



HCU

HafenCity Universität
Hamburg

Universität für Baukunst
und Raumentwicklung

HAMBURGS NEUE UNIVERSITÄT

Europas erste Hochschule für die gebaute Umwelt

Klaus Mechelke, Thomas Kersten, Maren Lindstaedt

Vergleichende Genauigkeitsuntersuchungen der neuesten Generation terrestrischer Laserscanner

Überblick

- Einführung
- Untersuchte Systeme
- Geometrische Untersuchungen
- Untersuchungen zum Meßrauschen
- Untersuchungen zum Einfluß der Objektfarbe
- Schlußfolgerungen und Ausblick



Einführung

- **Neue Ausstattungsmerkmale**
- **Unterschiedliche Verfahren**
- **Unterschiedliche Standards**
- **Geodätische Merkmale**

Untersuchte Systeme



Faro LS880



Leica ScanStation



Trimble GX



Zoller + Fröhlich Imager 5006
(baugleich Leica HDS6000)

Technische Daten (Auswahl)

Scanner / Merkmal		Trimble GX	Leica ScanStation	FARO LS880	Z+F IMAGER 5006
Streckenmessung		Laufzeitverfahren		Phasendifferenzverfahren	
Sichtfeld [°]		360 x 60	360 x 270	360 x 320	360 x 310
Reichweite / Eindeutigkeitsbereich [m]		200	300	< 76	< 79
Laserklasse / Leistung [mW]		2, 3R	3R	3R / 20	3R / 29
Scanrate [pts/s]		≤ 5 000	≤ 4 000	≤ 120 000	≤ 500 000
Winkelauflösung [°]	Vertikal	0,0017	0,0017	0,009	0,0018
	Horizontal	0,0017	0,0017	0,009	0,0018
3D Einzelpunktgenauigkeit		12mm/100m	12mm/100m	k.a.	k.a.
Kamera		integriert	integriert	extern / option	extern / option
Neigungssensor		Kompensator	Kompensator	ja	ja

Geometrische Untersuchungen

- **3D-Testfeld**
- **Streckenmessgenauigkeit**
- **Untersuchung des Neigungssensors / Taumelfehler**
- **Einfluß des Auftreffwinkels auf die 3D-Genauigkeit**

3D-Testfeld

- Untersuchung der 3D-Genauigkeit in Anlehnung an VDI/VDE 2634 Teil II, III
- Testfeld mit 43 Referenzpunkten, 3D-Genauigkeit $<1\text{mm}$
- Prüfkörper: Kugeln mit 145mm Durchmesser
- Berechnung von Raumstrecken zwischen den Referenzpunkten in allen Kombinationen
- Soll-Ist Vergleich

