

Grundlagen der Robotik

1. Einführung

Prof. Sven Behnke



Grundlagen der Robotik

BA-INF 132

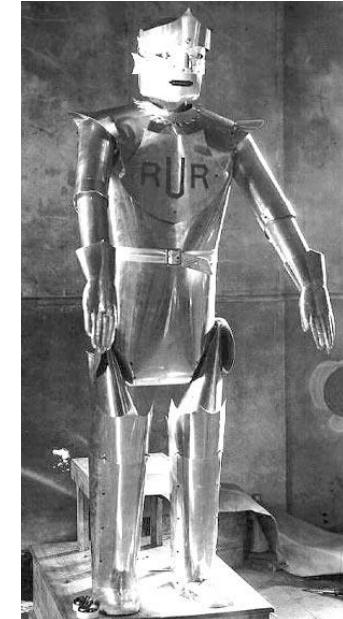
- Donnerstags 14 (c.t.) - 16
- Im HS7
- **Bitte melden Sie sich bei eCampus für die Vorlesung an!**
- Übungen: Wöchentlich, sechs Gruppen
- <http://wwwais.uni-bonn.de/teaching.html>
- Die Wahlpflicht-Vorlesung bietet eine Einführung in die Robotik. Behandelt werden unter anderem die Themen: Robotersensorik und –aktorik, Regelungstechnik, Koordinatensysteme und Transformationen, Roboterarmkinematik, Kinematik mobiler Roboter, Pfadintegration, Selbstlokalisierung und Pfadplanung.

Anforderungen

- Die Folien sind nicht selbsterklärend.
Besuchen Sie die Vorlesung!
- Tragen Sie sich bitte in TVS für eine der sechs Übungen ein. Kein Passwort erforderlich. Sie können in Zweiergruppen arbeiten, aber jeder von Ihnen muss in der Lage sein, die **Lösung vorzuführen** und zu **erklären**.
- Es gibt 10 Übungszettel. Um zur Prüfung zugelassen zu werden, benötigen Sie **50%** der erreichbaren Punkte.
- Die Prüfung ist **schriftlich** (90 min Klausur, in Präsenz).

Automat, Roboter

- Automat: mit eigenem Willen (Griechisch, auto+matos)
- Roboter: Karel Capek 1923 in Theaterstück R.U.R.
(Rossum's Universal Robots)
 - Arbeit (Tschechisch, robota)
 - Arbeiter (Tschechisch, robotnik)



1939
Elektro



Maria
1927

1984
Wabot-2



Wabot-1
1972

1987
Data



C-3PO
1977



P2
1996

2001
David



NS-5
2004

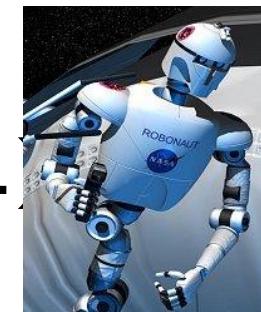
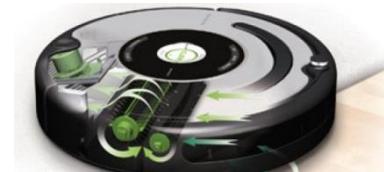
Industrieroboter

- Kräftig, präzise, ausdauernd
- Hohe Produktivität
- Kontrollierte Umgebung erforderlich
- Unflexibel



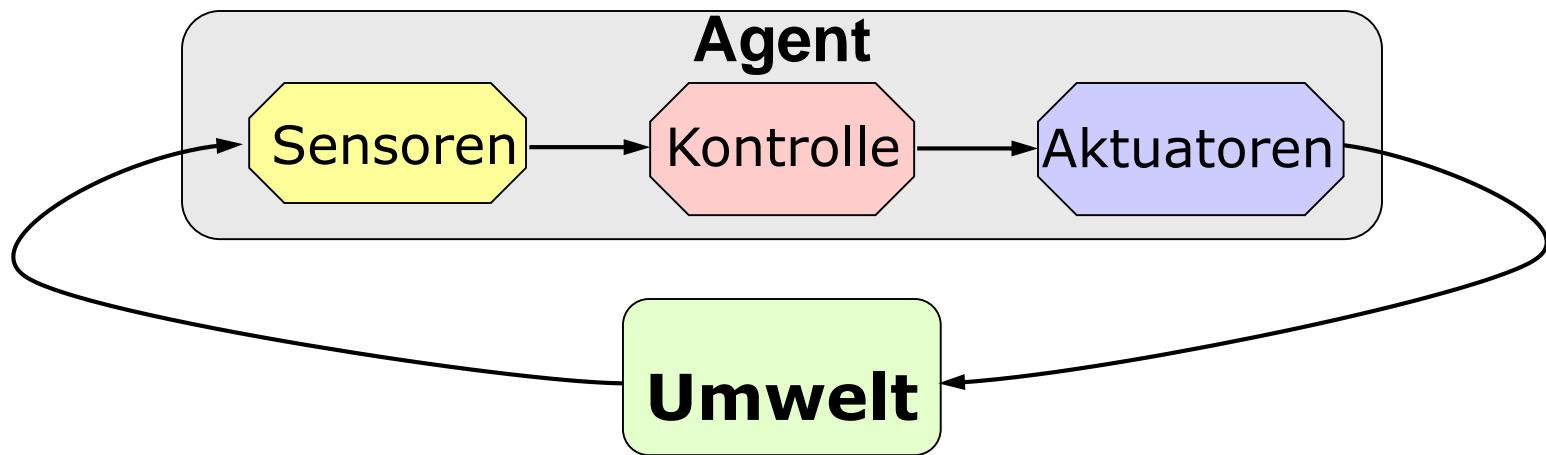
Neue Einsatzbereiche

- Flexible Industrieautomatisierung
- Bergbau, Landwirtschaft, ...
- Logistik
- Haushalt
- Medizin
- Gefährliche Umgebungen (Weltraum, Tiefsee, AKW, ...)
- Spielzeug, Unterhaltung



Teilprobleme

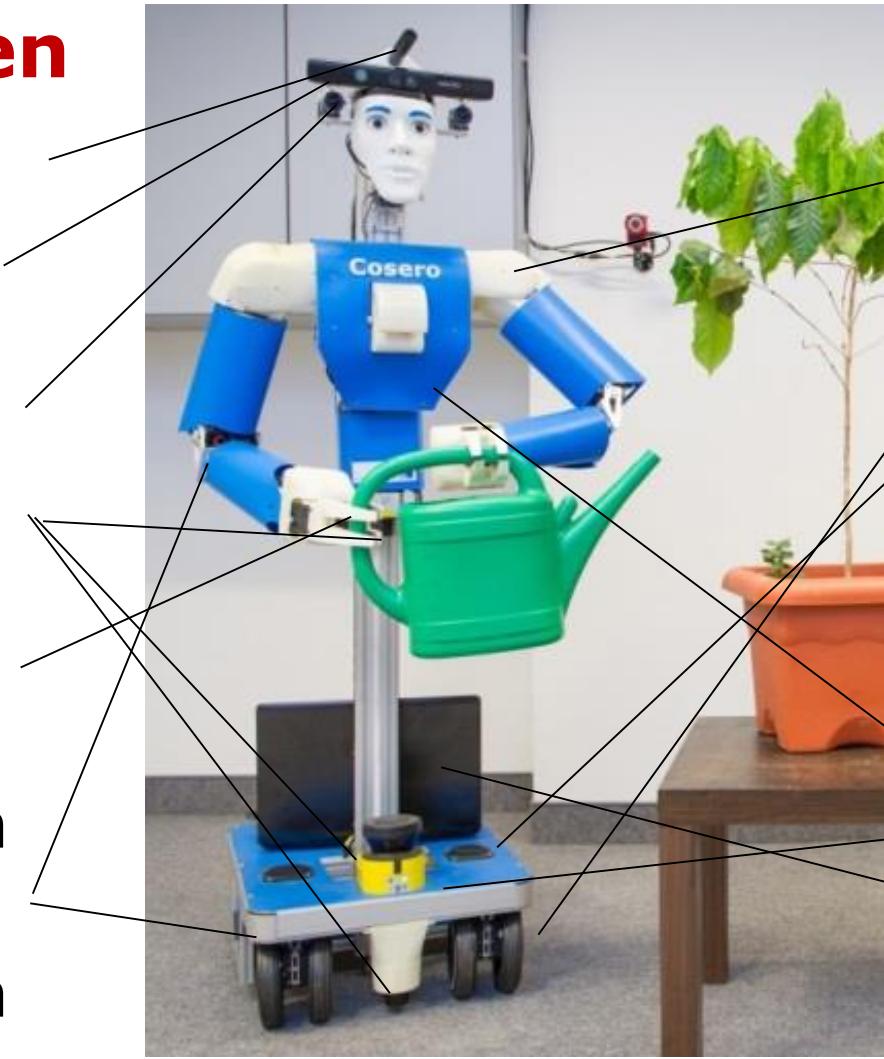
- Wahrnehmung der Umwelt
- Verhaltensplanung
- Beeinflussung der Umwelt



Bestandteile von Robotern

■ Sensoren

- Mikrofon
- Tiefen-
kamera
- Kameras
- Laser-
Scanner
- IR-Ab-
stands-
sensoren
- Winkel-
sensoren



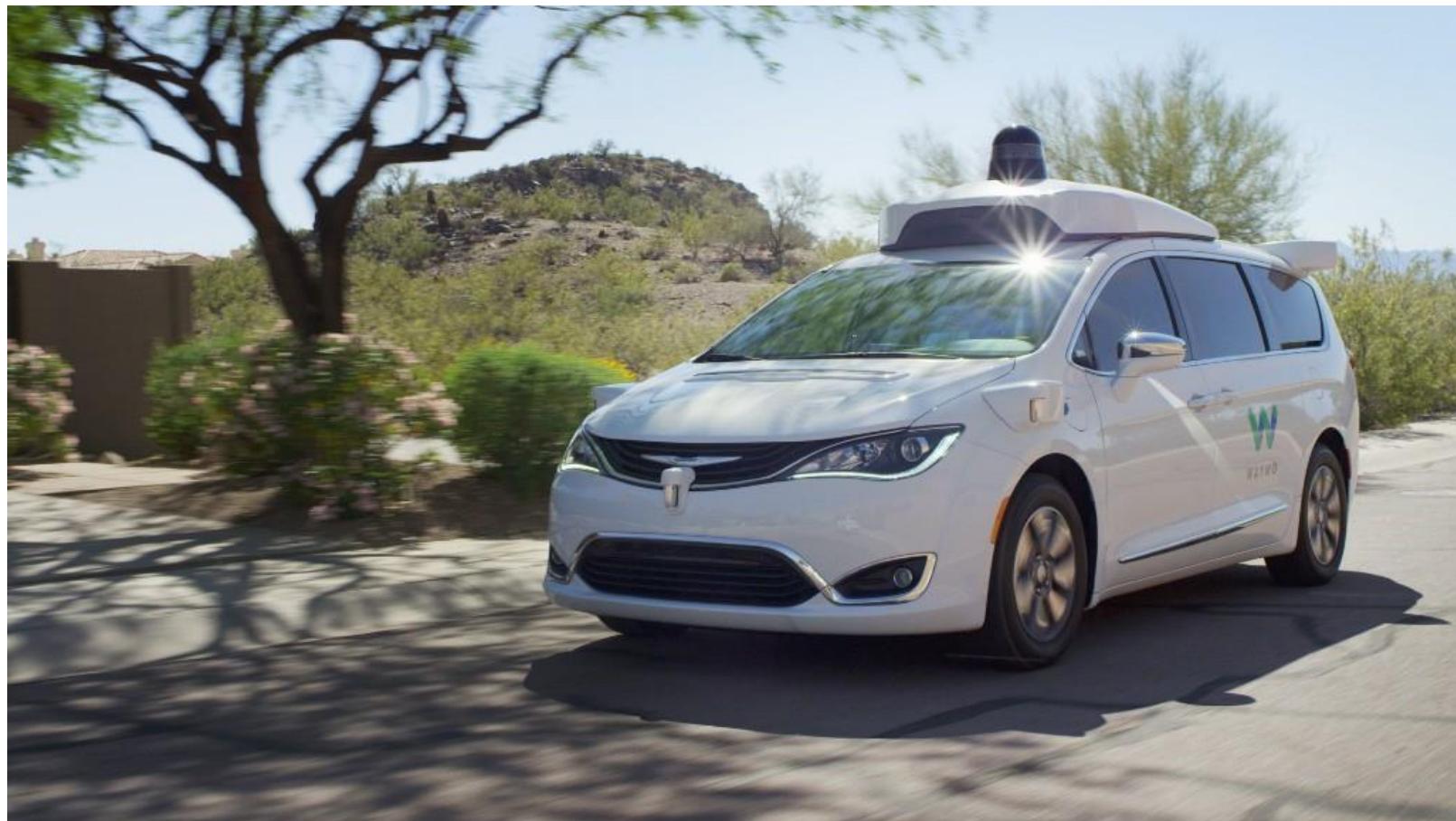
■ Aktuatoren

- Gelenk-
Antriebe
- Radantriebe
- Lautsprecher

■ Steuerung

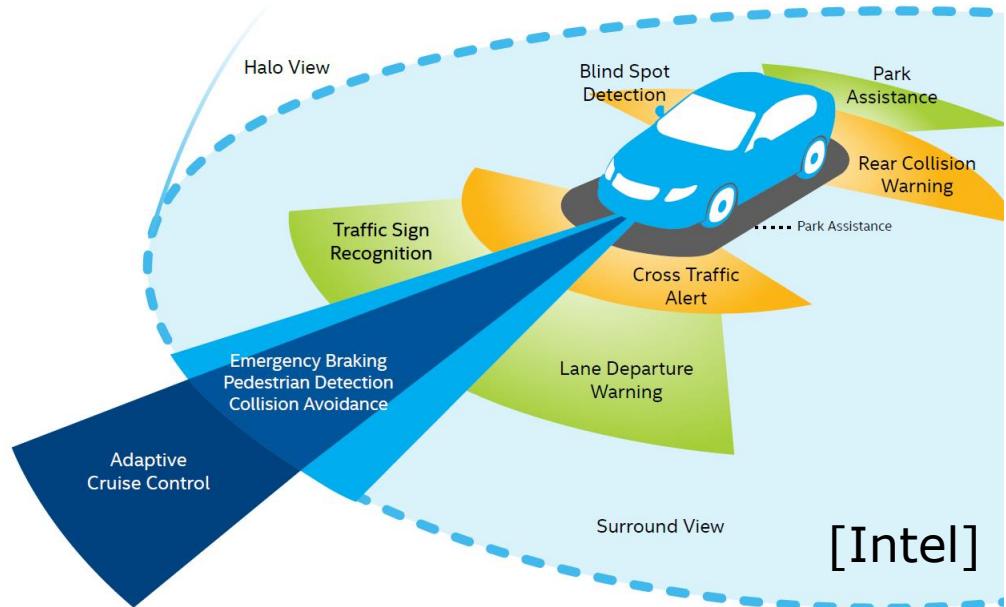
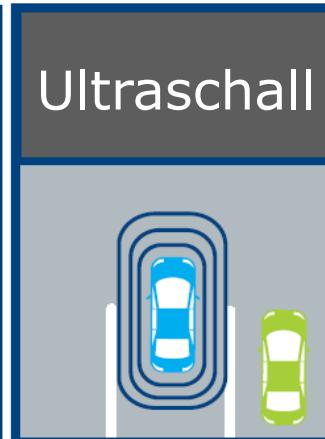
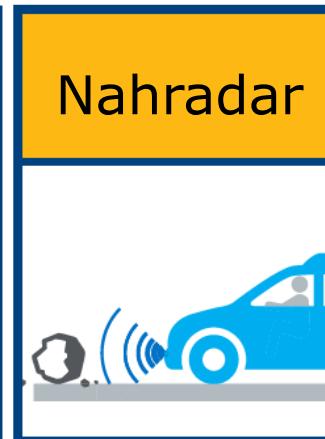
- Mikrocontroller
- Steuerrechner

Selbstfahrende Automobile

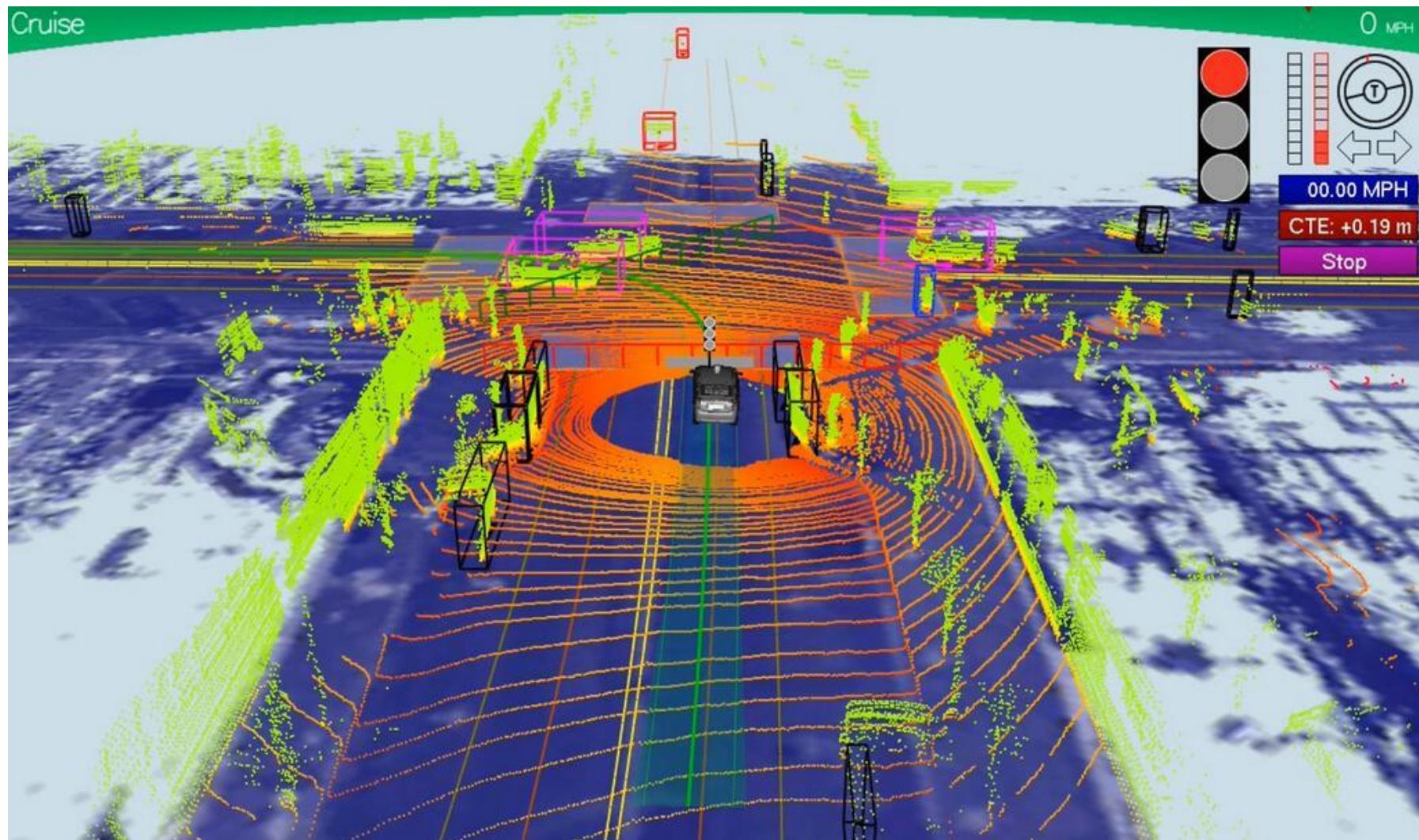


[Waymo]

Sensoren für Automobile

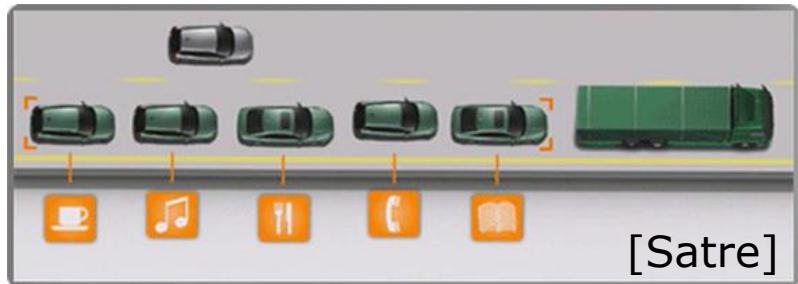


Umgebungssicht des Google-Autos



Möglicher Nutzen Selbstfahrender Automobile

- Höher Sicherheit
- Weniger Energieverbrauch
- Bessere Ausnutzung des Straßenraums
- Fahrer kann Zeit anders nutzen
- Preiswertere Taxis



Asimov: Roboter-Gesetze

1. A robot may not injure a human being, or, through inaction, allow a human being to come to harm.
2. A robot must obey the orders given it by human beings except when such orders would conflict with the first law.
3. A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the first or second law.

[Runaround, 1942]

Autonomous Weapons: an Open Letter from AI & Robotics Researchers



- “In summary, we believe that **AI has great potential to benefit humanity** in many ways, and that the goal of the field should be to do so. Starting a military AI arms race is a bad idea, and should be prevented by a **ban on offensive autonomous weapons** beyond meaningful human control.”
- > 4970 AI/Robotics researcher signatories
- > 27767 other endorsers
 - [http://futureoflife.org/AI/open_letter_autonomous_weapons]

General Purpose Robots Should Not Be Weaponized

- 5.10.2022: An Open Letter to the Robotics Industry and our Communities
 - the emergence of advanced mobile robots offers the possibility of misuse
 - pledge that we will not weaponize our advanced-mobility general-purpose robots
 - call on policymakers to work with us to promote safe use of these robots and to prohibit their misuse



Trends in der Robotik-Forschung

- Klassische Robotik (Mitte der 1970er)
 - Exakte Modelle
 - Keine Wahrnehmung der Umwelt nötig
- Reaktive Robotik (Mitte der 1980er)
 - Keine Modelle
 - Verlässt sich stark auf gute Sensorik
- Hybride Ansätze (Seit ca. 1990)
 - Modellbasiert auf höheren Ebenen
 - Reaktiv auf unteren Ebenen
- Probabilistische Robotik (Seit Mitte der 1990er)
 - Nahtlose Integration von Bewegung und Wahrnehmung
 - Ungenaue Modelle, ungenaue Sensoren
- Kognitive Robotik (seit ca. 2000)
 - Höhere kognitive Funktionen
 - Komplexe Umgebungen

Autonome Intelligente Systeme

- Seit 2008
- Forschung in Kognitiver Robotik, Computer Vision, und Maschinellem Lernen
- Gut ausgestattetes Robotik-Labor



Unsere Kognitiven Roboter

- Ausgestattet mit zahlreichen Sensoren und Aktuatoren
- Autonom in komplexen Demonstrationsszenarien



Flugroboter



Fußballroboter



Serviceroboter



Explorationsroboter



Kommissionierroboter

Unsere Kognitiven Roboter cont.

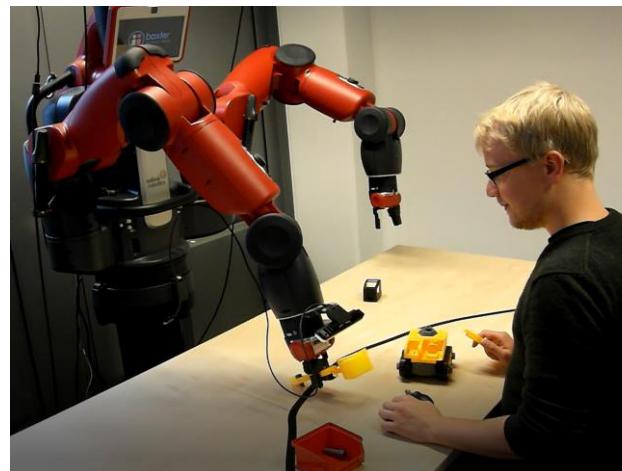
- Ausgestattet mit zahlreichen Sensoren und Aktuatoren
- Autonom in komplexen Demonstrationsszenarien



