

Biomechanik der Frakturheilung und der Frakturversorgung

Prof. Dr. Peter Augat

Institut für Biomechanik

Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau

Paracelsus Medizinische Privatuniversität Salzburg

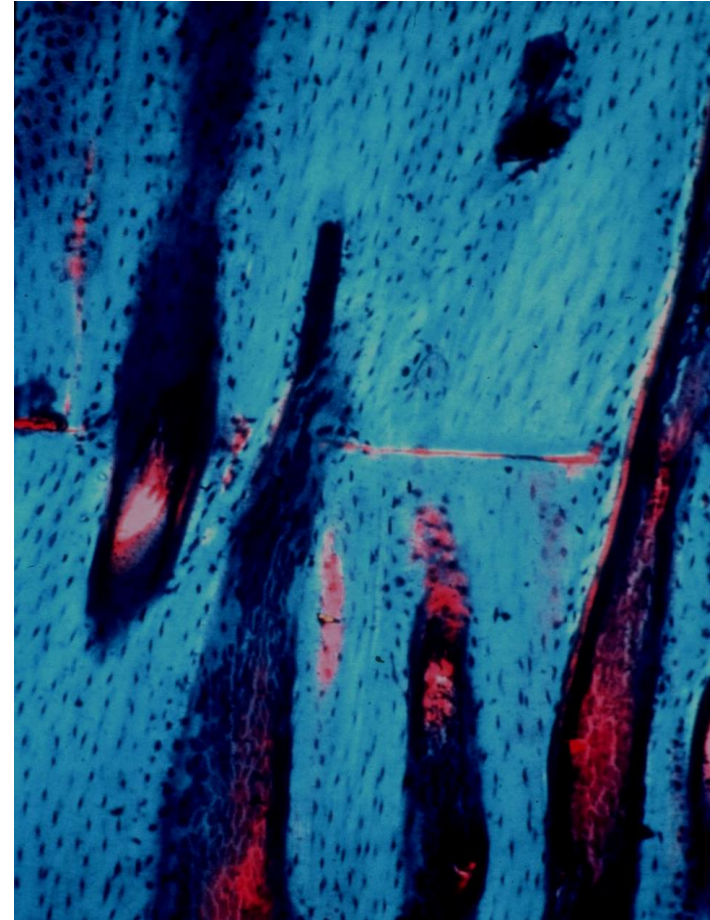
Was nehme ich mit?

- **Wie heilt ein Knochenbruch?**
 - Primär vs. sekundär
- **Welche Osteosyntheseprinzipien gibt es?**
 - Kompression vs. Schienung
- **Welche mechanische Stabilität erzeugt die Osteosynthese?**
 - Schrauben/Platten/Nägel

Primäre Fxheilung

Kontakttheilung

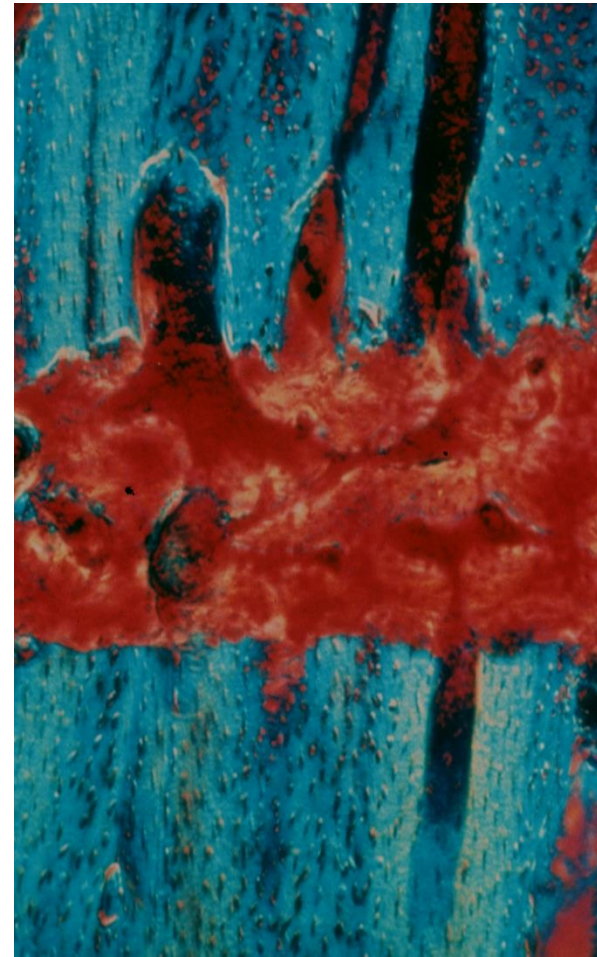
- mechanische Stabilität (Osteosynthese)
- ideale Reposition
- Spalt zu klein für Gefäße
- direkte osteonale Überbrückung



Primäre Fxheilung

Spaltheilung

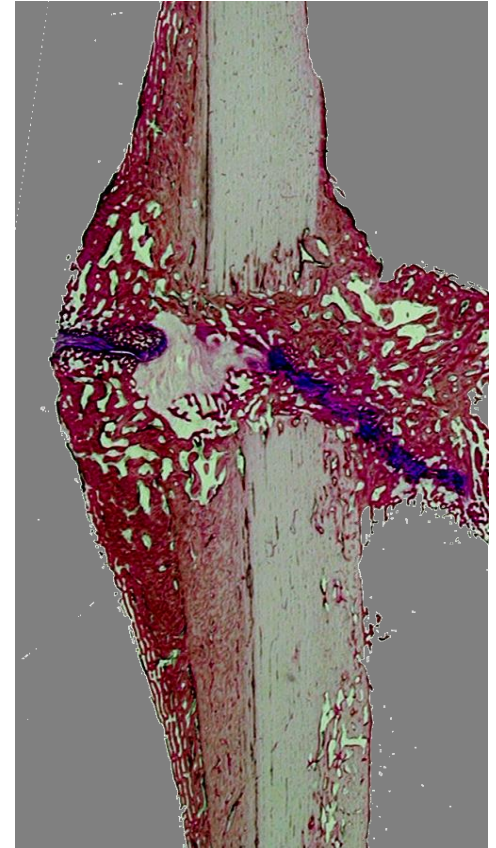
- mechanische Stabilität (Osteosynthese)
- Reposition mit minimalem Frakturspalt
- Bildung von Lamellenknochen



