

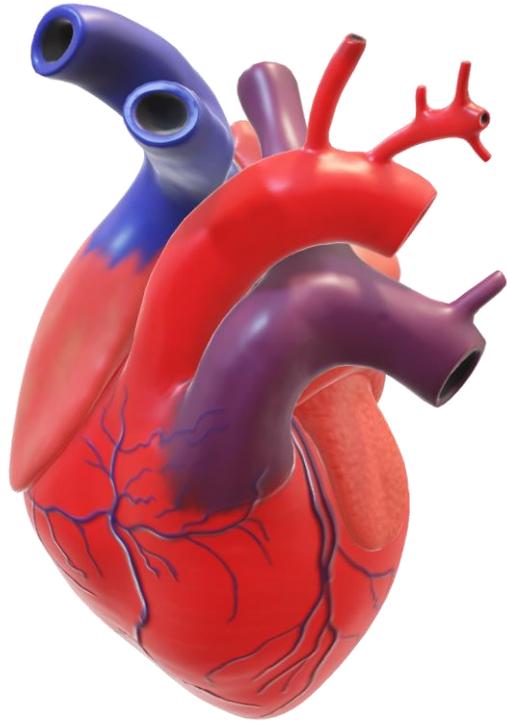
Digital Health
Lab Düsseldorf



5G Mixed-Reality Assistenzsystem

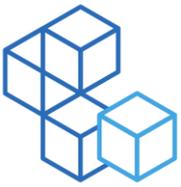
Chancen und Herausforderungen bei der Entwicklung eines auf Mixed-Reality basierenden 5G-Telementoringsystems

Referenten: M.Sc. Roman Bibo, M.Sc. Bastian Dewitz



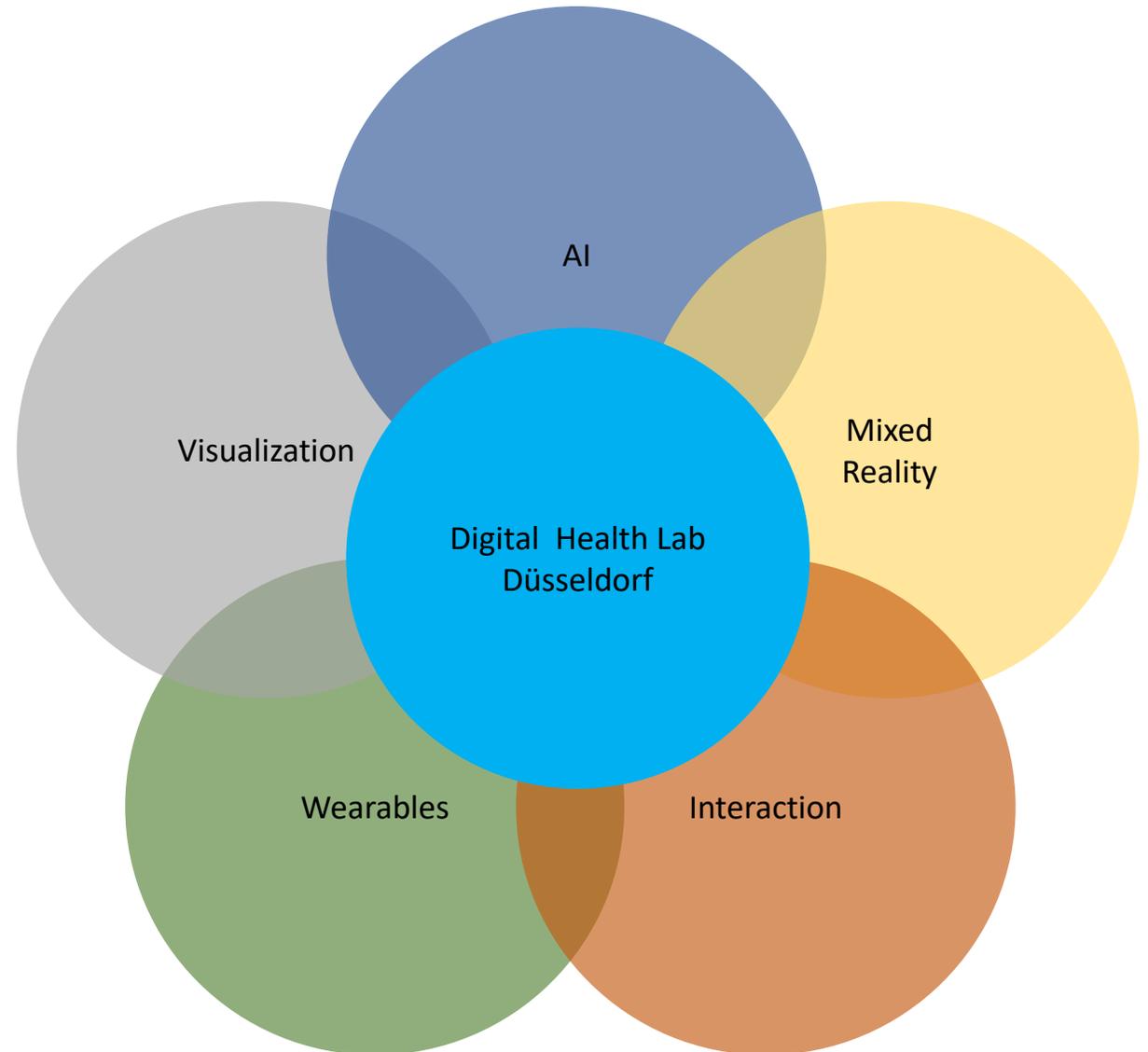
Agenda

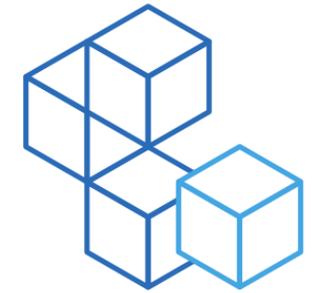
- Vorstellung DHLD
- Ablauf Herztransplantation
- Projektidee & Chancen
- Technische Herausforderungen bei der Entwicklung
- Nexts Steps
- Ausblick
- Diskussion



