

# Aktueller Stand zur Prüfung und zum Qualitätsnachweis ...

... von terrestrischen Laserscannern (TLS)

von  
Prof. Dr.-Ing. Fredie Kern

- Qualitätssicherung geodätischer Instrumente im Messeinsatz •
  - VDV-Seminar 2109 • Fulda • 03.04.2009 •



FH MAINZ



ARCHITEKTUR  
BAUINGENIEURWESEN  
GEOINFORMATIK  
FH MAINZ

LEHREINHEIT GEOINFORMATIK UND VERMESSUNG  
fredie.kern@fh-mainz.de

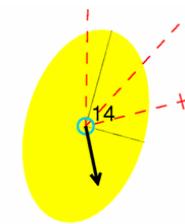
***Ist das Instrument in seiner Funktionalität gestört?  
Arbeitet es nach dem Transport noch korrekt?***

- Selbsttest



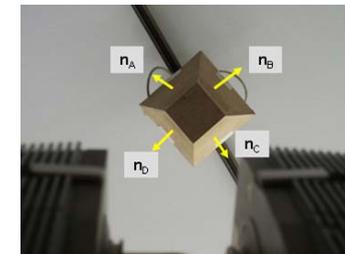
***Welche Messgenauigkeit/-unsicherheit wird mit dem Instrument erreicht?***

- Winkelmessgenauigkeit/-unsicherheit
- Streckenmessgenauigkeit/-unsicherheit
- Koordinatengenauigkeit/unsicherheit



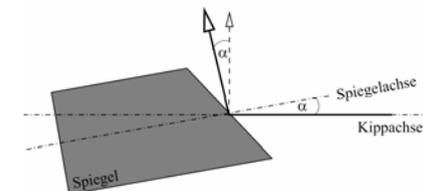
***Wie genau kann ein Objekt mit dem Instrument vermessen werden?***

- Maßstabsgenauigkeit (Länge, Breite, Höhe d. Objektes)
- Formgenauigkeit  
(Winkelstellung der Objektseitenflächen zueinander)
- Antastgenauigkeit (Messrauschen auf einer ebenen Fläche)
- Auflösungsgenauigkeit (Wiedergabepräzision von Details)



***Welche systematischen Abweichungen sind zu bestimmen, um die Messgenauigkeit zu steigern?***

- Kalibrierparameter (Zielachs-, Kippachsabweichung usw.)

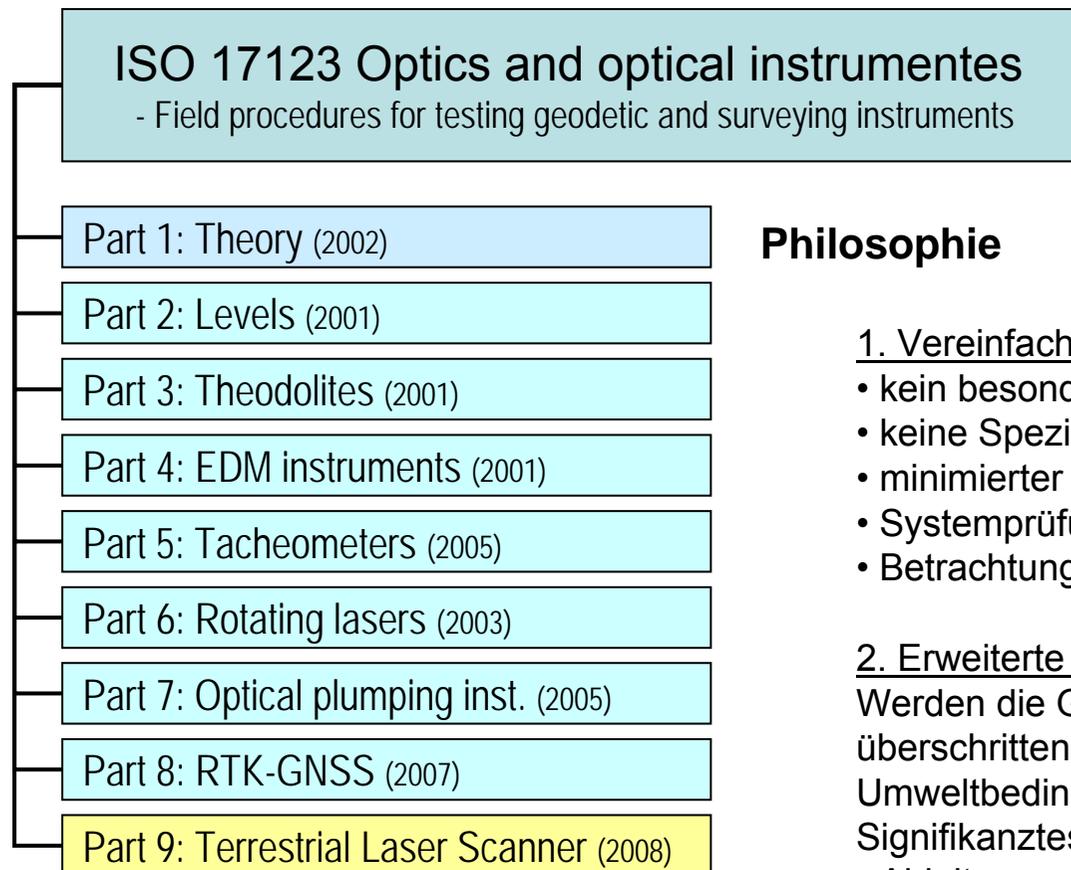


# Gliederung

1. Standardisierte Prüfverfahren TLS
  - 1.1 ISO 17123
  - 1.2 VDI/VDE-Richtlinie
2. Vorschlag für eine TLS-Prüfrichtlinie
  - 2.1 Kenngrößen
  - 2.2 Beispiele für Prüfergebnisse
3. Schluss

# Standardisierte Prüfverfahren für TLS

## - ISO 17123 -



### Philosophie

#### 1. Vereinfachte Feldprüfung (simplified test procedure)

- kein besonderer Prüfmittelbedarf
- keine Spezialkenntnisse nötig
- minimierter Aufwand, möglichst unter 1 Stunde
- Systemprüfung (Hard- + Software) in „Gebrauchslage“
- Betrachtung v. zufälligen und systematischen Fehlern

#### 2. Erweiterte Feldprüfung (full test procedures)

Werden die Grenzwerte bei der vereinfachten Feldprüfung überschritten, erfolgt Instrumentenprüfung frei von Umweltbedingungen (Labor) und damit reproduzierbar incl. Signifikanztests

- Ableitung von Genauigkeitsmaßen incl. Zuverlässigkeit
- Vergleich mit Herstellerangaben
- Bestimmung von weiteren Kenngrößen
- Bestimmung der ursächlichen Instrumentenfehler

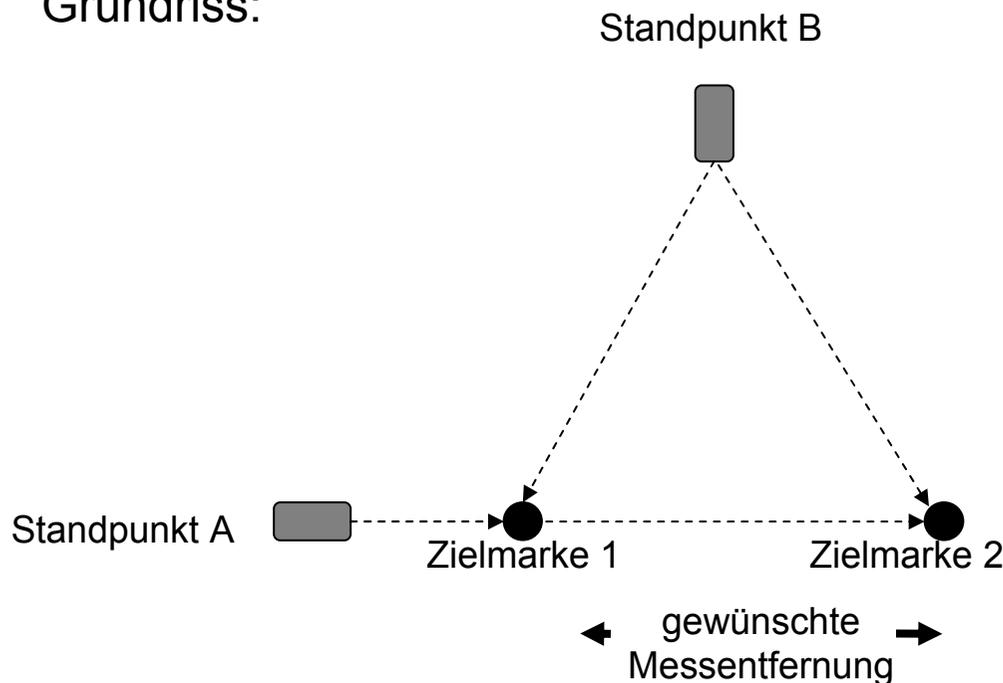
## Vorschläge für Vereinfachte Feldprüfverfahren simplified test procedures

