

Grundlagen der Ganganalyse

Zusammenspiel aus räumlichen, zeitlichen, kinematischen & kinetischen Parametern

Andreas Kranzl

Orthopedic Hospital Vienna-Speising,
Laboratory for Gait and Movement Analysis, Vienna, Austria



Disclosure



I have no actual or potential conflict of interest in relation to this program/presentation.

zu meiner Person



Absolvent der Sportwissenschaften mit der Fächerkombination Prävention/Rekreation

1994 -1997 Labor für Gangsanalyse am Allgemeinen Krankenhaus in Wien (AKH)

zu meiner Person

Seit 1996: Leiter des Labors für Gang- und Bewegungsanalyse am Orthopädischen Spital Speising



Orthopädisches Spital
Speising

Speisinger Straße 109

1130 Wien



Möglichkeit zum Absolvieren eines Praktikums

Was bedeutet Ganganalyse

Definition laut Wikipedia:

Die Ganganalyse (engl.: gait analysis) ist ein technisch-wissenschaftliches Verfahren – Teilgebiet der Bewegungsanalyse – mit dessen Hilfe die natürliche Fortbewegungsart von Lebewesen, im Speziellen die des Menschen, das Gehen, beschrieben und auf seine Charakteristika hin untersucht wird.

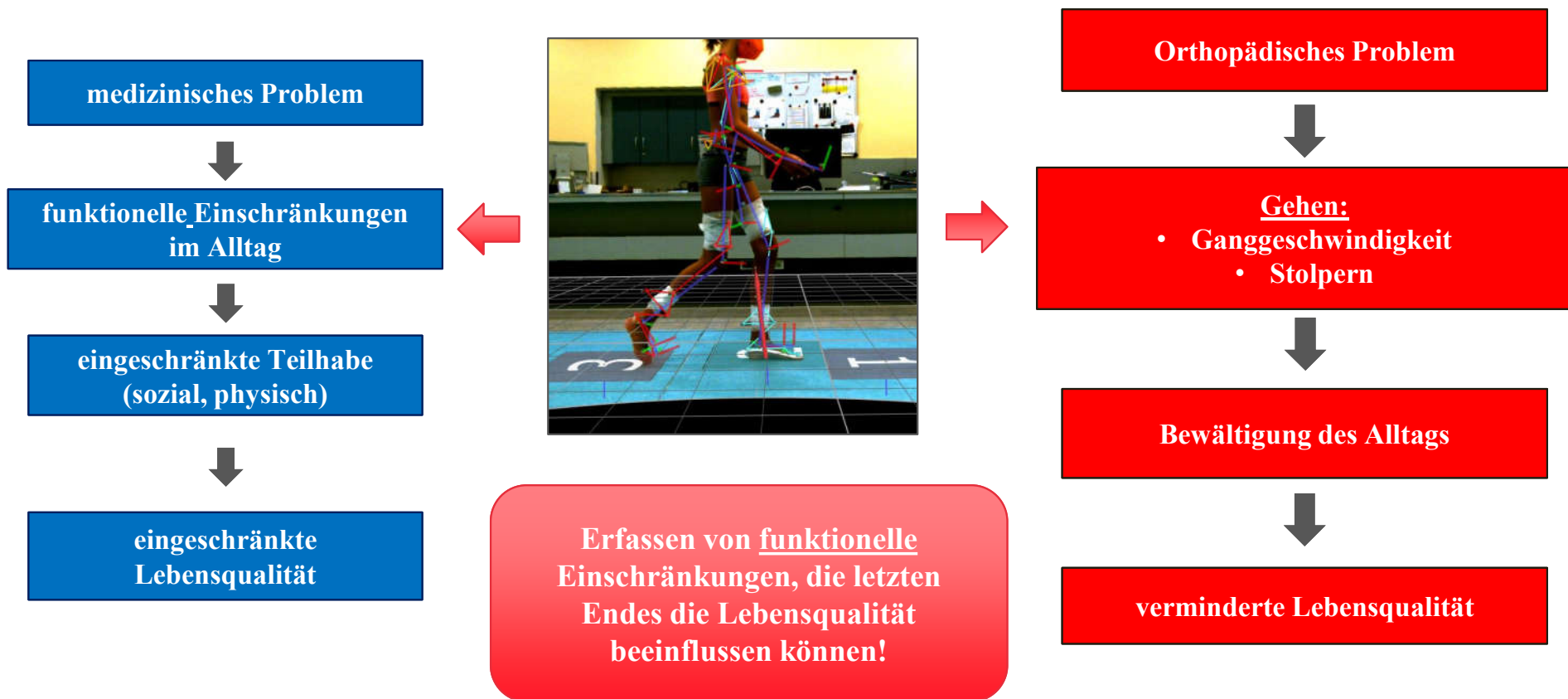
Was wird unter Ganganalyse im Allgemeinen verstanden?



