

Automatized acquisition of image sets for structure from motion with a service robot

Stephan Naser,
Lukas Kuhlmay,
Vasantraj Selvarajan,
Karl Kleinmann

Hochschule Darmstadt

Inhalt

1. Einleitung
2. Mobile Robotik an der h_da
3. Messaufbau und Durchführung
4. Ergebnisse
5. Fazit und Ausblick



Servierroboter im BigChef-Restaurant im MyZeil-Einkaufszentrum in Frankfurt.
Photo: Nesper



Bohrroboter Fa. Hilti,
Industrieausstellung BIM-Tage
Oldenburg 2022
Photo: Nesper

- Autonome Roboter stehen an der Schwelle zum Einsatz im Alltag
- Robot-Operating-System (ROS) als leistungsfähige, freie Standardlösung
- Auf ROS lassen sich schnell eigene Lösungen aufsetzen

Autonome Roboter an der Hochschule Darmstadt



- TIAGo von PAL-Robotics (Barcelona)
- Beschafft mit QSL-Mitteln der h_da
- Joint Venture der Fachbereiche MN und EIT
- Einsatz: Studentische Projekte und Abschlussarbeiten in der Robotik/Robot Vision Ausbildung

Foto: Nesper

Beispiele für studentische Projekte SoSe 2022



TIAGo fährt Aufzug (Foto: Julian Schneider / FB EIT)



TIAGo erkennt Getränke (Foto: Samir Elmansoury / FB MN)

Ziel: Aufbau einer dauerhaften Forschungsinfrastruktur für mobile Robotik

Fachbereiche: Mathematik und Naturwissenschaften, Elektro- und Informationstechnik, Informatik

Use Cases TIAGo im FSF-Projekt:

Use Case	Thema
A	Aufnahme von Bildverbänden für Structure from Motion
B	Personal Guide
C	Butler / Servierroboter
D	Pflegeassistenzrobotik



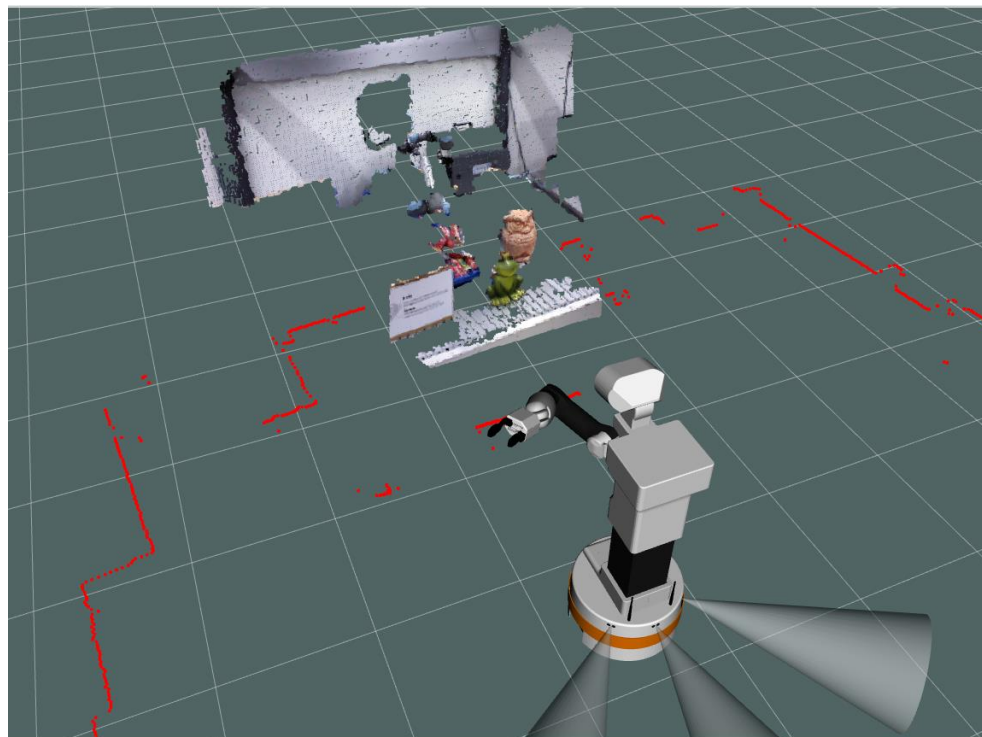
Technische Daten

Größe	110-140 cm
Durchmesser	54 cm
Antrieb	Differential Drive
Batterie	1,4 kW/h, ca. 4-6 h autonomer Betrieb
Gewicht	85 kg
Arm	7 Achsen, 87 cm Reichweite, Parallelgreifer, 2kg Nutzlast
Sensoren	<ul style="list-style-type: none">• Laserscanner Sick TIM 571 (25 m)• RGB-D Kopfkamera• Stereo-Mikrophone• 6-Achs-Kraft-Momentensensor in der Hand• 3 Ultraschallsensoren

RGB



Depth



Visualisierung: PointCloud, Laserscan und Ultraschall

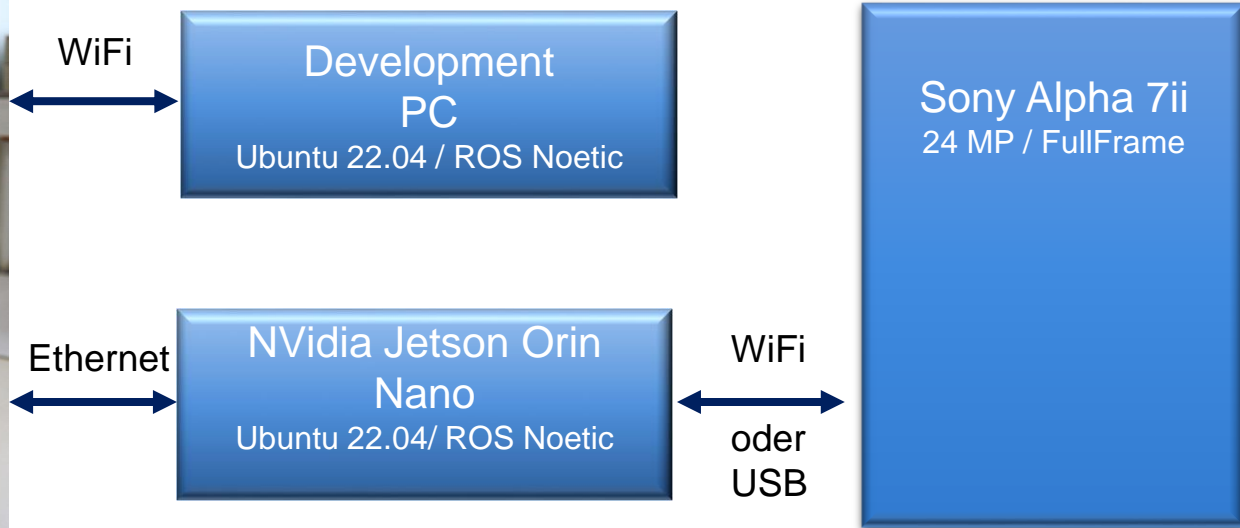
Automatisierte Aufnahme von Bildverbänden für Structure From Motion

