



14th International Conference on Engineering Surveying  
ETH Zürich  
15. – 19. März 2004

Einleitung  
Sensoren  
Messungselemente  
Scannerbauarten  
Messung  
Auswertung  
Modellierung  
Resümee

## Einführung in die Technologie des Laserscannings

Einleitung

Sensoren

Messungselemente

Scannerbauarten

Messung

Auswertung

Modellierung

Resümee





M. Nábauer

Einleitung

Sensoren

Messungselemente

Scannerbauarten

Messung

Auswertung

Modellierung

Resümee

## "Vermessungskunde".

Handbibliothek für Bauingenieure, 1949.

... trat die rechtwinklige Koordinate auf trigonometrischer Grundlage, die sogenannte **Zahlenaufnahme** oder **Koordinatenmethode**, immer mehr in den Vordergrund.

Diesem inzwischen hochentwickelten Verfahren tritt neuerdings - in bezug auf Schärfe ebenbürtig - die Planaufnahme nach **Polarkoordinaten** mit waagerechter Entfernungslatte zur Seite.

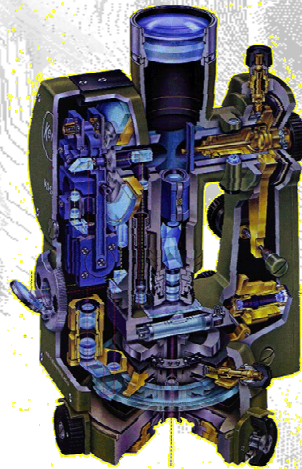
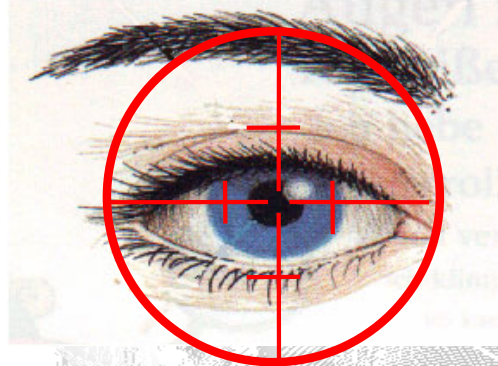
Der hohe Stand dieser Aufnahmeart, bemerkenswerte Fortschritte im Instrumentenbau, die **Umstellung ganzer Formelsätze von der logarithmischen auf die Maschinenrechnung** sowie der heute überall verlangte Genauigkeitsnachweis sind charakteristisch für den heutigen Stand der Vermessungskunde."



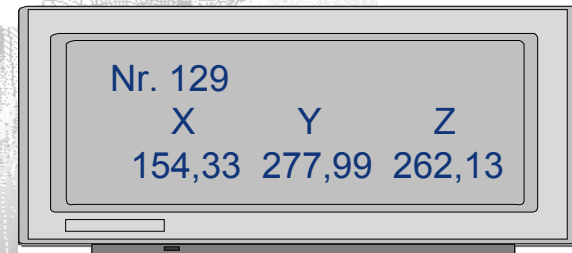
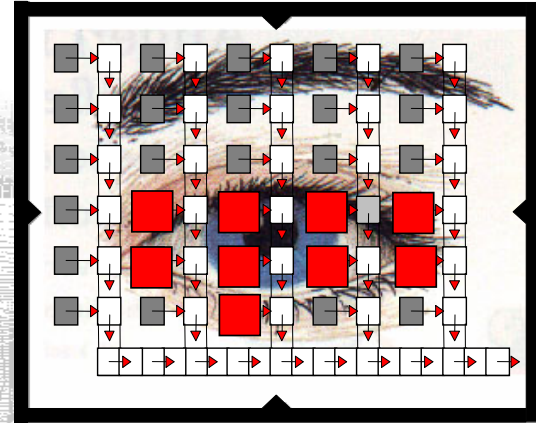


- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee

## 1949



## 2004

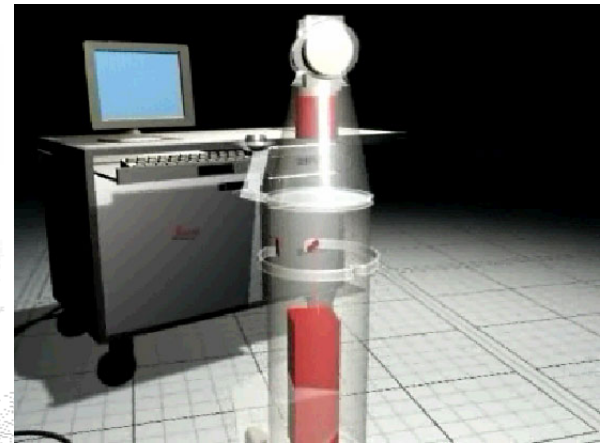




- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee



Tachymeter



Lasertracker



Fernglas



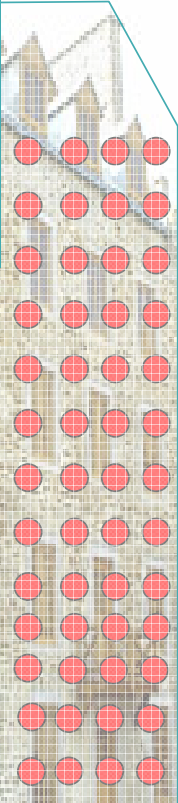
Laserscanner



Laserradar



- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee



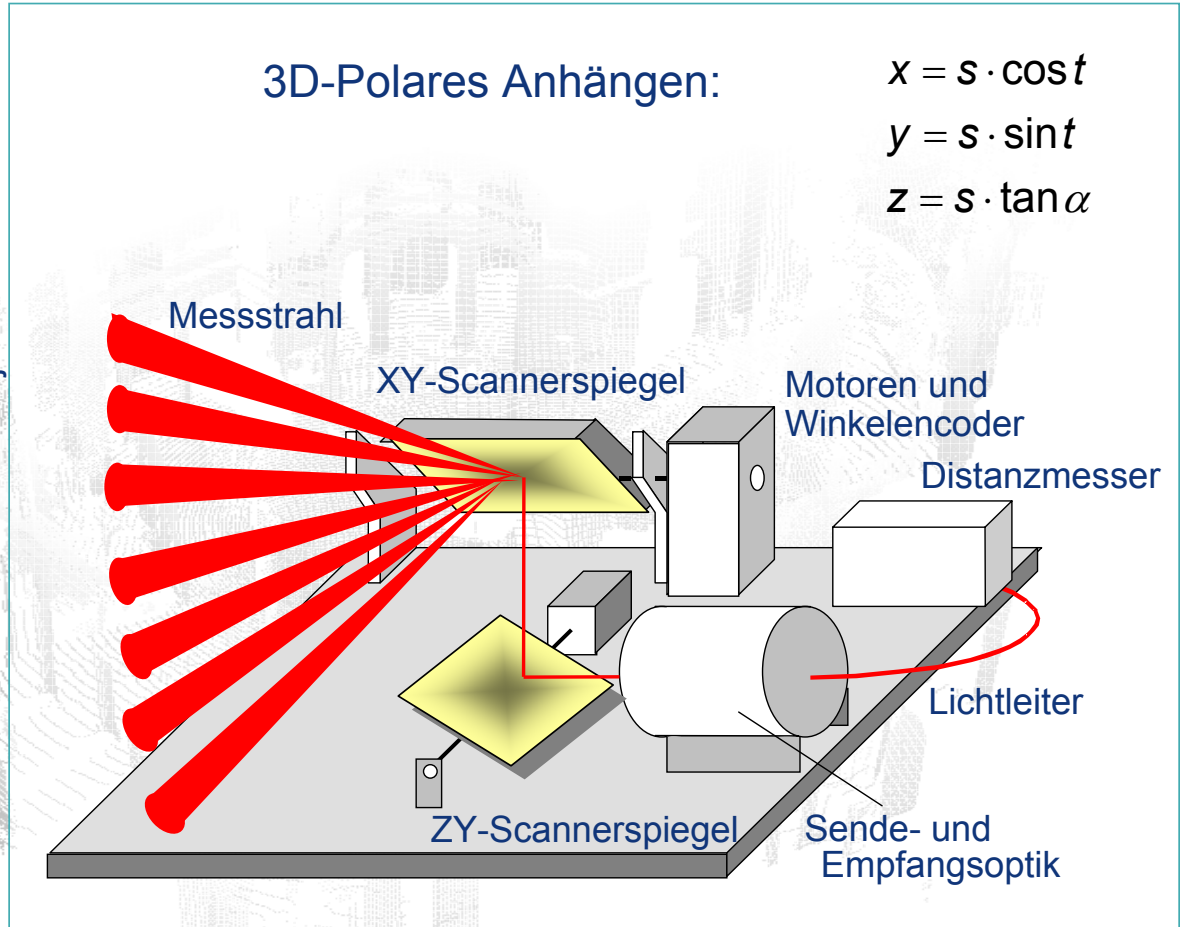
flächenhaftes Erfassen des Objektes

3D-Polares Anhängen:

$$x = s \cdot \cos t$$

$$y = s \cdot \sin t$$

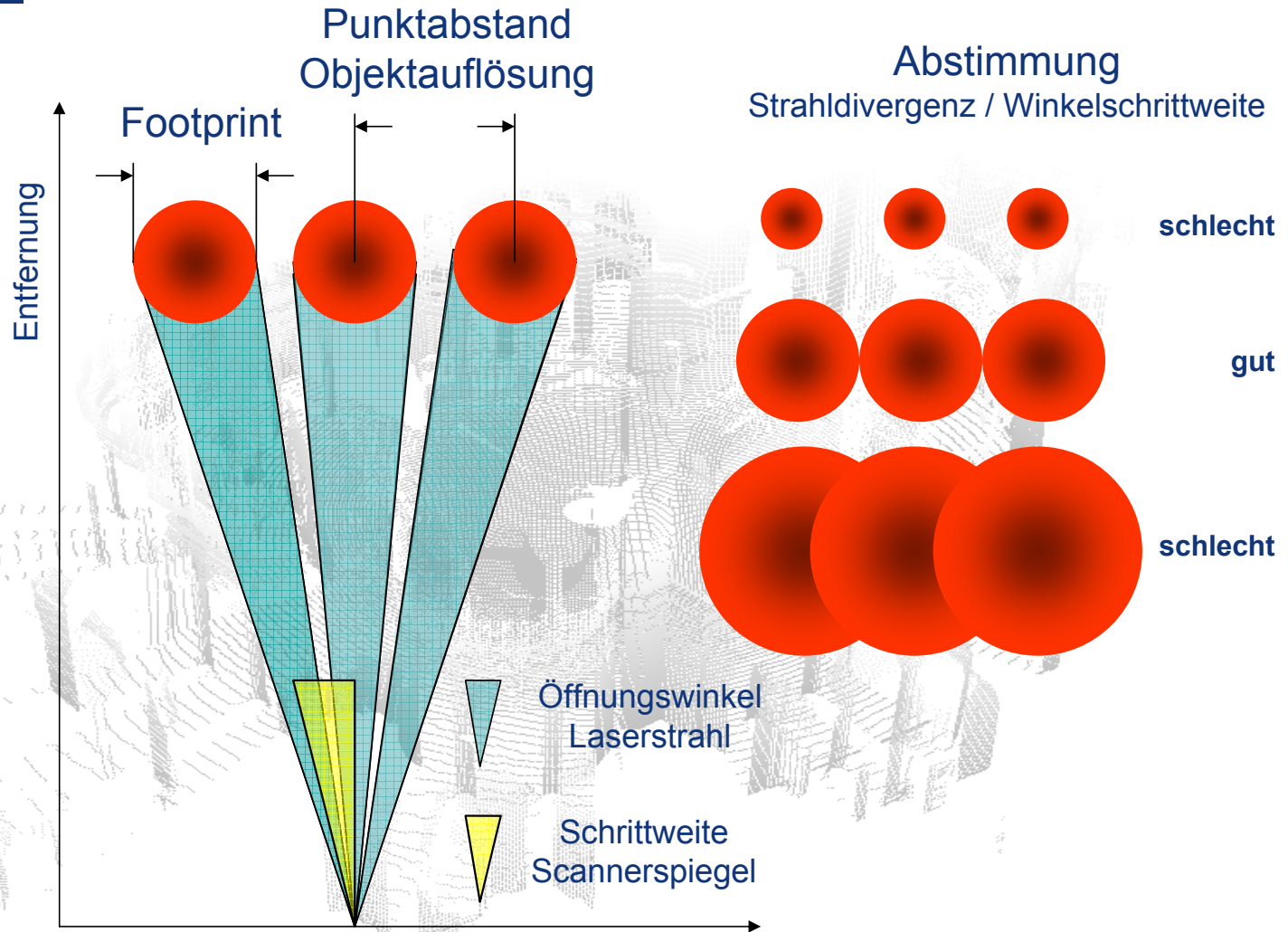
$$z = s \cdot \tan \alpha$$





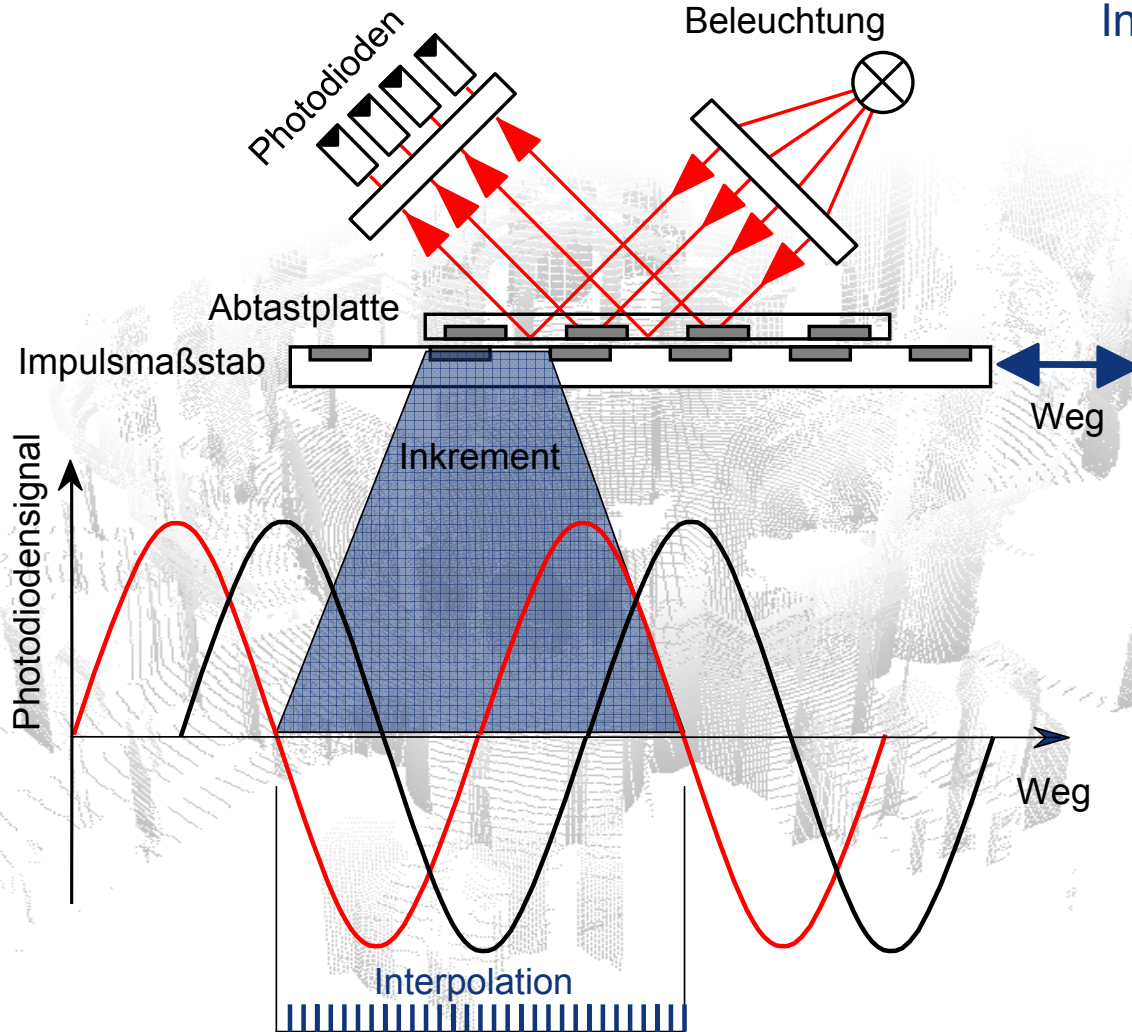
- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee

TUD



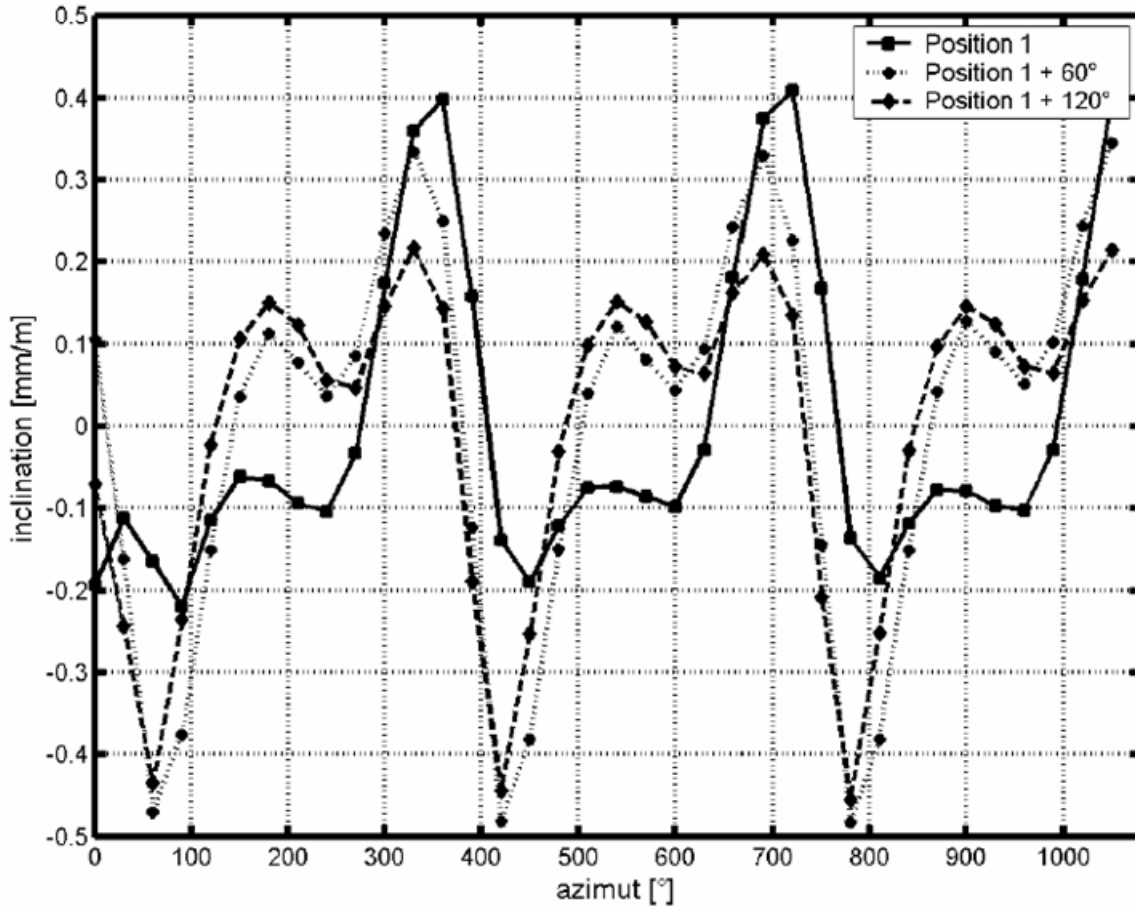


- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee





- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee



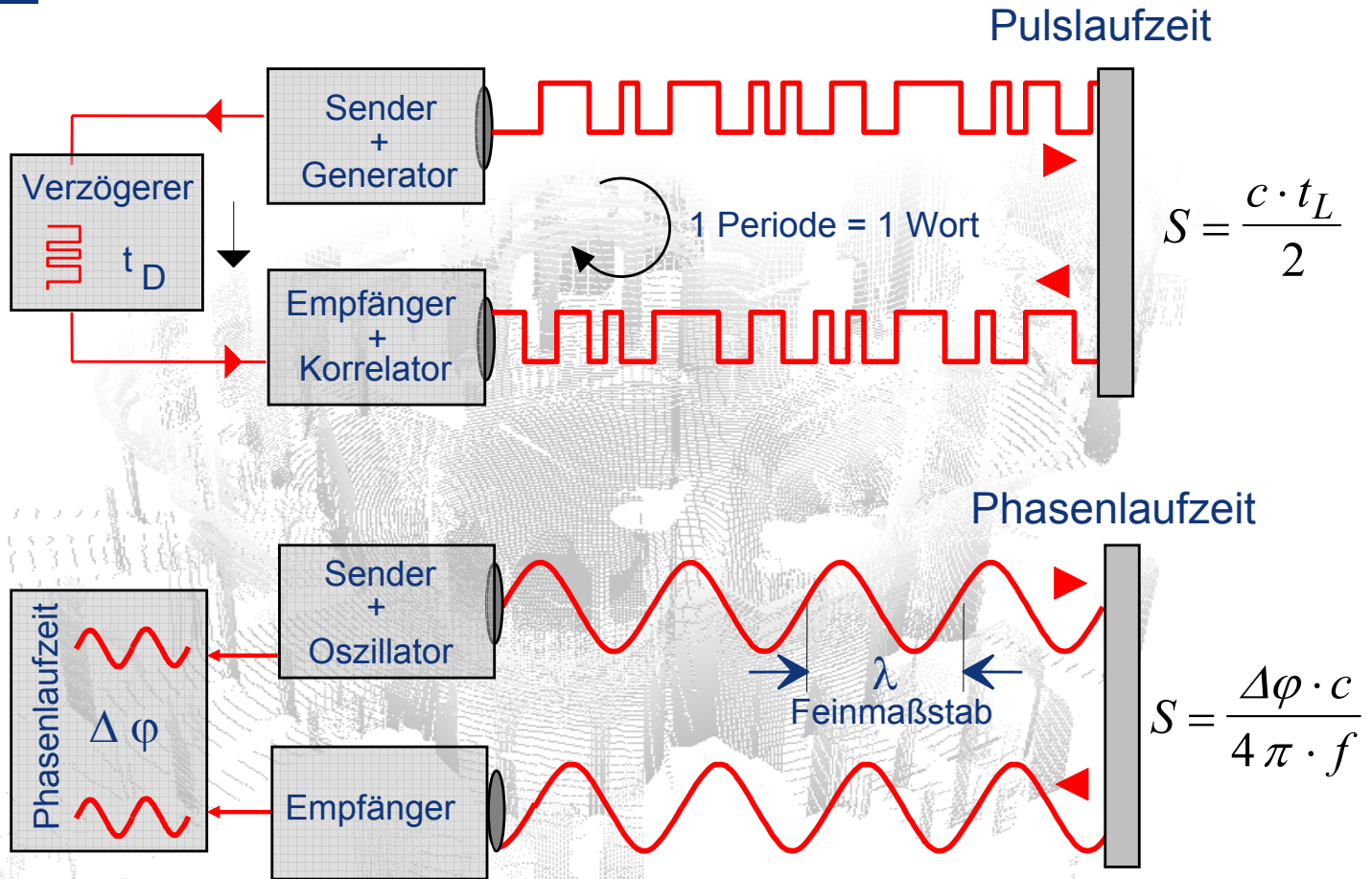
Quelle: Ingensand, Ryf, Schulz





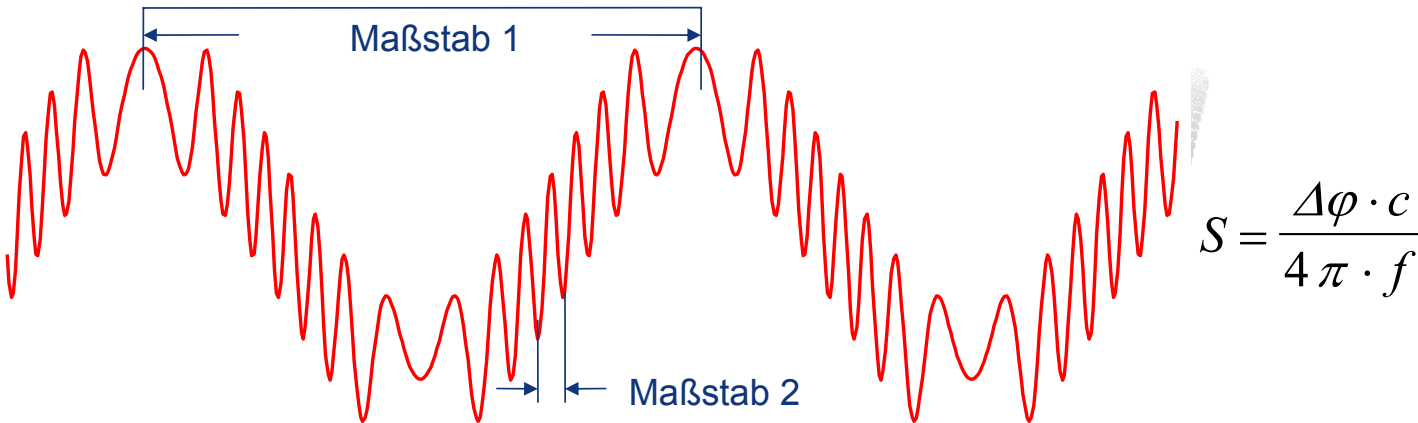
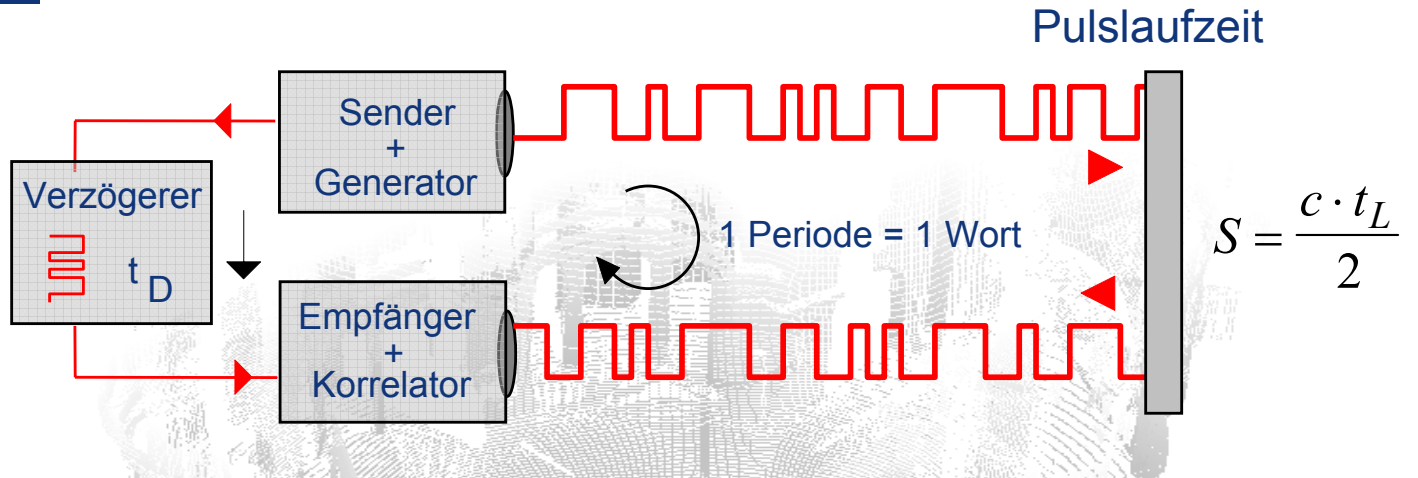


- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee



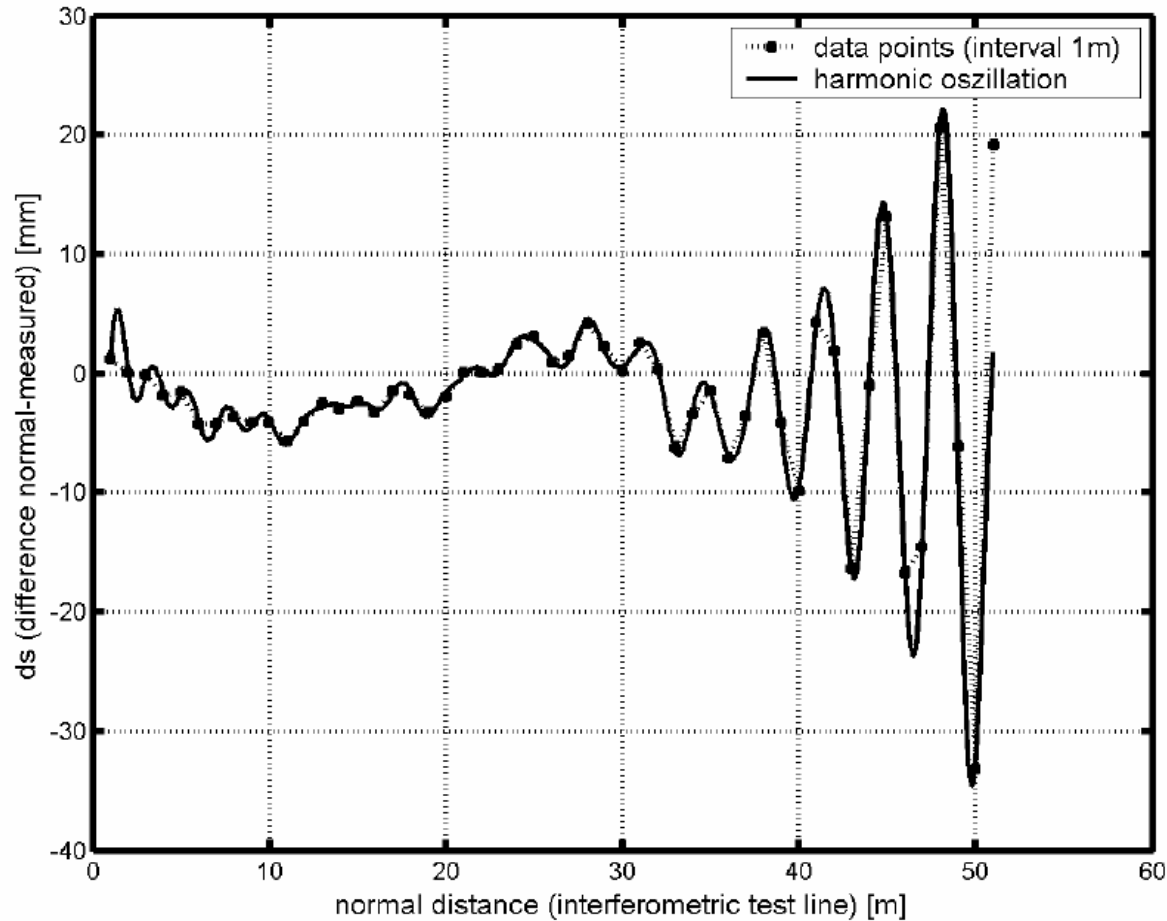


- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee





- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee



Quelle: Ingensand,  
Ryf, Schulz





- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee



MENSI GS 200



Leica CYRAX  
HDS 3000

Fensterscanner

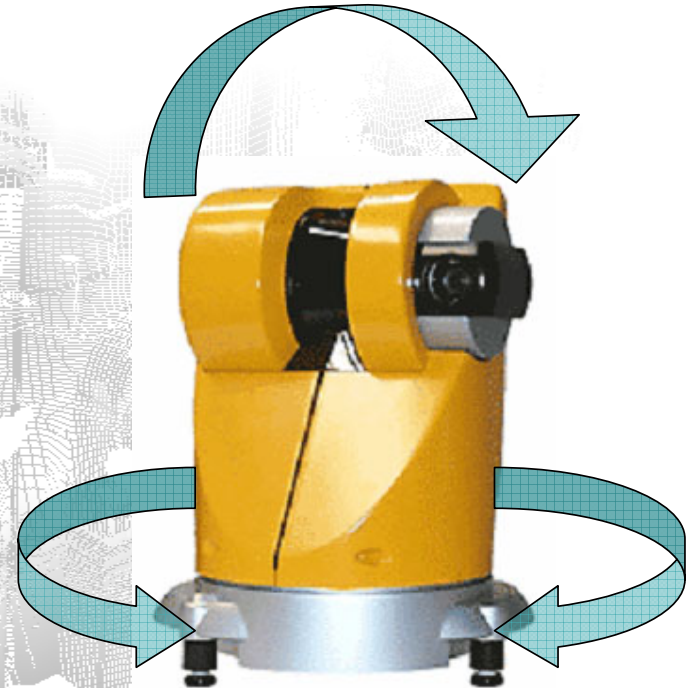




- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee



Z&F 5003



CALLIDUS

Panoramascanner





- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee



Z&F 5003

Technische Daten	IMAGER 5003
Streckenmessung	Phasenvergleich
Eindeutigkeitsbereich	26 m oder 52 m
Winkelmessung	Inkrementelle Encoder
Auflösung	0,01° bis 0,018°
Linearitätsfehler	2 bzw. 5 mm
Maximale Datenrate	<b>625.000 Punkte / s</b>
Typische Datenrate	125.000 Punkte / s
Messbereich:	
Horizontal	360° (beliebig)
Vertikal	270°
Scan 7 Minuten	(125.000 Punkte / s) 253 MB (unkomprimiert)

Panoramascanner

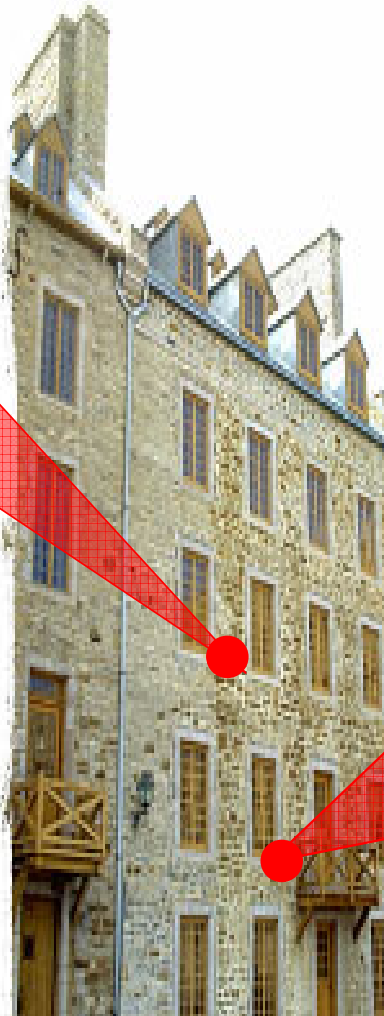




- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee



MENSIS S10



Minolta VI-900

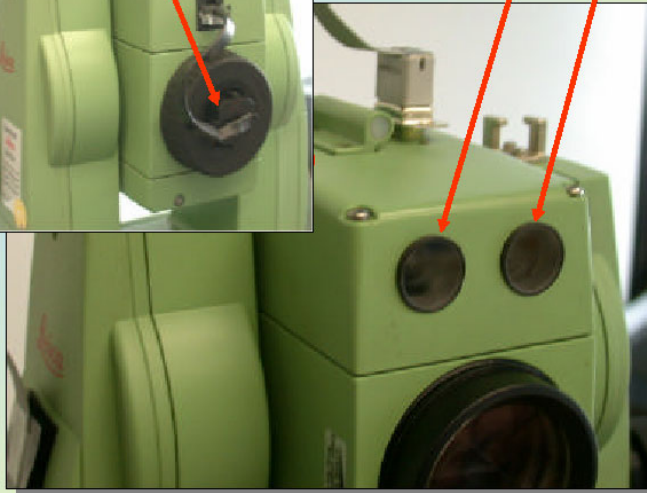


Einleitung  
Sensoren  
Messungselemente  
Scannerbauarten  
Messung  
Auswertung  
Modellierung  
Resümee

Okularkamera und automatische Fokussierung im Gehäuse



Weitwinkel-  
kameras



- Messung repräsentativer Punkte
- Automatische Messung von Profilen
- 3D-Modellierung vor Ort
- Verknüpfung Mit Attributen
- Bilddokumentation

Quelle: Scherer







