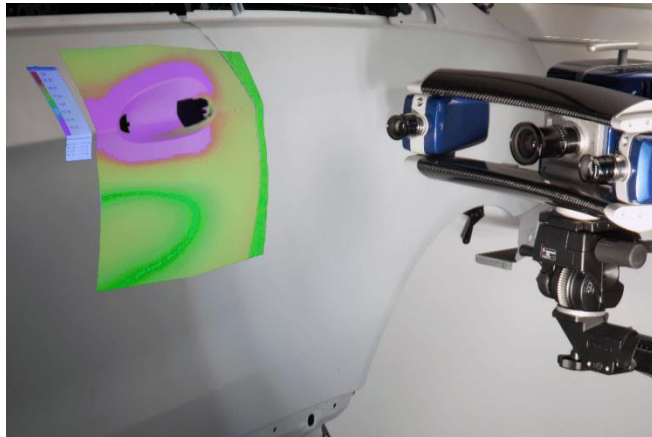


Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen



Thomas Luhmann
Jade Hochschule, Oldenburg
Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik

Branchendialog cross over innovation
Technologiezentrum Nordenham
14.5.2019

T. Luhmann
Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

Outline

- Was ist Industrie 4.0?
- Photogrammetrische Lösungen
- Genauigkeit und Verifizierung
- Zusammenfassung und Ausblick

T. Luhmann

Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

Einführung

Märkte und Anwendungen

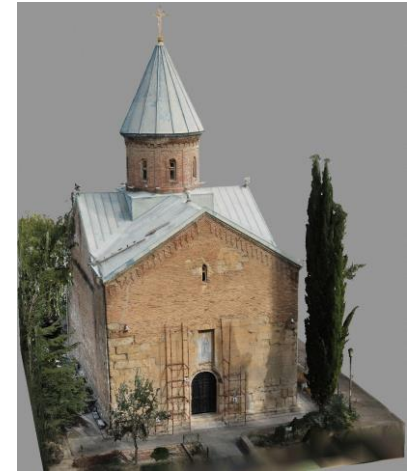
Klassische Anwendungen (Auswahl)



Topographische Anwendungen (Luftbild, UAV)



Denkmalpflege



Industrielle Anwendungen (Auswahl)



Automobilbau



Luft- und
Raumfahrt



Schiffbau



Robotik



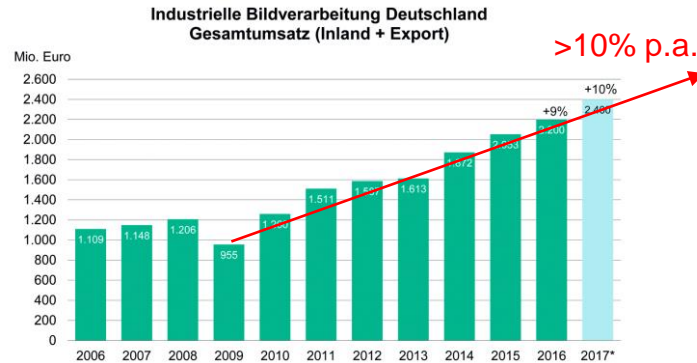
Medizin

T. Luhmann

Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

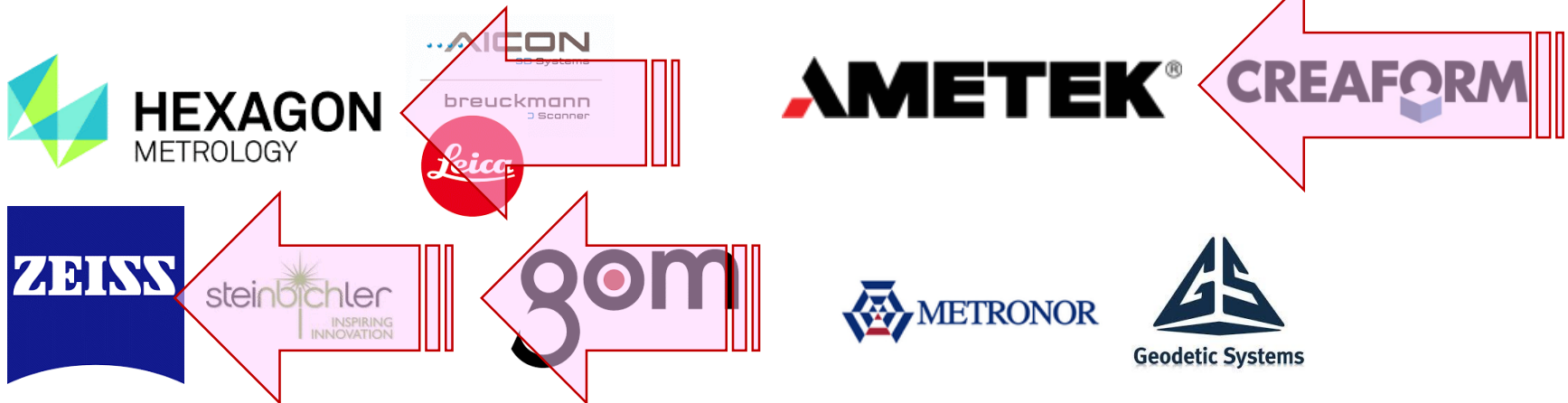
© Luhmann 2019

Jährliches Wachstum



Industrial image processing Germany, 2005 - 2016

Global player (Beispiele)



T. Luhmann

Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

Was ist Industrie 4.0?

