

**DGPF Projekt:  
Evaluation von Höhenmodellen aus Mehrfachbildzuordnung -  
Untersuchungen mit SAT-PP**

**Kirsten Wolff**

Institut für Kartografie, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie

ETH-Zürich, CH-8093 Zürich, Schweiz

## Übersicht Daten

DSM	Sensor	GSD	Radiometrie	Aufnahme	DSM
DSM 1	DMC	8 cm	PAN, 8 bit	~ 10 Uhr, sonnig	0.25 m
DSM 2	DMC	20 cm	PAN, 8 bit	~ 10 Uhr, sonnig	1 m
DSM 3	UC-X	8 cm	PAN, 8 bit	~ 13 Uhr, sonnig / leicht bewölkt	0.25 m
DSM 4	UC-X	20 cm	PAN, 8 bit	~ 13 Uhr, sonnig / leicht bewölkt	1 cm

DSM	Sensor	Punktdichte	DSM Auflösung
Referenz	ALS50	mind. 5 Pkte/m <sup>2</sup>	0.25 m

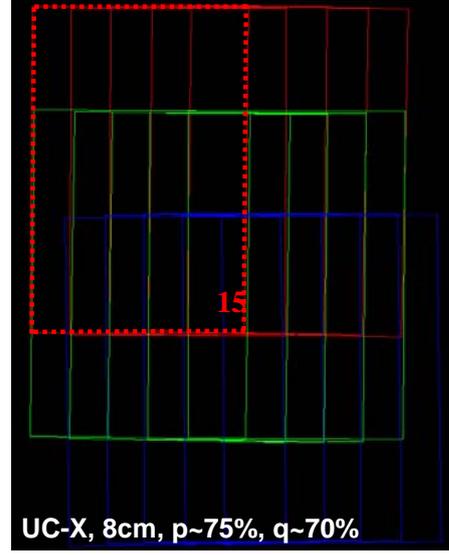
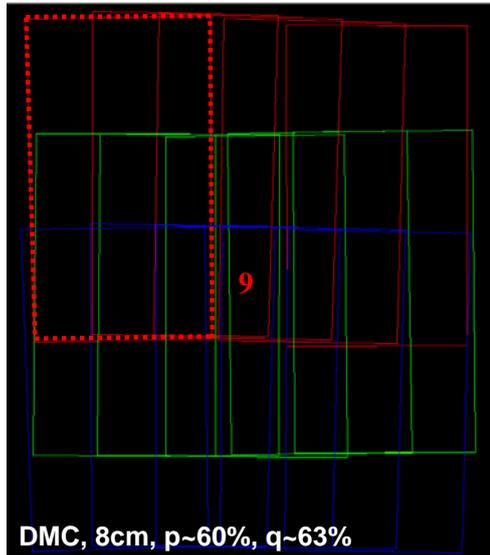
<b>DSM Generierung</b>	Softwarepaket SAT-PP, ETH Zürich
------------------------	----------------------------------

Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

- DMC Bilder auf 8bit reduziert
- Referenz: gegebenes, interpoliertes DSM mit 25 cm Auflösung.
- Genauigkeit der Raw-Daten grundsätzlich ausreichend
- Detailgehalt in einigen Gebieten geringer als bei den erzeugten DSMs aus den Bilddaten.
- Softwarepaket SAT-PP: Ergebnisse gelten nur für die Verarbeitung der Bilddaten zusammen mit SAT-PP.

## Übersicht Daten: 2 – 15fache Überlappung

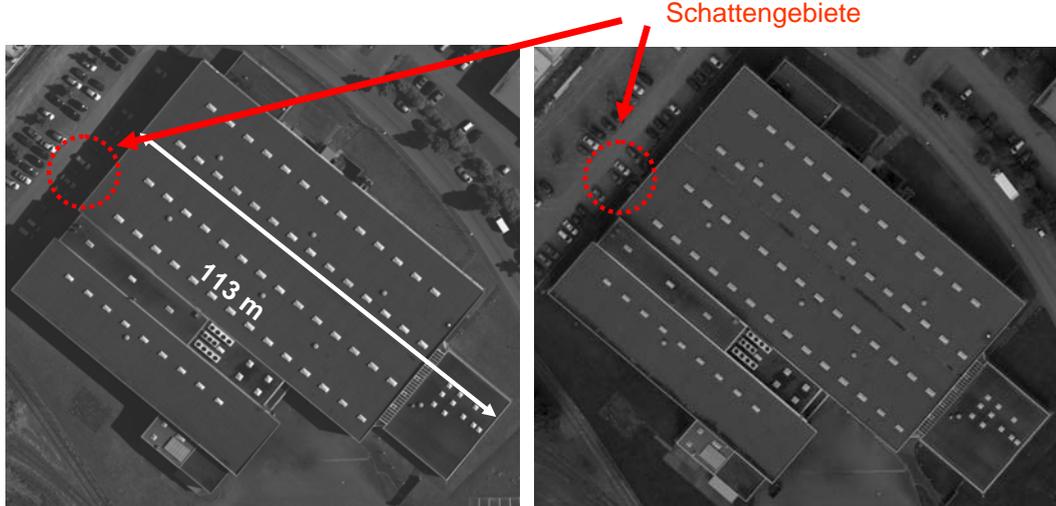


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

## 1) Profiltest Gebäude (interpolierte DSMs)

Industriegebiet:



DSM, GSD 8 cm

UC-X, GSD 8 cm

Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

- Fokus auf Stadtgebiet
- Erstes Gebäude / Industriegebiet
- Flächendeckende Genauigkeitsanalyse hier nicht sinnvoll (Detailverlust in Referenzdaten)
- Zu beachten: Schattenbereiche bei den DMC Daten stärker ausgeprägt

## DMC 8cm – zugeordnete Punkte

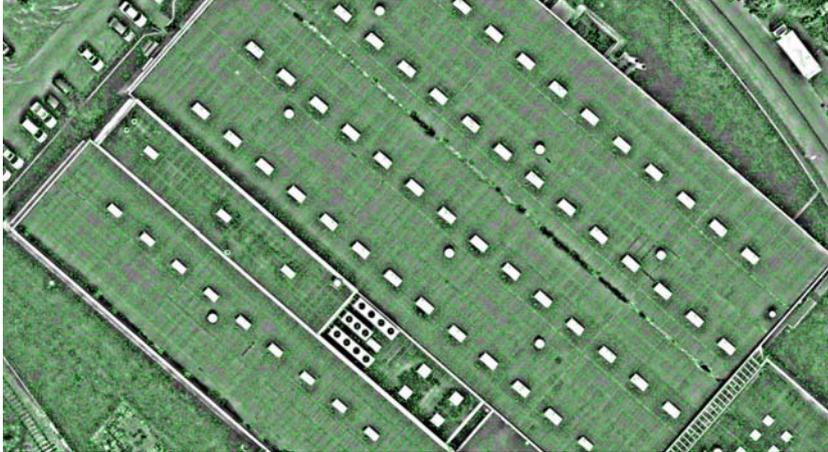


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

- Darstellung der zugeordneten Featurepoints für die DMC, 8cm GSD

## UC-X 8cm – zugeordnete Punkte

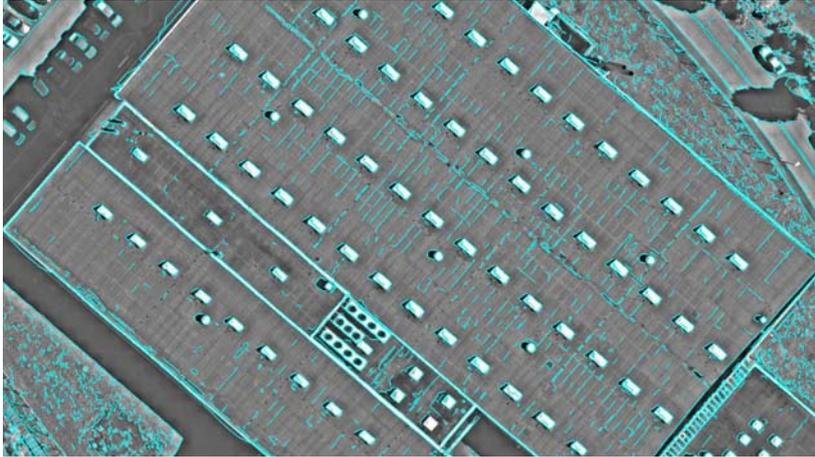


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

- Darstellung der zugeordneten Featurepoints für die UC-X, 8cm GSD

## DMC 8 cm - zugeordnete Linien

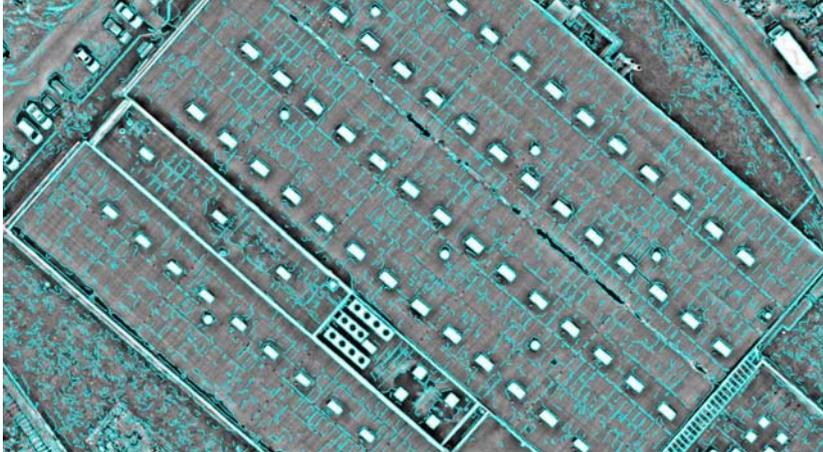


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

- Darstellung der zugeordneten Featurelines für die DMC, 8cm GSD

## UC-X 8cm – zugeordnete Linien

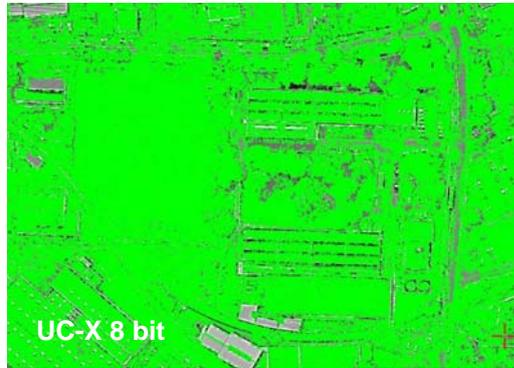
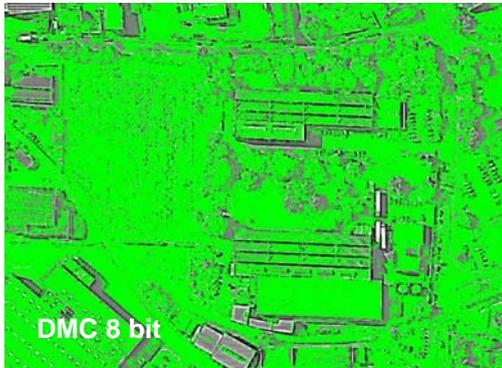


