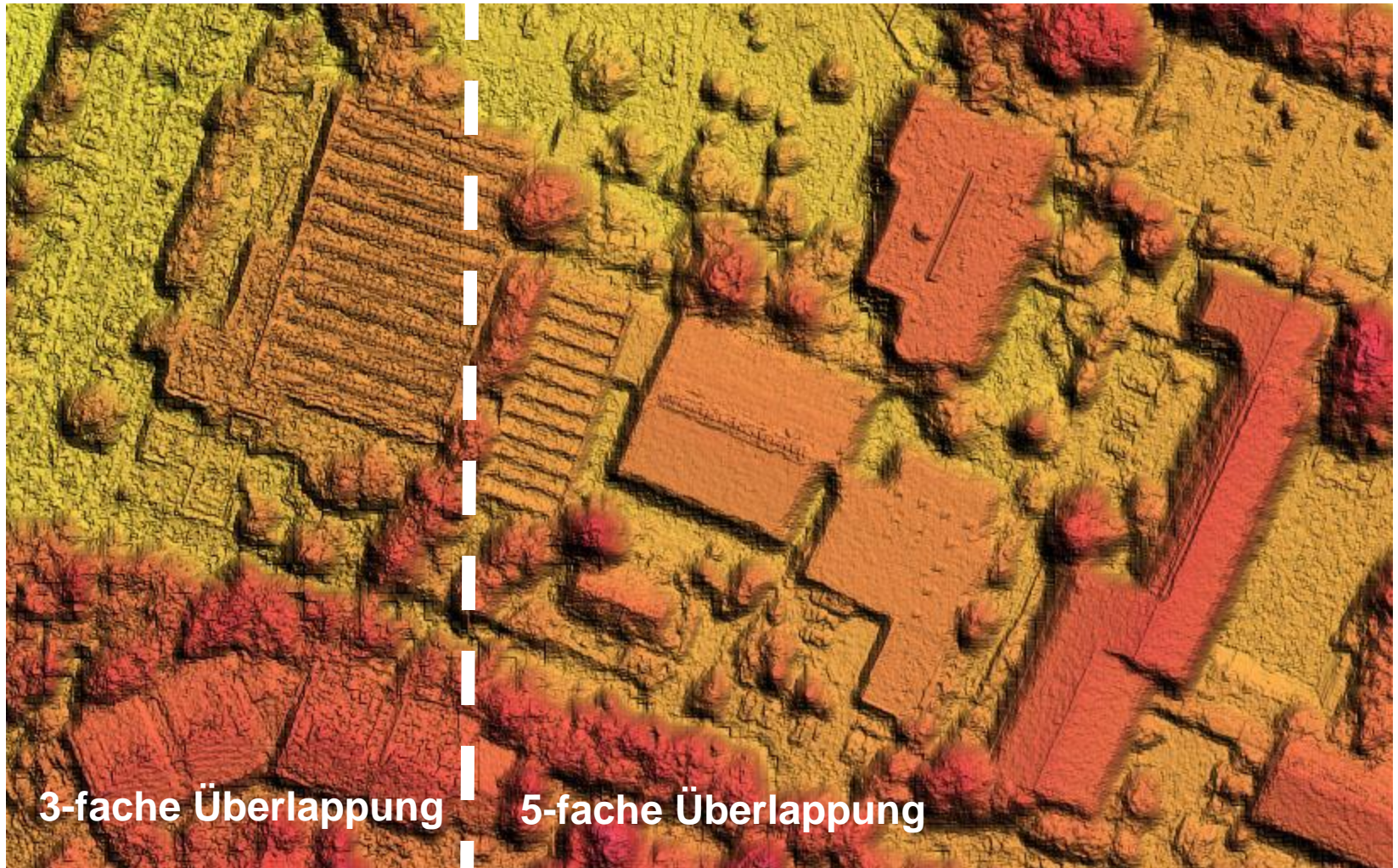


12- bis 15-fache Überlappung





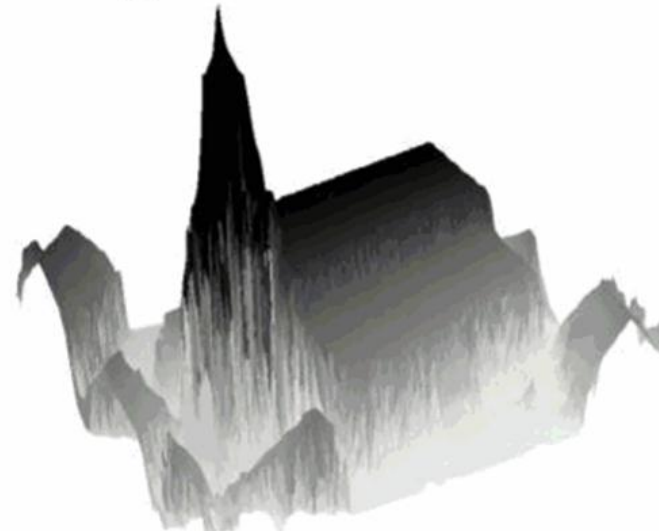
# Einfluss des Überlappungsgrades



# M. Gruber (Vexcel/Microsoft) : Visueller Vergleich von DOM aus Bilddaten mit Laserdaten



GeoTIFF



Laser Interpolated