Digital Health Lab Düsseldorf

- Gegründet April 2019 an der Klinik für Herzchirurgie
- Leitung **Dr. Hug Aubin & Dr. Falko Schmid**
- 5 wissenschaftliche Mitarbeiter + Studierende & Praktikant*innen
- Konsequenz interdisziplinär
- **Informatische Forschung und Entwicklung**
- Klinische und medizinische Expertise
- Ziel: **klinische Digital Health Forschung direkt im OP und Patientenbett**





Ablauf Herztransplantation



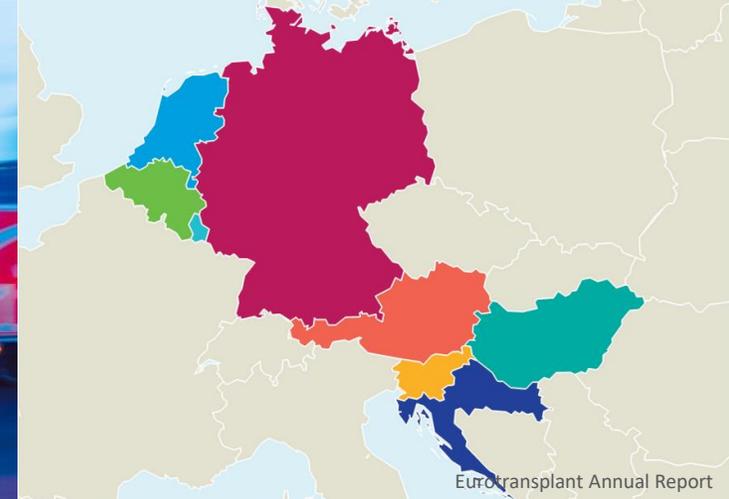
Herztransplantation

Gegebenheiten

- Wenige Spenderorgane
- Lange Wartelisten
- Spenderorgane aus Eurotransplant Ländern
- **Komplexe Logistik**
- **Begrenzte Zeit**
- Von Explantation bis Implantation in idealerweise weniger als 4 Stunden



Photo by Camilo jimenez on [Unsplash](#)



Eurotransplant Annual Report



[macrovector - de.freeik.com](#)



DRF Luftrettung
Photo by Tobias Klein

Herztransplantation

Ablauf

- Zwei Teams arbeiten parallel
- **Entnahme** des Spenderorgans **in externem Krankenhaus**
- Vorbereitung der Patient*innen für die Implantation und **Implantation** des Spenderorgans

Experience Gap



Photo on [Unsplash](#)

Vorbereitung der Implantation



Photo on [Unsplash](#)

Explantation des Spenderorgans

Herztransplantation

Explantation

- **Beurteilung** über die Eignung **des Organs vor Ort**
- **Zeitkritisch** Operation
- **Wenig Platz am OP-Tisch**, da auch andere Organe zeitgleich explantiert werden
- **Rücksprache und Organbewertung** mit implantierendem Team am UKD derzeit **über Telefon**

Experience Gap



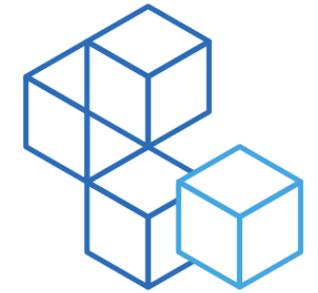
Photo on [Unsplash](#)

Vorbereitung der Implantation



Photo on [Unsplash](#)

Explantation des Spenderorgans



Projekt: 5G HTX

- Ziel
- Endgeräte
- Aufbau



Projektvorhaben

Ziel

- Entwicklung eines **Mixed-Reality Assistenzsystem** für die Unterstützung von Herzexplantationsoperationen in externen Krankenhäusern
- **Live Stream der Explantations-OP** an das UKD
- Kommunikation zwischen externem Krankenhaus und UKD
- Visuelle Interaktion und Annotationen
- Nutzung von **AR** und **VR**
- **Latenzarme Datenübertragung via 5G** und Edge Computing





Projektvorhaben

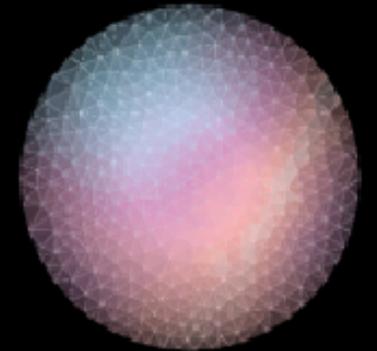
Mixed Reality

PHYSICAL WORLD



AUGMENTED REALITY

DIGITAL WORLD



VIRTUAL REALITY

MIXED REALITY SPECTRUM

Quelle: Microsoft





Projektvorhaben

Microsoft HoloLens

- Autarkes System
 - Akkubetrieb
 - Kabel ungebunden
 - Kein zusätzlicher PC nötig
 - **Out-Of-The-Box Betrieb**
- Sensorik
 - **Farbkamera**
 - **Tiefensensor**
 - 4x Schwarz/Weiß Kameras für Raumtracking
 - Inertial Measurement Unit (IMU)
- Nutzung
 - **Explanation**
 - Aufnahme/Streaming der OP
 - Darstellung von Annotationen des Implantationsteams





