
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 11.04.2017 / Di 25.04.2017

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*
- *Schlussrotation*
 - *5-10° Innenrotation des Femur bei vollständiger Streckung des Standbeins: «Einrasten»*
 - *passives Phänomen, erzwungen durch Gelenkgeometrie*
- *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

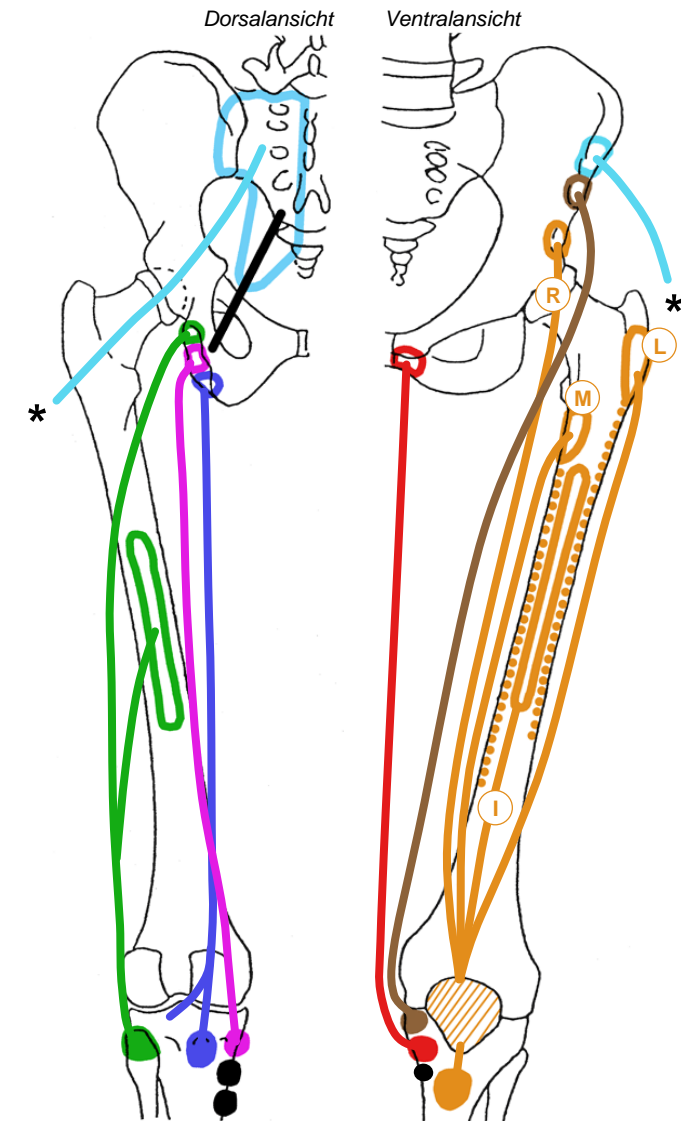
³ zusammen = M. quadriceps femoris

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

⁵ Wirkung vernachlässigbar

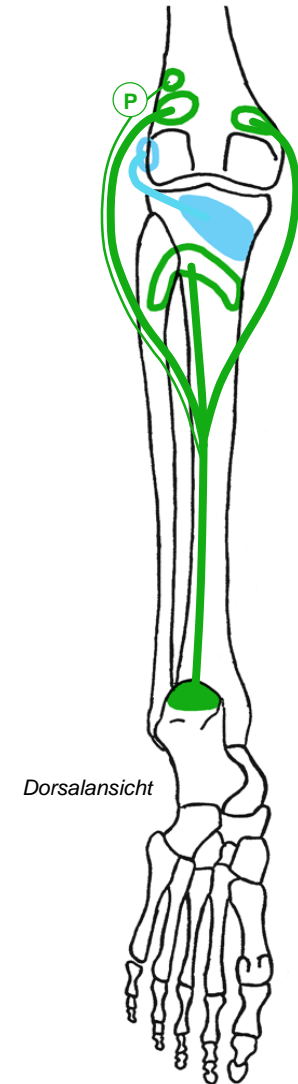
Kniegelenksmuskeln an Hüfte und Oberschenkel

