



Nutzung von KI zur Ermittlung der radiologischen Indikationsqualität in der Orthopädie und Unfallchirurgie



Roman-Herzog-Krebszentrum
Comprehensive Cancer Center



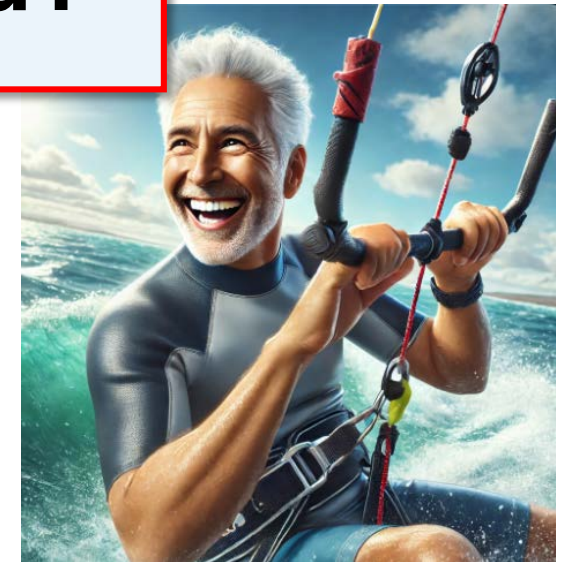
Wilhelm Sander-Stiftung



Klinikum rechts der Isar
Technische Universität München



Wer braucht einen Gelenkersatz in Deutschland?



PD Dr. med. Igor Lazić

- **Oberarzt, Klinikum rechts der Isar, Universitätsklinik Technische Universität München**
- **Schwerpunkt:**
 - Gelenkersatz an Knie und Hüfte
 - Wechseloperationen Gelenkersatz Knie und Hüfte
- **Wissenschaftliche Leitung**
 - Periprothetische Infektionen
 - Künstliche Intelligenz / Digitalisierung
- **Qualitätssicherung**
 - **QS-Verfahren Knie-/ Hüftendoprothesenversorgung**



Konkrete Fragestellung und Problematik

Wann ist aus orthopädischer Sicht eine Prothese notwendig / indiziert?



Problem: Messung der Indikationsqualität in der Endoprothetik

Knieendoprothesenversorgung (QS KEP)

Hüftgelenkversorgung (QS HGV)



Exkurs in die klinische Realität:

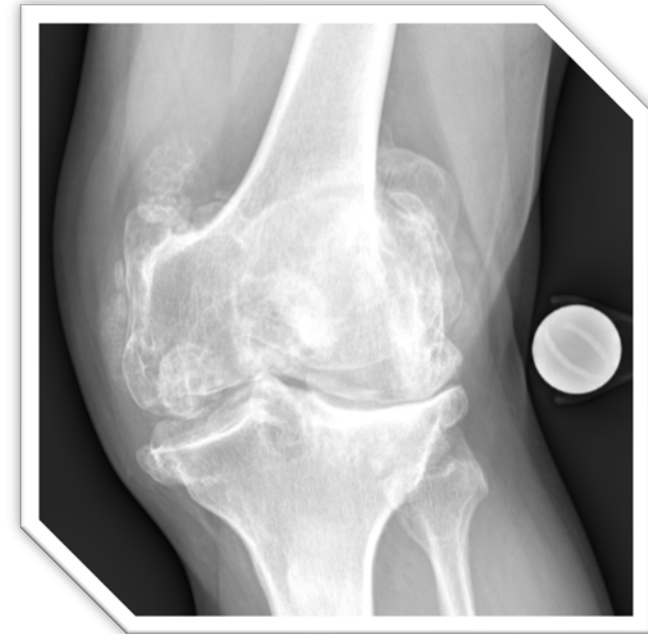
Wer braucht eine Knie- oder Hüftprothese ?

Einschränkung der Mobilität und
Selbstständigkeit



+

Zeichen des Gelenkverschleißes in
Untersuchung und Röntgenbild



Kann man den Gelenksverschleiß messen?

Kellgren & Lawrence – Klassifikation (1957)



Example images					
KL Grade	Grade0	Grade1	Grade2	Grade3	Grade4
Classification	Normal	Doubtful	Mild	Moderate	Severe
Description	No radiographic features of OA	Doubtful joint space narrowing(JSN)	Definite osteophytes Possible JSN	Multiple osteophytes Definite JSN Sclerosis	Large osteophytes Marked JSN Severe sclerosis

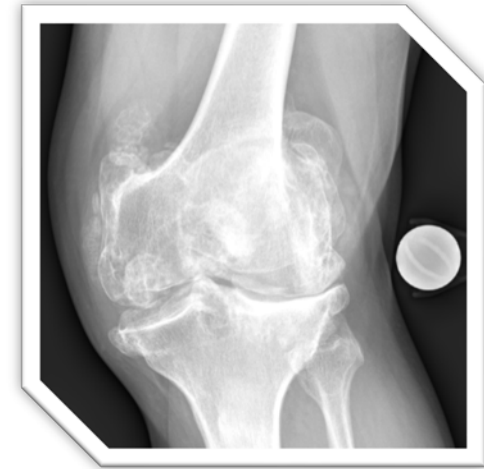
Evidenz- und konsensbasierte Indikationskriterien zur Hüfttotalendoprothese bei Coxarthrose

S3-Leitlinie der

Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e.V. (DGOU)

Empfehlung 1.7	
Empfehlungsgrad A	Eine Hüft-TEP-Operation soll nur bei radiologisch nachgewiesener fortgeschrittener Coxarthrose (Kellgren & Lawrence Grad 3 oder 4) erfolgen.
Level of Evidence 2+	Aggregierte Evidenz – 2 systematische Reviews Hofstede et al. 2016 (18), Lungu et al. 2016 (19)
Empfehlungsstärke Starker Konsens	Zustimmungen: 24 (96%); Enthaltung: 0 (0%); Ablehnung: 1 (4%)

Bei welchem K&L-Score macht die Prothese Sinn?



***Die Indikation
muss stimmen.....***

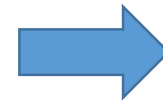
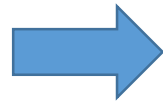


**Patienten mit viel
Gelenksverschleiß
profitieren mehr von
einer Endoprothese !**

Prüfung der Indikation - Qualitätssicherungsverfahren

Knieendoprothesenversorgung

Übermittlung der QS-Bögen



Falls der Referenzbereich unterschritten wird:
Stellungnahme

Eigenschaften und Berechnung

ID	54020
Bezeichnung	Indikation zur elektiven Knieendoprothesen-Erstimplantation
Indikatortyp	Prozessindikator
Art des Wertes	Qualitätsindikator
Bezug zum Verfahren	DeQS
Berechnungsart	Ratenbasiert
Referenzbereich 2020	≥ 90,00 %
Referenzbereich 2019	≥ 90,00 %

Wie prüfen wir das genau ?

Knieendoprothesenversorgung (QS KEP)



Modifizierter Kellgren-Lawrence-Score

54: Osteophyten	<input type="text" value=""/>	55: Gelenkspalt	<input type="text" value=""/>
56: Sklerose	<input type="text" value=""/>	57: Deformierung	<input type="text" value=""/>

0: nicht oder fraglich verschmälert

1: eindeutig verschmälert

2: fortgeschritten verschmälert

3: aufgehoben

Rechenregeln

Zähler

Eingriffe bei Patientinnen und Patienten, die das Kriterium Schmerzen und mindestens 4 Punkte im modifizierten Kellgren-Lawrence-Score

Ist das aufwendig ?

Knieendoprothesenversorgung (QS KEP)

Hüftgelenkversorgung (QS HGV)

**1,3 Mio.
Leistungsaufwände
jährlich**



Arbeitsaufwand Arzt

- **Endoprothetikzentrum (>1000 Ops)**
- **> 1 Woche für Teilschritt der Qualitätssicherung**

Sind diese Eingaben valide ?

