

# DER DIGITALE RÖNTGENASSISTENT

Dr. Malte Sieren, Dominik Mairhöfer, Manuel Laufer, Dr. Hauke Gerdes, Dr. Arpad Bischof, Dr. Thomas Käster, Prof. Erhardt Barth, Prof. Jörg Barkhausen, Prof. Thomas Martinetz

## EINLEITUNG

Röntgenbilder gehören zu den am häufigsten durchgeführten radiologischen Untersuchungen in der klinischen Routine und sind wesentlicher Bestandteil diagnostischer Prozessabläufe zahlloser Pathologien. Dementsprechend werden hohe Qualitätsanforderung an die Röntgendiagnostik gestellt, welche nicht immer einfach zu erfüllen sind. Ungenügende Qualität der Röntgenaufnahme, führt zur Wiederholung von Aufnahmen mit erneuter Strahlenexposition, Verzögerung der Diagnosestellung und Fehldiagnosen.

Das Ziel des Projektes „Digitaler Röntgenassistent“ ist die Entwicklung eines KI-gestützten Assistenzsystems für die Anfertigung von Röntgenbildern. Dieses setzt sich aus der Echtzeit-Erfassung der zu röntgenden Anatomie durch 3D Time-of-Flight (ToF) Kameras und der automatisierten, KI-gestützten Qualitätsbewertung von Röntgenbildern zusammen. Beide Komponenten werden zusammengeführt, um ein Vorhersagesystem für die aus der mit Patientenposition resultierende Qualität der Röntgenbilder zu entwickeln. Dieses Assistenzsystem soll die MTRA unterstützen, die Qualität von Röntgenaufnahmen und letztendlich die medizinische Versorgung zu verbessern.

## METHODEN

### 1. Training eines KI Algorithmus zur Bewertung von Röntgenbildern.

Die Kernherausforderung in der Röntgendiagnostik ist die korrekte Positionierung des Patienten vor der Röntgenröhre. Nur so können standardisierte Projektionen, und damit eine gute diagnostische Qualität erzielt werden.

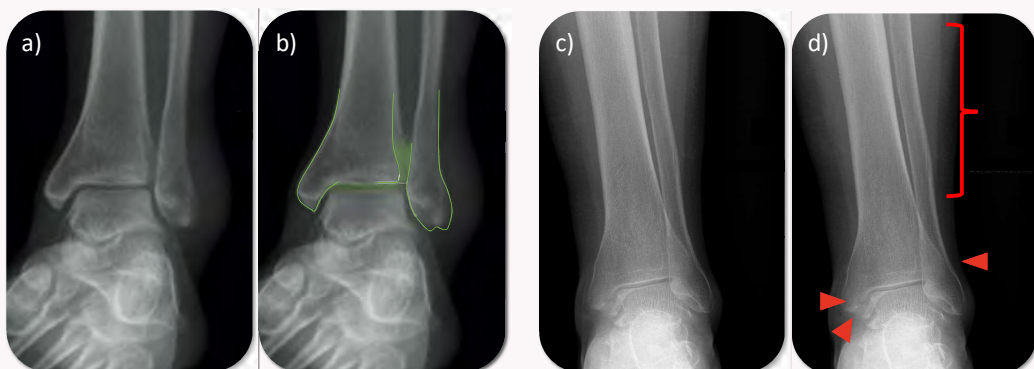


Abb. 1: a) Qualitativ hochwertige Röntgenaufnahme, b) Die Knochenkonturen des oberen Sprunggelenks sind nicht überlagert und der Gelenkspalt ist frei einsehbar (grün). c) Röntgenaufnahme in Fehlstellung mit eingeschränkter diagnostischer Aussagekraft. d) Die Knochenkonturen sind überlagert (rote Dreiecke).

Um die Qualität der Röntgenaufnahmen automatisch zu bewerten, bedarf es von Experten annotierter Daten. Wir entwickelten hierfür ein Bewertungssystem mit drei Qualitätsstufen, basierend auf einem Katalog anatomischer Merkmale (Abb. 1) auf Basis dessen 2000 Bilder bewertet wurden. Zur automatischen Bewertung von Röntgenbildern des oberen Sprunggelenks (OSG) haben wir ein Framework entwickelt und mit diesen Daten trainiert (Abb. 2).