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

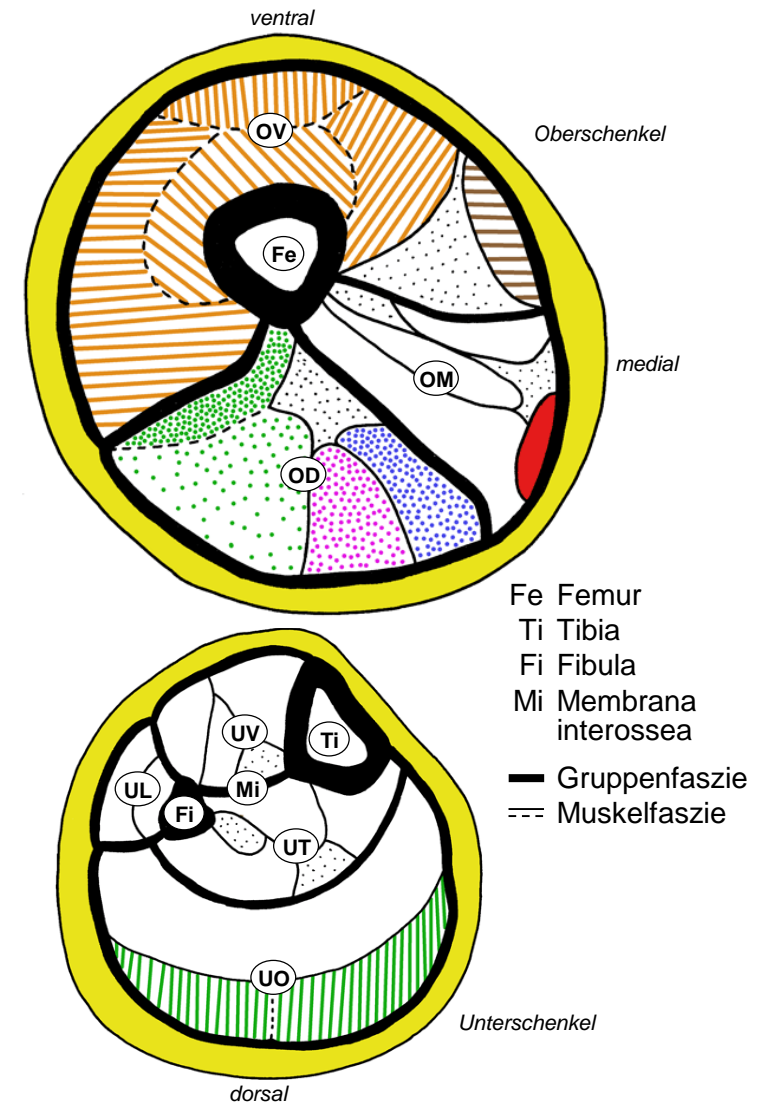
▨▨▨ *M. gastrocnemius* (oberflächlich)

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)*

- Ⓑ *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*

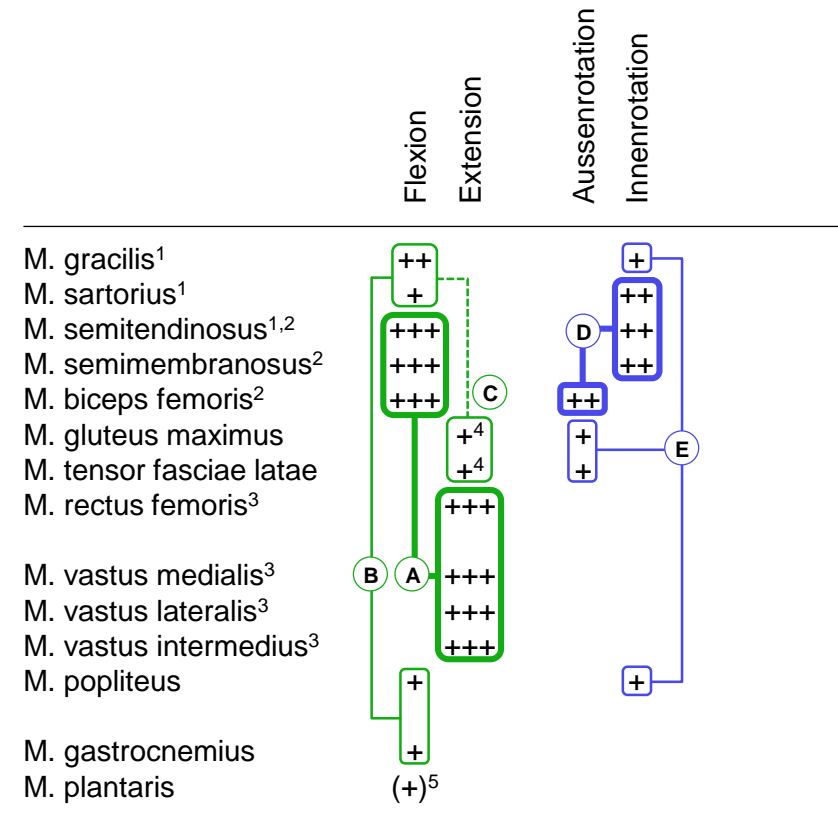
- *normale aktive Insuffizienz der ischiokruralen Muskeln: bei gestrecktem Hüftgelenk weniger Kraft und Bewegungsumfang für Flexion im Kniegelenk*