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

- Darstellung der zugeordneten Featurelines für die UC-X, 8cm GSD

## Zugeordnete Punkte

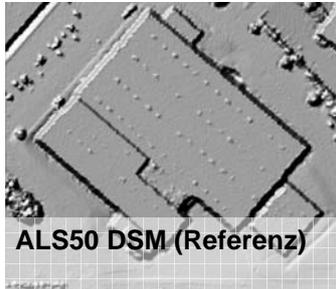


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

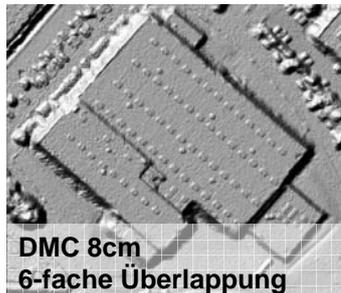
6.10.2009

- Übersicht über Dichte der zugeordneten Featurepoints für beide Sensoren.
  - Unterschiede in den Schattenbereichen der DMC.
  - Einige Texturbereiche mit Problemen für beide Sensoren.
- Bemerkung: in diesen Gebieten greift die Gridpointzuordnung der Software um Löcher in der Oberfläche und grobe Interpolationsfehler zu vermeiden.

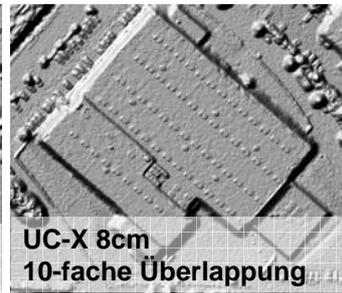
## Interpolierte DSMs (25cm, Punkte und Linien)



ALS50 DSM (Referenz)



DMC 8cm  
6-fache Überlappung



UC-X 8cm  
10-fache Überlappung

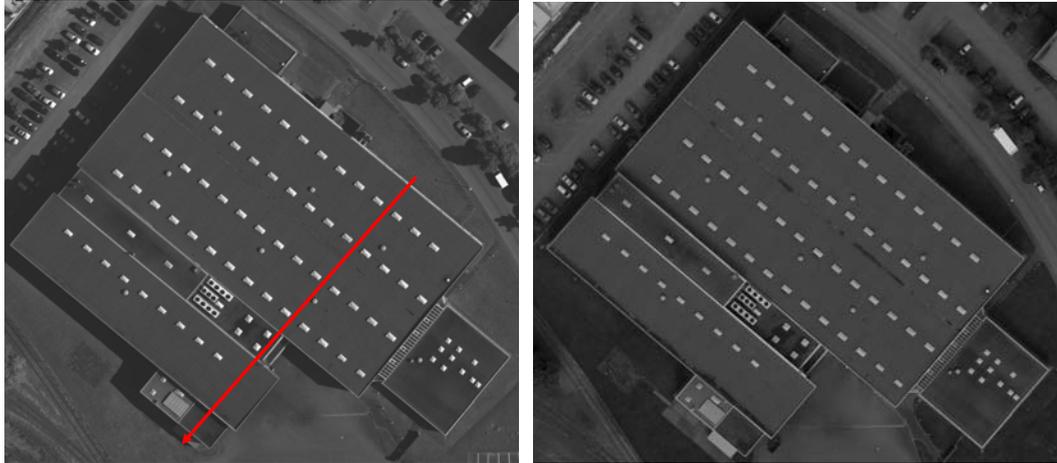
Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

Zu beachten:

- LOD Dachstrukturen im Vergleich Referenz, generiertes DSM
- Schattenbereiche.

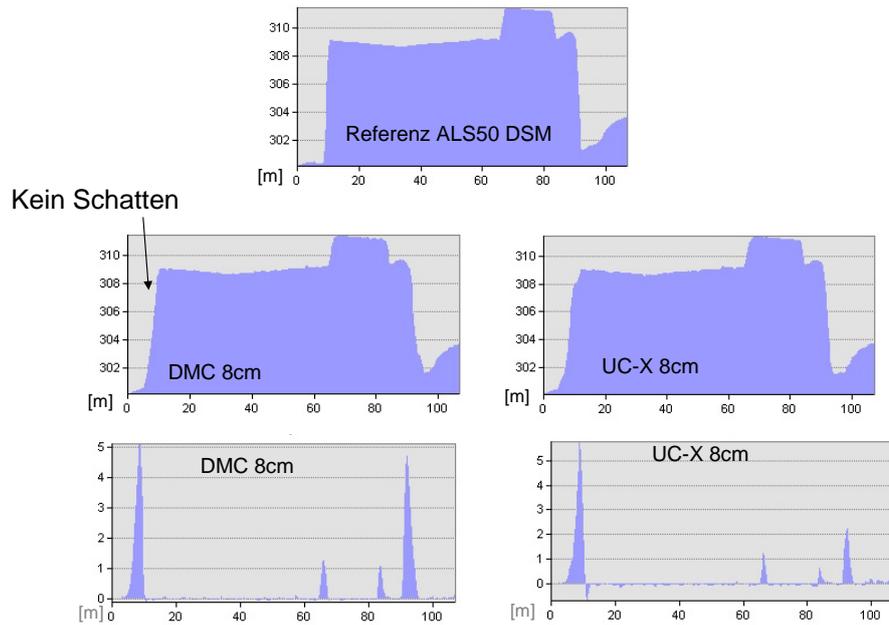
## Profiltest von Dachflächen 1 (interpolierte DSMs)



Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

- Profil verläuft nicht durch Dachaufbauten! Keine negativer Einfluss.



Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

Oben: Profil durch Gebäude

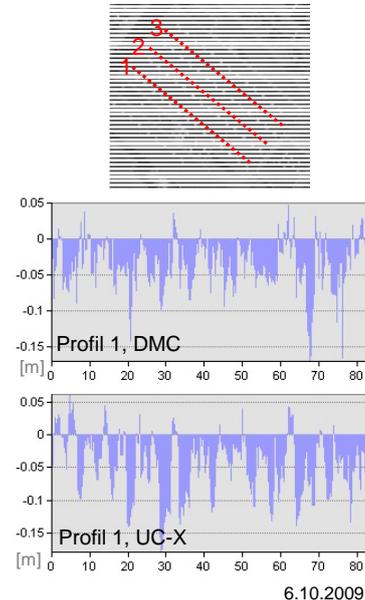
Unten: Differenz der Profile DSM (optisch) – DSM (Referenz)

- Dachfläche ohne grobe Fehler
- Gebäudekanten ausgeprägt
- Gebäudewände erwartungsgemäß weniger genau bei optischen Daten als bei Referenzdaten
- Datensatz zeigt keine Translation zwischen Referenzdaten und generierten Daten in Profilrichtung

## Profiltest von Dachflächen 2 (interpolierte DSMs)

8cm GSD

Profil	RMSE [m]	Mittel [m]	Min [m]	Max [m]
1 DMC	0.05	-0.04	-0.17	0.05
1 UC-X	0.07	-0.05	-0.18	0.06
2 DMC	0.03	-0.02	-0.1	0.07
2 UC-X	0.06	-0.04	-0.13	0.09
3 DMC	0.03	-0.02	-0.09	0.05
3 UC-X	0.08	-0.06	-0.18	0.06

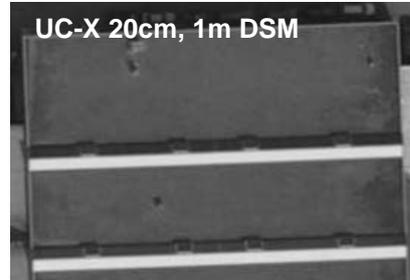
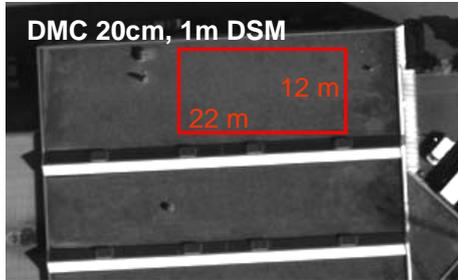


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

- Berechnung RMSE entlang von 3 Profilen der Dachfläche (ohne Dachkanten)
- RMSE für alle Profile  $\leq 1$  Pixel (entspricht Erwartungsbereich)
- Keine signifikanten Ausreißer
- Keine signifikanten Trends