Einleitung  
Sensoren  
Messungselemente  
Scannerbauarten  
Messung  
Auswertung  
Modellierung  
Resümee



ERFASSEN

Positionierung

Scanvorgang  
Panorama oder Fenster

Datenspeicherung

Punktwolke

Kontrolle  
Visualisierung

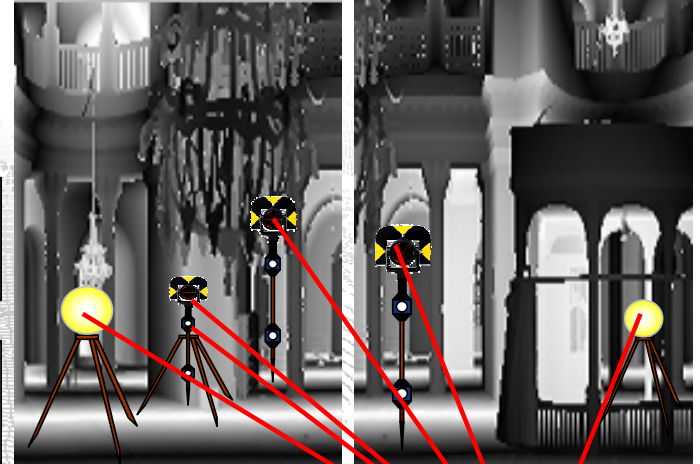


Einleitung  
Sensoren  
Messungselemente  
Scannerbauarten  
Messung  
Auswertung  
Modellierung  
Resümee

## TRANSFORMATION

Punktförmige Transformation

Flächenhafte Transformation



Reflektoren - Passkugeln - Ecken

Vorteile

- beliebig positionierbar
- geodätisch bestimmbar
- Georeferenzierung

Nachteile

- Bestückungsaufwand
- teilweise Verdeckung



- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee

## TRANSFORMATION

Punktförmige Transformation

Flächenhafte Transformation



Überdeckung

Dreiecksnormale - nächster Punkt - Flächenapproximation -  
... (siehe Computer Vision)

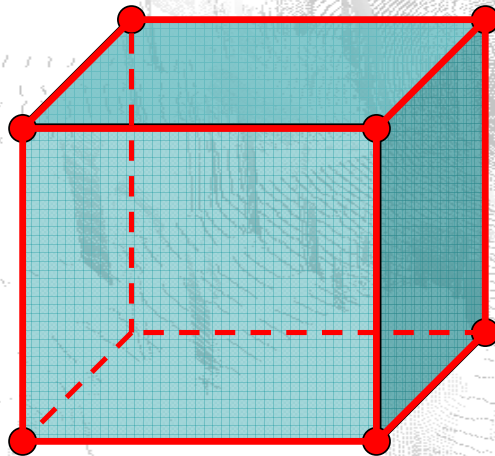
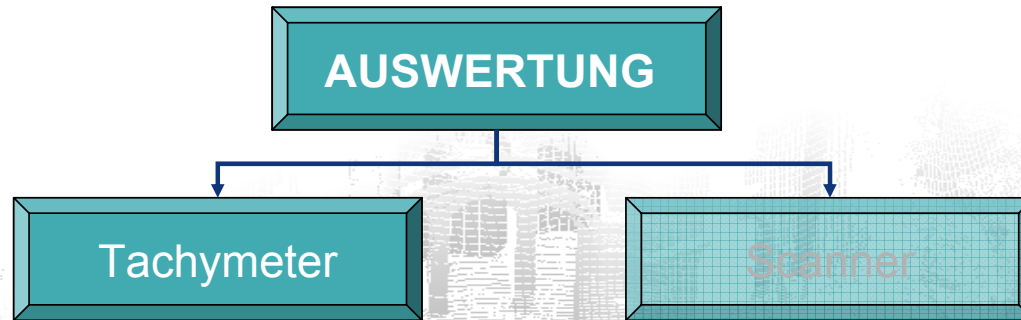
### Vorteile

- kein Bestückungsaufwand
- keine Verdeckung

### Nachteile

- Überlappung gefordert
- Algorithmen notwendig
- keine Georeferenzierung





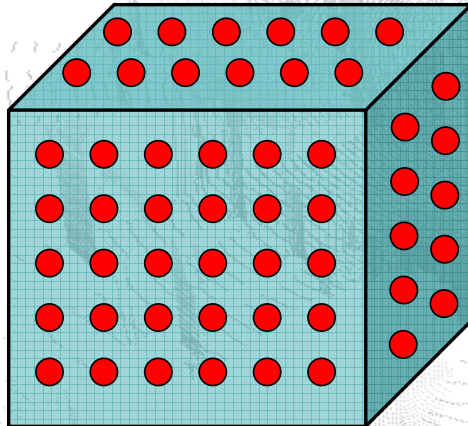
- Denken in repräsentativen Punkten
- Modellierung durch Knoten und Kanten
- Punktauswahl vor Ort
- Modellbildung vor Ort
- Drahtgittermodell



## AUSWERTUNG

Tachymeter

Scanner



- zufällige Punkte (Raster)
- nicht repräsentative Punkte (Wolke)
- Punktauswahl vor Ort nicht möglich
- Modellbildung vor Ort nicht möglich
- große Punktmenge
- Auswertestrategie und Modellbildung?