Definitionen

Definition

Vernetzung aller Komponenten in selbstorganisierender Produktion:

- Menschen
- Maschinen und Werkzeuge
- Produktionseinrichtungen
- Logistik
- Produkte



durch digitale Information und Kommunikationstechnologien in allen Phasen der Lebensdauer eines Produkts.

Industrie 4.0 = 4. industrielle Revolution

1. Revolution: Wasser- und Dampfkraft
2. Revolution: Massenproduktion mit Fließbändern
3. Revolution: Elektronik und IT (z.B. integrierte Schaltkreise)
4. Revolution: Software, Internet of Things, Big Data ...

} nachträglich benannt

} vorher benannt

T. Luhmann

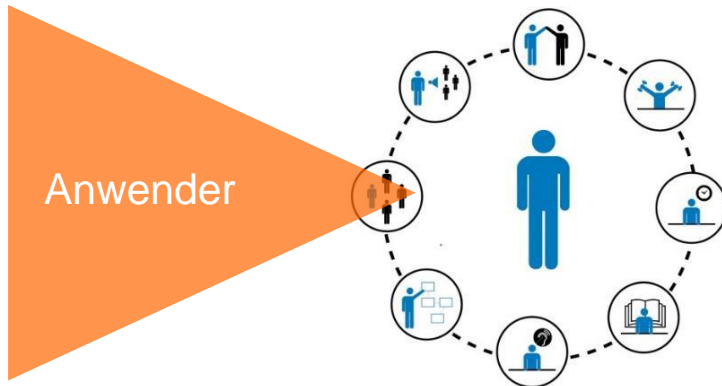
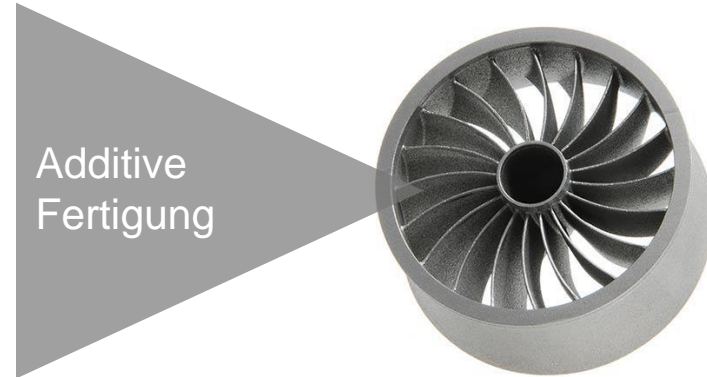
Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

Was ist Industrie 4.0?

Definitionen

Neue Werkzeuge (Auswahl)

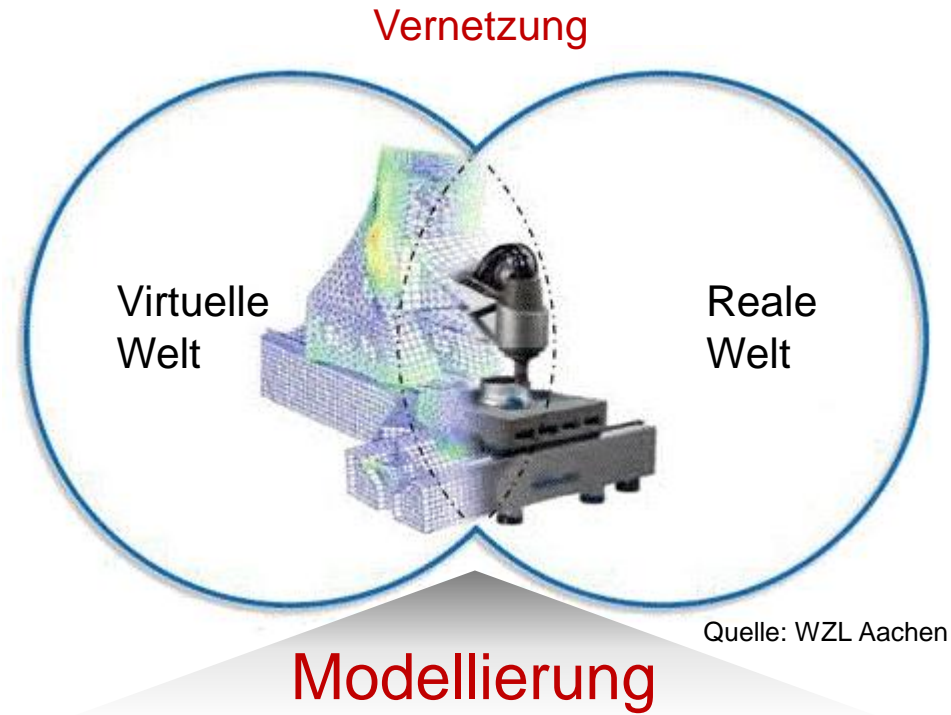


Was ist Industrie 4.0?