### Rahmenbedingungen aller vereinfachten Feldprüfverfahren gemäß ISO-Philosophie

- unabhängig von dem Funktionsprinzip des TLS  
  
(Laufzeit~/Phasenvergleich~/Panorama~/Camera View~ etc.)
- sichere Erkennung von vorhandenen Distanz- und Winkelabweichungen
- ausschließliche Verwendung der Standardausrüstung  
d.h.: keine weiteren geodätischen Instrumente  
keine speziellen Zielmarken  
keine spezielle Auswertesoftware
- maximaler Zeitaufwand für Messung und Auswertung  
→ weniger als 1 Stunde

# Vorschläge für Vereinfachte Feldprüfverfahren Single Distance Procedure (SDP)

Grundriss:



1. Durchgang:  
Ziele 1 und 2 möglichst in der Ebene, die senkrecht zur Stehachse des TLS liegt und durch den Gerätestandpunkt läuft
2. Durchgang:  
Ziele 1 und 2 mit signifikantem Abstand zur Ebene senkrecht zur Stehachse des TLS, die durch den Gerätestandpunkt läuft

Auswertung je Durchgang:

Aus Messungen Std. A:  $s_1 = \overline{12} = \sqrt{(x_{1,2} - x_{1,1})^2 + (y_{1,2} - y_{1,1})^2 + (z_{1,2} - z_{1,1})^2}$

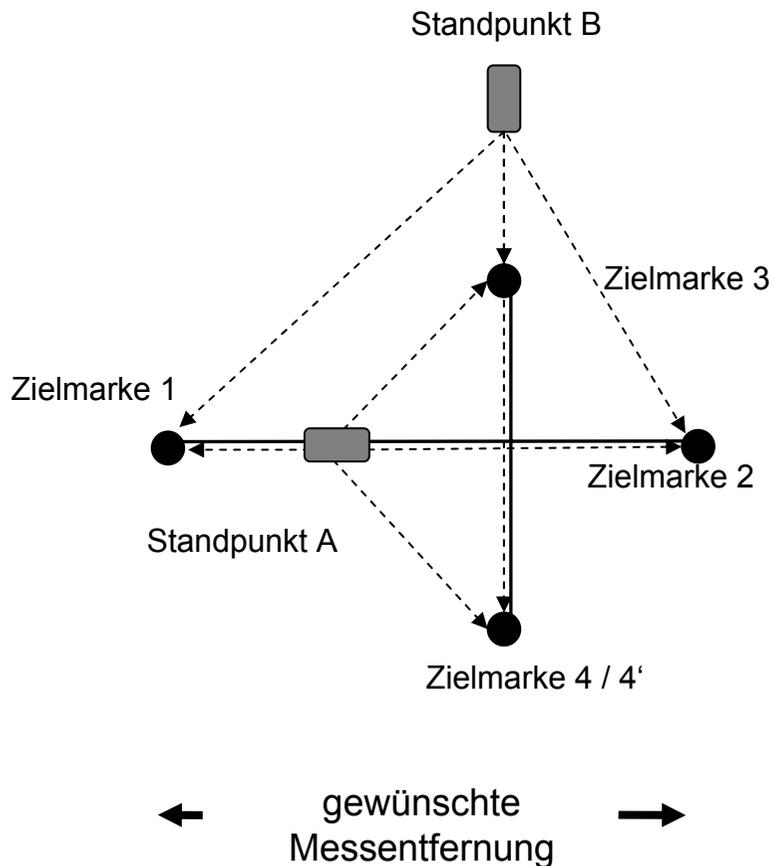
Aus Messungen Std. B:  $s_2 = \overline{12} = \sqrt{(x_{2,2} - x_{2,1})^2 + (y_{2,2} - y_{2,1})^2 + (z_{2,2} - z_{2,1})^2}$

Prüfgröße:

$$\Delta = s_1 - s_2$$

# Vorschläge für Vereinfachte Feldprüfverfahren Crossed Double Distance Procedure (CDP)

Grundriss:



Jeweils 2 rechtwinklige Linien aufbauen

## Erste Zielmarkenaufstellung

Ziele 1 bis 4 möglichst in der Ebene, die senkrecht zur Stehachse des TLS liegt und durch Geräteursprung läuft

Messungen auf den Standpkt. A und B zu den Zielen 1 bis 4

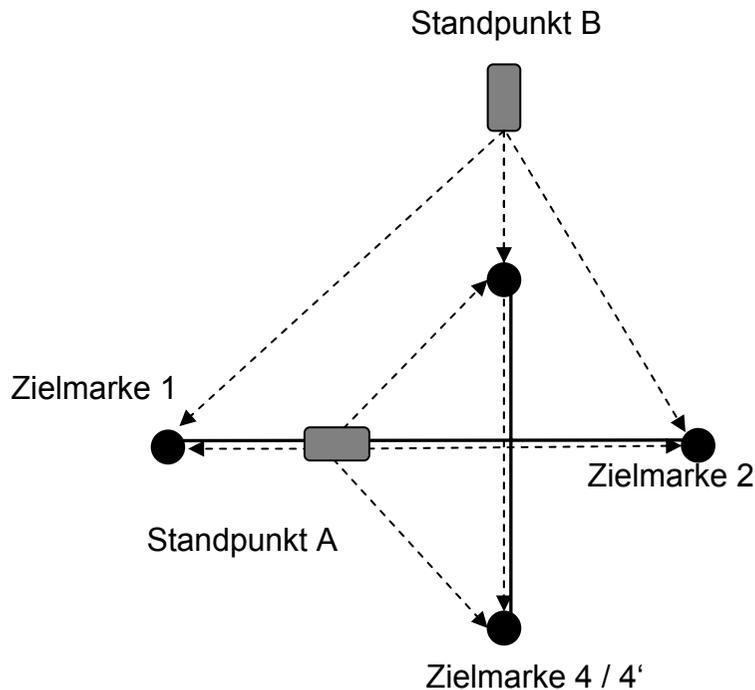
## Zweite Zielmarkenaufstellung:

Ziel 2 oder 4 mit signifikantem Unterschied zur Ebene der anderen drei Ziele

Messungen auf den Standpkt. A und B zu den Zielen 1 bis 4

# Vorschläge für Vereinfachte Feldprüfverfahren Crossed Double Distance Procedure (CDP)

Grundriss:



Auswertung:

$$s_{A1,1} = \overline{12} = \sqrt{(x_{A1,2} - x_{A1,1})^2 + (y_{A1,2} - y_{A1,1})^2 + (z_{A1,2} - z_{A1,1})^2}$$

$$s_{A1,2} = \overline{34} = \sqrt{(x_{A1,4} - x_{A1,3})^2 + (y_{A1,4} - y_{A1,3})^2 + (z_{A1,4} - z_{A1,3})^2}$$

$$s_{B1,1} = \overline{12} = \sqrt{(x_{B1,2} - x_{A1,1})^2 + (y_{B1,2} - y_{A1,1})^2 + (z_{B1,2} - z_{B1,1})^2}$$

$$s_{B1,2} = \overline{34} = \sqrt{(x_{B1,4} - x_{A1,3})^2 + (y_{B1,4} - y_{A1,3})^2 + (z_{B1,4} - z_{B1,3})^2}$$

$$s_{A2,1} = \overline{12} = \sqrt{(x_{A2,2} - x_{A1,1})^2 + (y_{A2,2} - y_{A2,1})^2 + (z_{A2,2} - z_{A2,1})^2}$$

$$s_{A2,2} = \overline{34'} = \sqrt{(x_{A2,4'} - x_{A1,3})^2 + (y_{A2,4'} - y_{A2,3})^2 + (z_{A2,4'} - z_{A2,3})^2}$$

$$s_{B2,1} = \overline{12} = \sqrt{(x_{B2,2} - x_{A2,1})^2 + (y_{B2,2} - y_{A2,1})^2 + (z_{B2,2} - z_{B2,1})^2}$$

$$s_{B2,2} = \overline{34'} = \sqrt{(x_{B2,4'} - x_{A2,3})^2 + (y_{B2,4'} - y_{A2,3})^2 + (z_{B2,4'} - z_{B2,3})^2}$$

