

Digitale Objekterfassung

Digital object acquisition/ digital object recording

Modul 3 / WS 1. Fachsemester

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

Kontakt: Mona.Hess@uni-bamberg.de

Twitter: @Mona3Dimaging

Information zum Modul 3 Digitale Objekterfassung

Kursdozentin: Prof. Dr. Mona Hess, Dipl.-Ing. Maria Chizhova, Dr. John Hindmarch

**Flexnow: dieser Kurs besteht aus drei Elementen plus Leistungsnachweis !
Insgesamt 10 ECTS.**

Veranstaltungszeiten des Kurses während des Semesters:

1. Vorlesung, 2 SWS, ECTS-Credits: 3 , obligatorische Lehrveranstaltung, Zeit und Ort: Di 9:00 - 11:00, ZW6/00.15, CIP Pool
2. Seminar, 2 SWS, ECTS-Credits: 2, obligatorische Lehrveranstaltung, Zeit und Ort: Di 12:00 - 14:00, ZW6/00.15; Bemerkung zu Zeit und Ort: ZW6/0.15 CIP Pool
3. Anwendungswoche Digitale Objekterfassung 2 SWS, ECTS-Credits: 5, obligatorische Lehrveranstaltung, Zeit und Ort: n.V.;
4. Prüfung/Leistungsnachweise: 20% Zwischenprüfung (07.01.2020 – 30 Minuten), 80% Portfolio Abgabe VC

Denkmalpfleger im Erweiterungsbereich Digitale Objekterfassung (M-DDT-GL-3) und (M-EB-DDT-GL-3)

- WS2019-20: Digitale Denkmaltechnologien, Modul 03 Digitale Objekterfassung (M-DDT-GL-3) und (M-EB-DDT-GL-3)

Erweiterungsbereich

Zeit und Ort: Vorlesung Di 9:00 - 11:00, Übung Di 11:00 - 13:00,
ZW6/00.15

- Anwendungswoche 11.-14.Februar 2020, Ort nach Vereinbarung
- Für den Erweiterungsbereich M.A. Denkmalpflege: Das Modul kann entweder nur aus Teil 1 (Vorlesung und Seminar) bestehen, dann 5 ECTS, oder in Kombination mit Teil 2 (Anwendungswoche), dann 10 ECTS. Um Teil 2 belegen zu können ist Teil 1 Voraussetzung. Prüfungsleistung Teil 1: Klausur, Teil 2: Portfolio (Objekterfassung)

Lernziele / Kompetenzerwerb in diesem Modul

Lernziele/Kompetenzerwerb:

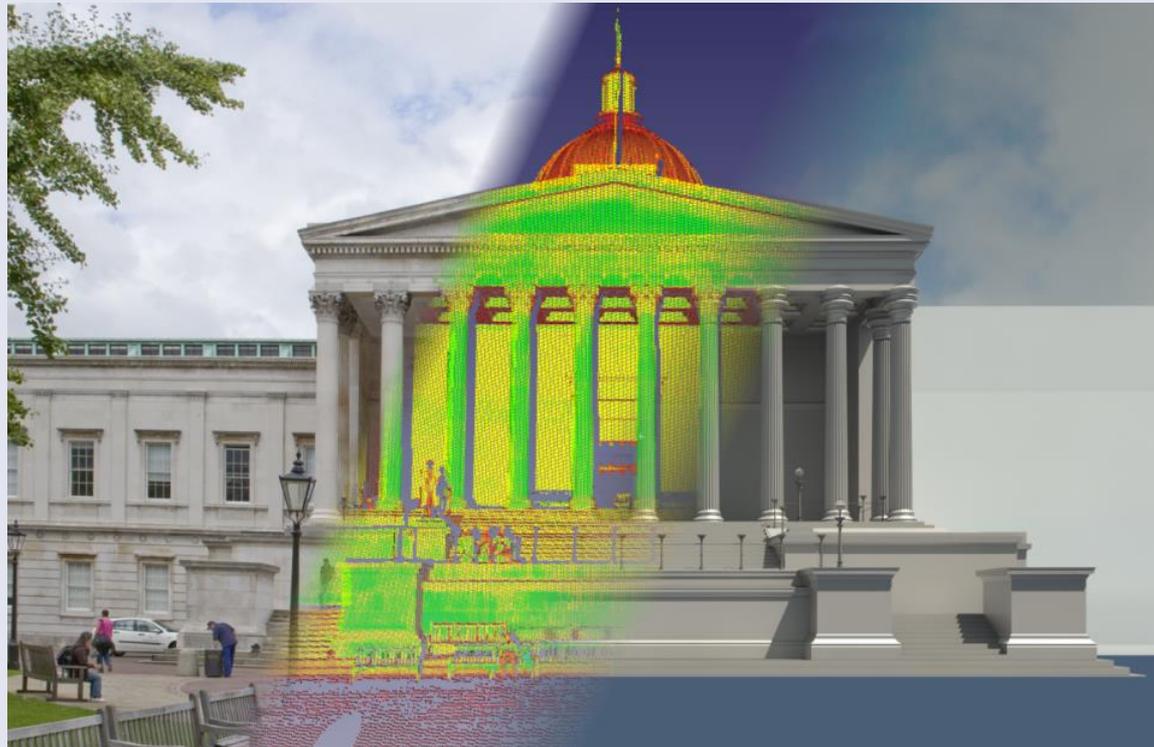
Die Studierenden erhalten eine theoretische und praktische Einführung in die Möglichkeiten und Methoden der digitalen Objekterfassung. Die Ziele der Objekterfassung in der Denkmalpflege werden erläutert, Erfassungsinhalte und Erfassungstiefen vergleichend dargestellt.

Inhalte:

- Physikalische Grundlagen der optischen Messverfahren
- Theoretische und praktische Einführung in 3D optische Messverfahren und deren Nachbearbeitung und Auswertung (beispielsweise Photogrammetrie/ SfM, 3D strukturiertes Licht und 3D Laserscanning)
- Anwendungsbeispiele für Nahbereichsvermessung, terrestrische Vermessung/ Gebäudevermessung und Fernerkundung
Räumliche Messverfahren in Kombination und Korrelation mit anderen Messmethoden

Überblick zur Vorlesung und Übung

Nr	Datum	Vorlesung
1	15.10.2019	Einführung in die Digitale Objekterfassung, Technische Demonstration GEOSlam ab 12:30
2	22.10.2019	Bildgebende Verfahren
3	29.10.2019	Nahbereichsphotogrammetrie
4	05.11.2019	Terrestrische Photogrammetrie, SfM
5	12.11.2019	Luftbildphotogrammetrie, Fernerkundung
6	19.11.2019	Strukturierte Belichtung, Fokussierungs- und Schattierungsverfahren
7	26.11.2019	Einführung in Vermessung
8	03.12.2019	3D Laserscanning (terrestrisch und airborne)
9	10.12.2019	
10	17.12.2019	Interferometrie
13	07.01.2020	Zwischenevaluation/ Prüfung
12	14.01.2020	Mobile Mapping and SLAM
14	21.01.2020	Data Fusion und Export
15	28.01.2020	Qualitätskontrolle
15	04.02.2020	Letzte Veranstaltung: Ausblick auf die Anwendungswoche, Vorbereitung auf die Formalen Aspekte des Portfolios, und Evaluierung



Heute: Einführung Digitale Objekterfassung

Von 3DIMPact (3D imaging, metrology and photogrammetry research group, University College London)

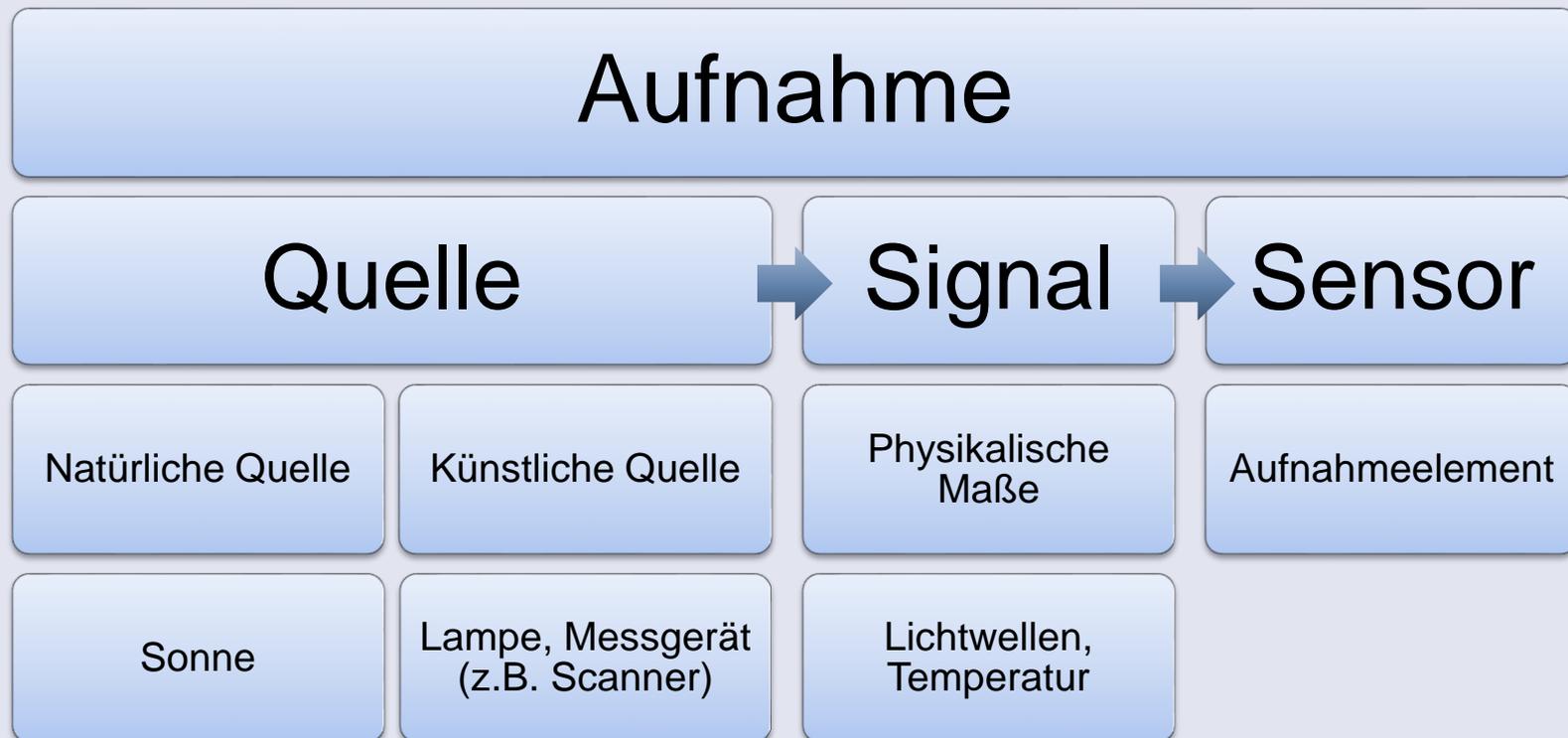
Einführung in die Digitale Objekterfassung und die bildgebenden Verfahren

- Grundlagen
- Digitale Objekterfassung von 1D zu 3D
- Überblick der Klassifizierung von Optischen Messverfahren
- Anwendungen von optischen Messverfahren
- Fallstudien in der Denkmalpflege

