

**Klinische Medizintechnik Bonn**  
**Modul 1, 15. November 2014**



**Bewegungsapparat**

K. Kabir, A. Jubel, C. Burger  
 Unfall-, Hand- und  
 Plastisch-Rekonstruktive Chirurgie



universitäts-  
klinikum bonn

orthopädie und  
unfallchirurgie bonn

orthopädie und  
unfallchirurgie bonn

1

**Agenda**

- Histologie
- Anatomie
- Physiologie
- Unfallchirurgie
- Orthopädie
- Fragen ?

universitäts-  
klinikum bonn

orthopädie und  
unfallchirurgie bonn

2

**Histologische  
 &  
 Physiologische  
 Grundbegriffe**

universitäts-  
klinikum bonn

orthopädie und  
unfallchirurgie bonn

**Elemente und Bauprinzipien des  
 Bewegungsapparats**

- Knochen
- Knorpel
- Bänder
- Muskel
- Gefäß-, Lymph- und Nervenbahnen
- Fett
- Haut

universitäts-  
klinikum bonn

orthopädie und  
unfallchirurgie bonn

05.12.14

**Bewegungsapparat**

- Passiver Bewegungsapparat
- Aktiver Bewegungsapparat
- Skelett (Knochen, Gelenke und Bänder)
- Skelettmuskulatur

universitäts-  
klinikum bonn

orthopädie und  
unfallchirurgie bonn

05.12.14

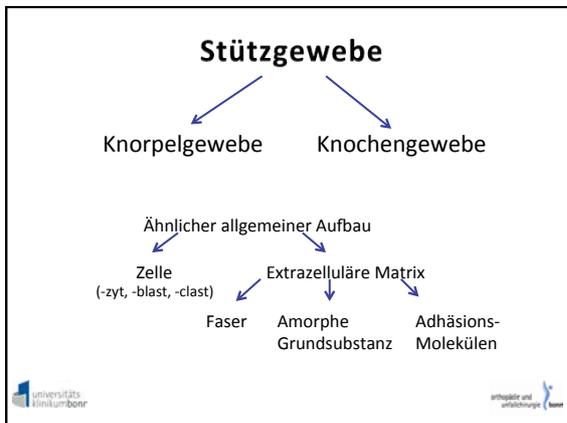
**Elemente und Bauprinzipien des  
 Skeletts**

- Knochen
- Knorpel
- Bänder

universitäts-  
klinikum bonn

orthopädie und  
unfallchirurgie bonn

05.12.14



## Knorpel

- Fest aber druckelastisch
- Bradytropes, anaerobes Gewebe
- Im Skelettsystem fast Hyalinknorpel
- Faserknorpel
- Wasserreich: 60-70% H<sub>2</sub>O
- Knorpelgrundsubstanz: sulfatierte Glykosaminoglykane

universitätsklinikum bonn orthopädie und unfallchirurgie

## Knorpel

- Knorpelzellen
  - Chondroblasten
  - Chondrozyten
- Versorgung
  - Diffusion von der Knorpelhaut
  - Synovia - Gelenkschmiere
  - Frei von Blutgefäßen und Nerven

universitätsklinikum bonn orthopädie und unfallchirurgie

## Hyaliner Knorpel (Glasknorpel)

Chondrone (2-8) Knorpelzellen  
 Kollagenfaser: Typ II, IX, X, XI  
 Amorphe Grundsubstanz und Typische territoriale Gliederung  
 Perichondrium (Gelenknorpel ausgenommen)  
 Vorkommen:  
 -Rippenknorpel  
 -Gelenknorpel  
 -Atemwege

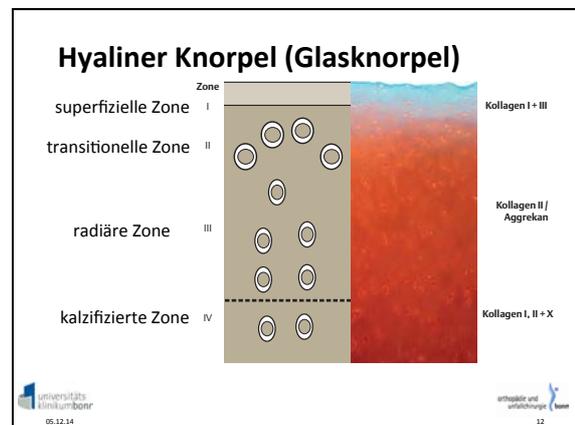
1: Chondron  
 2: Knorpelzelle  
 3: Amorphe Grundsubstanz

universitätsklinikum bonn orthopädie und unfallchirurgie  
 Bild: <http://www.sci.u-szeged.hu/zoocell/histo/koftam/koftam5.html>

## Hyaliner Knorpel (Glasknorpel)

Lacuna  
 Chondron  
 Chondrozyt  
 Perizelluläre Matrix (Knorpelkapsel)  
 Territoriale Matrix (Knorpelhof)  
 Interterritoriale Matrix

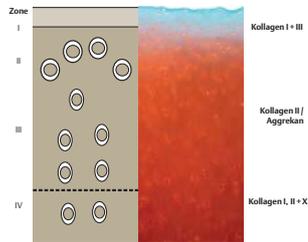
Bilder: P. Röhlich  
universitätsklinikum bonn orthopädie und unfallchirurgie



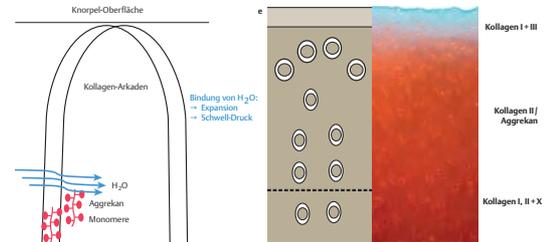
## Hyaliner Knorpel (Glasknorpel)

### superfizielle Zone

den auftretenden Zugkräften als Membran entgegenwirkt  
zur Gelenklubrikation beiträgt  
eine besondere proliferative und biosynthetische Reaktion auf biomechanische Stimuli aufweist  
Zellen mit Stammzelleneigenschaften zu enthalten scheint



## Hyaliner Knorpel (Glasknorpel)



## Faserknorpel

Kleine Chondrone, eher einzelne Knorpelzellen

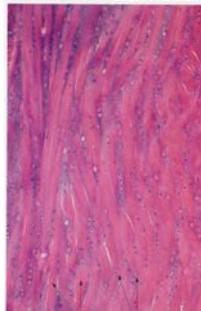
Kollagen: Typ I und II

KEIN Perichondrium

Vorkommen:

- Anulus fibrosus von Disci intervertebrales
- Symphysis pubica
- Disci und Menisci in Gelenken
- Gelenkfläche einzelner Gelenke (z. B. Art. temporomandibularis)

Bild: P. Röhlich



Kollagenfaser Chondrozyten



## Knochengewebe

(Reifer) Lamellenknochen

(Unreifer) Geflechtknochen

Allgemeine Eigenschaften der Knochen:

- Hart
- Umbau- und Anpassungsfähigkeit (Remodelling)
- Enthält Gefäße (vaskularisiert)
- Regenerationsfähigkeit

## Knochen

-ca. 35 % aus organischem Material:

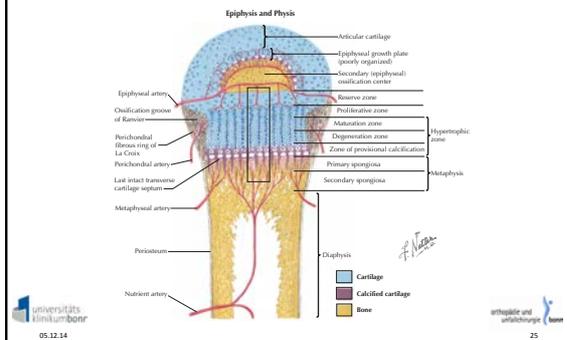
- Kollagenfasern (Typ I)
- und andere Proteine (z.B. Osteocalcin, Thrombospondin, ALP)

-ca. 65 % aus anorganischem Material:

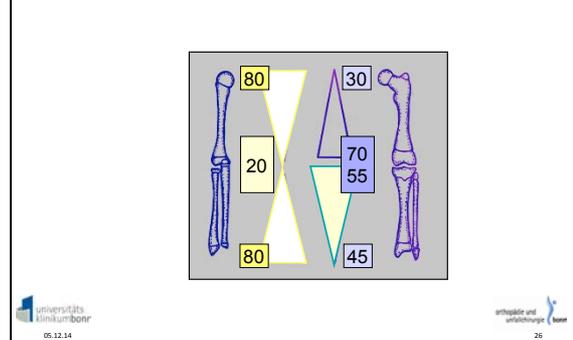
- Hydroxylapatit (kristallisiertes Calciumphosphat)
- Andere Ionen (Na, Mg, Citrat, Karbonat usw.)



