
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 26.04.2016 / Di 03.05.2016

Synopsis Kniegelenk I

- *Zusammengesetztes Gelenk*
 - *Femoropatellargelenk: planes Gelenk, Bewegung durch Gelenkgeometrie eingeschränkt auf 1 FG Translation*
 - *Femorotibialgelenk: bikondyläres Gelenk, Bandführung → 2 FG Rotation, keine freie Translation*
- *Flexion / Extension*
 - *Flexion: 130°, passiv bis 150° limitiert durch Weichteile*
 - *Extension: 0-5°, limitiert va durch Kollateralbänder*
 - *Gelenkgeometrie → Schlussrotation: 5-10° Innenrotation des Femur bei vollständiger Streckung des Standbeins*
- *Aussen- / Innenrotation*
 - *Aussenrotation: 40°*
 - *Innenrotation: 10° limitiert durch Kreuzbänder*
 - *Rotation nur in Flexionsstellung*

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

¹ Ansatz = Pes anserinus

² ischiokrurale Muskeln

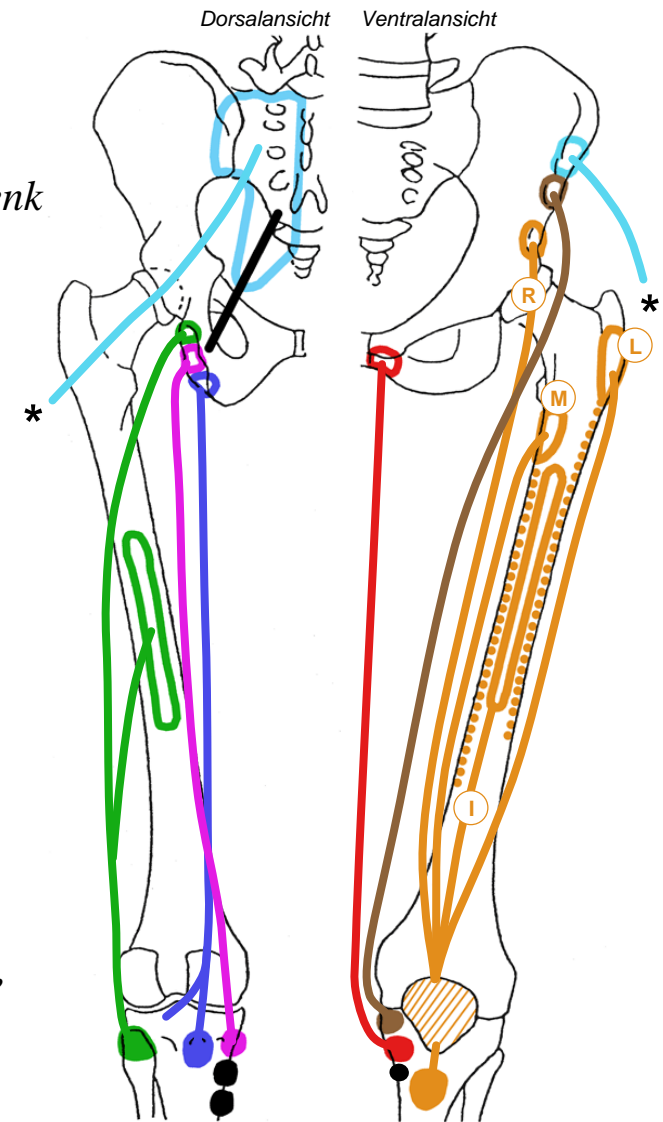
³ zusammen = M. quadriceps femoris

⁴ nur Stabilisation der Streckstellung via Tractus iliotibialis, M. quadriceps femoris einziger Strecker

⁵ Wirkung vernachlässigbar

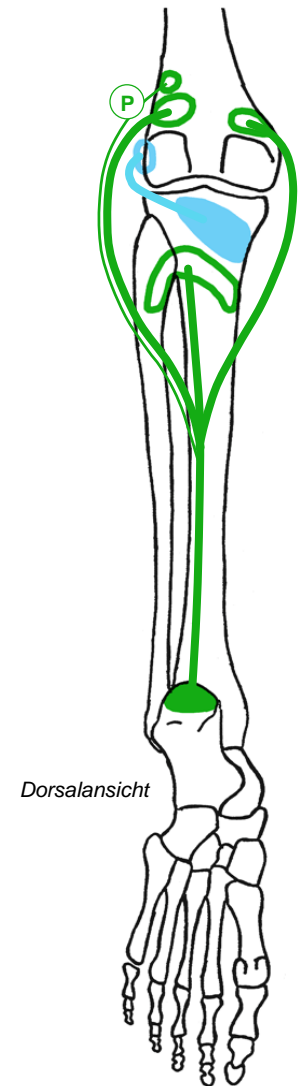
Kniegelenksmuskeln an Hüfte und Oberschenkel