Sekundäre Fxheilung

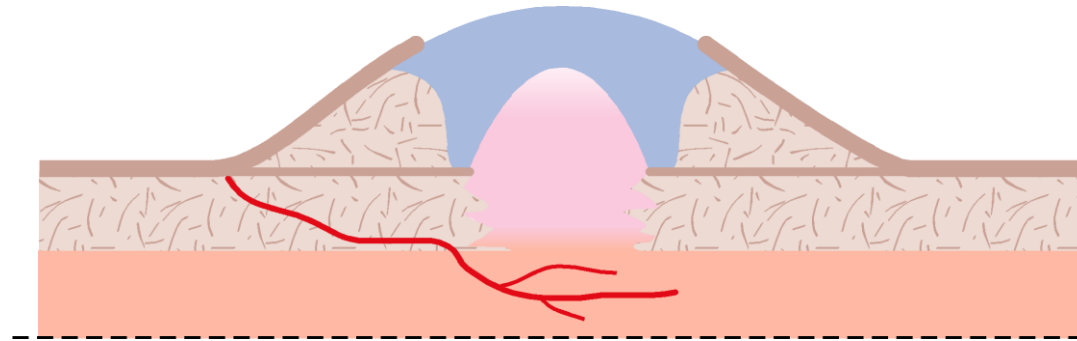
Kallusheilung

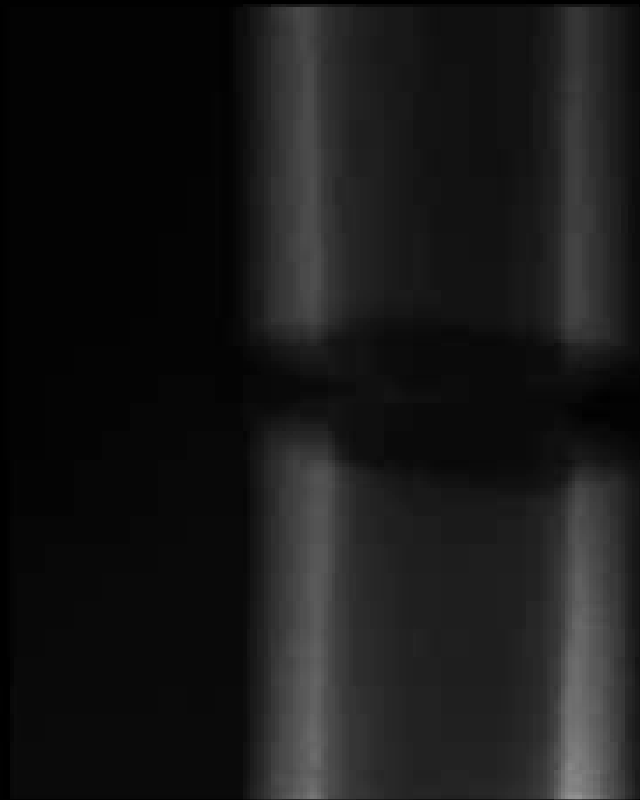
- Dynamische Stabilisierung
- Reposition mit Frakturspalt
- Interfragmentäre Bewegung



Die Phasen der Frakturheilung

1. Entzündung
2. Angiogenese und Knorpelbildung
3. Kalzifizierung
4. Verknöcherung
5. Remodeling

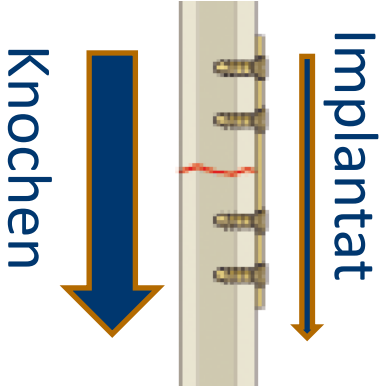
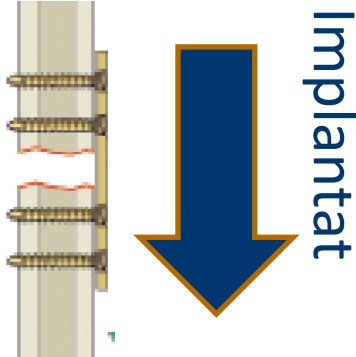
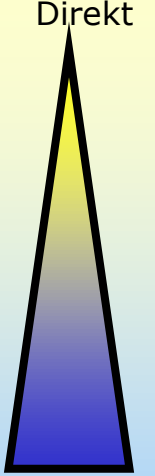