Grundlagen

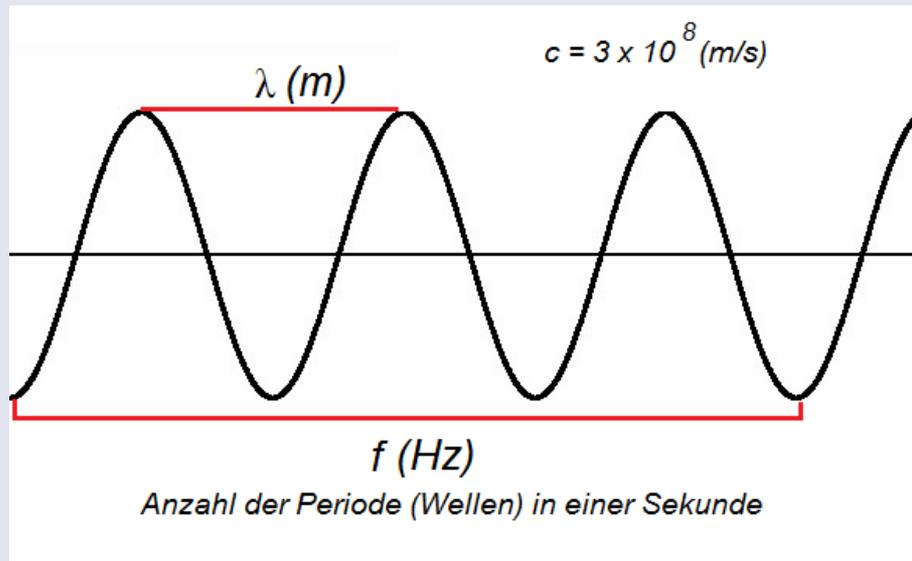
Aufnahme und ihre Komponente

Aufnahme/Erfassung - Aufzeichnung eines Bildes, einer Begebenheit, eines akustischen oder sonstiger Ereignisse auf ein entsprechendes Trägermedium (Vorgang)



Licht: elektromagnetische Strahlung

Licht = Signal → Informationen über Objekt



Parameter

- Wellenlänge λ m
- Lichtgeschwindigkeit $c = 3 \times 10^8$ m/s
- Frequenz der Welle f Hz

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

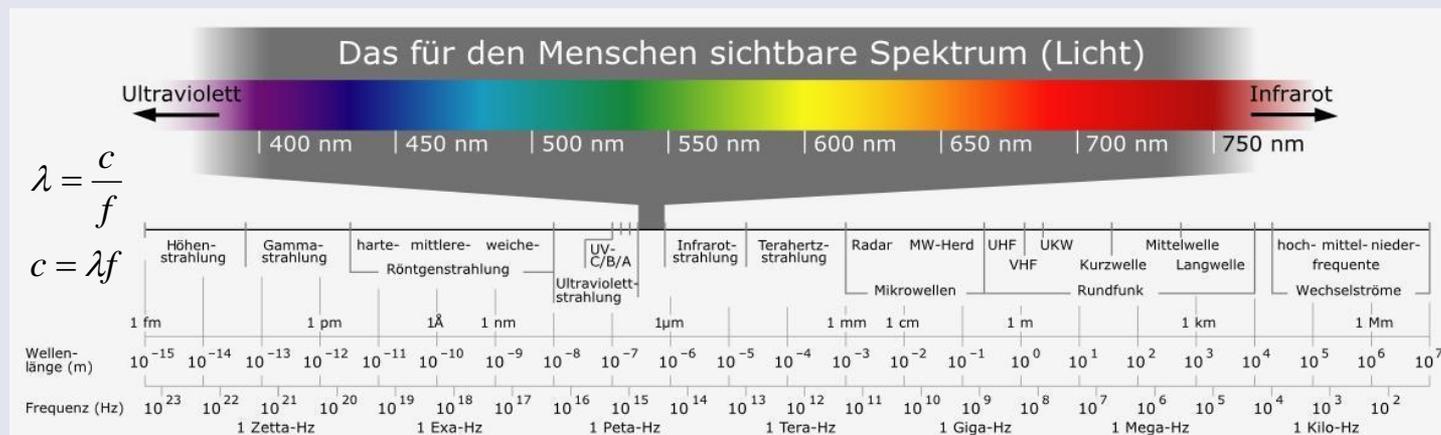
$$c = \lambda f$$

Einheiten

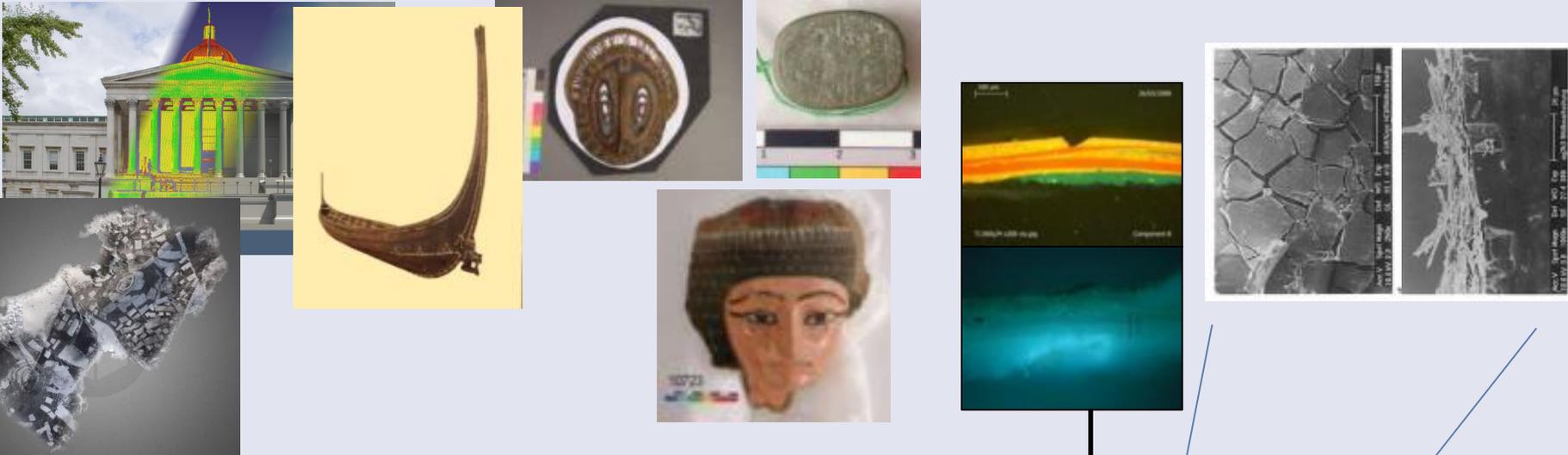
- m = Meter = 10^0
- cm = Zentimeter = 10^{-2}
- mm = Millimeter = 10^{-3} = **0,1cm**
- μm = Mikrometer = 10^{-6} = **0,001mm = 1/1000mm**
 - Beispiel = 10 μm Dicke eines menschlichen Haares
- nm = Nanometer = 10^{-9}
- pm = Pikometer = 10^{-12}

Physikalische Grundlagen: Elektromagnetische Strahlung

Strahlung	Wellenlänge	Sensoren	Anwendungen
Röntgen	10 pm – 1 nm	Röntgengerät	Medizinische Diagnostik, Materialprüfung
Ultraviolett (schwach)	200 nm – 380 nm		Fernerkundung, UV-Reflektographie
Sichtbares Licht	380 nm – 780 nm	CCD, CMOS, Film	Photogrammetrie, Fernerkundung,
Nahes Infrarot 1	780 nm – 1.1 µm	CCD, CMOS, Film	Photogrammetrie, Fernerkundung, IR-Reflektographie
Nahes Infrarot 2	1.1 µm – 2.5 µm		Fernerkundung
Mittleres Infrarot	2.5 µm – 50 µm	Thermalkamera	Thermographie, Materialprüfung, Bauwesen, Fernerkundung
Mikrowellen	1 cm – 10 cm	Radarantenne	Radargrammetrie, Fernerkundung



Reale Objekte, die erfasst werden können



Objekterfassung

100 m

10m

1m

10 cm

1cm

1mm

microns

100µm

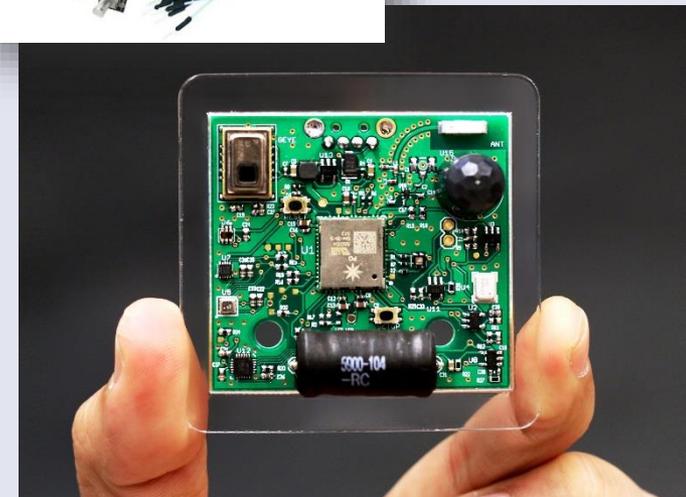
1µm

1nm

Menschliches Haar

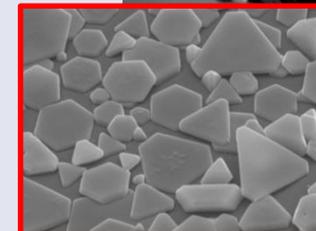
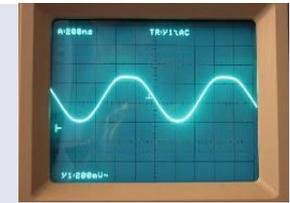
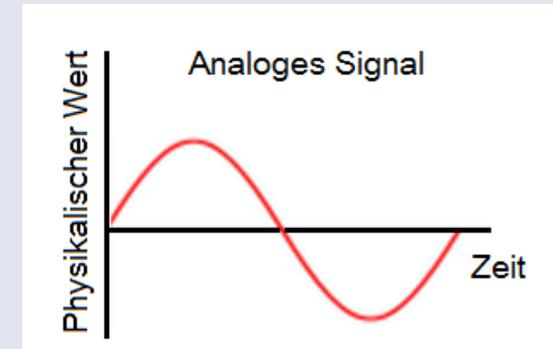
Sensor

- Element zur Aufnahme elektromagnetischer oder anderer Signale
- Dient zur
 - Messung physikalischer Größe
 - Konvertierung dieser Größe in Signal für weitere Auslese und Prozessieren
- Sensoren:
 - Analog
 - Digital
- Kalibrierung – Rückführung der Sensorparameter relativ zu den Referenzgrößen



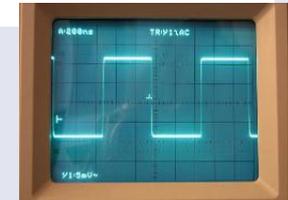
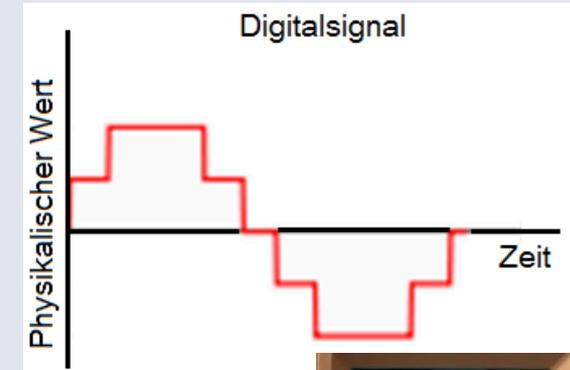
Analoge Sensoren