- *normale passive Insuffizienz der ischiokruralen Muskeln: bei flektiertem Hüftgelenk keine volle Extension im Kniegelenk möglich*

- *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

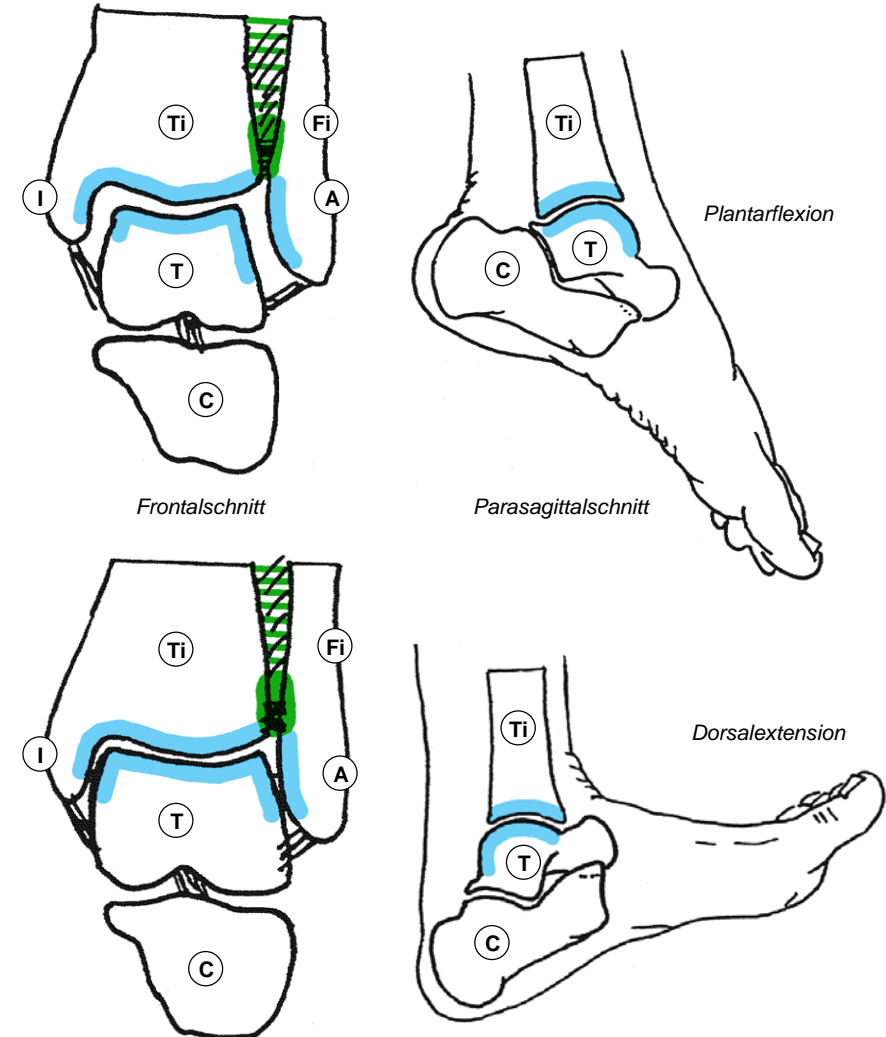
³ zusammen = M. quadriceps femoris




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

⁵ Wirkung vernachlässigbar

Oberes Sprunggelenk

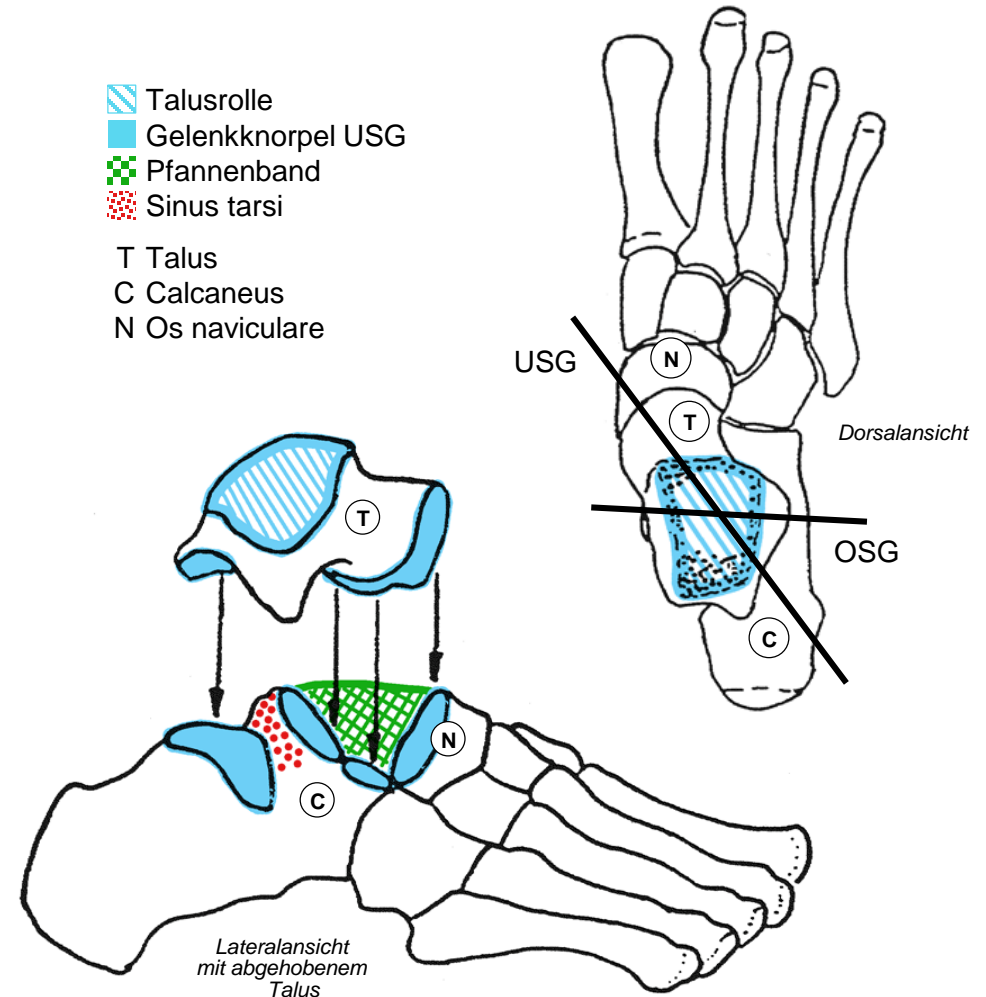
- *Sprunggelenke*
 - *oberes und unteres Sprunggelenk mit getrennten Gelenkhöhlen → arbeiten mechanisch zusammen*
- *Oberes Sprunggelenk*
 - *Scharniergelenk: Plantarflexion, Dorsalextension*
 - *Syndesmose verbindet Tibia (distale Fläche und Innenknöchel überknorpelt) mit Fibula (Aussenknöchel überknorpelt)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



	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*
- *mechanische Koppelung*
 - *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**

