



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

INSTITUT FÜR
PHOTOGRAMMETRIE
UND FERNERKUNDUNG

Untersuchungen zum Thema „Aerotriangulation“ im Rahmen des DGPF-Projekts „Evaluierung digitaler Kamerasysteme“

Camillo Ressel, 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-Projekttagung an Universität Stuttgart (05.-06.10.2009)**

Setup

	RMK	DMC	UltraCamX
Bildmessungen:	Match-AT 5.2; manuell (per LSM); automatisch (Strategie default, 3x3) (Ausnahme: RMK_20cm dort 4x4)		
Rahmenmarktrafo.	affin	---	---
AT – Refraktion:	ja	ja	ja
AT – Erdkrümmung:	ja	nein	ja
AT – Map*:	UTM 32	UTM 32	UTM 32
freie innere Parameter:	x_0, y_0, c , radiale Vr _z (3.+5. O), tang. Vr _z ,	---	---
freie äußere Parameter (neben ÄOR):	GPS-Shift /Streifen	GPS-Shift /Streifen INS-misalign./Block	GPS-Shift /Streifen INS-misalign./Block

AT-Programm: Orient, TU-Wien IPF-Entwicklung

*) Map berücksichtigt z.Z. nur Streckenverzerrung τ , keine Meridiankonv.;

DMC-Info: Meridian Convergence corrected, Coordinate system scalefactor correction for height applied

Keine Details dazu bei RMK und UCX

Geschätzte Messgenauigkeiten: 8cm Blöcke

Typ	RMK	DMC	UltraCamX
PHO_manu [pix μm]	0.25 3.5	0.084 1.01	0.092 0.66
PHO_auto [pix μm]	0.27 3.8	0.104 1.25	0.108 0.78
GPS_X_Y [cm]	4.4	2.59	2.50
GPS_Z [cm]	2.3	1.53	4.23
GCP_X_Y [cm]	1.8	2.12	1.30
GCP_Z [cm]	4.1	2.82	2.67
INS_roll [gon]	---	0.0024	0.0027
INS_pitch [gon]	---	0.0019	0.0035
INS_yaw [gon]	---	0.0130	0.0074

Auffällig: RMK Faktor 3 schlechter als digit.Kameras; DMC und UCX gleich; yaw(DMC) schlecht

Pixelpitch: RMK: 14 μm , DMC: 12 μm , UltraCamX: 7.2 μm

Verwendet: alle GCPs, alle Streifen

Geschätzte Messgenauigkeiten: 20cm Blöcke

Typ	RMK	DMC	UltraCamX
PHO_manu [pix μm]	0.28 3.9	0.104 1.24	0.096 0.69
PHO_auto [pix μm]	0.29 4.1	0.129 1.55	0.116 0.83
GPS_X_Y [cm]	7.2	4.97	10.0
GPS_Z [cm]	2.6	2.75	3.2
GCP_X_Y [cm]	5.3	3.42	3.0
GCP_Z [cm]	10.3	3.71	3.8
INS_roll [gon]	---	0.0017	0.0039
INS_pitch [gon]	---	0.0017	0.0029
INS_yaw [gon]	---	0.0025	0.0080

Auffällig: RMK Faktor 3 schlechter als digit.Kameras; DMC und UCX gleich;
 GPS_X_Y(UCX) schlecht (\rightarrow Mounting? BB-Setup? Restsystematiken im Bild?),
 GCP_Z(RMK) schlecht (\rightarrow Restsystematiken im Bild?)

Pixelpitch: RMK: 14 μm , DMC: 12 μm , UltraCamX: 7.2 μm

Verwendet: alle GCPs, alle Streifen

Checkpoint-Statistiken

8cm (n~55)	RMK	DMC [60%L]	UltraCamX [80%L]
Checkpoint RMS [cm]	2.0 2.1 3.8	1.9 2.1 3.1	1.5 1.7 2.3
QXX RMS [cm]	1.0 1.0 2.0	0.5 0.6 1.4	0.4 0.4 1.2
VCA (GCP) [cm]	1.8 1.8 4.1	2.1 2.1 2.8	1.3 1.3 2.7

20cm (n~70)	RMK	DMC [60%L]	UltraCamX [60%L]
Checkpoint RMS [cm]	5.1 5.4 9.3	2.9 4.3 5.2	3.1 3.0 4.5
QXX RMS [cm]	2.1 2.2 4.1	1.1 1.6 3.3	0.9 1.2 3.3
VCA (GCP) [cm]	5.3 5.3 10.3	3.4 3.4 3.7	3.0 3.0 3.8

Auffällig:

QXX um Faktor 2-4 besser als check-RMS → Fehler der „Sollkoord.“ der Checkpoints sichtbar;
 RMS(Check) == geschätzte Genauigkeit der Passpunkte (Variance Component Analyse);
 RMK(20cm) fällt negativ auf (→ Ursache: Farbinfrarot-Film?);

Pixelpitch: RMK: 14µm, DMC: 12µm, UltraCamX: 7.2µm
 Verwendet: alle GCPs, alle Streifen

DMC 20cm, Experiment mit on-the-job Korrekturgitter

On-the-job Korr.gitter wurde aus den mittleren Bildresiduen einer 1. AT berechnet.

Checkpoint-Statistik nach:	RMS [cm]			Max [cm]		
1.AT mit offiz.K.g.(v)	2.9	4.3	5.2	5.9	15.7	18.7
2.AT mit o.K.g.+o.t.job.K.g(v)	2.8	3.8	4.4	6.3	10.3	14.7
2.AT mit o.K.g.+o.t.job.K.g(p)	2.9	3.6	4.1	7.2	10.5	13.0
1.AT ohne offiz.K.g.(v)	3.2	5.9	18.9	7.7	17.4	50.8
2.AT mit o.t.job.K.g(v)	3.1	5.1	17.0	6.9	15.5	40.0
2.AT mit o.t.job.K.g(p)	2.9	3.8	5.6	7.6	11.5	15.4

