

# 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](mailto:Mona.Hess@uni-bamberg.de)

Twitter: @Mona3Dimaging



Institut für Archäologische  
Wissenschaften,  
Denkmalwissenschaften  
und Kunstgeschichte



# Inhalt der Vorlesung

- Physikalische Grundlagen des Laserstrahls und Lasertechnik
- 3D Laserscanning
  - Grundlagen
  - Aufnahmetechnik
  - Workflow
- Anwendungsbeispiele

# Grundlagen der Lasertechnik

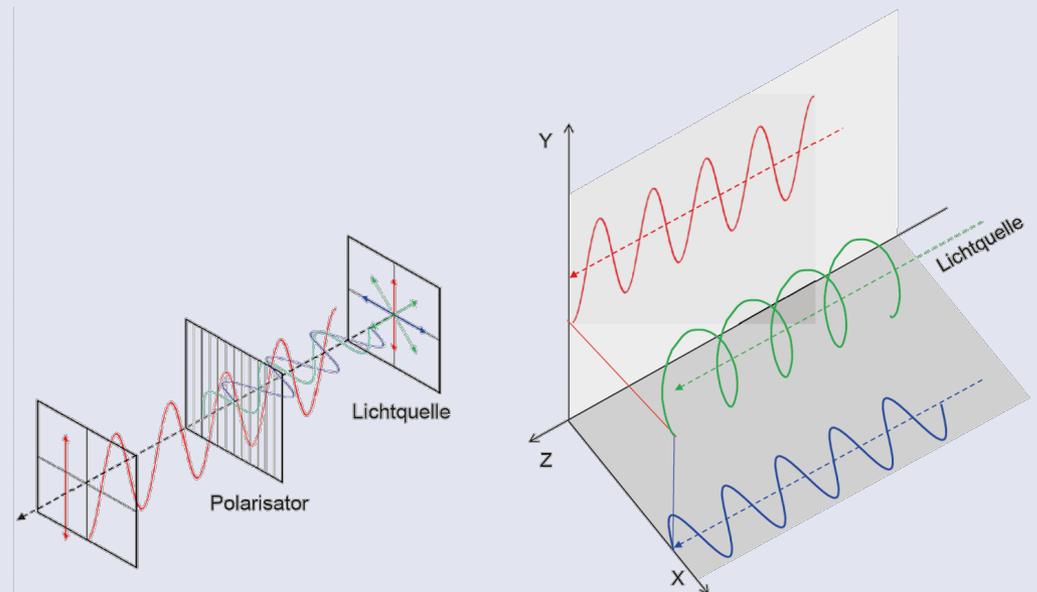
# Was ist ein Laser?

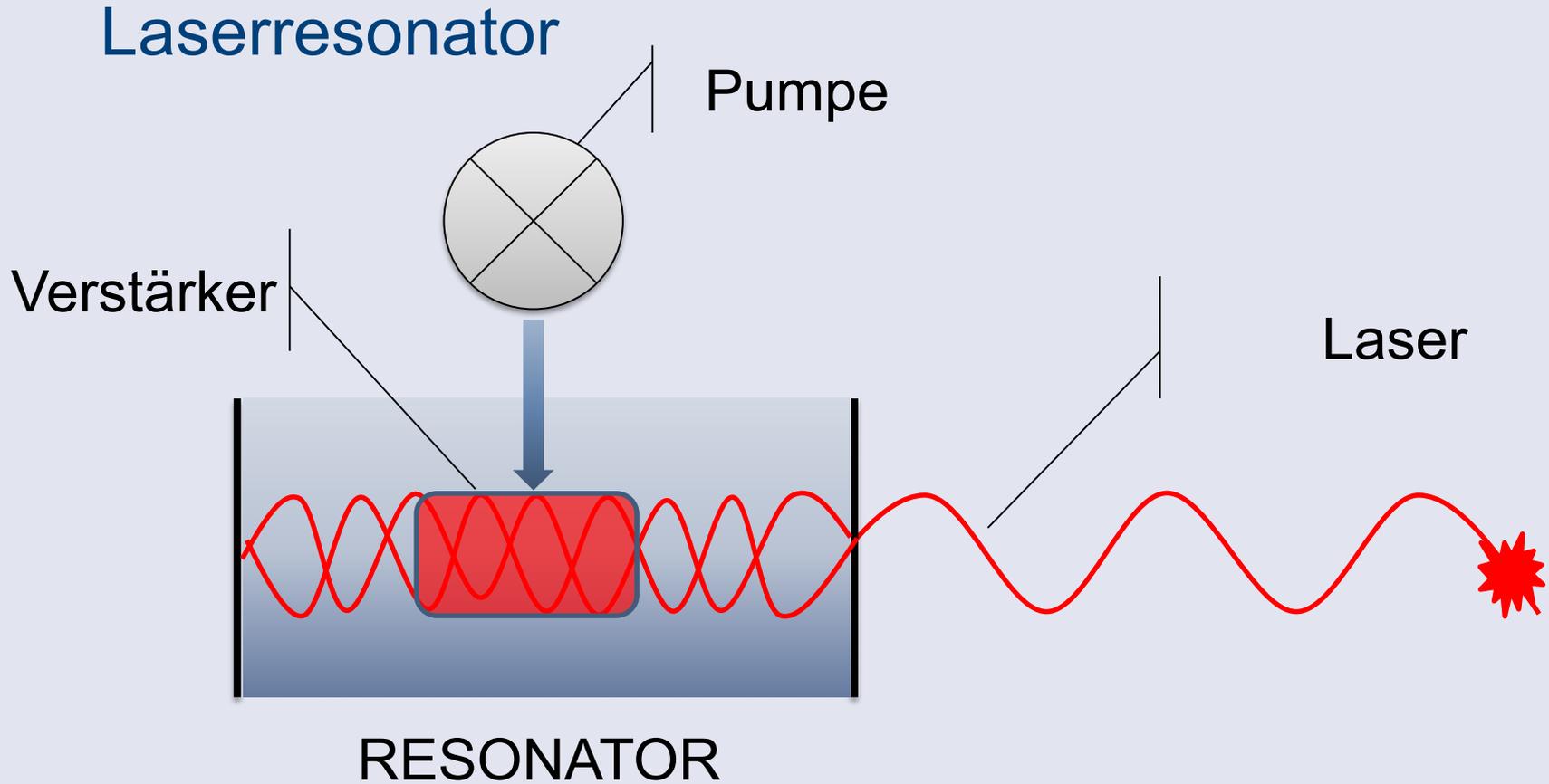
- Laser: Akronym für engl. light amplification by stimulated emission of radiation „Licht-Verstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung“
- Laser – System/Technologie, die Energie aus einem externen Medium in die Energie eines eng divergierenden Strahls umwandelt.
- Also:
  - Input – Energie aus externem Medium:
    - Lichtenergie
    - Elektroenergie
    - Wärmeenergie
    - Chemische Energie
  - Output – Strahl:
    - Kohärent (mit konstanter phasendifferenz)
    - monochromatisch
    - polarisiert (mit gerichteter Schwingung)
    - eng



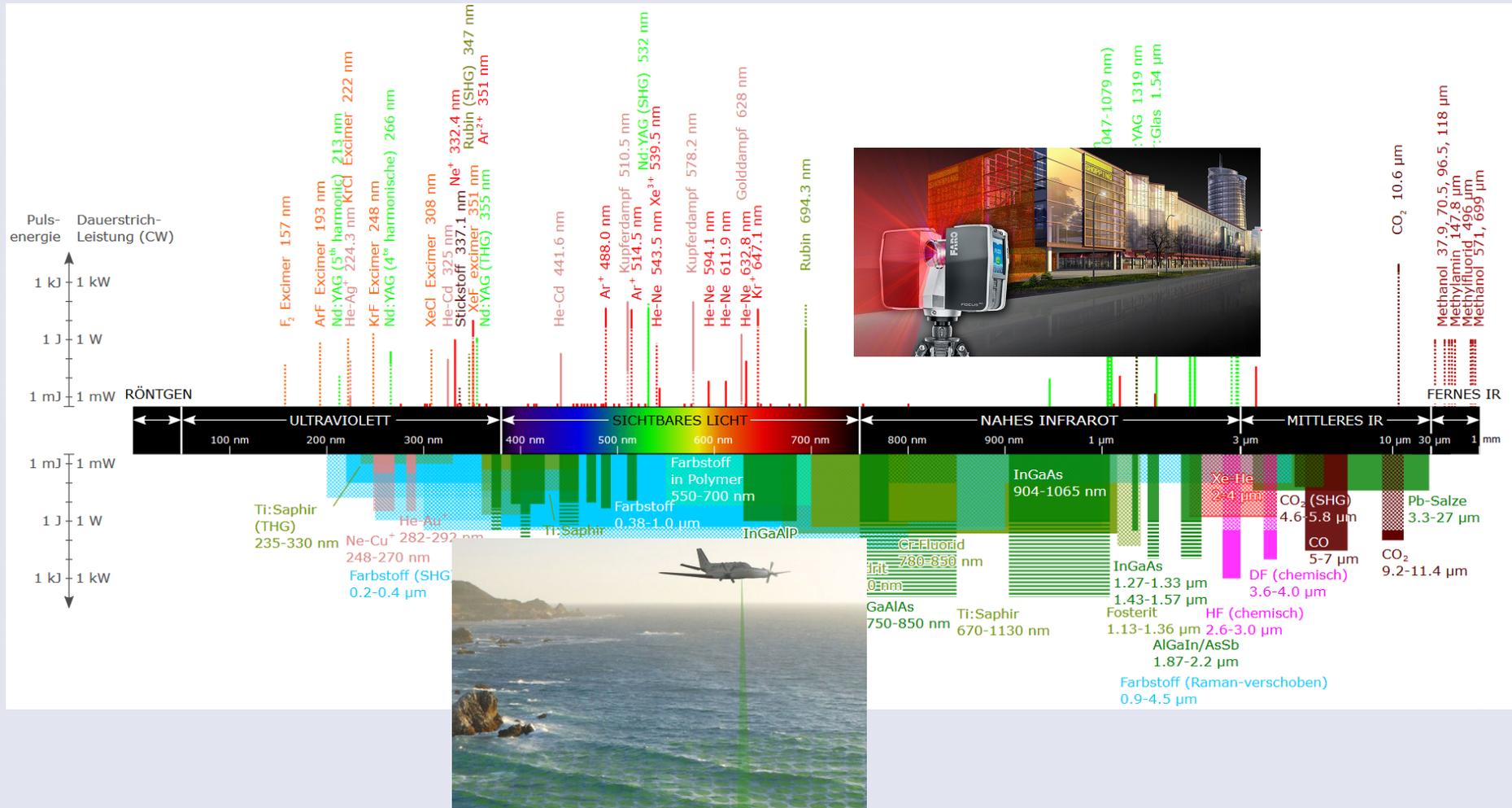
# Polarisation

- Natürliches Licht – Transversalwelle (Schwingung  $\perp$  Ausbreitung):
- viele Schwingungsrichtungen mit
  - ungeordneten Amplituden
  - Phasenlagen
- Polarisierung – Ausbreitung in einer Richtung
  - Licht  $\rightarrow$  Polarisator (durchlässige Schicht aus parallel orientierten Makromolekülen)
  - Ergebnis: Sinusschwingung mit gleicher Phasenlage

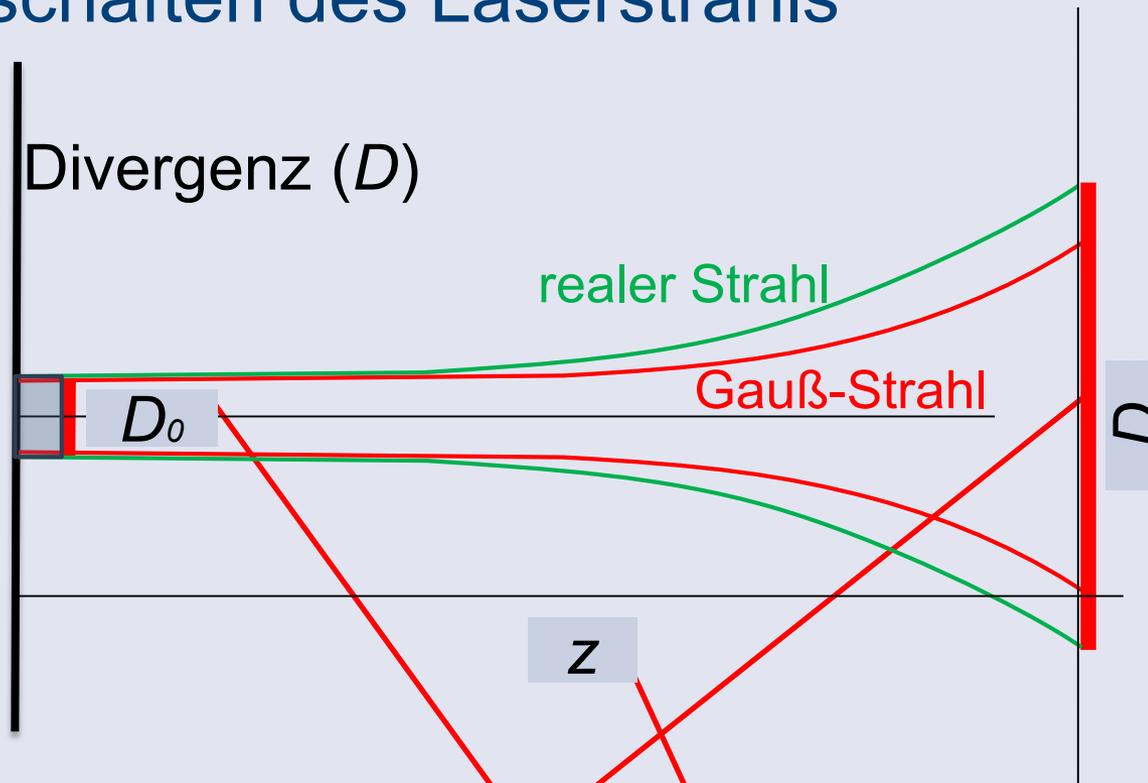




# Spektralbereich der Laserstrahle



# Eigenschaften des Laserstrahls



$$D(z) \approx D_0 + z \frac{4\lambda}{\pi D_0}$$

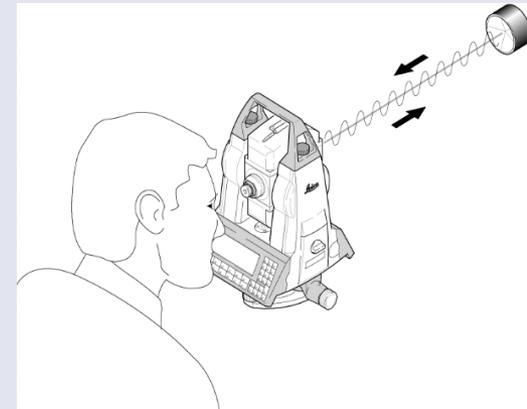
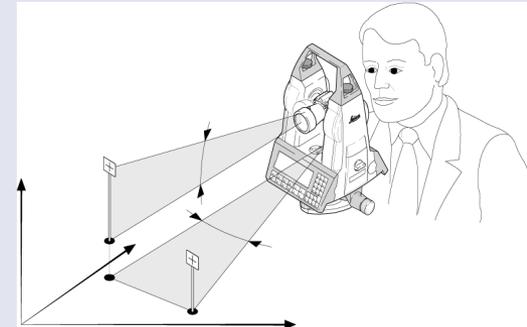


## Laserklassen und Augen

Klasse	Beschreibung
1	Die zugängliche Laserstrahlung ist ungefährlich, oder der Laser befindet sich in einem geschlossenen Gehäuse
1C	Die zugängliche Laserstrahlung ist ungefährlich für das Auge, aber in besonderen Fällen gefährlich für die Haut.
1M	Die zugängliche Laserstrahlung ist ungefährlich, solange keine optischen Instrumente wie Lupen oder Ferngläser verwendet werden.
2	Die zugängliche Laserstrahlung liegt nur im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm). Sie ist bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (bis 0,25 s) auch für das Auge ungefährlich.
2M	Wie Klasse 2, solange keine optischen Instrumente wie Lupen oder Ferngläser verwendet werden.
3R	Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge.
3B	Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge und in besonderen Fällen auch für die Haut. Diffuses Streulicht ist in der Regel ungefährlich. (Laser von CD-/DVD-Brennern; Laserstrahlung allerdings nicht direkt zugänglich)
4	Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut. Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein. Beim Einsatz dieser Laserstrahlung besteht Brand- oder Explosionsgefahr. (Materialbearbeitung, Forschungslaser)

# Laserscanning

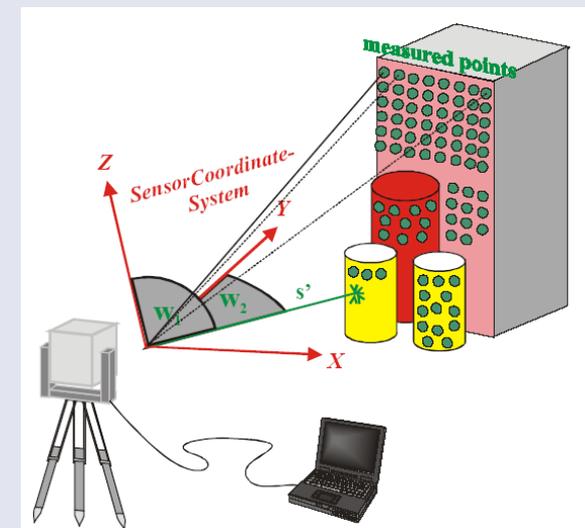
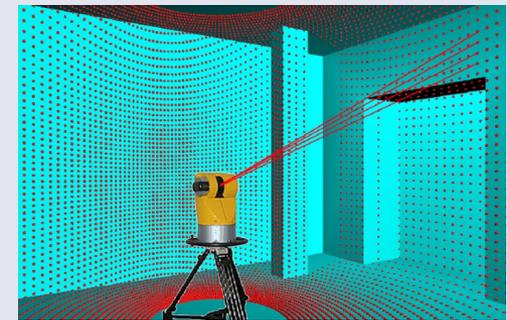
# Aktive Messsysteme – Totalstation und Laserscanner

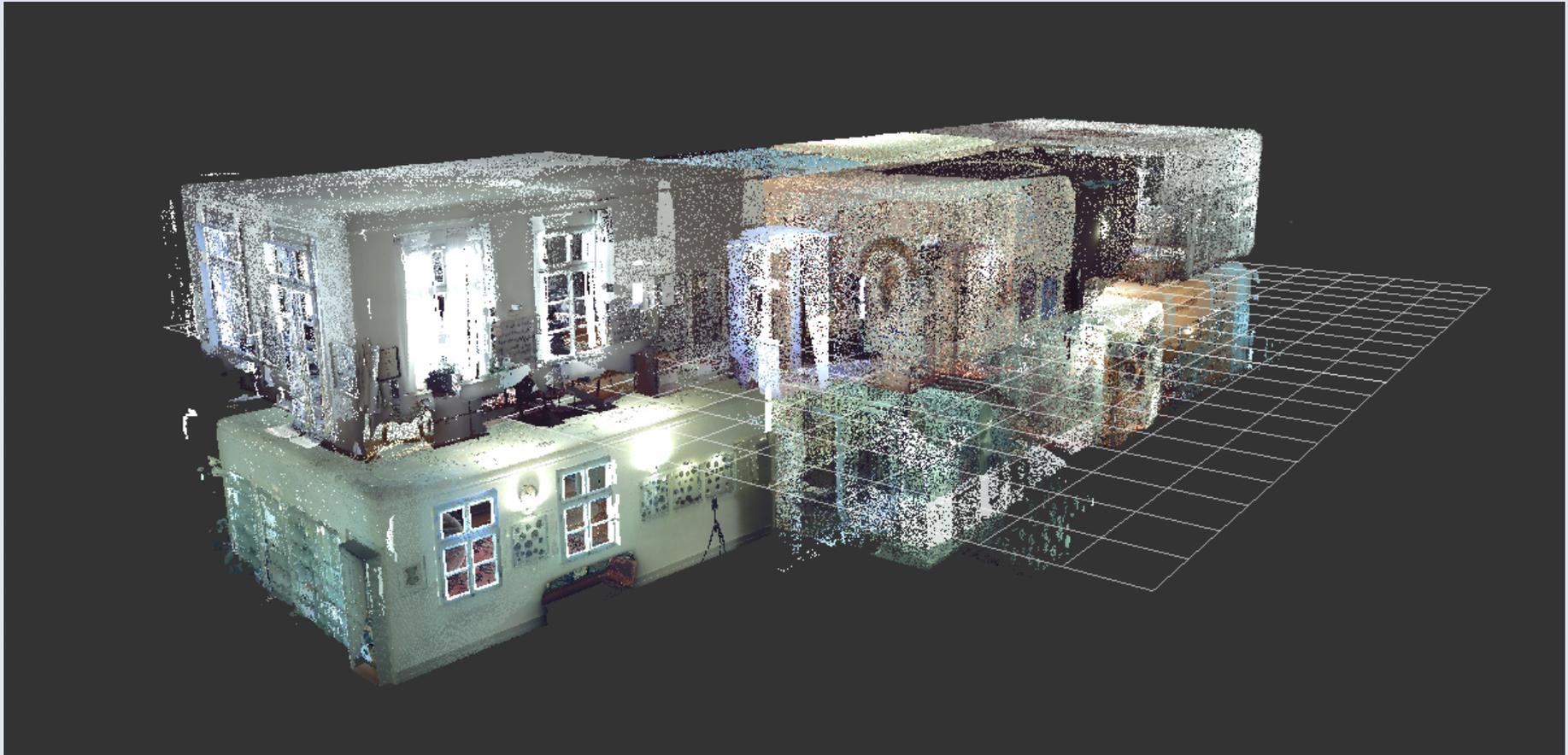


Motorise the angle turning capability of the instrument,  
 replace the observer with a range sensor ...  
*.... Laser Scanning*