- *M. gluteus maximus, M. tensor fasciae latae* @
 - via **Tractus iliotibialis lateral* und in *Extension* streckseitig des Kniegelenks @ siehe auch Hüftgelenk
- *M. quadriceps femoris* (vierköpfiger Oberschenkelmuskel)
 - Ⓡ *M. rectus femoris*: 2-gelenkig @
 - ⓂⓂⓁ *M. vastus medialis-intermedius-lateralis* (innerer-mittlerer-äusserer Schenkelmuskel): Femur dorsal & ventral → Patellarsehne, 1-gelenkig
 - 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)
 - *lateralen 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 Oberschenkellogge

▨ *M. rectus femoris* (oberflächlich)

▨▨▨ *M. vastus lateralis-intermedius-medialis*

▨▨▨ *M. sartorius* (oberflächlich)

⓪M mediale Oberschenkellogge

■ *M. gracilis* (oberflächlich)

⓪D dorsale Oberschenkellogge

▨▨▨ *M. biceps femoris* (lateral)

▨▨▨ *M. semitendinosus* (intermediär)

▨▨▨ *M. semimembranosus* (medial)

⓪U oberflächliche dorsale Unterschenkellogge

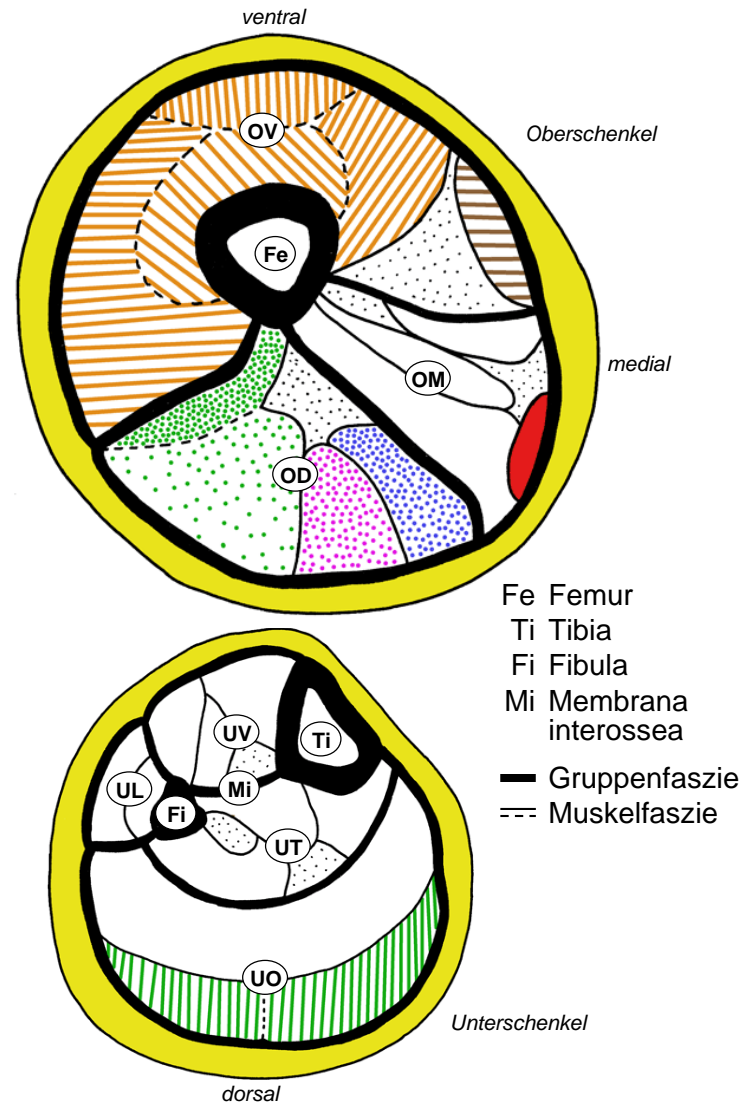
▨▨▨ *M. gastrocnemius* (oberflächlich)