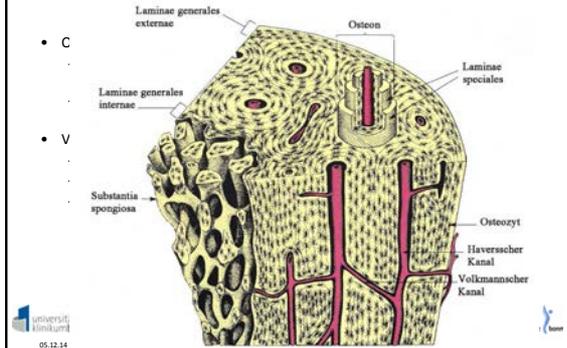
## Indirekte (enchondrale) Ossifikation



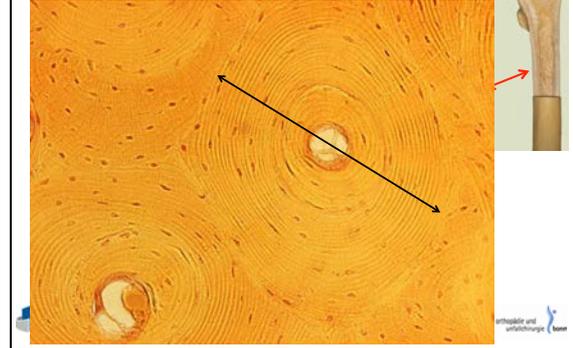
## Wachstumspotenzial



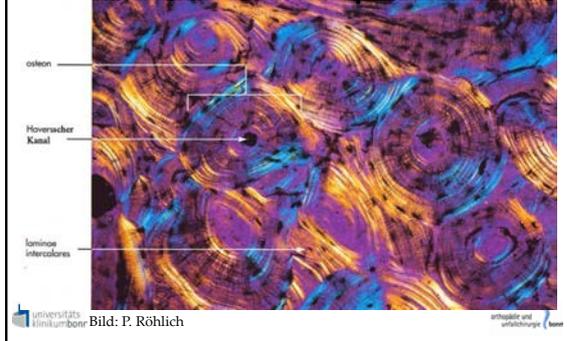
## Knochen



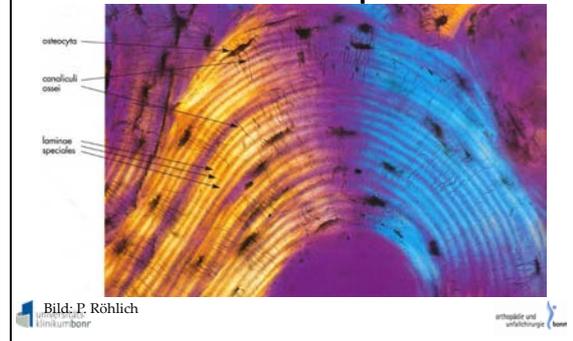
## Osteon

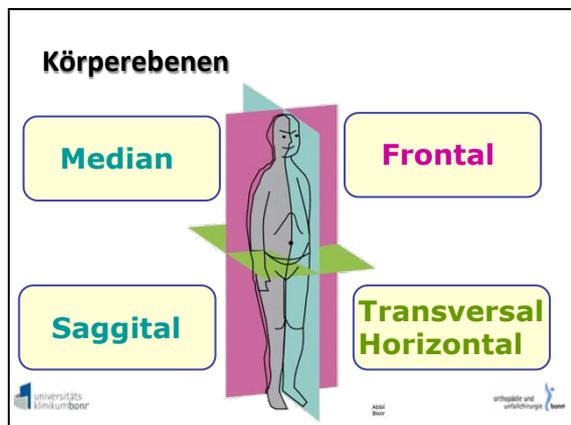
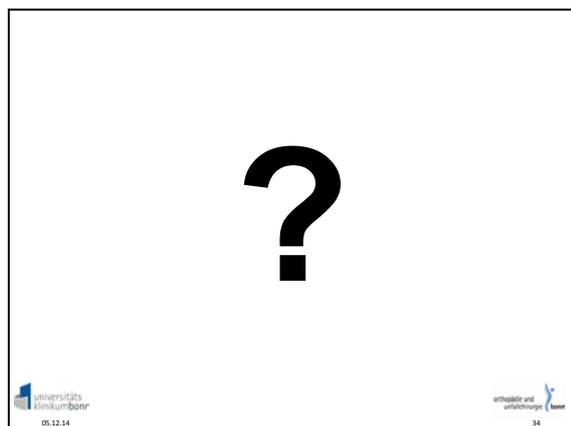
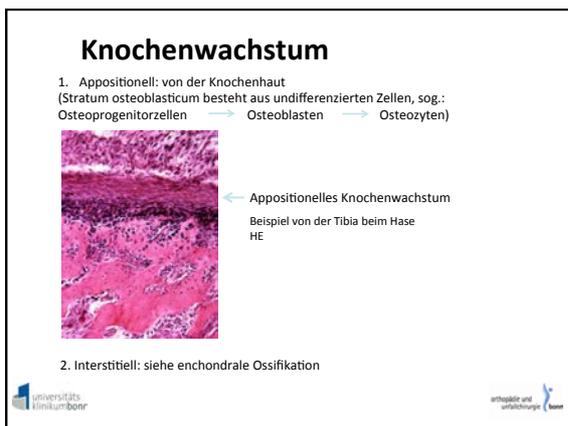
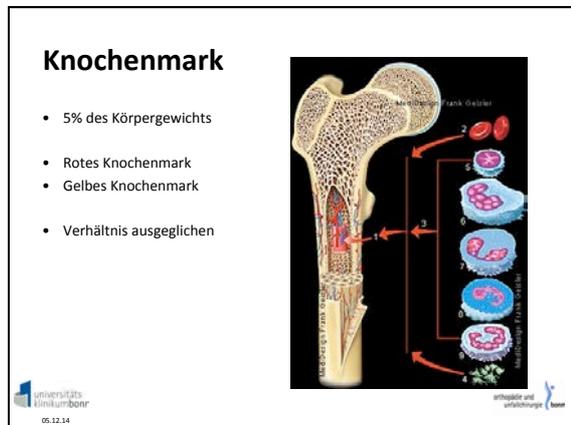
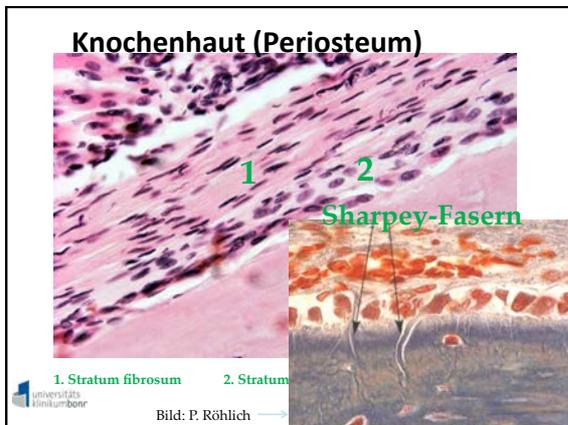


## Querschnitt (Knochenschliff) Polarisationsmikroskopie



## Querschnitt (Knochenschliff) Polarisationsmikroskopie





### Richtungen im Raum



**kranial**  
kopfwärts

**proximal**  
rumpfnah

**kaudal**  
zum Steißende

**distal**  
rumpffern

universitätsklinikum bonn  
orthopädie und unfallchirurgie

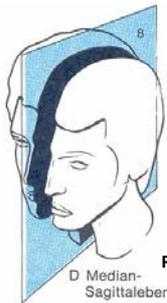
### Richtungen im Raum

**medial** zur Medianebene hin (innen)  
**lateral** v. d. Medianebene weg (außen)

**anterior/ventral** vorne/bauchwärts  
**posterior/dorsal** hinten/rückenwärts

universitätsklinikum bonn  
orthopädie und unfallchirurgie

### Richtungen im Raum



**lateral**  
(zur Seite hin)

**medial**  
(zur Mitte hin)

**dexter** (rechts)

**sinister** (links)

**Paramedian-Ebenen**  
D Median-Sagittalebene

universitätsklinikum bonn  
orthopädie und unfallchirurgie

### Richtungen im Raum



**anterior (vorne)**

**posterior (hinten)**

**frontal** (stirnwärts)

**nasal** (nasenwärts)

**rostral** (schnabelwärts)

**ventral** (bauchwärts)

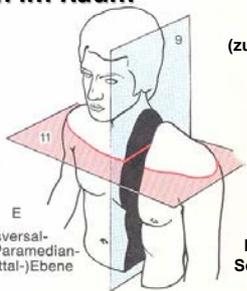
**occipital** (zum Hinterhaupt hin)

**dorsal** (zum Rücken hin)

F Frontalebene

universitätsklinikum bonn  
orthopädie und unfallchirurgie

### Richtungen im Raum



**superior**  
(weiter oben)

**inferior**  
(weiter unten)

**kranial**  
(zum Kopf hin)

**kaudal** (zum Schwanz hin)

**E**  
Transversal- und Paramedian-(Sagittal-)Ebene

universitätsklinikum bonn  
orthopädie und unfallchirurgie

### Richtungen im Raum

- superficialis (oberflächlich) – profundus (tief)
- externus (außen gelegen) – internus (innen)

universitätsklinikum bonn  
orthopädie und unfallchirurgie

# Passiver Bewegungsapparat

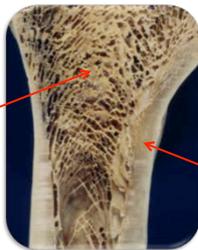
## Röhrenknochen



Rotes Mark  
→ blutbildend

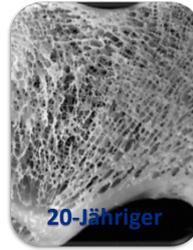
## Leicht-Bauweise

Spongiosa

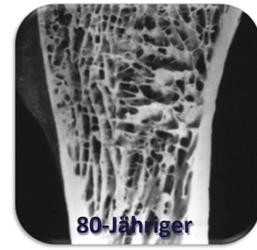


Compacta  
(Kortikalis)

## Alters-Veränderungen



20-Jähriger



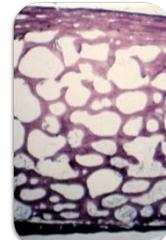
80-Jähriger

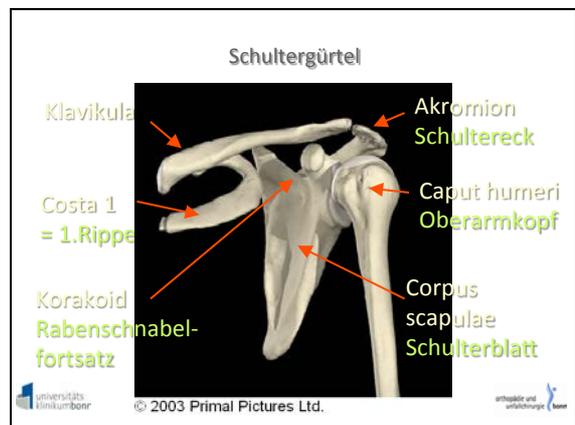
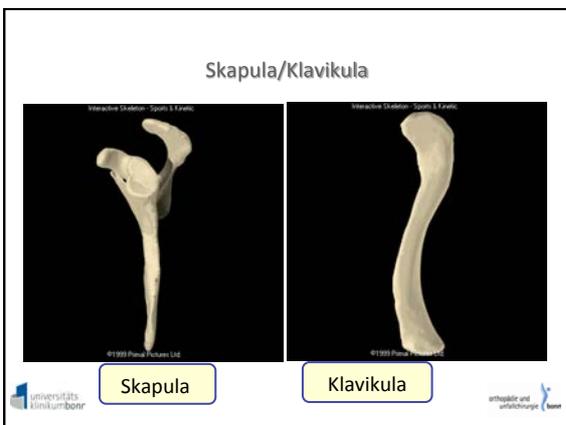
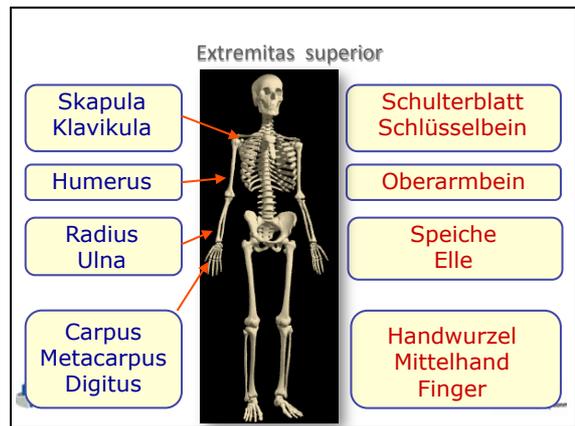
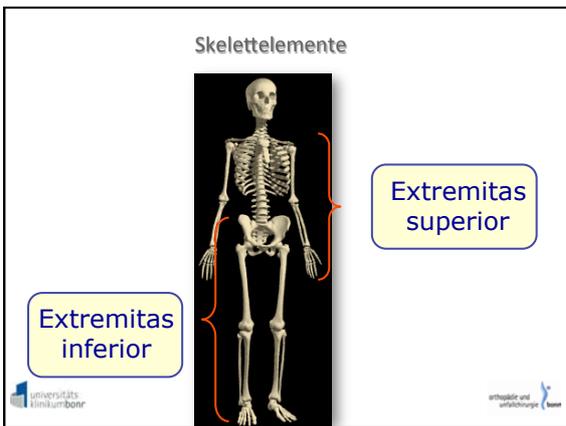
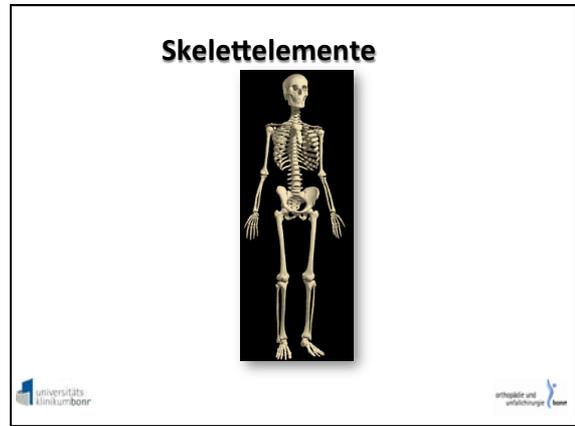
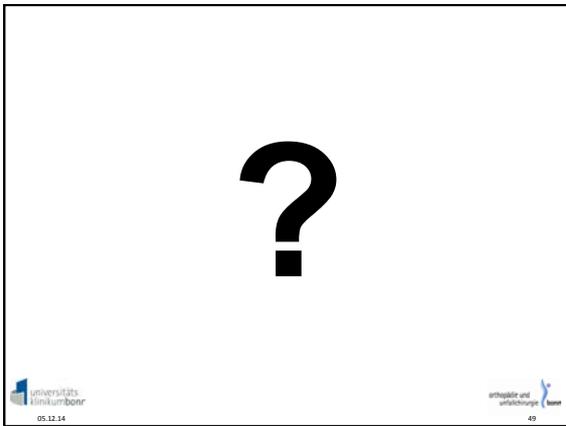
→ Osteoporose