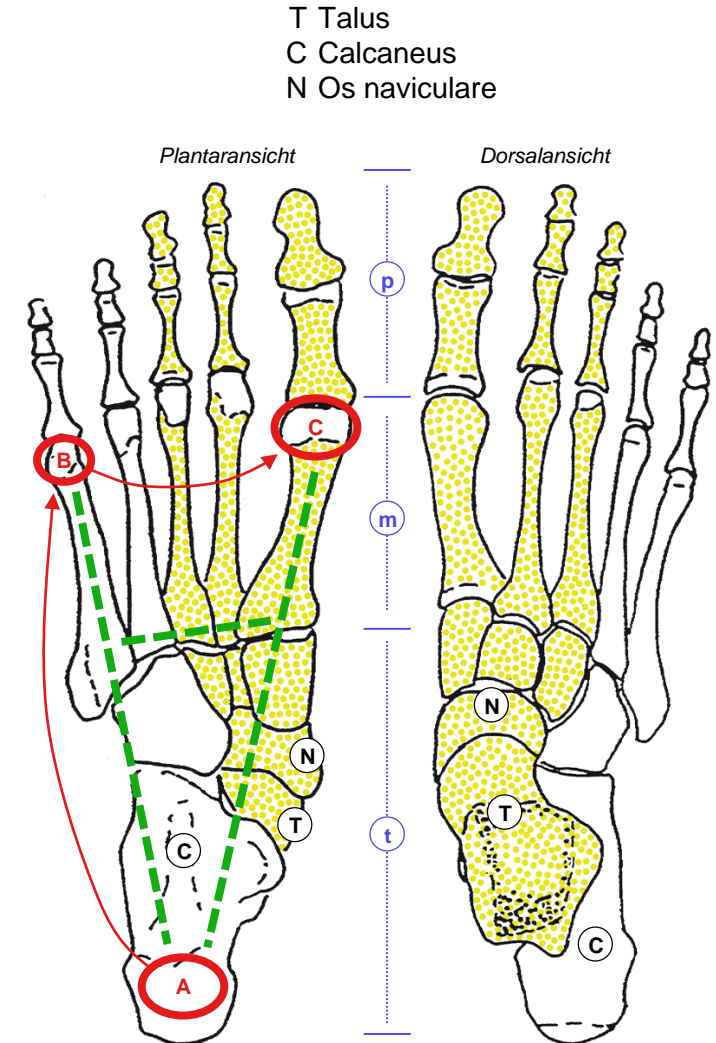
- lateraler Fussesstrahl: IV+V ↔ Calcaneus
 - medialer Fussesstrahl: I-III ↔ Talus & Os Naviculare, ohne Bodenkontakt über Calcaneus geschoben

- **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
 - Abrollen beim (Fersen)Gehen: A→AB→ABC(Stand)→C(Abstossen), (Vorfuß)Laufen: BC(→ABC)→BC, je nach Laufstil und Tempo

- **Gelenke**

- beweglich: USG, Zehengelenke (Kugel- & Scharniergelenke wie Finger)
 - übrige sind Amphiarthrosen: Σ kleiner Bewegungen → verformbares (Anpassung an Boden, Stossdämpfung) 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 (mit Lig. iliofemorale eines der stärksten Bänder)*

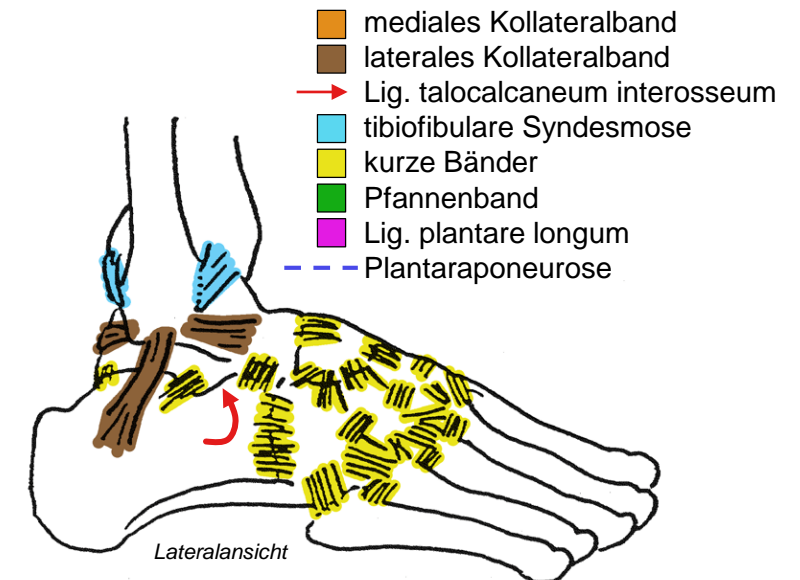
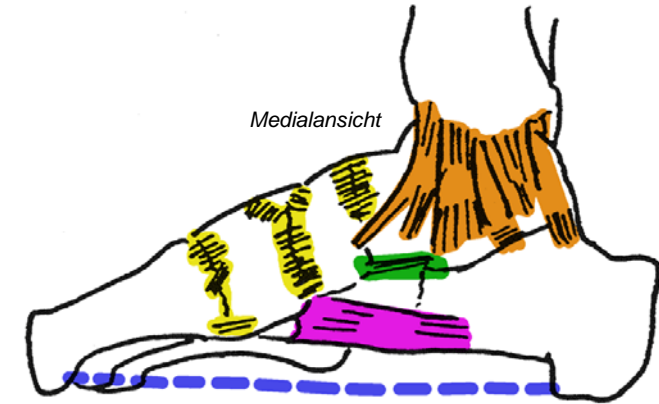
- *Malleolengabel: tibiofibulare Syndesmose durch Membrana interossea und kräftige Bänder gesichert*

