

Forscherguppe SONARO

Smarte Objektübernahme und –übergabe für die
nutzerzentrierte mobile Assistenzrobotik

3. Workshop / Beiratstreffen
am 26.5.2020

www.sonaro-projekt.de



Agenda

	13:00	Prof. Groß	Begrüßung der Teilnehmer und Einführung zu den Eckdaten des Projektes im 2. Halbjahr
	13:15	Dr. Müller	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-NIKR
	13:40	M.Sc. Zhang	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-QBV
	14:05	M.Sc. Schneider	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von HSM
	14:30	Dr. Garten	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von GFE
	14:55		Diskussion mit dem Beirat zur Schwerpunktsetzung und Vorgehensweise

Vorstellung - SONARO Forschergruppe

TU Ilmenau,
FG Neuroinformatik und
Kognitive Robotik
TUI-NIKR



Prof. Groß



Dr. Müller



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

TU Ilmenau,
FG Qualitätssicherung und
Industrielle Bildverarbeitung
TUI-QBV



Prof. Notni



M. Sc. Zhang



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU



Hochschule
Schmalkalden,
FG Eingebettete
Diagnosesysteme **HSM**



Prof. Wenzel



M. Sc. Schneider



Gesellschaft für
Fertigungstechnik und
Entwicklung Schmalkalden
e.V. **GFE**



Dr. Welzel



Dr. Garten

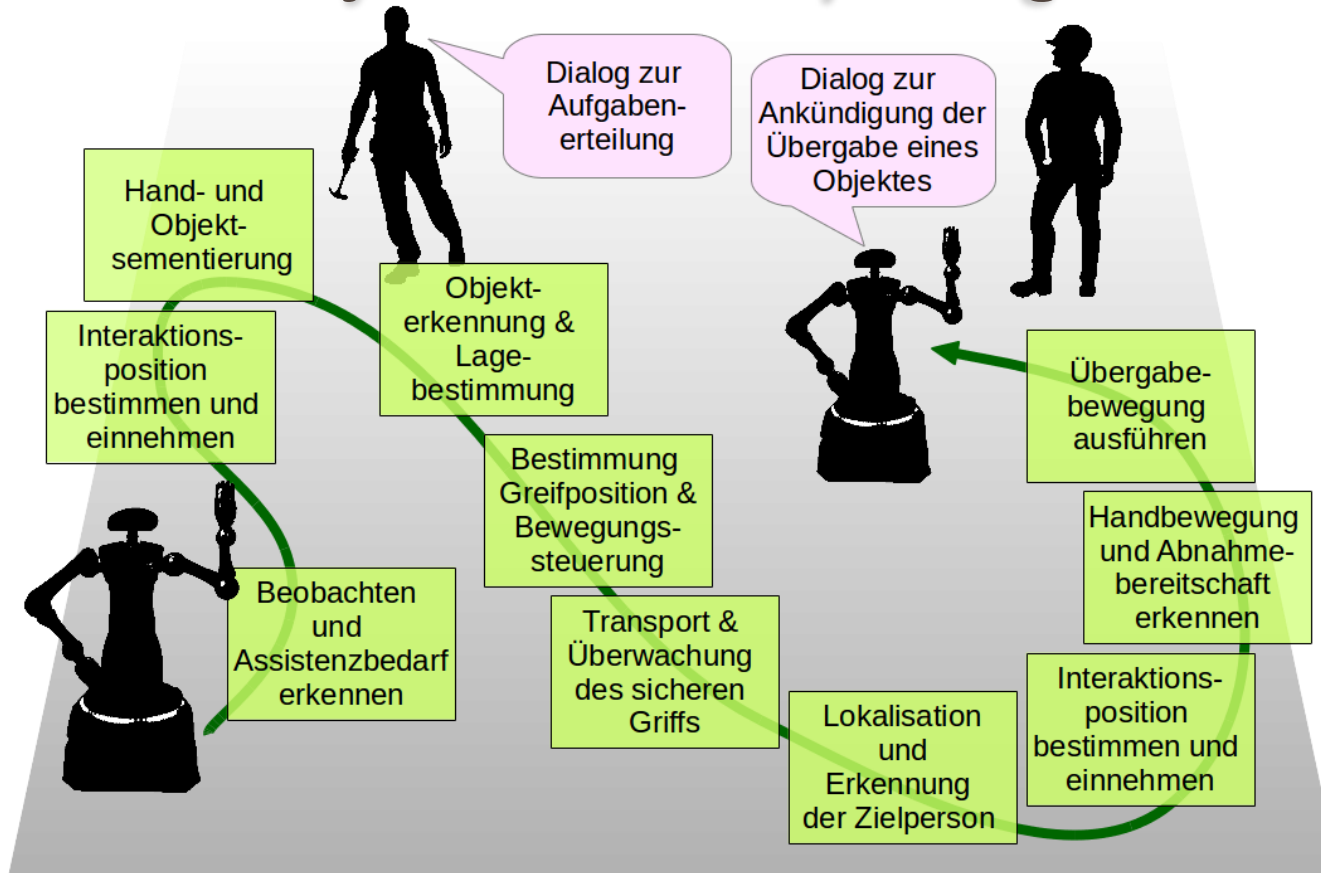
SONARO Unternehmensbeirats

- ✓ Herr Trabert, Metralabs GmbH, Ilmenau
- ✓ Herr Waldmann, Betriebsleiter HENKEL+ROTH GmbH, Ilmenau
- ✓ Herr Hofmann, Cluster für Fertigungstechnik & Metallbearbeitung
- ✓ Herr Behling, Götting KG, Lehrte
- ✓ Herr Richter, Präsident des Honda Research Institute Europe
 - Vision & Control GmbH, Suhl
 - Hörisch Präzision GmbH
 - SCS Robotik UG, Schmalkalden

Eckdaten der Forschergruppe

- ThZM als Antragsteller
- Koordinator: TU-Ilmenau FG NI&KR (Prof. Groß)
- Laufzeit 33 Monate seit 1.4.2019
- Fördersumme: 699.020 EUR
- 4 Mitarbeiter sind anteilig eingestellt
- ThZM stellt Mittel für Forschungstechnik (Roboter, Manipulatoren) zur Verfügung

Ablauf einer Objektübernahme/-übergabe



Projektorganisation

- Regelmäßige Statustreffen aller Partner zum kurzfristigen Austausch des Entwicklungsstandes und der Abstimmung
 - 8.11.2019 (bei TUI-NIKR)
 - 27.11.2019 (bei HSM)
 - 22.01.2020 (bei GFE)
 - 2.03.2020 (bei TUI-QBV)
 - 7.4.2020 (Skype)
 - 30.4.2020 (Skype)
- Bilaterale Zusammenarbeit zu Teilfragestellungen
 - Integrationstreffen (noch vor Coronaeinschränkungen)
 - TUI-NIKR bei GFE und HSM
 - HSM bei TUI-NIKR
 - GFE bei TUI-NIKR

Getätigte Investitionen über ThZM

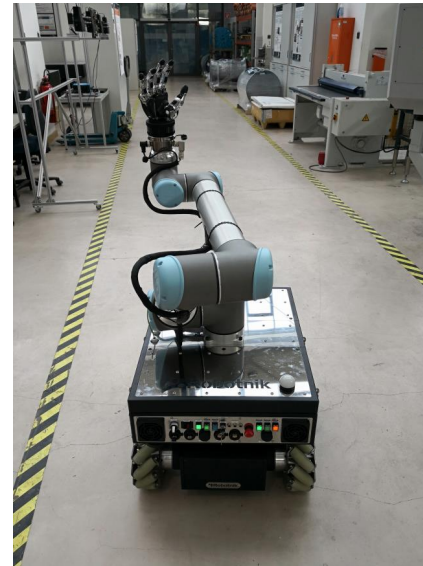
- Mobiler Assistenzroboter mit **zwei** Armen

- Finanzierung durch ThZM
- Scitos-X3
- 2x Kinova Arme mit 3 Finger Greifern
- Kosten: 131 T€
- Übergabe am 14.11.2019



- Mobiler mit **UR10 Roboterarm**

- Finanzierung durch ThZM
- RBKairos 10 (mobile Plattform)
- 5 Finger Hand (SCHUNK SVH)
- Kosten: 125 T€
- Übergabe am 03.03.2020



Studentische Arbeiten im Zeitraum 4-9/2019

- **TUI-NIKR:**

- ✓ **BA Julius Lerm:** *2D zu 3D Transformation für bildbasierte Skeletttracker.*
- ✓ **MA Tim-Justin Aldinger:** *Bewegungssteuerung für einen Roboter mit Greifer.*
- ✓ **BA Wei Dai:** *Approximation der Greifgütefunktion mit neuronalen Netzen.*
- ✓ **BA Hung Le Huy:** *Entwicklung eines Tools zur Kalibrierung der extrinsischen Kameraparameter auf mobilen Robotern.*

- **TUI-QBV:**

- ✓ **MA Yan Jinggang:** *Untersuchung zur Nutzbarkeit des Convolutional-Neural-Networks für die echtzeitfähige Objektdetektion auf Basis von Farb- und 3D-Bilddaten. TU-Ilmenau, 2019*
 - **Projektarbeit Yujian Yuan, Xiaojiang Han und Jinxin Zhu:** *Untersuchung zum Verfahren der Kalibrierung und der Registrierung von 3D-Kamera und Thermokamera*

- **HSM:**

- ✓ **Projektarbeit:** *Nicolas Schmitt, Tony Schneider: RTLS-Ortungssystem: Bestimmung von Messerfehlern durch unterschiedliche Materialien. Hochschule Schmalkalden, 2019*

Umgang mit Corona-bedingten Einschränkungen?

- **TU Ilmenau / HSM:**
 - angeordnetes Homeoffice seit 23.3.2020
 - kein Zugriff auf Robotertechnik und Labor
 - Rechentechnik für Machine-Learning Experimente kann remote genutzt werden
 - Betreuung studentischer Arbeiten auch nur über Videotelefonie
- **GFE:**
 - Mitarbeiter mit betreuungspflichtigen Kindern, welche unterstützende Tätigkeiten im Projekt leisten, derzeit im Homeoffice => angepasste Organisation der Arbeitsabläufe, Kommunikation via Skype
 - Versuche mit Robotertechnik an der TU Ilmenau waren nicht möglich aufgrund von Dienstreisebeschränkungen => Arbeit mit aufgezeichneten Bild- und Videomaterial
 - keine Bewerber auf ausgeschriebene studentische Arbeiten
=> Änderung der Situation abhängig von bildungs- und hochschulpolitischen Entscheidungen
- Statustreffen in der Forschergruppe nur via Skype möglich

Agenda

	13:00 Prof. Groß	Begrüßung der Teilnehmer und Einführung zu den Eckdaten des Projektes im 2. Halbjahr
	13:15 Dr. Müller	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-NIKR
	13:40 M.Sc. Zhang	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-QBV
	14:05 M.Sc. Schneider	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von HSM
	14:30 Dr. Garten	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von GFE
	14:55	Diskussion mit dem Beirat zur Schwerpunktsetzung und Vorgehensweise

Forscherguppe SONARO

Smarte Objektübernahme und –übergabe für die nutzerzentrierte mobile Assistenzrobotik

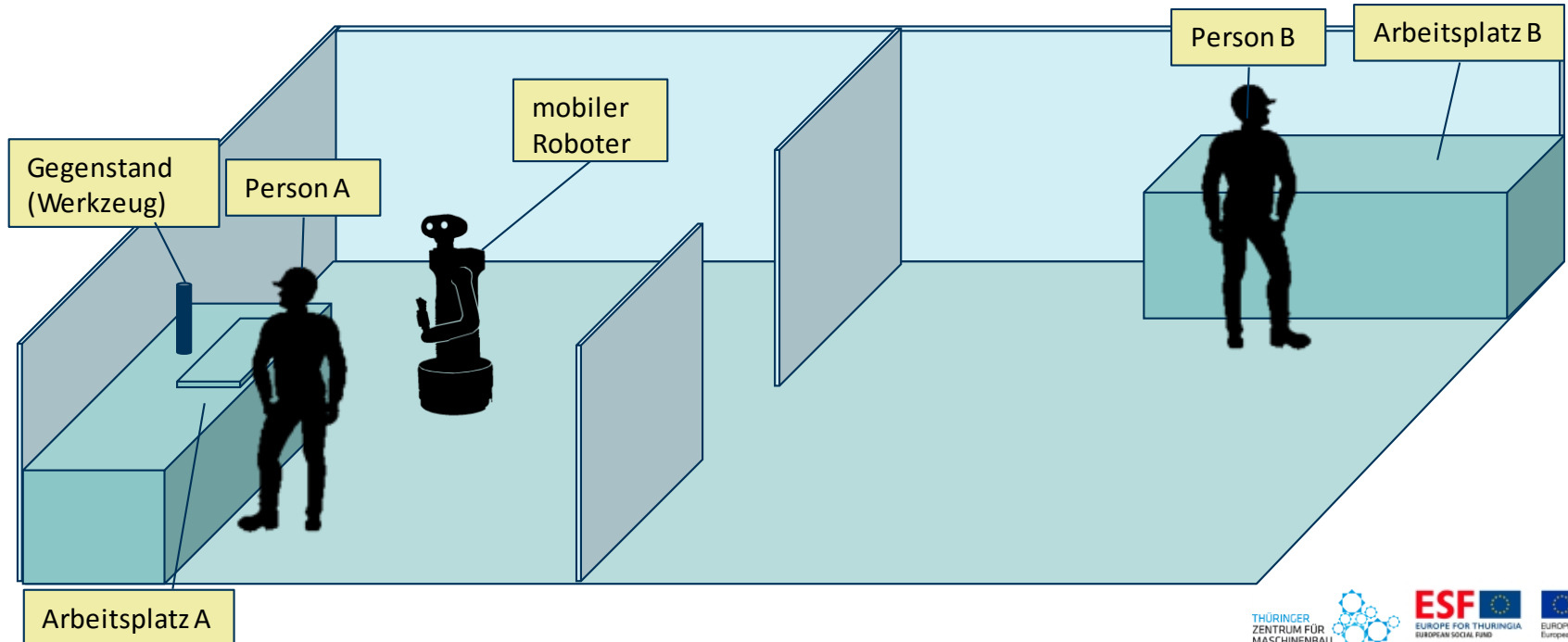
Beiratstreffen am 26.5.2020
Vorstellung der Arbeiten von TU-Ilmenau NI&KR
Dr. Steffen Müller

www.sonaro-projekt.de



Demonstrationsszenario: Einsatz in der Produktion

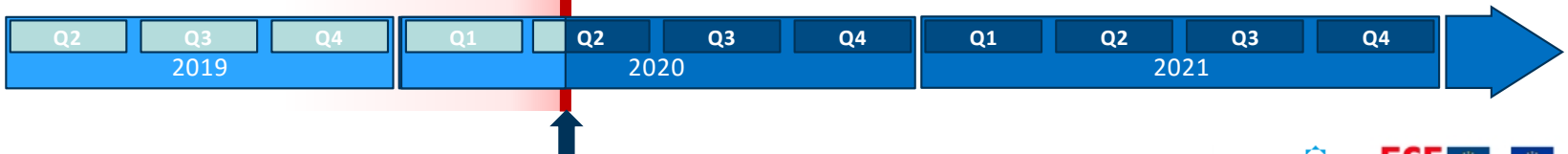
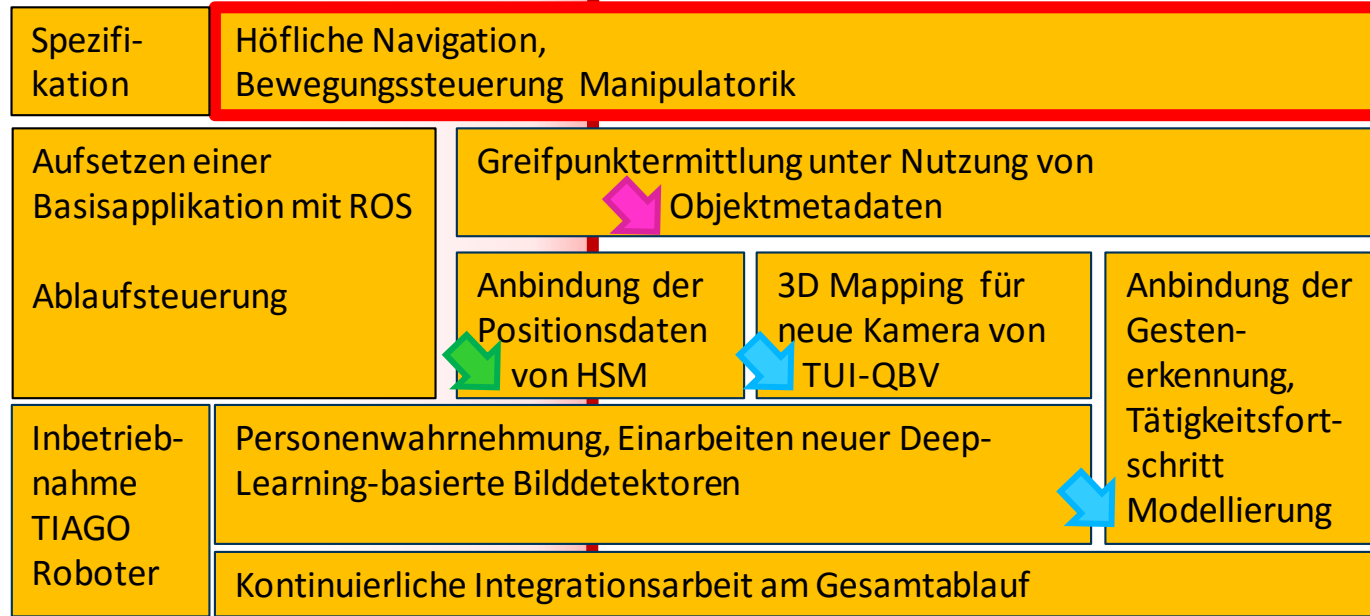
- Zwei oder mehr Montageplätze an denen Werker Montagearbeiten ausführen
- **Bedarf:** Werkzeug/Werkstück wird durch den Roboter von Person A übernommen und zu Person B gebracht und übergeben



Arbeitsplan für TUI-NIKR über die Projektlaufzeit

Zuarbeiten von:

- HSM
- TUI-QBV
- GFE



Arbeitspaket Navigation & Bewegungssteuerung

- **Milestone 1: Roboter betriebsbereit, kann Personen wahrnehmen und autonom navigieren** ✓
- **Ausgangspunkt:**
 - Tiago Roboter ist an MIRA angebunden, Navigation mit 2d Hindernisvermeidung über Laserscanner
 - Steuerung des Greifarms mit ROS MoveIt (nicht reaktiv für dynamische Umgebung)
- **Erreichter Stand:**
 - Abgeschlossene Masterarbeit zur Untersuchung eines alternativen Ansatzes: **Evolutionäre Bewegungsplanung**

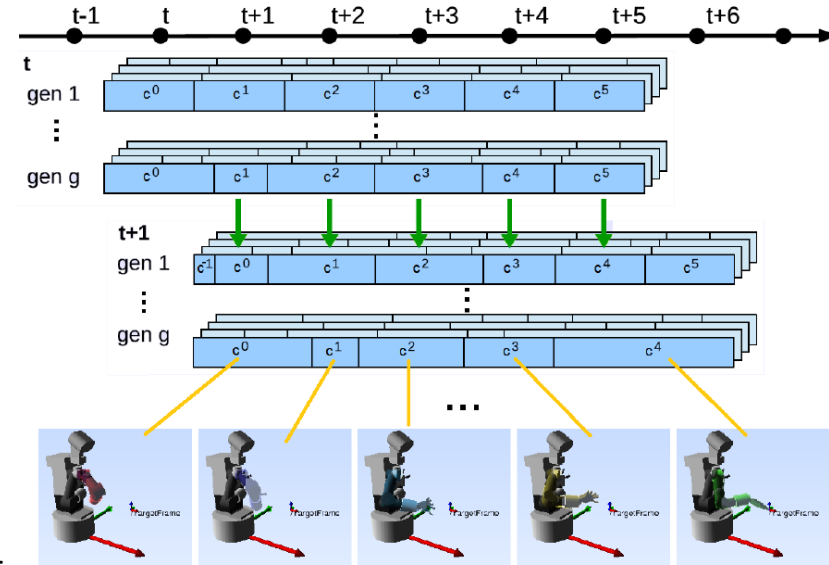
MA Tim-Justin Aldinger 2020: Bewegungssteuerung für einen Roboter mit Greifer.



Evolutionäre Bewegungssteuerung

• Ergebnisse der MA:

- **Idee:** Population von Bewegungstrajektorien im hoch-dimensionalen Konfigurationsraum des Roboterarmes wird durch lokale Mutationen und Selektion schritt-weise optimiert bzgl. verschiedener Zielfunktionen
- Auswertung auf Simulation
- **Fazit:** Lokale Optimierung der Bewegungstrajektorien in Echtzeit funktioniert prinzipiell, ist aber praktisch nicht nutzbar (resultierende Bewegungen sind zu unruhig, Suchraum (7^t Dimensionen) zu komplex)
- **Problem:** kein globaler Planer, welcher lokale Optima überwinden könnte
→ Arm bleibt vor Hindernissen hängen, wenn das Ziel dahinter liegt

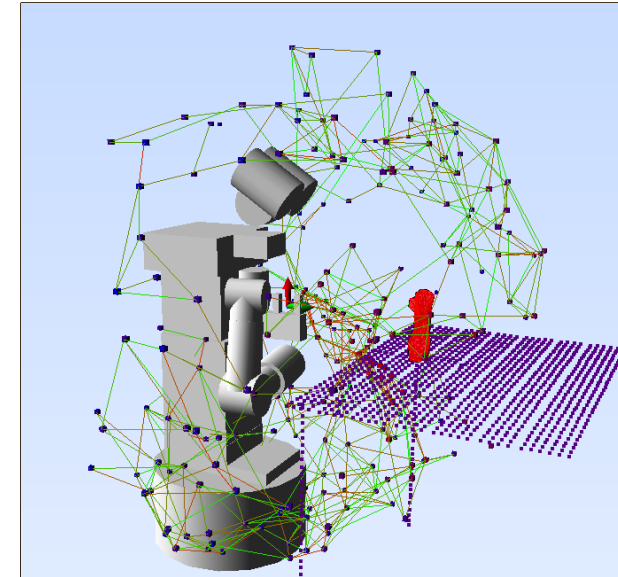


Bewegungssteuerung Weiterentwicklung

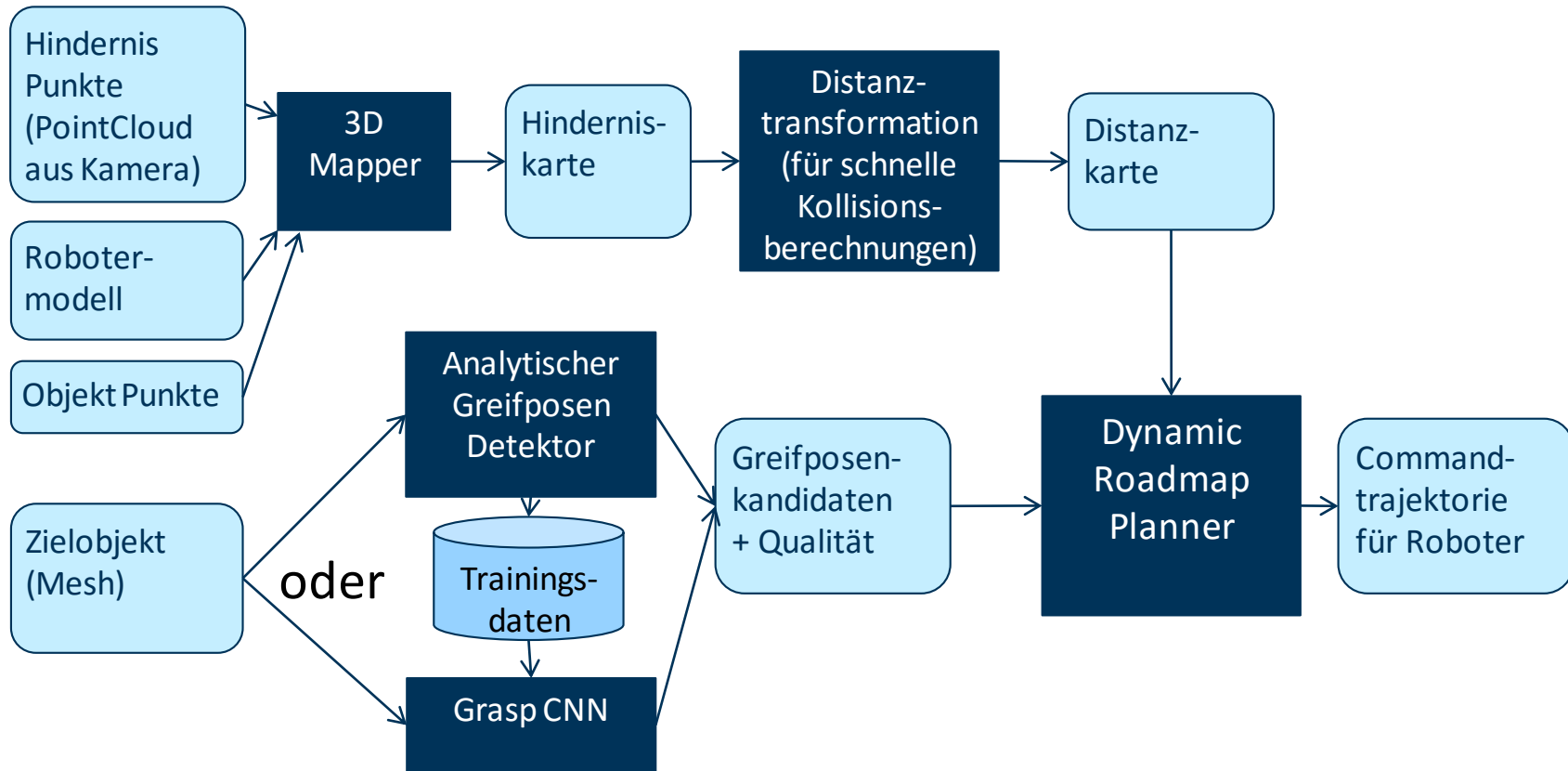
- Durchgeführte weiterführende Untersuchungen:
 - **Pareto-Optimierung** zur Verbesserung der Diversität in der Population → mehrere Zielfunktionen werden unabhängig voneinander optimiert
 - Leider keine signifikante Verbesserung der globalen Zielführung
 - Nutzung eines globalen Planers (**Rapidly-exploring random tree RRT**) → nur geringe Verbesserung, zu langsam um im Echtzeitbetrieb regelmäßig einen globalen Pfad zu liefern

