

# PJ-Repetitorium Unfallchirurgie

**J. Fakler**

Universitätsklinikum Leipzig AöR  
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Plastische Chirurgie  
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. habil. C. Josten

# Gliederung

- Frakturheilung und Osteosyntheseprinzipien
- Klassifikation von Frakturen und Weichteilschäden
- Frakturenbehandlung und Implantate mit Berücksichtigung der Osteoporose
- Polytrauma

# Frakturheilung

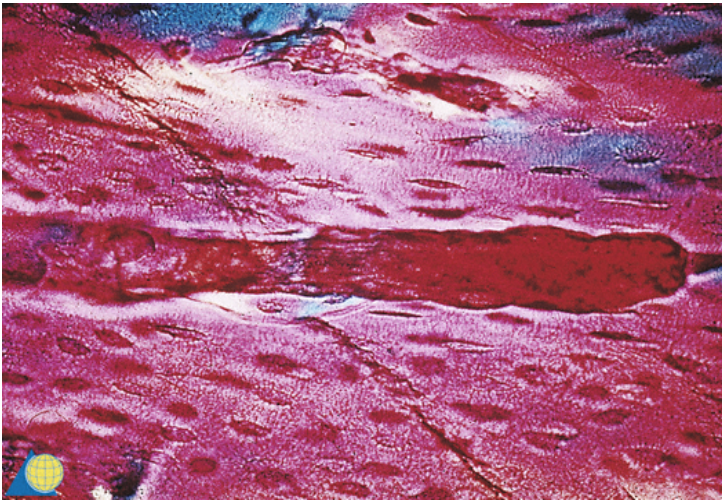
Normale Frakturheilung:

- Direkte Heilung (Kontaktheilung)  
(- Spaltheilung)
- Indirekte Heilung (Kallusheilung)

Abnormale Heilung:

- Verzögerte Bruchheilung (Delayed Union), 6-9 Monate
- Pseudarthrose (Nonunion), > 9 Monate
- Bruchheilung in Fehlstellung (Malunion)

# Direkte Frakturheilung (Kontakttheilung)



## Havers'sches System:

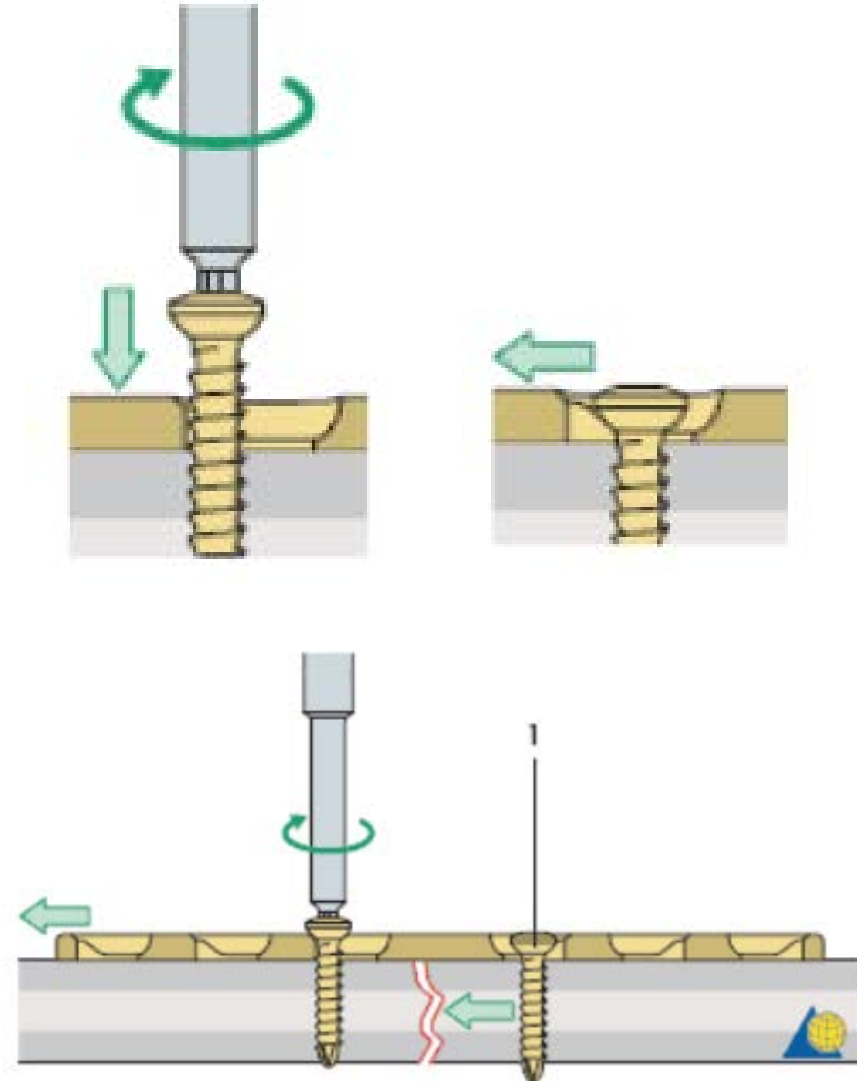
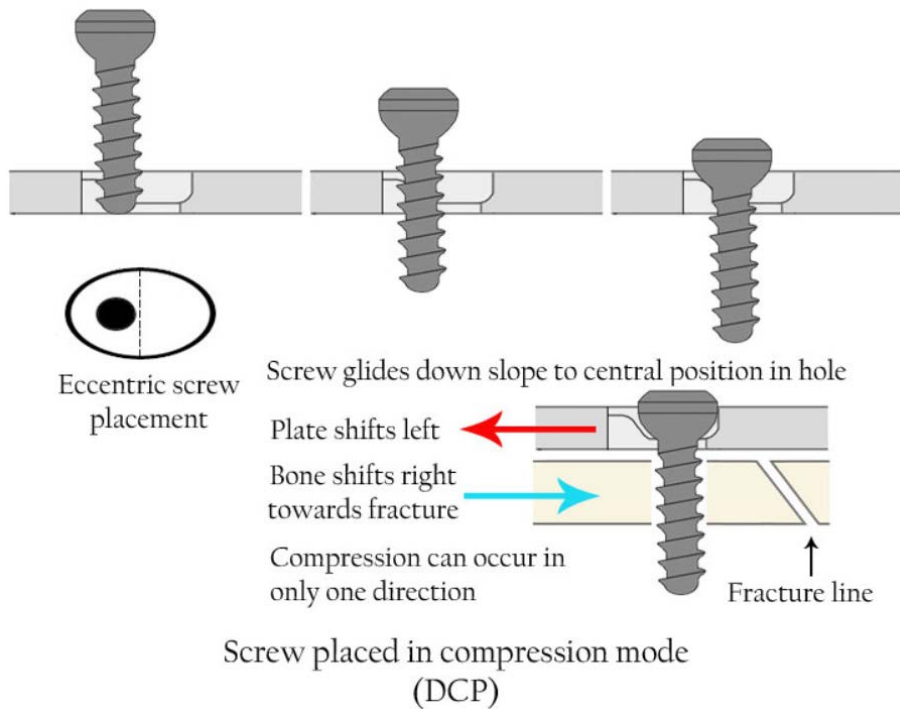
- zentrale Gefäßsprosse
- Osteoklasten-Bohrkopf
- Osteoblasten-Saum
- neugebildetes Osteoid
- konzentrisch mineralisierter Knochen



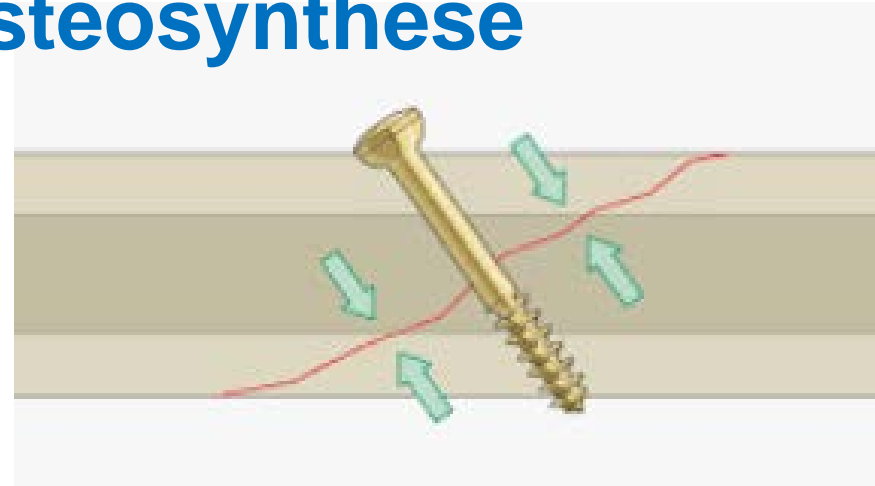
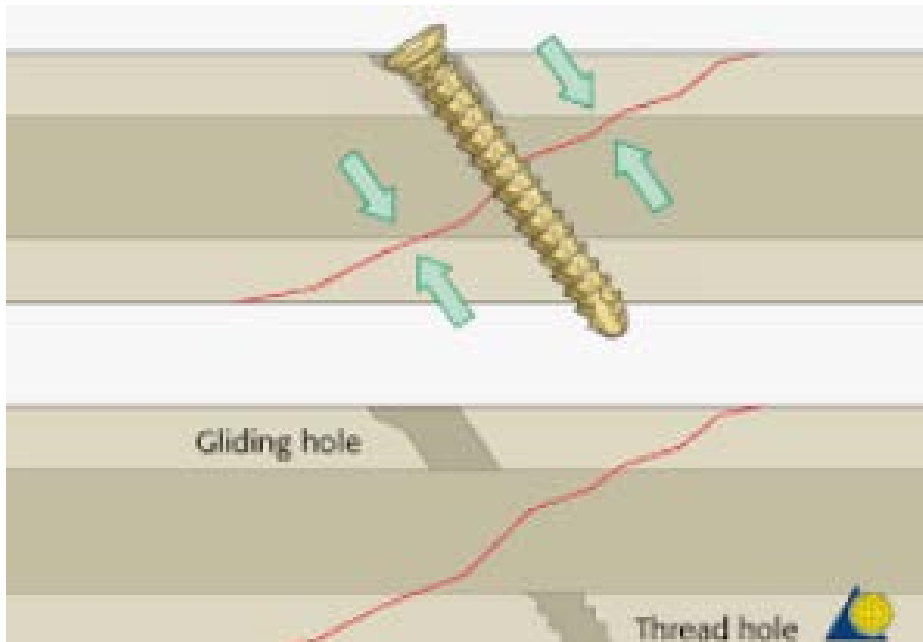
# Direkte Frakturheilung (Kontaktheilung)

- Knochen in direktem Kontakt
- Stabile Situation
- Kein Gewebe im Frakturspalt
- bei Kompression möglich, in natura selten  
(z.B. Kompression durch Platten- oder  
Zugschraubenosteosynthese)

# Plattenosteosynthese mit Kompression



# Kompression durch Zugschraubenosteosynthese



Absolut stabile Osteosynthesen

# Indirekte Frakturheilung (Kallusheilung)

## 5 Phasen:

Verletzungsphase

Entzündungsphase

Granulationsphase

Phase der Kallushärtung

Phase des Umbaus

2 - 3 Tage

2 - 4 Wochen

4 - 8 Wochen

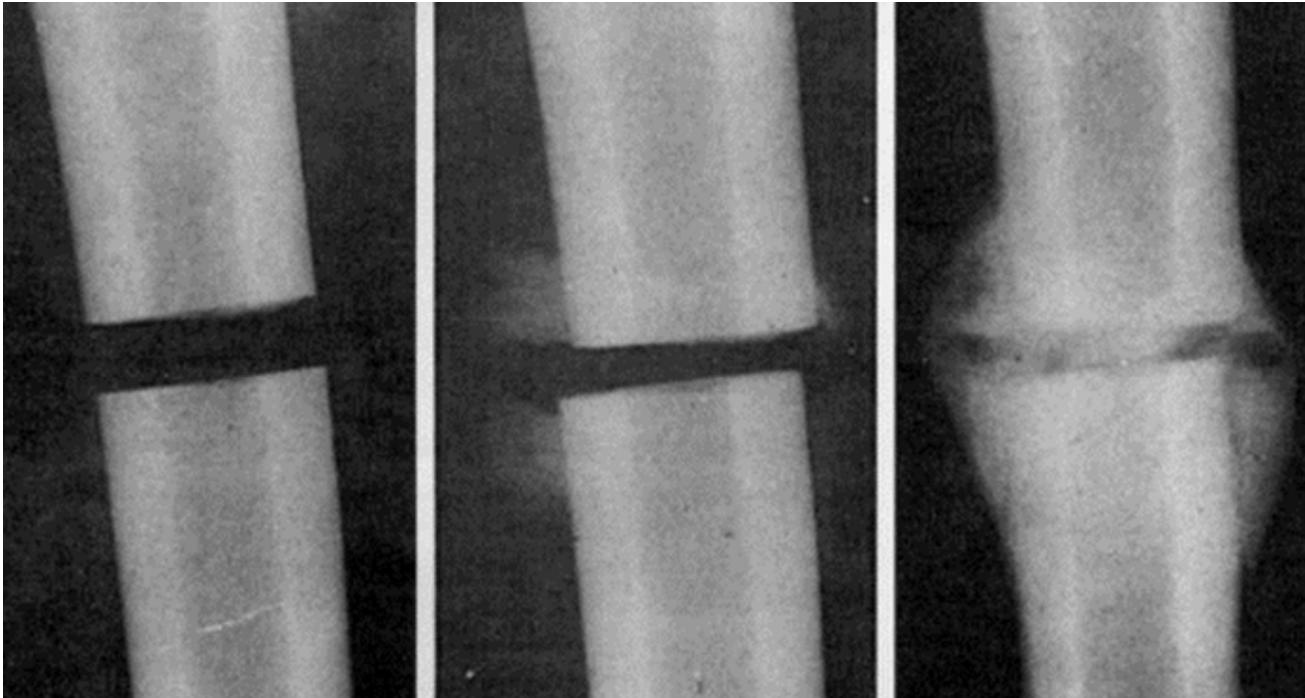
Monate-Jahre

„wird fest“

„stabil“

„ME nach 18  
Monaten“

# Indirekte Frakturheilung (Kallusheilung)



Endostale und periostale Frakturheilung

# Indirekte Frakturheilung (Kallusheilung)

- konservative Behandlung (Gipsruhigstellung)
- Fixateur externe
- Marknagelosteosynthese
- winkelstabile Plattenosteosynthese