## 2) Flächentest von Dachflächen (interpolierte DSMs)

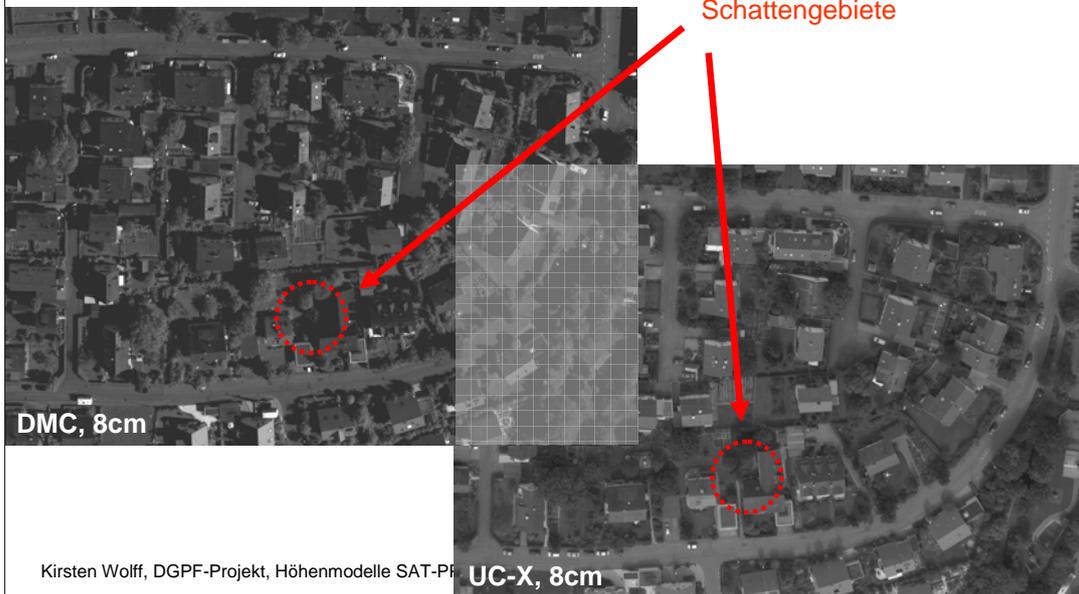


264 Punkte	RMSE [m]	Mittel [m]	Min [m]	Max [m]
DMC, 20cm	0.08	0.09	-0.18	0.35
UC-X, 20cm	0.08	-0.01	-0.20	0.33

- Flächenbasierende Tests nur in wenigen, kleinen Bereichen sinnvoll (Detailverlust in Referenzdaten, zeitliche Veränderungen)
- Hier: Dachfläche ohne Aufsätze
- Datensatz: DMC und UC-X, 20cm GSD, 1m DSM Auflösung
- Gebiet mit 264 geprüften Gitterpunkten
- RMSE < 0.5 Pixel für beide Sensoren
- Keine groben Ausreisser

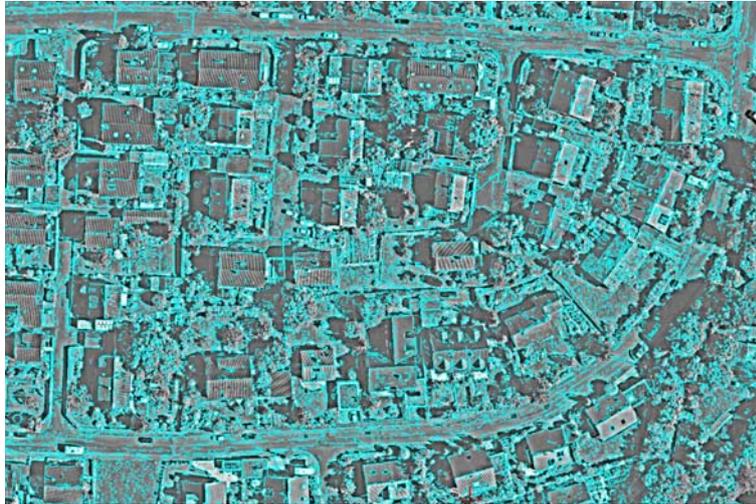
### 3) Gebietstest Gebäude (interpolierte DSMs)

Wohngebiet:



- 2tes Testgebiet: Wohngebiet
- Grosse Schattengebiete in den DMC Datensätze (Matching Problematik)

## DMC 8 bit – zugeordnete Linien



Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

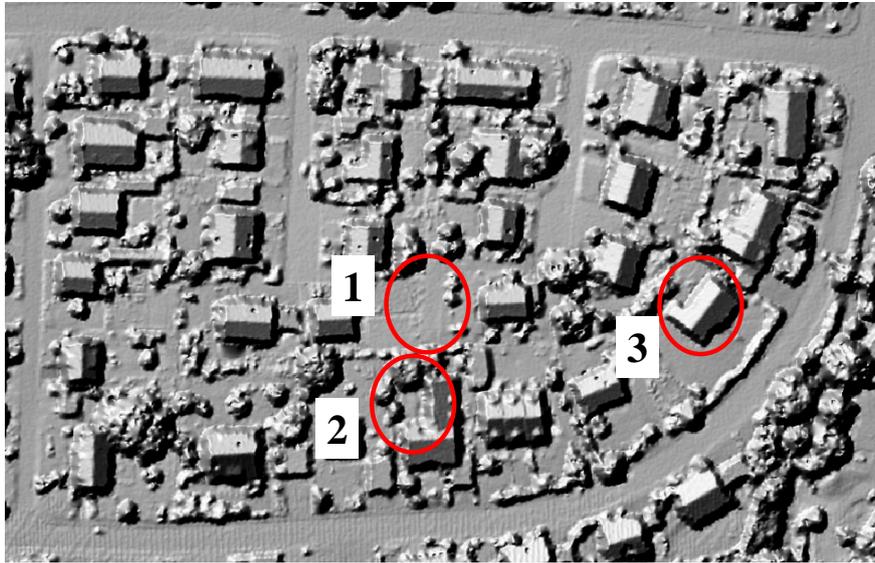
## UC-X 8 bit – zugeordnete Linien



Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

## Referenz DSM, 25cm



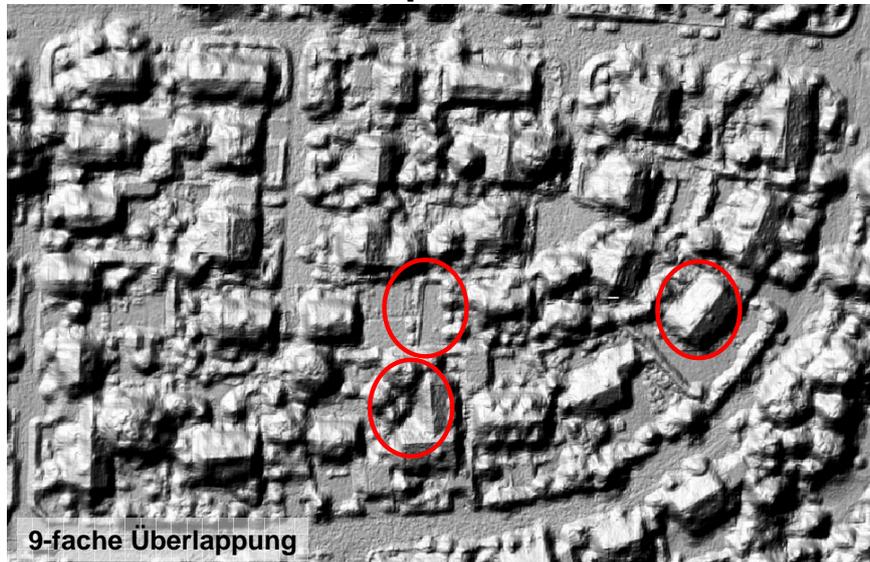
Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