- Analoge Sensoren:
Generieren ein kontinuierliches – analoges Signal
- In Photogrammetrie und Photographie:
 - Anwendung der „Analogkamera“
 - physikalischem/chemischem Aufnahmeprinzip
 - „nicht digital“/„nicht elektronisch“
 - Sensor:
 - fotografischen Film – Folie mit Fotoemulsion (dünne lichtempfindliche Schicht)
 - Fotoplatten (aus Metall oder Glas mit Fotoemulsion)



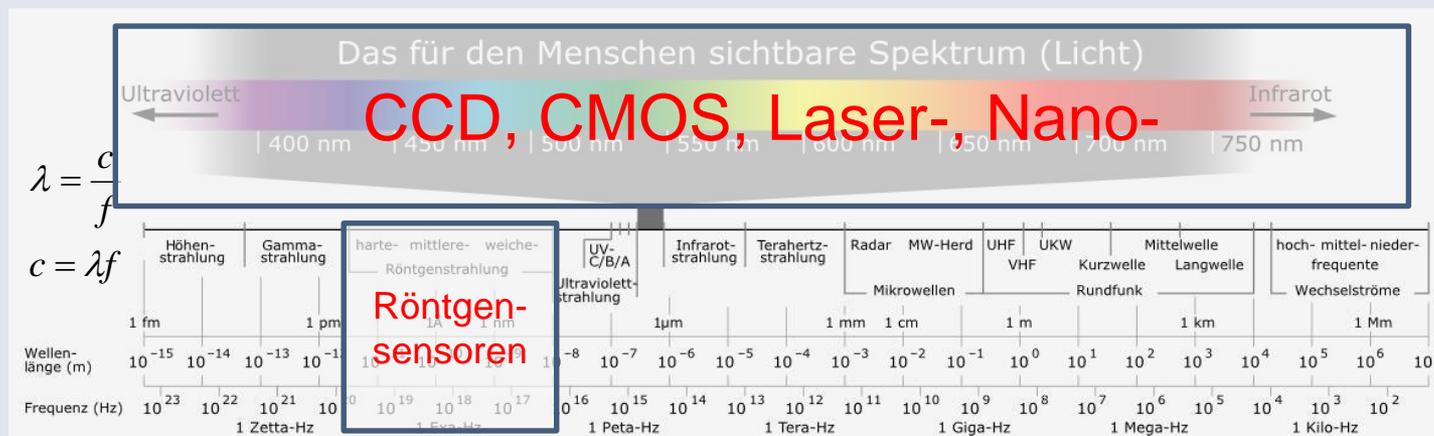
Digitale Sensoren

- Digitale Sensoren:
Generieren ein Digitalsignal in Form eines diskreten gestuften Wertvorrates
- Digitale Bildsensoren:
sind „elektronisch“ 😊
- Klassifikation
 - Im Sichtbaren Bereich & Infrarot
 - CCD (Charge-Coupled Device)
 - CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor)
 - Lasersensoren (400 – ca 1400 nm)
 - Nanosensoren
 - Röntgensensoren



Physikalische Grundlagen: Einteilung der Sensoren

Strahlung	Wellenlänge	Sensoren	Anwendungen
Röntgen	10 pm – 1 nm	Röntgengerät	Medizinische Diagnostik, Materialprüfung
Ultraviolett (schwach)	200 nm – 380 nm		Fernerkundung, UV-Reflektographie
Sichtbares Licht	380 nm – 780 nm	CCD, CMOS, Film	Photogrammetrie, Fernerkundung,
Nahes Infrarot 1	780 nm – 1.1 µm	CCD, CMOS, Film	Photogrammetrie, Fernerkundung, IR-Reflektographie
Nahes Infrarot 2	1.1 µm – 2.5 µm		Fernerkundung
Mittleres Infrarot	2.5 µm – 50 µm	Thermalkamera	Thermographie, Materialprüfung, Bauwesen, Fernerkundung
Mikrowellen	1 cm – 10 cm	Radarantenne	Radargrammetrie, Fernerkundung

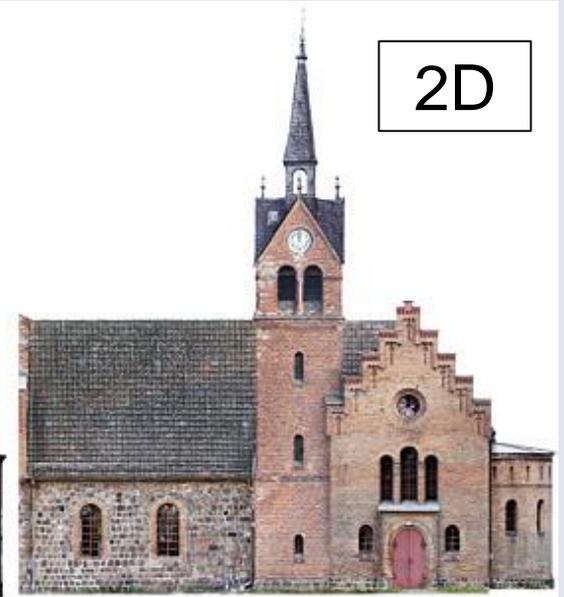


Dimensionen

Die Formen erfasster Informationen: 1D, 2D, 3D



1D



2D



3D

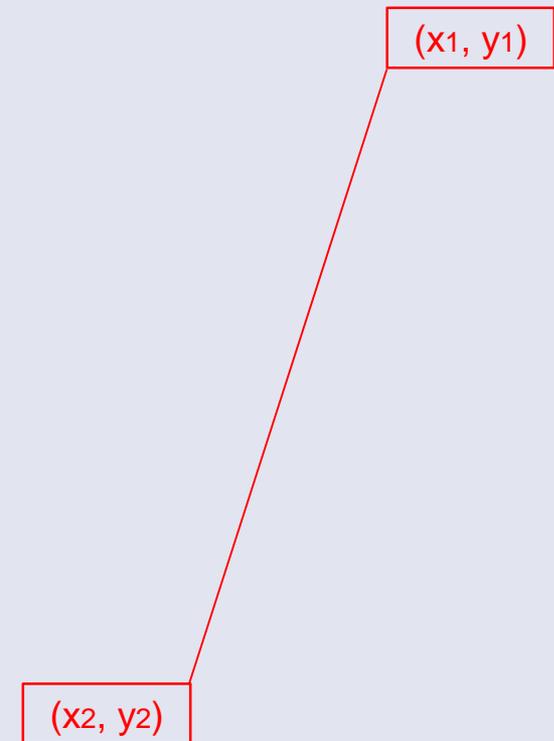
1D

- Einzelne Messgrößen
- Output: 1 Messwert
- Beispiel:
 - Druckmessung – 20 bar
 - Längemessung – 2m
 - Graustufenwert des Pixels - 136
- Technisch angesehen: 1D Vektor
(z.B.: [Abstand])



2D

- 2 Parameter bzw. 2 Komponente eines Parameters
- Beispiel:
 - 2D Koordinaten (x,y)
 - Zeit/Frequenz
 - usw.
- Beschreibt öfters planare/ebene Objekte und Informationen im 2D-Raum (z.B. Bild, Zeichnung)
- 2D Vektor: [Länge, Höhe], [Koordinate X, Koordinate Y]

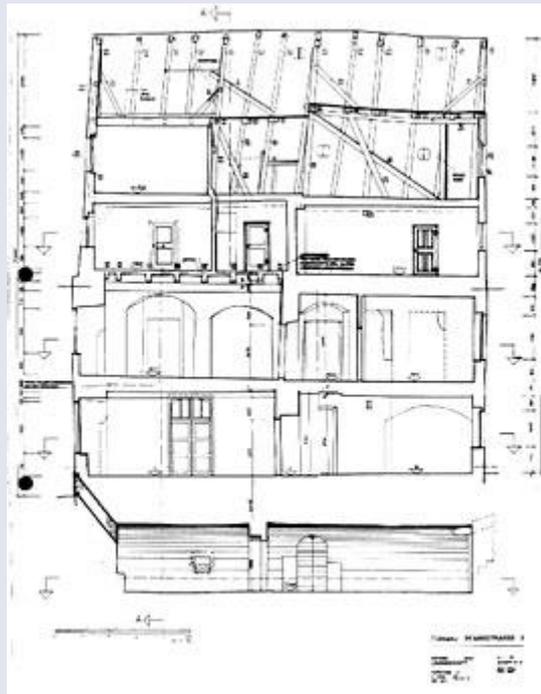


2D Plan: Photogrammetrie Meydenbauer Archiv 1885



http://www.bldam-brandenburg.de/messbildarchiv/messbildarchiv_c/geschichte-des-messbildarchivs.html

Verformungsgerechtes Aufmass und Bauforschung



Orthofotografie/ Plangrundlage: 2D Fassadenplan Beispiel / CAD

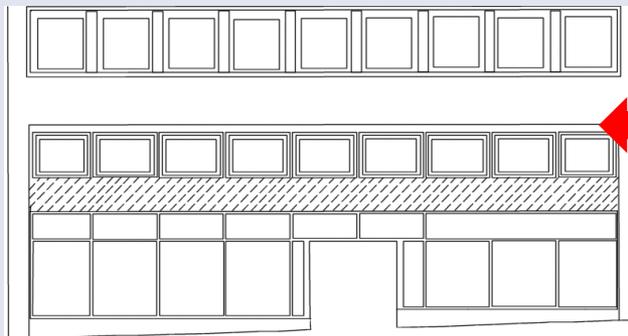


Originalbild

Umbildung
→
Entzerrung



Entzerrtes Bild



Aus Entzerrung abgeleiteter Fassade



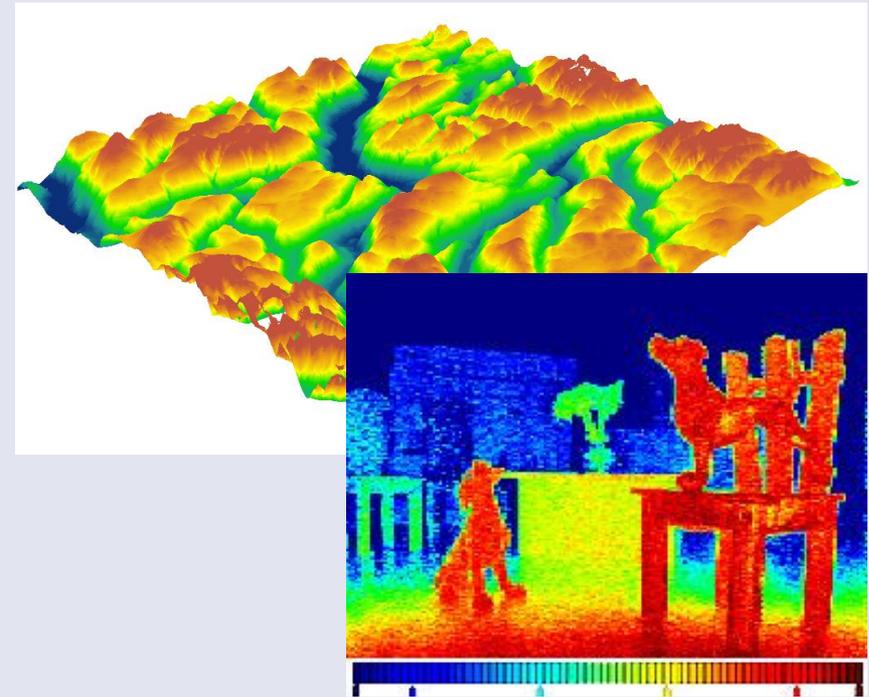
Entzerrung mit überlagerter Zeichnung

Panorama-Fotografie



2.5D (Pseudo 3D)

