



# How to 3D-Scan

Grundlagen der 3D-Bilderfassung  
Theorie

# Gliederung

- Grundlagen 3D-Scan
- Nextengine 3D-Scanner HD
- Nextengine 3D-Scanner HD Demo
- Kinect V1/V2
- Praxisteil Kinect V1/V2
- Photogrammetrie
- Praxisteil Photogrammetrie mit Agisoft

# 3D-Scan



- Was ist das überhaupt?



[1]



[2]



[3]

- Ermöglicht Digitalisierung und Erfassung von Form und Textur eines Objektes in 3D

# Definitionen

- **Optisch aktive Verfahren:**

Verfahren, die eine zusätzliche Lichtquelle (Laser, Infrarot) benötigen

Beispiele: Laserscanner, Kinect

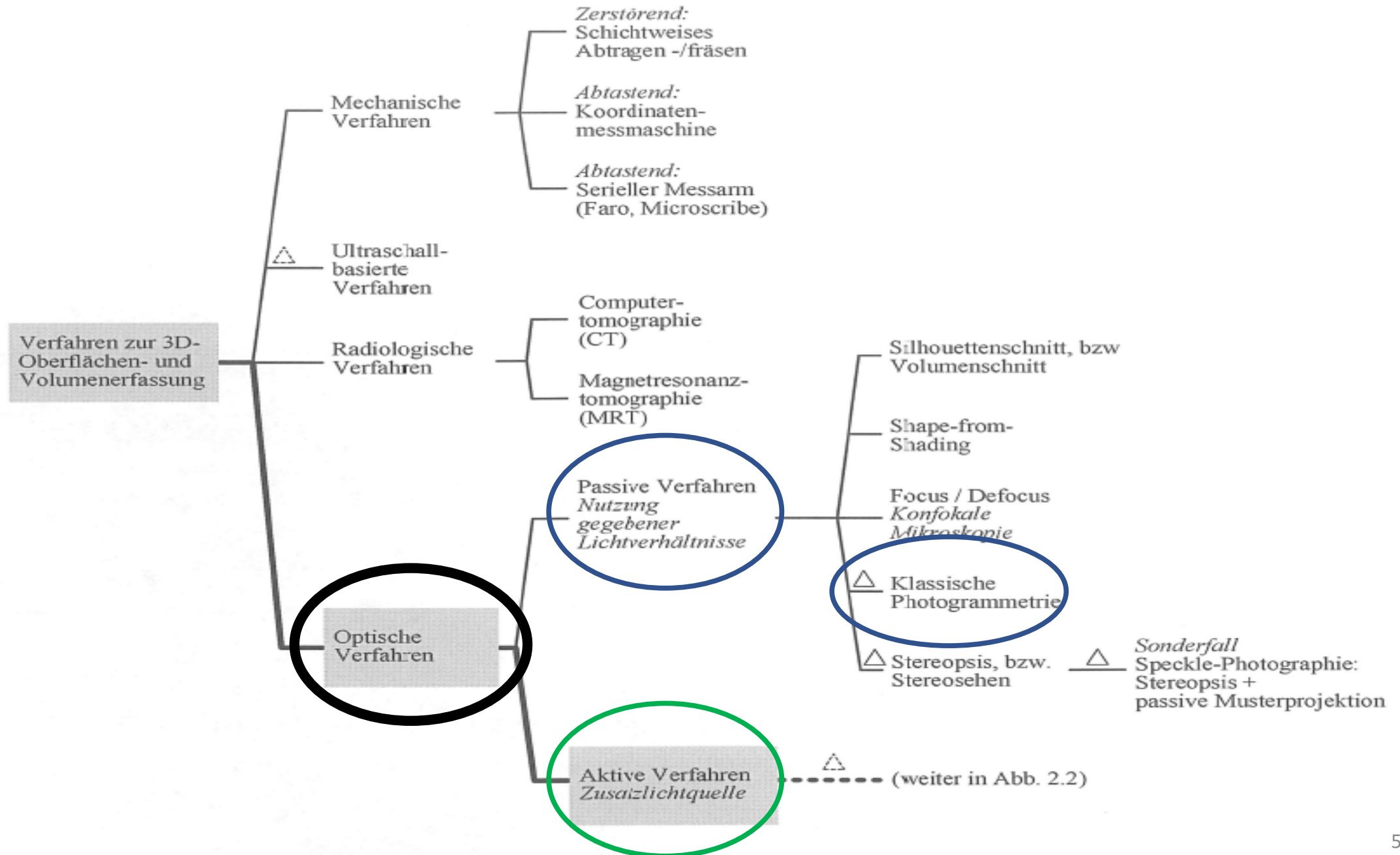
*Kamera fest -> Objekt wird bewegt*

- **Optisch passive Verfahren:**

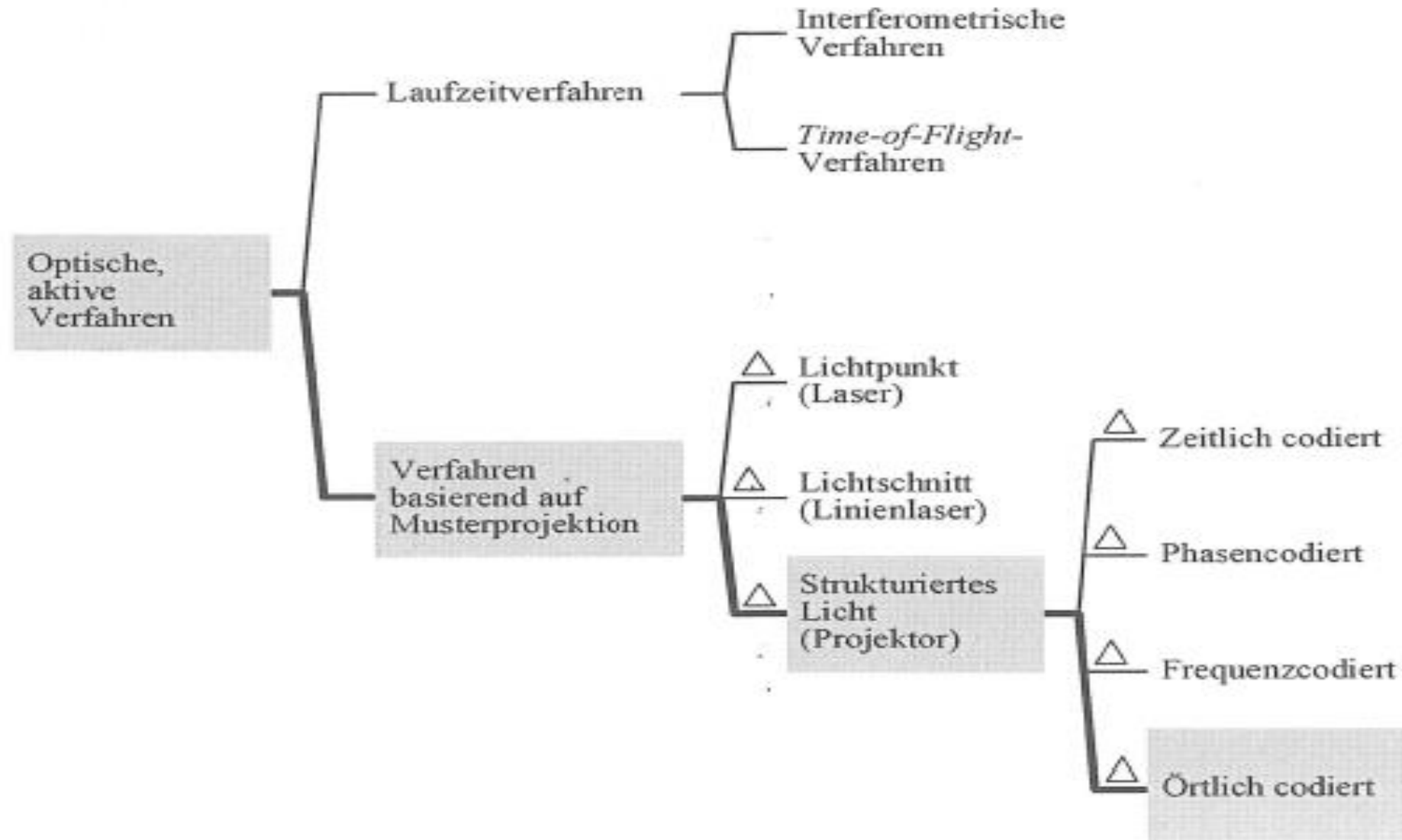
Verfahren, die mit natürlichem Licht aus der Kameraposition die Objektposition berechnen

Beispiel: Photogrammetrie mit Fotokamera

*Objekt fest -> Kamera bewegt*



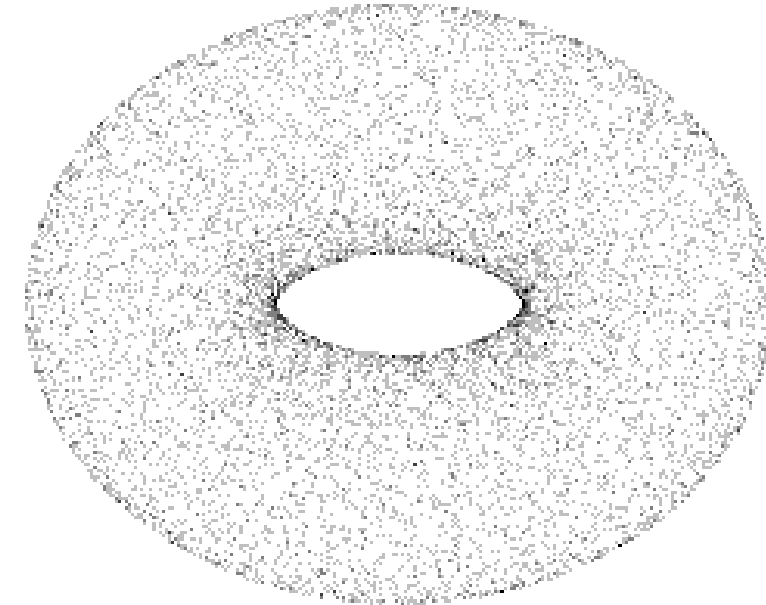
# Klassifizierung der **optisch aktiven** Verfahren