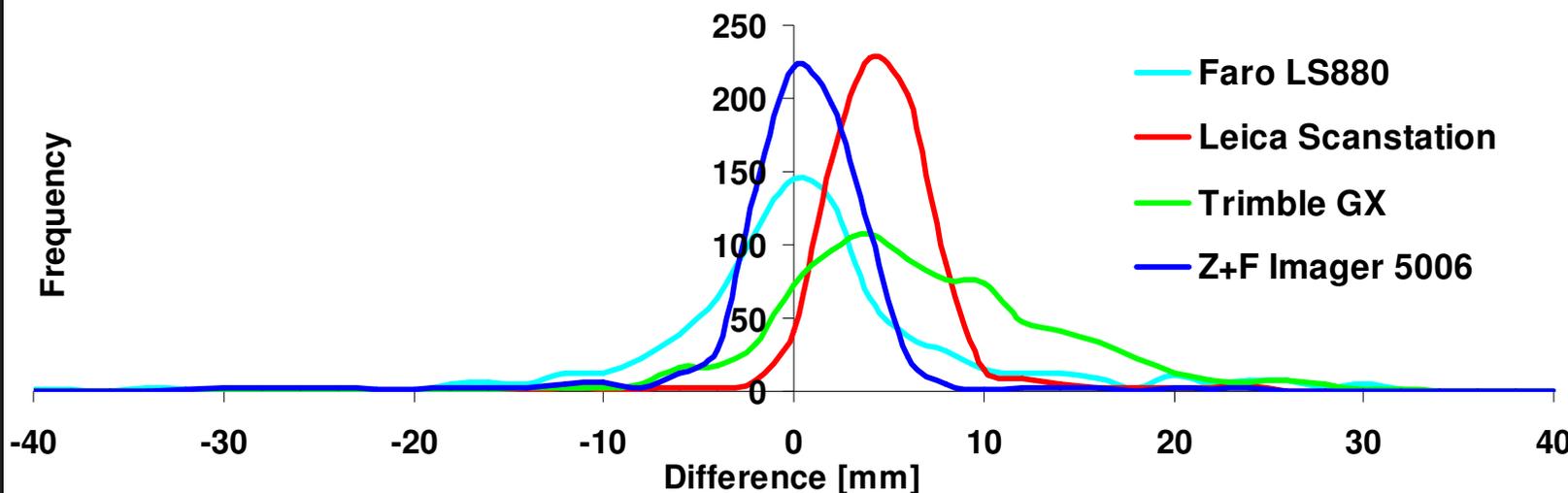


3D-Testfeld

Scanner	1 Station				Alle Stationen			
	# dist.	Δd min [mm]	Δd max [mm]	$\Sigma \Delta d$ [mm]	# dist.	Δd min [mm]	Δd max [mm]	$\Sigma \Delta d$ [mm]
Leica ScanStation	528	-13,8	24,5	38,3	780	-18,5	23,3	41,8