Drei Hinweise:

1. Beispiel Detailverlust: fehlende kleine Mauer
2. Beispiel Gebiet mit großem Schattenbereich
3. Hausstruktur

## DMC 8 cm – interpoliertes DSM, 25cm

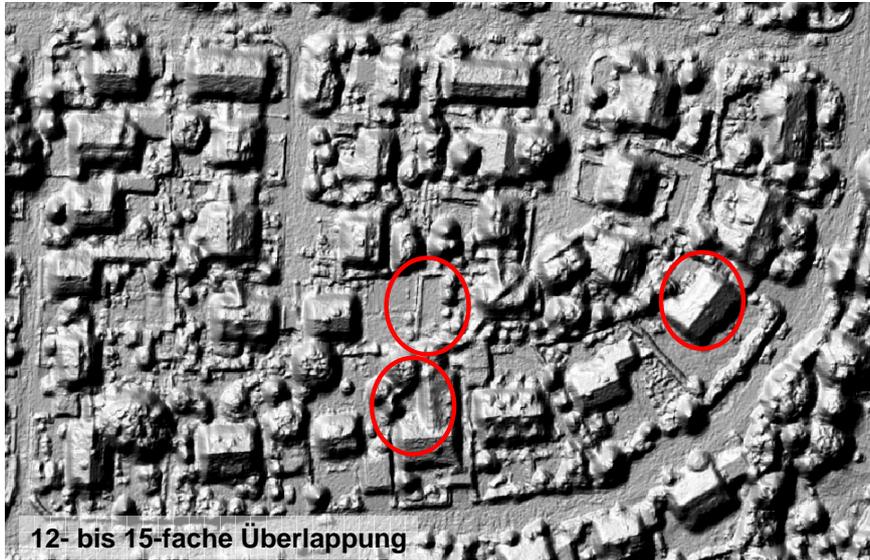


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

1. Mauer im DMC 8cm Datensatz rekonstruiert
2. Beispiel Schattenbereich mit Matchingproblemen
3. Erhalt der Struktur des Wohngebäudes mit Kantenerhalt

## UC-X 8cm – interpoliertes DSM, 25cm

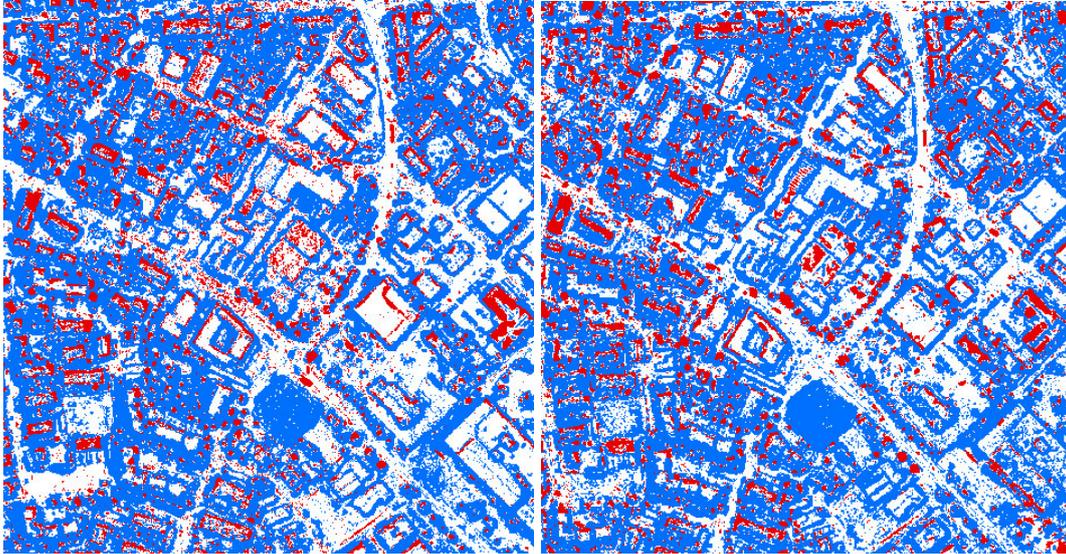


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

1. Mauer im UC-X 8cm Datensatz rekonstruiert
2. Beispiel Schattenbereich mit Matchingproblemen
3. Erhalt der Struktur des Wohngebäudes mit Kantenerhalt