Prüfgrößen:

$$\Delta_1 = \frac{1}{2} (s_{A1,1} - s_{B1,1} + s_{A1,2} - s_{B1,2})$$

$$\Delta_2 = \frac{1}{2} (s_{A2,1} - s_{B2,1} + s_{A2,2} - s_{B2,2})$$

$$\Delta = \Delta_2 - \Delta_1$$



**Bezüglich welcher Gerätefehler sind die vereinfachten Prüfverfahren sensitiv ?**

- Additionskonstante, Maßstab
- Ziel- und Kippachsfehler

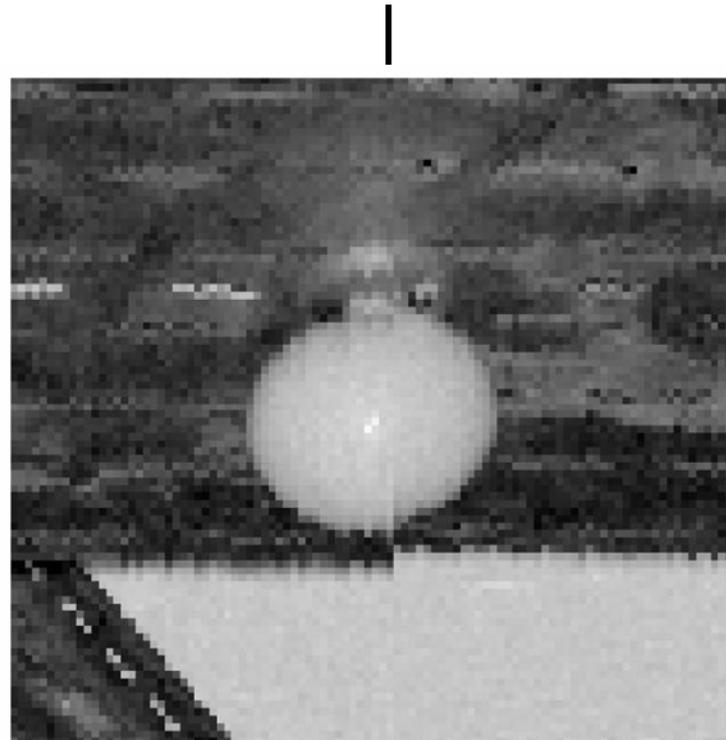
**Wie sind die Grenzwerte festzulegen?**

- Messgenauigkeit

# Vorschläge für Vereinfachte Feldprüfverfahren

## Sensitivität

Würde eines der dargelegten Feldprüfverfahren vor dieser „Dejustierung“ warnen?



← Lage I | Lage II →

Einfluss von Kipp- und Zielachsfehler

Problem: Messung der Teilhemisphären in getrennten Fernrohrlagen

$(0 < H_z < 180^\circ \times -90^\circ < V < 90^\circ)$

# Gliederung

1. Standardisierte Prüfverfahren TLS

1.1 ISO 17123

**1.2 VDI/VDE-Richtlinie**

2. Vorschlag für eine TLS-Prüfrichtlinie

2.1 Kenngrößen

2.2 Beispiele für Prüfergebnisse

3. Schluss

# Standardisierte Prüfverfahren für TLS

## - VDI/VDE Richtline -

### VDI/VDE 2634 Blatt 2 (August 2002)

„Optische 3D-Messsysteme Bildgebender Systeme mit flächenhafter Antastung“

#### Geltungsbereich

- optische 3D-Messsysteme mit flächenhafter Antastung (**Triangulationsprinzip**)
- „Einzelansicht“ d.h. keine Referenzierung, kein Matching

### VDI/VDE 2634 Blatt 3 (September 2006 - Entwurf)

„Optische 3D-Messsysteme Bildgebender Systeme mit flächenhafter Antastung in mehreren Einzelansichten“

#### Geltungsbereich

- optische 3D-Messsysteme mit flächenhafter Antastung (**Triangulationsprinzip**)
- „mehrere Einzelansichten“ über Referenzmarken oder „Matching“

### Philosophie

„Jeder Betreiber muss sicher sein, dass das eingesetzte optische 3D-Messsystem die geforderte Leistung erbringt.“

- Systemprüfung (Instrument + Software + koop. Prüfkörper)
- Abnahmeprüfung, Bestätigungs- und Zwischenprüfung
- Kenngrößen anstatt Genauigkeitsmaße
- „worst case“ – Szenarium (Grenzwerte=max. Fehler)

# Gliederung

1. Standardisierte Prüfverfahren TLS

1.1 ISO 17123

1.2 VDI/VDE-Richtlinie

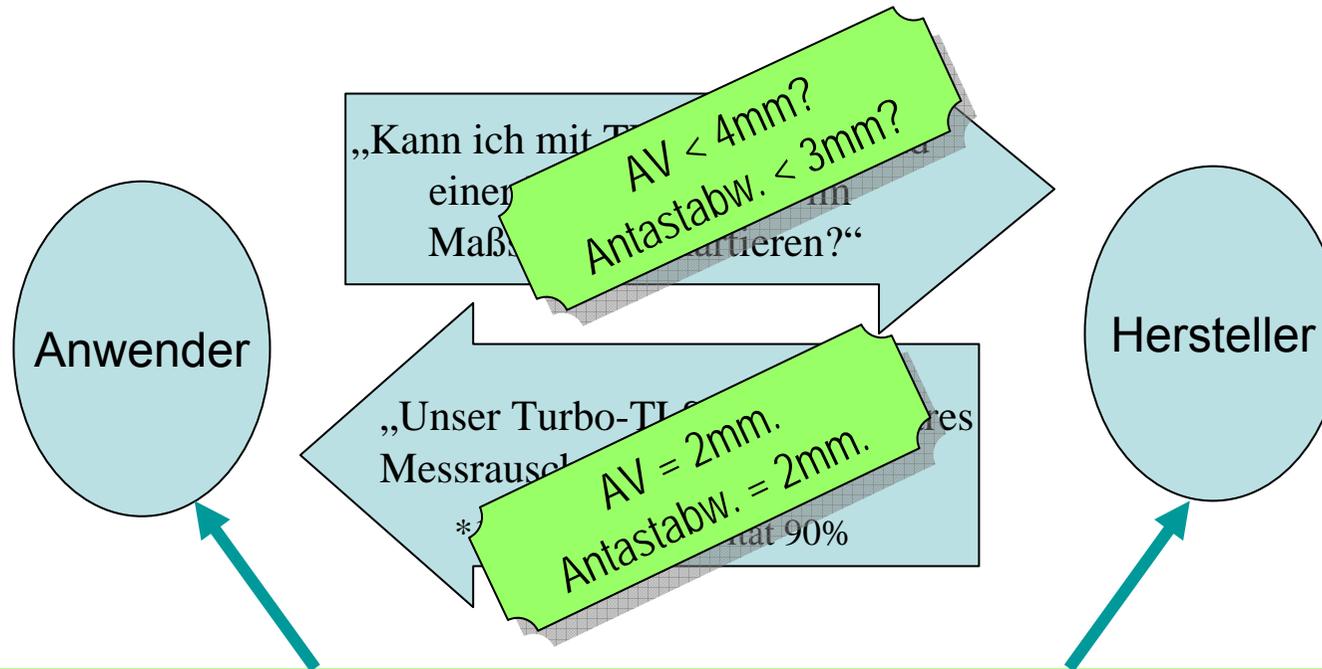
**2. Vorschlag für eine TLS-Prüfrichtlinie**

2.1 Kenngrößen

2.2 Beispiele für Prüfergebnisse

3. Schluss

## Vorschlag für eine TLS-Prüfrichtlinie



Einheitlicher Wortschatz = **anwendungsbezogene** Kennwerte

1. Welche Faktoren beeinflussen die Messqualität?
2. Was ist eine gute Messqualität?
3. Wie lässt sich Messqualität quantifizieren und wie bestimmen?

## Welche Faktoren beeinflussen die Messqualität des TLS?

- Messprinzip (Phasen-/Impulslaufzeit, Ablenkeinheit)
- Achsfehler etc. (Imperfektion, „Kalibrierzustand“)
- Wellenlänge  $\lambda$  des verwendeten Laserlichts
- Strahldivergenz/Fokussierung
- Messentfernung  $D$
- Objektmaterial (Art, Rauigkeit, Reflektionsgrad  $\rho(\lambda)$ )
- Auftreffwinkel  $\alpha$
- Atmosphärische Dämpfung
- Temperatur  $T$
- Quantisierung der Sensormesswerte
- Abtastrate
- Räumliche Anordnung Objekt zu TLS
- ...

$$\text{Qualität} = f(\lambda, D, \rho, \alpha, T, \dots)$$

## Was ist eine gute TLS-Messqualität?

Natürliche Oberflächen können formtreu erfasst werden.

→ lokales Oberflächen-Messrauschen

Detailstrukturen können mit welcher Feinheit wiedergegeben werden.

→ 3D-Auflösungsvermögen

Länge, Breite und Höhe eines Objektes werden maßtreu bestimmt sowie gestalttreu (Winkligkeit, Parallelitäten etc.)

→ lokaler/globaler Maßstab

→ Affinität

→ Rückführbarkeit auf Normale

Messqualität sollte möglichst

- unabhängig von Messentfernung und räumlicher Anordnung TLS ↔ Objekt,
- unabhängig von den normalen Umgebungsbedingungen sein.

Was sind typische Messaufgaben und Anwendungsfälle?

## Vorschlag für eine TLS-Prüfrichtlinie

### **Ziel und Sinn eines Prüfverfahrens ähnlich VDI/VDE:**

- Leistungsfähigkeit bezüglich der Messqualität unter Praxisbedingungen anhand von Kenngrößen quantifizierbar machen.
- Anhand der Kenngrößen werden verschiedene Geräte miteinander vergleichbar.
- Kenngrößen „bündeln“ möglichst viele Einflussfaktoren (zufällige & systematische Abweichungen)

## Vorschlag für eine TLS-Prüfrichtlinie

TLS wird als Gesamtsystem aus der Kombination

Hardware und Software  
in Verbindung mit Testkörpern (Objektmaterial)

betrachten (Systemprüfung).