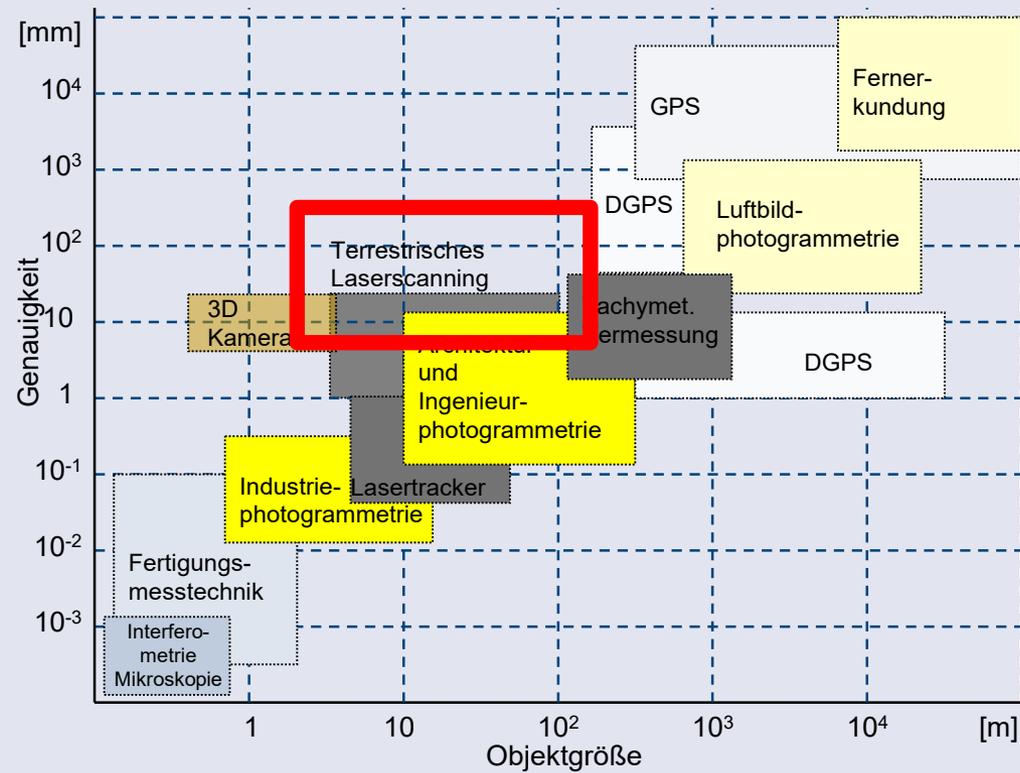
# Was ist Laserscanning?

- Laserscanning - ist ein Verfahren, bei dem eine Oberfläche mittels Lasertechnologie erfasst oder abgetastet wird.
- Messungen pro Punkt  $P_i$ :
  - 1 Distanz  $S_i$
  - 1 horizontaler Winkel  $W_{1i}$
  - 1 vertikaler Winkel  $W_{2i}$
- Objektpunkt hat:
  - Koordinaten  $xyz$  +
  - Intensitätswert  $i$  vom reflektierten Signal
- Produkt:
  - Punktwolke
    - 2D Zeichnungen 3D Modelle



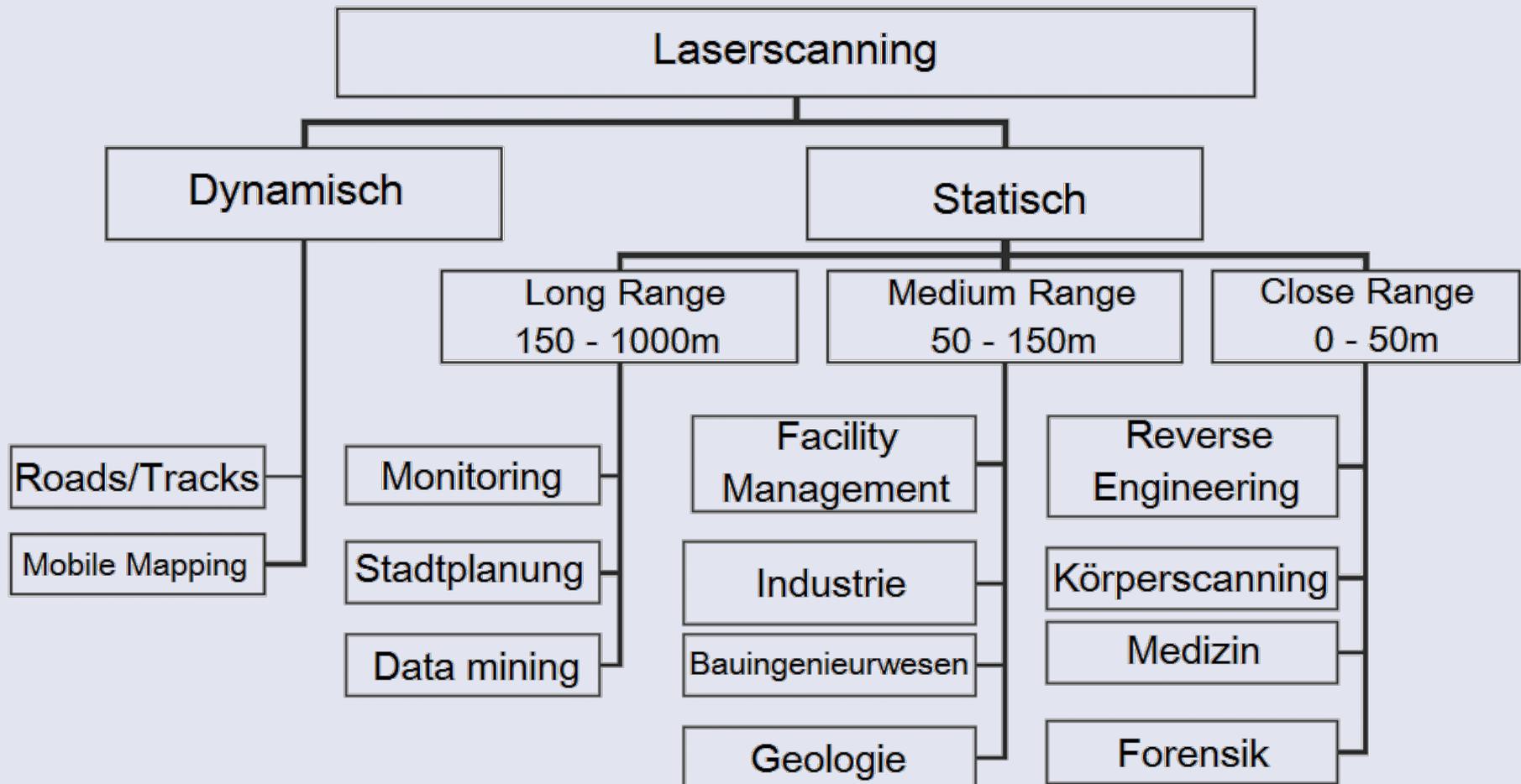


## Genauigkeit von 3D-Messverfahren



messverf1.ppt

# Einteilung Laserscanning



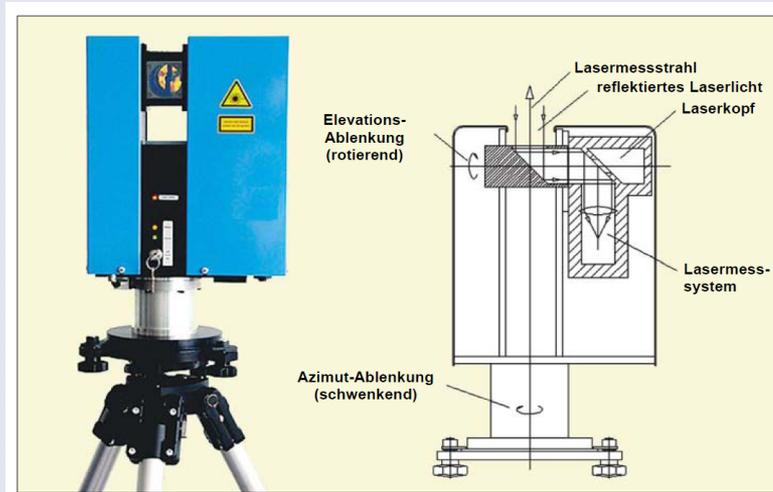
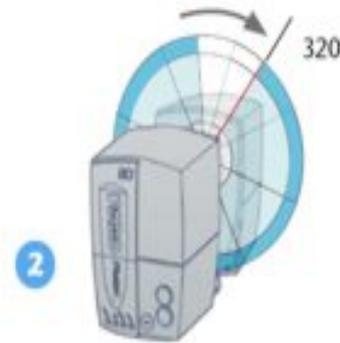
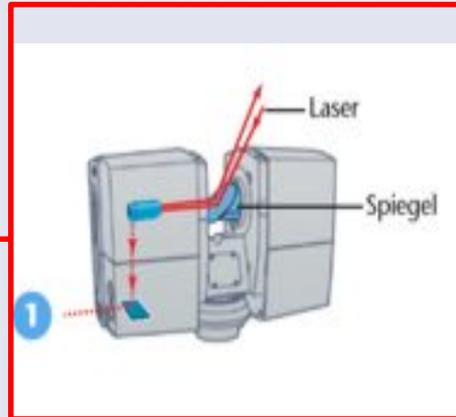
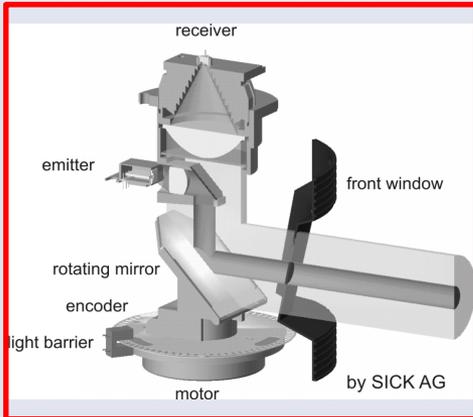
# Aufnahmeart

Laserscanning

Terrestrisch

Airborne

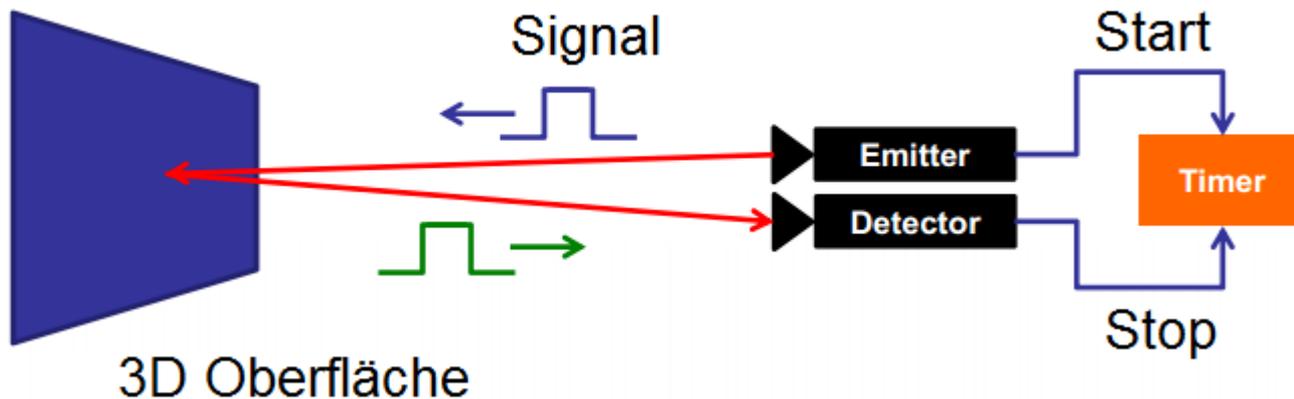
# Laserscanner - Aufbau



# Time-of-flight

- Time-of-flight ist ein Messprinzip, bei dem die Abstände zum Objekt mittels einer Zeitmessung des Lichtsignals geschätzt werden.

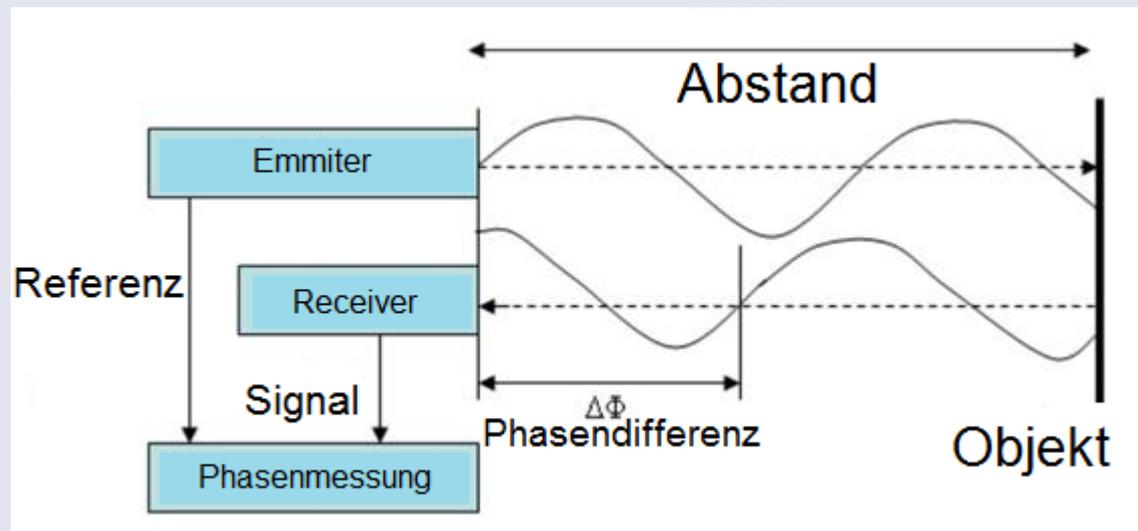
$$R = c * \tau / 2$$



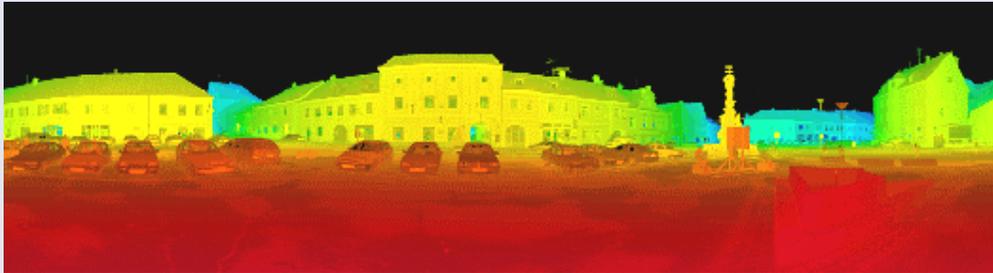
## Phasendifferenzmessung

- Phasendifferenzmessung ist eine Messungsmethode, bei der die Abstände zum Objekt mittels einer Differenz zwischen emittiertem und zurückkommendem Signal geschätzt werden.

$$R = \Phi_{2R} * c / (4\pi * f)$$



## Scans sind....



Distanzbilder

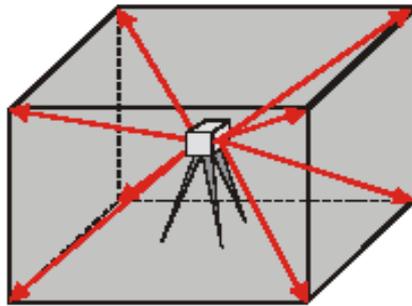


Intensitätsbilder

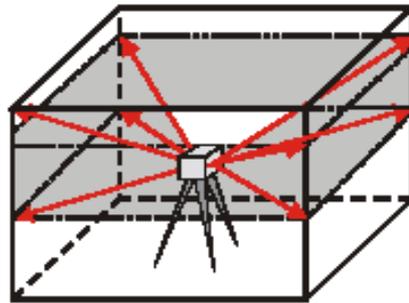


Farbbilder

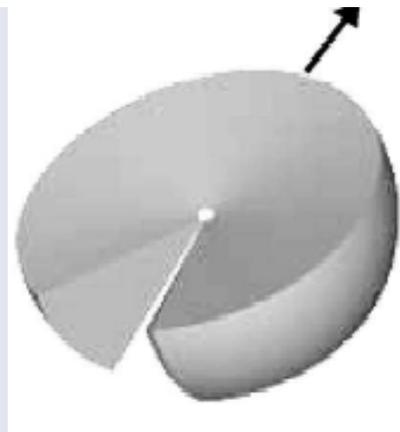
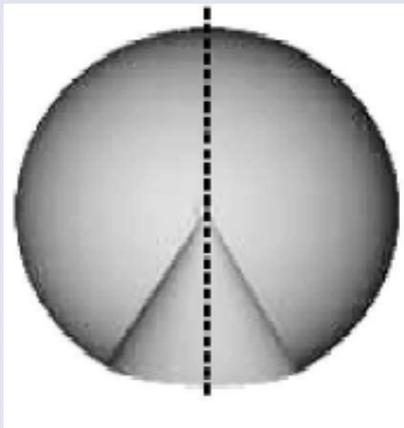
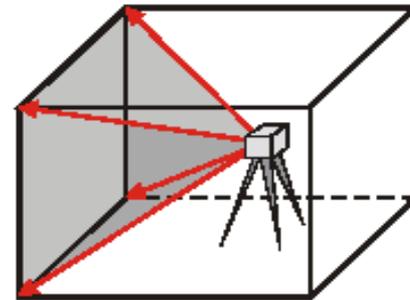
Panorama-Scanner



Hybrid-Scanner



Camera-Scanner



## Features of Laserscanning

- ✓ Erfassung der 3D-Koordinaten eines beliebigen Punktes
- ✓ Dichte Datenerfassung
- ✓ Berührungslos
- ✓ Möglichkeit der Datenerfassung für nicht leicht zugängliche Strukturen
- ✓ Angemessene Genauigkeit für viele Anwendungen
- ✓ Vielseitig einsetzbar
- ✓ Effizient
- ✓ Einfach zu bedienen