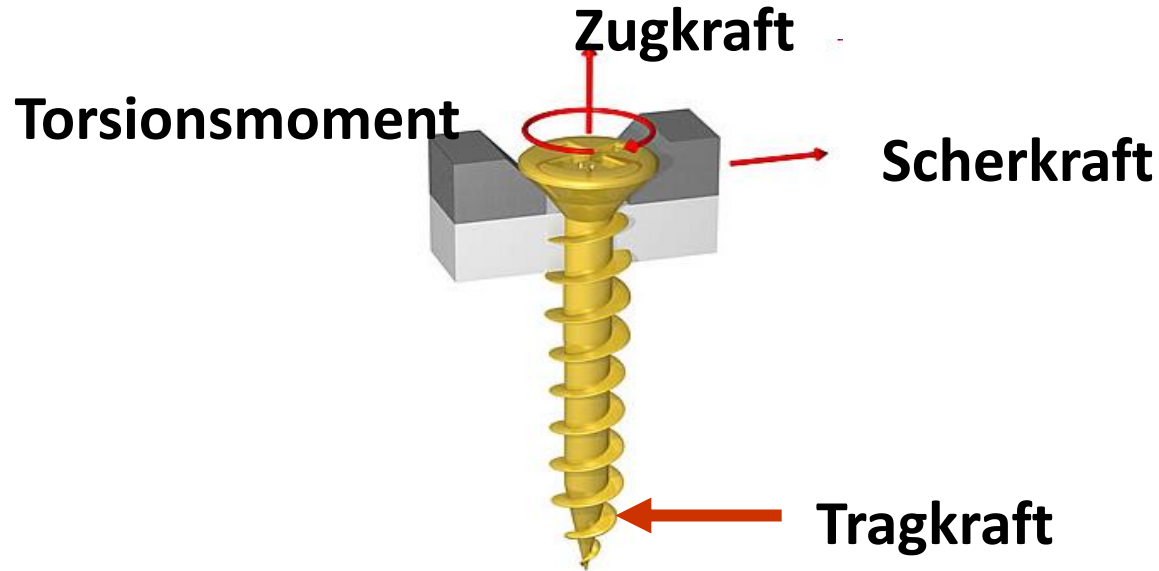
Was ist der entscheidende Faktor für eine erfolgreiche Frakturbehandlung ?

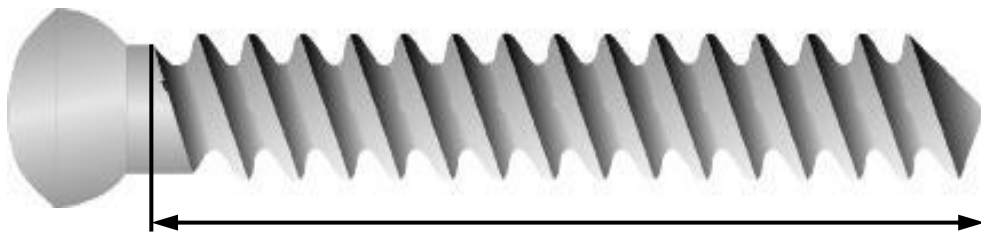
1. die Biologie
2. die Biomechanik
3. das Implantat
4. der Operateur
5. der Patient

Prinzipien der Osteosynthese

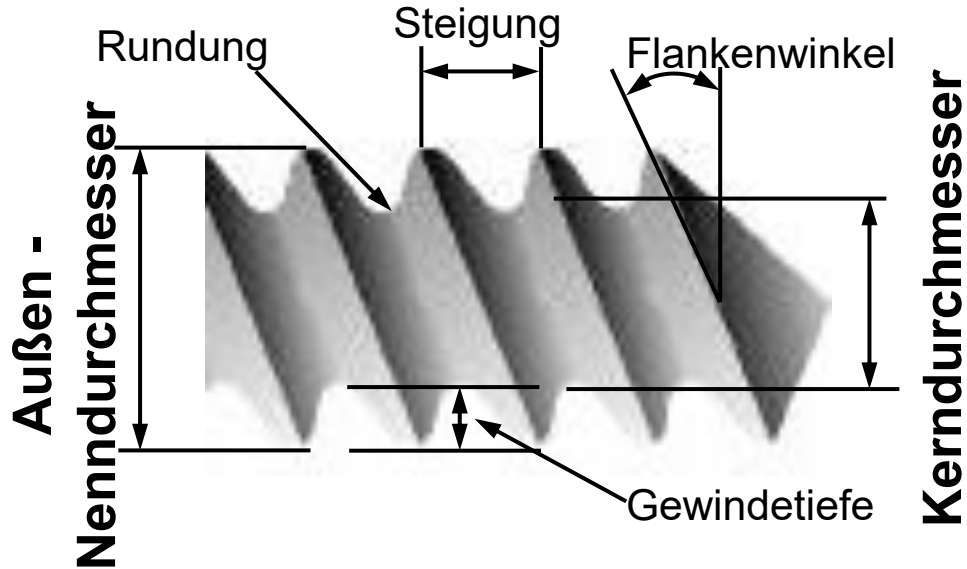
Prinzip	Methode	Heilung
<p>Kompression LOAD-SHARING</p>  <p>LOAD-BEARING Schienung</p>		 <p>Direkt</p> <p>Indirekt</p>

Schraubenosteosynthese





Gewindelänge



**Rechtsdrehend
Vorbohren
Bohrhülse
Bohren - Schrauben**

Spongiosagewinde

vs.

Kortikalisgewinde



Wo liegen die Unterschiede?

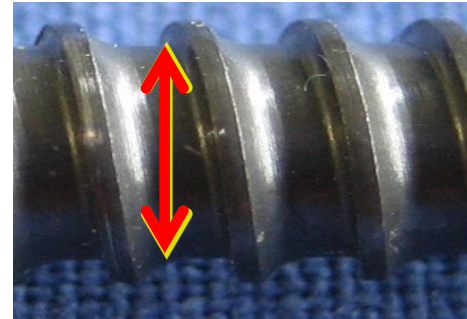
Spongiosagewinde

vs.

