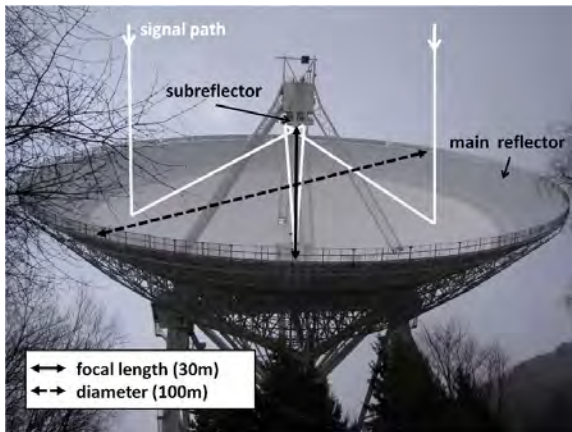


Trennung von systematischen TLS-Abweichungen und Deformationen bei der Formanalyse des Radioteleskops Effelsberg

Geodätische Woche 2014, Berlin

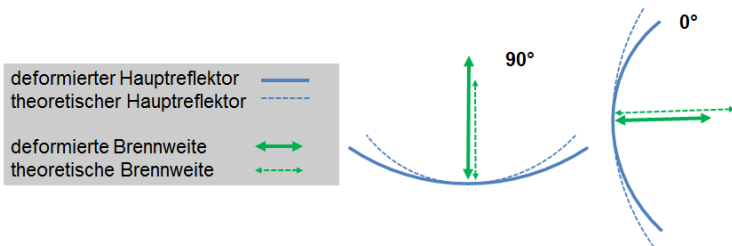
Christoph Holst & Heiner Kuhlmann

08. Oktober 2014



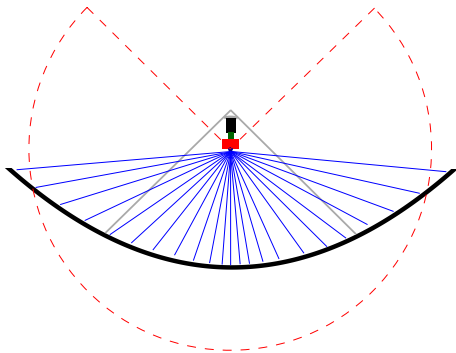
Form- und Brennweitenänderungen beeinflussen Signalweg

1. gesamter Hauptreflektor: Variation der **Brennweite**
 - ▶ 90° Elevation: Verflachung \implies Brennweite wird länger
 - ▶ 0° Elevation: Zusammenfaltung \implies Brennweite wird kürzer
2. lokale **Deformationsmuster** auf der Oberfläche
 - ▶ systematische Residuen von der best-fit Oberfläche

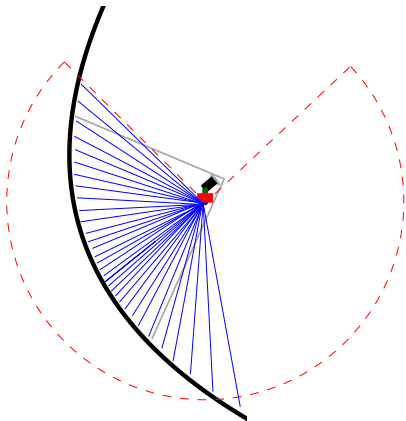


▶ **Detektion mit Hilfe hochaufgelöster Punktwolke**

- ▶ Leica ScanStation P20
- ▶ Auftreffwinkel, Sichtbarkeit, Symmetrie, Punktverteilung



- ▶ Leica ScanStation P20
- ▶ Auftreffwinkel, Sichtbarkeit, Symmetrie, Punktverteilung

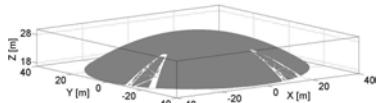
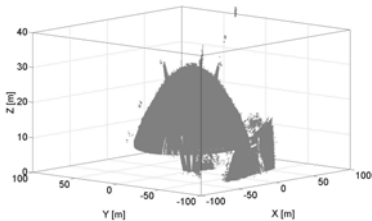