Fehlerbilder, 20cm, 1m DSM ■ < - 20cm < □ < 20cm < ■



**DMC, 20cm, 1m DSM**

**UC-X, 20cm, 1m DSM**

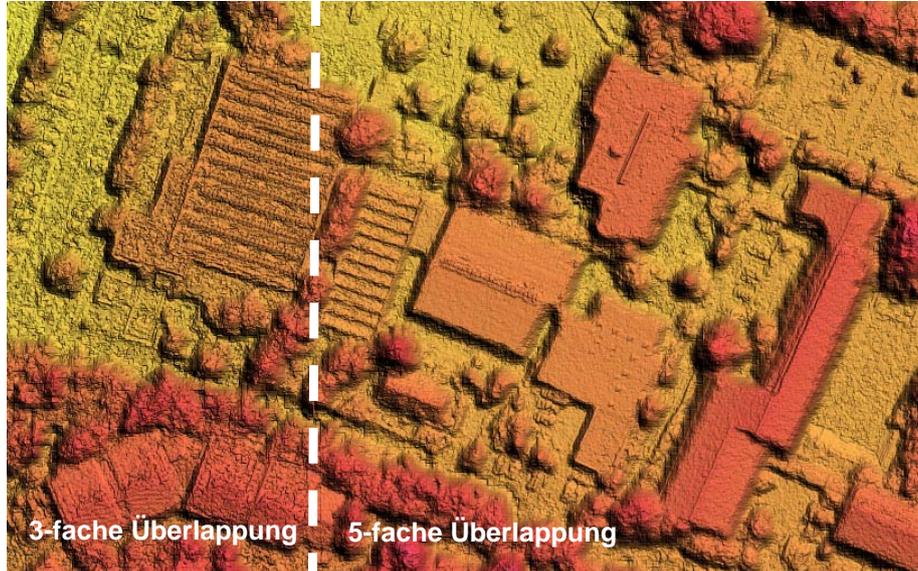
Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

Flächenhaftes Fehlerbild mit Darstellung der Bereiche mit einer Genauigkeit < 1 Pixel (GSD 20cm):

- Großflächige, flache Dächer
- Straßenverlauf

## 4) Einfluss des Überlappungsgrades UC-X, 8cm

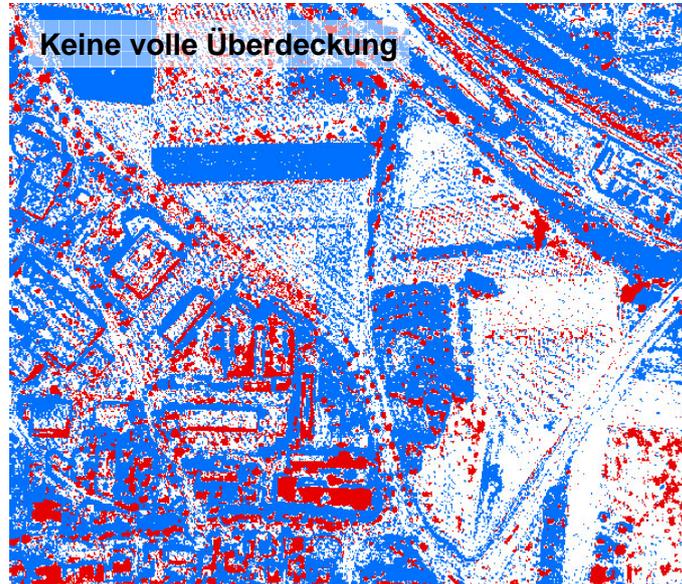


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

- Visuelle Überprüfung des Einflusses des Überlappungsgrades
- 3 fache Überlappung liefert eine rauere Oberfläche

## Einfluss des Überlappungsgrades UC-X, 20cm, 1m DSM

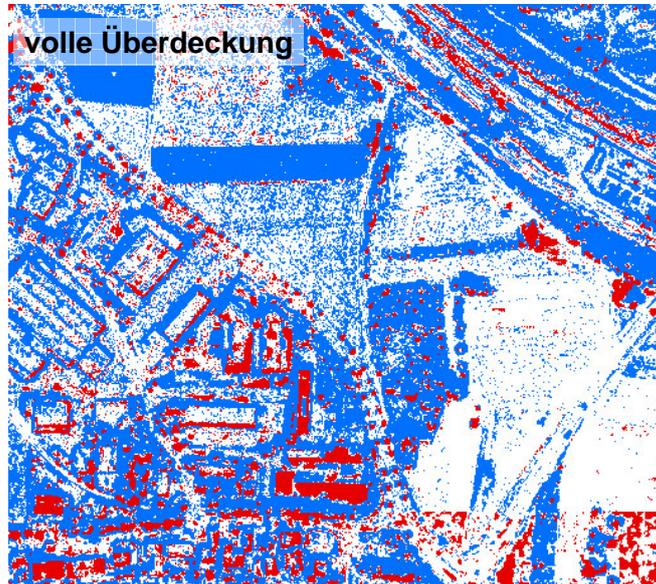


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

- Bei einer geringeren Überlappung sind im Fehlerbild systematische Artefakte zu erkennen