- Vision basierte SLAM Verfahren, z.B. ORB-Slam verfügbar, aber andere Zielsetzung
- 3D-Rekonstruktion von Objekten mit Structure from Motion erfordert eine große Anzahl von Aufnahmen aus vielen Richtungen
- Automatisierung liegt nahe
- Mobile Roboter:
 - Erfassen großer Objekte bei geringer Systemgröße
 - eignen sich für Bereiche die für Menschen nicht zugänglich sind

System-Layout

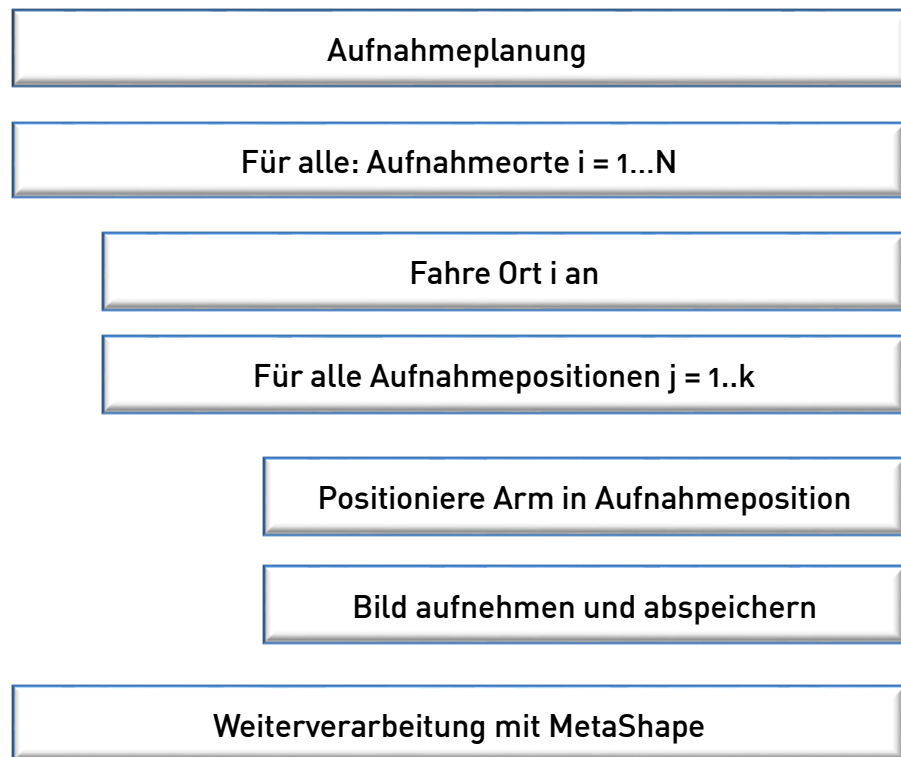


TIAGo / ROS Noetic



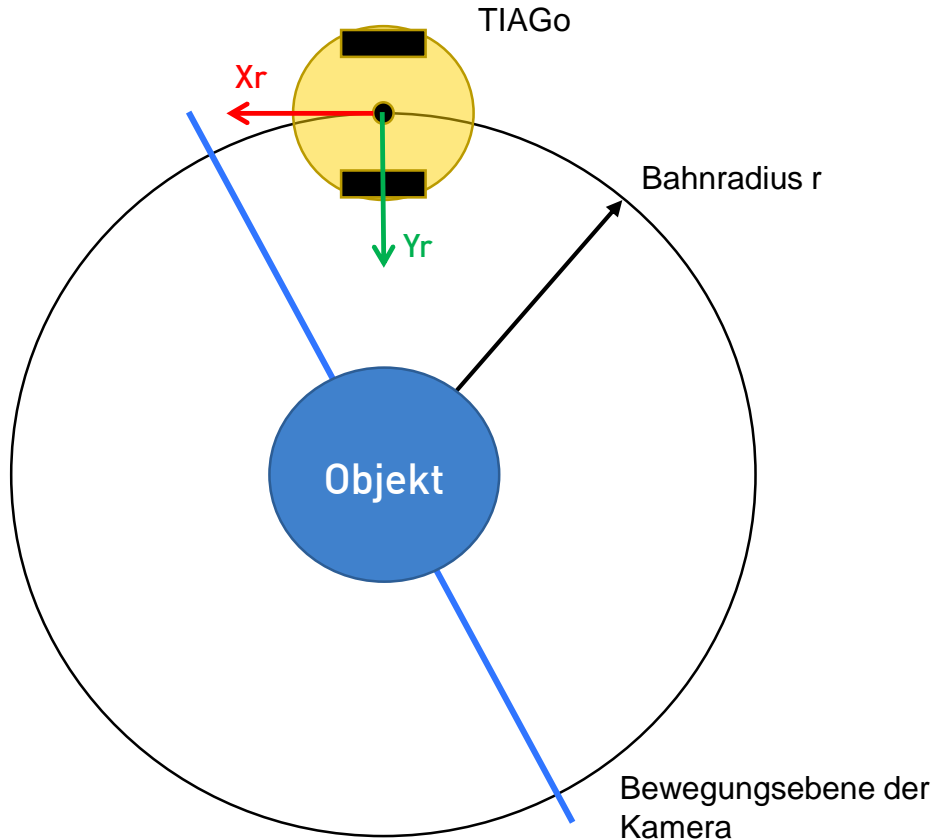
Objektive

- Tamron 20mm/1:2.8 Di III
- Sony FE 50 mm / 1:1.8
- Sony FE 28-70 / 1:3.5-5.6 OSS



- Modus: Kreis, Adaptiv
- Anzahl der Aufnahmeorte (Kreis)
- Fahrstrecke zwischen zwei Orten (Adaptiv)
- Anzahl der Aufnahmen pro Aufnahmeort
- Bahnparameter für die Aufnahmen

