

---

# Untere Extremität IV

## Kniegelenk, Fuss

---

David P. Wolfer

Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich

Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

376-0905-00 Funktionelle Anatomie des menschlichen Bewegungsapparates

Di 16.04.2019 / Di 30.04.2019

# Bewegungen im Kniegelenk

- **Zusammengesetztes Gelenk**
  - Femoropatellargelenk: planes Gelenk, Bewegung durch Gelenkgeometrie eingeschränkt auf 1 FG Translation, gekoppelt an Flexion / Extension
  - Femorotibialgelenk: bikondyläres Gelenk, Bandführung → 2 FG Rotation, keine freie Translation, durch Kreuzbänder geführte Roll/Scharnierbewegung
- **Flexion / Extension**
  - Flexion: 130°, passiv bis 150° limitiert durch Weichteile
  - Extension: 0-5°, limitiert va durch Kollateralbänder
- **Schlussrotation**
  - 5-10° Innenrotation des Femur bei vollständiger Streckung des Standbeins: «Einrasten» in stabiler Streckstellung
  - passives Phänomen, erzwungen durch Gelenkgeometrie
- **Aussen- / Innenrotation**
  - Aussenrotation: 40°
  - Innenrotation: 10° limitiert durch Kreuzbänder
  - Rotation nur in Flexionsstellung möglich

	Flexion	Extension	Aussenrotation	Innenrotation
M. gracilis <sup>1</sup>	++			+
M. sartorius <sup>1</sup>	+			++
M. semitendinosus <sup>1,2</sup>	+++			++
M. semimembranosus <sup>2</sup>	+++			++
M. biceps femoris <sup>2</sup>	+++		++	
M. gluteus maximus		+ <sup>4</sup>	+	
M. tensor fasciae latae		+ <sup>4</sup>	+	
M. rectus femoris <sup>3</sup>		+++		
M. vastus medialis <sup>3</sup>		+++		
M. vastus lateralis <sup>3</sup>		+++		
M. vastus intermedius <sup>3</sup>		+++		
M. popliteus	+			+
M. gastrocnemius	+			
M. plantaris <sup>5</sup>	(+)			

<sup>1</sup> Ansatz = Pes anserinus

<sup>2</sup> ischiokrurale Muskeln

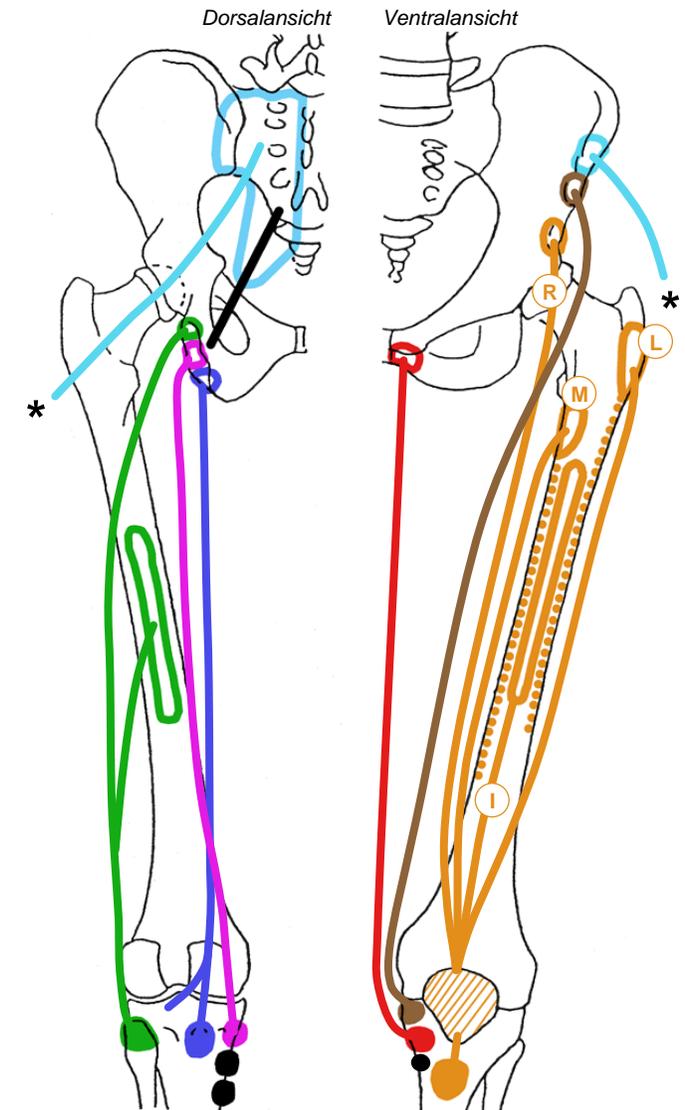
<sup>3</sup> zusammen = M. quadriceps femoris

<sup>4</sup> nur Stabilisation der Streckstellung via Tractus iliotibialis, M. quadriceps femoris einziger Strecker

<sup>5</sup> Wirkung vernachlässigbar

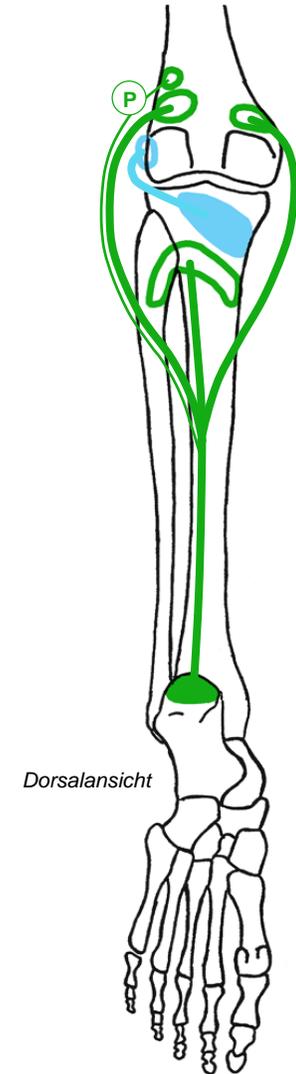
# Kniegelenksmuskeln an Hüfte und Oberschenkel

