Einführung in die Knochenbiologie

Frakturheilung und Pseudoarthrose

BG Klinik Tübingen

• Unfallchirurgische Schwerpunktklinik

• Stadt- und Kreiskrankenhaus

• überregionales Zentrum im Traumanetzwerk Südwürttemberg

• Universitätsklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie

• Lehrstuhl für Unfallchirurgie: Prof. Tina Histing

Kernbereich Unfallchirurgie

Gesamtbetten 340 Betten

8 Stationen

Kernbereich Unfallchirurgie 204 Betten

Spezialabteilungen:

• Hand-, Plastische, Rekonstruktive und

Verbrennungschirurgie 58 Betten

• Intensivstation / IMC 17 Betten

• Wirbelsäule / Querschnittsverletzungen 49 Betten

• Rehabilitation (inkl. Bad Seba) 96 Betten

• Septische Chirurgie 28 Betten

• Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie 16 Betten

• Zentrale Notaufnahme 6 Betten

Spektrum Unfallchirurgie

• Endoprothetik mit Revisionschirurgie (zert. EndoprothesenZentrum (EPZmax))

• Alterstraumatologie (zert. AltersTraumaZentrum)

• Sporttraumatologie - arthroskopische Chirurgie

• septische Chirurgie

• akute Wirbelsäulenchirurgie und

Querschnittsbehandlung

• konservative und operative Frakturbehandlung –

Trauma (zert. Traumazentrum)

- Polytraumata / Schwerverletzte
- rekonstruktive Gelenkchirurgie
- Beckenchirurgie
- Pseudarthrose

• Rehabilitation

<u>Endoprotetik</u>



• ca. 900 Fälle pro Jahr

• Eingabe in das Endoprothesenregister

• BG Klinik mit den höchsten Fallzahlen der Endoprothetik

<u>Alterstraumatologie</u>

• etabliertes, zertifiziertes Alterstraumazentrum

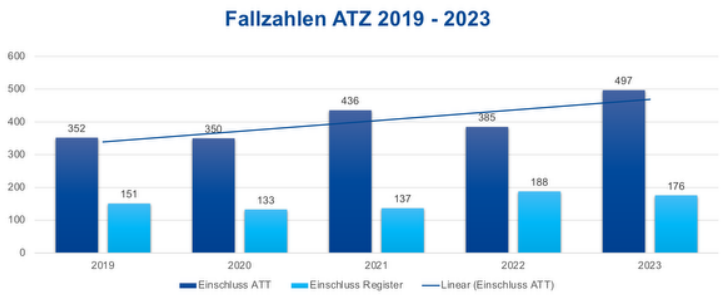
• 2023 Anteil alterstraumatologischer Patientinnen und Patienten mit 14,4% am höchsten unter den BG Kliniken mit chirurgischem Schwerpunkt

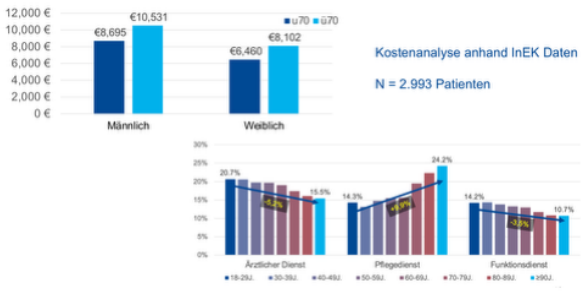
• große Anzahl operativ versorgter alterstraumatologischer Patienten

• Vorbereitungen zur Etablierung einer alterstraumatologischen Station

• Vorbereitungen zur Etablierung einer alterstraumatologischen Präventionssprechstunde

<u>Alterstraumatologie</u>





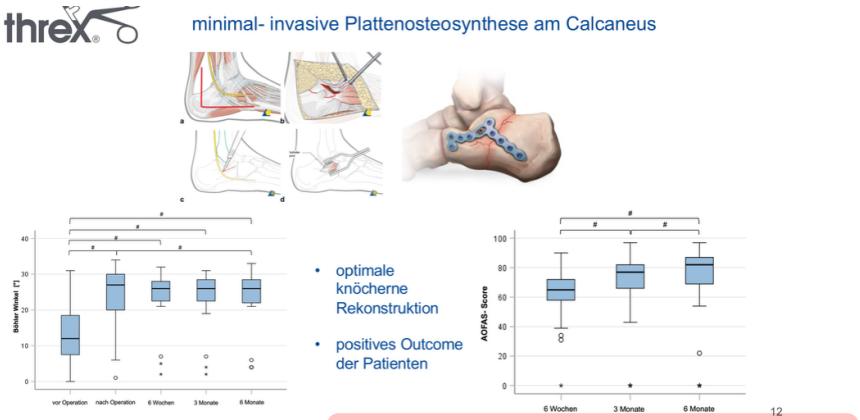
- Es gibt immer mehr eine Verschiebung in Richtung alte Patienten (männliche Patienten sind teurer als weibliche)