Modifizierter Kellgren-Lawrence-Score

54: Osteophyten

56: Sklerose

55: Gelenkspalt

57: Deformierung

- 0: nicht oder fraglich verschmälert
- 1: eindeutig verschmälert
- 2: fortgeschritten verschmälert
- 3: aufgehoben

4 Punkte eintragen !



Röntgenbild gesehen ?

QS-Verfahren Endoprothetik – zur Abschaffung empfohlen..

Beschluss

des Gemeinsamen Bundesausschusses über Eckpunkte zur Weiterentwicklung der datengestützten gesetzlichen Qualitätssicherung

Vom 21. April 2022



Gemeinsamer
Bundesausschuss

➔ **nicht weiter zur Qualitätssicherung empfohlen**

- Aktuelles Verfahren zur QS ist nicht valide
- Hoher Personal-/Zeit-/Kostenaufwand (Handarbeit!)

Konsequenz: Keine Überprüfung der Indikationsqualität in der Endoprothetik !

Keine Erhebung von QS-Daten im Erfassungsjahr 2025

Für das Erfassungsjahr 2025 hat der G-BA keine Spezifikationsempfehlung **beschlossen**. Das bedeutet, dass für das Erfassungsjahr 2025 keine QS-Daten erhoben werden dürfen.

Das IQTIG erarbeitet derzeit im Auftrag des G-BA an der Erstellung einer **Sozialdatenspezifikation** sowie der Entwicklung einer **Patientenbefragung**.

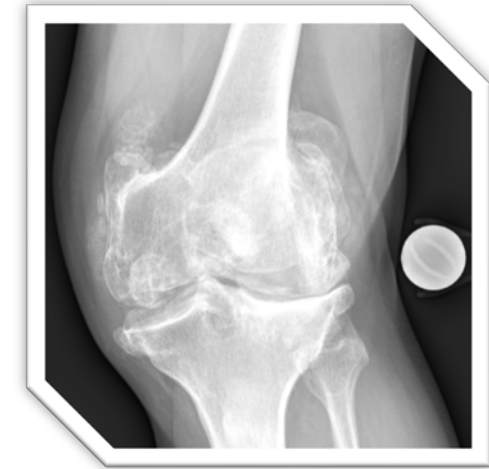
Konsequenz: Keine Prüfung der Indikation mehr ?



??



??



??

**Keine Steuer-/
Messinstrumente
bedeuten:**



**Über-, Unter-
oder
Fehlversorgung
?**

Relevanz: Kosten

Kosten Endoprothetik / Jahr in D: 2 Mrd €

Primärimplantation : 7.800 €

Kosten Wechseloperation : 12.000 - 31.000 €

Eine inadäquate Versorgung kann potentiell das **1,5 bis 4-fache** der primären OP kosten !

Vollstationär behandelte Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern 2023¹

OPS5	Operationsanlass	Anzahl
Alle Positionsnummern	Operationen insgesamt ^{2,3}	16 531 491
5-469	Andere Operationen am Darm	386 048
5-032	Zugang zur Lendenwirbelsäule, zum Os sacrum und zum Os coccygis	346 903
5-758	Rekonstruktion weiblicher Genitalorgane nach Ruptur, post partum (Dammriss)	339 263
5-513	Endoskopische Operationen an den Gallengängen	290 454
5. 5-820	Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk	273 737
5-749	Andere Sectio caesarea	252 209
5-794	Offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur im Gelenkbereich eines langen Röhrenknochens	241 174
8. 5-822	Implantation einer Endoprothese am Kniegelenk	229 551



Relevanz: Epidemiologie



	2018	2019	2020	2021	2022
Primärversorgungen	272.455	285.700	263.000	277.512	314.909
Folgeeingriffe	31.271	33.457	32.057	32.654	32.793

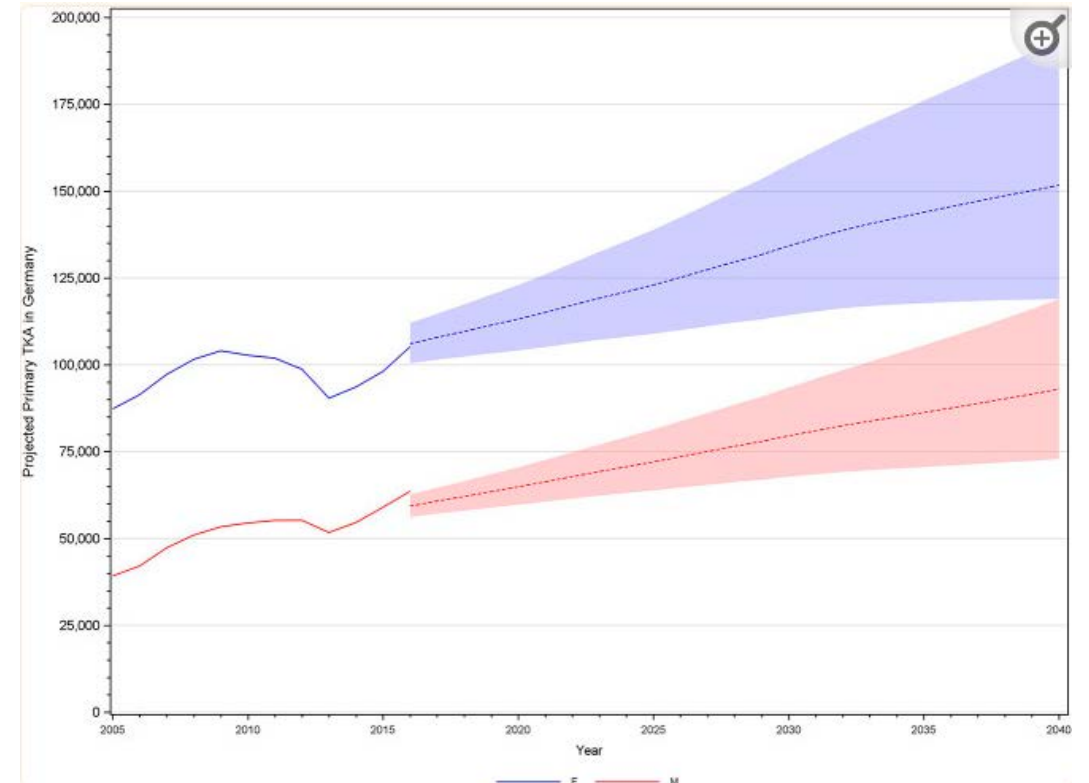
© EPRD-Jahresbericht 2023

Tabelle 1: Entwicklung der jährlichen Dokumentationszahlen für Primärversorgungen und Folgeeingriffe. Hüft- und Knieeingriffe wurden für diese Darstellung gemeinsam betrachtet.