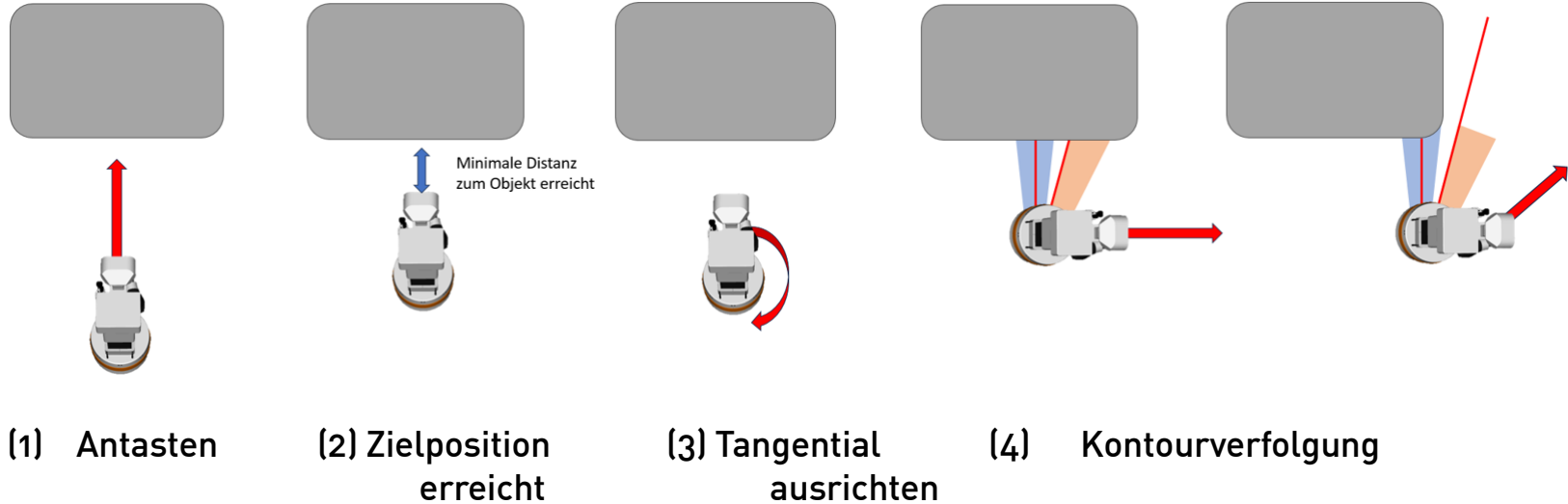
Kalibrierbilder



- TIAGo umfährt Objekt auf Kreisbahn mit Radius r
- An N Punkten auf der Bahn wird Aufnahmesequenz mit dem Arm gestartet (Aufnahmeorte)
- Jede Aufnahmesequenz enthält k Kamerapositionen in der Bewegungsebene



Bahnsteuerung: Adaptiv an Objektkontur

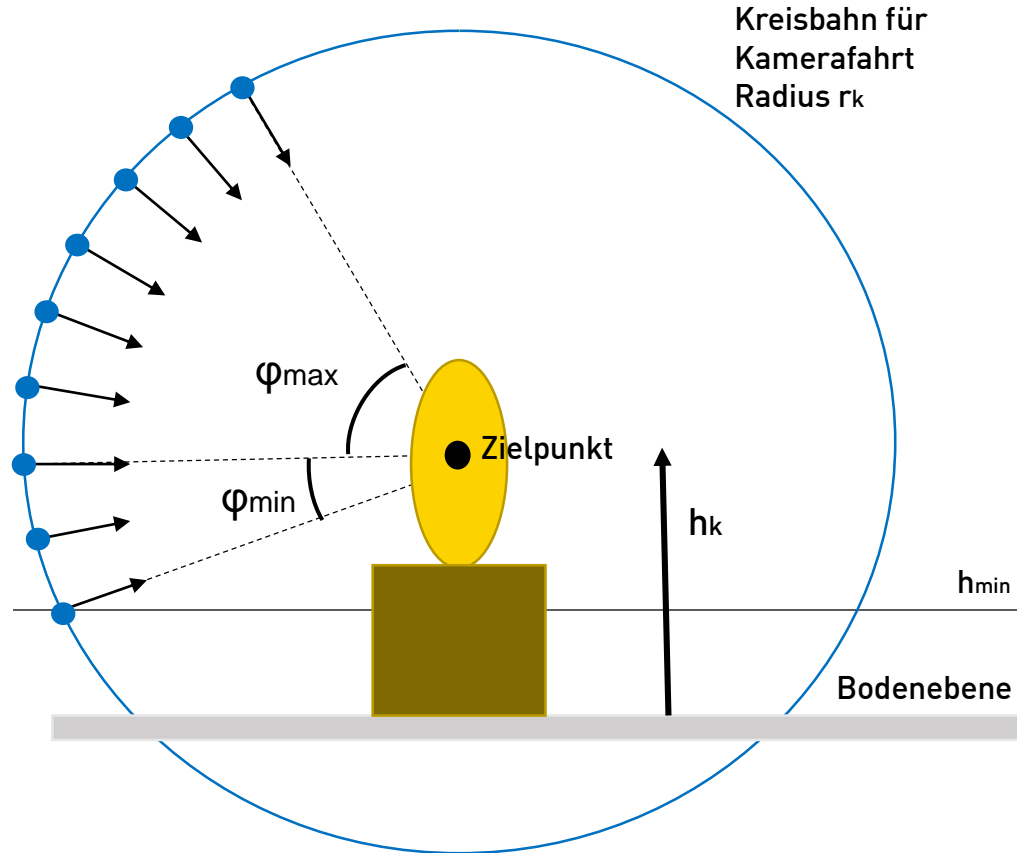


(5) Photosequenzen in konstantem Abstand

(6) Ende wenn Ausgangspunkt wieder (annähernd) erreicht wird

Bahnsteuerung: Adaptiv an Objektkontur



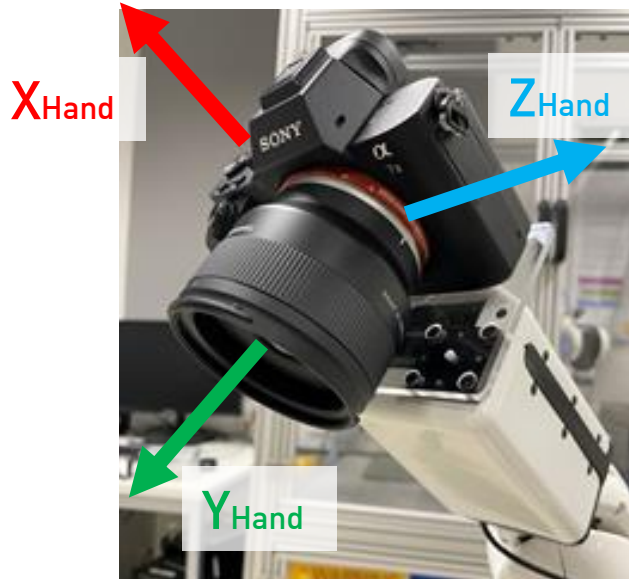


Eingabe:

- Roboterkoordinaten Zielpunkt $(0, r, h_k)$
- Kreisbahnradius r_k
- Minimale Höhe h_{min}
- Maximaler Winkel φ_{max}
- Anzahl Aufnahme­posi­tionen k

Ausgabe

k Handpositionen (x_{hj}, y_{hj}, z_{hj}) in Roboterkoordinaten



Translation

aus vorheriger Folie bekannt

Rotation:

- Kamera blickt in Richtung der Hand y-Achse
- Wähle Hand-Z-Achse senkrecht zu Hand-y-Achse und Roboter z-Achse
- Hand-X-Achse folgt aus Vektorprodukt