⓪T tiefe dorsale Unterschenkellogge

⓪L laterale Unterschenkellogge

⓪V ventrale Unterschenkellogge

- nur extrinsische Fussmuskeln ohne Wirkung auf Kniegelenk



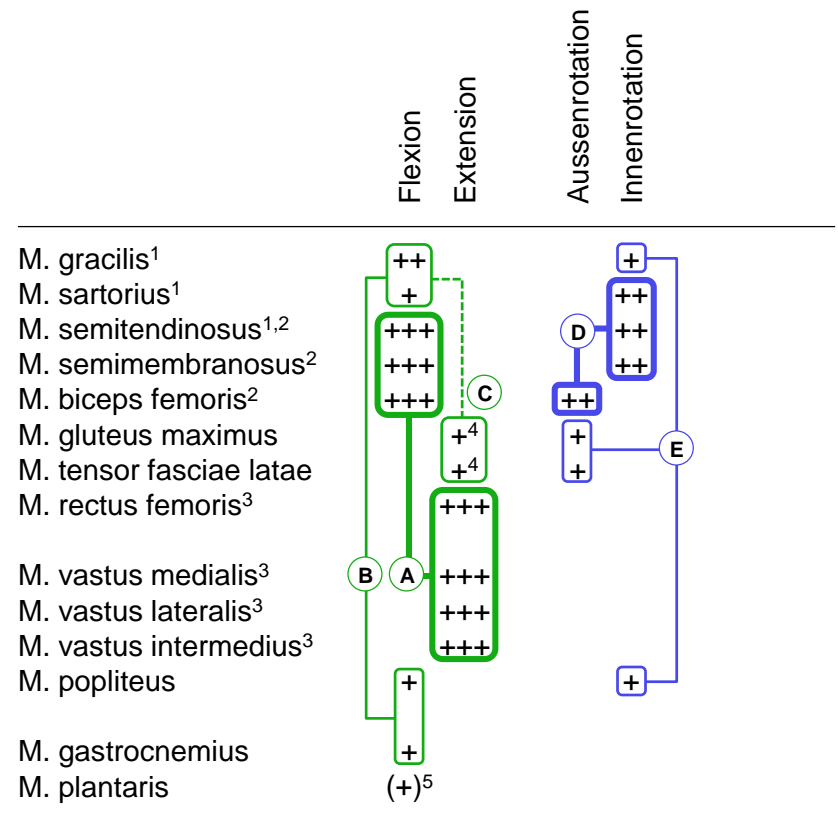
Synopsis Kniegelenk II

• Flexion / Extension

- Ⓐ Hauptmuskeln: ischiokrurale Muskeln
↔ M. quadriceps (mehr Kraft)
 - Ⓑ Mm. gracilis, sartorius, gastrocnemius und popliteus unterstützen Flexion
 - Ⓒ Zug auf Tractus iliotibialis stabilisiert nur Kniegelenk in Streckstellung
- aktive Insuffizienz der ischiokruralen Muskeln: bei gestrecktem Hüftgelenk weniger Kraft und Bewegungsumfang für Flexion im Kniegelenk
 - passive Insuffizienz der Hamstrings: bei flektiertem Hüftgelenk limitierte Extension im Kniegelenk

• Aussen- / Innenrotation

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



¹ Ansatz = Pes anserinus

² ischiokrurale Muskeln

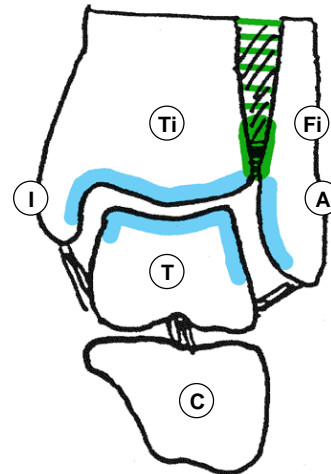
³ zusammen = M. quadriceps femoris

⁴ nur Stabilisation der Streckstellung via Tractus iliotibialis, M. quadriceps femoris einziger Strecker

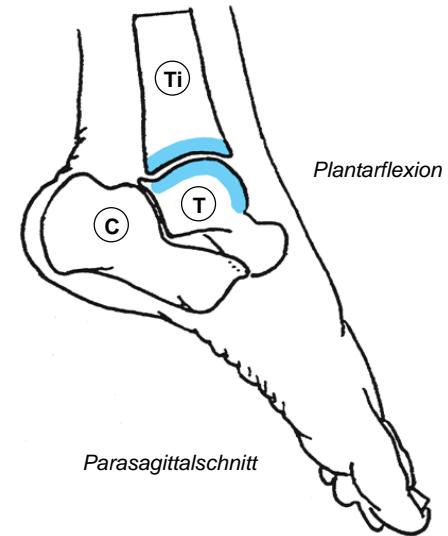
⁵ Wirkung vernachlässigbar

Oberes Sprunggelenk

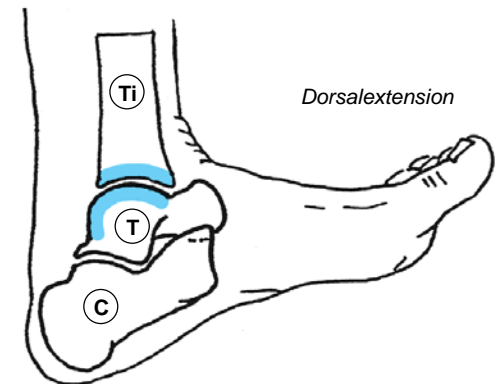
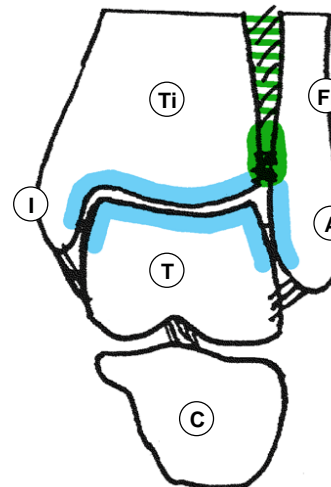
- *Sprunggelenke*
 - *oberes und unteres Sprunggelenk mit getrennten Gelenkhöhlen → arbeiten mechanisch zusammen*
- *Oberes Sprunggelenk*
 - *Scharniergelenk: Plantarflexion, Dorsalextension*
 - *Syndesmose verbindet Tibia (distale Fläche und Innenknöchel) mit Fibula (Aussenknöchel) → Malleolengabel*
 - *Talus (Sprungbein) → Talusrolle, ventral breiter als dorsal: maximale Stabilität in Dorsalextension, mehr Spiel in Plantarflexion*