Trimble GX	378	-16,3	37,1	53,4	780	-16,0	31,3	47,3
Z+F Imager 5006	465	-23,5	22,0	45,5	780	-32,8	23,7	56,5
FARO LS880	528	-23,6	22,2	45,8	780	-41,1	30,7	71,8

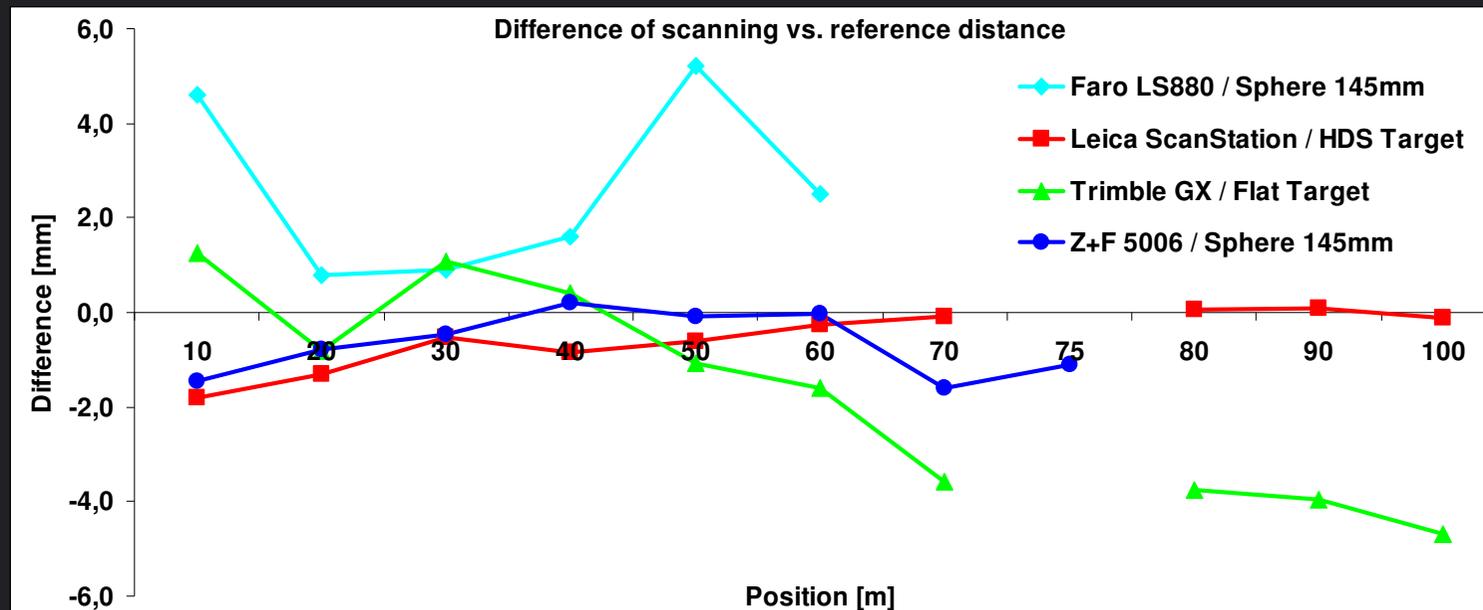


Distribution of differences of distances derived from scanning vs. reference distances