Orthopädisches
Spital Speising
Wien

Gang-und Bewegungsanalyse

Warum braucht man das?



Wann spricht man von Ganganalyse

Analyse des menschlichen Gangs

beschreiben

analytisch

Welche Parameter?

Zeit – Weg Parameter

Kinematik

Kinetik

Elektromyographie

Energieverbrauch

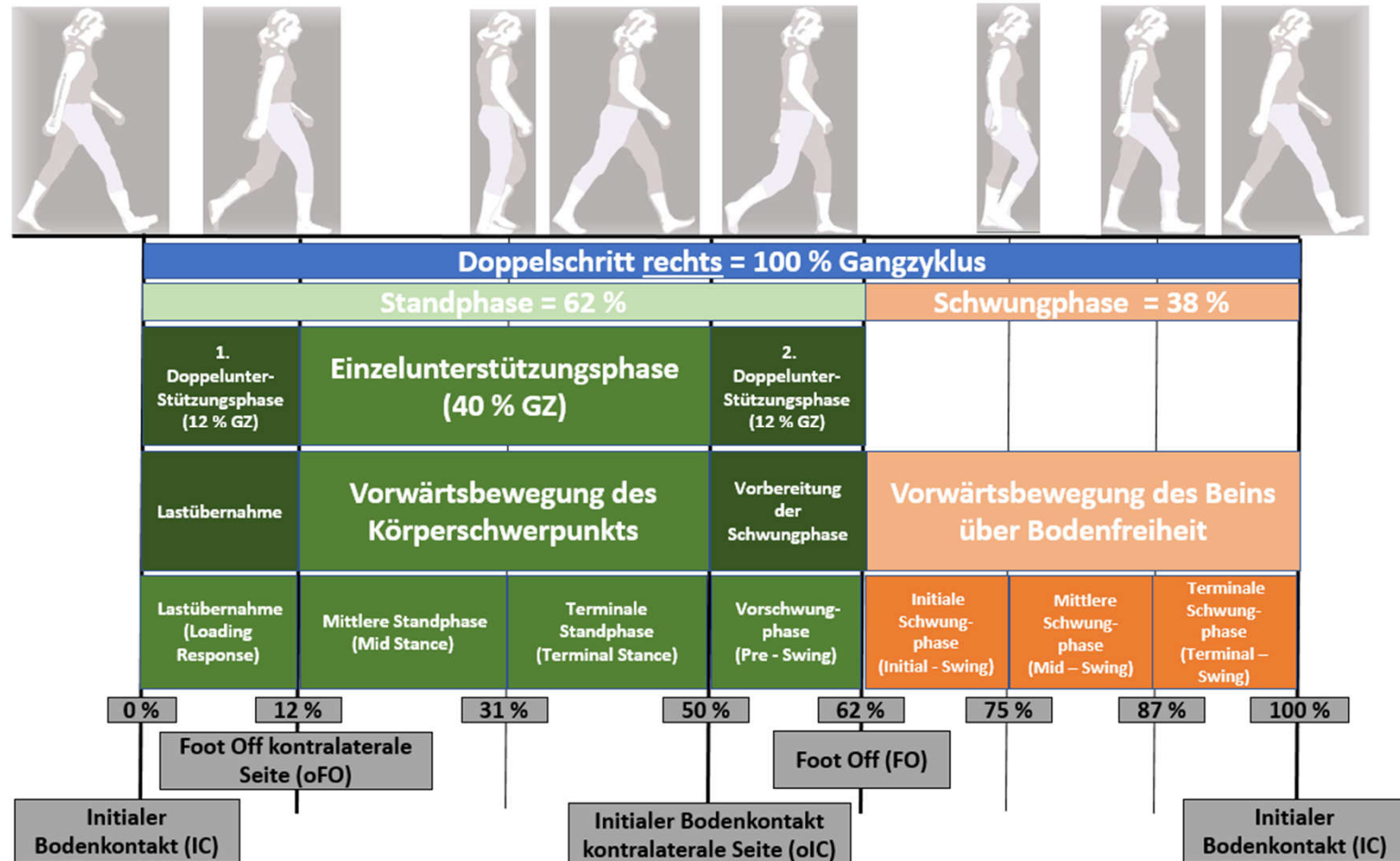