- 2D + 1 Abstand zum Sensor/Aussichtspunkt
- Funktion von XY Koordinaten
- Beispiele:
 - DEM Digital Elevation Model
 - Range Image



2.5D = Koordinaten (X,Y) + Abstand (extra gespeichert)

3D

- 3 Parameter bzw. 3 Komponente eines Parameters
- Beispiel:
 - 3D Koordinaten (x,y,z)
 - Farbwerte des Pixels (R,G,B)
- Beschreibt öfters räumliche Objekte und Informationen in 3D (z.B. Volumenkörper)
- 3D Vektor: [Länge, Breite, Höhe], [X,Y,Z]
- Formen der 3D Informationen:
 - Mengen von 3D Punkten mit X,Y,Z-Koordinaten
 - Volumenkörper
 - Oberflächen
 - 3D Modelle



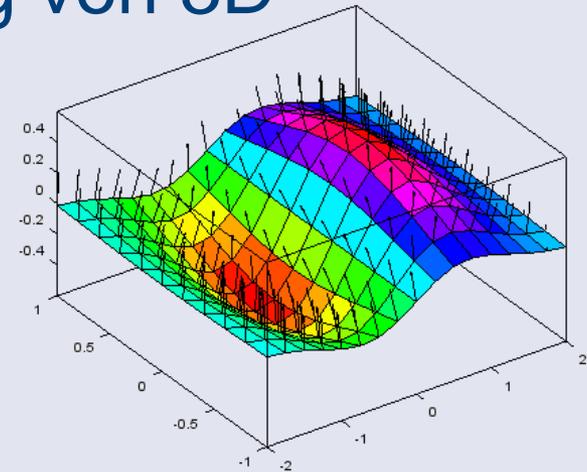
<https://www.kpbs.org/news/2015/dec/14/time-scanners-colosseum/>

3D Digital Imaging (Abbildung):

- 3D-Messungen
 - Koordinatensatz (x,y,z) auf einer Fläche
 - jede Koordinate hat eine Unsicherheit (Abweichung von einem wahren Wert).
- Digital
 - Verarbeitung,
 - Interpretation,
 - Speicherung,
 - Übermittlung,
 - Übertragung
- Bild: als 2D-Array angeordnet
- Modell: Oberflächendarstellung
- Aussehen: Reflexionseigenschaften
- Virtualisierung: Eintrittspunkt der Realität in die virtuelle Welt
- 3D Digital Imaging: kein Stereoviewing, ist metrisch

Datentypen für die Generierung von 3D Informationen

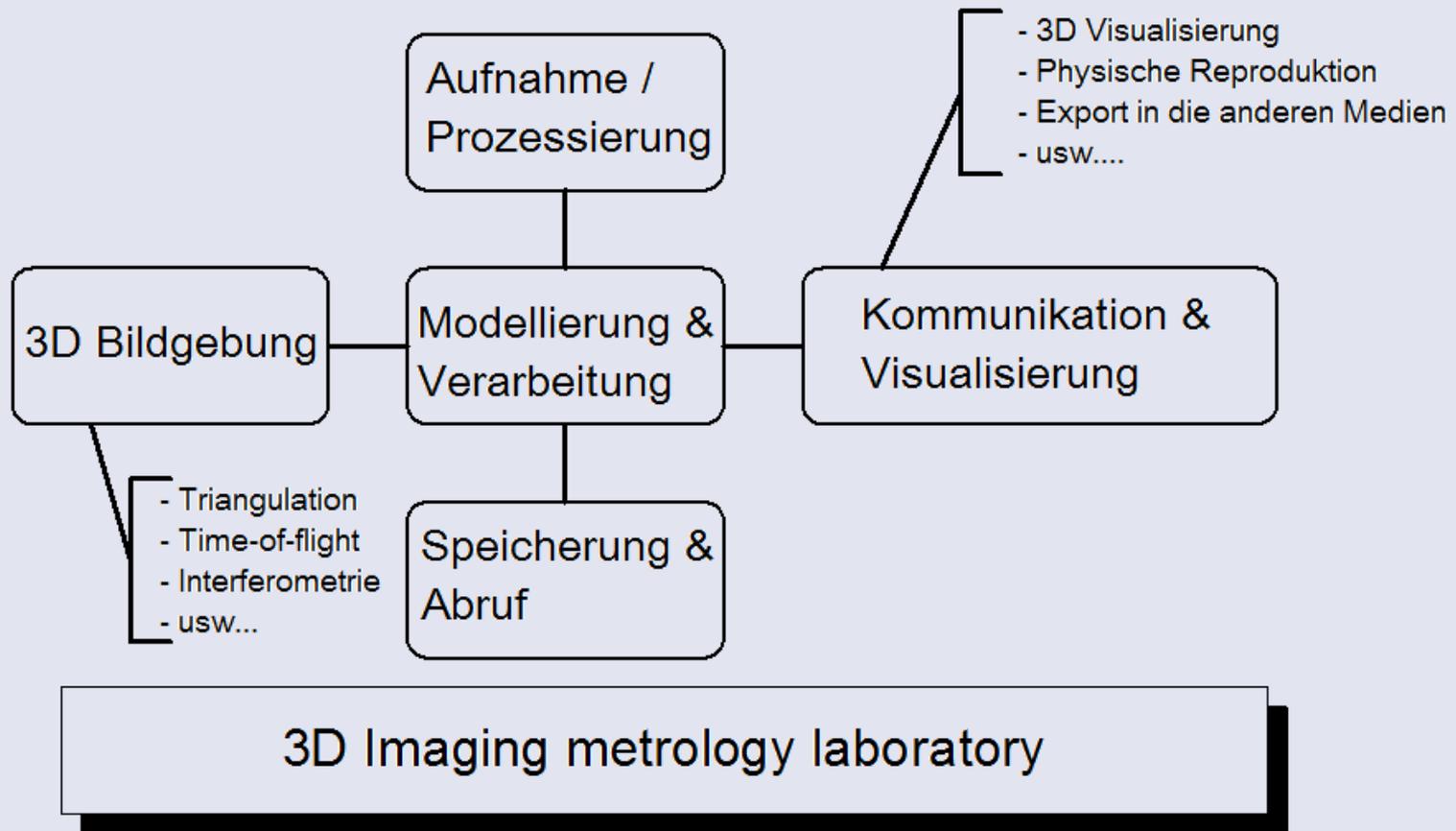
- Koordinate im Raum XYZ
- Farbinformation RGB
- Oberflächennormalen



1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	Y	Z	R	G	B	Nx	Ny	Nz
-331.307251	-299.935699	-80.195625	73	50	33	-0.118710	0.026869	0.992565
-331.308777	-300.034088	-80.190849	69	50	33	-0.126527	0.056180	0.990371
-331.311218	-300.152771	-80.183632	66	50	32	-0.089399	0.042501	0.995089
-331.312775	-300.274506	-80.180893	67	48	33	-0.057157	0.010259	0.998312
-331.313538	-300.395660	-80.181236	62	46	37	-0.086468	0.006351	0.996234

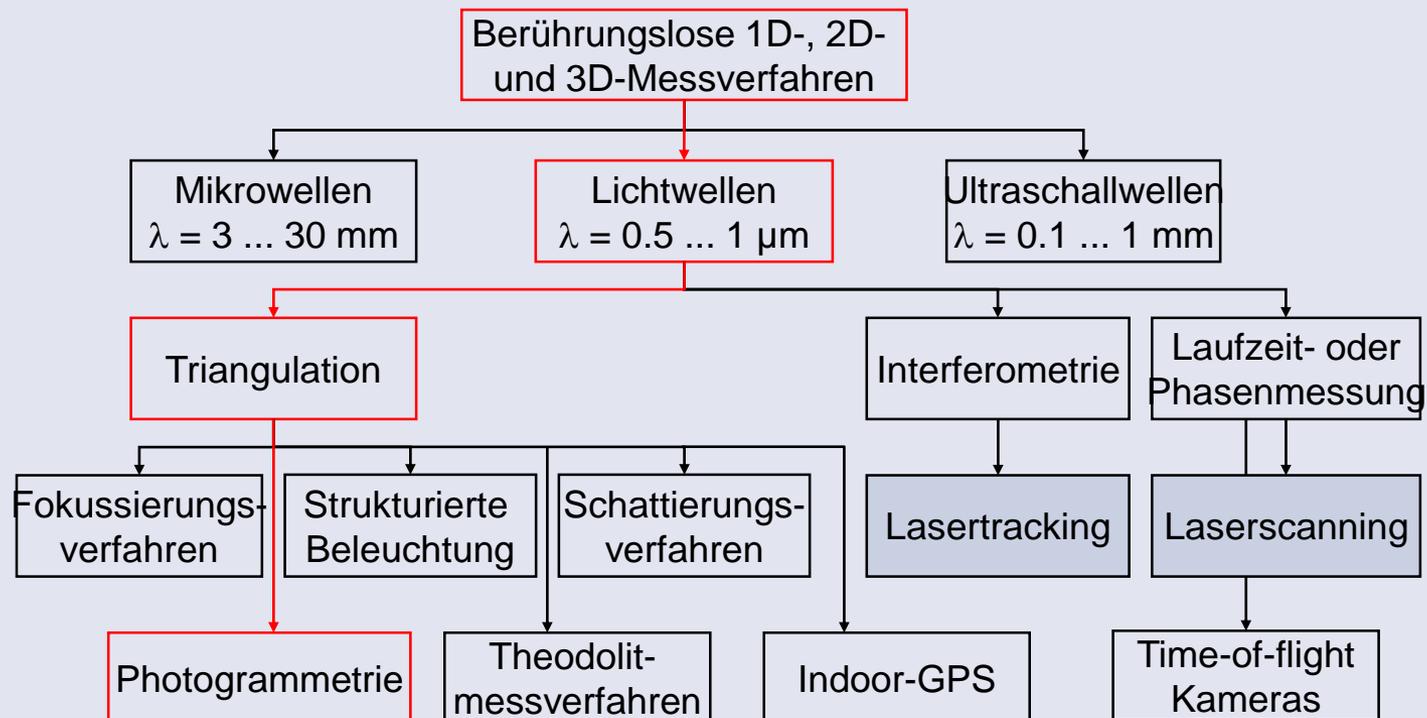
Beispiel Arius3D laser scanner

3D Medienmodell



Klassifikation von optischen Messverfahren

Klassifikation von optischen Messverfahren



Referenz:

Luhmann, T. *Nahbereichsphotogrammetrie*, 04. Auflage, neu bearb. erw.; Wichmann, H: Berlin, 2017.