Kortikalisgewinde



Gewindetiefe



Kerndurchmesser

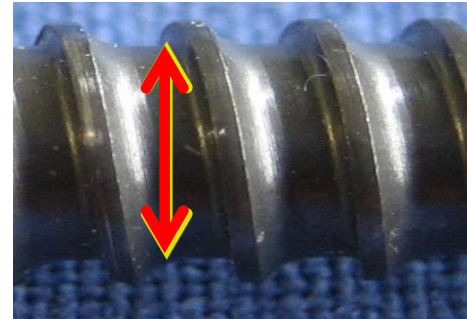
Spongiosagewinde

vs.

Kortikalisgewinde



Gewindetiefe



Kerndurchmesser

z.B. Schrauben unter Zugbelastung

z.B. Verriegelungsschrauben
mit hoher Biegebelastung

Stellschraube (Set Screw)

Festlegung und Sicherung des Abstandes



Stabilisierung einer Syndesmoseninstabilität

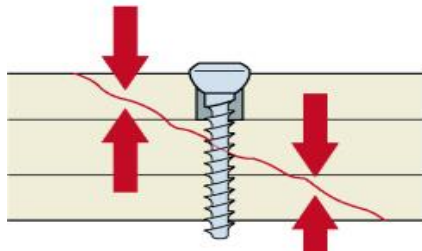
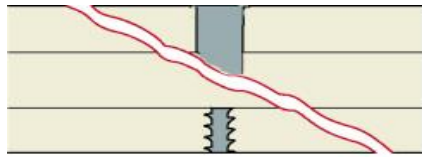
Tragschraube

Übertragung radialer Lasten über den Schaft der Schraube

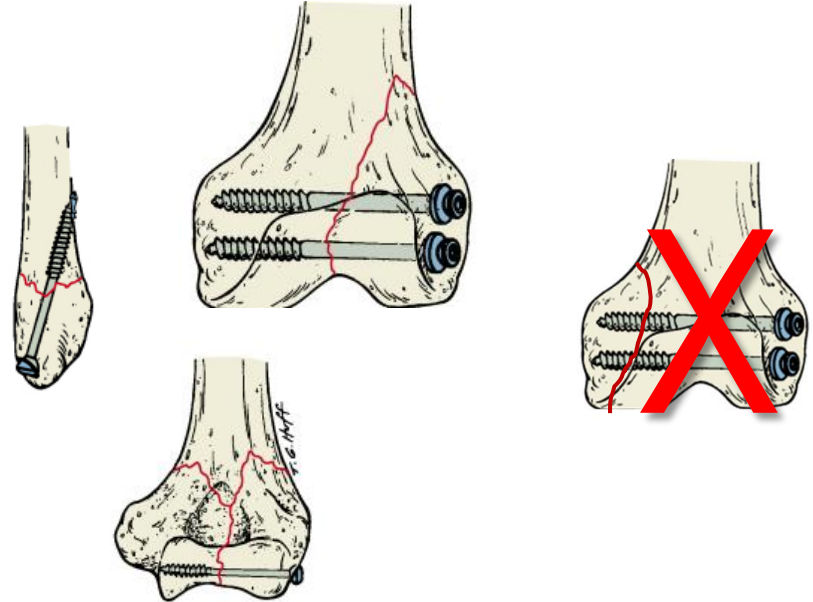


Zugschraube (Lag Screw)