► Messkonzept

- Scannen der Oberfläche in 7 versch. Elevationen ($90^\circ, 75^\circ, 60^\circ, 45^\circ, 30^\circ, 15^\circ, 7.5^\circ$)
- Pro Scan ca. 500 Mio. Punkte

► Vorverarbeitung

- Segmentierung, Ausreißereliminierung, Datenreduktion, Entfernung der perforierten Randbereiche



$$g(\mathbf{x}_i, \mathbf{p}) = \frac{X_i^2 + Y_i^2}{4f} - Z_i = 0 \dots \text{Rotationsparaboloid}$$

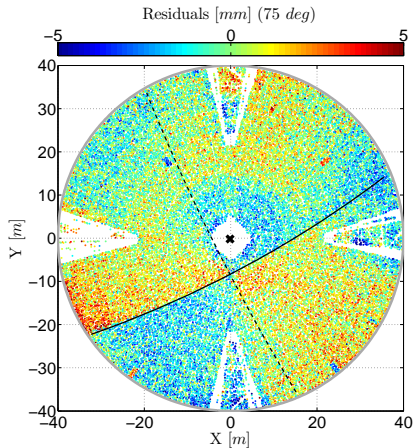
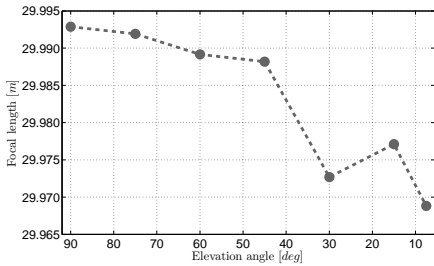
- ▶ $\mathbf{X}_i = [X_i, Y_i, Z_i]^T$... Koordinaten im Paraboloidsystem
- ▶ f ... Brennweite

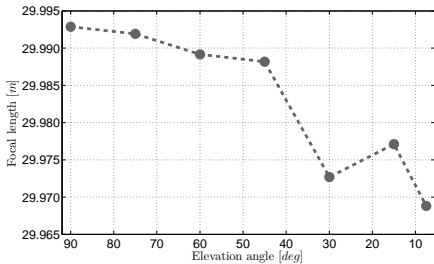
$$\mathbf{X}_i = \mathbf{R}_{\varphi_y} \cdot \mathbf{R}_{\varphi_x} \cdot \mathbf{x}_i + \mathbf{X}_v \dots \text{Transformation}$$

- ▶ $\mathbf{x}_i = [x_i, y_i, z_i]^T$... Koordinaten im Scannersystem
- ▶ φ_x, φ_y ... Rotation
- ▶ $\mathbf{X}_v = [X_v, Y_v, Z_v]^T$... Translation

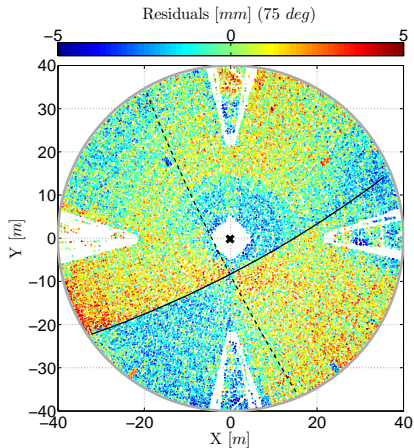
$$\mathbf{p} = [X_v, Y_v, Z_v, \varphi_x, \varphi_y, f]^T \dots \text{Lage- \& Form- Parameter}$$

