

Interventionsunterstützung zur Repositionierung von Knochenfragmenten bei Beckenfrakturen (PELVIS)

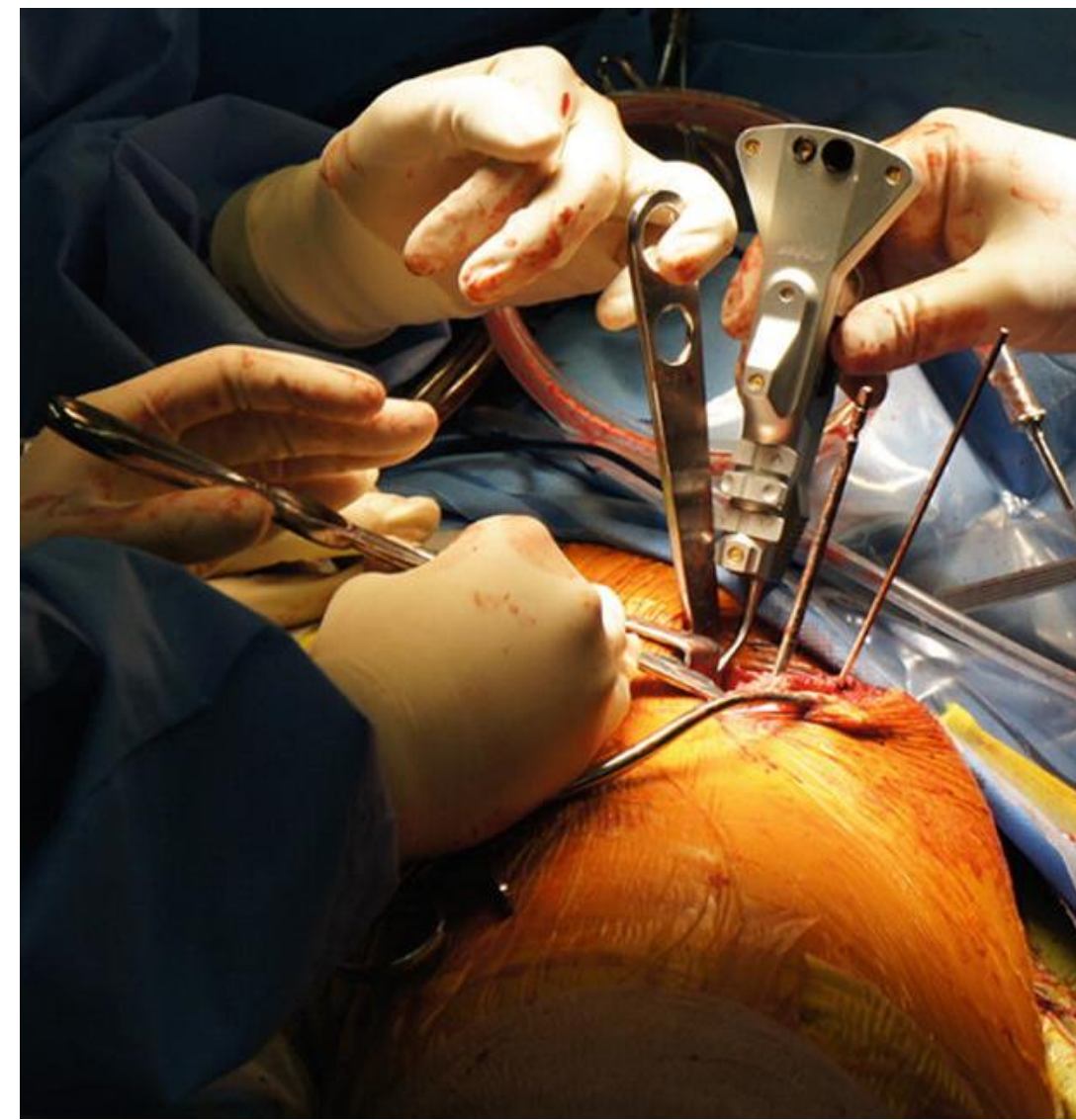
Stephanie Häger¹, Jan Hendrik Moltz¹, Heiko Gottschling², Manuel Schröder², Ralf Schwanbeck², Jan Modersitzki¹ (Projektleitung)

1) Fraunhofer-Institut für Digitale Medizin MEVIS 2) Stryker, Schönkirchen

Projektziel: Interventionsunterstützung für komplexe Beckenfrakturen

Stand der Technik:

- Operationen erfordern aufwändiges 3D-Navigationssystem
- Tracker müssen dazu invasiv am Becken angebracht werden
- Zusätzliche Kosten, Zeit und Strahlenbelastung



Typische Pelvis-Operation¹⁾

Neuer Ansatz:

- **KI-gestützte 3D-Navigation** auf Basis von 2D-Röntgenbildern
- Besserer Outcome bei substanzieller Zeiteinsparung
- Verbesserung der medizinischen Versorgung

*) Bildquelle: Takao M et al., „Clinical Application of Navigation in the Surgical Treatment of a Pelvic Ring Injury and Acetabular Fracture“, Intelligent Orthopaedics 2018

Projektüberblick und -ergebnisse

Herausforderungen:

- Bestimmung der Korrespondenzen zwischen dem prä-operativen 3D-Planungs-CT zu den intra-operativ aufgenommenen 2D-Röntgenbildern des Beckens
- Hohe Variabilität der Beckenfrakturen erfordert den Einsatz **KI-gestützter Verfahren**
- Begrenzte Verfügbarkeit von korrespondierenden Frakturbildern für das Training der **KI-Methoden**

Lösungen:

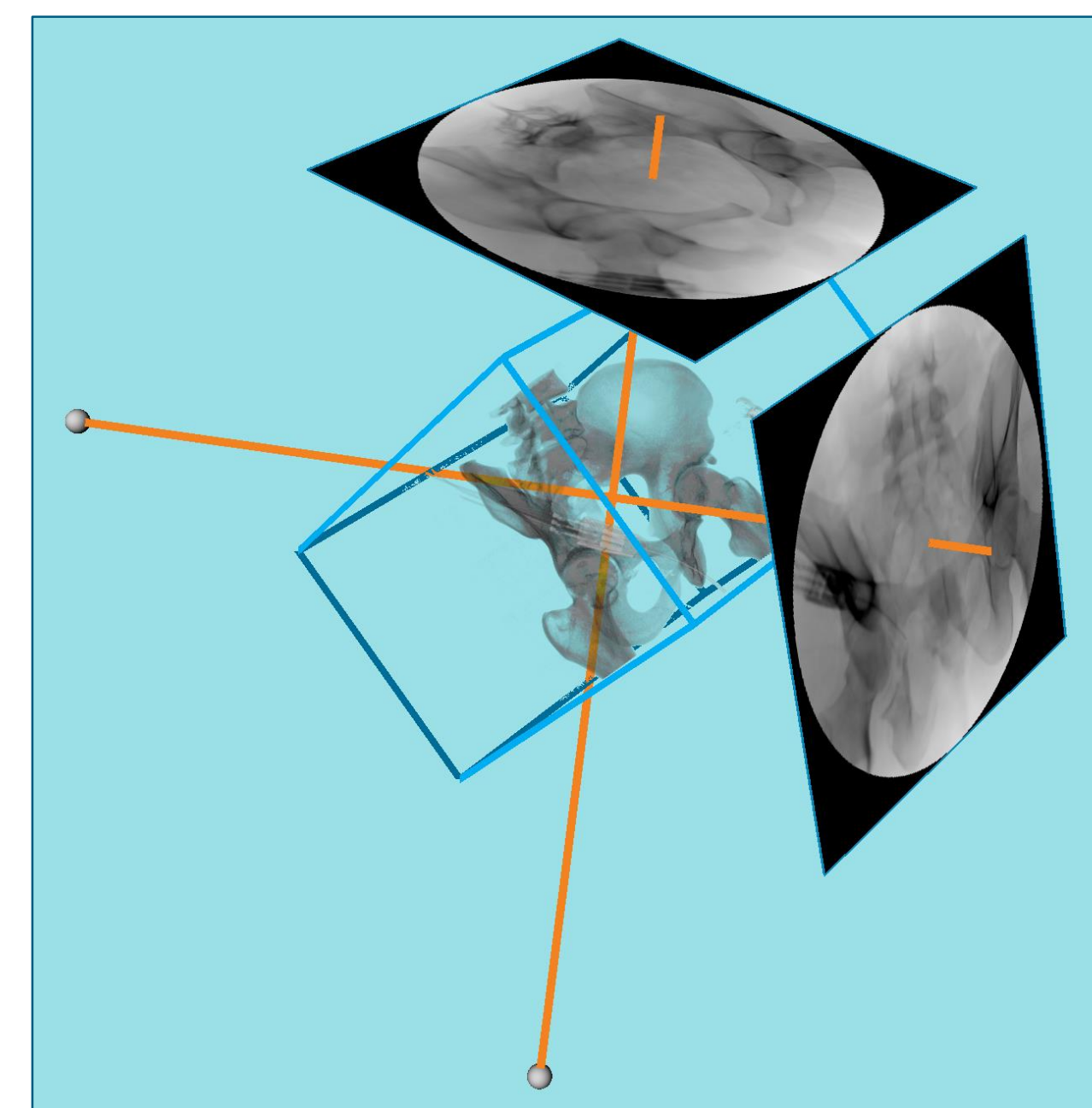
- Nutzung des KI-SIGS-Ökosystems zum Austausch klinischer Bilddaten
- **KI-gestützte Generierung** korrespondierender Trainingsdaten auf Basis der klinischen Bilddaten
- Erweiterung der Trainingsdatenmenge um den Faktor 10 durch virtuelle Verschiebung der Fragmente
- Entwicklung eines **KI-gestützten Verfahrens** zur Bestimmung der 2D-3D-Korrespondenzen
- Entwicklung eines **KI-gestützten 2D-Segmentierungsverfahrens**, um die Registrierung auf relevante Bereiche im 2D-Röntgenbild zu begrenzen
- Verfeinerung des Registrierungsansatzes, um eine akzeptable Laufzeit zu erreichen
- Akquirierung weiterer klinischer Röntgenbilder und erste Tests des Verfahrens auf den klinischen Bildern