- M. gluteus maximus, M. tensor fasciae latae @
  - via \*Tractus iliotibialis lateral und in Extension streckseitig des Kniegelenks
- M. quadriceps femoris (vierköpfiger Oberschenkelmuskel) @ siehe auch Hüftgelenk
- <sup>R</sup> M. rectus femoris: 2-gelenkig @
- <sup>M</sup> ○<sup>I</sup> ○<sup>L</sup> M. vastus medialis-intermedius-lateralis (innerer-mittlerer-äusserer Schenkelmuskel): 1-gelenkig  
Femur dorsal & ventral → Patellarsehne & Retinacula patellae
  - grösster Muskel des Menschen
  - gemeinsame Endsehne ventral des Kniegelenks
- M. sartorius@
- M. gracilis@
  - medial des Kniegelenks, mit Flexion beugeseitig
- Ischiokrurale Muskelgruppe @
- Mm. semitendinosus & semimembranosus:  
dorsal und medial des Kniegelenks, Sehnen in Kniekehle tastbar
- M. biceps femoris:  
dorsal und lateral des Kniegelenks, Sehne in Kniekehle gut tastbar



# Kniegelenksmuskeln am Unterschenkel

- M. popliteus (Kniekehlenmuskel)
  - lateraler Femurkondylus → Dorsalfläche des medialen Tibiakondylus
  - verläuft lateral des Kniegelenks schräg von proximal-ventral nach distal-dorsal, zwischen lateralem Kollateralband und Gelenkkapsel
- M. gastrocnemius (Zwillingswadenmuskel)
  - Dorsalfläche des Femur kranial der Femurkondylen (medial: Caput mediale, lateral: Caput laterale) (innerer und äusserer Wadenmuskel) → via Achillessehne am Calcaneus (Fersenbein), 2-gelenkig
  - dorsal des Kniegelenks
  - bildet mit 1-gelenkigem M. soleus (Schollenmuskel) den M. triceps surae (dreiköpfiger Wadenmuskel)
- Ⓟ M. plantaris (langer Sohlenmuskel)
  - begleitet Caput laterale des M. gastrocnemius
  - funktionell unbedeutend, inkonstant, Material für Rekonstruktionen von Sehnen oder Bändern



# Kniegelenksmuskeln am Querschnitt

## ⓪V ventrale Oberschenkelloge

▨ M. rectus femoris (oberflächlich)

▨ ▨ ▨ M. vastus lateralis-intermedius-medialis

▨ M. sartorius (oberflächlich)

## ⓪M mediale Oberschenkelloge

■ M. gracilis (oberflächlich)

## ⓪D dorsale Oberschenkelloge

▨ M. biceps femoris (lateral)

▨ M. semitendinosus (intermediär)

▨ M. semimembranosus (medial)

## ⓪U oberflächliche dorsale Unterschenkelloge

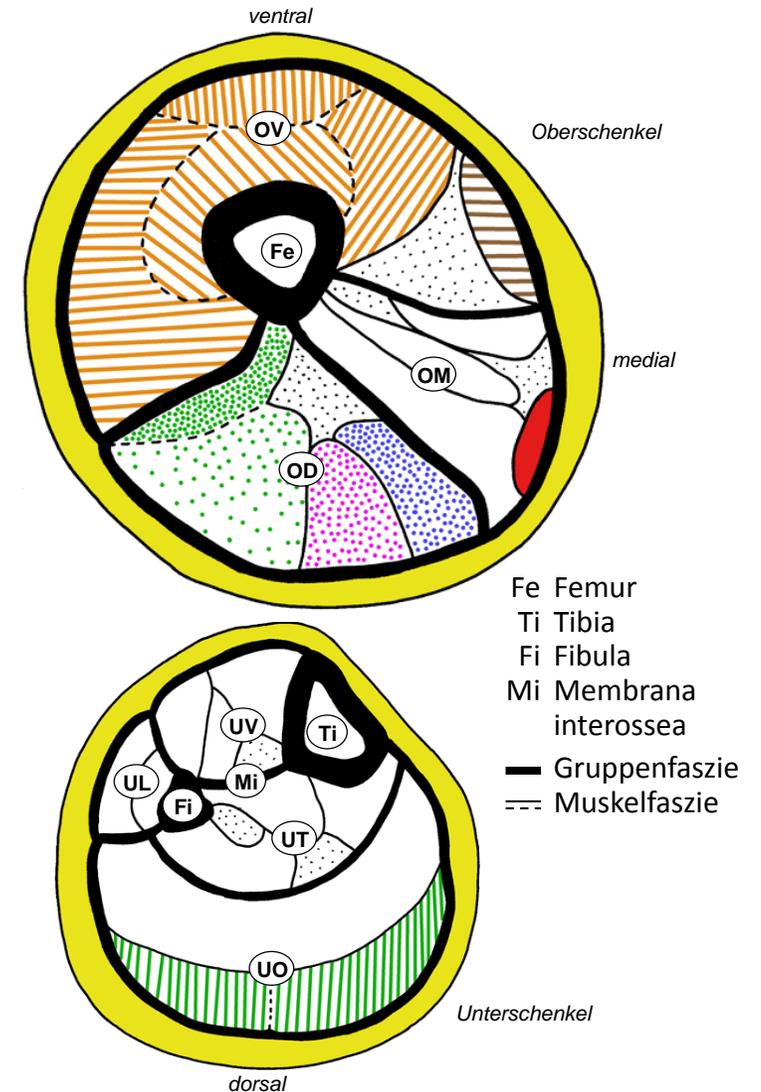
▨ M. gastrocnemius (oberflächlich)