### **Derzeitiges Problem:**

Softwaresysteme können einige Testkörper nicht auswerten.

- ⇒ Prüfverfahren nur für TLS-Hardware;
- ⇒ Export der  $x,y,z$  - Koordinaten
- ⇒ zusätzliche Auswerteprogramme (i3mainz-Entwicklung)

## Vorschlag für Kenngrößen

Einzelansicht Mehrfach-Ansicht	1. Antastabweichung $R$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfkörper: <math>k</math> Kugeln</li> <li>• Kugelapproximation (freier Radius) nach <math>\mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v} \rightarrow \min</math></li> <li>• =&gt; Varianz der radialen Abstände = <math>R</math></li> </ul>	Messrauschen (Formtreue)
	2. Kugelradienabweichung $R_K$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Daten aus 1.</i></li> <li>• =&gt; Mittelwert der Differenzen <math>v_i</math> zw. geschätzten und Soll-Radius von <math>k</math> Kugeln</li> </ul>	Lokaler Maßstab (Formtreue)
	3. Abstandsabweichung $\Delta L$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfkörper: Feld mit <math>k</math> Zielmarken auf Soll-Positionen oder</li> <li>• 3D-Festpunktfeld mit <math>k</math> Zielmarken</li> <li>• Räumliche 6-P-Transformation der Markenzentren (fester Maßstab)</li> <li>• =&gt; Helmertsche Punktfehler = <math>\Delta L</math></li> </ul>	Maßstab Rückführbarkeit (Form- & Maßtreue)
Einzelansicht	4. Auflösungsvermögen $AV$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfkörper: BÖHLER-Stern</li> <li>• =&gt; Kleinste Spaltbreite, bei der kein bimodales Histogramm festzustellen ist = <math>AV</math></li> </ul>	Auflösungsvermögen (Detailtreue)

Grundsätzlich:

kalibrierte Prüfkörper (3fach bessere Genauigkeit) , diffus streuend, „glatt“ bzgl.  $\lambda$   
 Anordnung der Prüfkörper gleichmäßig im Messvolumen  
 (Kenngrößen für 3 Messentfernungen (nah, typisch, fern) bestimmen)  
 max. 5% der Messungen dürfen als Ausreißer verworfen werden  
 dokumentierte Betriebs- und Umgebungsbedingungen

Vors **Hauptinflussfaktoren** **ßen** (angelehnt an VDI/VDE 2634 Blatt 2 & 3 u. [Heister 06])

1. Antastabweichung  $R$

- Prüfkörper:  $k$  Kugeln

• **Abtaste** **Auftreffwinkel** **Quantisierung**

Messrauschen  
(Formtreue)

2. Kugelradienabweichung  $R_K$

- Daten aus 1.

• **Abtaste** **Auftreffwinkel** **Quantisierung**

Lokaler Maßstab  
(Formtreue)

3. Abstandsabweichung  $\Delta L$

- Prüfkörper: Feld mit  $k$  Zielmarken

Räumliche Anordnung  
„Achsfehler“

mit  $k$  Ziel **Messentfernung**

Räumliche 6-P-Transformation (fester Maßstab!)

- => Helmertsche Punktfehler =  $\Delta L$

Maßstab  
Rückführbarkeit  
(Form- & Maßtreue)

4. Auflösungsvermögen  $AV$

- Prüfkörper: BÖHLER-Stern

• **Strahldivergenz** **Quantisierung**

Histogramm festzustellen ist = **Abtaste**

Auflösungsvermögen  
(Detailtreue)

Grundsätzlich:

- kalibrierte Prüfkörper (3fach bessere Genauigkeit) , diffus streuend, „glatt“
- Anordnung der Prüfkörper gleichmäßig im Messvolumen
- Kenngößen für 3 Messentfernungen (nah, typisch, fern) bestimmen
- max. 5% der Messungen dürfen verworfen werden
- dokumentierte Betriebs- und Umgebungsbedingungen

## 2. Kugelabstandsabweichung

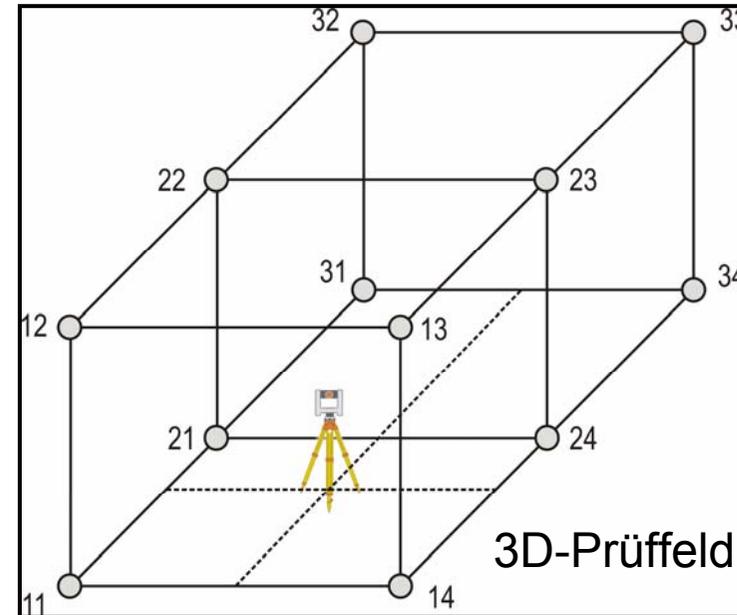
HDS 6000 [Kern 08]

		Sollstrecke $l_{kj}$ [mm]	Soll - Ist $\Delta L_j = l_{kj} - l_{mj}$ [mm]
1L	1R	0.9150	-1.4
3L	3R	0.9225	-0.3
5L	5R	0.9270	0.2
7L	7R	0.9356	-2.2
9L	9R	0.9336	-3.2
11L	11R	0.9276	-4.5
1L	11R	3.4619	-1.5
1R	11L	3.4631	-4.7
3L	9R	2.2094	-0.8
3R	9L	2.2103	-1.0
5L	7R	1.1458	-0.1
5R	7L	1.1496	-1.2

[VDI/VDE]  $\Delta L = \Delta L_{max} - \Delta L_{min} = 4.9$

[Heister06]  $\Delta L = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |\Delta L_j| = 1.8$

[Niemeier02]  $\Delta L = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \Delta L_j^2} = 2.3$



Transformation der Ist-Kugelzentren auf die Soll-Koordinaten

- fester Maßstab = 1.0
- stochastische Sollkoord.  $s_{XYZ} = 0,3 \text{ mm}$ ,
- Std.abw. a priori Istkoord  $s_{xyz} = 1,0 \text{ mm}$

Std.abw. der Ist-Koordinaten a posterior

$s_x = 1,2 \text{ mm}$   
 $s_y = 1,0 \text{ mm}$   
 $s_z = 1,2 \text{ mm}$

$$\Delta L = \sqrt{s_x^2 + s_y^2 + s_z^2} = 2,0 \text{ mm}$$

## Aus der Praxis



Wie lässt sich die Detailgüte, das Auflösungsvermögen, modellieren und durch Kennwerte charakterisieren/quantisieren?

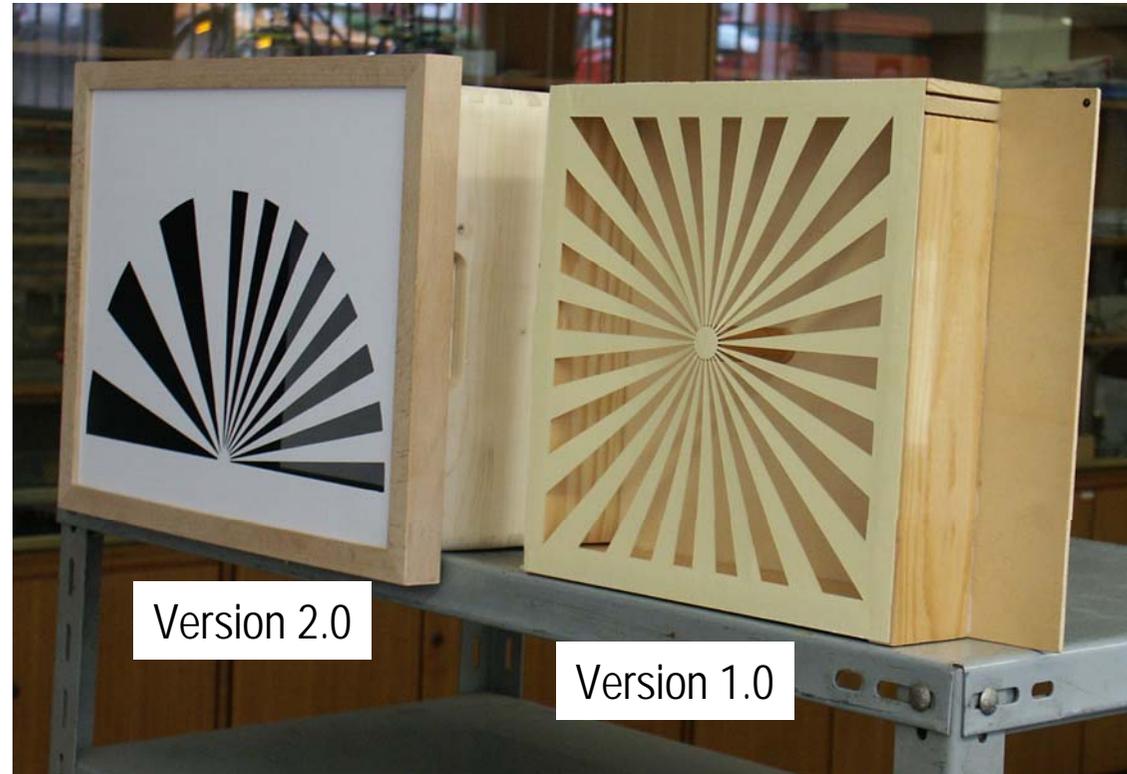
## 4. Auflösungsvermögen mittels BÖHLER-Stern