Projektvorhaben

HTC Vive Pro

- Kein Autarkes System
 - Zusätzlicher PC nötig
 - Kabelgebunden
 - Aufwändiges Set-Up
 - **Nicht für OP geeignet**
- Input Devices
 - Controller
- Nutzung
 - Assistenzsystem
 - **Darstellung der Explantations-OP in VR**
 - Annotationen für das Implantationsteam

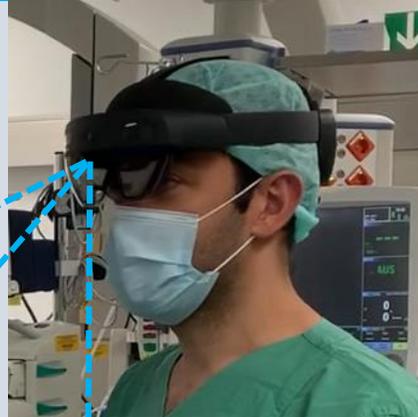




Projektvorhaben

Mixed-Reality Assistierte Herztransplantation

Live Recording durch Explantationsteam



5G Mobilfunknetz

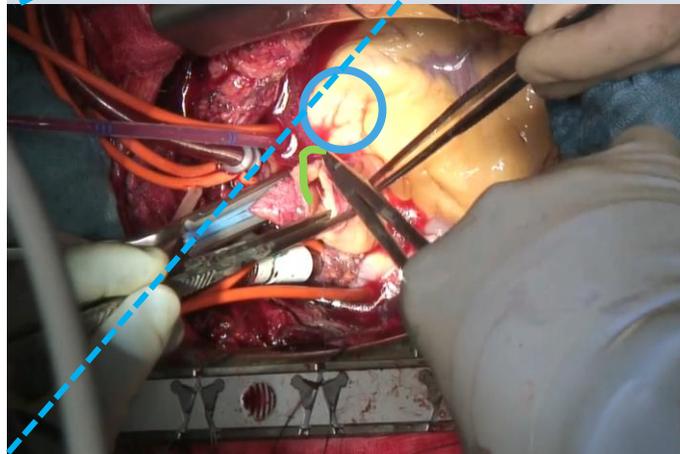
Video Stream

Audio Stream

Gemeinsame Nutzung
medizinischer Daten

Holografische
Annotationen

Unterstützung durch Implantationsteam





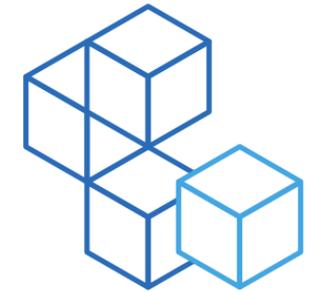
Projektvorhaben

Chancen eines Mixed-Reality Assistenzsystems

- **Bessere Kommunikation** zwischen dem Explantations- und Implantationsteam
- Gemeinsame Entscheidung über die Eignung des Spenderherzens
- **Schnellerer Entscheidungsprozess**
- **Höhere Kompatibilität des Organs**

- Übertragbar auf andere Operationen
- Operationen könnten in 3D gefilmt und für die Lehre genutzt werden