Untersuchung zur Streckenmessgenauigkeit

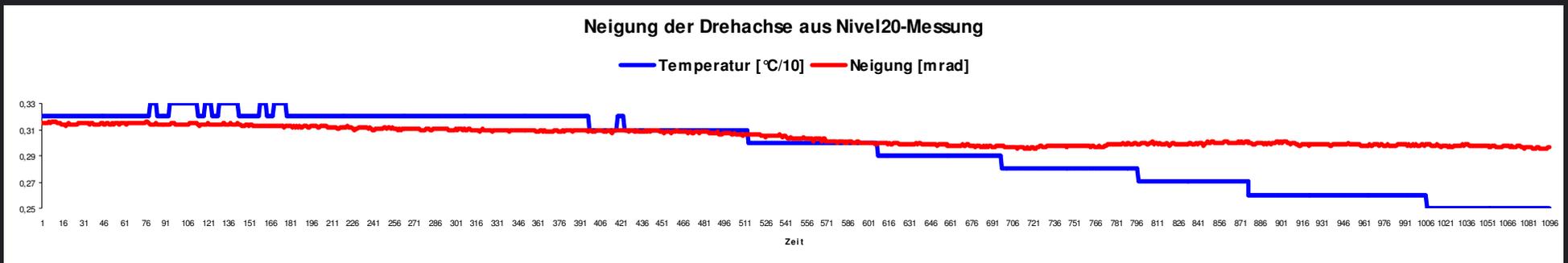
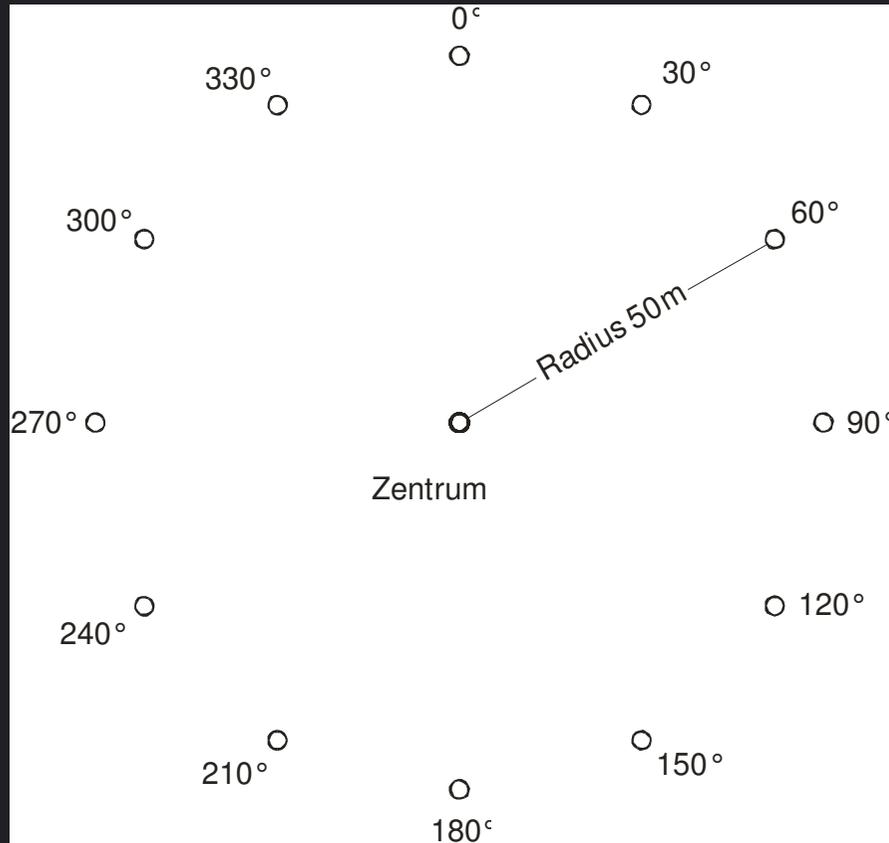
- Sollstreckenvergleich, Sollstrecken ermittelt mit Leica TCRP1201
- Zielzeichen für Scanner: Kugeln / Targets
- Ist-Strecken aus gemittelten Koordinaten von jeweils 3 Scans



