

Digitale Objekterfassung

Digital object acquisition/ digital object recording

Modul 3 / WS 1

Prof. Dr. Mona Hess und Dr.-Ing. Maria Chizhova

Kontakt: Mona.Hess@uni-bamberg.de

Twitter: @Mona3Dimaging



Institut für Archäologische
Wissenschaften,
Denkmalwissenschaften
und Kunstgeschichte



Inhalte dieser Vorlesung

- Statistik und Qualitätskontrolle
 - Statistische Auswertung der Messergebnisse.
 - Messtechnische Kenngrößen
- Projektplanung und –optimierung
 - Planungskriterien
 - Genauigkeitsfragen

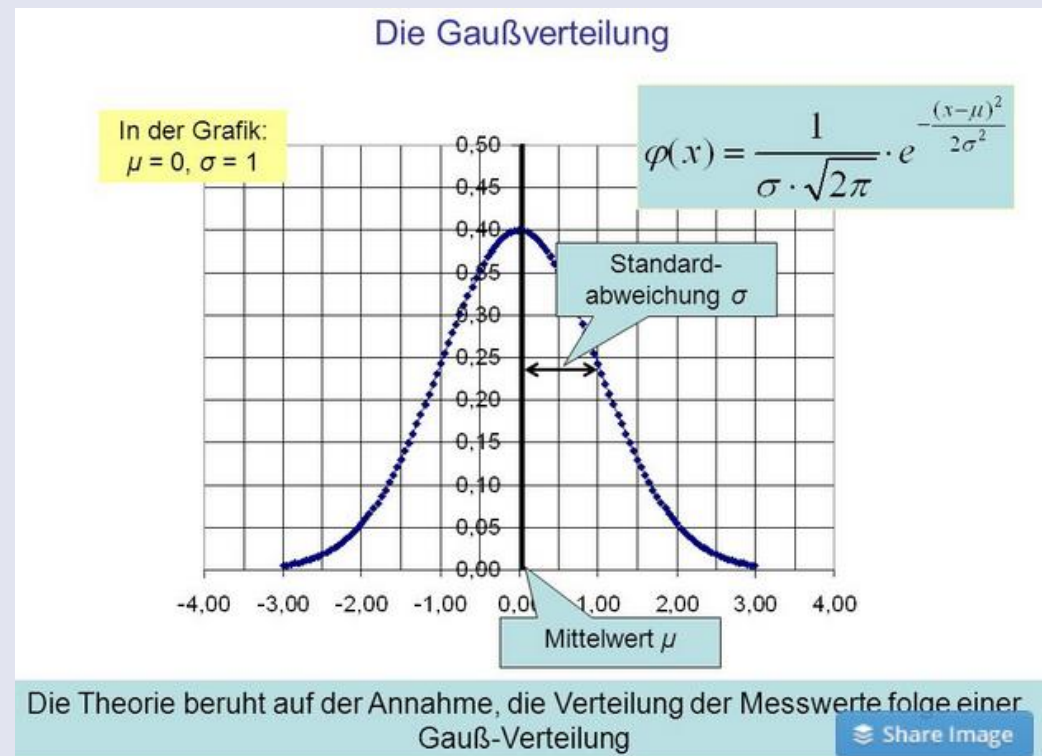
Statistik und Qualitätskontrolle

Statistische Kenngrößen

- **Wahrscheinlichkeit (P)** - Verhältnis der Zahl der günstigen Ergebnisse zur Gesamtanzahl der Ergebnisse
- **Häufigkeit** - Anzahl von Ereignissen
- **Erwartungswert (μ)** - beschreibt die Zahl, die die Zufallsvariable im Mittel annimmt, identifiziert zufällige oder systematische Fehler
- **Standardabweichung (σ)** – Fehlerverteilung/Streuung, Streuungsbetrag der Werte um einen Mittelwert

Normalverteilung

- Normalverteilung (ϕ) - Typ stetiger Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- Normalverteilung Kurve $\sigma = 1.0$ (Sigma) und $\mu = 0$ (mean).
- Die Fehlerhäufigkeit der Abweichung und der ungefähre Prozentsatz der Fläche werden durch eine Gaußsche Kurve ausgedrückt.



Beispiel Vergleich Photogrammetrie

Figure 21: Camera network approach 1 - cultural heritage approach. Two tiers on a turntable.

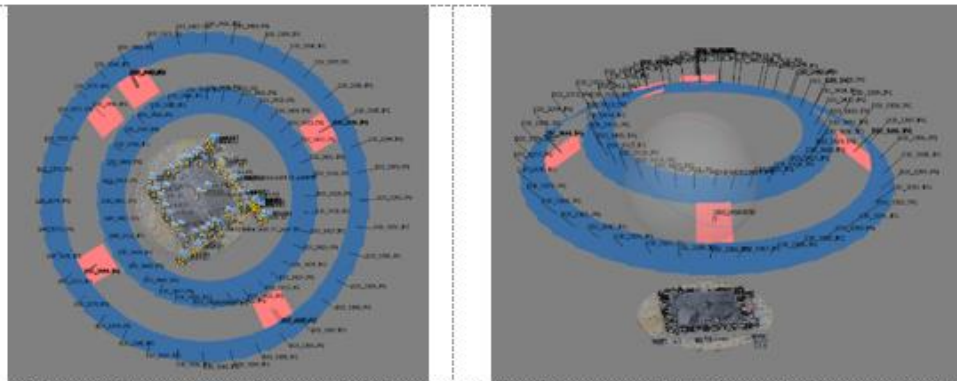


Figure 22 Camera network approach 2: Two circular tiers with camera roll (red images) to improve the self-calibrating bundle adjustment procedure