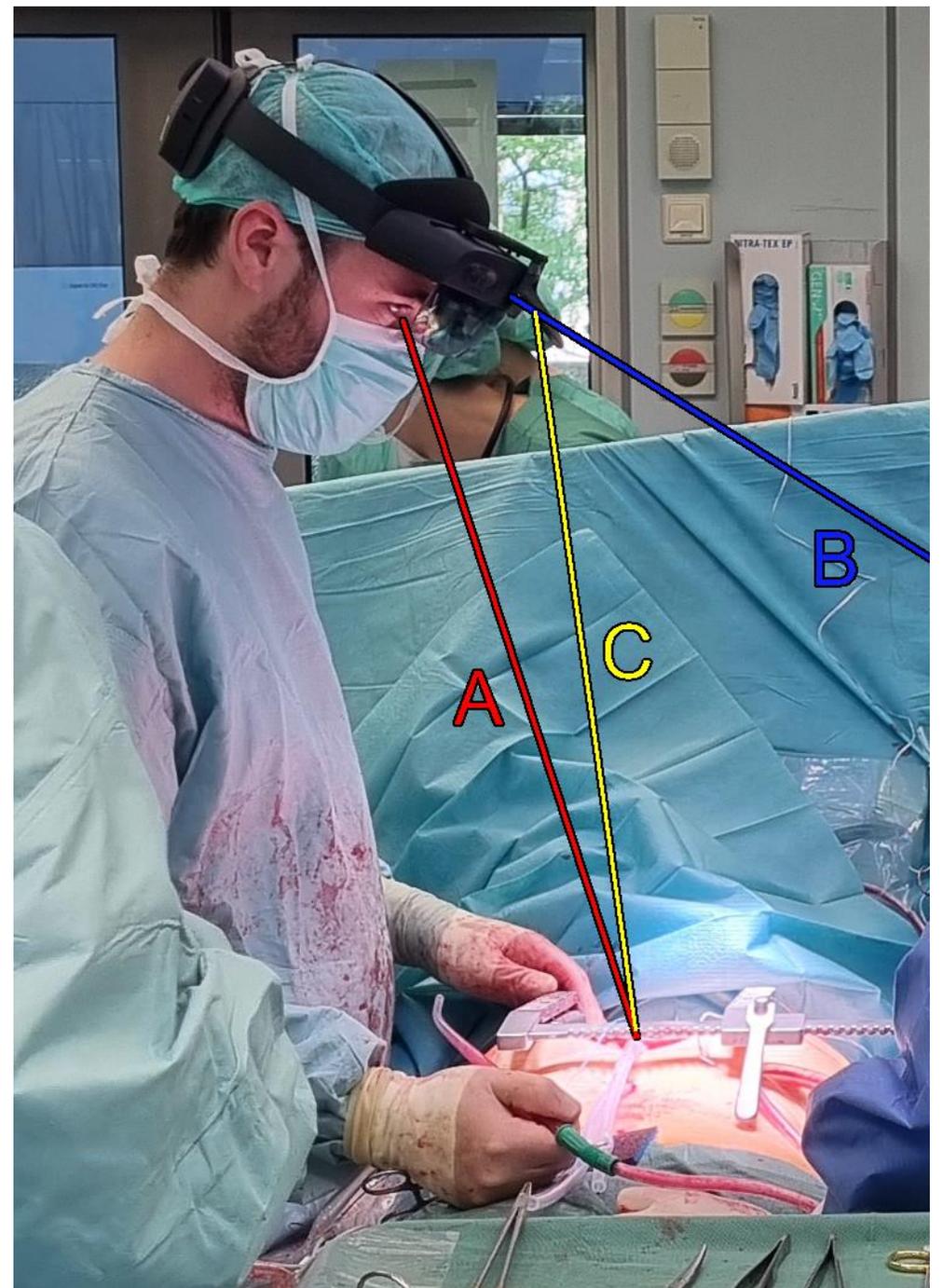
Technische Herausforderungen

- Modifikation der HoloLens 2
- Datenübertragung
- 3D Rekonstruktion



Modifikation HoloLens 2

- Operationen werden idR mit Lupenbrillen durchgeführt
- Kopf ist leicht geneigt
- HoloLens 2 Kamera ist geradlinig ausgerichtet (B)
- HoloLens 2 Kamera bildet nur teilweise den relevanten Bereich ab
- **Umlenkung des Kamerabildes (C)**





Herausforderungen

Modifikation HoloLens 2

- **Änderung der Blickrichtung** der Farbkamera
- Selbst entwickelte **3D gedruckte, modulare Halterung** für
 - **Spiegel**
 - **Prisma**
 - **Vergrößerungslinse**
- Blende für Tiefensensor
 - Vermeidung von Fehlmessungen
- Befestigung mittels Schrauben





Herausforderungen
Modifikation HoloLens 2

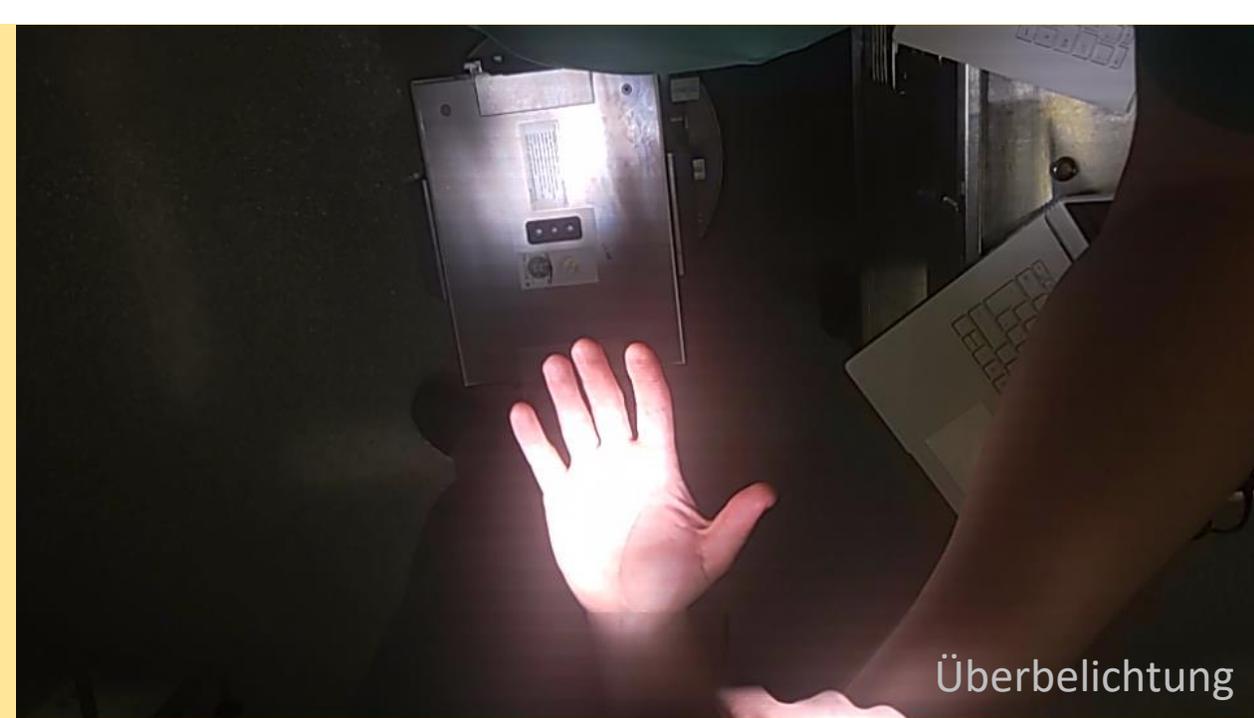


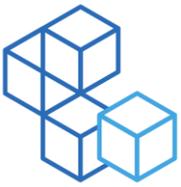


Herausforderungen

Modifikation HoloLens 2

- **Sehr helle Lichtsituation** durch OP-Lampen und Stirnlampen
- Standardmäßige, **automatische Belichtungseinstellung** der HoloLens **führt zu überbelichteten Bildern**
- **Verlust von Informationen und Details**
- **Softwareseitige Korrektur und manuelles Einstellen** der Belichtungssituation
- **Rolling Shutter Artefakte**
- Reduktion des einfallenden Lichts durch **Einsatz von Neutraldichte Filtern**, die das einfallende Licht reduzieren