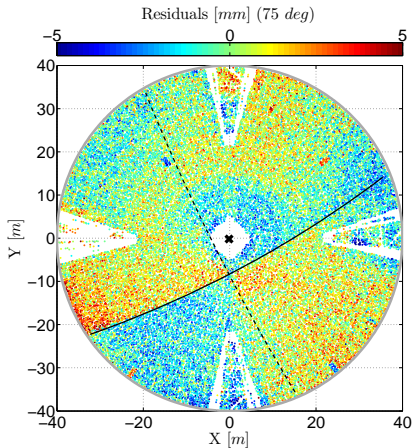
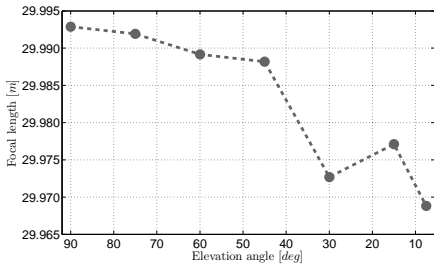
- ▶ Geodätisches Datum nicht fixiert \Rightarrow kein räumlicher Zusammenhang zwischen Elevationen





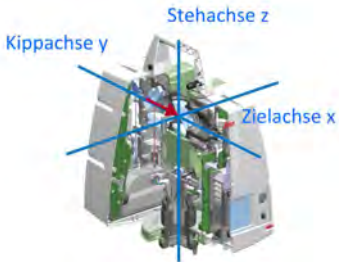
- ▶ systematische Abweichungen des Scanners vorhanden
- ▶ Aussagekraft von Brennweite und Residuen sehr beschränkt



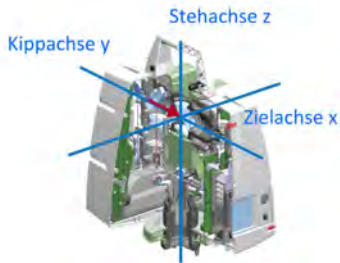


- ▶ systematische Abweichungen des Scanners vorhanden
- ▶ Aussagekraft von Brennweite und Residuen sehr beschränkt

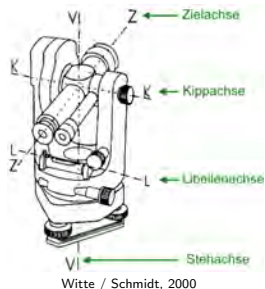
⇒ Trennung von system. Abweichungen und Deformationen?

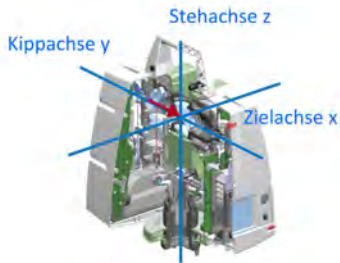


www.leica-geosystems.com

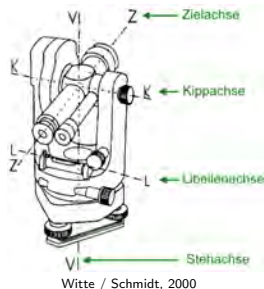


www.leica-geosystems.com





www.leica-geosystems.com



- ▶ Nullpunktabweichung, Maßstab
- ▶ Zielachs-, Kippachs-, Höhenindexabweichung
- ▶ Horizontale / vertikale Exzentrizität der Zielachse

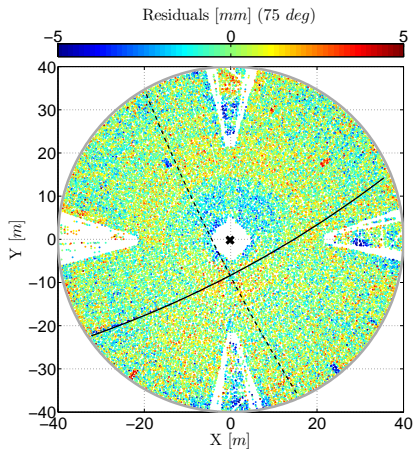
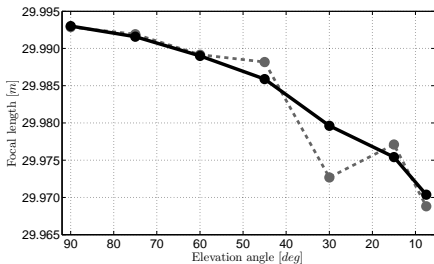
- ▶ Horizontale Exzentrizitäten der Stehachse
- ▶ Exzentrizitäten des horizontalen / vertikalen Teilkreises
- ▶