Schablone  
mit regelmäßig angeordneten  
Spalten und Stegen  
(Kreissektoren)

Konstruktionsparameter

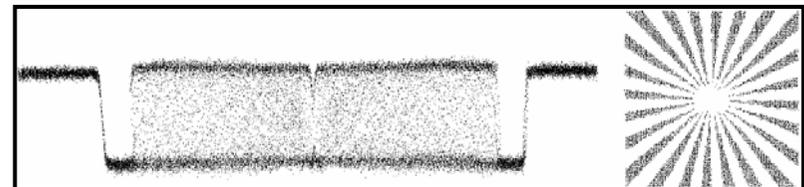
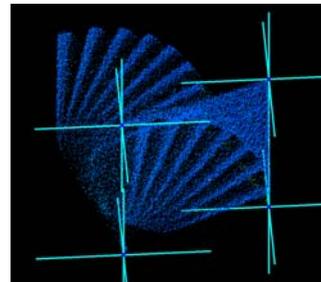
- Zentriwinkel  $\gamma$  eines Sektors
- Abstand  $b$  zw. Vorder- u. Rückfront
- minimaler Radius  $r_{min}$
- maximaler Radius  $r_{max}$

Positionierung auf Kippachshöhe  
und Front auf TLS  
ausgerichtet!

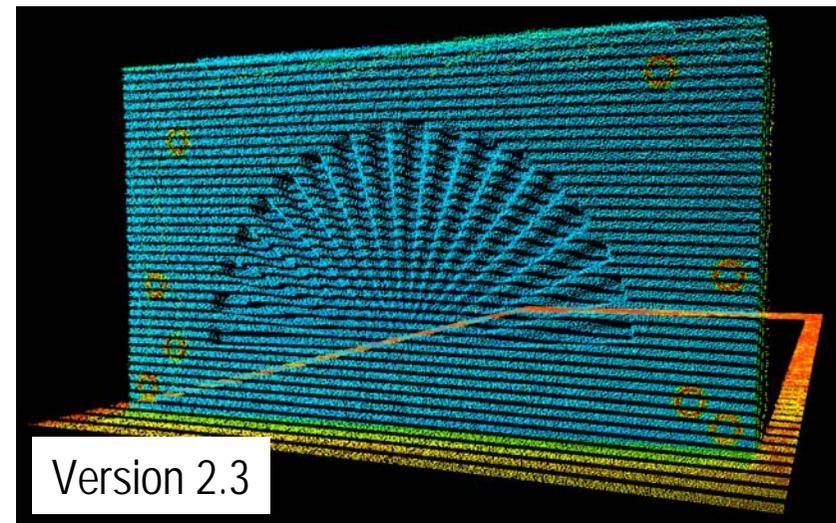
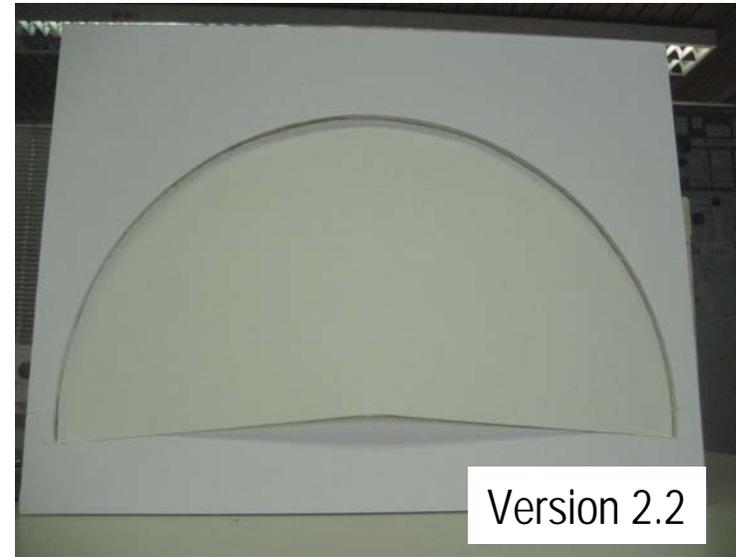
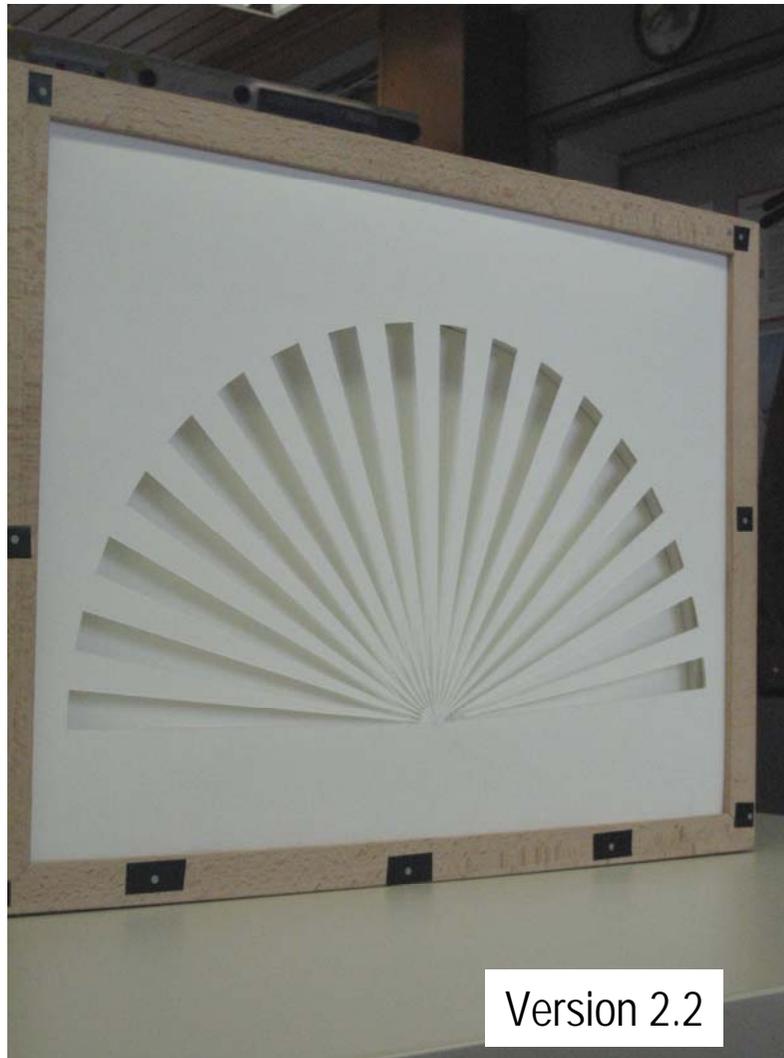


Version 2.0

Version 1.0



## 4. Auflösungsvermögen mittels BÖHLER-Stern

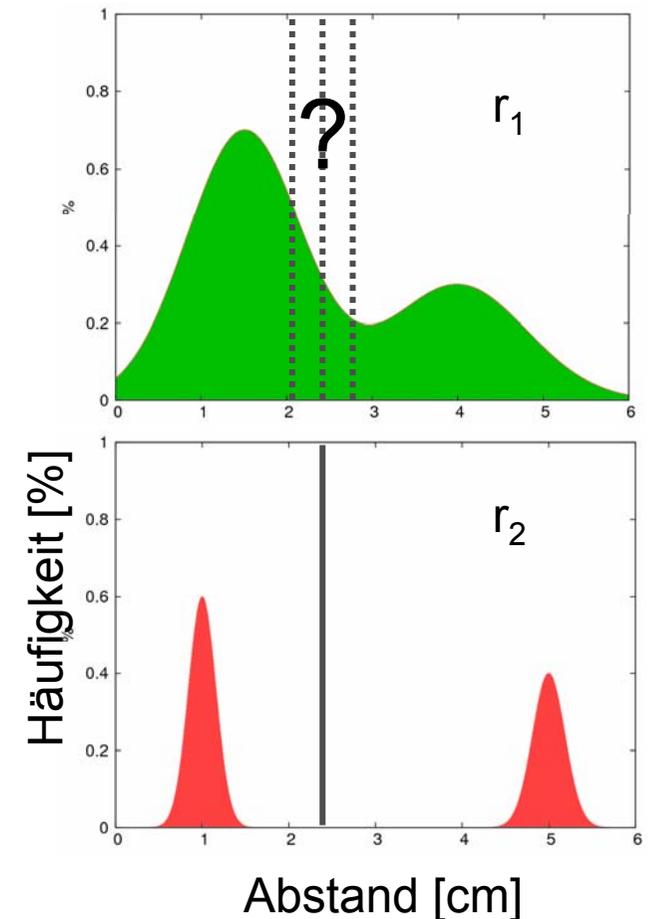


## 4. Auflösungsvermögen mittels BÖHLER-Stern

**Histogramm-  
analyse**

der Abstände  
zw. Vorder- und  
Rückfront innerhalb  
von Kreisscheiben  
der Breite  $\Delta r$

Treffer auf Vorder-  
und Rückfront sind  
gleichhäufig!