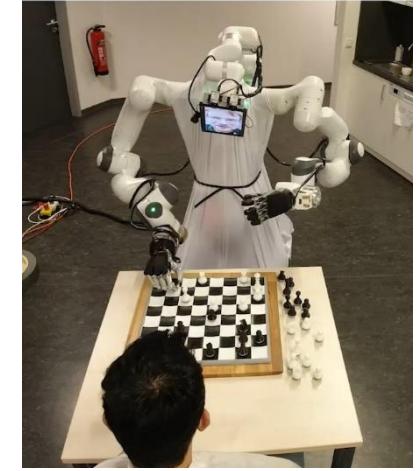
Rettungsroboter



Phenotypisierung



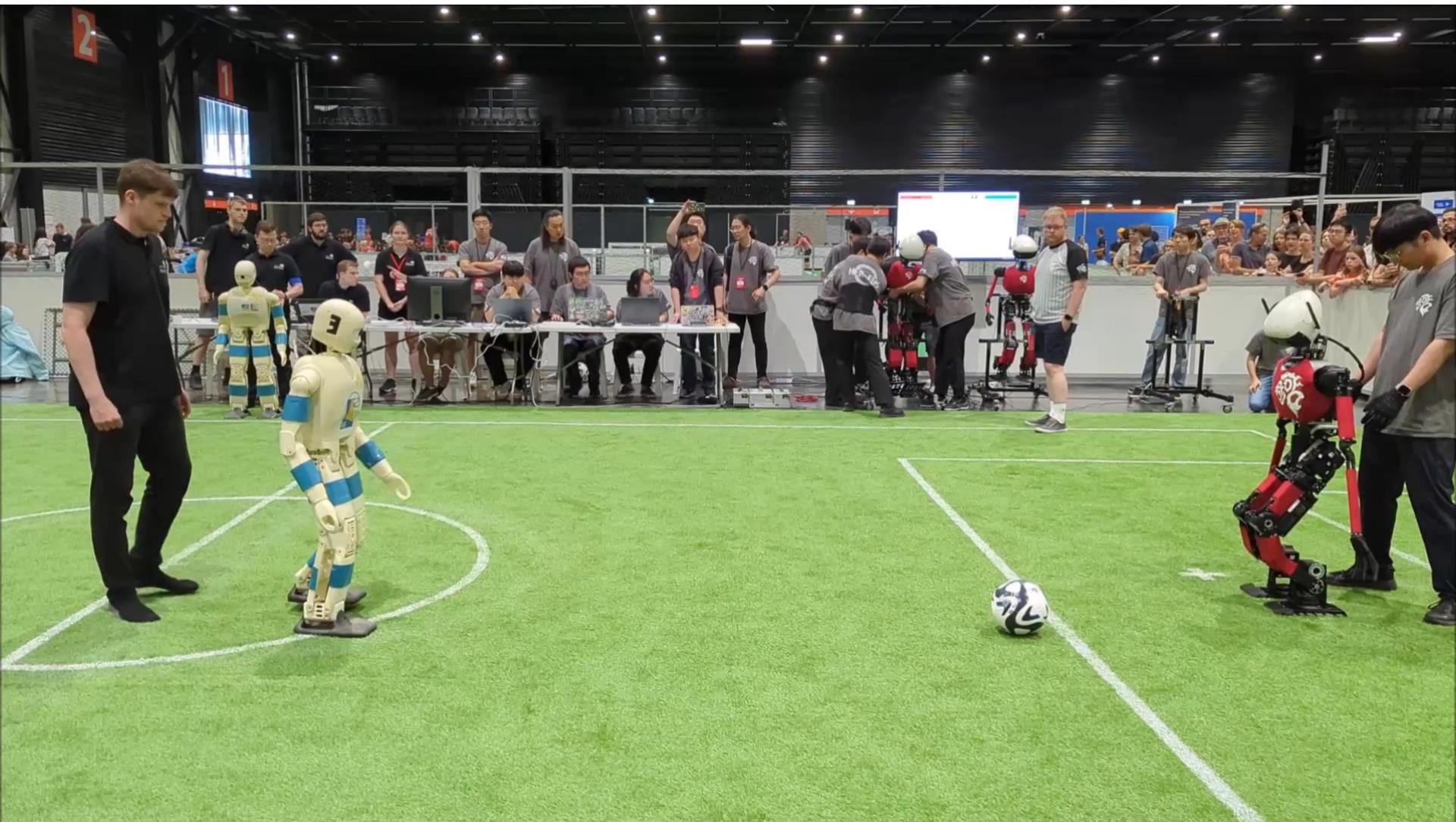
Mensch-Roboter-Zusammenarbeit



Telepräsenz

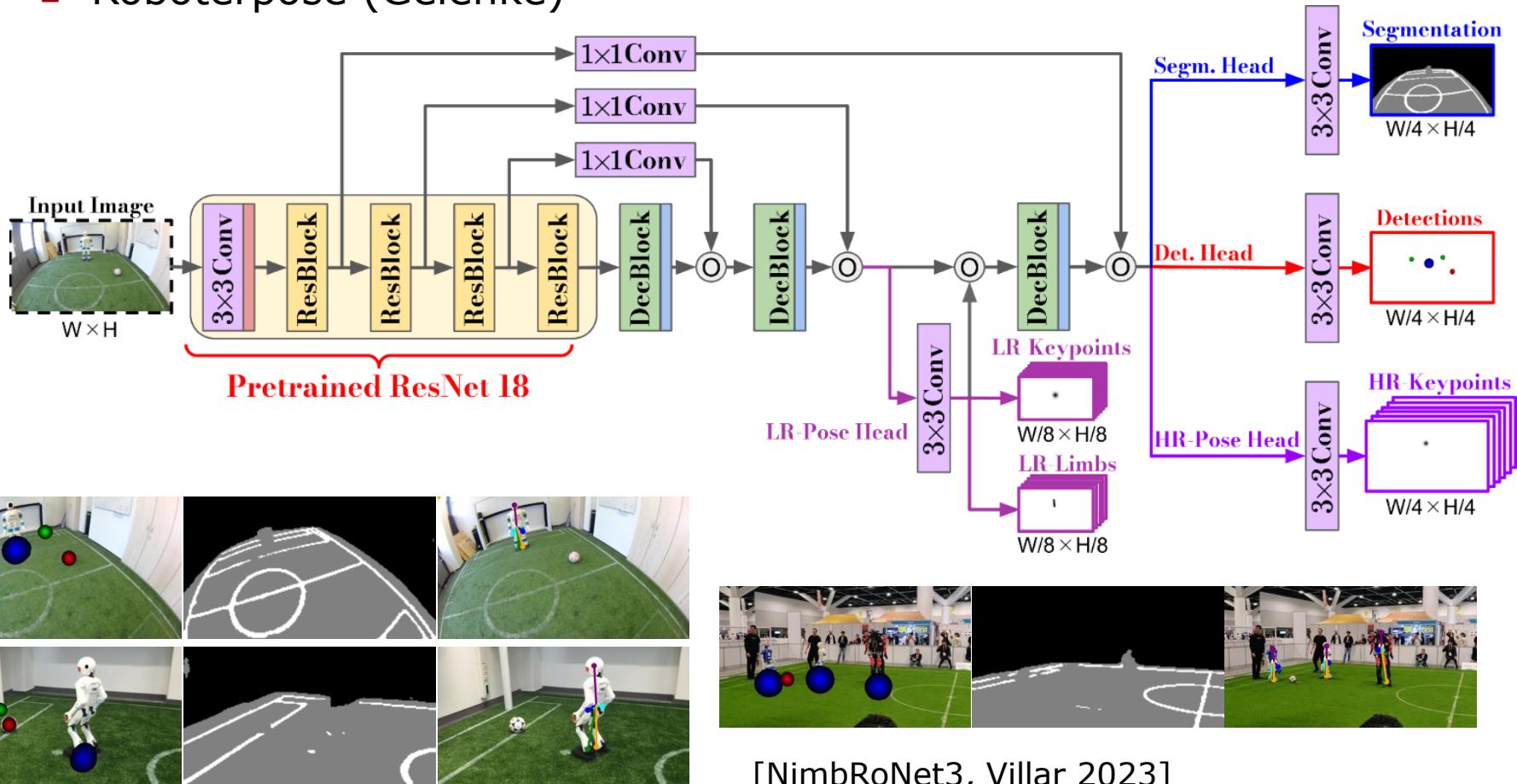
RoboCup 2023 in Bordeaux, FR

Humanoid AdultSize Final



Visuelle Wahrnehmung

- Deep-Learning Inferenz (GPU)
- Enkoder-Dekoder Netzwerk mit drei Ausgaben:
 - Semantische Segmentierung
 - Objektdetektion
 - Roboterpose (Gelenke)



RoboCup 2023: Technische Wettbewerbe

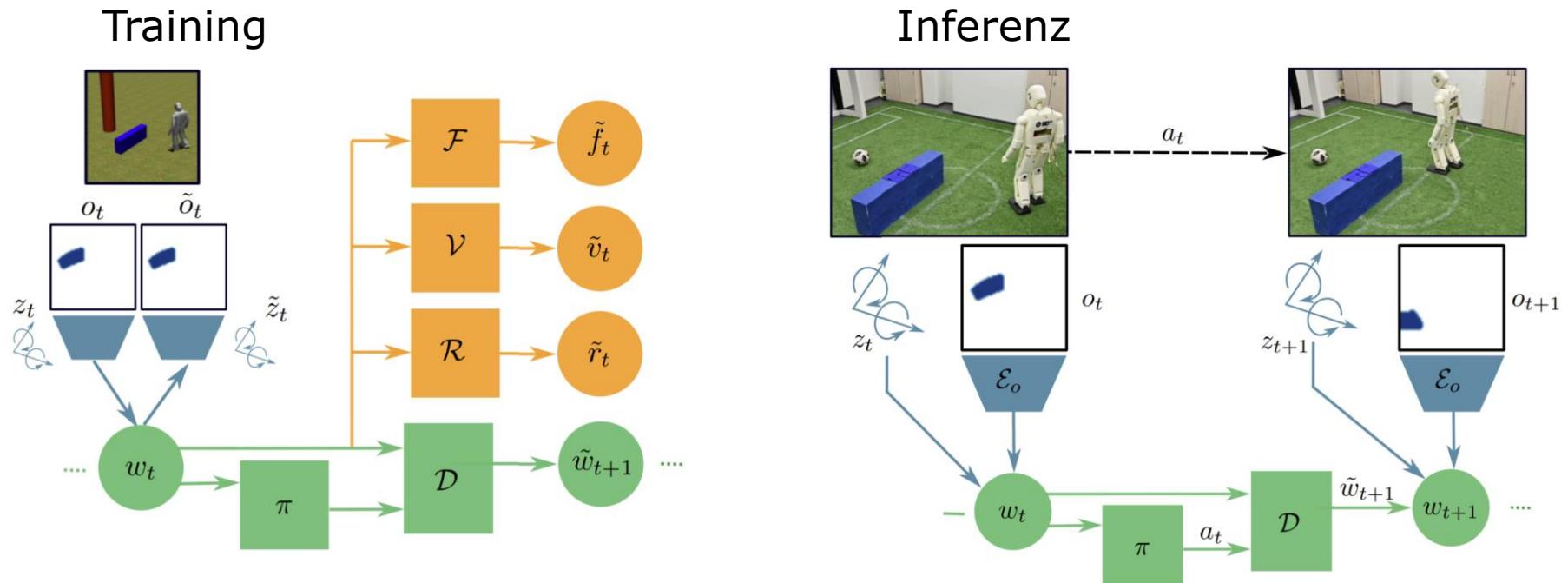


Team NimbRo



Lernen der Navigation zu einem Ziel

- Visuelle (RGB-Bilder) and propriozeptive (Inertialsensoren) Eingaben
- Lernen der Systemdynamik in abstraktem Zustandsraum
- Lernen einer Navigationspolicy



[Brandenburger et al. IROS 2021]

Lernen der Navigation zu einem Ziel

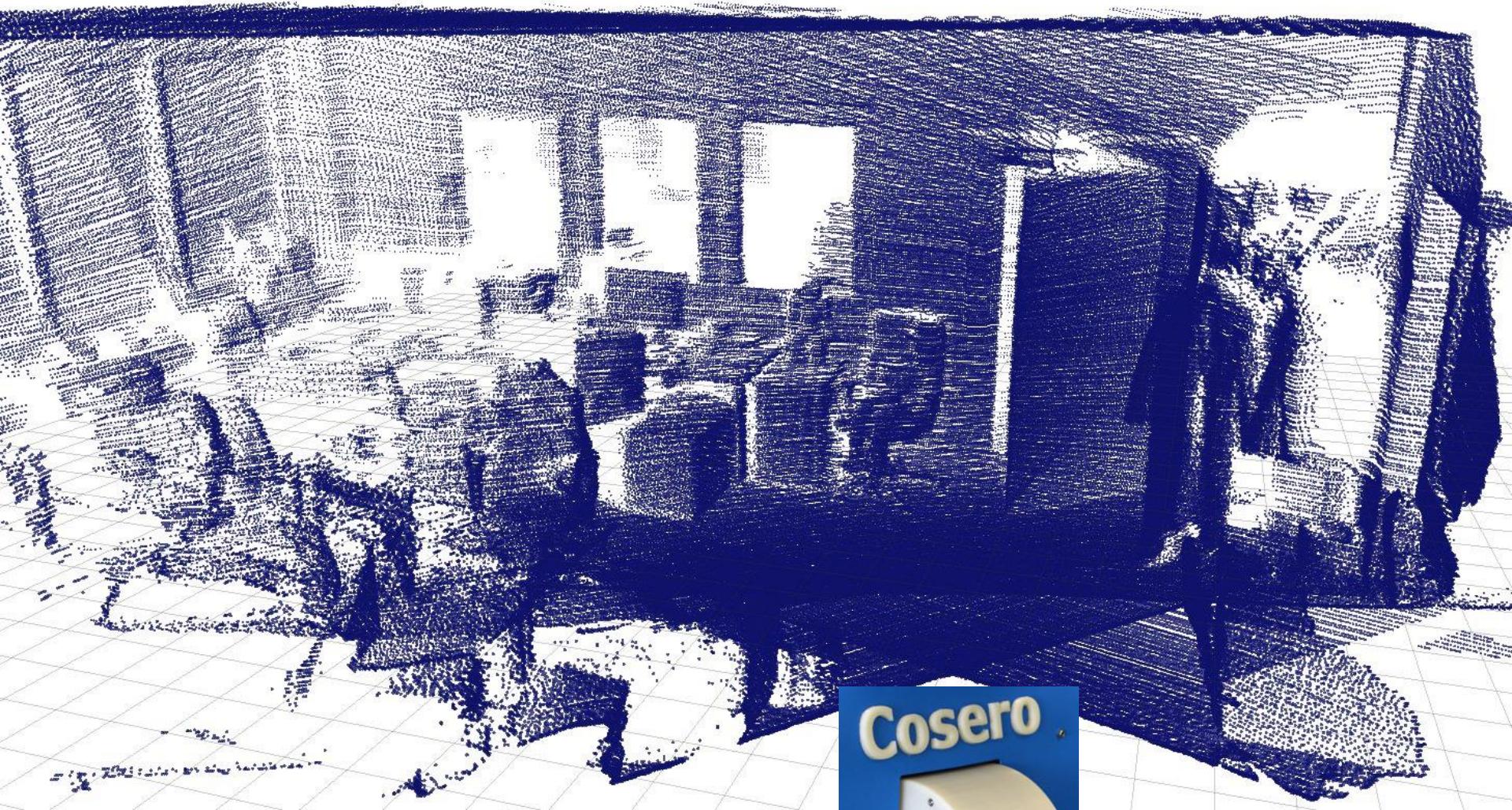


[Brandenburger et al. IROS 2021]

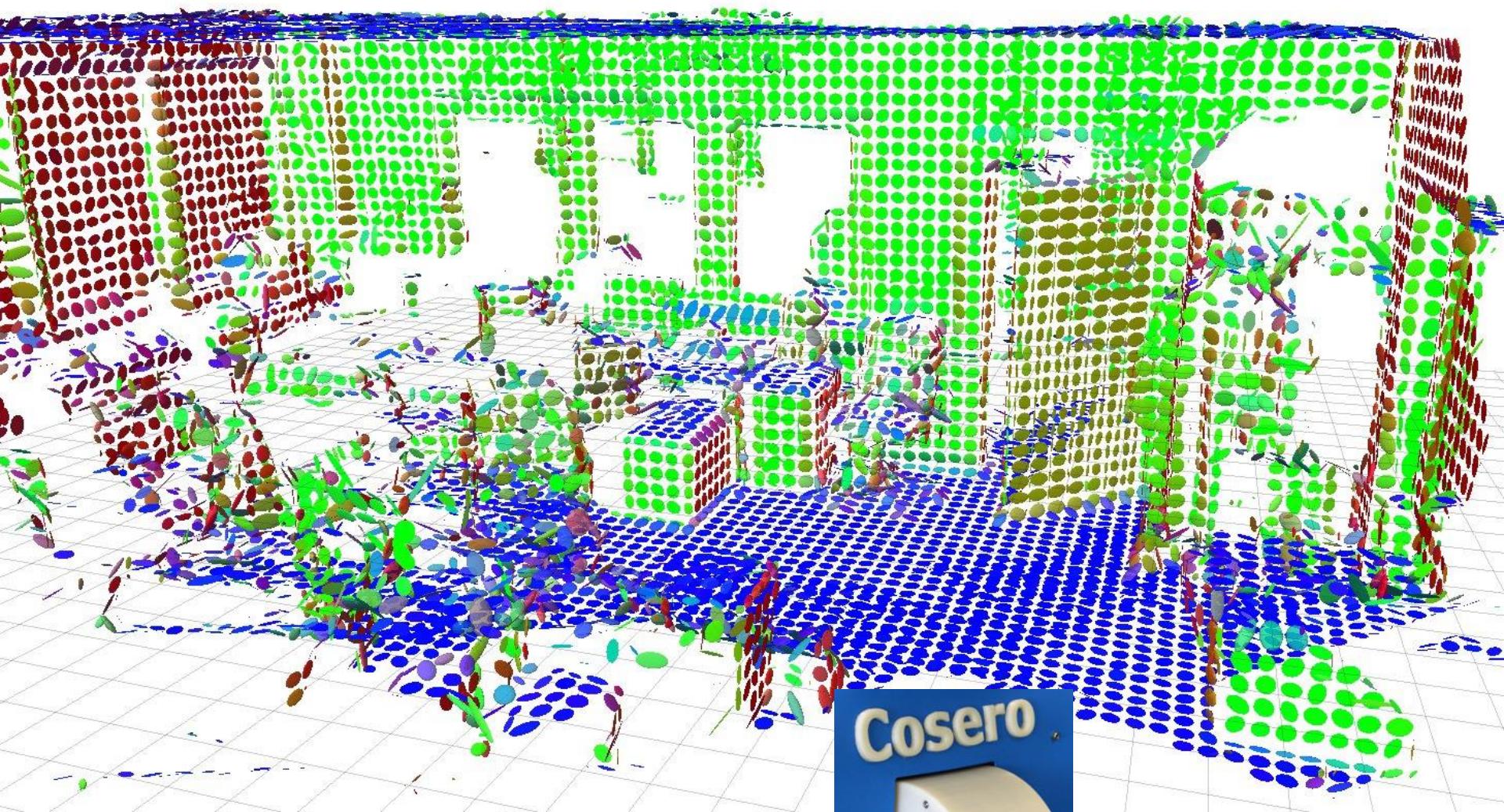
Kognitiver Serviceroboter Cosero



3D-Kartierung mit Flächenelementen

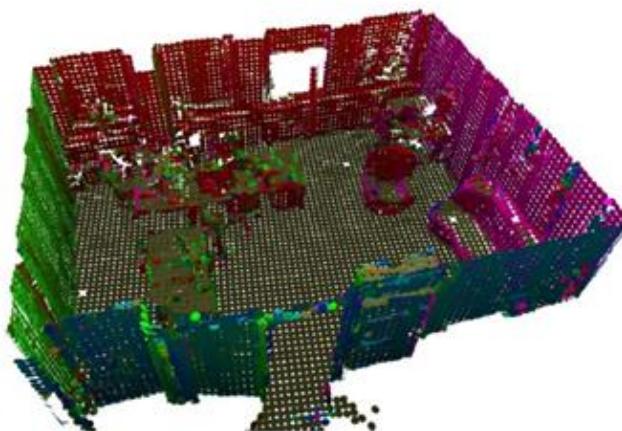


3D-Kartierung mit Flächenelementen



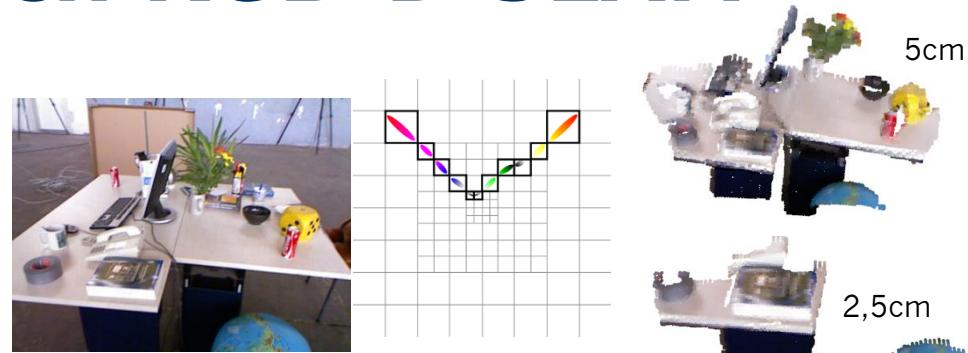
3D-Kartierung und Lokalisierung

- Registrierung von 3D-Laserscans
- Repräsentation von Punktverteilungen in Voxeln
- Befahrbarkeitsanalyse durch Regionenwachstum
- Robuste Lokalisierung mit 2D-Laserscans



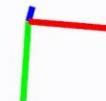
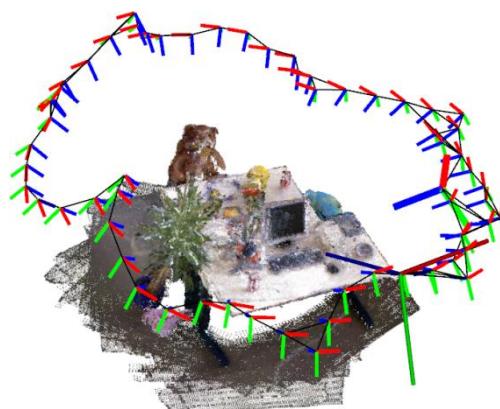
3D-Kartierung durch RGB-D SLAM

- Modellierung von Form und Farbverteilung in Voxeln
- Lokale Multiresolution
- Effiziente Registrierung von Ansichten auf CPU



[Stückler, Behnke:
Journal of Visual Communication
and Image Representation 2013]

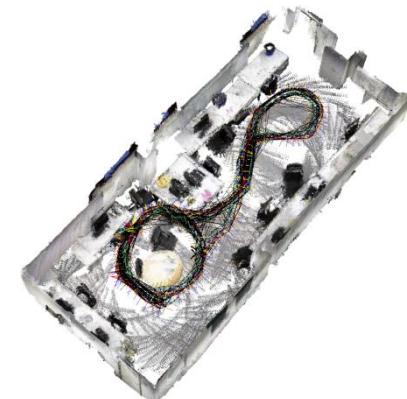
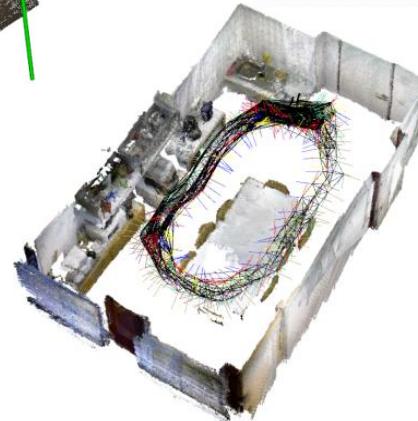
- Globale Optimierung



- Multi-Kamera SLAM



[Stoucken, Diplomarbeit 2013]

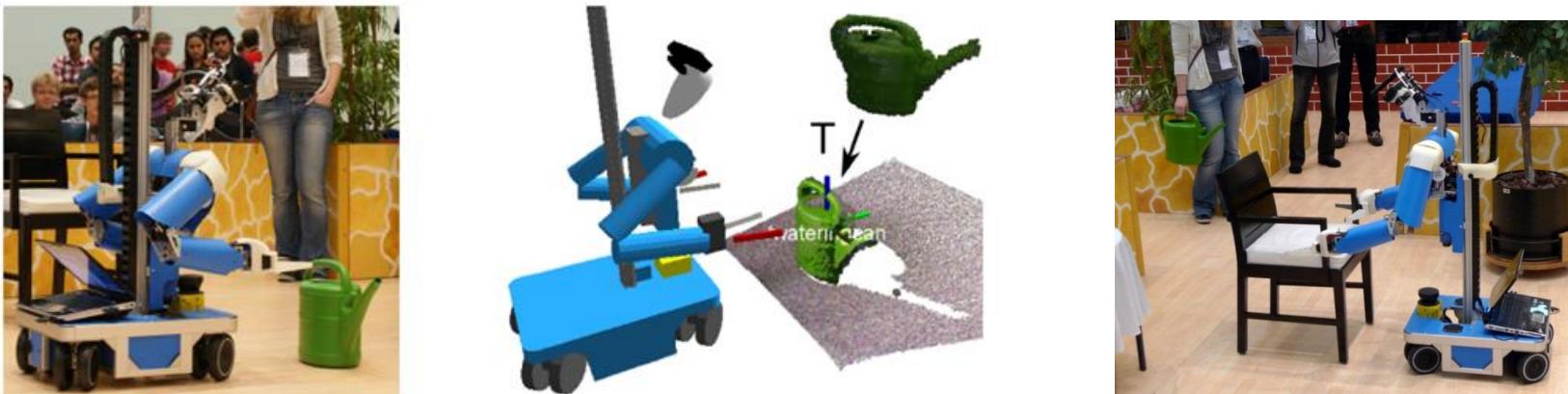


Lernen und Verfolgen von Objektmodellen

- Objektmodellierung durch RGB-D-SLAM

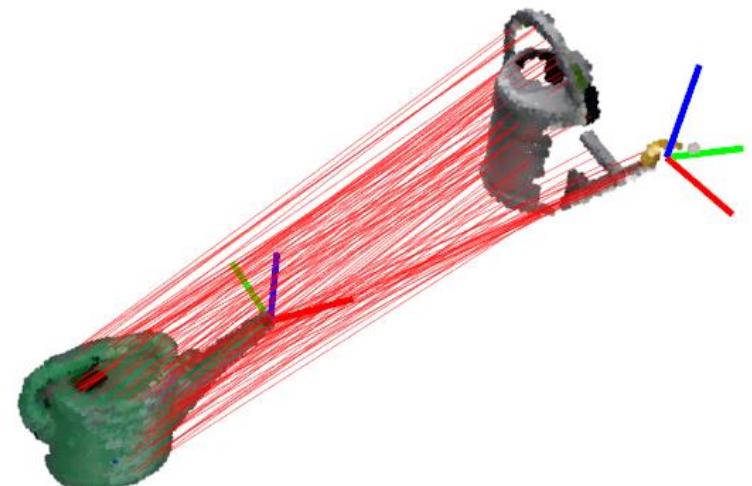
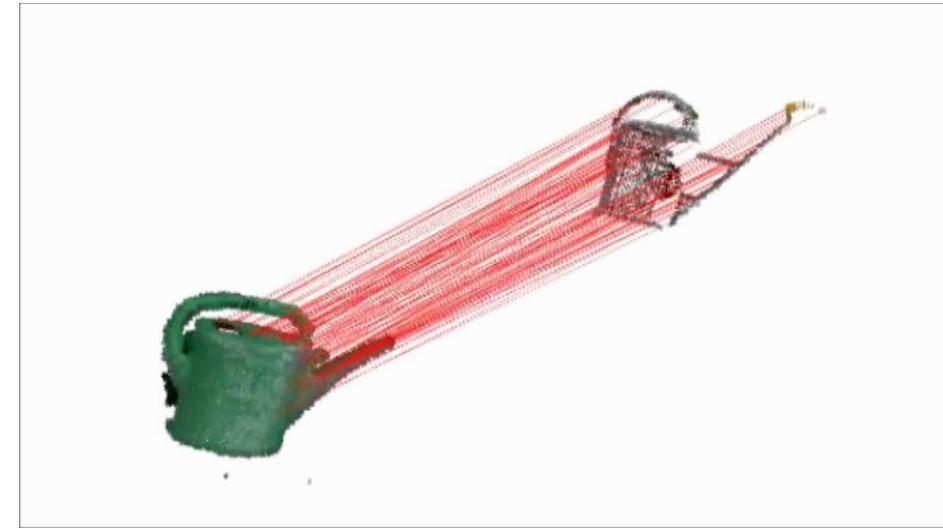


- Echtzeit-Registrierung mit aktuellem RGB-D-Bild



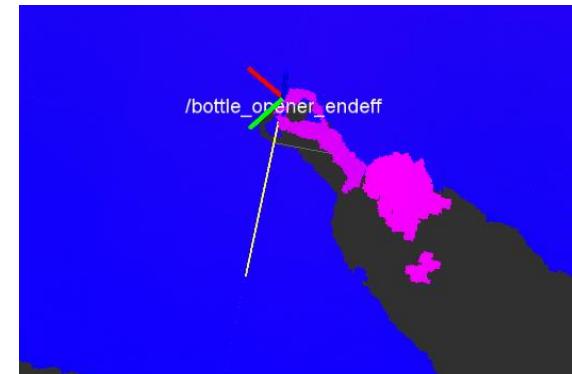
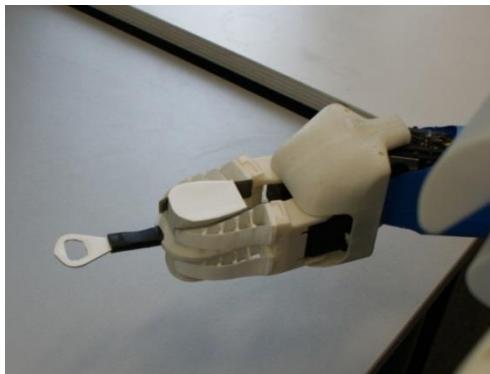
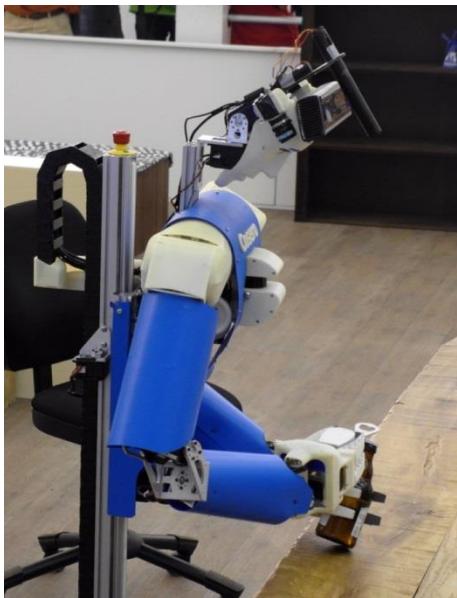
Transfer von Objektwissen

- Deformierbare Registrierung von bekanntem Modell und aktuellem Objekt
- Übertragung von Griff und Tülle



Gebrauch von Werkzeugen: Flaschenöffner

- Wahrnehmung der Werkzeugspitze
- Erweiterung der Armkinematik
- Wahrnehmung des Kronkorkens



Gebrauch von Werkzeugen: Grillzange

- Wahrnehmung der Zangenspitze
- Erweiterung der Armkinematik
- Schätzung der Würstchenposition



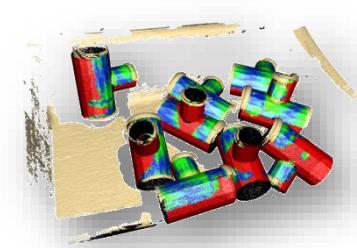
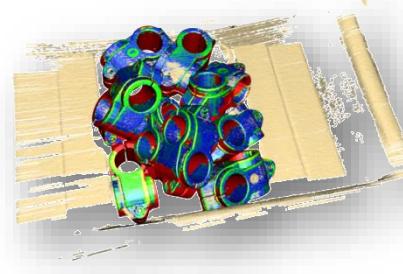
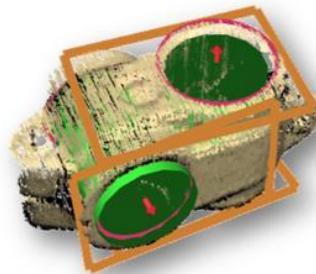
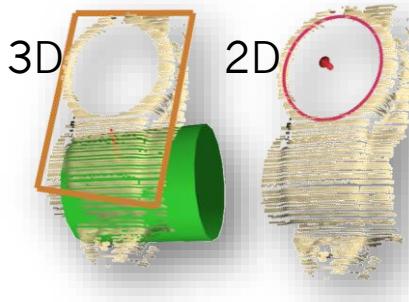
- Gewinner
RoboCup@Home-Liga
2011-2013.