2040 über 500.000 Eingriffe / a

Primärimplantationen 

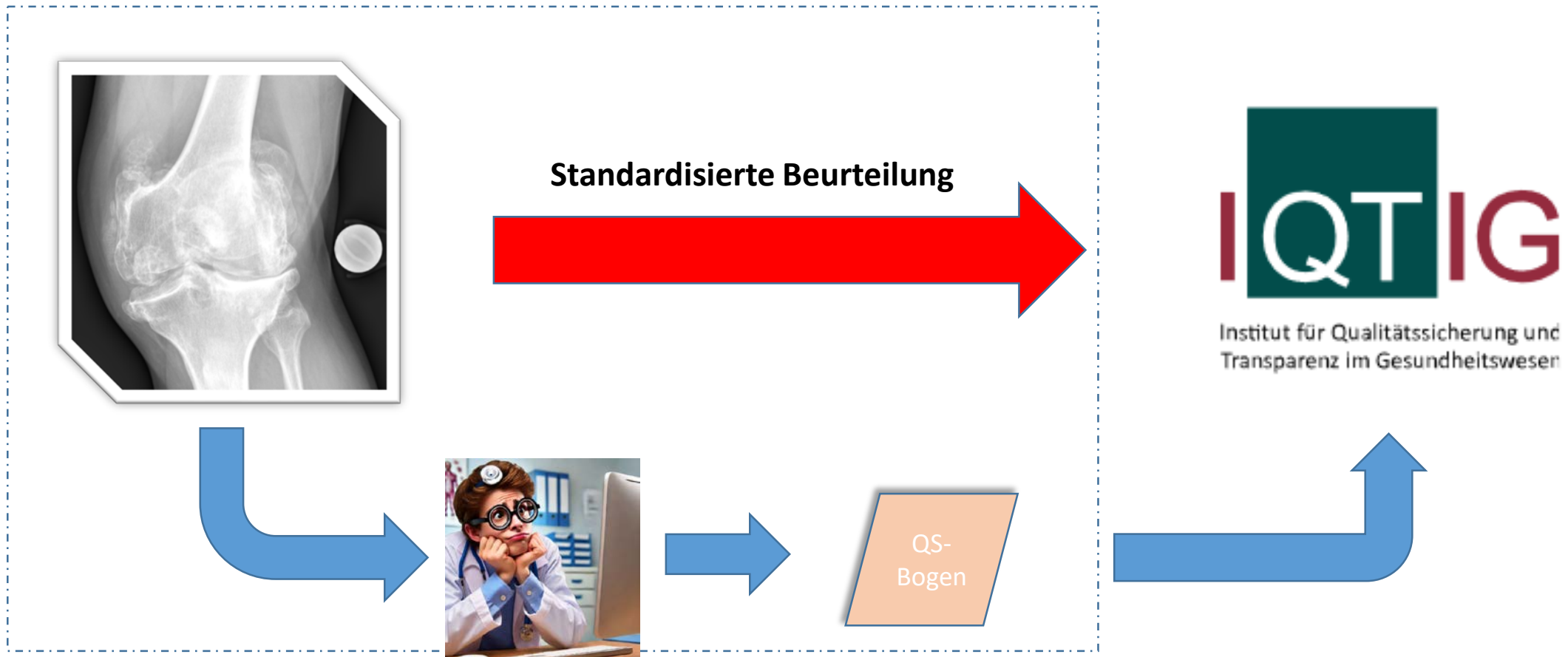
Folgeeingriffe konstant ~10 %



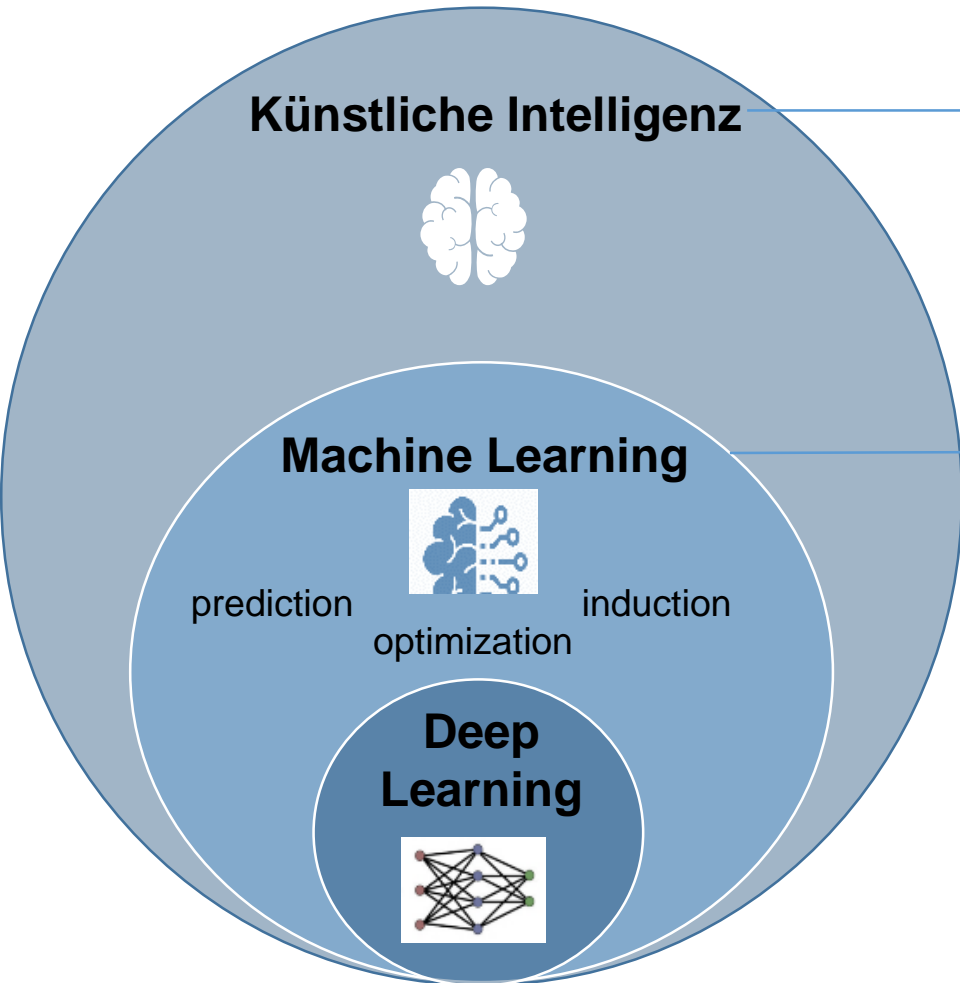
Population > 20a 2040: 64,525,150

KTEP 2040: 244,714 (191,920 to 312,551) Rupp CORR 2020

Vision: Direkte Überprüfung der Indikationsqualität

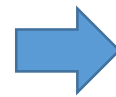


Ansatz zur Standardisierten Auswertung: Künstliche Intelligenz



Allgemeiner Begriff für Computermodelle, die zur Wahrnehmung, Logik und Selbstverbesserung fähig sind.

Algorithmen zur Erstellung von Vorhersagen, die automatisch eine schrittweise Funktionsoptimierung bei steigendem Datenvolumen vornehmen.

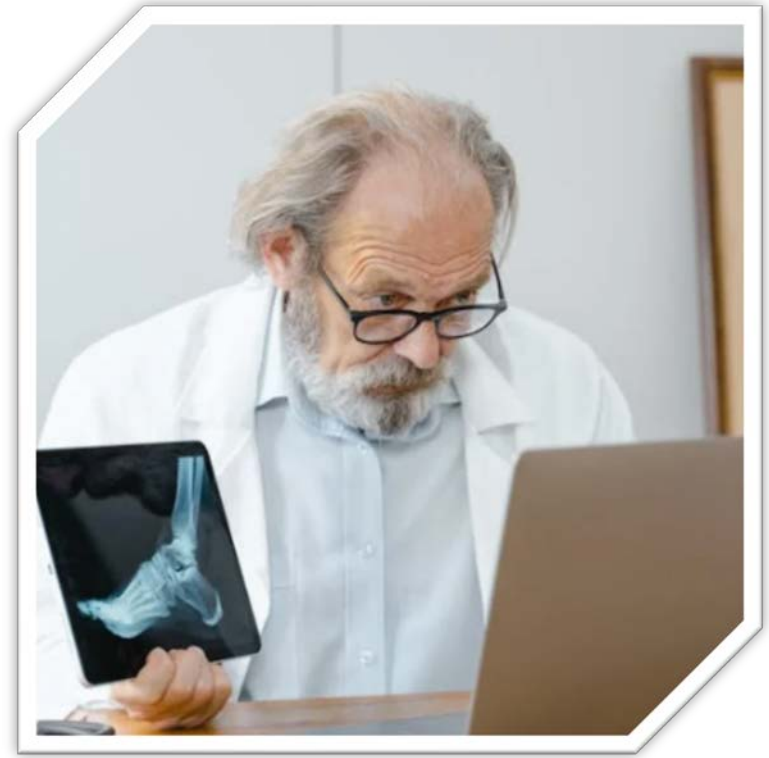


abgeleitet aus der **Mustererkennung** und der Lerntheorie.

