
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, Di 08.04.2025 16:15

Bewegungen im Kniegelenk

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

	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

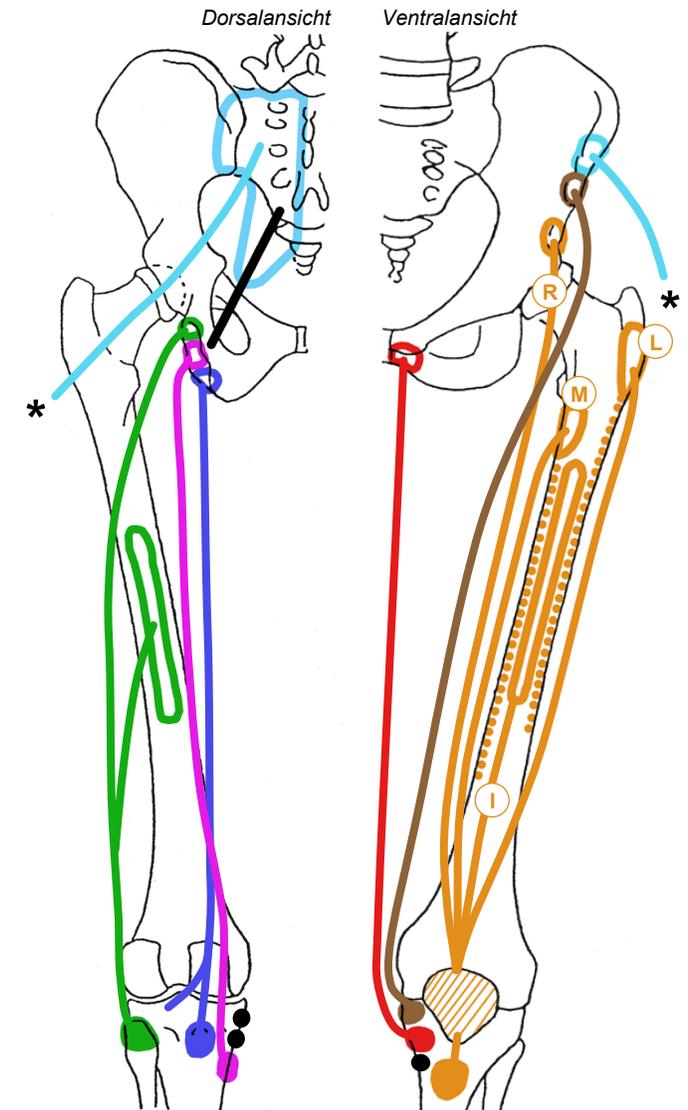
³ zusammen = M. quadriceps femoris

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

⁵ Wirkung vernachlässigbar

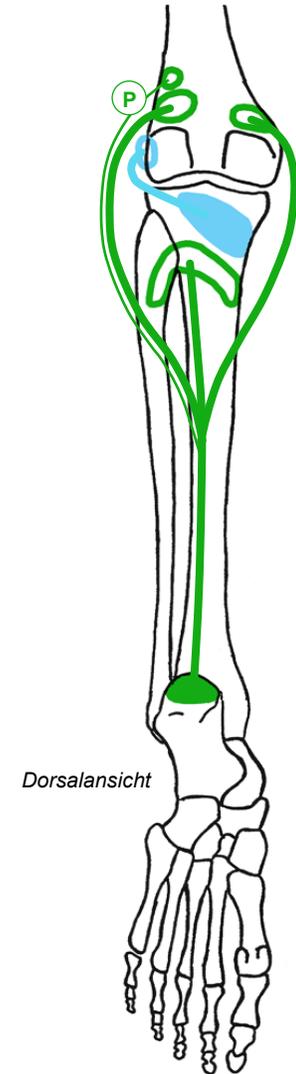
Kniegelenksmuskeln an Hüfte und Oberschenkel

- M. gluteus maximus, M. tensor fasciae latae @
 - via *Tractus iliotibialis lateral und in Extension leicht ventral des Kniegelenks
- M. quadriceps femoris (vierköpfiger Oberschenkelmuskel) @ siehe auch Hüftgelenk
- ^R M. rectus femoris: 2-gelenkig @
- ^M ○^I ○^L 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 leicht dorsal des Kniegelenks
- 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)
 - sehnig lateraler Femurkondylus → fleischig Dorsalfläche des medialen Tibiakondylus
 - verläuft lateral des Kniegelenks schräg von proximal-ventral nach distal-dorsal, Sehne zwischen lateralem Kollateralband und Gelenkkapsel
- **M. gastrocnemius** (Zwillingswadenmuskel)
 - Dorsalfläche des Femurs kranial der Femurkondylen (medial: Caput mediale, lateral: Caput laterale) (innerer und äußerer Wadenmuskel) → via Achillessehne am Calcaneus (Fersenbein), mehrgelenkig
 - dorsal des Kniegelenks
 - bildet mit M. soleus (Schollenmuskel, ohne Wirkung auf Kniegelenk) 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