## Einfluss des Überlappungsgrades UC-X, 20cm, 1m DSM

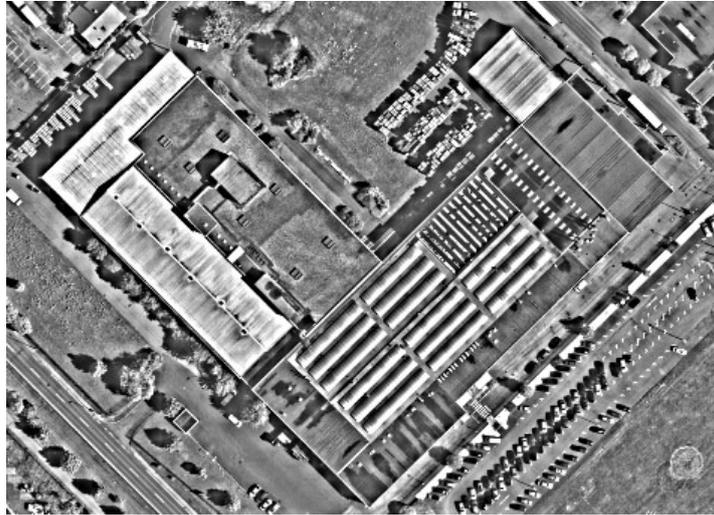


Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

- Bei einem größeren Überlappungsgrad sind Artefakte nicht mehr zu erkennen
- Erhöhung des Überlappungsgrades auf  $> 3$  Bilder bringt Verbesserung

## 5) Produkte - Orthophoto



DMC 20cm, 1m DSM Orthophoto

Kirsten Wolff, DGPF-Projekt, Höhenmodelle SAT-PP

6.10.2009

Orthophotoberechnung im Industriegebiet:

- Gebäudelinen sind geradlinig dargestellt (Qualität DSM)

## Produkte - Orthophoto



DMC 20cm

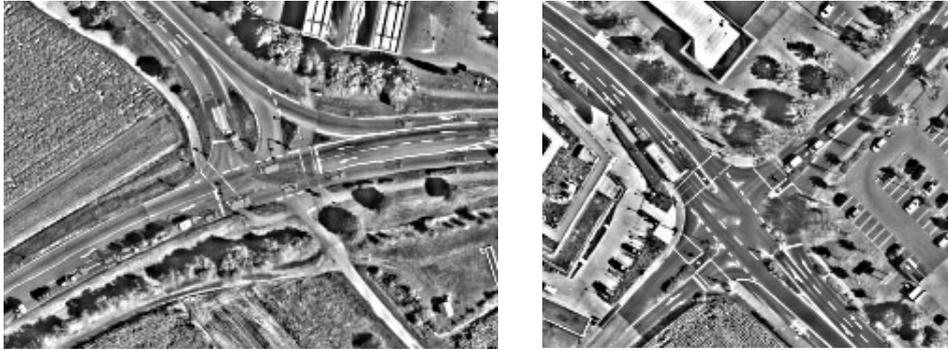


DMC 20cm, 1m DSM Orthophoto

Orthophoto im Wohngebiet:

- Auch kleine Gebäude sind gut dargestellt
- Wenige Fehler, Beispiel hier: Dach mit Solarzellen, Auflösung so hoch, dass gleichmäßige Struktur der Zellen zu Matchingproblemen führen kann.

## Produkte - Orthophoto



DMC 20cm, 1m DSM Orthophoto

Orthophoto von Strassen:

- Geradliniger Verlauf erhalten
- geringe Fehler in Bereichen von wartenden Autos

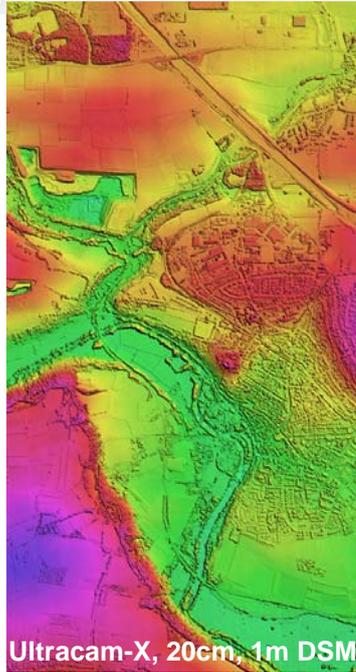
## Schlussfolgerungen

- Potential der DMC und UltraCam-X Daten in Verbindung mit SAT-PP im Allgemeinen sehr hoch
- Generierte DSMs im Stadtgebiet detaillierter als LiDAR Referenzdaten
- Probleme in Schattenbereichen und bei Vegetation
- Wenige „Big Blunders“
- 3-fach Überlappung im Allgemeinen zu gering bei dieser hohen Auflösung
- **Grosser Entwicklungssprung bei der automatischen bildbasierten Generierung von Höhenmodellen**

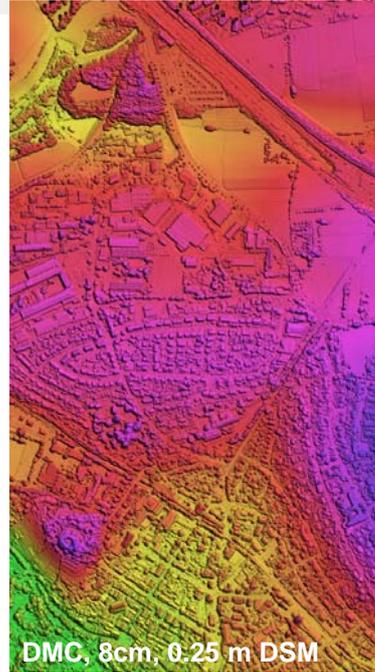
### Ausblick:

- Detailliertere Untersuchungen (Schattenbereiche, Linien, spezielle Fragestellungen)
- Auch unter Berücksichtigung der Ergebnisse der anderen Gruppen

**ENDE**



Ultracam-X, 20cm, 1m DSM



DMC, 8cm, 0.25 m DSM