Griff in die Kiste

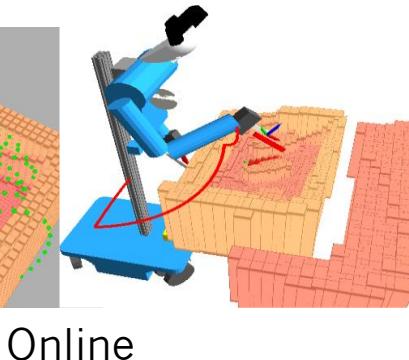
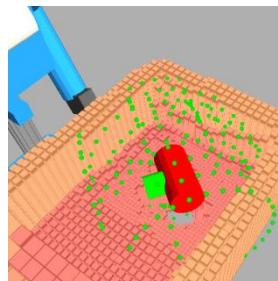
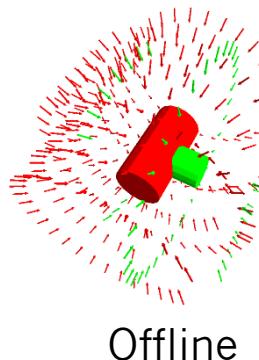
- Bekannte Objekte ungeordnet in Transportbehälter



- Erkennung von Graphen aus 2D und 3D Formprimitiven



- Greif- und Bewegungsplanung



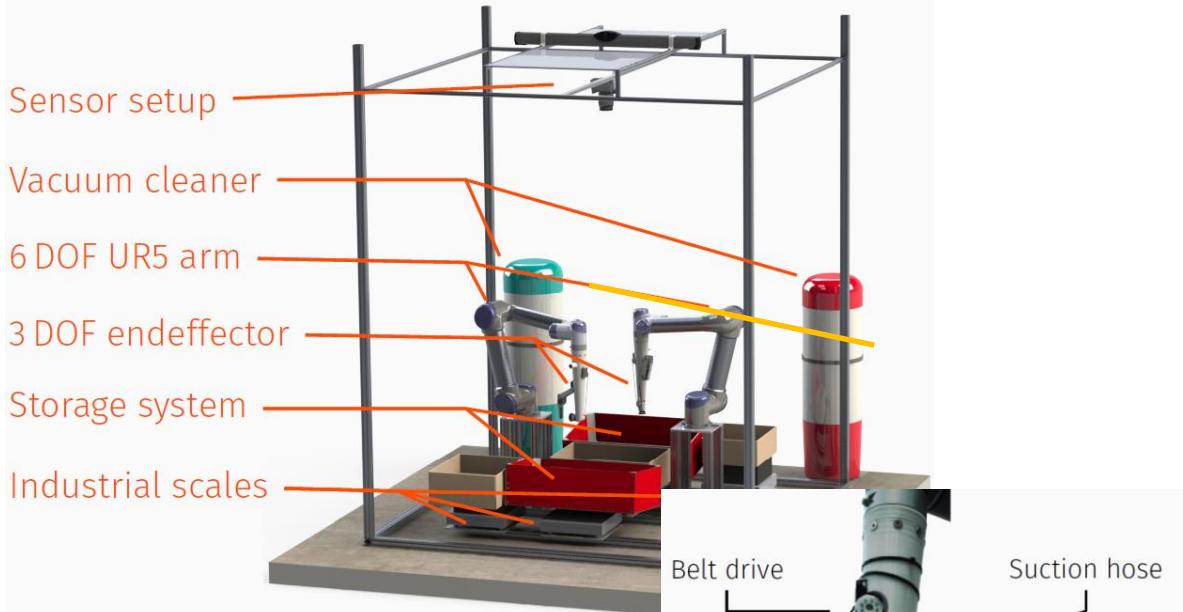
Offline

Online



Amazon Robotics Challenge

- Einlagern und Kommissionierung von Waren
- Zweiariges Robotersystem



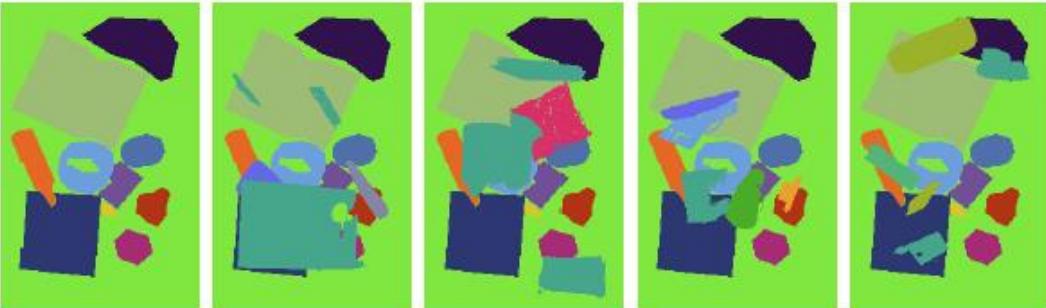
[Schwarz et al. ICRA 2018]



[Amazon]

Objekterfassung und Szenengenerierung

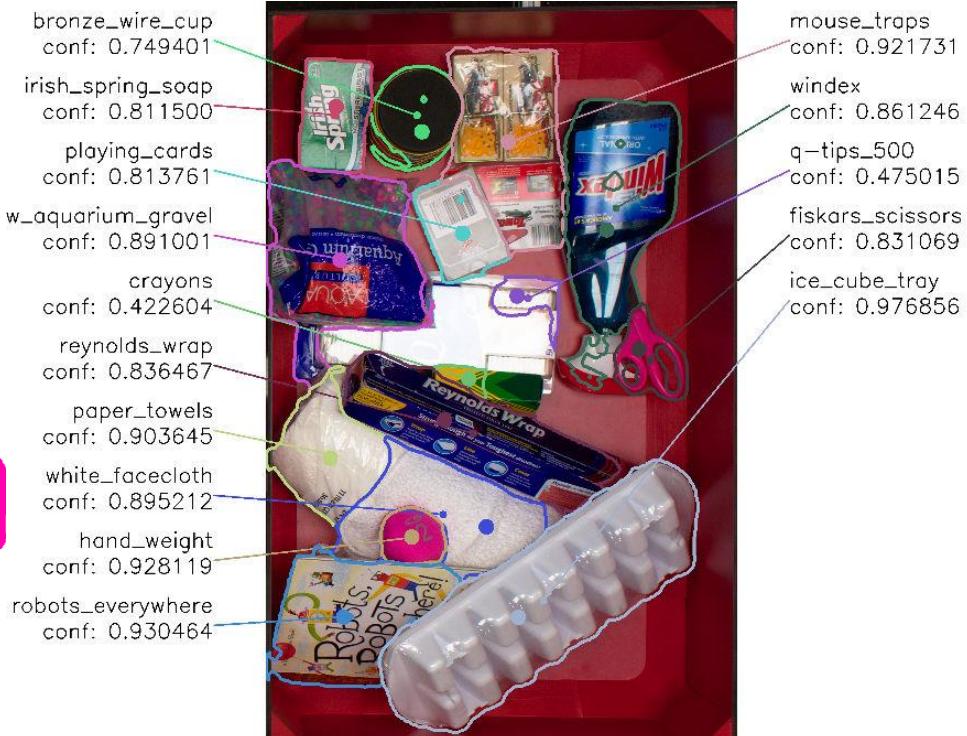
- Drehteller + DLSR
- Einfügen in komplexe Szenen



[Schwarz et al. ICRA 2018]

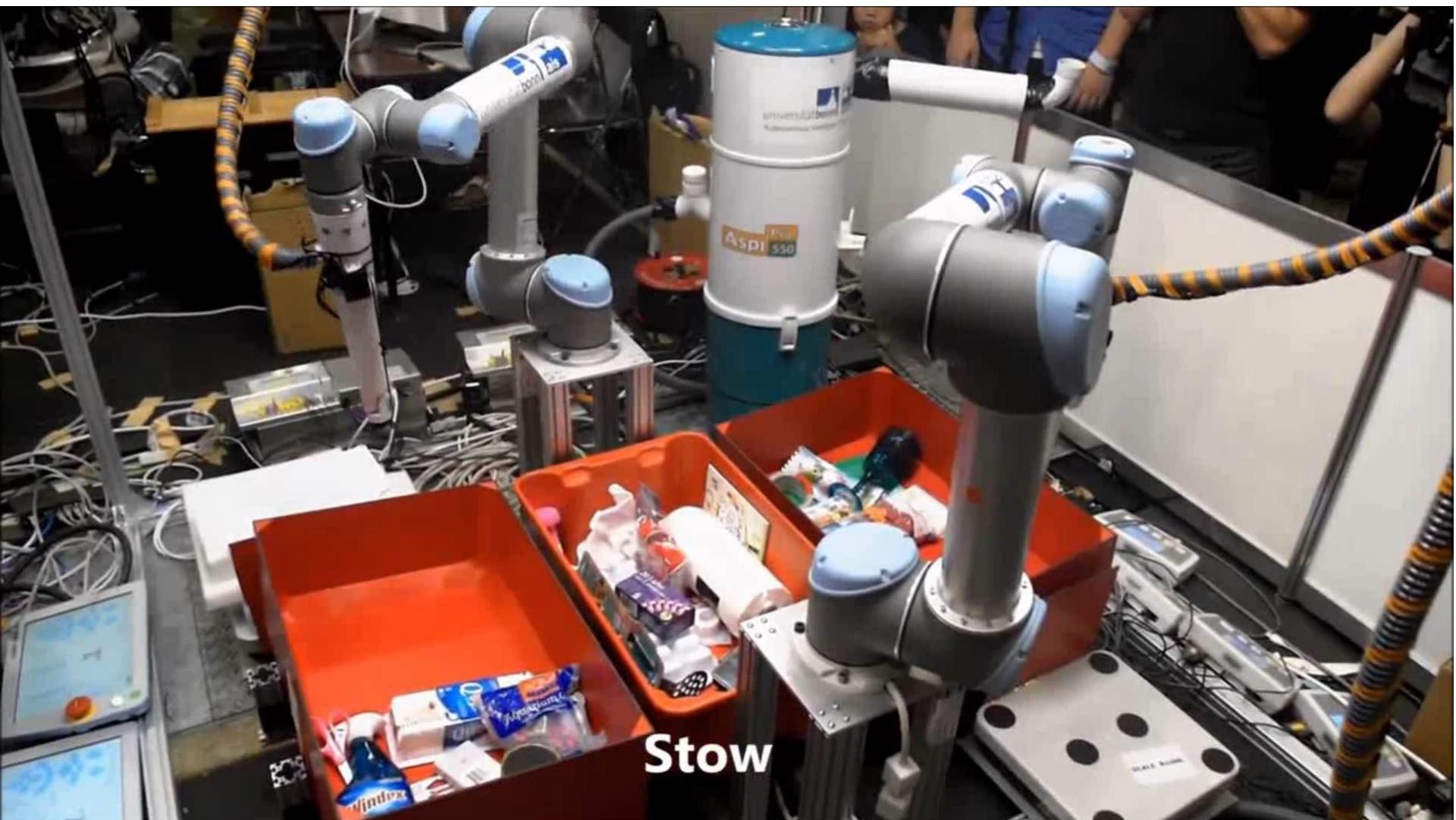
Szeneninterpretation und Greifplanung

- Semantische Segmentierung mit RefineNet [Lin et al. 2016]
- Saugposen auf ebenen Flächen im Zentrum der Segmente



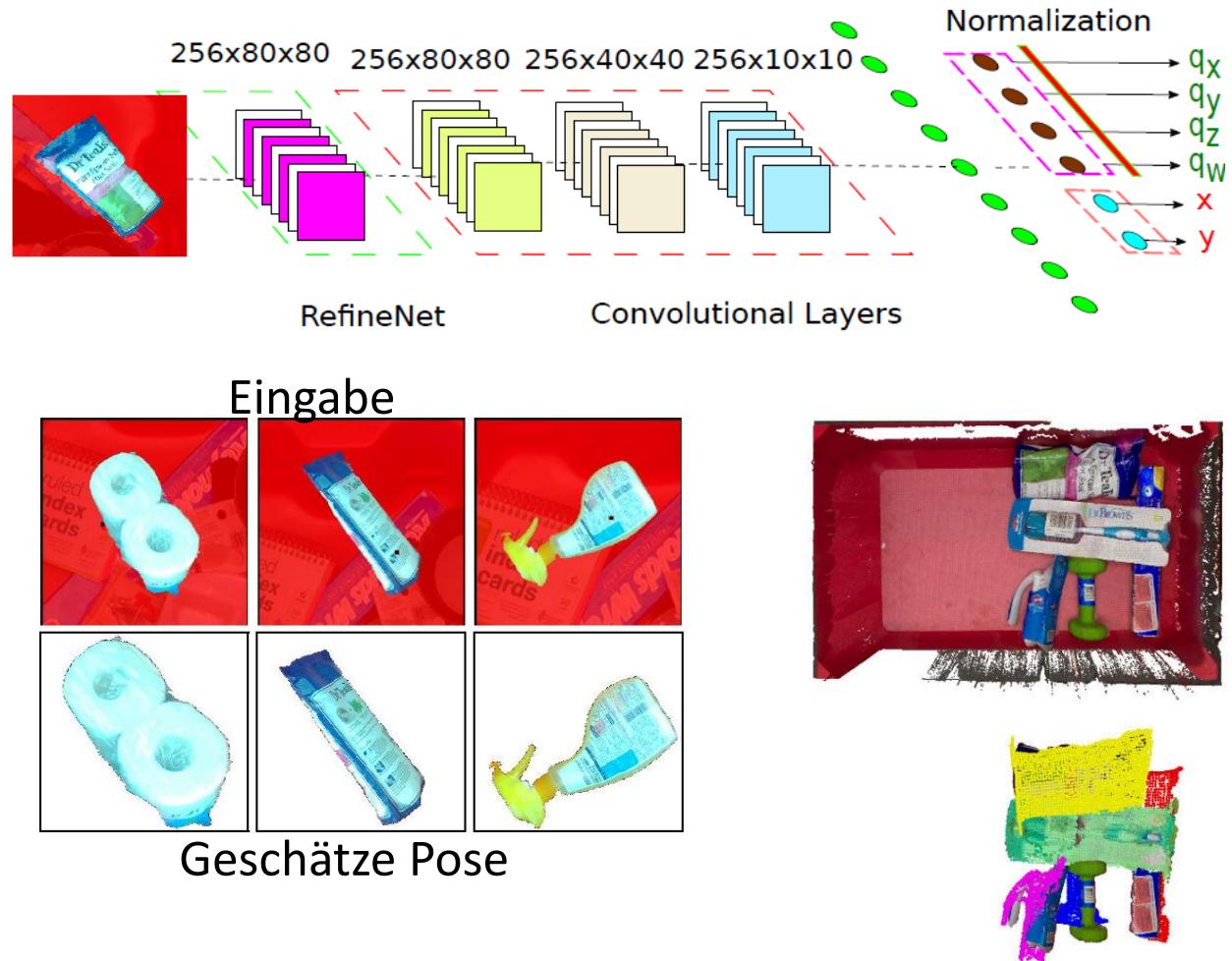
[Schwarz et al. ICRA 2018]

Amazon Robotics Challenge 2017



Schätzung der 6D-Objektpose

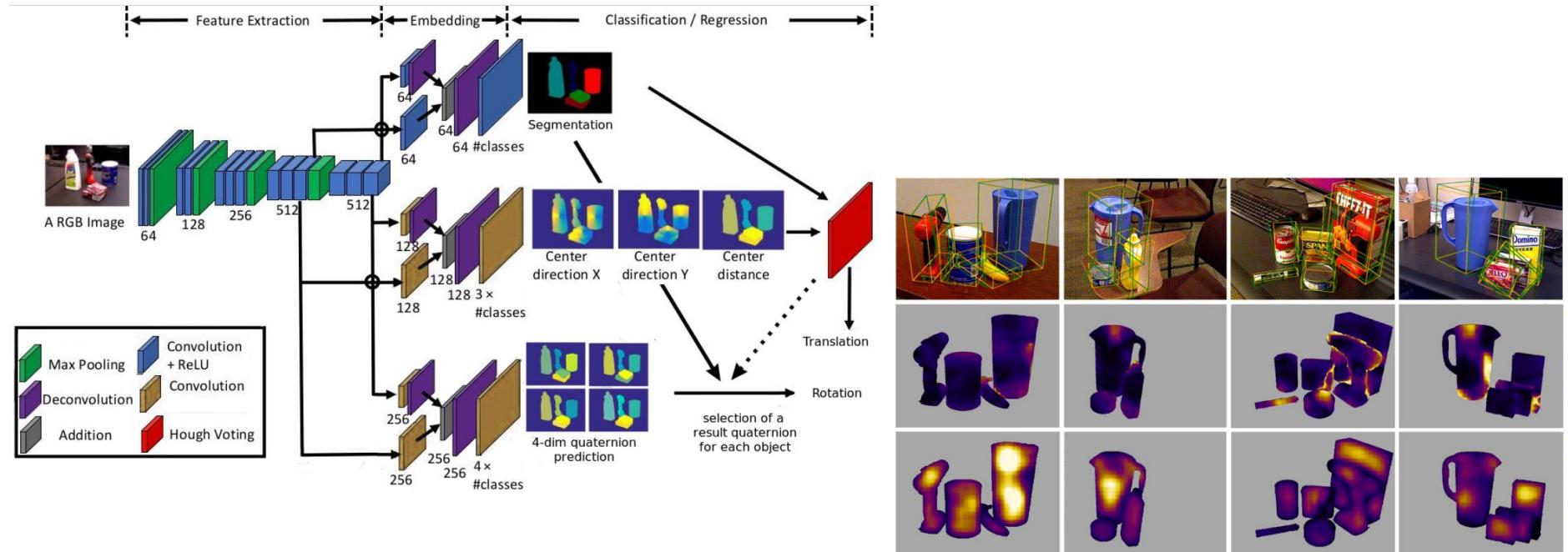
- Ausschneiden einzelner Objekt-hypothesen (Segmente)
- Merkmale der obersten Schicht von RefineNet
- Vorhersage von Posenparametern
- Registrierung von Objektmodellen



[Schwarz et al. ICRA 2018, Periyasamy et al. IROS 2018]

Dichte Konvolutionale 6D-Posenschätzung

- Erweiterung von PoseCNN [Xiang et al. 2018]
- Dichte Vorhersage von Objektzentren und Orientierungen, ohne Ausschneiden



[Capellen et al., VISAPP 2020]

Generieren von Trainingsdaten: Aggregieren der Objektansichten zu texturierten 3D-Objektmodellen



Ansichten



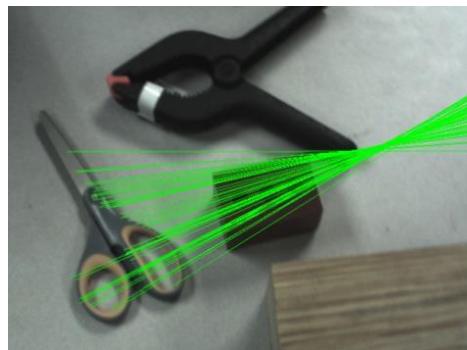
Texturierte
3D-Modelle



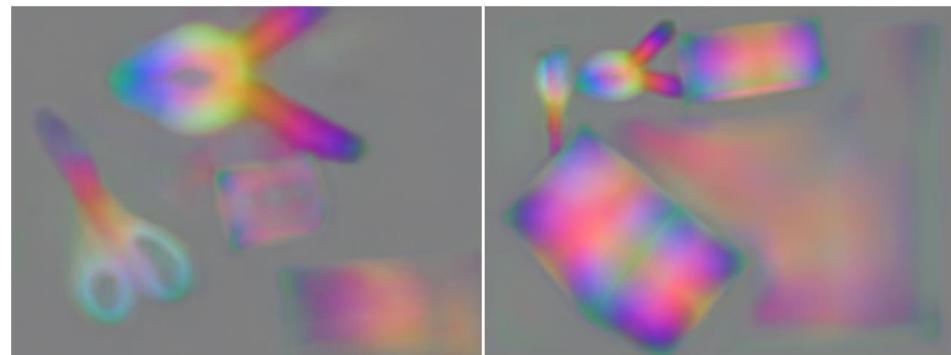
[Improvement on method of Narayan et al. 2015]

Selbstüberwachtes Lernen dichter Merkmale

- Oberflächenmerkmale sollen konstant bleiben, auch wenn sich Sichtwinkel, Beleuchtung, etc. ändern
- Merkmale sollen eindeutig sein, um Korrespondenzen zwischen verschiedenen Ansichten herzustellen
- Lernen dichter Merkmale aus Korrespondenzen mit Kontrast-Fehlerfunktion [Schmidt et al. 2016]



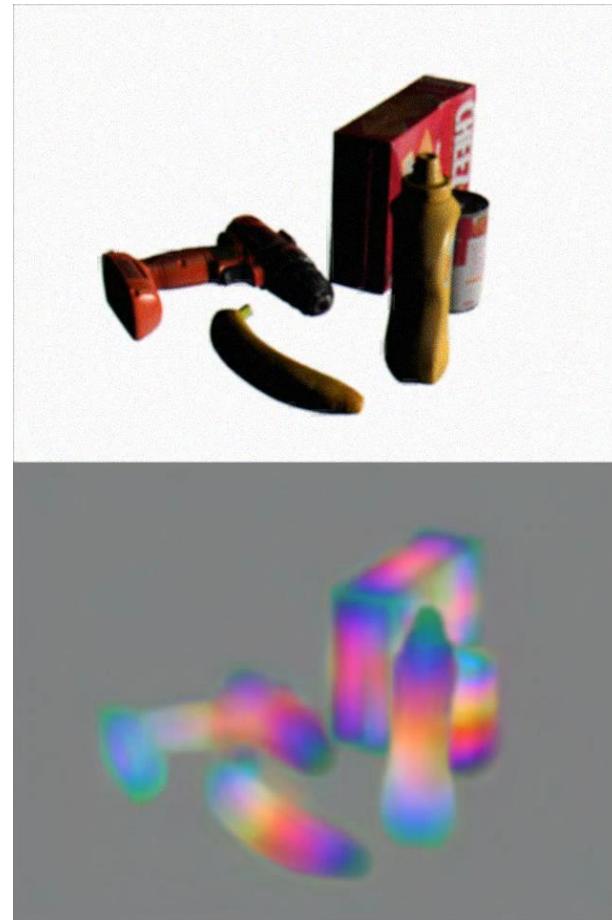
Bekannte Korrespondenzen



Gelernte Merkmale

[Periyasamy, Schwarz, Behnke Humanoids 2019]