# Laserscanner heute



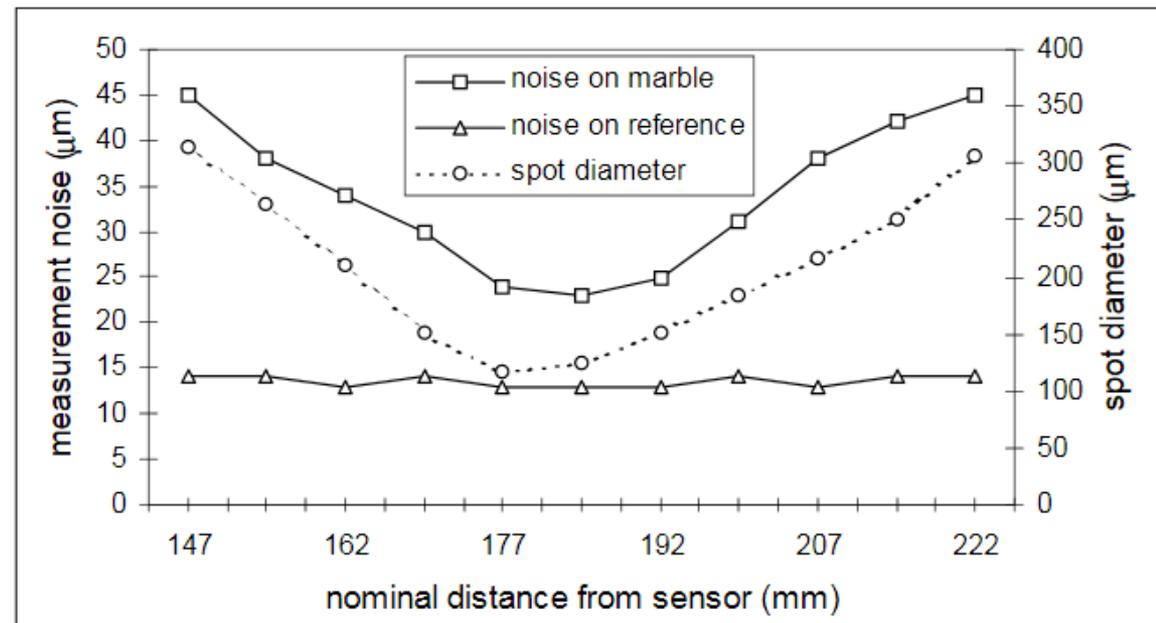
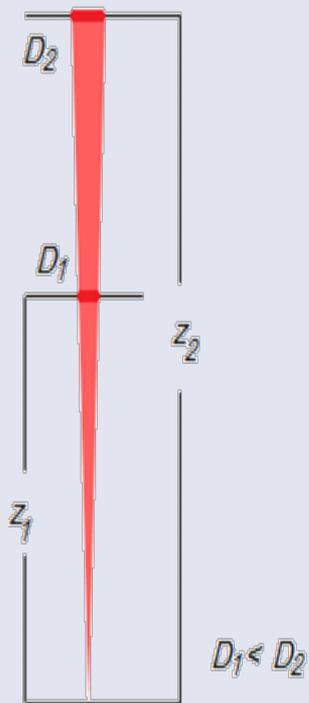
# Vergleich von Laserscannern

Criteria	Imager 5010	Scanstation C10	GX 3D	CX	VZ-400	Focus 3D 120
Producer	Z+F	Leica	Trimble	Trimble	Riegl	Faro
Scan method	Phasenvergleichsverfahren	Impulsverfahren	Impulsverfahren	Kombinierte Phasen- und Impulsmessung	Impulsverfahren, Fullwaveform processing	Phasenvergleichsverfahren
Field of View	360°x310°	360°x270°	260°x60°	360°x300°	360°x360°	360x305°
Max. Scan distance	187,3m	300m	350m (mit Overscan)	80m	600m	153,49m
Scan speed	1,016 Mio Pixel/s	50.000 Pkt./s	5000 Pkt/s	54.000 Pkt/s	42.000 Pkt/s	976000Pkt/s
Resolution vertical	0,0004° = 14"	12"	14"	25"	1.8"=0,0005°	0,009°
Resolution horizontal	0,0002° = 7"	12"	12"	15"	1.8"=0,0005°	0,009°
Scan precision	1,2 mm @ 50m rms	2mm	2mm	3mm	5mm	1-2mm @ 25m
Diameter of Laser beam	3,5mm@0,1m	4,5mm@bis 50m	3mm@50m	13mm@50m	0.3mrad	3,8mm

# Fehler im Laserscanning

- Aufnahmeentfernung negativer
  - ↳ Einfluss auf die Signalform bei steigender Entfernung wegen Divergenz);
- Auftreffwinkel negativer
  - ↳ Einfluss auf die Signalform und –intensität beim steigenden Auftreffwinkel);
- Eigenschaften der Objekt Oberfläche
  - ↳ Einfluss auf die
    - Signalreflexion und
    - –form

# Aufnahmeentfernung

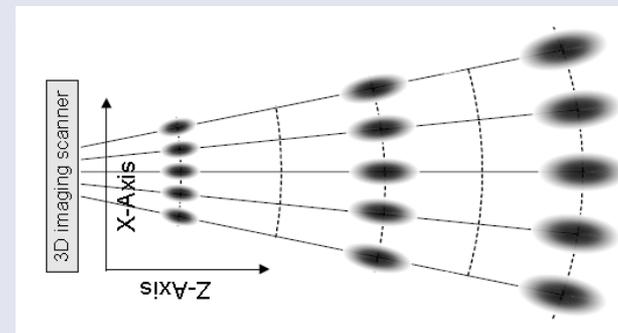
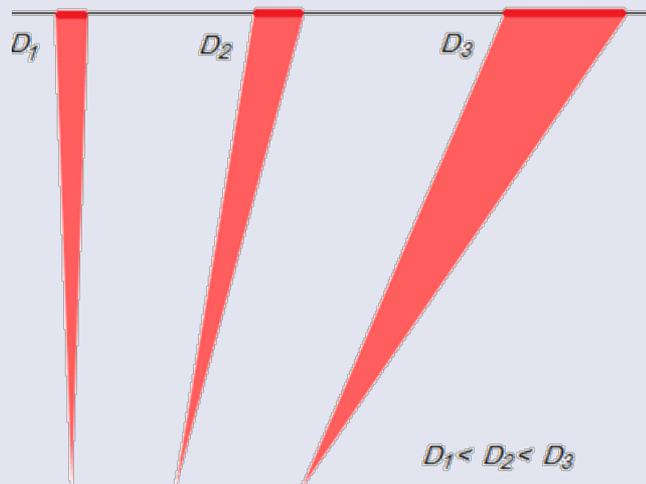


**Figure 2:** Effect of incident spot diameter on measurement noise.

Godin G, Beraldin J-A, Rioux M, Levoy M, Cournoyer L. An assessment of laser range measurement of marble surfaces. In: 5th Conference on Optical 3D Measurement Techniques. Vienna, Austria; 2001.

# Auftreffwinkel

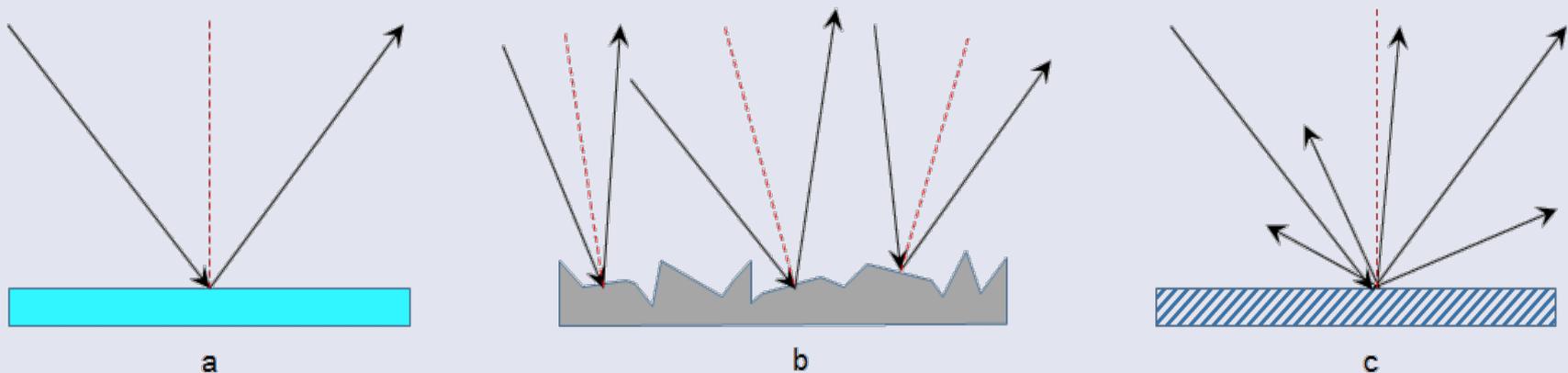
- Auftreffwinkel - Winkel zwischen der Flächennormalen und Beobachtungsrichtung
- Auftreffwinkel  $\uparrow$  - Strahlungsintensität  $\downarrow$
- Auftreffwinkel  $\uparrow$  - Durchmesser des Laserspots  $\uparrow$
- Auftreffwinkel  $\uparrow$  - Verformung des Laserspots



Beraldin, 2009, sec. 3.1

# Reflexion

- Reflexion
  - **Spiegelnde Reflexion** – tritt auf, wenn die Rauheit der Oberfläche im Vergleich zur Wellenlänge des reflektierten Laserlichts klein ist.
  - **Diffuse Reflexion** - bei der das Licht nach Lamberts Kosinusetz in alle Richtungen reflektiert wird
  - **Diffuse Reflexion mit Spiegelung**



# Reflexion und Intensität

- Reflexion – Intensitätswert

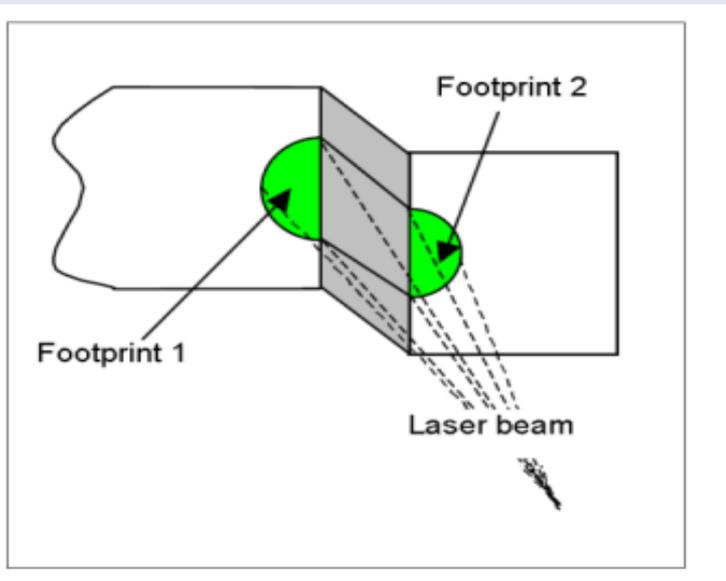
$$I_{refl}(\lambda) = I_I(\lambda) * k_d(\lambda) * \cos(\Theta)$$

mit

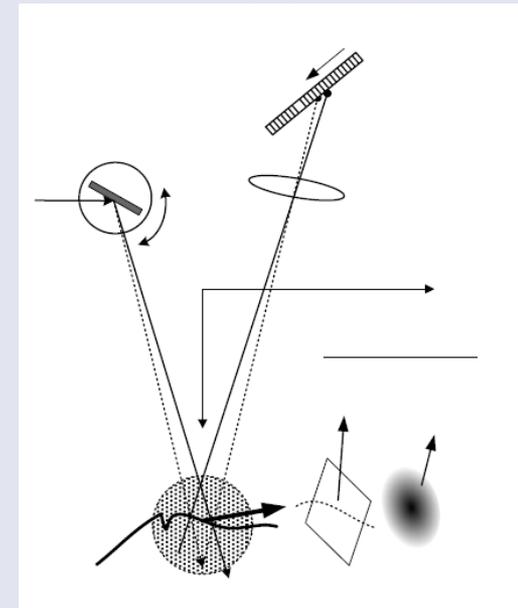
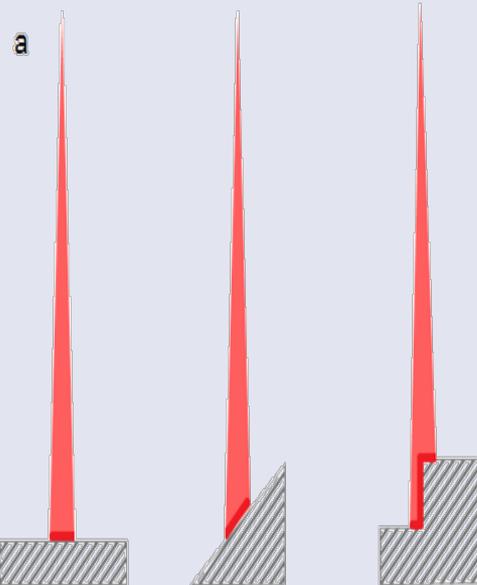
- $I_I(\lambda)$  – einfallende Lichtintensität als Funktion von der Wellenlänge
- $k_d(\lambda)$  – Koeffizient der diffusen Reflexion, Funktion von der Wellenlänge
- $\Theta$  – Winkel zwischen dem einfallenden Licht und Normalvektor der auftreffenden Oberfläche

# Objektform

- Objektform
  - verformt das Laserspot
  - teilt das Laserspot (2 Punkte werden als 1 Punkt betrachtet)

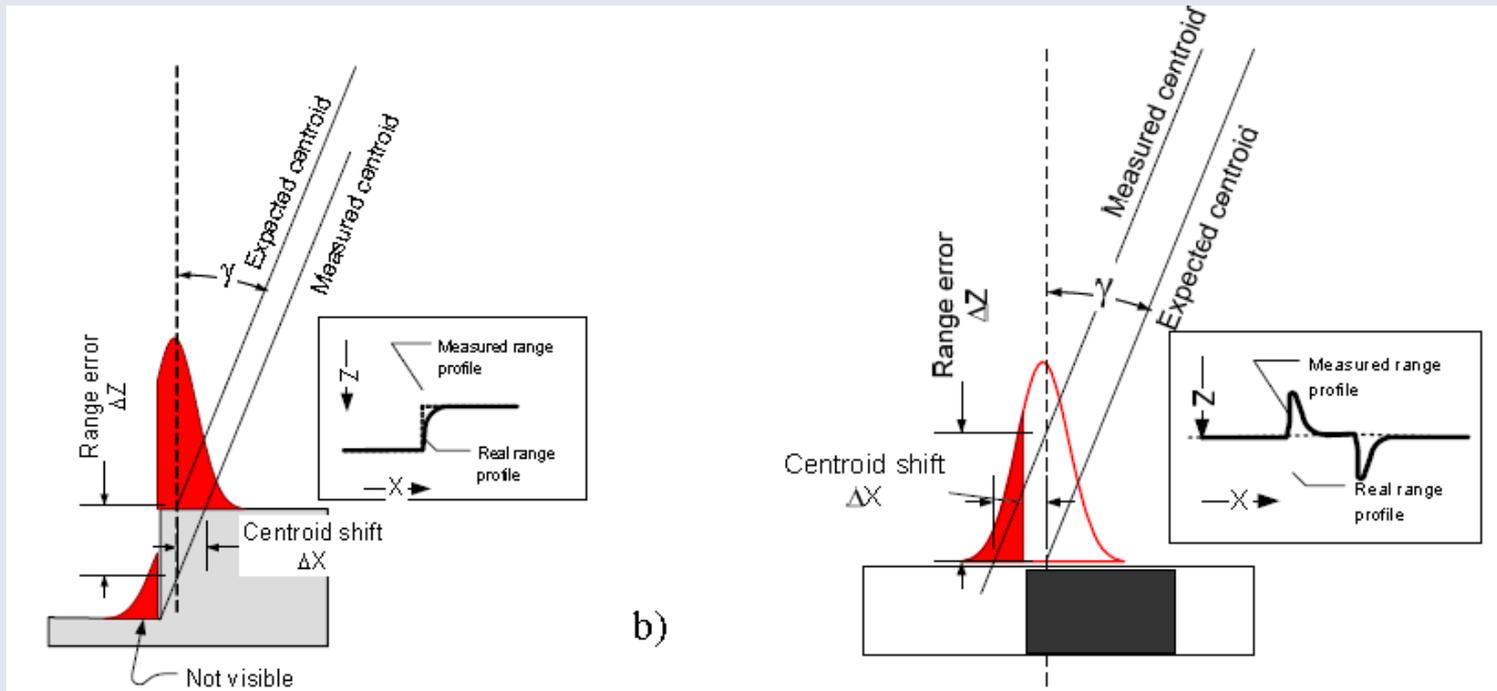


Bryan and English Heritage, 2003



Beraldin, 2009, sec. 3.1

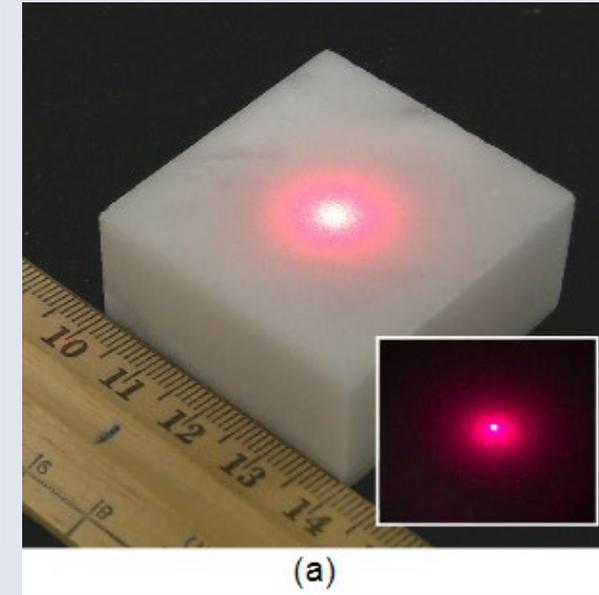
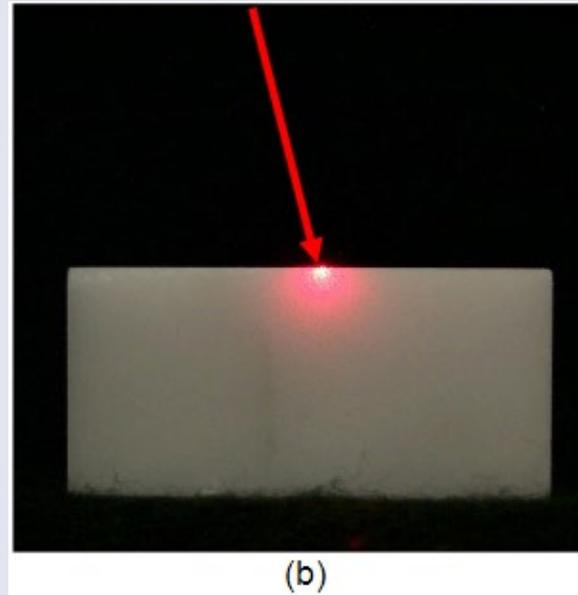
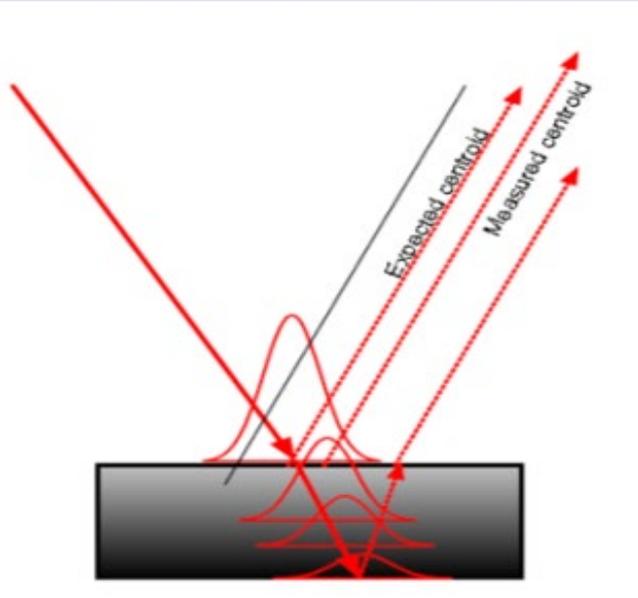
# Form und Farbe



Systematische Fehler, die durch eine Verschiebung des Schwerpunktes des Laserspots aufgrund einer Schrittdiskontinuität und durch Farbvariationen in der Oberfläche des Objekts entstehen.

# Penetration

## Penetration - Durchgang des Laserstrahls durch Material



Godin G, Beraldin J-A, Rioux M, Levoy M, Cournoyer L. An assessment of laser range measurement of marble surfaces. In: 5th Conference on Optical 3D Measurement Techniques. Vienna, Austria; 2001.