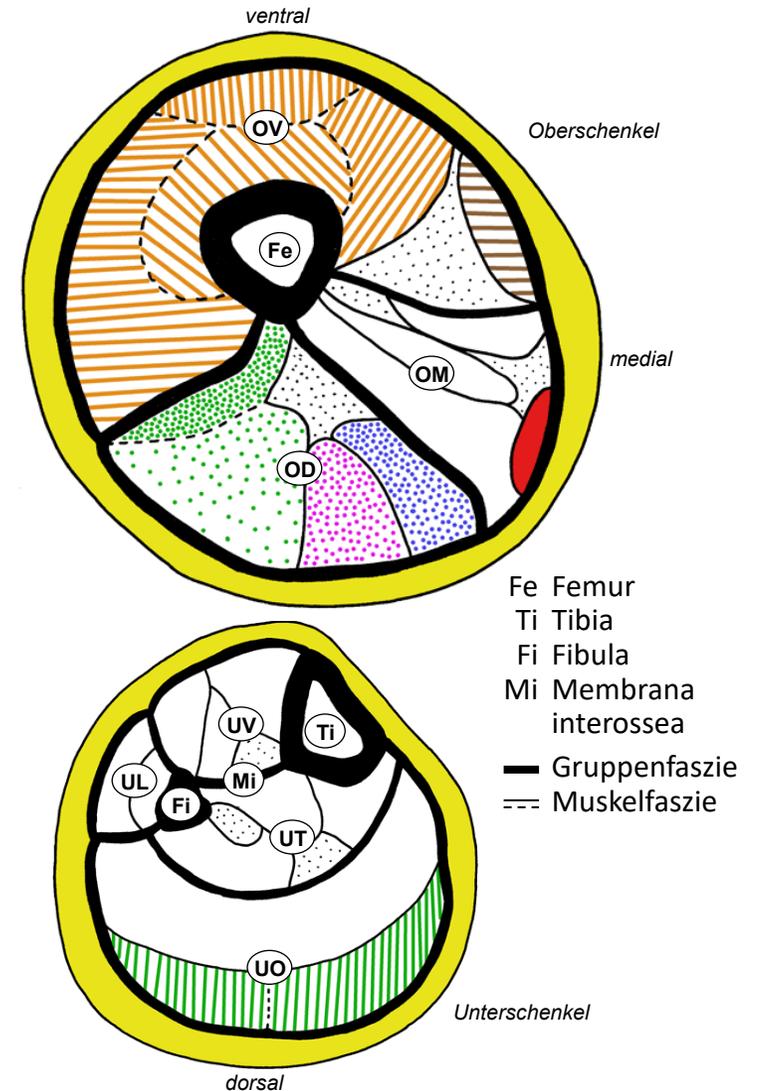
▨▨▨ M. gastrocnemius (oberflächlich)