Gelernte Szenenabstraktion



Merkmalsdeskriptoren als Texturen für 3D-Objektmodelle

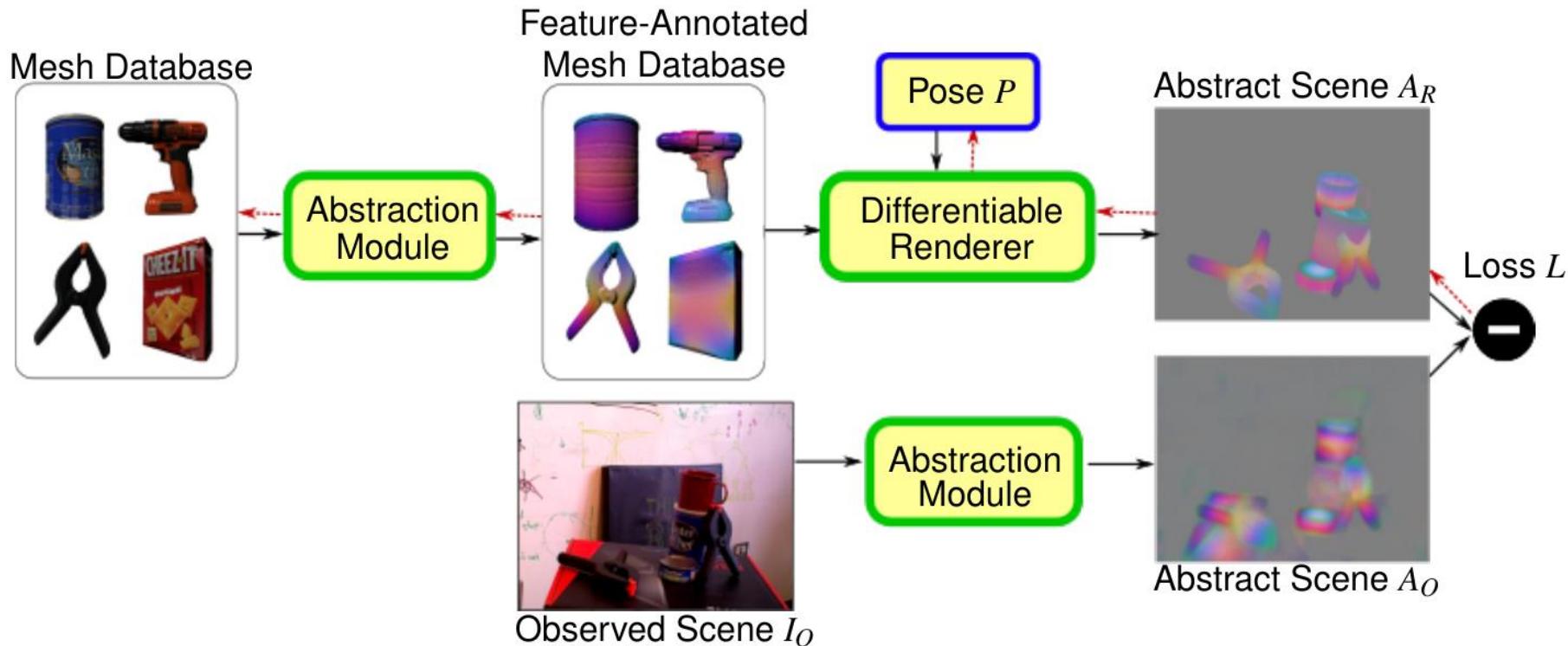
- Gelernte Merkmalskanäle als "Farben" für Textur in 3D-Objektmodellen
- Nutzung für 6D-Posenschätzung



[Periyasamy, Schwarz, Behnke Humanoids 2019]

Abstrakte Objektregistrierung

- Vergleiche gerenderte und zu interpretierende Szene in gelerntem Merkmalsraum
- Passe Modellpose durch Gradientenabstieg an



Beispiel-Registrierung



Evaluation auf YCB-Video-Datenmenge

- Konsistente Verbesserung im Vergleich zu PoseCNN (Xiang et al. 2018)
- Monokular (keine Tiefe erforderlich)



PoseCNN

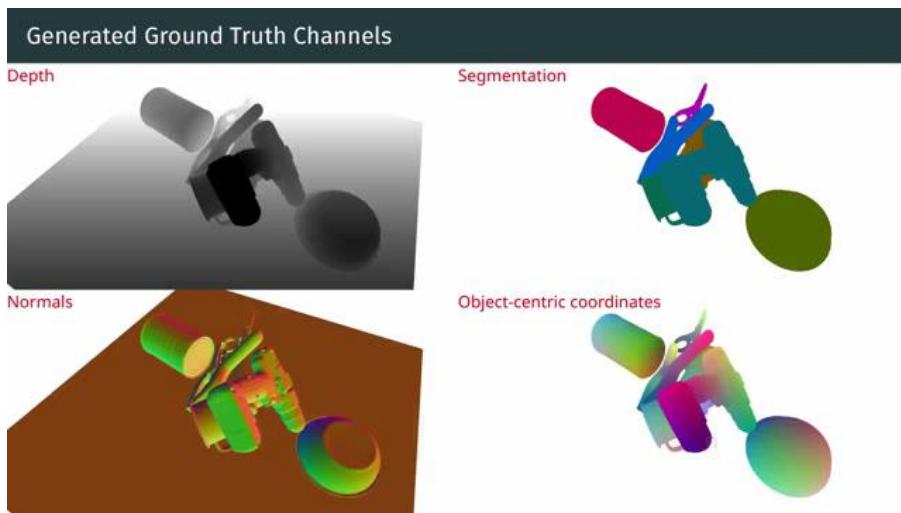
Optimierte Schätzung

Object	PoseCNN [5]		PoseCNN refined (ours)		
	ADD	ADD-S	ADD(Δ)	ADD-S(Δ)	Δ
master_chef_can	50.2	83.9	63.3(+13.1)	91.7(+7.8)	+7.8
cracker_box	53.1	76.9	65.3(+12.2)	81.7(+4.9)	+4.9
sugar_box	68.4	84.2	85.3(+16.9)	92.0(+7.8)	+7.8
tomato_soup_can	66.2	81.0	59.4(-6.8)	79.9(-1.1)	-1.1
mustard_bottle	81.0	90.4	86.5(+5.5)	92.3(+1.9)	+1.9
tuna_fish_can	70.7	88.0	81.1(+10.4)	94.3(+6.3)	+6.3
pudding_box	62.7	79.1	71.1(+8.4)	83.1(+4.1)	+4.1
gelatin_box	75.2	87.2	81.5(+6.3)	89.1(+1.9)	+1.9
potted_meat_can	59.5	78.5	63.7(+4.2)	80.3(+1.8)	+1.8
banana	72.3	86.0	82.1(+9.8)	91.8(+5.8)	+5.8
pitcher_base	53.3	77.0	85.1(+31.8)	92.7(+15.7)	+15.7
bleach_cleanser	50.3	71.6	65.0(+14.7)	80.4(+8.9)	+8.9
bowl	3.3	69.6	6.5(+3.1)	75.5(+5.9)	+5.9
mug	58.5	78.2	65.9(+7.4)	84.0(+5.9)	+5.9
power_drill	55.3	72.7	73.7(+18.4)	85.9(+13.2)	+13.2
wood_block	26.6	64.3	45.5(+18.9)	73.3(+9.0)	+9.0
scissors	35.8	56.9	40.0(+4.1)	58.6(+1.7)	+1.7
large_marker	58.3	71.7	63.9(+5.6)	77.3(+5.6)	+5.6
large_clamp	24.6	50.2	37.0(+12.4)	65.1(+15.0)	+15.0
extra_large_clamp	16.1	44.1	25.4(+9.3)	63.7(+19.6)	+19.6
foam_brick	40.2	88.0	43.3(+3.1)	90.8(+2.8)	+2.8
ALL	53.7	75.8	62.8(+9.1)	82.4(+6.6)	+6.6

[Periyasamy, Schwarz, Behnke Humanoids 2019]

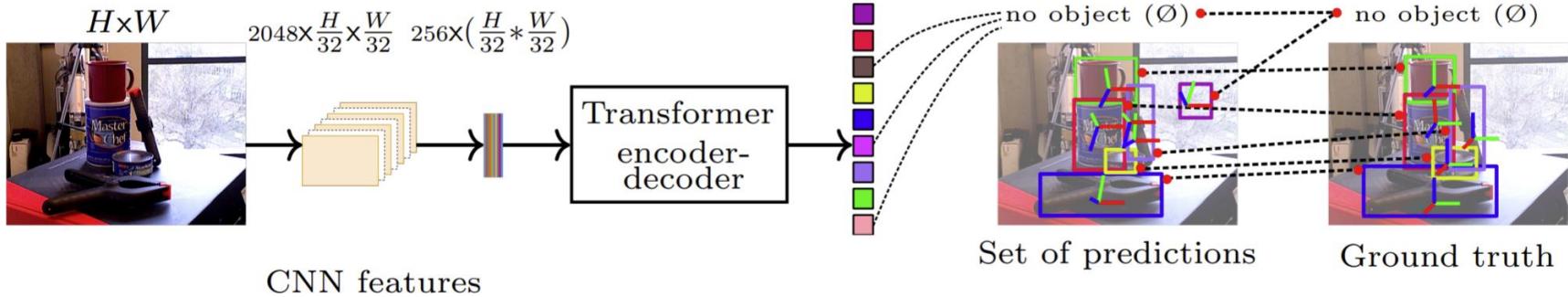
Generierung realistischer Szenen

- Chaotische Objekthaufen
- Fotorealistisches Rendering mit zufälligen Materialien, Beleuchtungen
- Ground-Truth vorhanden
- Lernen von semantischer Segmentierung auf YCB Video-Daten
 - Performanz ähnlich zu realen Daten
 - Verbesserte Performanz wenn mit realen Daten kombiniert

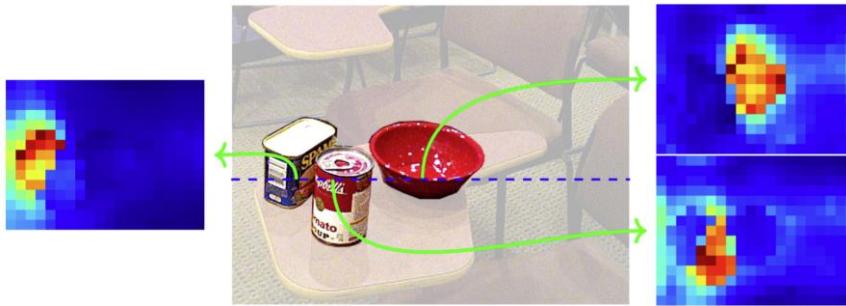


T6D-Direct: Transformer für Multi-Objekt 6D Posenschätzung

- Erweitert DETR: End-to-end object detection with transformers [Carion et al. ECCV 2020]
- Ende-zu-Ende differenzierbares Modell für 6D Objektposen-schätzung

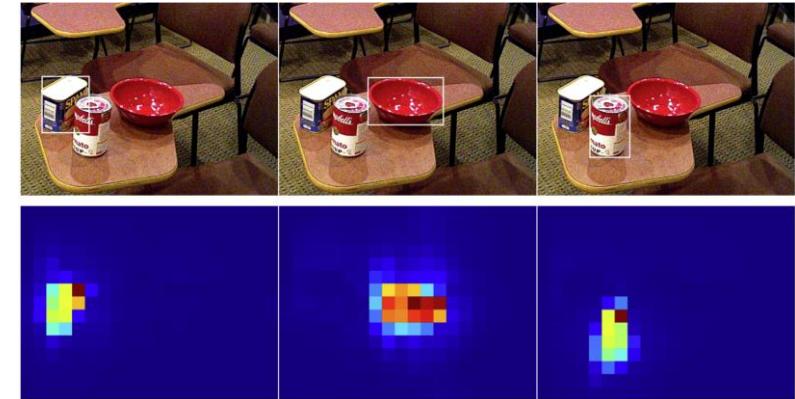


Enkoder Selbst-Aufmerksamkeit

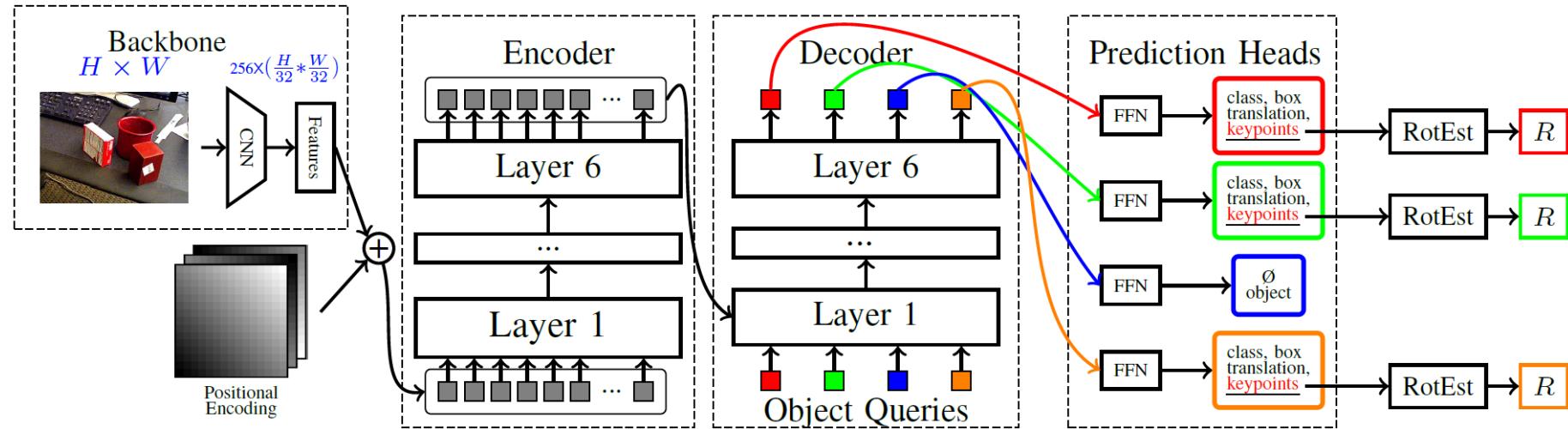


[Amini et al. GCPR 2021]

Objektdetektionen und Dekoder-Aufmerksamkeit

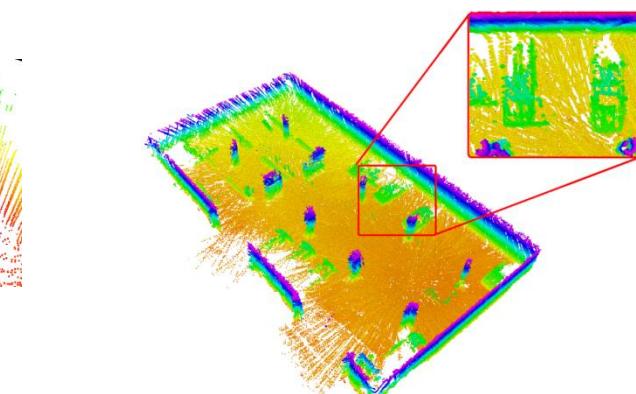
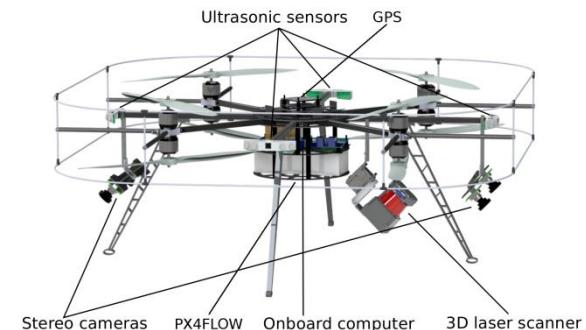
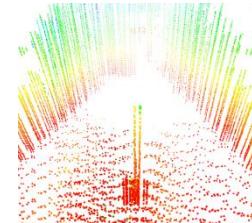


Multi-Objekt 6D Posenschätzung mit Schlüsselpunkten

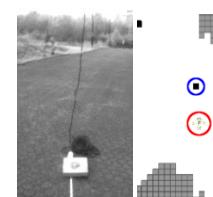


Autonomer Flug in Hindernisnähe

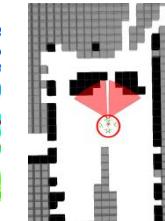
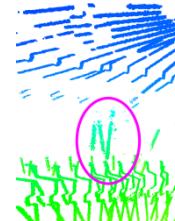
- Flugroboter mit viel Sensorik und Rechenleistung
- Multimodale Hindernisdetektion
 - 3D-Laserscanner



- Stereo-Kameras

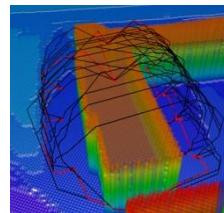


- Ultraschall

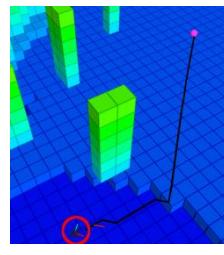


Navigationsarchitektur

■ Geschichtete Planung: Von abstrakt zu konkret



Missionsplanung



Allozentrische Planung



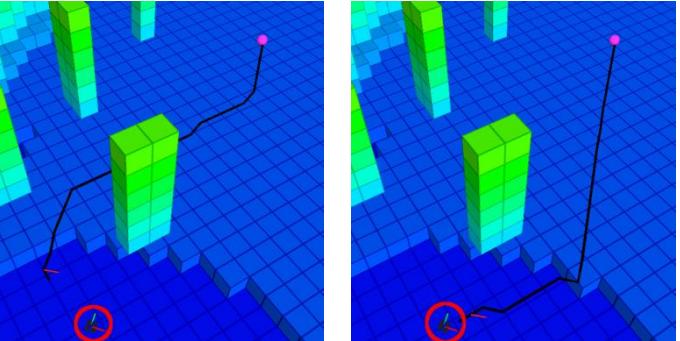
Egozentrische Planung



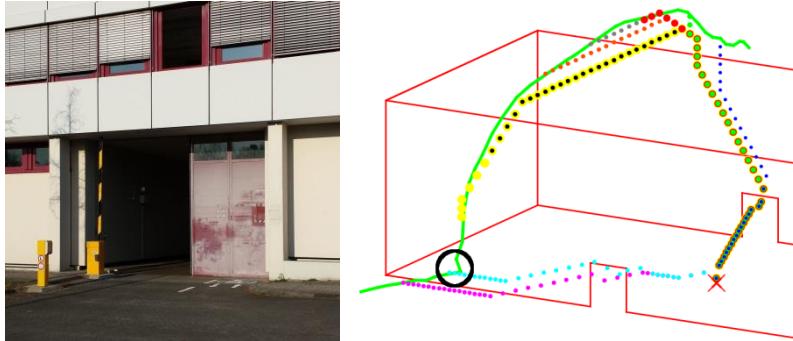
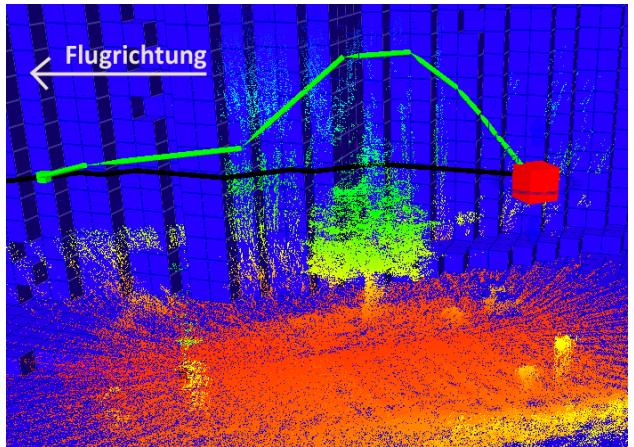
Hindernisvermeidung

Navigationsplanung

- Kontinuierliche allozentrische Planung
 - A*-Planer in Voxel-Gitter findet kostenoptimale Pfade
- Reaktion auf Positionsabweichung



Reaktion auf Belegtheitsänderung

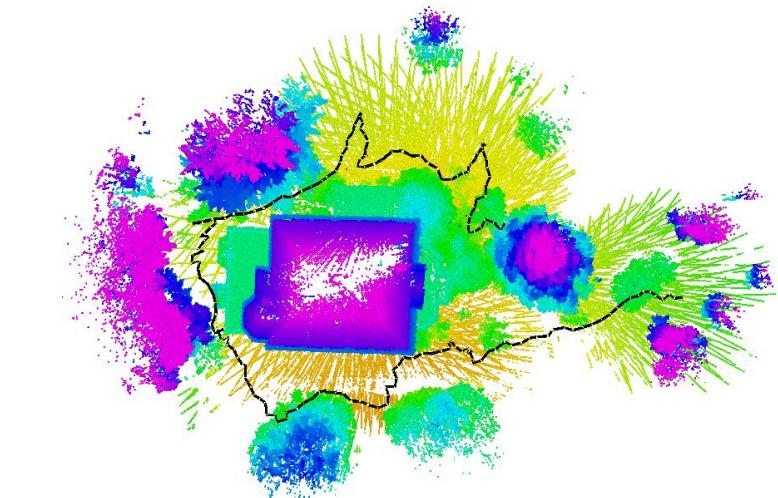
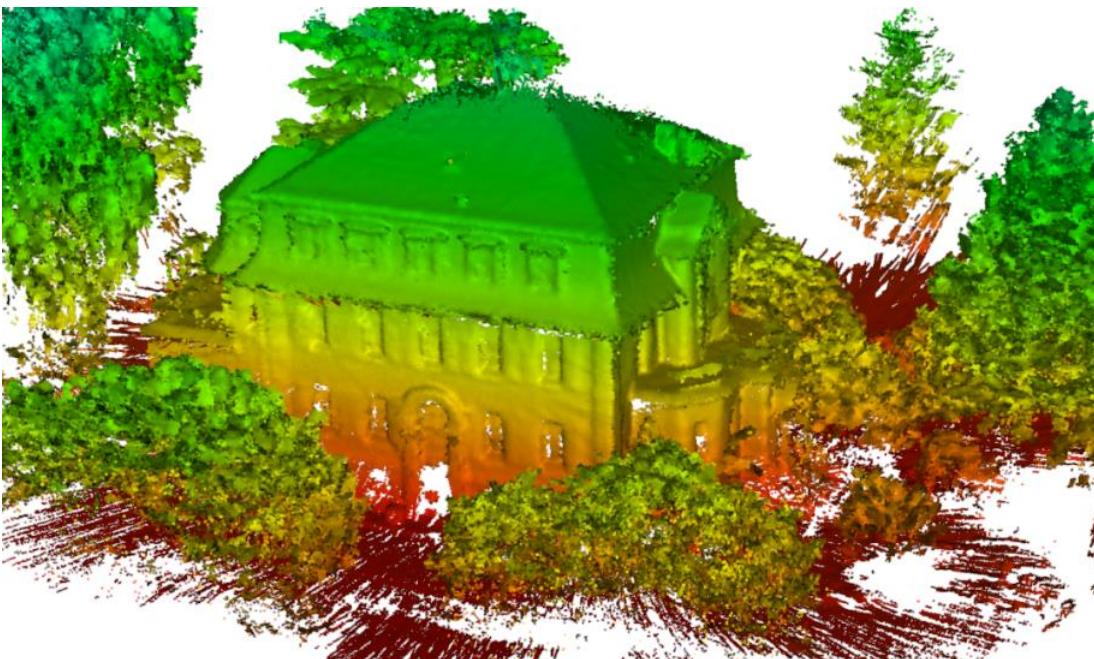

-
- Lokale Multiresolutionsplanung
 - A*-Planer in lokaler Multi-resolutionskarte
 - Neuplanung mit hoher Rate
 - Umfliegen lokal wahrge- nommener Hindernisse
- 

Mapping on Demand

Mapping on Demand
Autonomous Flight to Planned View Poses

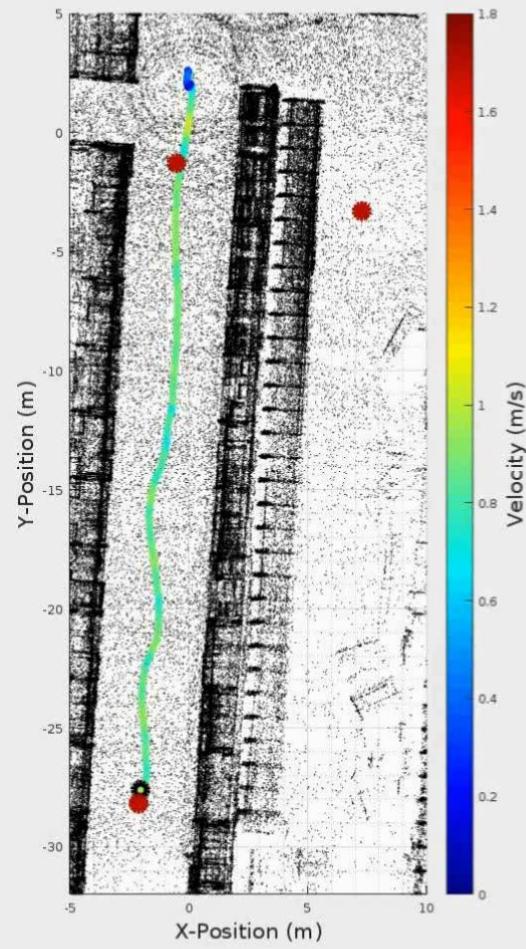
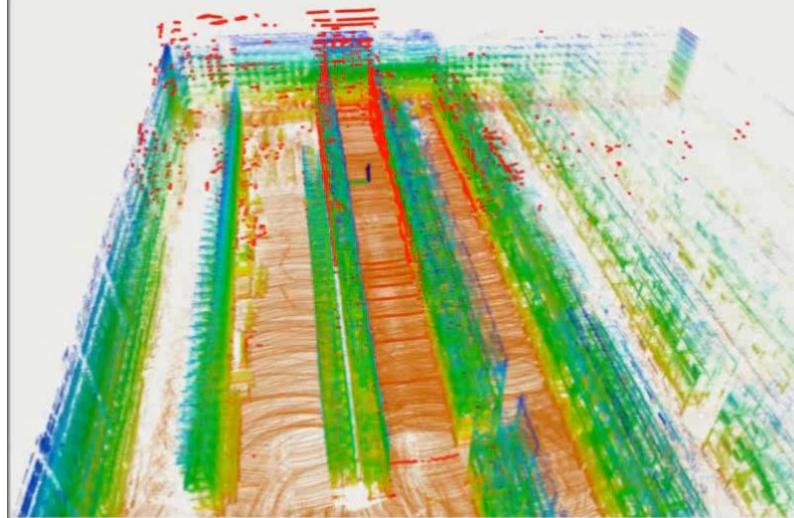
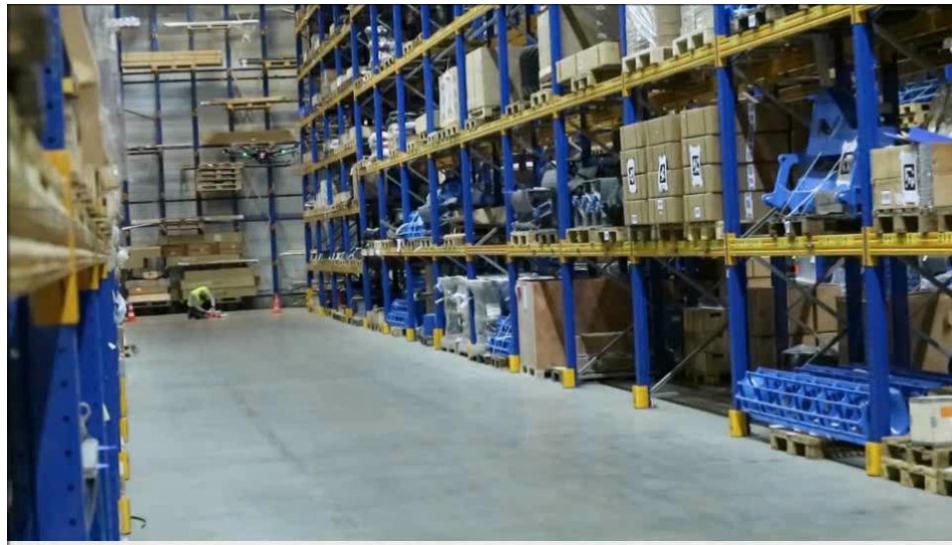
3D-Modell der Umgebung

- Registrierung der Messungen des Laserscanners



[Droeschel et al. JFR 2016]