# Punktwolke

- Die Form von Objekten kann durch Punktwolken beschrieben werden, die an der Objektoberfläche dicht gruppiert sind
- Datenstruktur:  
Liste von n-dimensionalen Punkten im  
 $P: \{P_2, P_3, \dots, P_N, \}, P_i = (x_i, y_i, z_i)$
- Typische Ausgabe der Photogrammetrie oder mancher Scanverfahren

$\mathbb{R}^3$



# Aufbau Next Engine

- 4 Laser (650nm, 7 optische Sensoren)
- Makro: 0.127 mm Genauigkeit,
- Dichte: 268K points/inch, Scanfeldgröße: 7,62 x 12,7 cm
- Entfernung des Objektes 16,5 cm
- 360° Scan durch Drehplattform



[1]



[5]

# Praxisteil Nextengine

Scannen eines Objektes

# Praxisfolien Claus Alle bis auf letzte



# Streifenlichtverfahren aktives Triangulationsverfahren

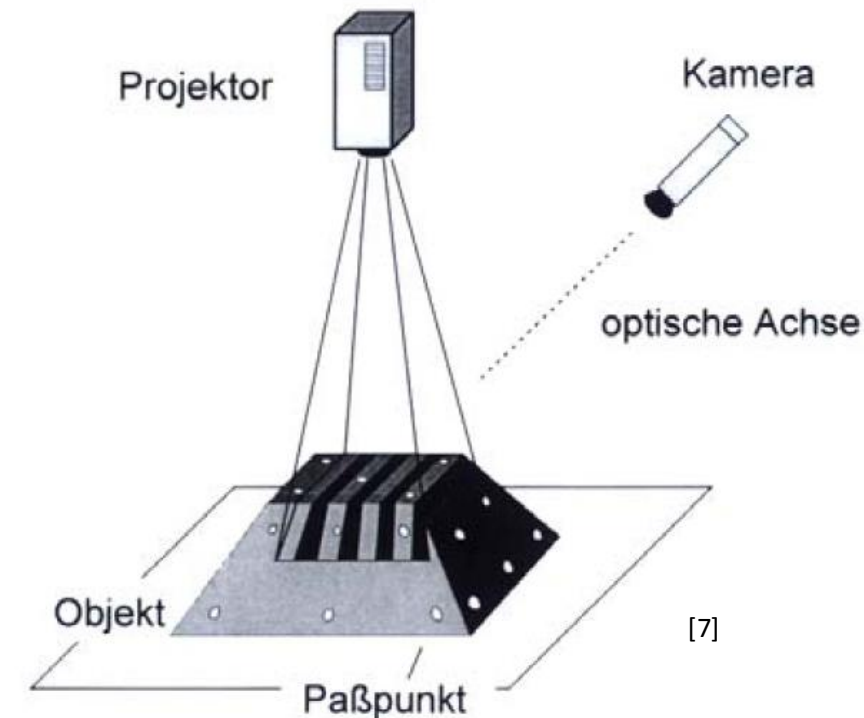
Kinect V1

# Grundlagen

- Ziel: Punktwolke durch Tiefenschätzverfahren generieren
- Projektor projiziert bekanntes Muster auf Objekt
- Muster deformiert je nach Objektform
- Umrechnung des deformierten Musters in räumliche Koordinaten durch Triangulation und kodiertem Lichtansatz
- Kinect V1 projiziert definierte Punktmatrix im Infrarotbereich



[8]

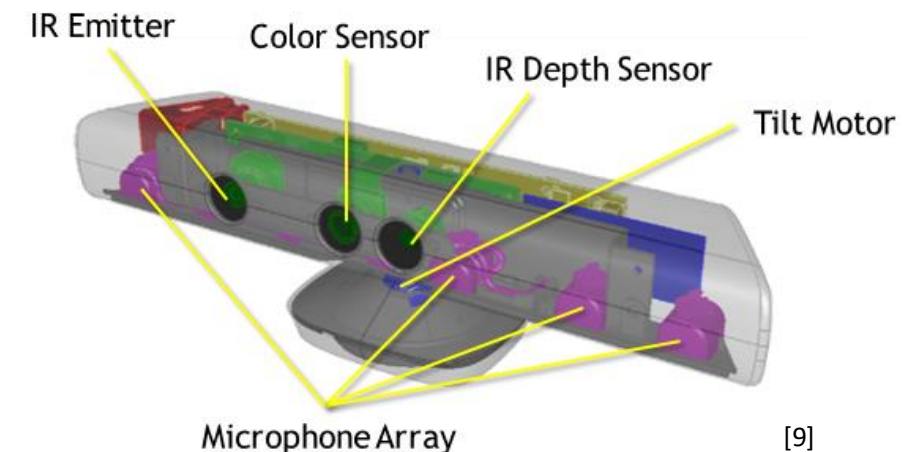


[7]