## ⓪T tiefe dorsale Unterschenkelloge

## ⓪L laterale Unterschenkelloge

## ⓪V ventrale Unterschenkelloge

- nur extrinsische Fußmuskeln ohne Wirkung auf Kniegelenk



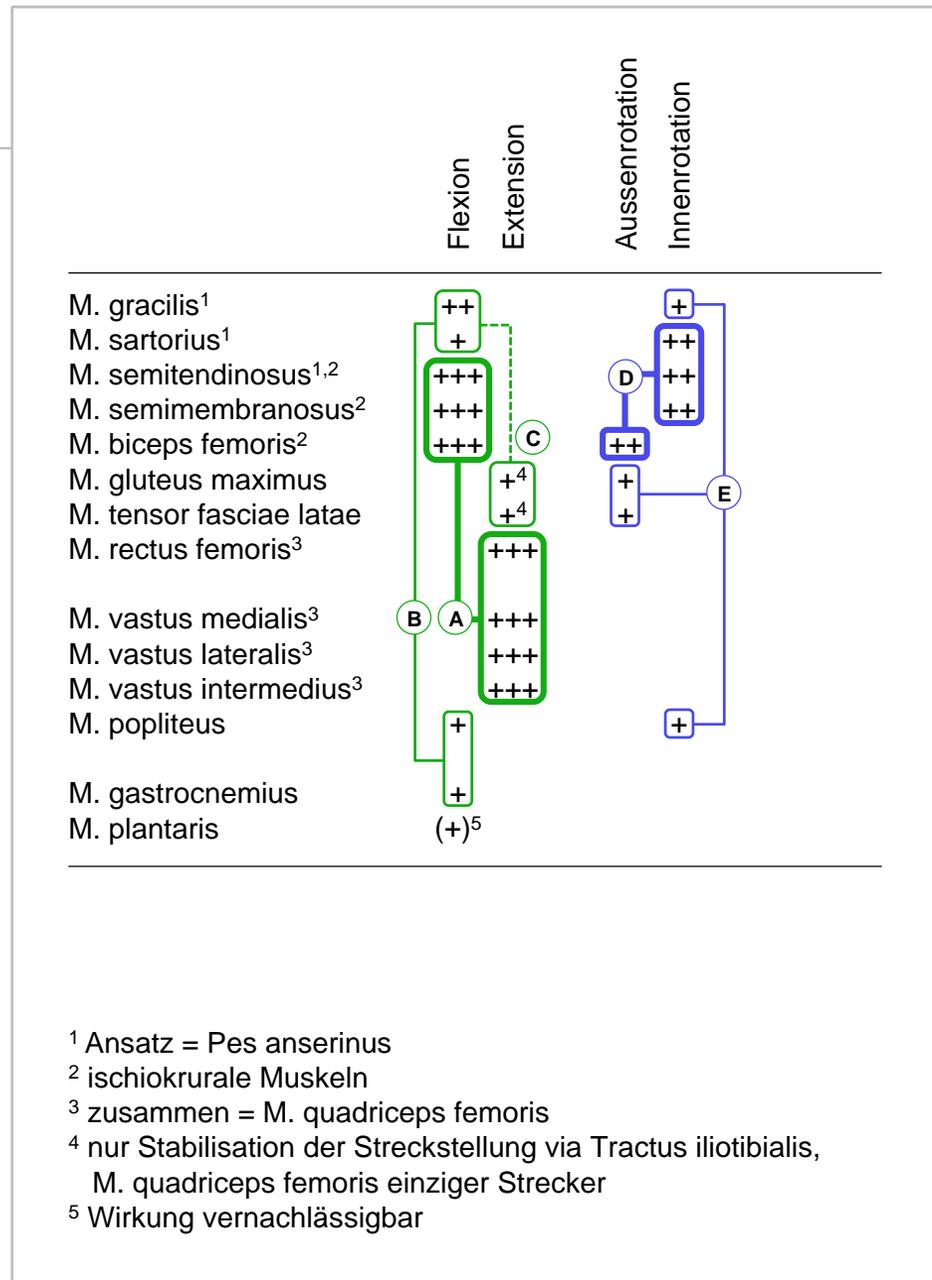
# Muskelfunktionen am Kniegelenk

## • Flexion / Extension

- Ⓐ Hauptmuskeln: ischiokrurale Muskeln  
↔ M. quadriceps
- Ⓑ M. gracilis unterstützt Flexion, in geringerem Mass auch Mm. sartorius, gastrocnemius und popliteus
- Ⓒ Zug auf Tractus iliotibialis stabilisiert nur Kniegelenk in Streckstellung: M. quadriceps ist einziger Strecker, unerlässlich für Treppensteigen und Aufrichten aus Hocke
- normale aktive Insuffizienz der ischiokruralen Muskeln: bei gestrecktem Hüftgelenk weniger Kraft und Bewegungsumfang für Flexion im Kniegelenk
- normale passive Insuffizienz der ischiokruralen Muskeln: bei flektiertem Hüftgelenk keine volle Extension im Kniegelenk möglich
- Kraftverhältnis Extension : Flexion = 3 : 2

## • Aussen- / Innenrotation

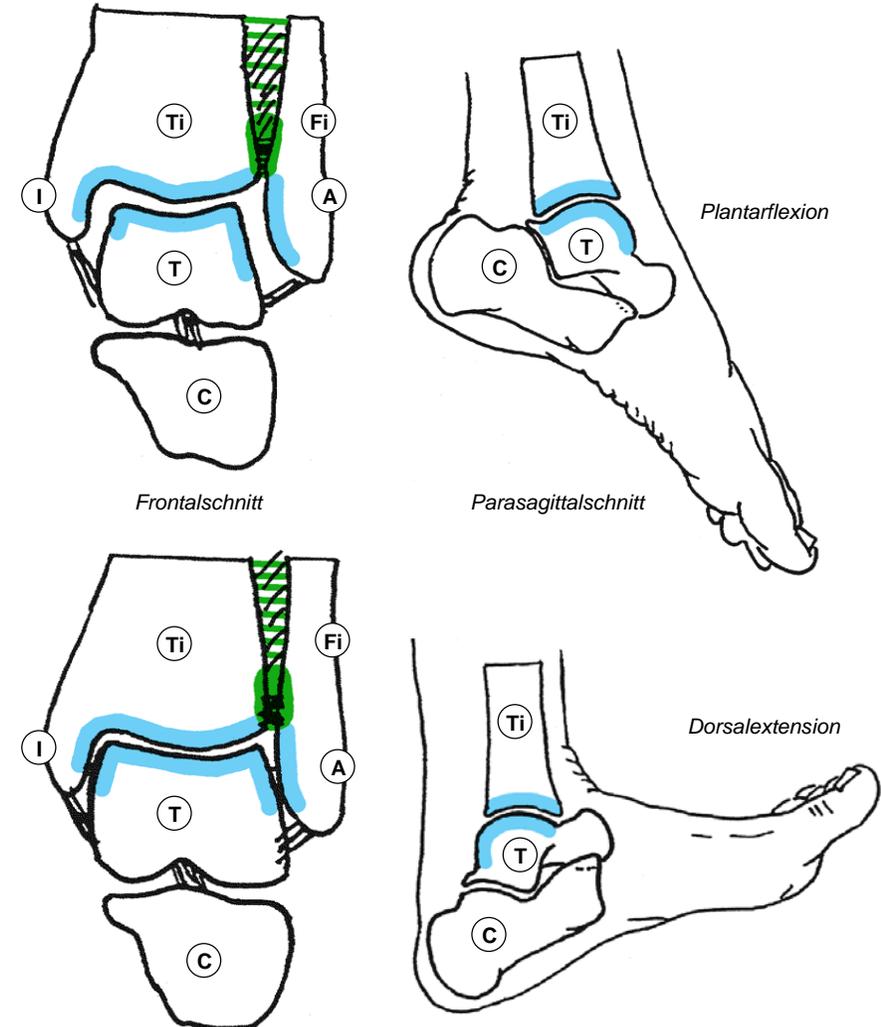
- Ⓓ Hauptmuskeln: M. biceps femoris  
↔ mediale Hamstrings & M. sartorius
- Ⓔ Hilfsmuskeln: Zug auf Tractus iliotibialis  
↔ Mm. gracilis & popliteus