(v) ...1.AT mit allen Verknüpfern + allen GCPs

(p) ...1.AT ohne Verknüpfers, mit allen GCPs

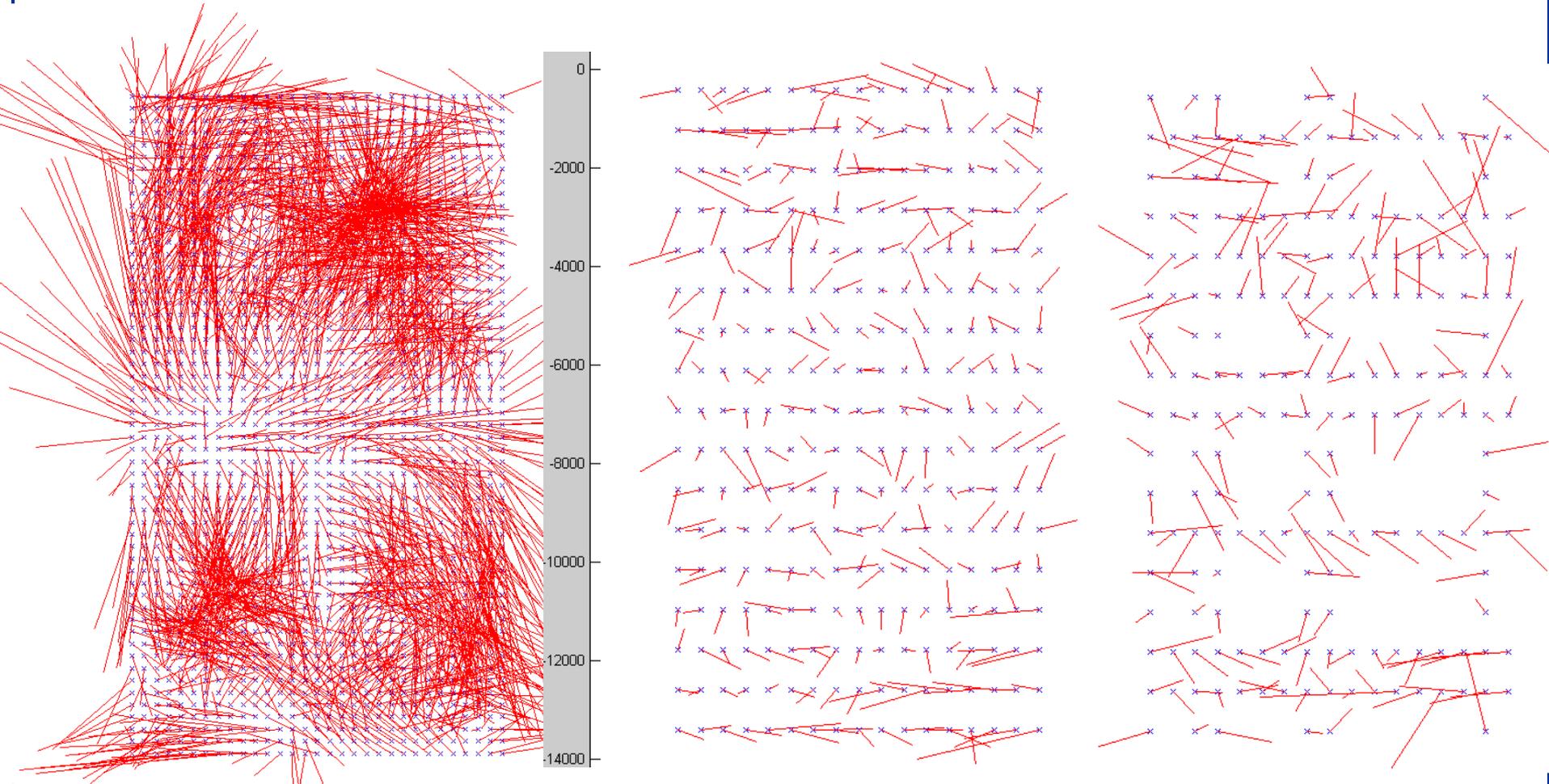
→ On-the-job Korrekturgitter hat positiven Effekt; speziell (p).

DMC 20cm, Experiment mit on-the-job Korrekturgitter

Offiz. Korrekturgitter

+on-the-job-Kor.git. (v)

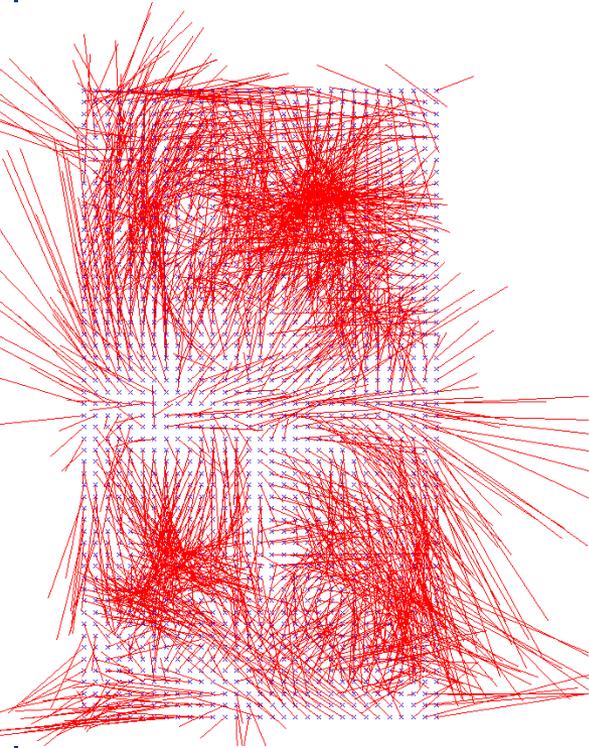
+on-the-job-Kor.git. (p)