FRAGESTELLUNG

Der physiologische Gangzyklus

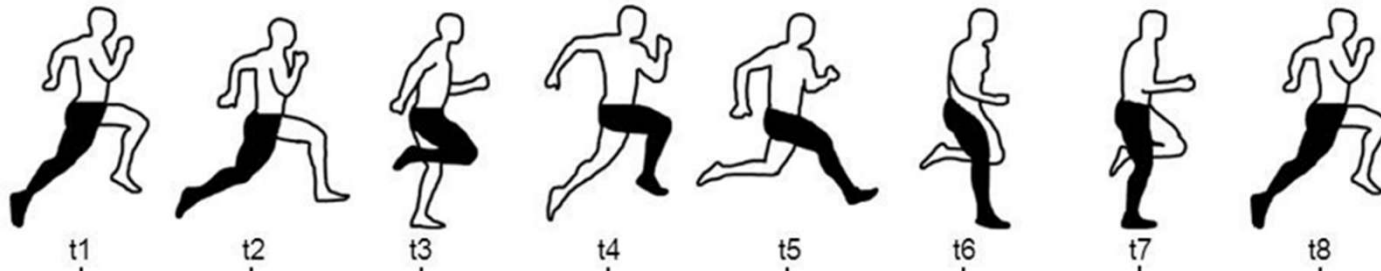
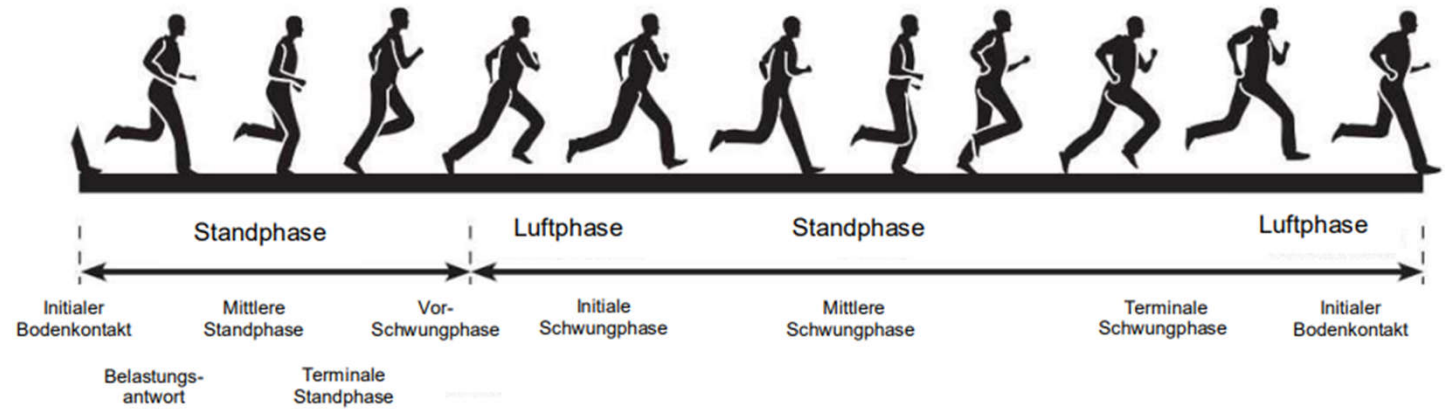
Phase des
Physiologischen Gangzy-
klus nach Perry, 1992.

Pathologische Gangzyklen
können abweichen.

Der rechte Gangzyklus ist
um einen halben Zyklus
zum linken phasen-
verschoben.