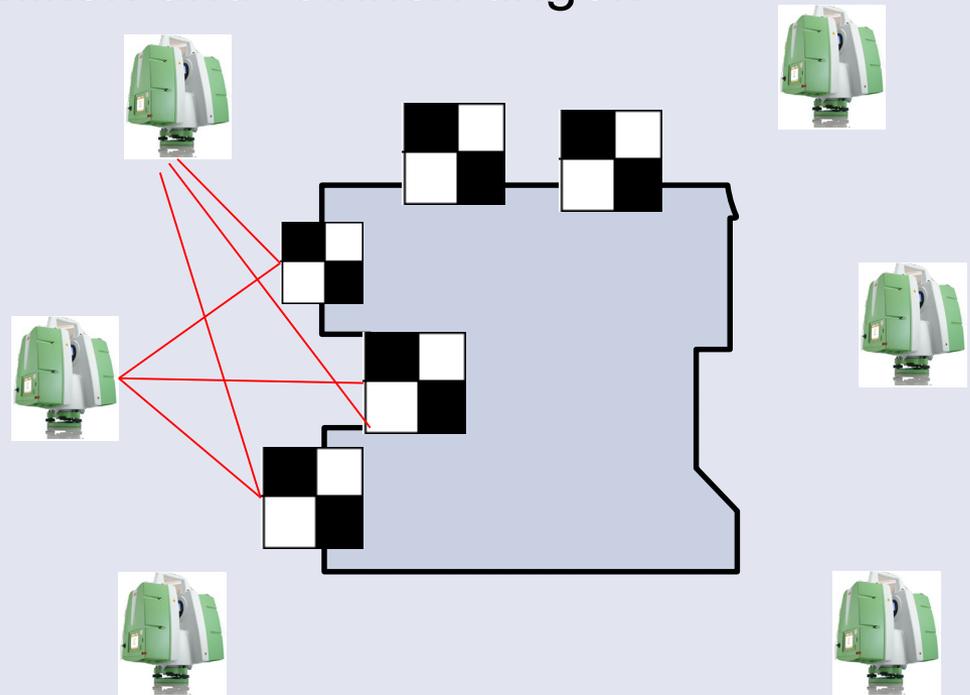
Blais et al., 2008, p. 4

# Laserscanning - Workflow



# Messungsplanung

- Festlegung der Ziele und Vorgaben
- Analyse des zu untersuchenden Gebietes
- Festlegung der Messtechniken und -einrichtungen
- Datenmanagement



## “Must know” vor der Messung

- Handbuch/Daten zum Laserscanner (z.B. FaroFocus 3D):
  - Wellenlänge  $\lambda$ ,
  - Strahldurchmesser durch Austritt der Optik aus  $D_0$ ;
- Zielmarken, die der anzuwendenden Software entsprechen;
- Schätzung der möglichen Entfernungen zum Objekt  $z$ ;
- Objektgrundriss

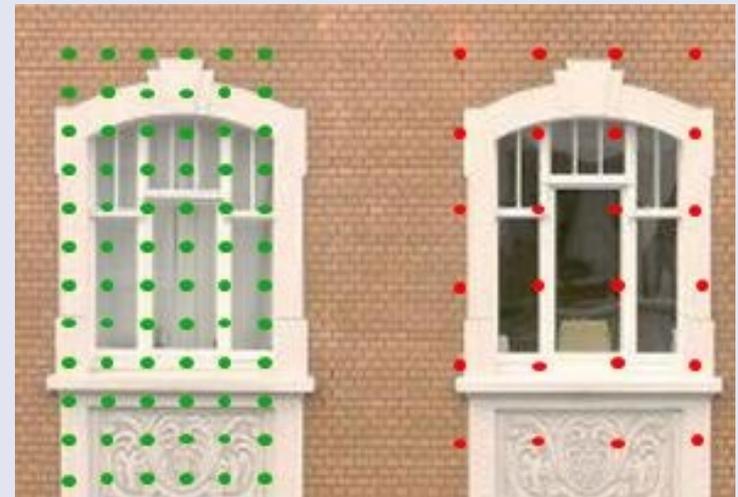
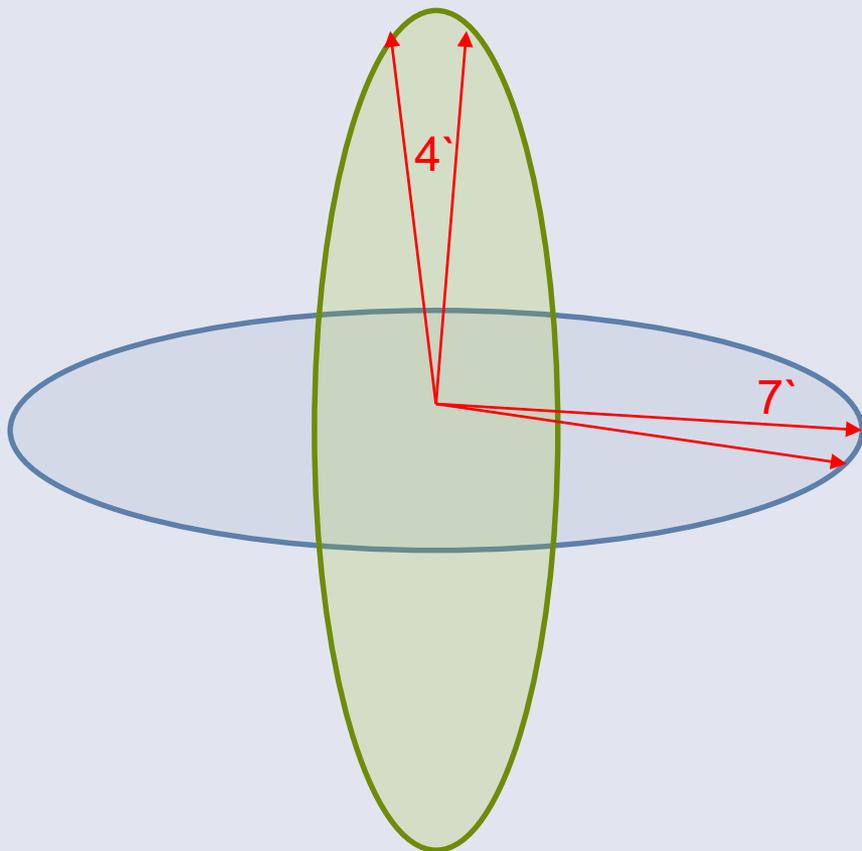
## Ziele definieren

- Was ist wichtig bei der Erfassung für den Kunden?
- Was will er mit den Daten machen?
- Der Grund für die Erfassung eines Objekts oder Gebäudes kann einen Einblick in die Anforderungen an die Leistungen und deren Genauigkeit geben.
- Welche Leistungen werden angefordert?

# Analyse der Messbedingungen

- Sehr komplexe Oberflächenstruktur (organische Formen)
- Erforderliche 3D-Leistungen
- Anforderung an Oberflächenmessungen anstelle von Einzelpunktmessungen
- Datensatz, der von einem multidisziplinären Team für verschiedene Zwecke verwendet werden kann.
- Archivierung ohne vorherige Kenntnis der zukünftigen Nutzung
- Zugriffsbeschränkungen

# Auflösung



Skizze 1: 1/32-Auflösung

- Laserpunkte aus 10m Entfernung
- Laserpunkte aus 20m Entfernung

# Laserscanner - Einstellungen (Faro Focus 3D)

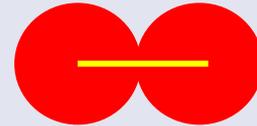
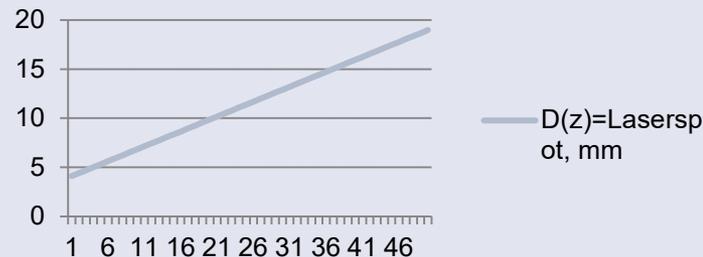
## Manuell

- Bereich: innen/außen
- Qualität (x mal Messung)
- Sensor (z.B. Kompass)
- Farbe
- Auflösung

## Vom Handbuch

- Wellenlänge ( $\lambda$ ) = 905 nm
- Strahldurchmesser durch Austritt der Optik  $D_0 = 3,8$  mm

**D(z)=Laserspot, mm**



Resolution	Quality	Scan-time in Min.	Point quantity in Mio.	Distance between point mm/10m
1/32	4x	2:03	0,7	49,087
1/20	4x	2:14	1,7	30,680
1/16	4x	2:23	2,7	24,544
1/10	4x	3:05	7,0	15,340
1/8	4x	3:44	10,9	12,272
1/5	4x	6:31	28,0	7,670
1/4	4x	9:06	43,7	6,136
1/2	4x	30:34	174,8	3,068
1/1	2x	30:34	699,1	1,534

# Example

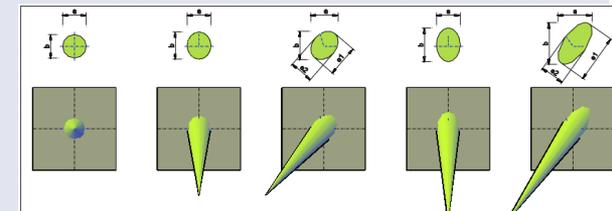
D0, m	z, m	D(z), m	D(z)=Laserspot, mm
0,0038	1	0,004103386	4,103385853
0,0038	2	0,004406772	4,406771706
0,0038	3	0,004710158	4,71015756
0,0038	4	0,005013543	5,013543413
0,0038	5	0,005316929	5,316929266
0,0038	6	0,005620315	5,620315119
0,0038	7	0,005923701	5,923700972
0,0038	8	0,006227087	6,227086825
0,0038	9	0,006530473	6,530472679
0,0038	10	0,006833859	6,833858532



Resolution	Quality	Scan-time in Min.	Point quantity in Mio.	Distance between point mm/10m
1/32	4x	2:03	0,7	49,087
1/20	4x	2:14	1,7	30,680
1/16	4x	2:23	2,7	24,544
1/10	4x	3:05	7,0	15,340
1/8	4x	3:44	10,9	12,272
1/5	4x	6:31	28,0	7,670
1/4	4x	9:06	43,7	6,136
1/2	4x	30:34	174,8	3,068
1/1	2x	30:34	699,1	1,534

# Standpunkte bestimmen

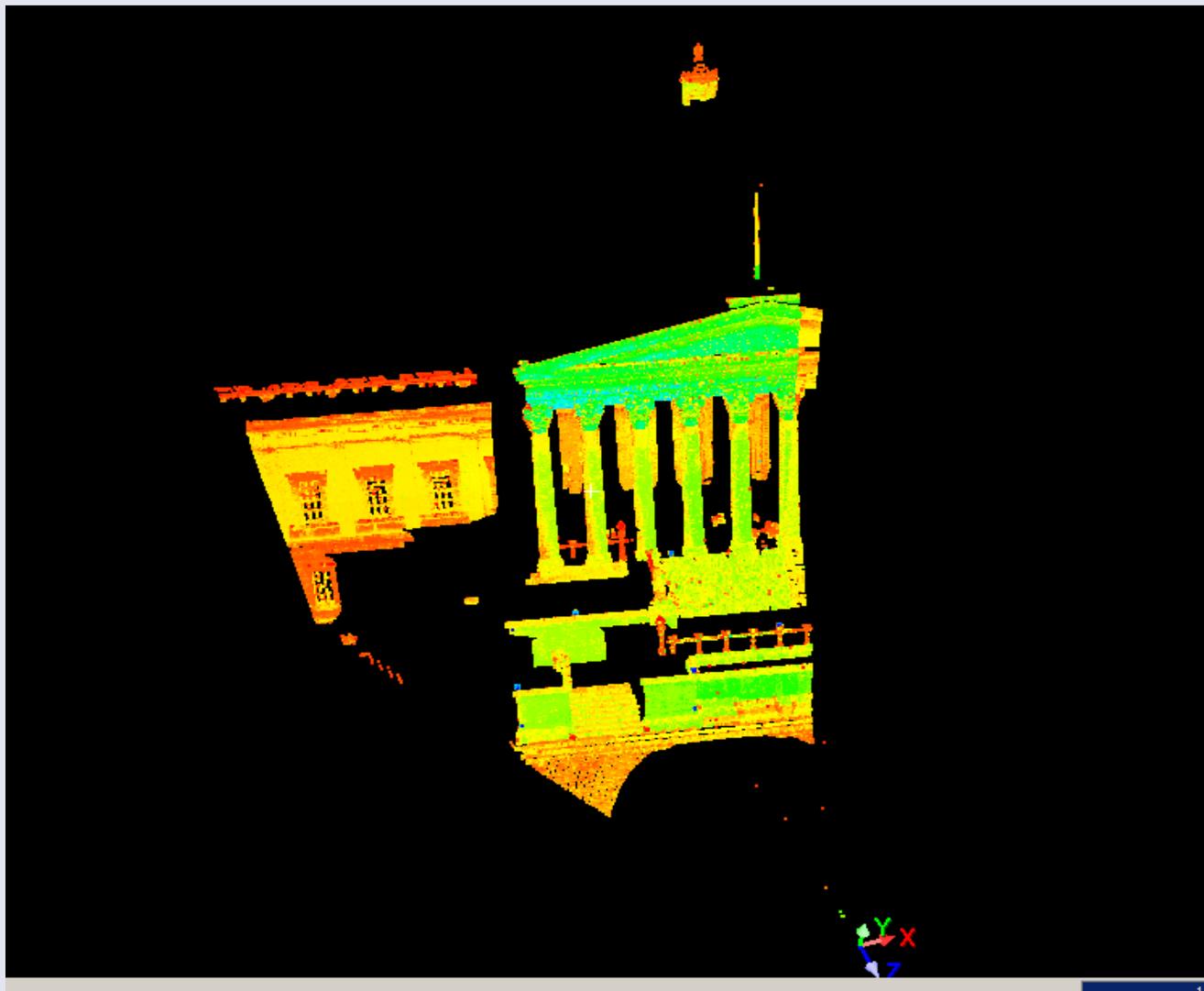
- Überprüfen:
  - Positionen, die eine große Flächendeckung ohne Hindernisse in der Sichtlinie bieten und die geringsten Schatten erzeugen.
  - ob die Minimal-/Maximalbereichsgrenzen des Scanners erfüllt sind, um eine bestimmte Genauigkeit zu erreichen (je größer der Abstand zum Objekt, desto geringer ist die Genauigkeit und Auflösung am Objekt)
- Auftreffwinkel minimieren, unter dem scharfen Winkel wird der Laserstrahl nicht so gut reflektiert, was zu einer geringeren Genauigkeit führt.
- Die Anzahl der Scanpositionen möglichst verringern.
- Andere wichtige Fakten, die berücksichtigt werden sollten, sind:
  - Gesundheit und Sicherheit (Laserkategorie des Gerätes beachten)
  - Umgebung (Vibrationen, Wind ...)
  - Höhe des Scanners über dem Boden
  - Sichtbarkeit von künstlichen oder natürlichen Zielen



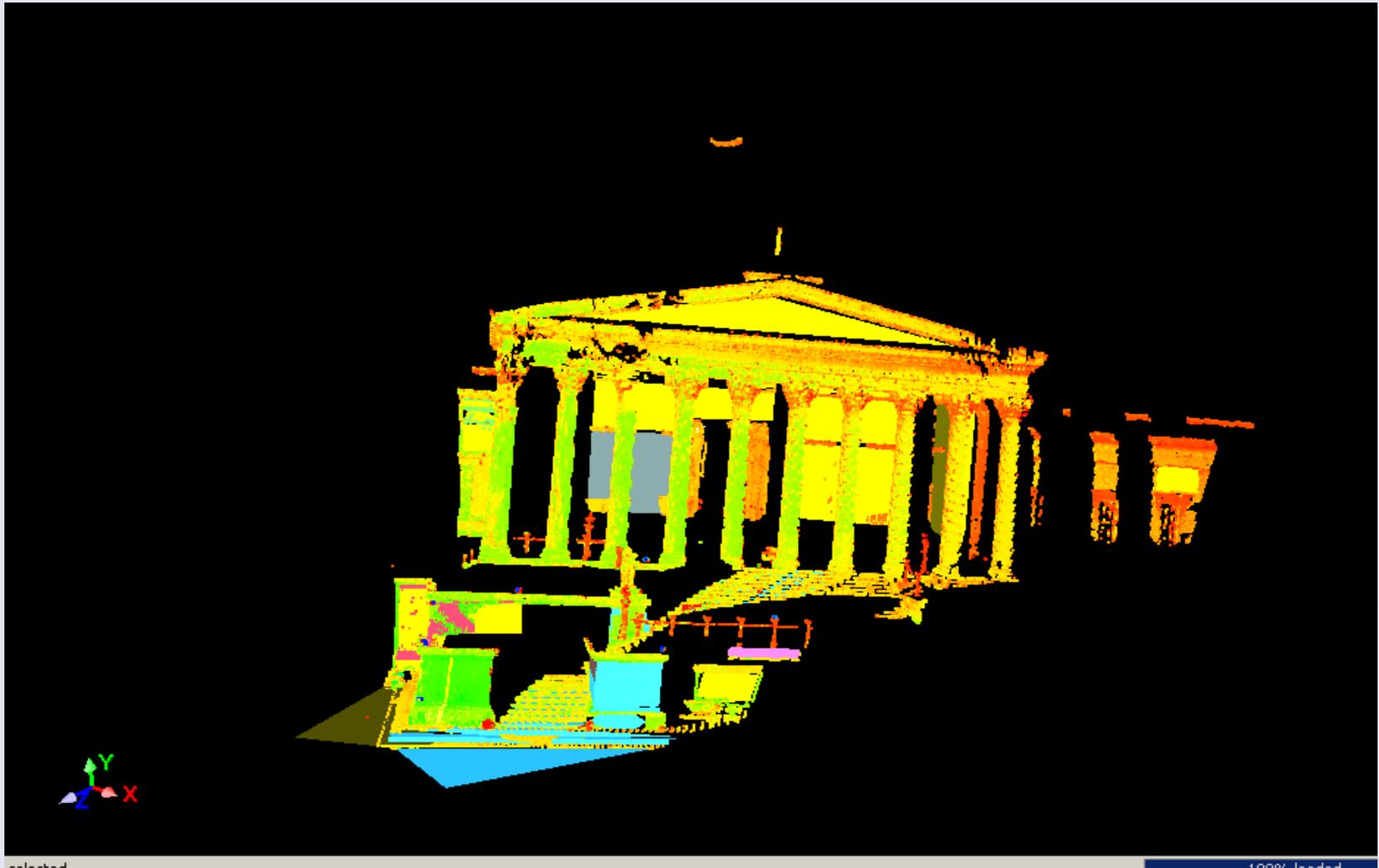
## Registrierung – Linking and Geo-referencing scans

- Kontrollzielmarken, die im Scan erkennbar sind.
- Muss physische Ziele im Scan-Volumen lokalisieren, die so positioniert sind, dass sie genügend gemeinsame Punkte haben.
- Optional kann ein hochauflösender Scan verwendet werden, um das Zentrum der Zielmarke zu finden.
- Der Hauptvorteil besteht darin, dass Kontrollziele klar identifizierbare gemeinsame Punkte haben.
- Andere Methoden, die auf gemeinsamen natürlichen Merkmalen basieren, sind verfügbar, erlauben aber keine Georeferenzierung.