Weitere Arbeiten zur Bewegungssteuerung

- **Neues Konzept:**
 - Roadmap Planer + Evolutionäre Optimierung für dynamische Umgebung
 - Persistenter Roadmap Graph wird kontinuierlich erweitert durch zufälliges Sampling (wie bei RRT)
 - Berücksichtigung der kollisionsfreien Erreichbarkeit
 - Schnelle Planung auf dem Graph in Echtzeit
 - Z.B. Dijkstra Algorithmus
 - Lokale Optimierung des Graphen entlang geplanter Trajektorie
 - Implementierung einer GraspObjective (Zielfunktion)
 - Nutzt Menge von möglichen Greifposen und wählt automatisch die am besten erreichbare als Ziel aus



Systemarchitektur Bewegungssteuerung

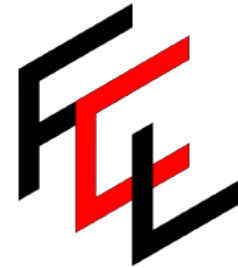


Arbeitspaket Bewegungssteuerung

- **Weiteres Vorgehen:**

- Optimierung des Bewegungsplaners auf realer Hardware (Tiago)
- Übertragung auf zweiarmigen Roboter
- Erprobung alternativer Bibliotheken zur Kollisionsberechnung (Flexible-Collision-Library)

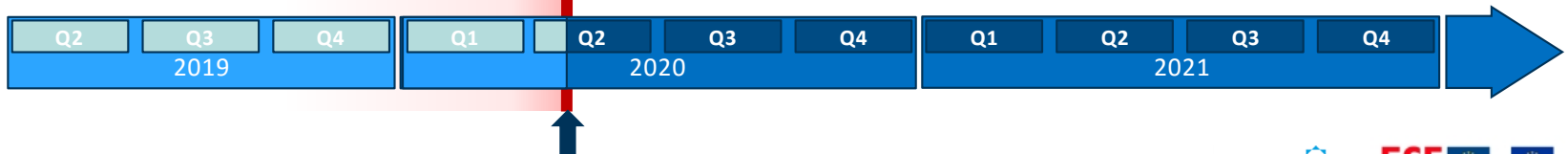
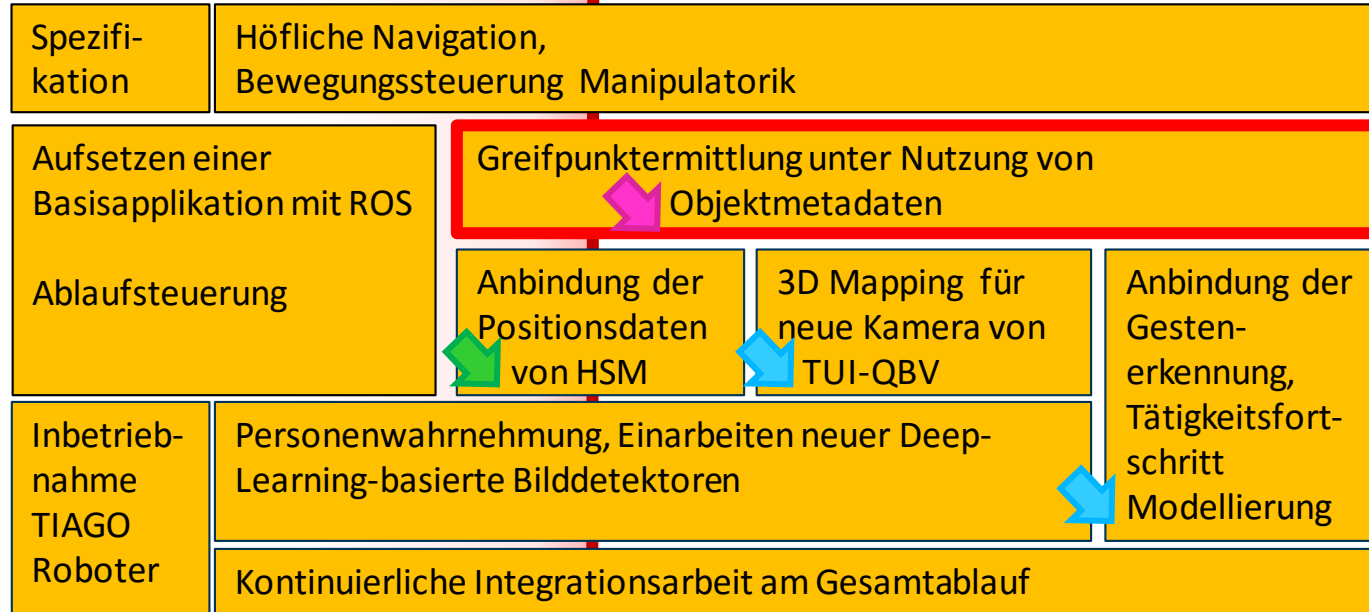
- Implementierung der Behaviors für den Greifablauf (Zusammenspiel von Personenerkennung, Objektdetektion und Greifsteuerung)



Arbeitsplan für TUI-NIKR über die Projektlaufzeit

Zuarbeiten von:

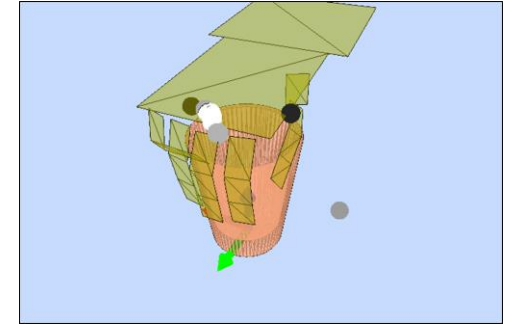
- HSM
- TUI-QBV
- GFE



Arbeitspaket Greifpunktbestimmung

- **Ausgangspunkt:**

- Erster Versuch über Tiefenbild GGCNN (ging eher schlecht als recht)
- Analytischer Greifposenoptimierer für Mesh Objektmodelle (MA Daniel Rink, TU Ilmenau, 2019)



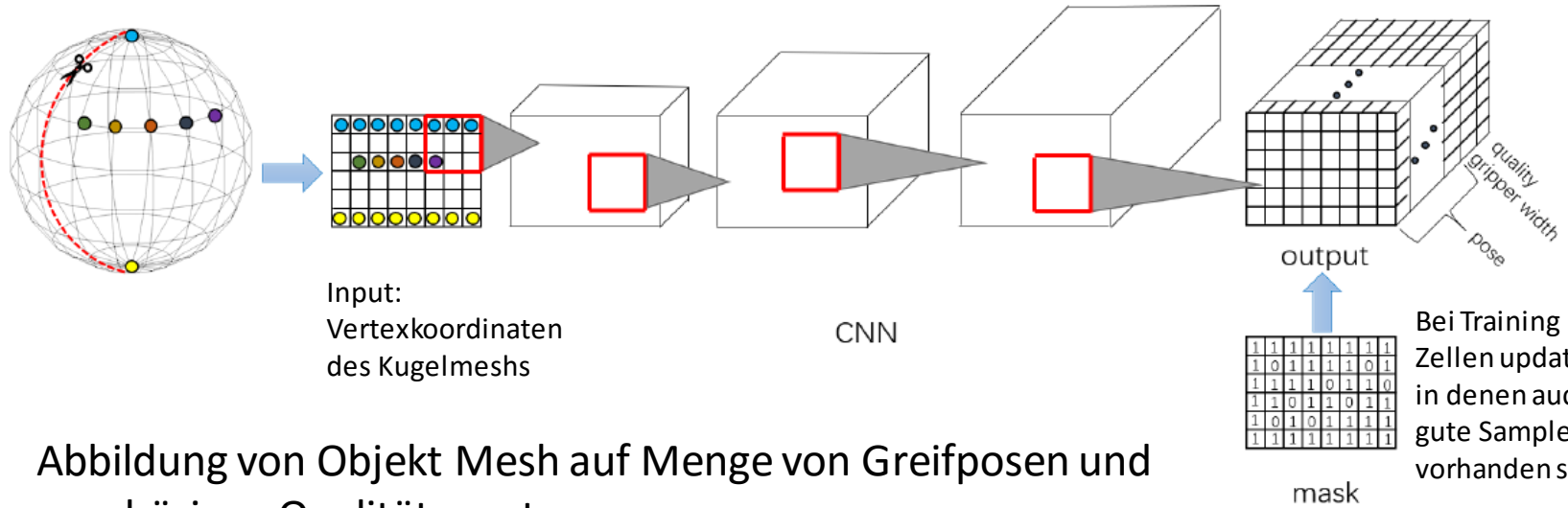
- **Erreichter Stand:**

- Abgeschlossene Bachelorarbeit

BA Wei Dai, TU Ilmenau, 2020: Approximation der Greifgütefunktion mit neuronalen Netzen.

- **Verkürzung der Berechnungszeit** gegenüber analytischem Modell
- Dichte Greifposenkandidaten gegenüber Samples beim anal. Modell
- Entwicklung einer neuen Lossfunktion für das Training mit suboptimalen Datensätzen

Greifpunktbestimmung mit Convolutional Network



- Abbildung von Objekt Mesh auf Menge von Greifposen und zugehörigen Qualitätswerten
- Feste Inputgröße erforderlich → normierte Objekte mit Kugeltopologie (Polarkoordinaten)
- Für jede Längen-/Breitenkoordinate kann das Netz eine lokale Greifpose vorhersagen
- Nutzung von Invarianzen bei Rotation des Objektes durch Convolutional Architektur

Greifpunktbestimmung mit Convolutional Netzen

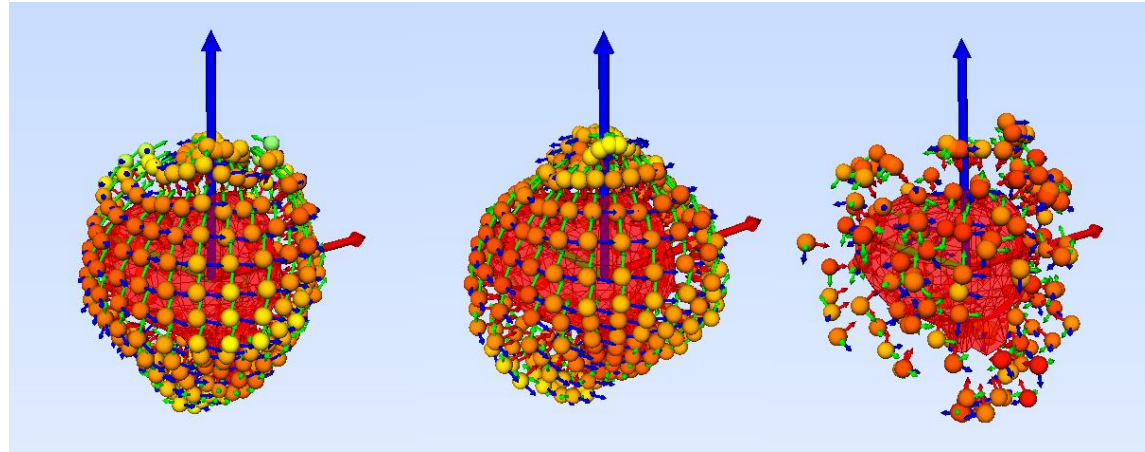
Max Loss Function

Problem:

Durch schlechtes Sampling im Trainingsdatensatz kommt es zu widersprüchlichen Labels im Trainingsdatensatz.

Ziel: beim Training sollen dominierte Datenpunkte unterdrückt werden.

Iterativer Prozess nutzt Datenunsicherheit, um bei widersprüchlichen Daten die schlechteren abzuwichten



CNN Output mse

CNN Output max
loss

analytisch bestimmte
Trainingsdaten

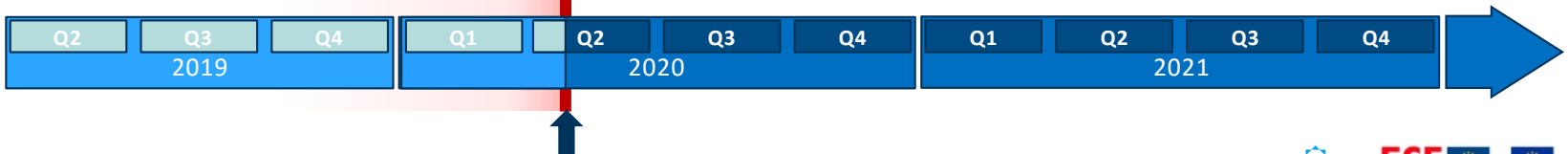
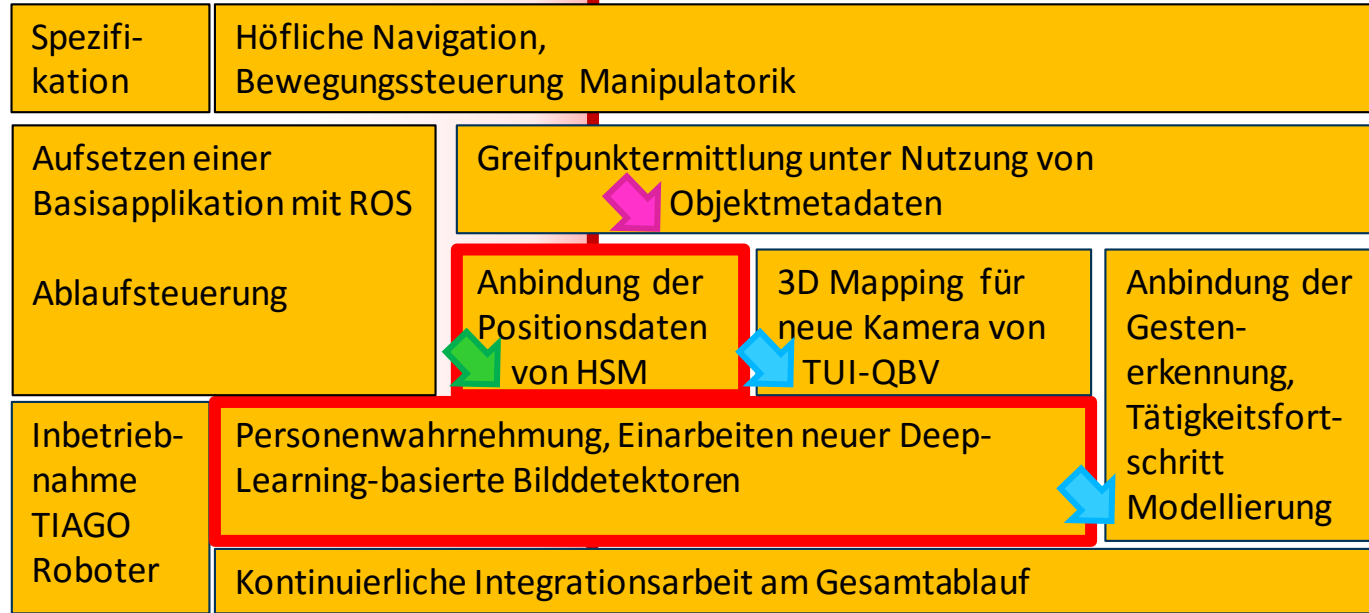
Arbeitspaket Greifpunktbestimmung

- **Erreichter Stand:**
 - Integration der Greifposesbestimmung in Bewegungsplanungspipeline
- **Weiteres Vorgehen:**
 - Integration von Affordanzen in die GraspCNNs
 - Woher kommt das Objekt Mesh Modell?
 - Verfahren zur Schätzung des Meshs aus Tiefen- bzw. Farbbildern
 - Praktische Evaluation der Greifposes mit dem Roboter
 - Teststand für wiederholtes automatisches Greifen
 - Einschätzung welche Greifqualitätswerte welcher Erfolgsquote im realen System entsprechen

Arbeitsplan für TUI-NIKR über die Projektlaufzeit

Zuarbeiten von:

- HSM
- TUI-QBV
- GFE



Arbeitspaket Personenwahrnehmung

- **Ausgangspunkt:**
 - Roboter wurde mit 2 Weitwinkelkameras und Nvidia Jetson Xavier GPU aufgerüstet.
 - Modularer Personentracker aus Vorgängerprojekt
- **Erreichter Stand:**
 - Integration des YOLOv2 Detektors auf GPU
 - Anbindung der Detektionsergebnisse an den Personentracker
 - Umrechnung der Bildkoordinaten in 3D Weltkoordinaten über Fusspunktdetektion und Schnitt der Sichtstrahlen mit der Bodenebene
 - Kalibrierung der extrinsischen Parameter der Kameras
 - Publikation:
 - **Müller, St., Wengefeld, T., Trinh, T. Q., Aganian, D., Eisenbach, M. Gross, H.-M.**
A Multi-Modal Person Perception Framework for Socially Interactive Mobile Service Robots. Sensors, vol. 20 (2020) 3, 722, 18 pages

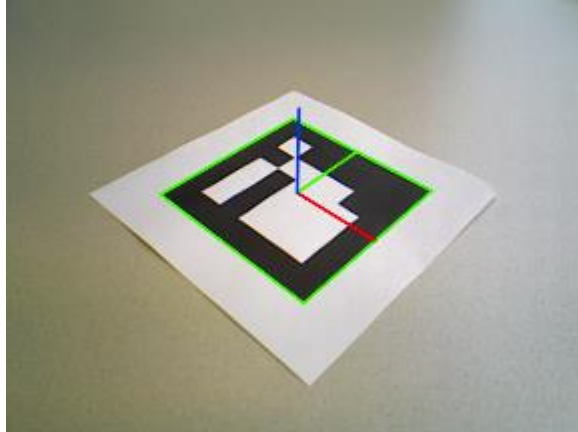
Arbeitspaket Kalibrierung der Kameras

- **Erreichter Stand:**

- Abgeschlossene Bachelorarbeit:

- Idee: **Marker-basierte Lokalisierung der Kameras** während einer Kalibrierfahrt, anschließend Optimierung der Kameraparameter durch Fehlerminimierung

BA Hung Le Huy, TU Ilmenau, 2020: Entwicklung eines Tools zur Kalibrierung der extrinsischen Kameraparameter auf mobilen Robotern.



Arbeitspaket Personenwahrnehmung

- **Ausblick:**
 - Persistente Personenwiedererkennung anhand von Gesichtsmerkmalen
 - Bislang nur kurzzeitige Wiedererkennung für die Vermeidung von Track-abrissen bei Verdeckung
 - Einbindung neuer Detektoren falls diese performanter sind (ggf. YOLOv4)

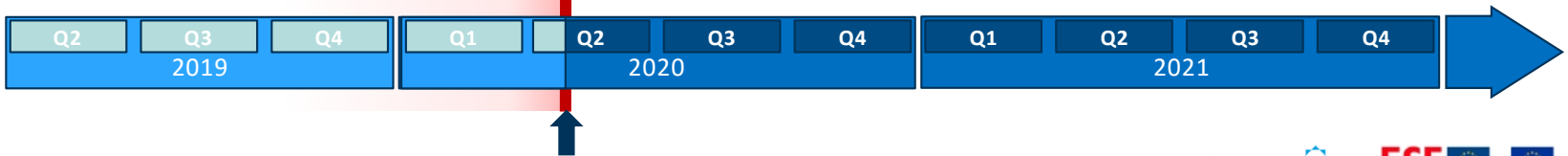
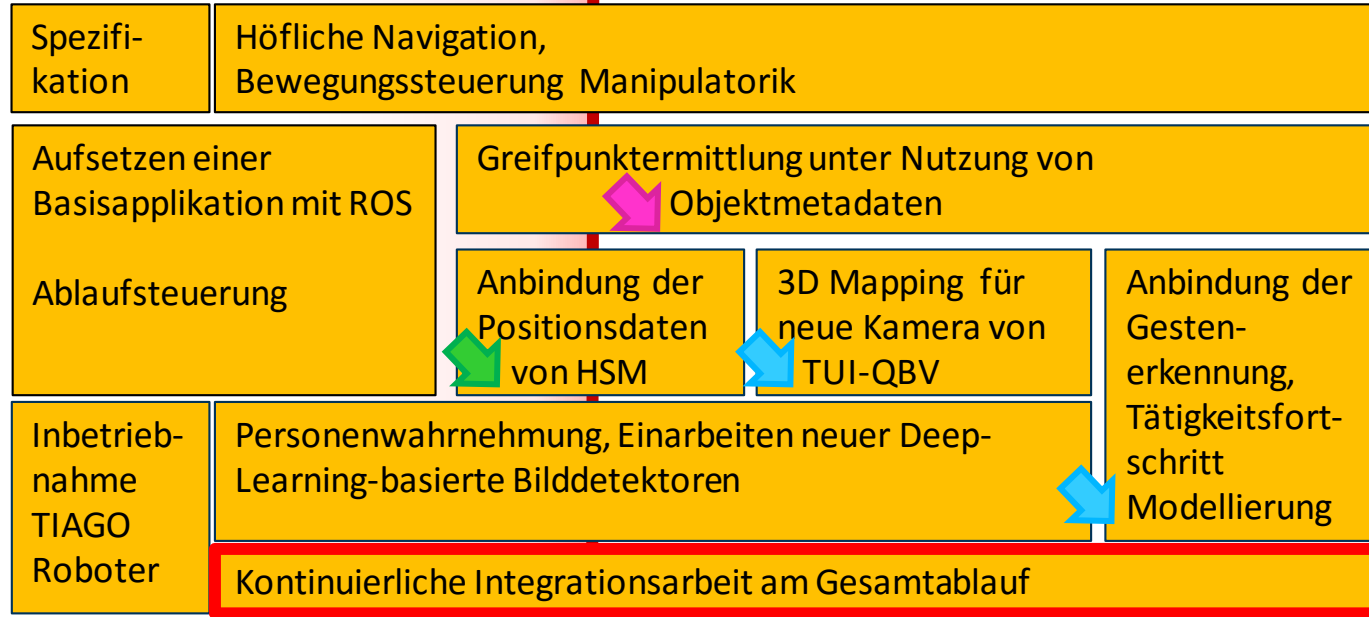
Anbindung der Lokalisationsdaten von RTLS Flares