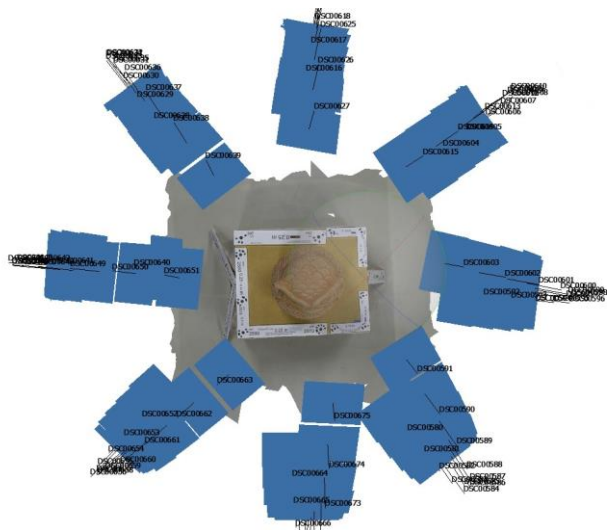
Testobjekte



Formula Student Team der h_da: FastDA F20

Ergebnisse

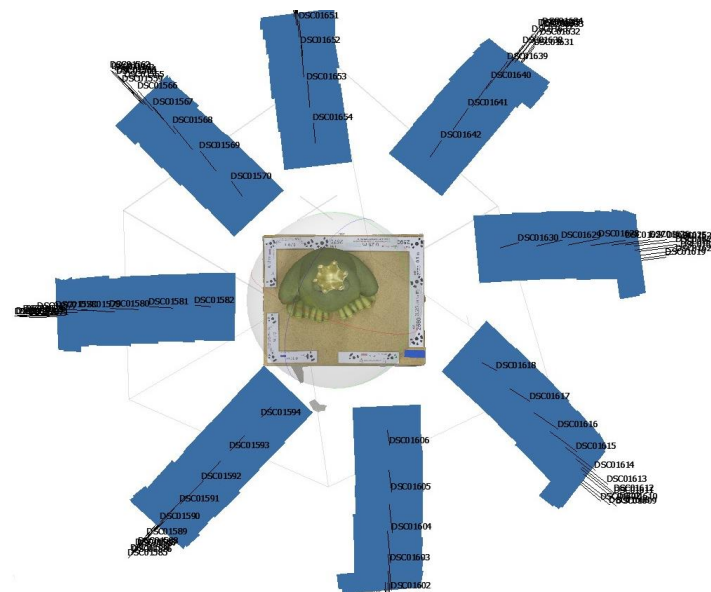
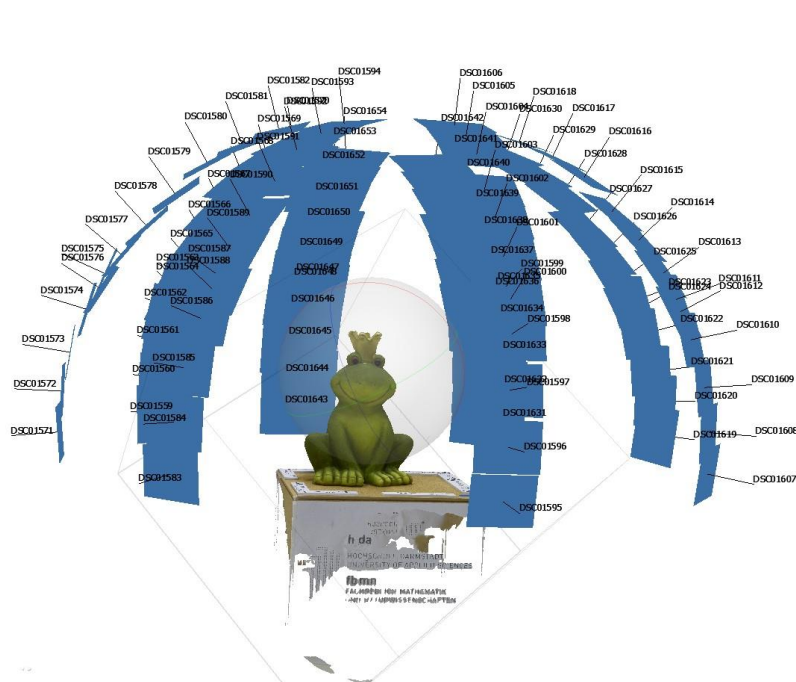
Für alle Experimente mit Kreisfahrt: $r = 0.8\text{m}$, $r_k = 0.8\text{ m}$