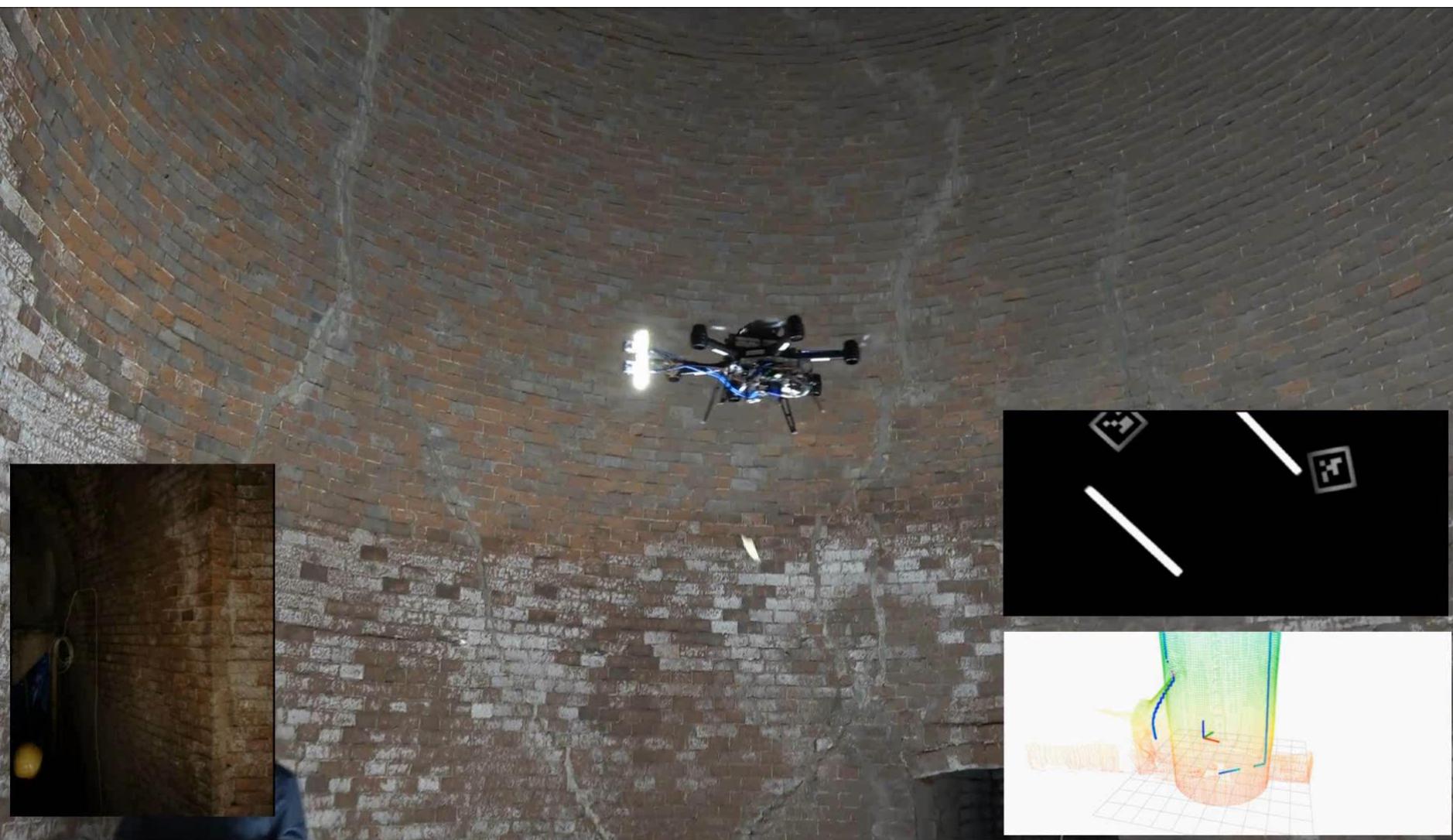
InventAIRy: Inventur in Warenlagern



InventAIRy: Detektierte Etiketten im Regal

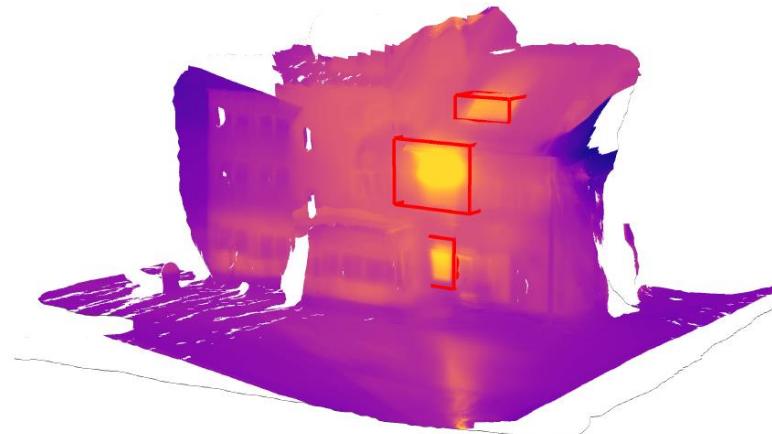
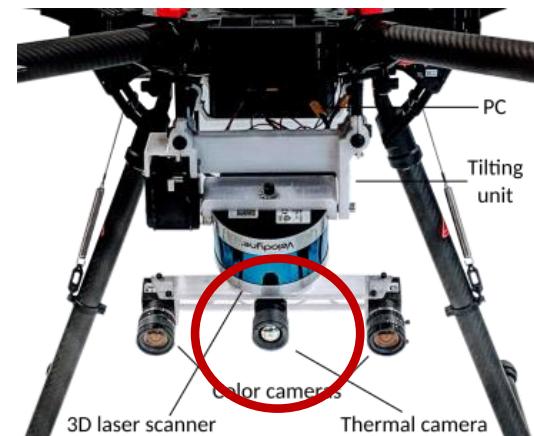


EuRoC Challenge 3: ChimneySpector



Unterstützung von Einsatzkräften (A-DRZ)

- Thermalkamera zugefügt
- Flug am Brandhaus in Dortmund
- Detektion von Brandherden und Glutnestern



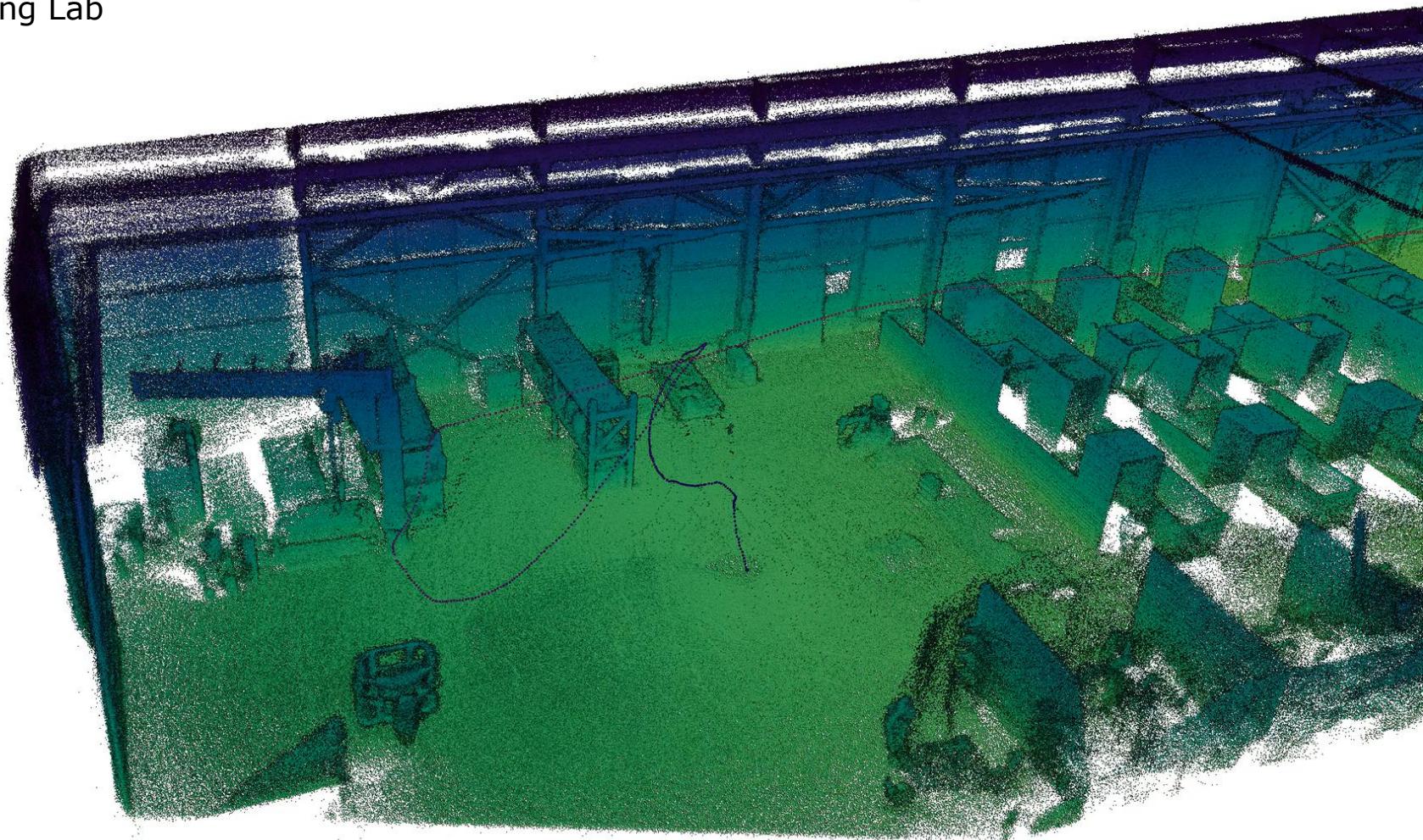
Aktueller Flugroboter



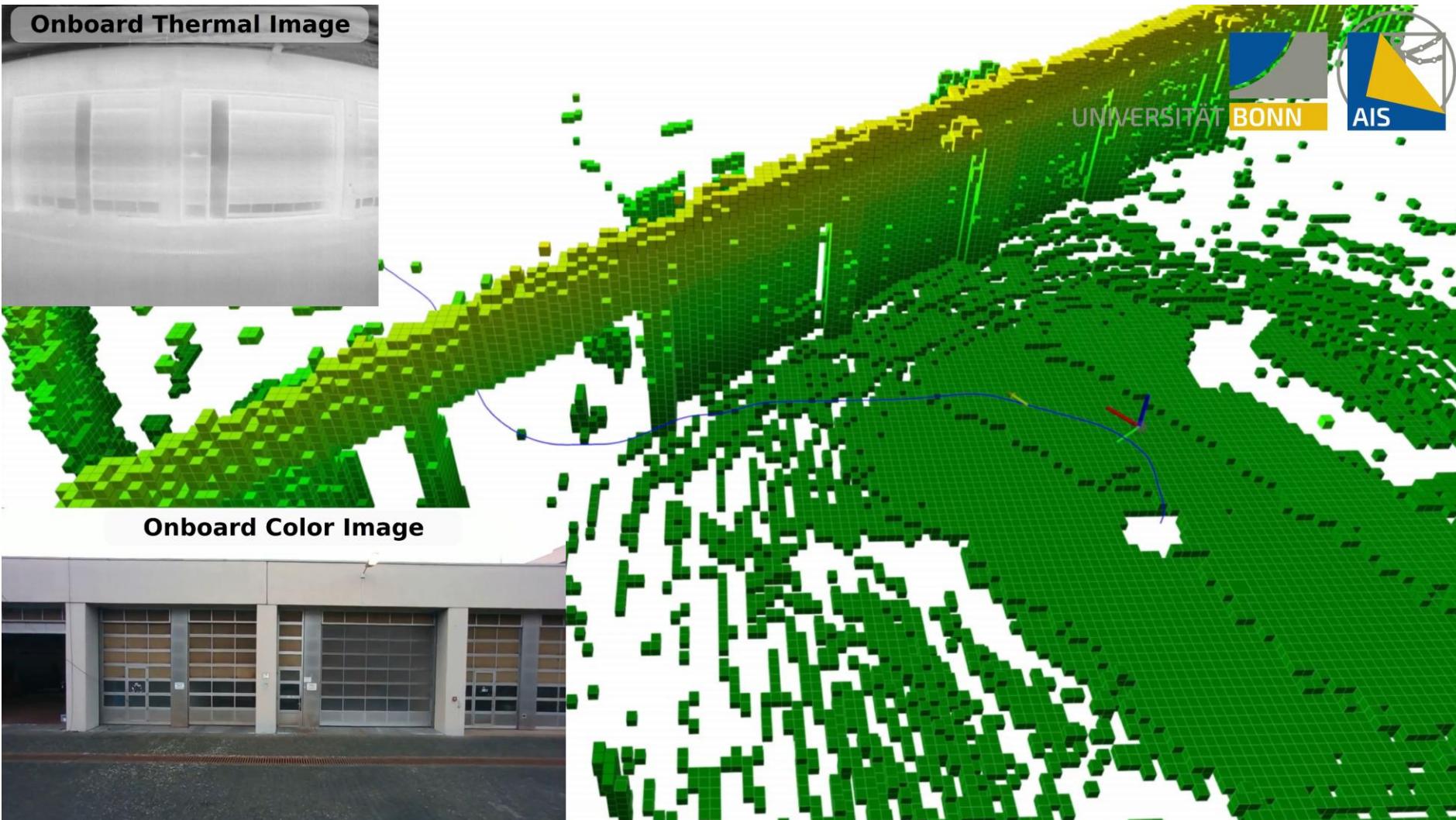
- Basis: DJI Matrice 210 v2
- Sensoren: Ouster OS-0, FLIR AGX, 2× Intel RealSense D455
- IP43-Schutz

3D LiDAR-Kartierung

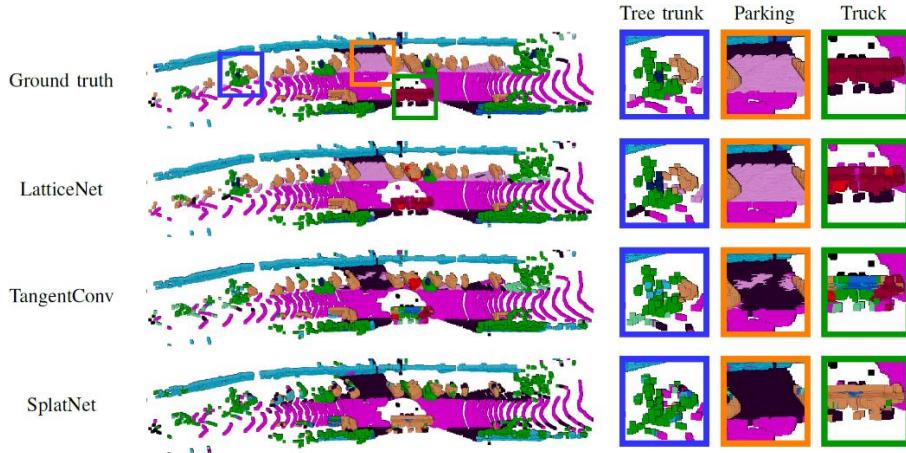
DRZ Living Lab



Autonome Exploration ohne GPS



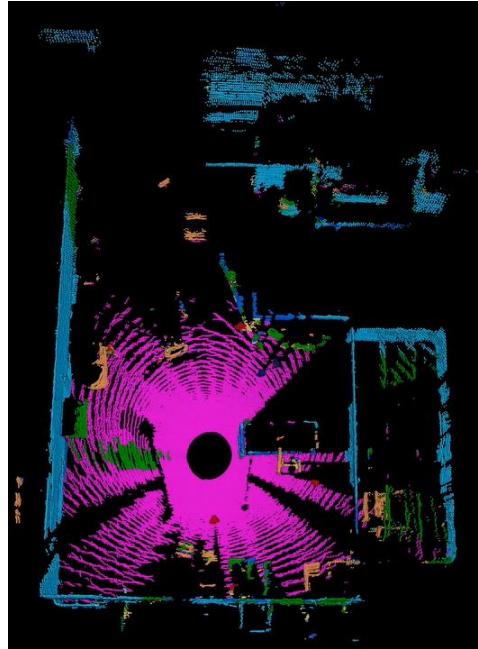
Semantische LiDAR-Segmentierung



■ LatticeNet

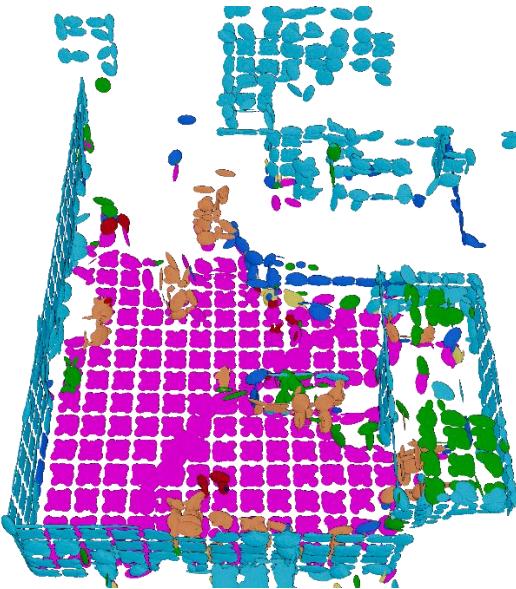
[Rosu et al., RSS 2020]

Semantische 3D-Fusion

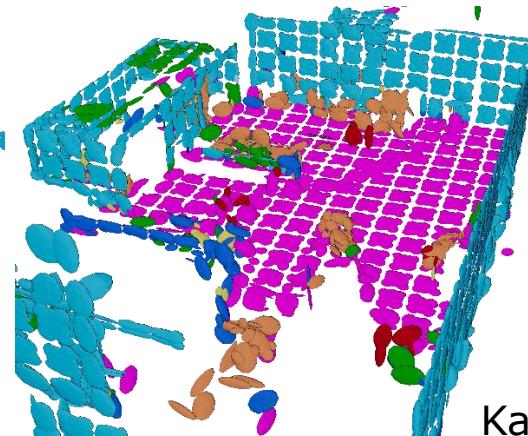


Segmentierte Punktwolke

Minimax-Viking Brandhaus



Semantische Karte



- Kategorien:
- Building
 - Floor
 - Persons
 - Vehicles
 - Fence
 - Vegetation

Kamerabasierte Objektdetektion und semantische Segmentierung



Farbbild



Semantische Segmentierung und
Objektdetektionen

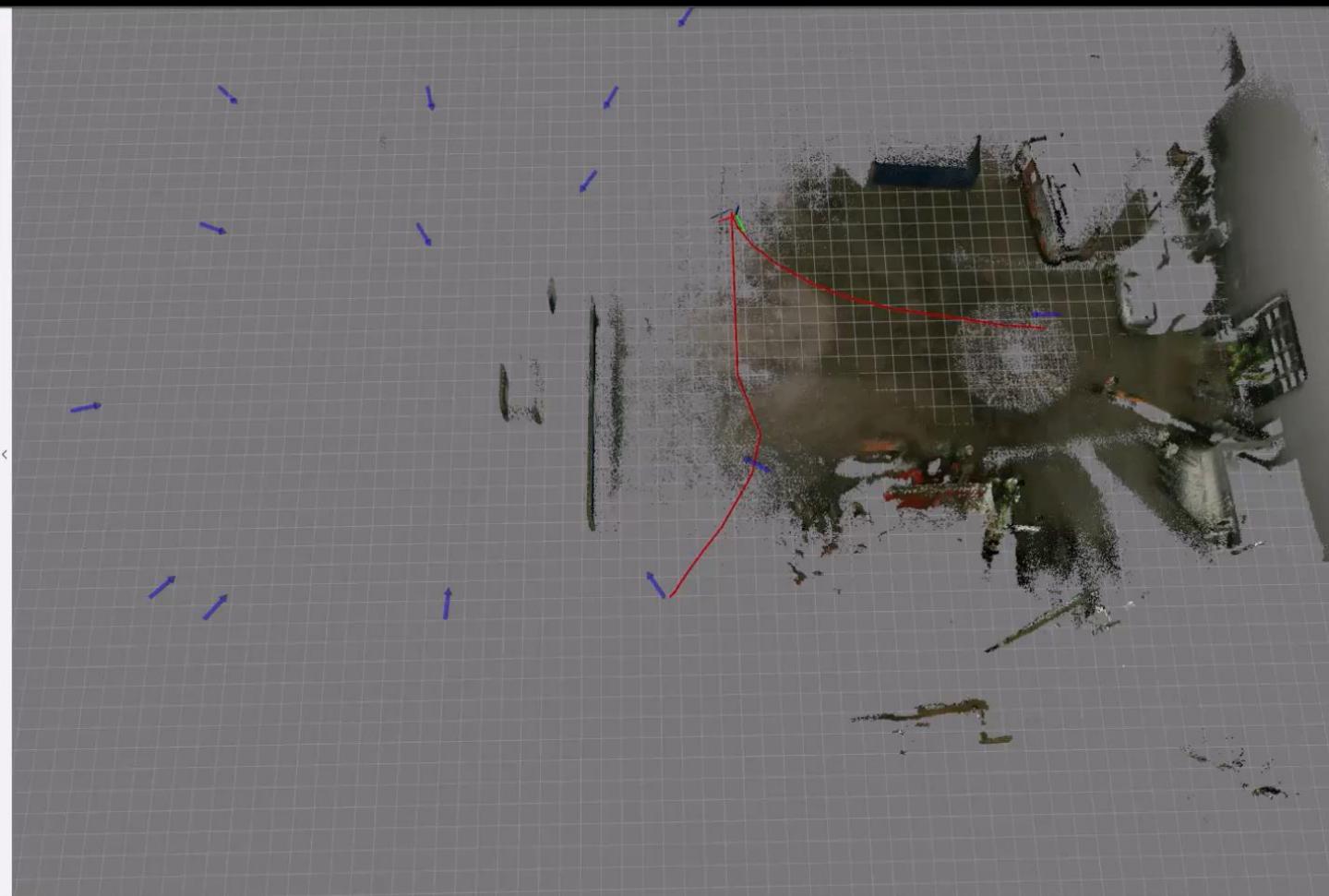
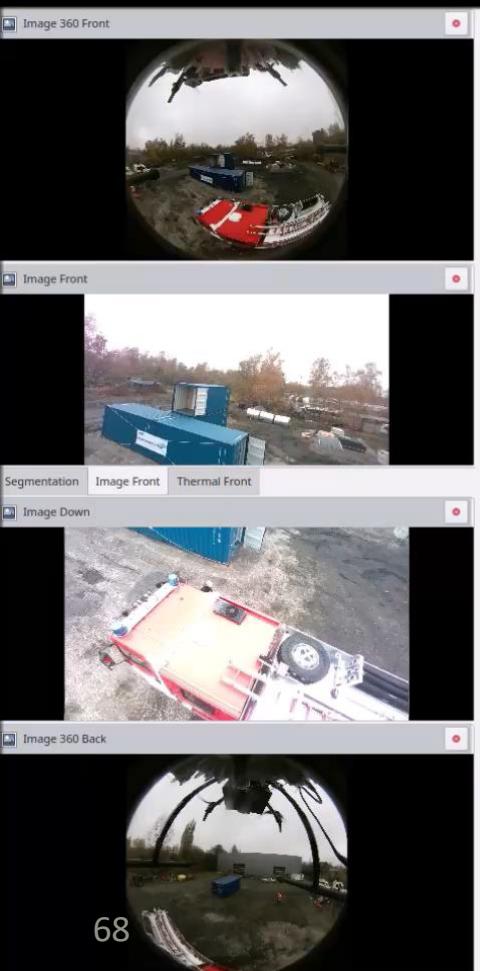
- Google Edge TPU
- DeepLab v3 CNN mit MobileNet v3 Backbone

Exploration



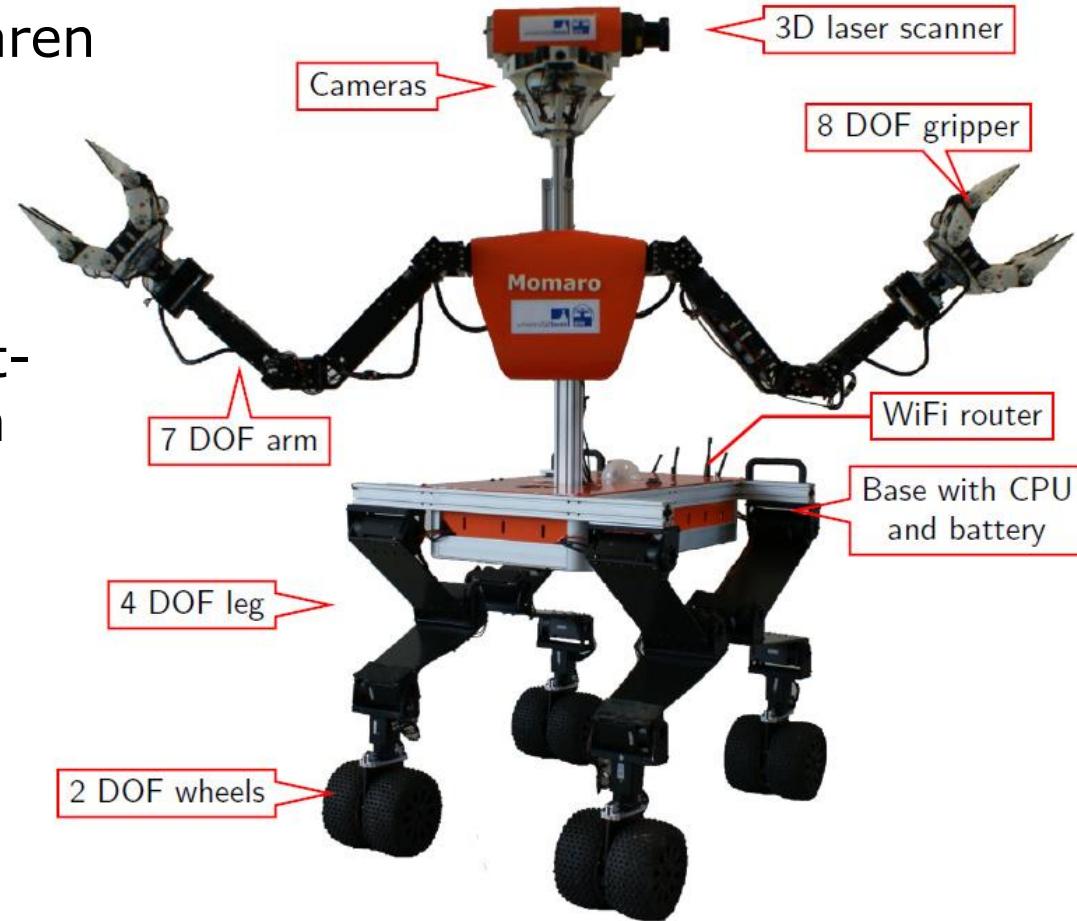
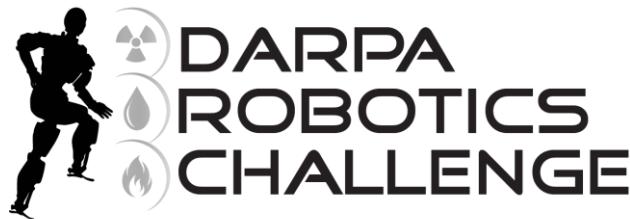
Campus Poppelsdorf

Autonome Exploration



Mobiler Manipulationsroboter Momaro

- Flexible Basis mit lenkbaren Rädern und vier Beinen
- Menschenähnlicher Oberkörper
- Intuitive Benutzerschnittstellen zur Teleoperation
- Erfolgreich bei DARPA Robotics Challenge



DARPA Robotics Challenge



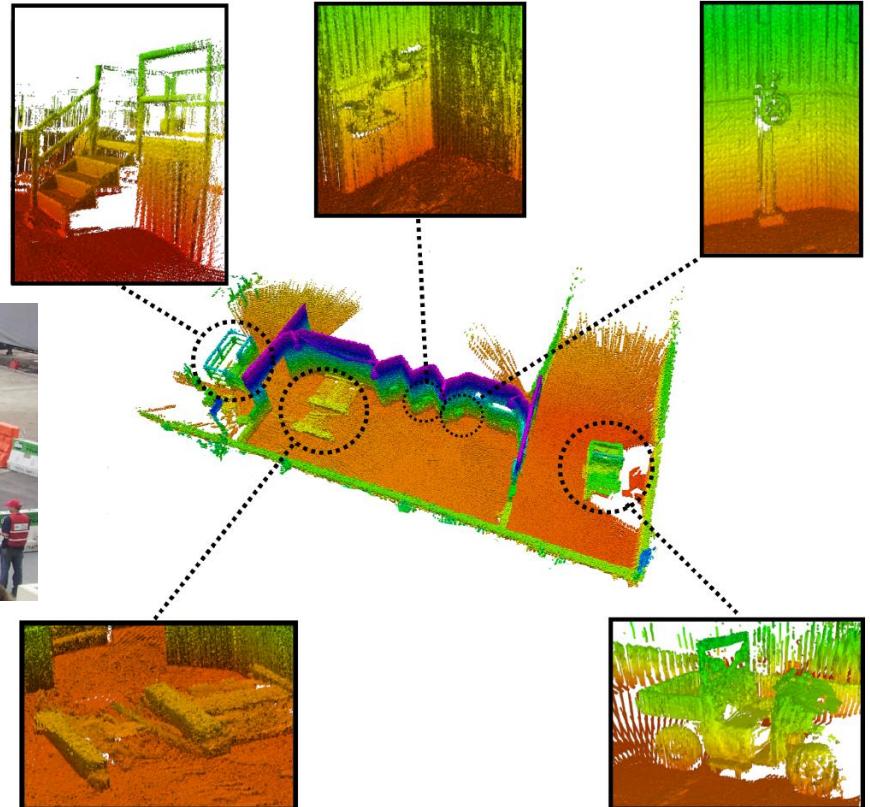
At the DARPA Robotics Challenge, Momaro demonstrated driving a car.