- **Ausgangspunkt:**
 - RTLS Flares (von HSM) liefern Positionsdaten über serielle Schnittstelle
- **Erreichter Stand:**
 - MIRA Unit zum Empfang der Positionsdaten
 - Anbindung an Personentracker (bislang ohne Unsicherheiten)
- **Weiteres Vorgehen:**
 - Nutzung der Positionen von Werkzeugen/Teilen für die Auswahl der Person zum Übernehmen der Gegenstände
 - Berücksichtigung der Unsicherheiten wenn verfügbar

Arbeitsplan für TUI-NIKR über die Projektlaufzeit

Zuarbeiten von:

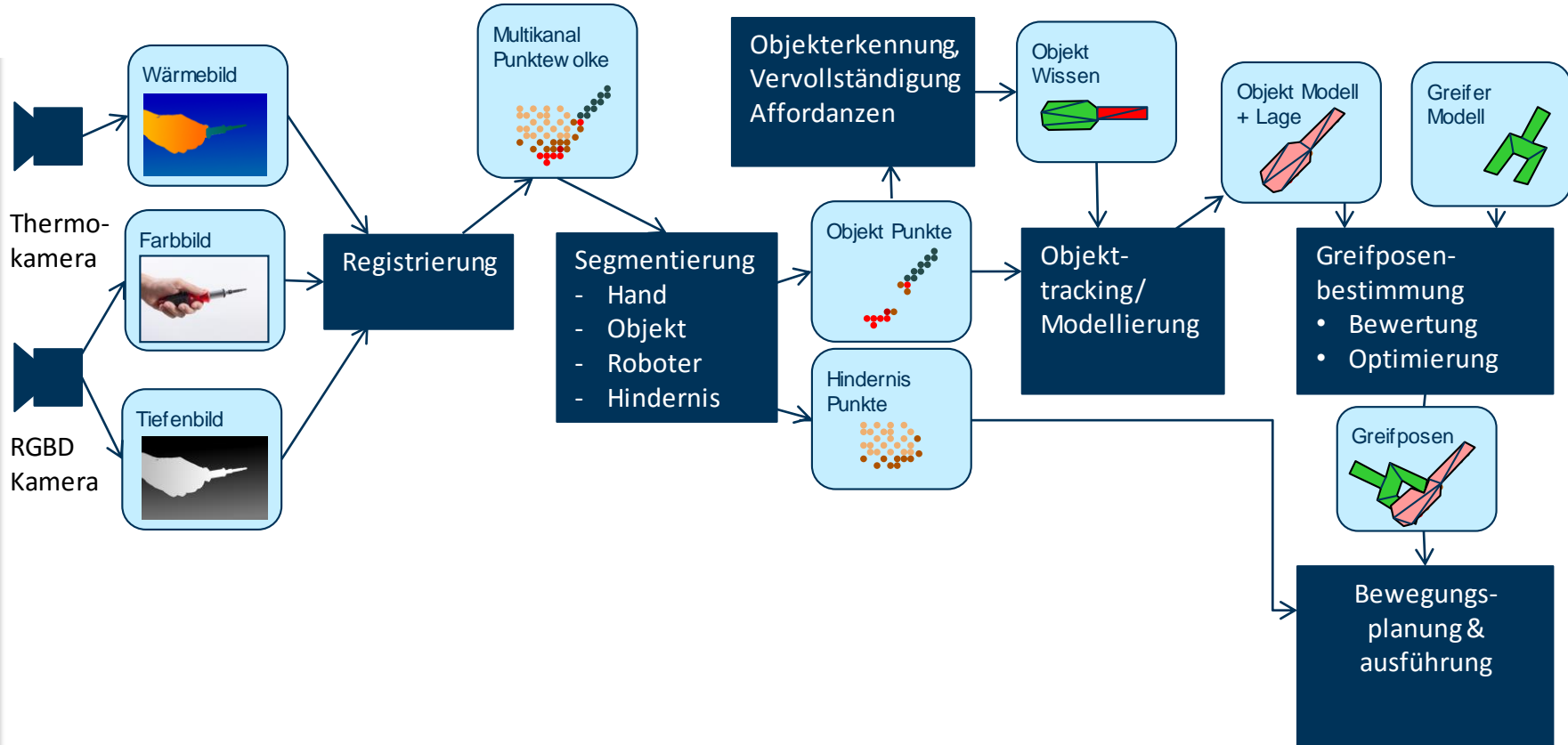
-  HSM
-  TUI-QBV
-  GFE



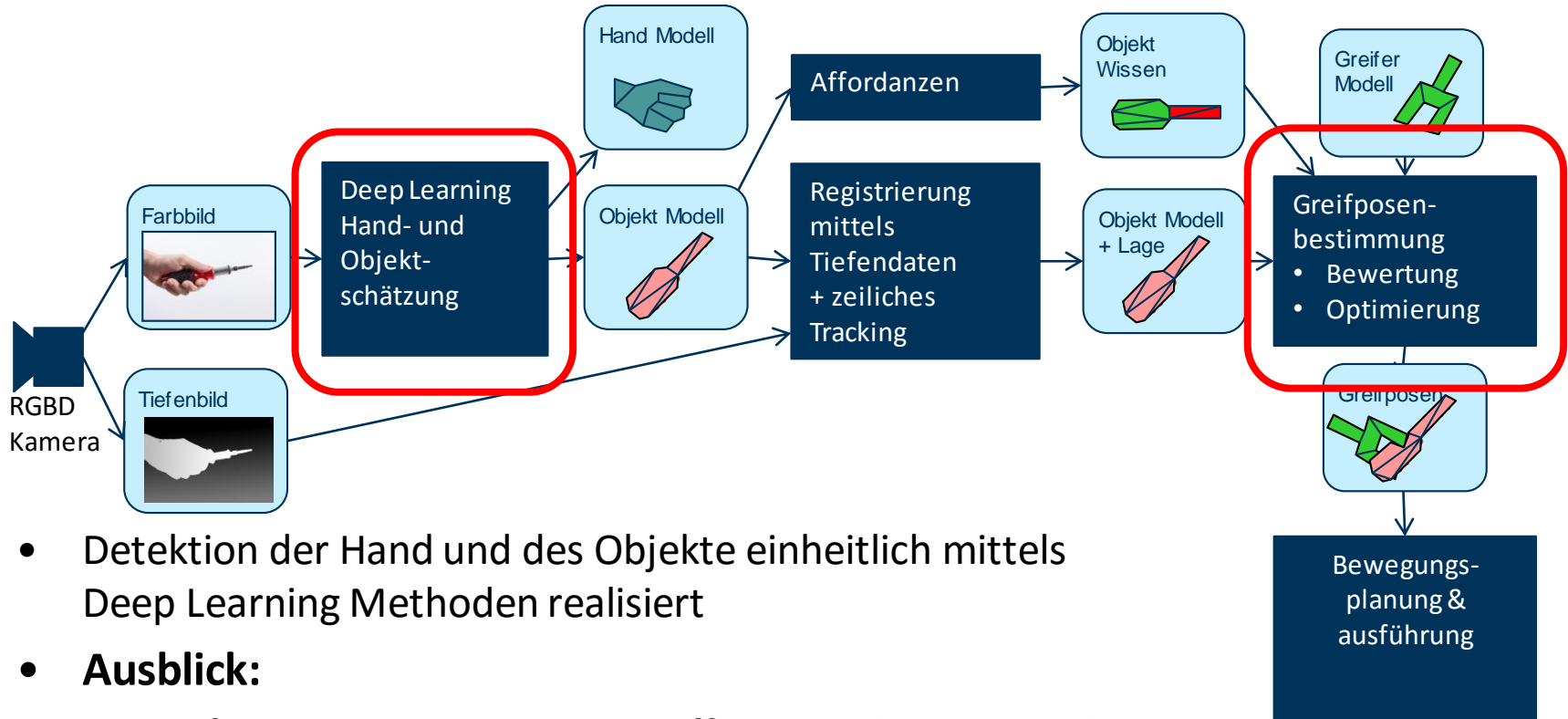
Arbeitspaket Integration / Demonstrator

- **Ausgangspunkt:**
 - Einfache Pipeline für den Zugriff mittels ICP Objekttracker (bekanntes Modell), analytischer Greifposenplaner und ROS MoveIt (Demo letzter Workshop)
 - Probleme mit Kalibrierung der Robotertiefenkamera verursacht Fehlgriffe (3cm daneben)
 - GGCNN Ansatz + MoveIt (Tiefenbild direkt auf Greifpose abbilden)
- **Erreichter Stand:**
 - Definition zweier alternativer Verarbeitungspipelines
 - Integration der Verfahren zur Greifposendetektion mit CNN
 - Integration eigener Bewegungsplaner

Datenverarbeitungspipeline (a) für den Zugriff



Datenverarbeitungspipeline (b) für den Zugriff



- Detektion der Hand und des Objekte einheitlich mittels Deep Learning Methoden realisiert
- **Ausblick:**
 - Ggf. weitere Integration mit Affordanzschätzung und Greifpunktermittlung

Demo: Integration Bewegungssteuerung

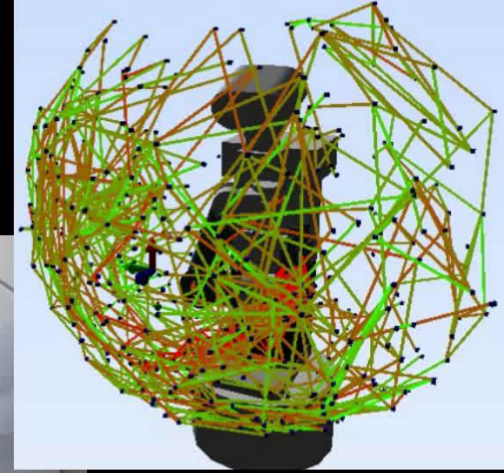
Tiago robot following a moving object in a pre-grasp position



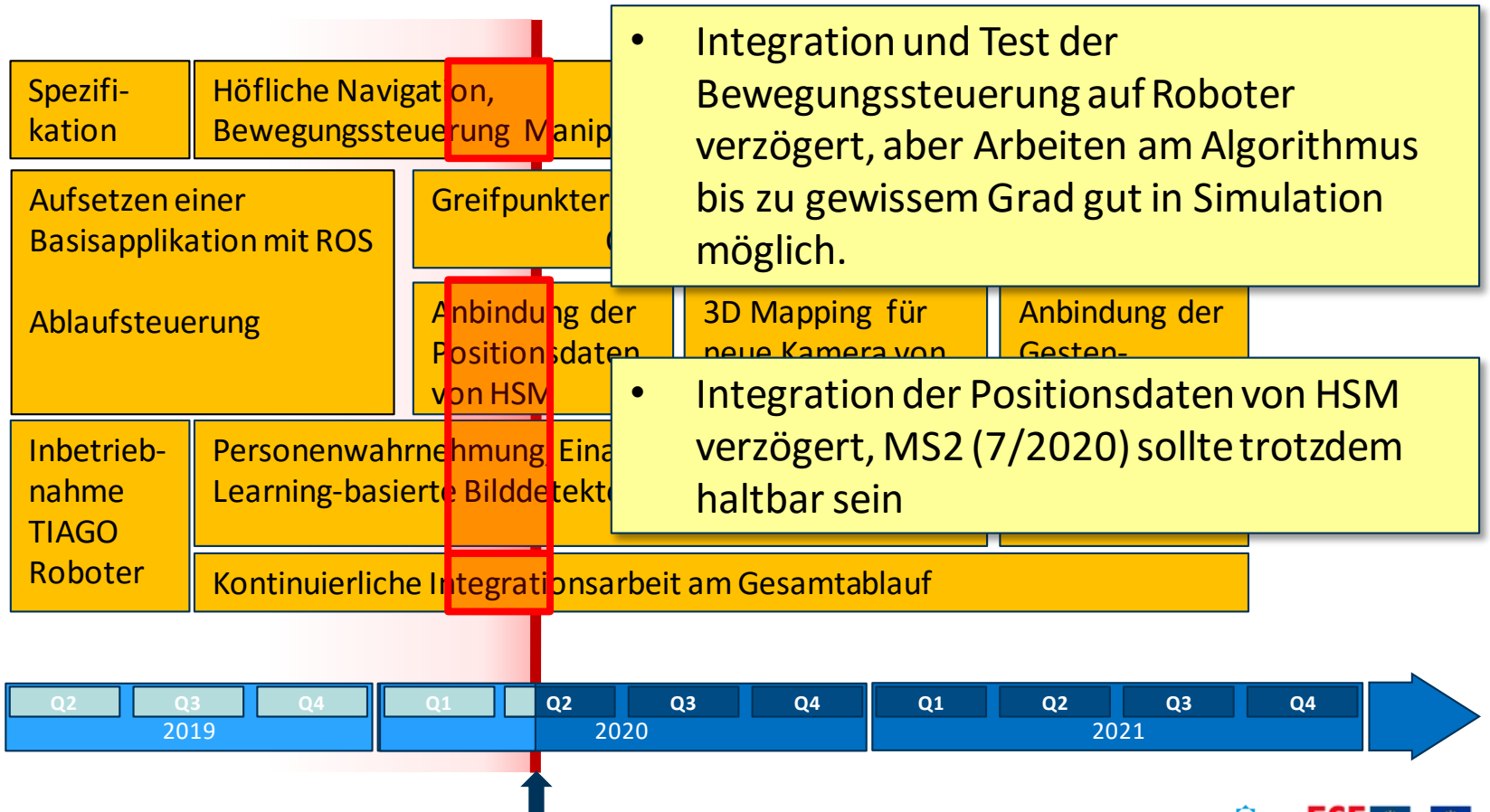
Demo: Integration Bewegungssteuerung

Grasping an object from an unsteady hand-held position using the dynamic roadmap motion planner.

Object tracking is realized with aruco marker detection.



Auswirkungen von Corona Einschränkungen



Agenda

13:00	Prof. Groß	Begrüßung der Teilnehmer und Einführung zu den Eckdaten des Projektes im 2. Halbjahr
13:15	Dr. Müller	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-NIKR
	13:40 M.Sc. Zhang	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-QBV
14:05	M.Sc. Schneider	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von HSM
14:30	Dr. Garten	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von GFE
14:55		Diskussion mit dem Beirat zur Schwerpunktsetzung und Vorgehensweise

Forscherguppe SONARO

Smarte Objektübernahme und –übergabe für die
nutzerzentrierte mobile Assistenzrobotik

Beiratstreffen am 26.5.2020

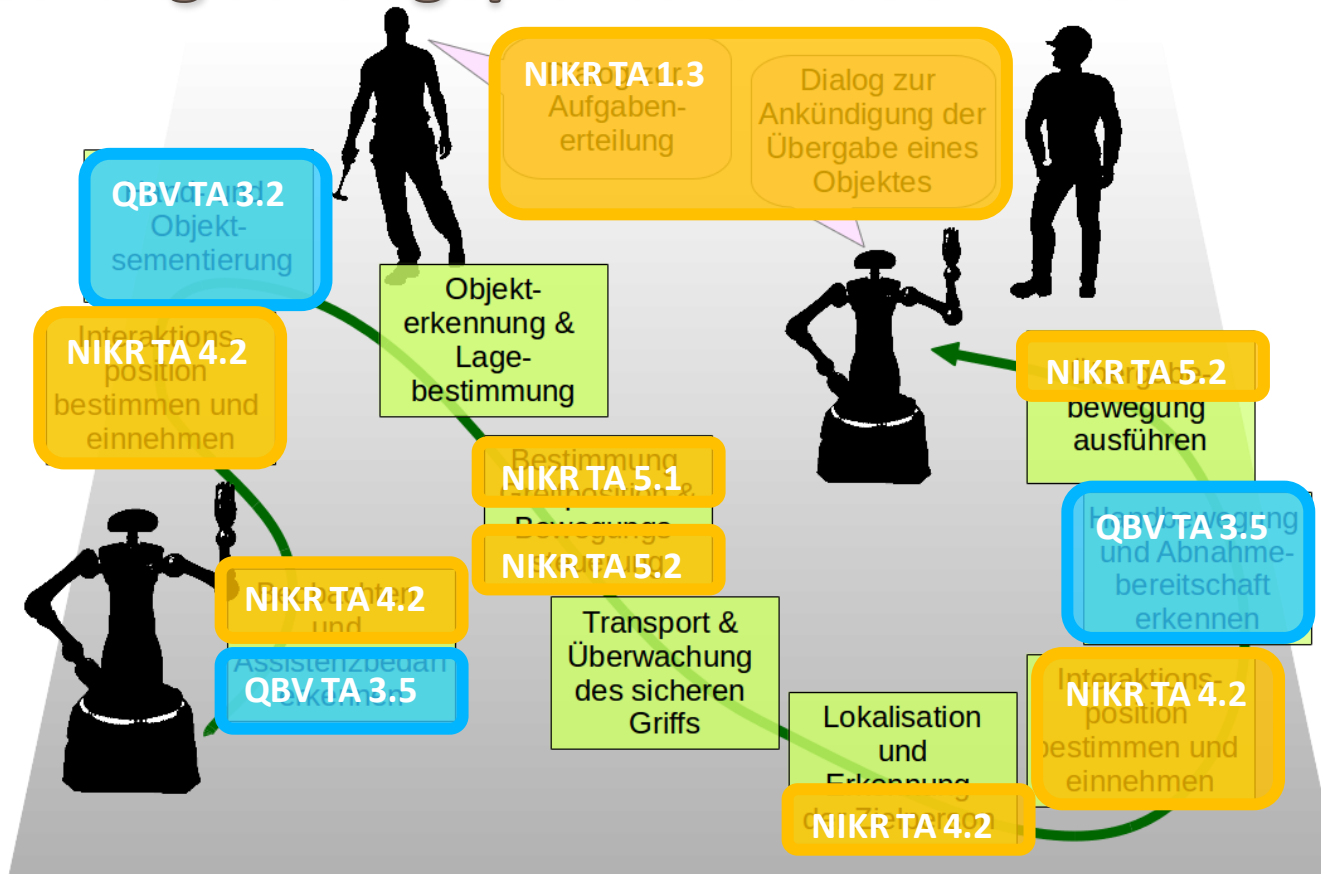
Vorstellung der Arbeiten von TU-Ilmenau QBV

M.Sc. Yan Zhang

www.sonaro-projekt.de

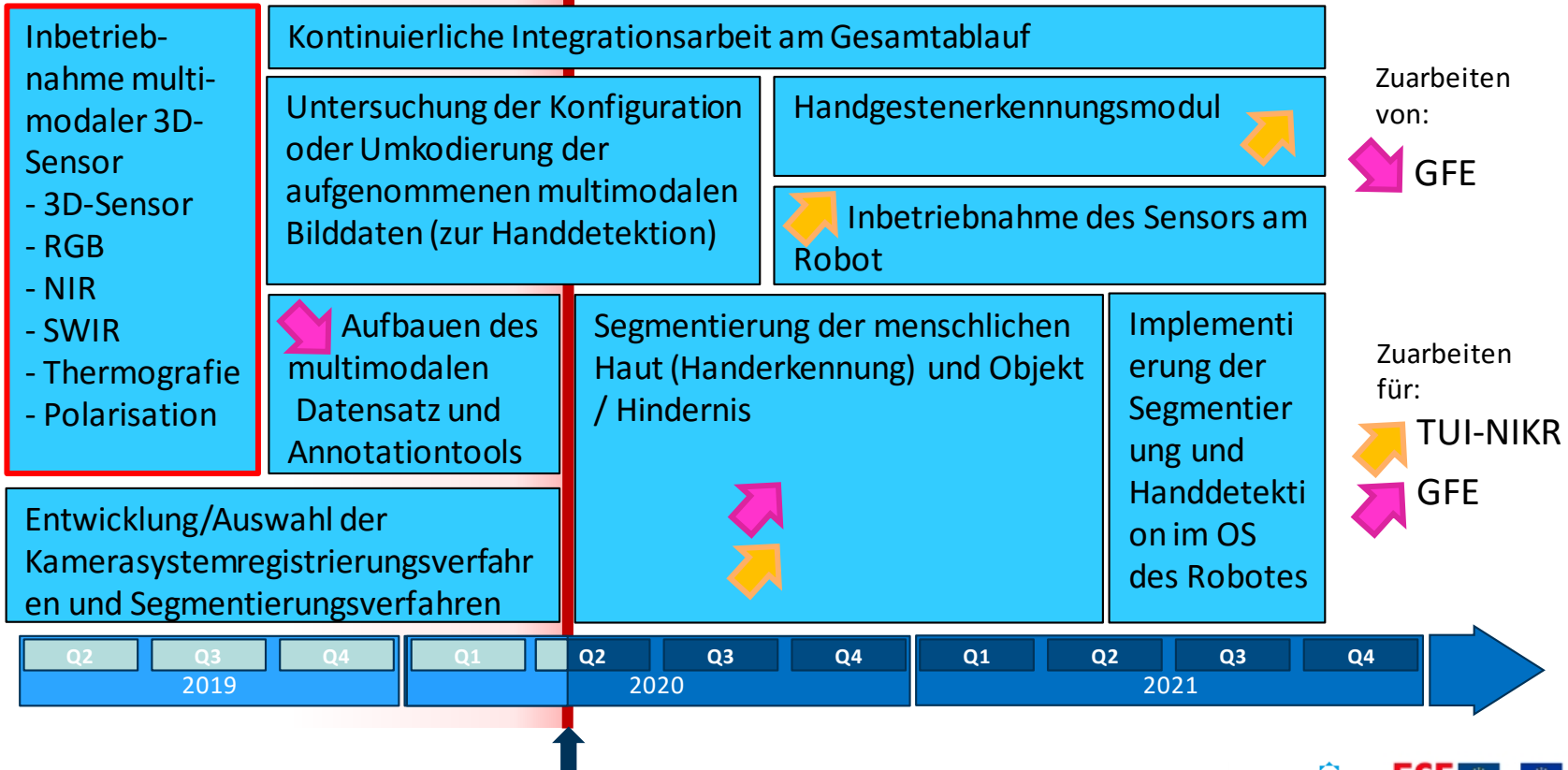


Abdeckung durch geplante AP in SONARO

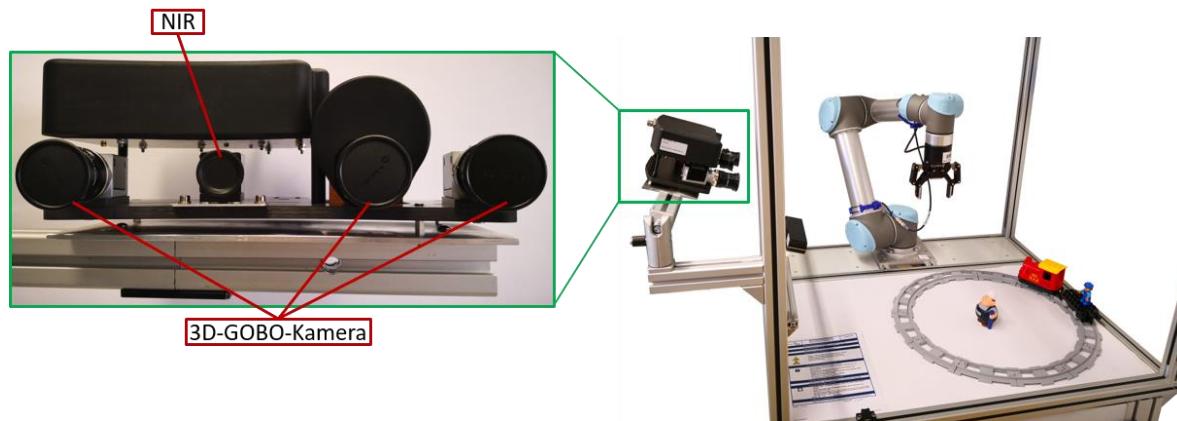
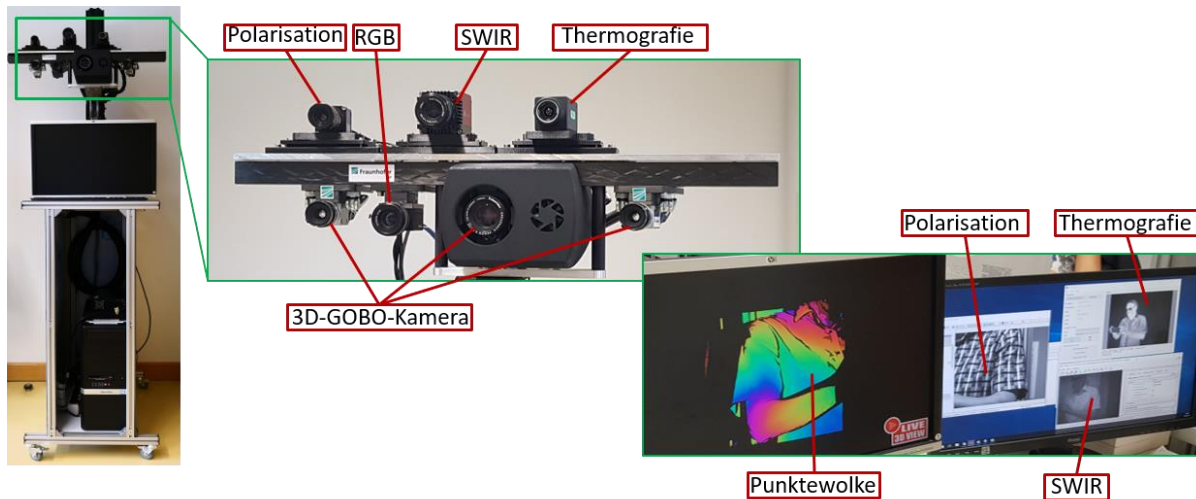