Messtechnik

Einfluss von Industrie 4.0 auf die industrielle Messtechnik

- Individualisierung von Produkten
- Flexible Fertigung
- Kombination virtueller und realer Welten
- Schnittstellen zur Produktion



Messtechnik ist der entscheidende Faktor für die Schnittstelle zwischen realer und virtueller Welt

T. Luhmann

Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

Was ist Industrie 4.0?

Messtechnik

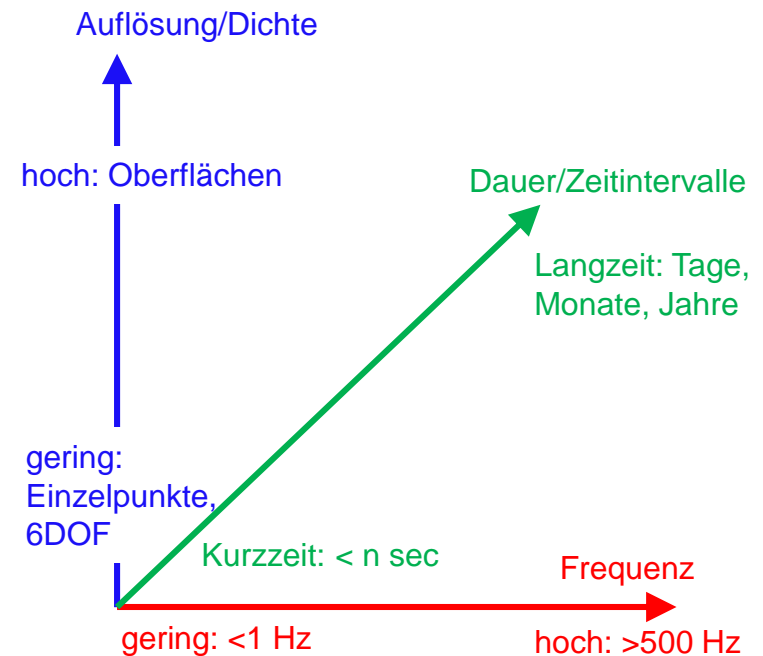
Einfluss von Industrie 4.0 auf die industrielle Messtechnik

Die Rolle der Messtechnik verändert sich:

- Endkontrolle wird weniger relevant
- Regelschleife in Produktion
- In-, at-, near-line Installationen wachsen schnell
- MAA (Measurement Assisted Assembly)

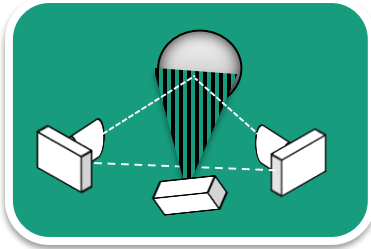
Photogrammetrie (optische 3D-Messtechnik) bietet:

- Skalierbare und flexible Lösungen
- Schnelle und genaue Mehrpunktmessungen
- Berührungslose (ambiente) Messtechnik
- Bildarchive (Zustandsdokumentation)
- Dynamische und Echtzeit-Ergebnisse