⓪T tiefe dorsale Unterschenkelloge

⓪L laterale Unterschenkelloge

⓪V ventrale Unterschenkelloge

- nur extrinsische Fußmuskeln ohne Wirkung auf Kniegelenk



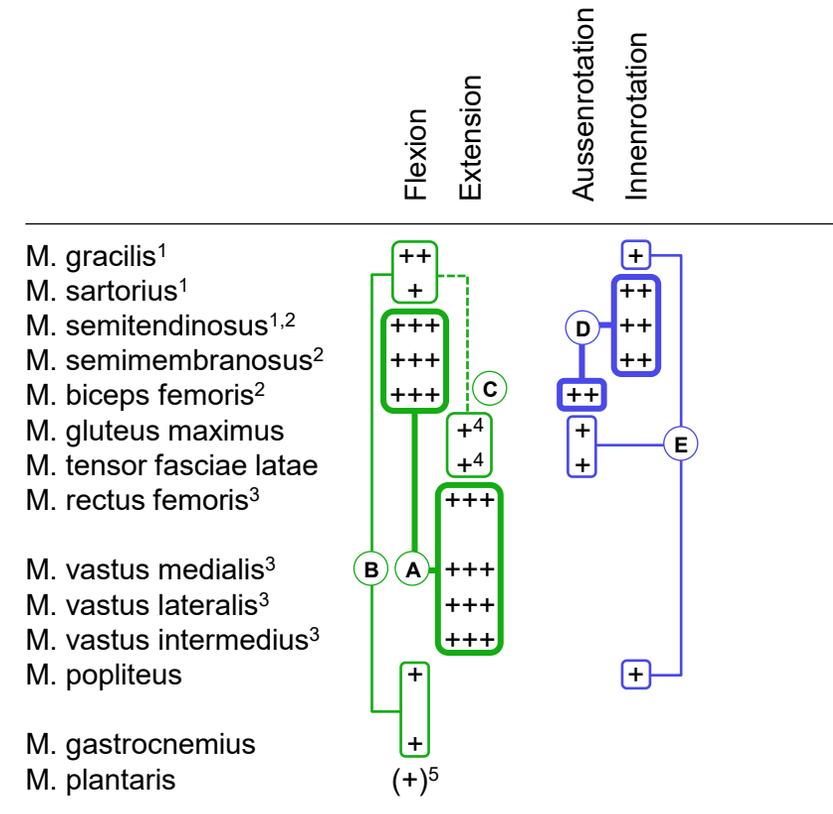
Muskelfunktionen am Kniegelenk

• 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 dank leicht ventraler Lage Kniegelenk in Streckstellung: M. quadriceps einziger Strecker, unerlässlich für Treppensteigen und Aufrichten aus Hocke
 - normale aktive Insuffizienz der ischiokruralen Muskeln: bei gestrecktem Hüftgelenk weniger Kraft und kleinerer aktiver 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
↔ Mm. semitendinosus + semimembranosus & M. sartorius
- Ⓔ Hilfsmuskeln: Zug auf Tractus iliotibialis
↔ Mm. gracilis & popliteus



¹ Ansatz = Pes anserinus

² ischiokrurale Muskeln

³ zusammen = M. quadriceps femoris

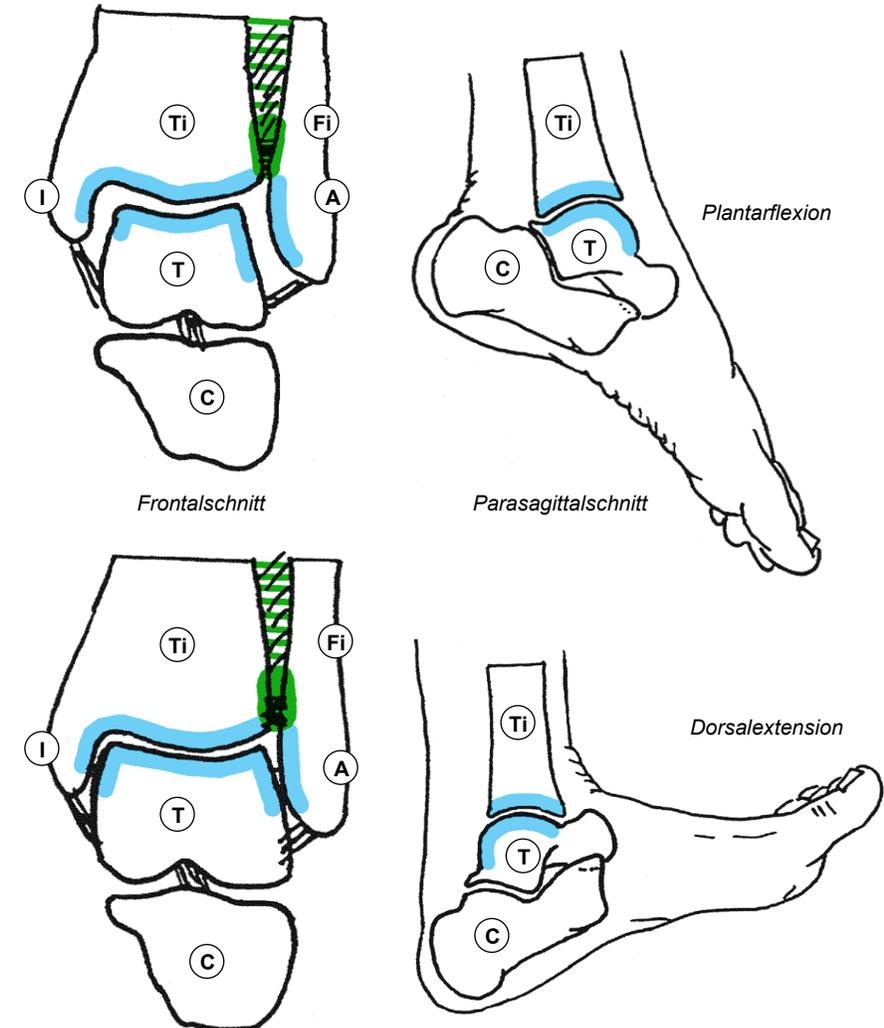
⁴ nur Stabilisation der Streckstellung via Tractus iliotibialis, M. quadriceps femoris einziger Strecker