Einordnung des FG TUI-QBV in SONARO

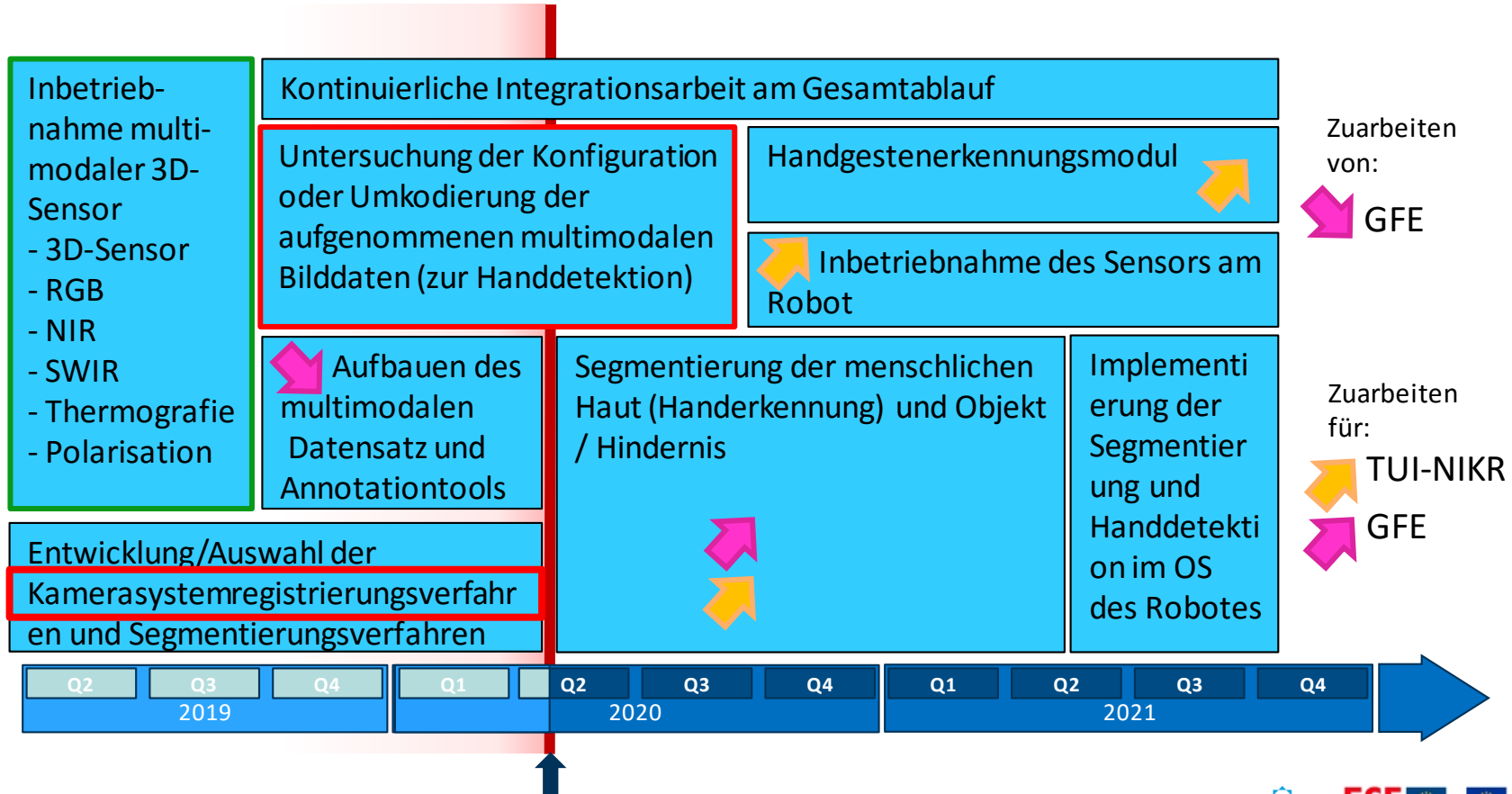
Arbeitsplan für TUI-QBV über die Projektlaufzeit



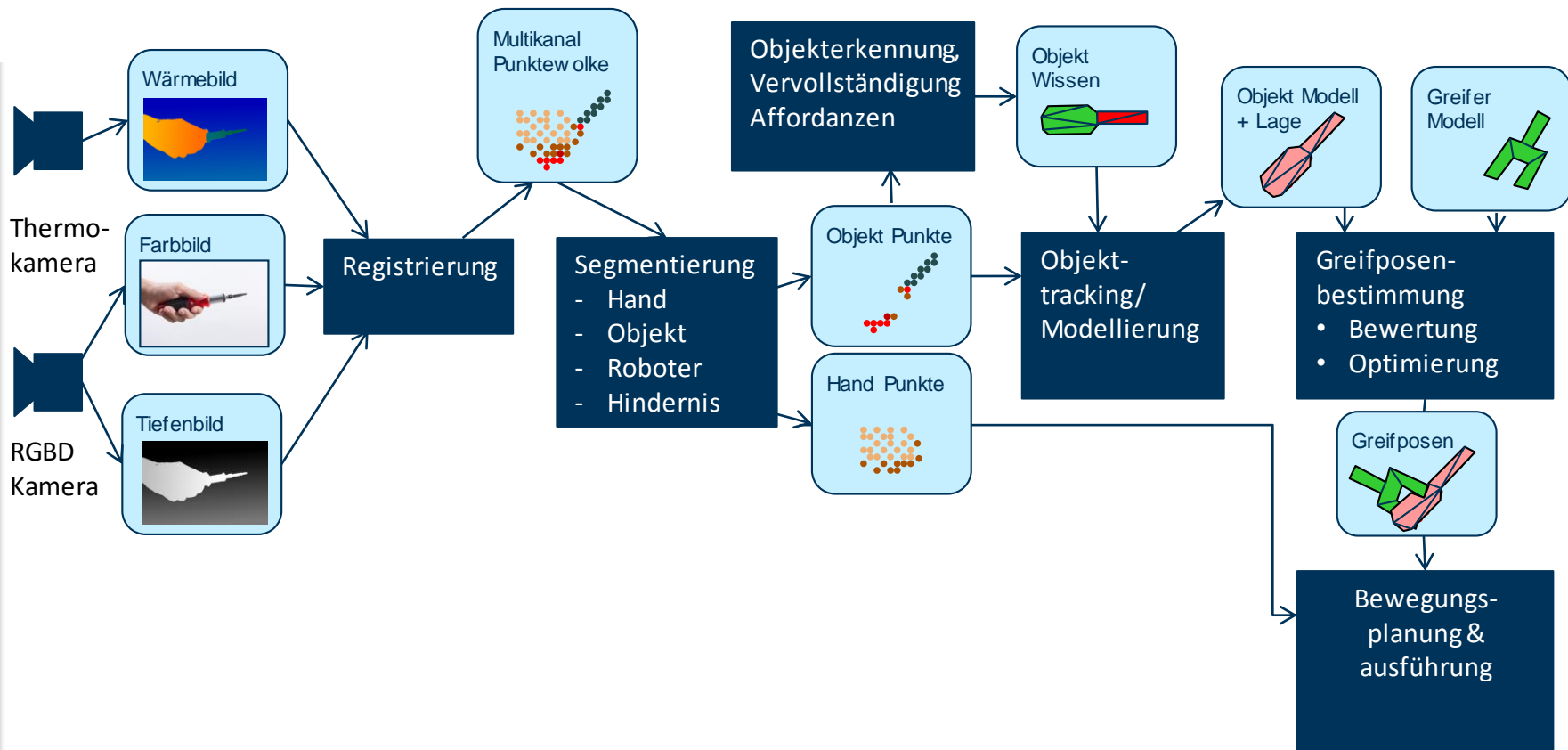
Modulares Sensorsystem



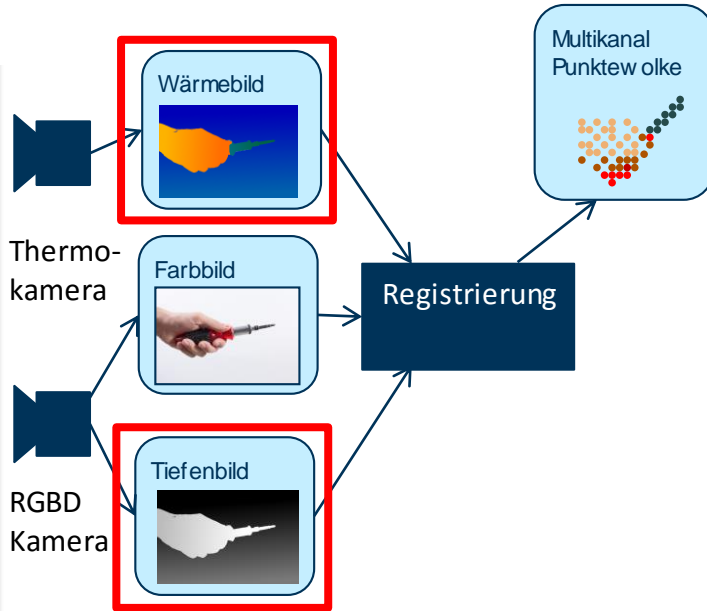
Arbeitsplan für TUI-QBV über die Projektlaufzeit



Datenverarbeitungspipeline (a) für den Zugriff



Datenverarbeitungspipeline (a) für den Zugriff



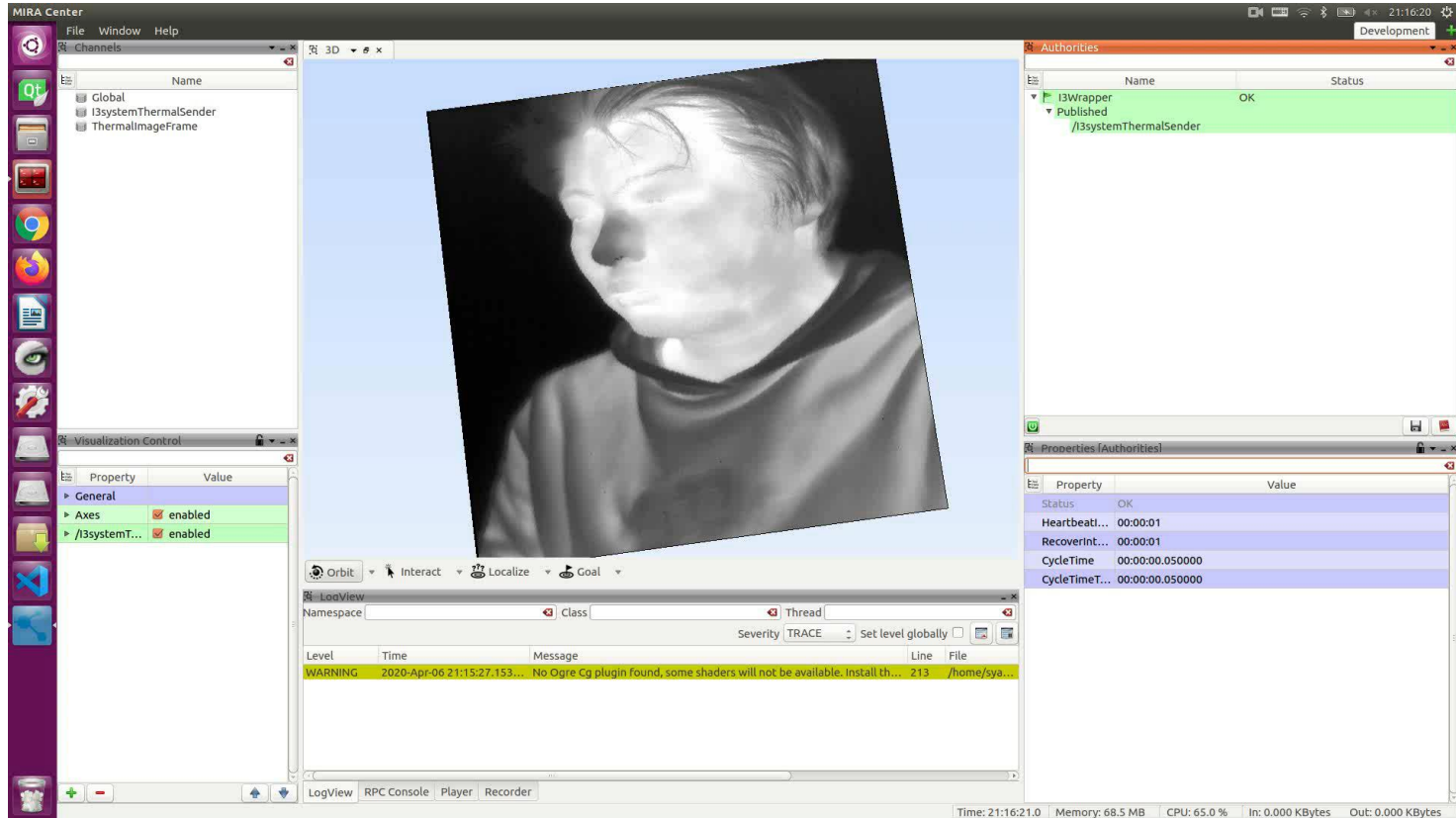
- Optimale Konfiguration:
 - RGBD + Thermo (RGBDT)
- Registrierung:
 - Thermo-Kamera -> 3D-Kamera
 - RGB-Kamera -> 3D-Kamera
- Ziel: Multikanal-Punktwolke

Thermokamera

- Zur sicheren Erkennung der menschlichen Haut
- Thermalkamera: i3system Thermal Expert V1
 - Auflösung: 480 x 640
 - Messbereich: -10 bis +120°C
 - Bildrate: 30Hz
 - Anschluss: Micro USB
 - Linse: LWIR 19mm f1.0
 - Linux-SDK
- Integration in ROS und MIRA zur parallelen Ausführung mit anderen Softwaremodulen des Roboters
 - 1 published Channels: Thermobild (mira::Img)



Integration der Thermokamera in ROS und MIRA



The screenshot displays the MIRA Center application window. The main area shows a 3D visualization of a thermal camera feed of a person's face. The interface includes several panels:

- Channels:** A tree view showing 'Global', 'I3systemThermalSender', and 'ThermalImageFrame'.
- Visualization Control:** A table with columns 'Property' and 'Value'.

Property	Value
General	
> Axes	enabled
> /I3systemT...	enabled
- Authorities:** A table showing the status of various components.

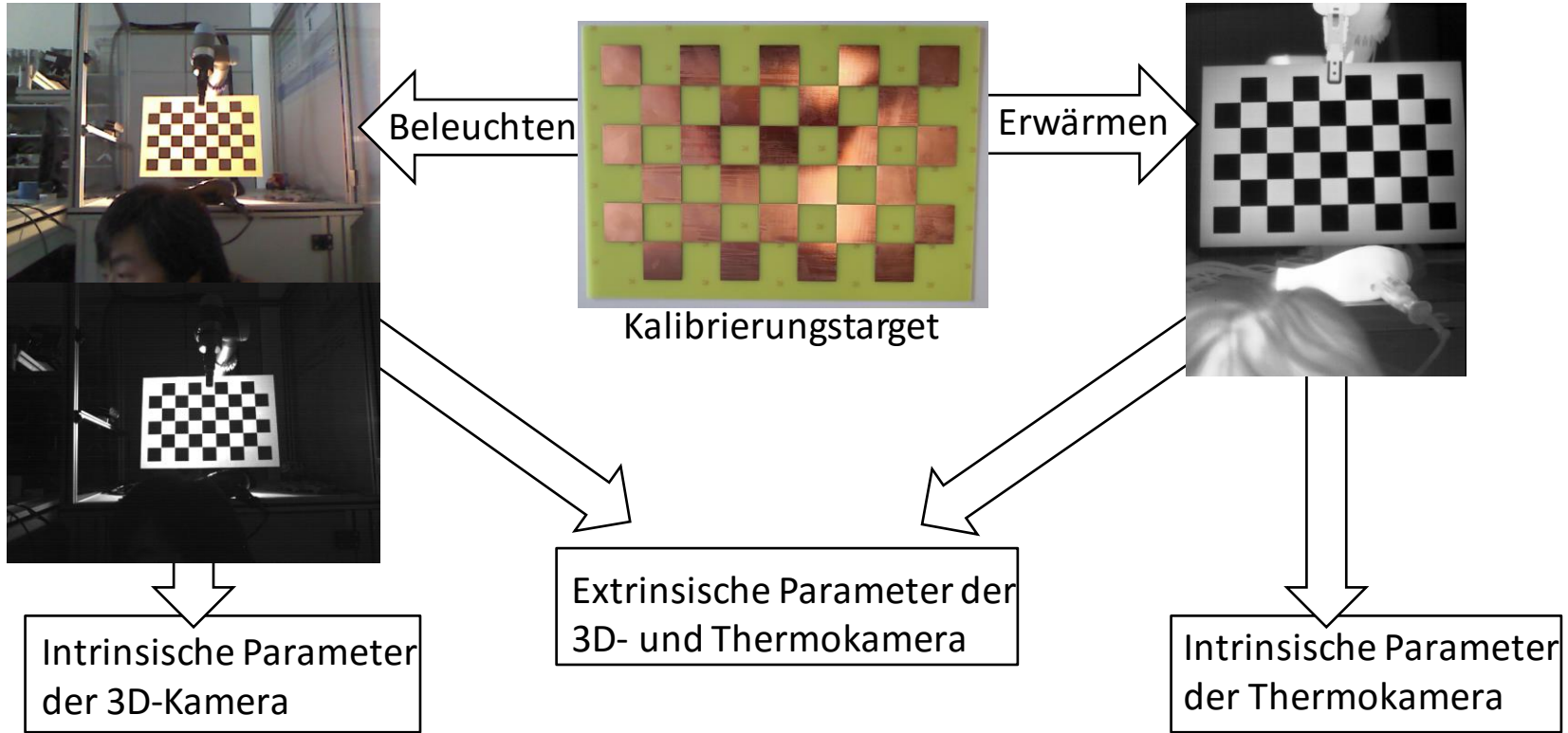
Name	Status
I3Wrapper	OK
> Published	
> /I3systemThermalSender	
- Properties [Authorities]:** A table showing detailed properties for the 'Authorities' component.

Property	Value
Status	OK
Heartbeat...	00:00:01
RecoverInt...	00:00:01
CycleTime	00:00:00.050000
CycleTimeT...	00:00:00.050000
- LogView:** A log window showing a warning message: 'WARNING 2020-Apr-06 21:15:27.153... No Ogre Cg plugin found, some shaders will not be available. Install th... /home/sya...'. The severity is set to 'TRACE'.

The bottom status bar shows system information: Time: 21:16:21.0, Memory: 68.5 MB, CPU: 65.0 %, In: 0.000 KBytes, Out: 0.000 KBytes.