VORVERARBEITUNG

Einleitung  
Sensoren  
Messungselemente  
Scannerbauarten  
Messung  
Auswertung  
Modellierung  
Resümee

Rohdatenverarbeitung

fehlerhafte Punkte

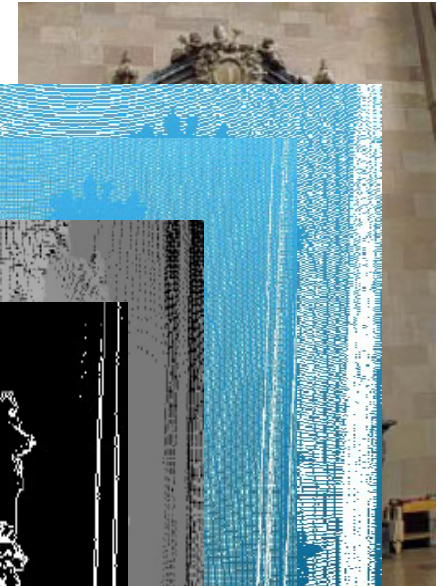
Punktausdünnung

Vorvisualisierung

distanzkodiert

grauwertkodiert

intensitätskodiert

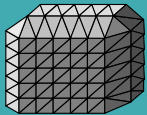
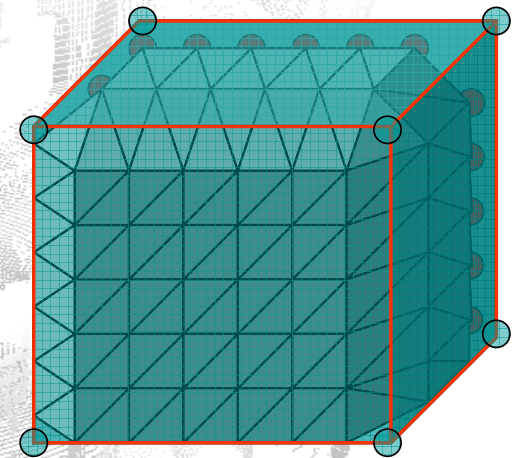


Einleitung  
Sensoren  
Messungselemente  
Scannerbauarten  
Messung  
Auswertung  
Modellierung  
Resümee

Modellierung

Dreiecksvermaschung

Volumenmodellierung



Scannen  
Dreiecke bilden

Dreiecksflächen ableiten  
Rendering und Darstellung

Vergleich Drahtgittermodell

## Dreiecksvermaschung (Mesh)

### Vorteile

- Freiform darstellbar
- Dreiecksreduzierung möglich

### Nachteile

- hoher Speicherbedarf
- Rendering zeitaufwendig



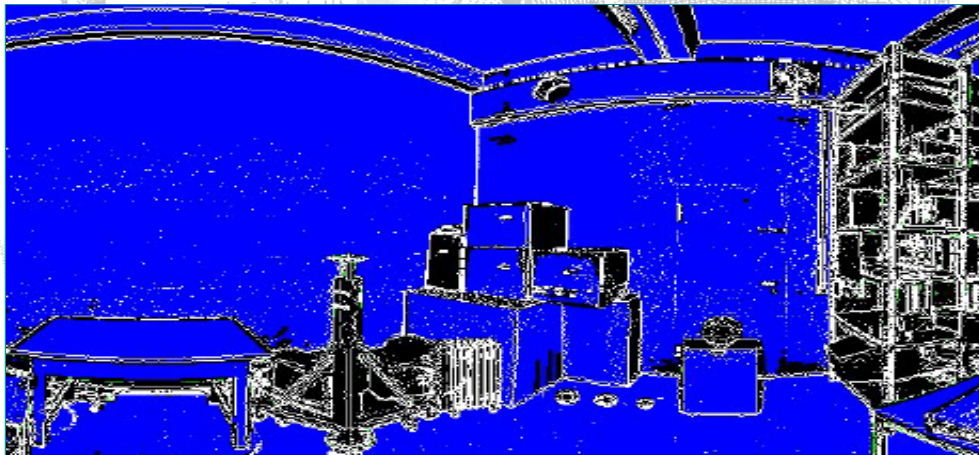
Beispiel: automatische Detektion einer Ebene

Einleitung  
Sensoren  
Messungselemente  
Scannerbauarten  
Messung  
Auswertung  
Modellierung  
Resümee

Modellierung

Dreiecksvermaschung

Volumenmodellierung



Startpunkt  
berechnen

Ausgleichung

Nachbarn  
prüfen

neuer  
Nachbar

kein neuer  
Nachbar

Abschluss-  
ausgleichung



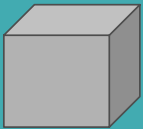


Einleitung  
Sensoren  
Messungselemente  
Scannerbauarten  
Messung  
Auswertung  
Modellierung  
Resümee

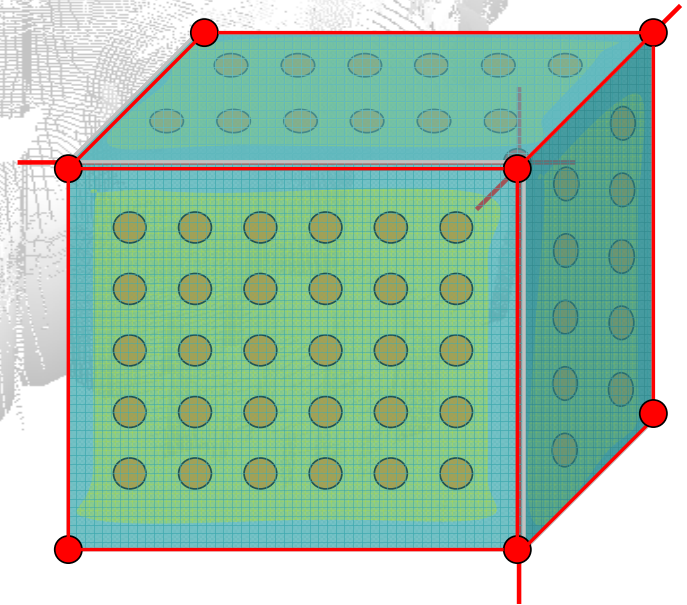
Modellierung

Dreiecksvermaschung

Volumenmodellierung



Scannen  
Ebenen suchen  
Ebenen verschneiden  
Kanten und Knoten finden  
Boundary Representation Modell erstellen





## CSG-Baum

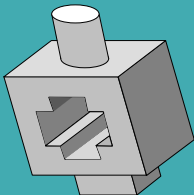
= repräs. Punkt  
 $P_i$  = Standardform

- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee

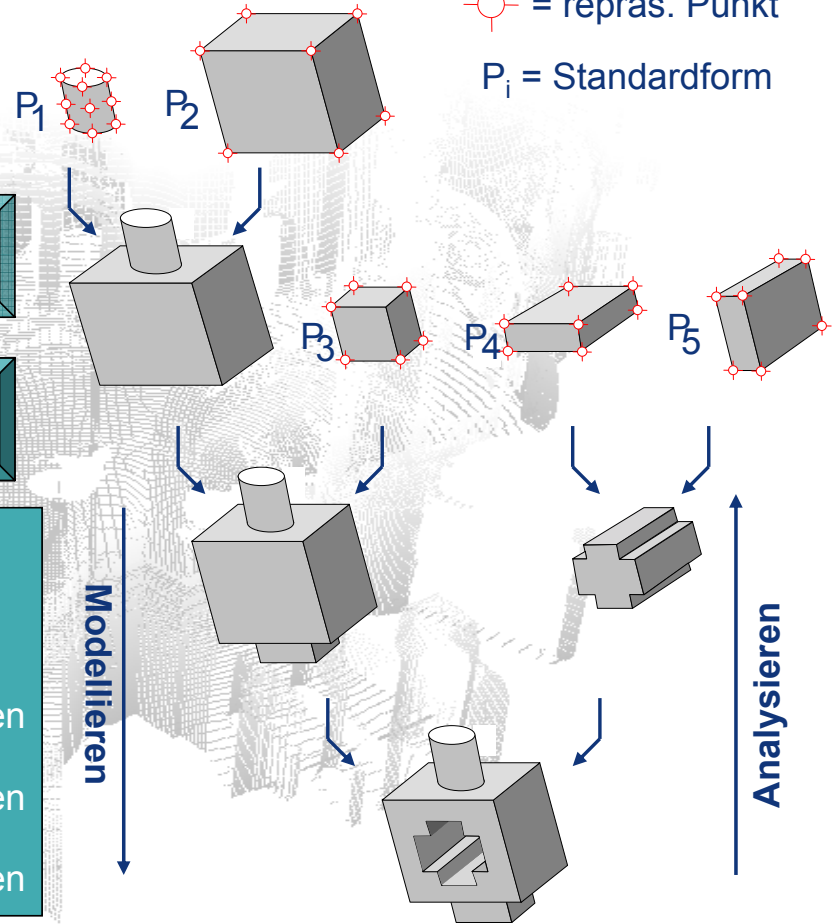
Modellierung

Dreiecksvermaschung

Volumenmodellierung

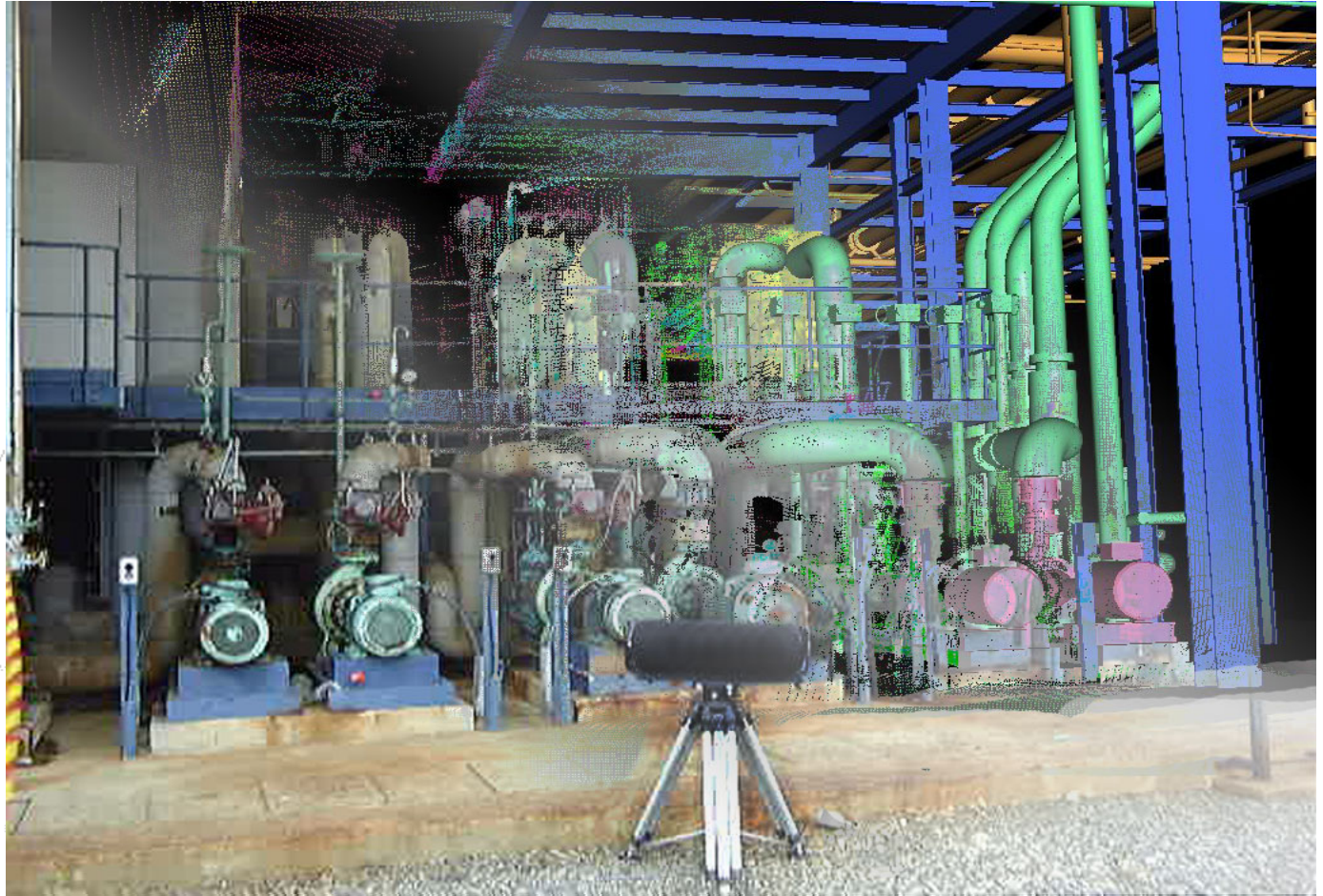


Geometrische Primitive ableiten  
 Geometrische Primitive verschneiden  
 Constructive Solid Geometry Modell erstellen





Einleitung  
Sensoren  
Messungselemente  
Scannerbauarten  
Messung  
Auswertung  
Modellierung  
Resümee