8 Aufnahmeorte je 12 Kamerapositionen,
 $h_k = 0.7 \text{ m}$ $h_{\min} = 0.2 \text{ m}$, $f' = 20 \text{ mm}$



16 Aufnahmeorte je 12 Kamerapositionen,
 $h_k = 0.7 \text{ m}$ $h_{\min} = 0.2 \text{ m}$, $f' = 20 \text{ mm}$



8 Aufnahmeorte je 12 Kamerapositionen $h_k = 0.45 \text{ m}$, $h_{\min} = 0.4 \text{ m}$, $f' = 20 \text{ mm}$

Ergebnisse: Eule

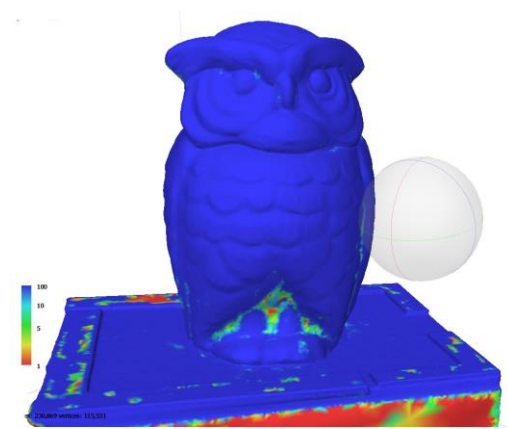
$h_{da} / -e\pi+$



Textur



Solid



Confidence

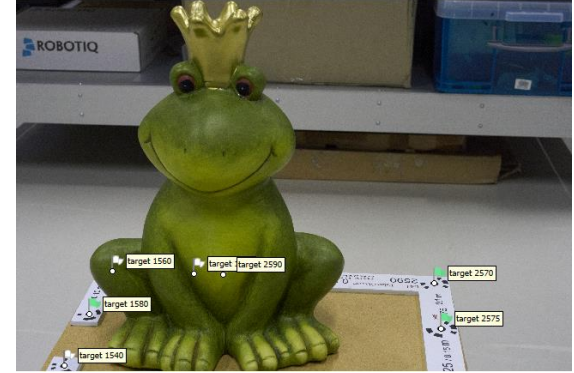
Einfluss der Brennweite



Tamron $f' = 20$ mm



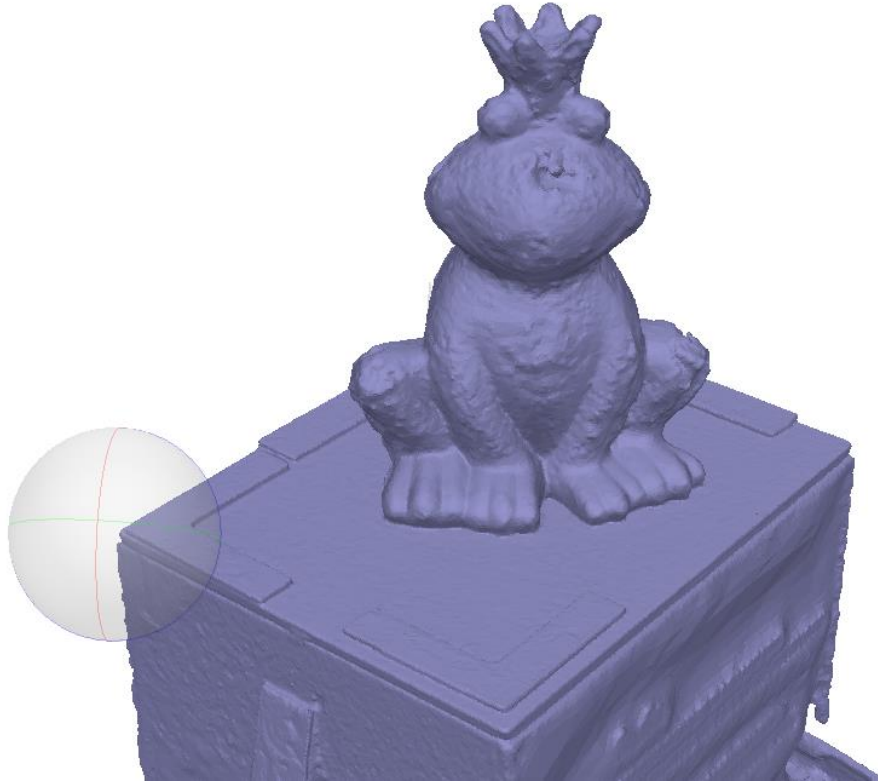
Sony 28-70 mm $f' = 29$ mm



Sony 50 mm

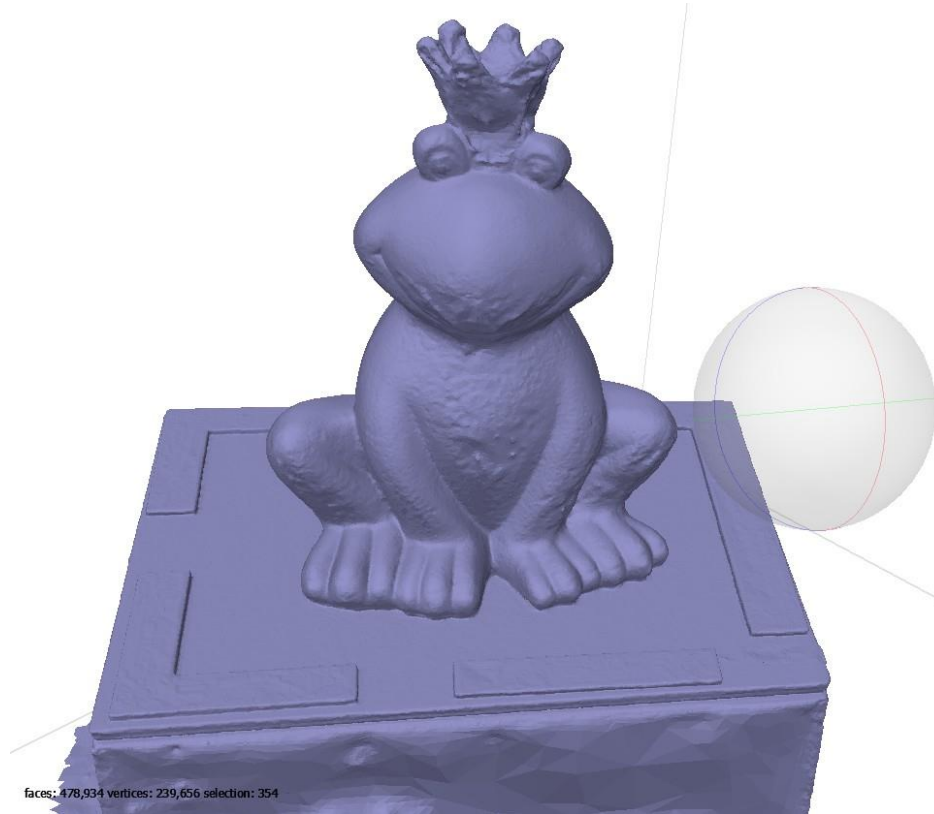
Brennweitenvergleich $f' = 20 \text{ mm}$

$\frac{h_{da}}{e_{\pi+}}$



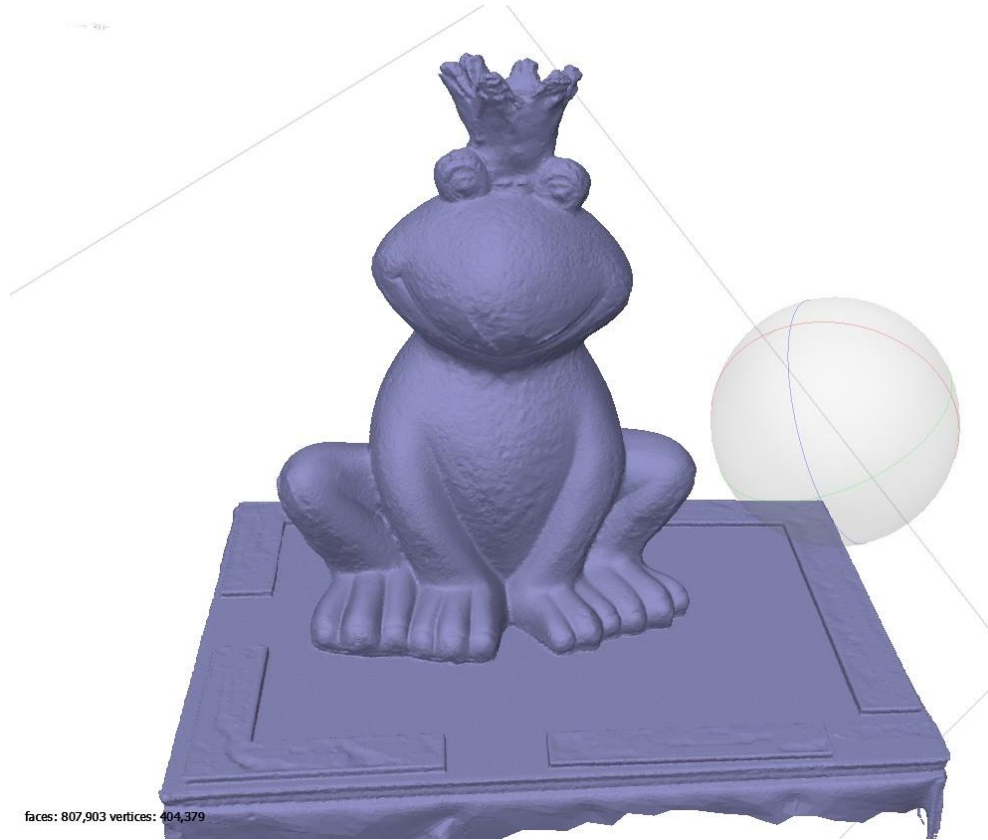
Brennweitenvergleich $f' = 29 \text{ mm}$