Innovative septische Chirurgie



- Neue technologie: Extremitäten können trotz schwerer Verletzung erhalten bleiben

Innovation in der Fußchirurgie



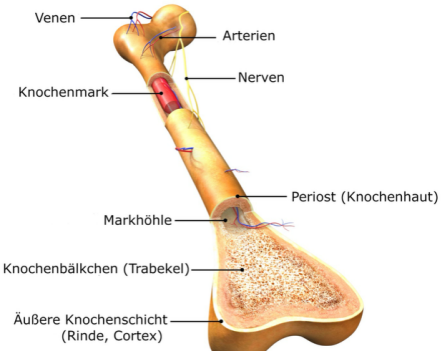
- Fersenfrakturen – Ferse hat schlechte Gefäßversorgung
- Bild a war der Standard früher (bis zu 40% Komplikationen)
-

Innovative Becken Chirurgie



Knochenbiologie

- Ein Erwachsener besitzt 206 Knochen
- Größter Knochen: FEMUR
- Kleinster Knochen: STAPES (Steigbügel)



Knochenenden: Metaphyse

Diaphyse: Schaft (Markhöhle mit Mark)

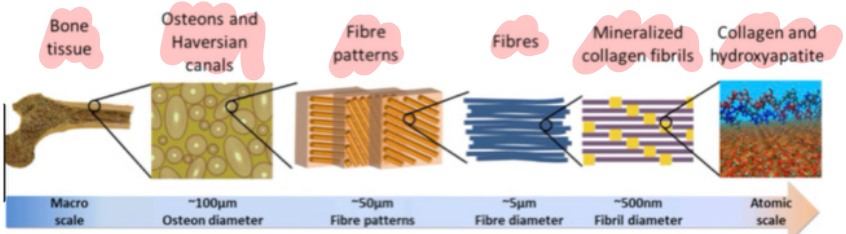
Periost: Meiste Durchblutung am Knochen, wichtig zu erhalten !!

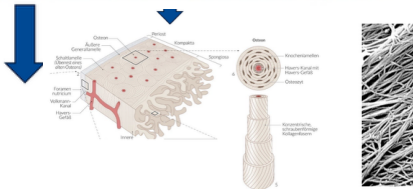
Funktionen des Skeletts

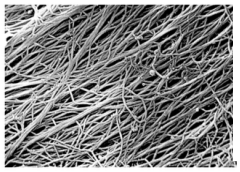
- Schutz innerer Organe (Schädelknochen am dicksten)
- Bewegung im dreidimensionalen Raum
- Ort der Hämatopoese
- Speicher für Minerale (Ca, Ph), Wachstumsfaktoren, schwere Metalle

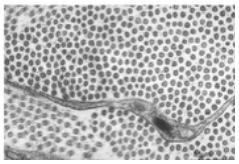
(= Entgiftungsfunktion)

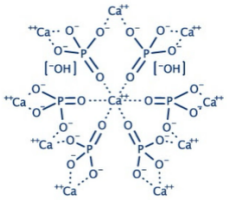
- Calcium/ Phosphat Stoffwechsel



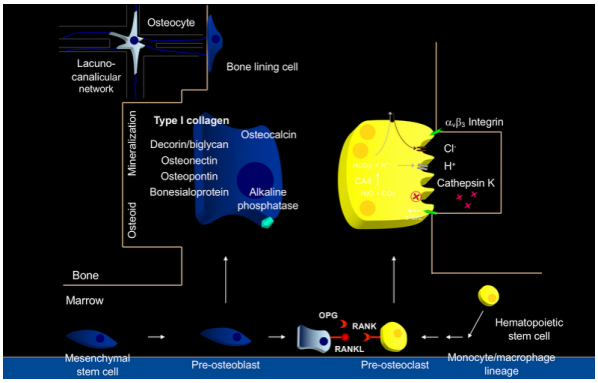








Knochenzellbiologie



Knochenaufbauende und Knochenabbauende Zelle kommen nicht von der selben Stammzelle