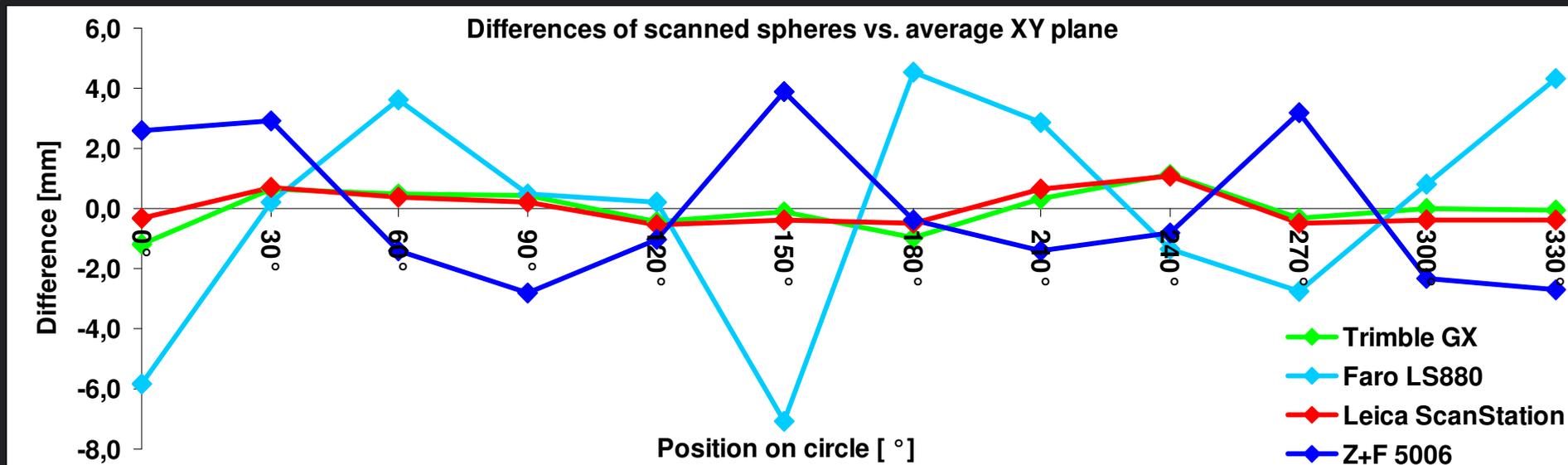
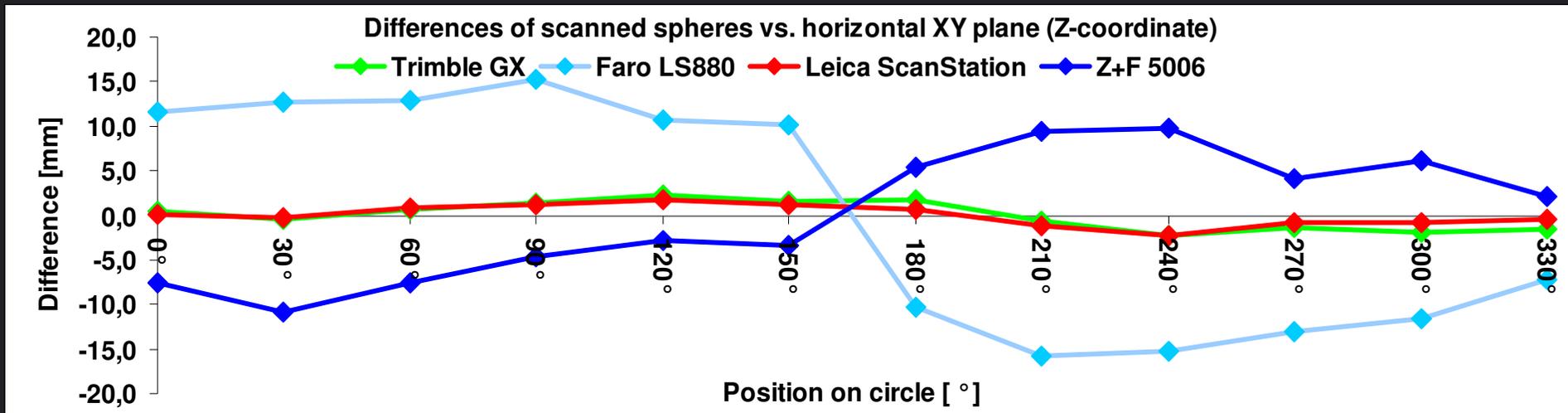
Untersuchung des Neigungssensors und des Taumelfehlers