# A single scan (Leica HDS 2500)



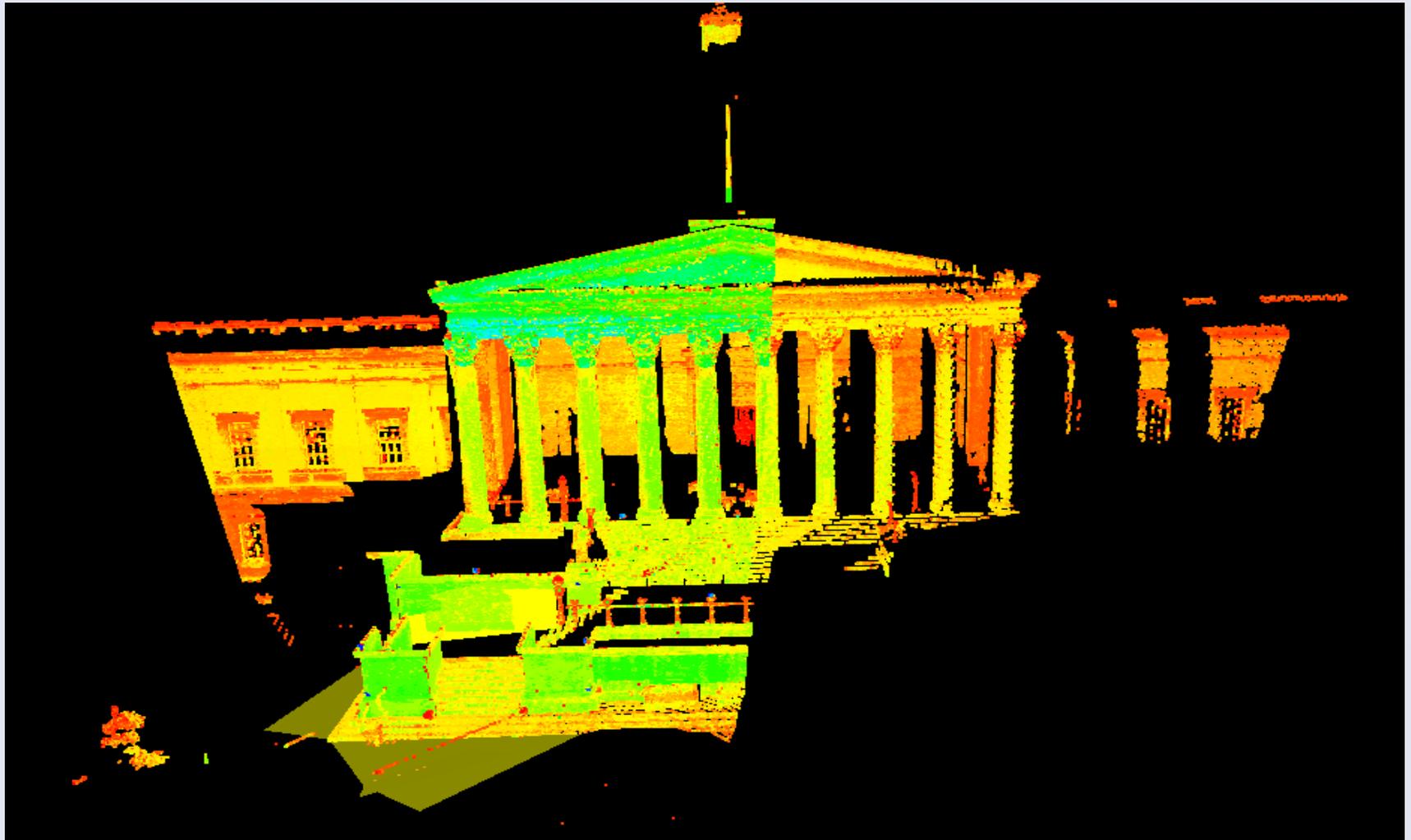
# A second scan position



selected

100% loaded

# The combined (registered) view





# Registrierung

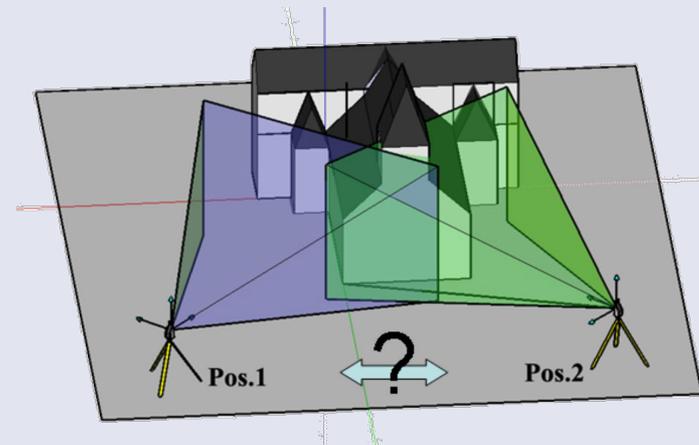
## Registrierungstechniken

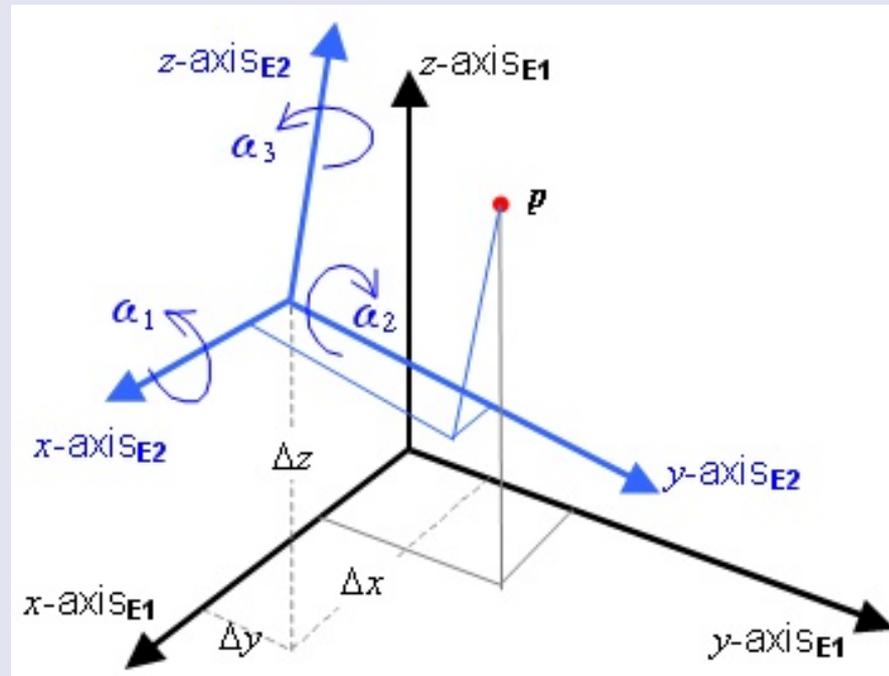
Direkt

Indirekt

Einstellen des Laserscanners über einen bekannten Kontrollpunkt

Target-To-Target  
Plane-To-Plane  
Cloud-To-Cloud  
Surface-To-Surface





- Die einzelnen Scandaten basieren auf einem Koordinatensystem, das entsprechend der Ausrichtung des Scanners definiert ist.
- Parameter einer 3D-Ähnlichkeitstransformation (3 Translationen und 3 Rotationen) sind erforderlich, um Daten von zwei oder mehr unabhängigen Scans zu erfassen.
- Es sind mindestens 3 gemeinsame Punkte zwischen den Scans erforderlich.

# Target-to-Target Registrierung

- Target-to-Target: punktbasiertes Transformationsmodell
- Bedingung:  $> 3$  Zielmarken sichtbar in 2 Nachbarschaftscans



# Plane-to-Plane Registrierung

- Plane-to-Plane: flächenbasiertes Transformationsmodell
- Die räumliche Transformation von Punktwolken basiert auf der Übereinstimmung des Normalvektors (a, b, c, 1).
- Bedingung: 4 Ebenen nötig

$$\begin{bmatrix} a_i^{1'} \\ b_i^{1'} \\ c_i^{1'} \\ d_i^{1'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & 0 \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & 0 \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & 0 \\ -m_{41} & -m_{42} & -m_{43} & S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_i^1 \\ b_i^1 \\ c_i^1 \\ d_i^1 \end{bmatrix}$$

$m_{41} = m_{11}Tx + m_{21}Ty + m_{31}Tz;$   
 $m_{42} = m_{12}Tx + m_{22}Ty + m_{32}Tz;$   
 $m_{43} = m_{13}Tx + m_{23}Ty + m_{33}Tz;$   
 $a_i^{1'}, b_i^{1'}, c_i^{1'}, d_i^{1'}:$  the normal vector of transformed from system 1 to system 2.

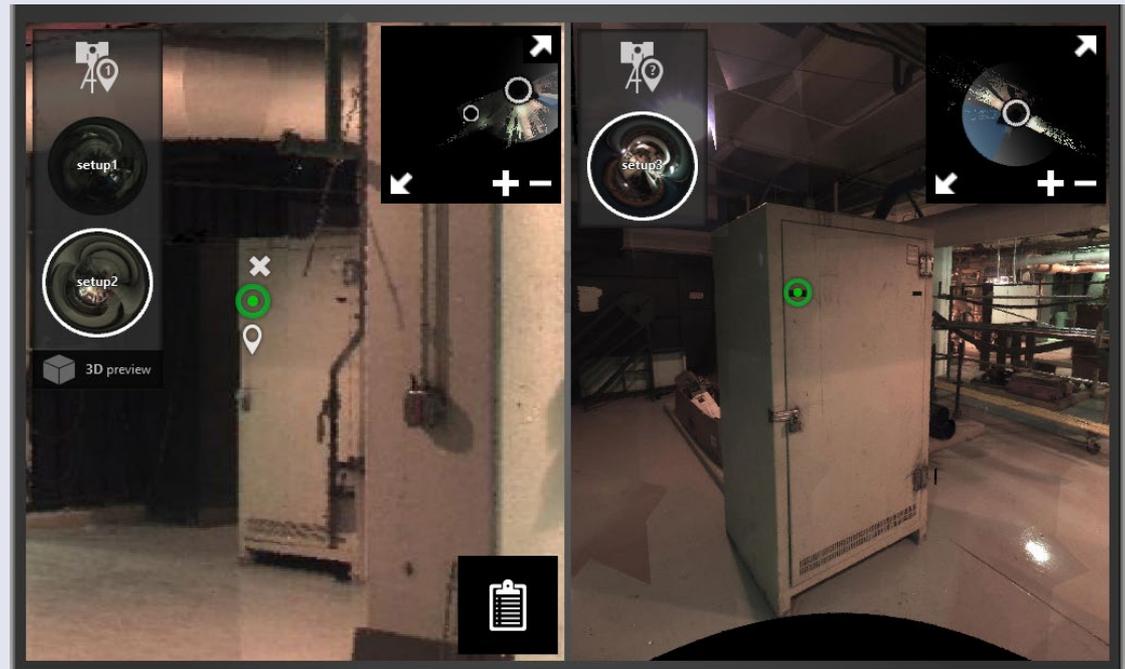
$$\begin{cases} \frac{a'}{c'} = \frac{am_{11}+bm_{12}+cm_{13}}{am_{31}+bm_{32}+cm_{33}} \\ \frac{b'}{c'} = \frac{am_{21}+bm_{22}+cm_{23}}{am_{31}+bm_{32}+cm_{33}} \\ d' = -(am_{11}Tx + bm_{21}Ty + cm_{31}Tz) \\ \quad -(am_{12}Tx + \quad bm_{22}Ty + cm_{32}Tz) \\ \quad -(am_{13}Tx + bm_{23}Ty + cm_{33}Tz) + dS \end{cases}$$

$$y_{3n \times 1} = A_{3n \times 7} \xi_{7 \times 1} + e_{3n \times 1}, \quad e \sim (0, \sigma_0^2 P^{-1})$$

**n:** number of conjugate planes;  
**y:** normal vector of planes;  
**A:** partial derivative coefficient matrix with respect to parameters.

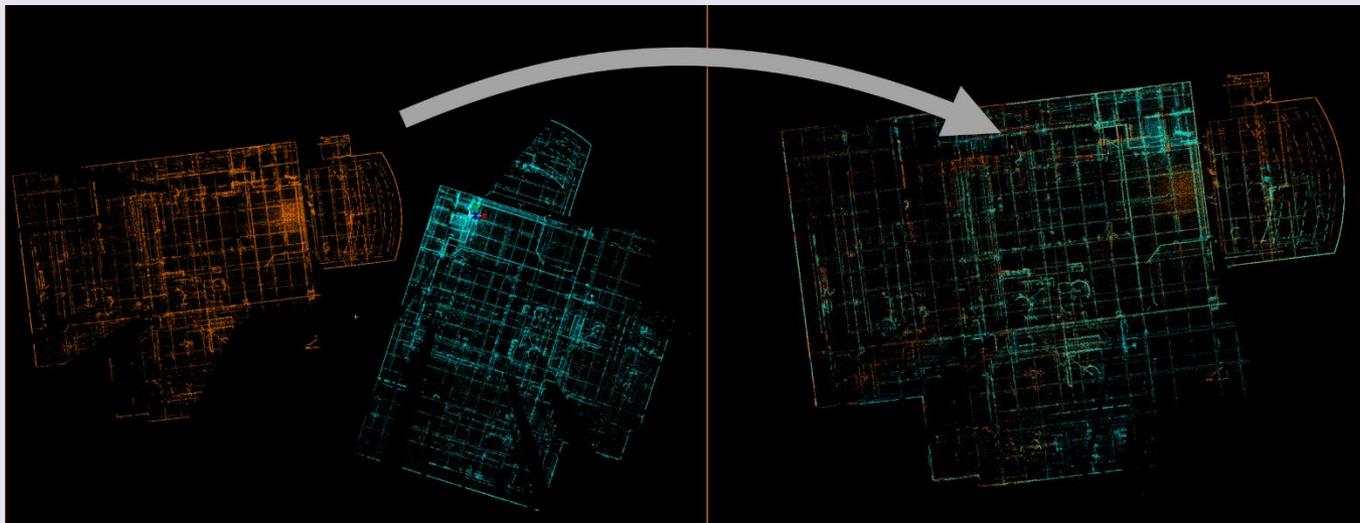
# Point-to-point Registrierung

- Man braucht 3 identische Punkte
- Günstig verteilt:
  - nicht auf einer Ebene
  - nicht auf einer Höhe
  - nicht in der Nähe



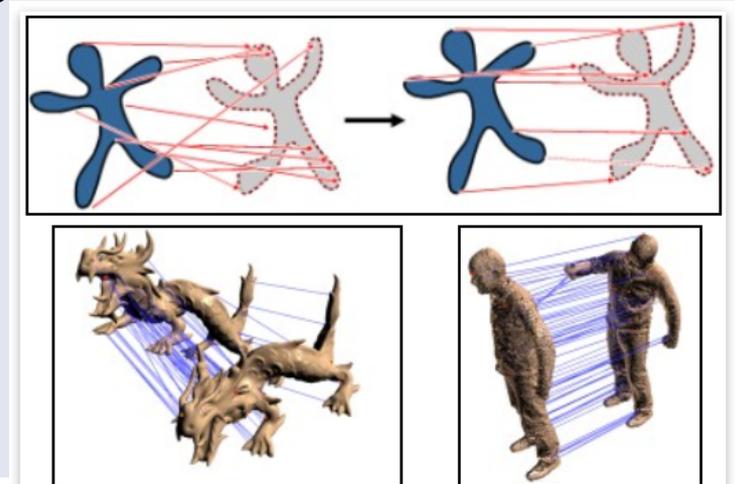
# Cloud-to-Cloud Registrierung

- Punktwolkenüberlappung (in der Regel 30 - 40%)
- Verwendung von punkt-, flächen- und linienbasierten Transformationsmodellen, ICP-Algorithmus (Paper: Iterative Closest Point, P. Besl and N. McKay, A method for Registration of 3-D Shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI)*, 14(2):239 - 256, February 1992. )
- Manuell oder semiautomatisch



## Surface-to-Surface

- ICP-Algorithmus: Algorithmus schätzt den euklidischen Abstand zwischen Oberflächen
- mit der Methode der kleinsten Quadrate wird versucht, diesen Abstand iterativ zu minimieren.
- Scans müssen gereinigt und vermascht werden.
- Wenn alle Scans in die Oberflächen umgewandelt werden, kann man die Oberflächenregistrierung verwenden.



<https://www.visualcomputing.informatik.uni-mainz.de/research/>

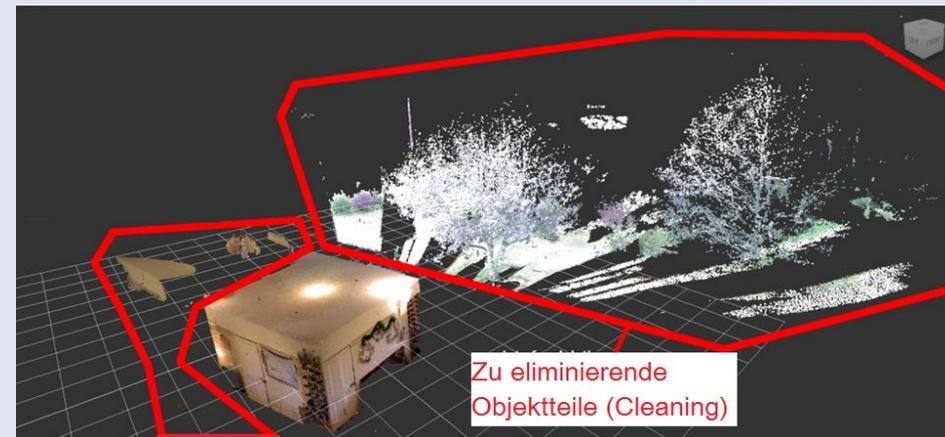
# Fehlerquellen

- Nicht optisch
  - Vibration
  - Luftturbulenzen
  - Mechanischer Fehler
  - Menschliches Versagen
- Optisch
  - Signal - Rauschen
  - Spotgröße
  - Bereichsverschiebung und Rauschen wegen Penetration
  - Entfernungsartefakte: Kanten- und Reflexionssprünge
  - Stärke des Laserrücklaufsignals
    - Niveau der Hintergrundbeleuchtung
    - Reflexionsvermögen der Oberfläche / Farbe
    - Auftreffwinkel
- Kalibrierung des Instruments

# Punktwolkenprozessierung

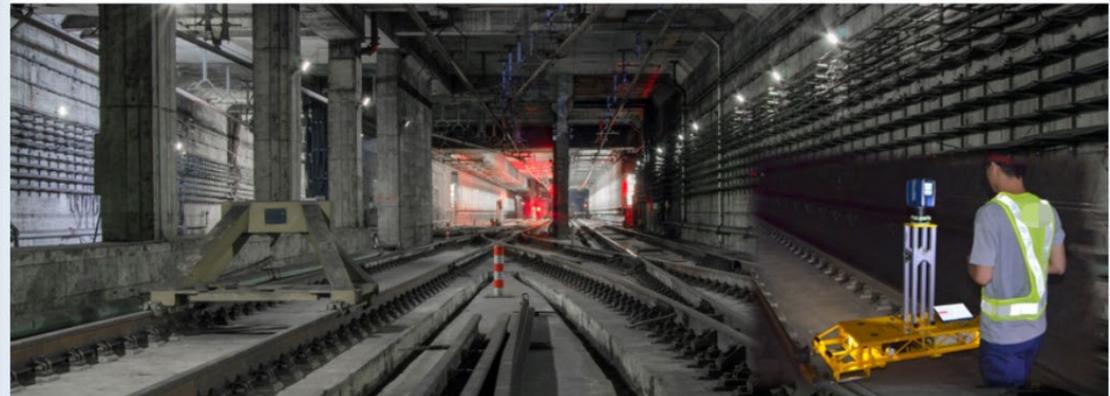
- Rauschfilterung
- Resampling
- Direkte 2D-Modellierung aus Punktwolken
- Direkte 3D-Modellierung aus Punktwolken
- 3D-Modellierung komplexer Oberflächen
- Indirekte 2D-Modellierung aus Punktwolken
- Texturabbildung

- Erfassen von Scandaten von mehreren Ansichtspunkten:
  - Mehrere 3D-Punktwolken, jeder Punkt mit seinen eigenen Fehlerquellen ← Scanverfahren, Lasersspotgröße, Objektoberflächenqualitäten, Farbinformationen
- Daten gemeinsam bereinigen (Cleaning) und registrieren
  - Cleaning - Entfernung von Daten, die den Registrierungsprozess behindern könnten.
  - Registrierung mit über gemeinsame Punkte - oder - mathematischer Anpassung basierend auf Oberflächenähnlichkeiten
  - Eine gemeinsame Punktwolke mit überlappenden Bereichen und Daten unterschiedlicher Qualität.
- Modellierung von Daten
  - Punkte, Dreiecke, Mesh oder NURBS-Modell
    - Bearbeitung
    - Web-Bereitstellung
    - Informationsaustausch
    - Archivierung



# Anwendungsbeispiele Terrestrisches Laserscanning

# Anwendungen im Ingenieurbereich, Tunnel – und Infrastruktur



Railway Tunnel Laser Inspection Solution (RTLIS)

RTLIS is designed to acquire, process and share tunnel laser inspection data, only using low cost sensors and web-browser. It is more flexible and efficient, but cost only 1/5 of traditional LiDAR technology. The system is easy to use, light-weight and modularity, which can be operated by only 2 staffs. An automatic web-based system is developed to extract feature and publish inspection data. Tunnel defect and asset thematic maps can be drafted online by experienced engineers. The inspection data can be used to asset management, tunnel inspection, maintenance, BIM modeling, etc.