Max. Auflösungsvermögen AV liegt bei dem Radius  $r_i$  vor, bei dem die Bimodalität verloren geht.

## 4. Auflösungsvermögen mittels BÖHLER-Stern

Bestern v 1.0

Datei Ausführen

File Name  
Name

Project Name  
Name

SectionHoles  
Starting angle

RearPanel  
X

Radius  
Min   
Max   
Stepping

Center  
X   
Y   
Z

Histogram  
Min   
Max   
Number of classes of intervall

FrontPanel

3.167099	-5.073410	-0.781601
3.292496	-5.032089	-0.656570
3.077103	-5.171585	-0.657028
3.061386	-5.145218	-0.911880
3.261063	-4.984116	-0.909073

Rückwand aus dem selben Material wie Schablonen  
Seitenwände stark absorbierend

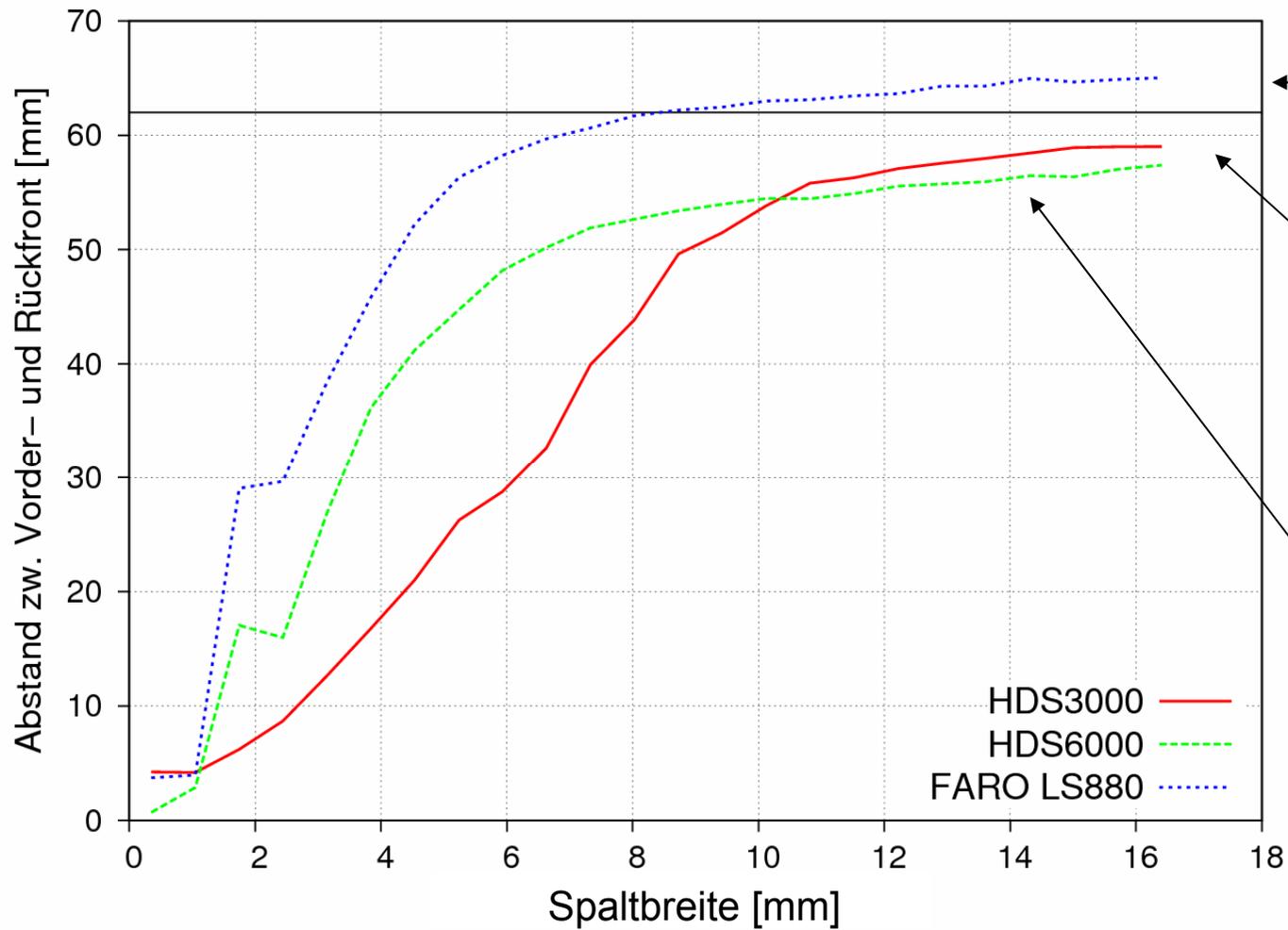
$b = 2 \cdot 100 \sin 2.5^\circ = 15.70$

Ziele: Ein-Knopf-Auswertung  
Applikation als Open-Source bereitstellen

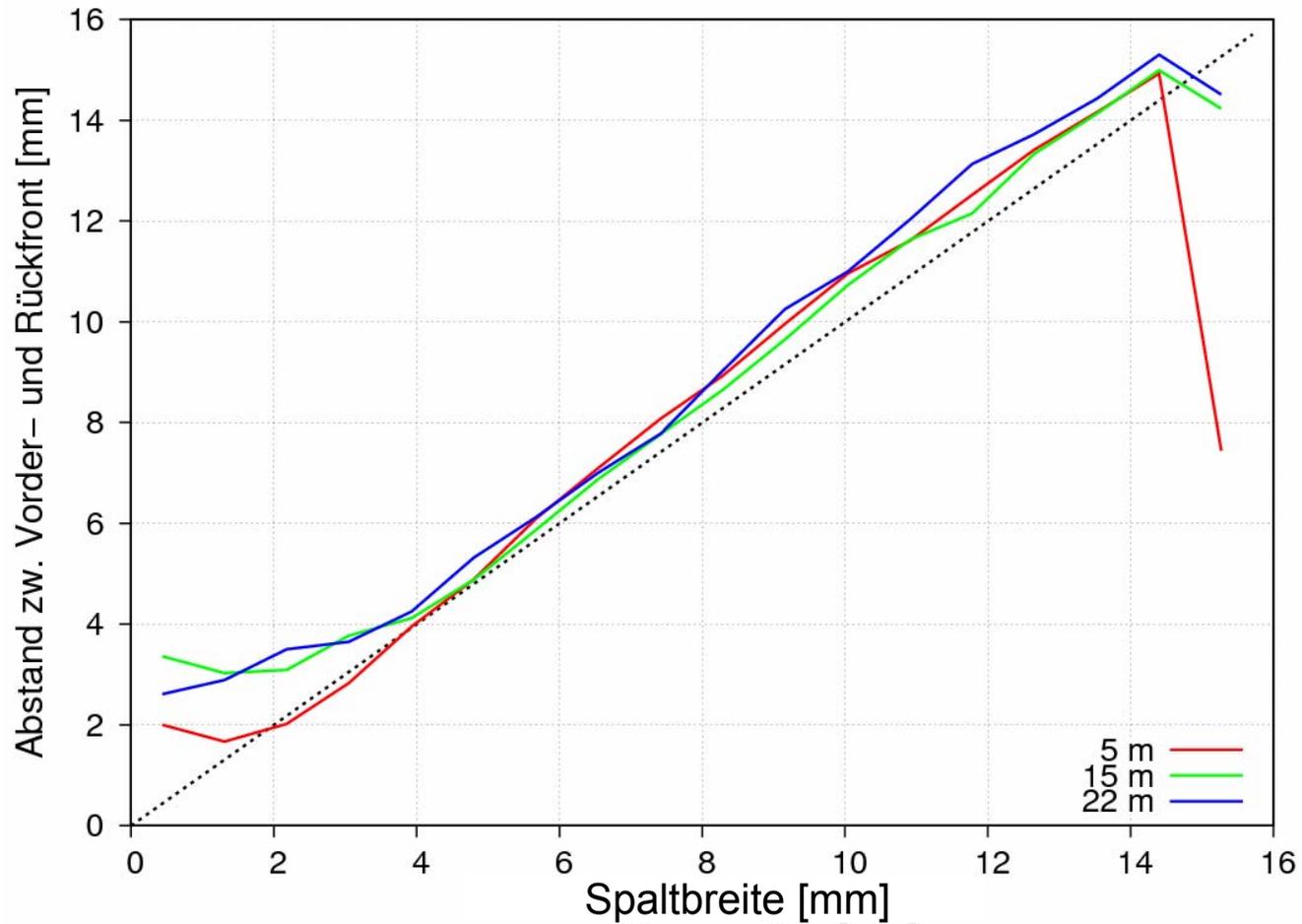
# Gliederung

1. Standardisierte Prüfverfahren TLS
  - 1.1 ISO 17123
  - 1.2 VDI/VDE-Richtlinie
2. Vorschlag für eine TLS-Prüfrichtlinie
  - 2.1 Kenngrößen
  - 2.2 **Beispiele für Prüfergebnisse**
3. Schluss