# Oberes Sprunggelenk

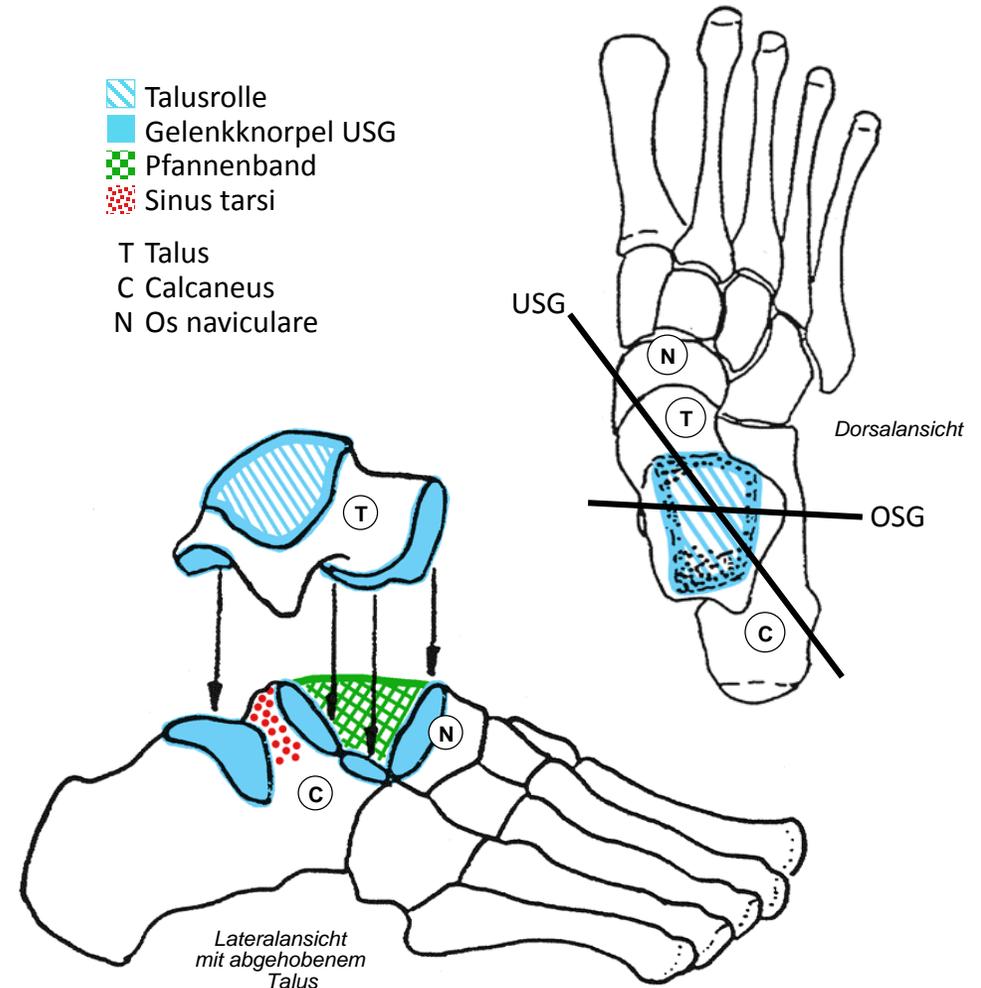
- Sprunggelenke
  - oberes und unteres Sprunggelenk mit getrennten Gelenkhöhlen → arbeiten mechanisch zusammen
- Oberes Sprunggelenk
  - Scharniergelenk: Plantarflexion, Dorsalextension
  - Syndesmose verbindet Tibia (distale Fläche und Innenknöchel überknorpelt) mit Fibula (Aussenknöchel überknorpelt) → Malleolengabel als zusammengesetzte Gelenkpfanne
  - schwache knöcherne Führung, Stabilisierung hauptsächlich durch Bänder, Bandverletzungen häufig
  - Talus (Sprungbein) → Talusrolle, ventral breiter als dorsal: maximale Stabilität in Dorsalextension (Standbein), mehr Spiel in Plantarflexion (Spielbein, Spitzentanz!)