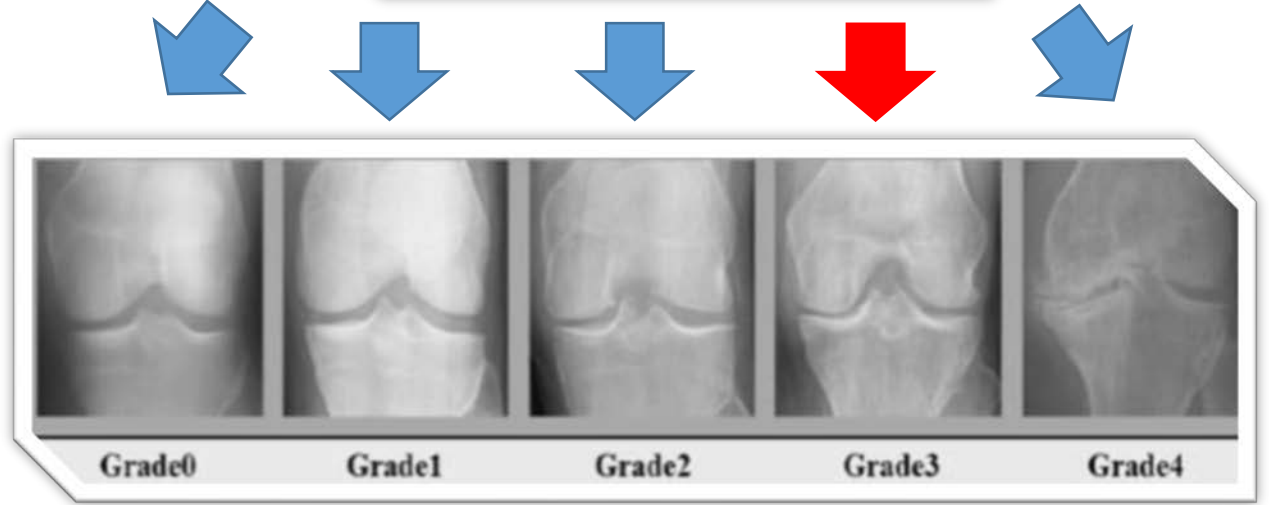
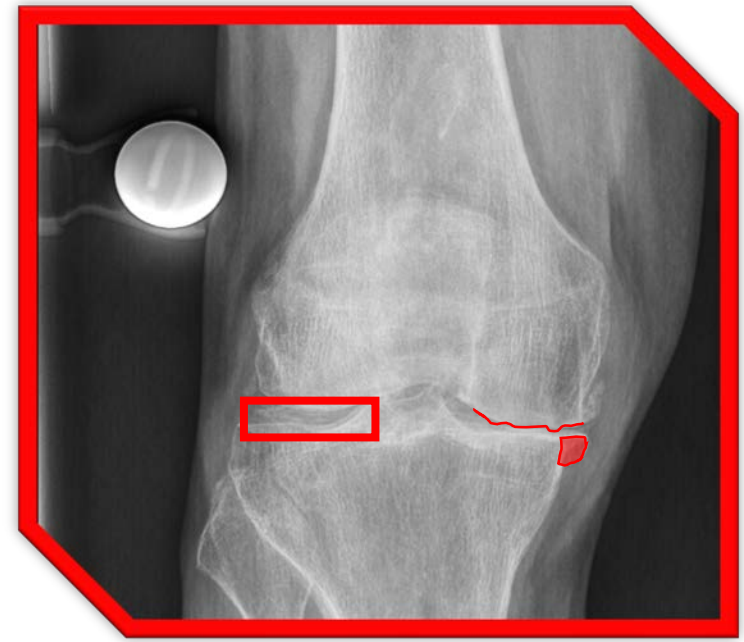
Cabitza Front. Bioeng. Biotechnol 2018

AI-based Image Recognition: supervised algorithm

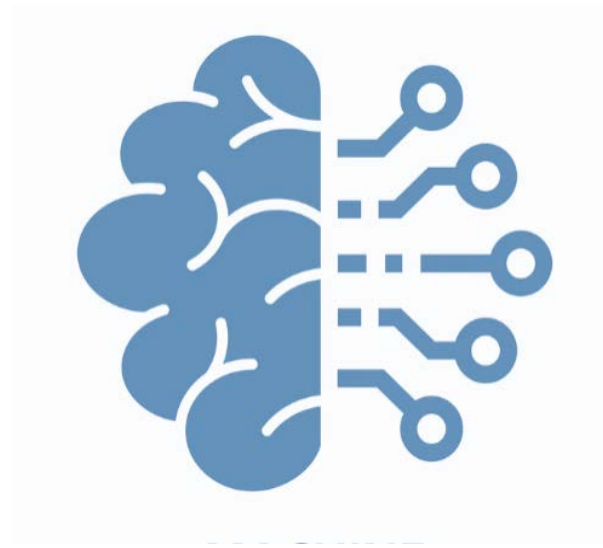
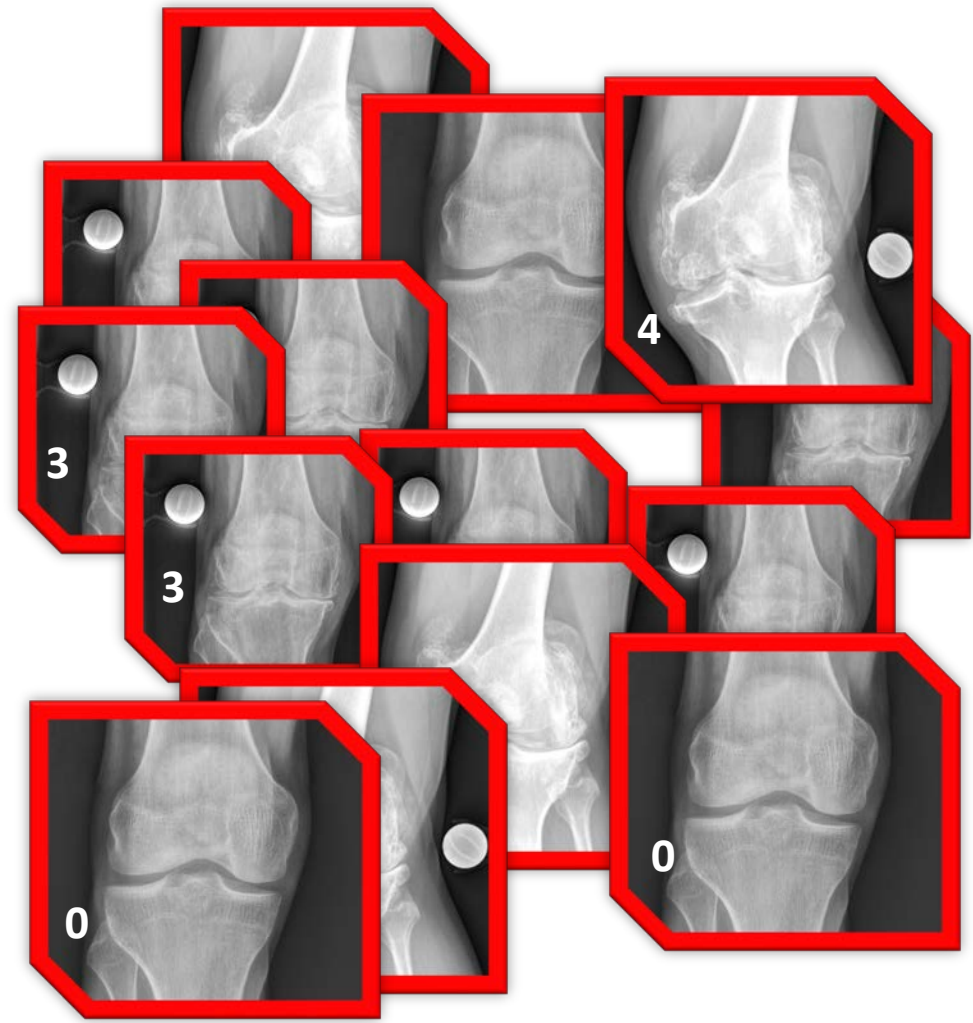
Goldstandard durch Ärzte schaffen