⁵ Wirkung vernachlässigbar

Oberes Sprunggelenk

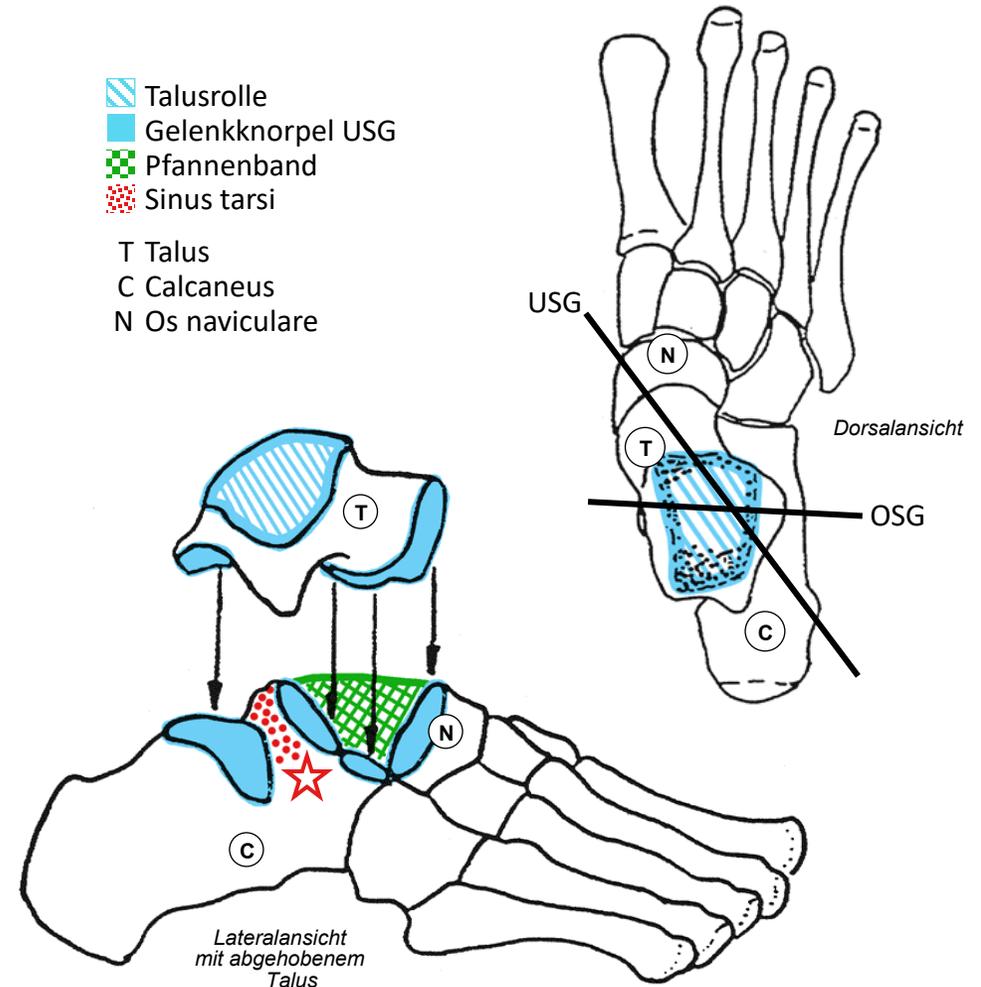
- Sprunggelenke
 - oberes und unteres Sprunggelenk mit getrennten Gelenkhöhlen → arbeiten mechanisch zusammen
- Oberes Sprunggelenk
 - Scharniergelenk: Plantarflexion, Dorsalextension
 - Syndesmose verbindet Tibia (distale Fläche und Innenknöchel überknorpelt) mit Fibula (Aussenknöchel überknorpelt)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

- | | | | |
|---|---------------------|----|---------------|
|  | 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 (Pfanne)
- 2 Gelenke - mechanisch gekoppelt
 - Gelenkhöhlen der Abteilungen durch Sinus tarsi getrennt, separate Gelenkkapseln
 - ★ lateraler Eingang zum Sinus tarsi vor und unterhalb Aussenknöchel als Grube gut tastbar
 - Bewegung gekoppelt: Rotation um Verbindungsgerade der beiden Abteilungen = Umwendbewegung: Eversion (Sohle nach aussen wenden), Inversion (Sohle nach innen wenden)



Fussgelenke & Gewölbe

• Längsgliederung

- ⓧ Tarsus (Fusswurzel): Talus, Os naviculare, Calcaneus, 4 weitere Würfelknochen
 - Ⓜ Metatarsus: Metatarsalknochen I-V mit Basis, Schaft und Kopf } I sehr kräftig
 - Ⓟ Digiti pedis (Zehen): Grund-, (ausser I) Mittel-, Endphalanx
- Klinik: Rückfuss – Chopart-Gelenk – Mittelfuss – Lisfranc-Gelenk – Vorfuss