Laufzyklus



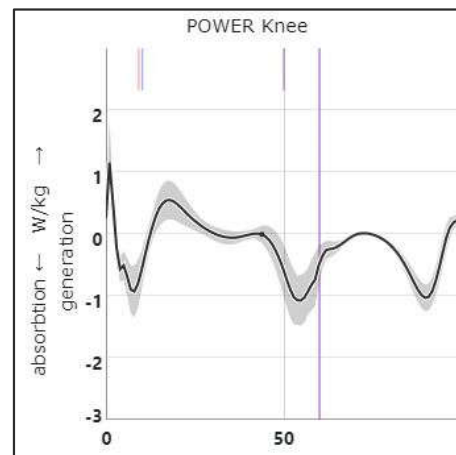
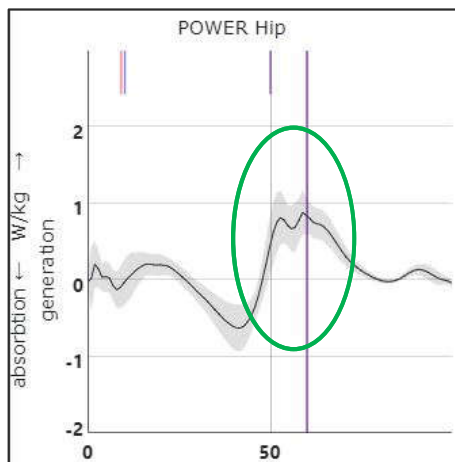
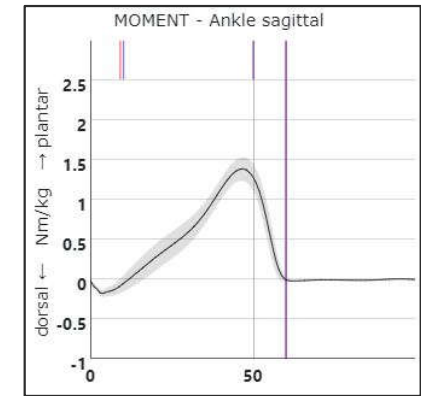
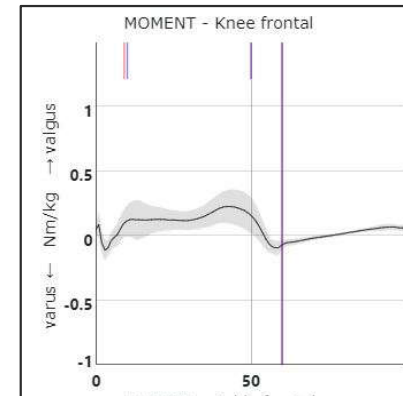
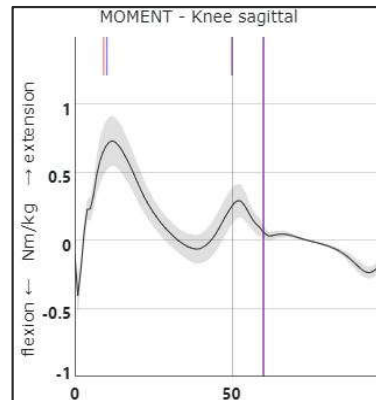
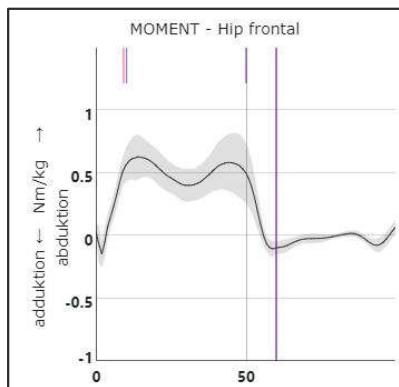
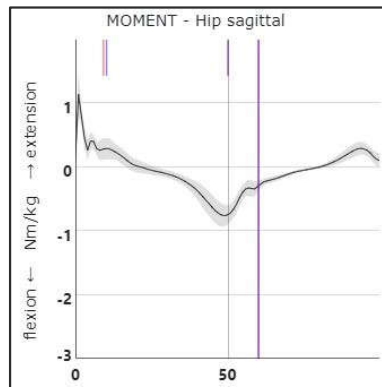
t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Take off	Max. Hüftwinkel	Min. Kniewinkel	Max. Kniehub	Max. Ausgreifen	Take on	Vertikalmoment	Take off

Aus-schwingen	Anfersen	Kniewhub	Ab-schwingen	Stützfasen	Durchziehen/Abdrücken
Ausschwung	Kniewhubschwung		Schwungzug		Stützzug
Schwungphase			Zugphase		

Abb. 1: Phasenstruktur des Doppelschrittes (in Anlehnung an Tidow & Wiemann, 1994)

3D Ganganalyse Kinetik

Interpretation Momente und Leistung



Das SPG trägt mit der Leistungsgeneration in der Vorschwungphase zum Vortrieb bei!

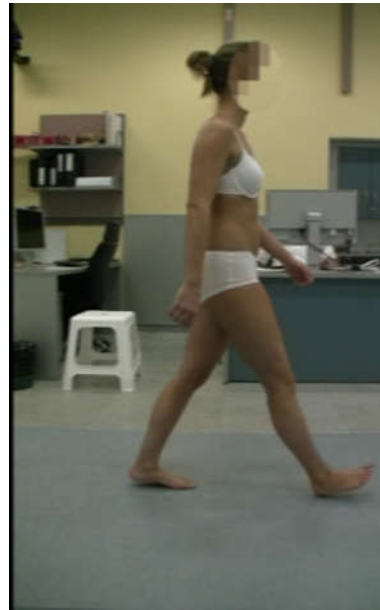
Das Hüftgelenk trägt mit der Leistungsgeneration zum Ende der Standphase zum Vortrieb bei!

Erste Doppelunterstützungsphase

Initialer Bodenkontakt

Von 0 %

Der Moment, bei dem der Fuß den Boden berührt.

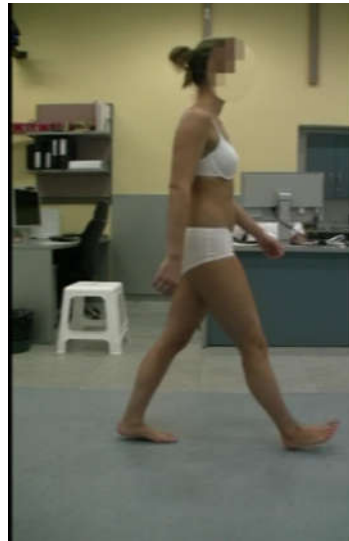


1. Doppelunterstützungsphase

Stoßdämpfungsphase

Von 0-10 %, Gewichtübernahme, Schockabsorbierung

Definition: beginnt mit dem initialen Bodenkontakt und endet mit dem Abheben des kontralateralen Beines. 1. doppelt unterstützte Phase