# Auflösungsvermögen Exemplarische Prüfung

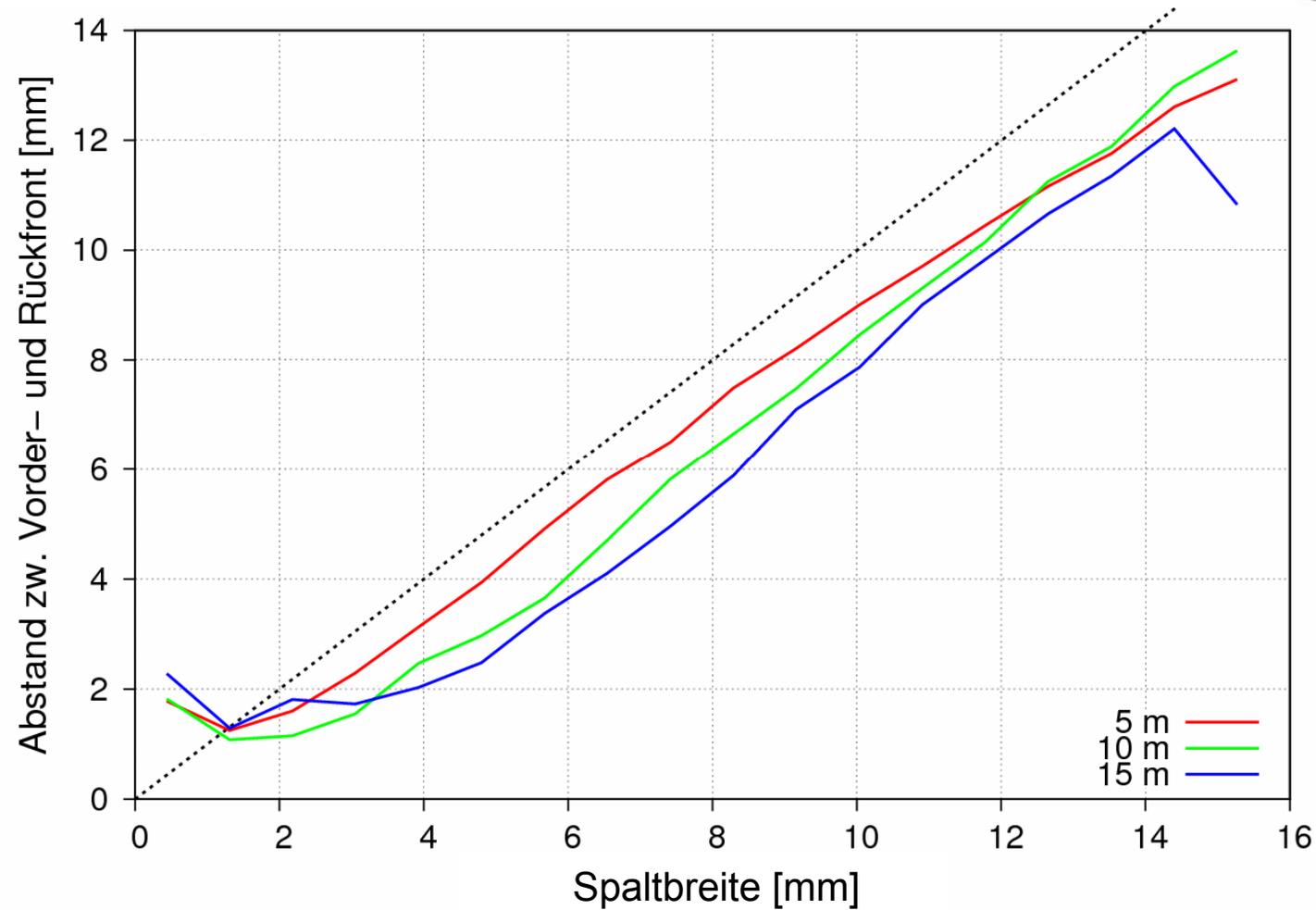


## Auflösungsvermögen Exemplarische Prüfung - HDS 3000



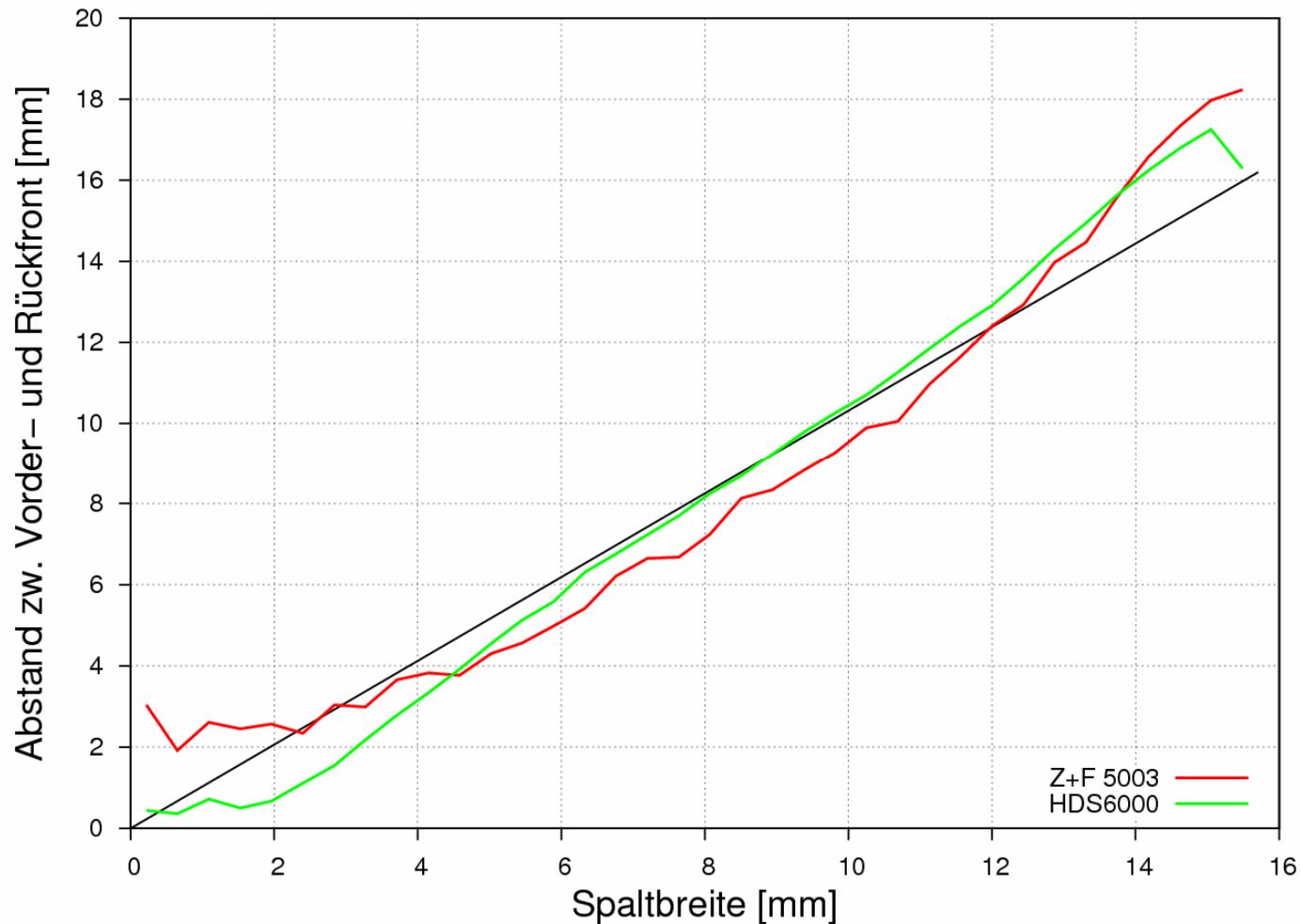
Böhler-Stern Version 2.2 @5m, 15m, 22m

## Auflösungsvermögen Exemplarische Prüfung – Faro Photon

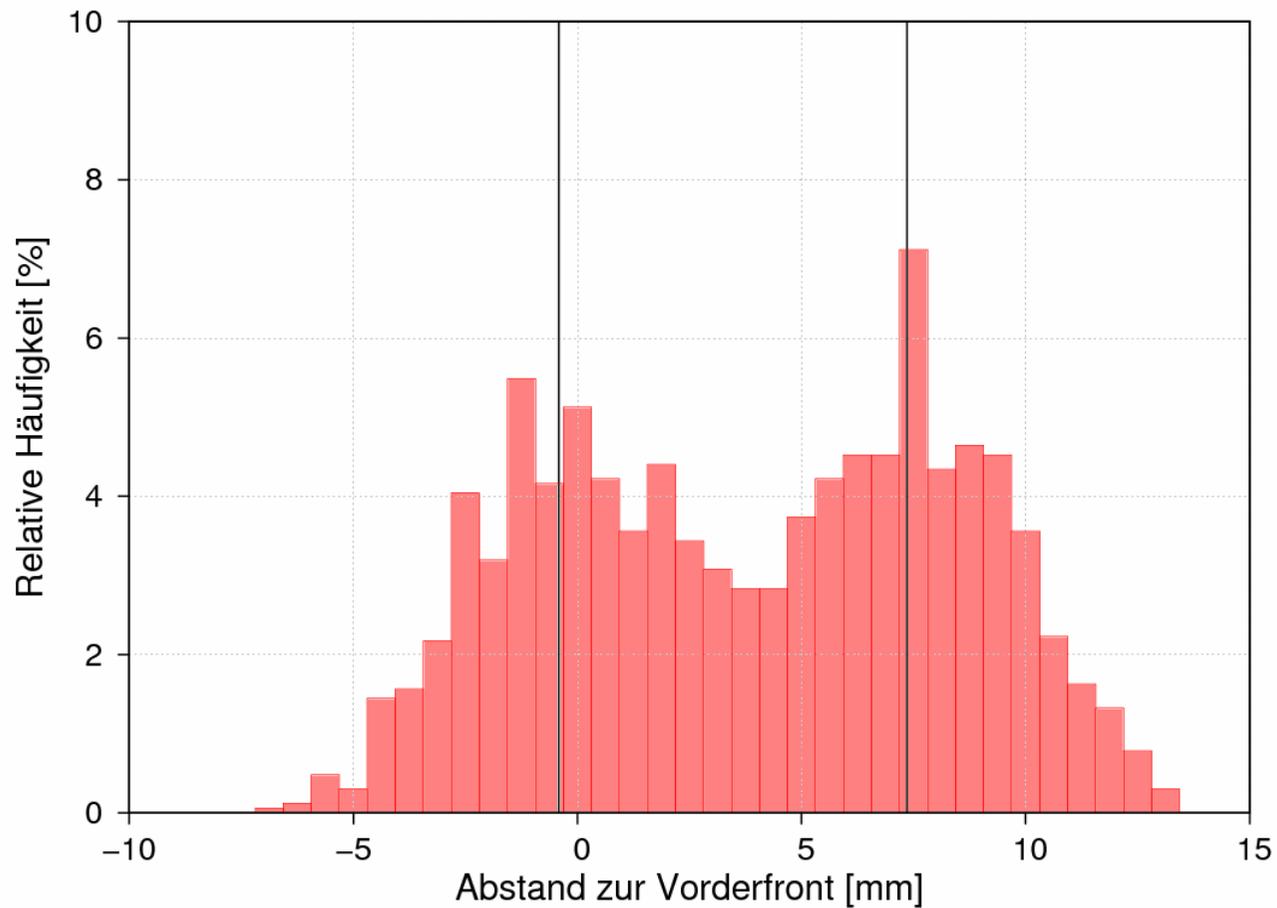


Böhler-Stern Version 2.3 @5m, 10m, 15m

## Auflösungsvermögen Exemplarische Prüfung – Z+F Imager 5003 vs. HDS 6000



## Auflösungsvermögen Exemplarische Prüfung - HDS 3000



Böhler-Stern Version 2.2 @5m - Spaltbreite 7-8mm

## TLS-Prüfrichtlinie (Vorschlag)

Exemplarische Prüfergebnisse für  
HDS6000 (30m),  
HDS3000 (60m) und  
Faro LS880 (10m).

(nur Einzelansicht)

Herstellerangaben:

	HDS 6000	HDS 3000	FARO LS880
Streckenmessverfahren	Phasen~	Impuls~	Phasen~
Prüferntfernung $d$	30 m	60 m	10m
Herstellerangaben			
Genauigkeit – Position ( $1\sigma$ )	6 mm	6 mm	
Modeled Surface precision/noise ( $1\sigma$ )	2 mm	2 mm	
Systematischer Distanzmessfehler			$\pm 3$ mm @ 10 m
Reproduzierbarkeit (RMS, ungefiltert)			4,2 mm @ 10 m (90% Reflektivität)

Kenngröße nach	Formel	HDS 6000 [mm]	HDS 3000 [mm]	FARO LS880 [mm]
<b>Antastabweichung <math>R</math></b>		10.1	9.7	14.2
[VDI/VDE]	$r_{max} - r_{min}$			
[Kern08]	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i^2}$	1.5	1.6	1.7
<b>Antast-Messunsicherheit <math>u_R</math></b>		0.4	0.6	0.2
[Heister06]	$\sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_{Radius,i}^2}$			
<b>Kugelabstandsabweichung <math>\Delta L</math></b>		3.5	1.9	8.9
[VDI/VDE]	$\Delta L_{max} - \Delta L_{min}$			
[Heister06]	$\frac{1}{p} \sum_{j=1}^p  \Delta L_j $	1.8	0.6	2.0
6P-Trans. [Kern08]	$\sqrt{s_x^2 + s_y^2 + s_z^2}$	1.9	0.8	4.8
<b>Abstands-Messunsicherheit <math>u_L</math></b>		2.2	0.8	2.0
[Heister06]	$\sqrt{\frac{1}{p} \sum_{j=1}^p \Delta L_j^2}$			
<b>Kugelradiusabweichung <math>R_K</math></b>		+2.40	+0.49	+1.93
[Kern08]	$\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k v_i$			
<b>Auflösungsvermögen <math>AV</math></b>		4	6	4