• Quergliederung

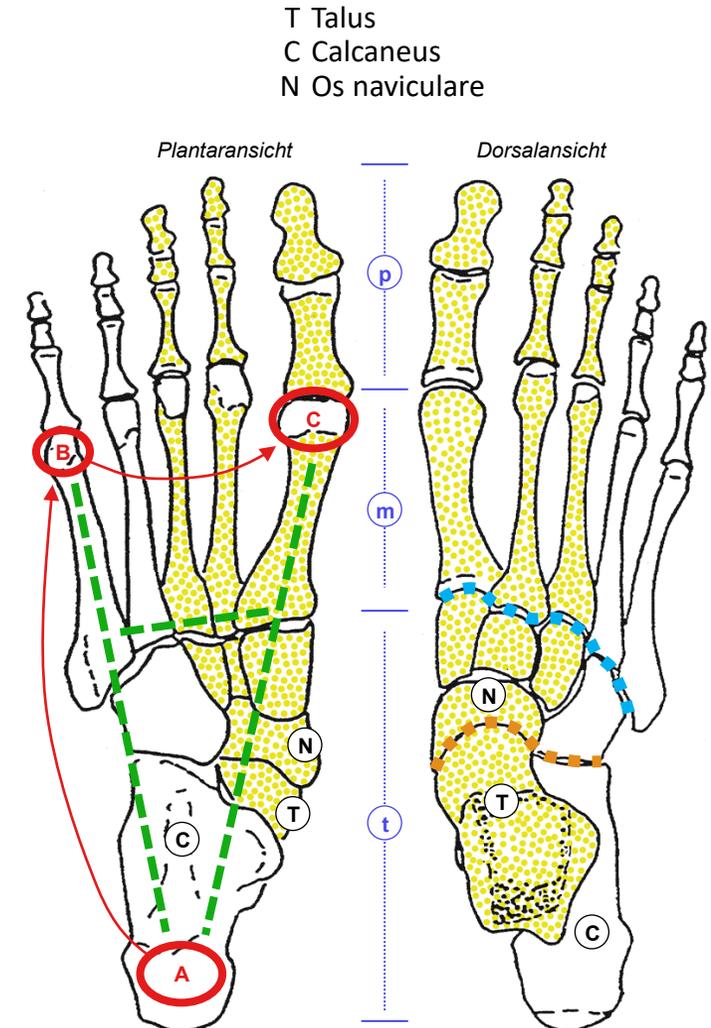
- lateraler Fussesstrahl: Zehen IV+V ↔ Calcaneus (Bodenkontakt)
- ▨ medialer Fussesstrahl: Zehen I-III ↔ Talus & Os Naviculare (ohne Bodenkontakt)

• Fussgewölbe

- 3 Auflagepunkte: A (Calcaneus), BC (Kopf Metatarsale I & V)
- Längsgewölbe A→BC (Höhe innen 16mm, aussen 4mm) } versteifter
- Quergewölbe B →C: Basis Metatarsale II höchster Punkt } mechanischer Hebel
- 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 Amphiarthrosen: Σ vieler kleiner Bewegungen
→ verformbarer gewölbter Hebel: zusammen mit Sprunggelenken
Anpassung an Bodenneigung und Unebenheiten, Stosdämpfung



Bandapparat des Fusses

- Sicherung der Sprunggelenke

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

- mediales Kollateralband breit und fächerförmig

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

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

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

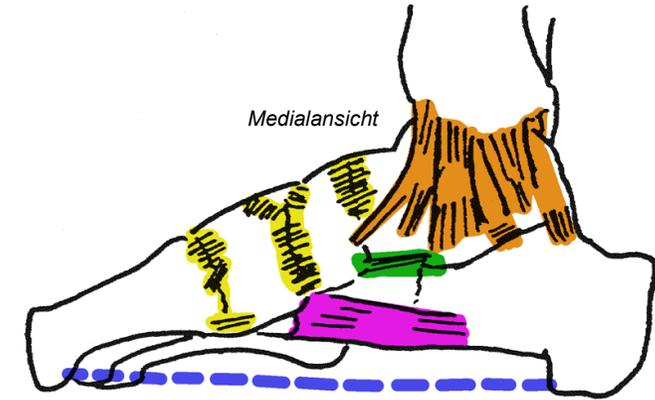
- Passive Sicherung der Fussgewölbe

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

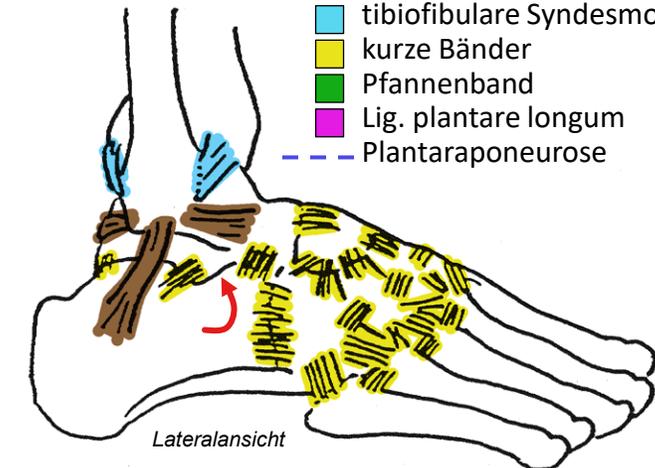
- ■ 3 Etagen zusätzlicher passiver Sicherung des Längsgewölbes durch lange Bänder: Pfannenband, Lig. plantare longum, Plantaraponeurose