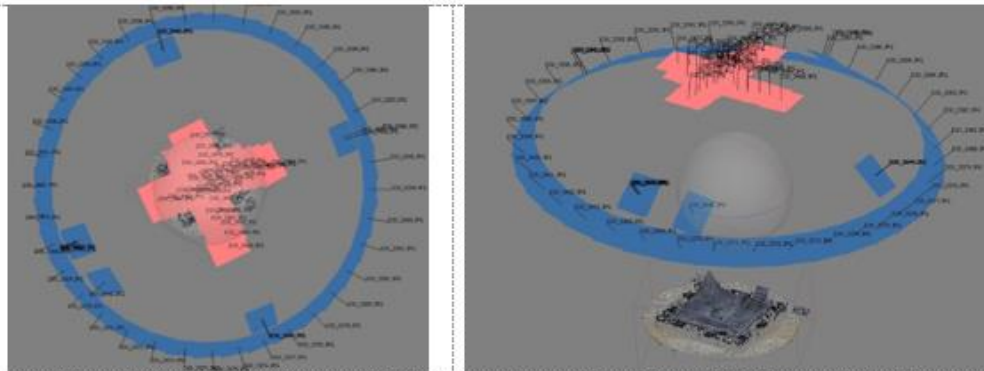
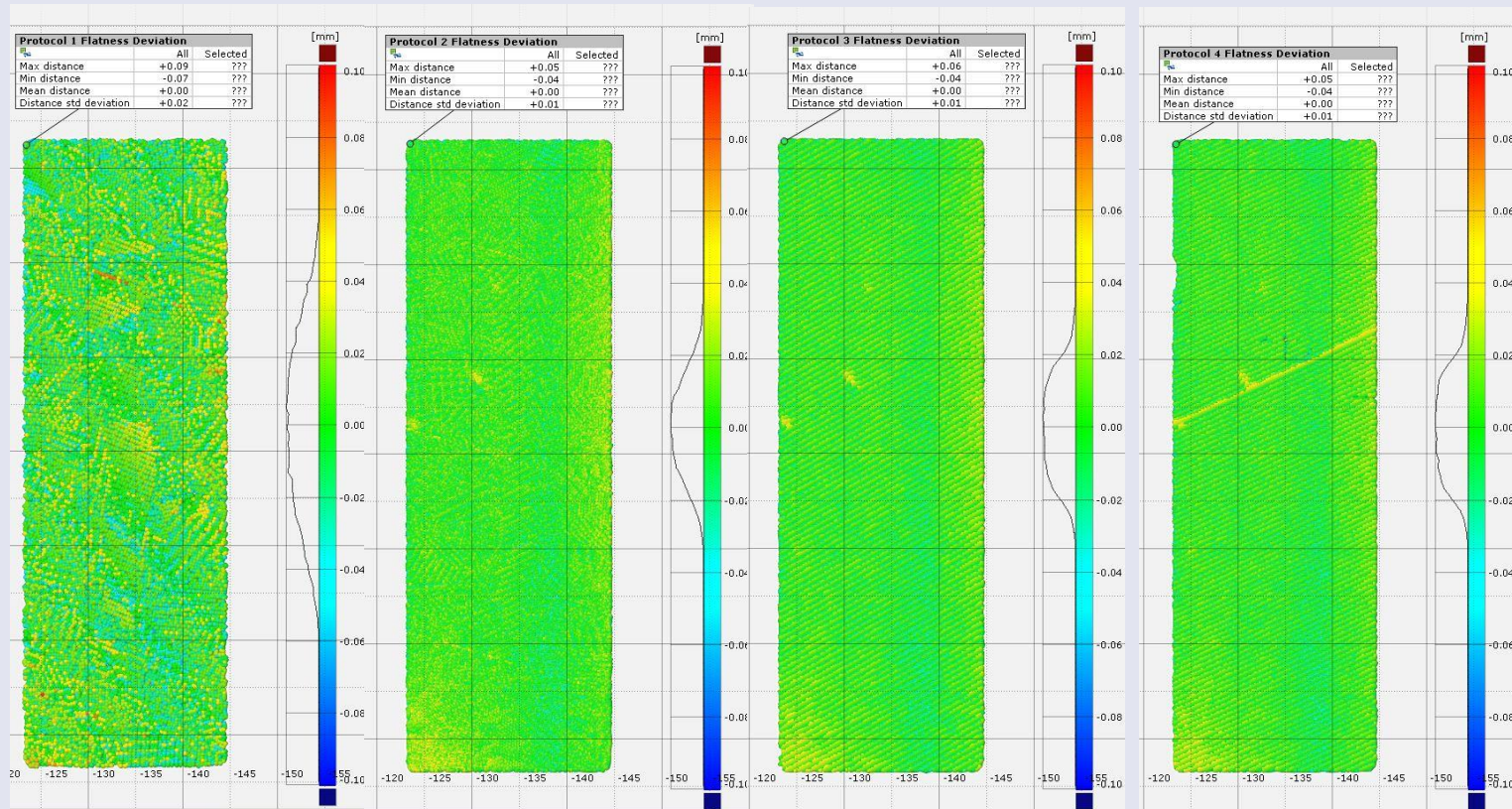


Figure 23 Camera network approach 3: A grid over the top of the object paired with one circular tier.

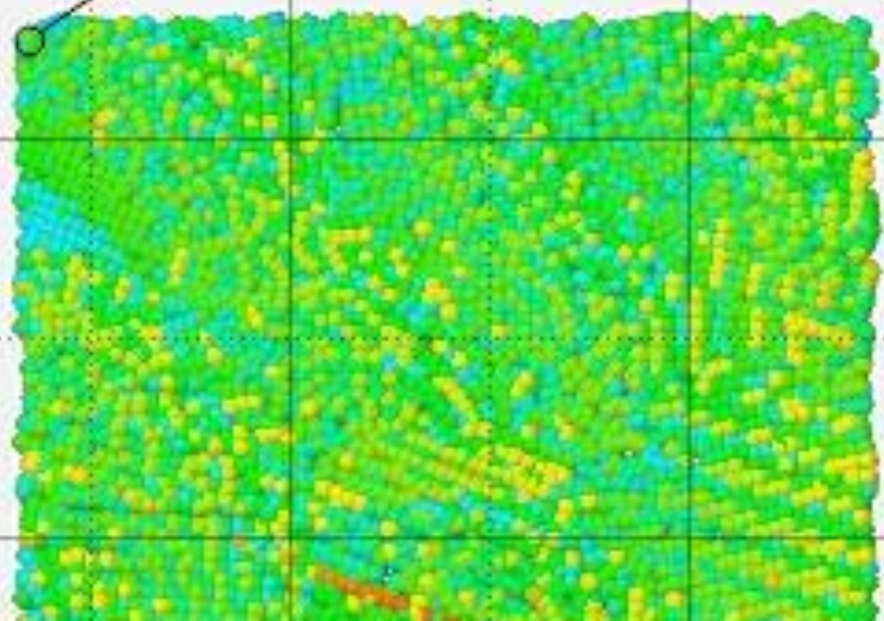
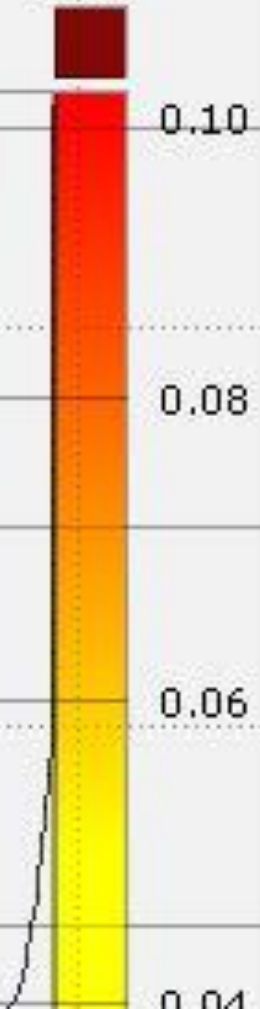
Unterschiede von photogrammetrisches Auswertung



Protocol 1 Flatness Deviation

	All	Selected
Max distance	+0.09	???
Min distance	-0.07	???
Mean distance	+0.00	???
Distance std deviation	+0.02	???