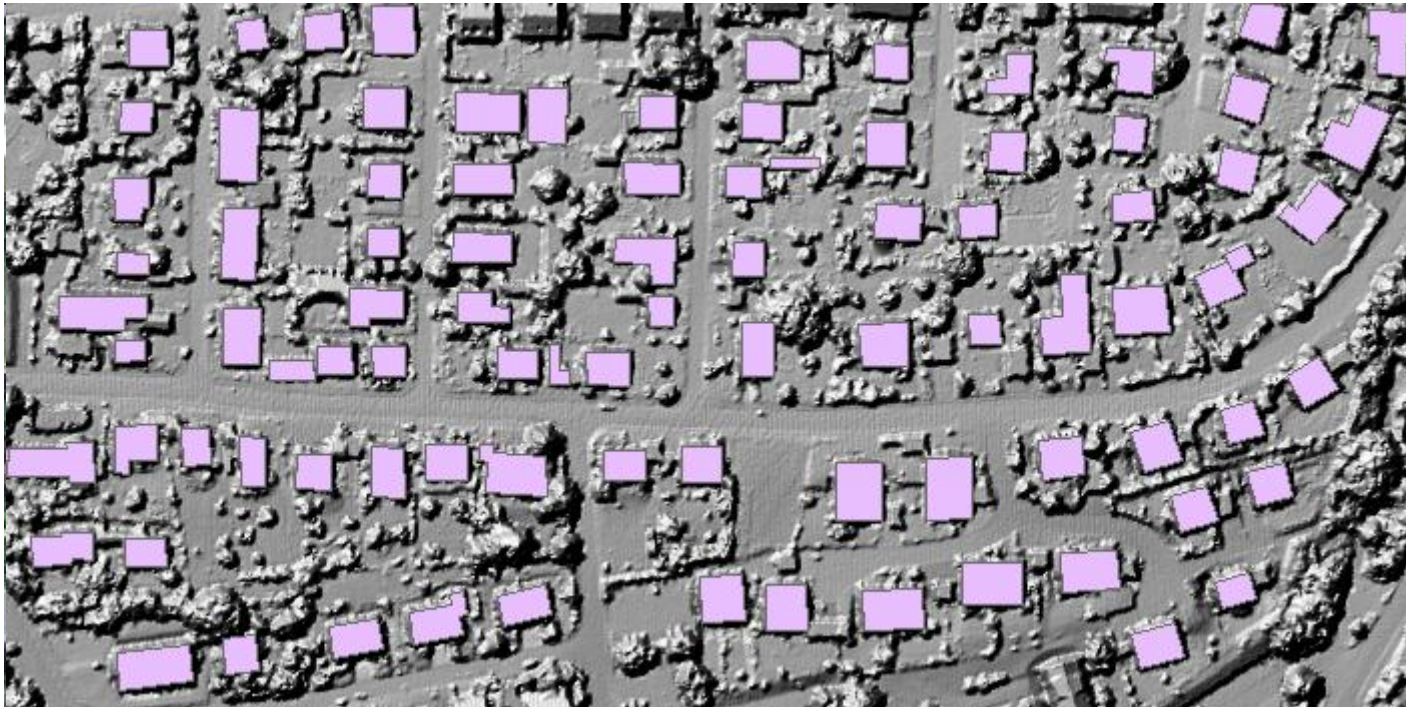
Laser Points with GeoTIFF Heights



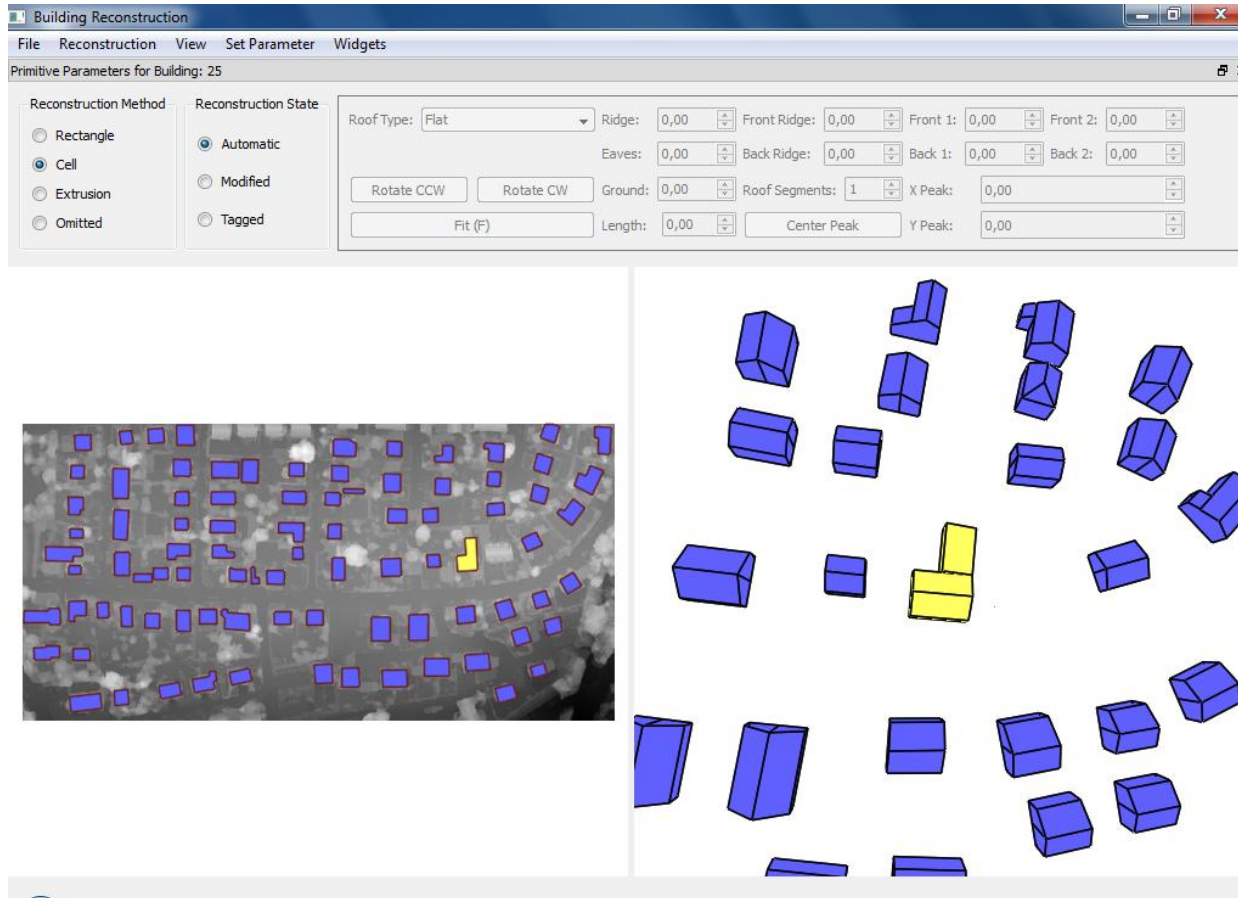
Laser Points with Laser Heights



# Gebäuderekonstruktion aus DOM



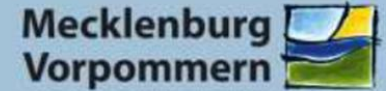
# Gebäuderekonstruktion aus DOM



# S. Baltrusch: Ableitung von