Frontalschnitt



Parasagittalschnitt



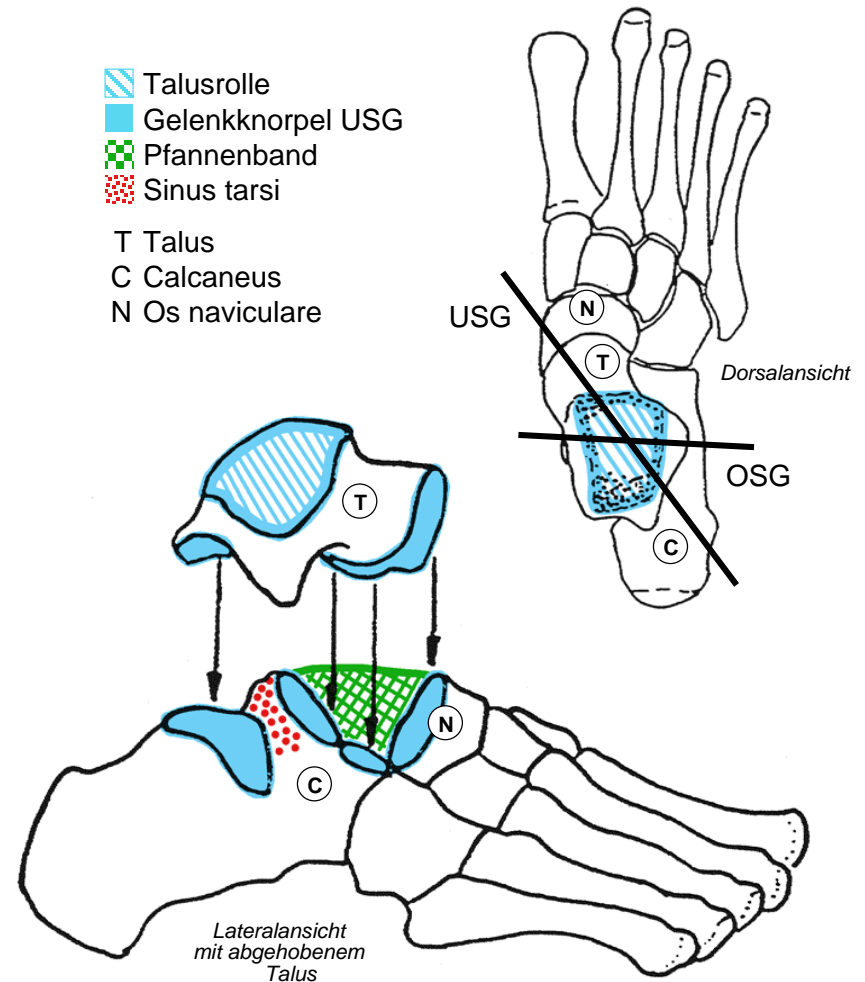
Dorsalextension

- Gelenkknorpel
- Syndesmose
- ▨ Membrana interossea

- Ti Tibia
- Fi Fibula
- 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*
 - *Calcaneus liefert Kopf/Rolle, Talus liefert Pfanne*
- *mechanische Koppelung*
 - *Gelenkhöhlen der Abteilungen durch Sinus tarsi getrennt*
 - *Bewegung gekoppelt: Rotation um Verbindungsgerade der beiden Abteilungen = Umwendbewegung: Eversion (Sohle nach aussen wenden), Inversion (Sohle nach innen wenden)*



Fussgelenke & Gewölbe

- *Längsgliederung*

- ⓧ *Fusswurzel = Tarsus: 7 Würfelknochen*
- Ⓜ *Mittelfuss = Metatarsus: Metatarsalknochen (Metatarsalia) I-V mit Basis, Schaft und Kopf*
- Ⓟ *Zehen = Digiti pedis: Grund-, Mittel-, Endphalanx*