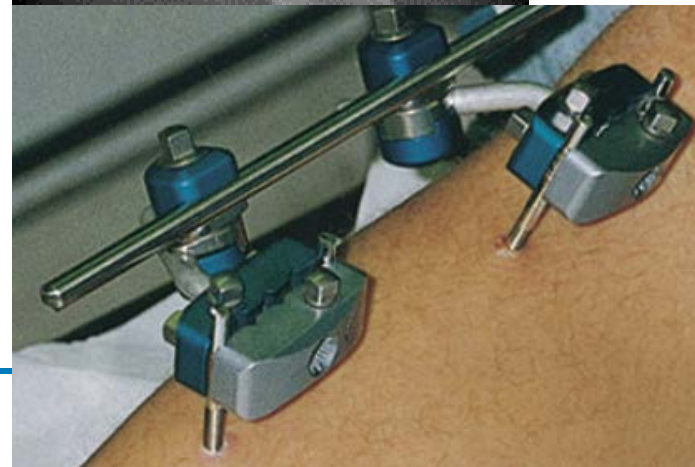
# Indirekte Frakturheilung - Marknagel



postoperativ

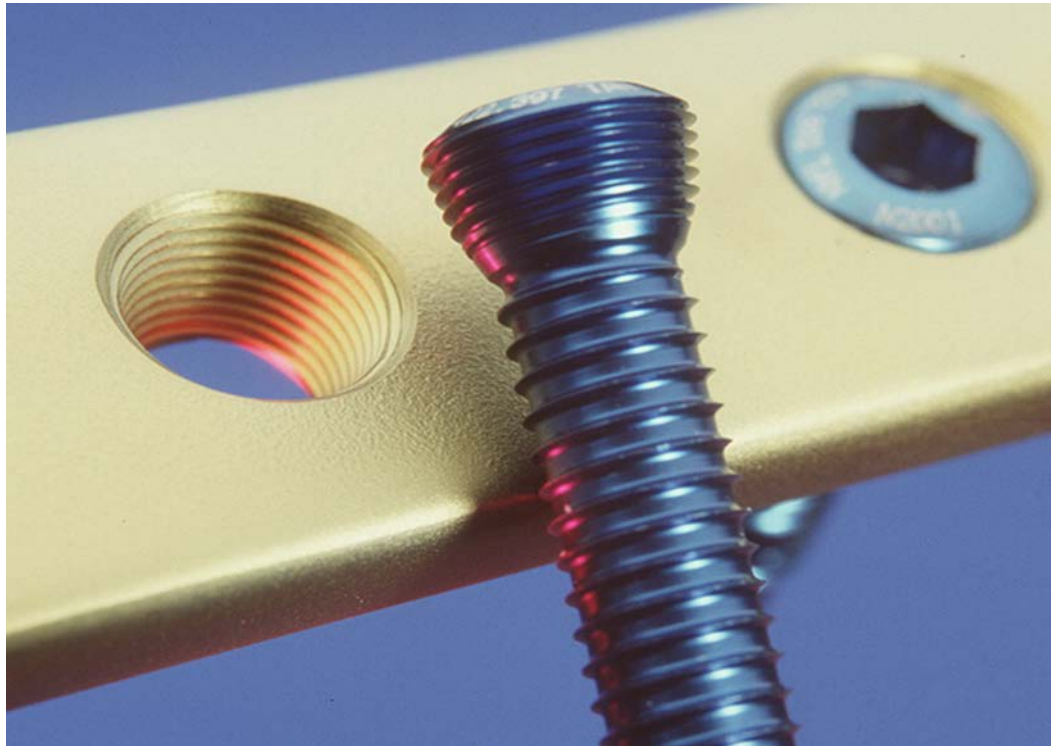
10 Monate p.o.

# Indirekte Frakturheilung – Fixateur externe

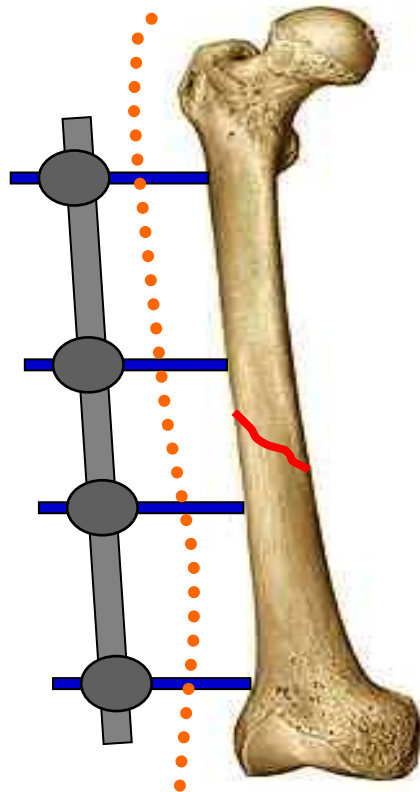




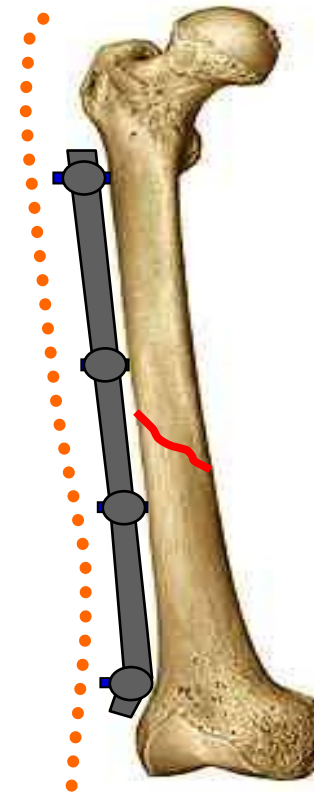
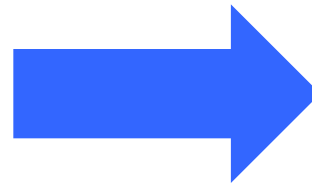
# Winkelstabile Platten



# Winkelstabile Platten

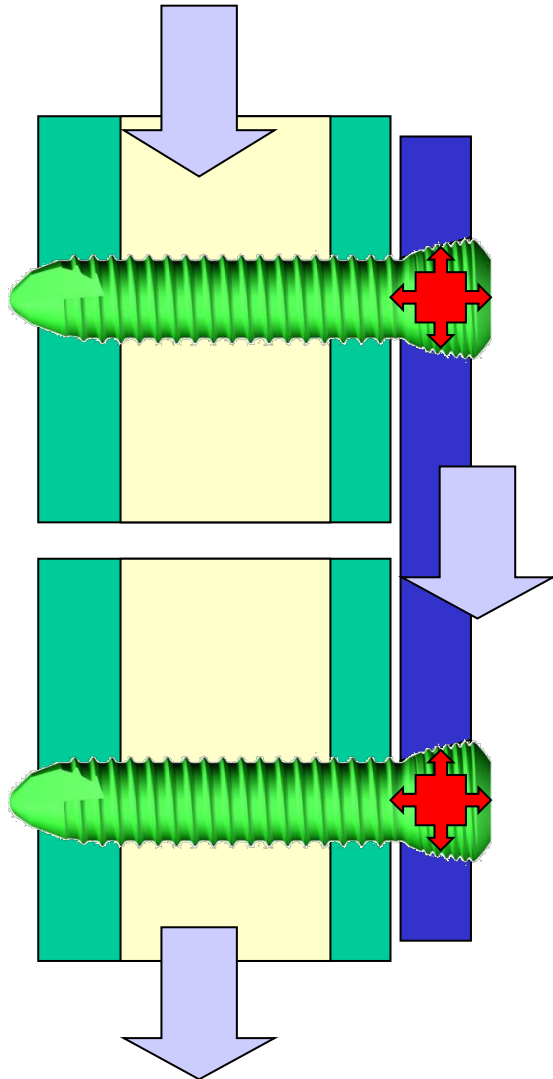


Fixateur externe



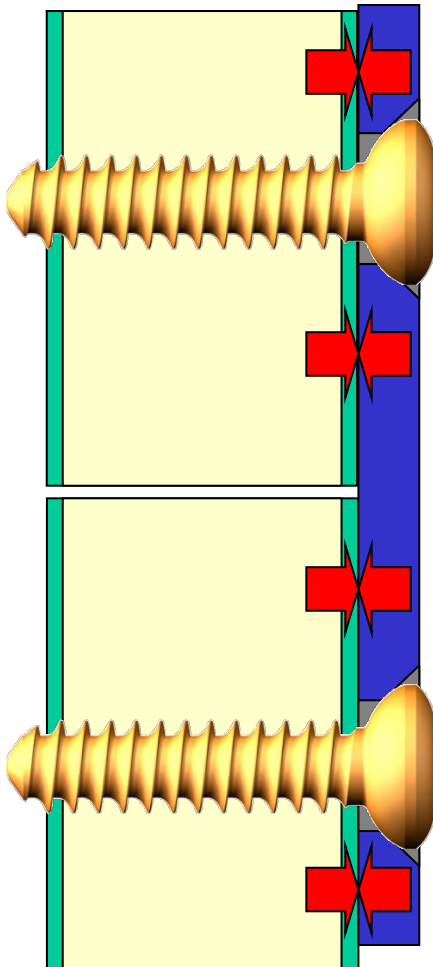
Fixateur interne

# Winkelstabile Platte



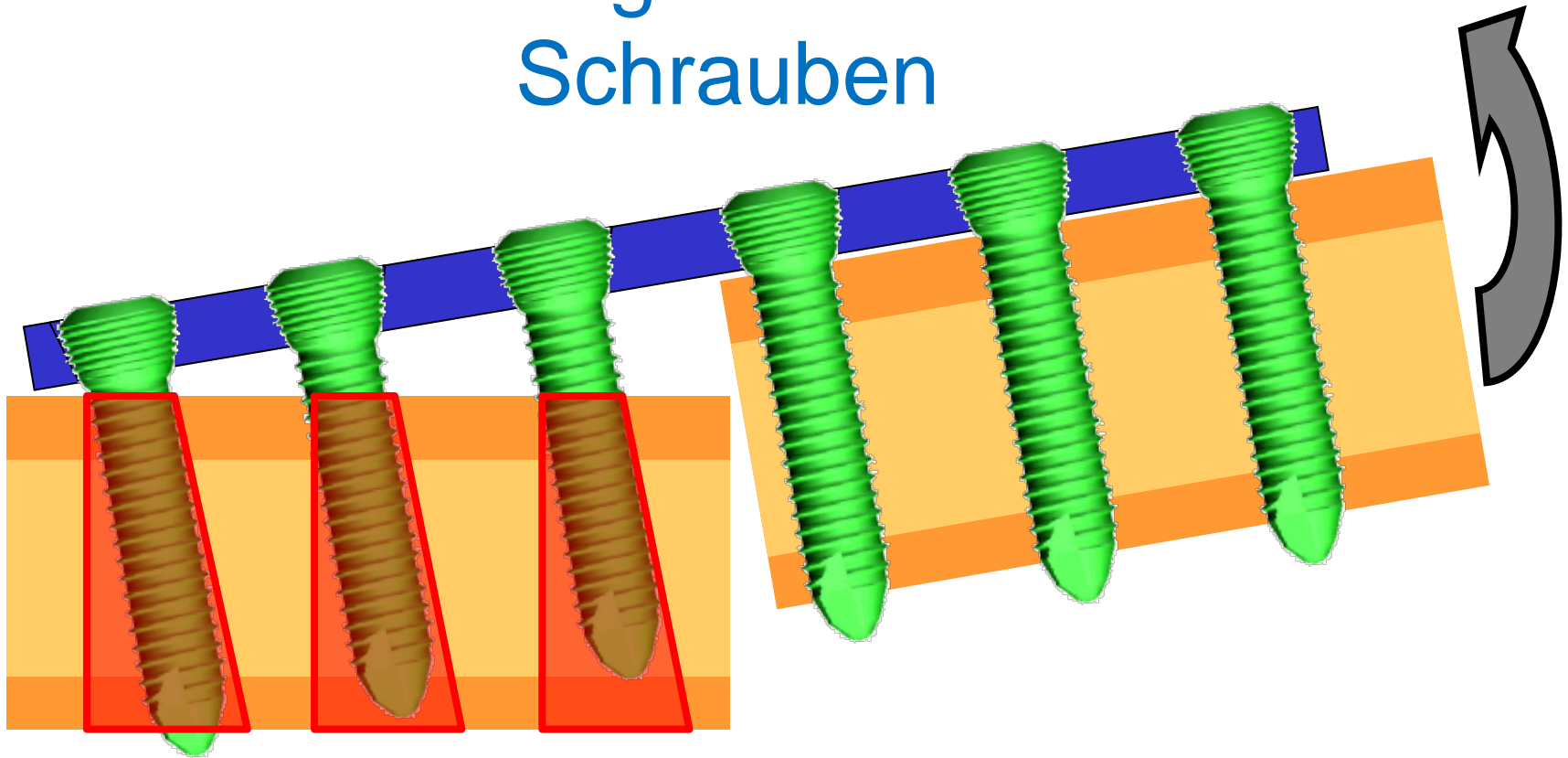
- Last wird direkt von Schrauben auf Platte übertragen und jenseits der Fraktur von der Platte auf die Schrauben
- Kein direkter Kontakt zwischen Platte und Knochen erforderlich, Schonung Periost („biologische Osteosynthese“)

# Konventionelle Platte



- Platte wird durch Schrauben fest an den Knochen „gezogen“
- Fester Kontakt zwischen Platte und Knochen (Reibung) erzeugt Stabilität, direkte Kraftübertragung vom Knochen auf die Platte

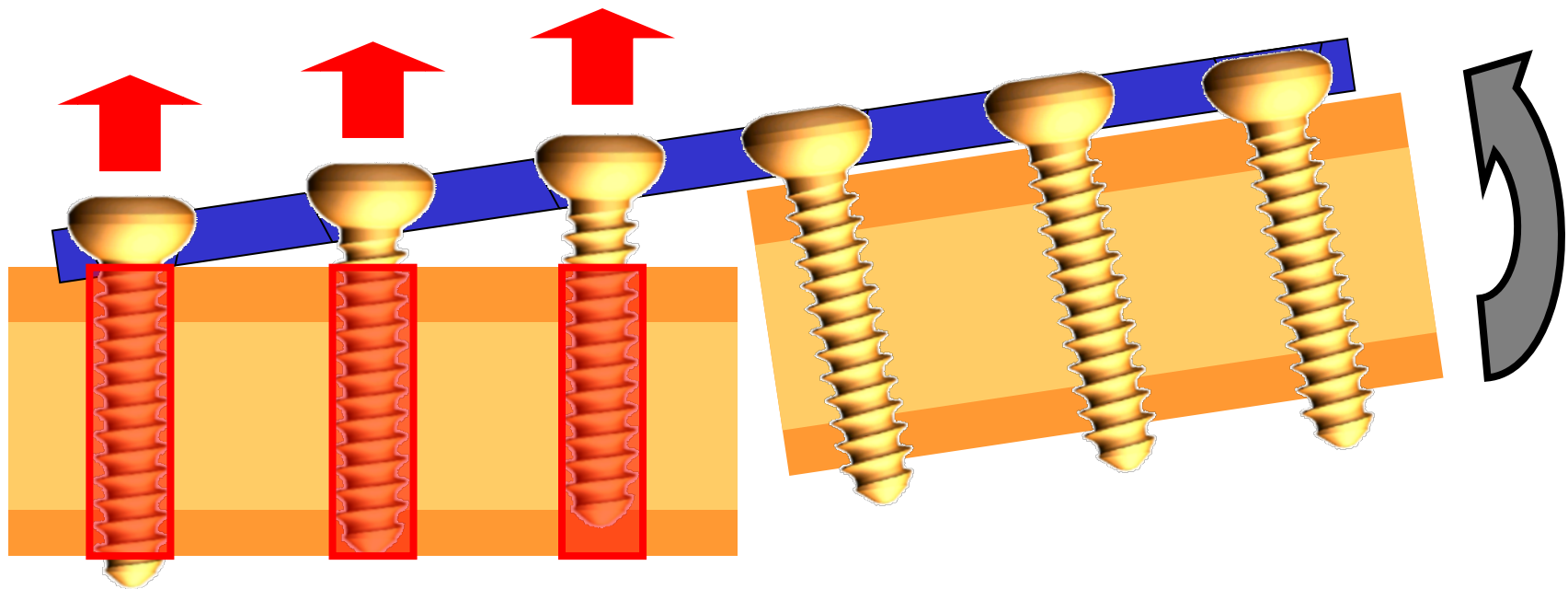
# Lockerung winkelstabiler Schrauben



grosser Widerstand....