Erzeugung von Kompression zwischen den Fragmenten



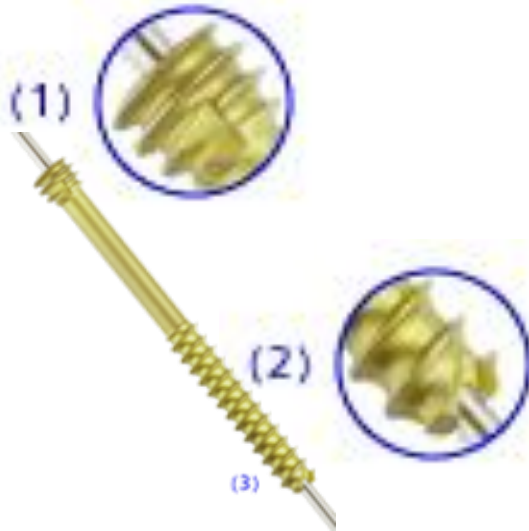
Skeletal Trauma, Elsevier



Skeletal Trauma, Elsevier

Kompressionsschraube

Erzeugung von Kompression
durch Unterschiede in der Gewindesteigung



TWIN, Axomed



Herbert Screw



QWIX, Smith & Nephew

Antirotationsschraube

Sicherung der Rotation



Rotationssicherung der Schenkelhalsschraube

Zuggurtungsosteosynthese



Dynamische interfragmentäre Kompression

- bei Zugbelastung der Fraktur
- erzeugt Kompression bei Belastung

CAVE: „instabil“ bei Entlastung



Plattenosteosynthese

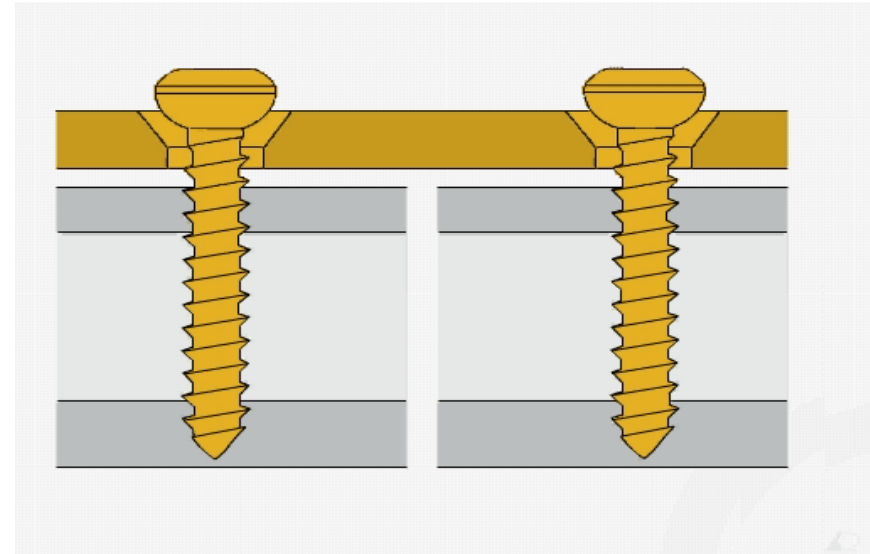
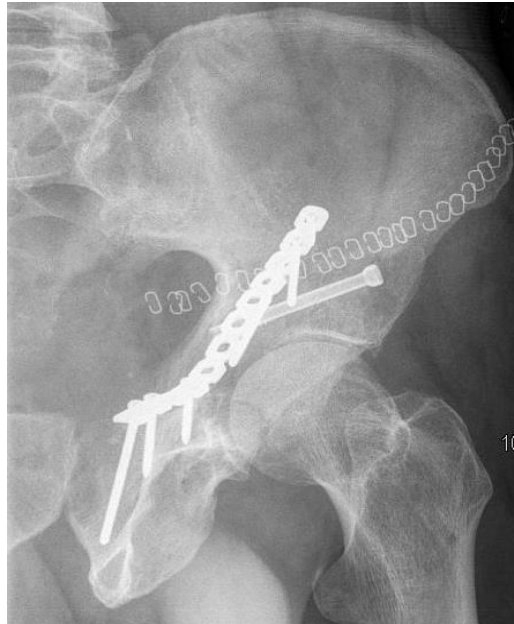
Die Stabilität der konventionellen Plattenosteosynthese beruht auf ...

1. ...der Kompression der Fragmentenden
2. ...der Kompression zwischen Platte und Knochen



Konventionelle Plattenosteosynthese

Anpassung der Platte an Knochenoberfläche
+ Kompression der Platte an den Knochen



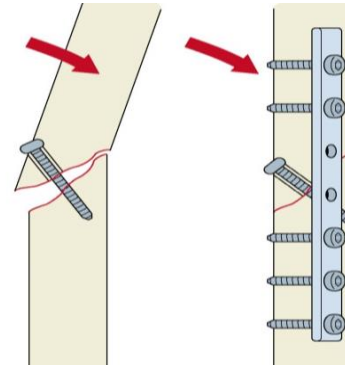
Neutralisations Platte

(protection plate)

Reduktion von

- Torsionsmomenten
- Biegemomenten

Immer in Verbindung mit
Zugschraubenosteosynthese

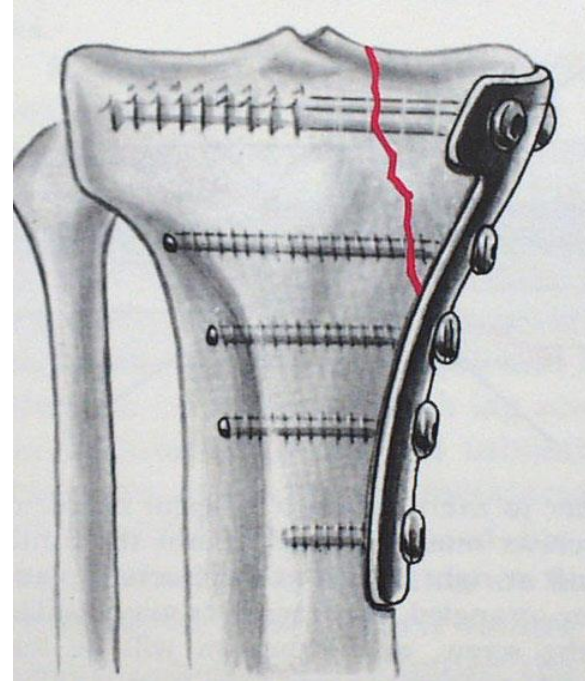


Abstützplatte

Reduktion von

- Scherkräften
- Biegemomenten

z.B. metaphysären Fx. mit
Gelenkbeteiligung



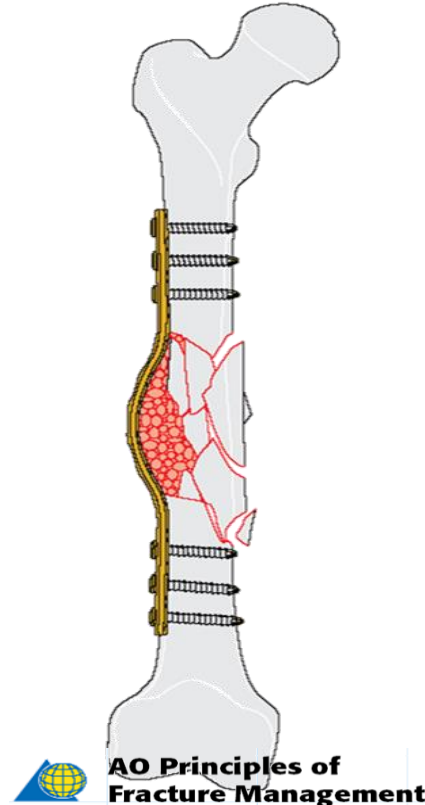
Schatzker J, Tile M:
The Rationale of Operative Fracture Care. Springer-Verlag,
1987.