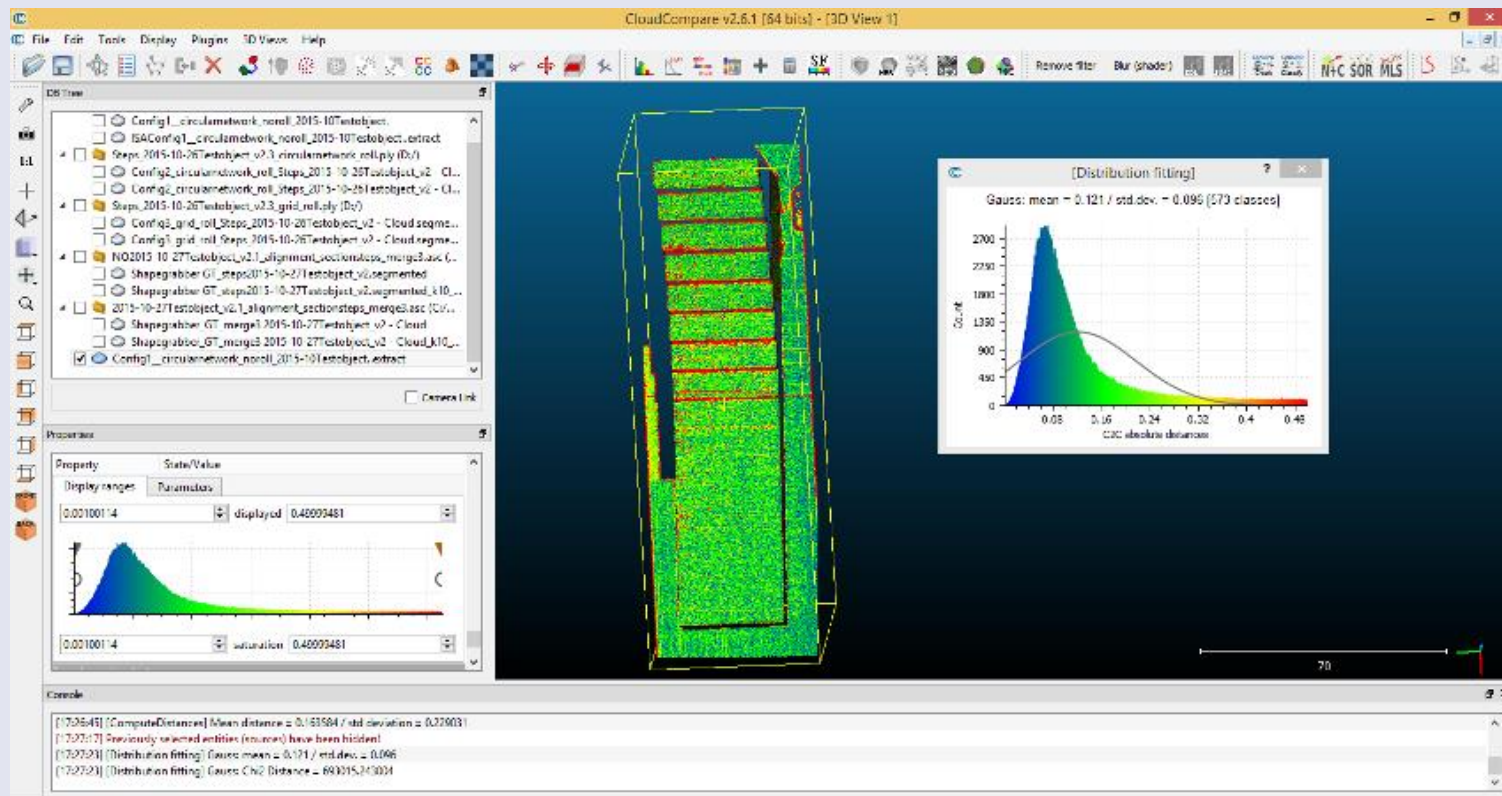
[mm]



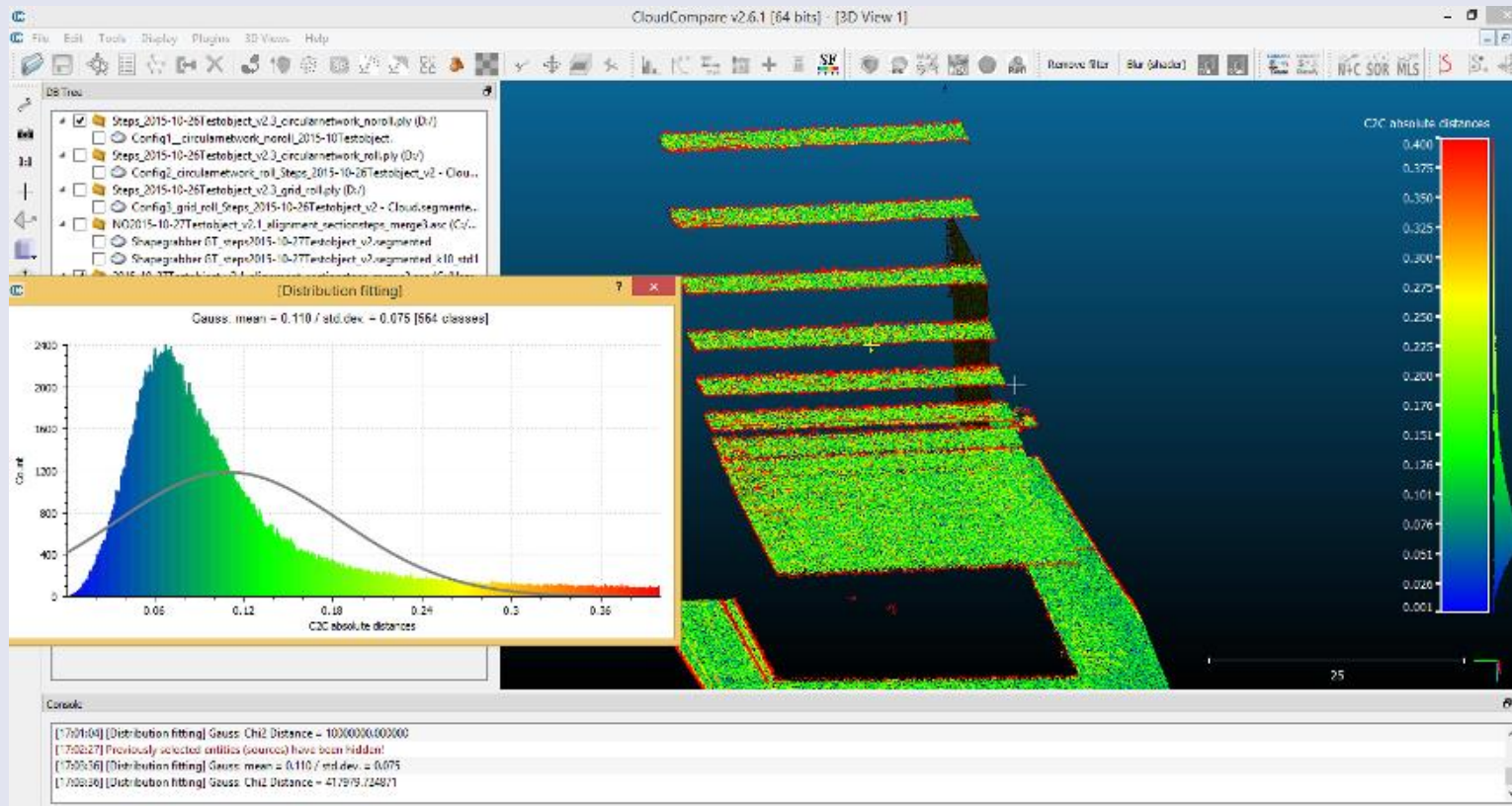
Beispiel Vergleich Photogrammetrie

Camera Network	Gauss. Mean [mm]	Standard deviation [mm]
Camera network 1 (CH user)	0.121	0.096
Camera network 2 (2 tiers + camera roll)	0.122	0.095
Camera network 3 (1 tier + camera roll + nadir grid)	0.110	0.075