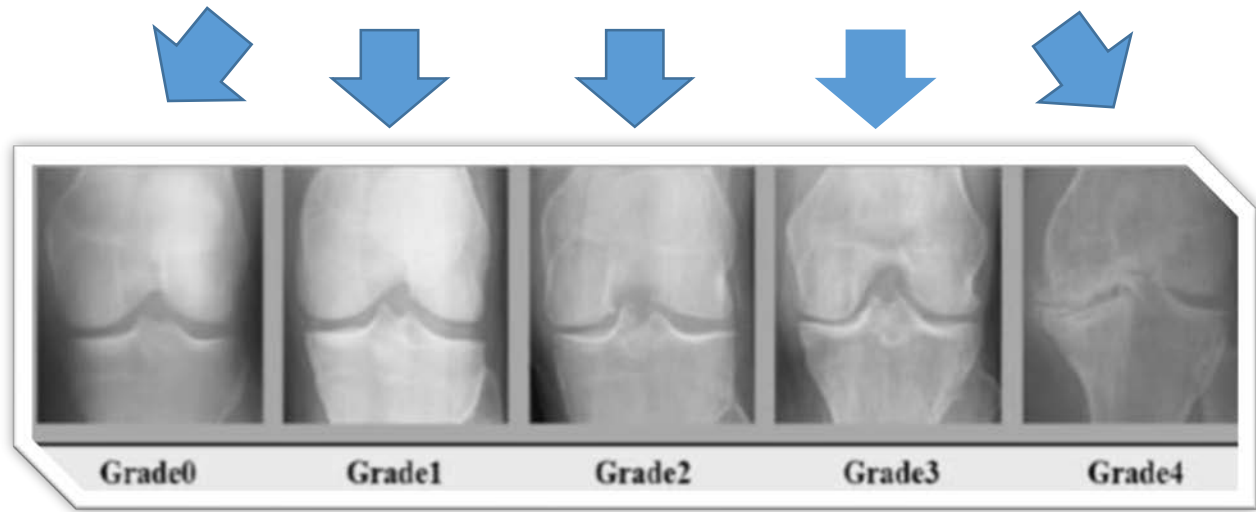
Annotation der Bilder durch Fachärzte = Muster vorgeben !



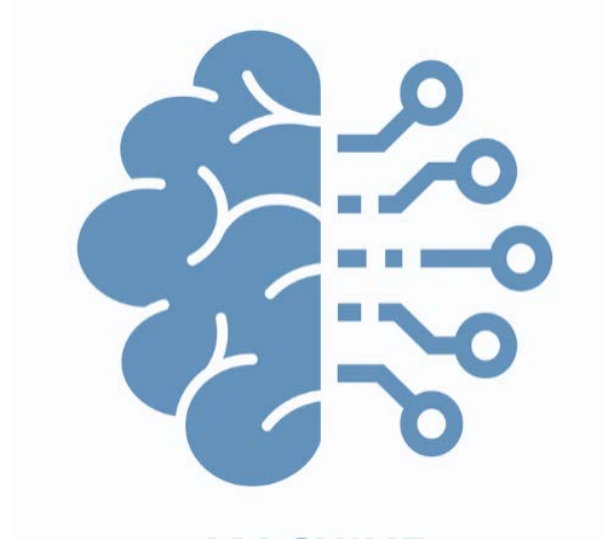
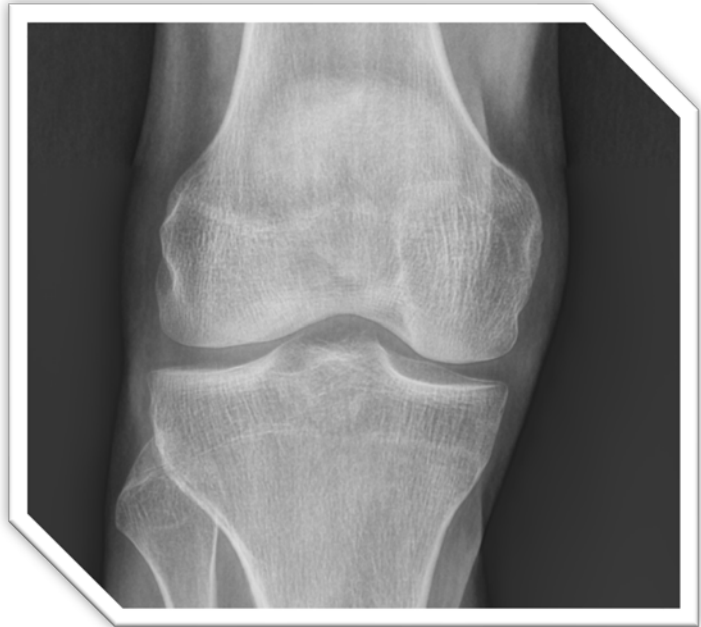
AI-based Image Recognition



KI



AI-based Image Recognition



KI



Bisherige Literatur: Gibt es das schon ?

Autor	Jahr	Journal	Gelenk	Anzahl Pat	Ebenen	Datenquelle	Arthrose Score
von Schacky et al	2020	Radiology	Hüfte	4368	ap	OAI	Osteoarthritis Research Society International atlas + KL
Thomas et al	2020	Radiology	Knie	4508	ap	OAI	KL
Tiwari et al	2022	World J Orthop	Knie	2068	ap	Eigene	KL
Addullah et al	2022	Radiol Med	Knie	3172	ap	Eigene	KL
Brejnbol et al	2022	Eur J Radiol	Knie	99	ap	Eigene	KL

Kommerziell erhältliche Software

ImageBiopsy Lab www.imagebiopsy.com



HIPPO (Hüfte): Lateral Center Edge (LCE)-Winkel, Caput-Collum-Diaphysen (CCD)-Winkel, Schiefstand des Beckens, Tönnis-Winkel (Acetabular-Neigung/Index), Spitzer Winkel (Acetabulum-Winkel), Femurkopfüberdeckung/Extrusionsindex

KOALA (Kniearthrose): Kellgren & Lawrence-Klasse, Minimale Gelenkspaltbreite, Gelenkspaltverengung, Sklerose, Osteophytose

LAMA (Beinachsen): Mechanical Axis Deviation, Femur length, Tibia length, Full leg length, Length difference between legs (for bilateral images in the absence of THA)

Radiobotics www.radiobotics.com



RBfracture: Fraktur Erkennung

RBknee: (AP, seitlich fraglich) Joint Space Narrowing, Osteophytes, Subchondral sclerosis, Kellgren-Lawrence

RBhip: (Nur AP) Acetabular Index, LCE Angle, Alpha Angle, Minimum Joint Space Width, Obturator Foramen Index

Limitationen bisheriger Anwendungen

- **Datenmenge:** Datensätze mit „nur“ ~5000 Fällen
- **Performance:** Studien unserer Gruppe konnten bereits bessere Ergebnisse mit sehr limitierten Datensätzen erzielen
- **Kosten:** Pay per Xray
- **Intention:** Keine Applikationen für Qualitätssicherung
- **Datenschutz/-verantwortung:**
 - **Datenprüfung:** Welche Röntgenbilder wurden verwendet?
 - **Goldstandard der Klassifikation:** Wer hat die Arthrosegrade klassifiziert?
 - **Medizinischer Standard:** Entspricht die Beurteilung unseren Leitlinien?
 - **Qualitätskontrolle:** Wer ist verantwortlich für den Algorithmus?