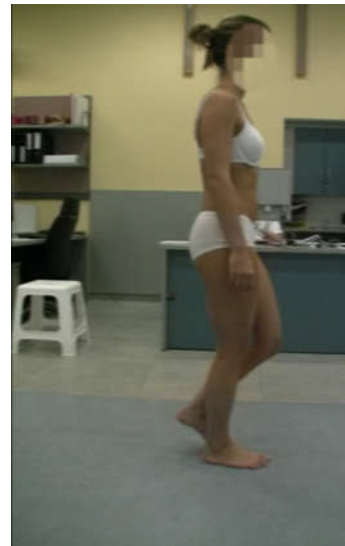
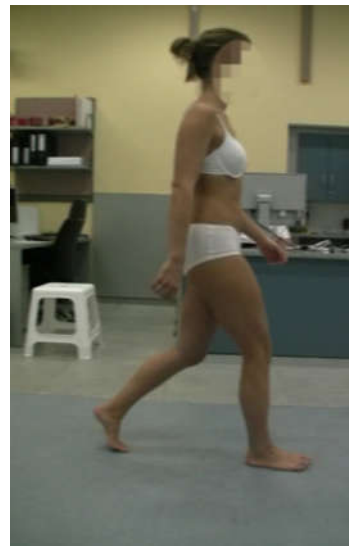


Einzelunterstützungsphase

Mittlere Standphase

Von 10-30 %, Stabilität

Definition: beginnt mit dem Abheben des kontralateralen Beines und endet mit dem Kreuzen des Sprunggelenks vom Referenzbeines. Teil der einfach unterstützten Phase



Einzelunterstützungsphase

Terminale Standphase

Von 30-50 %

beginnt mit dem Kreuzen des Sprunggelenks vom Referenzbeines und endet mit dem initialen Bodenkontakt des kontralateralen Beines.
Teil der einfach unterstützten Phase

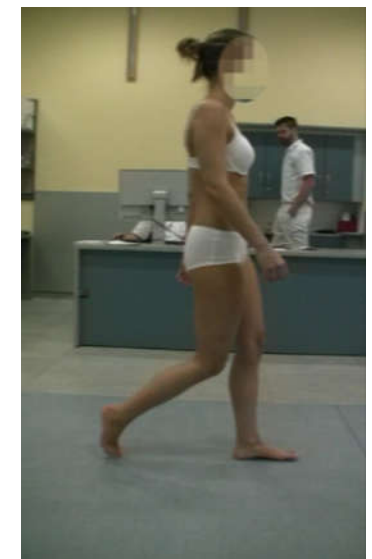


2. Doppelunterstützungsphase

Vorschwungphase

Von 50-60 %, Vorpositionierung für die Schwungphase

Definition: beginnt mit dem initialen Bodenkontakt des kontralateralen Beines und endet mit dem Abheben des Referenzbeines. 2. doppelt unterstützte Phase

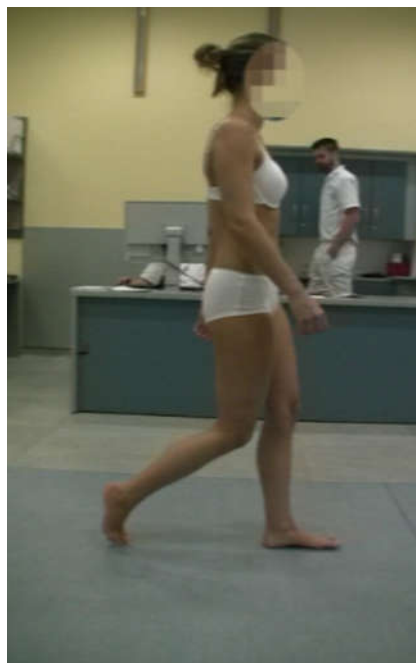


Schwungphase

Beginn der Schwungphase

Von 60-73 %, Bodenfreiheit, Vorbereitung fürs Vorschwingen

Definition: beginnt mit dem Abheben des Referenzbeines und endet, wenn sich das Schwungbein in Opposition zum Standbein befindet (andere Def.: die Sprunggelenke beider Beine überkreuzen sich)



Schwungphase

Mittlere Schwungphase

Von 73-87 %, Bodenfreiheit, Weiterführen des Vorschwingens

Definition: beginnt wenn sich das Schwungbein in Opposition zum Standbein befindet und endet, wenn die Tibia des Schwungbeins vertikal zum Boden steht