$$\mathbf{p} = [X_v, Y_v, Z_v, \varphi_x, \varphi_y, f, c, i, h, \varepsilon_{t,1}, \varepsilon_{t,2}, \varepsilon_{\beta,1}, e_z]^T$$

... **Lage-**, **Form-** & **Kalibrier-** Parameter

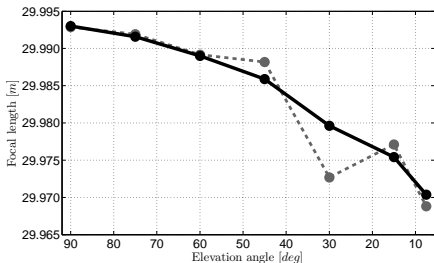
$$\mathbf{p} = [X_V, Y_V, Z_V, \varphi_x, \varphi_y, f, c, i, h, \varepsilon_{t,1}, \varepsilon_{t,2}, \varepsilon_{\beta,1}, e_z]^T$$

... Lage-, Form- & Kalibrier- Parameter

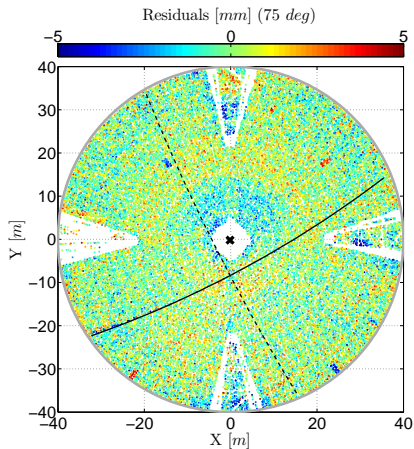


$$\mathbf{p} = [X_V, Y_V, Z_V, \varphi_x, \varphi_y, f, c, i, h, \varepsilon_{t,1}, \varepsilon_{t,2}, \varepsilon_{\beta,1}, e_z]^T$$

... Lage-, Form- & Kalibrier- Parameter



⇒ Trennung von system.
Abweichungen und Deformationen!



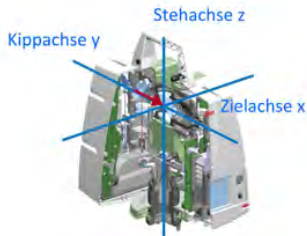
	c [mgon]	i [mgon]	h [mgon]	$\varepsilon_{t,1}$ [mgon]	$\varepsilon_{t,2}$ [mgon]	$\varepsilon_{\beta,1}$ [mgon]	e_z [mm]
45°	0.41	17.29	1.45	2.62	-6.62	2.46	-1.92
30°	0.40	35.71	-12.53	-0.05	-12.42	1.66	2.27

- ▶ Kalibrierparameter sind nicht konstant
- ▶ Keine geometrisch interpretierbaren Ergebnisse

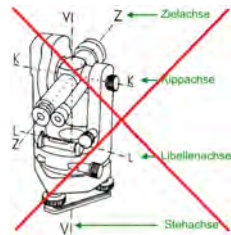
	c [mgon]	i [mgon]	h [mgon]	$\varepsilon_{t,1}$ [mgon]	$\varepsilon_{t,2}$ [mgon]	$\varepsilon_{\beta,1}$ [mgon]	e_z [mm]
45°	0.41	17.29	1.45	2.62	-6.62	2.46	-1.92
30°	0.40	35.71	-12.53	-0.05	-12.42	1.66	2.27