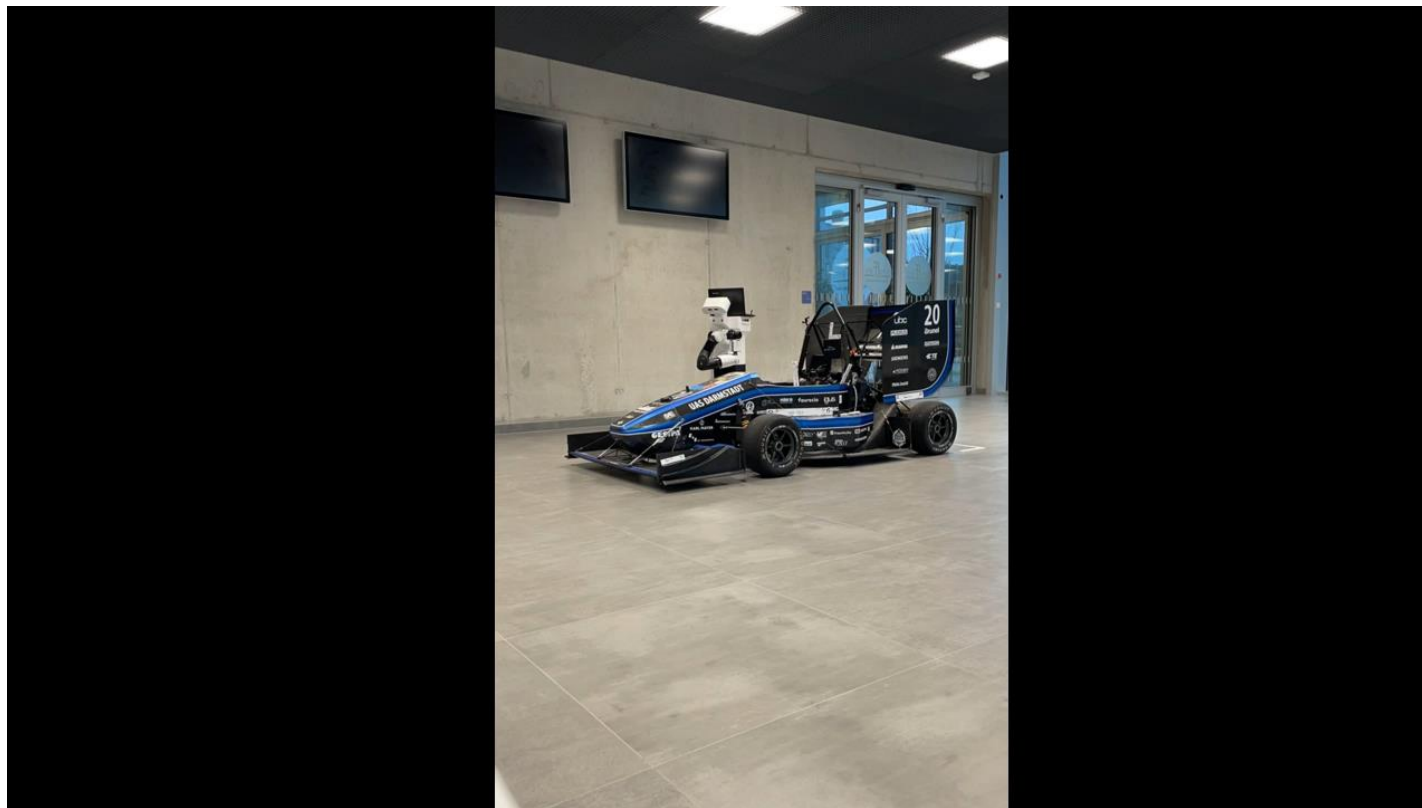
h_da / **-eU+**

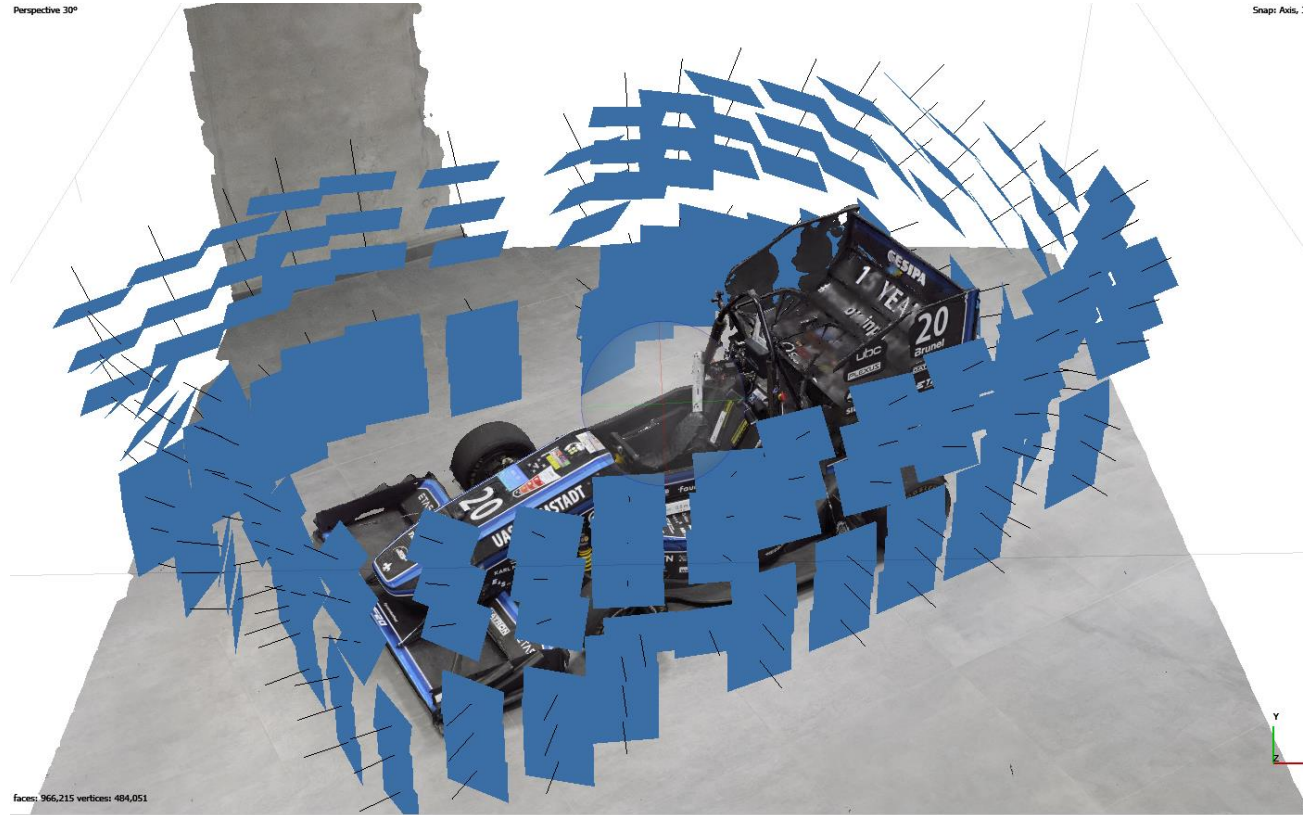


Brennweitenvergleich $f' = 50 \text{ mm}$

$$h_{da} / -e_{\pi+}$$







Formula Student F20

Perspective 30°

Snap: Axis, 3D



faces: 966,215 vertices: 484,051

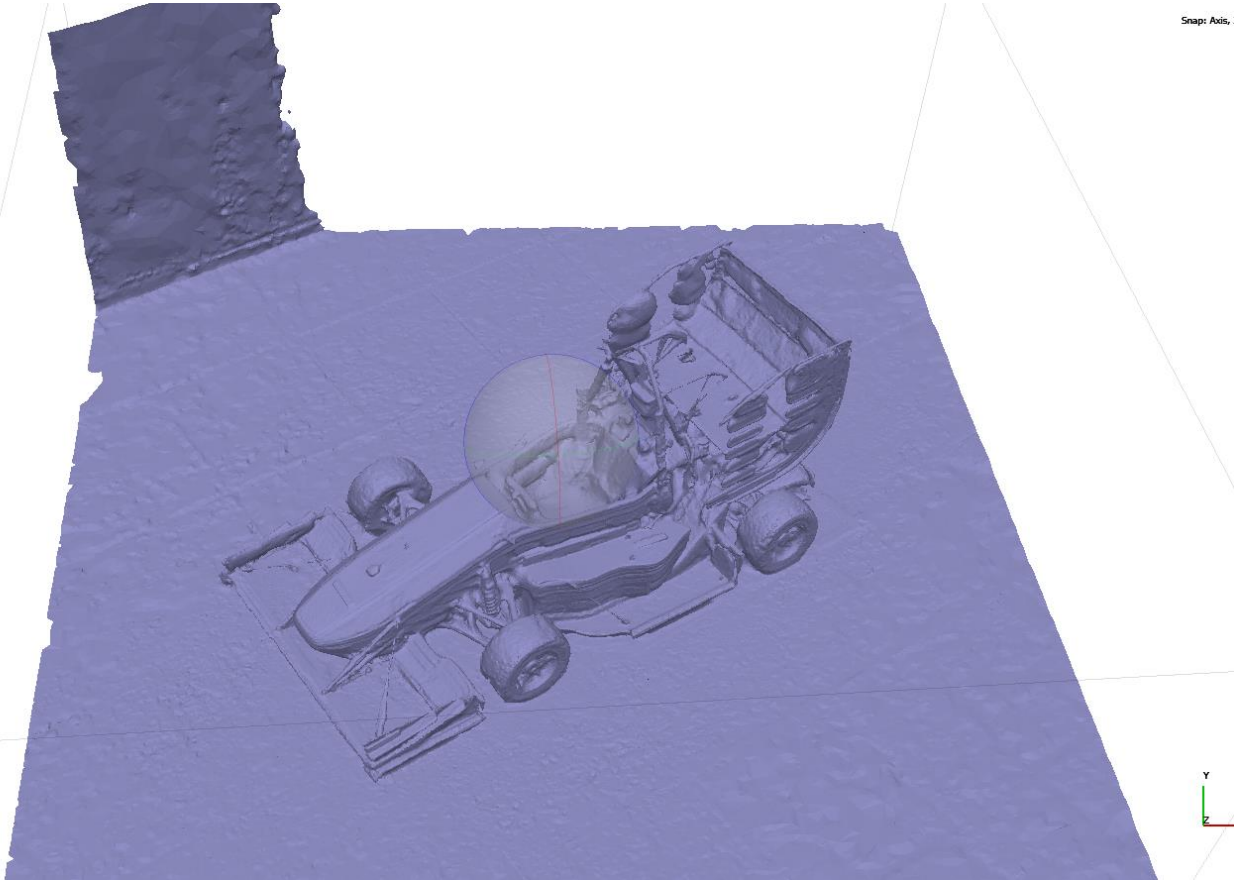
FastDA F20

h_da / -eur+

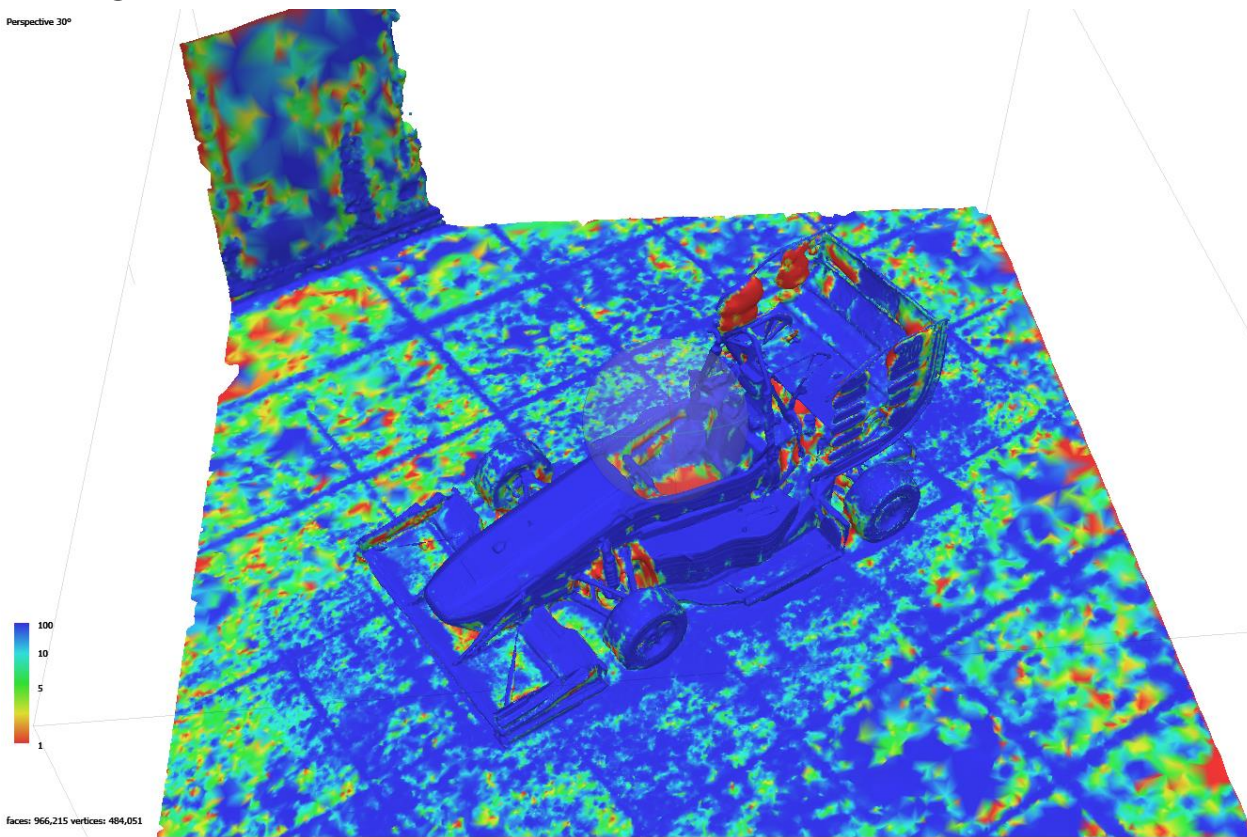
Perspective 30°

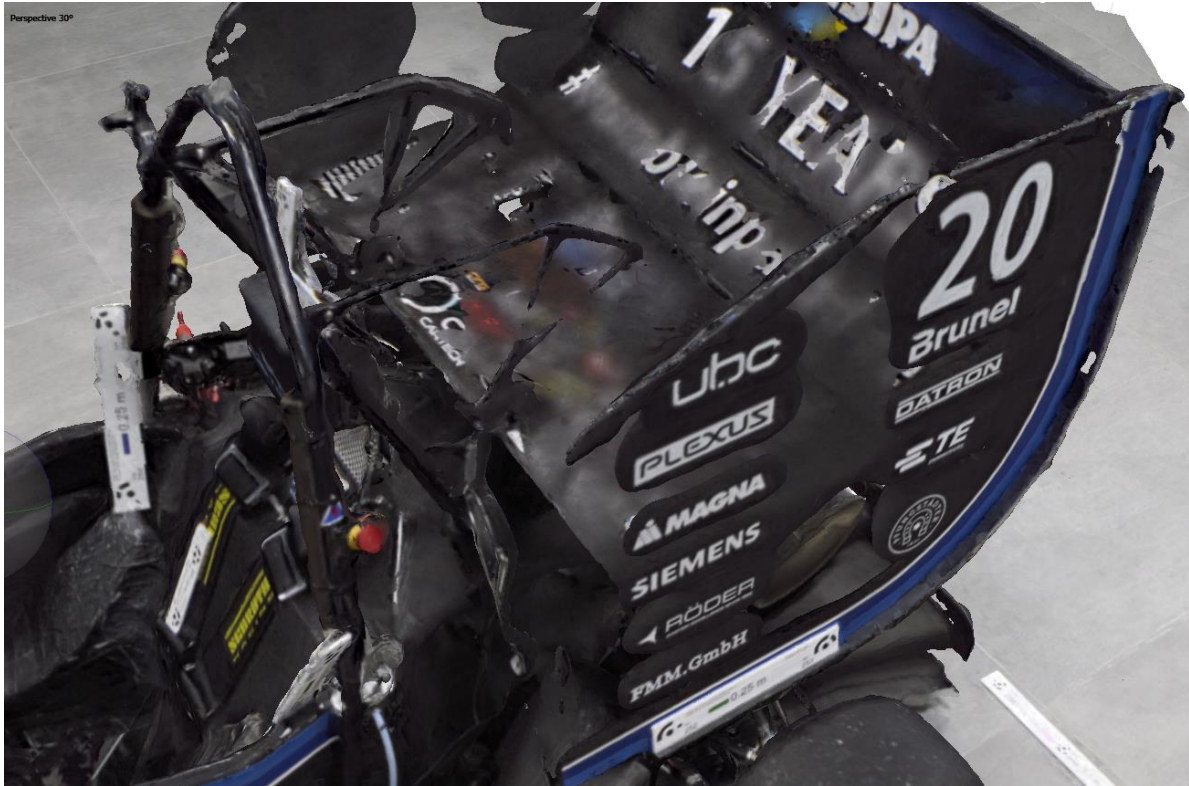