- *passive Gewölbesicherung*

- *geringe passive Sicherung durch 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*

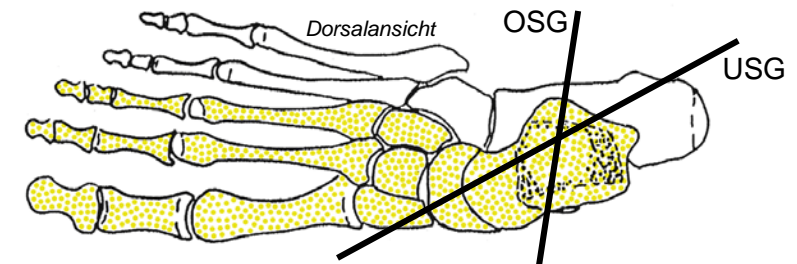


Synopsis Sprunggelenke I

- *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 der Fußwurzel und des Mittelfusses
 - effiziente Kraftübertragung bei schiefem und unebenem Boden



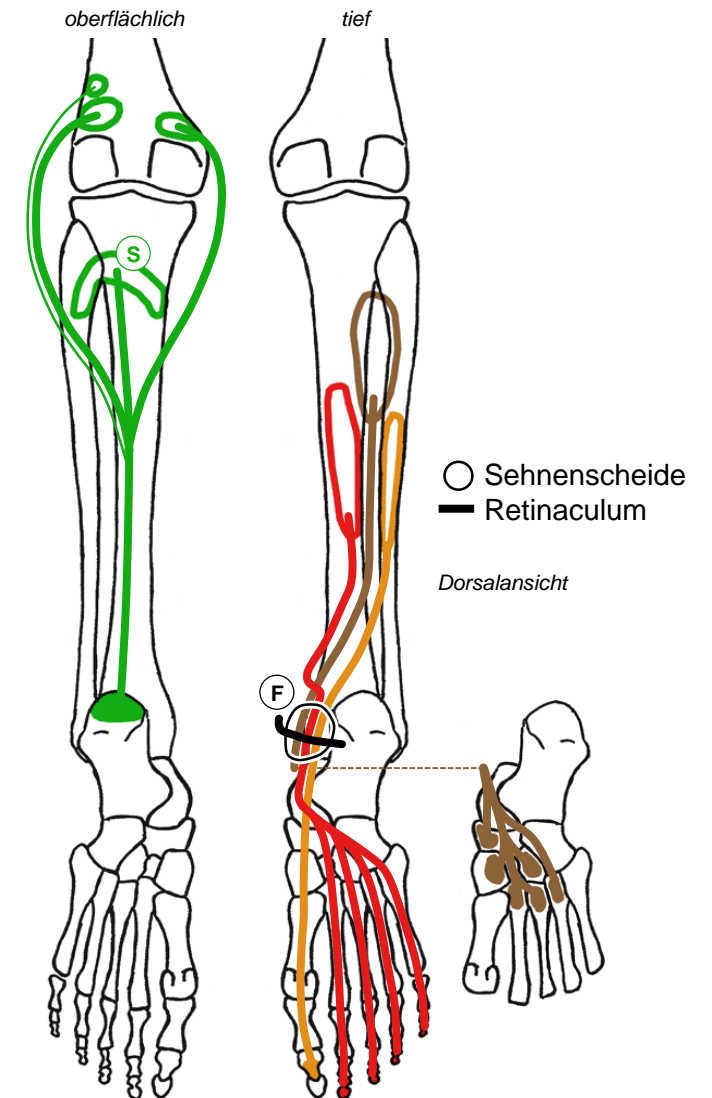
	Plantarflexion	Dorsalextension	Eversion	Inversion
M. plantaris	(+)			(+)
M. gastrocnemius ¹	+++			+++
M. soleus ¹	+++			+++
M. tibialis anterior		+++		+
M. extensor digitorum longus		++	++	
M. extensor digitorum brevis		+	+	
M. fibularis longus ^{2,3}		++	++	
M. fibularis brevis		+	++	
M. tibialis posterior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