- *Quergliederung*

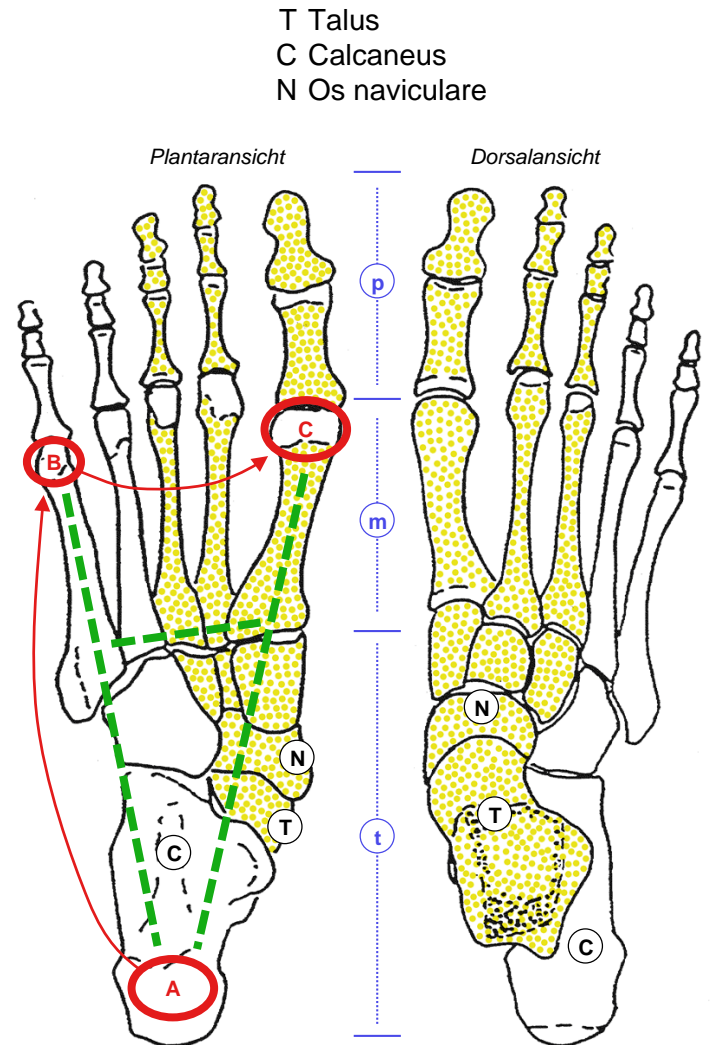
- *lateraler Fussstrahl: IV+V ↔ Calcaneus*
- *medialer Fussstrahl: I-III ↔ Talus & Os Naviculare, über Calcaneus geschoben*

- *Fussgewölbe*

- *Auflagepunkte: A (Calcaneus), BC (Kopf Metatarsale I & V)*
- *Längsgewölbe A→BC (innen 16mm, aussen 4mm), Quergewölbe B→C: max Basis Metatarsale II*
- *Abrollen: A→AB →ABC(Stand) →C(Abstossen)*

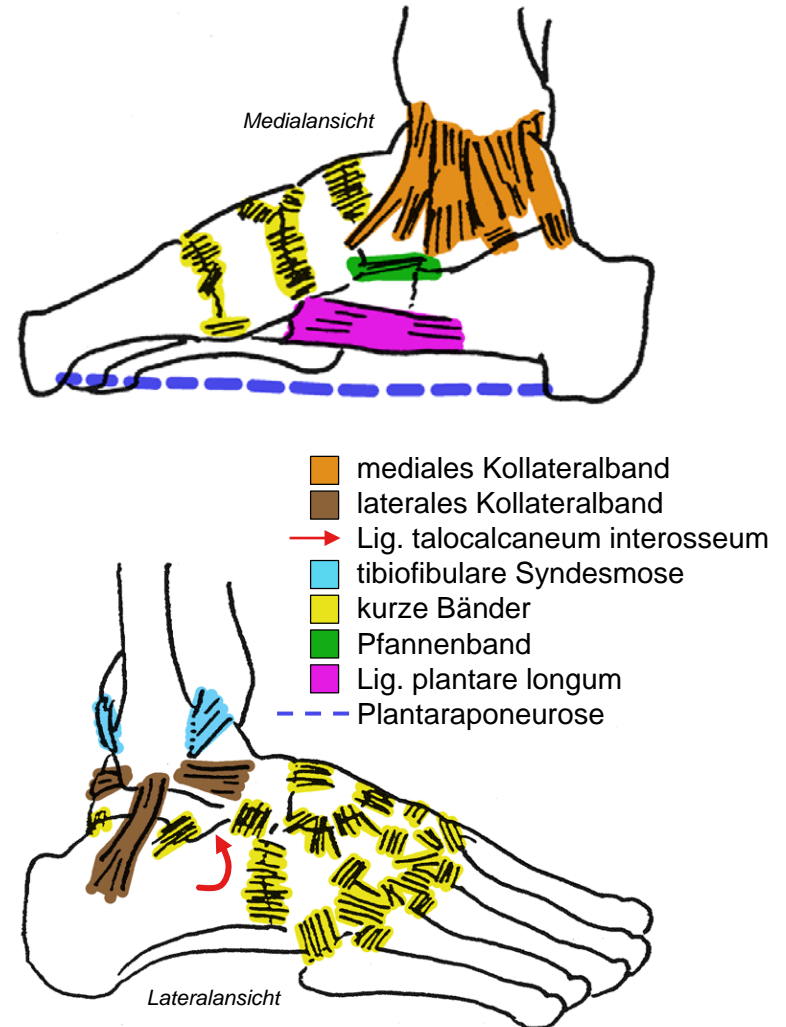
- *Gelenke*

- *beweglich: USG, Zehengelenke (wie Fingergelenke)*
- *übrige Amphiarthrosen: Σ kleiner Bewegungen → verformbares aber instabiles Gewölbe*