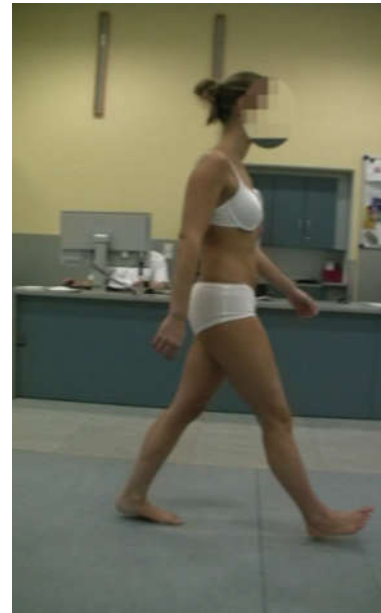
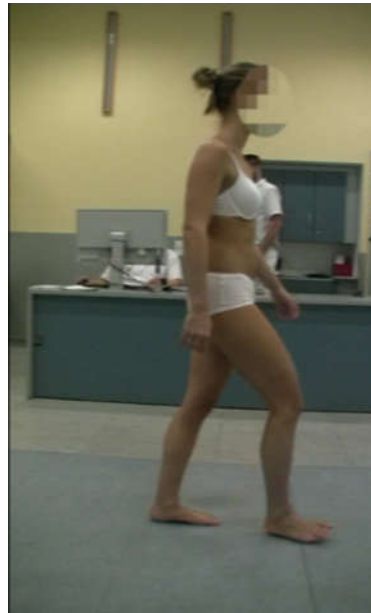


Schwungphase

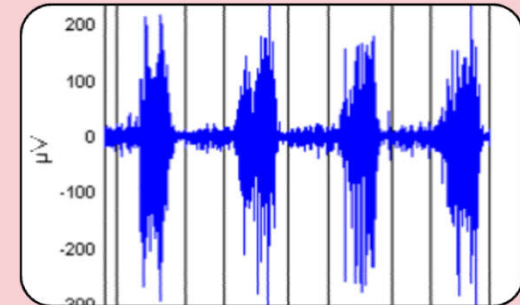
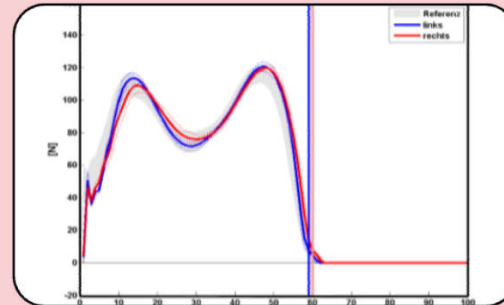
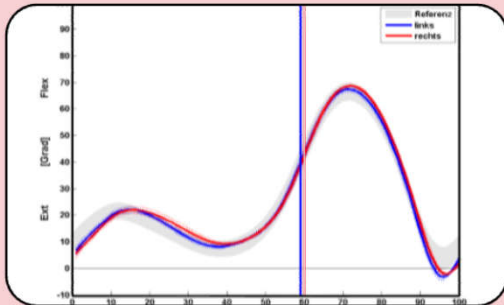
Terminale Schwungphase

Von 87-100 %, Fertigführen des Vorschwingens, Vorbereitung für den initialen Bodenkontakts

Definition: beginnt mit dem senkrecht stehen der Tibia und endet mit dem initialen Bodenkontakt



Biomechanischer Aspekt 3-D Ganganalyse



Kinematik

Welche Bewegung?

Beschreibung der
relevanten
Gelenkwinkel-
verläufe, TDP

Kinetik

Welche Ursache?

zugrunde liegenden
Kräfte messen und
Gelenkmomente
und -leistungen
berechnen

EMG

Welche
Physiologie?

Messung der
Muskelaktivität

3-D Ganganalyse - Was lässt sich beantworten?



wie bzw. womit
sich der Patient
fortbewegt



was sind
Stärken und
Schwächen



ob muskuläre
oder knöchernerne
Defizite
vorliegen



Lokalisationen
mit besonderer
Belastung

FRAGESTELLUNG

3-D Ganganalyse – Einsatzgründe



Unterstützung
der
Diagnosefindung



Therapieplanung
operativ /
konservativ



Therapie-
evaluation



Dokumentation



FRAGESTELLUNG

Wie wird was gemessen?