ATKIS-DGM-Datensätzen aus digitalen Bildern



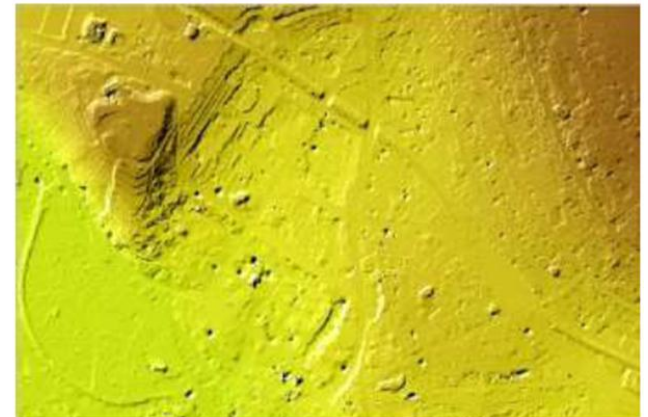
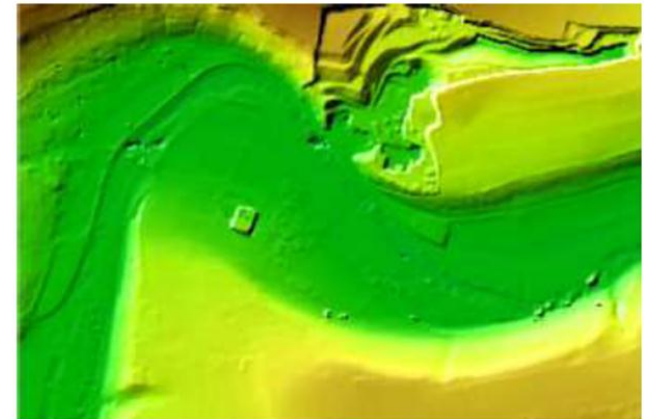
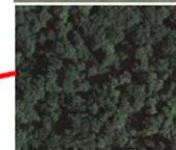
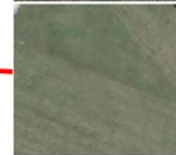
## Ableitung von ATKIS<sup>®</sup>-DGM-Datensätzen aus digitalen Luftbildern