- Bandsicherung der Fussgewölbe wird ergänzt durch aktive Verspannung durch in- und extrinsische Fussmuskeln

- Fussgewölbe bilden sich beim Kind erst mit dem Gehenlernen

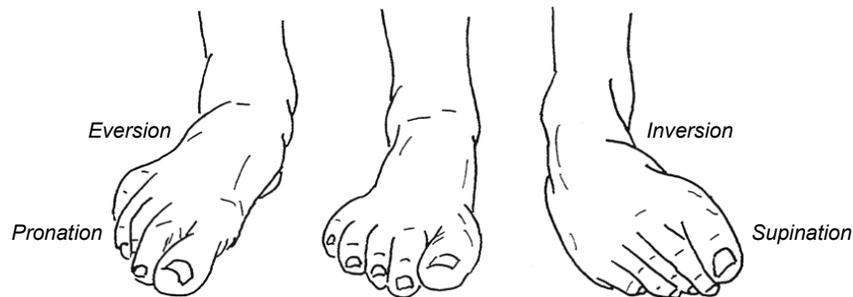


- mediales Kollateralband
- laterales Kollateralband
- Lig. talocalcaneum interosseum
- tibiofibuläre Syndesmose
- kurze Bänder
- Pfannenband
- Lig. plantare longum
- - - Plantaraponeurose

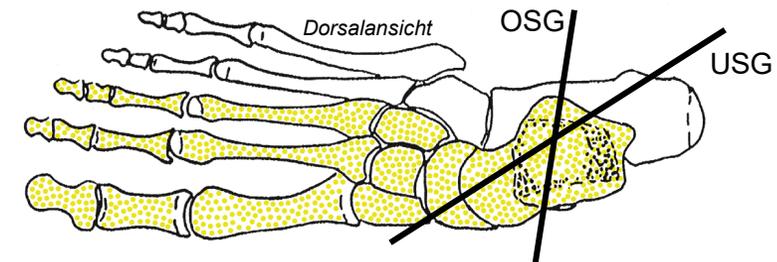


Bewegungen der Sprunggelenke

- Oberes Sprunggelenk OSG
 - 50° Plantarflexion (= Plantarextension)
 - 20° Dorsalextension (= Dorsalflexion)
- Unteres Sprunggelenk USG
 - 10° Eversion des Rückfusses im USG, durch Torsion des Fußskeletts ergänzbar bis zu 30° Pronation des Vorfusses
 - 20° Inversion des Rückfusses im USG, durch Torsion des Fußskeletts ergänzbar bis zu 60° Supination des Vorfusses
- OSG+USG=Kardangelenk
 - Talus = Mittelstück (60% Gelenkknorpel) ohne Sehnenansätze
 - Bewegung ergänzt durch Verformung des übrigen Fußskeletts
 - sicherer Stand und effiziente Kraftübertragung auf 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 hallucis longus		+	+	
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 («Kreuzverband»)

Dorsale extrinsische Fussmuskeln

- extrinsisch (lang): Ursprung + Muskelmasse am Unterschenkel, Ansatz am Fuss

oberfl.