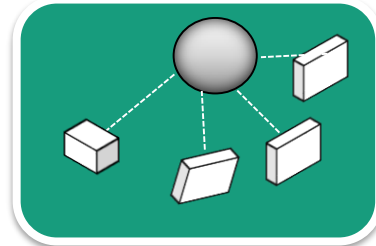


Quelle: AICON

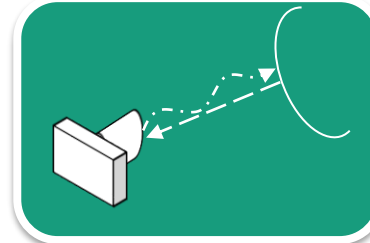
Vielfalt von 3D-Messmethoden



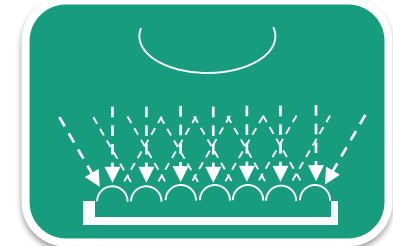
Streifenprojektion



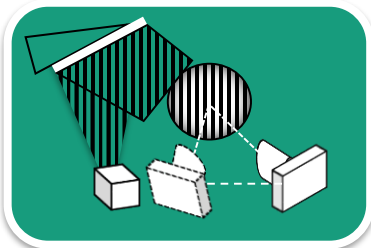
Photogrammetrie



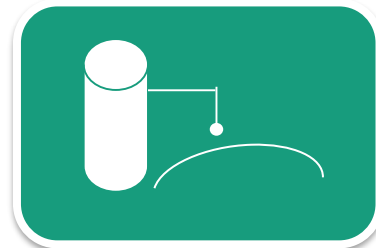
Time of Flight (ToF)



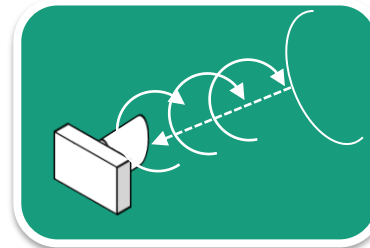
Plenoptisch



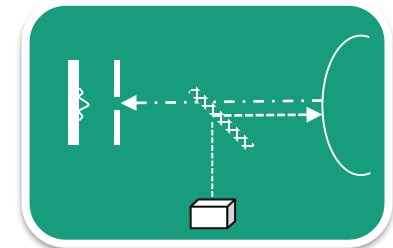
Deflektometrie



Taktile Koordinaten-
messtechnik



Shape
from Shading



Weißlicht-
interferometrie

Quelle: Fraunhofer

T. Luhmann

Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

Photogrammetrische Messaufgaben

Offline:

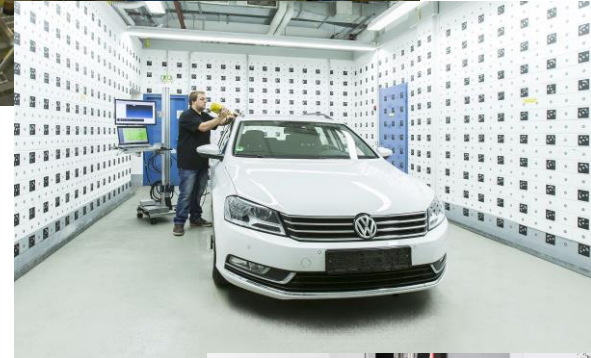
- 3D Punktmessungen
- 3D Profile und Oberflächen
- Form und Lage, Qualitätskontrolle
- Deformationen, Schwingungen

Online:

- Roboterkalibrierung und -steuerung
- Kontrolle von Werkzeugmaschinen
- Inline-Messungen (100% Kontrolle)
- Steuerung autonomer Systeme
- ...



Source: GSI



Source: AICON



Source: GOM

Photogrammetrische Lösungen

Messtechnik

Punktförmig antastende Systeme



Offline Photogrammetrie



Online Bilderfassung mit
Sichtfeldprojektion



Hochgeschwindigkeits-
messung für 6DOF



Messkabine



Mehrkamerantastung
durch Vorwärtseinschneiden



Einzelkameraantastung durch
Rückwärtseinschneiden

T. Luhmann

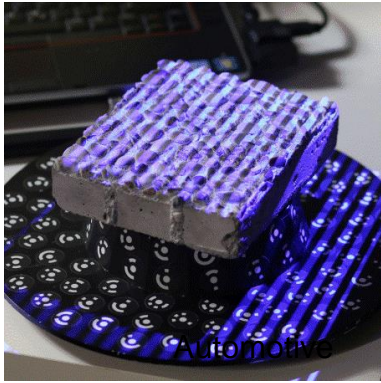
Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