- 12 Kugeln verteilt auf horizontalem Kreis mit 50m Radius
- 3 Scans je Kugel mit höchstmöglicher Auflösung
- Stativbewegung mit Leica Nivel20 kontrolliert
- Im Scanner-Koordinatensystem sollten alle Kugeln in einer Ebene liegen
- Bei Scannern mit Neigungskompensation: $z = \text{konst.}$!

Untersuchung des Neigungssensors



Untersuchung des Neigungssensors

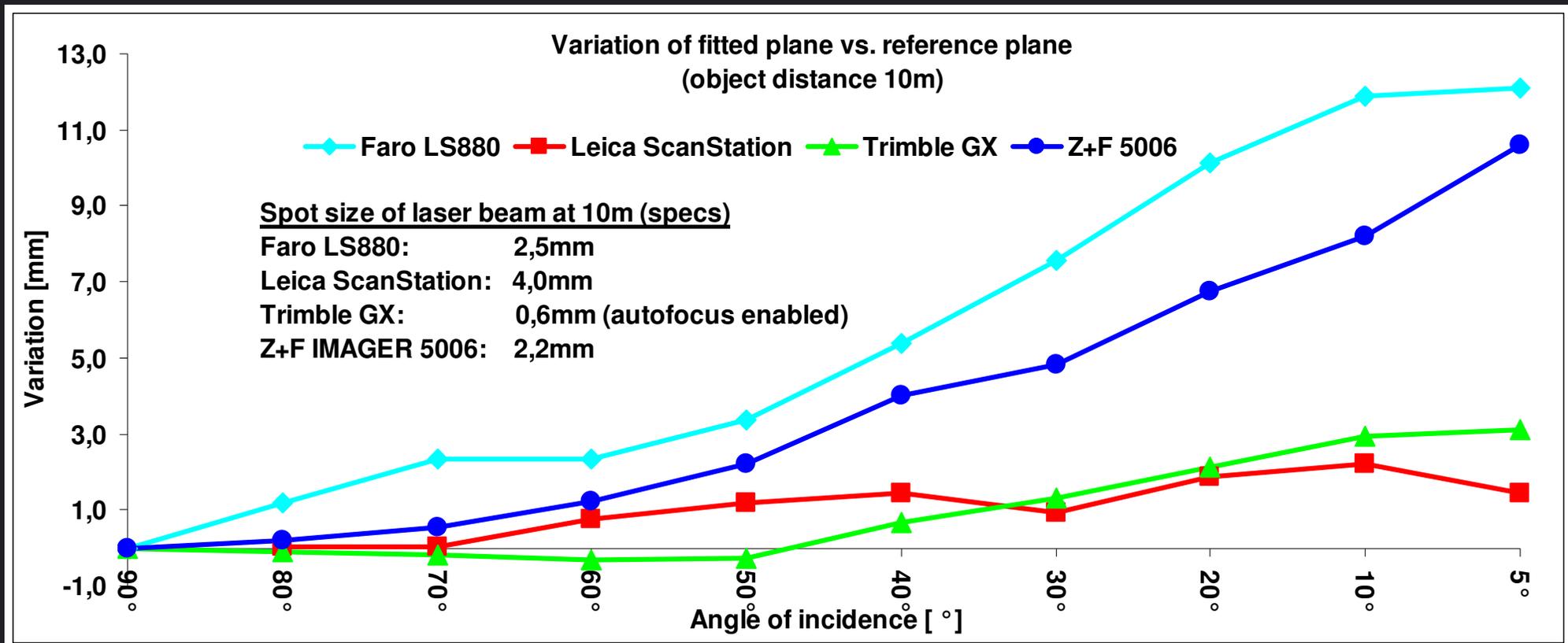


Einfluss des Auftreffwinkels auf die 3D-Genauigkeit

- Scan einer drehbar gelagerten plangeschliffenen Granitplatte in 10 Winkelpositionen
- Auflösung am Objekt: 3mm
- Referenz: 4 an der Platte montierte Kugeln
- Forderung: ausgleichende Ebenen durch Kugelzentren und Punktwolke sollen konstanten Abstand haben

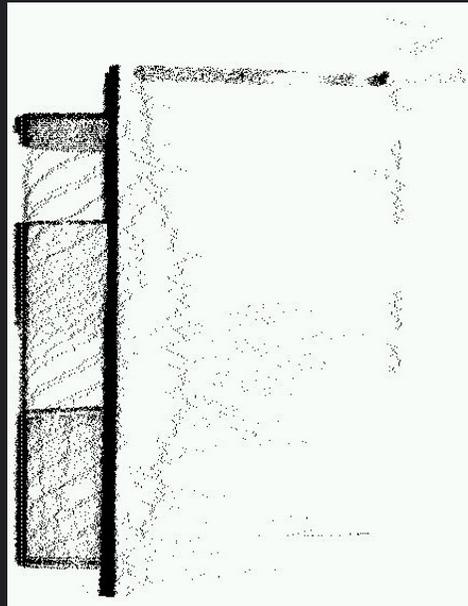


Einfluss des Auftreffwinkels auf die 3D-Genauigkeit von Flächen

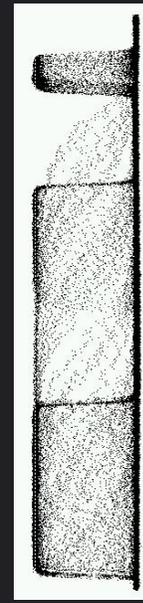


Untersuchung zum Messrauschen

- Scan eines Prüfkörpers mit verschiedenen Geometrien
- Auflösung am Objekt: 3mm
- Faro: Daten ungefiltert!