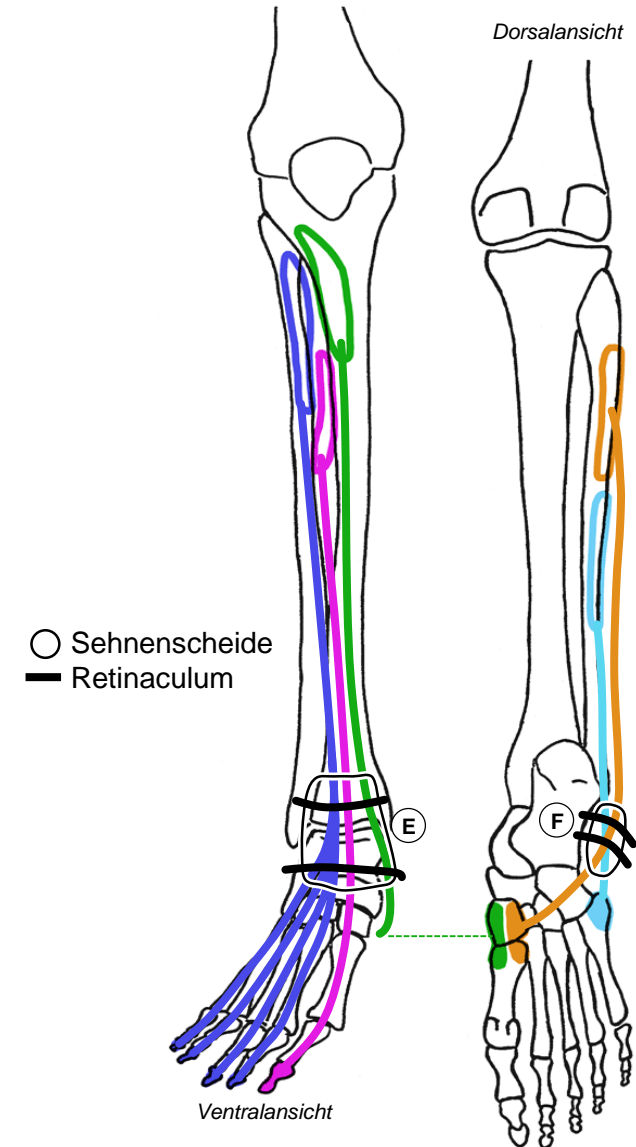
- *extrinsisch = lang: Ursprung am Unterschenkel, Ansatz am Fuss*
- *M. triceps surae (siehe auch Kniegelenk)*
 - Ⓢ *M. soleus: Soleusarkade → Calcaneus (tiefer Kopf)*
- *M. flexor hallucis longus (langer Grosszehenbeuger)*
 - *Fibula dorsal → Grosszehenendglied*
- *M. tibialis posterior (hinterer Schienbeinmuskel)*
 - *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 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
- ⓔ *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)

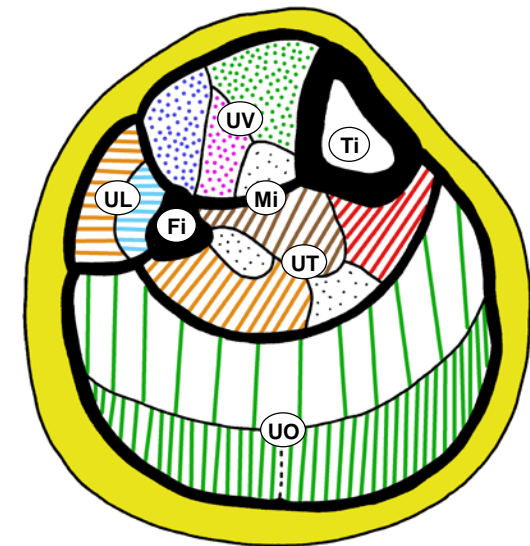
■ *M. tibialis posterior* (intermediär)