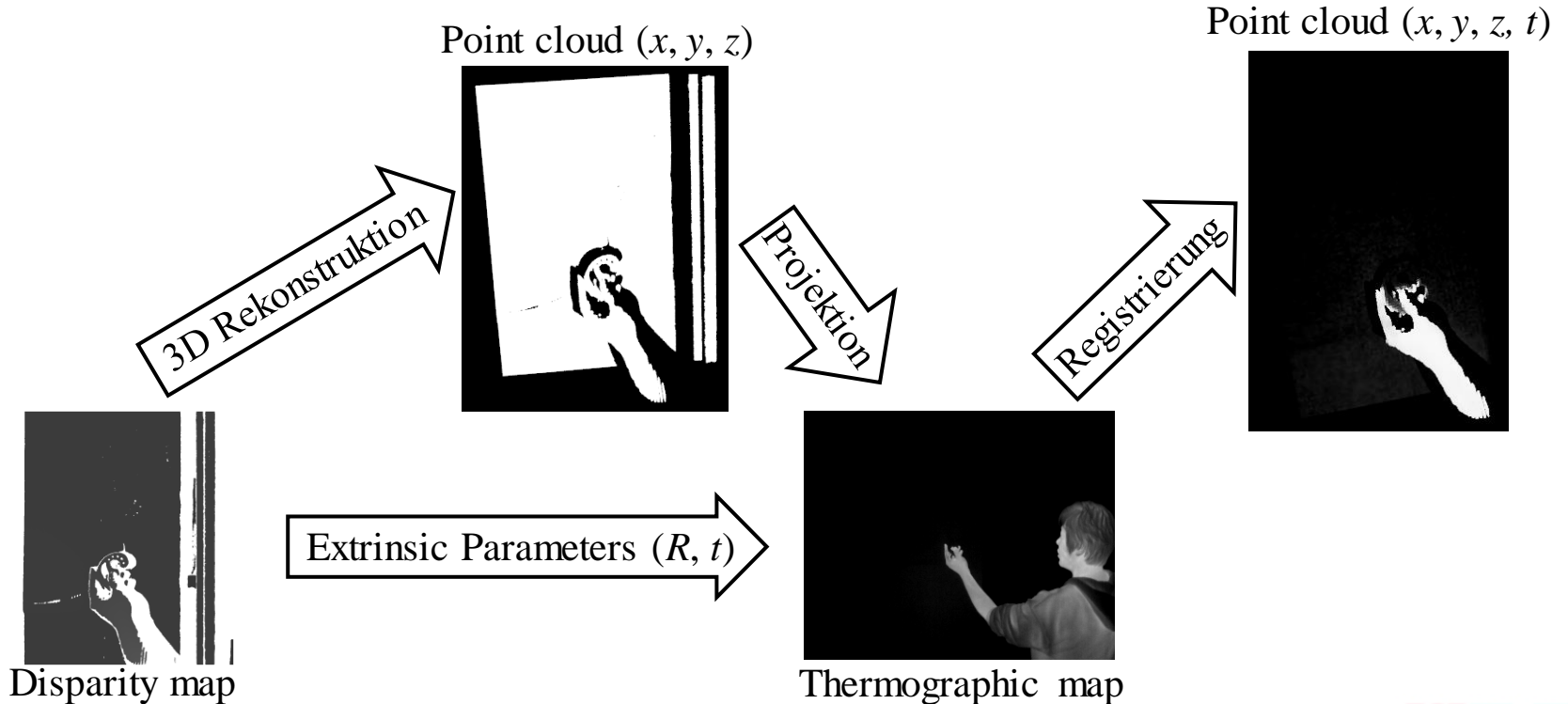
Registrierung des Kamerasystems

- Kalibrierung der Kameraparameter

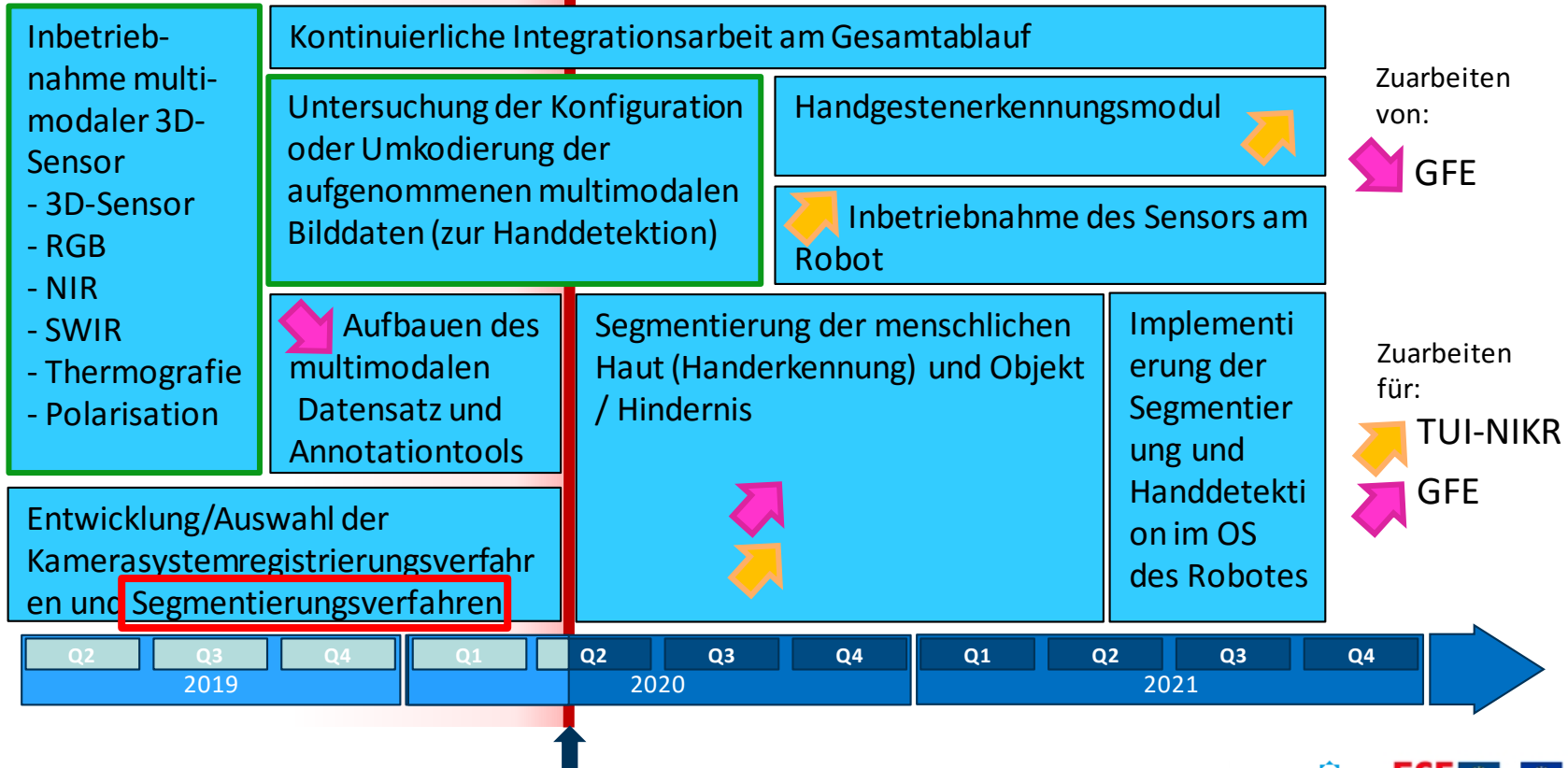


Registrierung des Kamerasystems

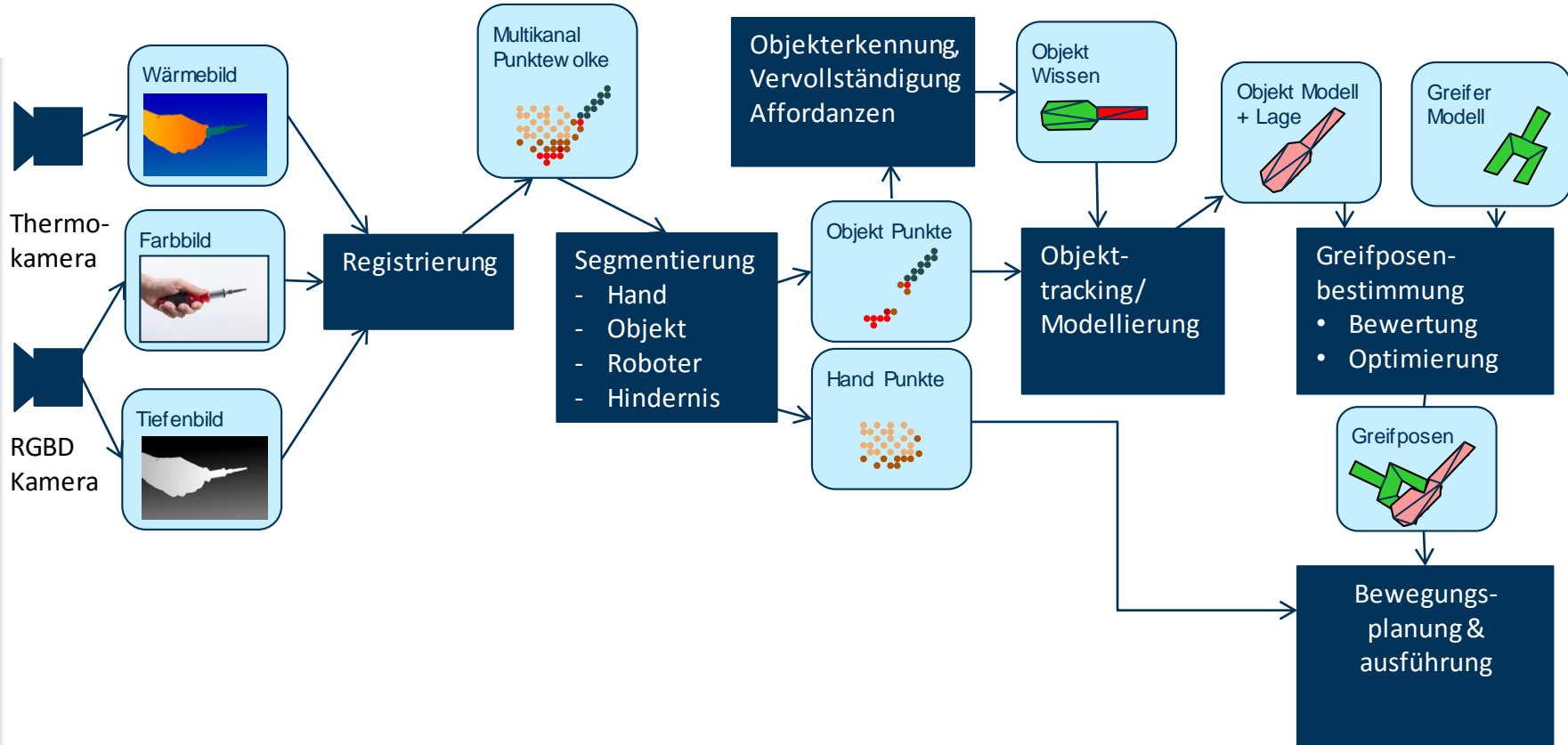
- Registrierungsverfahren (Thermokamera->3D-Kamera)



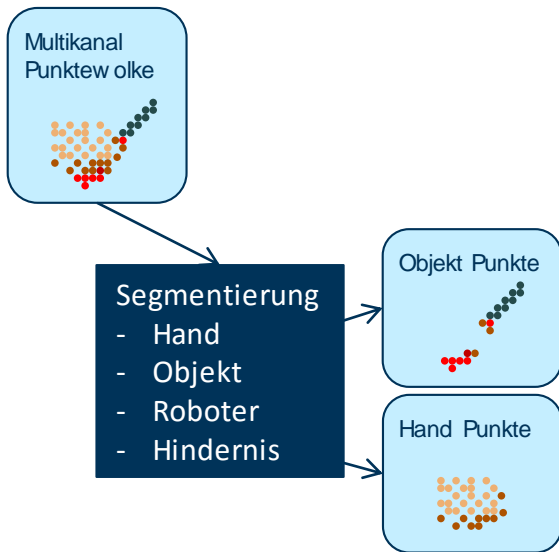
Arbeitsplan für TUI-QBV über die Projektlaufzeit



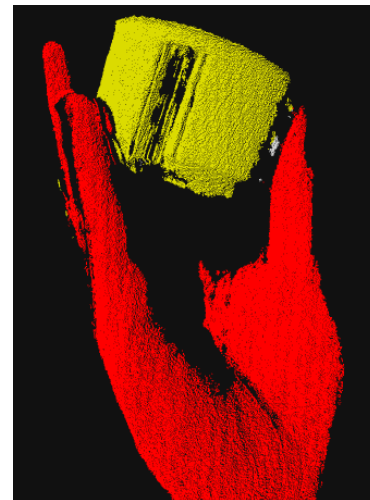
Datenverarbeitungspipeline (a) für den Zugriff



Datenverarbeitungspipeline (a) für den Zugriff

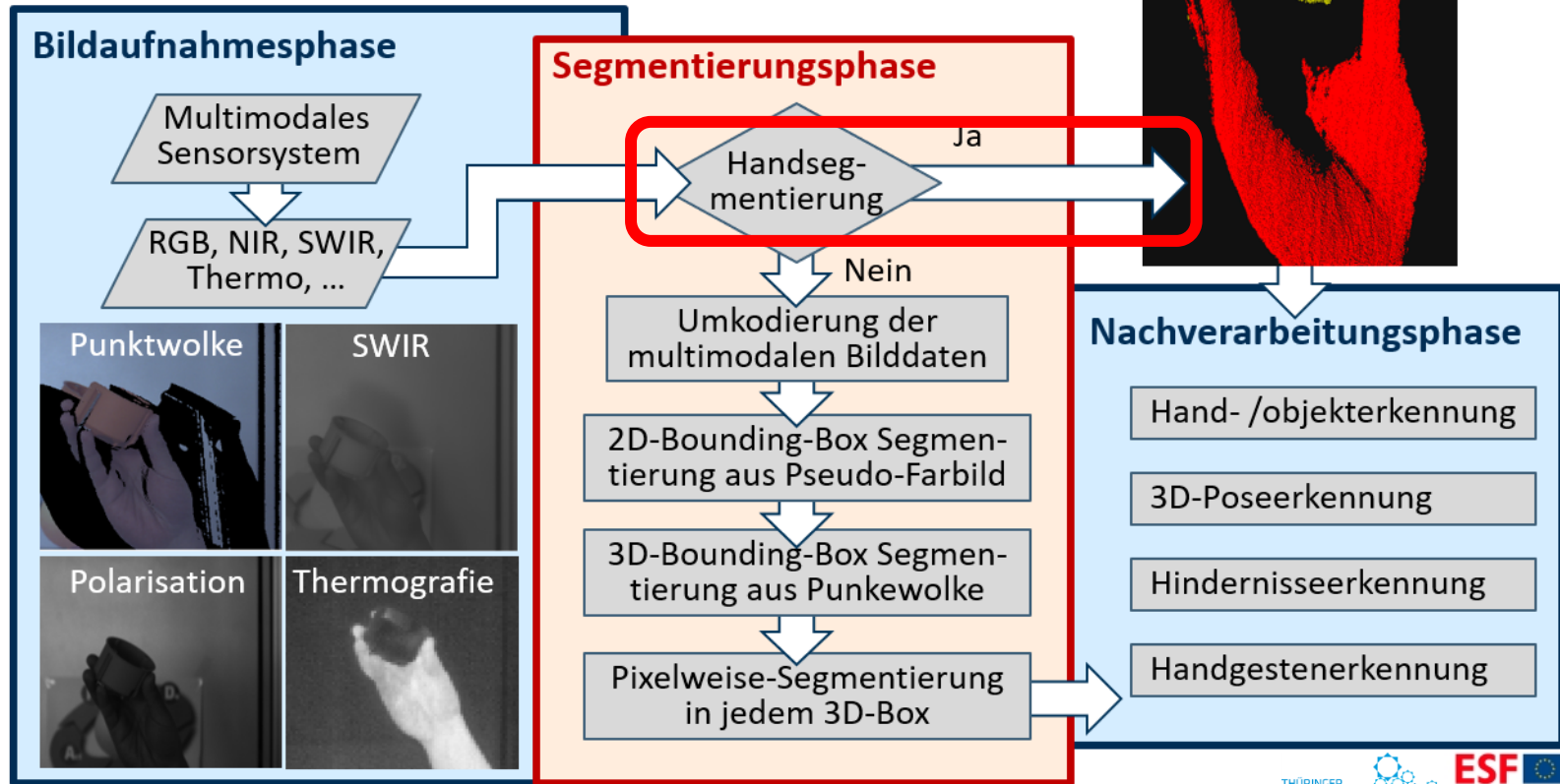


- Hand- und Objektsegmentierung
- Objekte und menschliche Hände sollen sicher getrennt werden.
- **Ziel:** Sichere Objektübernahme



Segmentierung

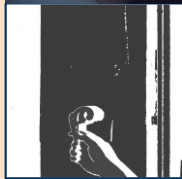
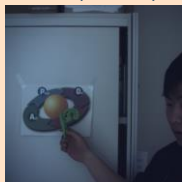
- Konzept der Segmentierung



Hand-Objekt-Segmentierung

Rohdaten

Farbbild (oben),
Disparitätskarte (mittig) und
FIR-Bild (unten)

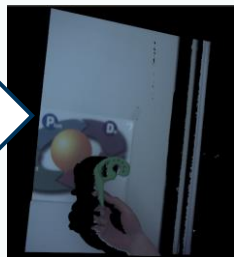


3D-Farbbild
Rekonstruktion

Thresholding

Segmentierung in 3D Raum und Thermografie

Durch Thermografie wird die menschliche Hand erkannt.
Mittels Region-Growing werden die Hand und das
gehaltene Objekt in der Punktwolke segmentiert. Der
Startpunkt zum Region-Growing wird in Thermografie
bestimmt.



Hintergrund
Segmentierung



Startpunkt-
bestimmung



Binarisierung des
Thermobilds

Menschenhand
Segmentierung



Handsegmentierung im
Thermobild (Rote Pixels)

Menschenhand
Segmentierung
in 3D-Farbbild



Handsegmentierung in der
Punktwolke (Rote Punkte)

Registrierung der Segmentierung im 3D Raum

Vor der Objekterkennung
wird die menschliche Hand in
der Punktwolke sicher
segmentiert.

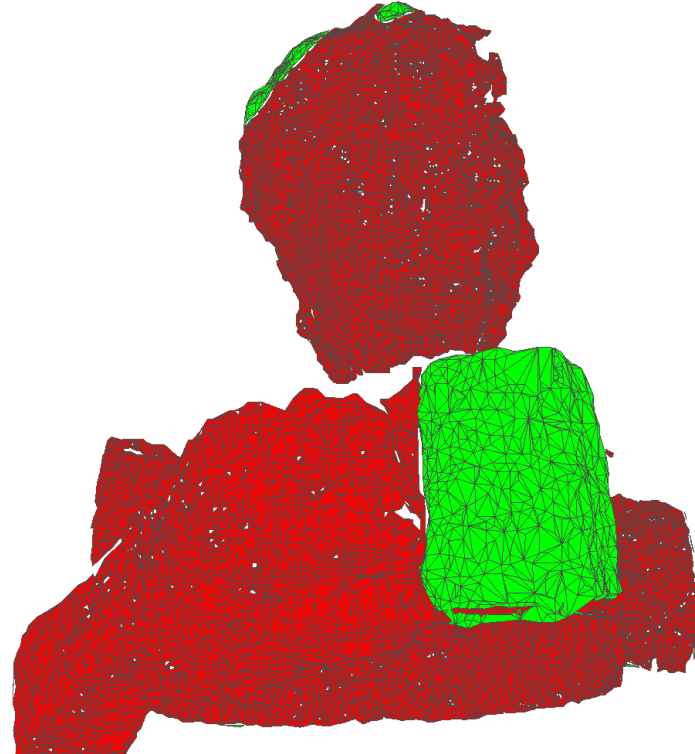
3D Objekt-
erkennung



Objektsegmen-
tierung in der
Punktwolke

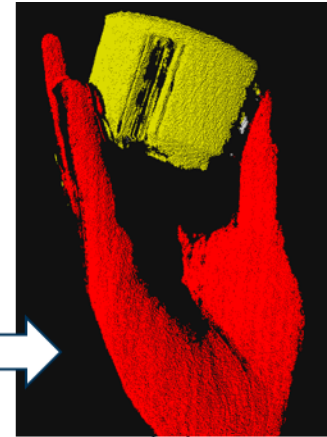
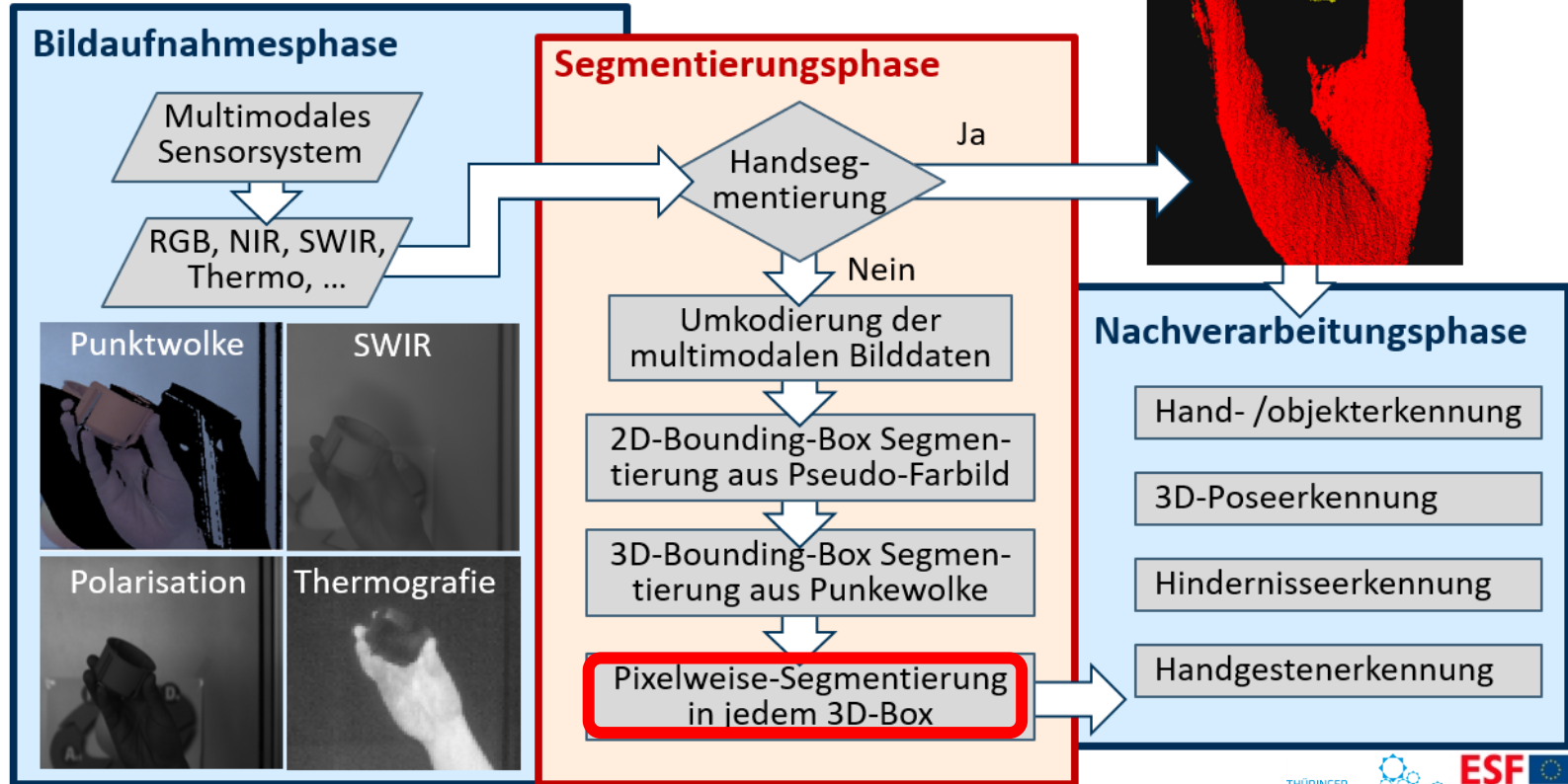
Hand-Objekt-Segmentierung

- Segmentierung mittels Thresholding (Meshdarstellung)



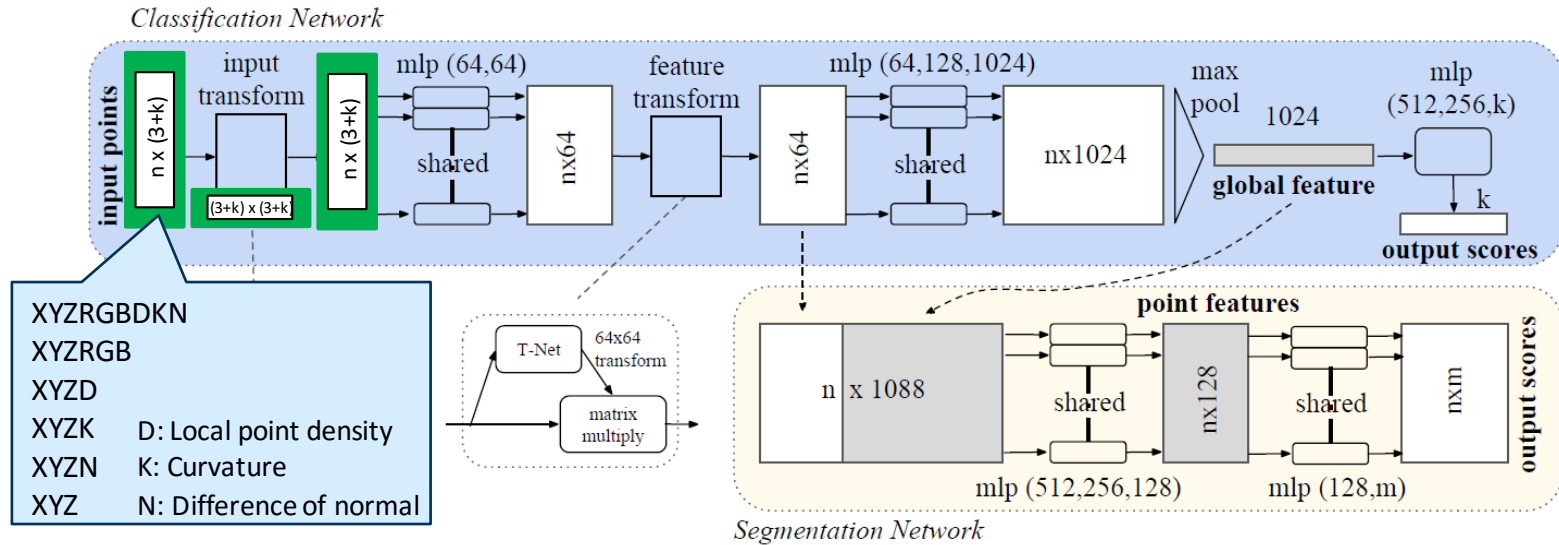
Segmentierung

- Konzept der Segmentierung



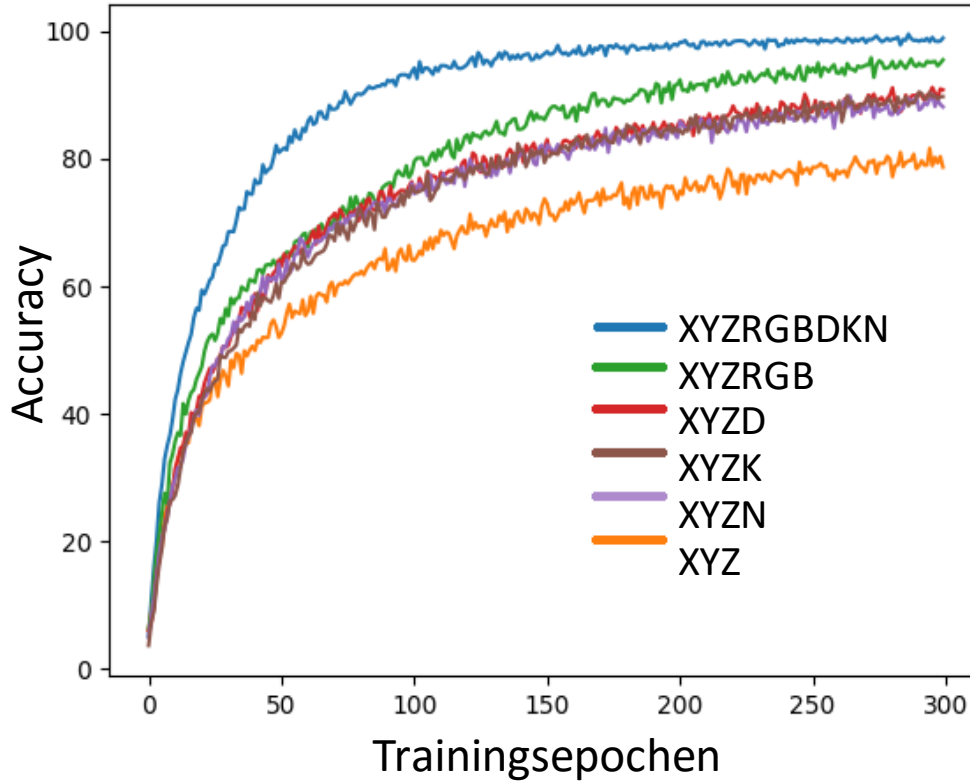
Pixelweise Segmentierung mittels PointNet