<https://laserscanningforum.com/forum/viewtopic.php?t=12889>

Beispiele:

Überblick Anwendungen in der Industrie:

<https://www.faro.com/metrology-3d-documentation-solutions-from-faro/3d-measurement-solutions-for-every-industry/> ;

Beispiel Tunnel : <https://www.faro.com/industry/tunnel-mining/>

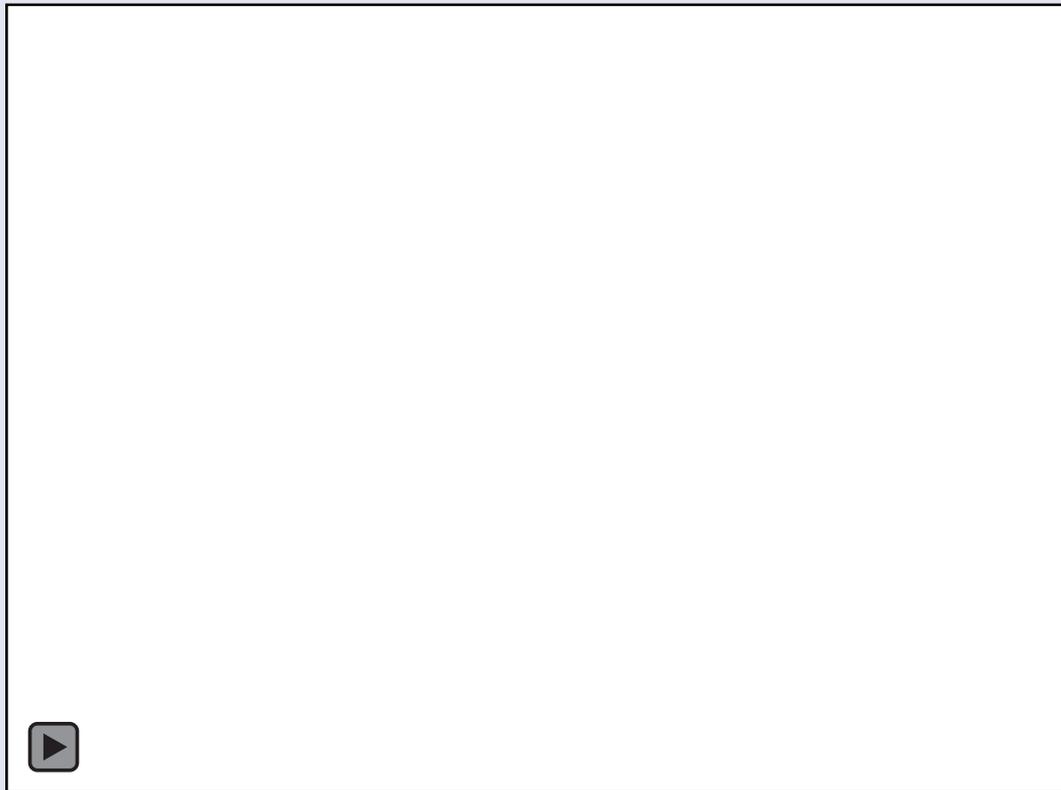
## Beispiel – Scandaten von 2014 Mail Rail British Postal Museum and Archive (ScanLAB Projects)

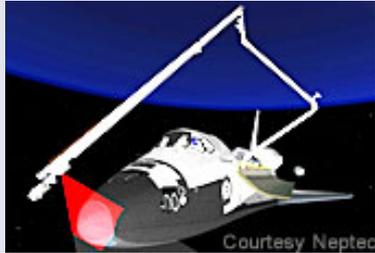
- <https://vimeo.com/124635236> (click for video)
- Vorbereitungen für das the Royal Mail Museum – digitale dokumentierung vom “status quo”

# UCL Feldmessungen , Damm Lynn Brianne



# UCL CEGE, 3D laser scan von Llynn Brianne



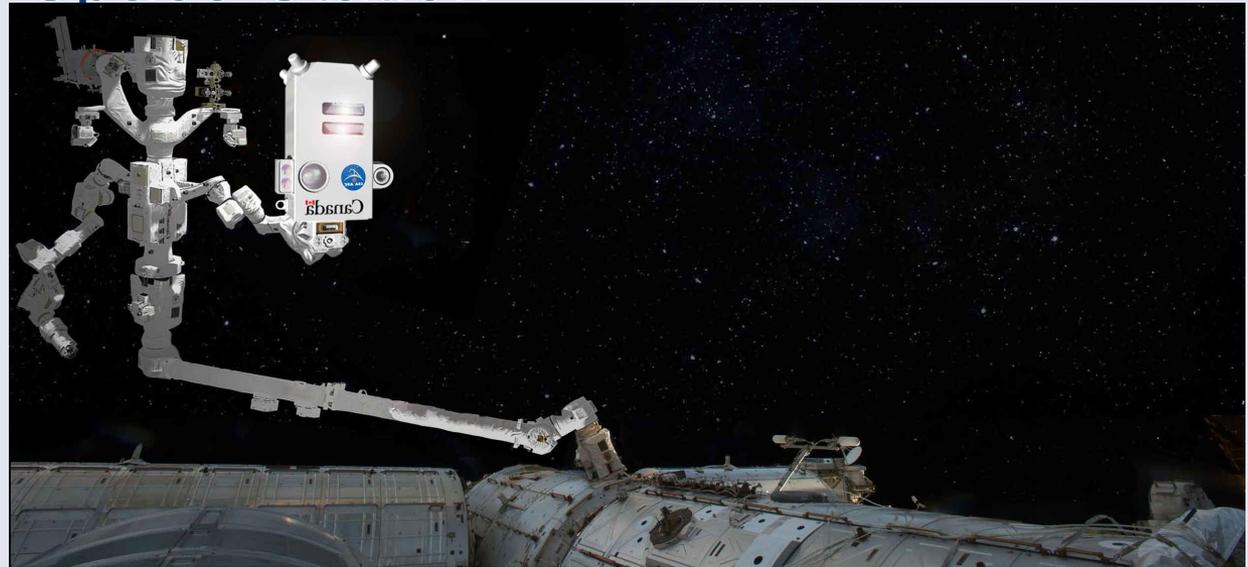


## Neptec: Laser Camera System for Space

Neptec entwickelte das am Canadarm angebrachte 3D-Laserscanner-System (LCS), mit dem die Außenseite des Discovery Shuttle vor dem Wiedereintritt inspiziert wurde.

CG Image courtesy NEPTEC

# Neptec: Laser camera system for space International Space Station



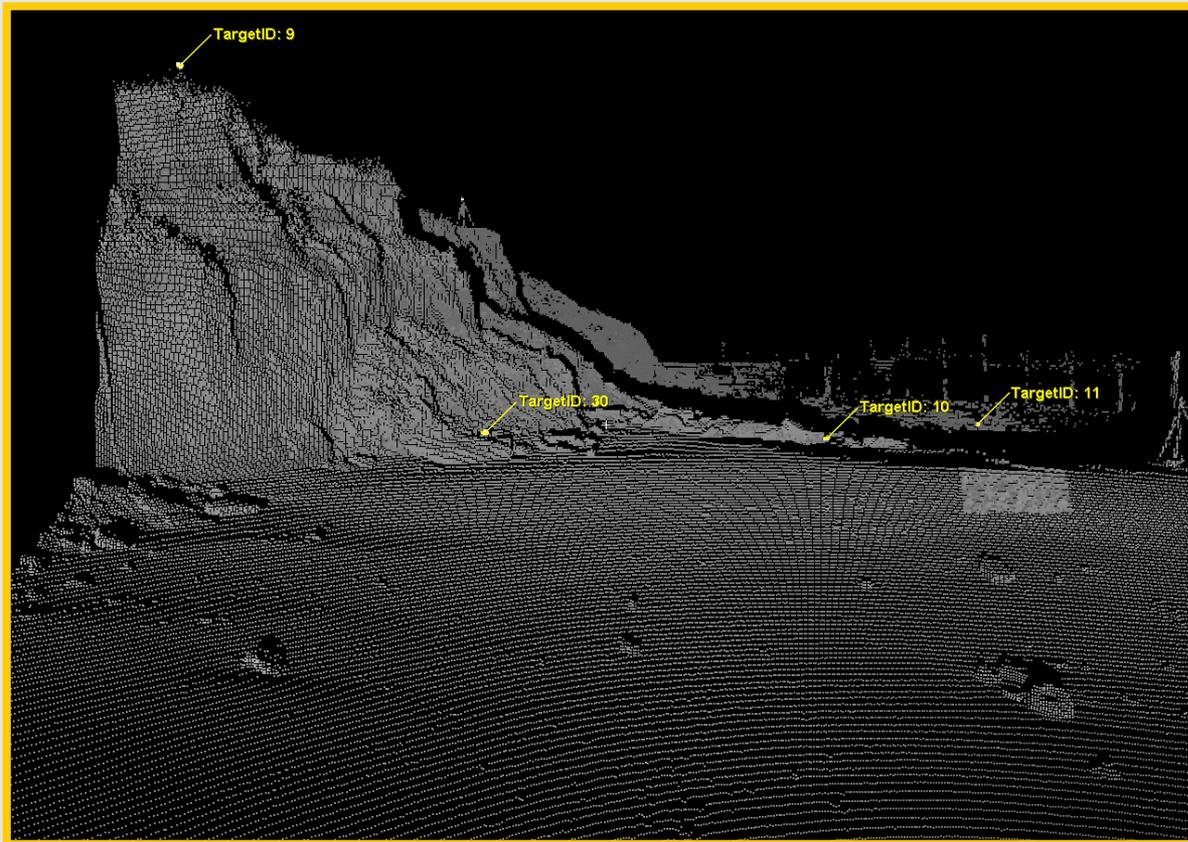
Samson, C., English, C., M. DesLauriers, A., Christie, I., Blais, F., 2002. Imaging and Tracking Elements of the International Space Station Using a 3D Auto-Synchronized Scanner. <https://doi.org/10.1117/12.472603>

[https://www.canada.ca/en/space-agency/news/2017/09/innovative\\_sensorsystemfortheinternational\\_spacestationwillkeepas.html](https://www.canada.ca/en/space-agency/news/2017/09/innovative_sensorsystemfortheinternational_spacestationwillkeepas.html)



# UCL CEGE, Jersey LACotte

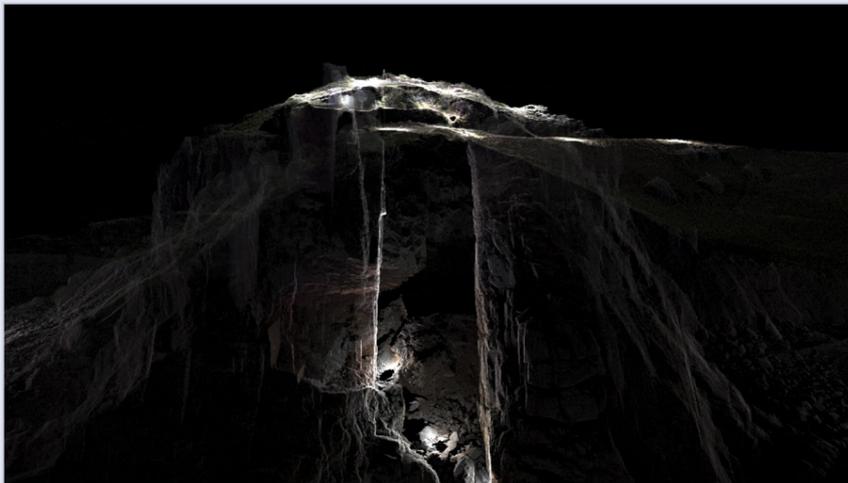
## Natürliche Merkmale



# UCL CEGE, Jersey LaCotte, Archäologie

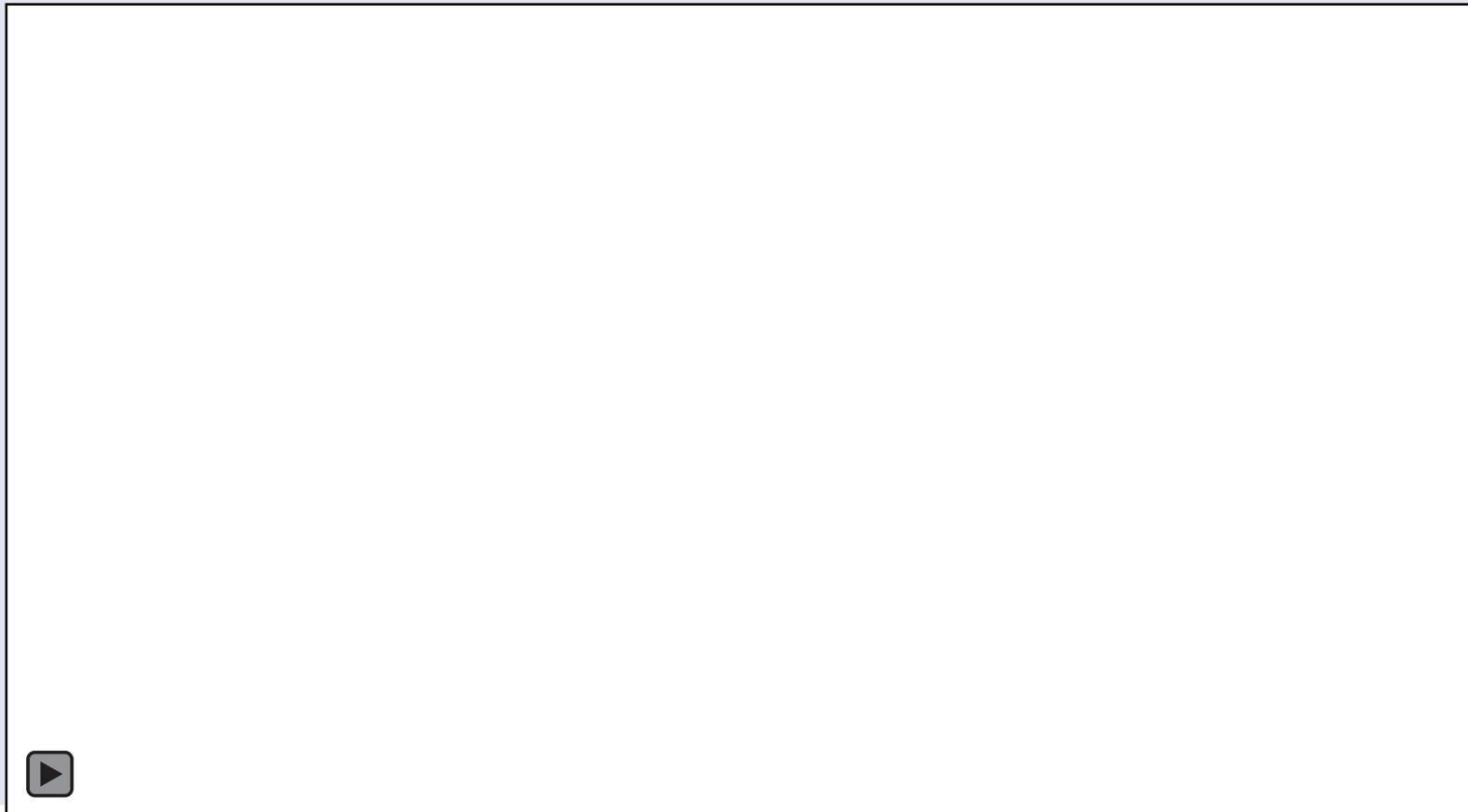
3D-Vermessung und Laserscan einer archäologischen Stätte, Jersey LaCotte (2014) - 3DIMPact-Gruppe

- [Link](#)
- [Article in UCL CEGE News and fly-through](#)
- Punktwolke der archäologischen Stätte



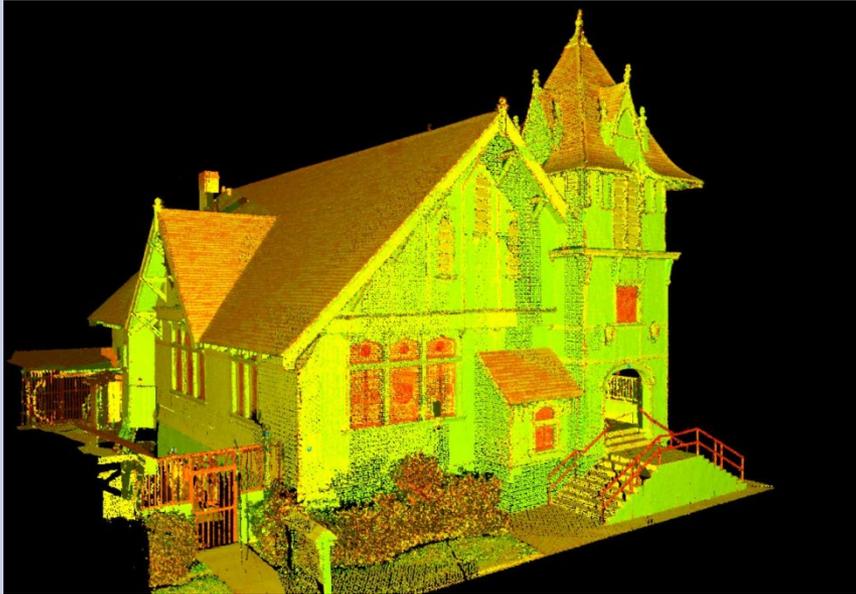
# Scandaten von 2009 / 2010

## Dokumentation der Bartlett Show (ScanLAB Projects)

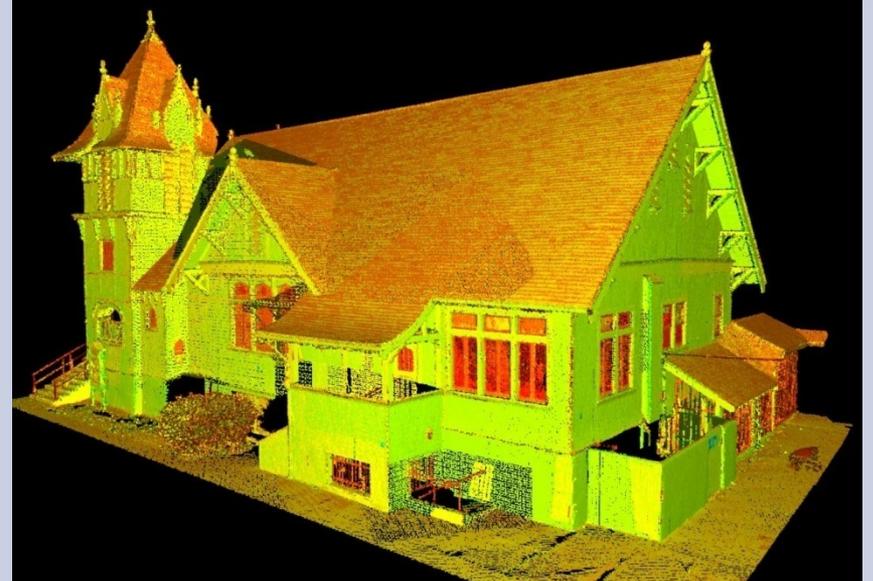
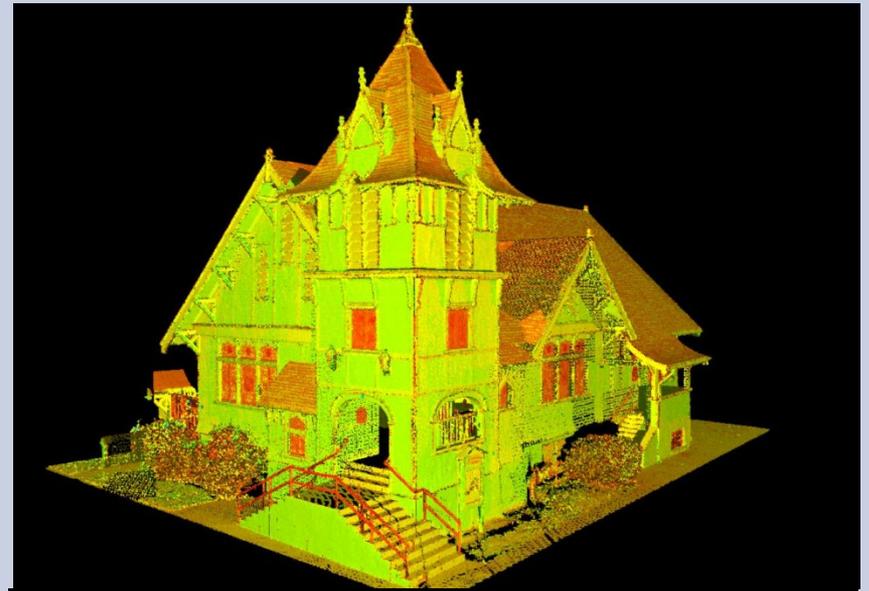