Beispiel Cloud Compare



Beispiel Cloud Compare

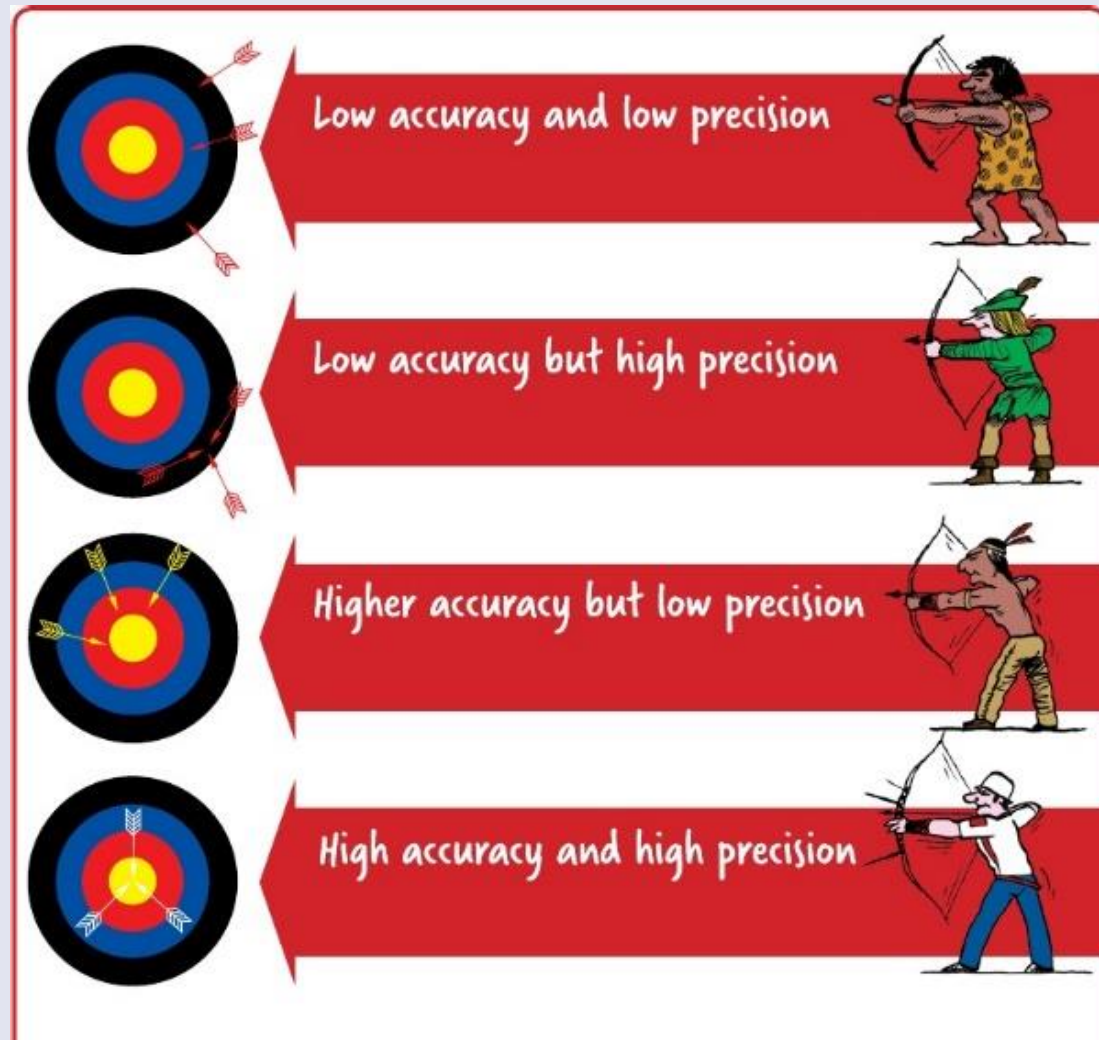


Genauigkeit und Präzision

- **Präzision** – statistische Streuung eines Messwertes resultierend aus Wiederholungsmessungen oder Ausgleichung
- **Genauigkeit** – Grad der Übereinstimmung eines Messergebnisses mit einem Normal oder akzeptierter Referenz.
- **Innere Genauigkeit (=Präzision)** – zeigt anhand statistischer Kenngrößen, wie gut die Messwerte mit einem funktionalen Modell übereinstimmen.
 - Standardabweichungen
 - Mittlere Verbesserungen
- **Äußere Genauigkeit** – zeigt, wie die Messwerte mit dem Referenzmaß übereinstimmen (Referenzmaß wird im Berechnungsprozess nicht beteiligt).
 - Überprüfung unabhängiger Referenzlängen
 - Vergleich mit unabhängigen Referenzpunkten
- **Relative Genauigkeit** - zeigt, wie die Messwerte mit den Bezugsgrößen übereinstimmen

Zur Erinnerung:

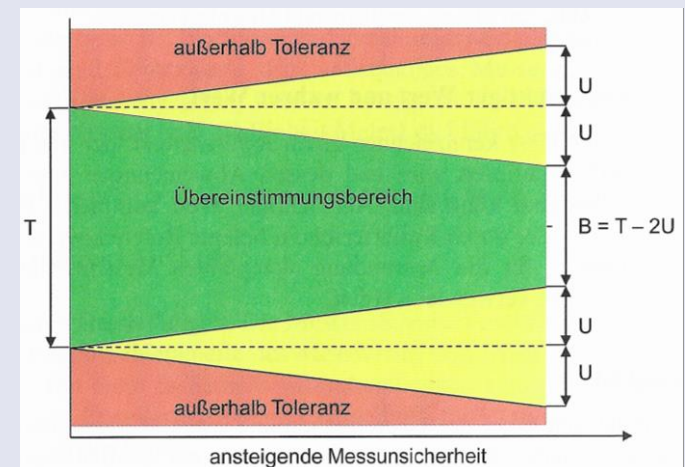
- Präzision/
Wiederholgenauigkeit (precision)
- Genauigkeit (accuracy)
- Auflösung (resolution)

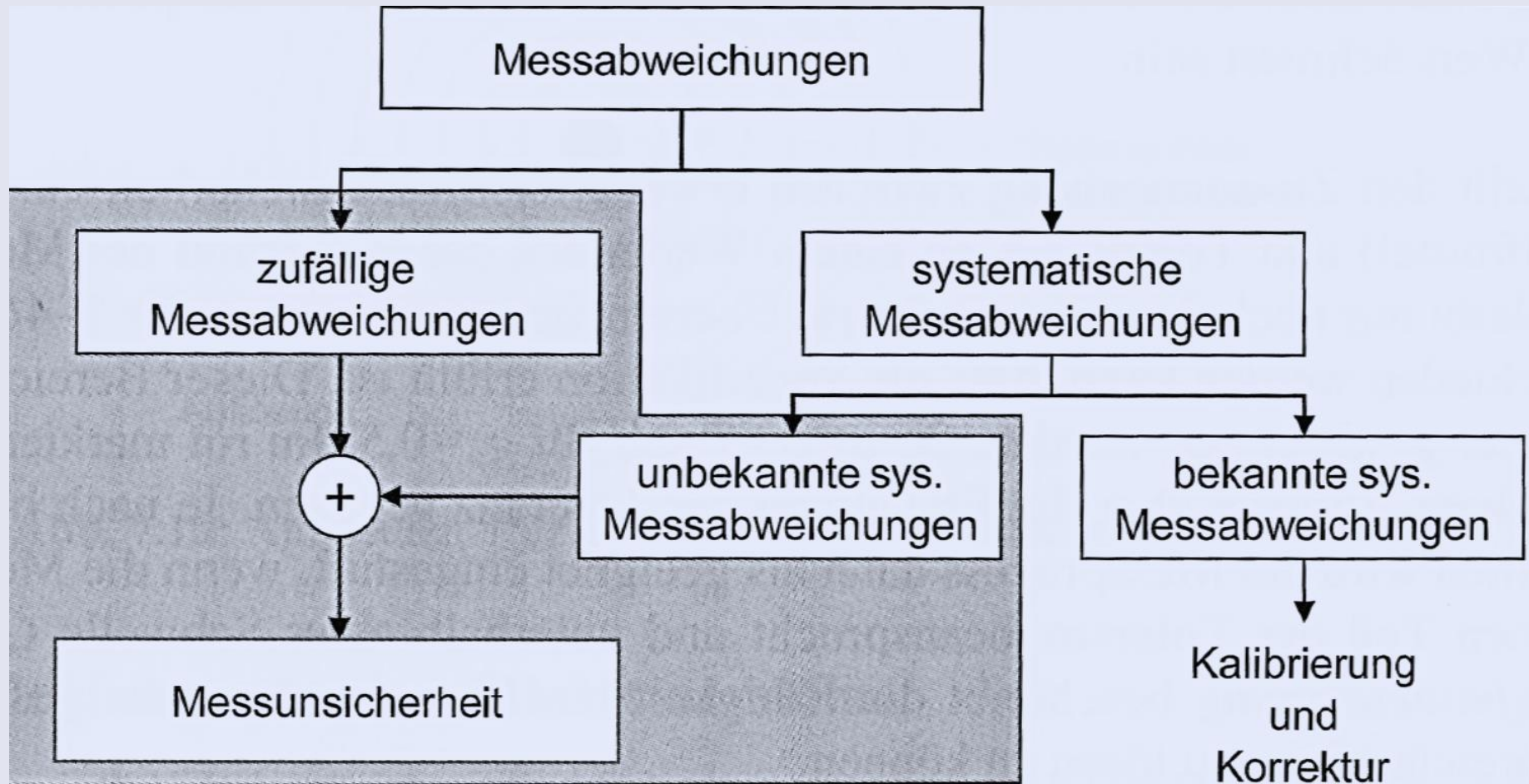


Messunsicherheit, Messabweichung, Referenzwert

Laut DIN1319-1:

- **Messunsicherheit** – Näherungswert für den wahren Wert;
- **Messabweichung** – Abweichung eines Messwertes von einem Referenzwert. Zulässige konstruktionsbedingte Abweichung wird als **Toleranz** genannt.
- **Referenzwert** – richtiger Wert, wahrer Wert; kommt aus Erfahrungen oder Vorgaben.
- **Messunsicherheit/Toleranz**
 - U – Messunsicherheit
 - T – Toleranz
 - B - Übereinstimmungsbereich





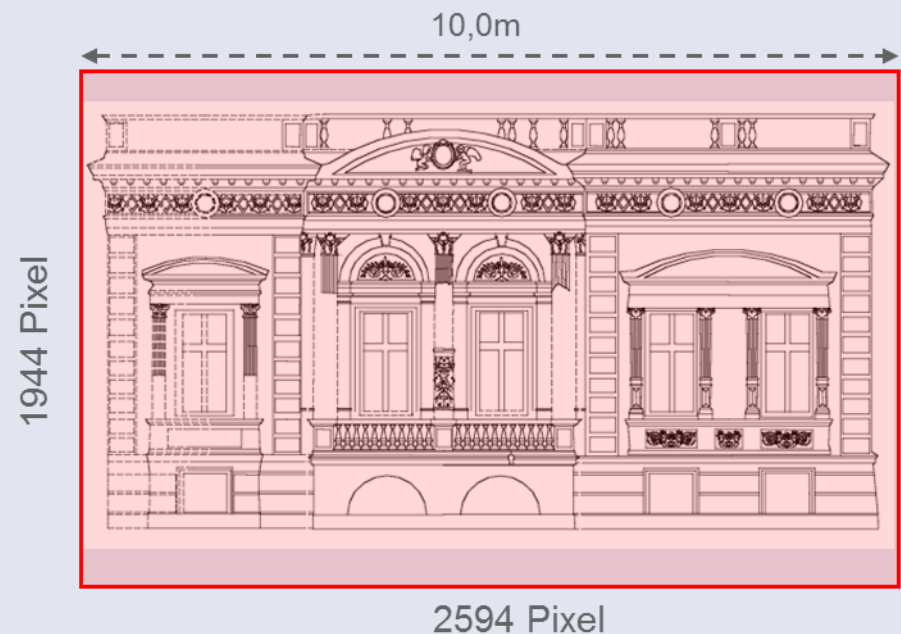
RMS - root mean square error

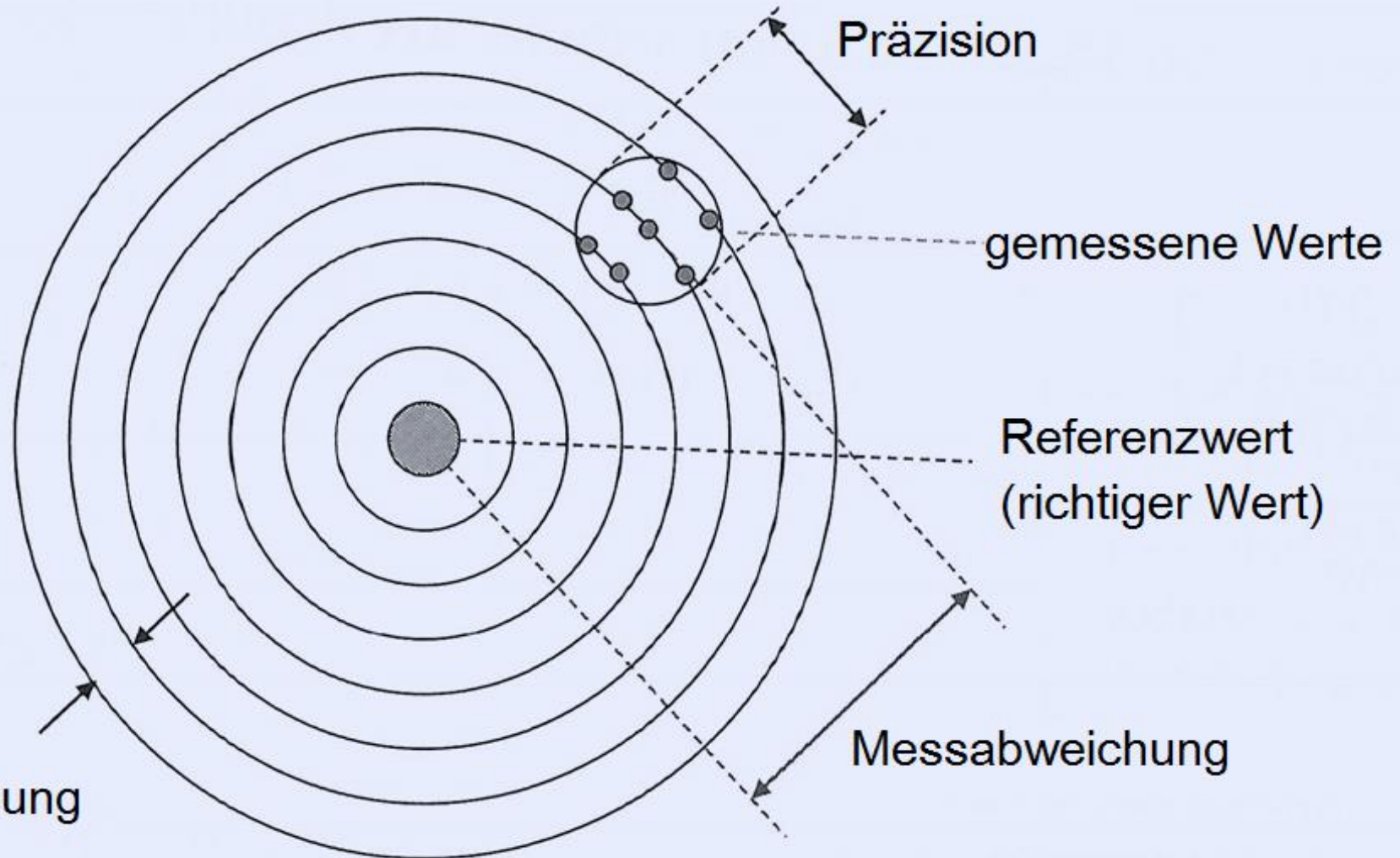
- **RMS** – Wert, der als die Wurzel aus der gemittelten Quadratsumme einer beliebigen Stichprobe berechnet wird; drückt die Datenqualität aus.
- $\text{RMS}^2 = \sigma^2 + \mu^2$
- Sigma σ ist Streuung.
- μ - Erwartungswert, zeigt den zufälligen Fehler
 - Wenn μ überwiegend auf einer Seite ist, haben wir einen systematischen Fehler (Anzeige in der Farbkarte).
 - Wenn $\mu = 0$ ist, dann liegt kein systematischer Fehler vor.