Photogrammetrische Lösungen

Messtechnik

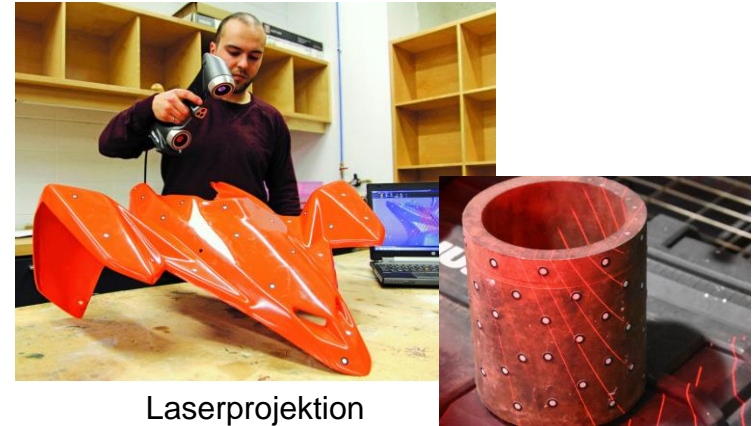
Oberflächenmesssysteme



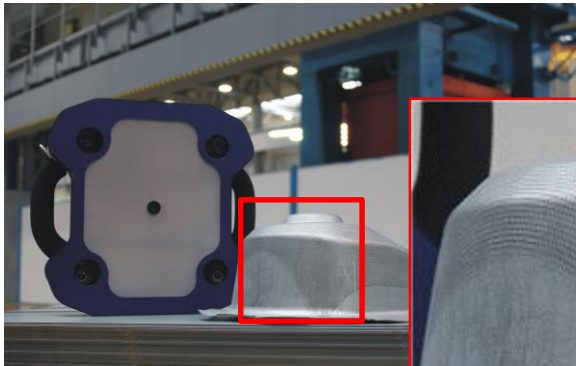
Streifenprojektion



GOM ATOS
Compact Scan



Laserprojektion
Creafom HandyScan



Vialux
AutoGrid



Digital Image Correlation (DIC)
GOM ARAMIS

T. Luhmann

Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

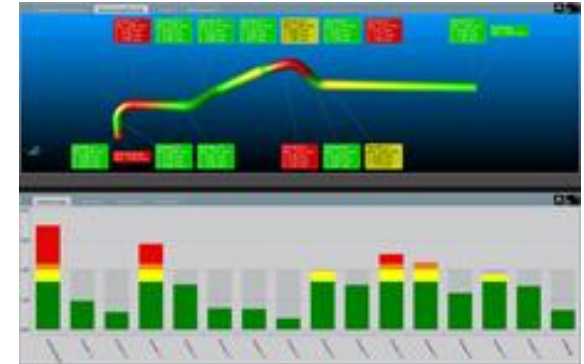
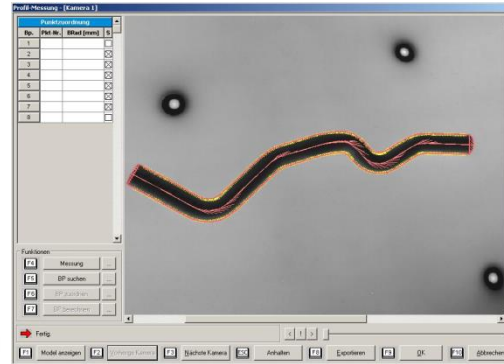
Photogrammetrische Lösungen

Messtechnik

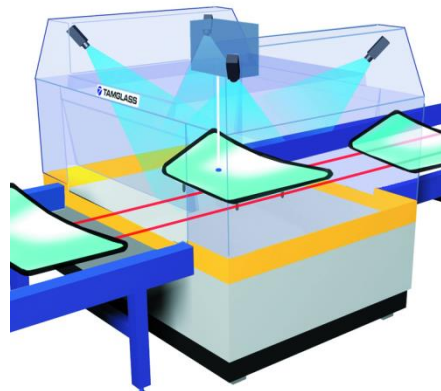
Integrierte Messsysteme



3D-Messung von Rohrleitungen



Quelle: AICON



3D-Messung von Glasscheiben



Quelle: Mapvision

T. Luhmann

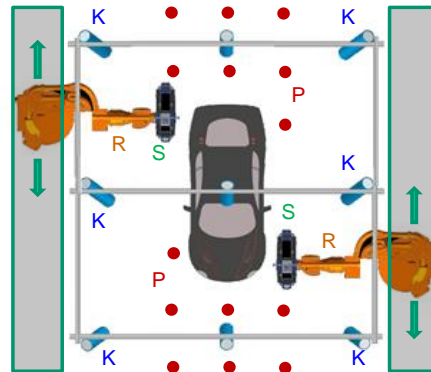
Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