Überbrückungsplatte

Wiederherstellung und Retention von

- Achse
- Länge
- Torsion

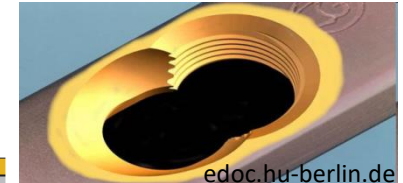
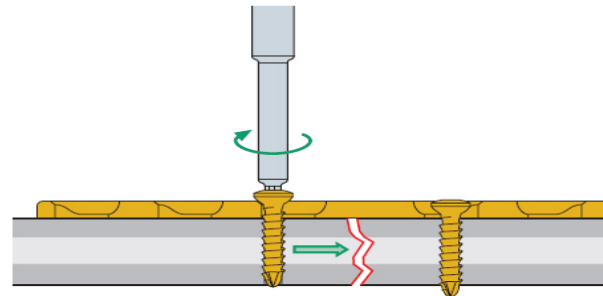
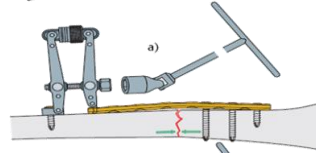
Fixierung frakturfern im distalen und proximalen Fragment



Kompressionsplatte

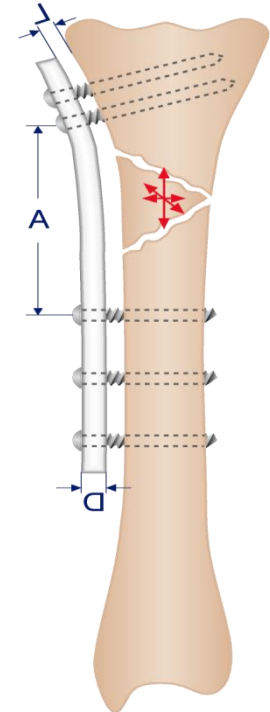
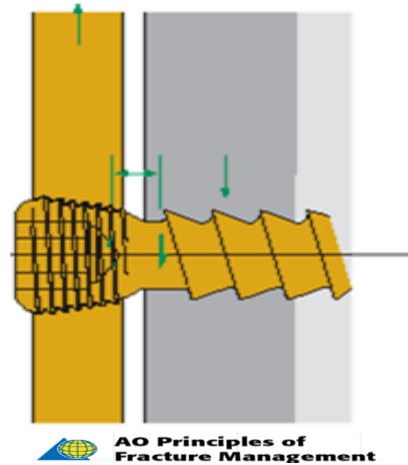
Reduktion und
interfragmentäre
Kompression

- Vorbiegung
- Hebel
- Gleitlöcher

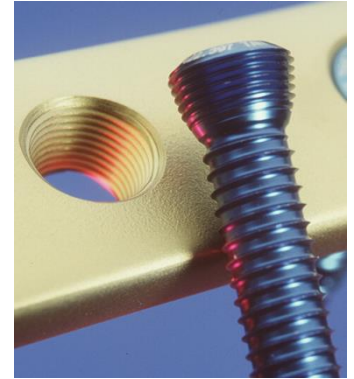


Winkelstabile Platte

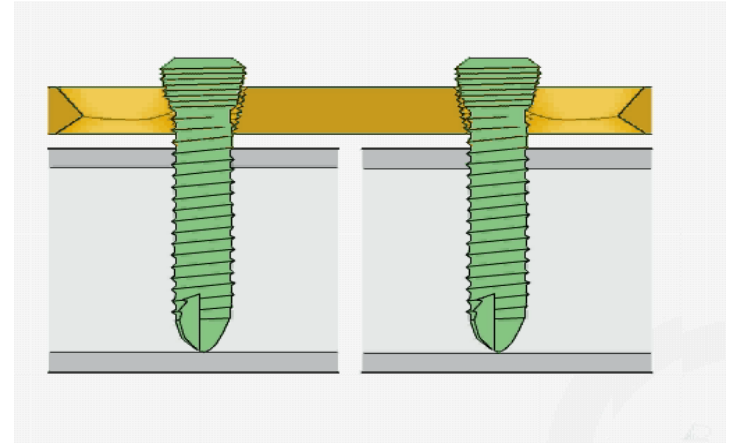
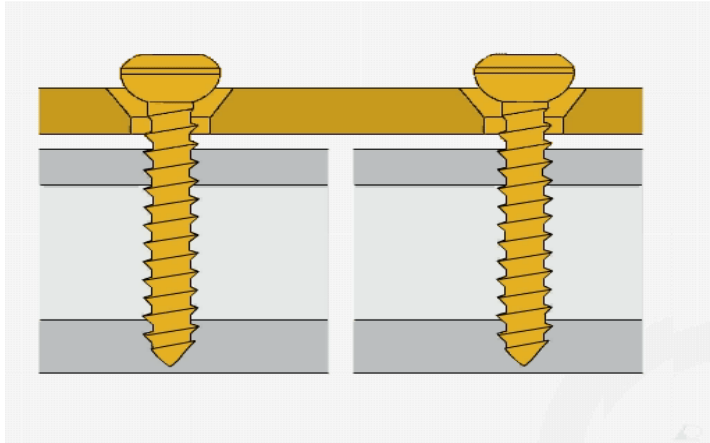
Prinzip des Fixateur intern = äußere Schienung