- **Ansatz:**
 - Anwendung der PointNet Architektur auf multimodalen Daten



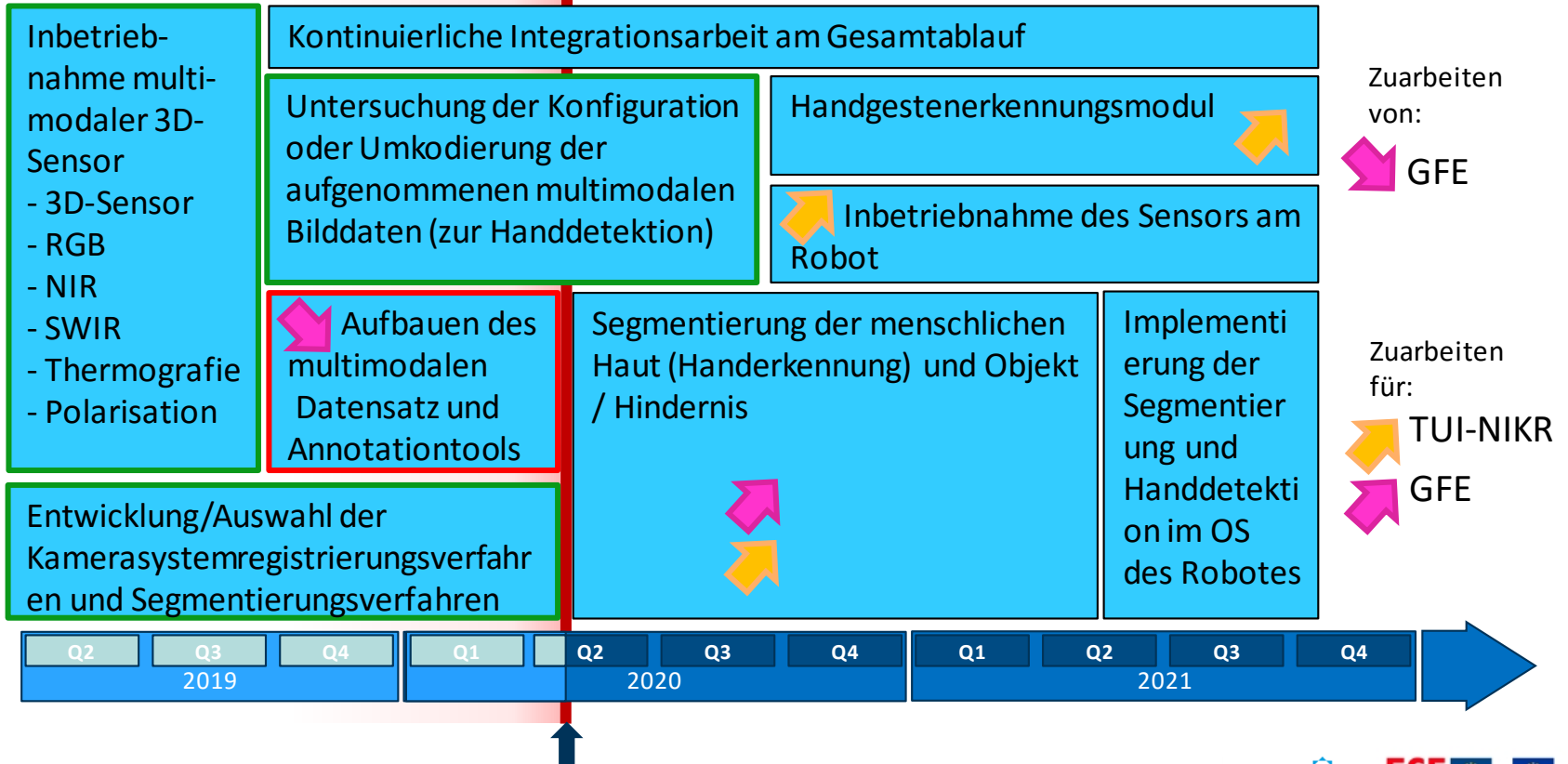
Qi, C.R. (2017). “Pointnet: Deep learning on point sets for 3d classification and segmentation”, In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 652-660).

Experiment mit PointNet



- Objektklassifikation mittels PointNet
- **Ergebnis:** Hinzunahme von weiteren Kanälen verbessert die Klassifikationsleistung
- **Ausblick:** Trainieren einer Hand-Objektsegmentierung mit Pointnet auf XYZRGBThermo Daten
→ Aufbau einer eigenen Trainingsdatenbank

Arbeitsplan für TUI-QBV über die Projektlaufzeit



Multimodaler Datensatz für Hand/Objektsegmentierung

- **Erreichter Stand:**
 - 10 Klassen Objekte & Insgesamt 600 Bilder
 - Archivierung auf NAS (*.npz)
 - Registrierte Farb- und Thermopunktwolke
 - 3D-Modellierung von Objekten (Mesh) noch ausstehend



Disparity map



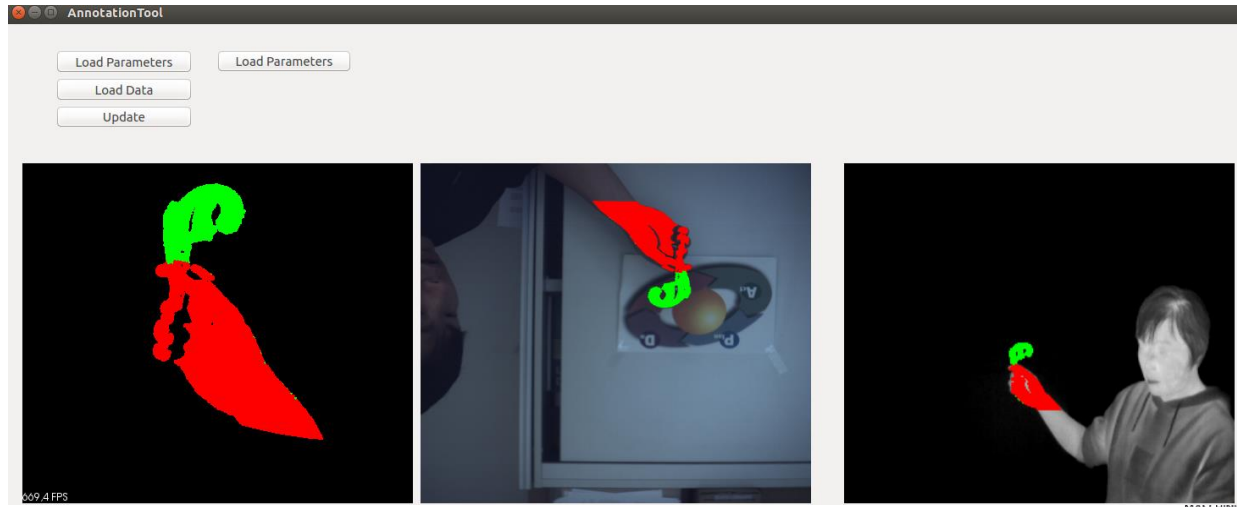
Color map



Thermographic map

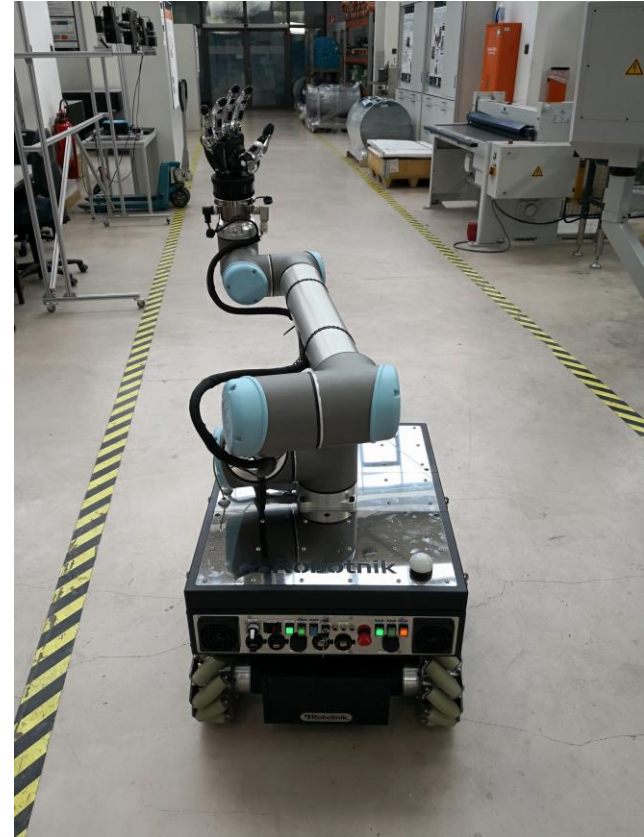
Annotationstool basierend auf multimodalen Bilddaten

- **Ziel:** automatischer Transfer von Labeldaten (pixelweise) zwischen verschiedenen Bildmodalitäten
- **Erreichter Stand:**
 - Region growing (3D Magic wand tool)
 - Mittels der Registrierung der Punktwolke und des Thermobilds werden die Hand und das Objekt segmentiert.



Der Neue mobile Roboter RB-Kairos 10

- Eine mobile Plattform mit einer RGBD-Kamera und 2 Laser Scannern
- Ein Arm (Universal Robots 10)
- Hand mit fünf Finger (SCHUNK SVH 5-Fingerhand)



Publikation

- Für die Konferenz:
International Instrumentation & Measurement Technology Conference 2020
 - Titel:** „6D Object Pose Estimation Algorithm Using Preprocessing of Segmentation and Keypoint Extraction“
 - Inhalt:**
 - Bisherige Ergebnisse zu multimodalen YOLO Detektor (siehe erster Workshop) und multimodalen PointNet

Definition	Bezeichnung
Tiefe	Z
Lokale Punktdichte	D
Oberflächen-krümmung	K
Normalenvektor-differenz	N
Grauwert/Helligkeit	I
Farbton	H
Sättigung	S



originale Disparitätskarte



ZDK



ZDN



ZHS



ZKN



ZID

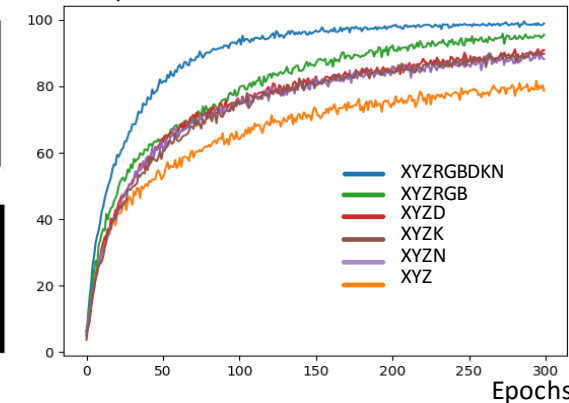


ZIK

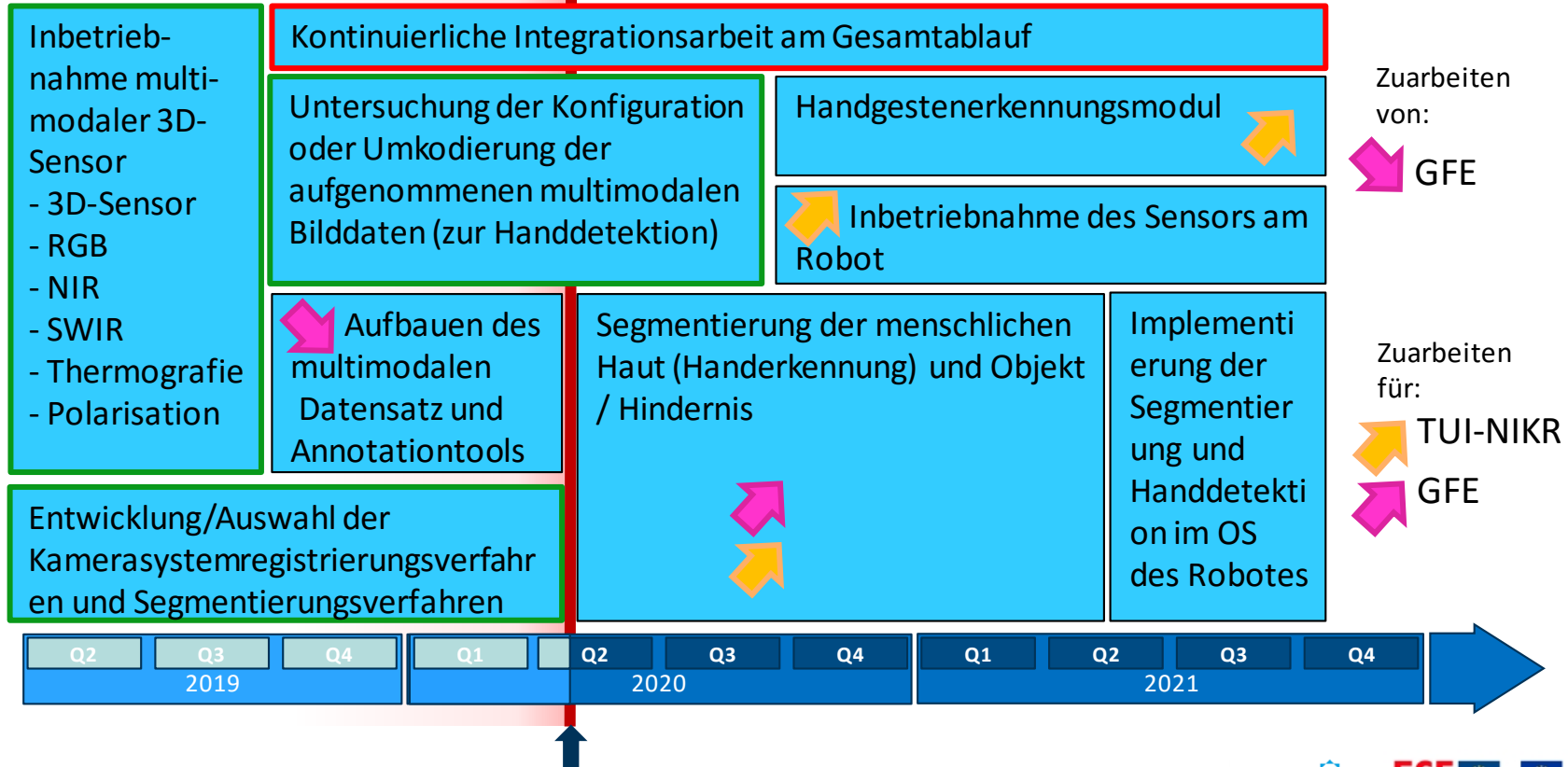


ZIN

Accuracy



Arbeitsplan für TUI-QBV über die Projektlaufzeit



Integration auf dem Roboter / Demonstrator

- **Erreichter Stand:**
 - Registrierung der Thermokamera mit einem existierenden RGB-D Sensor (Astra Orbbec) wie er auch im Roboter verbaut ist.
 - Integration der Kamera und Registrierungssoftware im MIRA Framework als Voraussetzung für die Nutzung auf dem Roboter
- **Ausblick:**
 - Montage der Thermokamera am Kopf des Roboters



13:00	Prof. Groß	Begrüßung der Teilnehmer und Einführung zu den Eckdaten des Projektes im 2. Halbjahr
13:15	Dr. Müller	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-NIKR
13:40	M.Sc. Zhang	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-QBV
	14:05 M.Sc. Schneider	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von HSM
14:30	Dr. Garten	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von GFE
14:55		Diskussion mit dem Beirat zur Schwerpunktsetzung und Vorgehensweise

Forscherguppe SONARO

Smarte Objektübernahme und –übergabe für die
nutzerzentrierte mobile Assistenzrobotik

Beiratstreffen am 26.5.2020

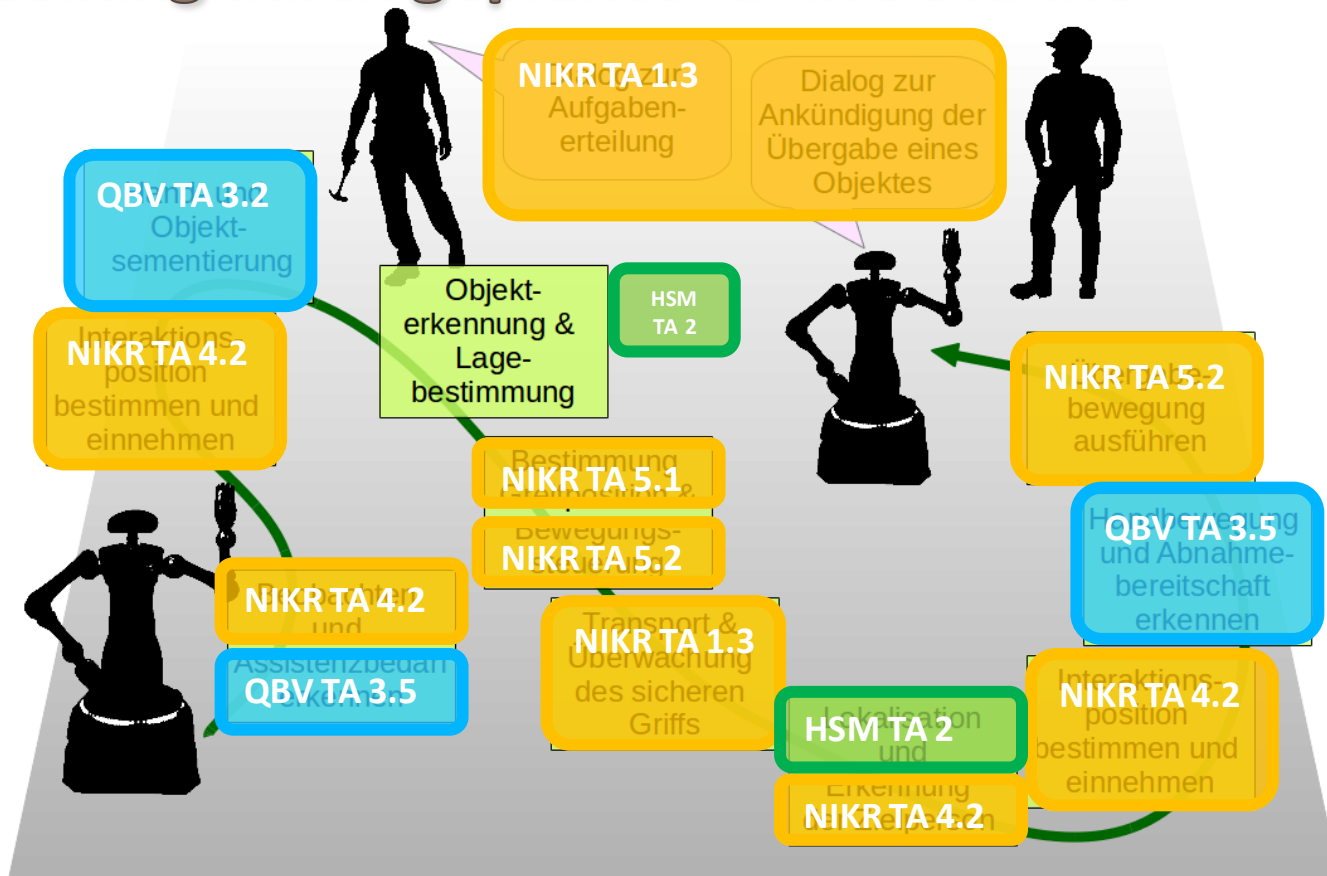
Vorstellung der Arbeiten von HSM FG EDS

M.Sc. Manuel Schneider

www.sonaro-projekt.de



Abdeckung durch geplante AP in SONARO




Zeitliche Planung über die Projektlaufzeit

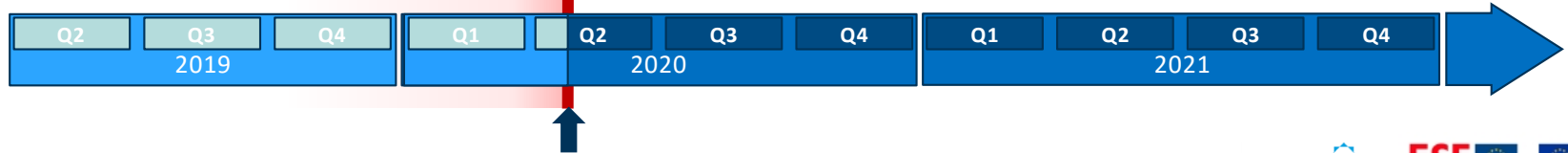
Anforderungs-
analyse,
Spezifikation und
Schnittstellen-
definition

Anbindung
an die
genutzten
Frameworks

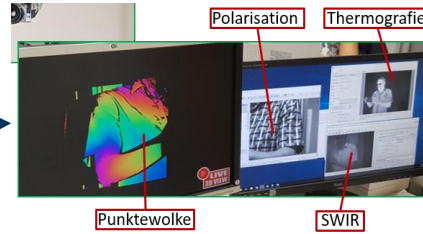
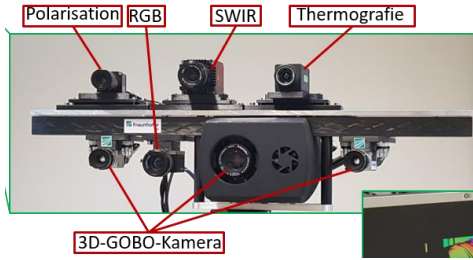
Optimierung Hinderniserkennung

Hardwareoptimierung

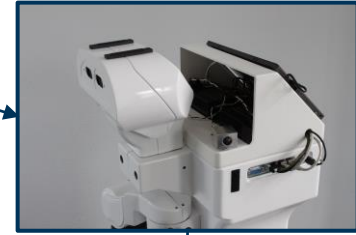
Zuarbeiten
für:
 TUI-NIKR



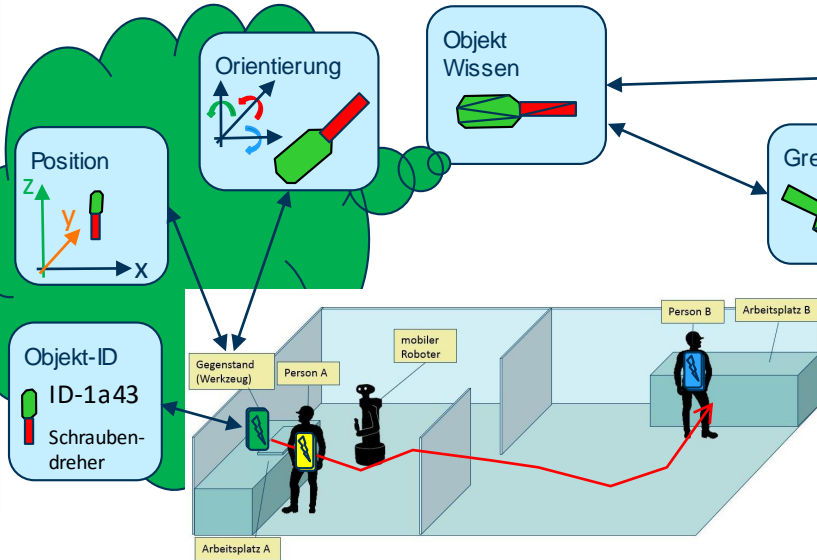
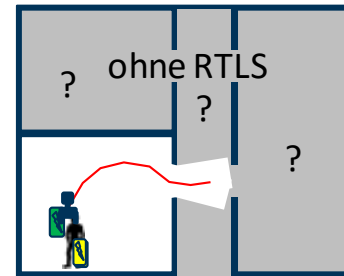
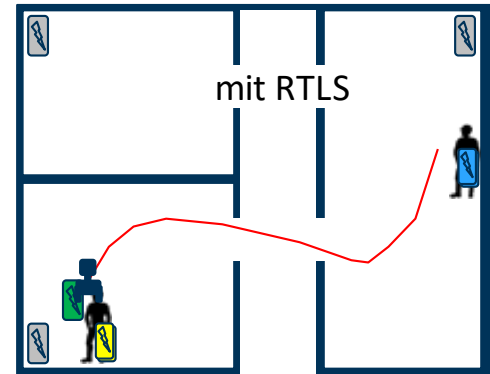
Software Schnittstellen / Anbindung an ROS & MIRA