Landesamt für innere Verwaltung  
Amt für Geoinformation,  
Vermessungs- und Katasterwesen

### Testregionen:

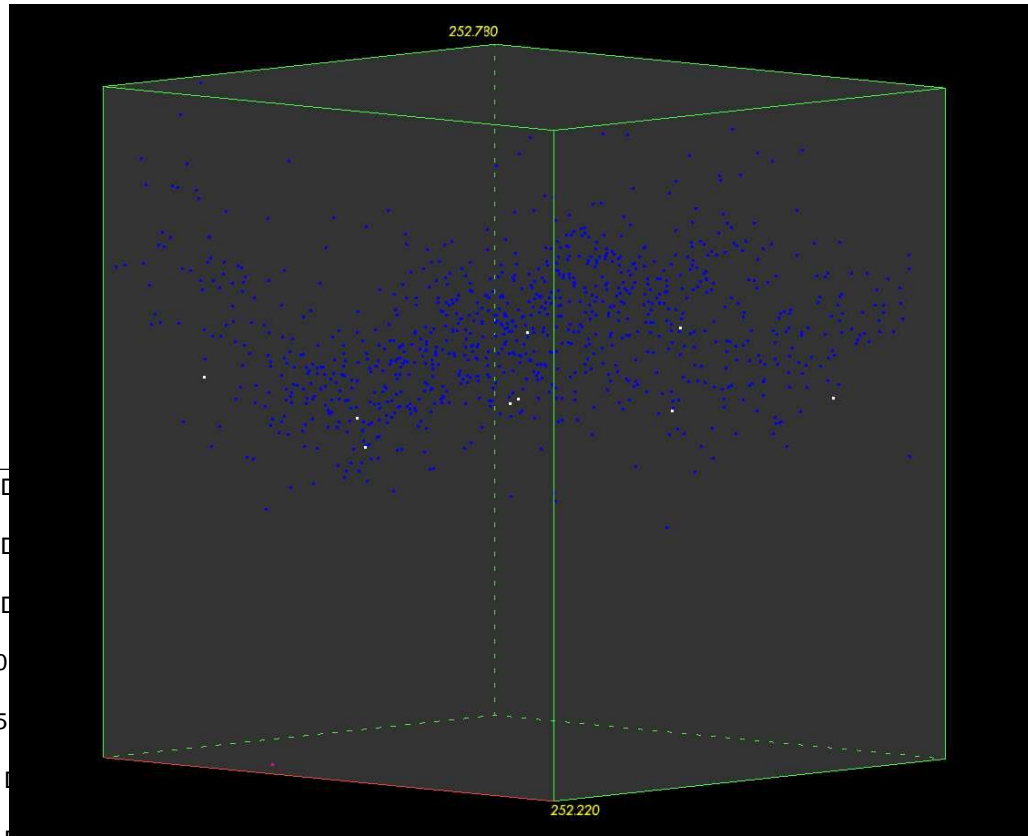
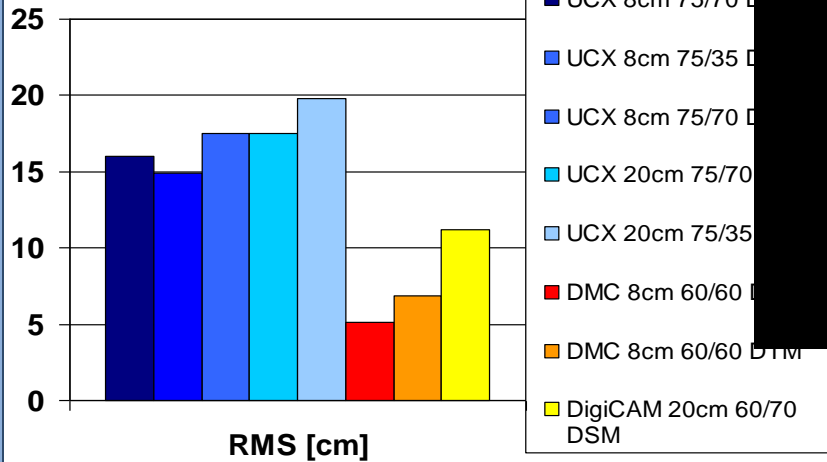
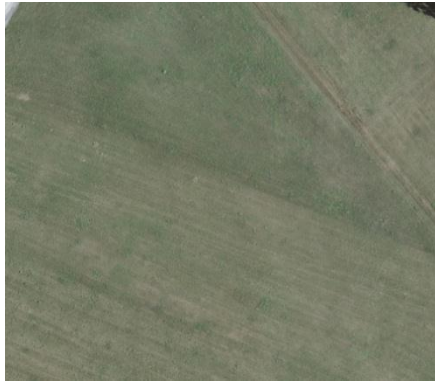
Ländlicher Bereich