# Kinect V1

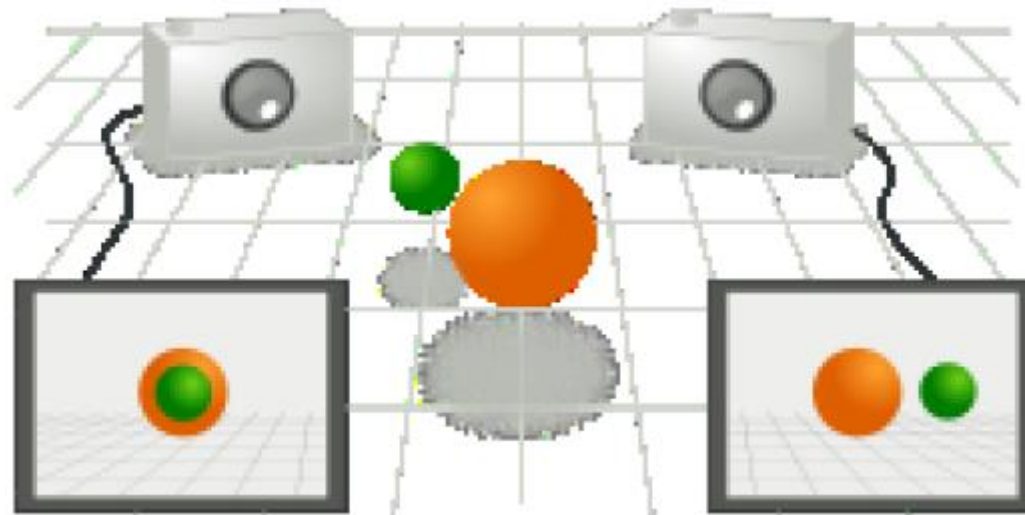
## Aufbau

- Infrarot Projektor (Emitter):
  - Auflösung 640x480 Pixel, Abtastfrequenz 30Hz,  $\lambda=830\text{nm}$
  - Lochschablone (Diffusor) zum erzeugen des Musters
- Infrarot Kamera(Depth Sensor):
  - Monochromer CMOS-Sensor zur Erfassung des Punktgitters
  - Blickwinkel: 57° horizontal und 43° vertikal
- RGB Kamera:
  - Auflösung: 1280x960 Pixel
- 3-Achs Accelerometer:
  - Lage- und Orientierungsbestimmung der Kinect
- Mikrofon-Array:
  - Bestehend aus 4 Mikrofonen zur Positionsermittlung von Geräuschen (Beamforming)

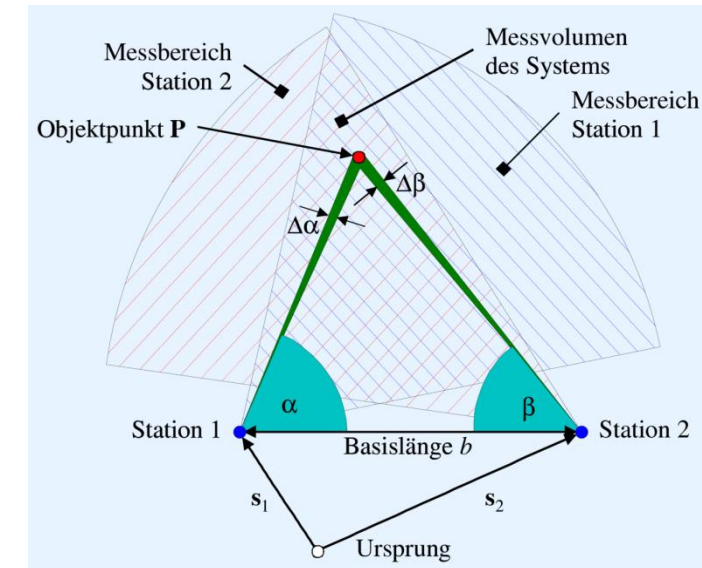


# Grundlagen Triangulation

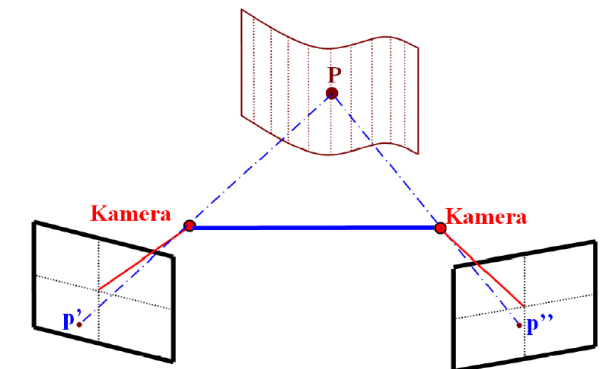
- Objektpunkt P relativ zum Koordinatenursprung bestimmen
- Winkelmessung ausgehend von 2 Stationen zu einem beliebigen Punkt im Raum



[11]



[10]

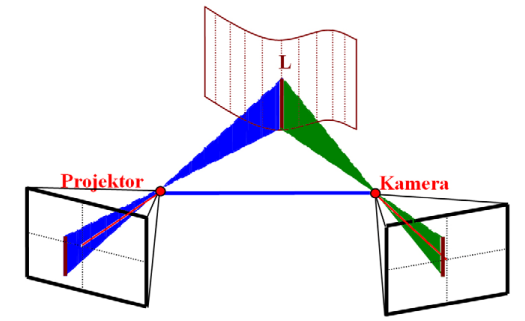


[7]