- |   |                     |    |               |
|---|---------------------|----|---------------|
|  | Gelenkknorpel       | Ti | Tibia         |
|  | Syndesmose          | Fi | Fibula        |
|  | Membrana interossea | T  | Talus         |
|   |                     | C  | Calcaneus     |
|   |                     | I  | Innenknöchel  |
|   |                     | A  | Aussenknöchel |



# Unteres Sprunggelenk

- vordere Abteilung
  - Articulatio talocalcaneonavicularis
  - Kugelgelenk: Taluskopf ↔ zusammengesetzte Pfanne aus Os naviculare (Kahnbein) + zwei Gelenkfacetten des Calcaneus (Fersenbein)
  - Pfannenband mit Knorpelüberzug schliesst Lücke
- hintere Abteilung
  - Articulatio subtalaris
  - Scharniergelenk: Calcaneus liefert Rolle, Talus liefert konkave Gelenkfläche
- 2 Gelenke - mechanisch gekoppelt
  - Gelenkhöhlen der Abteilungen durch Sinus tarsi getrennt, separate Gelenkkapseln
  - Bewegung gekoppelt: Rotation um Verbindungsgerade der beiden Abteilungen = Umwendbewegung: Eversion (Sohle nach aussen wenden), Inversion (Sohle nach innen wenden)



# Fussgelenke & Gewölbe

- Längsgliederung

- Ⓣ Fusswurzel = Tarsus: Talus & Calcaneus (Rückfuss) + 5 Würfelknochen
  - Ⓜ Mittelfuss = Metatarsus: Metatarsalknochen (Metatarsalia) I-V mit Basis, Schaft und Kopf
  - Ⓟ Zehen = Digiti pedis: Grund-, Mittel-, Endphalanx

} Vorfuss

- Quergliederung

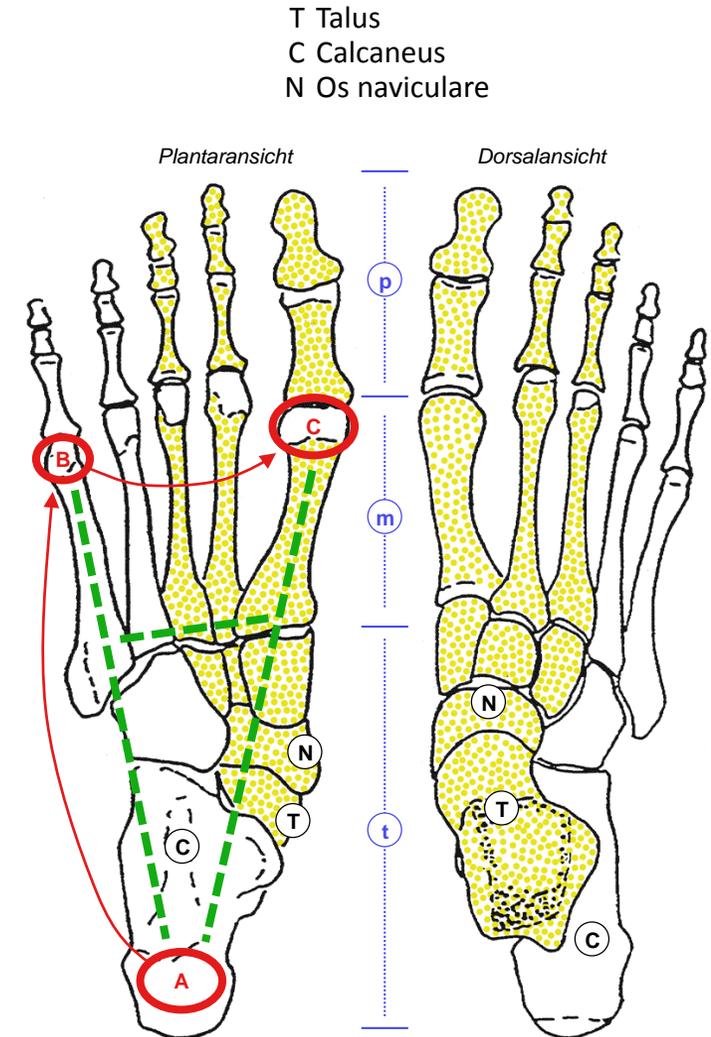
- lateraler Fussesstrahl: IV+V ↔ Calcaneus (Bodenkontakt)
  - ▨ medialer Fussesstrahl: I-III ↔ Talus & Os Naviculare (ohne Bodenkontakt)

- Fussgewölbe

- Auflagepunkte: A (Calcaneus), BC (Kopf Metatarsale I & V)
  - Längsgewölbe A→BC (Höhe innen 16mm, aussen 4mm)
  - Quergewölbe B →C: Basis Metatarsale II höchster Punkt
  - Abrollsequenz beim Fersengang: A → AB → ABC (Stand) → C (Abstossen), Laufsequenz beginnt mit Vorfuss: BC (→ ABC, je nach Laufstil und Tempo) → BC

- Gelenke

- beweglich: USG, Zehengelenke (Kugel- & Scharniergelenke wie Finger)
  - übrige sind Amphiarthrosen: Σ kleiner Bewegungen → verformbares Gewölbe (Anpassung an Bodenneigung und Unebenheiten, Stosdämpfung)



# Bandapparat des Fusses

- Sicherung der Sprunggelenke

- OSG und USG durch mediales und laterales Kollateralband gemeinsam gesichert (Kapselbänder)

- mediales Kollateralband fächerförmig

- laterales Kollateralband = Einzelbänder von Fibula zu Talus (1-gelenkig) und Calcaneus (2-gelenkig)

- Lig. talocalcaneum interosseum liegt zwischen vorderer und hinterer Abteilung des USG im Sinus tarsi und sichert USG (mit Lig. iliofemorale eines der stärksten Bänder)

- Malleolengabel: tibiofibuläre Syndesmose durch Membrana interossea und kräftige Bänder gesichert