Faro



Leica



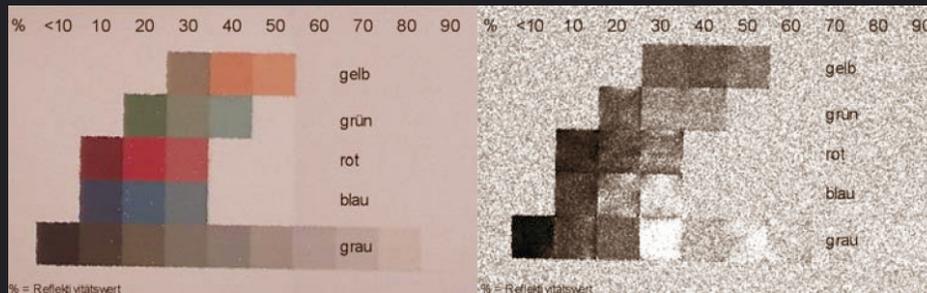
Trimble



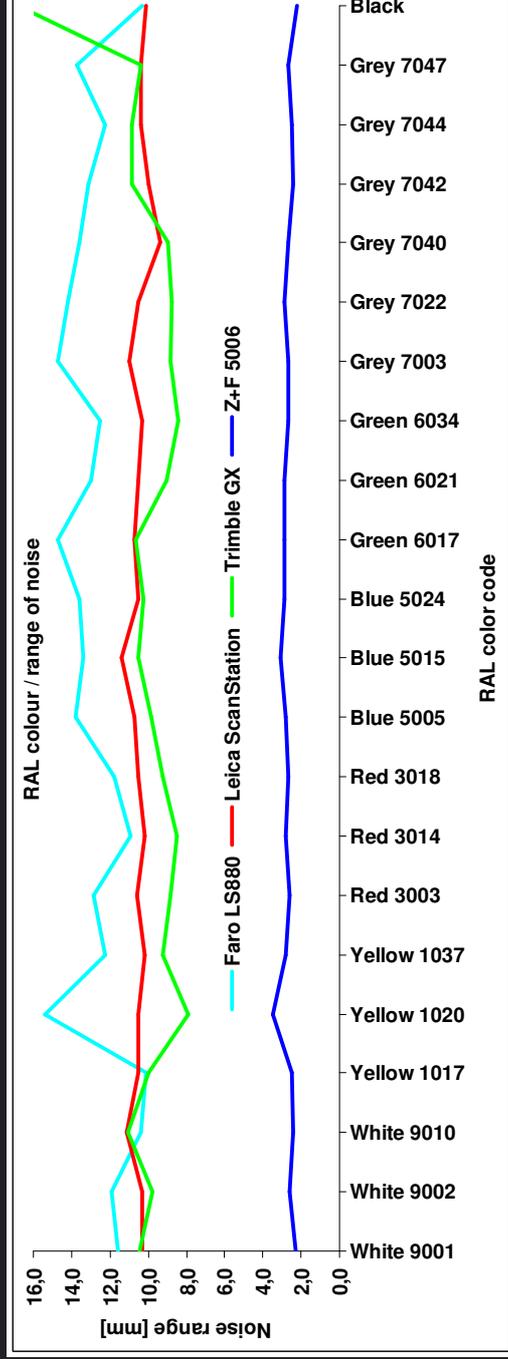
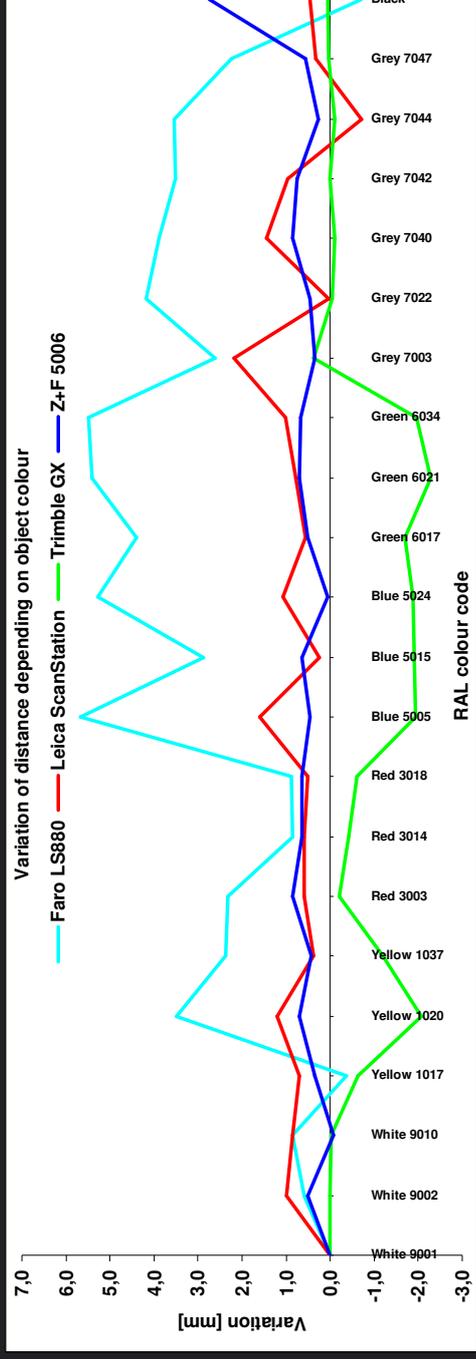
Z+F

Einfluss der Objektfarbe auf Messrauschen und Streckenmessgenauigkeit

- Scan von RAL-Farbtafeln mit definiertem Hellbezugswert
- Lageverschiebung der ausgleichenden Ebene durch die Punktwolke
- Betrag des Messrauschens variiert aufgrund von unterschiedlichen Reflektivitäten