23:15:48 05/06/2015 810

4x

Allozentrische 3D-Kartierung

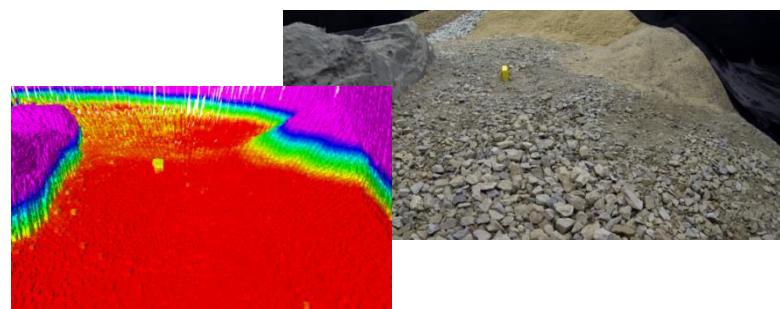
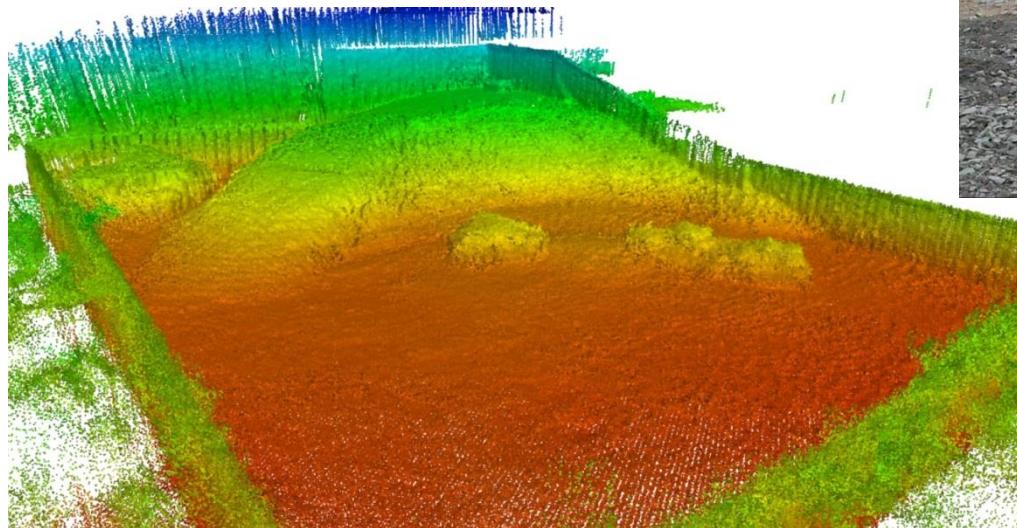
- Registrierung
egozentrischer Karten
durch
Graphoptimierung



[Droeschel et al., Robotics and Autonomous Systems 2017]

DLR SpaceBot Cup 2015

■ Mobile Manipulation in unwegsamem Gelände



[Schwarz et al., Frontiers on Robotics and AI 2016]

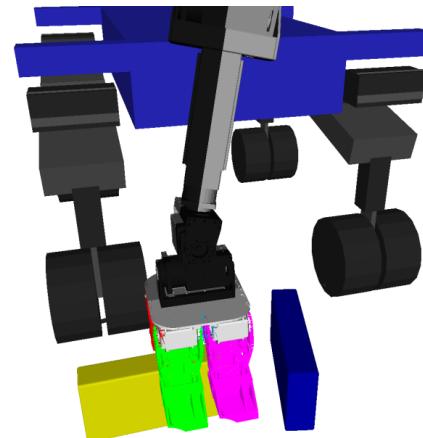
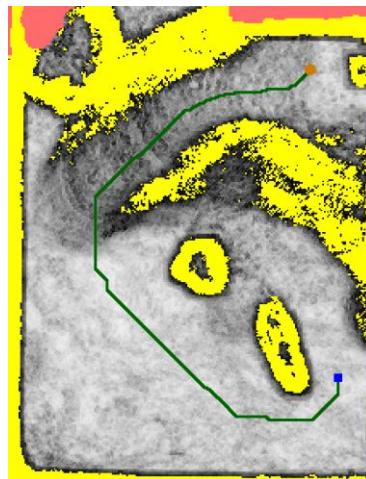
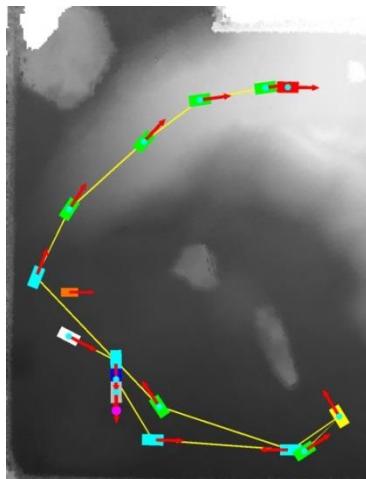
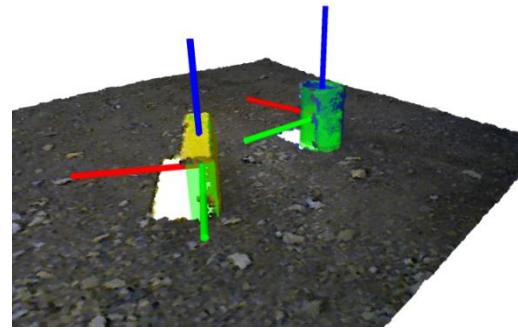
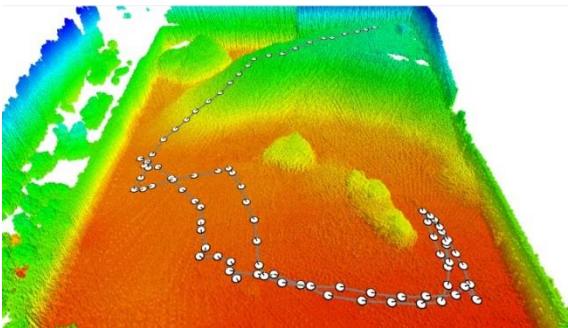
DLR SpaceBot Camp 2015



8X

Autonome Missionsausführung

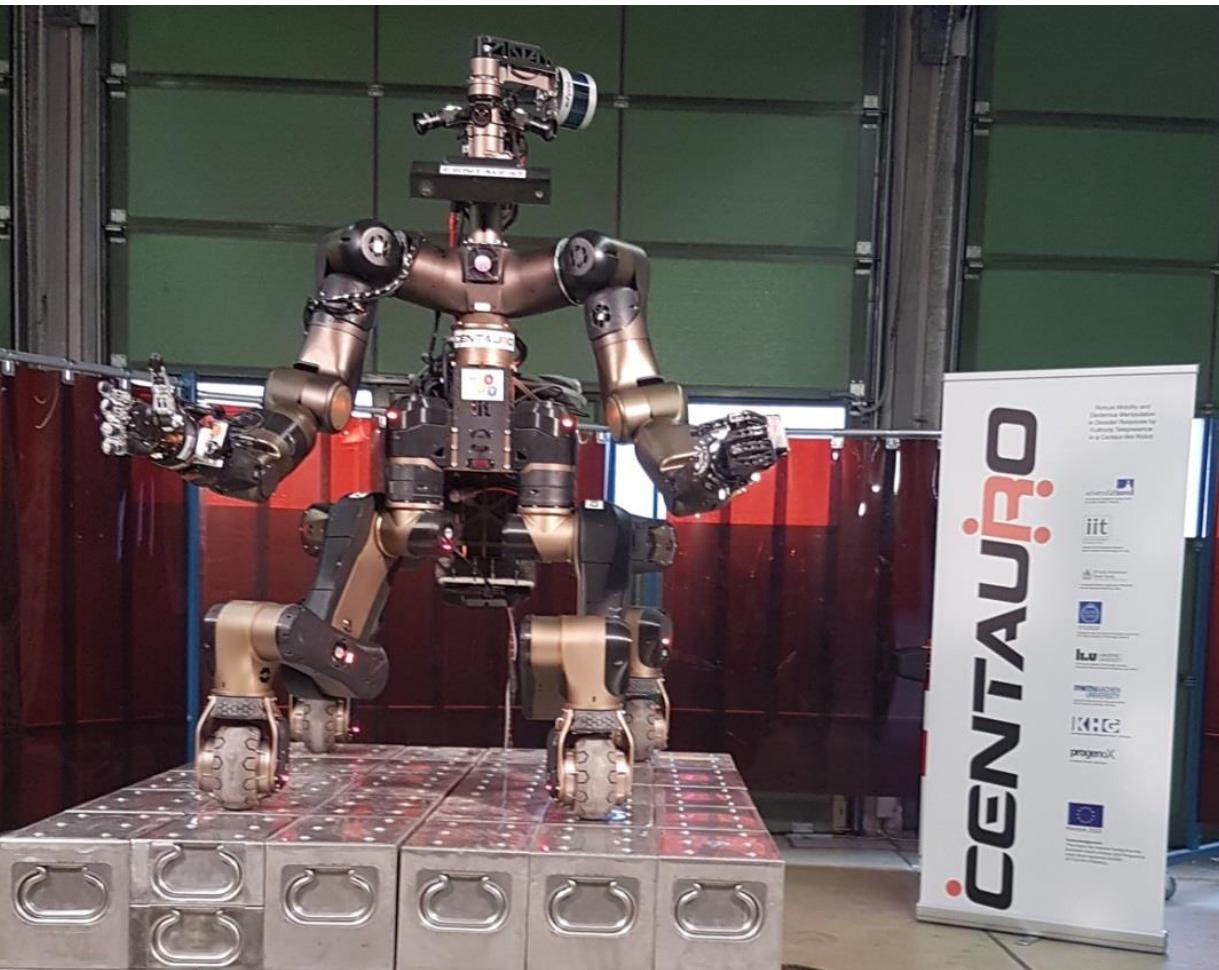
- 3D-Kartierung, Lokalisierung, Missions- und Navigationsplanung
- 3D-Objektwahrnehmung und Manipulation



[Schwarz et al. Frontiers 2016]

Centauro-Roboter

CENTAURO



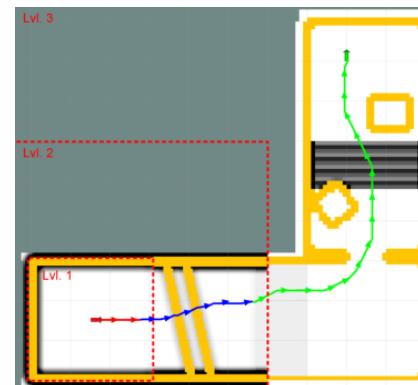
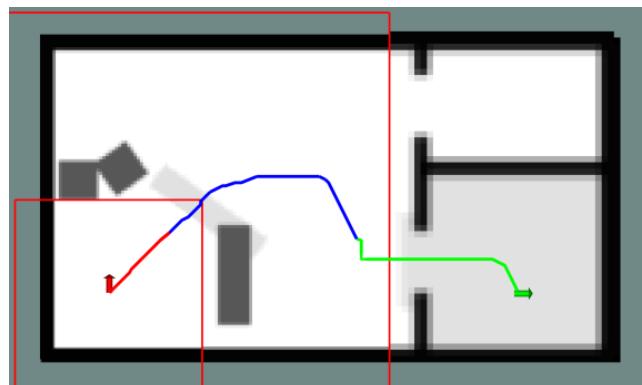
- Seriell-elastische Aktuatoren
- 42 große Gelenke
- Schunk-Hand
- 3D-Laserscanner
- RGB-D-Kamera
- Farbkameras
- Zwei GPU-PCs

[Tsagarakis et al., IIT 2017]

Planen auf mehreren Abstraktionsstufen

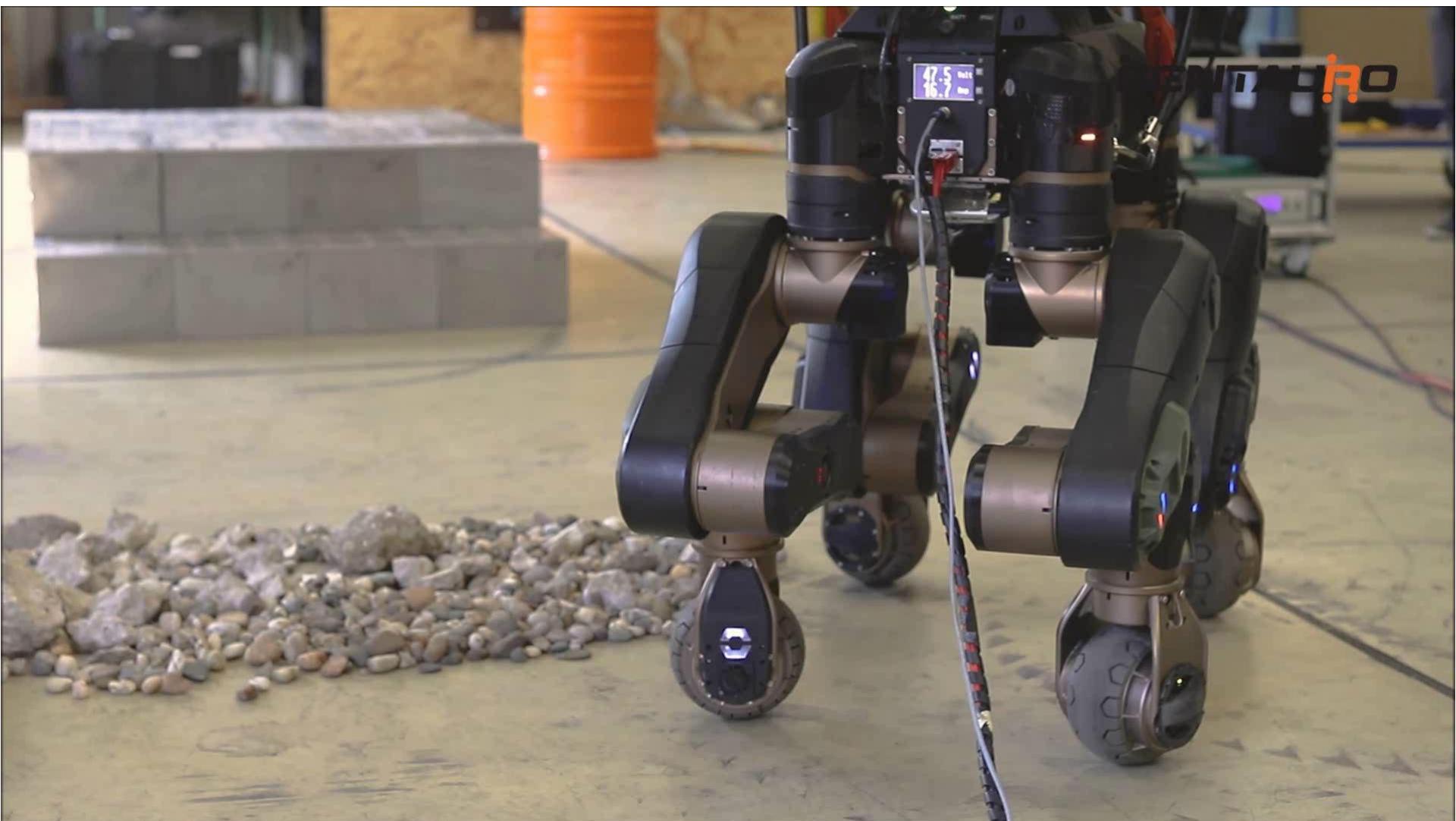
- Detaillierte Pläne für das Hier und Jetzt
- Abstraktere Pläne für die weiter entfernt liegende Zukunft

Level	Map Resolution	Map Features	Robot Representation	Action Semantics
1		<ul style="list-style-type: none">• 2.5 cm• 64 orient.		<ul style="list-style-type: none">• Individual Foot Actions
2		<ul style="list-style-type: none">• 5.0 cm• 32 orient.		<ul style="list-style-type: none">• Foot Pair Actions
3		<ul style="list-style-type: none">• 10 cm• 16 orient.		<ul style="list-style-type: none">• Whole Robot Actions



[Klamt and Behnke,
IROS 2017, ICRA 2018]

CENTAURO Fortbewegung



Transfer von Handhabungsfertigkeiten



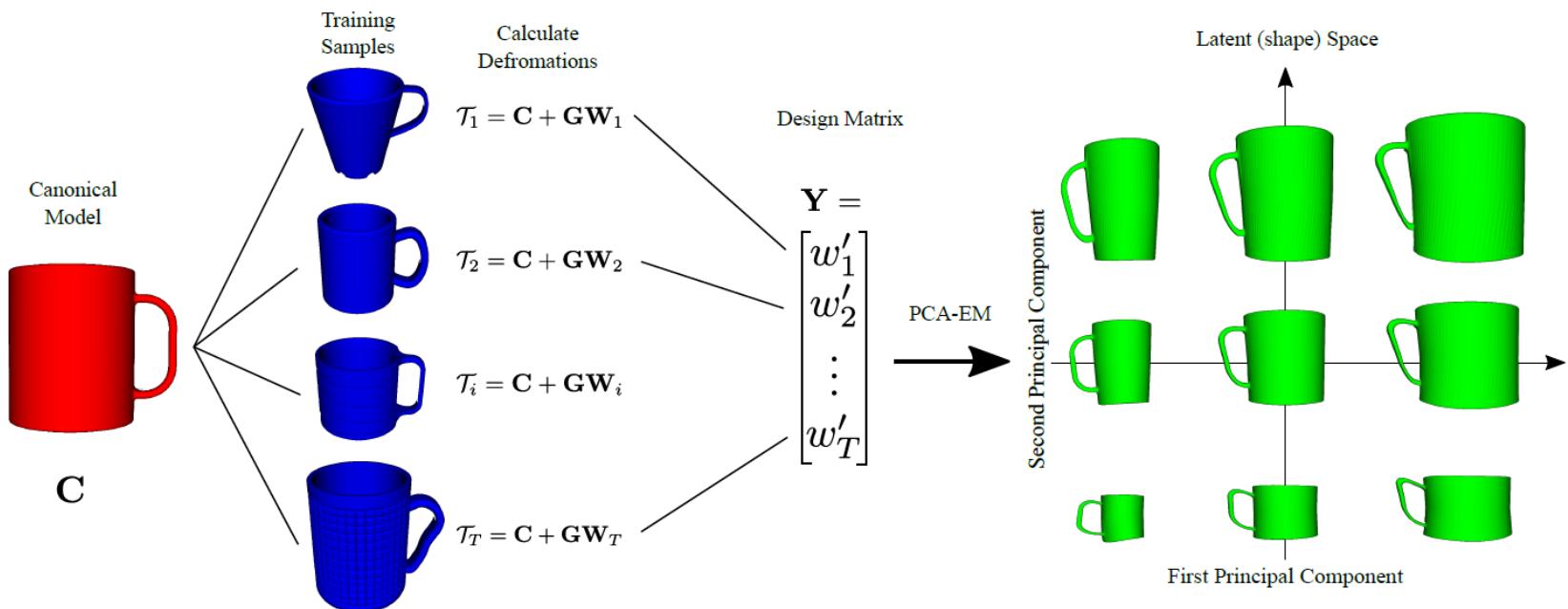
Wissens-transfer



[Rodriguez et al. ICRA 2018]

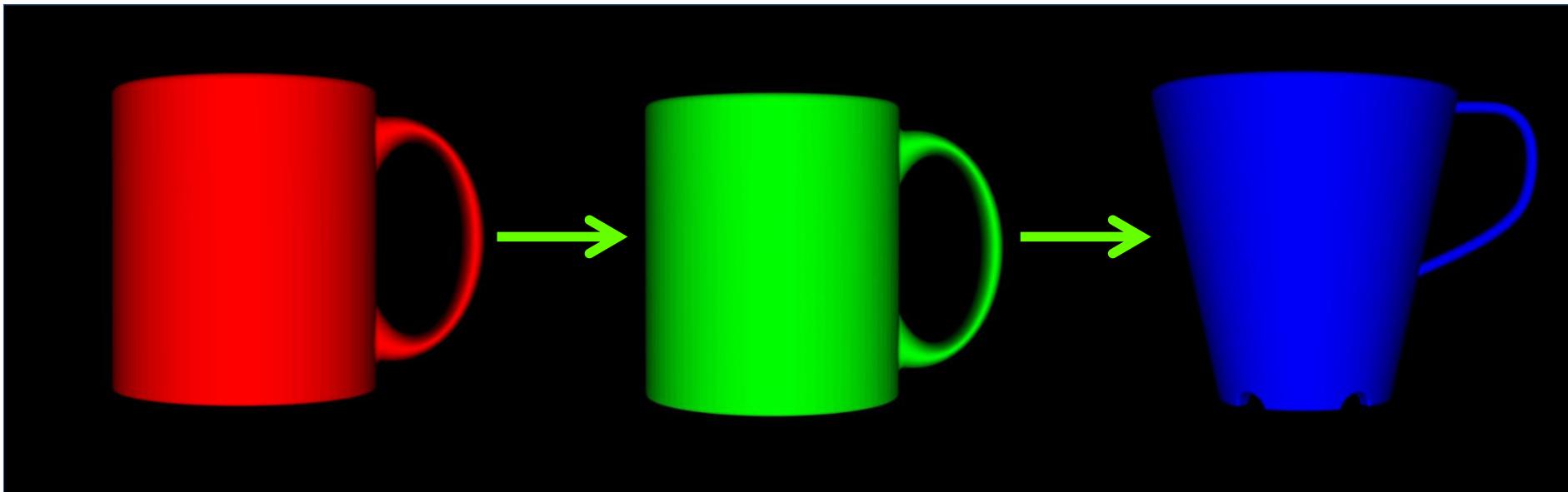
Lernen von eines Formraums

- Deformierbare Registrierung von Instanz und kanonischem Modell
- Hauptkomponentenanalyse der Verformungen



[Rodriguez et al. ICRA 2018]

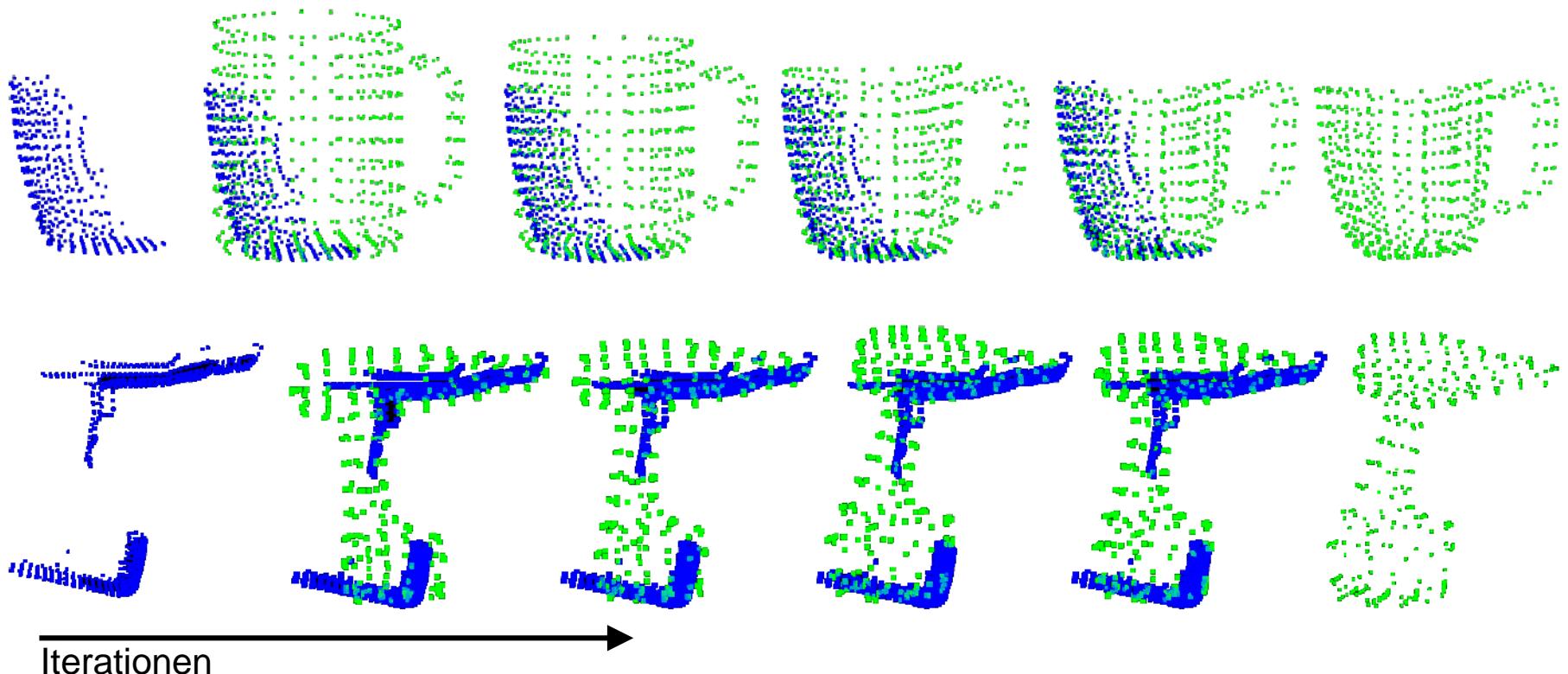
Interpolation in Formraum



[Rodriguez et al. ICRA 2018]