Photogrammetrische Lösungen

Messtechnik

Integrierte Messsysteme



K: cameras

S: sensors with locator L

R: robot

P: reference points

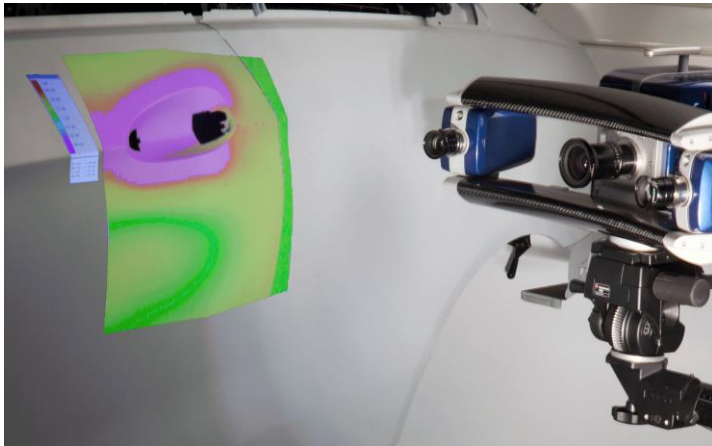


Quelle: GOM



Quelle: Zeiss

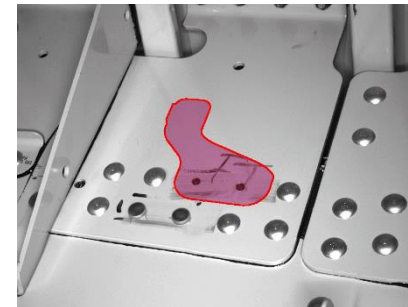
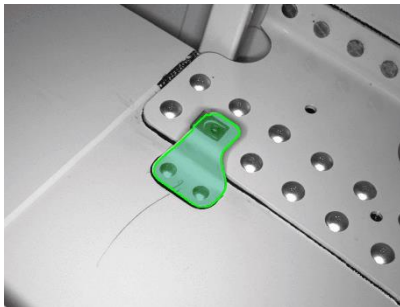
3D Projektion und Oberflächeninspektion



Projektion von Oberflächendeformationen (AICON)



Projektion von Objektmerkmalen (Fh IGP)



Vollständigkeitskontrolle im Flugzeugbau (Premium AEROTEC)
links: Montage i.O.; Mitte: fehlerhafte Position; rechts: fehlendes Teil