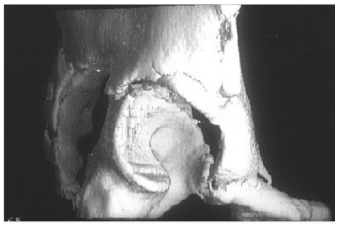
Vom Zelltyp weit auseinander aber spielen trotzdem eng miteinander

Untersuchungstechniken in der Unfallchirurgie

Radiologische Untersuchung:

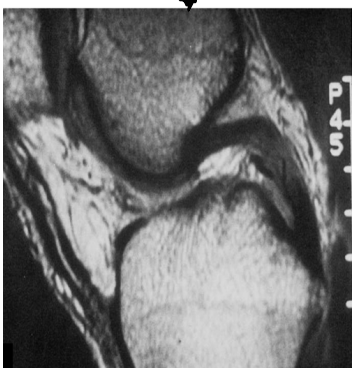
- Röntgen
- CT mit 3D Rekonstruktion (komplexer und mehrere Brüche) CT hat Röntgenstrahlen- Knochenstrukturen visualisieren
- MRT (Unterschied zu CT: Magnetfeld) Weichteile werden untersucht











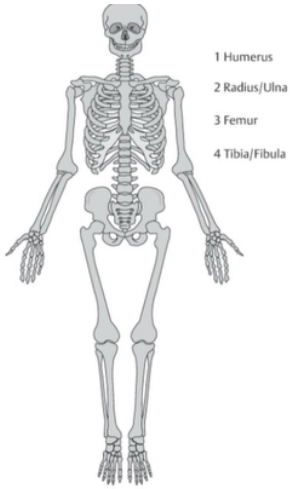
- Röntgen-Spezialaufnahmen (funktioniert mit druck und Gewichten) Szintigraphie (Doppler-)Sonographie
  Punktion (mit KM)
- Damit können auch Bandverletzungen erkannt werden




operativ – konservativ (es wird nicht operiert)
minimal invasiv – offen (offen=große Schnitte)
primär – verzögert (primär= sofort nach dem Trauma)
frühfunktionell (=Patient kann Funktion schnell wieder aufnehmen) –
immobilisierend(= Gelenk darf nicht bewegt werden)

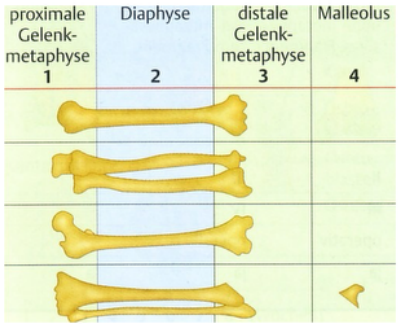
Knochenbruch

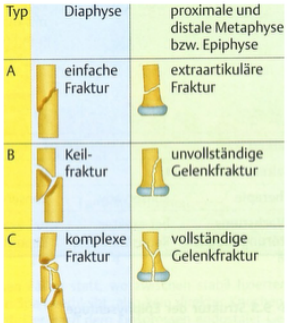




- erst werden die Knochen durchnummeriert
- Zweitens wie sind die Knochen aufgebaut?
- Drittens welche Art von Fraktur ?

AO-Klassifikation







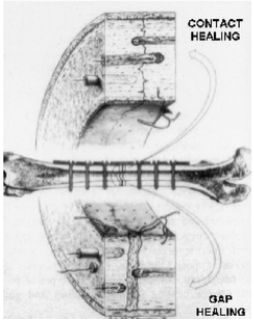
- Dieser Knochen hat den Bruch 32B

Arten der Knochenbruchheilung

1. Direkte/primäre/intramembranöse Knochenbruchheilung
2. Indirekte/sekundäre/enchodrale Knochenbruchheilung
- Die sekundäre folgt nicht auf die primäre, sind verschieden Heilungen!