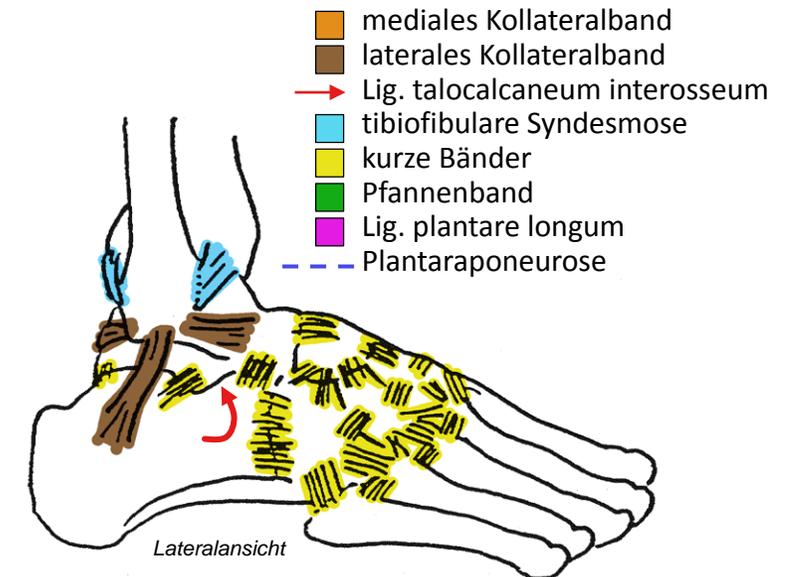
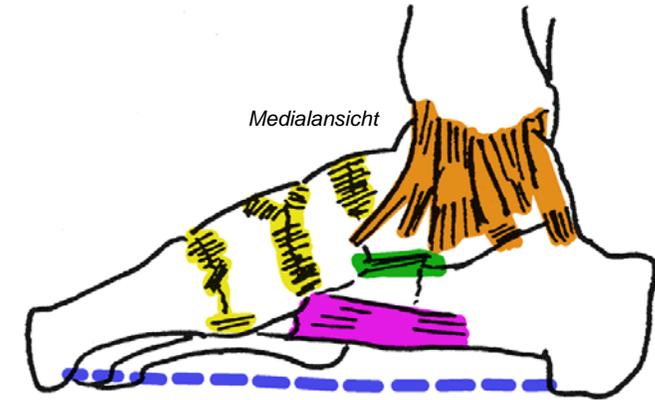
- Passive Sicherung der Fussgewölbe

- geringe passive Sicherung durch Form der Knochen und kurze Bänder der Amphiarthrosen der Fusswurzel

- 3 Etagen zusätzlicher passiver Sicherung des Längsgewölbes durch lange Bänder: Pfannenband, Lig. plantare longum, Plantaraponeurose

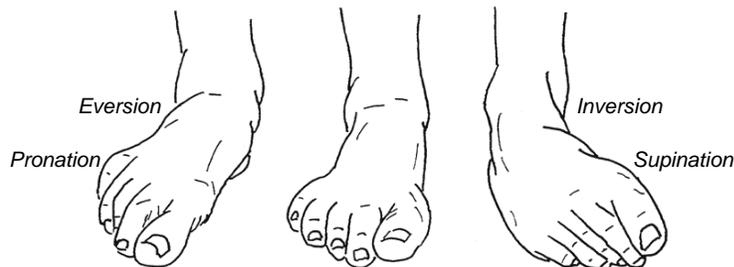
- Bandsicherung genügt allein nicht: Fussgewölbe braucht aktive Verspannung durch in- und extrinsische Fussmuskeln

- Fussgewölbe bilden sich beim Kind erst mit dem Gehenlernen

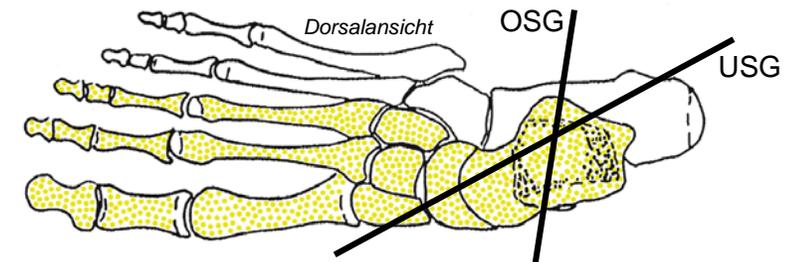


# Bewegungen der Sprunggelenke

- Oberes Sprunggelenk OSG
  - 50° Plantarflexion
  - 20° Dorsalextension
- Unteres Sprunggelenk USG
  - 10° Eversion (Calcaneus), durch Torsion des Fußskeletts ergänzt bis zu 30° Pronation im Zehenbereich
  - 20° Inversion (Calcaneus), durch Torsion des Fußskeletts ergänzt bis zu 60° Supination im Zehenbereich
- OSG+USG=Kardangelenken
  - Talus = Mittelstück (60% Knorpel) ohne Sehnenansätze
  - Wirkung ergänzt durch Torsionsbewegungen der Fußwurzel und des Mittelfusses
  - sicherer Stand und effiziente Kraftübertragung bei schiefem und unebenem Boden



	Plantarflexion	Dorsalextension	Eversion	Inversion
M. plantaris	(+)			(+)
M. gastrocnemius <sup>1</sup>	+++			+++
M. soleus <sup>1</sup>	+++			+++
M. tibialis anterior		+++		+
M. extensor digitorum longus		++	++	
M. extensor digitorum brevis		+	+	
M. fibularis longus <sup>2,3</sup>		++	++	
M. fibularis brevis		+	++	
M. tibialis posterior <sup>2,3</sup>		+		++
M. flexor digitorum longus <sup>2</sup>		+		+
M. flexor hallucis longus <sup>2</sup>		++		+