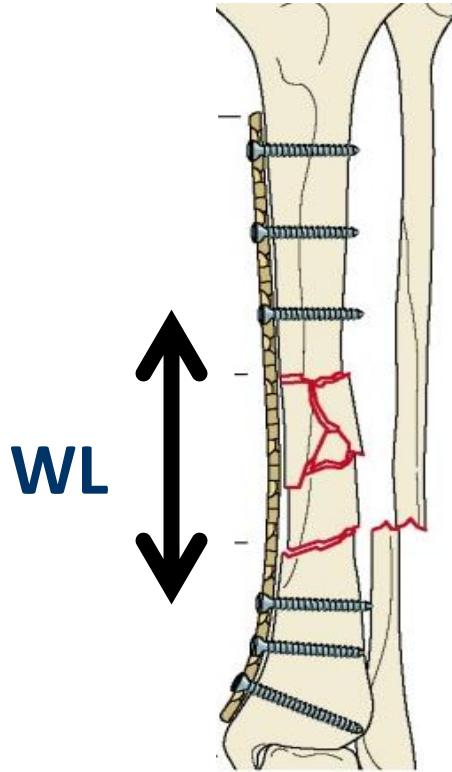
Konventionell - Winkelstabil



Konventionell - Winkelstabil



Schraubenplatzierung



- Plattenlänge ≥ 3 Frakturhöhe
- Schraubenzahl ≥ 2 /Fragment
- Abstand ≥ 1 Knochenbreite
- Sinnvolle Schwingstrecke (WL)



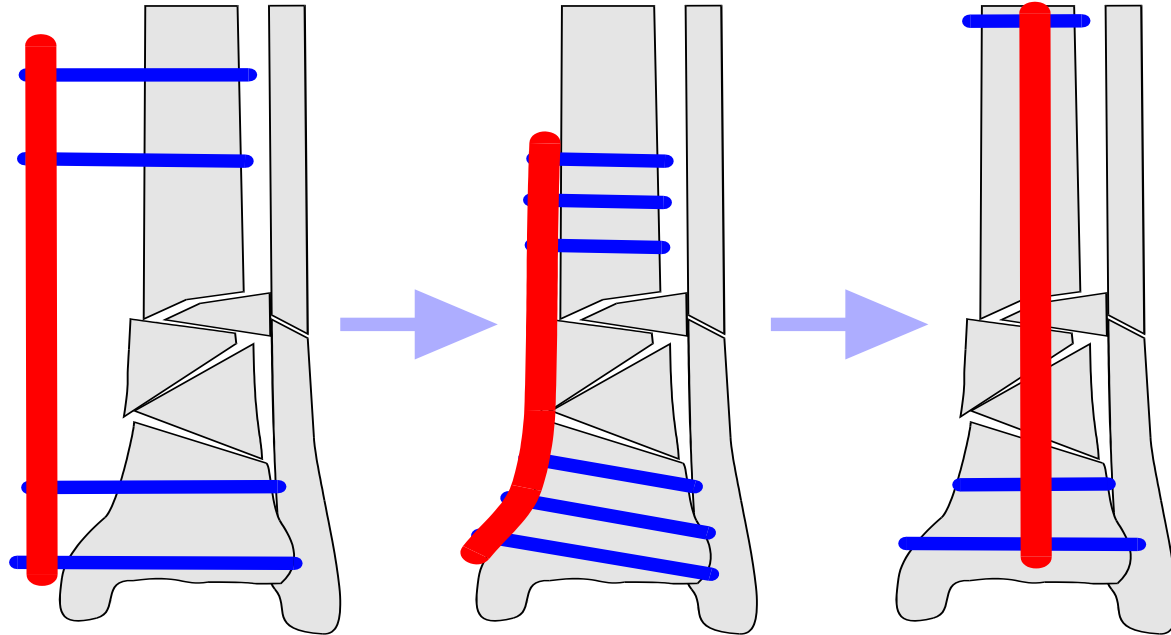
Marknagelosteosynthese

Die Stabilität der Marknagelosteosynthese beruht auf ...

1. ...Verklebung des Nagels im Markraum
2. ...Stabilität der Verriegelungsbolzen

Marknagelung langer Röhrenknochen

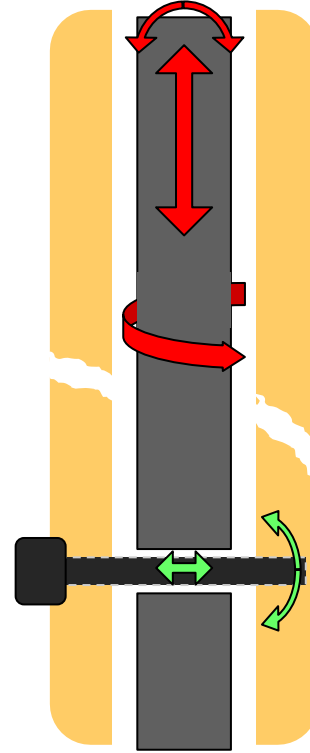
- Innere Schienung -



Besten Dank an Prof. Bühren

Marknagelosteosynthese

- **Biegestabilität**
- **Axiale Stabilität**
- **Torsionsstabilität**
- **Scherstabilität**