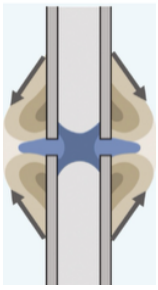
Direkte Knochenbruchheilung

- selten (vor allem bei Kindern oder Fissuren)
- keine Bewegung im Frakturspalt
- keine Kallusbildung
- direkte Knochenbildung aus den Osteoblasten



Indirekte Knochenbruchheilung

- häufigste Art der Knochenbruchheilung
- keine rigide Fixierung
- Stabilisierung über weichen und harten Kallus,
- der von Chondrozyten im Frakturareal gebildet wird (es wird erst Knorpel

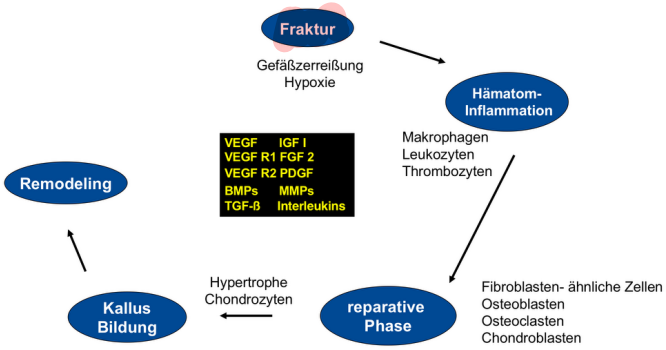






gebildet vor Knochenbildung) - Remodeling

Stadien der indirekten Knochenheilung

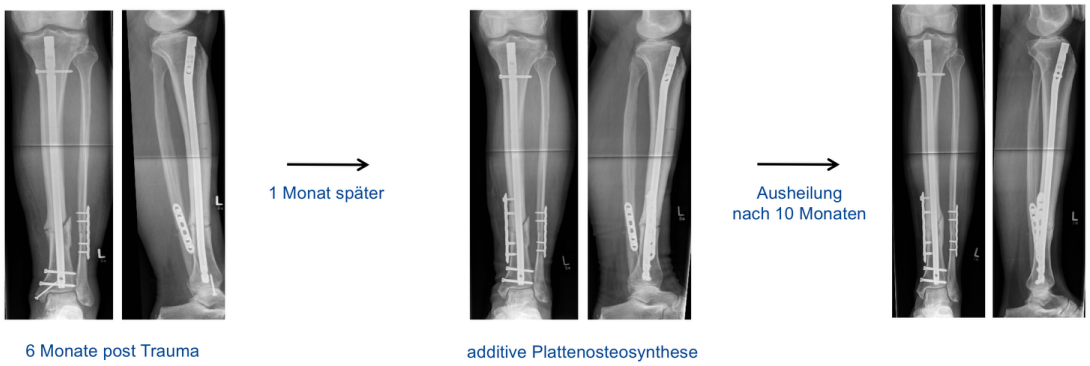


1. Fraktur
2. Hämatom-Inflammation
3. reparative Phase
4. Kallus Bildung
5. Remodeling

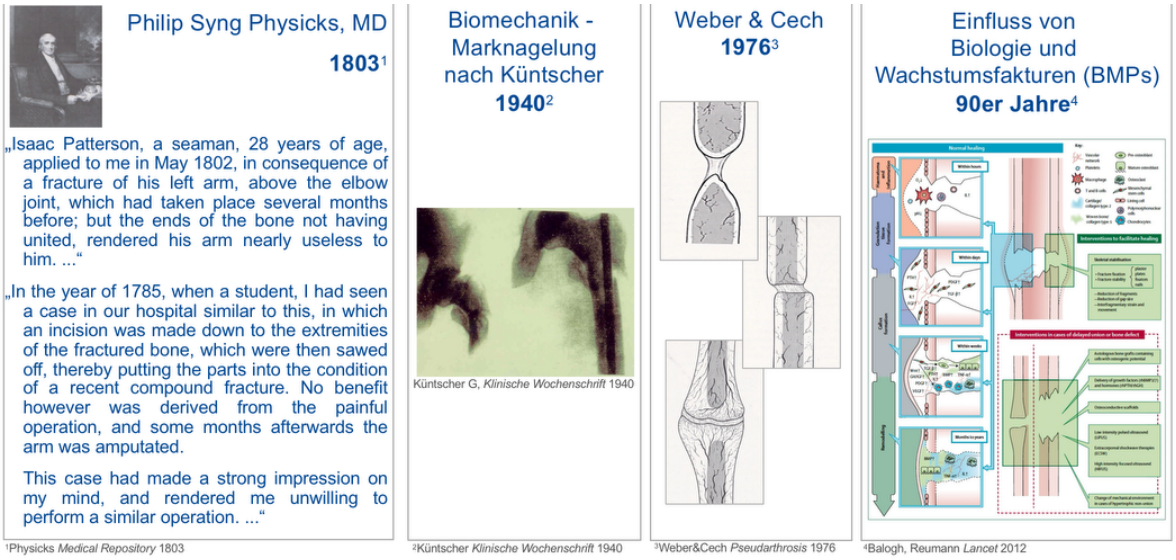
- Wichtig
- Remodeling: Kallus wird abgebaut, Knochen können narbenlos heilen