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

• Logensyndrom = Kompartmentsyndrom

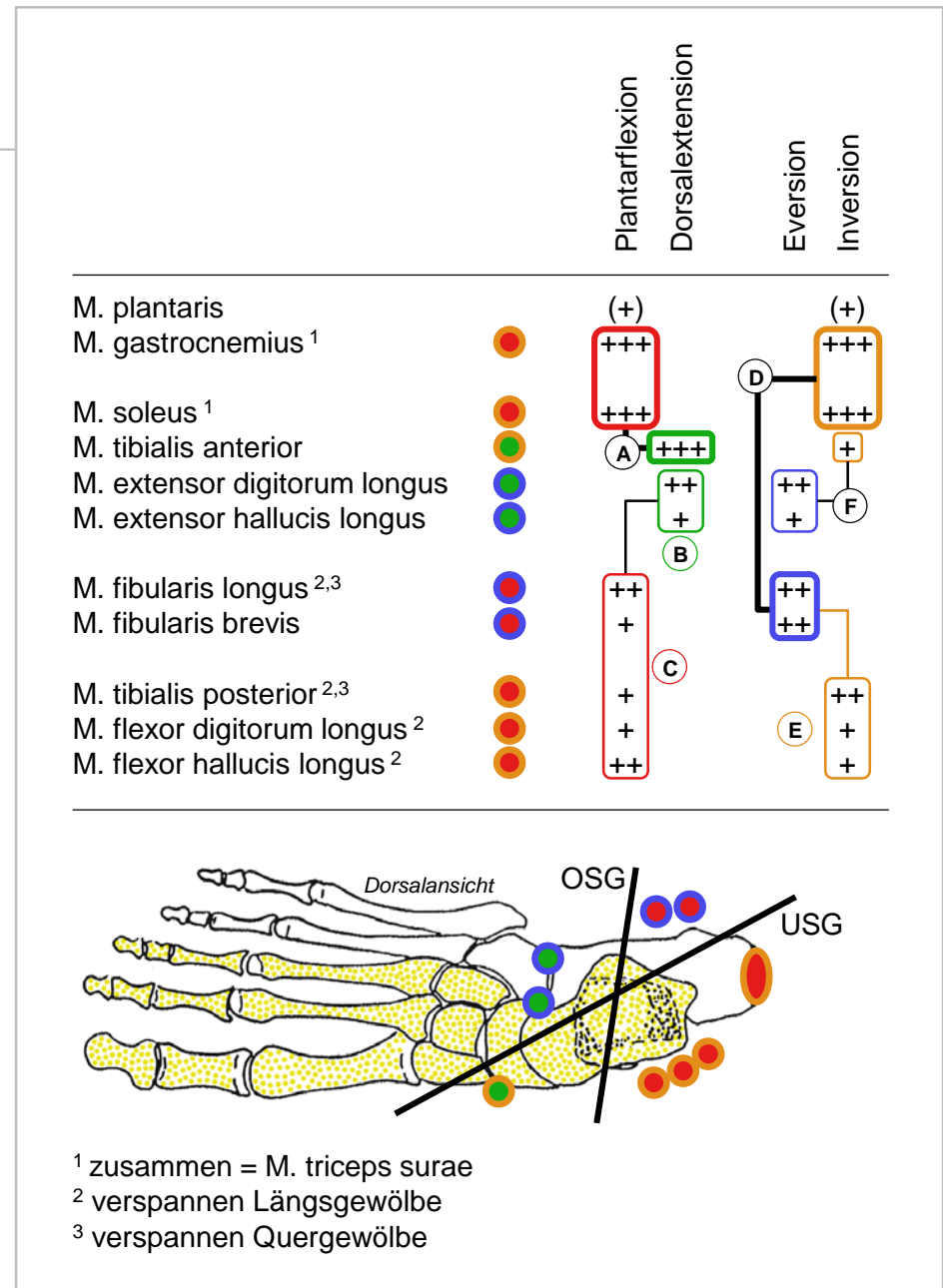
- Stopp der Blutzirkulation bei Druckanstieg durch Blutung/Schwellung, Schmerz → Nekrose, v.a. ventrale Unterschenkelloge betroffen

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



Synopsis Sprunggelenke II

- *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)*
 - *extrinsische Muskeln → Fussgewölbeverspannung*



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