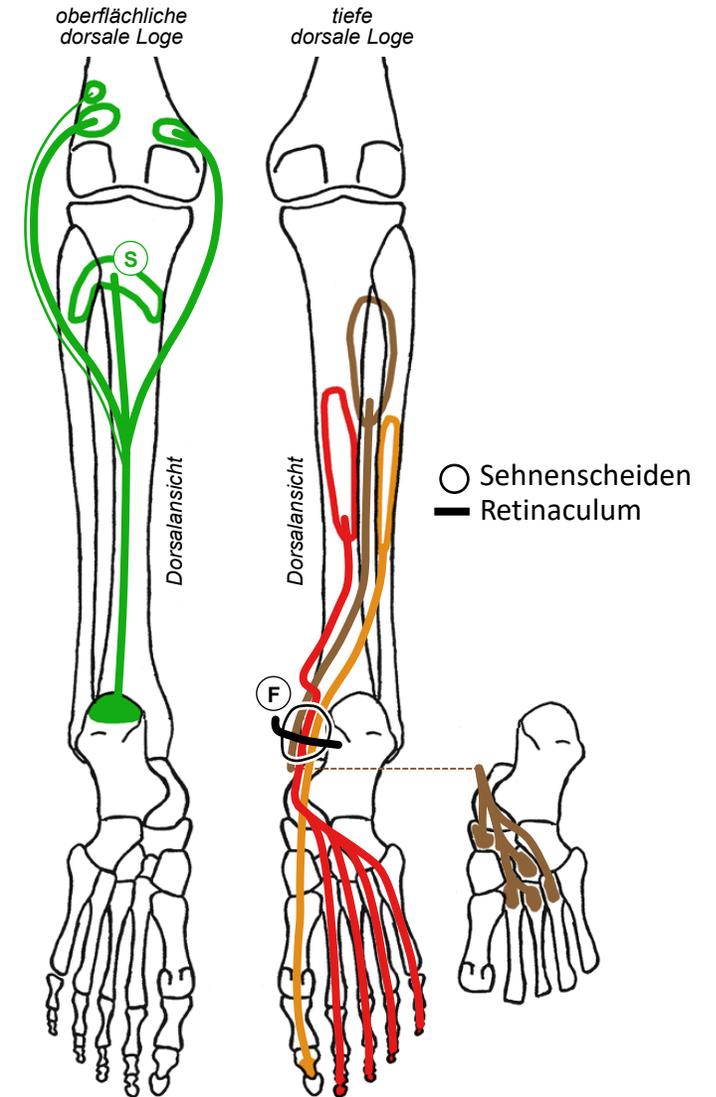
- M. triceps surae (siehe auch Kniegelenk)
- Ⓢ tiefer Kopf: M. soleus (Schollenmuskel): Soleusarkade → Calcaneus

tief

- 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

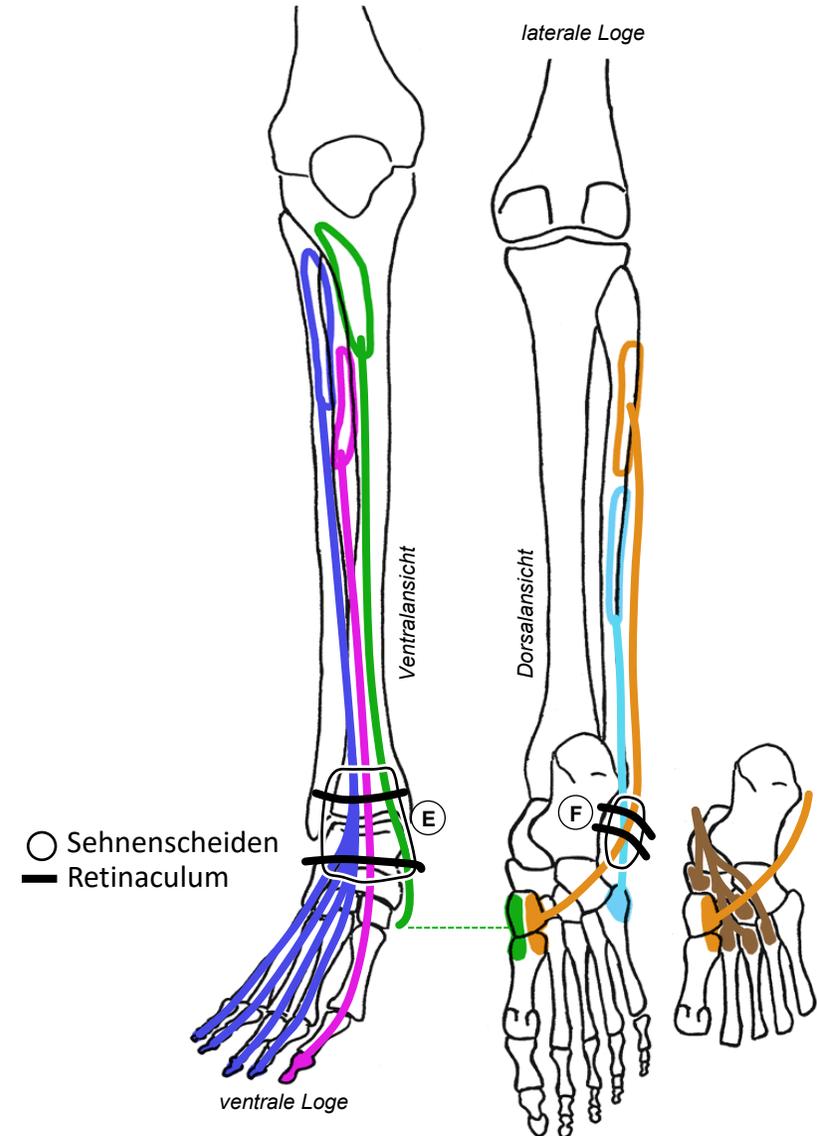
- führt 3 Sehnenscheiden dorsal des Innenknöchels mit 90° Kurve vom Unterschenkel zur Fusssohle