Projekt: Qualitätssicherung durch automatisierte Arthrose-Klassifikation mit Künstlicher Intelligenz (QUAKI)

Ziel des Projektes QUAKI:

Entwicklung eines KI-Tools zur automatischen Beurteilung des Arthrose-Grades anhand von digitalisierten Röntgenbildern, welches in der Qualitätssicherung für Knie- und Hüftprothesen eingesetzt werden kann.

- ➔ Objektive, standardisierte Beurteilung
- ➔ Kein Personal- & Zeitaufwand

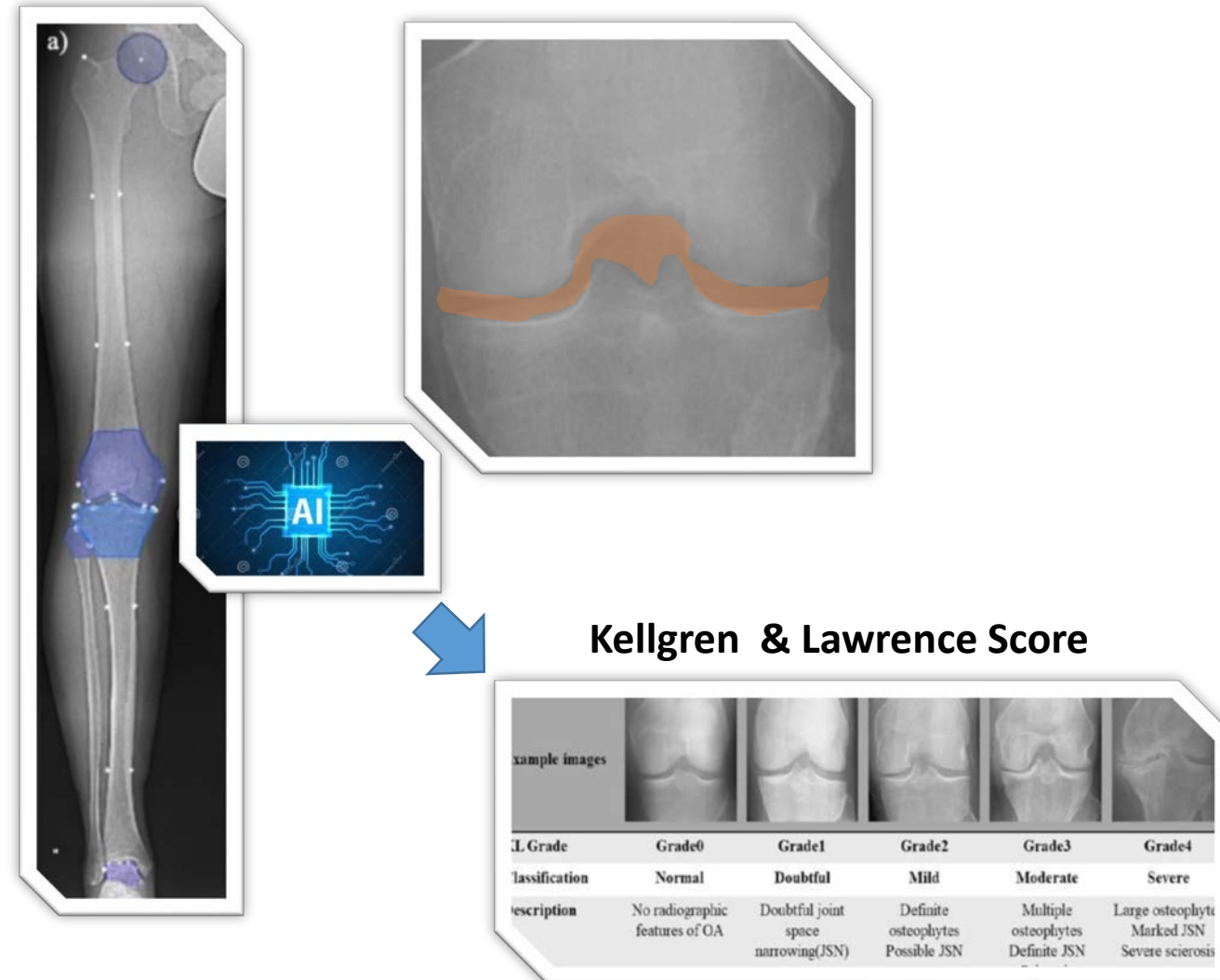
Kooperation:



Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen



DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ENDOPROTHETIK E.V.



Projekt: Qualitätssicherung durch automatisierte Arthrose-Klassifikation mit Künstlicher Intelligenz (QUAKI)

Grundlage: ~ 30.000 Röntgenbilder am RDI



Klinikum rechts der Isar
Technische Universität München

- **Training und Validierung des KI-Tools**
- **Facharztstandard Orthopädie und Radiologie**



Gemeinschaftskrankenhaus Bonn
St. Elisabeth · St. Petrus · St. Johannes gGmbH

Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Bonn

Deutsche RHEUMA-LIGA

• GEMEINSAM MEHR BEWEGEN •



Universitätsmedizin
GREIFSWALD

OCM

Orthopädische Chirurgie
München



DEUTSCHE GESELLSCHAFT
FÜR ENDOPROTHETIK E.V.

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe



Igor Lazic

**Primäre &
Revisionsendoprothetik**



Klinikum rechts der Isar
Technische Universität München



Datenwissenschaft



aim-lab.io
<https://aim-lab.io>



Florian Hinterwimmer
Medical Data Scientist
Institute for Artificial Informatics in

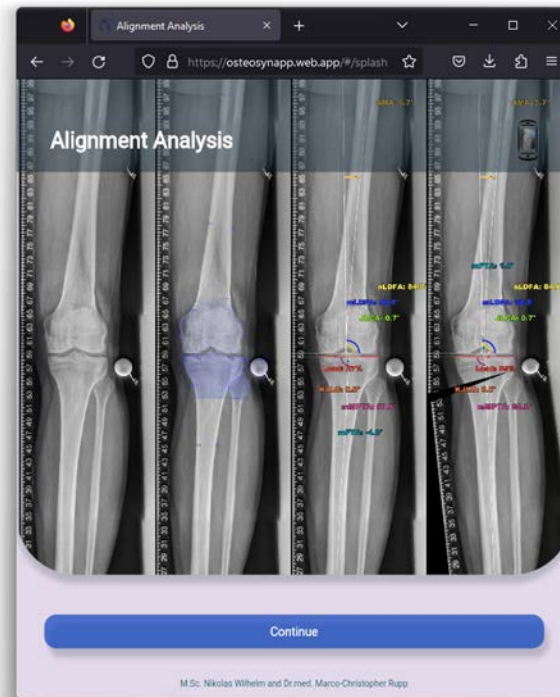
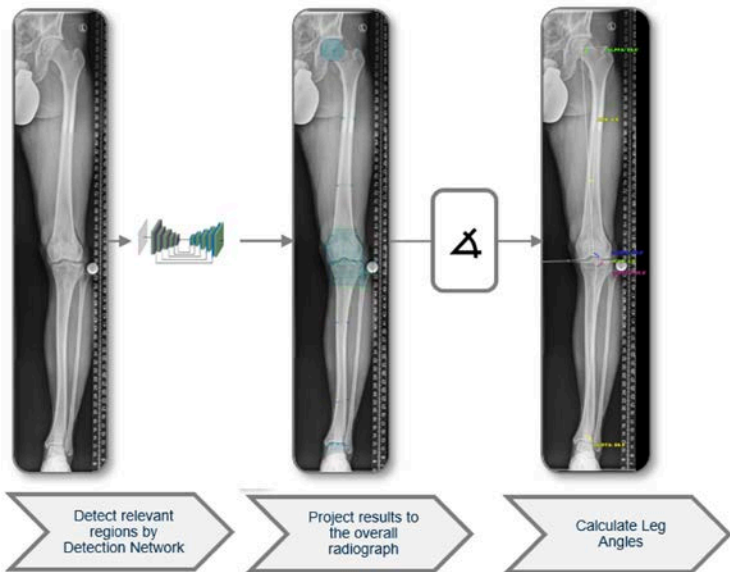
**Ist das überhaupt eine Frage, die KI
beantworten kann ?**