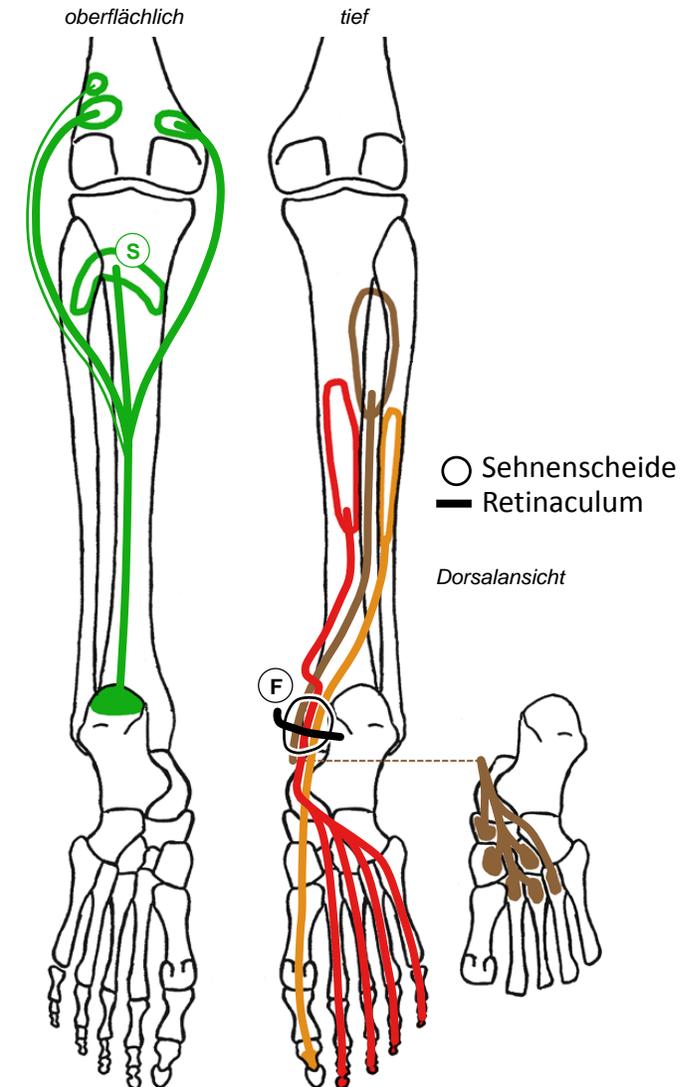
<sup>1</sup> zusammen = M. triceps surae

<sup>2</sup> verspannen Längsgewölbe

<sup>3</sup> verspannen Quergewölbe («Kreuzverband»)

# Dorsale extrinsische Fussmuskeln

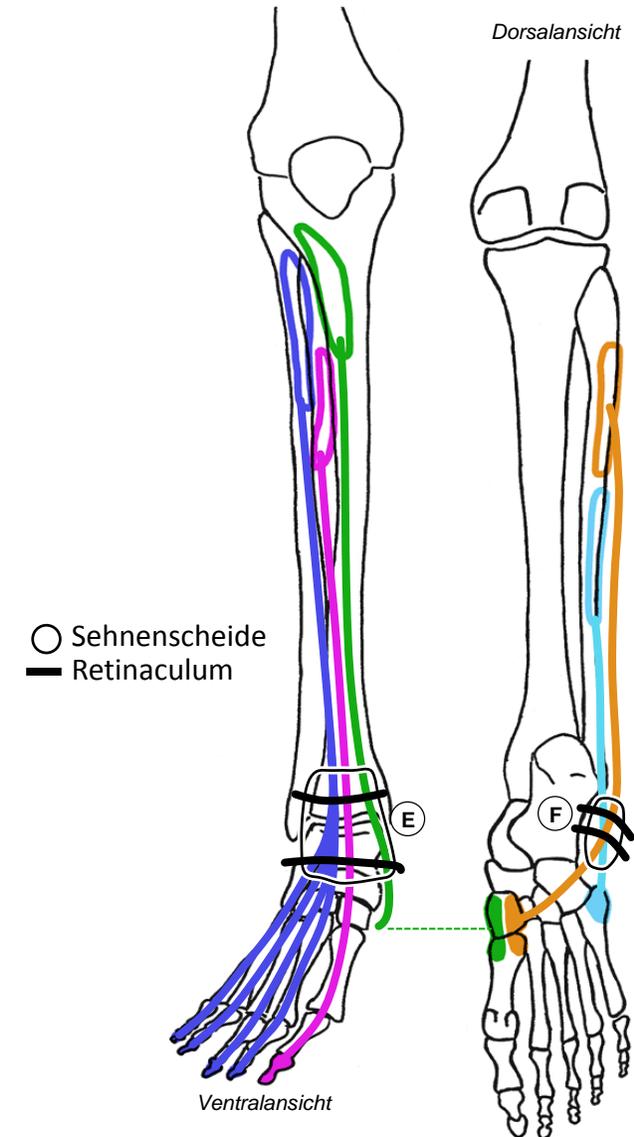
- extrinsisch (lang): Ursprung + Muskelmasse am Unterschenkel, Ansatz am Fuss
- M. triceps surae (siehe auch Kniegelenk)
  - Ⓢ M. soleus: Soleusarkade → Calcaneus (tiefer Kopf)
- M. flexor hallucis longus (langer Grosszehenbeuger)
  - Fibula dorsal → Grosszehenendglied
- M. tibialis posterior (hinterer Schienbeinmuskel)
  - Membrana interossea & angrenzende Knochen → Plantarfläche verschiedener Fusswurzelknochen & Basis Metatarsale II-IV
  - schräg verlaufender Sehnenfächer an Fusssohle, ergänzt Sehne des M. fibularis longus zu «Kreuzverband»
- M. flexor digitorum longus (langer Zehenbeuger)
  - Tibia dorsal → Zehenendglieder II-V
  - «verkehrte Lage»: Sehne überkreuzt am Unterschenkel diejenige des M. tibialis posterior (Chiasma crurale), an Fusssohle diejenige des M. flexor hallucis longus (Chiasma plantare)
- ⓕ Flexoren-Retinaculum
  - führt 3 Sehnenscheiden dorsal des Innenknöchels mit 90° Kurve vom Unterschenkel zur Fusssohle



# Ventrale und laterale extrinsische Fussmuskeln

- M. extensor digitorum longus (langer Zehenstrecker)
  - Fibula & Membrana interossea → Endglieder Zehen II-V
- M. extensor hallucis longus (langer Grosszehenstrecker)
  - Membrana interossea & Fibula → Endglied Grosszehe
- M. tibialis anterior (vorderer Schienbeinmuskel)
  - Tibia → mediale Fusswurzel, Basis Metatarsale I
- ⓔ Extensoren-Retinaculum
  - superiore und inferiore Abteilung, führt 3 Sehnenscheiden über Sprunggelenke zum Rücken und Innenrand des Fusses
- M. fibularis longus (langer Wadenbeinmuskel)
  - Fibula proximal → mediale Fusswurzel, Basis Metatarsale I
  - ergänzt Sehne des M. tibialis posterior zu «Kreuzverband»
- M. fibularis brevis (kurzer Wadenbeinmuskel)
  - Fibula distal → Basis Metatarsale V
- ⓕ fibulares Retinaculum
  - superiore und inferiore Abteilung, führt 2 Sehnenscheiden hinter Aussenknöchel zu Sohle und Aussenrand des Fusses