GSD und Auflösung

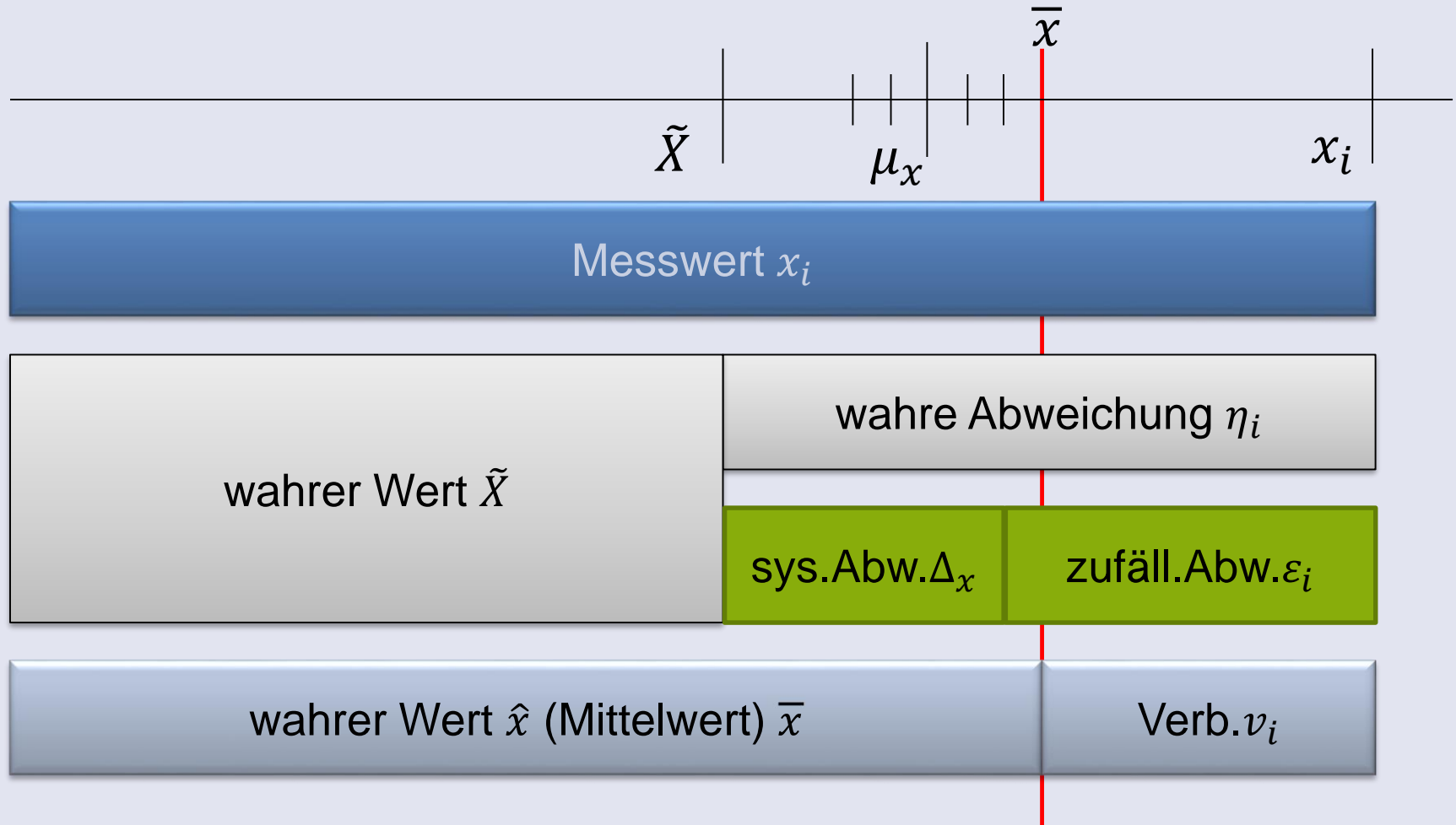
- **Auflösung** – der kleinste anzeigbare/speicherbare Messschritt eines Messsystems
- **GSD** (Ground Sample Distance) - Auflösung am Objekt
- Beispiel

10m Objektraum werden abgebildet
auf 2594 Pixel im Bildraum
 $\approx 3,8\text{mm} / \text{Pixel}$





Qualitätsmaße

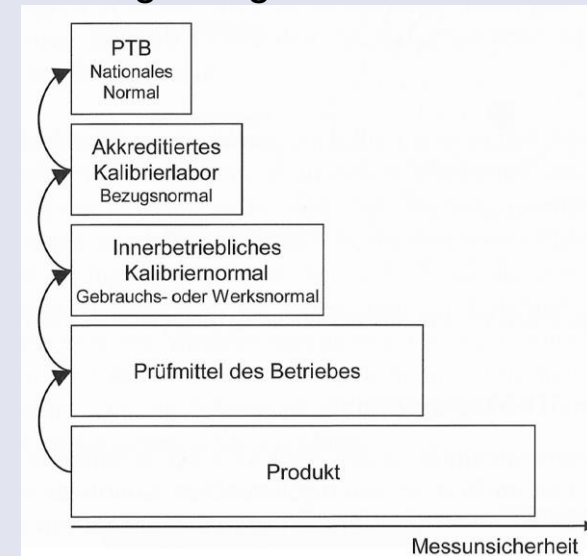


Qualitätskontrolle von Daten

- Qualitätskontrolle in der Optischen Oberflächenvermessung
 - Statistik:
 - Standardisierte Normalverteilung/ Gauss-Kurve, Fehlerverteilung, Erwartungswert (mean), Standardabweichung (Sigma)
 - Bedeutung des Fehlerwertes RMS (root mean square error)
 - Theorie und Übung: Qualitätskontrolle von Punktwolken durch
 - Darstellung mit Farbabweichung, Legende und Histogramm (Fehlerverteilung)
 - Soll-Ist Vergleich , beispielsweise mit eingepasster Ebene
 - Soll-Ist Vergleich von Punktwolken
 - Interpretation der Analyse