Ventrale und laterale extrinsische Fussmuskeln

- ventral
- 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
- lateral
- ⓔ 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 (oberflächlicher, weiter proximal)
- M. fibularis brevis (tiefer, distal)

UO) Oberflächliche dorsale Unterschenkelloge

- M. gastrocnemius (oberflächlicher)
- M. soleus (tiefer)

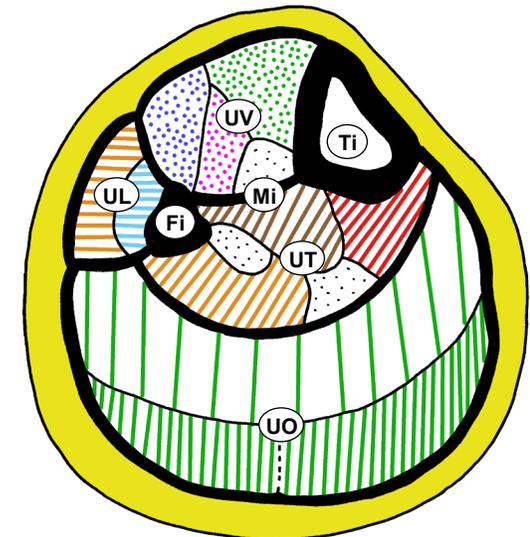
UT) Tiefe dorsale Unterschenkelloge

- M. flexor hallucis longus (lateral, fibular)
 - M. tibialis posterior (intermediär)
 - M. flexor digitorum longus (medial, tibial)
- Chiasma plantare
 - Chiasma crurale
 2x Kreuzung wegen «verkehrter» Lage

• Logensyndrom = Kompartmentsyndrom

- Schwellung + Überdruck durch Trauma/Überlastung → Einschränkung der Blutzirkulation
 → Schmerz → ev. Nekrose (va. ventrale Unterschenkelloge, auch Fuss, Unterarm)

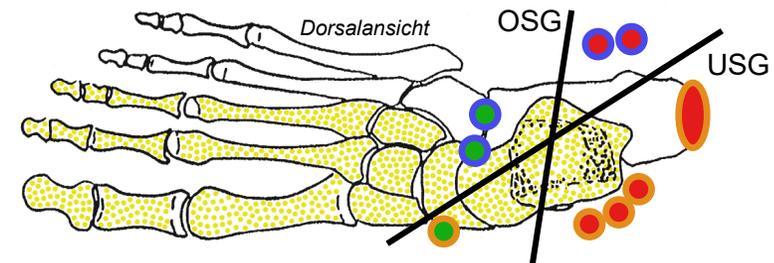
Ti Tibia
 Fi Fibula
 Mi Membrana
 interossea
 — Gruppenfaszie
 --- Muskelfaszie



Muskelfunktionen an Sprunggelenken

- alle Muskeln wirken auf OSG und USG: Effekt je nach OSG/USG-Achsenquadrant, in dem die Sehne verläuft
- Plantarflexion / Dorsalextension
 - Ⓐ Hauptmuskeln: M. triceps surae (teils 2-gelenkig) ↔ M. tibialis anterior (kräftig, bester Hebelarm)
 - Ⓑ Zehenstrecker strecken auch OSG
 - Ⓒ fibulare & tiefe dorsale Muskeln unterstützen Plantarflexion
- Eversion / Inversion
 - Ⓓ Hauptmuskeln: Mm. fibulares ↔ M. triceps surae
 - Ⓔ tiefe dorsale Muskeln → Inversion
 - Ⓕ ventrale Muskeln → In- oder Eversion je nach Lage
- Besonderheiten
 - Kraftverhältnisse: Plantarflexion > Dorsalextension, Inversion > Eversion, M. triceps surae: essenziell für Zehenstand, ohne ist Gehfähigkeit vermindert, ev. aufgehoben
 - Fixpunkt Fuss: Balance im Stehen, Vortrieb beim Gehen
 - M. gastrocnemius: passive Insuffizienz (Interferenz Dorsalextension OSG ↔ Extension Kniegelenk), aktive Insuffizienz (Plantarflexion geschwächt bei flektiertem Kniegelenk)
 - als extrinsische Fussmuskeln → Fussgewölbeverspannung

	Plantarflexion	Dorsalextension	Eversion	Inversion
M. plantaris	(+)	(+)		(+)
M. gastrocnemius ¹	+++	+++		+++
M. soleus ¹	+++	+++		+++
M. tibialis anterior	+++	+		+
M. extensor digitorum longus	++	+	++	+
M. extensor hallucis longus	+	+	+	+
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 («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 Muskeln
 - alle plantar gelegen
- Funktion
 - 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
 - keine Wirkung auf Sprunggeleke