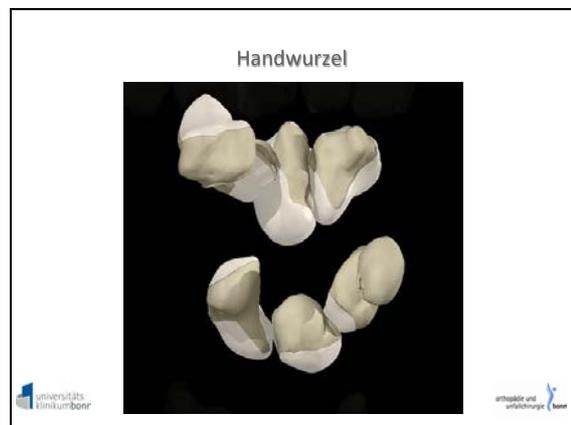
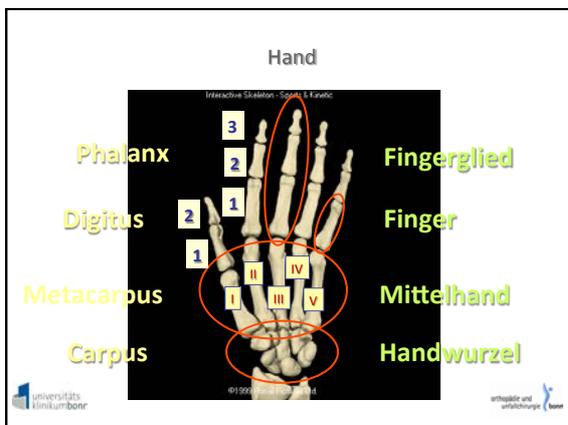
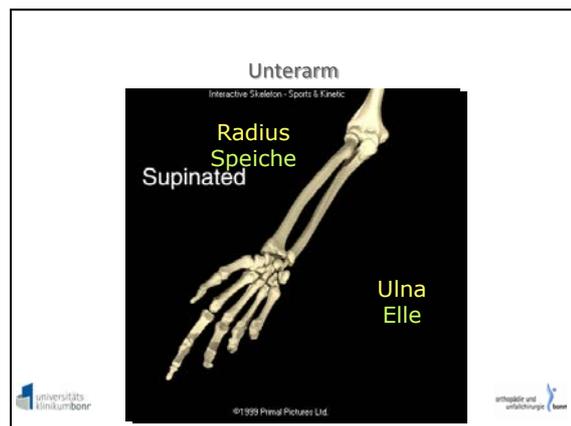
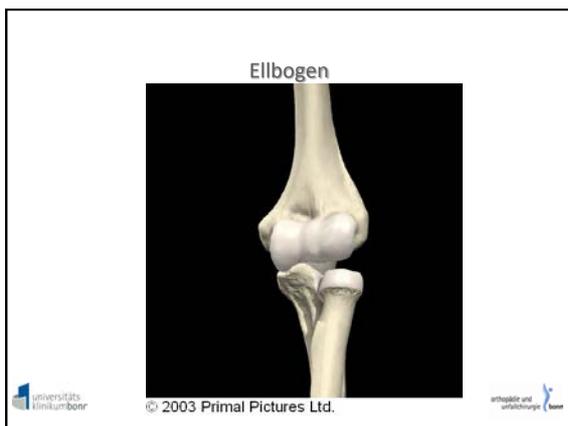
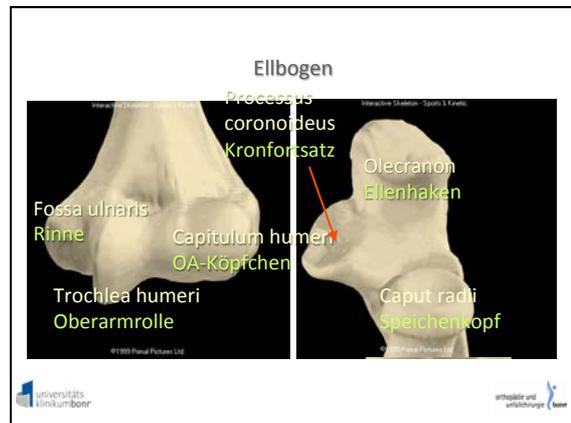
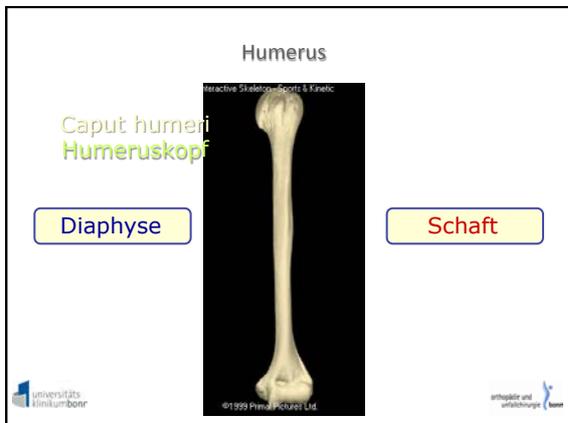
## Kurze Knochen

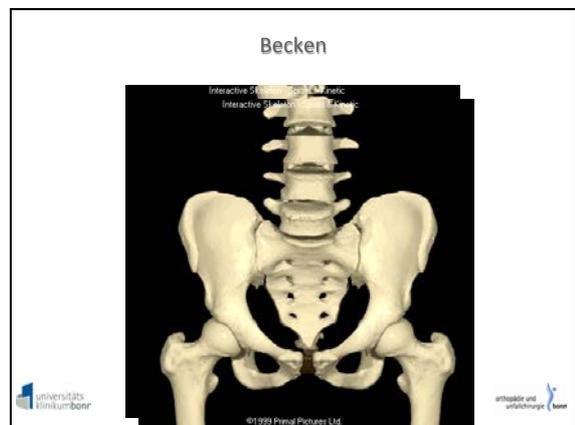
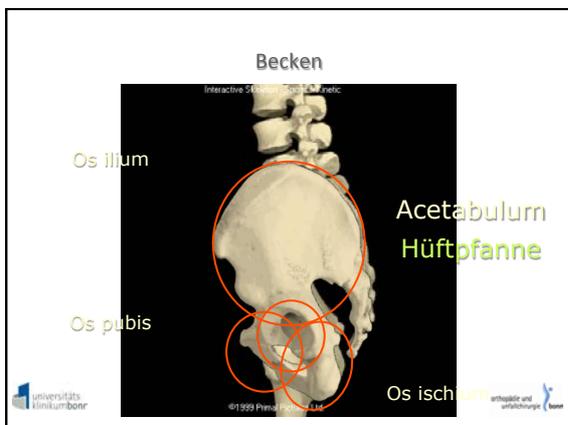
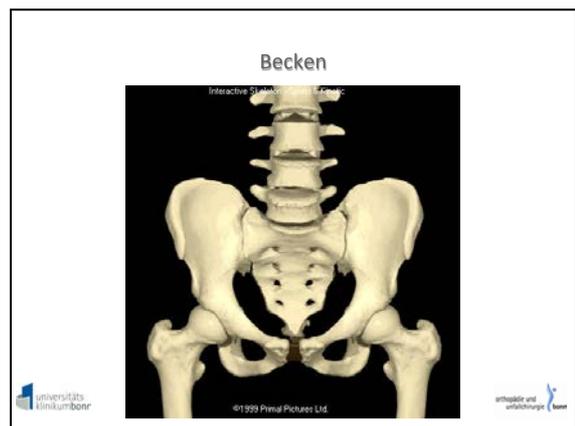
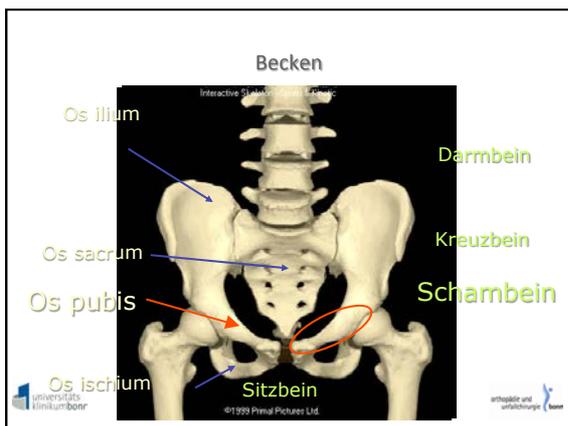
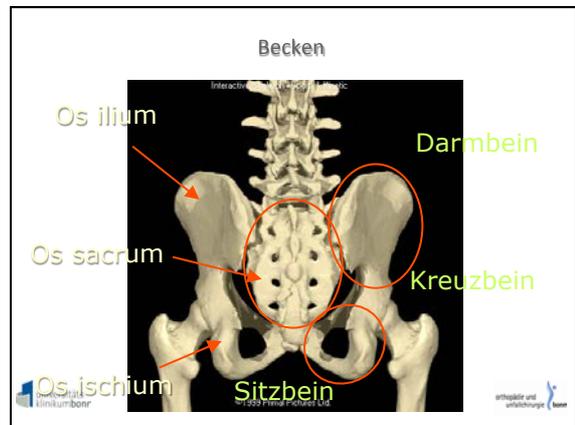
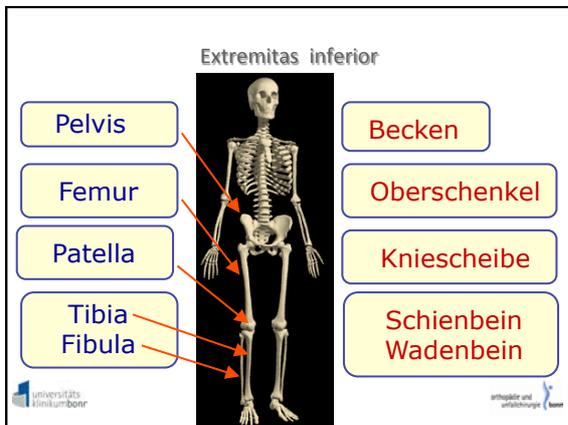