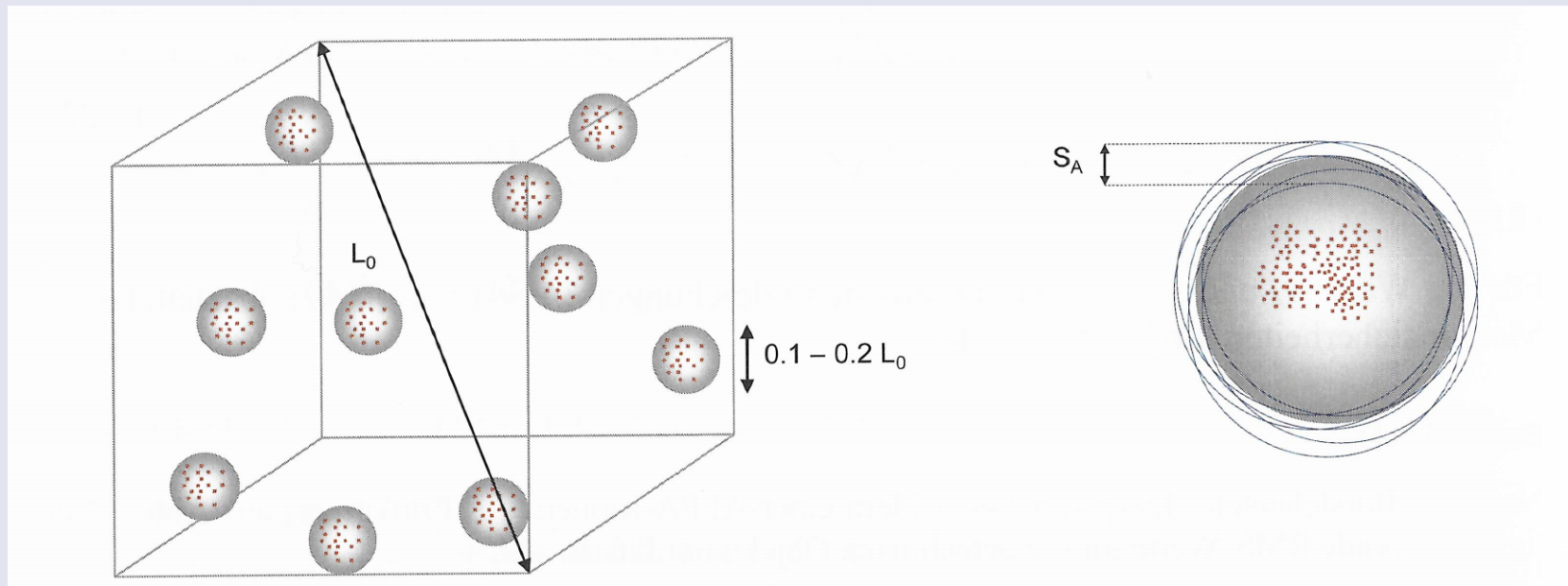
Prüfung optischer Messsysteme

- Prüfungskomponente:
 - *Annahmeprüfung* – Überprüfung eines Messsystems nach der Installation beim Anwender (Bedingungen – im Liefervertrag)
 - *Bestätigungsprüfung* – regelmäßige Überprüfung einer Messsystems nach der Inbetriebnahme
 - *Rückführbarkeit* – Bezug zwischen gemessenen Größen mit ihren Messunsicherheiten und einem Normal (SI-Einheiten)
 - *Kenngroße* – gemessener/berechneter Wert, mit dem die Leistungsfähigkeit eines Messsystems oder seine Komponente schätzt.
- Prüfungskenngrößen flächenhaft antastender Systeme
 - Antastabweichung
 - Ebenheitsabweichung
 - Kugelabstandsabweichung
- Prüfungskenngrößen punktförmig antastender Systeme
 - Längenmessabweichung



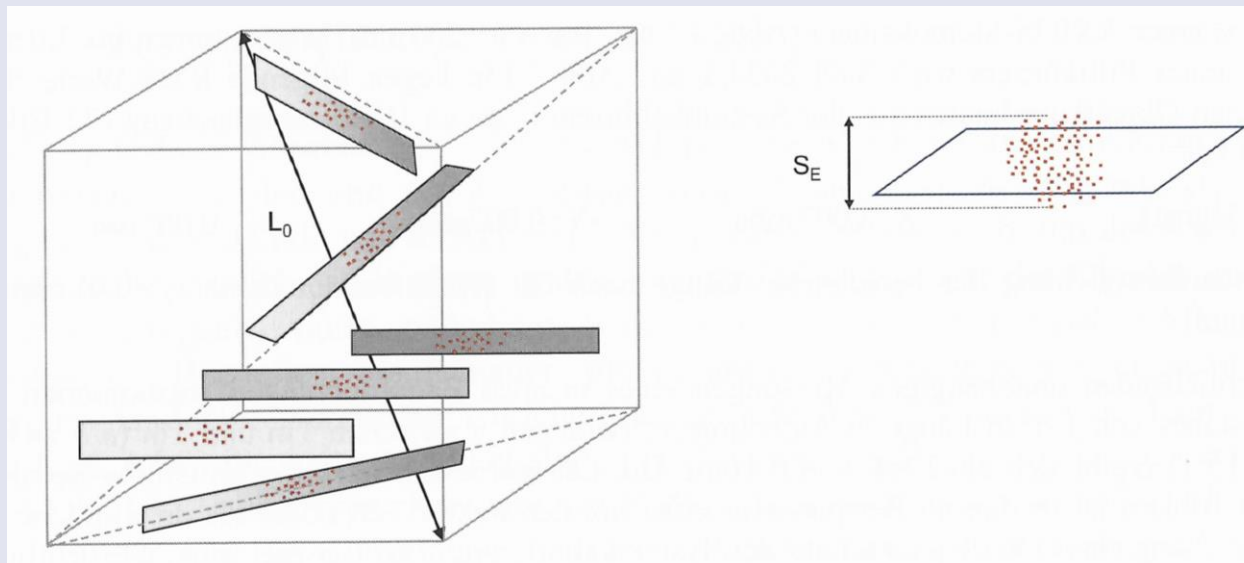
Antastabweichung

- *Antastabweichung* – Kenngröße für das Antasten einzelner Messpunkte
- Berechnung: durch Mehrfachantastung eines geometrischen Referenzkörpers



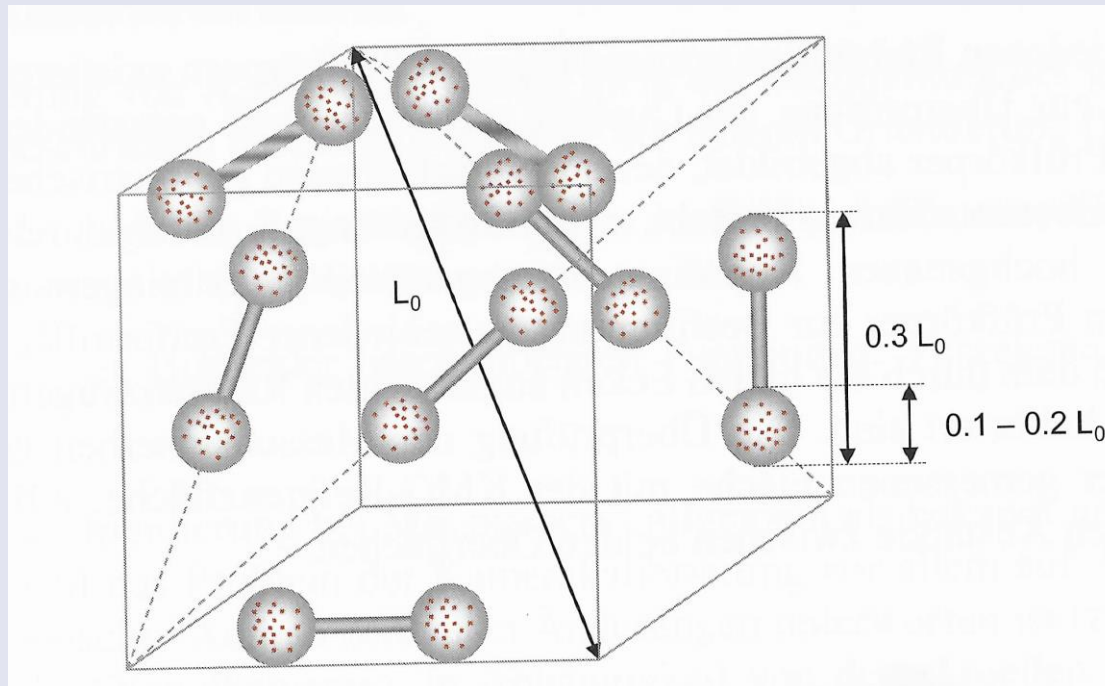
Ebenheitsmessabweichung

- *Ebenheitsmessabweichung* definiert die Leistungsfähigkeit des Messsystems, eine ebene Fläche zu erfassen
- Berechnet als Abweichung zwischen Objektoberfläche und Ausgleichsebene durch Anbringen eines Ebenen-Normals in verschiedene Positionen des Messvolumes