# Aktive Triangulation

## Kinect V1

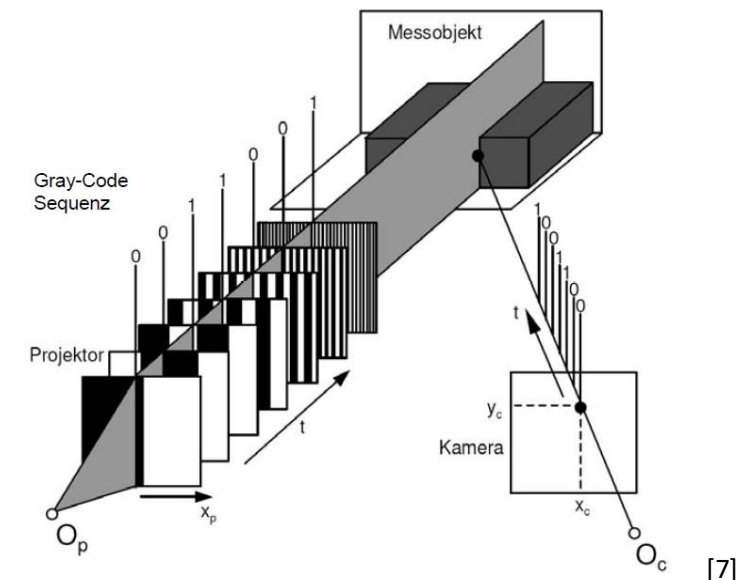
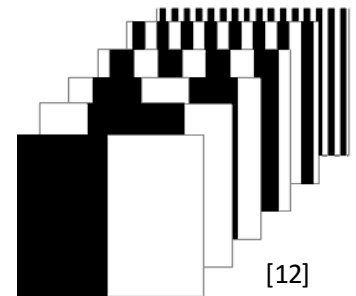
- Ersetzen einer Kamera durch Projektor mit geeignetem Projektionsmuster
- Dreieck aus Objektpunkten, Projektor und Kamera
- Abstand und Winkel zwischen Projektor und Kamera bekannt
- Laser belichtet aus bekanntem Winkel mit definiertem Muster das Objekt
- Kamera registriert Streulicht



[7]

# Korrespondenzproblem

- Ordne identische Objektmerkmale mehreren Bildern zu
- Gegeben: Innere und Äußere Orientierung der Kinect
- Verfahren: Kodierter Lichtansatz
  - Projektor projiziert  $t$  binäre Gray-Codes auf Objektoberfläche
  - Kamera nimmt  $t$  Bilder einer Szene auf
  - Durch Krümmung des Objektes ergeben sich eindeutige binäre Codes für jeden Pixel
  - Korrespondierende Ebene jedes Pixels aus Abfolge heller und dunkler Grauwerte





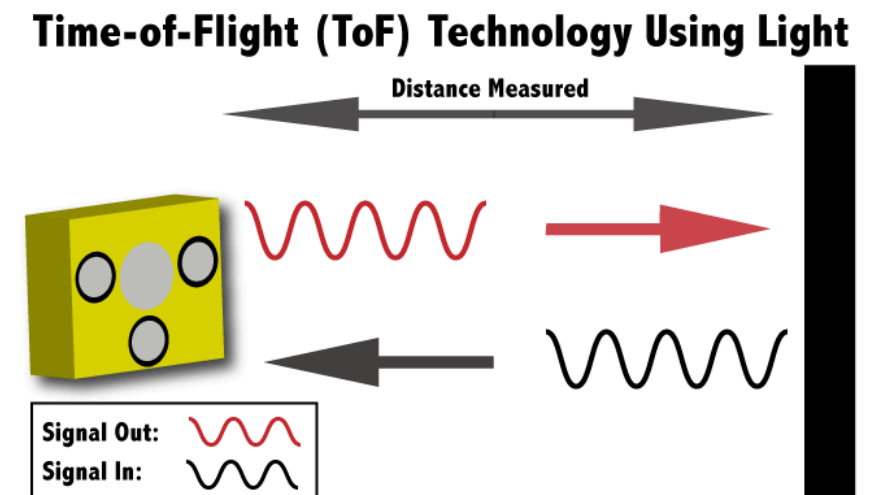
[2]