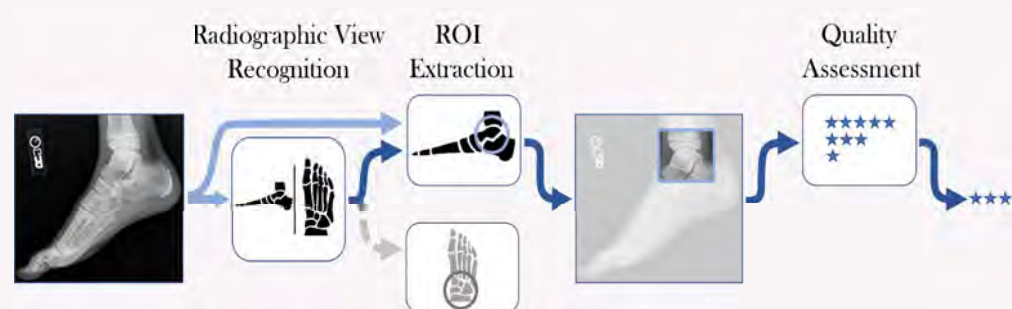


Abb. 2: Framework für das KI Training. Zuerst wird die Projektionsansicht (anterior-posterior/lateral) identifiziert, dann das obere Sprunggelenk (Region of interest; ROI). Final findet die Qualitätsbeurteilung statt.

### 2. Training eines KI Algorithmus zur Vorhersage der Röntgenbildqualität auf Time-of-Flight Kameraaufnahmen

Für die Bewertung der Patientenposition mittels der 3D ToF Kameras war es notwendig, Trainingsdatenpaare, bestehend aus dem 3D Kamerabild und dazugehörigen annotierter Röntgenbildern, zu erstellen. Wir fertigten mittels eines anatomischen Präparates 153 Kamera-Röntgenbildpaare in verschiedenen Projektionen und Qualitätsstufen an (Abb. 3). Mittels dieser Bilddatenpaare konnte ein Neuronales Netz zur automatischen Positionsbewertung trainiert werden.



Abb. 3: a) Anatomisches Präparat unter der Röntgenröhre in typischer Position für eine anterior-posterior Aufnahme des OSGs. b) Exemplarische Position von zwei Time-of-Flight Kameras für die Erfassung der Präparatposition.

## RESULTATE

### 1. Training eines KI Algorithmus zur Bewertung von Röntgenbildern

Wir konnten nachweisen, dass wir auf Basis der 1000 annotierten Röntgenbilder die Bildqualität mit einer Genauigkeit von 92.8% (a.p.) und 96.2% (lat.) automatisch bewerten konnten. Veröffentlicht wurden diese Ergebnisse auf der MIDL 2021 in Lübeck [1]. Stufenweise Analysen zeigten außerdem, dass bereits 300 Bilder ausreichen, um eine Genauigkeit von mehr als 90% (a.p: 91.2%; lat: 91.7%) zu erzielen. Die Größe entsprechender Datensätze ist häufig ein limitierender Faktor in der KI-Entwicklung.

### 2. Training eines KI Algorithmus zur Vorhersage der Röntgenbildqualität auf Time-of-Flight Kameraaufnahmen

Auf Grundlage der Kamera-Röntgenbildpaare des anatomischen Präparates konnten wir zeigen, dass eine automatische Bewertung dieses Datensatzes mit einer Genauigkeit von 87% möglich ist. Da es sich hierbei jedoch ausschließlich um Daten eines einzelnen Präparates handelte, ist die Generalisierungsfähigkeit noch Teil weiterer Forschung.

## ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die nächsten Schritte werden darin bestehen, weitere Kamera-Röntgenbildpaare zu generieren und das Training fortzuführen, um die Genauigkeit der Vorhersage zu erhöhen. Darüber hinaus werden wir die Übertragbarkeit der Technologie auf andere Bereiche der Anatomie, z.B. das Knie und die Wirbelsäule untersuchen. Schlussendlich streben wir eine klinische Studie an, bei der das Assistenzsystem im tatsächlichen Routineeinsatz erprobt und die Auswirkung auf die Qualität der Röntgenaufnahmen evaluiert werden kann.

Somit schaffen wir ein innovatives KI-Anwendungsbeispiel, das ein Bindeglied zwischen menschlicher Expertise und fortschrittlicher Technologie aufzeigt, um eine etablierte Schlüsseldiagnostik wesentlich zu optimieren.

[1] D. Mairhöfer, M. Laufer, P. Simon, M. Sieren, A. Bischof, T. Käster, E. Barth, J. Barkhausen, T. Martinetz An AI-based Framework for Diagnostic Quality Assessment of Ankle Radiographs in *Proceedings of Machine Learning Research* 143, pages 484-496, 2021