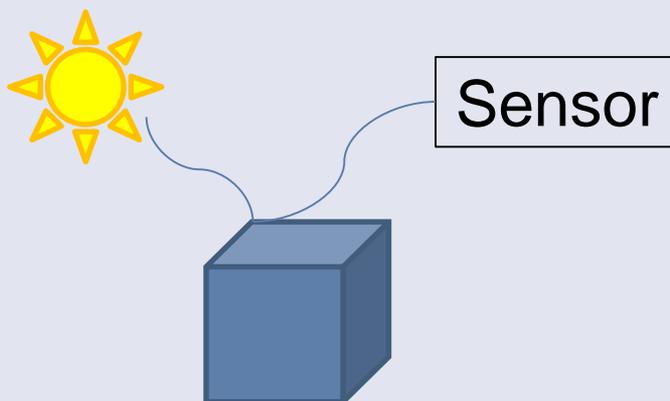
T. Luhmann „Close range Photogrammetry and 3D Imaging“ (2017)

messverf1.ppt

Lichtmessungen

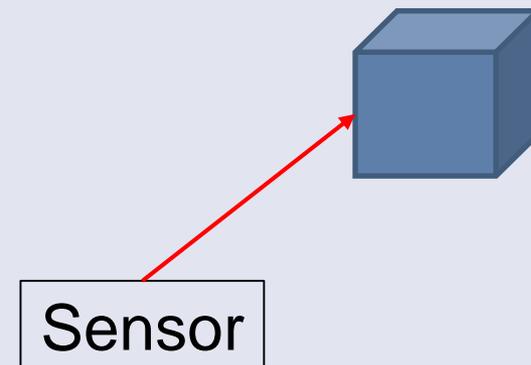
Passiv

- Unstrukturierte Lichtquellen (z.B. Sonnenlicht)
- Beobachtet wird das vom Objekt reflektierte Licht

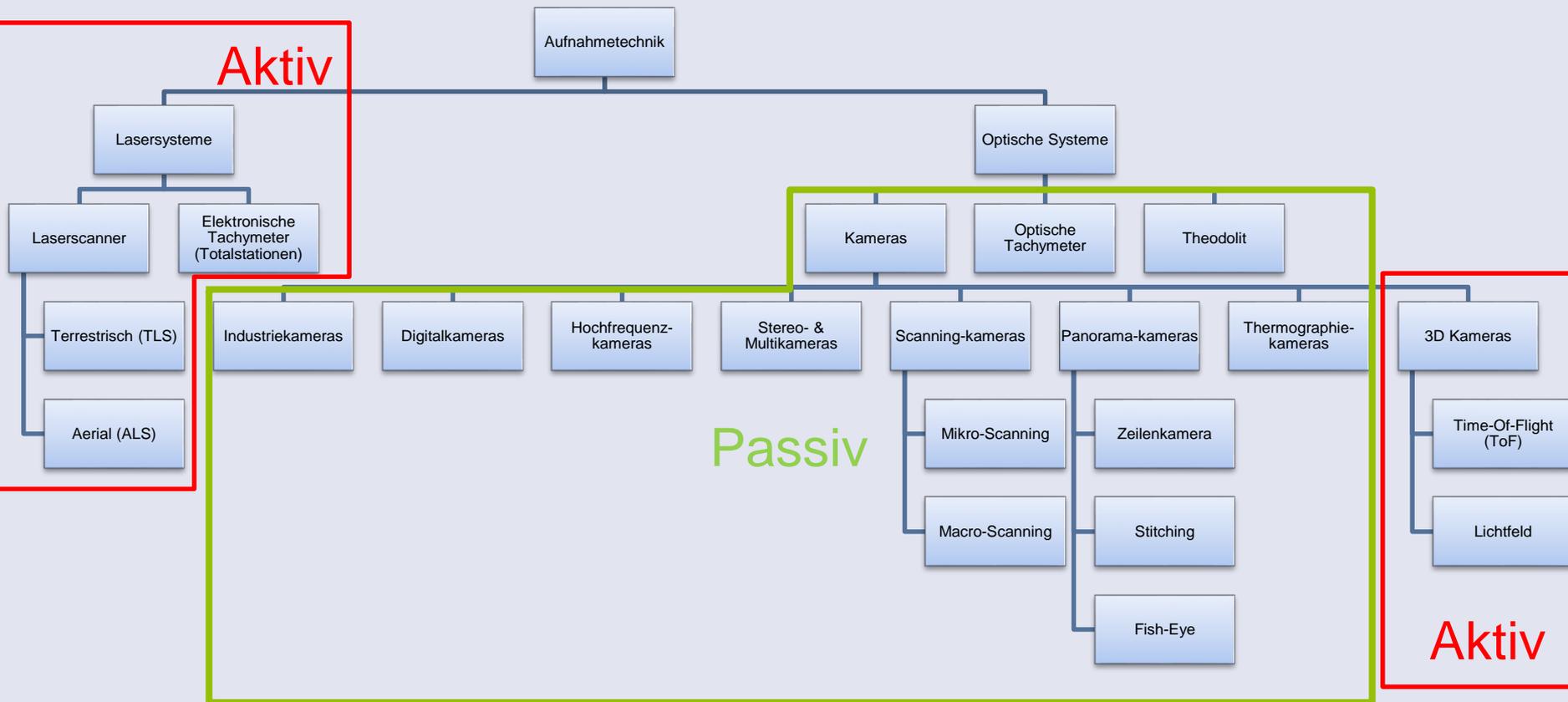


Aktiv

- Strukturierte Lichtquelle (mit vordefinierten Parametern, z.B. ein Laserstrahl)
- Signal wird zum Objekt geschickt



Aufnahmesysteme



Industrie- & Digitalkameras (2D, 3D)

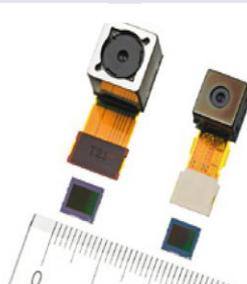
- Industriekameras:
 - alle Digitalkameras
 - einfacher Aufbau: Objektiv, Bildsensor, Elektronikkomponente
 - häufig für technische Messungen angewendet
- Digitalkameras:
 - kompakt (häufig für mobile Systeme)
 - low-cost
 - mittlerweile hochauflösend
 - Für Spezialisten und „Laien“



Industriekamera für technische Anwendungen



Miniaturkamera



On-Chip-Kamera



Leica S



Hasselblad H4D-60

Referenz: T. Luhmann „Close range Photogrammetry and 3D Imaging“ (2017)

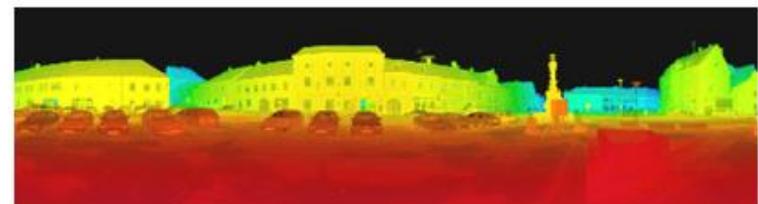
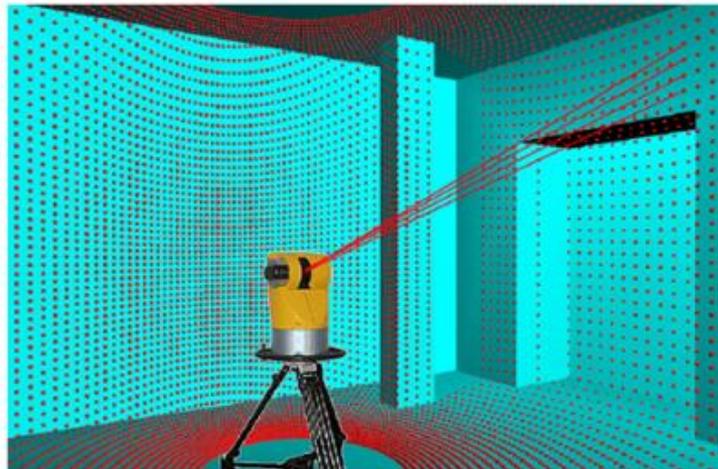
Tachymeter und Theodolit (2D, 3D)

- Theodolit
 - Horizontalrichtungen
 - Vertikalwinkel
- Tachymeter:
 - Horizontalrichtungen
 - Vertikalwinkel
 - Distanz zum Objekt



Laserscanning (3D)

- Erfassung:
 - mehrerer Entfernungen
 - Intensität
 - Farbe
- Intensitätsbilder
- Abstandsbilder
- Reale Farbbilder



Optische Messverfahren

Laser Scanner



© Riegl

© Leica

Laser Tracker



© Leica

Totalstationen



© Leica

Sonstige Verfahren



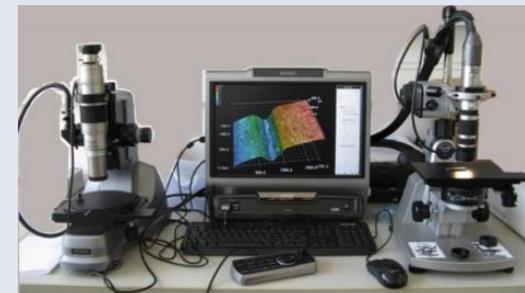
© SICK



© Faro

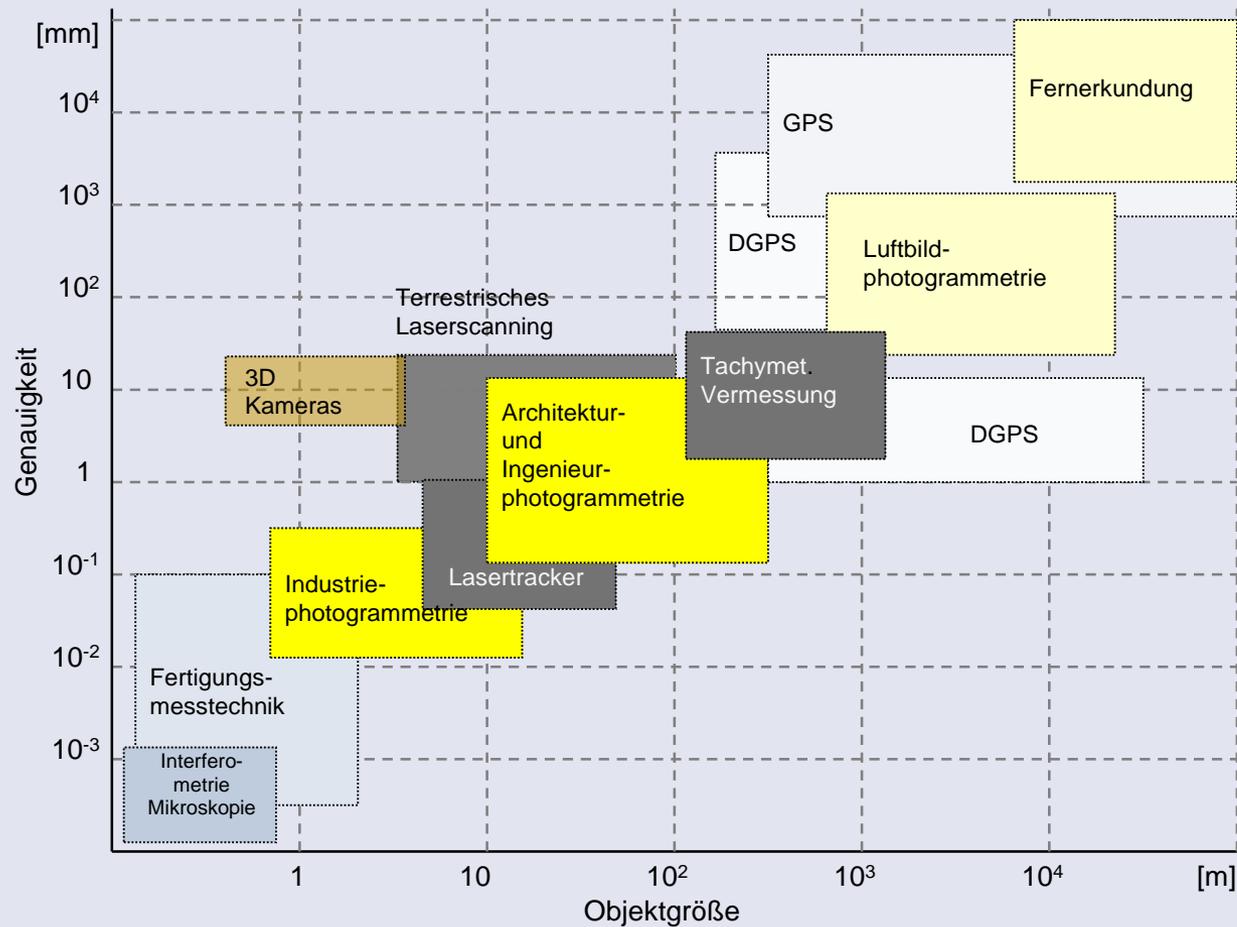


© API



Konfokales Mikroskop © Innovent

Genauigkeit von 3D-Messverfahren



messverf1.ppt

Referenz: T. Luhmann „Close range Photogrammetry and 3D Imaging“ (2017)