# Tiefenbildkameras (Time-of-Flight)

Kinect V2

# Grundlagen

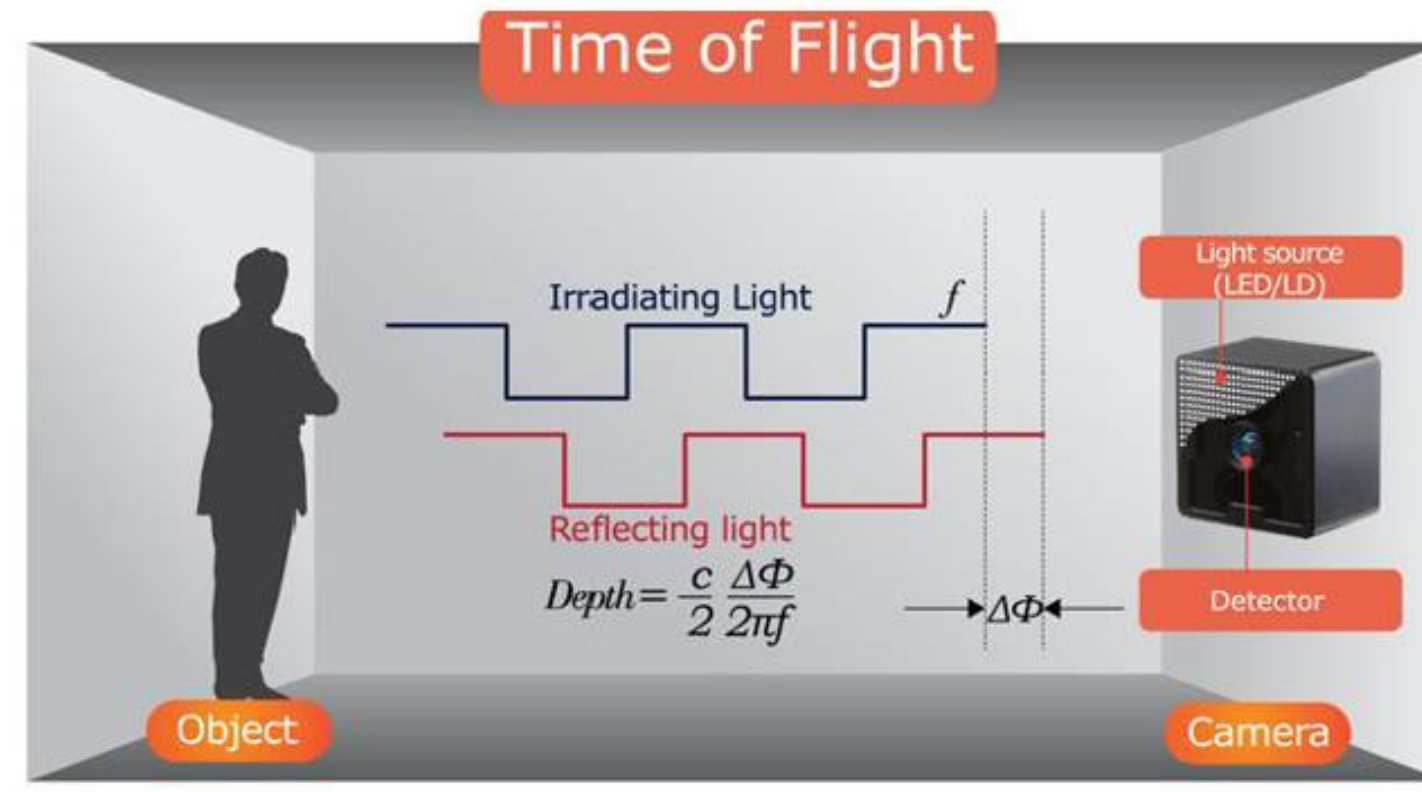
- Ziel: Punktwolke durch Tiefenschätzverfahren generieren
- Verfahren: Time-of-Flight
  - Sende Infrarot-Puls
  - Reflexion der IR-Strahlen aus Umgebung und Erfassung in IR-Kamera
  - Berechnung für jeden Pixel verstrichene Zeit
  - -> Berechnung der Entfernung des Pixels zur Kinect



# Grundlagen

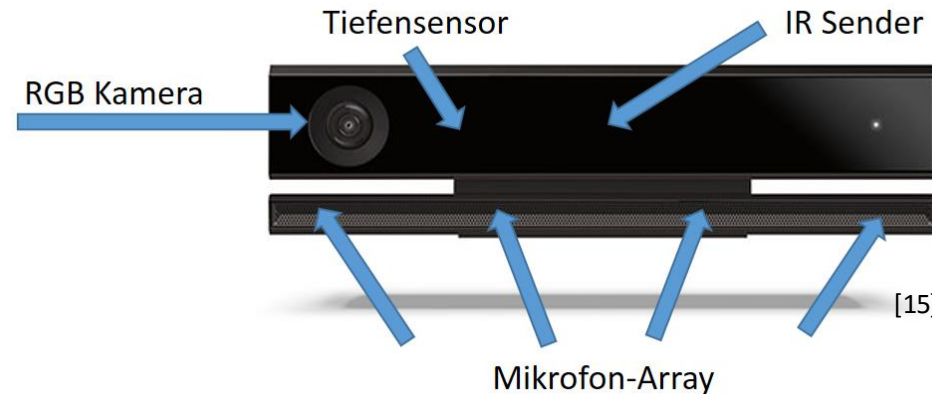
- Da die Lichtgeschwindigkeit sehr hoch ist, äußert sich der Zeitunterschied als Phasenverschiebung

- $\Delta t = \frac{\Delta \Phi}{2\pi f}$



# Kinect V2

## Aufbau



- Infrarotsensor:
  - Auflösung 512 x 424 Pixel, Abtastrate 30Hz
  - Erkennung bei schwacher oder unregelmäßiger Beleuchtung
- Infrarotkamera
- RGB-Kamera:
  - Auflösung: 1920x1080 Pixel, 30 Bilder pro Sekunde
- Mikrofon-Array
  - Bestehend aus 4 Mikrofonen zur Positionsermittlung von Geräuschen (Beamforming)