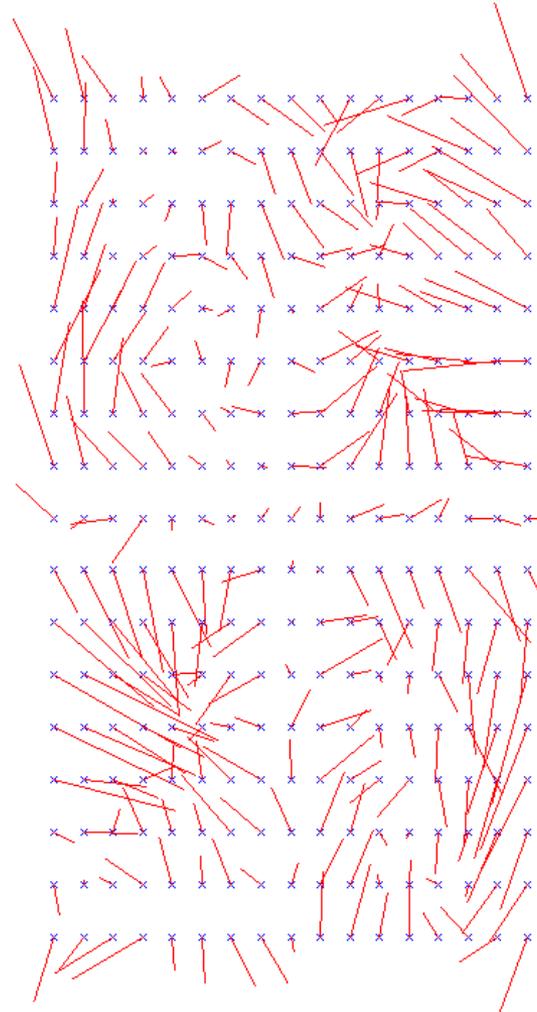
Residuen 10.000-fach vergrößert

DMC 20cm, Experiment mit on-the-job Korrekturgitter

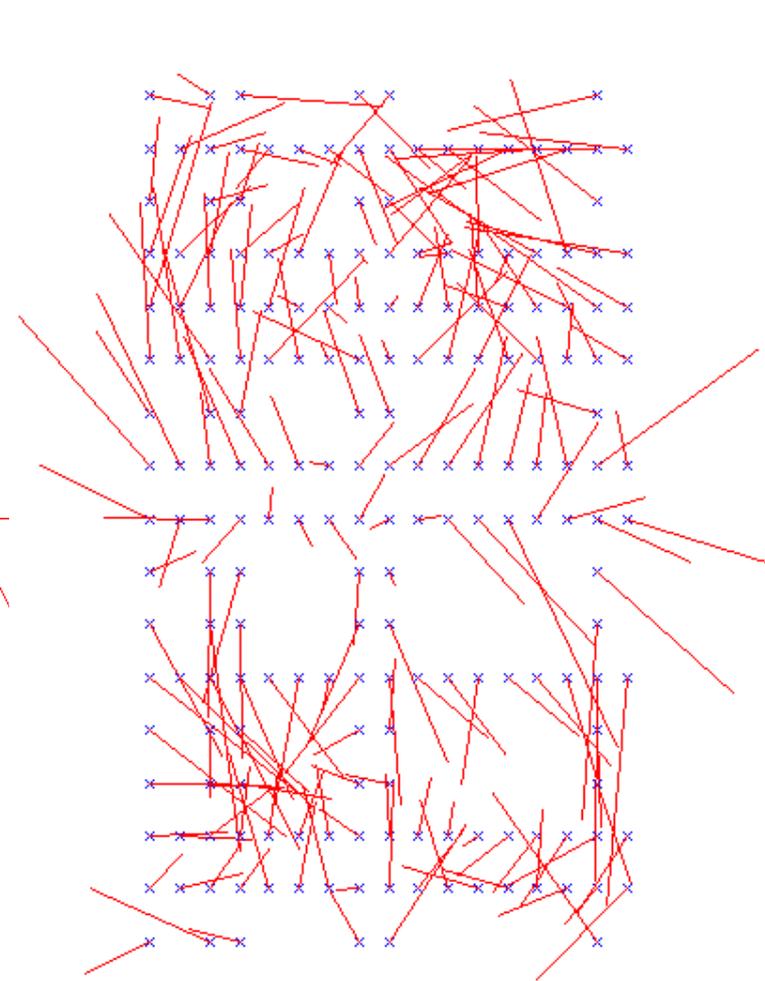
Offiz. Korrekturgitter
(nicht verwendet)



on-the-job-Kor.git. (v)



on-the-job-Kor.git. (p)

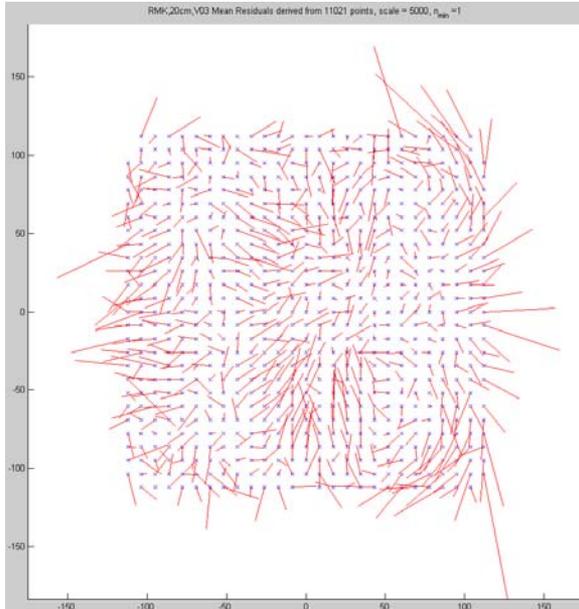


Residuen 10.000-fach vergrößert

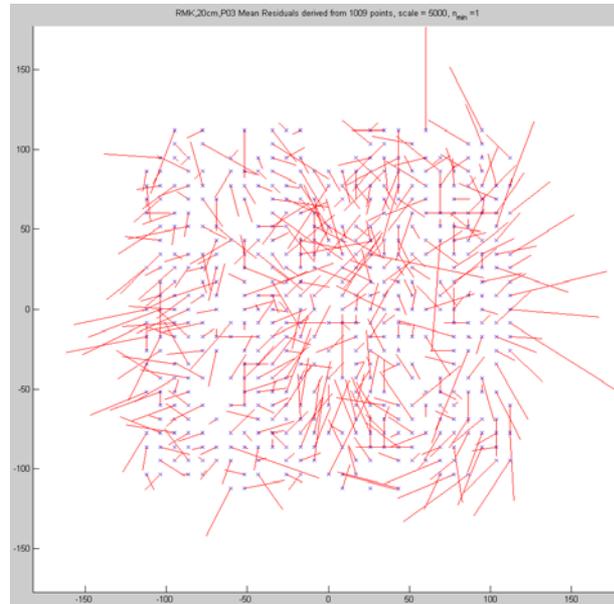
Spezialfall: RMK 20cm

Mittlere Bildresiduen nach folgenden ATs (alle Streifen, alle GCPs, **ohne** IOR, ADP):

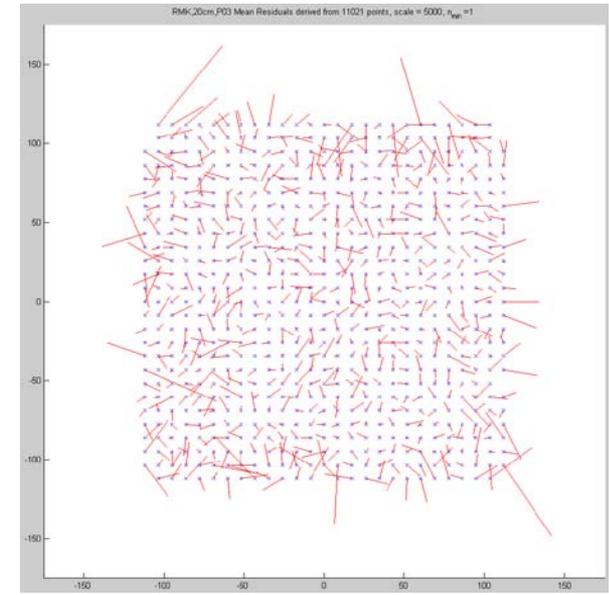
V03



P03



W03



Varianten:

V03: alle Verknüpfungen

P03: keine Verknüpfungen

W03: wie V03, aber mit Korrekturgitter abgeleitet aus P03

Spezialfall: RMK 20cm

Statistik der Checkpoint-Residuen:

	V33	V03	W03 (mit Kor.git)
Checkpoint RMS [cm]	5.1 5.4 10.0	6.1 5.0 8.0	5.1 5.3 5.7
Checkpoint max [cm]	13.9 15.3 30.5	15.5 14.8 22.2	13.8 15.8 12.9
QXX RMS [cm]	2.1 2.2 4.1	2.2 2.4 4.3	1.8 1.9 2.5
VCA (GCP) [cm]	5.3 5.3 10.3	5.9 5.9 7.7	5.0 5.3 5.0

Varianten (immer: alle Streifen, alle GCPs):

V33: alle Verknüpfen, mit freien IOR, ADP

V03: alle Verknüpfen, ohne freie IOR, ADP

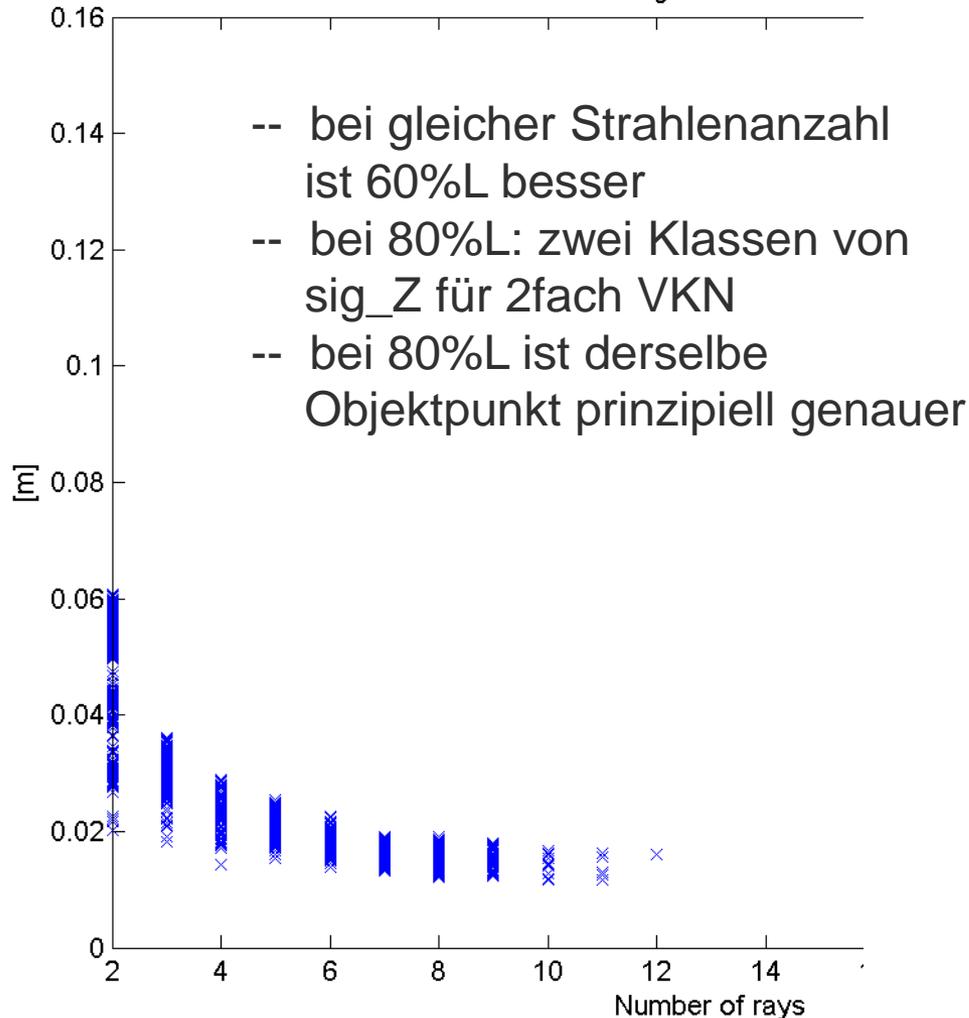
P03: keine Verknüpfen, ohne freie IOR, ADP

W03: wie V03, aber mit Korrekturgitter abgeleitet aus P03

Theoretische Genauigkeitsuntersuchungen: Längsüberlappung

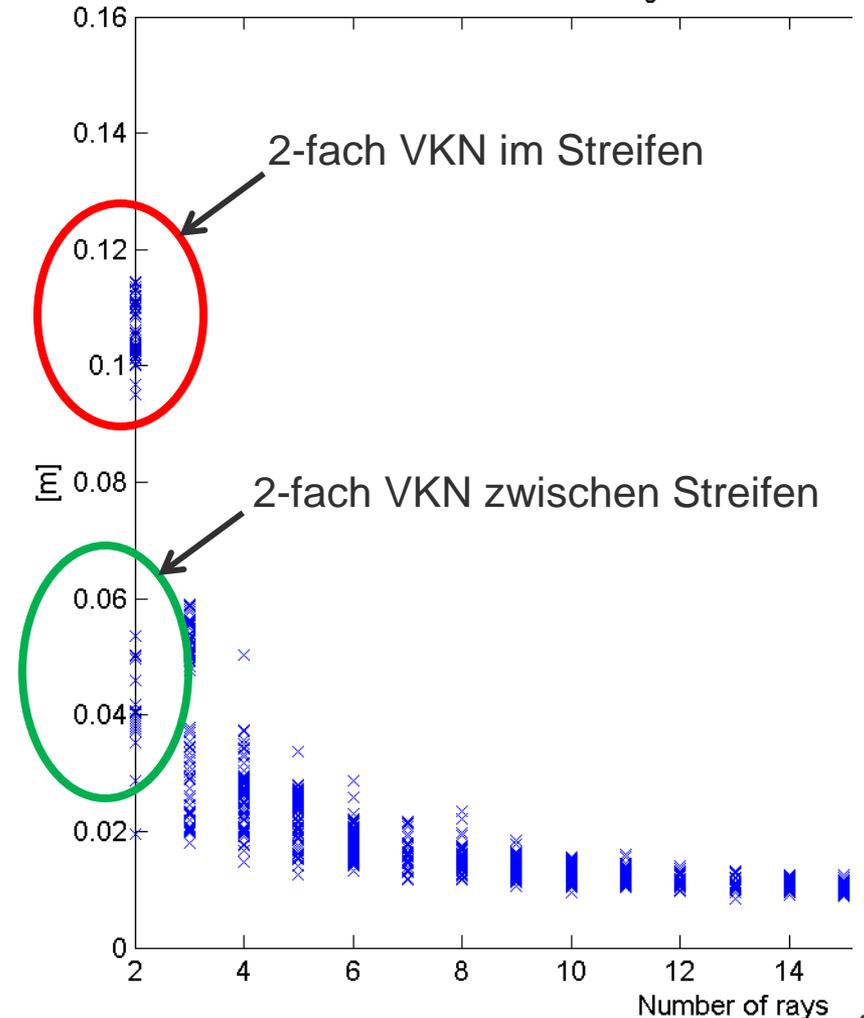
UCX, 8cm, BQI, **60%L**:

UCX,8cm,60L, BLX, sig_Z vs. n_{img} (tie points only)



UCX, 8cm, BQI, **80%L**:

UCX,8cm,BQI, sig_Z vs. n_{img} (tie points only)

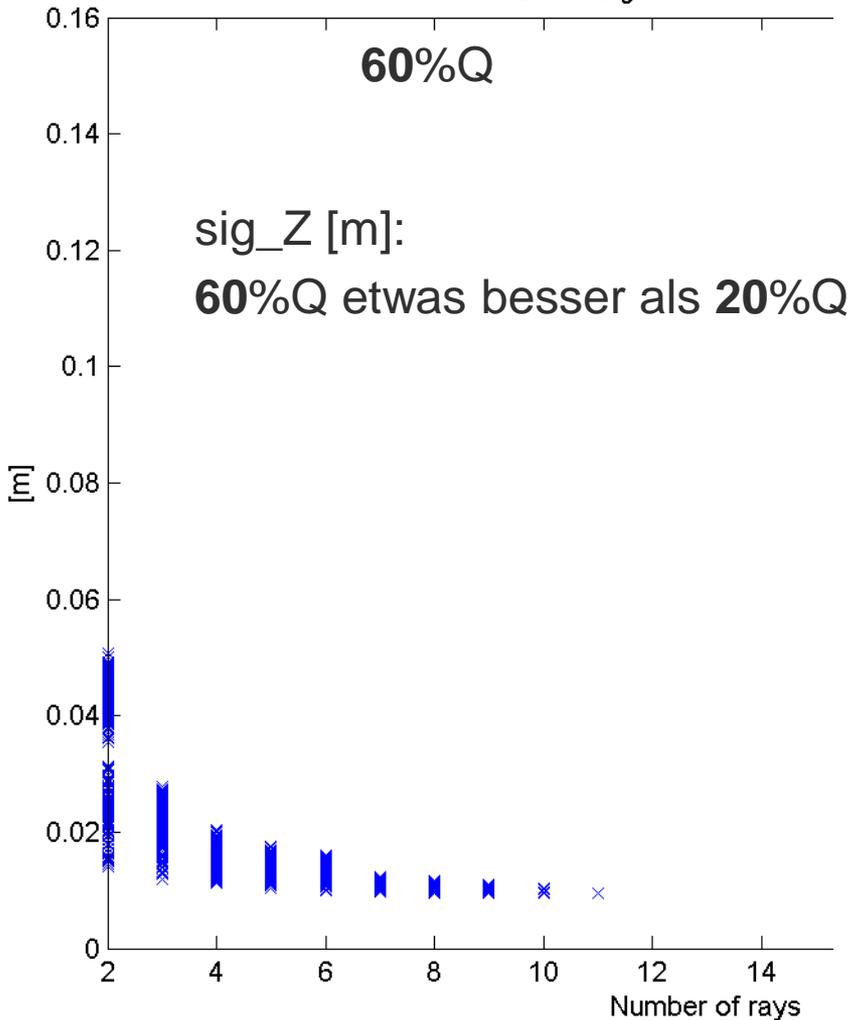


Theoretische Genauigkeitsuntersuchungen: Querüberlappung

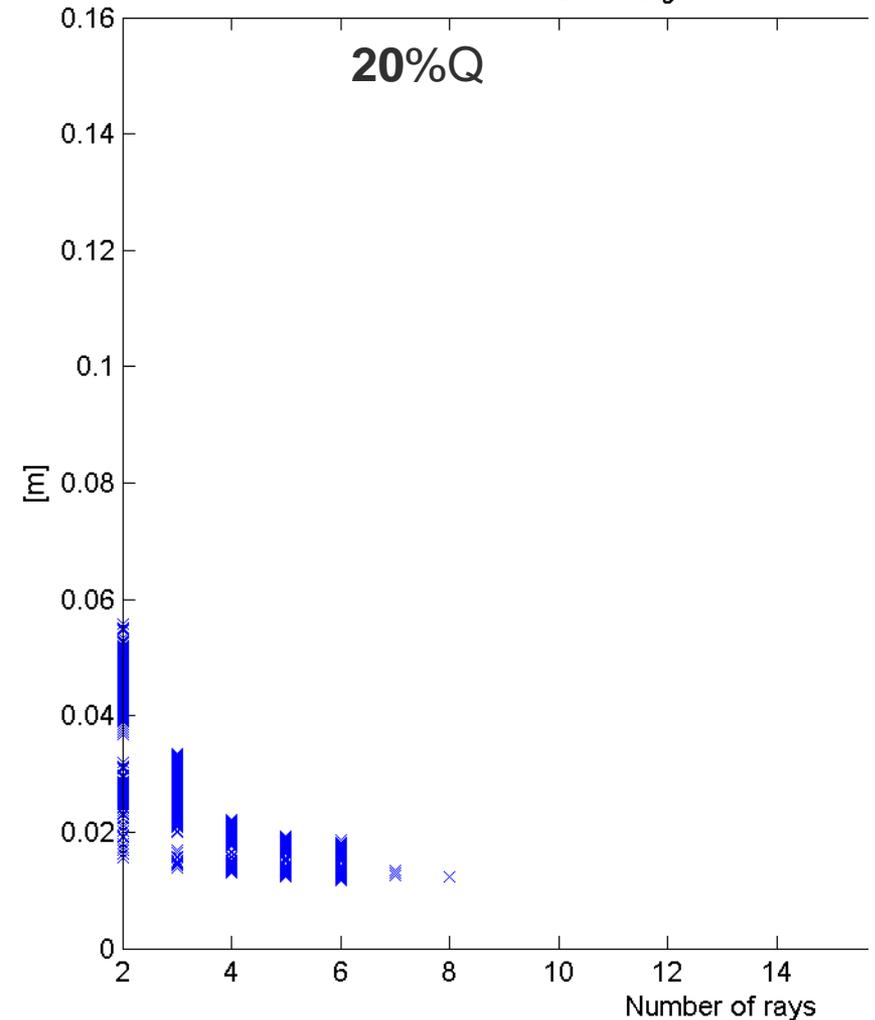
DMC, 8cm: **60%Q** vs. **20%Q** :

keine Querstreifen, mit GPS/INS, GCP-Ecken (CLI)