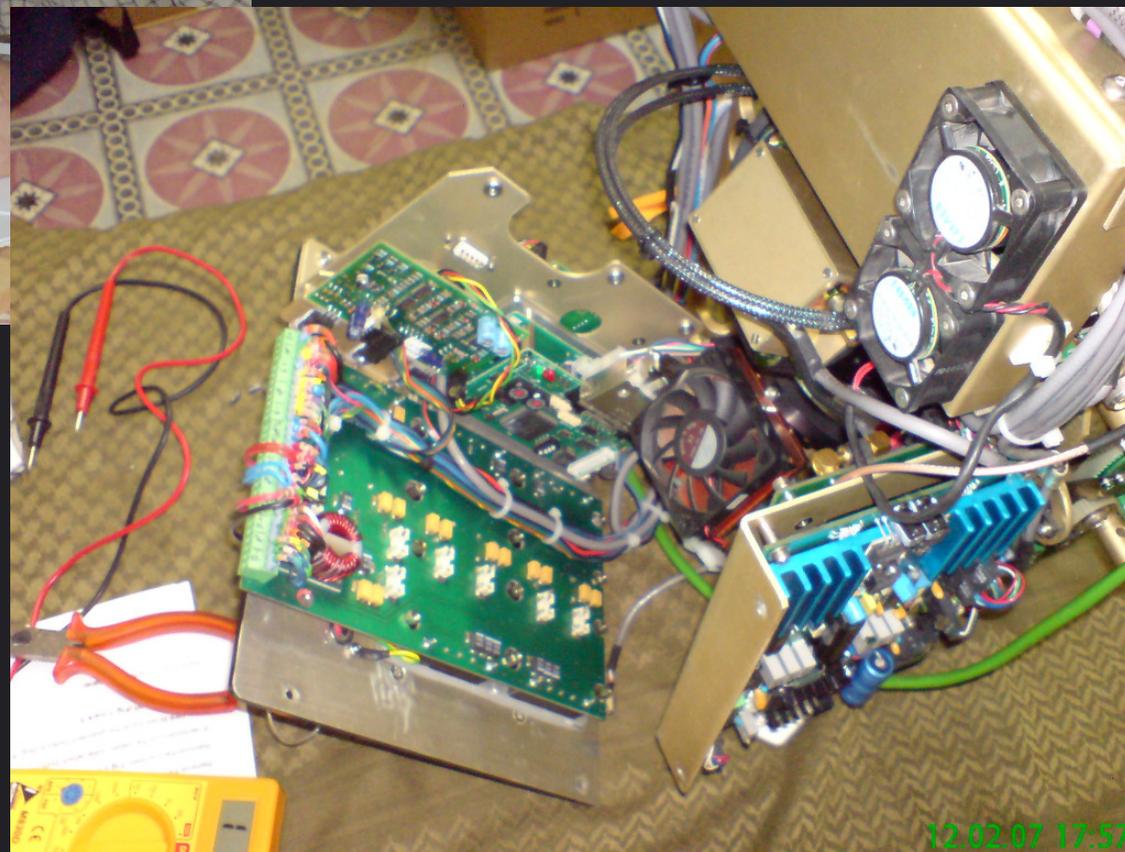


Einfluss der Objektfarbe auf Messrauschen und Streckenmessgenauigkeit



Schlussfolgerungen und Ausblick

- **Testfeld: ‚Realitätsnahes‘ Messvolumen**
- **Kreis: guter Ansatz zur Untersuchung von Neigungssensor und Taumelfehler**
- **Zielgröße für Referenzierung beachten!**
- **Standard für Reflektivitätswerte / Standardkörper mit definierter Reflektivität**
- **Einzelpunktmessung?**
- **Bekommt der Scanner Tachymeterfunktionalität oder lernen Tachymeter scannen?**



HCU

HafenCity Universität
Hamburg

Universität für Baukunst
und Raumentwicklung

HAMBURGS NEUE UNIVERSITÄT
Europas erste Hochschule für die gebaute Umwelt

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**