Stadtgebiet



# Testregion „Wiese“

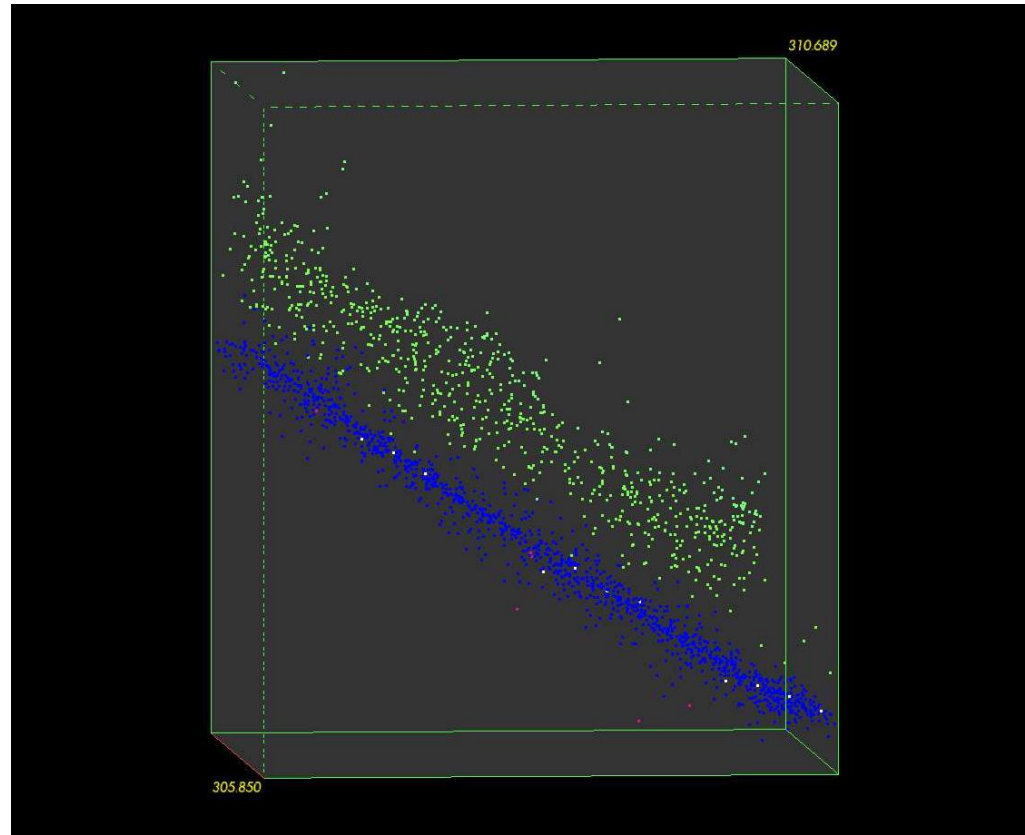
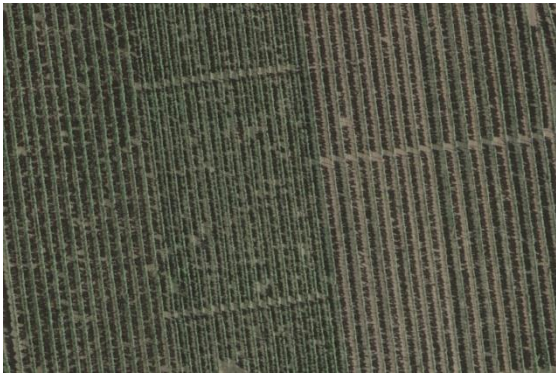