Snap: Axis, 3

faces: 966,215 vertices: 484,051

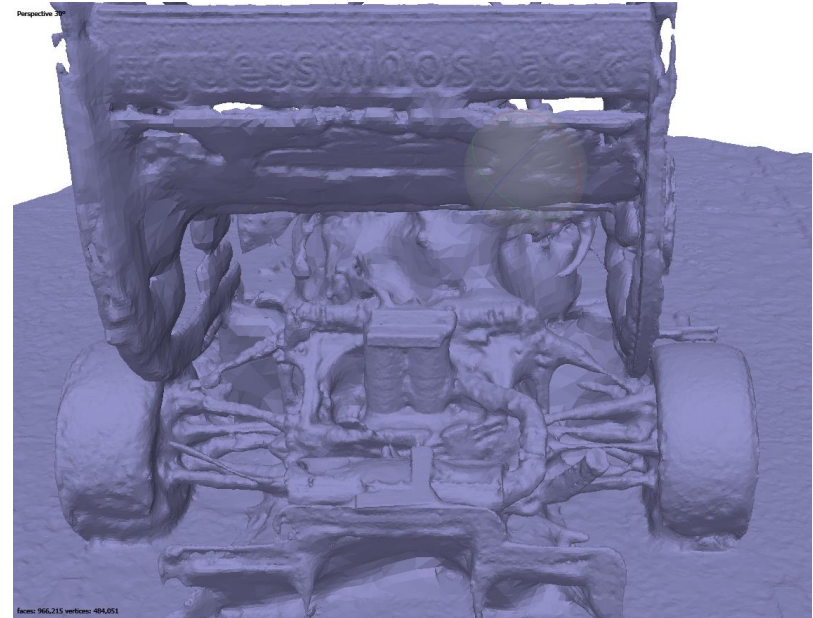


Perspective 30°





Schwarze, texturlose
Bereiche am Heckspoiler



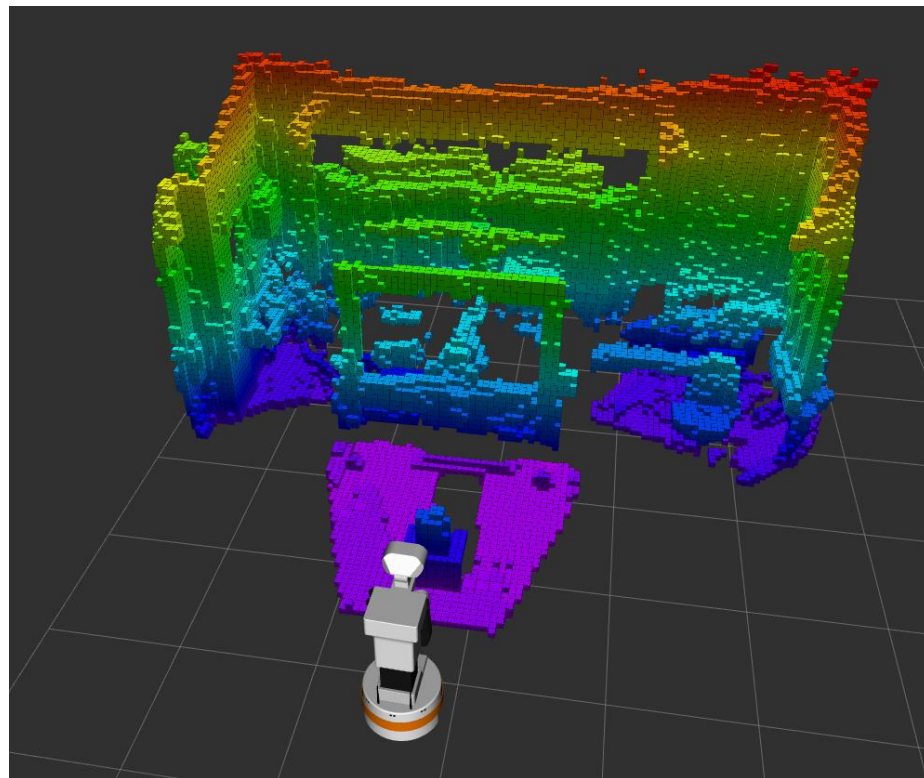
Zusammenfassung und Fazit

- TIAGo ermöglicht flexible autonome Aufnahme von Bildverbänden
- Anzahl der Aufnahmen und Aufnahmerichtungen einfach konfigurierbar
- Automatische Objektumfahrung ermöglicht autonome Erfassung größerer Objekte
- Das Verfahren ist ohne größere Modifikationen auch Roboter mit anderen Bewegungsarten z.B. 4-beinige Roboter übertragbar
- Herzlichen Dank an Noah Rabe vom FastDA-Team!

- Adaptive Aufnahmeplanung nach Kartierung des Objekts mit der 3D-Kopfkamera oder in situ
- Test mit anderen Sensoren

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Fragen?



Octree des Robotik-Labors, aufgebaut mit TIAGOs RGB-D-Kamera (Aufnahme: Lukas Kuhlmay)