TIAGo



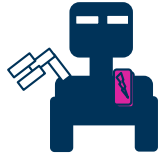
Softwareplattform



RTLS ROS & MIRA Schnittstelle / Firmware Optimierung

```

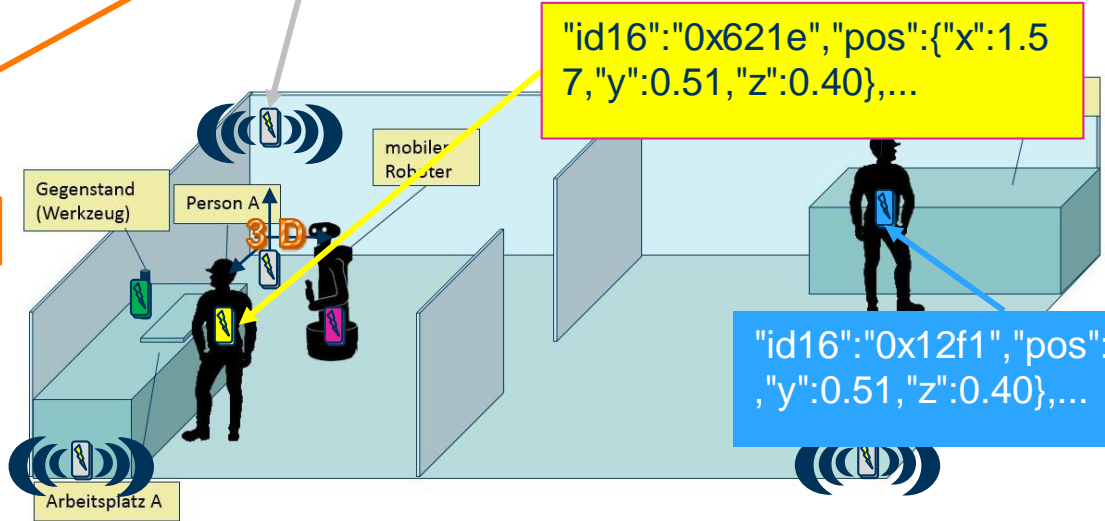
{"t":94584,"id16":"0x371a","pos":{"x":0.27,"y":0.00,"z":0.00},"me
an":{"x":0.29,"y":0.00,"z":0.00},"imu":{"h":0.00,"r":-7.88,"p":-
6.38},"nom":2804,"noga":1,"nora":1,"dof":1,"al":[".], "tl":[".]}
    
```



```

„tl“:[{blue}, {yellow}, {green}]
    
```

Alle Informationen sind im Netz bekannt und werden an ROS / Mira weitergeleitet!



```

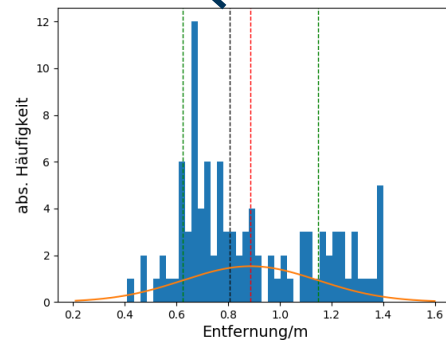
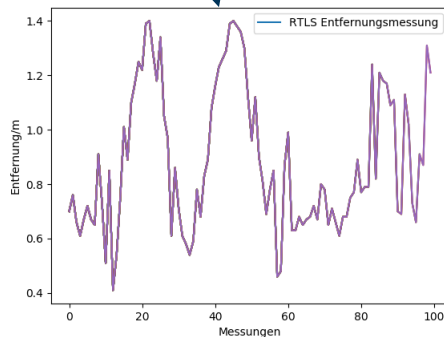
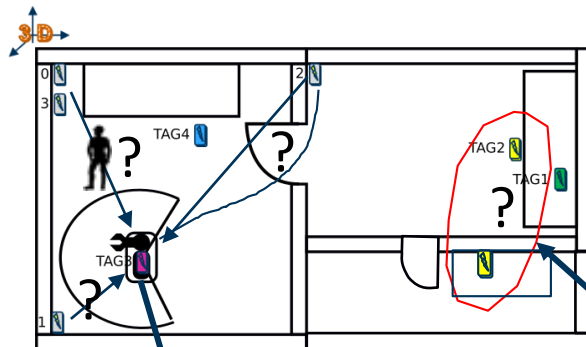
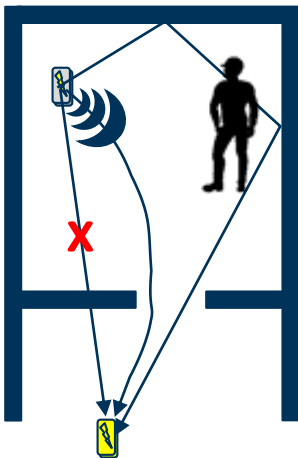
"id16":"0x621e","pos":{"x":1.57,"y":0.51,"z":0.40},...
    
```

```

"id16":"0x12f1","pos":{"x":1.57,"y":0.51,"z":0.40},...
    
```

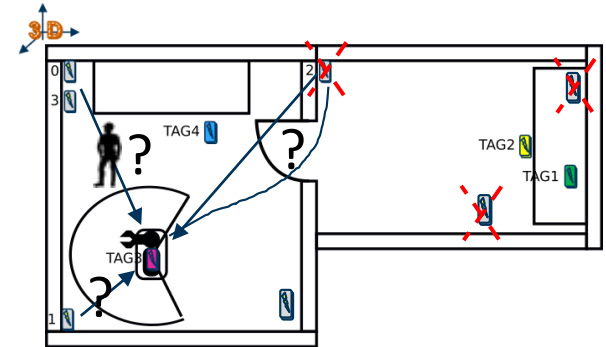
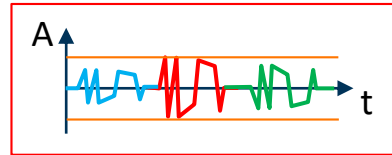
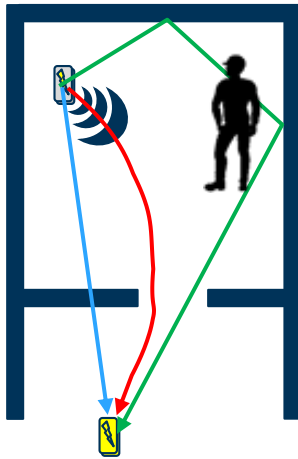
Positionierungsfehler und Optimierung

Positionen kann jedoch Fehlerhaft sein!

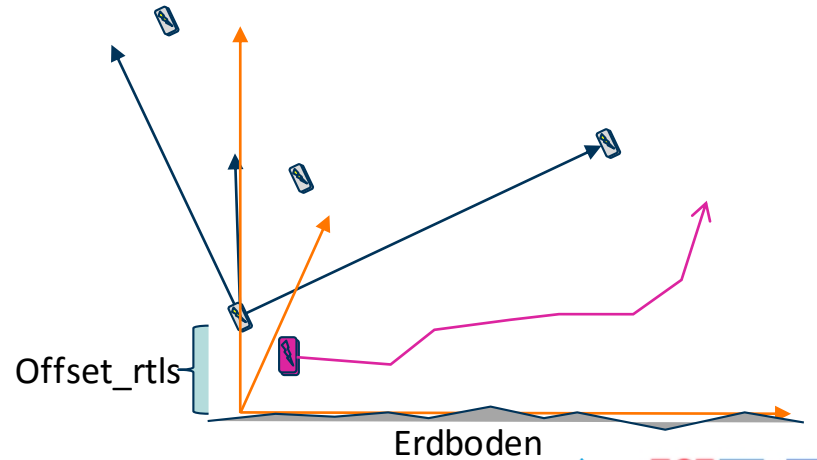
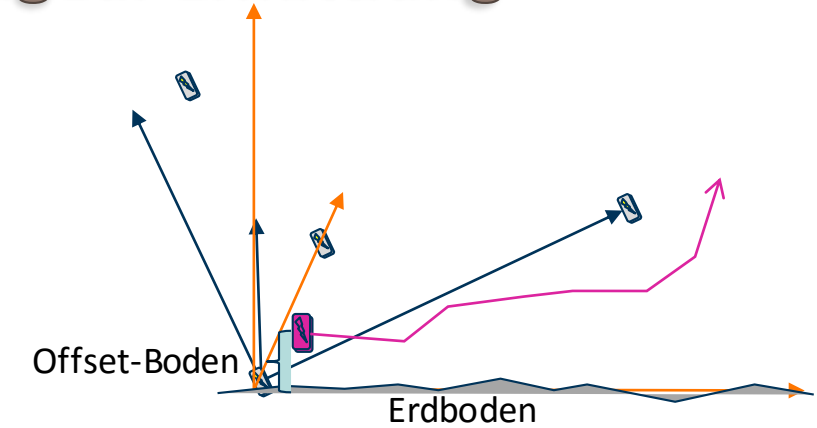
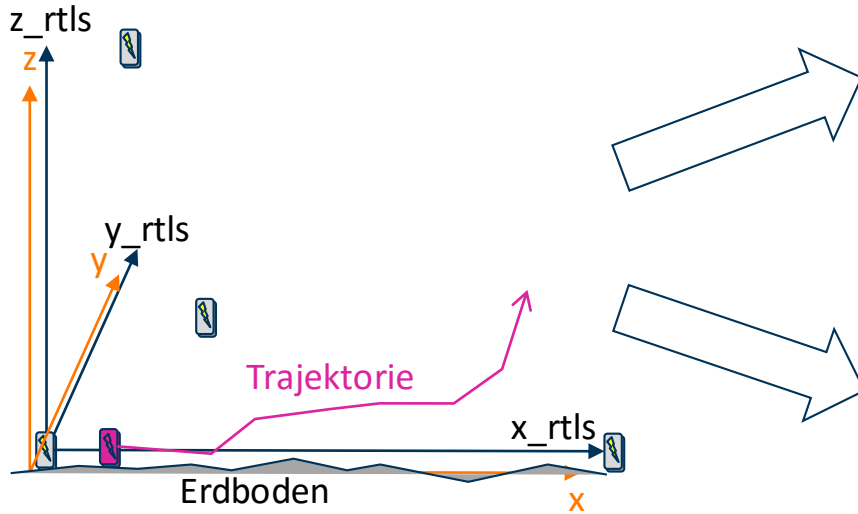


Firmwareanpassungen

- Lösung Firmware Erweiterung
 - Informationen zur Signalqualität
 - Berechnung der Signalleistung des ersten Übertragungspfades
 - Optimierung der verwendeten Anker



Statistische Versuchsplanung zur Ermittlung weiterer Einflussfaktoren



Ziel: Optimale Anordnung der Anker / Richtlinie zur Anordnung

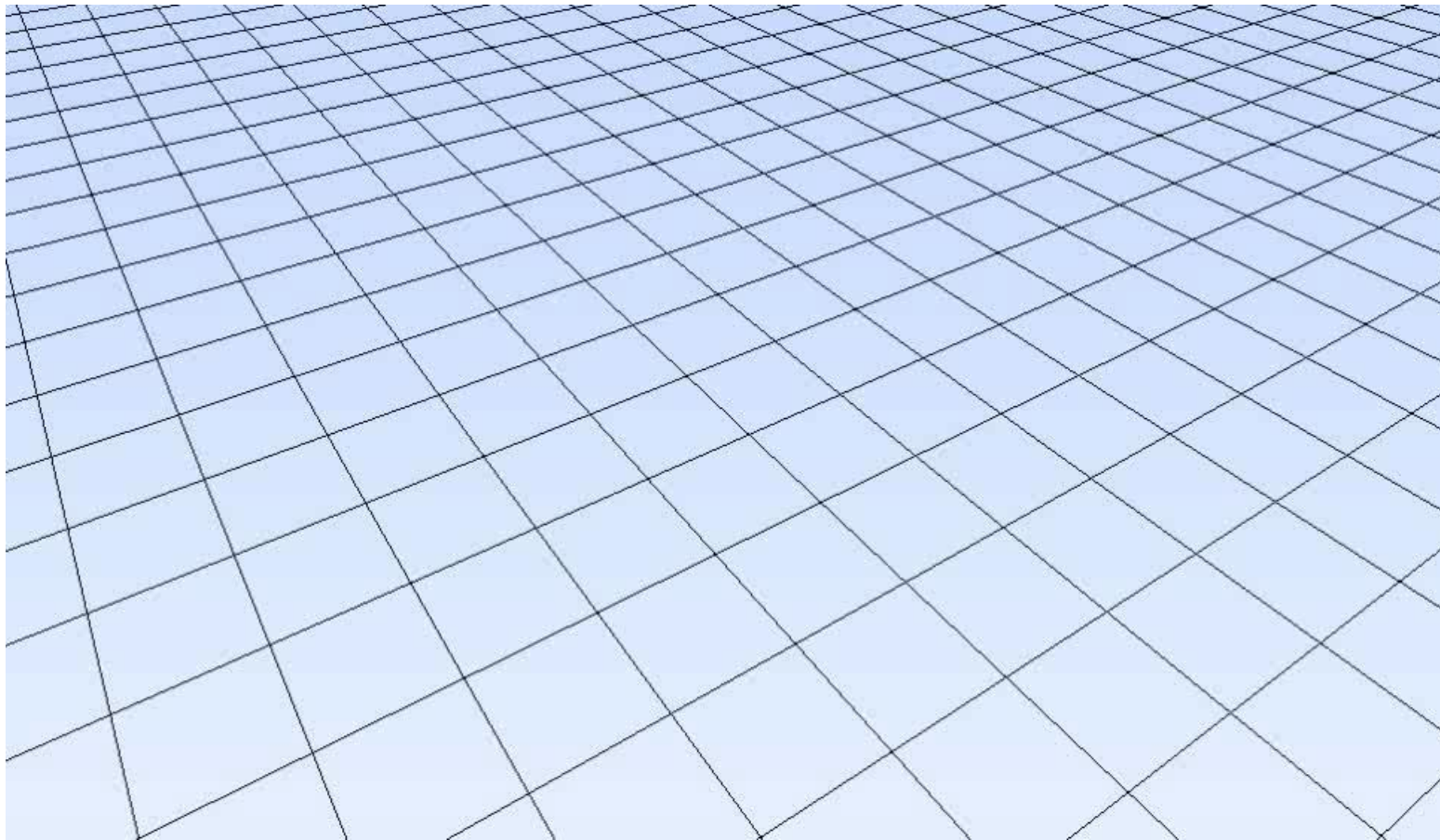
Studentische Arbeiten / Veröffentlichungen

- Projektarbeit:
 - Tony Schneider, Nicolas Schmitt: Bestimmung materialabhängiger Messfehler beim Einsatz von RTLS Lokalisierungssystem
- Veröffentlichung:
 - N. Fränzel, N. Greifzu, M. Schneider, A. Wenzel: Robuste Lokalisierung in drahtlosen Sensornetzwerken, Tag der Forscher, HSM-Print, 2020
- Masterprojekt (geplant):
 - Sasi Kumar Selvaraj: Implementation for RTLS localisation in ROS and rviz
 - Stephan Hintz, Adrian Herrman, Nicolas Schmitt: Messfehlerbestimmung im 3D-Raum von UWB Signalen zur Indoor-Navigation mit RTLS

Ausblick

- Messungen mit NLOS Verbindungen
- 3D Scan des Labors / Testumgebung (Corona-Unabhängig)
- Versuchsaufbau Abhängigkeit unterschiedlicher Einflussfaktoren zur Wellenausbreitung (+Ausweichszenario)
- Laboraufbau mit RTLS und TIAGo in Ilmenau (+Fernanleitung beim Aufbau)
- Anpassung in der Berechnung für die Positionsbestimmung (Untersuchung andere Algorithmen und Optimierungen mit Python)

Testaufzeichnung mit realen Messdaten im MIRA



Agenda

13:00	Prof. Groß	Begrüßung der Teilnehmer und Einführung zu den Eckdaten des Projektes im 2. Halbjahr	
13:15	Dr. Müller	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-NIKR	
13:40	M.Sc. Zhang	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-QBV	
14:05	M.Sc. Schneider	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von HSM	
	14:30	Dr. Garten	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von GFE
14:55		Diskussion mit dem Beirat zur Schwerpunktsetzung und Vorgehensweise	

Forscherguppe SONARO

Smarte Objektübernahme und –übergabe für die
nutzerzentrierte mobile Assistenzrobotik

Beiratstreffen am 26.05.2020

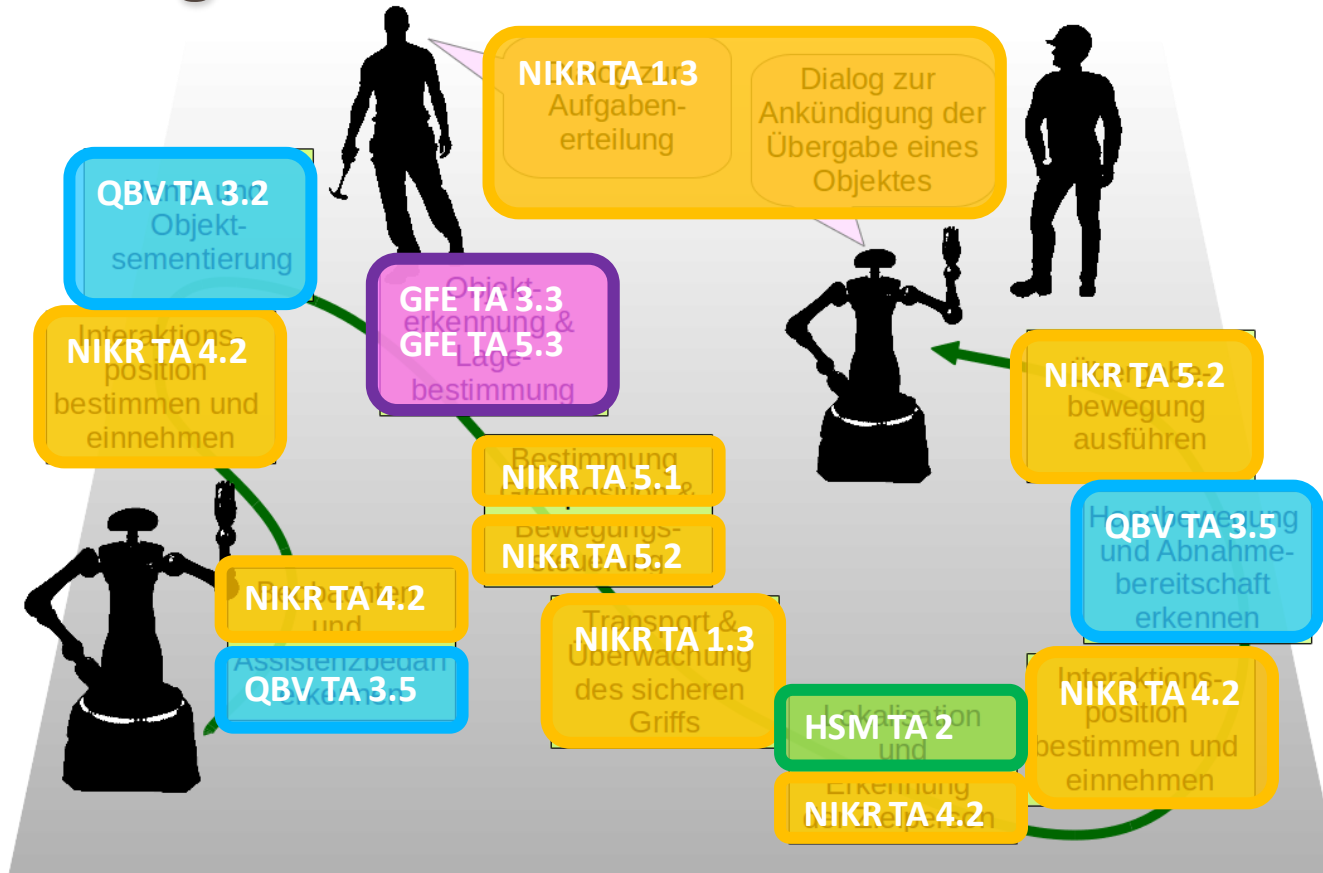
Vorstellung der Arbeiten von GFE Schmalkalden e. V.

Dr. Daniel Garten

www.sonaro-projekt.de



Einordnung der GFE in SONARO



Zielstellung

- **Objekttracking, -klassifikation und Lageerkennung**
 - Untersuchungen zur Auswahl geeigneter Verfahren der Objektlokalisierung (Deep-Learning, klassische maschinelle Lernverfahren oder Verfahren des direkten Vergleiches der segmentierten 3D-Punkte wie ICP - Iterative-Closest-Point)
 - Erstellung eines parametrischen Modell des zu greifenden Gegenstands
 - kontinuierliche Aktualisierung der Lage des Gegenstandes als Basis für das Greifen durch den Roboter
 - Entwicklung von Prognosemodellen für die Schätzung der zukünftigen Objektposition (z. B. Kalman-Filter)

Detailierter Arbeitsplan

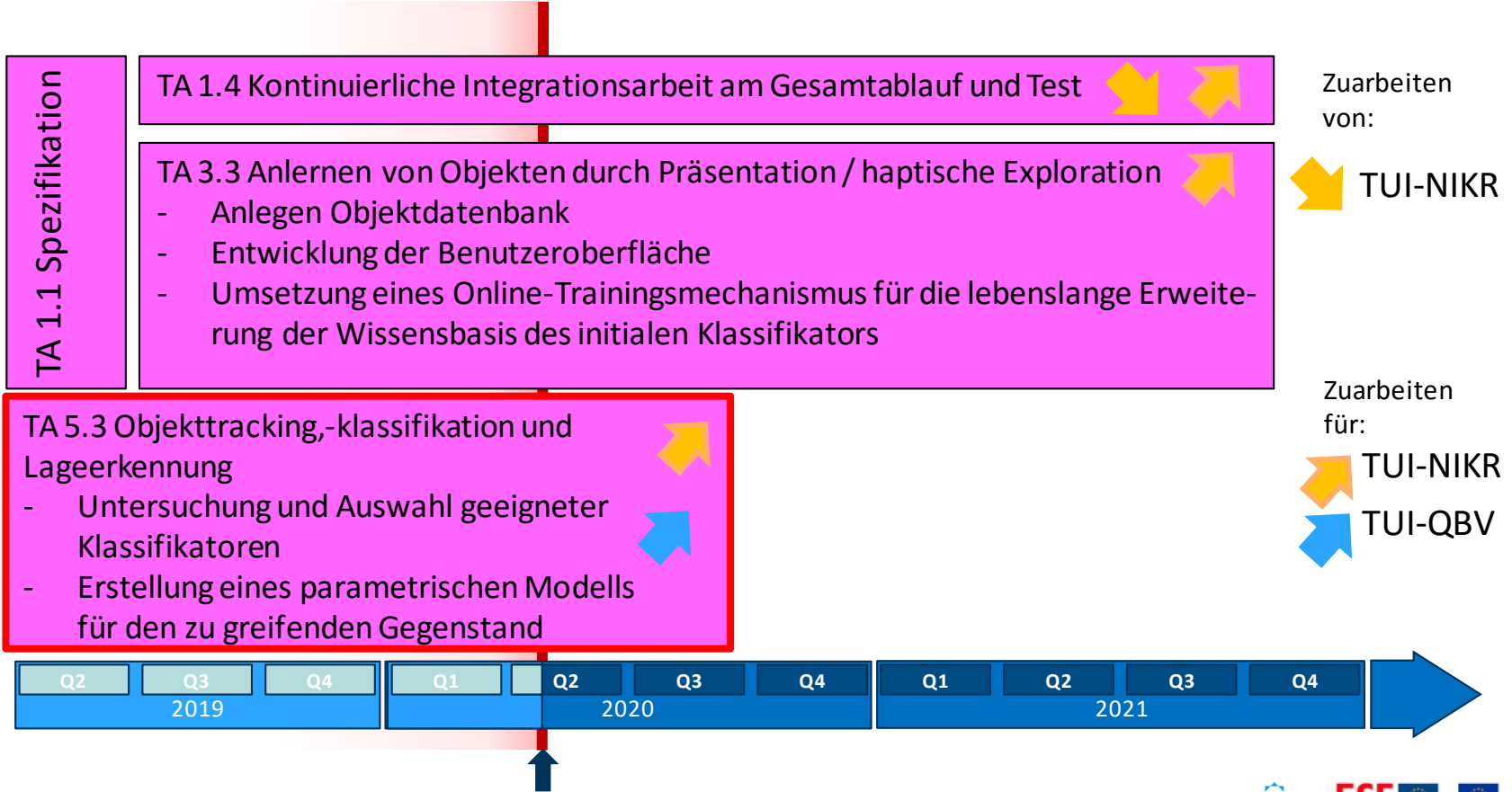
Teilaufgaben (TA) und Lösungsansatz:	Umfang
TA 1.1: Anforderungsanalyse, Spezifikation und Schnittstellendefinition (abgeschlossen) Das angestrebte Szenario wird in methodische Teilleistungen zerlegt	1 PM
TA 1.4: Integration der Teilleistungen und kontinuierlicher Funktionstest (fortlaufend in Bearbeitung) Die entwickelten Verfahren der Partner werden fusioniert und in den Demonstrator integriert	2 PM
TA 3.3: Objekttracking, -klassifikation und Lageerkennung (aktuell in Bearbeitung) <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungen zur Auswahl geeigneter Verfahren der Objektlokalisierung (Deep-Learning, klassische maschinelle Lernverfahren oder Verfahren des direkten Vergleiches der segmentierten 3D-Punkte wie ICP - Iterative-Closest-Point [Rusinkiewicz 2001]) • Entwicklung von Verfahren zur Schätzung der Bewegungsparameter (Bewegungsbahn [Trajekturen], Bewegungsgeschwindigkeit) durch geeignete Verfahren wie z. B. [Hahn 2008] oder Kalman-Filter • Test der Verfahren 	10 PM
TA 5.3: Anlernen von Objekten durch Präsentation und haptische Exploration (aktuell in Bearbeitung) <ul style="list-style-type: none"> • Anlegen einer Objektdatenbank mit charakteristischen Greifposen und weiteren Metainformationen für den sicheren Transport und die natürliche Übergabe. • Entwicklung der Nutzeroberfläche bzw. Steuerung für die Erweiterung der Wissensbasis • Umsetzung eines Online-Trainingsmechanismus für die lebenslange Erweiterung der Wissensbasis des initialen Klassifikators 	7 PM