Beispielbild: DMC 8cm 60/60 DSM

$$\text{RMS}_{\text{Mittel}} = 13,6 \text{ cm}$$

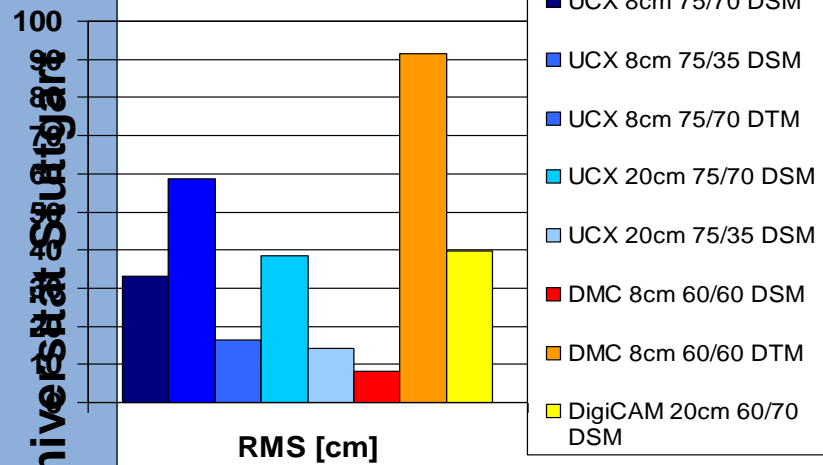


# Testregion „Weinberg“

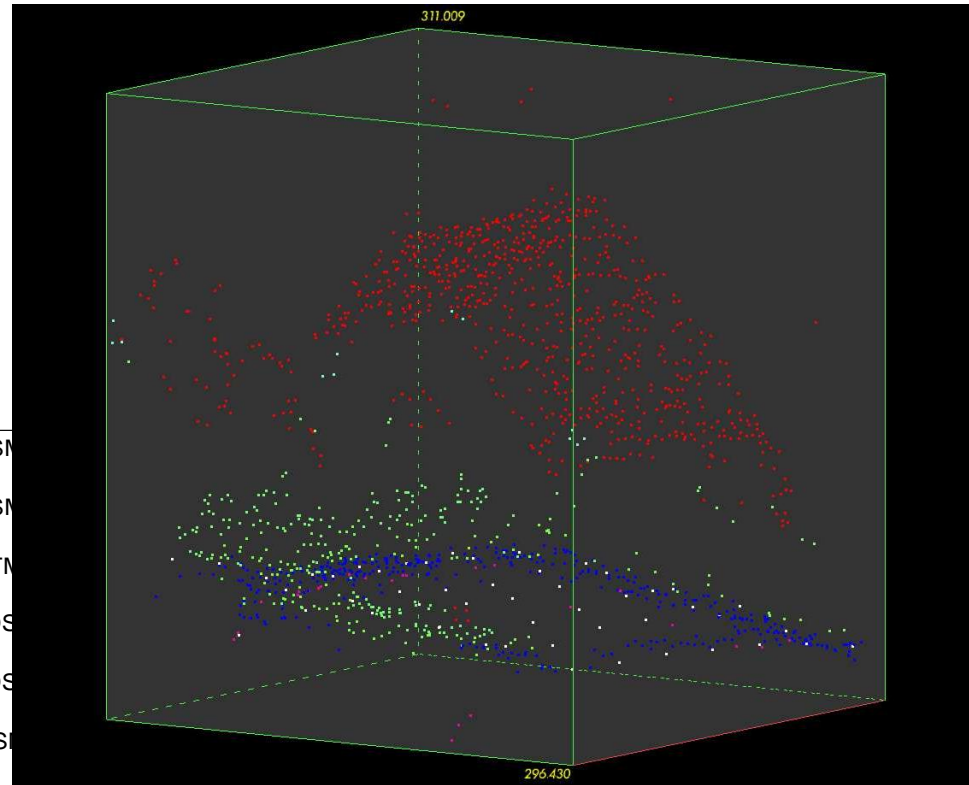
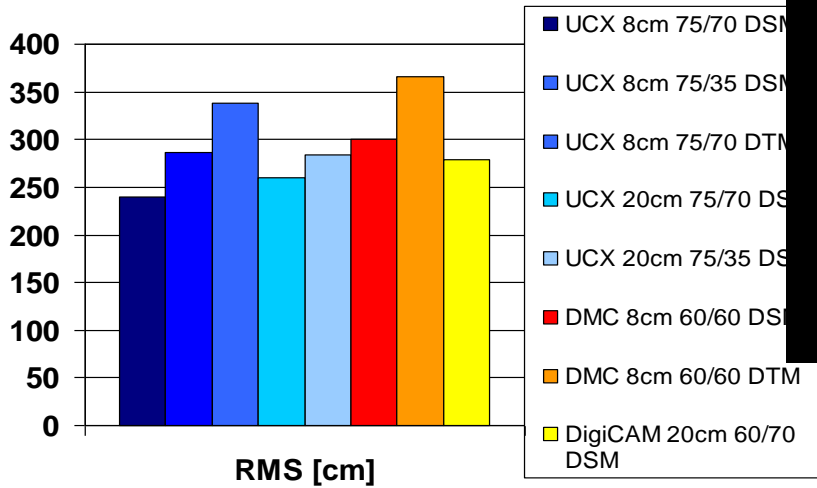