Bandapparat des Fusses

- *Gelenksicherung*
 - *OSG und USG durch mediales und laterales Kollateralband gemeinsam gesichert*
 - *mediales Kollateralband fächerförmig*
 - *laterales Kollateralband = Einzelbänder von Fibula zu Talus und Calcaneus*
 - *Lig. talocalcaneum interosseum liegt zwischen vorderer und hinterer Abteilung des USG im Sinus tarsi und sichert USG*
 - *Malleolengabel: tibiofibuläre Syndesmose durch Membrana interossea und kräftige Bänder gesichert.*
- *Gewölbesicherung*
 - *geringe passive Sicherung durch kurze Bänder der Amphiarthrosen der Fusswurzel*
 - *3 Etagen zusätzlicher passiver Sicherung des Längsgewölbes durch Bänder: Pfannenband, Lig. plantare longum, Plantaraponeurose*
 - *Fussgewölbe braucht aktive Verspannung durch in- und extrinsische Fussmuskeln*

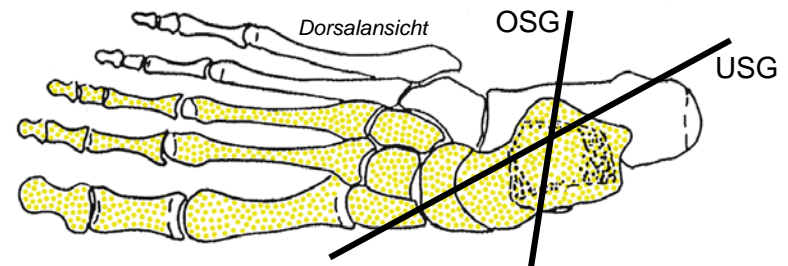


Synopsis Sprunggelenke I

- *Oberes Sprunggelenk OSG*
 - 50° Plantarflexion
 - 20° Dorsalextension
- *Unteres Sprunggelenk USG*
 - 10° Eversion, durch Torsion des Fußskeletts ergänzt zu 30° Pronation
 - 20° Inversion, durch Torsion des Fußskeletts ergänzt zu 60° Supination
- *OSG+USG=Kardangelenk*
 - Talus = Mittelstück (60% Knorpel)
 - Wirkung ergänzt durch Torsionsbewegungen des Fußes
 - effiziente Kraftübertragung bei schiefem und unebenem Boden



	Plantarflexion	Dorsalextension	Eversion	Inversion
M. plantaris	(+)			(+)
M. gastrocnemius ¹	+++			+++
M. soleus ¹	+++			+++
M. tibialis anterior		+++		+
M. extensor digitorum longus		++	++	
M. extensor digitorum brevis		+	+	
M. fibularis longus ^{2,3}		++	++	
M. fibularis brevis		+	++	
M. tibialis posterior ^{2,3}		+		++
M. flexor digitorum longus ²		+		+
M. flexor hallucis longus ²		++		+