..... Biegekräfte wirken auf alle gleichzeitig.....

# Lockerung konventioneller Schrauben



geringer Widerstand....

..... Biegekräfte wirken sequentiell .....



# Minimal-invasive winkelstabile Plattenosteosynthese



# Störung der Knochenbruchheilung

## Pseudarthrose (Nonunion)

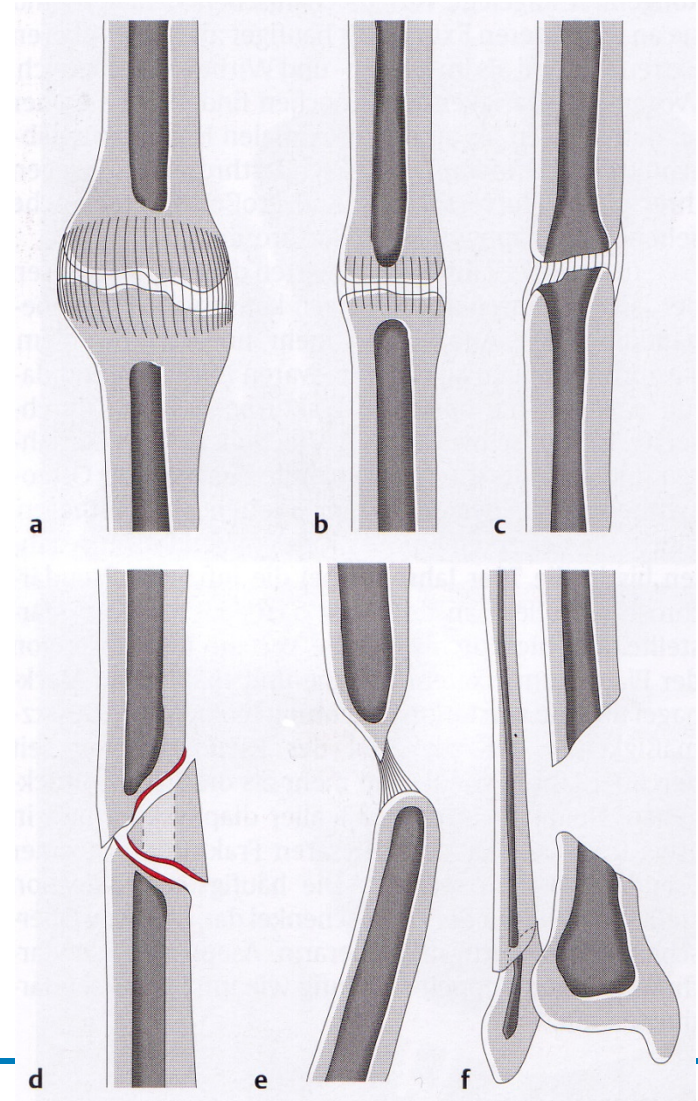
Bei 5 % aller Frakturen

hypertroph (60 – 70 %)

→ Stabilitätsproblem

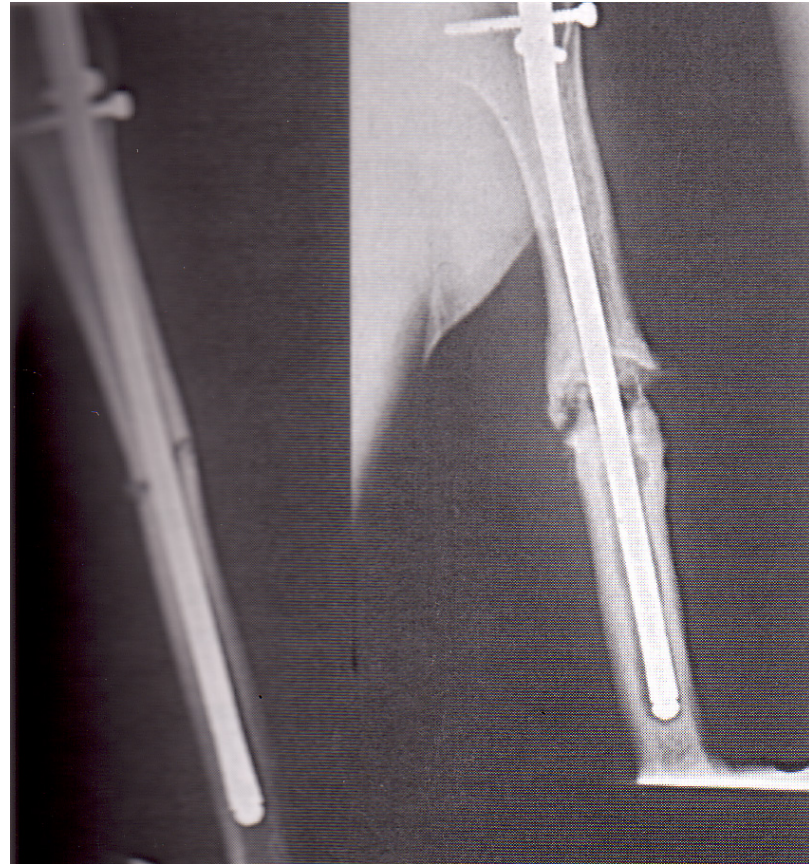
atroph (30 – 40 %)

→ Durchblutung, Infektion





# Störung der Knochenbruchheilung



# Frakturklassifikation – AO-Klassifikation



## 1. Stelle (Körperregion)

1 = Oberarm

2 = Unterarm

3 = Oberschenkel

4 = Unterschenkel

## 2. Stelle (Lokalisation)

1 = proximal

2 = diaphysär (Schaft)

3 = distal

**Bsp.: Distale Radiusfraktur = 23**

# Frakturklassifikation – AO-Klassifikation

## Schaft (diaphysär)

### 3. Stelle (Frakturmorphologie)

- A = einfache Fraktur
- B = Fraktur mit Keil
- C = Trümmer-/Etagenfraktur

### 4. Stelle (Frakturschweregrad)

- 1 = „stabil/einfach“
- 2 = „instabil/komplex“
- 3 = „hoch instabil/sehr komplex“

## Gelenkbereich (metaphysär)

### 3. Stelle (Frakturmorphologie)

- A = extraartikulär
- B = partiell intraartikulär
- C = intrartikulär

### 4. Stelle (Frakturschweregrad)

- 1 = „stabil/einfach“
- 2 = „instabil/komplex“
- 3 = „hoch instabil/sehr komplex“

# Frakturklassifikation – AO-Klassifikation

A

1



Spiral

2



Oblique

3



Transverse

B



Spiral



Bending

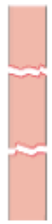


Multifragmentary

C



Spiral



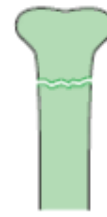
Segmental



Irregular

Schaft (diaphysär)

1



Simple

2

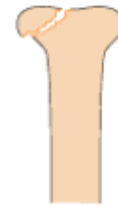


Wedge

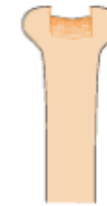
3



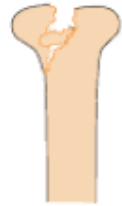
Complex



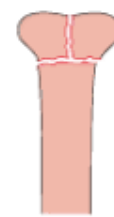
Split



Depression



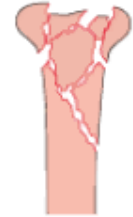
Split-depression



Simple articular,  
simple metaphyseal



Simple articular,  
complex metaphyseal



Complex articular,  
complex metaphyseal

Gelenkbereich (metaphysär)

# Klassifikation Unterarmfrakturen



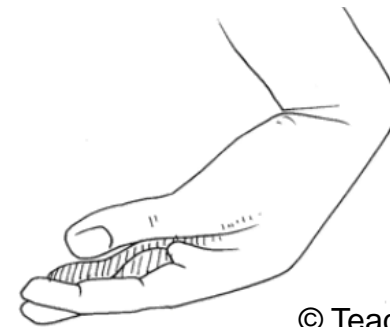
© TeachMeSeries Ltd (2019)



Dorsale Extensionsfraktur  
(Colles´-Fraktur)



OP-Indikation abhängig von  
Frakturschweregrad, -  
dislokationsgrad, Patientenalter, usw.



© TeachMeSeries Ltd (2019)



Flexionsfraktur  
(Smith-Fraktur)