Entwicklung in der Sensortechnik

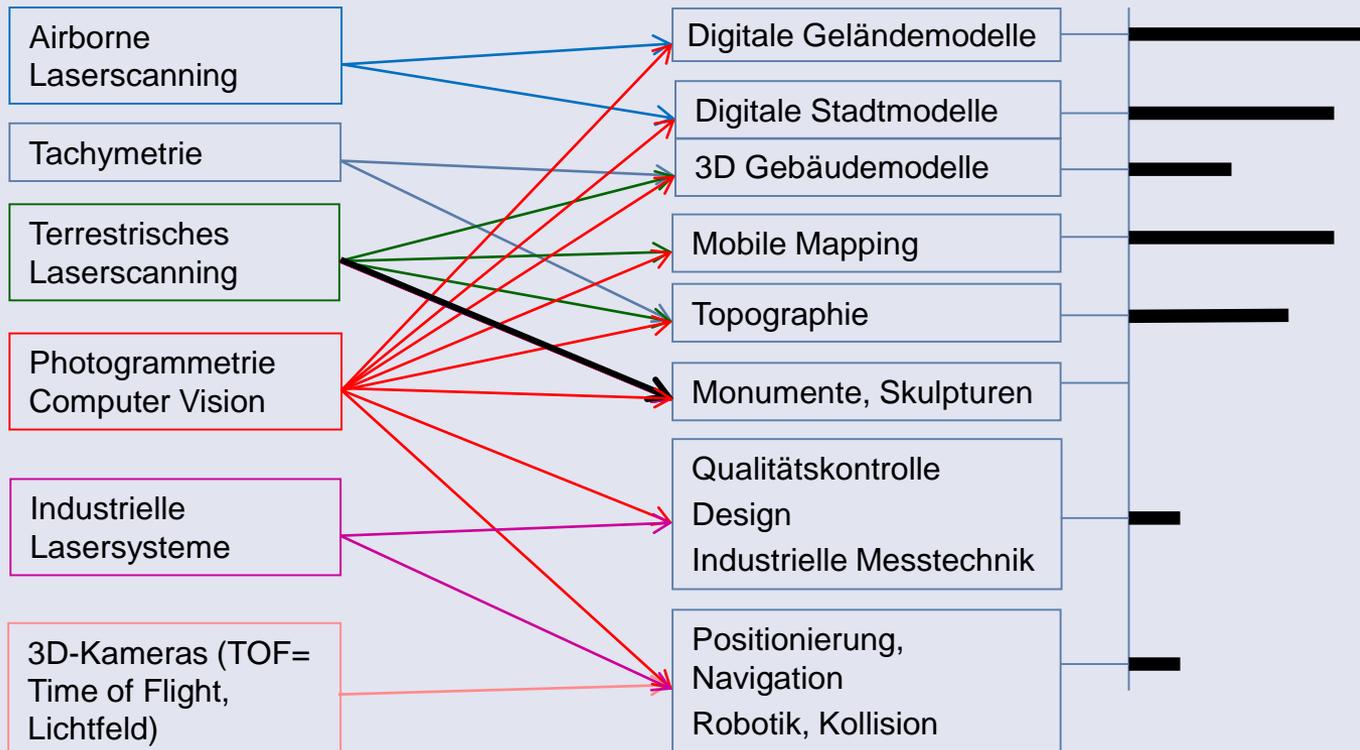
- Verschmelzung von Totalstation (Tachymeter) und Laser scanner
- Verkleinerung der Sensoren mit konsumerfreundlichen Preisen und automatisierter Datennachbearbeitung



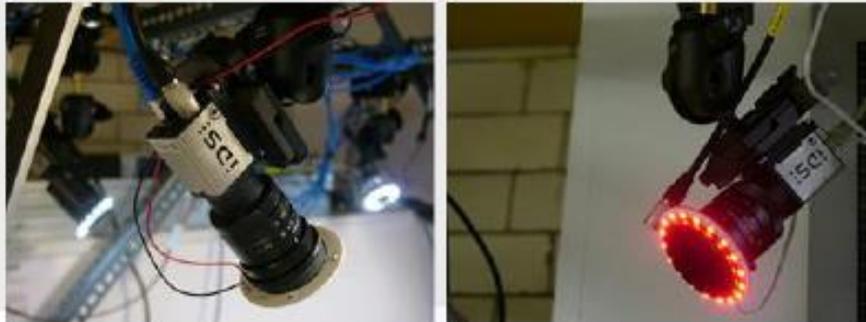
Technologien

Anwendungen

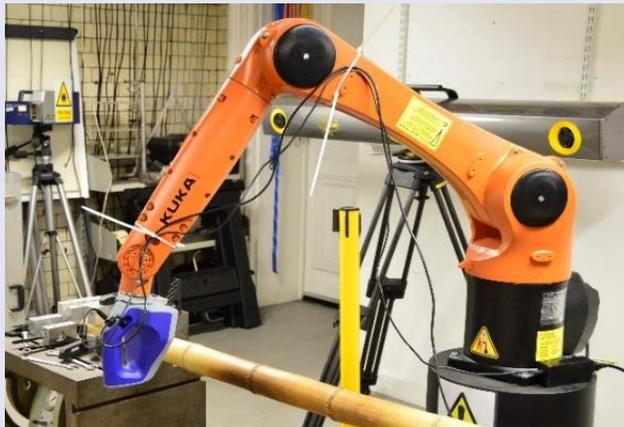
Objektgröße



Entwicklung in der Sensortechnik



- Machine vision Cameras : Industry 4.0
- Robotisch gesteuerte Oberflächenaufnahme
- SLAM
- Drohnen



Und... kinderleicht

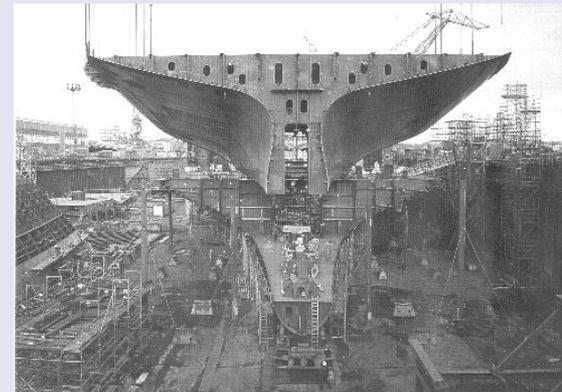


Anwendungsbeispiele

Anwendungen in der Messtechnik



Automobilbau



Schiffbau



Flugzeugbau

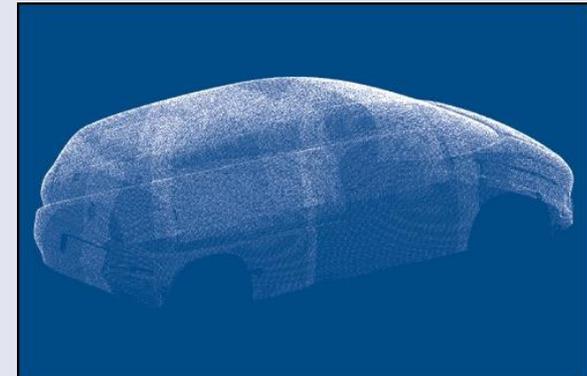


Unfallvermessung / Forensik

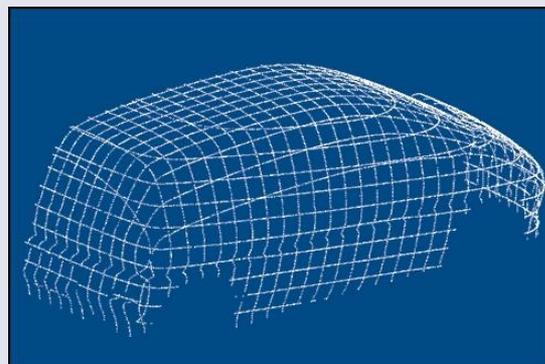
Anwendungen im Design



Oberflächenmesssystem (GOM)



3D-Punktwolke



Oberflächenvermaschung
Oberflächenrückführung / reverse engineering

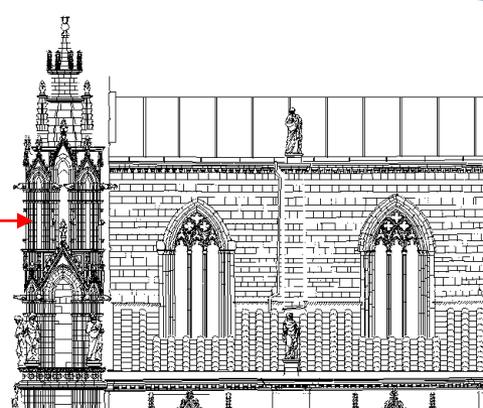


Schattiertes Modell

Anwendungen in der Dokumentation von Kulturerbe, bzw. Konservierung und der Restaurierung