Trauma und Rekonstruktion: Pseudarthrose

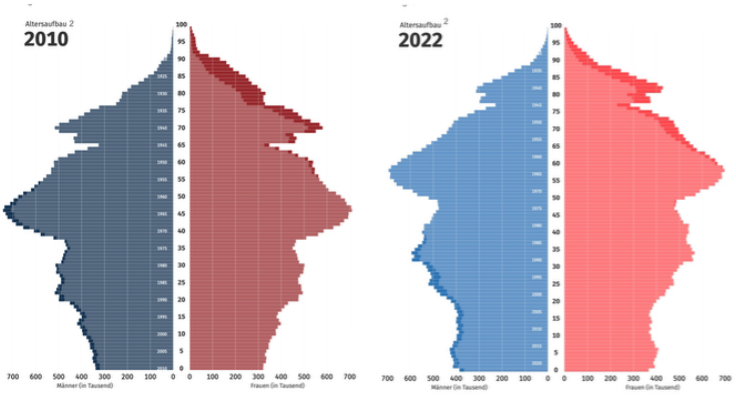
- Pseudarthrose=Falschgelenk
- „pseudo“ – falsch „arthros“ – Gelenk
- kein echtes Gelenk, da keine Bandstrukturen oder Bewegungsmöglichkeiten
- Kallus Wolke kommt nach ca 6 Wochen
- 3 - 4 Monate = normal 5 - 6 Monate = verzögerte Heilung > 6 Monate = Pseudarthrose
- In Deutschland wird die Zeitklassifizierung nicht so wirklich verwendet da verschiedene Knochen unterschiedliche Zeit bauchen zum heilen

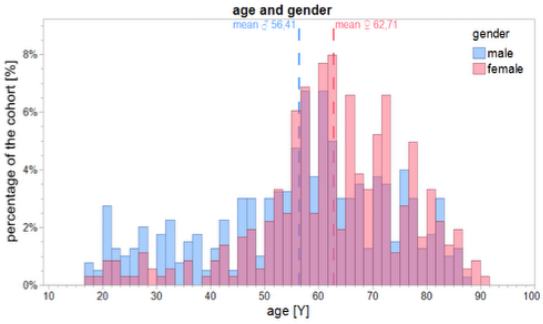


Historie der Pseudoarthrosenforschung



Inzidenz und Prävalenz





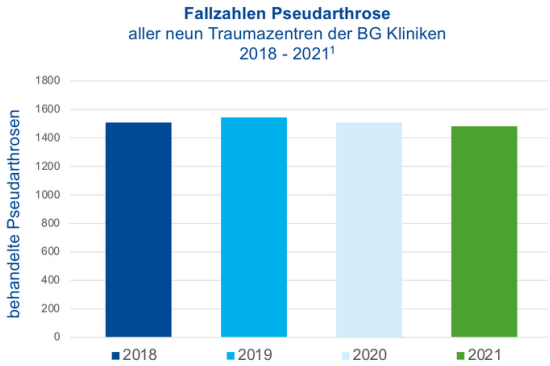
Prävalenz einer Fraktur[1]:
- Männer 45 %, Frauen 31 % (Altersspanne: 25-74 Jahre)
- Männer 42 %, Frauen 40 % (Altersspanne: 65-74 Jahre)

Inzidenz von Pseudarthrosen[3]:
- ~ 10% aller knöchernen Frakturen
- ~ 30% in Risikogruppen