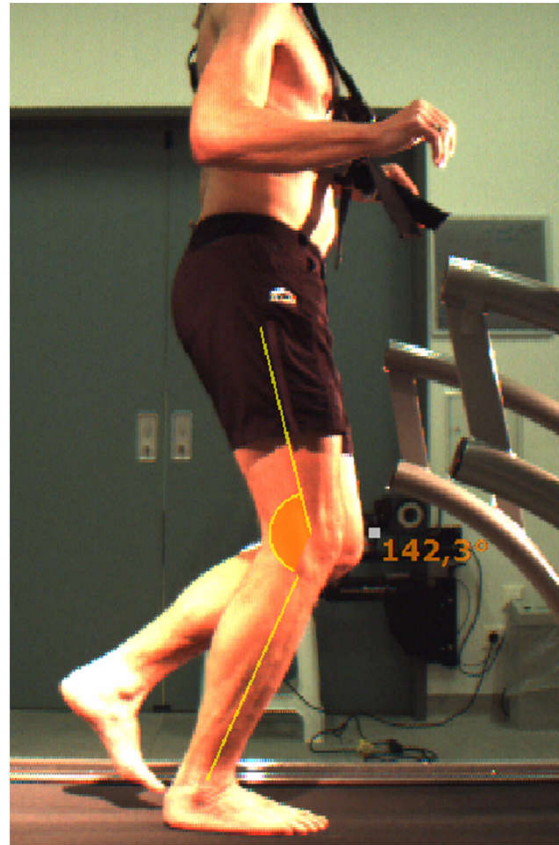
Winkeldarstellung



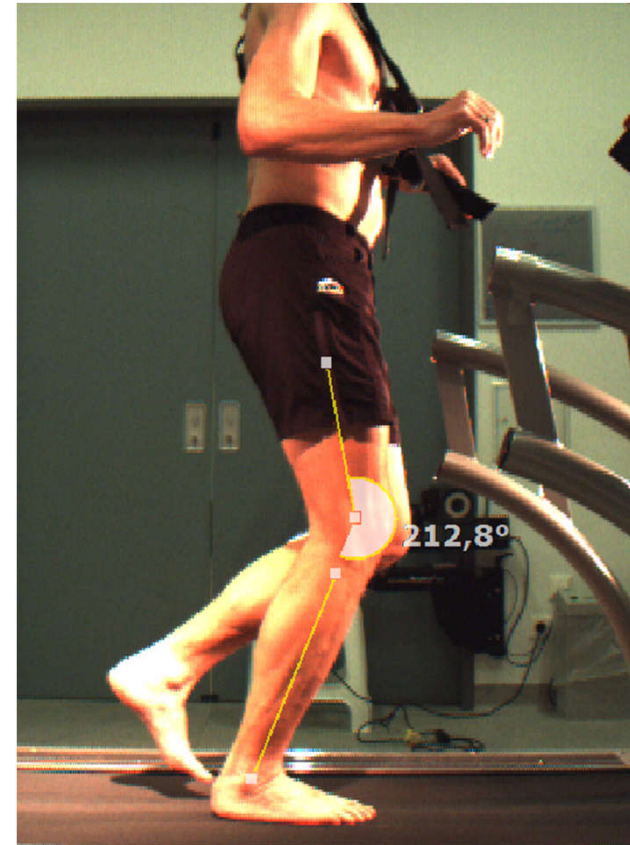
Welcher Kniewinkel
im rechten Kniegelenk
ist her zu sehen?

Quelle: Orthopädisches Spital Speising

Winkeldarstellung welche Angabe stimmt?