Messbild Dom von Siena



Strichauswertung



Mosaik Graf-Anton-Günter



Bildausschnitt

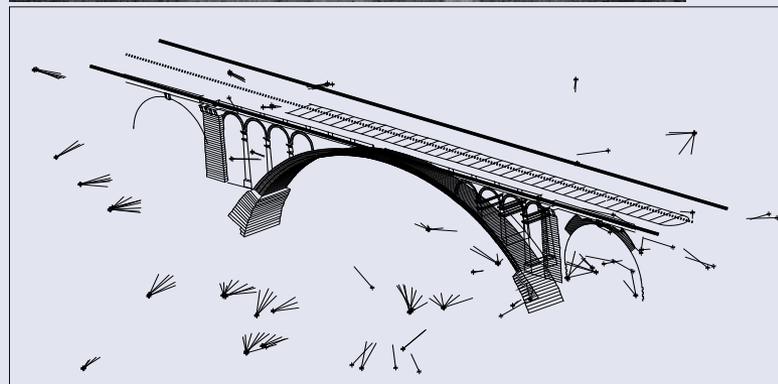
Anwendungen im Ingenieurbau



Anbringung der Passpunkte



Pont Adolphe,
Luxembourg

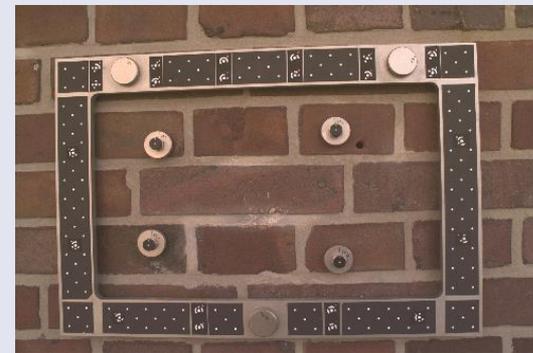


3D-CAD-Modell

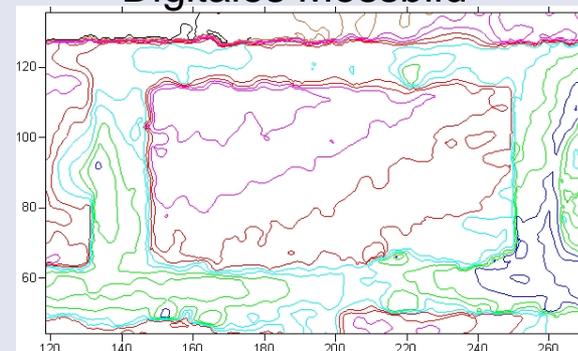
Anwendungen in der Materialprüfung



Johanniskirche Lüneburg

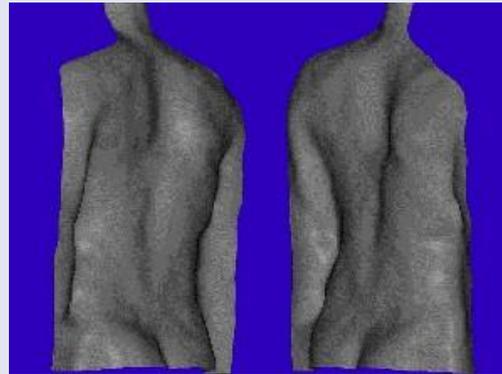


Digitales Messbild

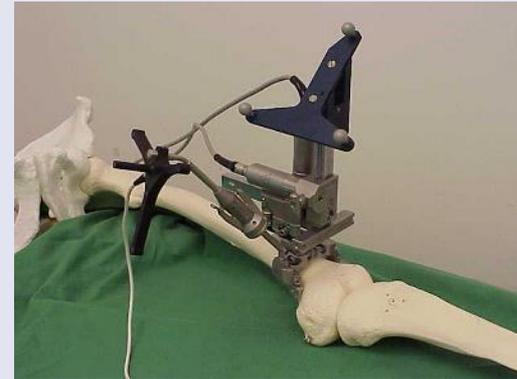


3D-Oberflächenmodell

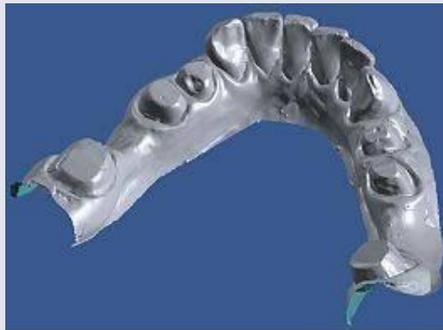
Anwendungen in der Medizin



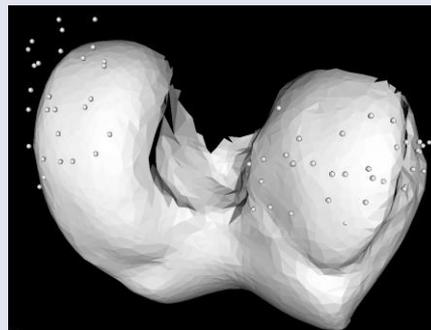
Rückenvermessung



Operationsroboter



Kiefervermessung



Computertomographie



Navigationssystem im OP

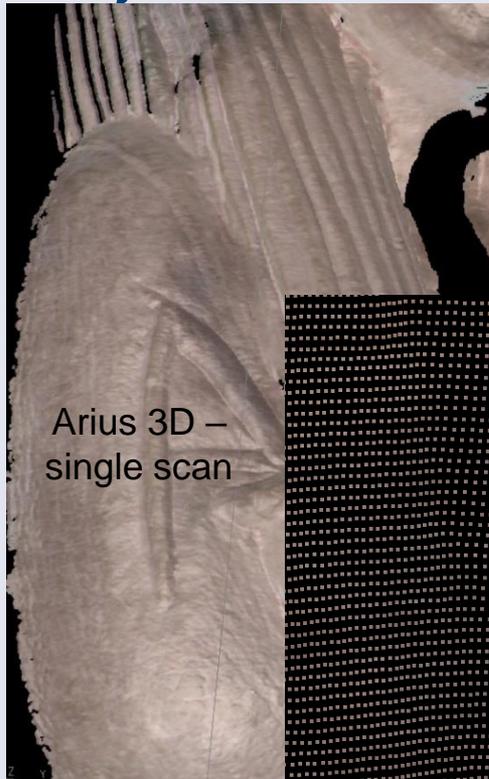
Bildmaßstab



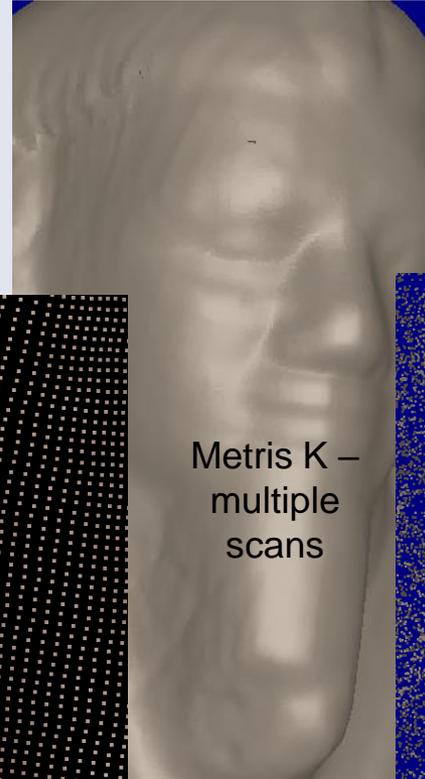
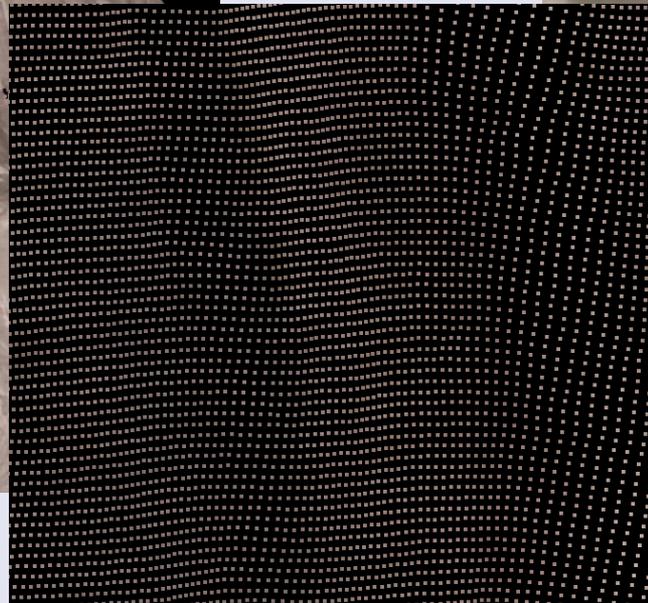
Näherungsweise gleicher Bildmaßstab im ganzen Bild

Ungleiche Bildmaßstäbe im ganzen Bild

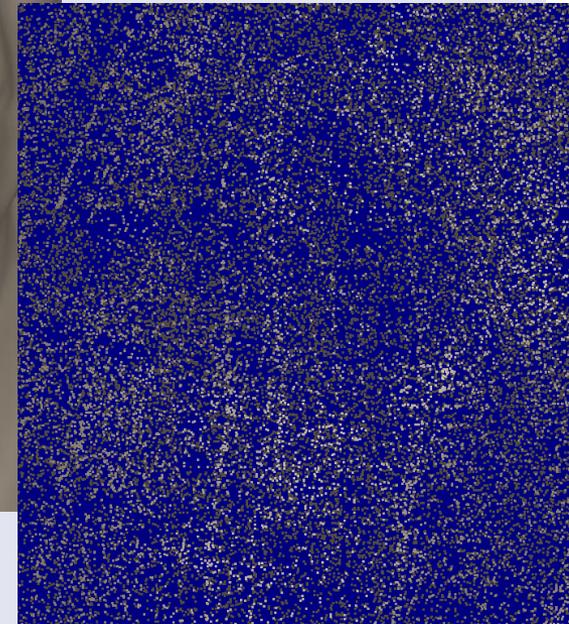
3D Punktwolke Nahbereich scanning: selbes Objekt, unterschiedliche Sensoren



Arius 3D –
single scan

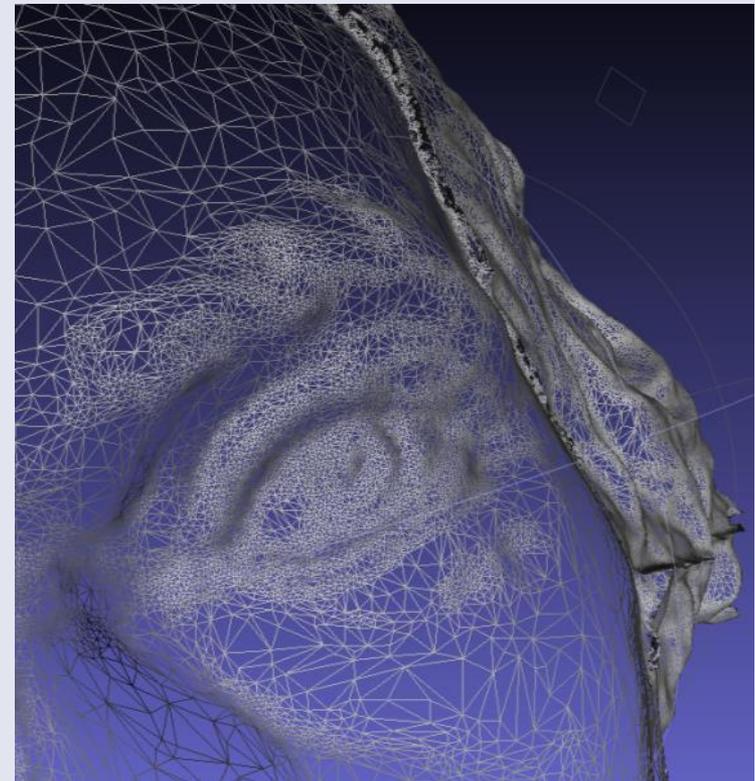
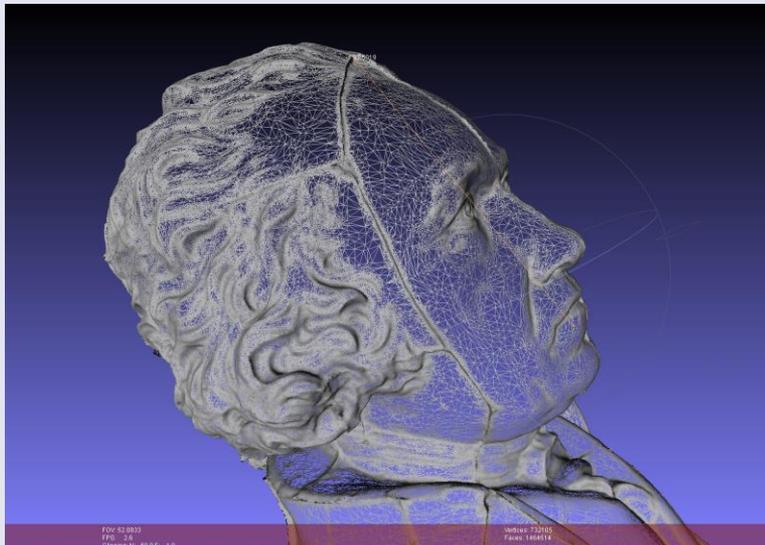