Risikofaktoren und Frakturheilung

- Metabolische Faktoren, z.B. Diabetes und Lebererkrankungen
- Endokrine Faktoren, z.B. VitD, Schilddrüsenhormone
- Medikamente, zb. Statine, betablocker
- Primär offene Verletzung Hochansatztrauma
- Frakturspalt größer als 5mm
- Infektion
- Anzahl der eingriffe zur Weichteilsanierung bei offenen Verletzungen
- Nikotinabusus

Fallzahlen BG Kliniken



Kostenanalyse

Kostenanalyse der Behandlung von Pseudarthrosen der unteren Extremität

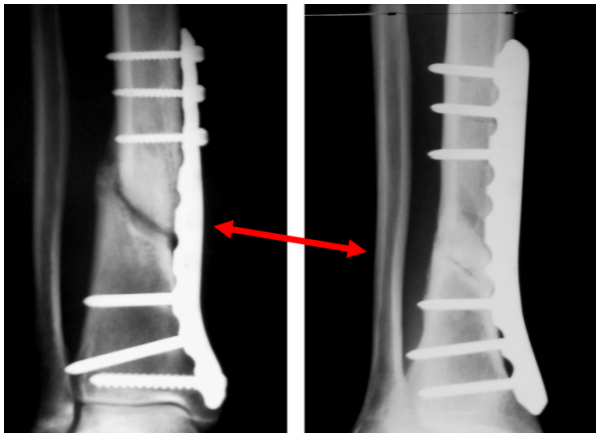
BG Unfallklinik Tübingen1

	Fraktur	Pseudarthrose	Fraktur + Pseudarthrose
direkte Kosten	4.070 €	6.417 €	10.487 €
Krankentagegeld	6.158 €	16.888 €	23.046 €
Produktivitäts-ausfall	26.648 €	59,066 €	85,714 €
Kosten für das Sozialsystem	**37.909 €**	**85.425 €**	**123.334 €**

> 3,3 - fach erhöhte Kosten für Pseudarthrosen im Vergleich zu Frakturen ($p<0,0001$)

> 3,3 - fach erhöhte indirekte Kosten für Pseudarthrosen ($p<0,0001$)

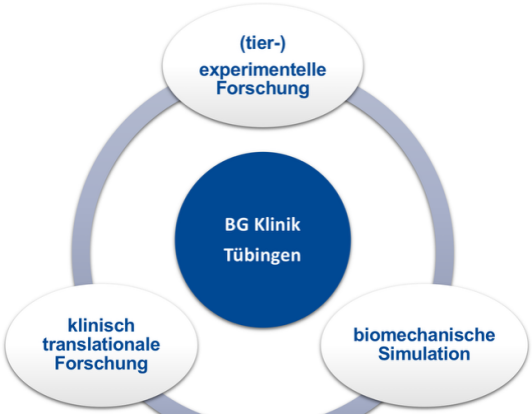
Status quo- 21. Jahrhundert



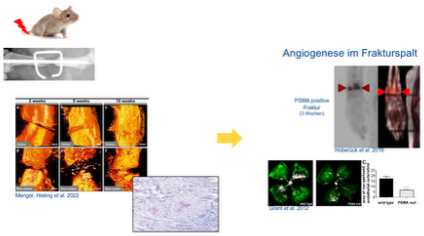
6 Monate nach Unfallereignis
Links: männlich, 36 Jahre Schlittenunfall
Rechts: männlich, 39 Jahre Fahrradsturz