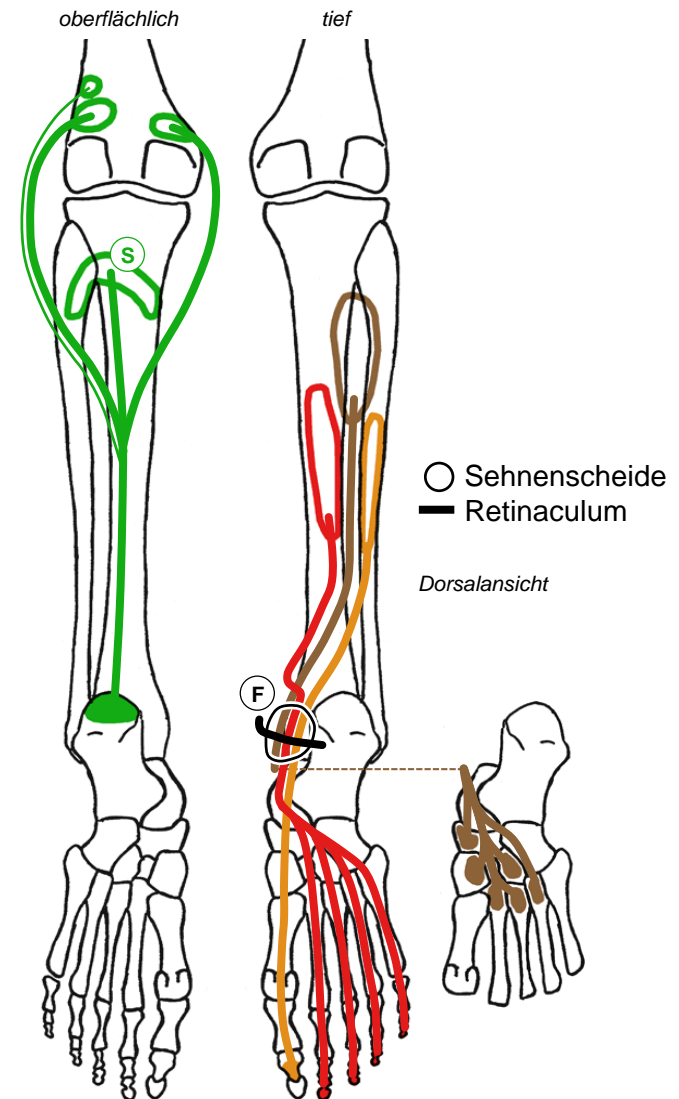
¹ zusammen = M. triceps surae

² verspannen Längsgewölbe

³ verspannen Quergewölbe

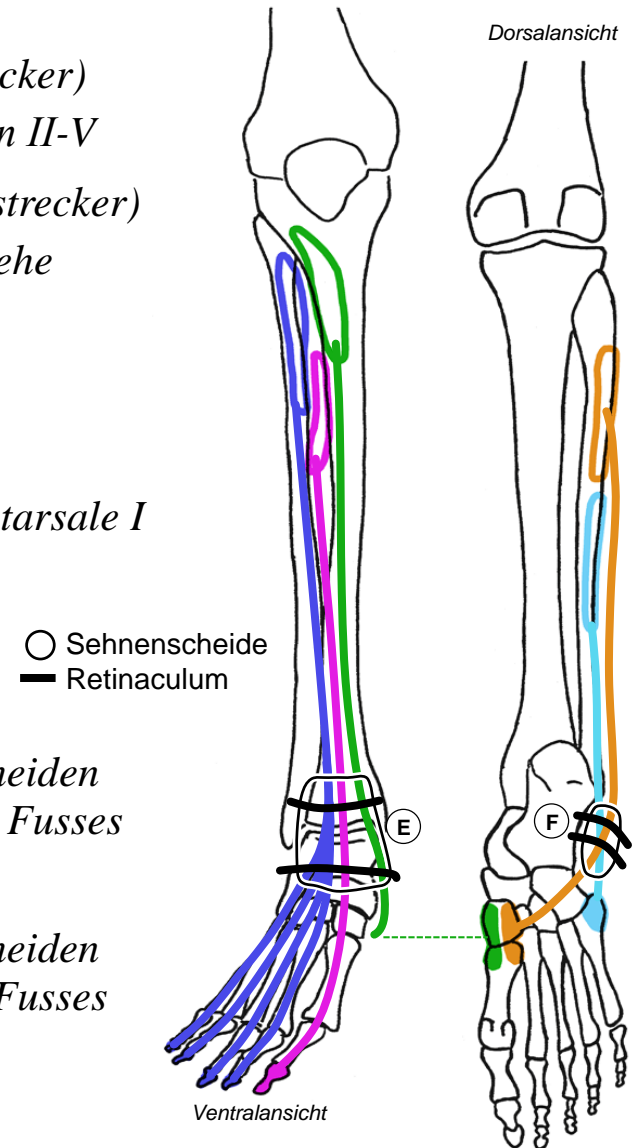
Dorsale extrinsische Fussmuskeln

- *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
 - Sehne überkreuzt am Unterschenkel diejenige des *M. tibialis posterior*, an Fusssohle diejenige des *M. flexor hallucis longus*
- ⓕ Flexoren-Retinaculum
 - führt 3 Sehnscheiden 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
 - *M. fibularis longus* (langer Wadenbeinmuskel)
 - *Fibula proximal* → mediale Fusswurzel, Basis Metatarsale I
 - *M. fibularis brevis* (kurzer Wadenbeinmuskel)
 - *Fibula distal* → Basis Metatarsale V
- ⓔ *Extensoren-Retinaculum*
- *superiore und inferiore Abteilung, führt 3 Sehnenscheiden über Sprunggelenke zum Rücken und Innenrand des Fusses*
- ⓕ *fibulares Retinaculum*
- *superiore und inferiore Abteilung, führt 2 Sehnenscheiden hinter Aussenknöchel zu Sohle und Aussenrand des Fusses*



Extrinsische Fussmuskeln am Querschnitt

ⓊⓋ *Ventrale Unterschenkelloge*

▣ *M. extensor digitorum longus (lateral, fibular)*

▣ *M. extensor hallucis longus (intermediär)*

▣ *M. tibialis anterior (medial, tibial)*

ⓊⓁ *Laterale Unterschenkelloge*

▣ *M. fibularis longus (oberflächlich, proximal)*

▣ *M. fibularis brevis (tief, distal)*

ⓊⓊ *Oberflächliche dorsale Unterschenkelloge*

▣ *M. gastrocnemius (oberflächlich)*

▣ *M. soleus (tief)*

ⓊⓉ *Tiefe dorsale Unterschenkelloge*

▣ *M. flexor hallucis longus (lateral, fibular)*

▣ *M. tibialis posterior (intermediär)*

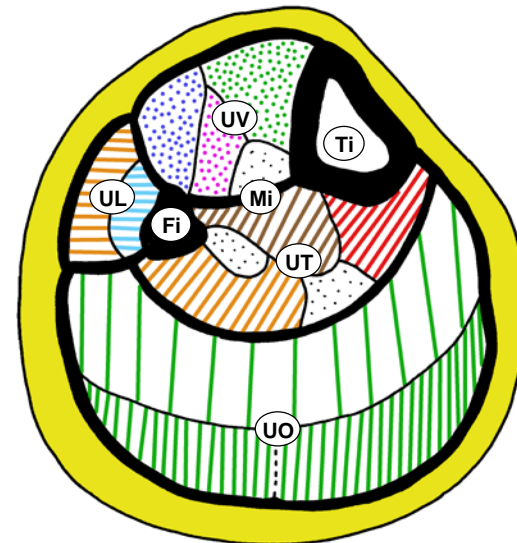
▣ *M. flexor digitorum longus (medial, tibial)*