Beispielbild: UCX 8cm 75/35 DSM

$RMS_{\text{Mittel}} = 37,5 \text{ cm}$



# Testregion „Mischgebiet“

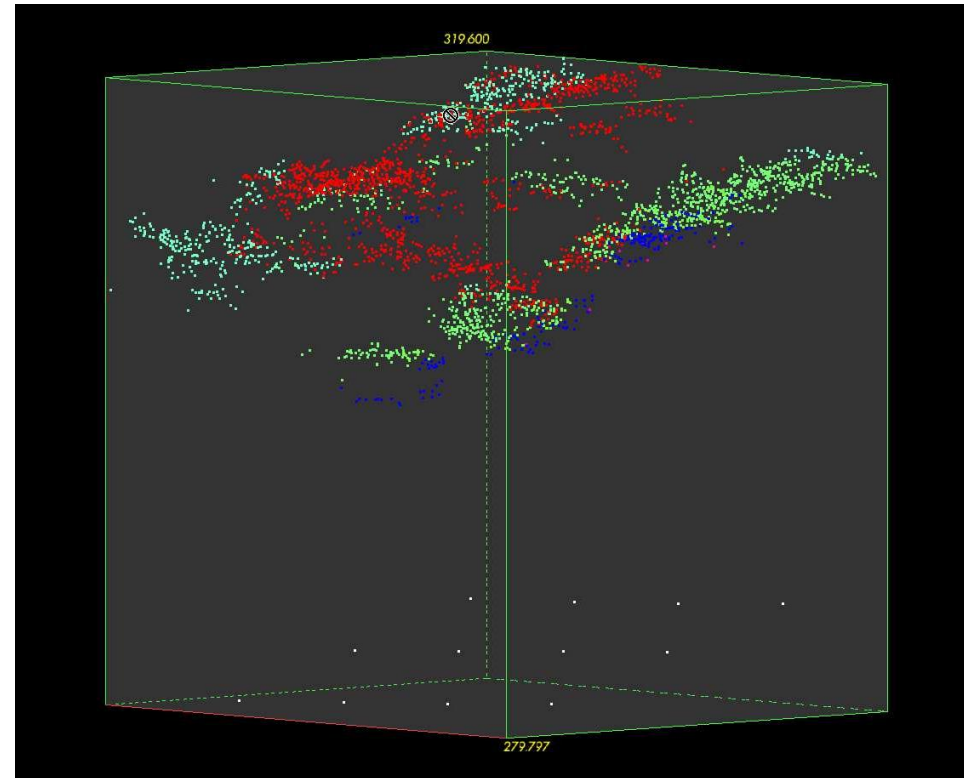
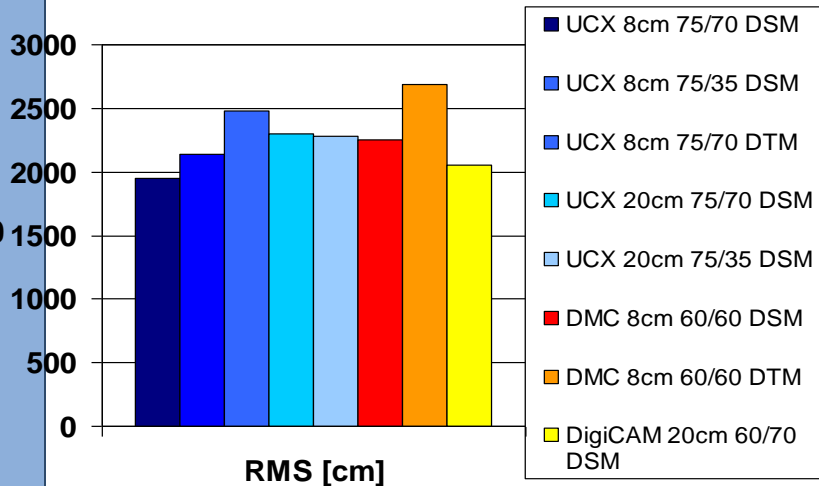