[KernHuxhagen08]	$ f(r_i) - b(r_i) ^{r_i \rightarrow min} < T$			
	@6m	12	4,5	13
	@21m			

# Schluss

Die Frage sollte nicht immer lauten:

Wie genau kann ich mit dem TLS messen?

sondern verstärkt lieber:

Welche Aufgabe kann ich mit einem TLS lösen?

## Eine TLS-Prüfrichtlinie

- muss sich auf Kenngrößen stützen, die der Anwender auf seine praktischen Erfahrungen beziehen kann,
- muss einfache, schnelle und kostengünstige Prüfverfahren definieren
- sollte dem Hersteller Raum bieten auch die Vorzüge seines Produkt darstellen zu können,
- sollte sich an vorhandene Prüfrichtlinien orientieren,
- und sollte nicht den Anspruch erheben, eine Eierlegende Wollmilchsau zu sein.

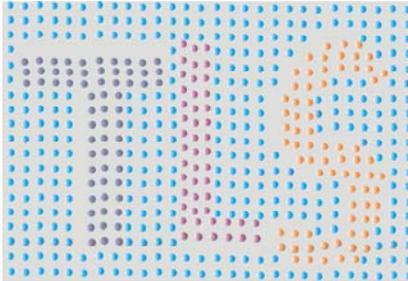
# Literatur

- **Gottwald, Reinhard (2008):** Field Procedures for Testing Terrestrial Laser Scanners (TLS), a Contribution to a Future ISO Standard. FIG Working Week
- **Huep, Wolfgang (2009):** Zur Qualitätssicherung tachymetrischer Messungen. AVN Heft 2/2009, S. 12-19
- **Huxhagen, U. (2008):** Untersuchung terrestrischer Laserscanner am Beispiel des FARO LS880. Fachhochschule Mainz, Masterarbeit – unveröffentlicht
- **Wehmann, Wolfried (2008):** Untersuchung zu geeigneten Feldverfahren zur Überprüfung terrestrischer Laserscanner, Offenes Forum Laserscanning, Bochum

# Offenes Forum „Prüfen und Kalibrieren von Terrestrischen Laserscannern“

Leitung: Prof. Staiger (Hochschule Bochum)

[www.laserscanning.org](http://www.laserscanning.org)



## TLS-Wiki

<http://apps.geoinform.fh-mainz.de/wiki/TLS>

### Ziele

- Entwurf von Prüfrichtlinien (Textdokument)
- Diskussion von Pro und Cons verschiedener Prüfansätze

### Vorteile

- asynchrone Bearbeitung von Texten
  - Dokumentation: Wer hat Wann Was geschrieben.
  - integrierte Versionsverwaltung (Rollback)
  - Formelsatz a la Latex
  - kompatibel mit OpenOffice
  - Verweise, Links
  - Grafiken, Bilder
- trotz Internet Zugriffsberechtigung erforderlich

### Nachteile

- Hemmschwelle
- Syntax muss erlernt werden
- Gestaltungsfreiheit