# *Rialto Church, San Bernardino, California - 1990ies*



Model created with a Leica HDS scanner, then modelled in CloudWorx and Autocad

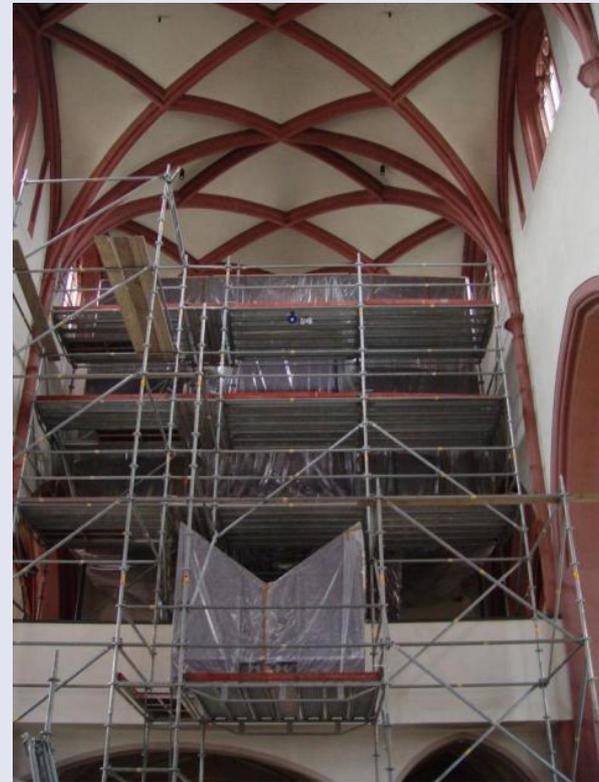
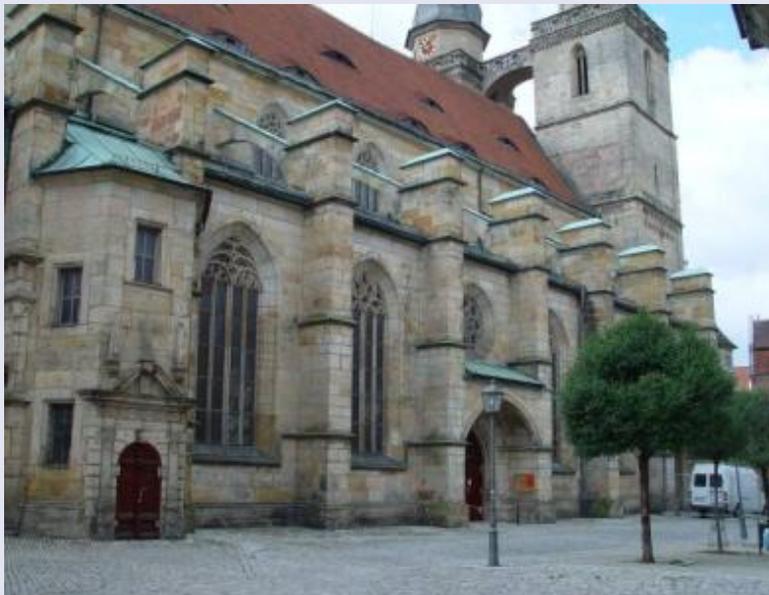


# *Rialto Church, San Bernardino, California - 1990ies*



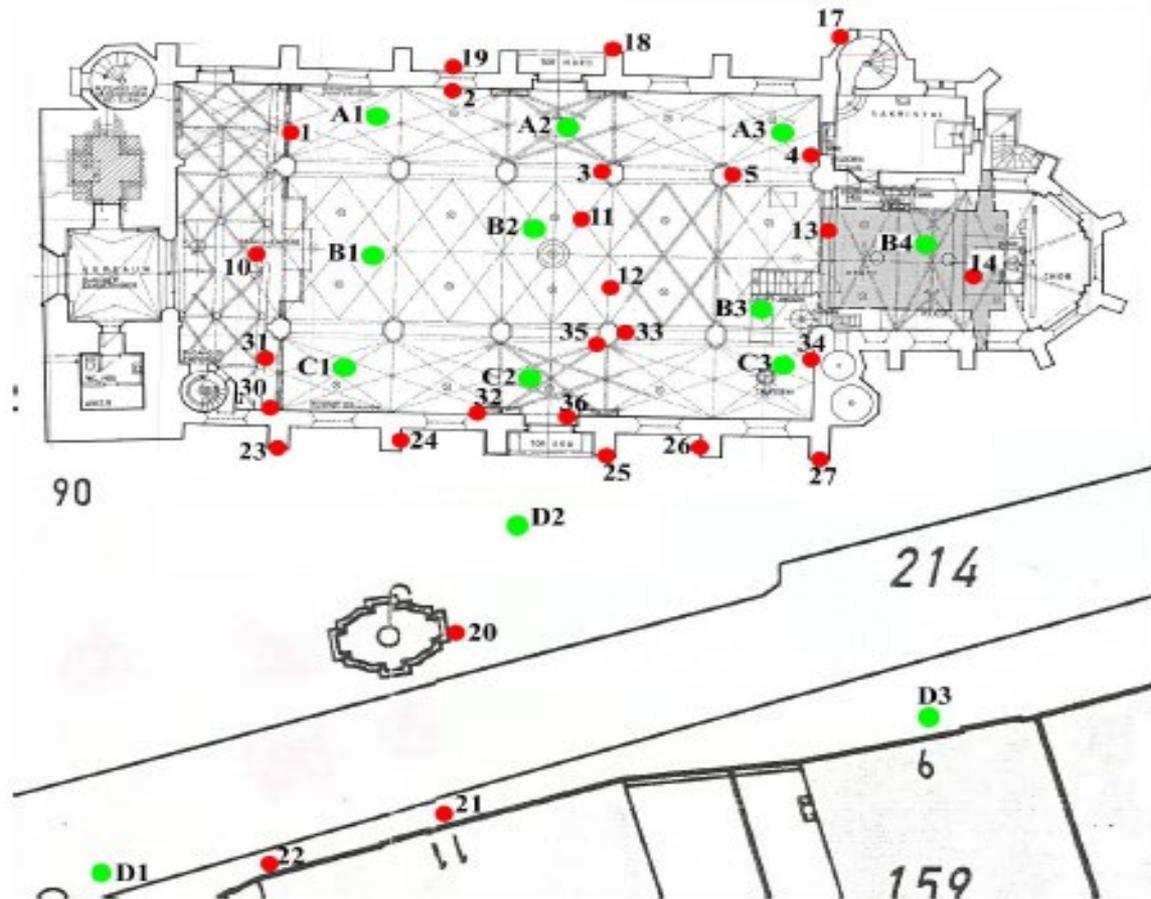
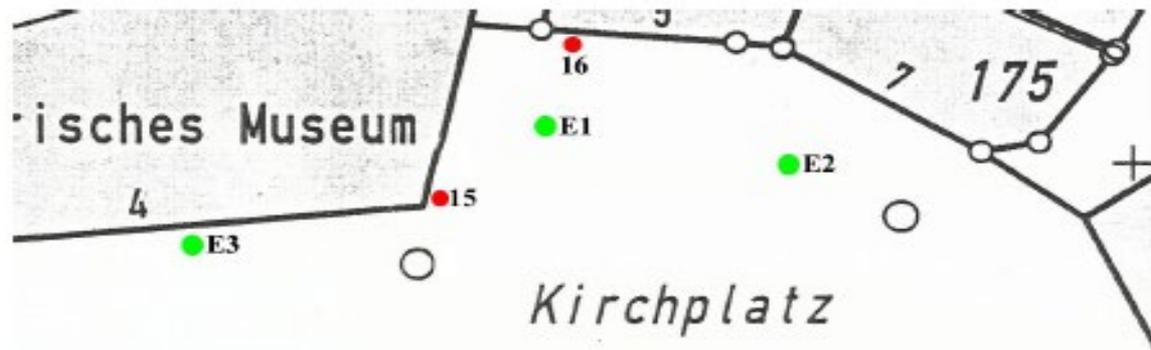
Fotografie vs 3D Modell Rendering

# Kirche St. Anna Bayreuth - Gewölbeaufnahme



# Kirche St. Anna Bayreuth – Gewölbeaufnahme- Leica Scanstation 2004

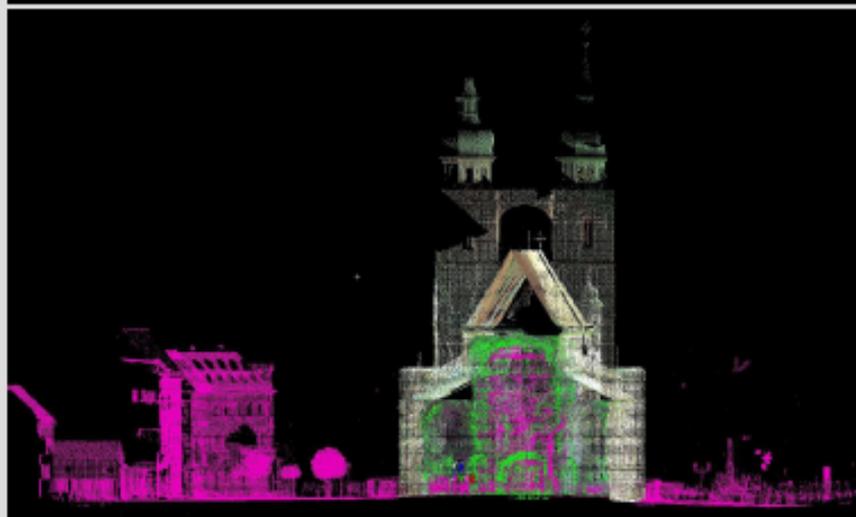
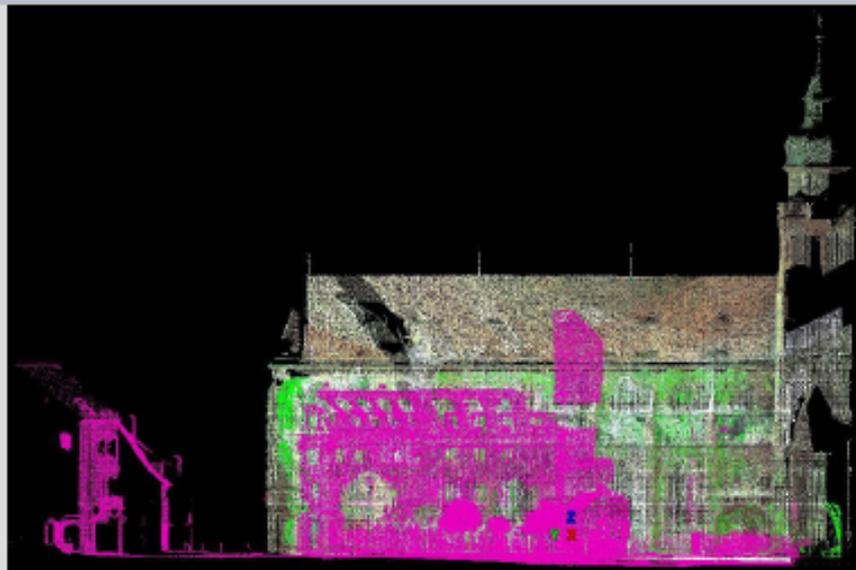
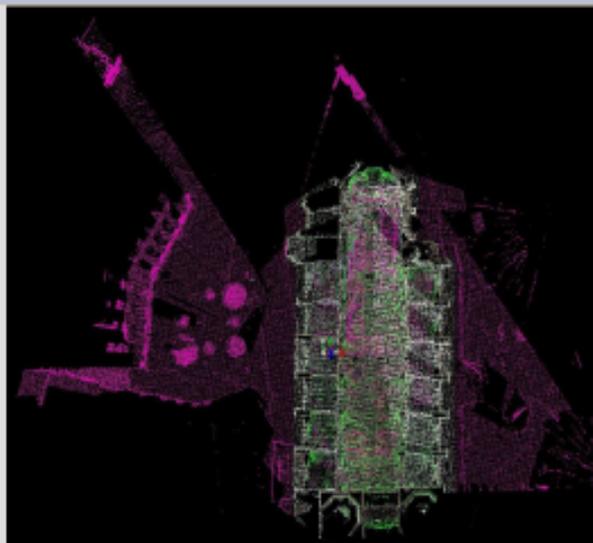




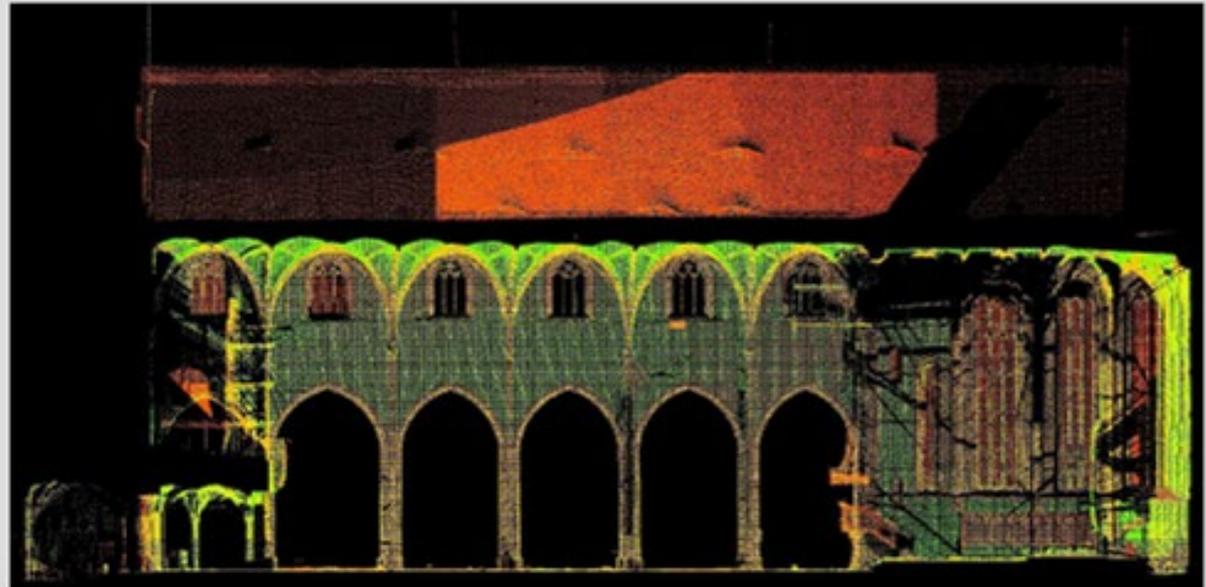
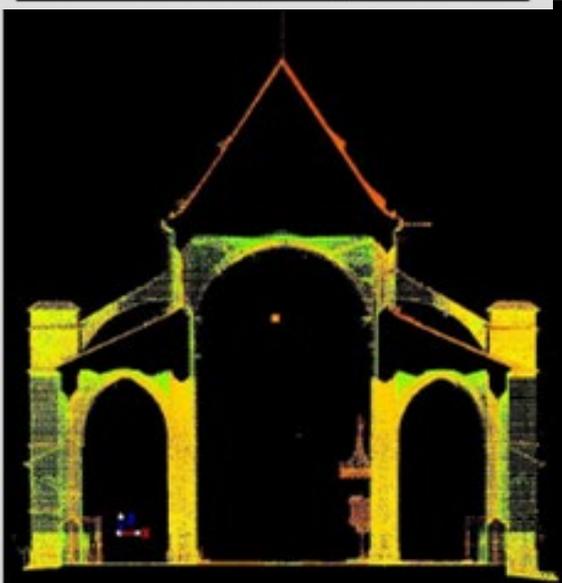
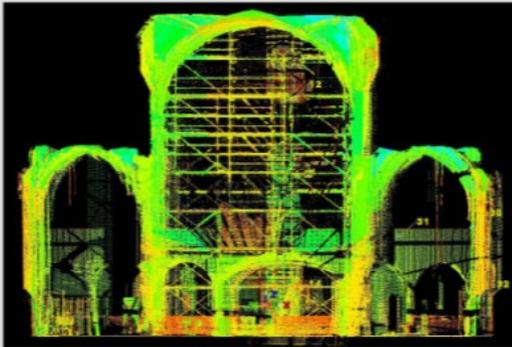
Kirche  
St. Anna  
Bayreuth  
Gewölbe  
aufnahme  
Leica  
Scansta  
2004

Kontrollsy  
und  
Aufstellu  
(Rot=Zielm  
, Grün  
Scannerpo  
en)

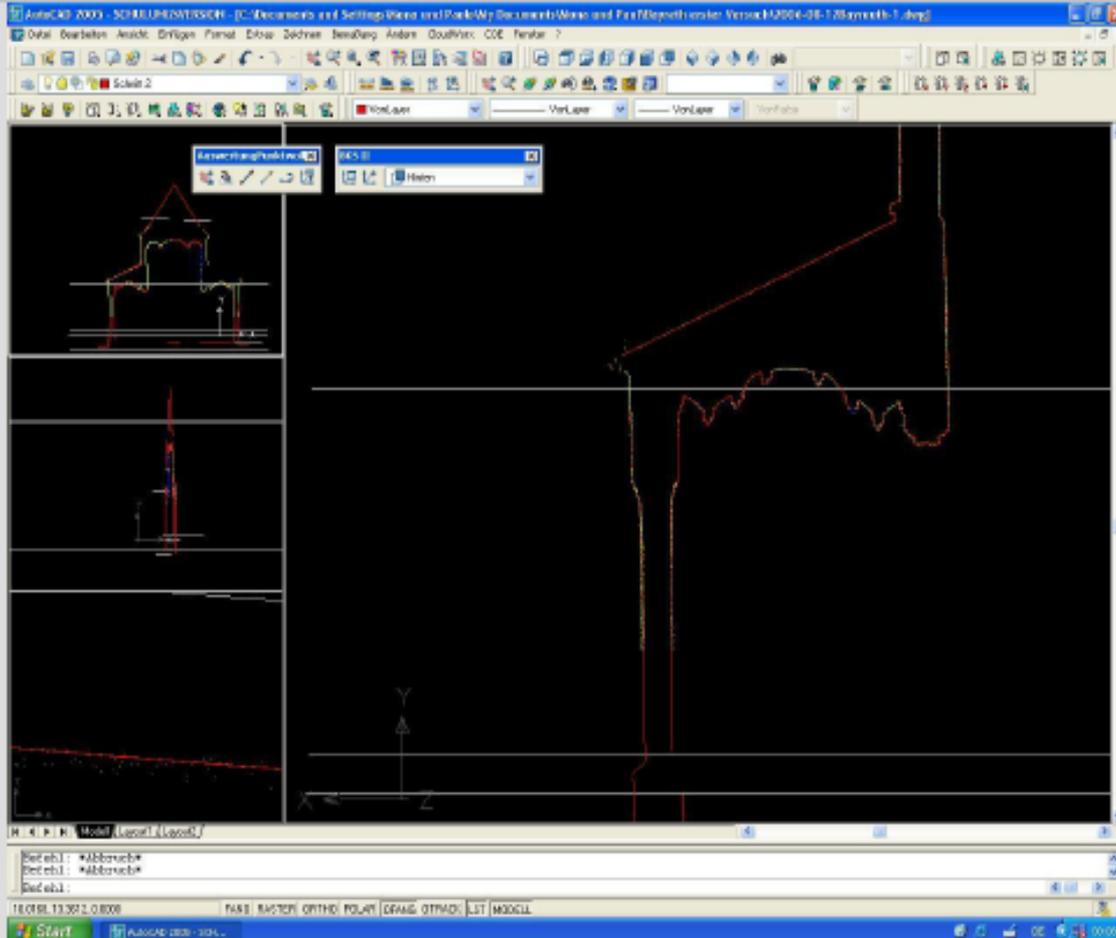
# Zusammenfügen der Einzelaufnahmen



# Schnitte



# Auswertung in CAD



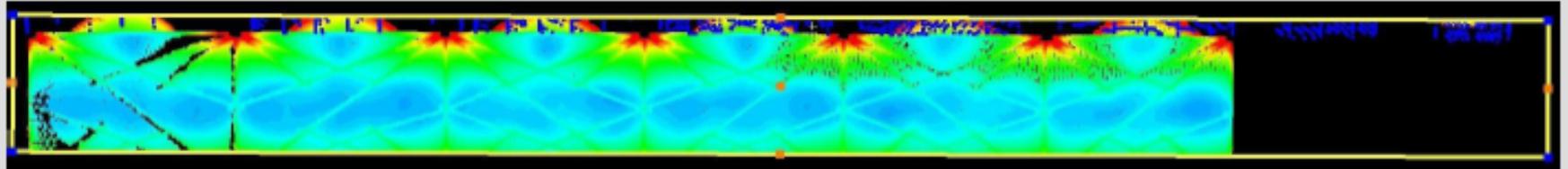
Horizontierung des Scans  
bleibt Erhalten