Metris K –
multiple
scans



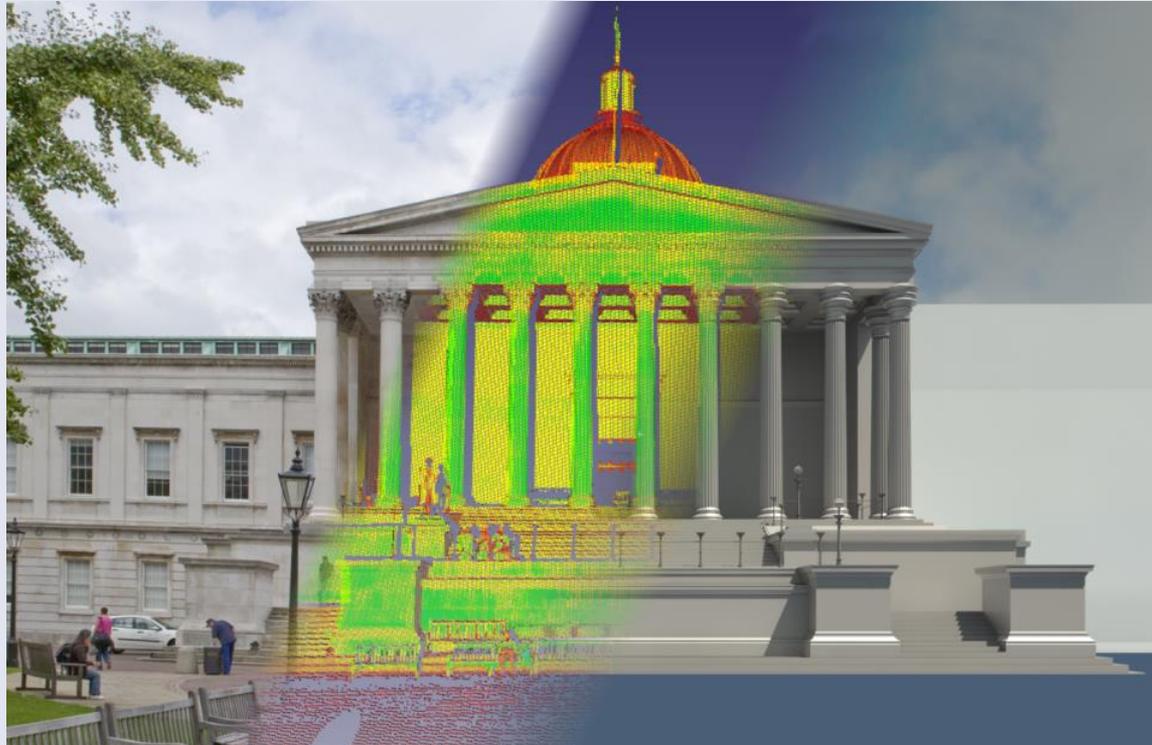
3D vermaschte Punktwolke = Polygonales Oberflächenmodell

- TIN, Triangular Irregular Network
- Mesh



Fallstudie Denkmalgebäude - 3D Punktwolke : Terrestrisches Laserscanning





Heute: Einführung Digitale Objekterfassung

Orthofoto → 3D laser scan mit Intensitätswerten → 3D Modell nachmodelliert

Von 3DIMPact (3D imaging, metrology and photogrammetry research group, University College London)

Anwendungen: unterschiedliche Aufgabenstellungen

- *Visuelle Kommunikation*
 - *Oberflächenauflösung (Details)*
 - *Vollständigkeit (Oberflächenaufnahme von allen Seiten)*
 - *Textur und Farbe / Reflektion*
- *Überwachung & Inspektion (technisch)*
 - *Metrisch genaue Extraktion von geometrischen Formen*
 - *Ausreichend Informationen (N tests – Abweichungen)*
 - *Oberflächen und Kanten*

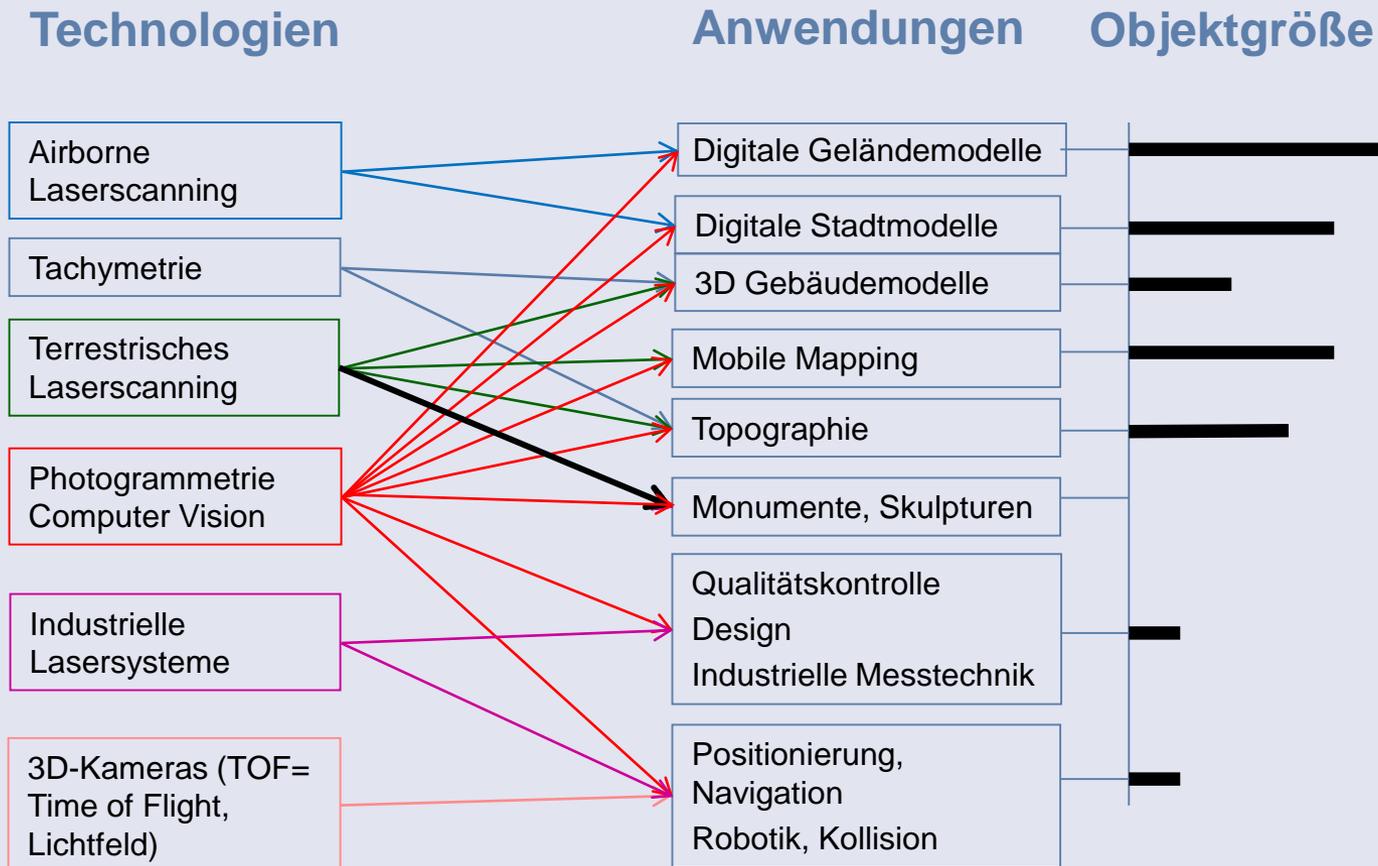
Shipping gallery at the Science Museum – Gallery to be decommissioned

- What to do?
- 3D image of the library as documentation for the future.
- Spatially correct measurements.
- Video

http://www.sciencemuseum.org.uk/about_us/history/shipping.aspx

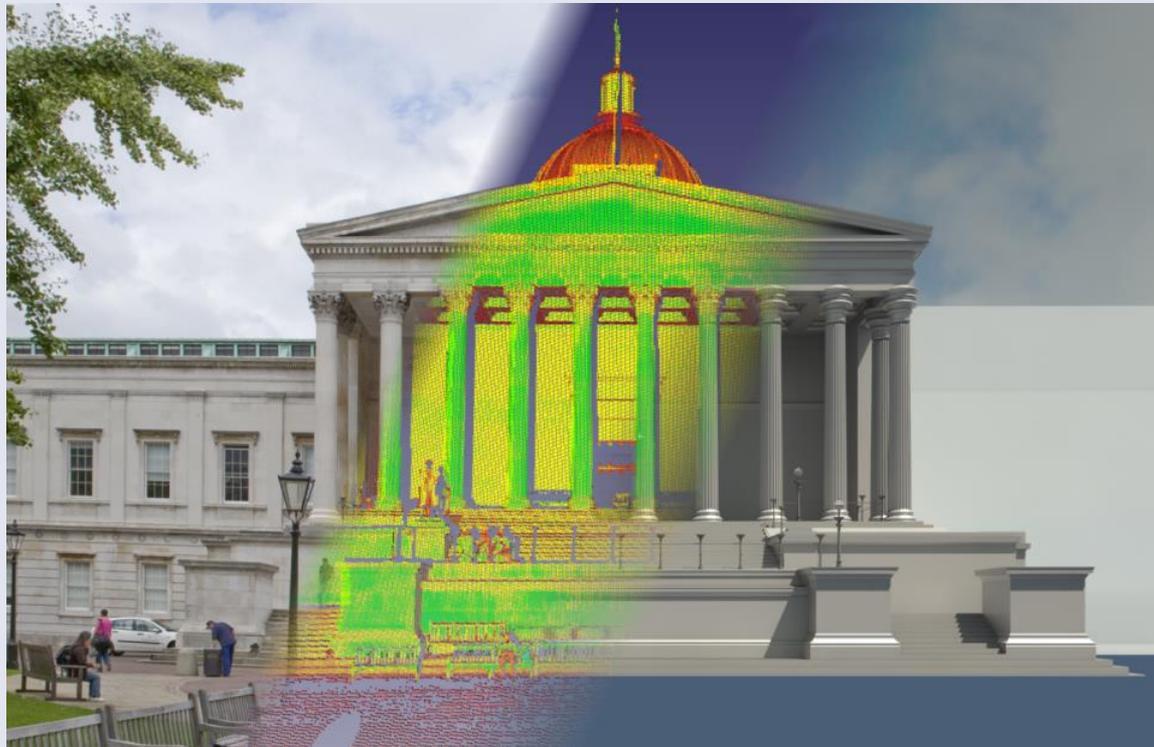


Nochmal zur Erinnerung. Fragen?



Referenzen

- [Nahbereichsphotogrammetrie : Grundlagen – Methoden – Beispiele](#)
 - Luhmann, T. (2017) *Nahbereichsphotogrammetrie*. 04. Auflage, neu bearb. erw. Berlin: Wichmann, H.
 - S.24 – S.28, S35-39
- 3D recording, documentation and management of cultural heritage . In: Imaging, Stylianidis, Efstratios, and Fabio Remondino. *3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage*. Whittles Publishing, 2016. <http://hdl.handle.net/1854/LU-8050621>.
 - [Nur Online \(bei MH im Bücherschrank\):
http://ebookcentral.proquest.com/lib/ub-bamberg/detail.action?docID=4710342](http://ebookcentral.proquest.com/lib/ub-bamberg/detail.action?docID=4710342)
 - Chapter 5: Basics of Image-Based Techniques in CH Recording , Chapter 6: Seiten 253 – 257, Seiten297 – 301
 - Basics of Range-Based Modelling Techniques in CH 3D Recording Seiten 305-320, Seiten 339- 364



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie Fragen?

Mit Dank an Prof. Dr. Thomas Luhmann und Jean-Angelo Beraldin!