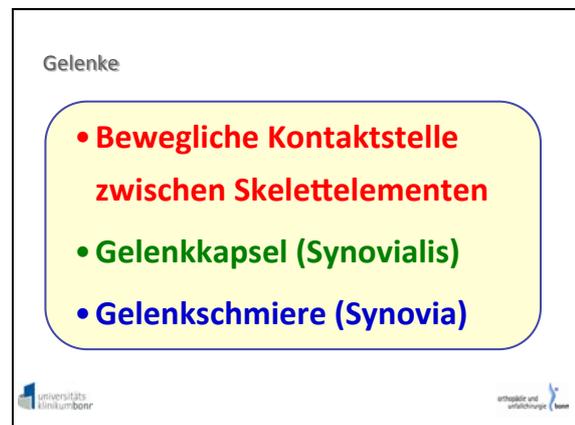
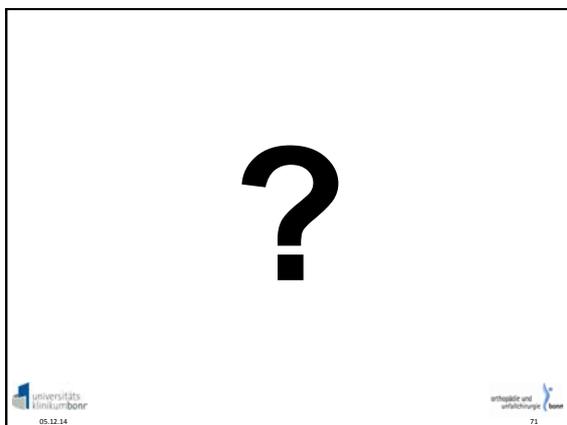
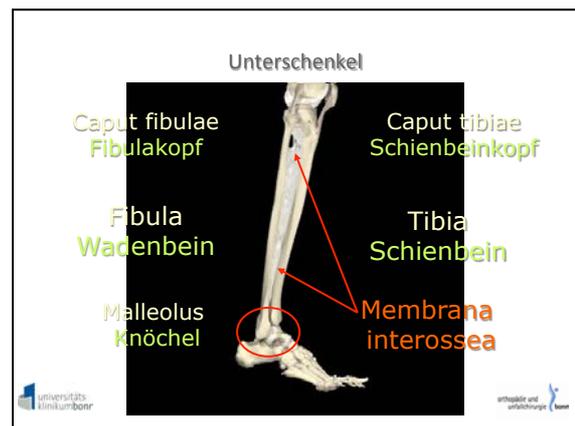
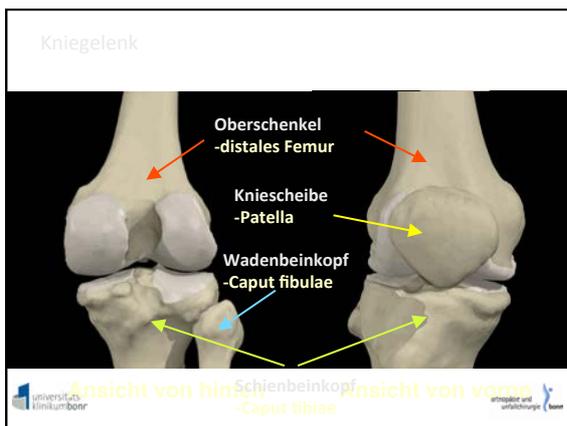
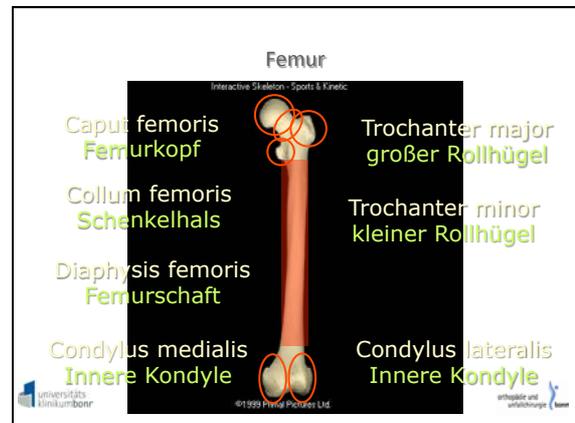
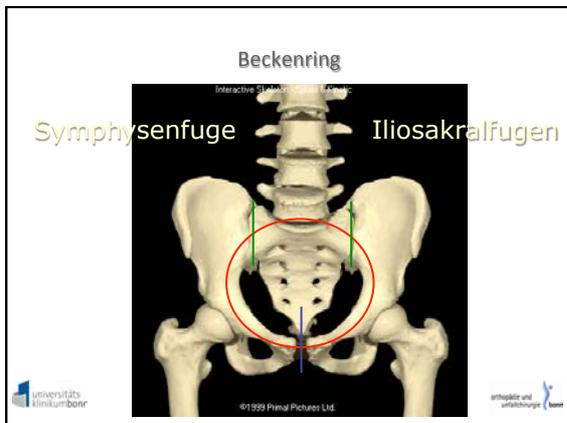
## Platte Knochen







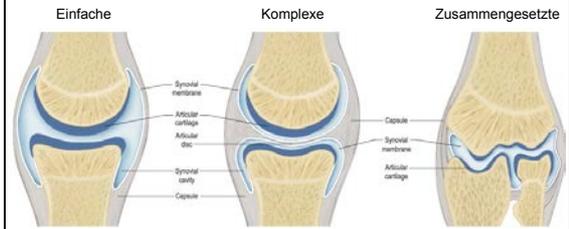




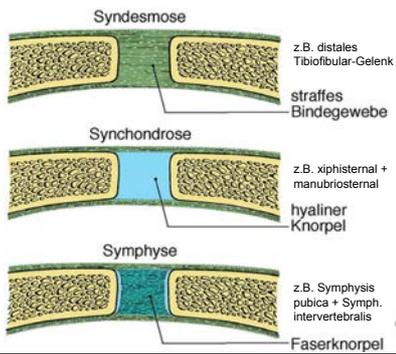
## Taxonomie der Gelenke

- **Diarthrose**
  - mit Gelenkspalt, "echtes" Gelenk, Art. Synovialis
- **Amphiarthrose**
  - Durch Bänder eingeschränkte Diarthrose
- **Synarthrose**
  - Ohne Gelenkspalt, "falsches" Gelenk, Art. Fibrosa/cartilaginea
- **Pseudarthrose**
  - „falsches“ Gelenk, Ausbleiben der Heilung eines Knochenbruchs

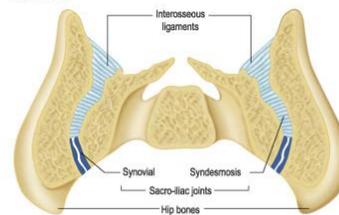
## Diarthrosenformen



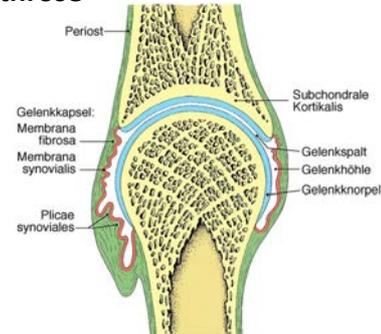
## Synarthrosen



## Syndesmosen

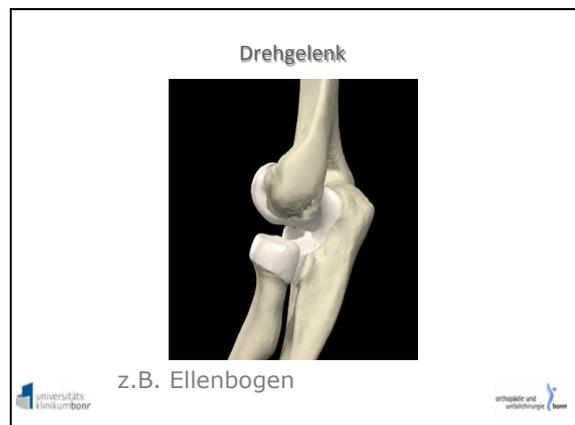
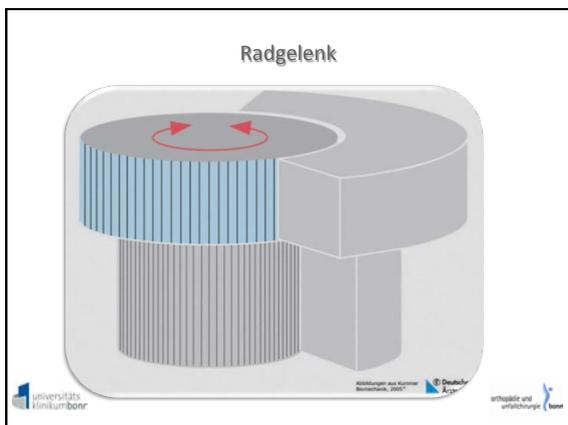
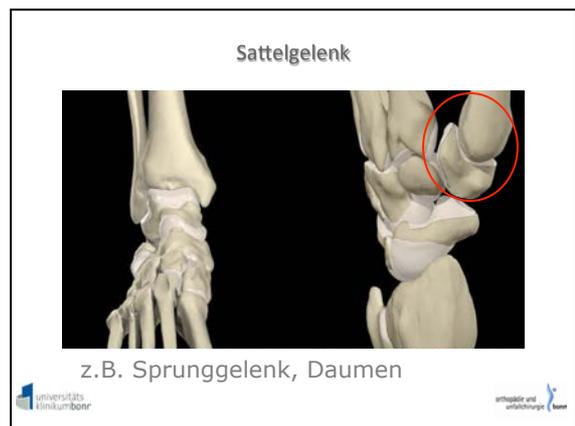
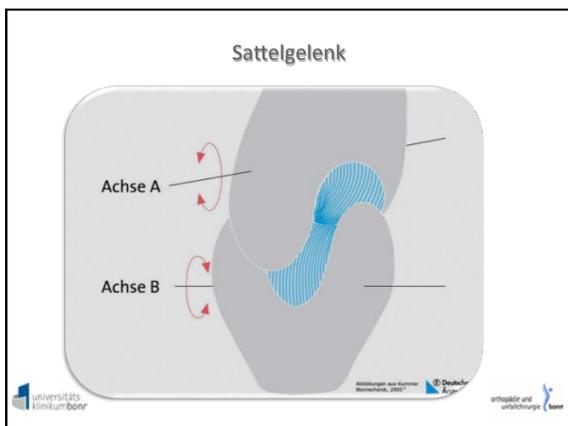
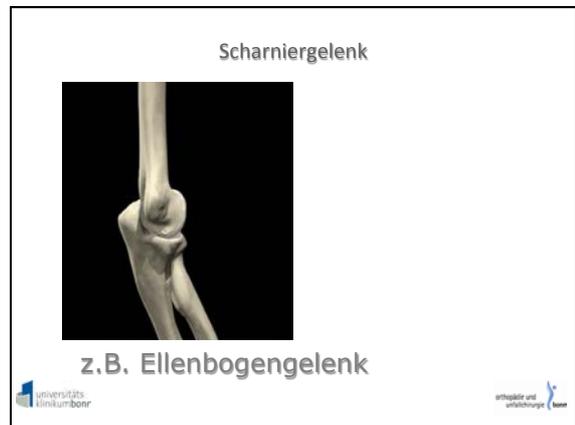
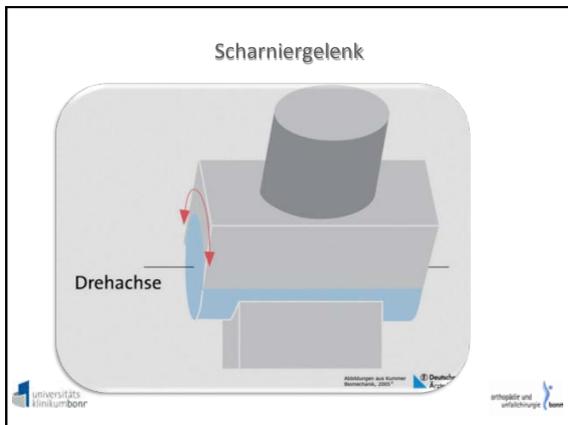