Masseinheit in Metern  
bleibt erhalten

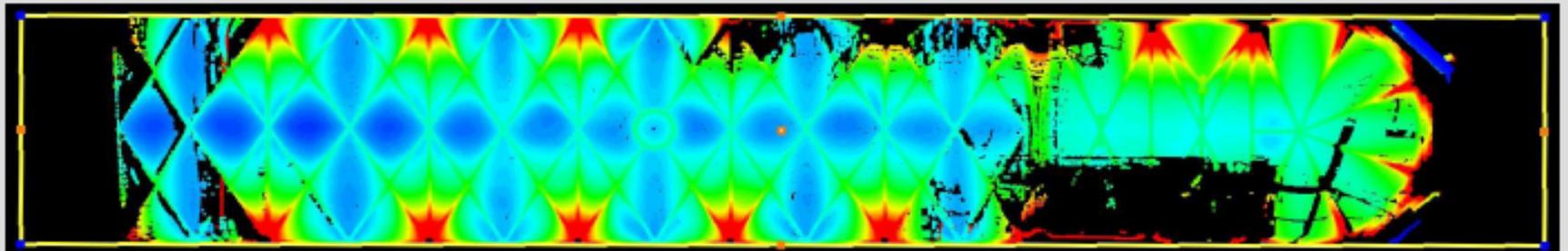
Dreidimensionalität bleibt  
ebenfalls erhalten  
(Schnitte liegen auf  
Achsen)

Schnitte durch die  
Punktwolke von 0.1m oder  
0.05m werden als  
Auswertungsbasis genutzt

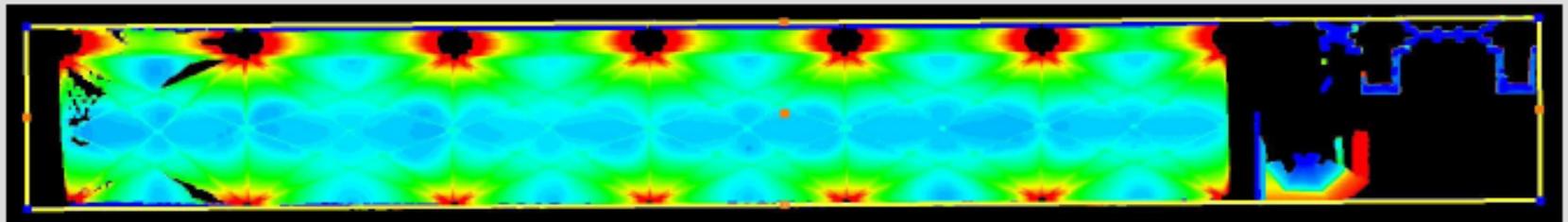
# Verformungen des Gewölbe



Schnitt durch das Gewölbe des nörd. Seitenschiff, Raster 10 cm.

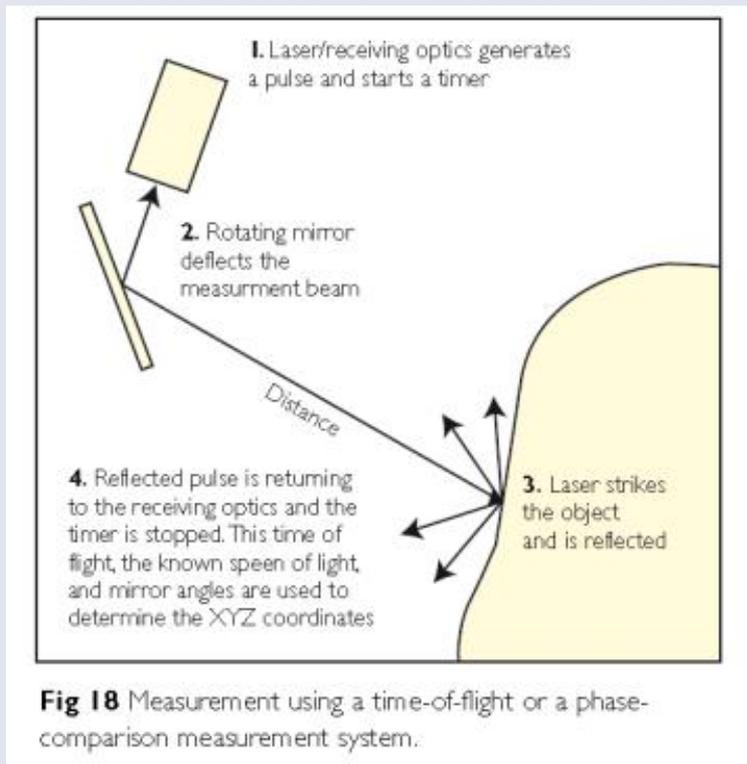


Schnitt durch das Gewölbe des Hauptschiffes, Raster 10 cm.



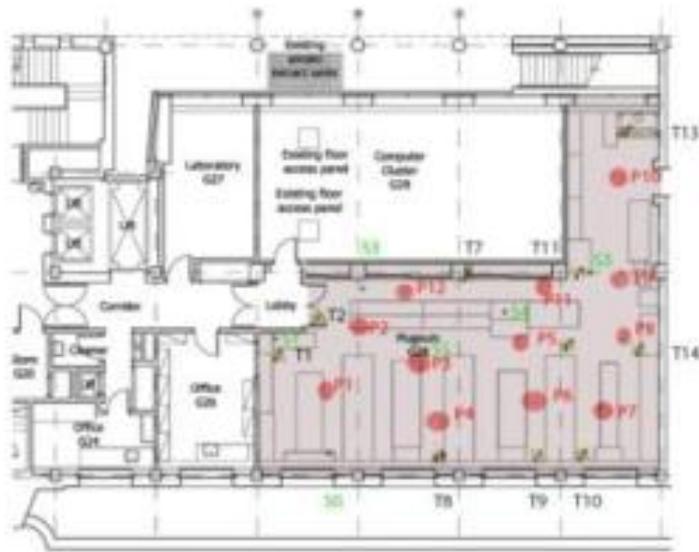
Schnitt durch das Gewölbe des südl. Seitenschiff, Raster 10 cm.

# UCL Museums, Flaxman Gallery



From Barber, D. et al., 2007

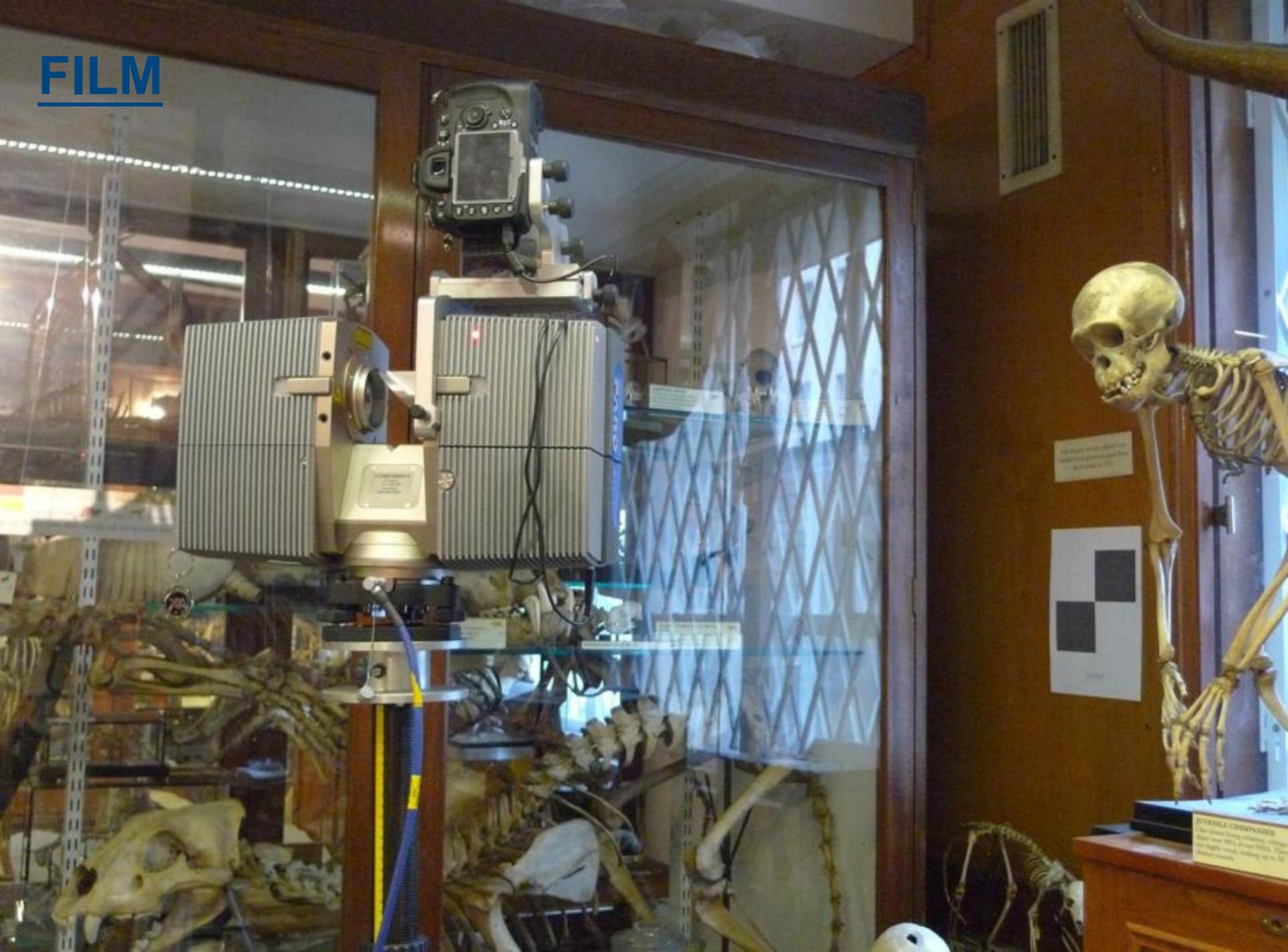
# UCL Grant Museum, Dokumentation vor Umzug



Existing Layout Plan 1:100



FILM



Informational sign on the wall.

Informational sign with a black and white graphic.

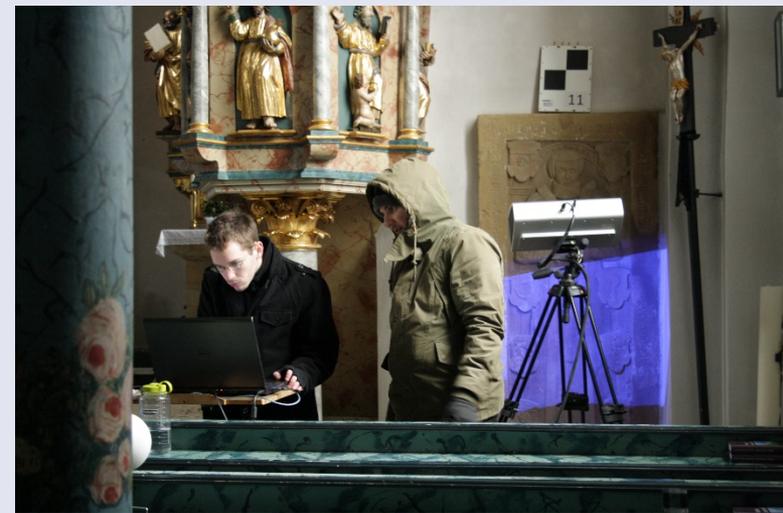
JUVENILE CHIMPANZE  
A chimpanzee skull (Homo sapiens) is shown here for comparison with the human skull. The chimpanzee skull is much smaller and has a more pronounced brow ridge. The human skull is larger and has a more rounded braincase.

# Grant Museum nach Umzug, Web-basierte Point cloud <http://www.ucl.ac.uk/3dim/pointcloud/grant>

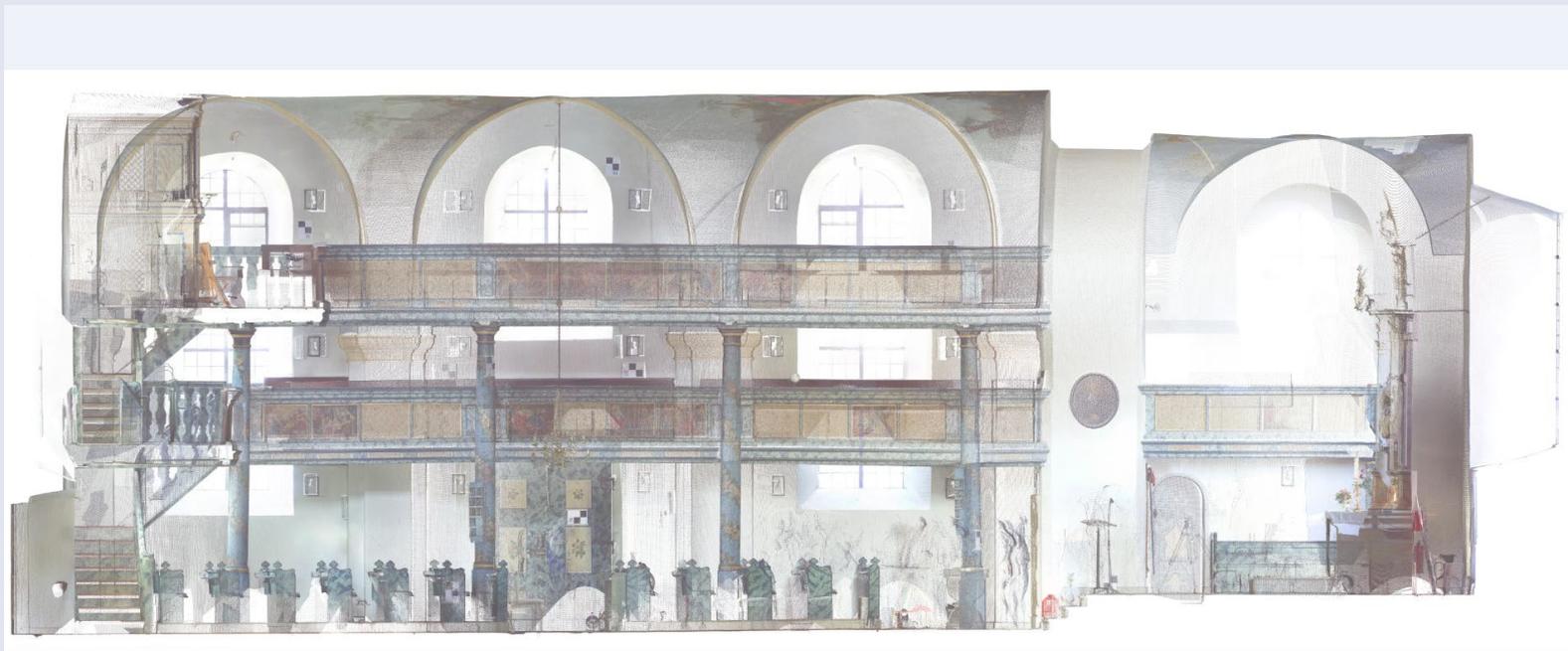


<http://www.ucl.ac.uk/3dim/>

# Kirche in Obernsees Anwendungswoche Modul 3 Feb 2018 – Terrestrischer Laserscan mit Faro Focus3D



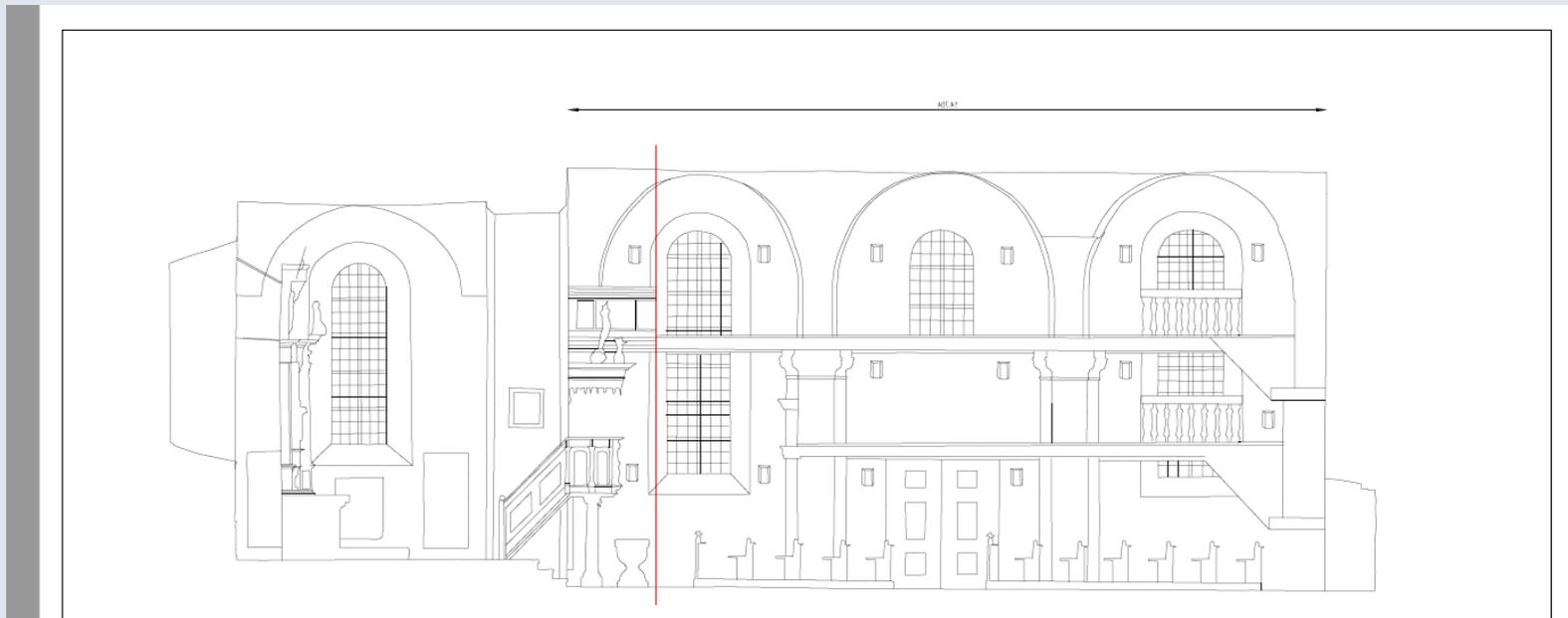
# Kirche in Obernsees – Terrestrischer Laserscan mit Faro Focus3D







# Umzeichnung eines Schnittes (kann verbessert werden)



## Literatur: Terrestrisches 3D laser scanning

- Kapitel 6: Basics of **Range-Based** Modelling Techniques in Cultural Heritage 3D Recording, Stylianidis, Efstratios; Remondino, Fabio (2016): 3D recording, documentation and management of cultural heritage. Caithness: Whittles Publishing. Available online at <https://ebookcentral.proquest.com/lib/ub-bamberg/detail.action?docID=4710342>