«Steigbügel»



# Extrinsische Fussmuskeln am Querschnitt

## UV Ventrale Unterschenkelloge

- M. extensor digitorum longus (lateral, fibular)
- M. extensor hallucis longus (intermediär)
- M. tibialis anterior (medial, tibial)

## UL Laterale Unterschenkelloge

- M. fibularis longus (oberflächlich, proximal)
- M. fibularis brevis (tief, distal)

## UO Oberflächliche dorsale Unterschenkelloge

- M. gastrocnemius (oberflächlich)
- M. soleus (tief)

## UT Tiefe dorsale Unterschenkelloge

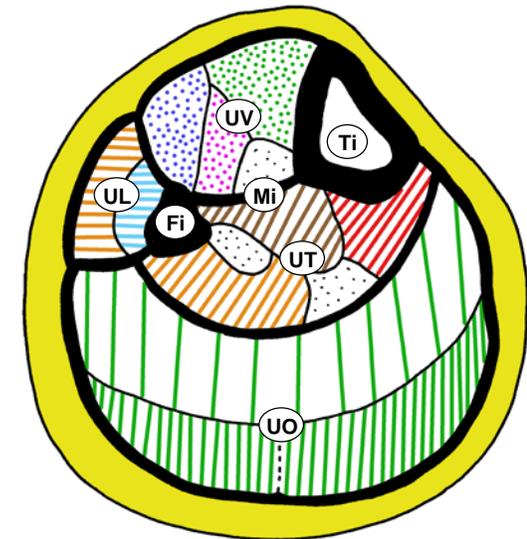
- M. flexor hallucis longus (lateral, fibular)
- M. tibialis posterior (intermediär)
- M. flexor digitorum longus (medial, tibial)

«verkehrte» Lage

## • Logensyndrom = Kompartmentsyndrom

- Stopp der Blutzirkulation bei Druckanstieg durch Blutung/Schwellung, Schmerz → Nekrose, v.a. ventrale Unterschenkelloge betroffen

Ti Tibia  
Fi Fibula  
Mi Membrana  
interossea  
— Gruppenfaszie  
--- Muskelfaszie



# Muskelfunktionen an Sprunggelenken

## • Plantarflexion / Dorsalextension

- Ⓐ Hauptmuskeln: M. triceps surae (teils 2-gelenkig)  
↔ M. tibialis anterior
- Ⓑ Zehenstrecker strecken auch OSG
- Ⓒ fibulare & tiefe dorsale Muskeln unterstützen Plantarflexion

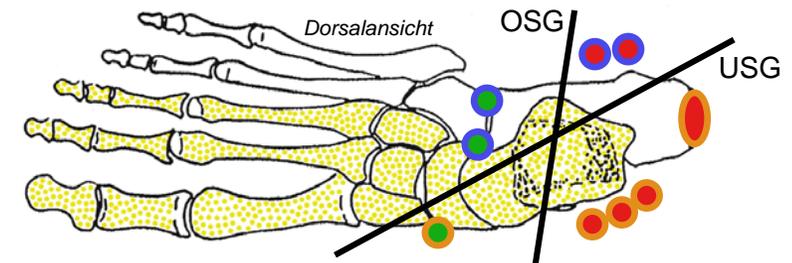
## • Eversion / Inversion

- Ⓓ Hauptmuskeln: Mm. fibulares  
↔ M. triceps surae (Achillessehne)
- Ⓔ tiefe dorsale Muskeln → Inversion
- Ⓕ ventrale Muskeln → In- oder Eversion je nach Lage

## • Besonderheiten

- alle Muskeln wirken auf OSG & USG
- Kraftverhältnisse: Plantarflexion > Dorsalextension, Inversion > Eversion
- M. triceps surae: essentiell für Zehenstand, passive Insuffizienz (Interferenz Dorsalextension OSG ↔ Extension Kniegelenk), aktive Insuffizienz (Plantarflexion geschwächt bei flektiertem Kniegelenk)
- als extrinsische Muskeln → Fussgewölbeverspannung

		Plantarflexion	Dorsalextension	Eversion	Inversion
M. plantaris	●	(+)	+++		(+)
M. gastrocnemius <sup>1</sup>	●	+++			+++
M. soleus <sup>1</sup>	●	+++			+++
M. tibialis anterior	●	Ⓐ +++			
M. extensor digitorum longus	●	++		++	
M. extensor hallucis longus	●	+		+	
M. fibularis longus <sup>2,3</sup>	●	++		++	
M. fibularis brevis	●	+		++	
M. tibialis posterior <sup>2,3</sup>	●	+			++
M. flexor digitorum longus <sup>2</sup>	●	+			+
M. flexor hallucis longus <sup>2</sup>	●	++			+



<sup>1</sup> zusammen = M. triceps surae

<sup>2</sup> verspannen Längsgewölbe

<sup>3</sup> verspannen Quergewölbe («Kreuzverband»)

# Intrinsische Fussmuskeln

- M. extensor hallucis brevis  
(kurzer Grosszehenstrecker)
- M. extensor digitorum brevis  
(kurzer Zehenstrecker)
  - Calcaneus → Grundglied I, Mittelglied II-V
- M. flexor hallucis brevis  
(kurzer Grosszehenbeuger)
  - zweiköpfig Fusswurzel → Grundglied I
- M. flexor digitorum brevis  
(kurzer Zehenbeuger)
  - Calcaneus → Mittelglied II-V, Ansatz gespalten für Durchtritt ● langer Beugersehne zum Endglied
- Weitere 17 kurze plantare Muskeln
  - kurze = intrinsische (Ursprung & Ansatz am Fuss) Fussmuskeln bewegen zusammen mit extrinsischen Muskeln Zehen
  - von 21 intrinsischen Fussmuskeln nur 2 dorsal, Rest plantar → mit extrinsischen Muskeln zusammen aktive Verspannung und Verwindung des Längs- und Quergewölbes