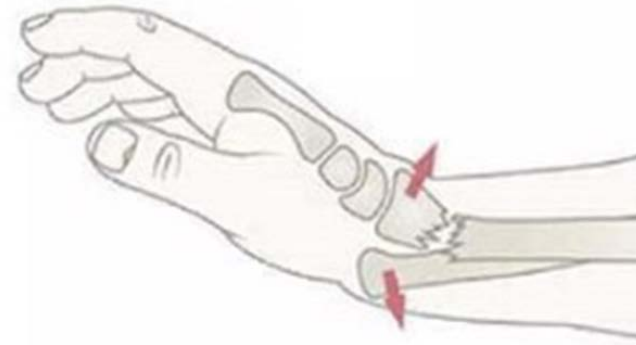
**immer** OP-Indikation



# Klassifikation Unterarmfrakturen

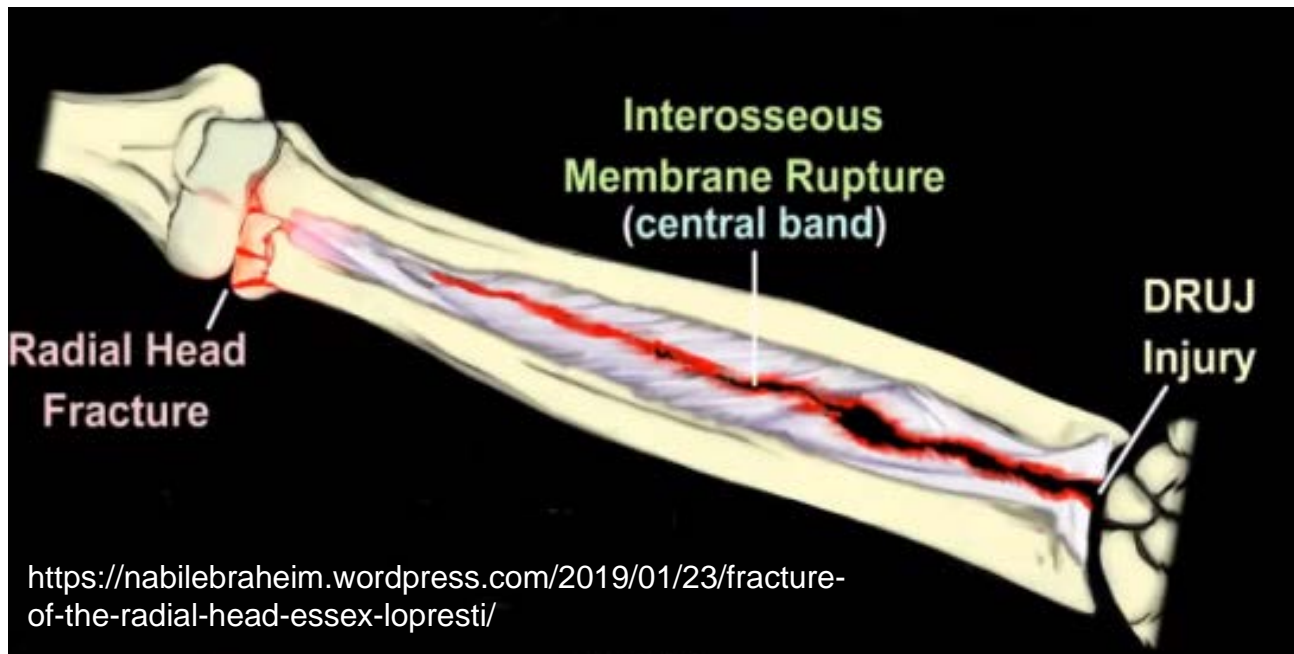


Monteggia-Fraktur



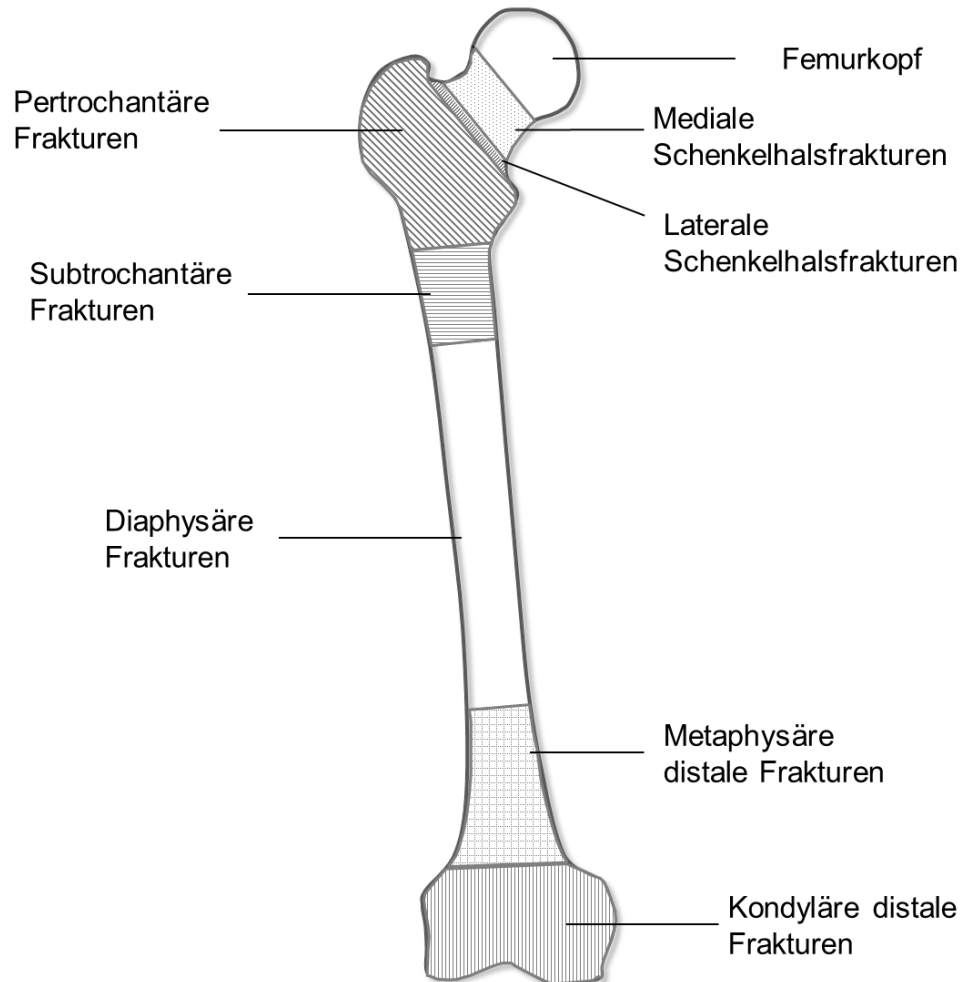
Galeazzi-Fraktur

# Klassifikation Unterarmfrakturen



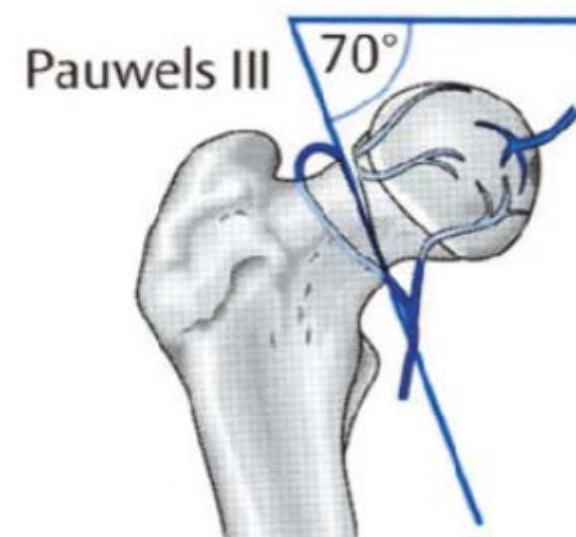
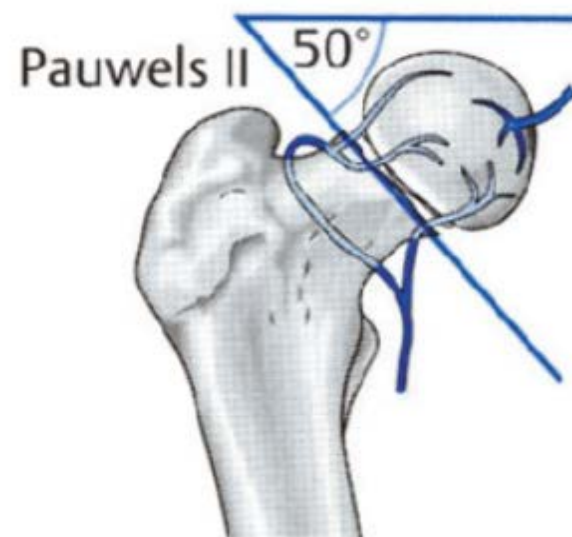
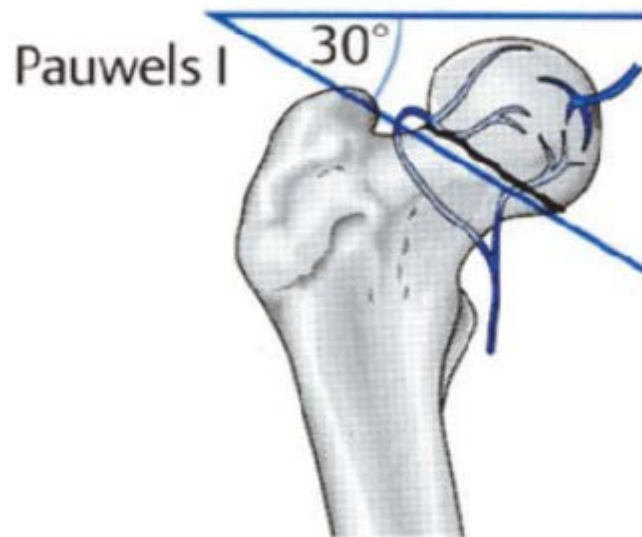
**Essex-Lopresti Verletzung:** Fraktur Radiuskopf, Zerreissung Membrana interossea und Verletzung/Luxation des distalen Radioulnargelenkes

# Klassifikation proximale Femurfrakturen





# Mediale Schenkelhalsfraktur - Pauwels



# Mediale Schenkelhalsfraktur - Garden



Typ I



Typ II

nicht disloziert



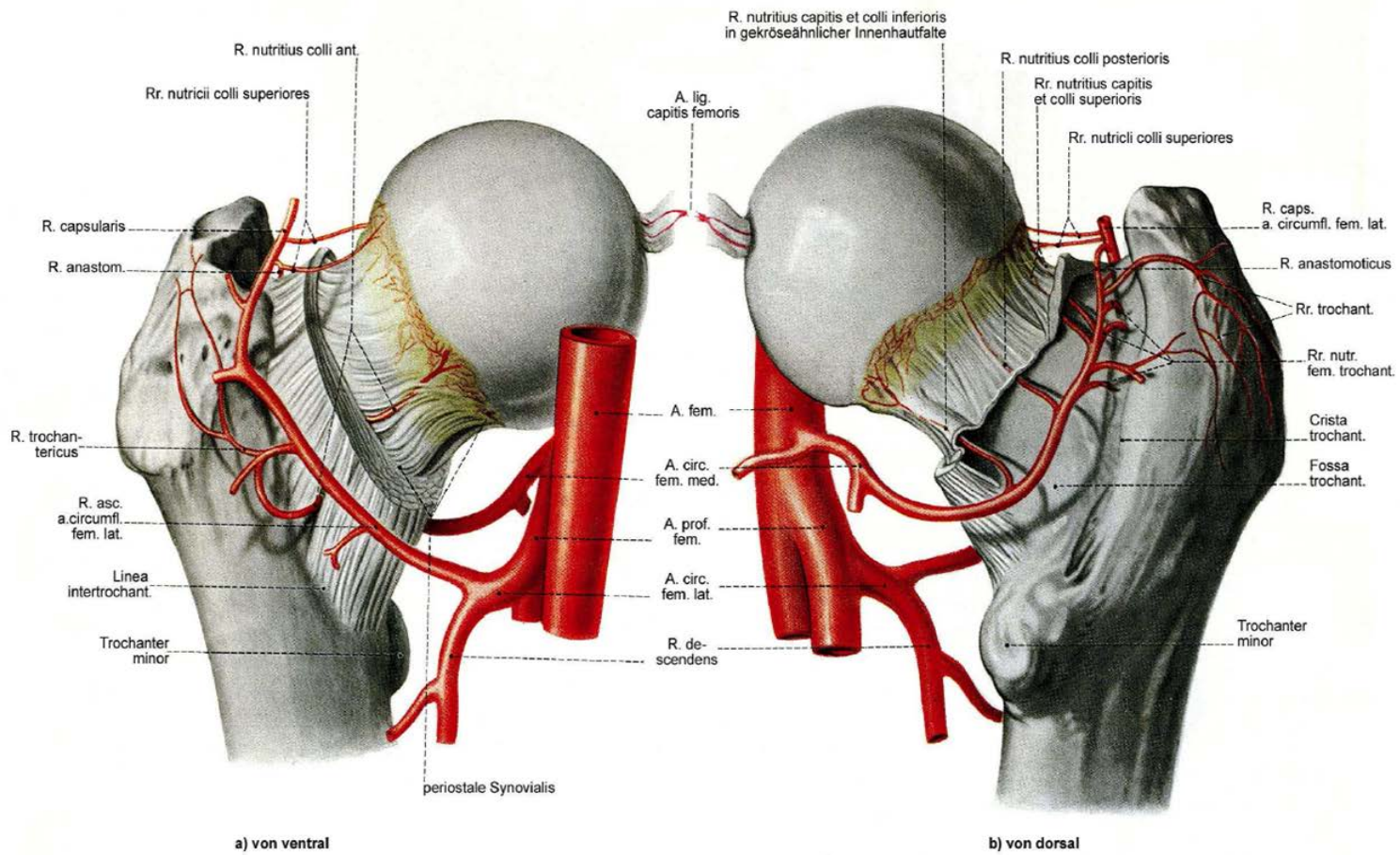
Typ III



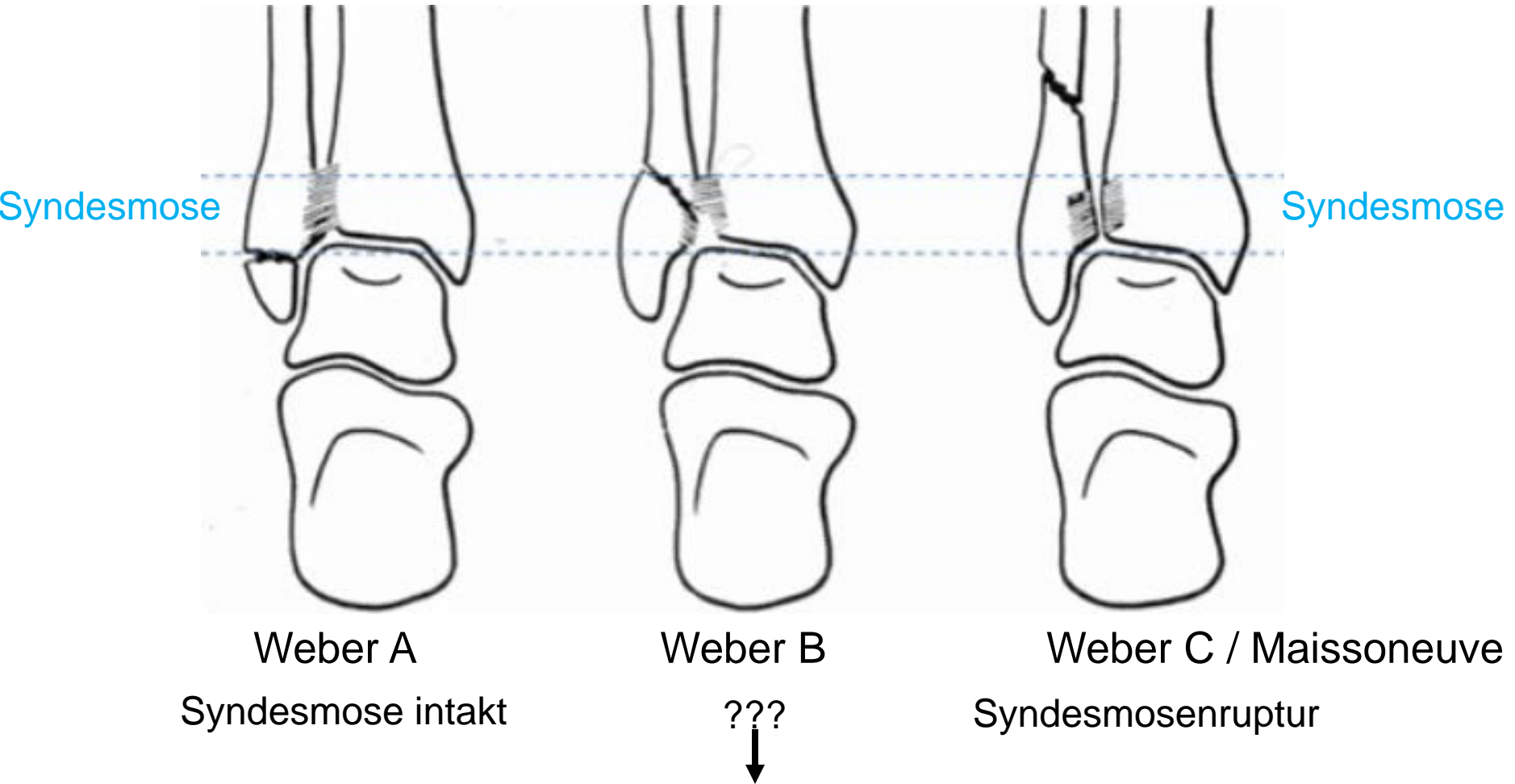
Typ IV

disloziert

# Anatomie Schenkelhalsfraktur



# Fraktur oberes Sprunggelenk (OSG)- Weber



Weber A  
Syndesmose intakt

Weber B  
???

Weber C / Maisonneuve  
Syndesmosenruptur

↓  
Dynamische Röntgenuntersuchung, ggf. intraop.

# Klassifikation Weichteilschaden

Offene  
Frakturen

Geschlossene  
Frakturen

# Offene Frakturen

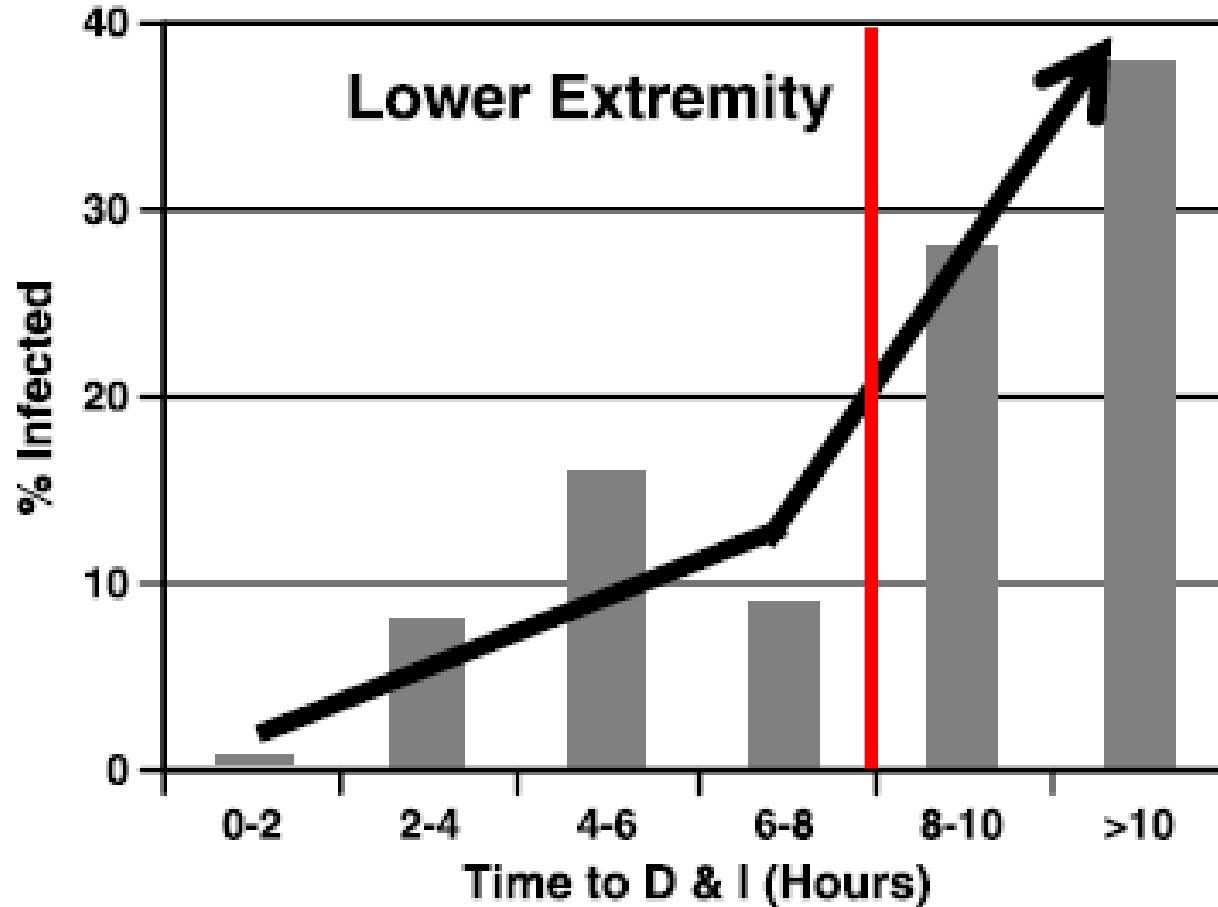
## Problematik:

- Weichteilschaden, lokale Perfusion  
→ Pseudarthrose
- Verletzung neuro-vaskulärer  
Strukturen
- Kontamination der Wunde  
→ Infektionsgefahr

## Was ist wichtig bei offenen Frakturen?

- Steriles Abdecken und Ruhigstellung am Unfallort
- Antibiose (so früh wie möglich)
- Klärung Tetanusschutz
- Operation innerhalb 6-8 h

# Operationszeitpunkt





# Gustilo-Anderson Klassifikation

- Grad 1:** Hautwunde  $\leq 1$  cm, nicht verschmutzt, Durchspießung von innen, minimale Muskelkontusion, einfache Quer- oder kurze Schrägfraktur
- Grad 2:** Wunde  $> 1$  cm, ausgedehnter Weichteilschaden mit Lappenbildung oder Décollement, mittelgradige Muskelquetschung, einfache Quer- oder kurze Schrägfrakturen mit kleiner Trümmerzone
- Grad 3:** Ausgedehnter Weichteilschaden mit Zerstörung von Haut, Muskel und neuro-vaskulären Strukturen, Hochrasanztrauma mit schwerer Gewebsquetschung
- **3A:** Ausgedehnte Weichteilwunden mit noch adäquater Knochendeckung, Stück-, Schußfrakturen
  - **3B:** Ausgedehnter Weichteilschaden mit Deperiostierung und freiliegendem Knochen, massive Kontamination
  - **3C:** Rekonstruktionspflichtige Gefäßverletzung

# Gustilo-Anderson Grad I



Grad I:

Infektionsrisiko 0-6%

# Gustilo-Anderson Grad II



Grad II

Infektionsrisiko 2-12%



## Bei kompromittierten Weichteilen primär Fixateur externe



# Gustilo-Anderson Grad IIIa

Grad III:

Infektionsrisiko 10-50%



# Weichteilschaden bei geschlossener Fraktur (Oestern & Tscherne)

Grad 0: fehlende oder unbedeutende Weichteilverletzung

Grad I: oberflächliche Schürfwunden, Fragmentdruck von innen

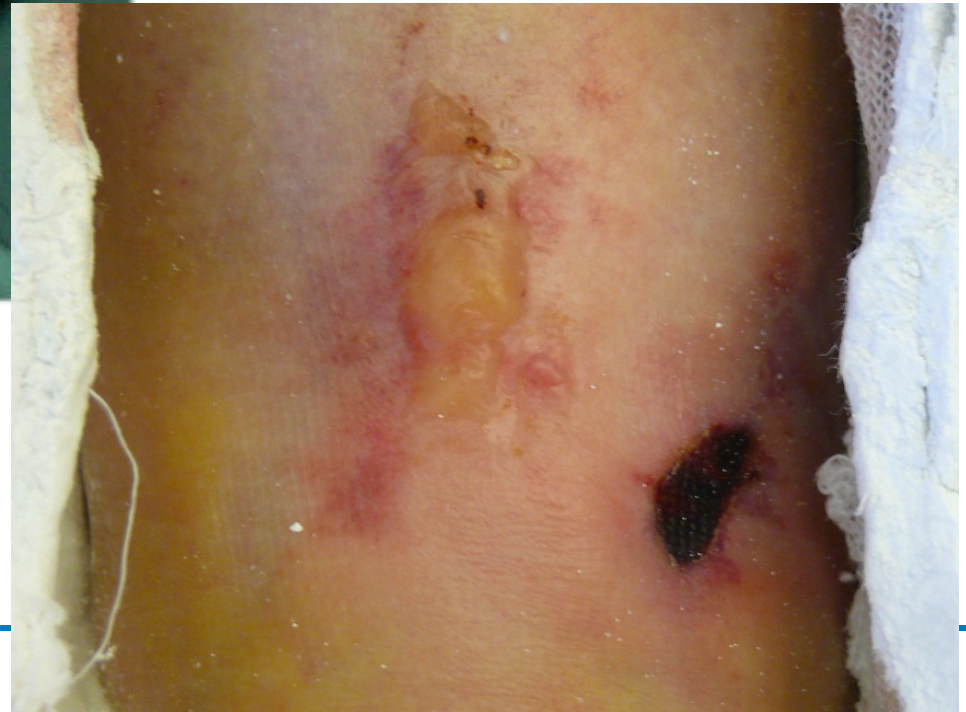
Grad II: tiefe Schürfwunden, Haut- und Muskelkontusion von außen, drohendes Kompartmentsyndrom

Grad III: Manifestes Kompartmentsyndrom, Décollement, ausgedehnte Haut-/Muskelkontusion, Gefäßverletzung





# Weichteilschaden Grad I







# Kompromittierte Weichteilsituation



S.C., 52 J, w., trimalleoläre OSG-Luxationsfraktur





## Weichteilschaden Grad I-II



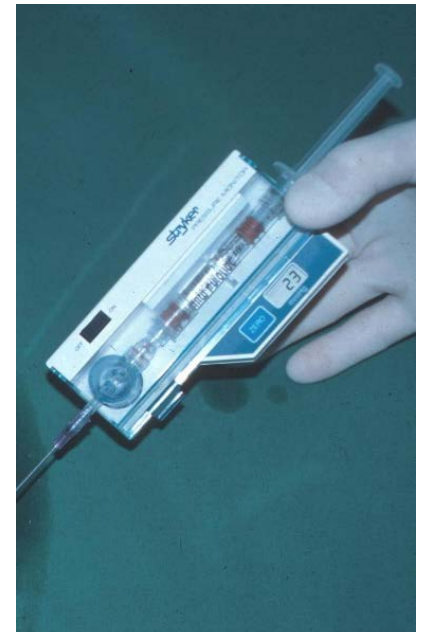
H.R., 30 J, m., aus Fenster in erster Etage gefallen



# Weichteilschaden Grad III Kompartmentsyndrom

## Diagnostik:

- Leitsymptom ist ein „überproportionaler“ Schmerz
- Hypästhesie
- Motorische Ausfälle
- Pulslosigkeit (sehr spät bzw. zu spät)





# Kompartmentsyndrom - Unterschenkel



Auch bei drohendem Kompartment-Syndrom  
chirurgische Fasziotomie!

# Der klinische Blick .....

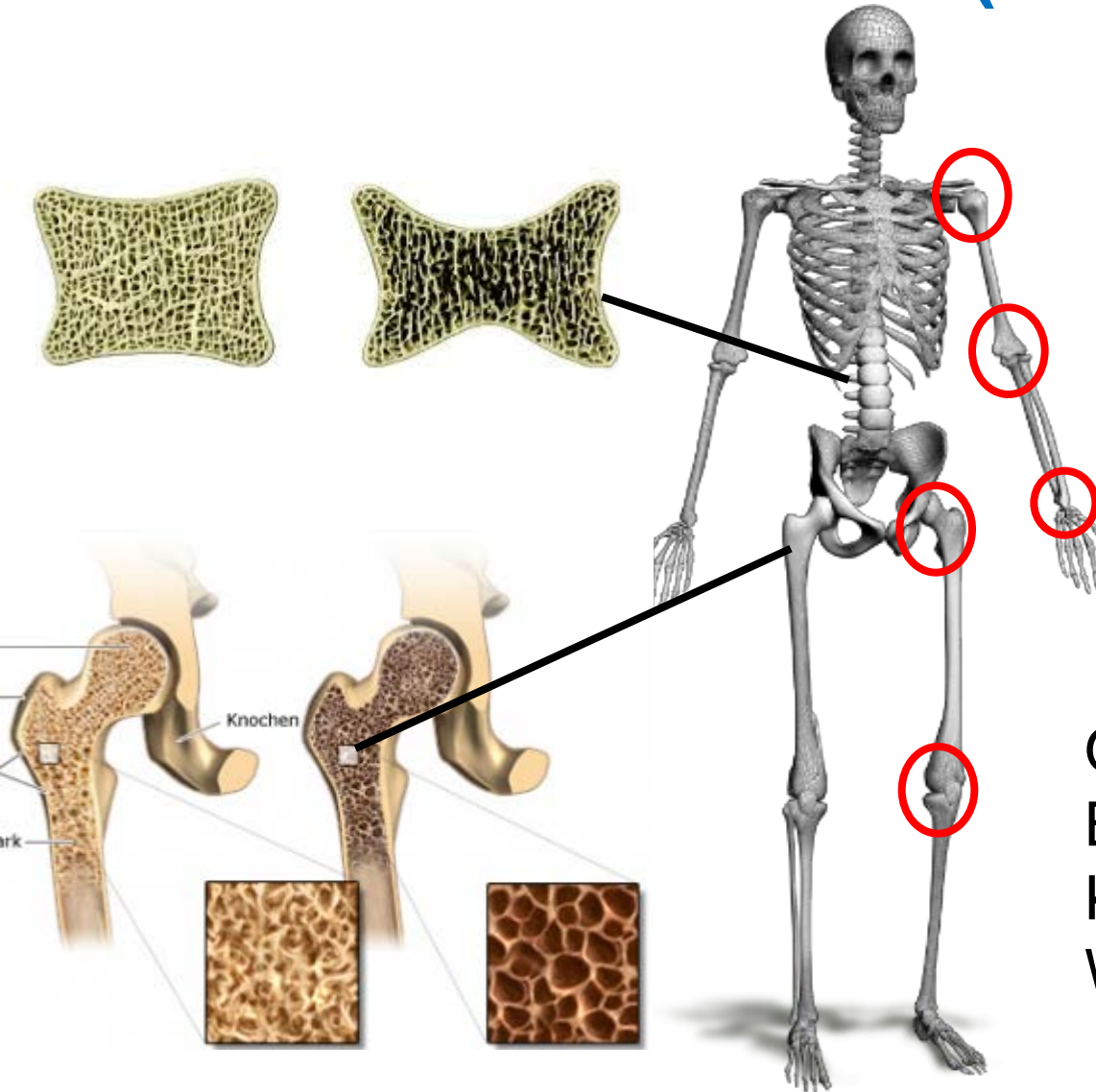
- Weichteilsituation (Fragmentdruck, Kompartment-Syndrom ...)
- Durchblutung (Pulse im Seitenvergleich)
- Motorik und Sensibilität
- Fehlstellung, Deformität (Luxation?)



..... danach erst Röntgendiagnostik



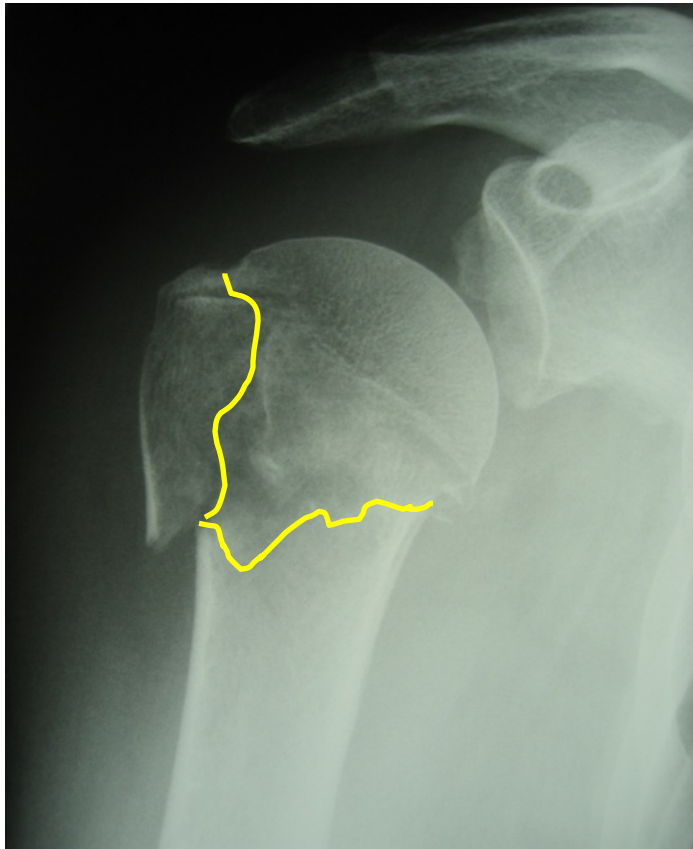
# Geriatrische Frakturen (Osteoporose)



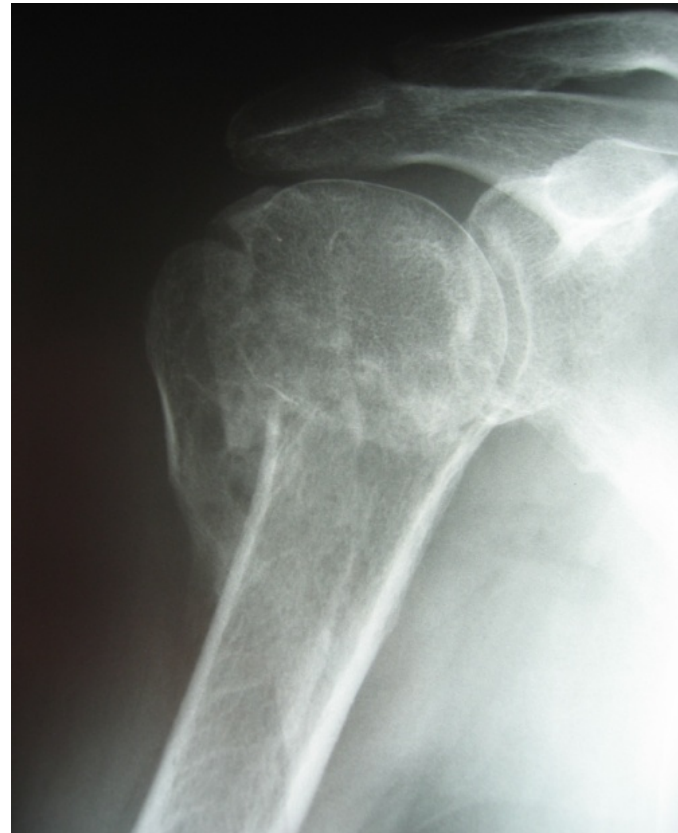
Osteoporotische Wirbelkörperfrakturen können ohne Sturzereignis auftreten

Osteoporose beginnt im Bereich des spongösen Knochens (gelenknah, Wirbelkörper)