# Praxisteil Kinect V1 und V2

Scan yourself

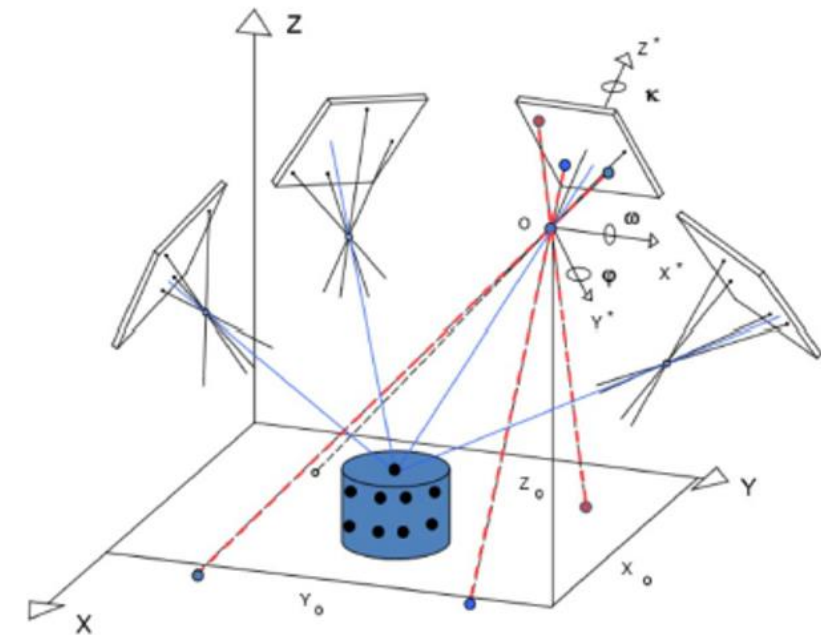


[3]

# Phogrammetrie

# Grundlagen

- Aufnahmegerät: Digitalkamera oder Handy
- Fotos von Objekt aus möglichst vielen Perspektiven
- Einzelner Objektpunkt als Pixel in mehreren Bildern (Verknüpfungspunkt)
- Linearer Verlauf von Kamera zu entsprechendem Pixel
- Modellerzeugung durch entsprechende Software z.B.
  - Photoscan (Agisoft)
  - 123D Catch (Autodesk)
  - MicMac (IGN Paris)



# Pipeline

Bilddatenerfassung

Merkmalsextraktion

Merkmalszuordnung

# Bilddatenerfassung

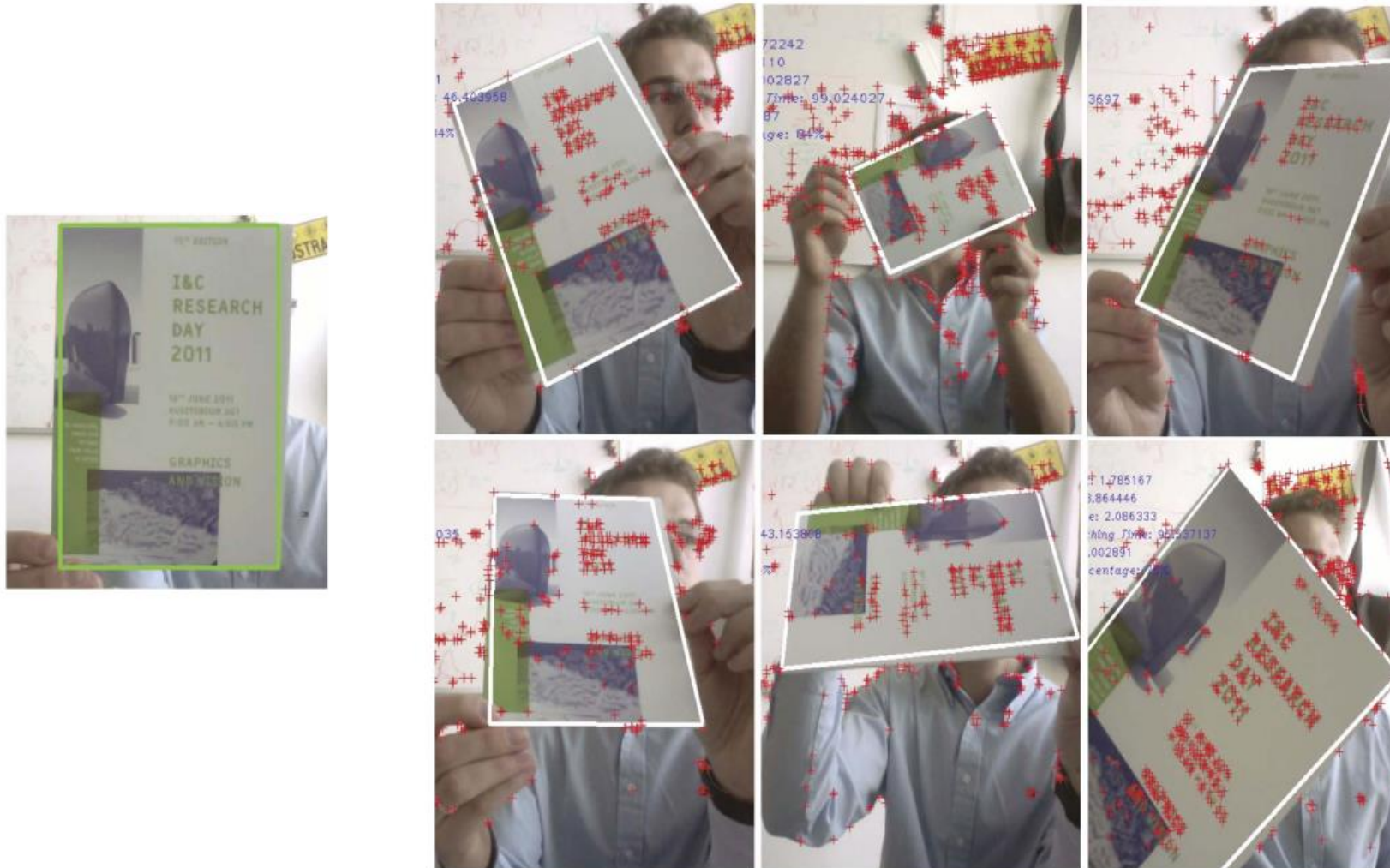
- Intensitätswerte möglichst im gleichen spektralen Bereich
- Konstante Beleuchtung
- Formstabile Objektoberfläche
- Undurchsichtige Oberfläche (diffuse Reflexion)
- Überlappende Einzelaufnahmen
- EXIF Daten bekannt