- ▶ Kalibrierparameter sind nicht konstant
- ▶ Keine geometrisch interpretierbaren Ergebnisse

⇒ **Funktionales Kalibriermodell unzureichend!**



www.leica-geosystems.com

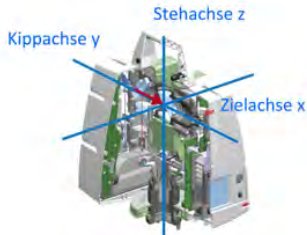


Witte / Schmidt, 2000 (bearbeitet)

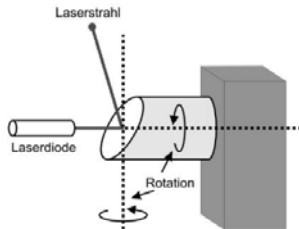
	c [mgon]	i [mgon]	h [mgon]	$\varepsilon_{t,1}$ [mgon]	$\varepsilon_{t,2}$ [mgon]	$\varepsilon_{\beta,1}$ [mgon]	e_z [mm]
45°	0.41	17.29	1.45	2.62	-6.62	2.46	-1.92
30°	0.40	35.71	-12.53	-0.05	-12.42	1.66	2.27

- ▶ Kalibrierparameter sind nicht konstant
- ▶ Keine geometrisch interpretierbaren Ergebnisse

⇒ **Funktionales Kalibriermodell unzureichend!**



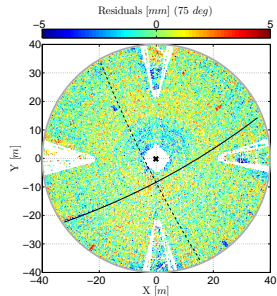
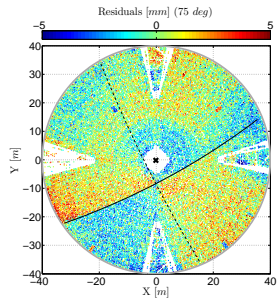
www.leica-geosystems.com



Dirk Eling, Dissertation, 2009

- ▶ Systematische TLS-Abweichungen beeinflussen die Formanalyse
- ▶ Trennung durch vorherige Kalibrierung oder Mitschätzung der Parameter
- ▶ Nutzung von Tachymeter-Kalibriermodell möglich, weil Effekte ähnlich wirken

- ▶ dennoch: Kalibrierparameter ohne Aussagekraft, weil Tachymetermodell geometrisch unzureichend
- ▶ daher: Realistischeres Kalibriermodell nötig!



! Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Christoph Holst

- ▶ Institut für Geodäsie und Geoinformation, Uni Bonn
 - ▶ Tel.: 0228/73-3570
 - ▶ Email: c.holst@igg.uni-bonn.de
-
- ▶ Holst, Ch., Artz, T., Kuhlmann, H. (2014): Biased and unbiased estimates based on laser scans of surfaces with unknown deformations, *J. Appl. Geodesy*, 8 (3), S. 169-183
 - ▶ Holst, Ch., Dupuis, J., Paulus, S., Kuhlmann, H. (2014): Flächenhafte Deformationsanalysen mit terrestrischen und Nahbereichslaserscannern – eine Gegenüberstellung anhand von Beispielen, *Allgem. Verm. Nachr.*, 7/2014, S. 260-272, Wichmann Verlag, Berlin
 - ▶ Holst, Ch., Kuhlmann, H. (2014): Impact of spatial point distributions at laser scanning on the approximation of deformed surfaces, Wieser, A. (Hrsg.): *Ingenieurvermessung 14*, Beiträge zum 17. Internationalen Ingenieurvermessungskurs, Zürich, S. 269-282, Wichmann Verlag
 - ▶ Holst, Ch., Zeimetz, Ph., Nothnagel, A., Schauerte, W., Kuhlmann, H. (2012): Estimation of focal length variations of a 100-m radio telescope's main reflector by laser scanner measurements, *J. Surv. Eng.*, 138 (3), S. 126-135