DMC,8cm, CLI, sig_Z vs. n_{img} (tie points only)



DMC,8cm,20Q,CLI, sig_Z vs. n_{img} (tie points only)



Theoretische Genauigkeitsuntersuchungen: Passinformation: GCP-Blockrand vs. Querstreifen

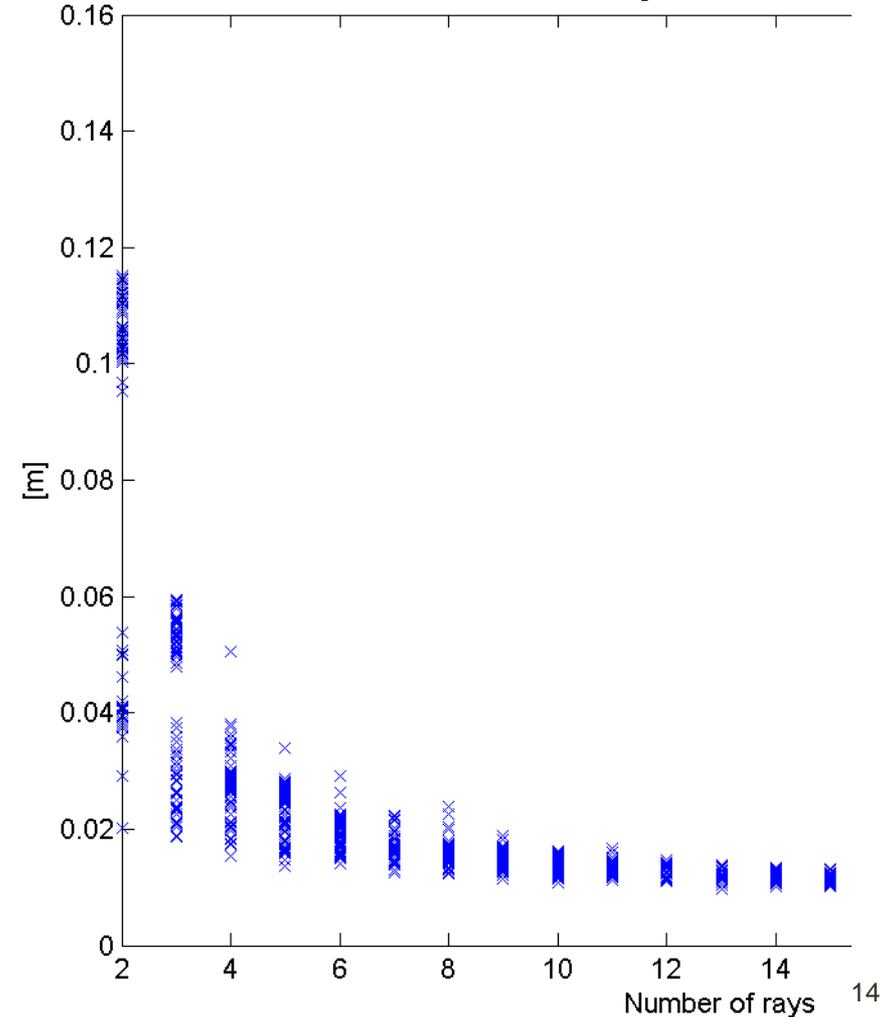
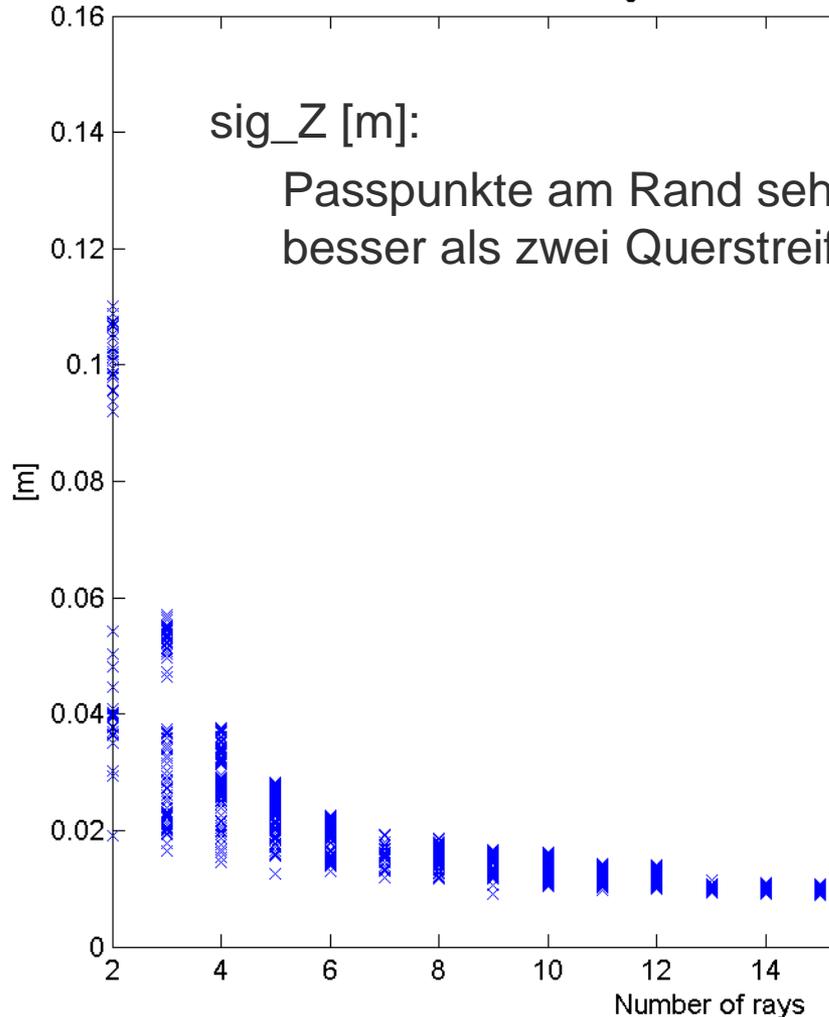
UCX, 8cm, **80%**L: mit GPS, ohne INS:

GCP-Blockrand ohne Querstreifen (BLO)

vs. GCP-Ecken mit Querstreifen (CQO)

UCX,8cm,BLO, sig_z vs. n_{img} (tie points only)

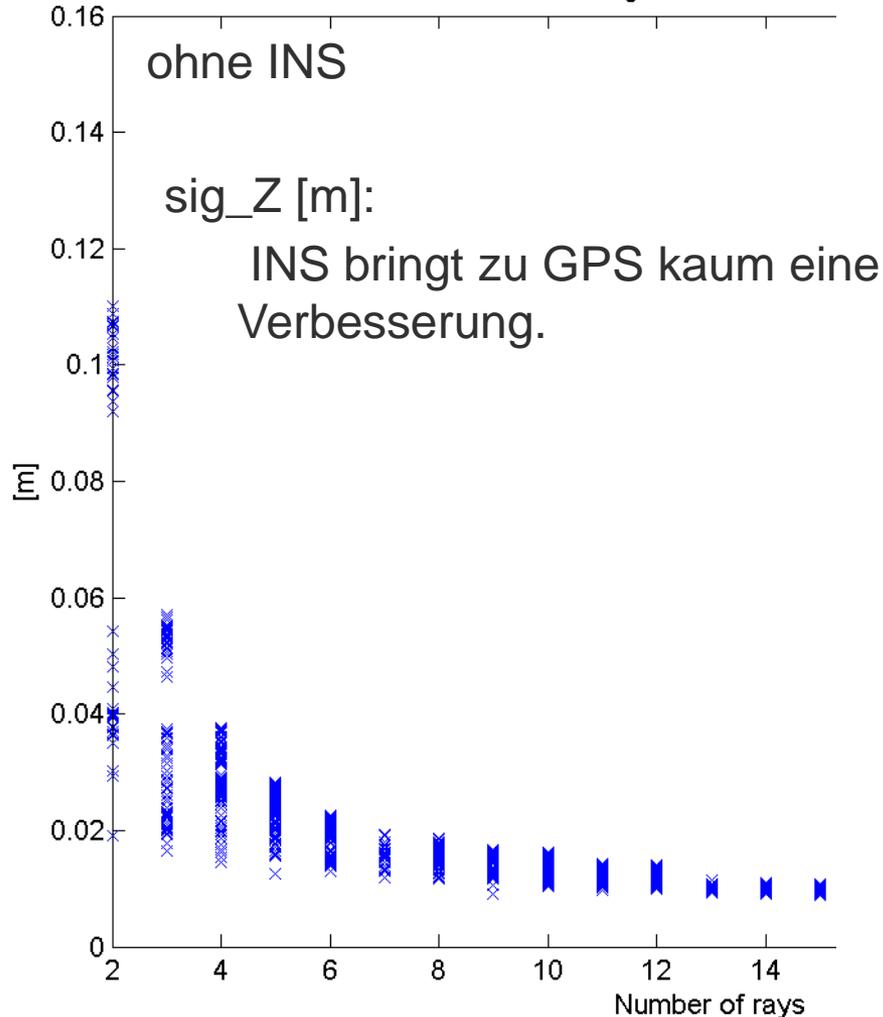
UCX,8cm,CQO, sig_z vs. n_{img} (tie points only)



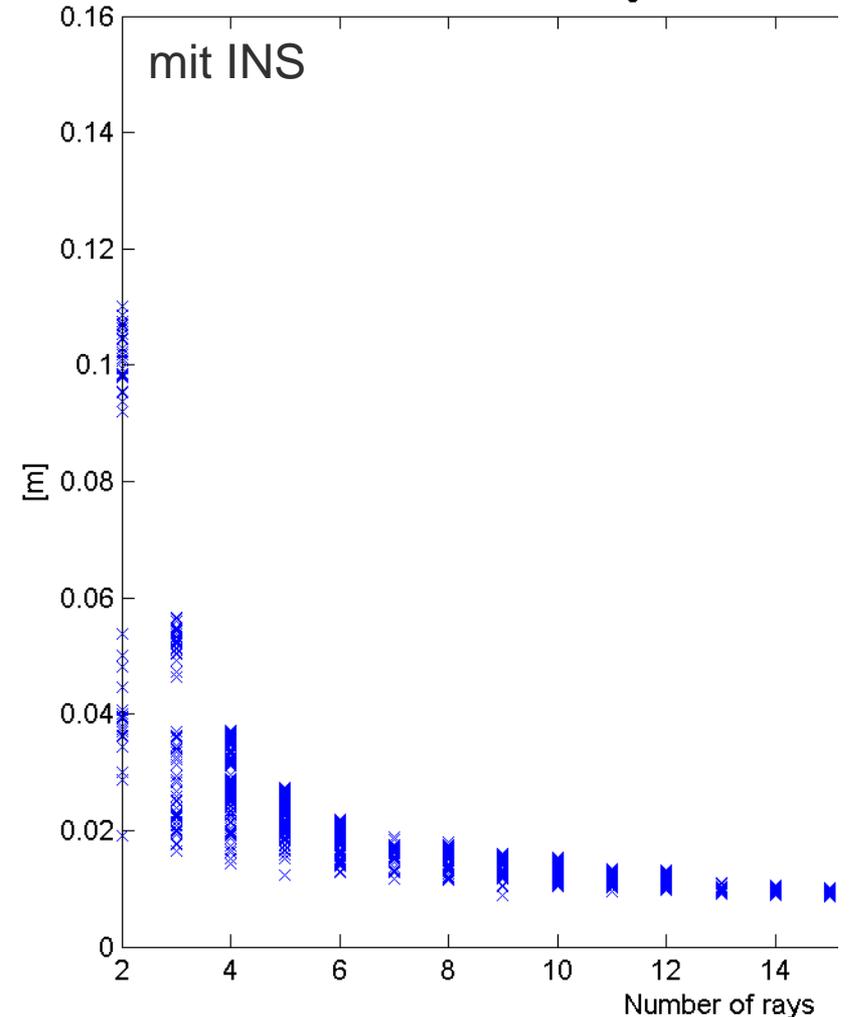
Theoretische Genauigkeitsuntersuchungen: Passinformation: GPS mit und ohne INS