- Aufbau und Analyse Datenbank
- Diagnostische & Therapeutische Algorithmen
- Follow-up
- Klinische Netzwerke

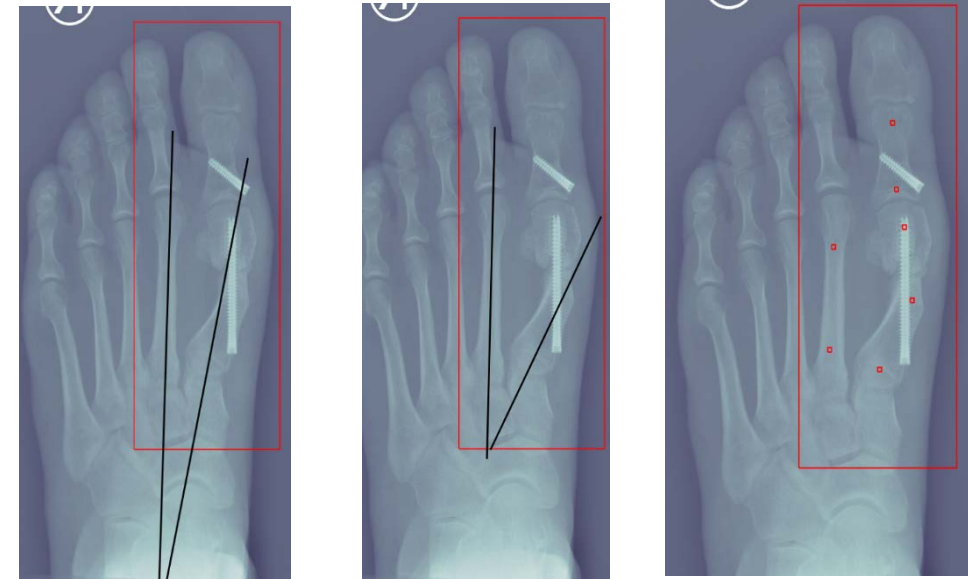
- Möglichkeiten und Grenzen der KI in der Endoprothetik
- tabellarischer Daten / Register
- Bilddaten: MRT, Röntgen, Histologie

Eigene Vorarbeiten

➤ Lower Extremity Alignment Analysis

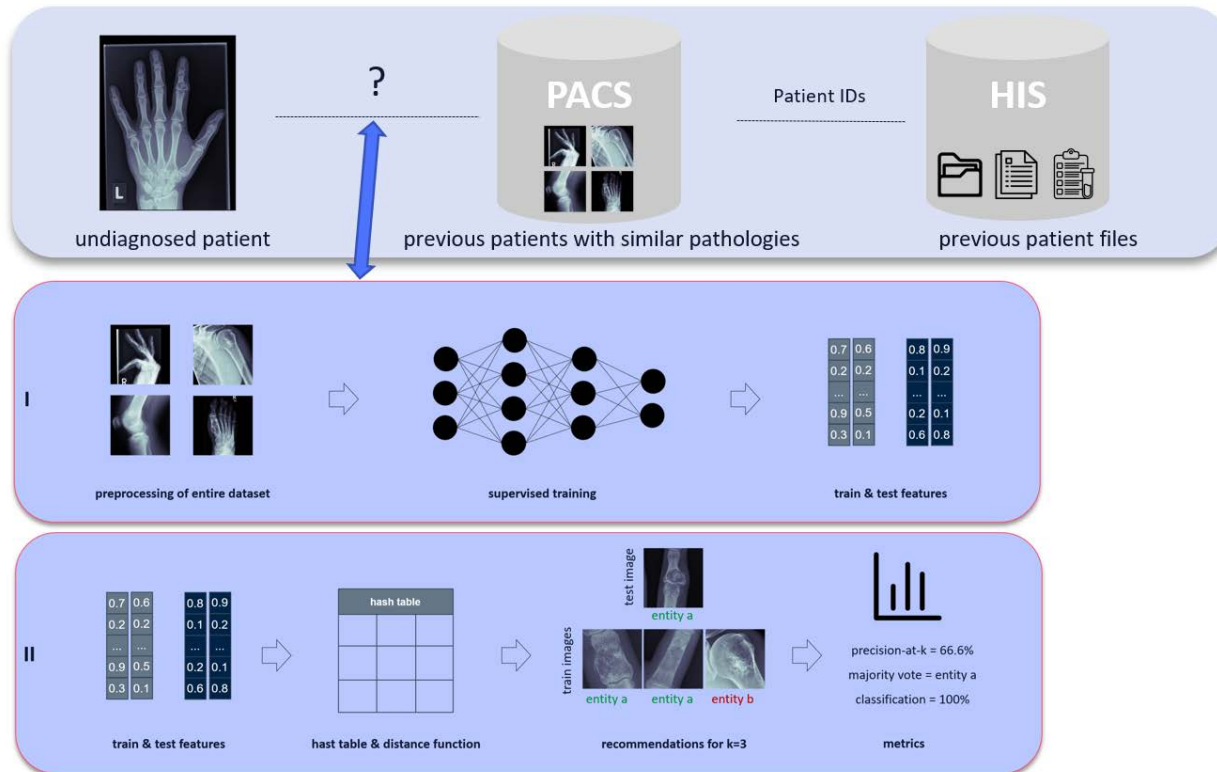


➤ Messung des Hallux valgus mit neuronalen Faltungsnetzwerk (Förderung durch GFFC)



Kindertumore

Eigene Vorarbeiten: Tumororthopädie



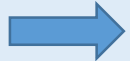
→ Clustern neuer Patienten mit Daten aus KIS und PACS

→ Früherkennung von Tumoren bei Kindern

Ziele QUAKI:

Entwicklung des KI-Tools:

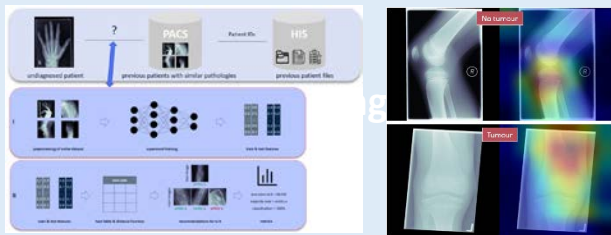
- Fundierte Expertise im Querschnitt Orthopädie und Künstliche Intelligenz in München
- KEINE generative KI



Automatisierung ärztlicher Aufgabe

Vorarbeiten:

Tumoren bei Kindern



Alignment Analyse Knie



Fußfehlstellungen



supervised models
– Die KI erkennt nur vorgegebene Muster

Goldstandard durch Orthopäden und Radiologen vorgegeben

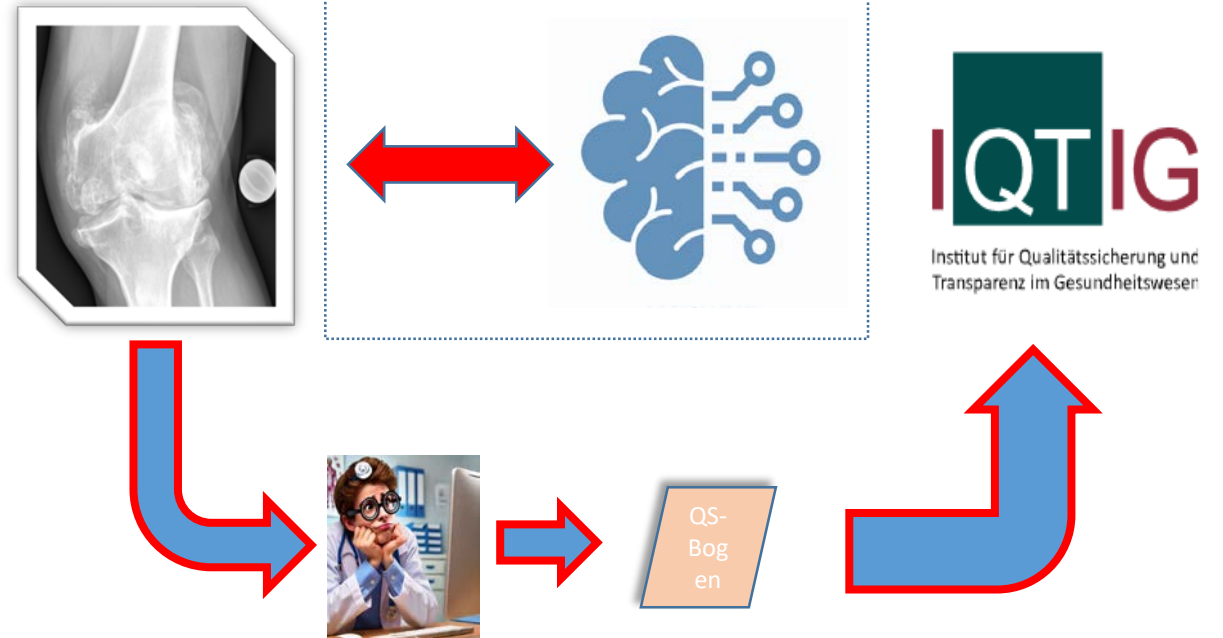
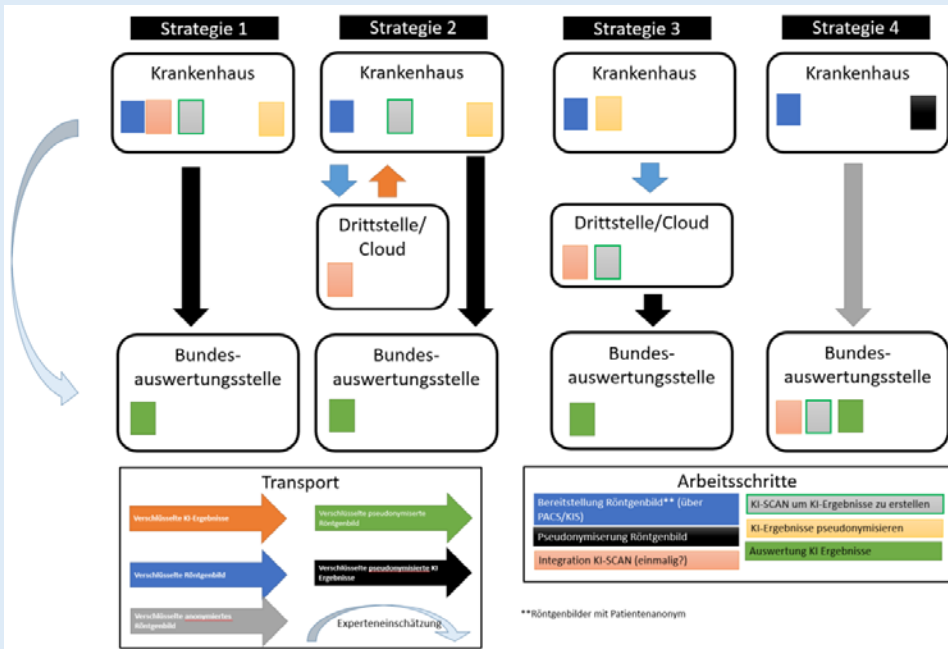


Ziele QUAKI:

Implementierung in Regelversorgung:



- Einbindung in die bestehenden Strukturen des IQTIG
- Datenverarbeitung gemäß der DSGVO



- Datenschutzkonforme Dateiverarbeitung in Vertrauensstelle
- Einbindung in bestehende Strukturen des IQTIGs

QUAKI - Projektplan

	Jahr 1 Q1	Jahr 1 Q2	Jahr 1 Q3	Jahr 1 Q4	Jahr 2 Q1	Jahr 2 Q2	Jahr 2 Q3	Jahr 2 Q4
AP1 - Projektmanagement								
Koordination, Kommunikation und Organisation im Projektteam	█	█	█	█	█	█	█	█
AP2 - Entwicklung KI-Modells								
Ethikantrag - retrospektive/prospektive Datenauswertung, Multicenter	█							
Datenaufarbeitung, Annotation sowie Befundung der Bilddaten			M2					
Entwicklung des Algorithmus anhand der OAI-Daten (Version 1.0)		M1						
Weiterentwicklung anhand der RDI-Daten (Version 2.0)								
Weiterentwicklung anhand der multizentrischen Daten (Version 3.0)				M3				
Validierung KI-Tool anhand prospektiver Daten					█	█	█	█
AP3 - Implementierung der neuen Versorgungsform (Pilotphase)								
Etablierung Drittstelle "Trusted Enviroment", Datenschutz				M4				
Technische Lösung Bilddatentransport für Pilotphase								
prospektive Datenaufnahme, multizentrisch (Pilotphase)					█	█	█	█
AP4 - Evaluation								
Bereitstellung der numerische Gesamtwerte des mod. K&L-Score	█	█	█	█				
Evaluation KI-Tool (Korrektheit Klassifikation, retrospektive Daten)					█	M5		
Aufwand-Nutzen-Verhältnis der neuen Versorgungsform							M7	
Workshop Prozessevaluation mit IQTIG & Rheumaliga		█	█	█	█	M6		
Einbindung Patientenorganisation - Umfrage zur Akzeptanz des KI-Tools			█	█	█	█		
Verschriftlichung der Ergebnisse und Berichterstellung							█	█



Parallele Ausarbeitung beider Ziele

Upside-Potential

- **Deutliche Kosteneinsparung durch Vermeidung von Fehlversorgungen**
 - zeitnah keine alternativen Steuerungsinstrumente
- **Ergebnisse sind übertragbar in andere Verfahren, die Bildgebung verwenden.**

15

Qualitätssicherungsverfahren
nach DeQS-Richtlinie

Koronarchirurgie und Eingriffe an Herzklappen
(QS KCHK) >

Perkutane Koronarintervention (PCI) und
Koronarangiographie (QS PCI) >

Versorgung mit Herzschrittmachern und
implantierbaren Defibrillatoren (QS HSMDEF) >

Karotis-Revaskularisation (QS KAROTIS) >

Mammachirurgie (QS MC) >

Lokal begrenztes Prostatakarzinom (QS
Prostata-Ca) >

Ambulant erworbene Pneumonie (QS CAP) >

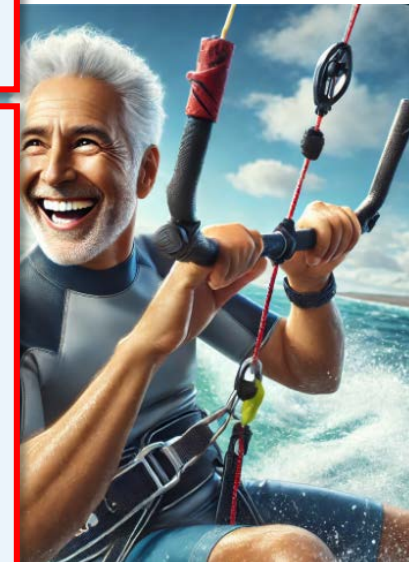
Versorgung der hüftgelenknahen Femurfraktur
(QSFFx) >



Wer braucht einen Gelenkersatz in Deutschland?

QUAKI ermöglicht:

- Flächendeckend standardisierte Beurteilung der Indikationsqualität
- Adäquate Versorgung mit Hüft- & Knieendoprothesen
- Höchste medizinische Qualität entsprechend aktueller Leitlinien



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie
(Direktor: Prof. Dr. R. von Eisenhart-Rothe)