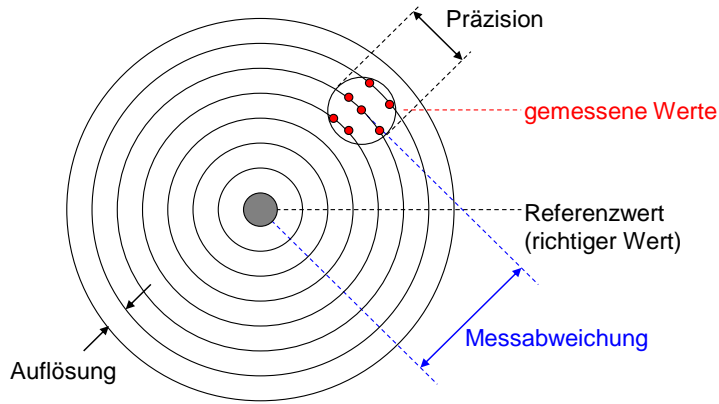
T. Luhmann

Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

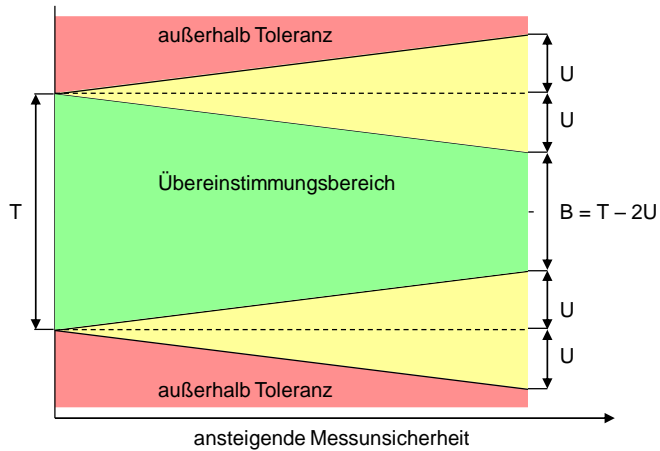
© Luhmann 2019

Messunsicherheit und Verifizierung

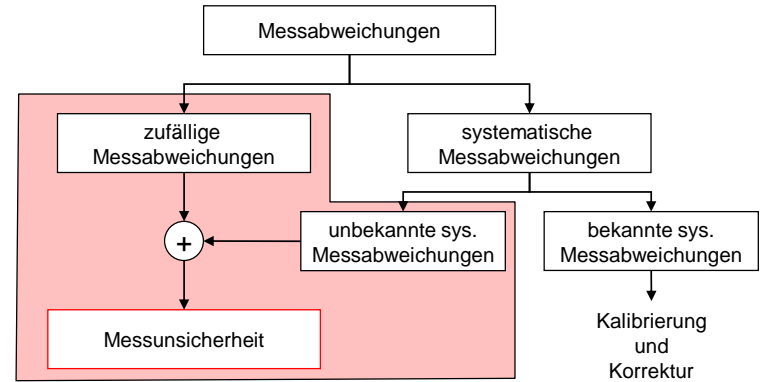
Terminologie



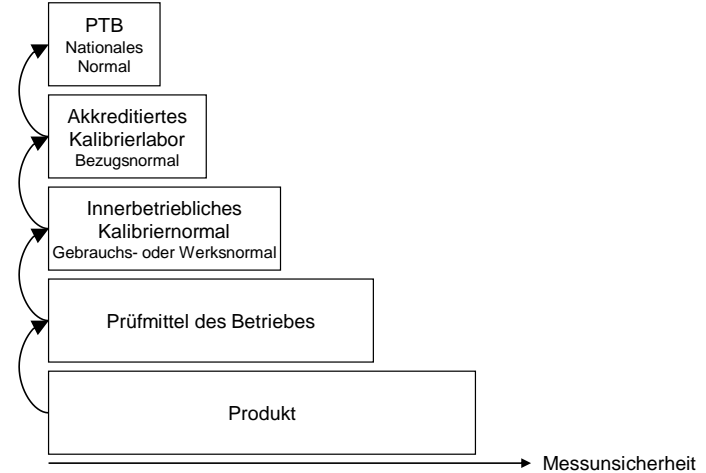
Auflösung, Präzision und Genauigkeit



Prüfmittelfähigkeit und Toleranz



Messabweichung und Messunsicherheit



Rückführbarkeit auf Standardeinheit Meter

T. Luhmann

Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

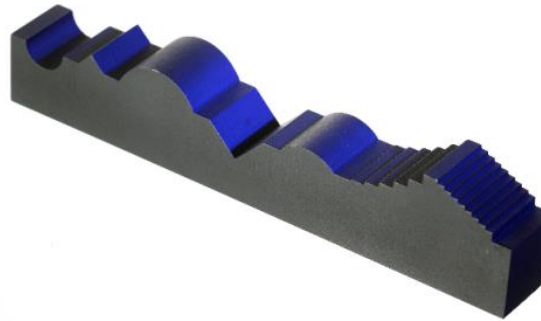
Messunsicherheit und Verifizierung

Referenzkörper

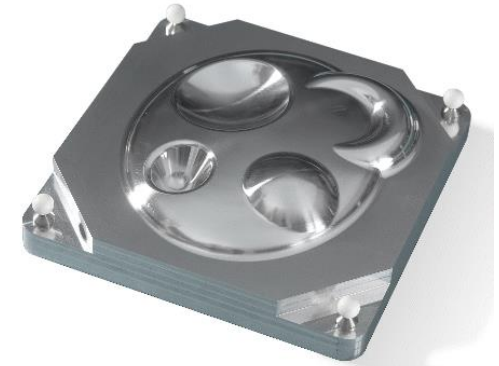
Referenzkörper und Normale



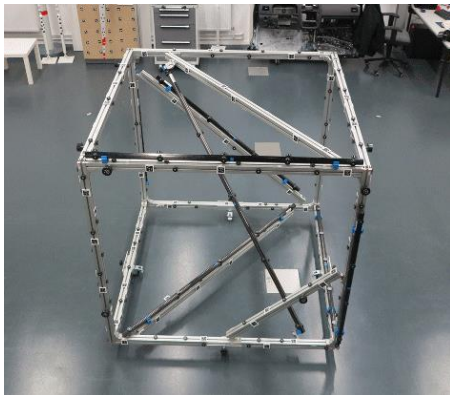
Kugelplatte



Freiformprüfkörper



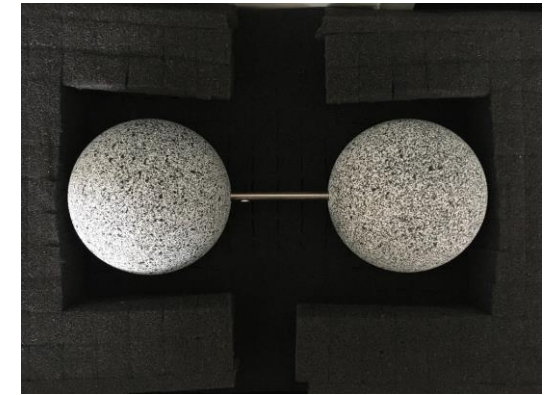
Quelle: NPL



Anordnung von
Referenzlängen (VDI 2634)



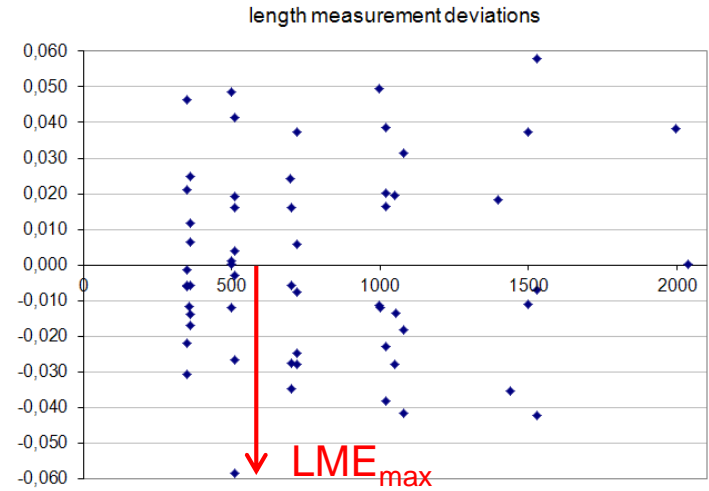
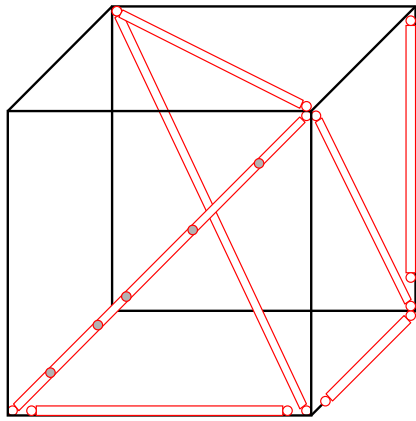
Kugelhanteln