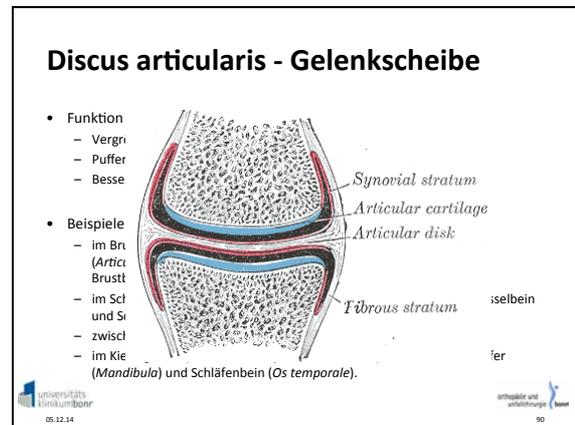
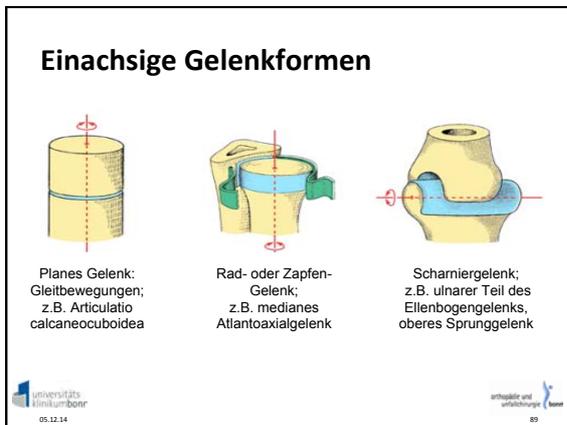
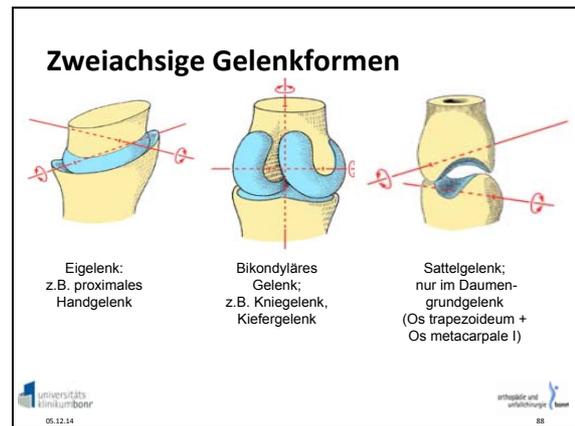
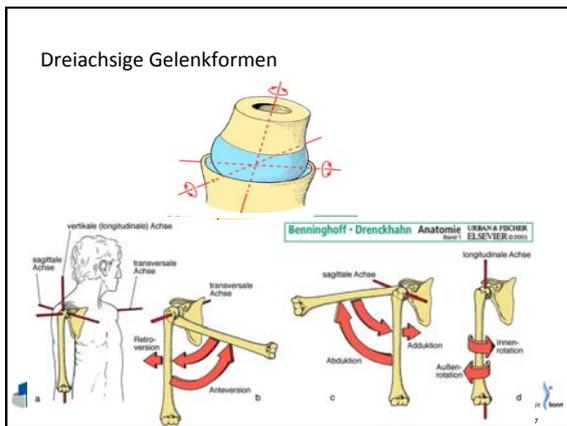
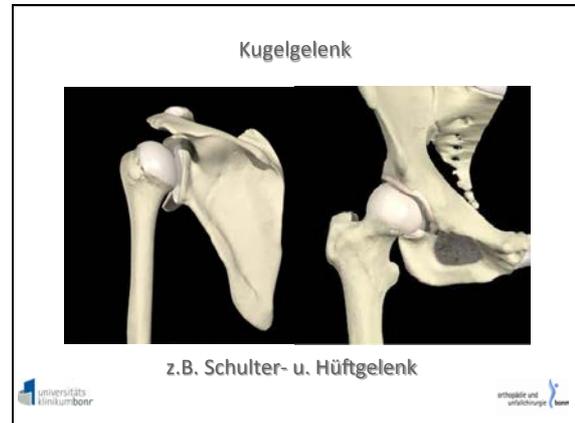
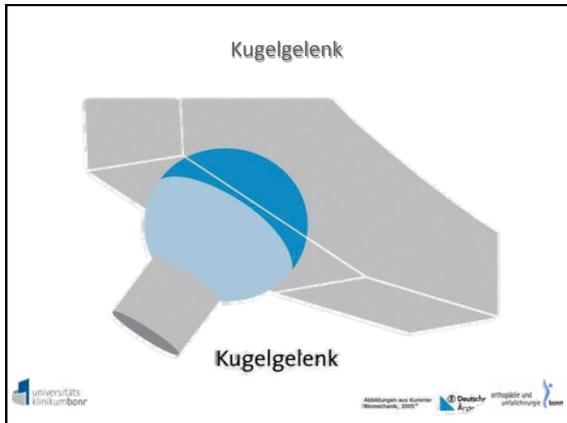
## Diarthrose



## Gelenke

- **Scharniergelenk**
- **Sattelgelenk**
- **Drehgelenk**
- **Kugelgelenk**





## Meniskus

- Mönch  
mondför
- Teilt die
- Kniegele
- Funktion
  - Besse
  - 90%
  - Besse
  - Operative Entfernung → frühzeitige Rehabilitation

ic mēniskos =

universitäts  
Klinikum Bonn  
05.12.14

orthopädie und  
unfallchirurgie

## Discus vs. Meniscus

Benninghoff - Drenckhahn Anatomie  
LUSAN & FROBSE  
19.05.2016

universitäts  
Klinikum Bonn  
05.12.14

orthopädie und  
unfallchirurgie

## Freiheitsgrade

3 Freiheitsgrade der Translation

universitäts  
Klinikum Bonn

Abbildungen aus: Gatterer  
Biomechanik, 2007

Deutscher  
Ärzt-Verlag

orthopädie und  
unfallchirurgie

## Freiheitsgrade

3 Freiheitsgrade der Rotation

universitäts  
Klinikum Bonn

Abbildungen aus: Gatterer  
Biomechanik, 2007

Deutscher  
Ärzt-Verlag

orthopädie und  
unfallchirurgie

## Beispiel Hüftgelenk

Beugung

Streckung

Ab-Adduktion

Außenrotation

Innenrotation

universitäts  
Klinikum Bonn

Abbildungen aus: Gatterer  
Biomechanik, 2007

Deutscher  
Ärzt-Verlag

orthopädie und  
unfallchirurgie

## Bewegungsrichtungen

<b>Extension</b>	Streckung
<b>Flexion</b>	Beugung
<b>Abduktion</b>	Wegführen v. Rumpf
	Frontalebene
<b>Adduktion</b>	Heranführen a.d. Rumpf