# Konservative Frakturbehandlung



Oberarmkopf-Bruch



6 Monate später



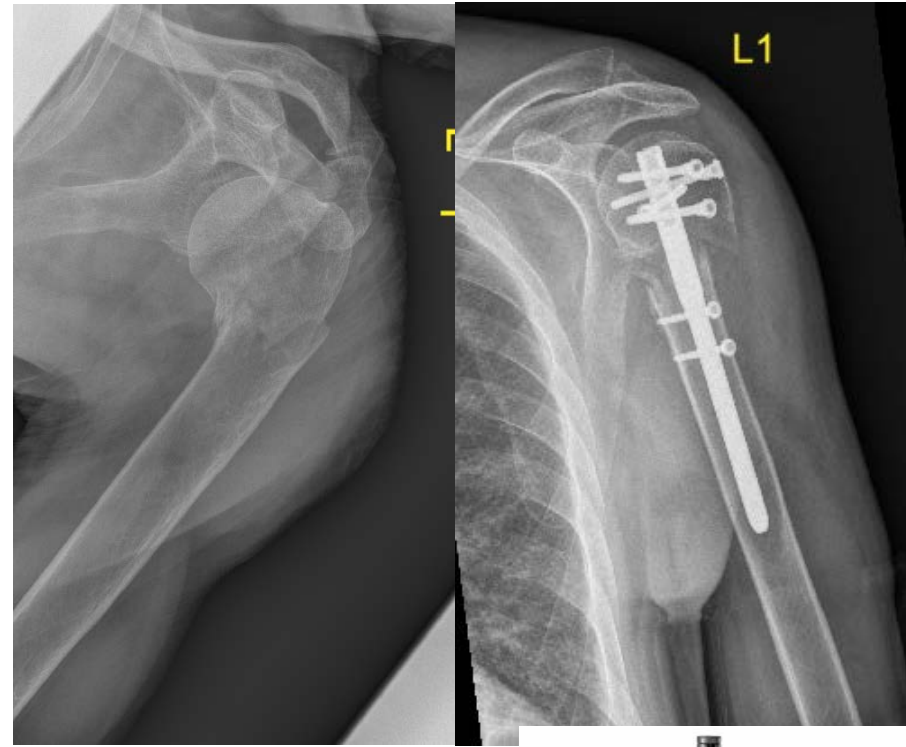
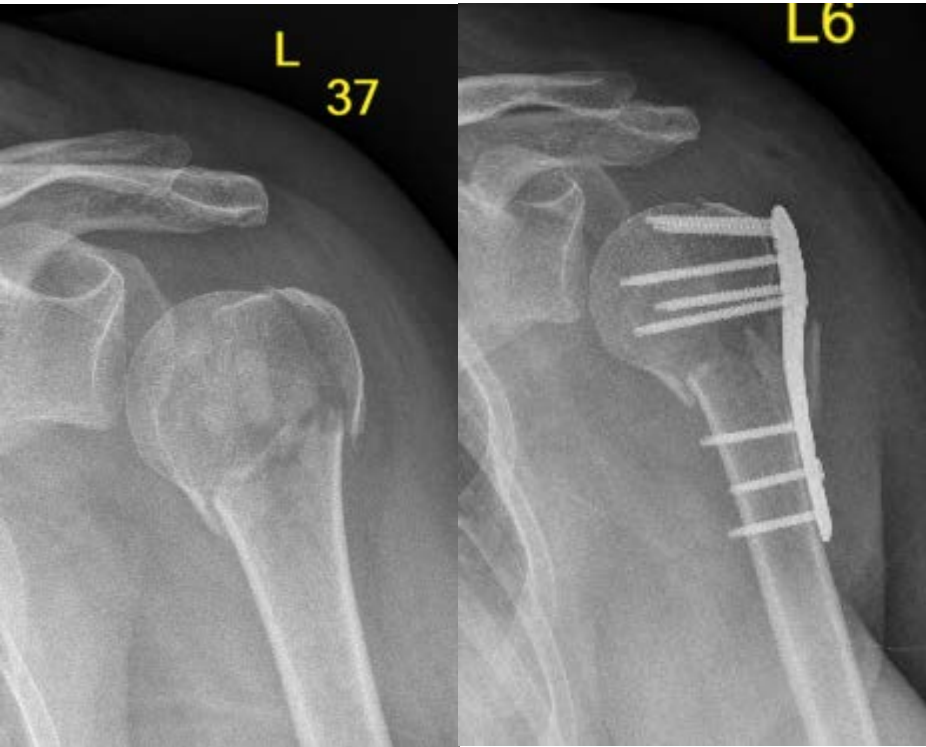
Nicht (gering) verschobene Brüche am  
Oberarmkopf oder Handgelenk



# Konservative Frakturbehandlung



# Operative Frakturbehandlung



winkelstabile proximale  
Humerusplatte

proximaler  
Humerusnagel



# Operative Frakturbehandlung



Distale Radiusfraktur (AO23-A2)  
Smith Fraktur (Flexionsfraktur)

Böhler-Winkel



# Nicht dislozierte mediale Schenkelhalsfraktur



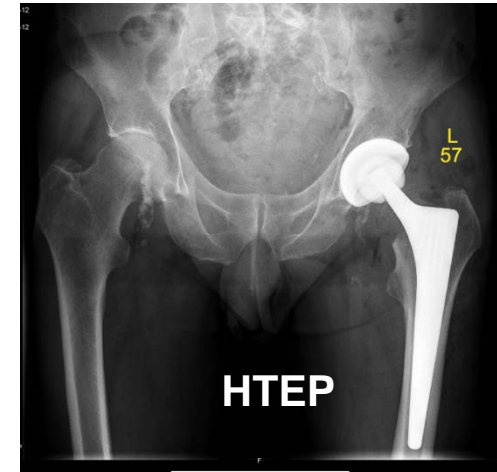
Garden I



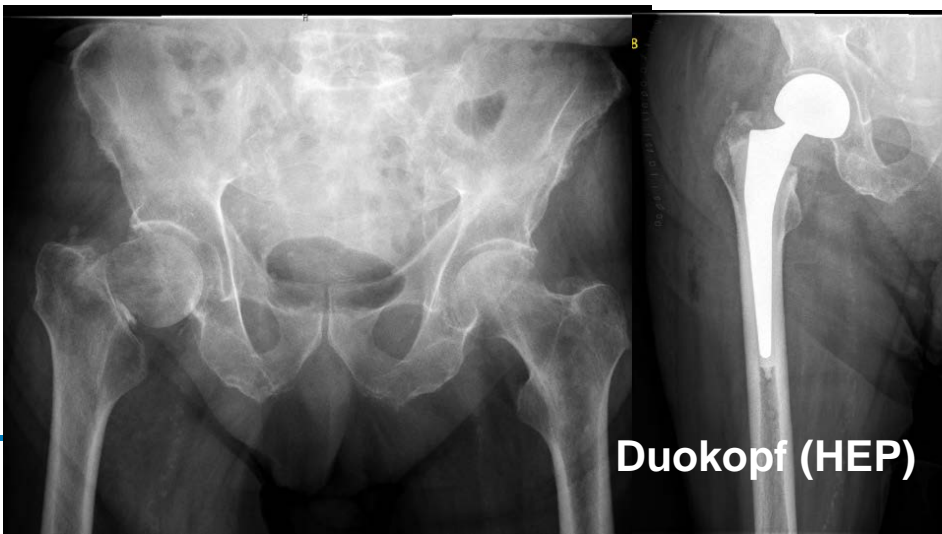
Dynamische Hüftschraube (DHS)  
(ggf. Endoprothese)

# Dislozierte mediale Schenkelhalsfraktur

S., A., m, 67j.



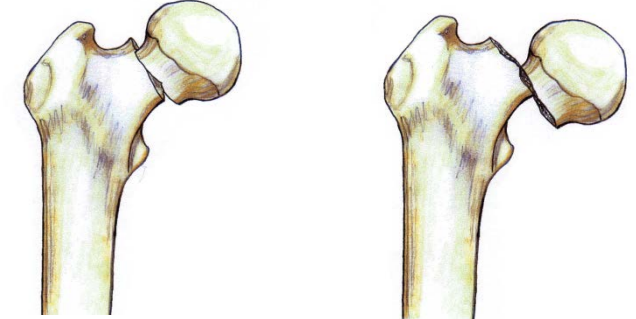
S., W., m, 95j.



Garden III + IV > 60 Jahre

Empfehlung zur Endoprothese

# Dislozierte mediale Schenkelhalsfrakturen (Garden III und IV)

< 50-60 Jahre	60 - 80 Jahre		> 80 Jahre
	aktiv	weniger aktiv	
Osteosynthese	Garden III: TEP (Osteosynthese) Garden IV: TEP	Duokopf	Duokopf  Osteosynthese (bettlägerig, hochdement)
			

# Mediale Schenkelhalsfrakturen

## Osteosynthese:

- kurze OP-Dauer
- geringes operatives Trauma und geringerer Blutverlust
- Gelenkerhalt (wichtig bei jungen Patienten < 50 J.)
- sekundäre Dislokation (→ ggf. Funktionseinschränkung und Schmerzen)
- Femurkopfnekrose

## Endoprothese:

- Stabile vollbelastbare Versorgung mit guter Funktion ab dem 1. p.o. Tag
- höherer Blutverlust und längere OP-Dauer (Hüfte-TEP > Duokopf)
- Zementreaktion/-embolie mit Kreislaufinsuffizienz (sehr selten)
- Gelenkluxation (TEP >> Duokopf)
- Standzeit Hüftendoprothese ca. 20 Jahre (→ bei jungen Patienten Versuch Gelenkerhalt!)

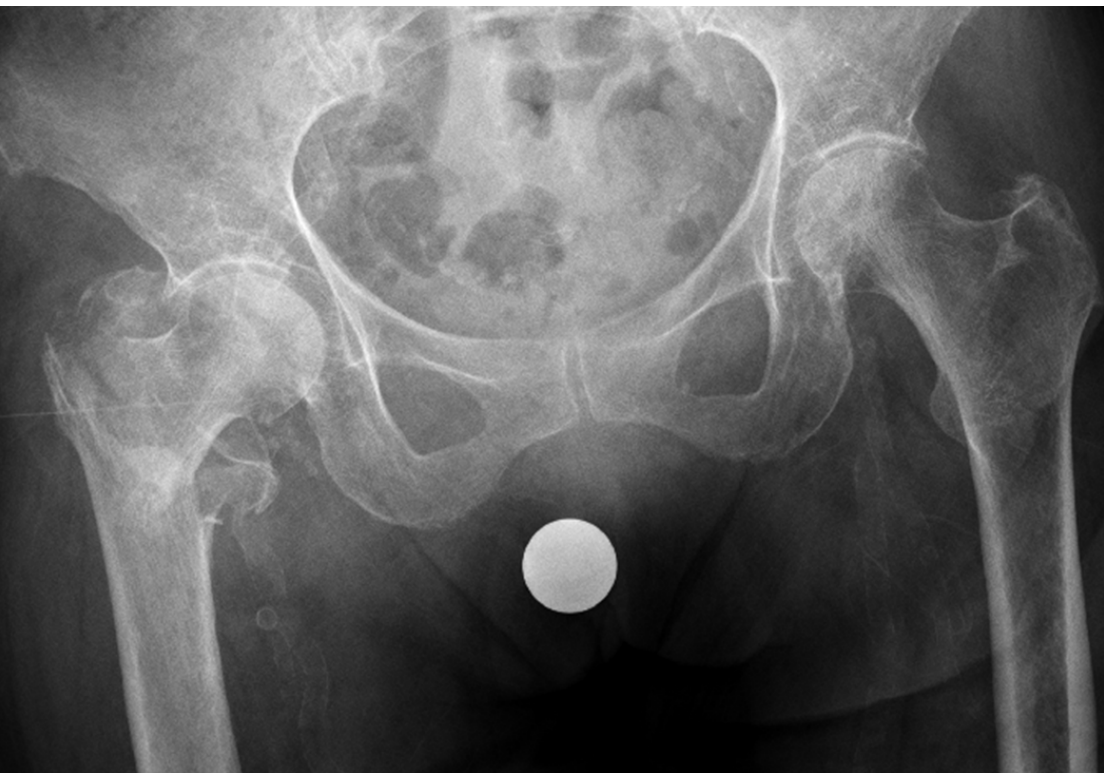
# Per-/Subtrochantäre Frakturen

- extraartikuläre Frakturen
- Osteosynthese (intramedullärer Nagel, dynamische Hüftschraube – DHS)
- Endoprothese ist die Ausnahme (z.B. bei gleichzeitiger fortgeschrittener ipsilateraler Coxarthrose)