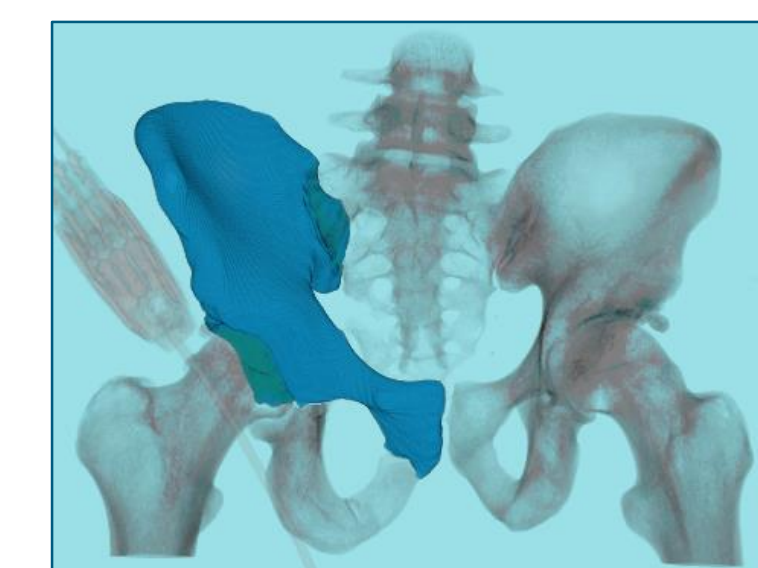
Klinisches Röntgenbild (links), simuliertes 2D-Röntgenbild (Mitte) mit zugehöriger 2D-Segmentierung (rechts).

2D-3D-Korrespondenzen

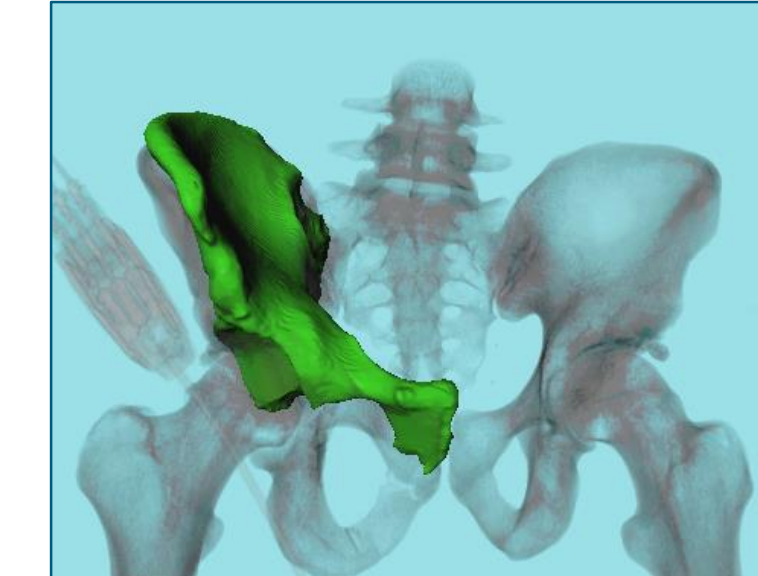
Das 3D-Planungs-CT ist so zu orientieren, dass sich bezüglich der Projektionsgeometrie die während der Intervention gemessenen 2D-Röntgenbilder einstellen. Dann kann die Position der Beckenfrakturen bestimmt werden kann.