Deformierbare Registrierung der gelernten Form

- Teilansicht unbekannter Instanz
- Deformiertes kanonisches Modell



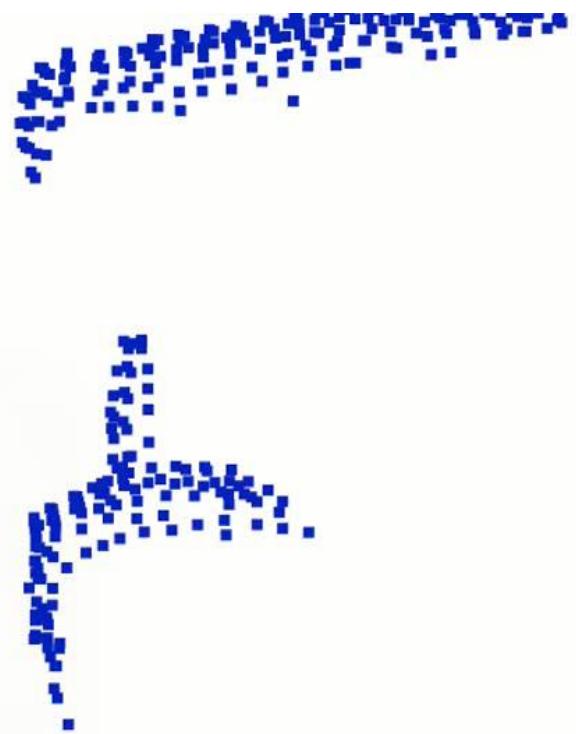
[Rodriguez et al. ICRA 2018]

Transfer von Handhabungswissen

■ Vollständige Punktwolke



■ Teilansicht

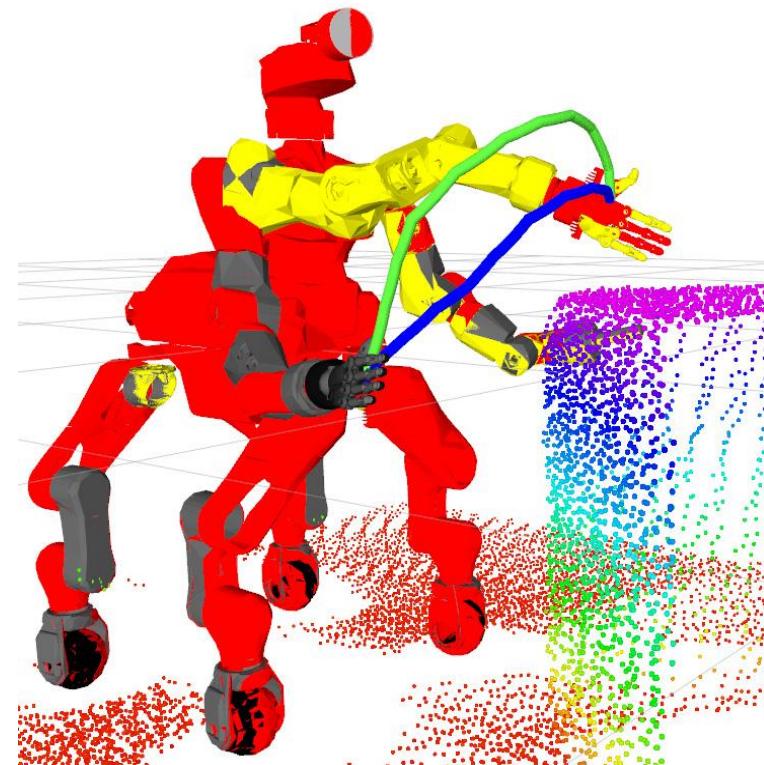


[Rodriguez et al. ICRA 2018]

Armbewegungsoptimierung

Trajektorienoptimierung
mit Nebenbedingungen:

- Hindernisvermeidung
- Gelenklimits
- Zeitminimierung
- Drehmoment-
Minimierung

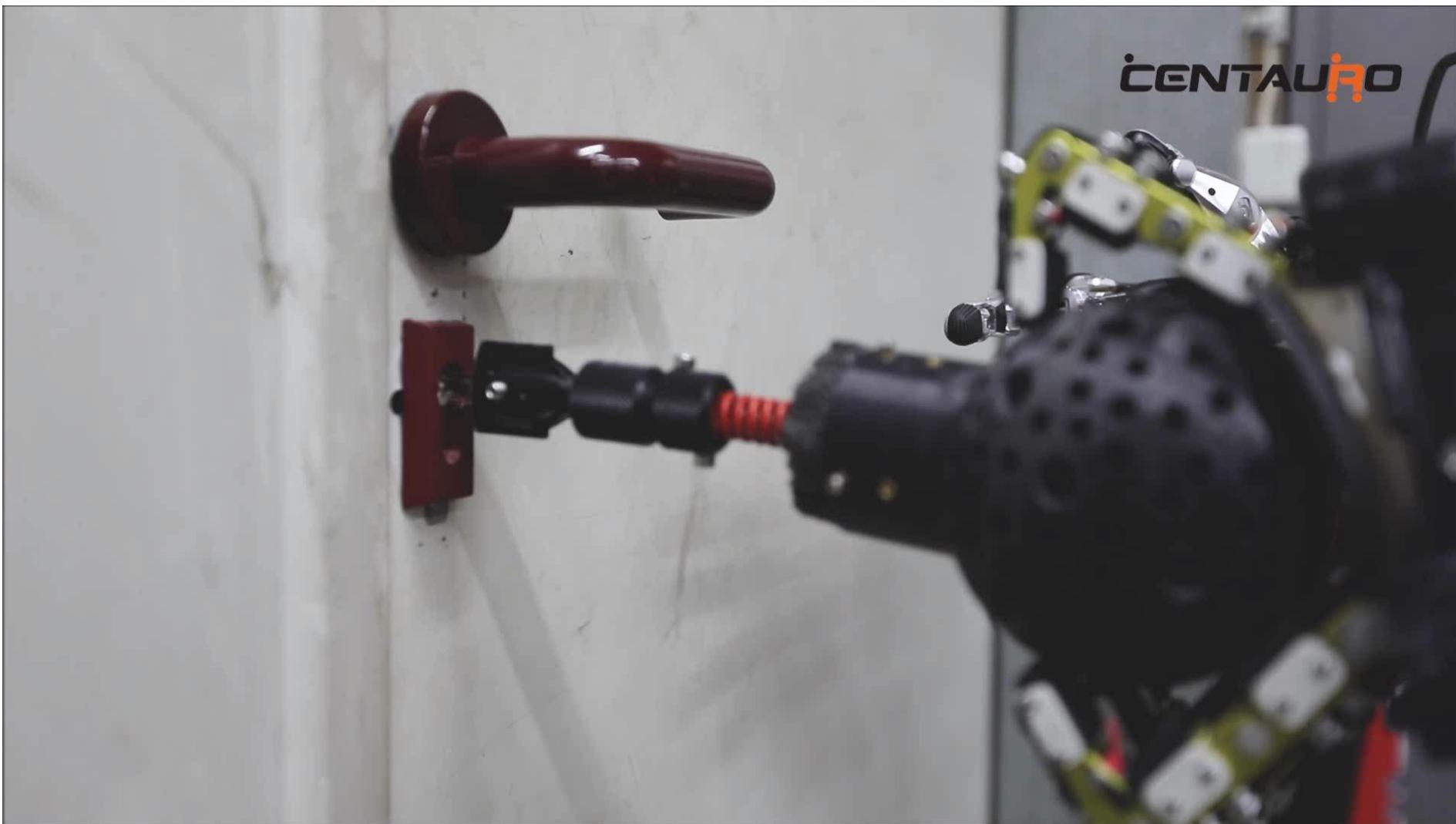


[Pavlichenko et al., IROS 2017]

CENTAURO Greifen & Benutzen

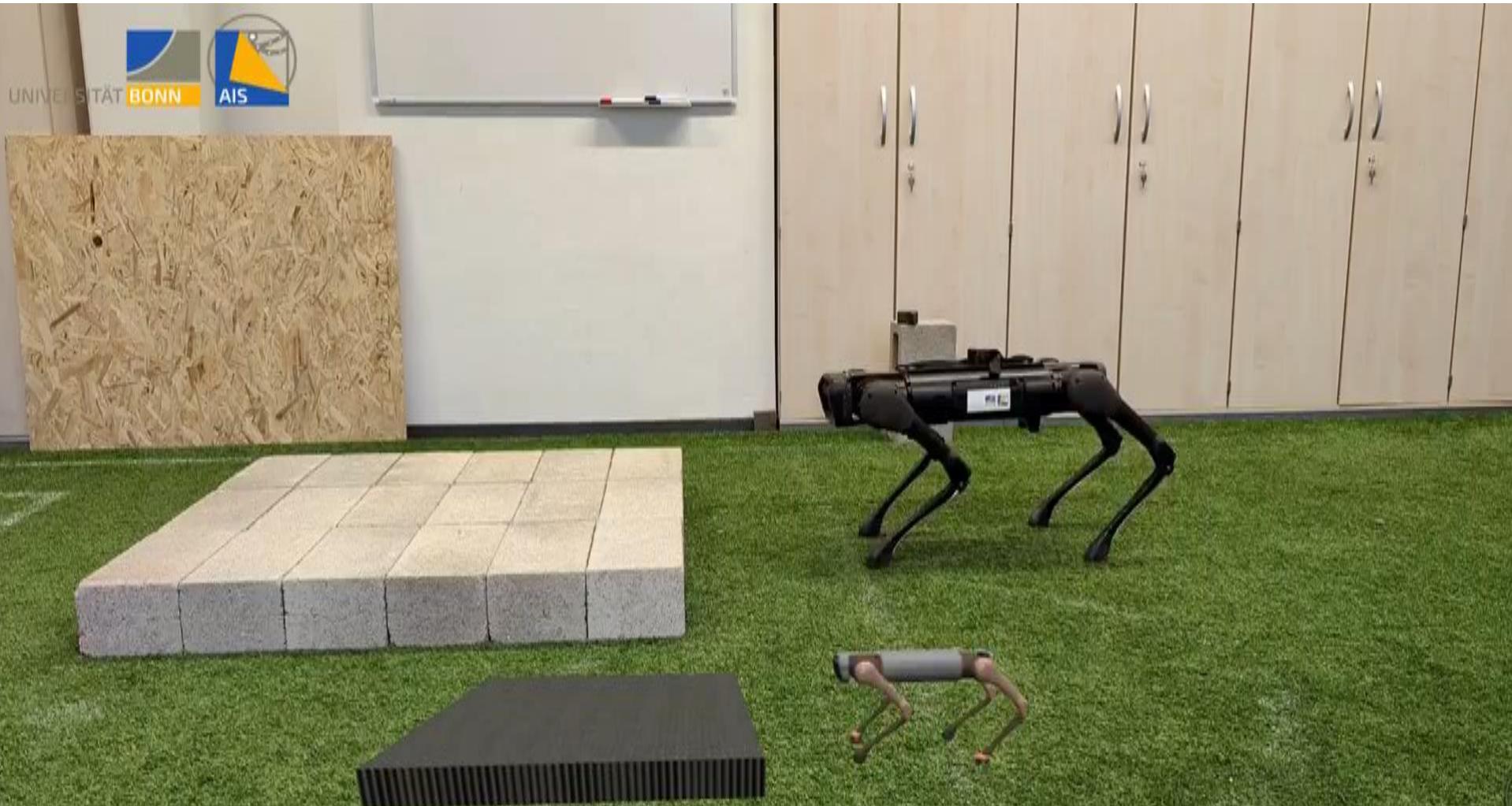


CENTAURO Handhabung



CENTAURO

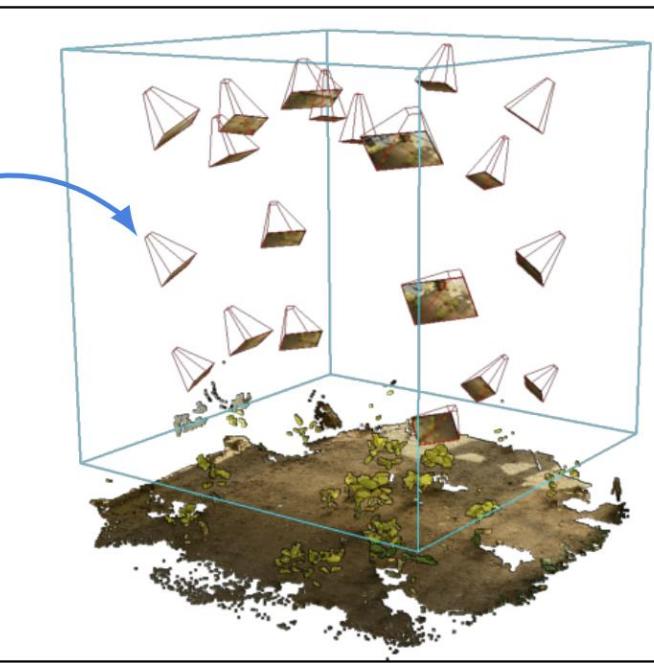
Dynamische Hybride Fortbewegung und Sprünge mit Vierbeinern



PhenoRob Core Project 1: 4D Phenotyping

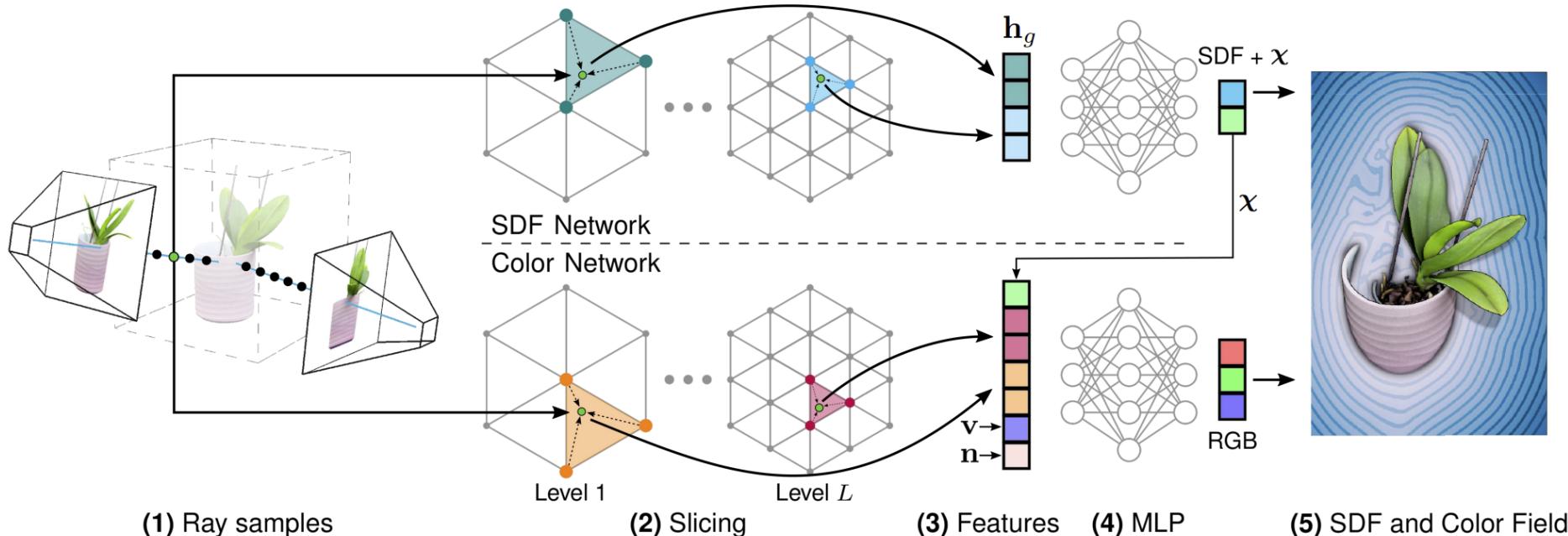


- Erfassung von Pflanzen auf dem Feld ($20 \times 45\text{MP}$ Kamera)
- Modellierung der Pflanzen (Struktur, Geometrie, Textur)
- Zeitliche Korrespondenz



3D-Rekonstruktion

- Geometrie repräsentiert als Signed Distance Field
- Farbe als blickrichtungsabhängiges Farbfeld
- Permutaeder-Gitter (Tetraeder, etc.)
- Lernen der Parameter aus gegebenen Ansichten



Pflanzenrekonstruktion

- Gerenderte neue Ansichten



Pflanzenrekonstruktion



Gerenderte neue
Ansichten

Pflanzenrekonstruktion

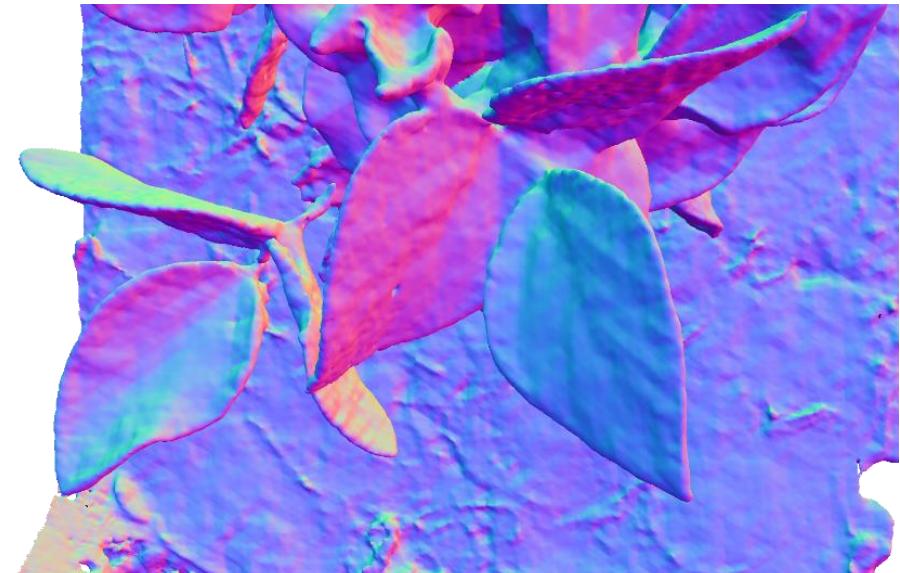


Hoher Detailgrad von Geometrie und Textur

- Extraktion von Oberflächen und Lernen der Textur



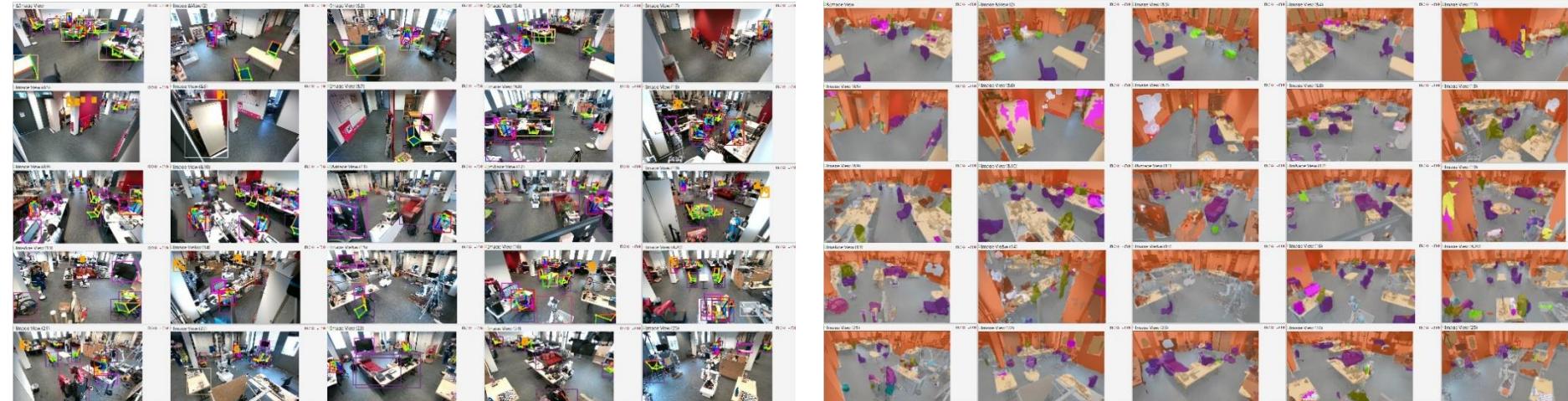
Texturiertes Gitternetz



Oberflächennormalen

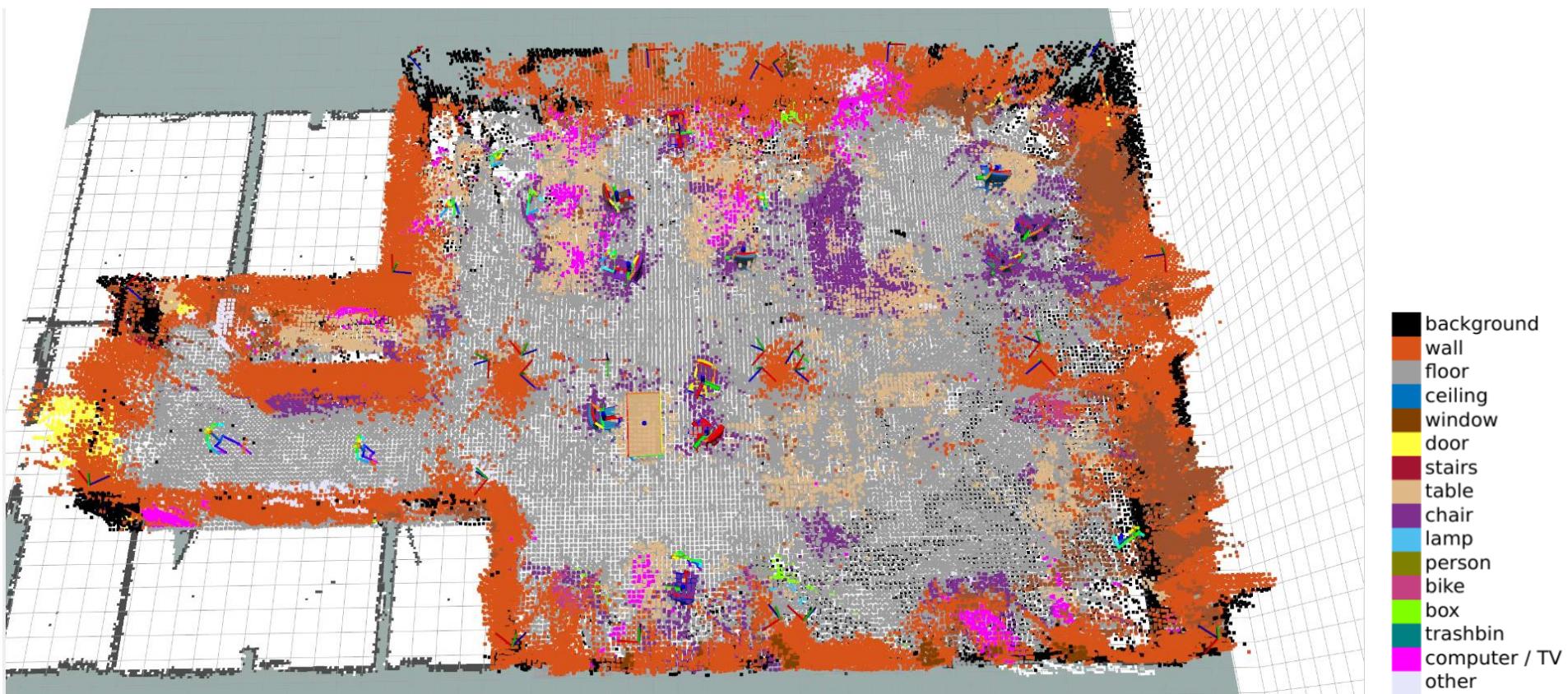
Kollaborative Wahrnehmung mit Smart Edge-Sensoren

- 25 Smart Edge-Sensoren(Nvida Jetson Nano + Intel RealSense RGB-D-Kamera)
- Objectdetektion, semantische Segmentatierung, 3D-Kartierung
- 3D-Pose von Personen, Roboter, Objecten