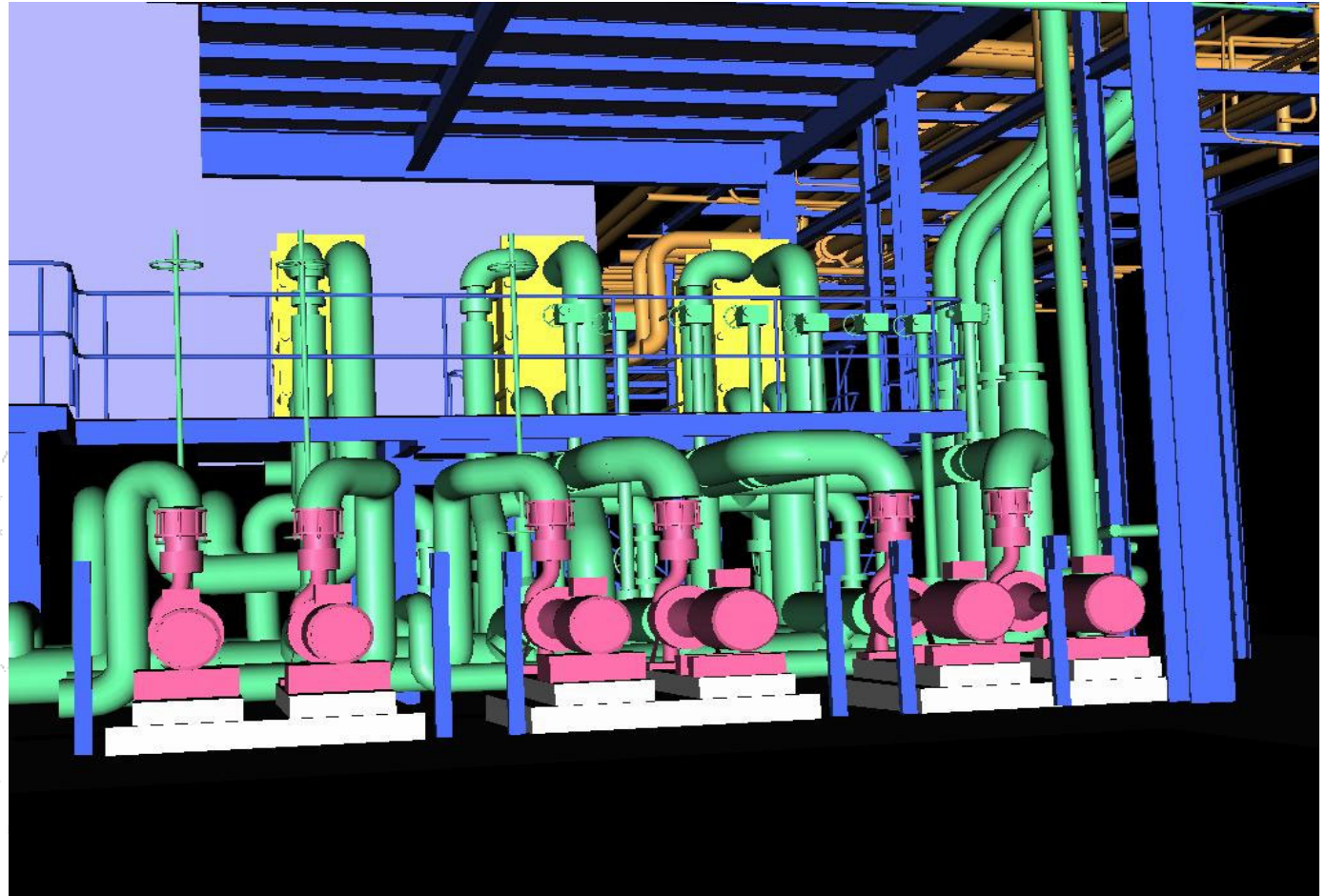


TUD





- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee



TUD





Einleitung

Sensoren

Messungselemente

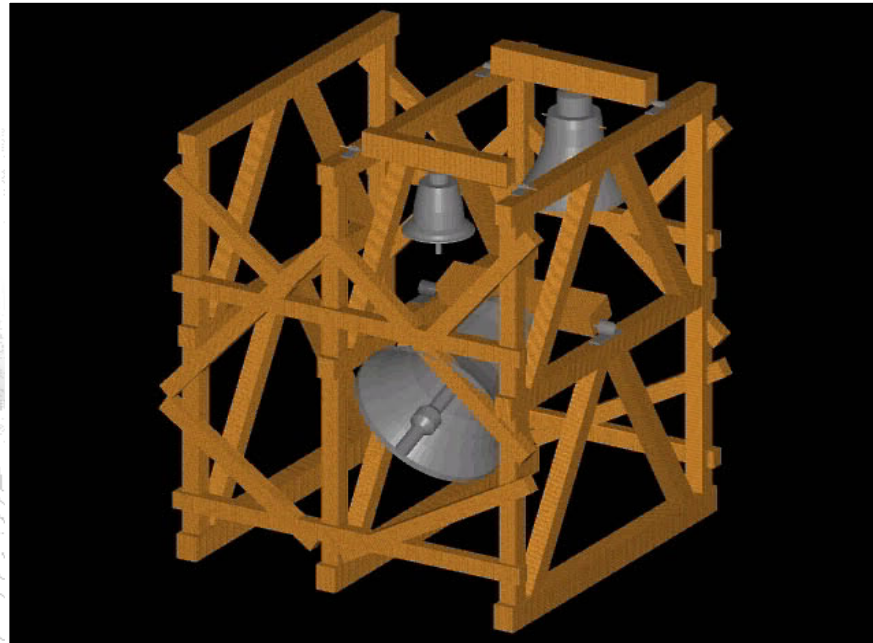
Scannerbauarten

Messung

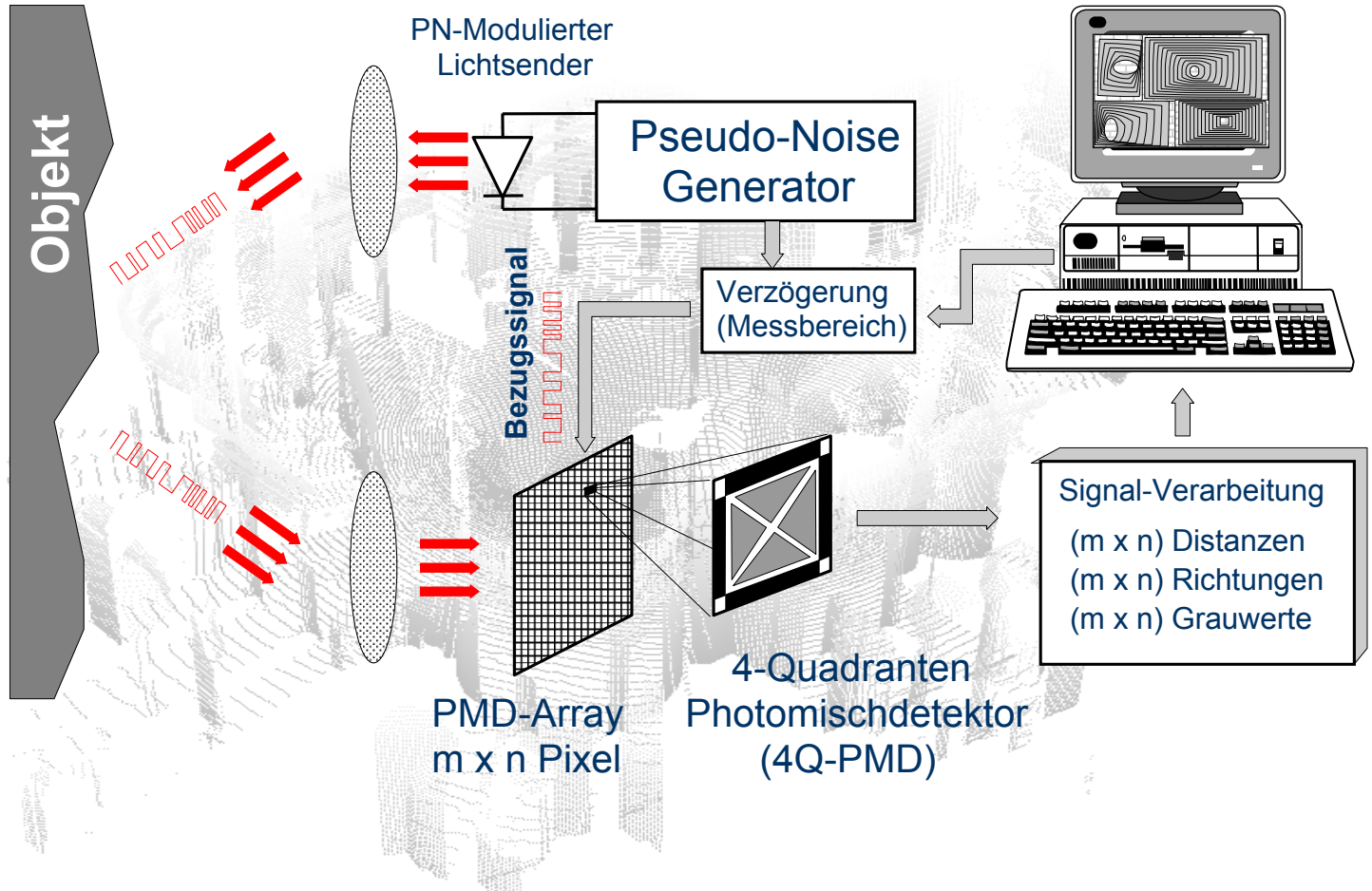
Auswertung

Modellierung

Resümee



- Einleitung
- Sensoren
- Messungselemente
- Scannerbauarten
- Messung
- Auswertung
- Modellierung
- Resümee





M. Nábauer

## "Vermessungskunde".

Handbibliothek für Bauingenieure, 1949.

1949 = 2004

"Für die zweckmäßige Durchführung einer Vermessung muss man sich von vornherein über die **anzustrebende Genauigkeit**, die zu ihrer Erreichung **geeignetste Methode** und den **notwendigen Arbeitsaufwand** im klaren sein, ferner darf man es aus Gründen der Ehrlichkeit und der Sicherheit halber nicht unterlassen, sich aus dem Verlauf der Beobachtungen und dem Verhalten der aus ihnen berechneten Ergebnisse von der wirklich erreichten **Zuverlässigkeit der Endresultate** ein richtiges Bild zu machen."