Teilnahme an CIRP Winter Meetings, 19. – 22.02.2020, Paris

- Treffen der „**THE INTERNATIONAL ACADEMY FOR PRODUCTION ENGINEERING**“ mit technischen Präsentationen, Keynotes sowie Laborpräsentationen
- Kurzvorstellung des Projektes während des Überblicks der FuE-Tätigkeiten der GFE im Rahmen einer Laborpräsentation

Arbeitsplan für GFE über die Projektlaufzeit



Stand der Arbeiten der GFE

Umsetzung eines Deep-Learning-basierten Ansatzes zur Schätzung des zu greifenden Objekts anhand von 2D Bildern

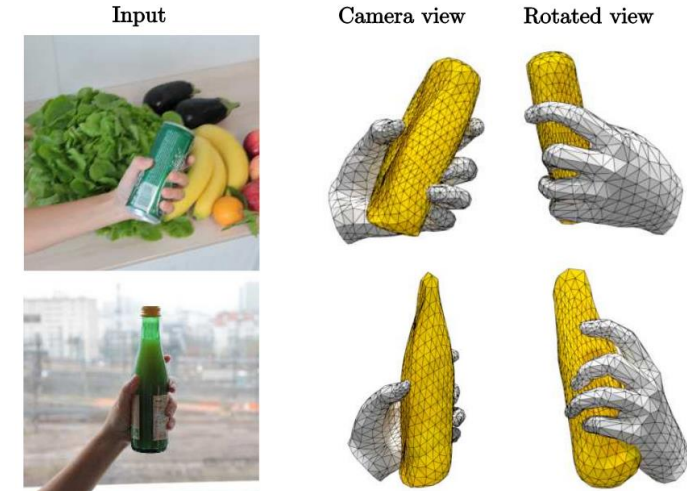
Hasson, Yana, et al. "Learning joint reconstruction of hands and manipulated objects." Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2019.

▪ Erreichter Stand:

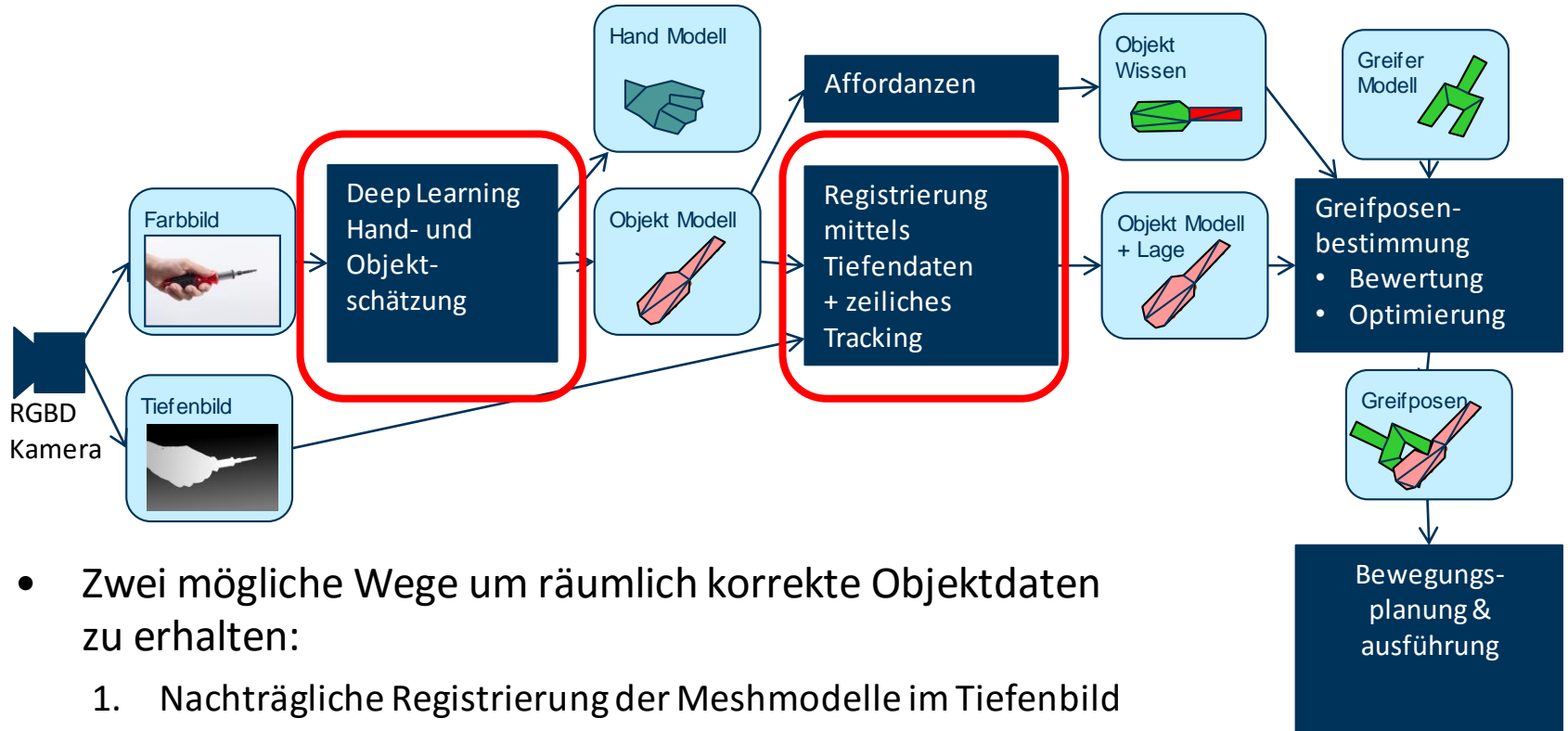
- Erkennung von alltäglichen Gegenständen sowie Regelgeometrien
- Ausgabe der geschätzten Meshes von Hand und Objekt (ohne metrische Skalierung)

• Weiteres Vorgehen:

- Fusion der Meshes mit 3D-Daten der Tiefenkameras des Roboters zur metrischen Skalierung der Objekt-Meshes



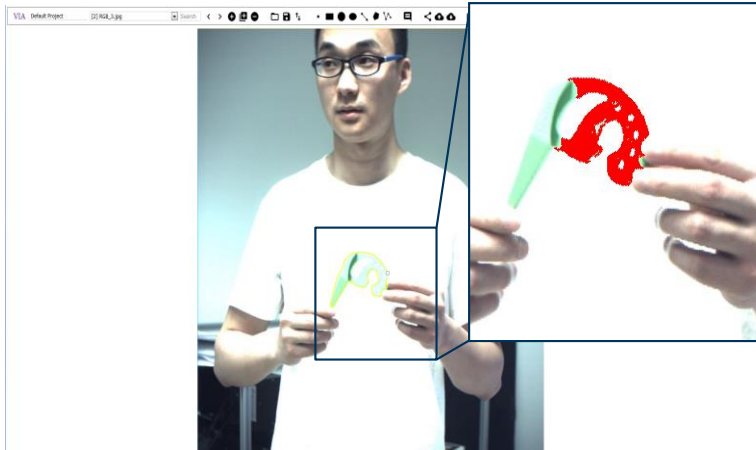
Datenverarbeitungspipeline (b) für den Zugriff



- Zwei mögliche Wege um räumlich korrekte Objektdaten zu erhalten:
 1. Nachträgliche Registrierung der Meshmodelle im Tiefenbild
 2. Erweiterung der Netzwerkarchitektur um Tiefenbilder als Eingang

Anlernen von Objekten durch Präsentation

Bisheriger Ansatz: Halbautomatische Annotation von Objekt und Hand



Neuer Ansatz: Vollautomatische Generierung von Objekt und Hand



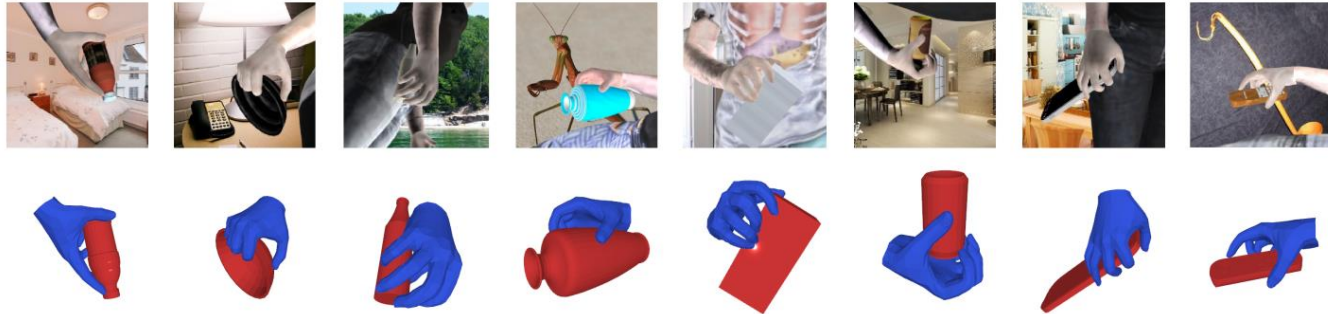
- Annotation von Hand und Objekt im Bild als Grundlage für das Training der Erkennungsroutinen
- Umsetzung eines halbautomatischen Verfahrens auf Basis von Region-Growing

- Rendern synthetischer Hand-Objekt-Bilder und Meshes mit Blender (Open-source-Tool für Erzeugung von Computergrafiken)
- Verwendung des Ansatzes aus [github.com/hassony2/obman_render]

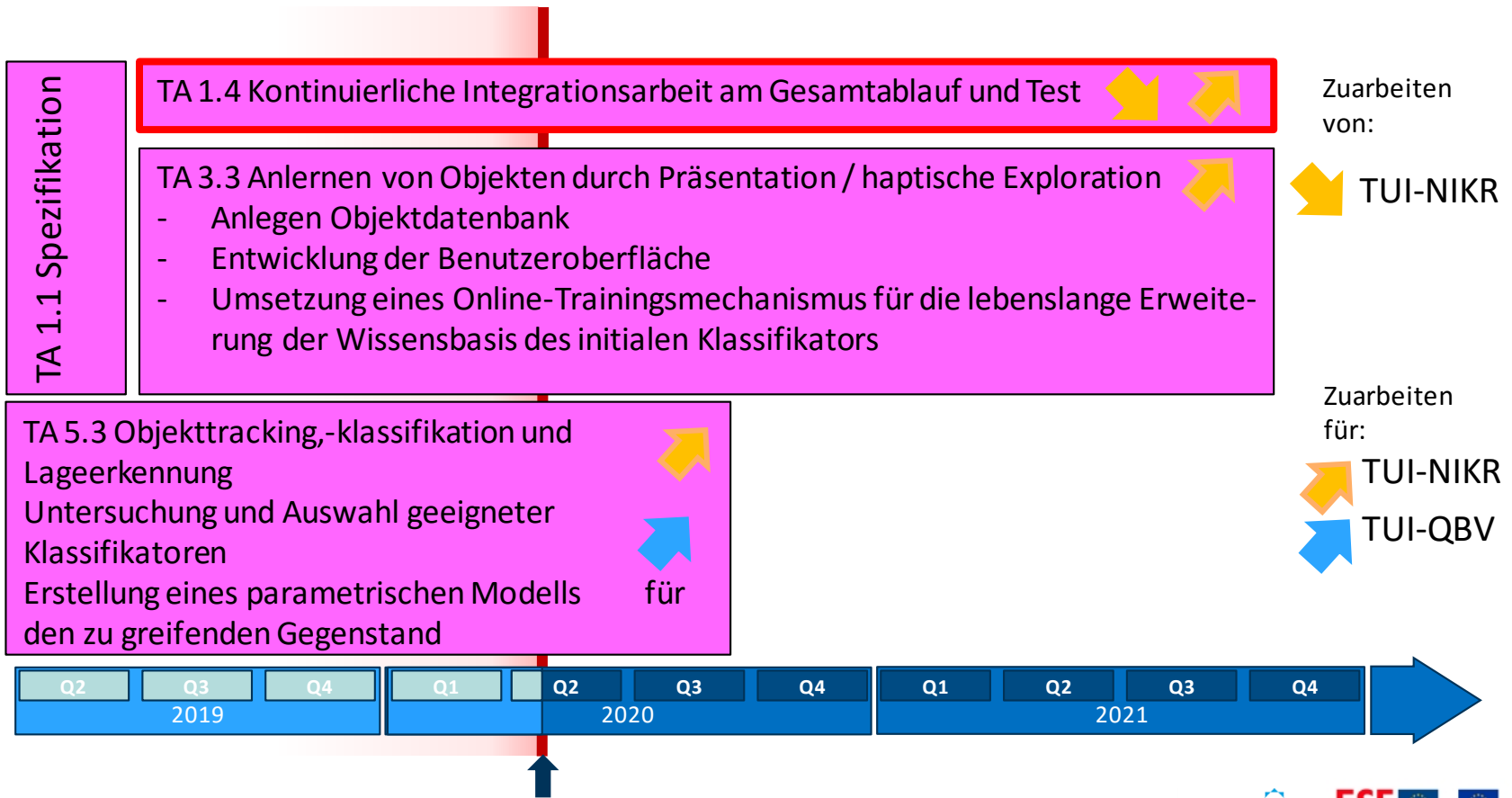
Obman-Datensatz

- Grundlage der Algorithmen aus [HAS2019] bildet der Obman-Datensatz (synthetic **Object Manipulation**):
<https://www.di.ens.fr/willow/research/obman/data/>
 (verfügbar nach Registrierung und Prüfung des Einsatzes in FuE)

Daten aus GraspIt sowie dem CMU Graphics Lab Motion Capture Database



Arbeitsplan für GFE über die Projektlaufzeit

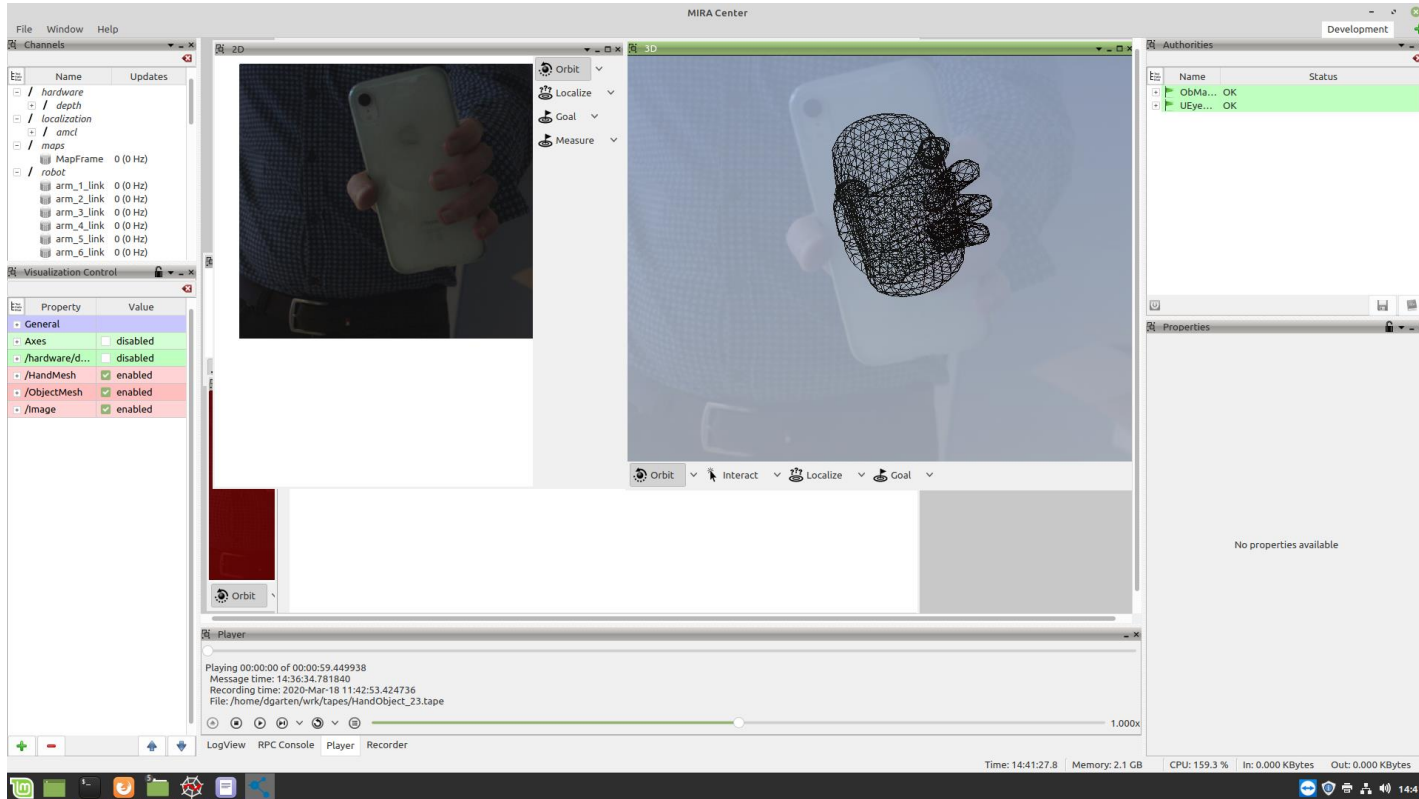


Stand der Integration in die Roboterumgebung MIRA

- **Erreichter Stand:**
 - Bildaufnahme eines Streams von uEye-Kamera
 - Integration des Verfahrens in MIRA Unit
 - Durchführung der Objekterkennung mit ca. 3 bis 5 Frames pro Sekunde auf NVIDIA Jetson Xavier im Roboter
 - Visualisierung von Hand-Mesh und Objekt-Mesh
- **Weiteres Vorgehen:**
 - Aufnahme von RGB-D Daten für die weitere Evaluation des Verfahrens auf der Zielplattform

Stand der Integration in die Roboterumgebung MIRA

Beispiel der Erkennung eines Mobiltelefons



Stand der Integration in die Roboterumgebung MIRA

Beispiel der Erkennung einer Kaffeetasse

The screenshot displays the MIRA Center software interface. On the left, there is a 'Channels' panel with a tree view showing 'hardware', 'depth', 'localization', 'amcl', 'maps', and 'robot' with various sub-entries like 'MapFrame' and 'arm_1_link'. Below it is a 'Visualization Control' panel with a table of properties and their values.

Property	Value
General	
Axes	<input type="checkbox"/> disabled
/hardware/d...	<input type="checkbox"/> disabled
/HandMesh	<input checked="" type="checkbox"/> enabled
/ObjectMesh	<input checked="" type="checkbox"/> enabled
/Image	<input checked="" type="checkbox"/> enabled

The main area is split into two views: a 2D camera view on the left showing a hand holding a white coffee cup, and a 3D view on the right showing a wireframe mesh of the same cup. A red text overlay 'Live-Bild RGB-Kamera' is positioned over the 2D view, and another red text overlay 'geschätztes Mesh von Hand und Objekt' is positioned over the 3D view.

At the bottom, there is a 'Player' panel with playback controls and a log console showing recording information: 'Playing 00:00:00 of 00:00:59.449938', 'Message time: 14:36:34.781840', 'Recording time: 2020-Mar-18 11:42:53.424736', and 'File: /home/dgarten/wrk/tapes/HandObject_23.tape'. The system tray at the very bottom shows system time (14:43:16.8), memory usage (2.1 GB), CPU usage (163.3%), and network activity.

Live-Demo

Objekt- und Handsegmentierung

Zusammenfassung

1. Nachtrainieren des Verfahrens mit zusätzlichen Objekt-Meshes sowie Anpassung des Ergebnis-Meshes an die Daten des Tiefensensors zur Bestimmung der Objektlage in Roboter- bzw. Globalkoordinaten sind derzeitiger Forschungsgegenstand
2. Nachtrainieren kann aufgrund der Verwendung synthetischer Daten ohne Roboter und ohne agierende Menschen erfolgen
3. Die Objekterkennung ist mit ca. 3 – 5 fps ausreichend schnell
4. Bei zu starker Neigung des Objektes sowie unscharfer Abbildung kommt es zu Erkennungsfehlern
5. Ergebnis des Erkennungsprozesses sind Objekt-Meshes (Tracking, Lokalisation möglich) und keine Objektklassen
=> Erweiterung um Klassifikation ist nötig

13:00	Prof. Groß	Begrüßung der Teilnehmer und Einführung zu den Eckdaten des Projektes im 2. Halbjahr
13:15	Dr. Müller	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-NIKR
13:40	M.Sc. Zhang	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von TUI-QBV
14:05	M.Sc. Schneider	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von HSM
14:30	Dr. Garten	Fortschrittsbericht und Ausblick zu den Arbeitspaketen von GFE
 14:55		Diskussion mit dem Beirat zur Schwerpunktsetzung und Vorgehensweise

Forscherguppe SONARO

Smarte Objektübernahme und –übergabe für die
nutzerzentrierte mobile Assistenzrobotik

Beiratstreffen am 26.5.2020


Grobplanung für die restliche Projektlaufzeit /

Diskussion mit dem Beirat

www.sonaro-projekt.de



Präzisierung der Grobplanung/Zielfunktionalitäten für die kommenden zwei Jahre

Milestones	Monat	Beschreibung
MS1 	01/2020	Roboter betriebsbereit, kann Personen wahrnehmen und autonom navigieren
MS2	07/2020	Mobile RTLS-Flares sind funktionsfähig und in Demonstrator integriert
MS3	07/2020	Multispektraler 3D-Sensor ist betriebsbereit und auf Roboter integriert
MS4	01/2021	Präsentierte Objekte können von Hand getrennt, klassifiziert und im Raum getrackt werden
MS5	11/2021	Roboter kann im vollständigen Ablauf Gegenstände von Person A greifen und bei B wieder übergeben
MS6	01/2022	Die Leistungsfähigkeit des Systems ist evaluiert

Diskussionspunkte

- ...
- ...