- Beide gleich- man weiß nicht wieso ein Knochen heilt und der andere nicht

Forschung Pseudarthrose

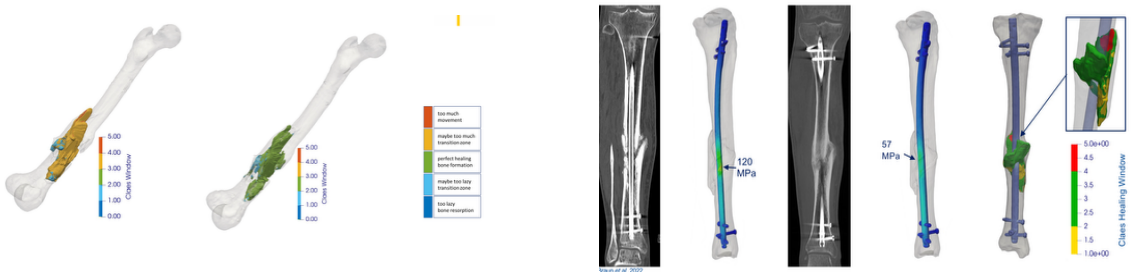


Etablierung eines Mausmodells mit Pseudarthrose

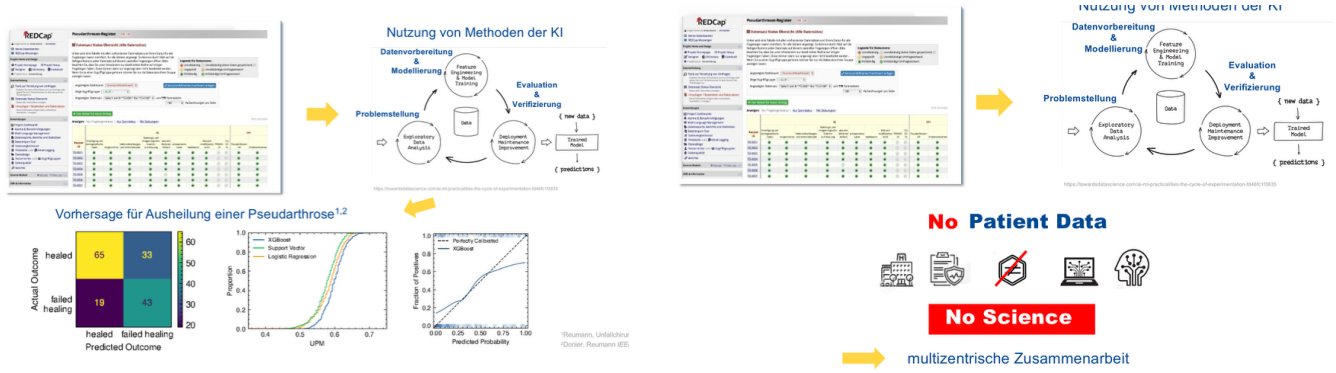


Vorhersage zum Heilungsverlauf und Heilungserfolg

- Jeder Knochen braucht eine Teilbelastung zum heilen
- Ideale Belastung finden für einen Frakturspalt



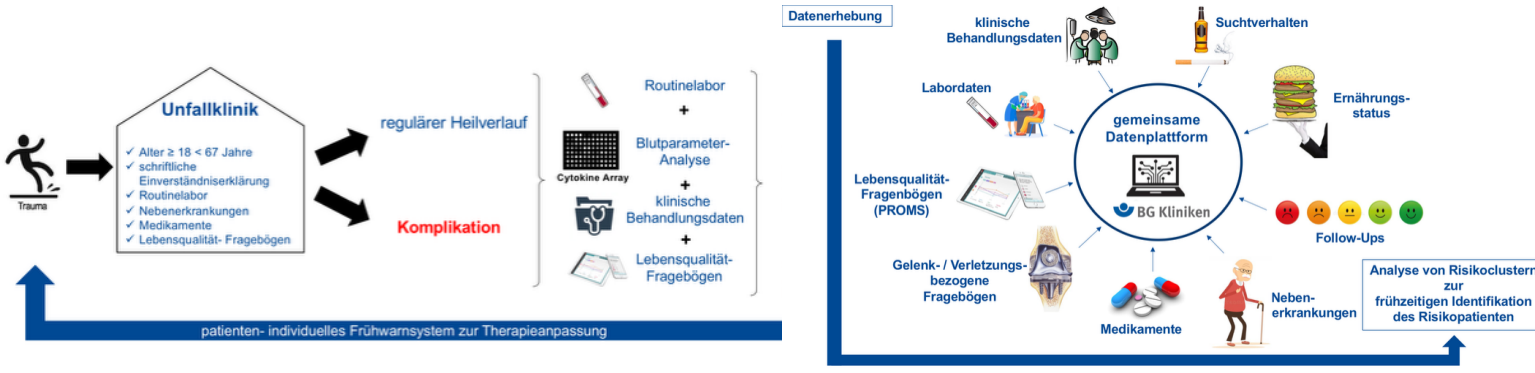
Pseudoarthrosen-Datenbank



57

HELICOPTER

Wissenschaftliches Ziel: Identifikation eines Risikoprofils von Patienten, die eine Komplikation ihrer Verletzung entwickeln



- Frühwarnsystem: um Pseudarthrose zu verhindern

Ziel des HELICOPTER-Projektes