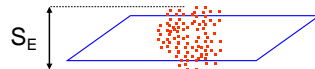
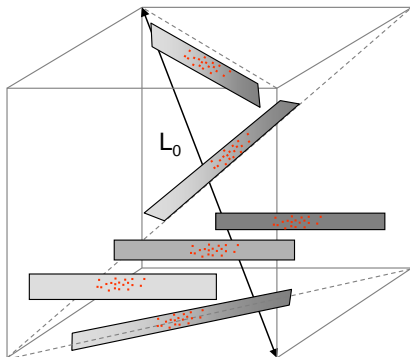
Messunsicherheit und Verifizierung

Überprüfung

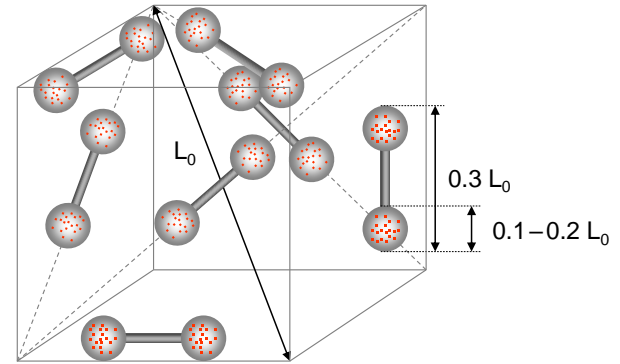
VDI/VDE 2634



Ermittlung der maximalen Längenmessabweichung (LME)



Ermittlung der Ebenheitsmessabweichung



Ermittlung der Kugelabstandsabweichung

T. Luhmann

Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

Zusammenfassung und Ausblick

Herausforderungen

- **Flexibilität** → Objekteigenschaften (Form, Größe, Material)
- **Genauigkeit** → skalierbar, verifiziert, zertifiziert, akzeptiert
- **Geschwindigkeit** → Fertigungsfrequenz
- **Zuverlässigkeit** → Umgebungsbedingungen, Wiederholbarkeit, 24/7 Betrieb
- **Robustheit** → Fehlererkennung, 'intelligente' Reaktionen auf unvorhersehbare Ereignisse
- **Dokumentation** → Berichte, Archivierung, Zuordnung zum individuellen Objekt, Digitaler Kalibrierschein
- **Analyse** → Vergleich mit Sollwerten (z.B. CAD), Qualitätsanalyse, Trendanalyse
- **Schnittstellen** → Roboter, Werkzeuge, Datenbanken
- **Sicherheit** → Firewall, WLAN, Verschlüsselung, Block Chain, Industriespionage
- **Big Data** → Umfang gescannter Daten, Datenanalyse
- **Ausbildung** → interdisziplinäre Ansätze, lebenslanges Lernen

Zusammenfassung und Ausblick

Aussichten von Industrie 4.0

- Höhere Flexibilität in Produktion
- Verbesserte Produktionsqualität
- Sinkende Produktionskosten
- Sinkender Wartungsaufwand

Aussichten für die optische Messtechnik

- Wachsender Markt für Messtechnik
- Bilder als Datenquellen und Archive
- Intelligente Systeme (machine learning)
- Spezialisierte vs. universelle Systeme
- Aus- und Weiterbildung
- Forschungsfragen:
 - Lernende Systeme
 - Echtzeit-Oberflächenmessung
 - Semantische Modellierung
 - Simulation
 - Vom CAD zur Messung zur Analyse zur Produktionskontrolle
- Konferenzen und Messen in optischer Messtechnik:
ISPRS, 3DMC, CMSC, EPMC, O3D, Fraunhofer, Control, ...

T. Luhmann

Optische 3D-Messtechnik für Industrie 4.0 – Potenziale und Herausforderungen

© Luhmann 2019

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Diese Präsentation wurde freundlicherweise unterstützt durch

- Dr. Werner Bösemann (CEO AICON 3D Systems, part of Hexagon)
- Prof. Manfred Schmitt, WZL, Aachen
- Prof. Günther Notni, FhG IOF Jena