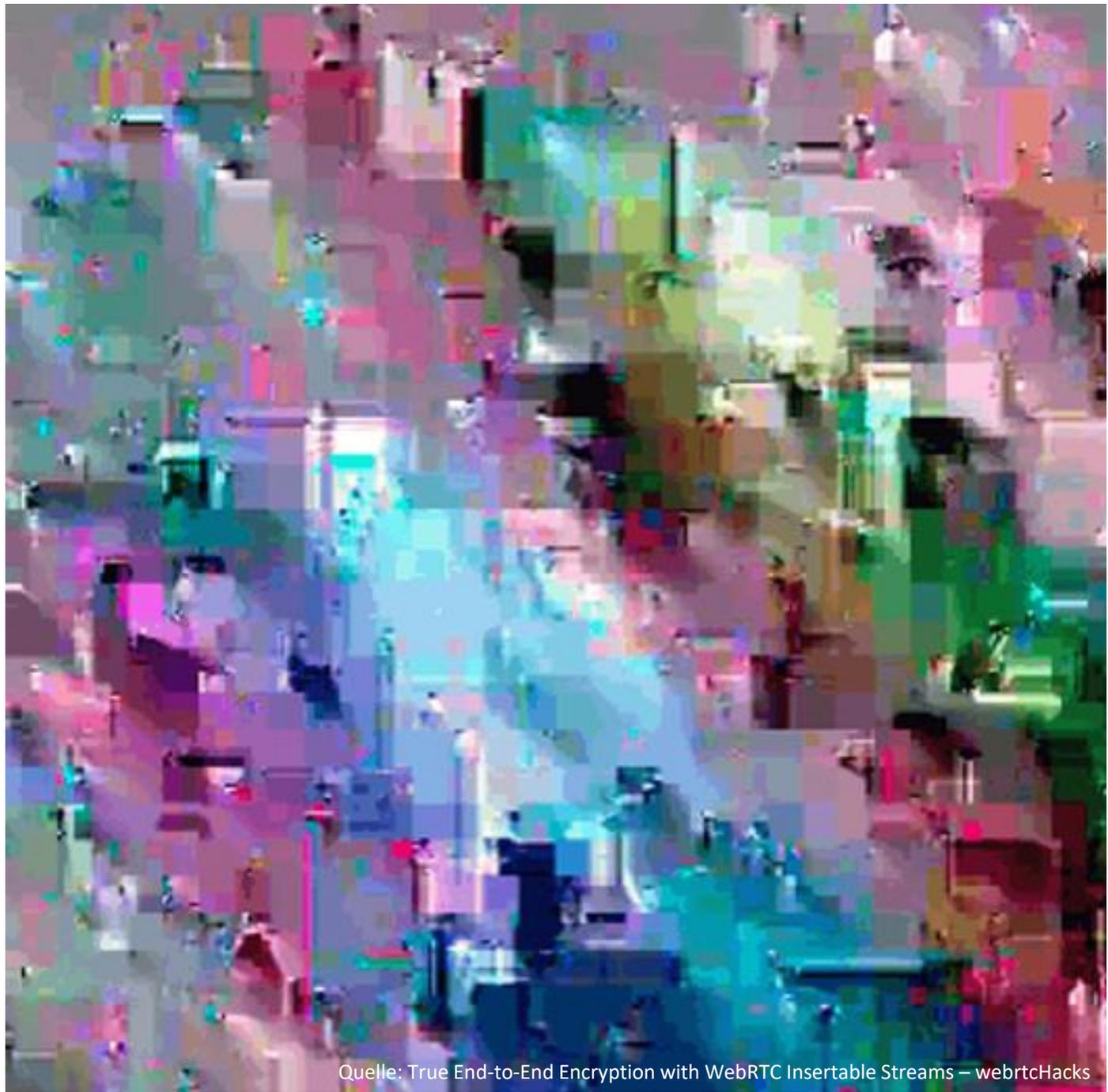




Herausforderungen

Datenübertragung

- **WebRTC**
- System wie MS Teams oder Zoom
- **Verschlüsselung**
- DTLS-SRTP (Datagram Transport Layer Security – Secure Real-Time protocol)
- SFU (Selective Forwarding Unit) auf eigenem Server