Marknagelosteosynthese

- **Biegestabilität**
 - lange Führung
 - Aufbohren



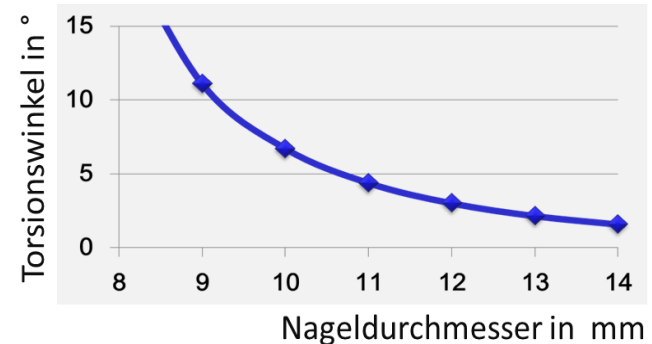
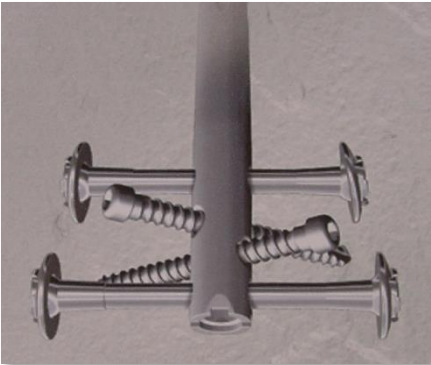
Marknagelosteosynthese

- **axiale Stabilität**
 - Verriegelungsbolzen
 - Nageldurchmesser



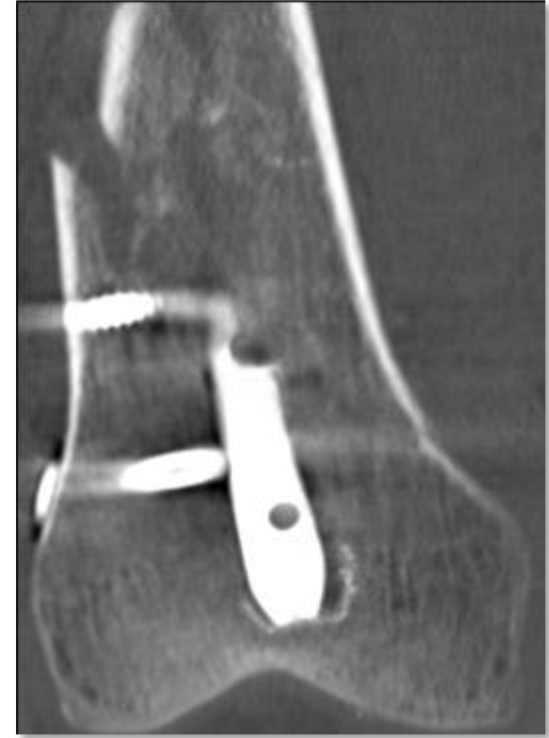
Marknagelosteosynthese

- **Torsionsstabilität**
 - Nageldurchmesser
 - Verankerung der Verriegelungsbolzen



Marknagelosteosynthese

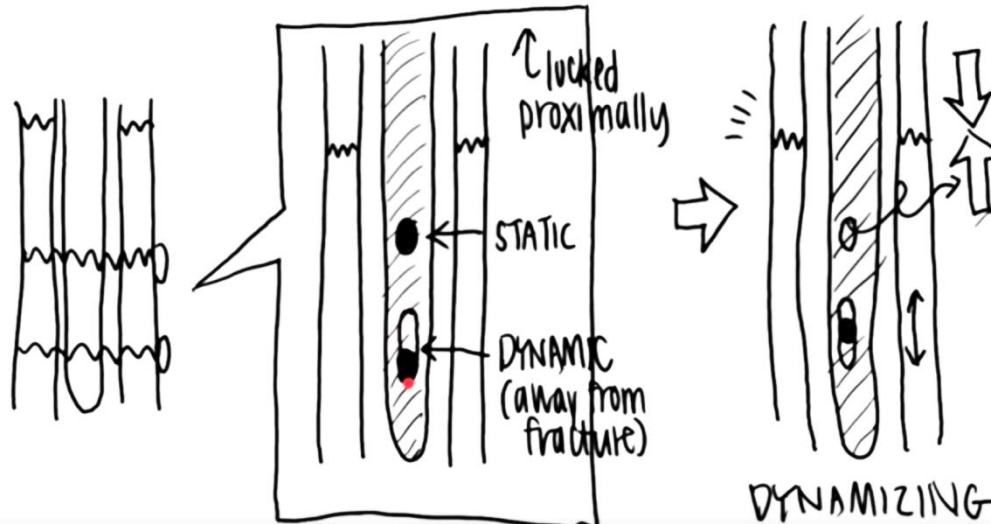
- **Scherstabilität**
 - gekreuzte Verriegelungsschrauben
 - winkelstabile Verriegelungsschrauben



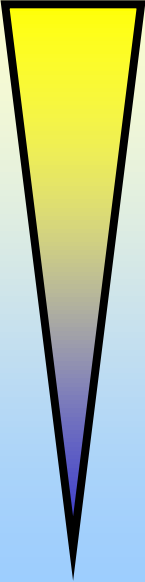
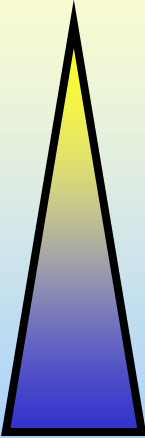
Verriegelungsoptionen → Gelenknahe Frakturen



Statische oder dynamische Verriegelung



Dynamisierung auf der
Seite mit langer
Arbeitslänge

Stabilität	Prinzip	Technik	Heilung
	Kompression	Zugschraube + Platte	
	Statisch	Kompressionsplatte	
		Abstützplatte	
	Dynamisch	Zuggurtungsplatte	
		Zuggurtung	
	Schienung	IM-Nagel	
	Winkelstabil	Winkelstabile Platte	Indirekt
		Fixateur Externe	
	Flexibel	K-Draht, Pins	
		Gips, Brace	