# Bildzuordnung

- Korrelierende Punkte in unterschiedlichen Bildern finden
- Bilder anhand dieser Punkte zu 3D-Modell zusammensetzen
- Vorverarbeitung
  - Bildverbesserung (Glättung, Rauschunterdrückung, Kontrastanpassung)
  - Auflösungsreduktion (z.B. durch Gaußpyramide)

# Merkmalsextraktion



Calonder et al.: "BRIEF: Binary Robust Independent Elementary Features" PAMI 2012

# Merkmalsextraktion

- Möglicher Features
  - Punktmuster
  - Starke Kanten
  - Markante Eckpunkte
    - Zweite Ableitung des Bildes (Determinante ist Maß für Eckpunkte)
- Was zeichnet ein gutes Feature aus
  - Einzigartig, Selten, Unterscheidbarkeit vom Hintergrund
  - Invariant gegenüber Verzerrungen
  - Robust gegen Rauschen
- Beispiel:
  - SIFT (Scale-Invariant Feature Transform)
  - BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features)
  - SURF (Speeded Up Robust Features)

# Merkmalsbasierte Zuordnung

- Ermittlung korrespondierender Bildmerkmale
  - Wo finde ich mein Feature im anderen Bild?
  - i.a. schwierigster Schritt des Matching Prozesses
- Ähnlichkeitsmaße
  - Findet korrespondierende Bildstellen zweier Bilder
  - Finde die maximale Ähnlichkeit zweier Bildstellen
  - Beispiele für Ähnlichkeitsmaße
    - SSD (Summe quadratischer Differenz)
    - Kreuzkorrelation
    - Mutual Information

# Praxisteil Photogrammetrie

Photoscan (Agisoft)



# Bildnachweise

1. <https://wp.stolaf.edu/it/nextengine-3d-scanner-tutorial/>
2. <https://www.heise.de/ct/ausgabe/2014-17-aktuell-Kinect-fuer-Windows-2264919.html>
3. <https://openclipart.org/detail/168562/camera-no-filters>
4. <https://de.wikipedia.org/wiki/Punktwolke>
5. <http://support.nextengine.com>
6. <https://www.engadget.com/2014/12/31/oroginal-kinect-discontinued/>
7. [http://www.hochschule-bochum.de/fileadmin/media/fb\\_v/labore/photogrammetrie/Artikel/Veroeffentlichungen/Przybilla/Streifenprojektion.pdf](http://www.hochschule-bochum.de/fileadmin/media/fb_v/labore/photogrammetrie/Artikel/Veroeffentlichungen/Przybilla/Streifenprojektion.pdf)
8. [https://www.wired.com/images\\_blogs/gadgetlab/2010/11/ir-projection.jpg](https://www.wired.com/images_blogs/gadgetlab/2010/11/ir-projection.jpg)
9. <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx>
10. [https://de.wikipedia.org/wiki/Triangulation\\_\(Messtechnik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Triangulation_(Messtechnik))
11. Vorlesungsskript Virtual Reality in der Medizin, Mastmeyer, Lübeck 2017
12. <http://www.abw-3d.de/messverfahren/codierterlichtansatz/bilder/graycode.gif>
13. <http://www.teraranger.com/wp-content/uploads/2015/04/principle.png>
14. [http://www.meerecompany.com/en/product/tof\\_01.asp](http://www.meerecompany.com/en/product/tof_01.asp)
15. <http://docplayer.org/docs-images/57/40438007/images/8-0.png>
16. [https://wiki.fablab-luebeck.de/images/4/4e/2006\\_Interaktive\\_3d\\_Modellerfassung\\_Dissertation.pdf](https://wiki.fablab-luebeck.de/images/4/4e/2006_Interaktive_3d_Modellerfassung_Dissertation.pdf)