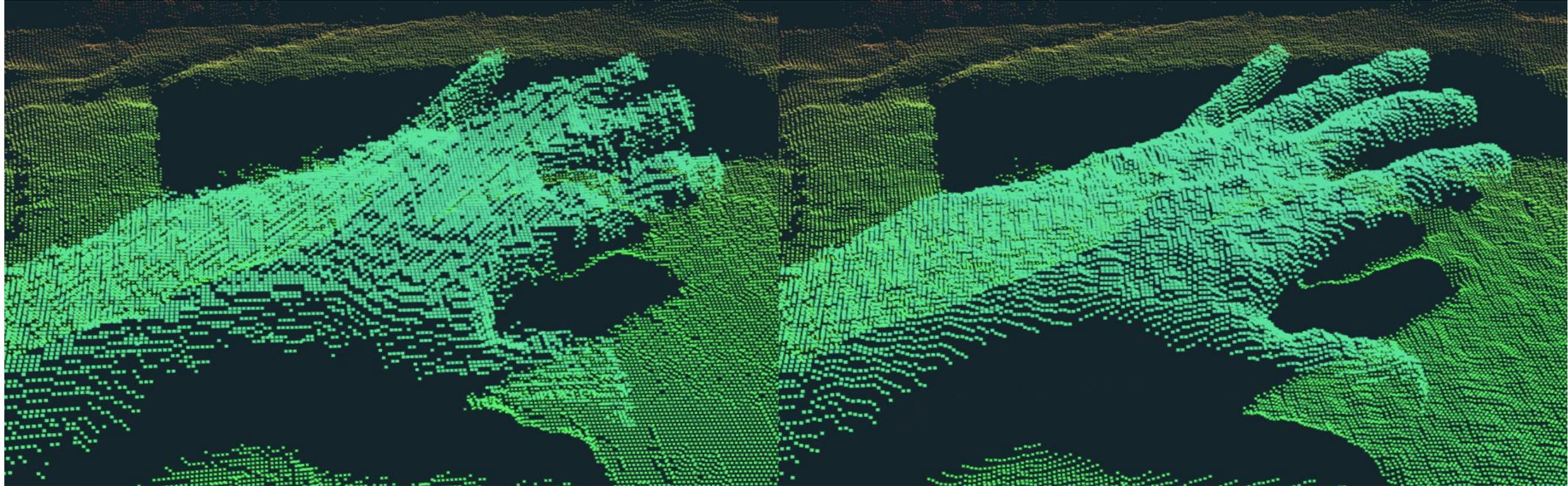


Quelle: True End-to-End Encryption with WebRTC Insertable Streams – webrtcHacks



Herausforderungen

Kompressionsartefakte



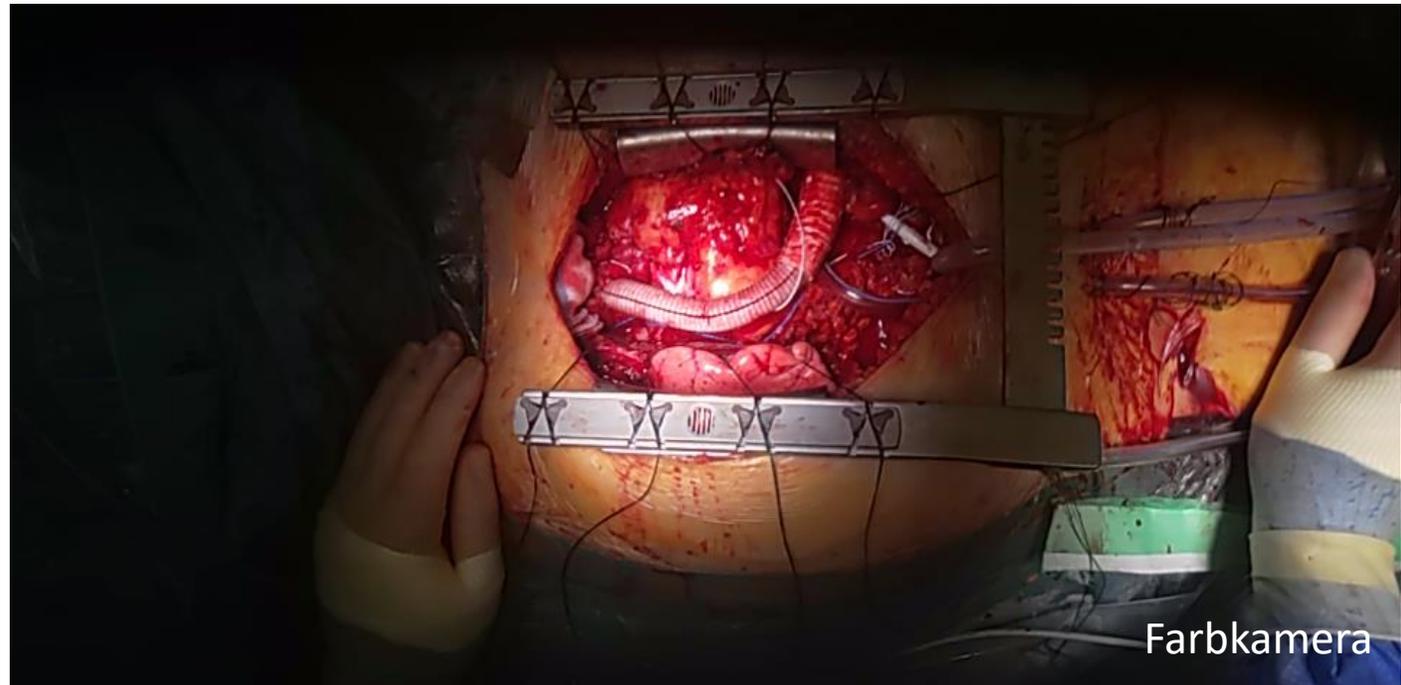
- **Kompression durch WebRTC**
- Kompressionsartefakte nehmen bei schwacher Signalstärke zu
- **Übertragung einer unkomprimierten Region of Interest (ROI)**
- Außerhalb der ROI niedrigere Auflösung



Projektstatus

3D Rekonstruktion

- Rohdaten der HoloLens 2
 - Farbkamera
 - Tiefensensor
- Kalibrierung der Kameras notwendig
- Generierung einer Punktwolke aus Tiefendaten
- Mapping der Farbkamera auf die Punktwolke
- **3D Rekonstruktion der OP in Farbe**