universitäts  
Klinikum Bonn

orthopädie und  
unfallchirurgie

### Bewegungsrichtungen

**Innenrotation** IRO

**Außenrotation** ARO

**Supination** Auswärtsdrehung

**Pronation** Einwärtsdrehung




### Bewegungsrichtungen



**Supination**  
Auswärtsdrehung

**Pronation**  
Einwärtsdrehung

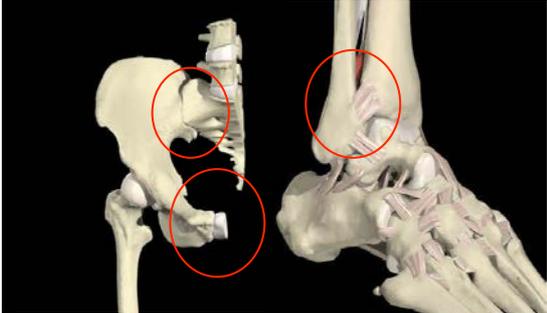



### Gelenke

- **echte Gelenke**
- **falsche Gelenke (Halbgelenke)**

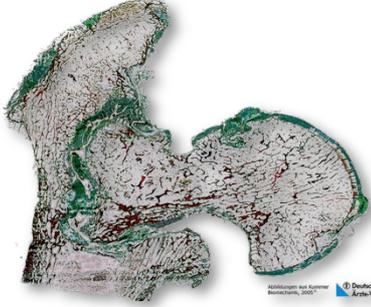



### Halbgelenke





### Pseudarthrose



Abbildungen von Kummer  
© Deutscher  
Arzt-Verlag




### Klinischer Hinweis

**Behandlungsprinzip bei  
Brüchen der langen Röhrenknochen:  
Wiederherstellung von  
Länge, Achse und  
Rotation!**




Klinischer Hinweis

**Behandlungsprinzip bei  
Gelenkverletzungen:  
Anatomische  
Rekonstruktion!**




Klinischer Hinweis

**Jede Stufe im Gelenk  
führt zur Arthrose!**

**Arthrose = vorzeitiger  
Gelenkverschleiß**




**?**



05.12.14

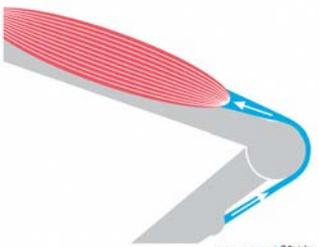


105

**aktiver  
Bewegungsapparat**

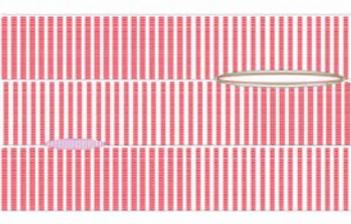



Muskulatur

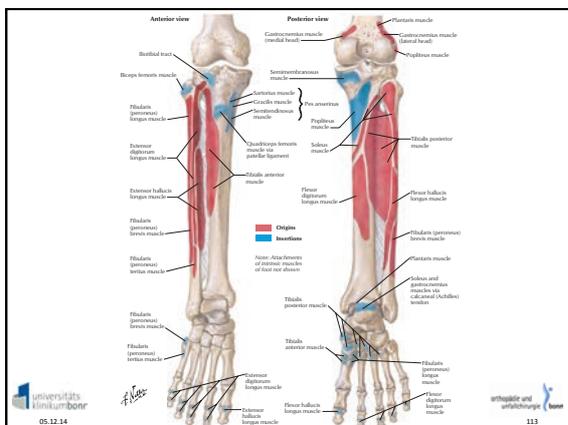
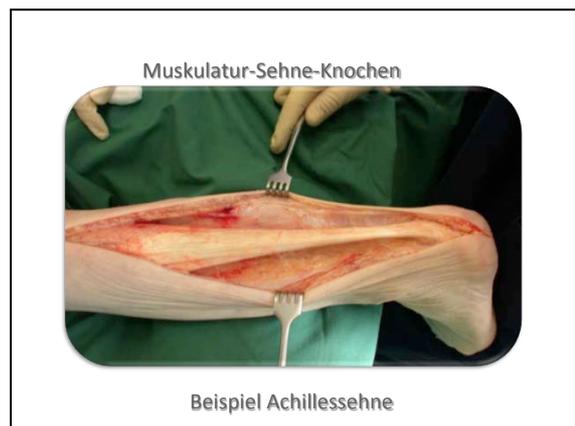
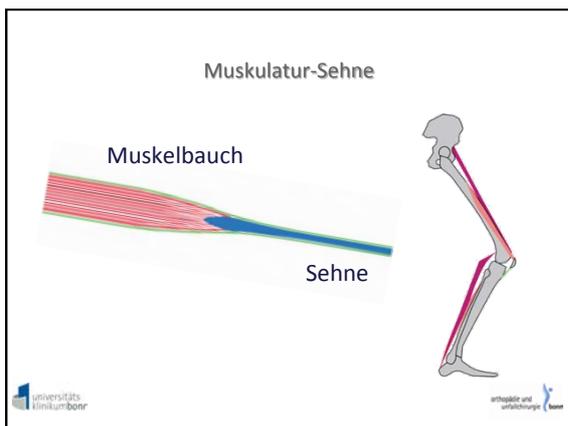
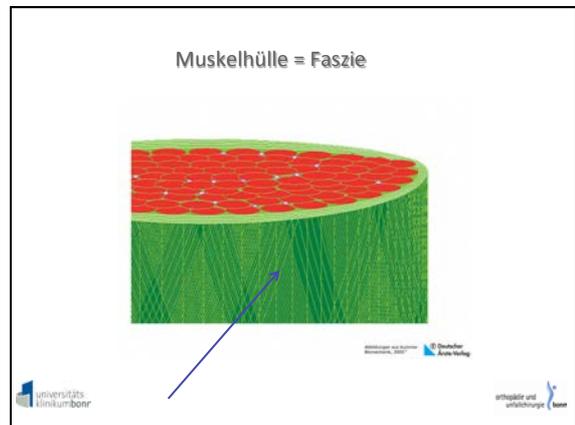
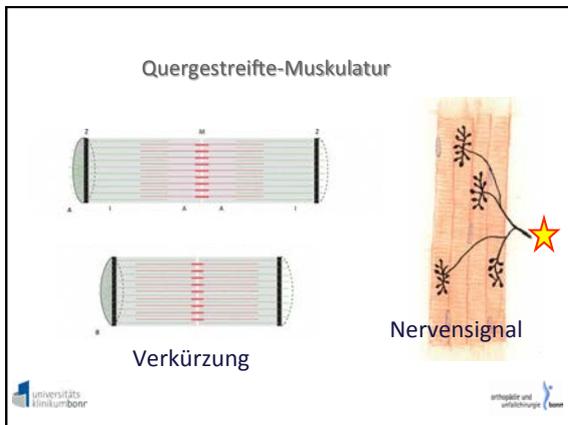


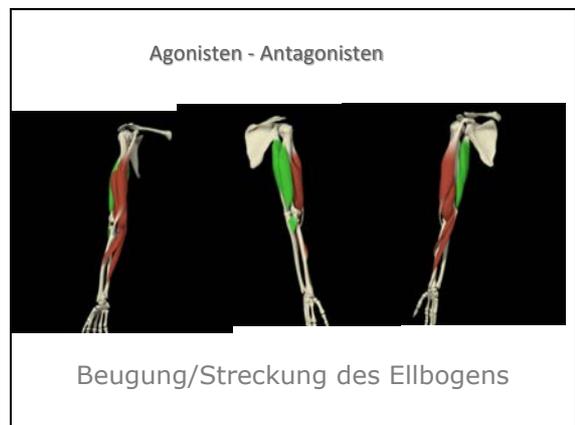
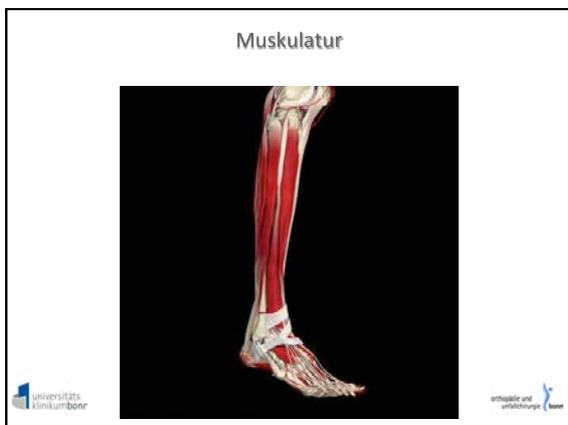
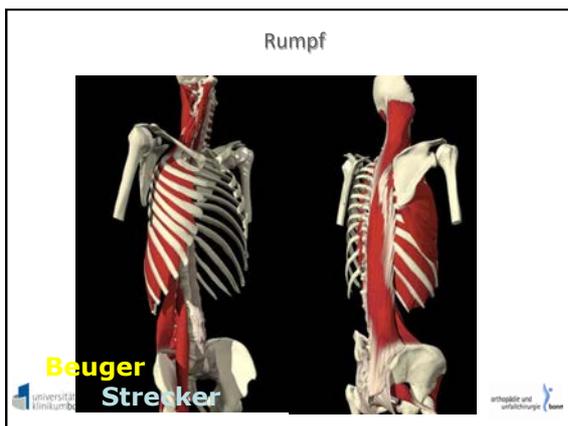
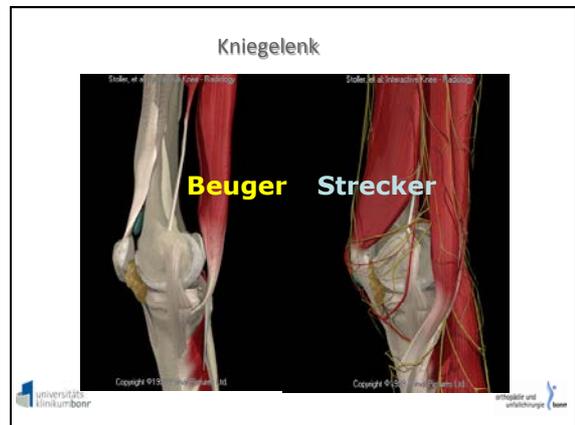
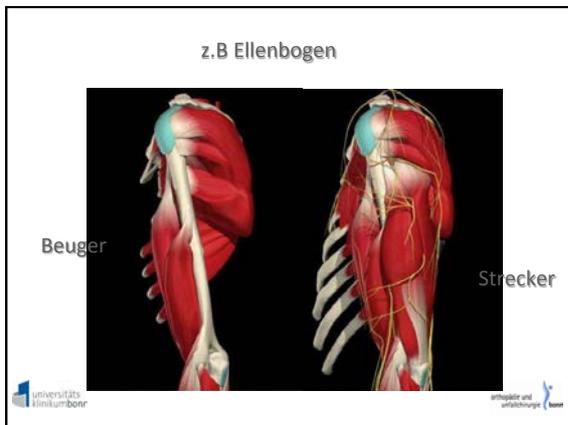


Quergestreifte-Muskulatur









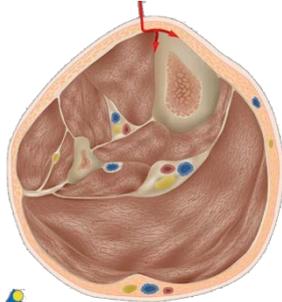
Agonisten - Antagonisten



Pro/Supination des Unterarmes

Anordnung

**Logen**



?

Leitungsbahnen

Peripherer Nerv  
→ Rückenmark  
→ Gehirn



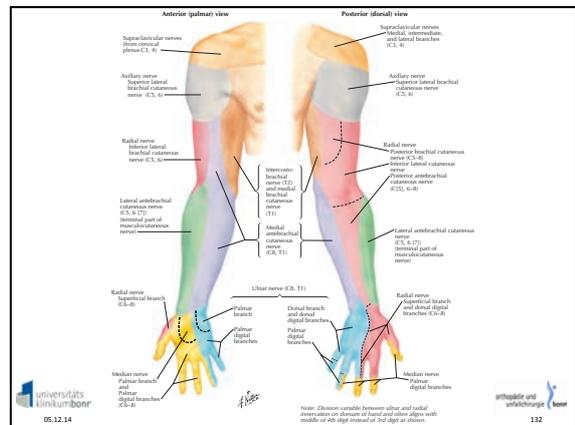
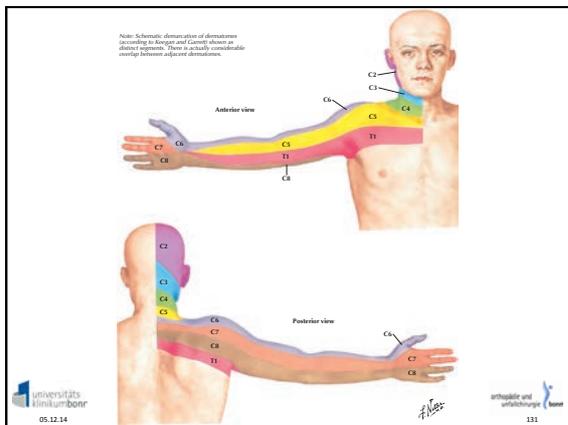
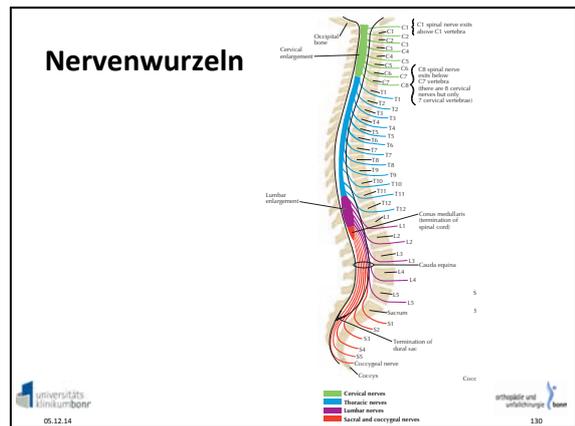
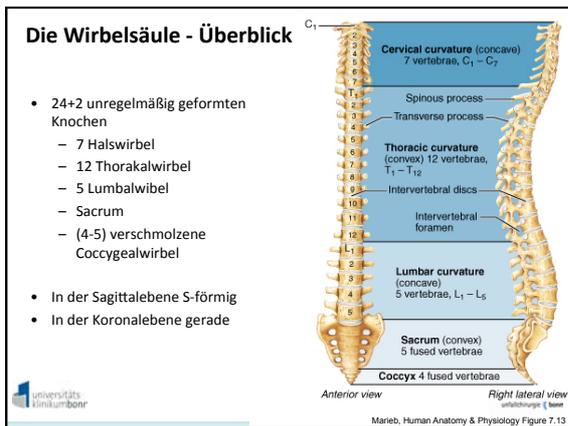
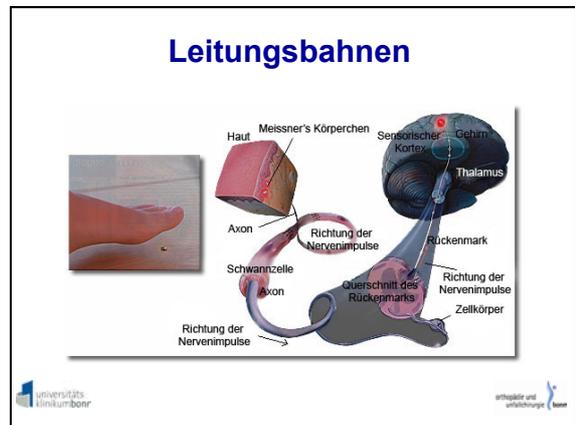
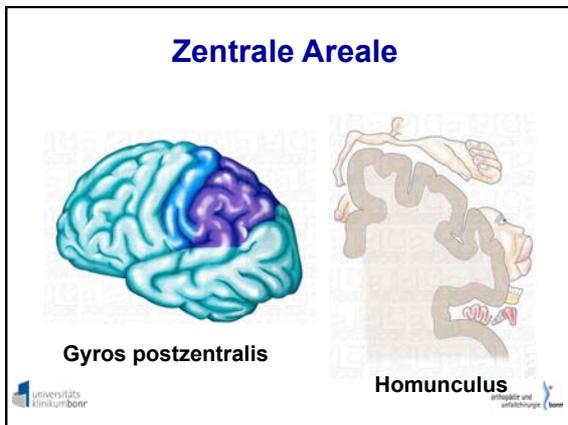
Sensibilität und Motorik?