UCX, 8cm, **80%L**: GCP-Blockrand, keine Querstreifen, mit GPS, **mit/ohne INS**:

UCX,8cm,BLO, sig_z vs. n_{img} (tie points only)

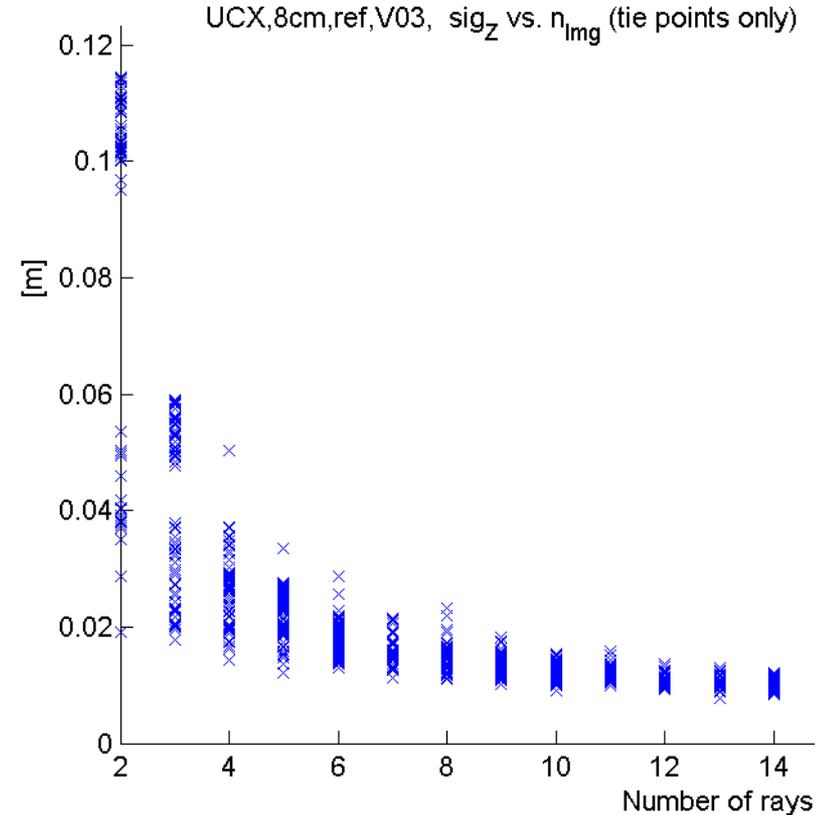
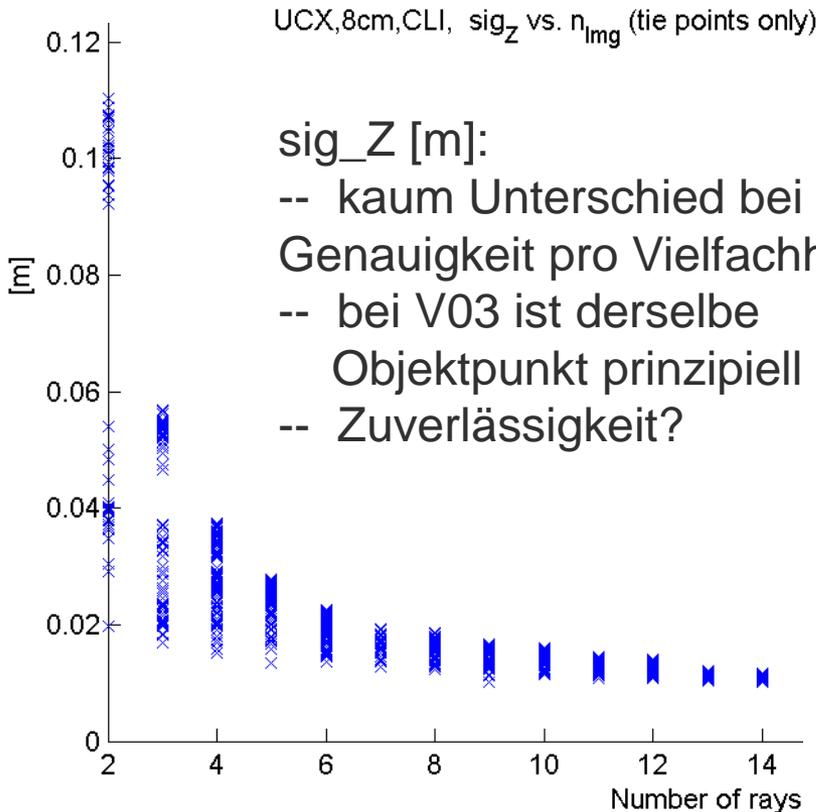


UCX,8cm,BLI, sig_z vs. n_{img} (tie points only)



Theoretische Genauigkeitsuntersuchungen: Passinformation: Wirtschaftlichkeit vs. Genauigkeit

UCX, 8cm, **80%**L: Wirtschaftlichkeit vs. Genauigkeit:
keine Querstreifen, mit GPS/INS, GCP-Ecken (CLI) vs. alle Daten (V03)



sig_{XYZ} [mm] desselben Objektpunktes (RMS über 55 Checkpoints):

4.5 5.7 13.9

3.6 4.4 12.2
(ca. 20% genauer)

Zusammenfassung

- **1/10 Pixel Messgenauigkeit** für digitale Luftbildkameras (DMC, UCX, digiCam)
- Merkliche Verbesserung bei Checkpoints durch **on-the-job-Korrekturgitter** (dessen Ableitung nur über Passpunkte besser ist als über Vkn.+PPs); hilft auch bei RMK 20cm.
Weitere Untersuchungen zu diesem Thema notwendig.
- geschätzte Genauigkeit der Checkpoints ist um Faktor 2-4 besser als tatsächlicher check-RMS, aber check-RMS stimmt mit geschätzter Genauigkeit der Passpunkte überein
→ **Genauigkeit der „Sollkoordinaten“ der Checkpoints** zu gering?
- **Zwei Klassen von 2fach Verknüpfern** bei DMC und UCX:
sig_Z in Streifenrichtung ca. 2-mal schlechter als quer zur Streifenrichtung
- Theoretische Untersuchungen zur Passinformation (GCP-Blockrand/ecken, mit/ohne GPS/INS): alle Varianten bezüglich sig_Z pro Vielfachheit ziemlich gleich, Varianten ohne GPS am schlechtesten;
Zuverlässigkeit ist noch zu untersuchen.