Projektstatus

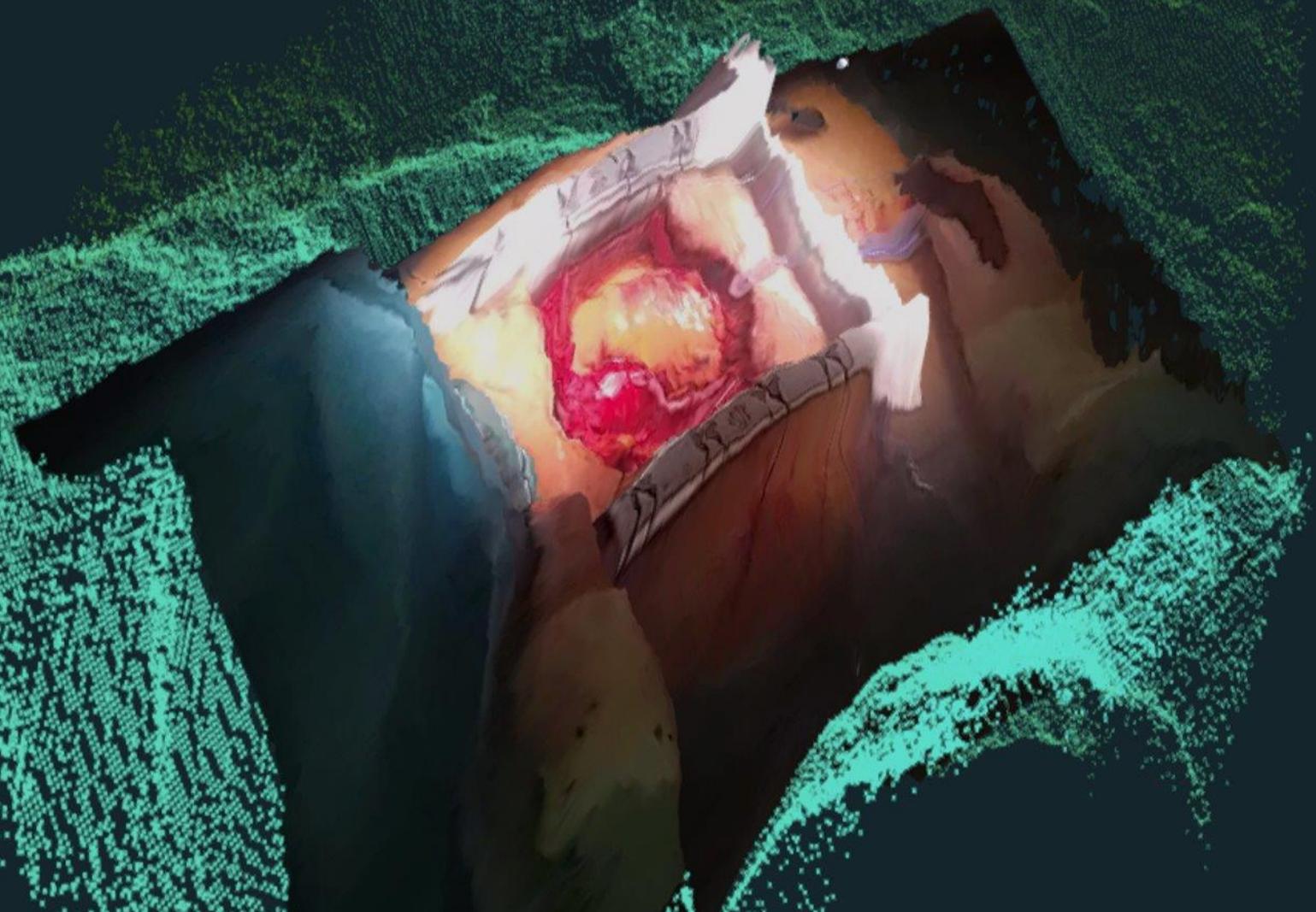
3D Rekonstruktion





Projektstatus

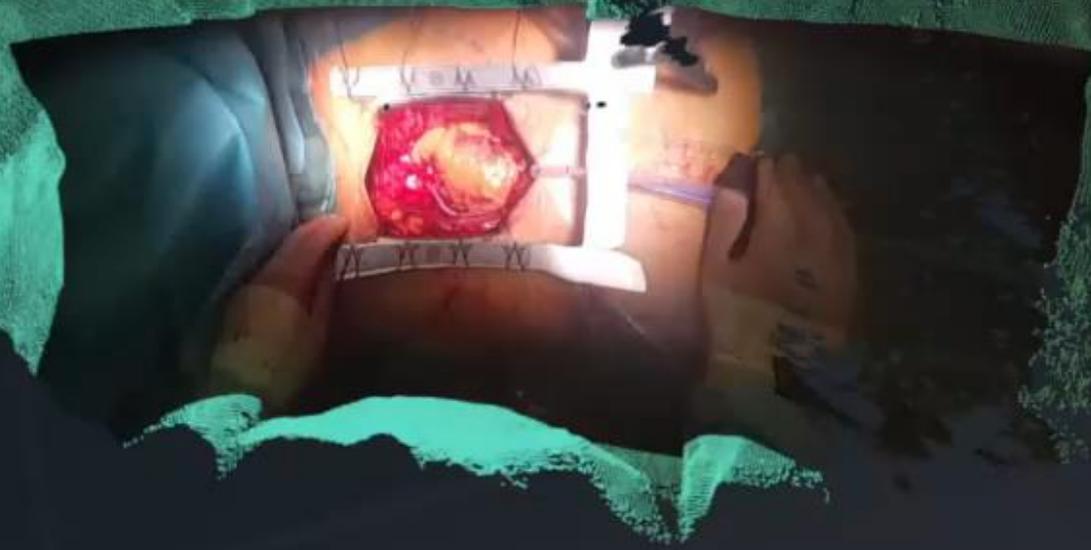
3D Rekonstruktion

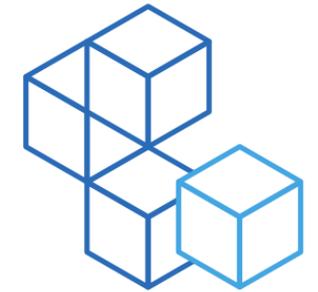




Projektstatus

3D Rekonstruktion





Nächste Schritte & Ausblick

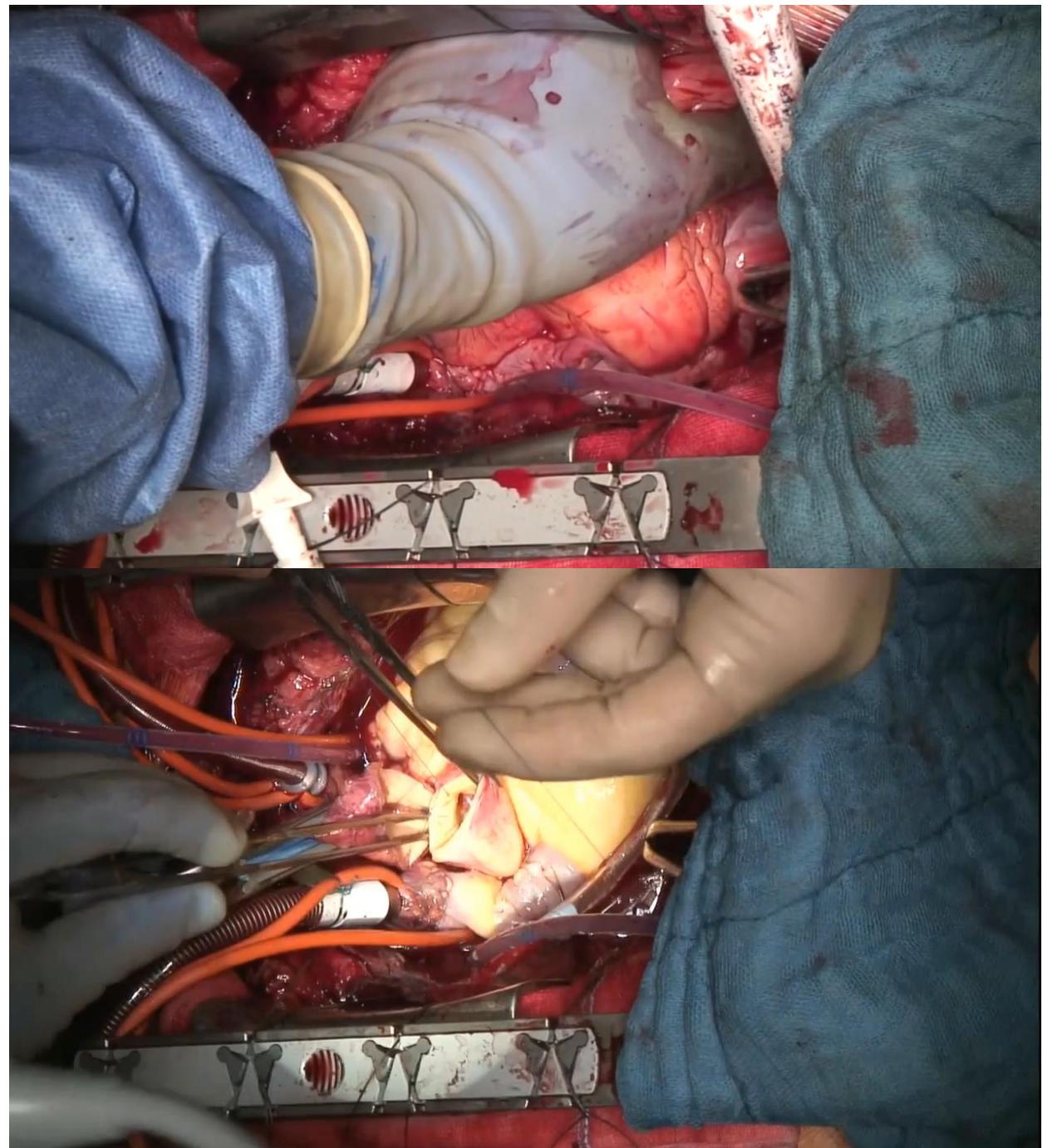
- Einsatz in 5G Umgebung
- Latenzoptimierung
- Feature Tracking und Annotation
- Annotation in VR



Ausblick

3D Annotationen & Tracking

- Annotationen sollen in 3D/VR gemacht werden können
- Tracking der Annotation an Gewebe
 - Reflektionen
 - Verdeckung
 - Bewegung, Verformung des Organs
 - Bewegung der Kamera



Visualisierung und Steuerung in AR/VR

AR (Explantation)

- Sprachsteuerung
- Hände dürfen das Gerät nicht während der OP berühren
- Visualisierung in AR
 - Geeignete Farben, Größe, Dicke
 - Genauigkeit

VR (Telementoring)

- Visualisierung in VR
 - Geeignete Farben, Größe, Dicke
 - Genauigkeit
- Was soll annotiert werden können und in welcher Form
 - Frei, Linien, Formen, Segmentation
- Wie soll annotiert werden?
 - Geeignete Input Devices, etc.

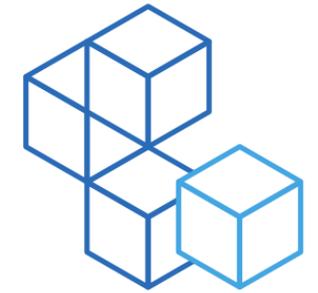


Ausblick

Einsatz im 5G Netz

- Zusammenarbeit mit FH Dortmund / vodafone
- Einsatz in Testszenarien am UKD und an der FH Dortmund
- Latenzmessungen

- Einsatz bei echter OP am UKD
- Einsatz bei echter OP in externem Krankenhaus



Diskussion