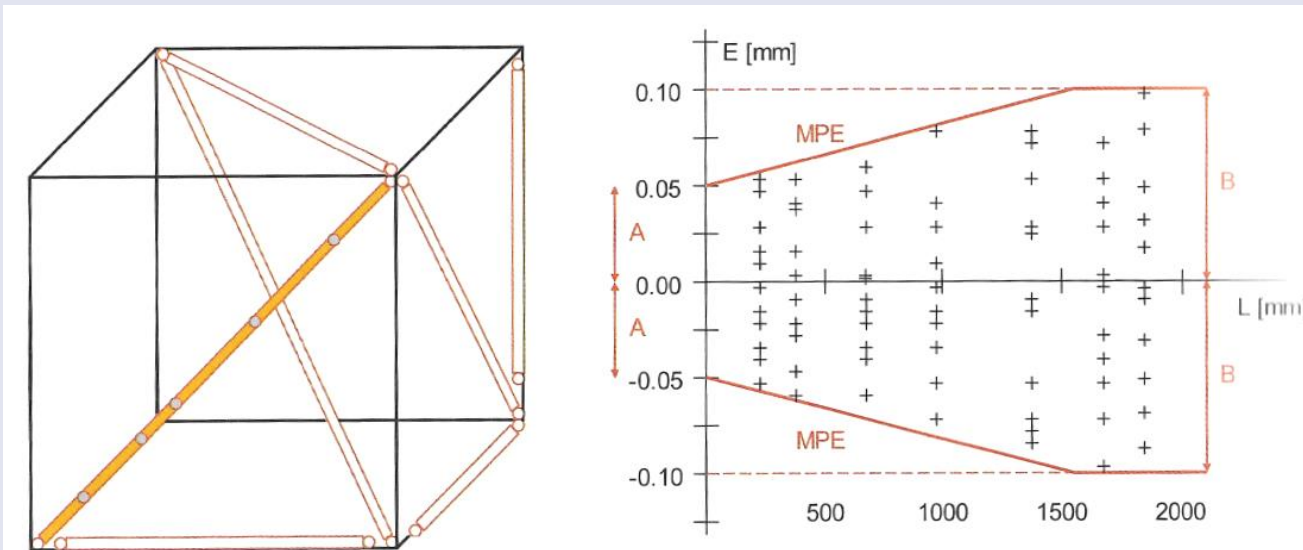
Kugelabstandsabweichung

Kugelabstandsabweichung – Abweichung zwischen kalibriertem und gemessenem Abstand zweier Kugeln, deren Oberflächen angetastet und deren Mittelpunkte durch Kugelausgleich mit vorgegebenen Radius ermittelt werden.



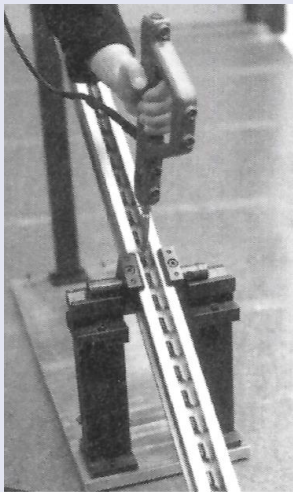
Referenzlängen

- Zu prüfende Kenngröße: Längenmessabweichung
- Referenzlängen werden im Objektraum gemäß der Messaufgabe räumlich angeordnet.
- Die optisch gemessenen Längen werden den kalibrierten Längen als Soll-Ist-Vergleich gegenübergestellt.

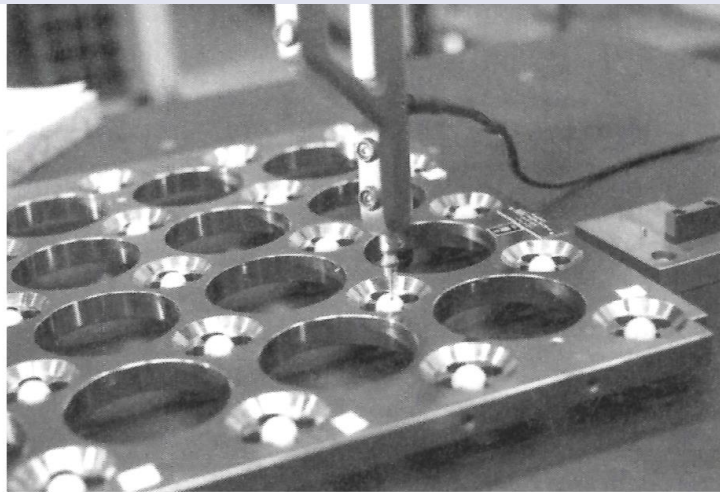


Prüfkörper und -maßstäbe

- Prüfkörper (Normal, Maßverkörperung) – mechanisch verkörpertes Objekt mit bekannten (kalibrierten) geometrischen Parametern
- Die Kalibrierunsicherheit soll ca. fünfmal kleiner sein als die zu prüfende Kenngröße.
- Benötigt Kalibrierschein



Stufenendmaß



Kugelplatte



Prüfmaßstab

Systemmodellierung

- Tschebysheff-Ungleichung

$$P(|P_g - \mu| < \varepsilon) \geq 1 - \frac{\sigma^2}{\varepsilon^2}$$

- P – Wahrscheinlichkeit korrekter Systemmodellierung
- ε – benutzerdefinierter Wert
- σ – Standardabweichung
- μ – Erwartungswert
- P_g - Wahrscheinlichkeit inkorrektter Systemmodellierung

Projektplanung

Planungskriterien

- Art/Menge der zu erfassende Objekte
- Größe des Objektes
- Genauigkeit im Objektraum
- Detailauflösung
- Umgebungsbedingungen
- Objektsignalisierung
- Referenzierung/Koordinatensystem
- Maßstab/Passpunktbestimmung
- Sensoren/Software
- Zeitspanne
- Ergebnis (numerisch/graphisch/Schnittstelle)

Genauigkeitsfragen

- Genauigkeit des Sensors
- Auflösungsvermögen
 - Für Photogrammetrie:
 - Visuelle digitale Auswertung: 3 bis 10 Pixel
 - Automatische digitale Punktmessung: 6 bis 10 Pixel
Punktdurchmesser
 - Automatische digitale Oberflächenmessung: 11 bis 25 Pixel
Fenstergröße
 - Schärfentiefe
 - Für Laserscanning:
 - Größe des Laserspots geringer als aufzulösende Struktur
 - Anzahl der Punkte Objekt/Zielmarke: z.B. min. 3 Punkte pro
Flächenerkennung
- Maßstab des Endproduktes

Übung 1 – Soll-Ist-Vergleiche in CloudCompare

1. \\daten.uni-bamberg.de\Aufgabenbezogen\projekte3.ddt\Modul3\Übung 9_Qualitätskontrolle
2. Anleitung Modul3_ÜbungQualitätskontrolle_Watt_etc.pdf

Literatur Qualitätskontrolle (ISO/ VDI!)

- Luhmann T. Nahbereichsphotogrammetrie: Grundlagen, Methoden und Anwendungen. 3 edition. Berlin: Wichmann, H; 2010. 668 p.
 - Kapitel 2.4.3, Qualitätsmaße, S. 116-134
 - Kapitel 7.2 Qualitätskriterien und Genauigkeitsanalyse S.629-647
- Verband deutscher Ingenieure.
 - VDI/VDE 2617- Blatt 6.2:2007 - Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten. Kenngrößen und deren Prüfung. Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmessgeräte mit optischen Abstandssensoren. 2007.
 - Overview [Optical 3D measuring systems - Imaging systems with point-by-point probing](#) Optische 3D-Messsysteme - Bildgebende Systeme mit punktförmiger Antastung
 - VDI/VDE 2634 Part 1
 - VDI/VDE 2634 Part 2 [Optical 3D-measuring systems - Optical systems based on area scanning](#); Optische 3D-Messsysteme - Bildgebende Systeme mit flächenhafter Antastung
 - VDI/VDE 2634 Part 3 [Optical 3D-measuring systems - Multiple view systems based on area scanning](#) Optische 3-D-Messsysteme - Bildgebende Systeme mit flächenhafter Antastung in mehreren Einzelansichten

Literatur Qualitätskontrolle und Statistik

- Albertz, J. and Wiggenhagen, M. (2008) *Taschenbuch zur Photogrammetrie und Fernerkundung: Guide for Photogrammetry and Remote Sensing*. 5. Auflage 2009 edition. Heidelberg: Wichmann. S58
- Spassig: Bellos, A. (2011) *Alex's Adventures in Numberland*. Bloomsbury Paperbacks.
- Handapparat: Th. Luhmann (2018): Nahbereichsphotogrammetrie (Grundlagen – Methoden – Beispiele), Wichmann, Berlin – S.629-647 Kapitel 7.2 Qualitätskriterien und Genauigkeitsanalyse