Sensibilität?

**Sensibilität** = Tastsinn = Berührungsempfindlichkeit

<b>Mechanorezeptoren</b>	Druck, Vibration, Dehnung
<b>Thermorezeptoren</b>	Temperatur
<b>Nozizeptoren</b>	Schmerz





**Neu**

	Motor Evaluation	Sensory Evaluation	Reflexes
C5			
C6			
C7			
C8			No Reflex
T1			No Reflex

universitätsklinikum bonn 05.12.14 120 orthopädie und unfallchirurgie bonn

?

universitätsklinikum bonn 05.12.14 140 orthopädie und unfallchirurgie bonn

**Orthopädie und Unfallchirurgie**

- Unfälle
- Degenerative Erkrankung
- Sportmedizin
- Fehlbildungen
- Rheumatische Erkrankung
- Systemische Skeletterkrankungen
- Tumor
  - Benigne / gutartige
  - Maligne / bösartige
  - Metastasen

universitätsklinikum bonn 05.12.14 141 orthopädie und unfallchirurgie bonn

Unfallchirurgie ?

**Prävention**

**Trauma-Management**

**Unfallbehandlung**

**Rehabilitation**

**Begutachtung**

universitätsklinikum bonn 05.12.14 142 orthopädie und unfallchirurgie bonn

**Motivation**

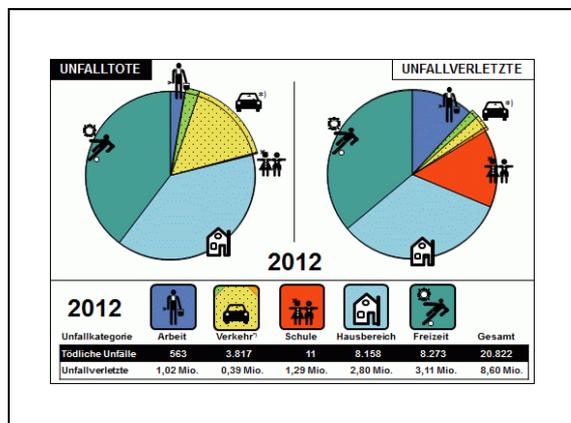
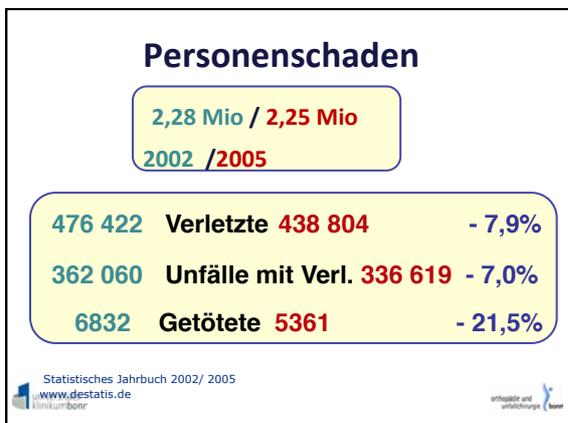
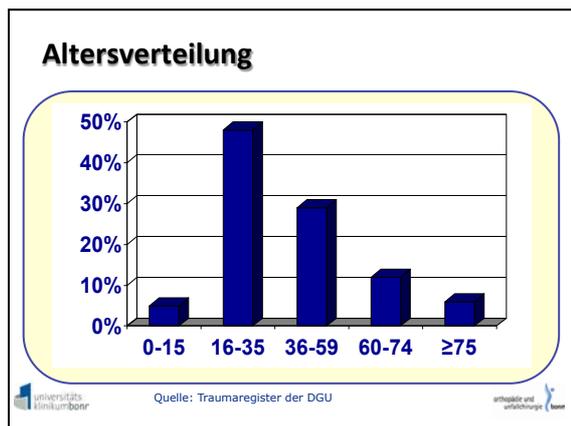
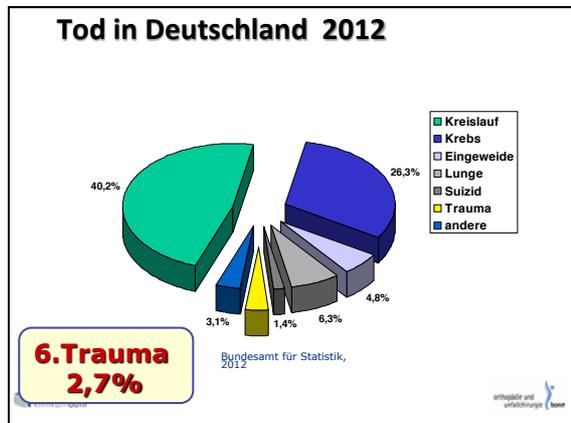
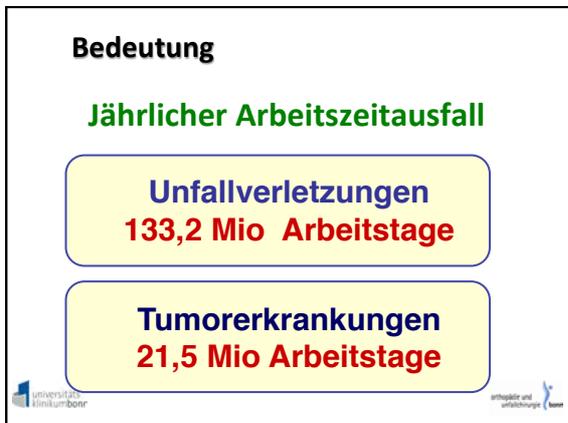
universitätsklinikum bonn 05.12.14 143 orthopädie und unfallchirurgie bonn

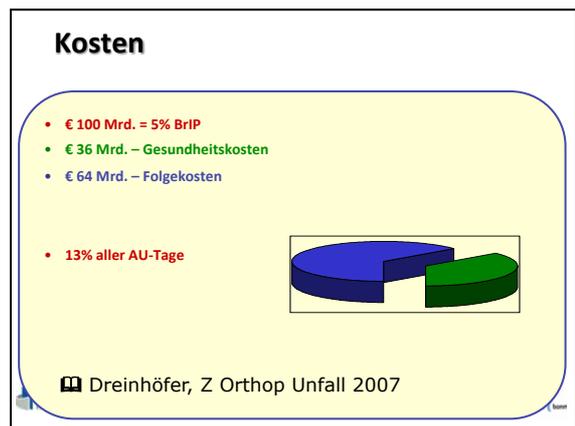
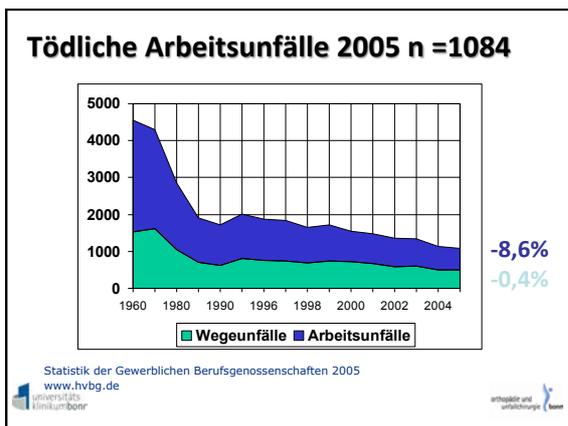
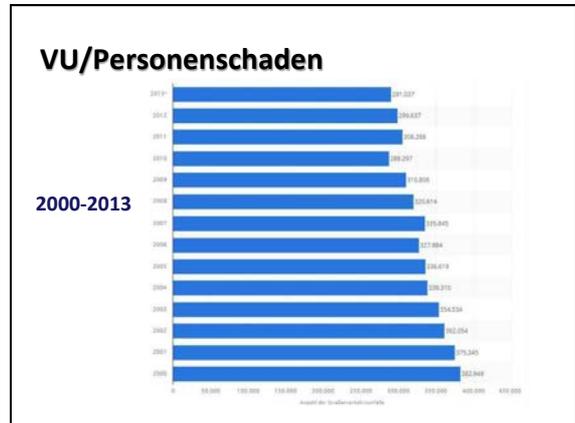
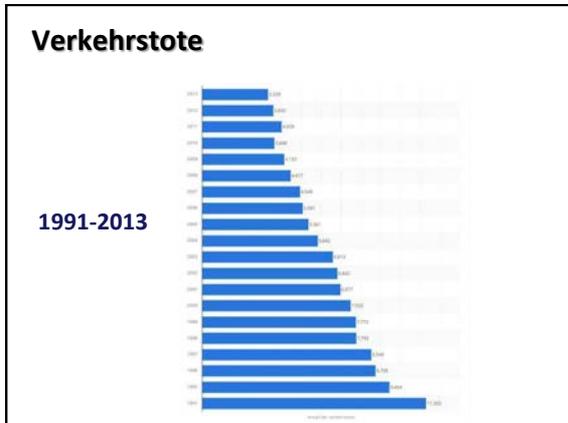
**Motivation**

- ~ 8 Millionen Verletzte
- ➔ 1,2 Millionen Arbeitsunfälle
- 19.500 Tote (0,02%)

Unfallstatistik Deutschland 2006

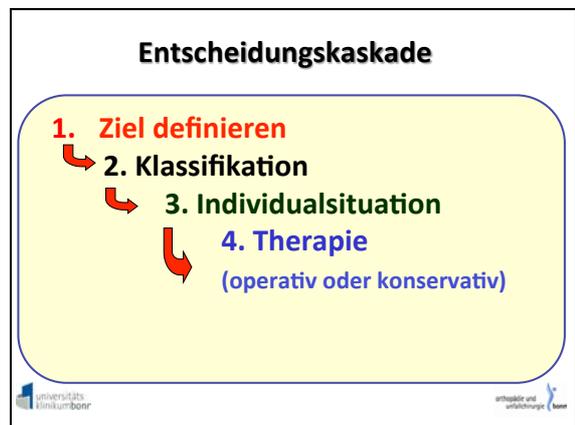
universitätsklinikum bonn 05.12.14 144 orthopädie und unfallchirurgie bonn





## Indikation und Planung einer Unfallbehandlung

universitätsklinikumbonn  
orthopädie und unfallchirurgie



### 1. Ziel definieren



**eine Krankheit**

- die ich behandeln werde
- mit der ich kämpfen werde
- die man nicht behandeln kann