Beispielbild: DigiCAM 20cm 60/70 DSM

$$\text{RMS}_{\text{Mittel}} = 294 \text{ cm}$$



# Testregion „Wald“



Beispielbild: UCX 8cm 75/70 DSM

$RMS_{\text{Mittel}} = 2268 \text{ cm}$

- Vegetation als Störfaktor (Wald, Niedrigvegetation)
- ALS-Filteransätze nur bedingt nutzbar



# H. Hastedt: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL



## Analysegebiet: Gehölz



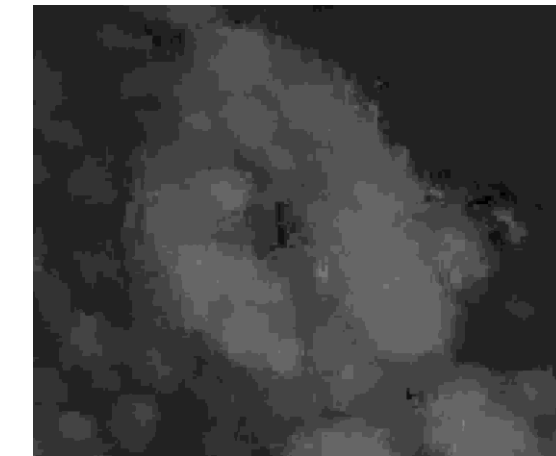
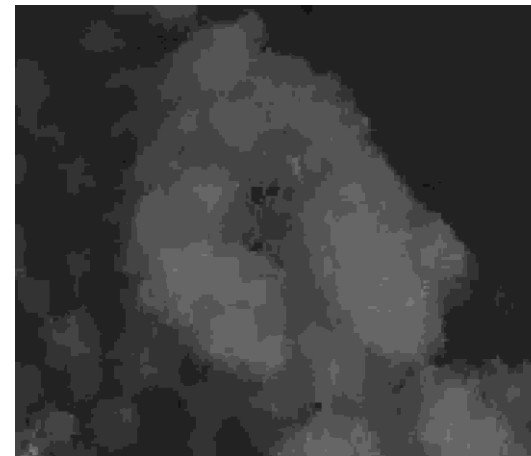
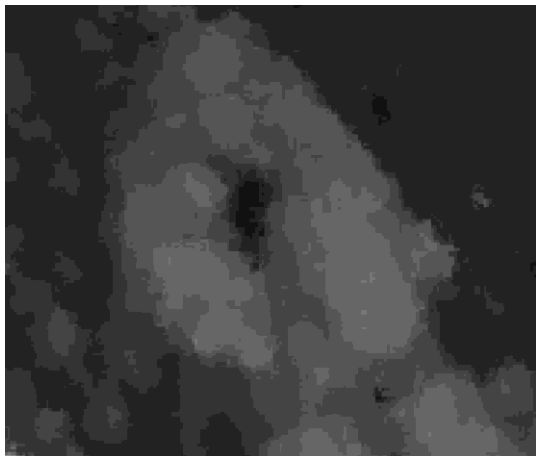
Differenzbildung  $dZ_{(dom-als)} = Z_{dom} - Z_{als}$

DOM  $\varnothing$  1.1m höher als ALS50 bei  $3\sigma$

Sensor	Mean dZ / inside $3\sigma$	RMS dZ / inside $3\sigma$	dZ inside +/- 2m abs
	[m]	[m]	[%]
ADS rgb	1.59 / 1.21	3.13 / 2.10	77.0
ADS cir	1.48	3.25	78.3
DMC rgb	1.42 / 1.03	3.25 / 2.03	79.3
DMC cir	1.36	3.22	79.9
UCX rgb	1.49 / 1.11	3.35 / 2.15	76.6



# Forstwirtschaftliche Anwendungen Lücken und Verschattung



**UCX 20cm - 50cm DOM**

**ADS 20cm - 50cm DOM**

**DMC 20cm - 50cm DOM**



# DGPF Test: Erfassung von Höhenmodellen



- Detailreichtum und Genauigkeit aus hochauflösenden und stark überlappenden Bildern im Bereich von LiDAR Daten
  - Verbesserung der LiDAR Sensoren, Full-waveform zur Vegetationsanalyse ...
- Erhebliche Qualitätssteigerung der bildbasierten 3D Datenerfassung durch Mehrbildzuordnung und Digitale Luftbildkameras
  - Geometrisches Potential der untersuchten Kameras bestätigt.
- Weiterführende Arbeiten
  - Bildzuordnungssoftware
    - EuroSDR Benchmarking of Image Matching Approaches for DSM Computation (IGN)
    - Landesamt für Vermessung und Geoinformation, München, W. Stöbel
  - Interpretation der Höhendaten
    - ISPRS WG III/4 - Complex scene Analysis and 3D reconstruction