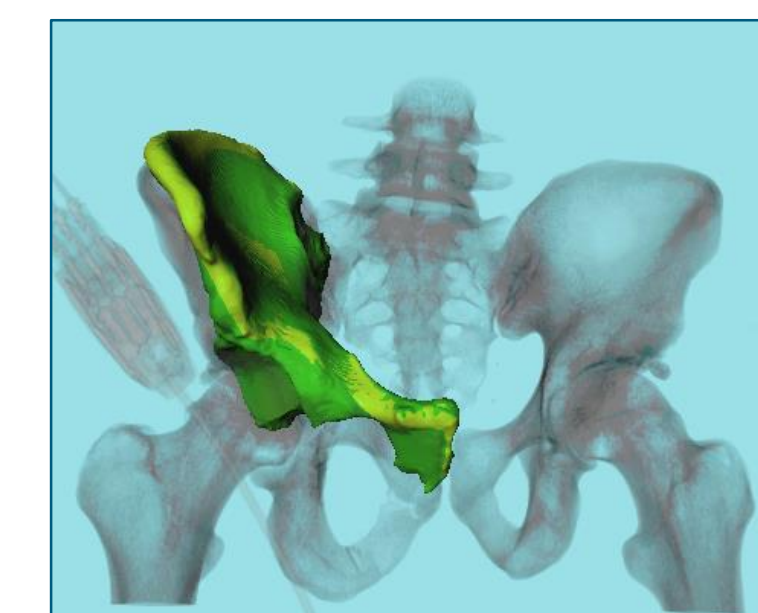
Visualisierung des 3D-Planungs-CT und korrespondierender 2D-Röntgenbilder mit entsprechender Projektionsgeometrie (orange Linie von der Strahlenquelle durch das Projektionszentrum).



Fragmentposition im 3D-Planungs-CT (blau)



Fragmentposition in den zwei 2D-Röntgenbildern (grün)



Ermittelte Fragmentposition (gelb, Dice 0.973)

Wissenschaftliche & wirtschaftliche Verwertung

CT-basierte OP-Unterstützung braucht:

- prä-operative Planung anhand der CT-Daten (3D)
- Zuordnung der intraoperativen Bildgebung (2D) zu den 3D-Planungsdaten mittels KI-Ansatz
- Akquise adäquater klinischer Daten im Rahmen von Präparat Workshops (CT + Röntgenbilder)
 - Verschiedene CT Scans und C-Bogen-Bilder im Bereich der gesamten unteren Extremität akquiriert
- Entwickeln der KI
- Technische Verifizierung und klinische Validierung
 - Der Ansatz wird in Zusammenarbeit mit verschiedensten Chirurgen optimiert
 - Experimente, um den Einfluss verschiedenster Parameter, z.B. Verformung des C-Bogens durch Eigengewicht auf die Genauigkeit der Registrierung zu bestimmen
 - Validierung des **KI-gestützten Verfahrens** ausstehend

Entwicklung der Stryker intraoperativen Softwareplattform der nächsten Generation. Ziel ist es klinische Ergebnisse verbessern, z.B. durch die bessere Reposition der Knochenfragmente im Becken die Heilungschancen zu verbessern. Hierbei ist eine durchgehend digitalisierte Versorgung essentiell, um zukünftig eine integrierte Behandlung des Traumapatienten sicherzustellen. Entsprechende Grundlagen für die **KI-gestützte** automatisierte Digitalisierung wurden in diesem Projekt entwickelt.



Im Projekt entstandene Publikationen:

- [1] Himstedt M et al., "DRR to C-arm X-Ray Image Translation with Application to Trauma Surgery", CARS 2021
- [2] Häger S et al., "RobIn: Robust intensity-based initialization for 2D-3D pelvis registration", BVM 2022
- [3] Häger S et al., "Intensity-based 2D-3D registration approach for determining fragment position during pelvic fracture procedures", CARS 2023