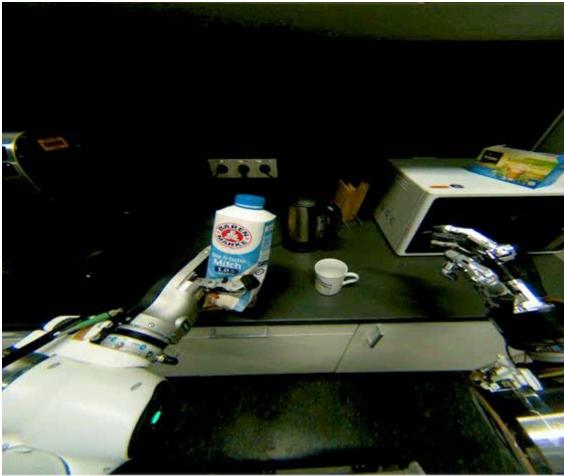


Kollaborative Wahrnehmung mit Smart Edge-Sensoren

- Vollständige Abdeckung der Robotik-Halle



NimbRo Avatar



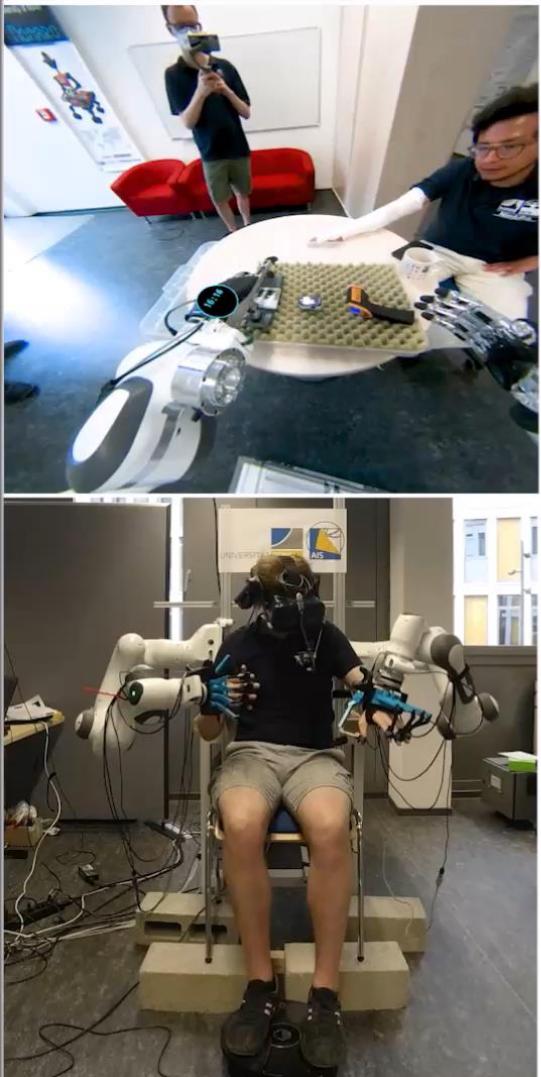
ANA
AVATAR XPRIZE®

Team NimbRo Semifinal Submission



Blutdruck messen

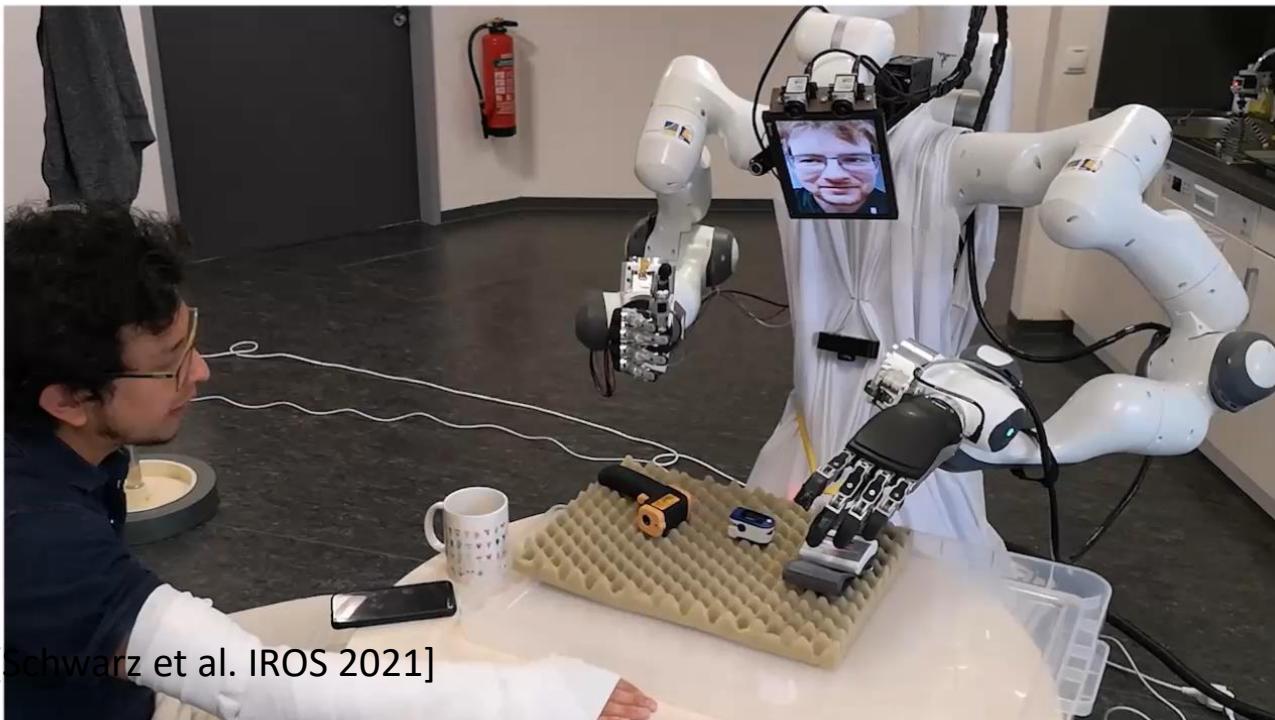
ANA AVATAR XPRIZE®



Team NimbRo Semifinal Team Video

Tasks

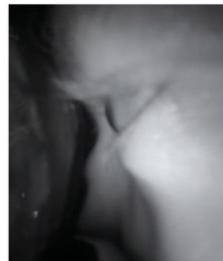
1. Make a coffee
2. Greet the recipient
3. Measure temperature
4. Measure blood pressure
5. Measure oxygen saturation
6. Help recipient with jacket



[Schwarz et al. IROS 2021]

NimbRo Avatar: Gesichtsanimation

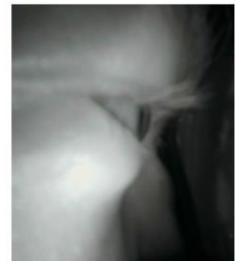
- Bilder des Bedieners ohne HMD
- Live-Bilder von Augen und Mundpartie
- Schätzung der Blickrichtung und Extraktion von Schlüsselpunkten
- Generierung des animierten Gesichts durch Deformierungs-Netzwerk



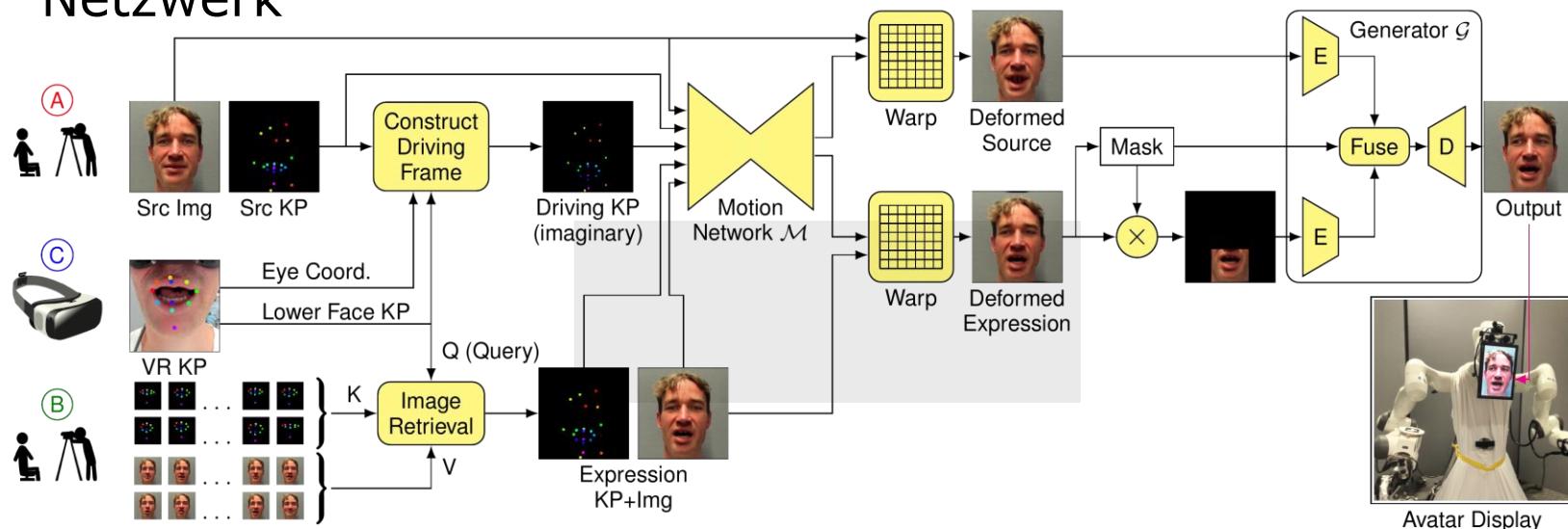
Left Eye



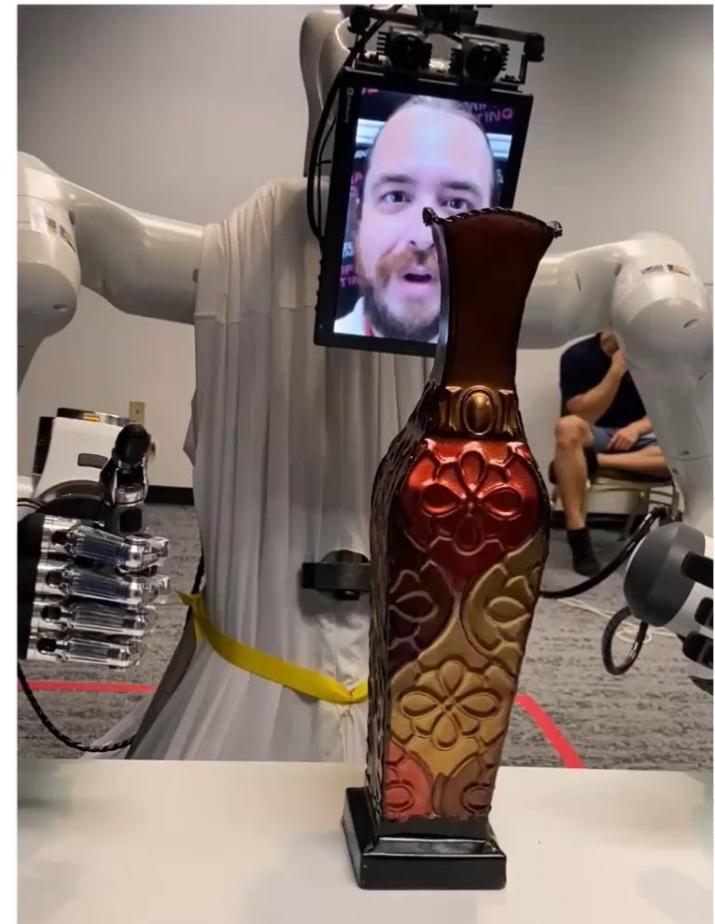
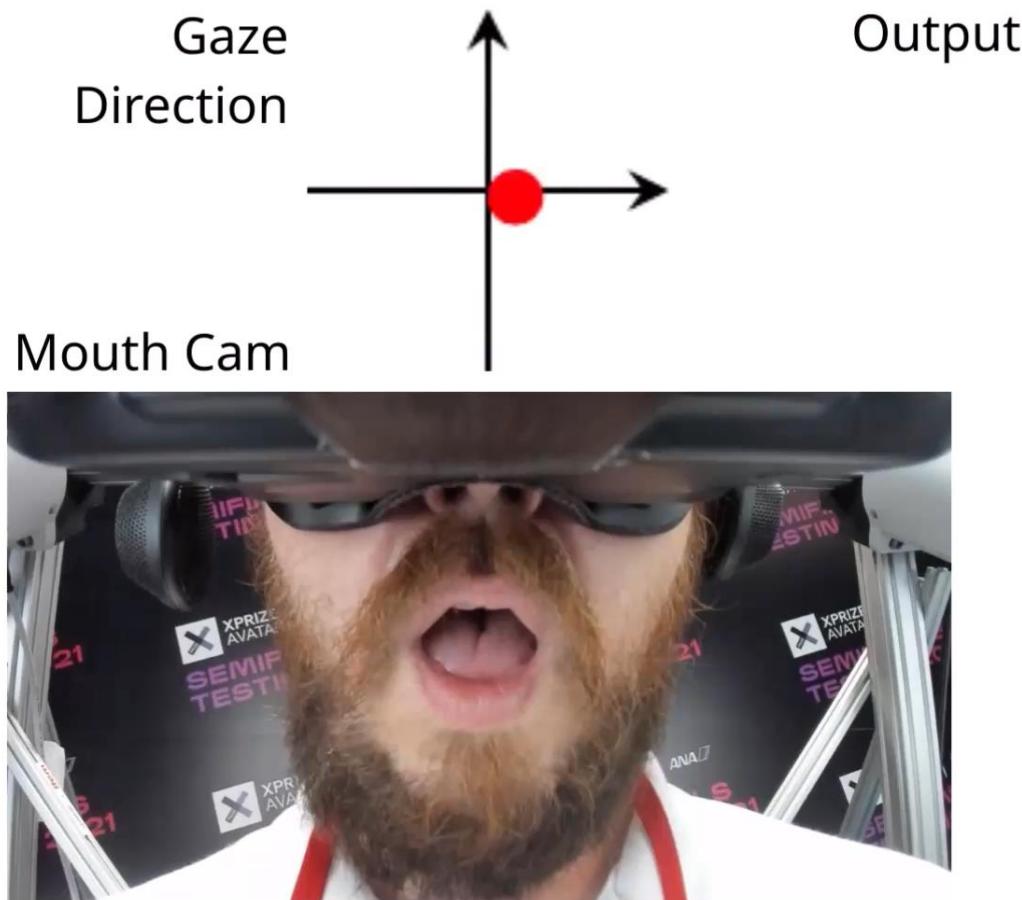
Mouth



Right Eye



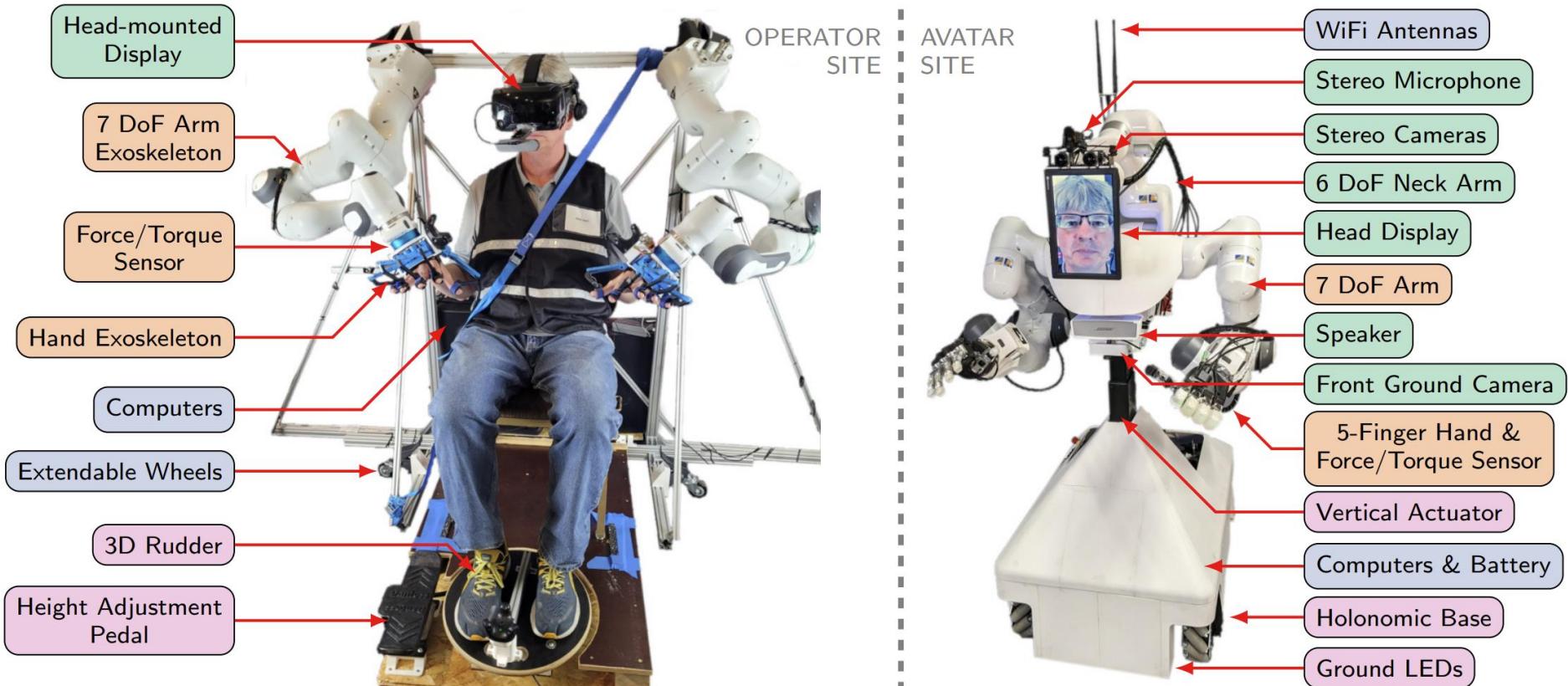
NimbRo Avatar: Gesichtsanimation



[Rochow et al. IROS 2022]

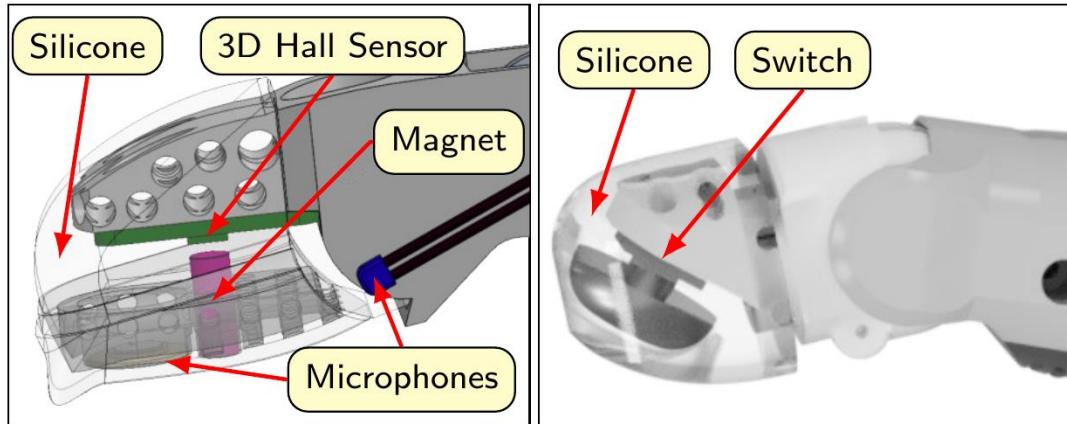
Finales NimbRo Avatar-System

■ Menschenähnlicher Roboter und Bedienstation

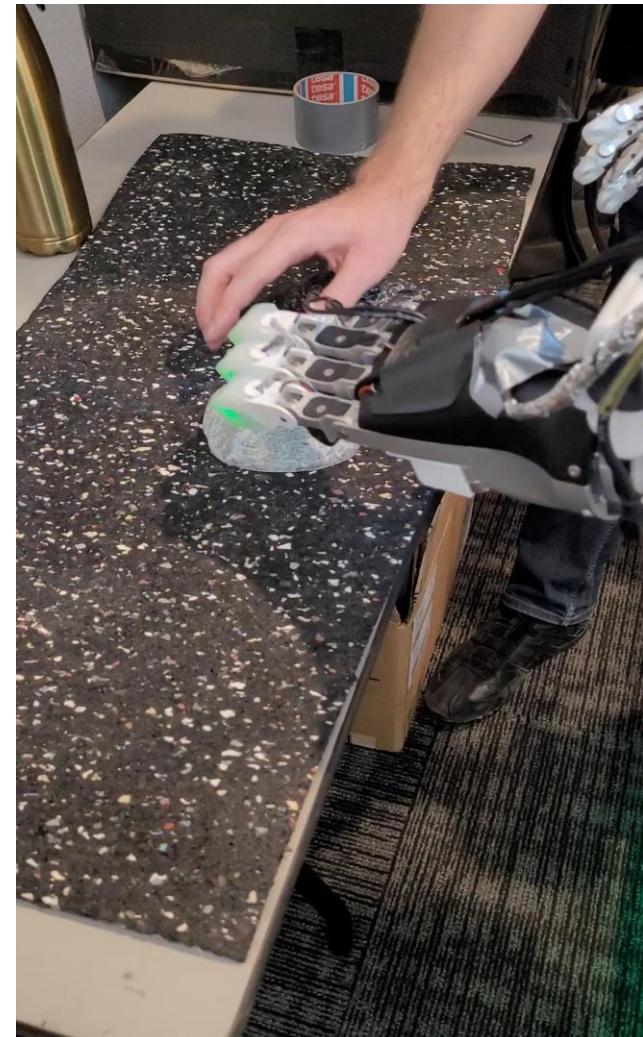


Haptische Wahrnehmung

■ Sensoren in Fingerspitzen

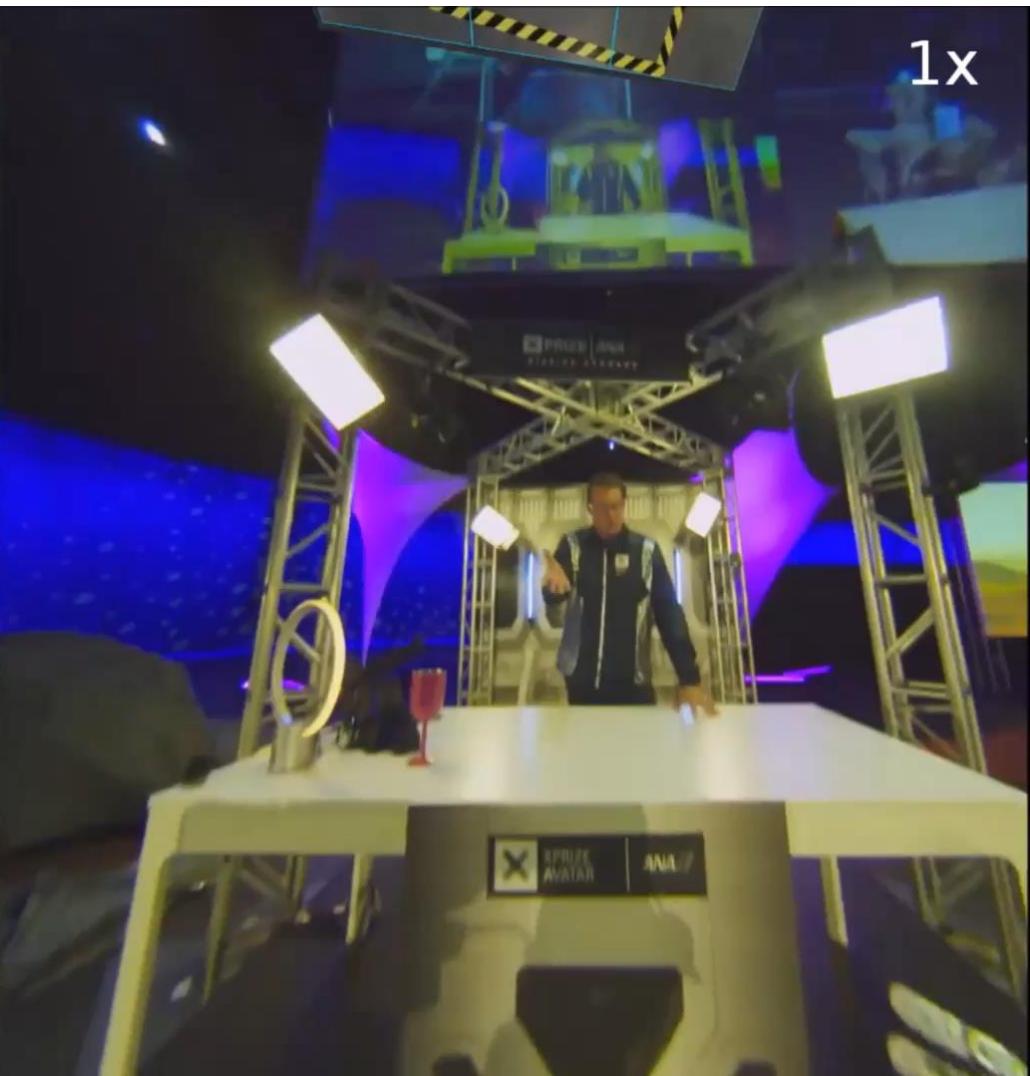


■ Aktuatoren im Hand-Exoskelett



Finals Day 2 Testing

ANA AVATAR XPRIZE®



Team NimbRo Avatar



Übungsgruppen

Tutoren: Johannes Napp-Zinn, Tim Sinen, Jan Stettner

	Mo	Di	Mi	Do	Fr
8 (c.t.) - 10		Übung Sinen			
10 (c.t) - 12		Übung Stettner			
12 (c.t.) - 14	Übung Napp-Zinn				
14 (c.t) - 16	Übung Napp-Zinn	Übung Stettner		Vorlesung	
16 (c.t.) - 18		Übung Sinen			

- Anmeldung via **TVS** bis zum 19. Oktober
<https://puma.cs.uni-bonn.de>
- Erste Übung am 23./24. Oktober
- Im Seminarraum IZ 0.011

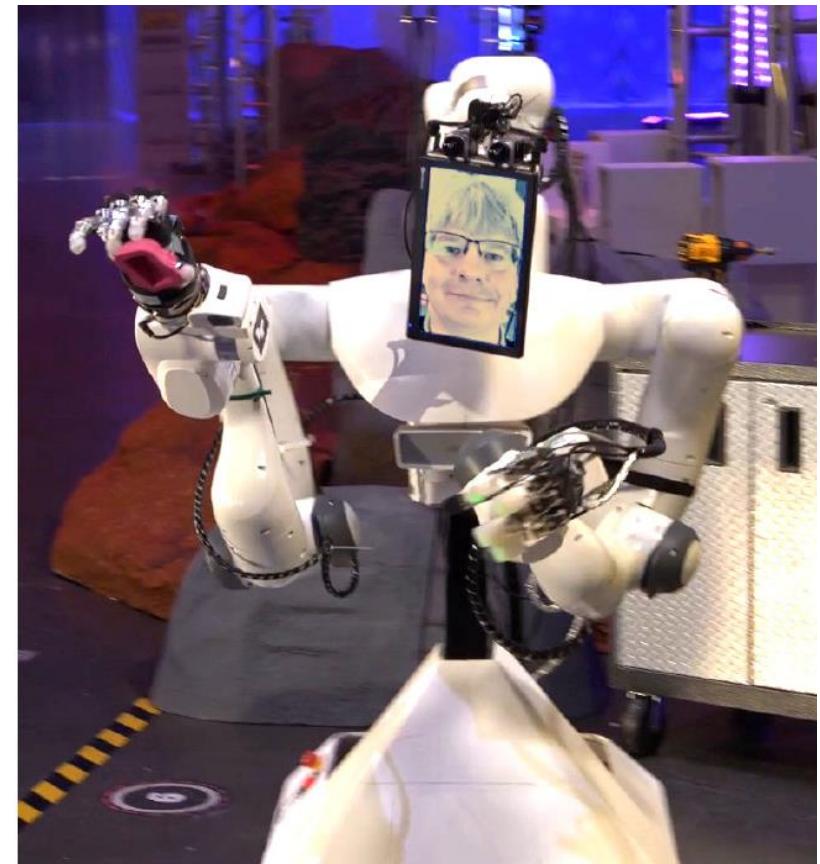
Folien und Übungsaufgaben

wwwais.uni-bonn.de

Teaching

User: AIS

Pwd: Avatar



Projektgruppe Kognitive Robotik

- In der Projektgruppe werden in Kleingruppen Softwaremodule für unsere kognitiven Roboter entwickelt.
- Teilprobleme für solche Roboter umfassen:
 - Lokalisierung und Navigation
 - Manipulation von Objekten
 - Intuitive multimodale Kommunikation mit dem Benutzer
- Gute Vorbereitung für Abschlussarbeit
- Im Block nach der Vorlesungszeit: 26.2.24 - 15.3.24, Präsentation: 22.3.24
- Vorbesprechung: Freitag 02.02.24 11:00 c.t. in Raum 0.016
- Updates auf Webseite:
https://wwwais.uni-bonn.de/WS2324/PG_Kognitive_Robotik.html
- Kontakt: Raphael Memmesheimer
memmesheimer@ais.uni-bonn.de>