**Papyrus Edwin Smith  
Luxor 1600 v. Chr.**

### Ziel definieren



**„life saving surgery“  
Lebensrettung**

### Lebensrettung

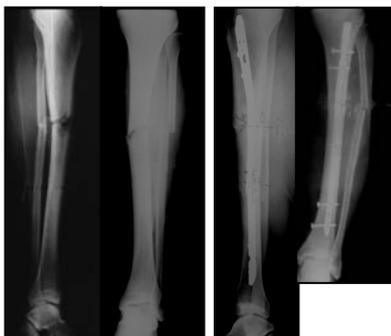


**Beckenbruch mit instabilem Kreislauf**

**Ziel: Extremitätenerhalt**

→ „Limb saving surgery“

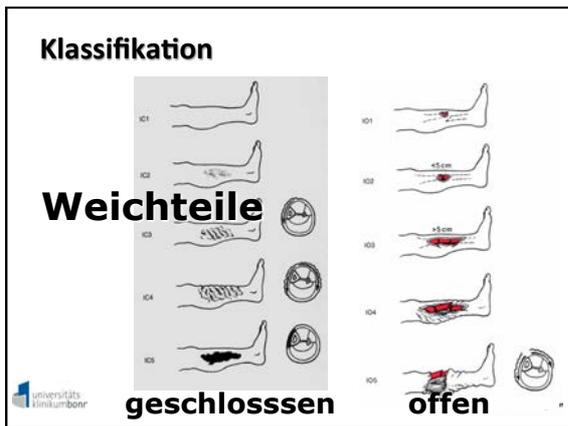
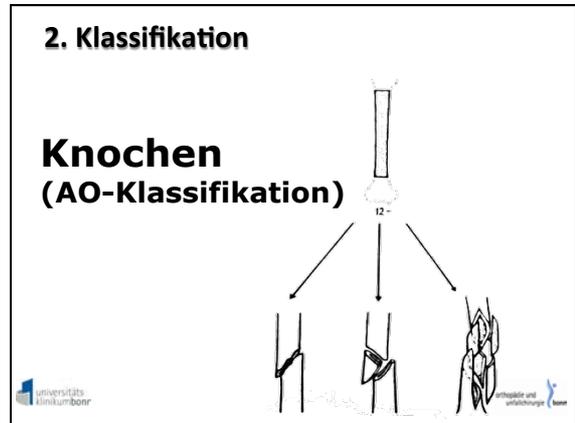
### Fraktur einfach...



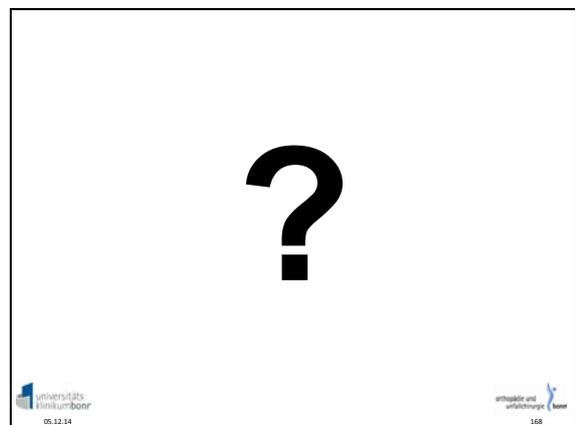
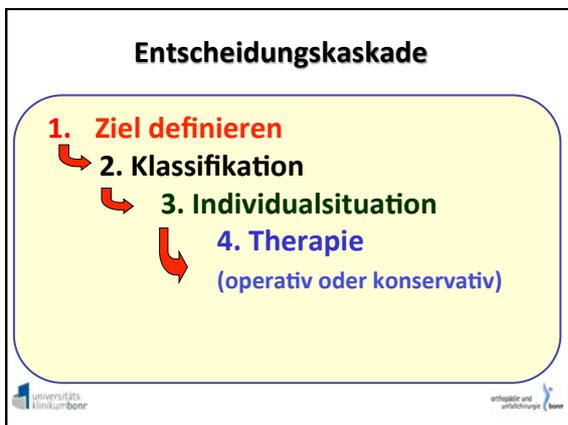
### ...Weichteile ?



**Weichteilschaden  
führt !!**



- ### 3. Individualsituation
- berufliche Aspekte
  - Freizeitaktivitäten
  - Alter
  - Begleiterkrankungen
  - Wunsch des Patienten
- universitäts  
klinikum bonn
- orthopädie und  
unfallchirurgie bonn



### Arthrose = Gelenkverschleiß

Überblick über endogene und exogene Risikofaktoren<sup>11</sup>

endogen	exogen
<b>Fehlbelastung</b>	<b>Makrotrauma/Überlastung</b>
Geschlecht	repetitives Mikrotrauma
Gene	erhöhtes Körpergewicht
<b>Übergeleitete Herkunft</b> (vor allem Kaskader)	<b>repetitive Verletzung</b> Gelenkverletzung
postmenopausale Umstellung	<b>Lebensfaktoren</b> (Alkohol, Nikotin)

**Belastungsfähigkeit des Gelenkknorpels wird überschritten!**

universitätsklinikum bonn  
05.12.14  
orthopädie und unfallchirurgie bonn

### Arthrose = Gelenkverschleiß

universitätsklinikum bonn  
05.12.14  
orthopädie und unfallchirurgie bonn

### Entwicklung der Arthrose

- Verlust der Elastizität des Gelenkknorpels.
- Einzelne Knorpelzellen sterben ab.
- Das Knorpelgewebe wird dünner und reißt ein.
- Der Knochen, auf dem der Knorpel aufliegt, verdichtet und verhärtet sich.

universitätsklinikum bonn  
05.12.14  
orthopädie und unfallchirurgie bonn

### Beschwerdebild der Arthrose

Knorpeldegeneration führt zu:

- Schmerz
- Schwellung, evtl. Gelenkguss
- Muskelverspannungen
- Bewegungseinschränkungen

**Zunehmende Deformierung und damit Funktionsverlust des Gelenkes!**

universitätsklinikum bonn  
05.12.14  
orthopädie und unfallchirurgie bonn

### Stadieneinteilung nach Kellgren und Lawrence<sup>\*1</sup>

- Grad 0
  - ohne Befund
- Grad 1
  - initiale Arthrose, beginnende Osteophyten an Eminentia
- Grad 2
  - mäßige Gelenkspaltverschmälerung, mäßige subchondrale Sklerosierung
- Grad 3
  - Gelenkspaltverschmälerung > 50 Prozent, Entrundung Femurcondylus, ausgedehnte subchondrale Sklerosierung, ausgeprägte Osteophyten
- Grad 4
  - Gelenkdestruktion, Gelenkspalt komplett aufgehoben, Geröllzysten im Tibiakopf und Femurcondylus, Subluxationstellung

universitätsklinikum bonn  
05.12.14  
orthopädie und unfallchirurgie bonn  
173

universitätsklinikum bonn  
05.12.14  
orthopädie und unfallchirurgie bonn  
174

## Behandlung der Arthrose

- Arthrose ist nicht heilbar, weil Knorpelzellen im Erwachsenenalter nicht mehr wachstumsfähig sind
- Bei tolerablen Schmerzen und noch erhaltener Mobilität bzw. Lebensqualität => **konservative Therapie**
- Bei starken Dauerschmerzen, deutlich eingeschränkter Mobilität, konservative Therapieresistenz => **operative Therapie**

## Konservative Therapie



## Gelenkerhaltend : Umstellungsosteotomie

Ziel: mechanische Entlastung des  
Arthrosekompartimentes durch  
Verlagerung der Traglinie auf das  
gesunde Kompartiment



## Gonarthrose => Knieendoprothetik



## Knieendoprothesen



Schlittenprothesen



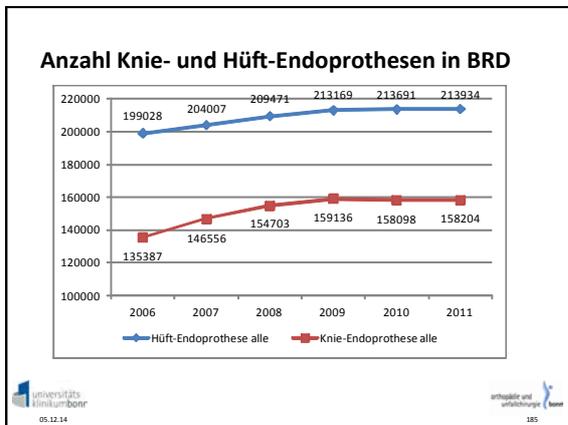
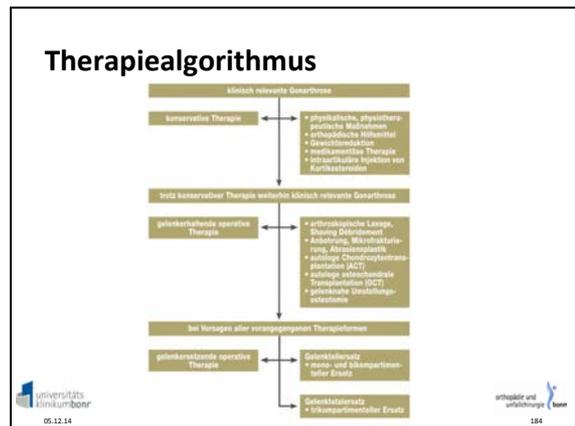
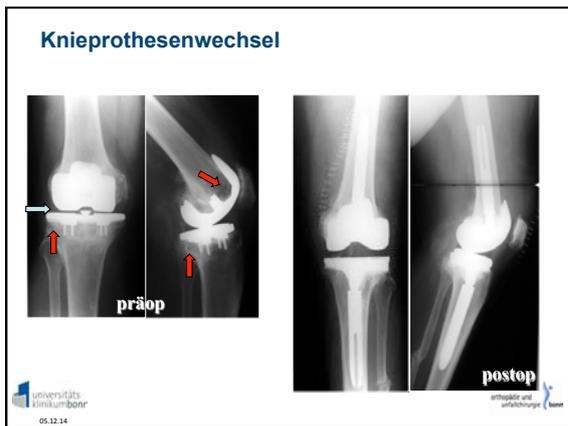
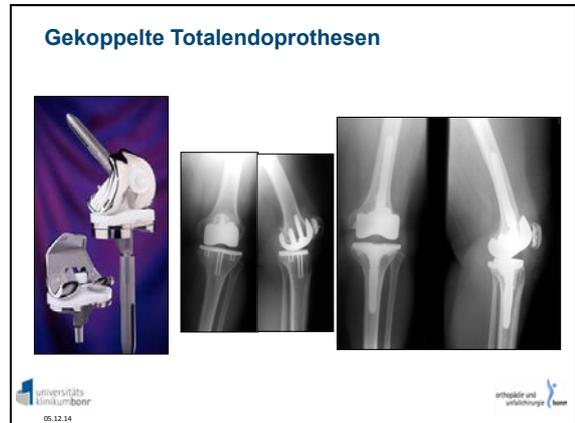
Totalendoprothesen  
(ungekoppelt)



Totalendoprothesen  
(gekoppelt)

## Schlittenprothese





- ### 3. Individualsituation
- berufliche Aspekte
  - Freizeitaktivitäten
  - Alter
  - Begleiterkrankungen
  - Wunsch des Patienten
- universitätsklinikum bonn  
orthopädie und unfallchirurgie bonn

## Entscheidungskaskade

1. Ziel definieren
- 2. Klassifikation
- 3. Individualsituation
- 4. Therapie  
(operativ oder konservativ)

GRAFIK 4

Wirbelsäuleneingriffe gesamt (Fallzahlen nach Jahren)