• *Logensyndrom = Kompartmentsyndrom*

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

Ti Tibia
Fi Fibula
Mi Membrana
interossea

— Gruppenfaszie
--- Muskelfaszie



Synopsis Sprunggelenke II

- *Plantarflexion / Dorsalextension*

Ⓐ *Hauptmuskeln: M. triceps surae (teils 2-gelenkig) ↔ M. tibialis anterior*

Ⓑ *Zehenstrecker strecken auch OSG*

Ⓒ *fibulare und tiefe dorsale Muskeln unterstützen im OSG Plantarflexion*

- *Eversion / Inversion*

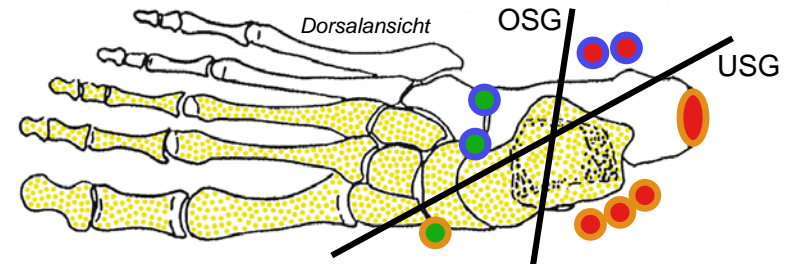
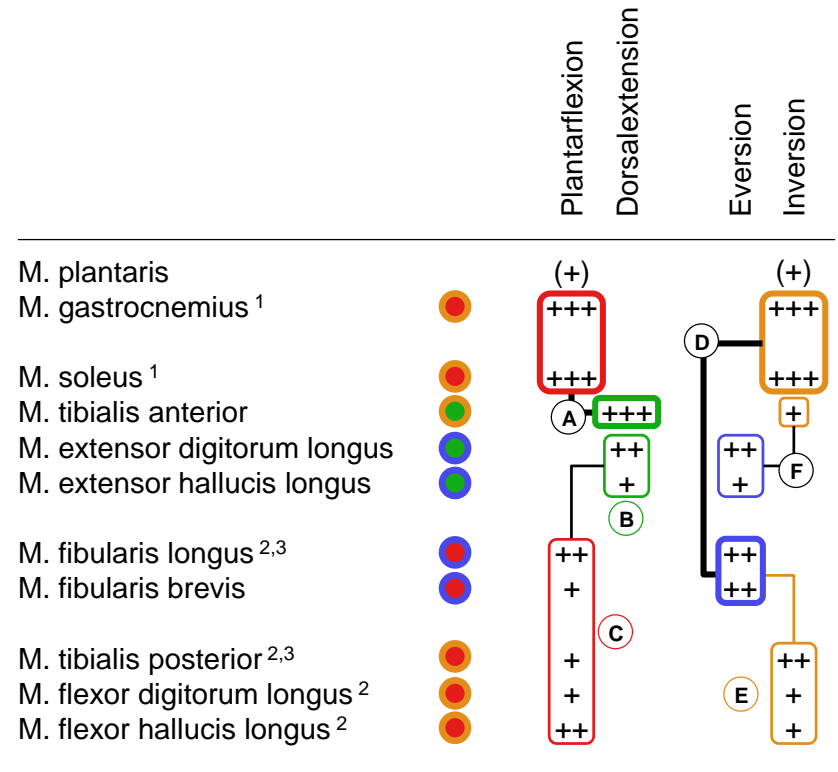
Ⓓ *Hauptmuskeln: Mm. fibulares ↔ M. triceps surae (Achillessehne)*

Ⓔ *tiefe dorsale Muskeln → Inversion*

Ⓕ *ventrale Muskeln → In- oder Eversion*

- *Besonderheiten*

- *alle Muskeln wirken auf OSG & USG*
- *Kraftverhältnisse: Plantarflexion > Dorsalextension, Inversion > Eversion*
- *M. triceps surae: passive und aktive Insuffizienz, essentiell für Zehenstand*
- *extrinsische Muskeln wichtig für Fussgewölbeverspannung*



¹ zusammen = M. triceps surae

² verspannen Längsgewölbe

³ verspannen Quergewölbe

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 Fussmuskeln bewegen mit langen (extrinsischen) Muskeln Zehen
 - von 21 intrinsischen Fussmuskeln nur 2 dorsal, Rest plantar → mit extrinsischen Muskeln zusammen aktive Verspannung und Verwindung des Längs- und Quergewölbes