# Per-/Subtrochantäre Frakturen



# Osteosyntheseversagen bei Osteoporose



„cut out“ Schenkelhalsschraube

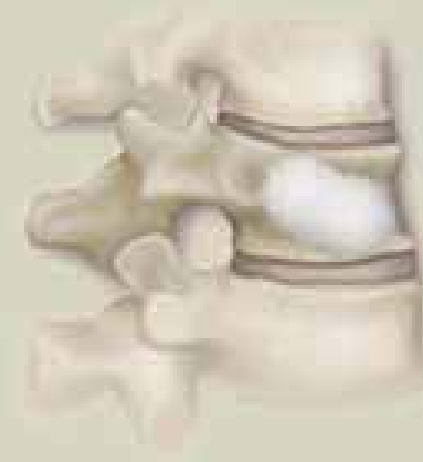


sekundäre Frakturdislokation

# Unterstützende Verfahren bei Osteosynthese osteoporotischer Knochen

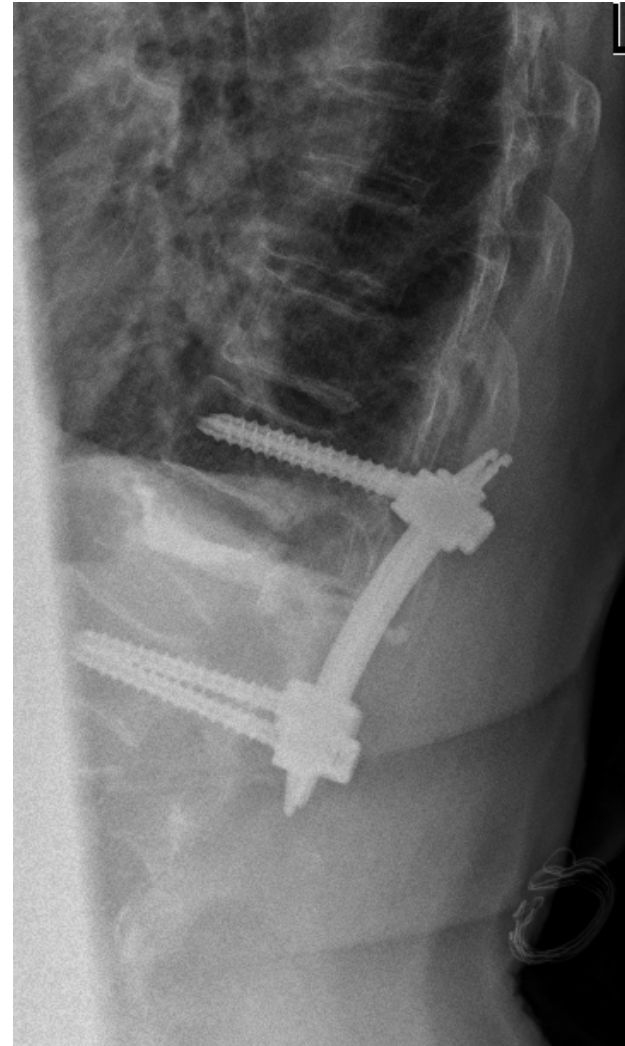


# Behandlung von Wirbelbrüchen





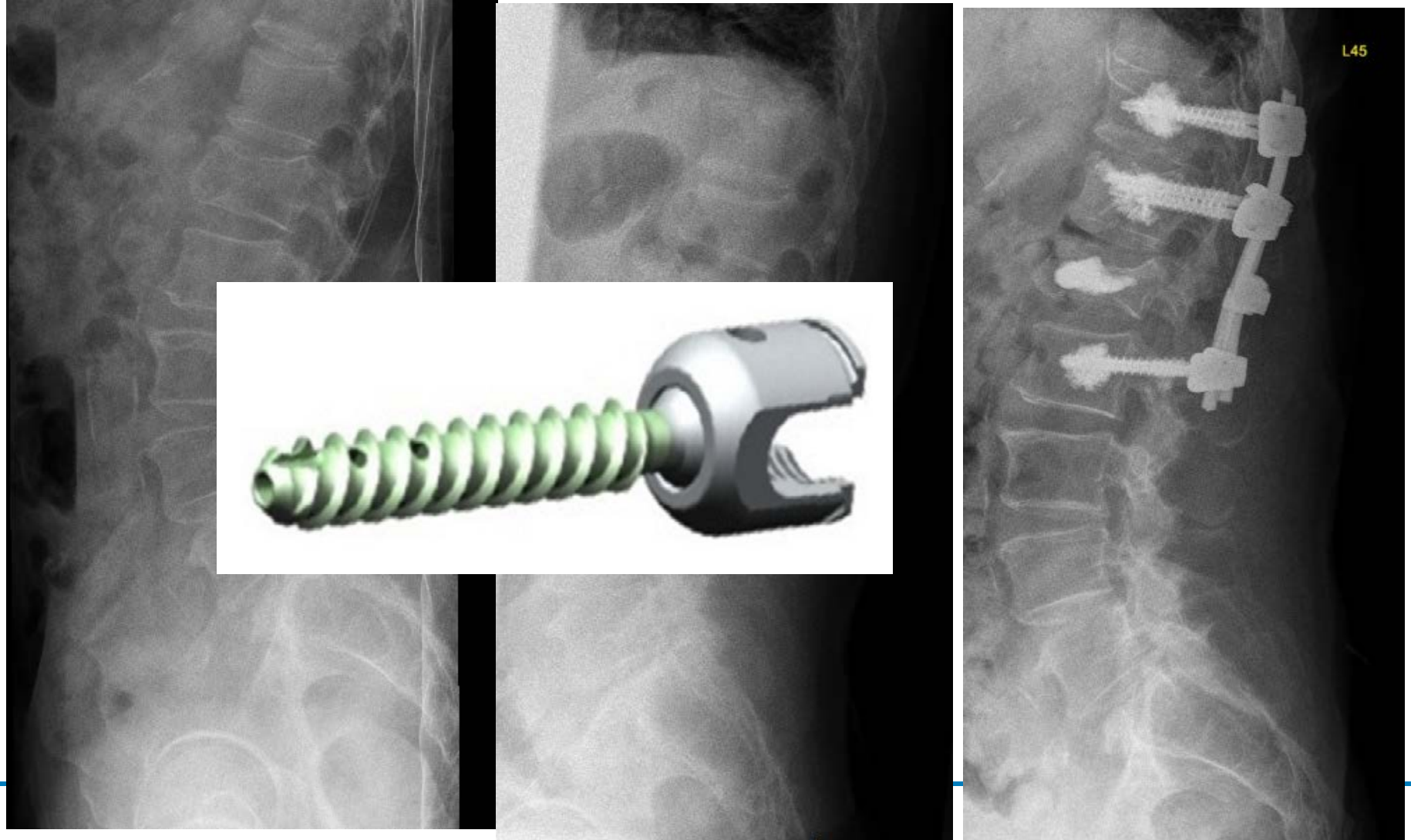
Ballonkyphoplastie



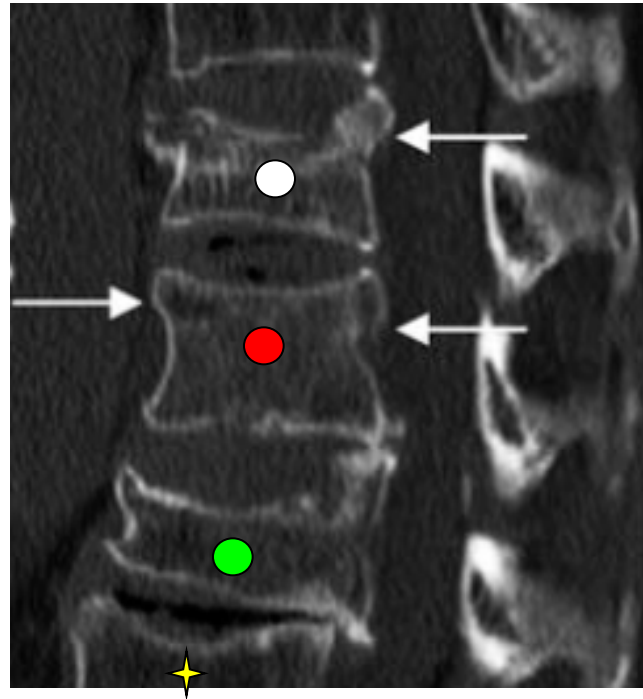
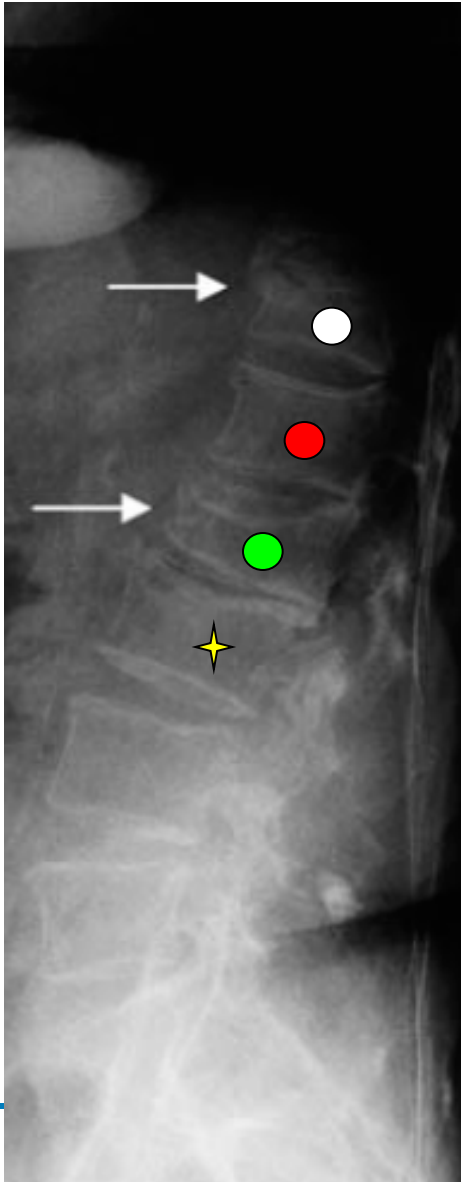
Ballokyphoplasty mit dorsaler  
Stabilisierung (Fixateur interne)



# Unterstützende Verfahren bei Osteosynthese osteoporotischer Knochen

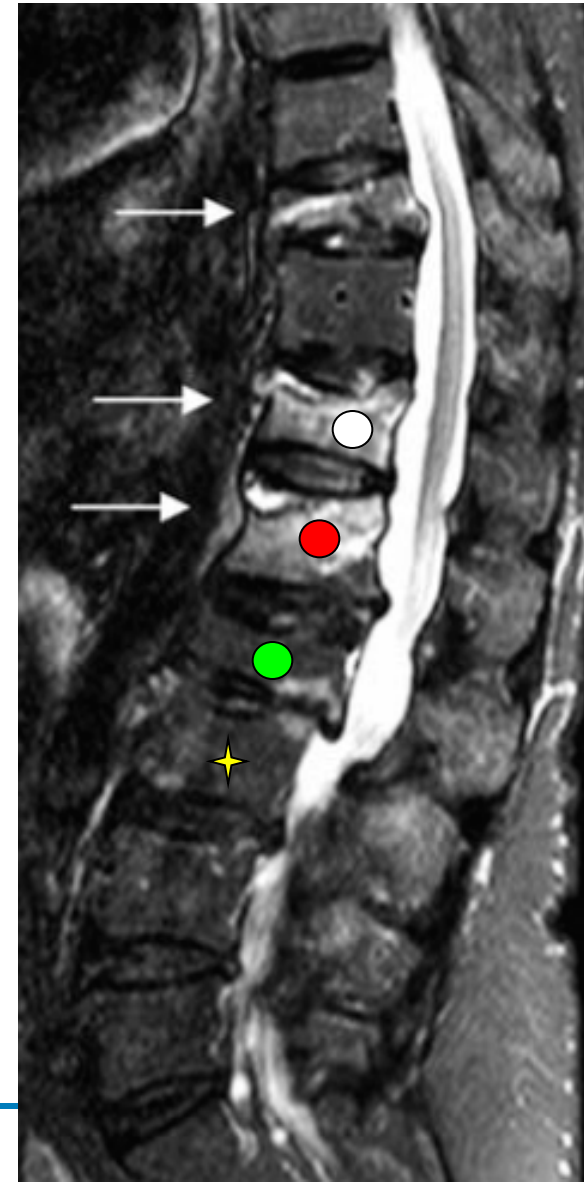


# MRT bei osteoporotischen Wirbelfrakturen



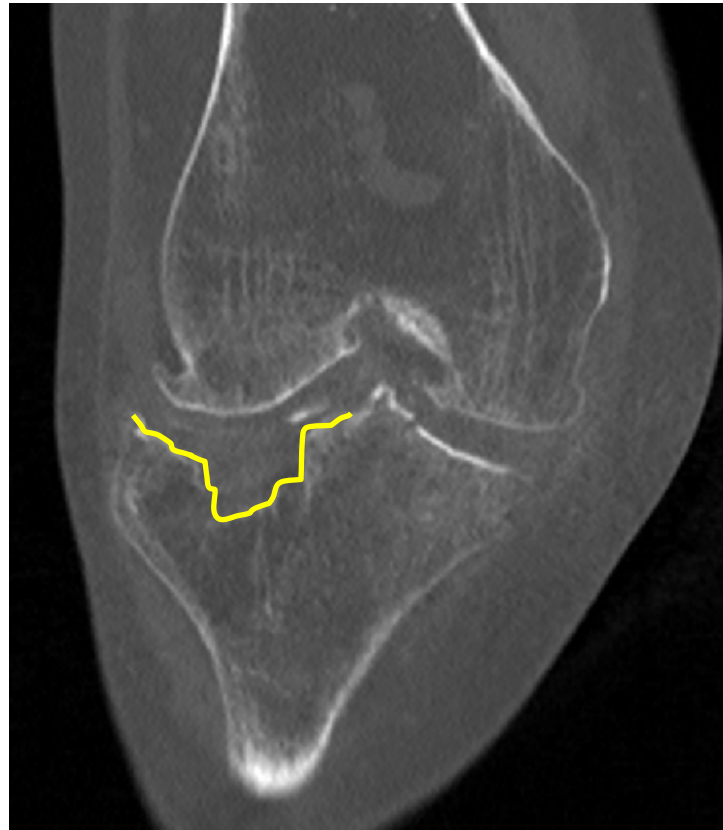
akute Fraktur ?

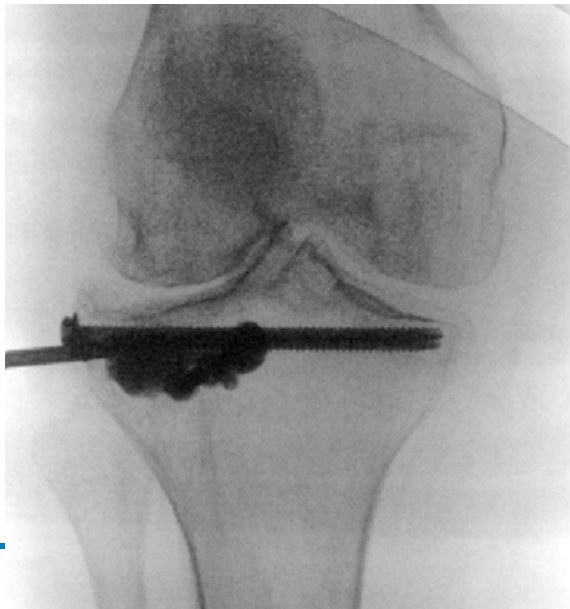
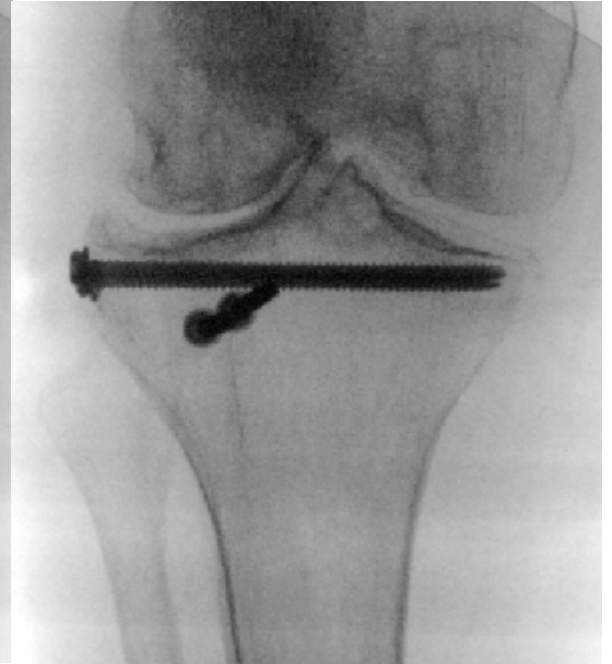
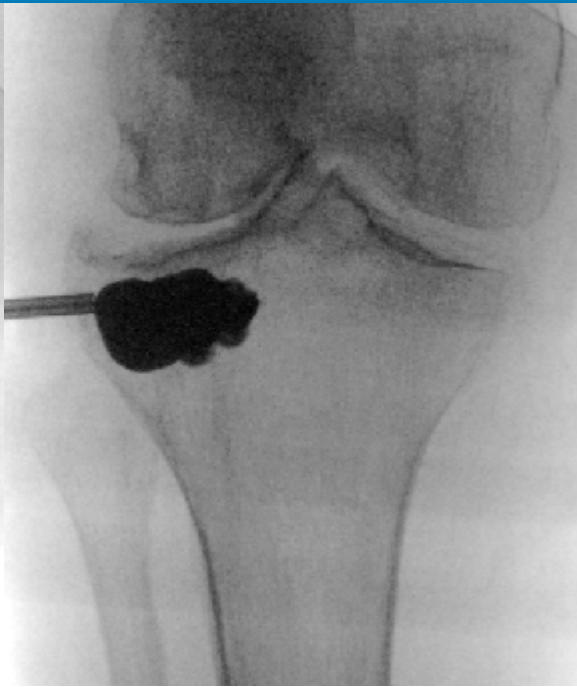
Ödem in der STIR-Sequenz





# Schienbeinkopffraktur mit Knochendefekt





Intraoperative Röntgenbilder

# Polytrauma

## Definition:

“Syndrom von Verletzungen mehrerer Körperregionen oder Organe definierten Schweregrades (ISS  $\geq$  17), welche zu konsekutiven Systemreaktionen mit Funktionsstörungen oder Versagen primär nicht verletzter Organe führen kann.“

# Schweregradeinteilung nach dem ISS

- **ISS:** „Injury Severity Score“
  - Summe des AIS im Quadrat von den 3 schwersten betroffenen Regionen
- **AIS:** „Abbreviated Injury Scale“
  - Verletzungsschwere 1 – 6
  - 6 Körperregionen
    - Schädel  1= leicht bis 5= lebensbedrohlich
    - Gesicht  max. Punktzahl = 3x25= 75 Pkte
    - Thorax  6= nicht überlebbar = 75 Pkte
    - Abdomen
    - Extremitäten
    - Weichteile

**ISS>16:** Polytrauma

**ISS>25:** schweres Polytrauma

## Im Schockraum

die größte vitale Bedrohung wird zuerst behandelt  
(Priorisierung!)

- A**irway      Atemweg sichern mit HWS-Protektion („stiff-neck“)
- B**reathing      Be(-Atmung) und Ventilation
- C**irculation      Zirkulation, Kreislaufstabilisierung
- D**isability      Neurologischer Status (GCS, Querschnitt, ...)
- E**xposure      Entkleiden und Schutz vor Auskühlung

**Advanced Trauma Life Support (ATLS®)**

# A = Airway

- Absaugen, ggf. Fremdkörper entfernen
- Intubation
- ggf. chirurgische Notfallkoniotomie





# B = Breathing

Spannungspneumothorax

Pneumothorax

Instabiler Thorax

Gasaustauschstörung  
(Lungenkontusion,  
Aspiration, ...)

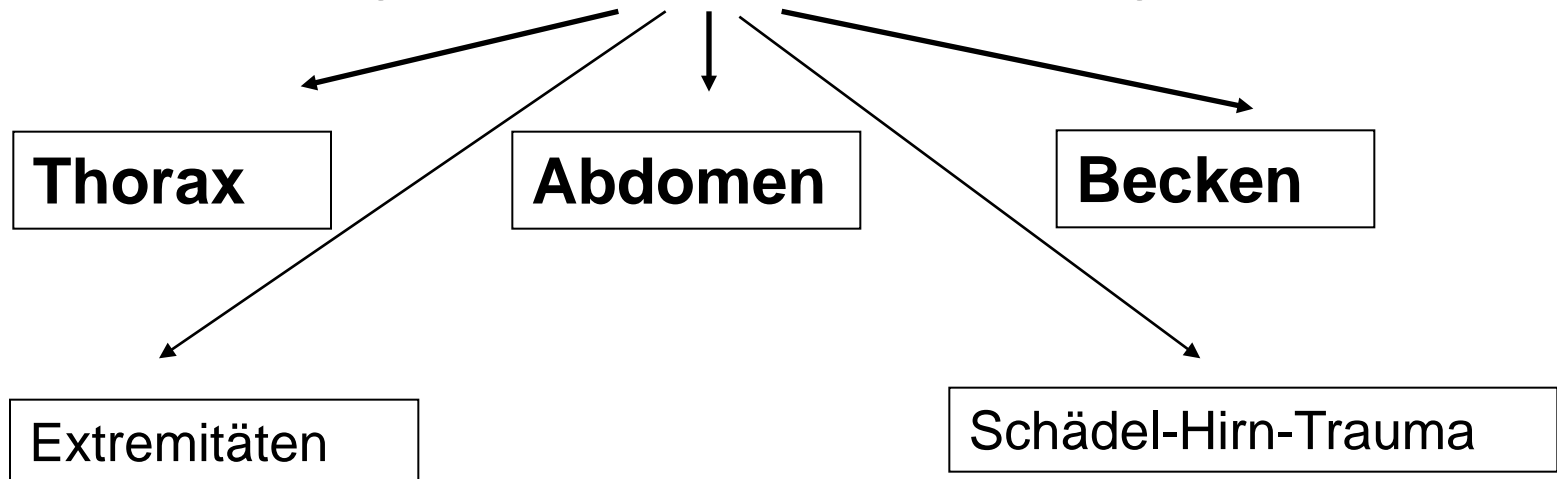
} Thoraxdrainage

} Beatmung



# C = Circulation

..... hämorrhagischer Schock und Blutung:

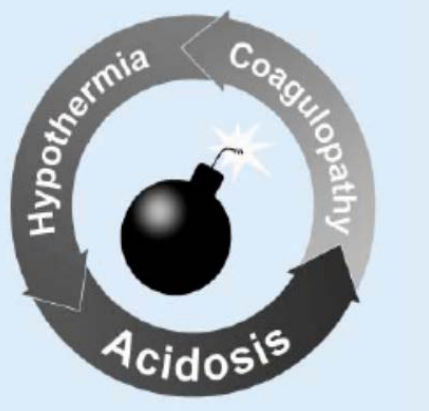


# Diagnostik im Schockraum

- Monitoring Kreislaufparameter, ggf. Beatmungsparameter
- Fokussiertes Abdomensonogramm (FAST)
- Blutgasanalyse (Hb, Laktat, Base Excess,...)
- Labor mit Blutgruppenbestimmung
- Polytrauma-CT (CT-Ganzkörperspirale)
- (Röntgen-Thorax und Röntgen-Beckübersicht)

# Chirurgische Intervention - Damage Control Surgery

Reduktion der chirurgischen Notfalleingriffe auf das für das Überleben nötigste, um den schwer verletzten Patienten nicht durch lange OP-Dauer (Auskühlung, ...) und zusätzlichem Blutverlust zusätzlichen Risiken auszusetzen.

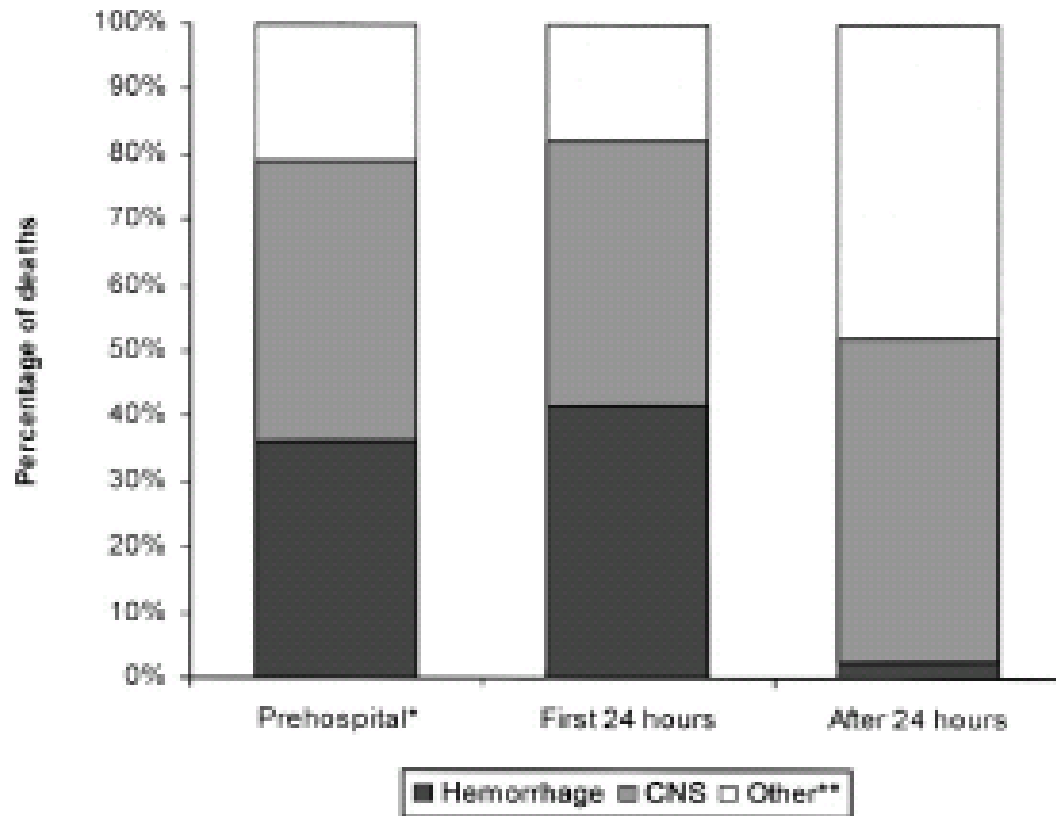


- Blutung
- Periphere Ischämie
- Azidose
- Koagulopathie
- Hypothermie



Unterbrechen des  
„circulus vitiosus“

# Todesursache beim Polytrauma



..... in der ersten 24h Verbluten! („golden our of shock“)



# Damage Control Surgery

## Kontrolle Massenblutung

- Hämatothorax
- intraabdominale Blutung
- Instabile Beckenfrakturen
- schwere Extremitätenverletzung

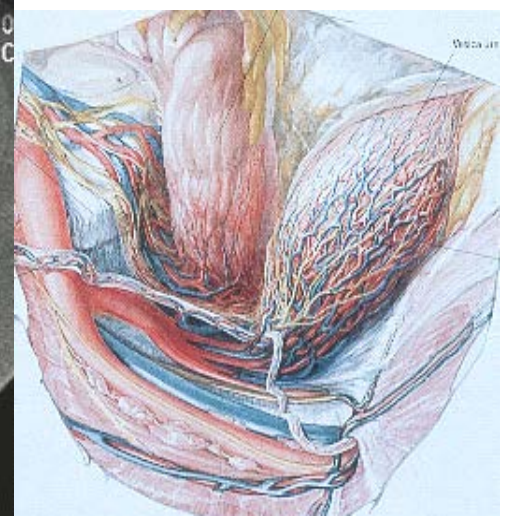
## Akute Dekompression Körperhöhlen

- intrakranielle Blutung
- Spannungspneumothorax
- Perikardtamponade

# Damage Control Surgery

- Notfalllaparotomie (z.B. Splenektomie, packing, usw.)
- Thoraxdrainage, ggf. Notfallthorakotomie; Perikardpunktion, ggf. Perikardfensterung
- Beckenstabilisierung (pelvic binder, Beckenzwinge, Beckenfixateur, ggf. Angioembolisation, ggf. packing)
- Stabilisierung Extremitäten mit Fixateur externe
- Gefäßchirurgische Versorgung
- Bohrlochtrepanation, (Hemi-)Kraniektomie

# Instabile Beckenverletzungen



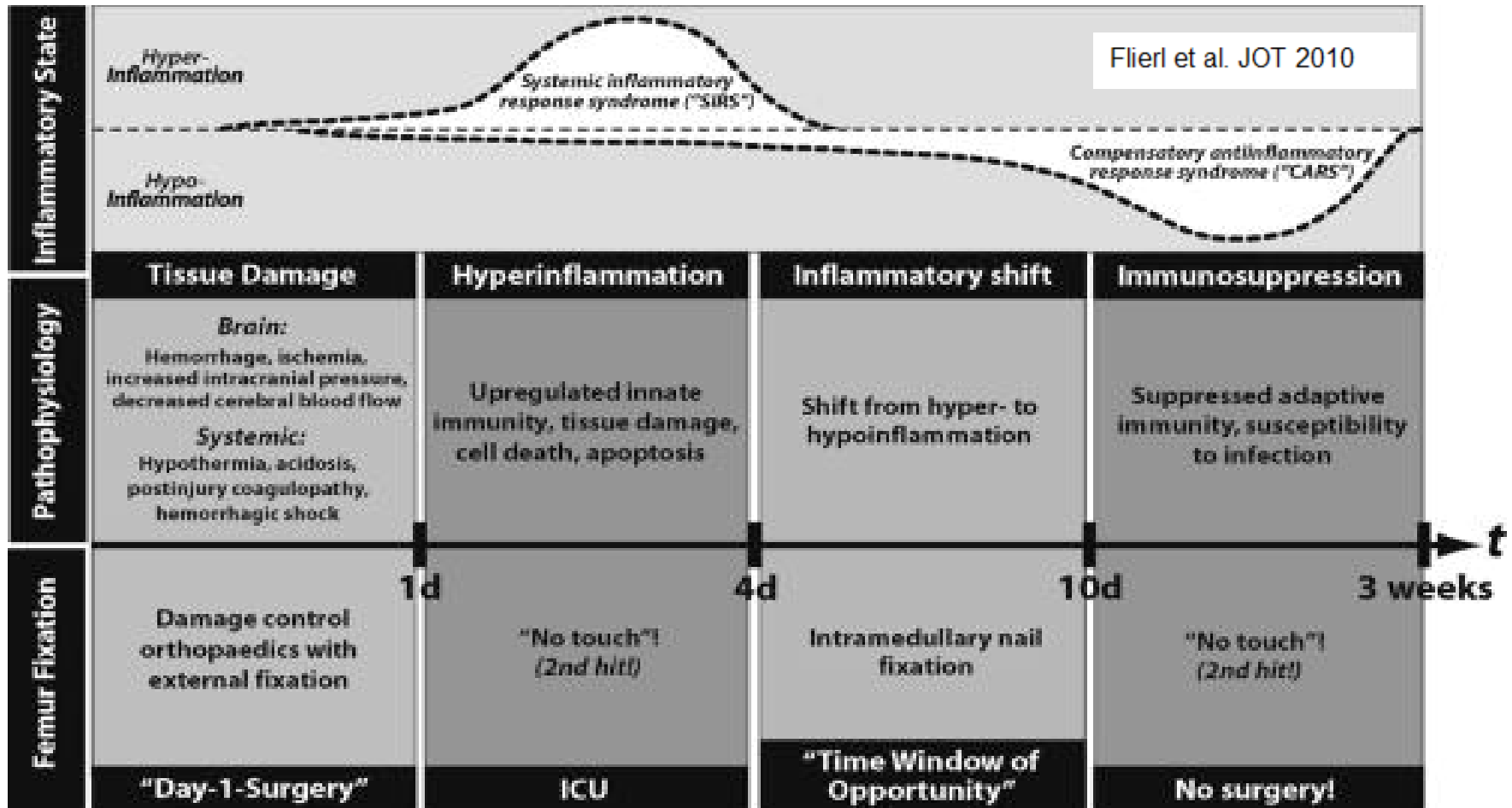
Beckengurt



Beckenzwinge



# Physiologie Polytrauma



Tag 1  
„DCS“

Tag 2-4  
„no touch“

Tag 5-10  
definitive Fraktur-  
versorgung

Nach Tag 10  
möglichst kein  
chirurgischer Eingriff

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**

---