142° oder 38°



212° oder 32°

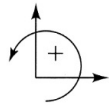
Winkelangaben

Biomechanical

160°

-135°

95°



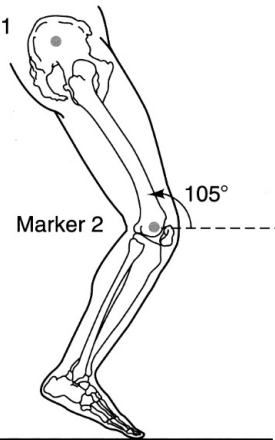
Medical

20° of flexion

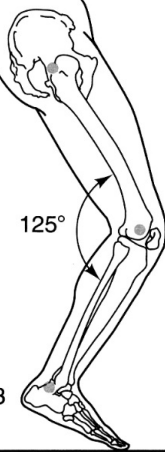
45° of flexion

5° of plantar flexion

Marker 1

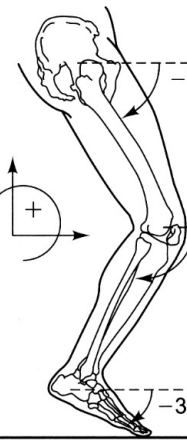


Marker 1

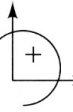


Marker 2

Marker 3



-70° or 290°



-100° or 260°

-35° or 325°

Biomechanischer Aspekt

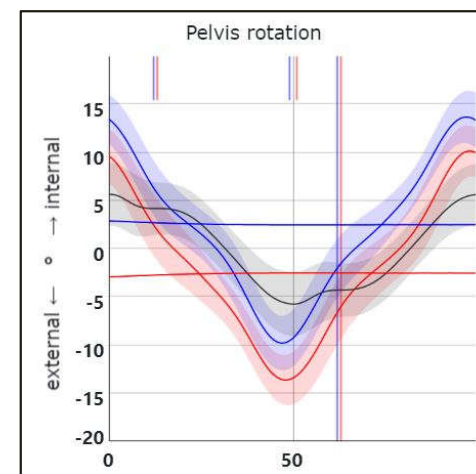
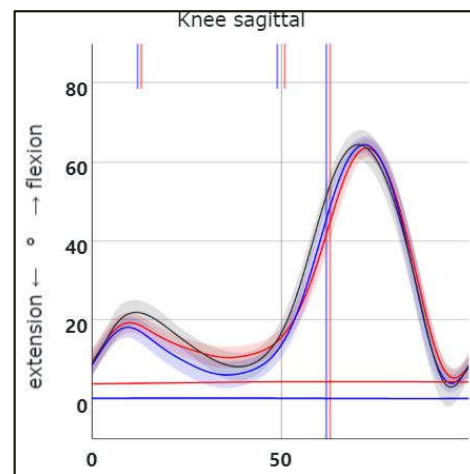
3D Ganganalyse Kinematik

Winkel können **absolut im Raum** berechnet werden

- lokales Bezugssystem im globalen Bezugssystem (z.B. Becken im Raum)

Winkel können **relativ zwischen zwei Segmenten** berechnet werden

- Lokales Bezugssystem zu globales Bezugssystem (z.B. Oberschenkel zu Unterschenkel = Kniewinkel)



Winkeldarstellung

Absolute Winkeln

gemessen zum Raumkoordinatensystem

Relative Winkeln

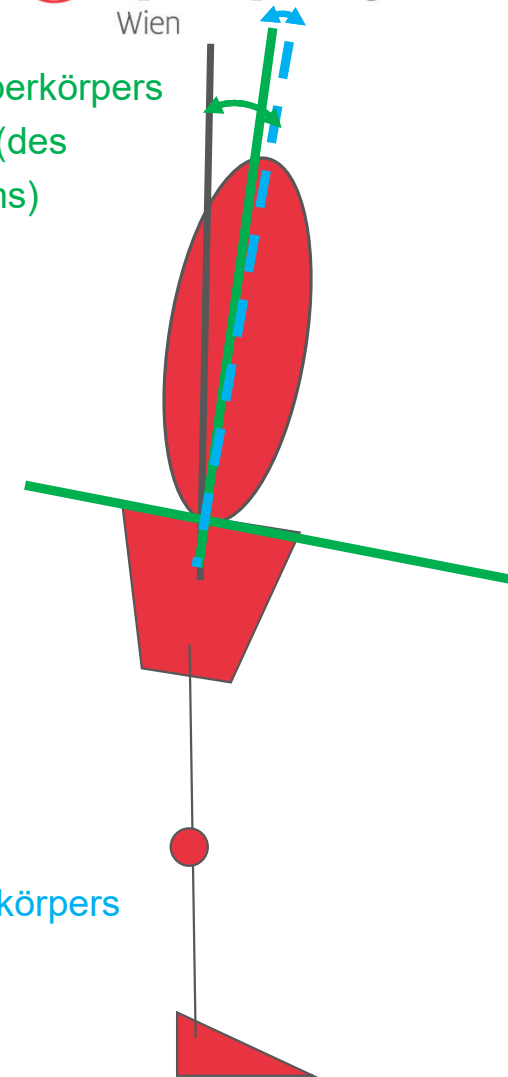
gemessen zum Segment davor

Gelenkwinkel:

ist der Winkel zwischen zwei Segmenten

Absolut:

Anteriore Kippung des Oberkörpers
in Relation zur vertikalen (des
Raum-Koordinatensystems)

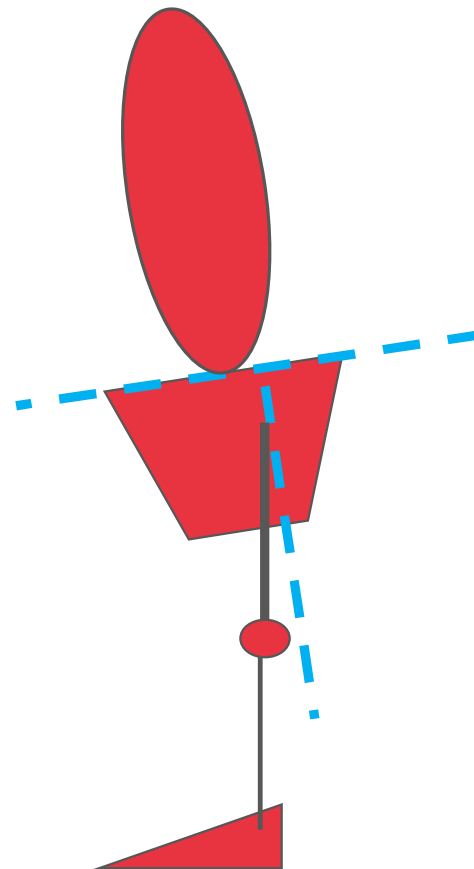
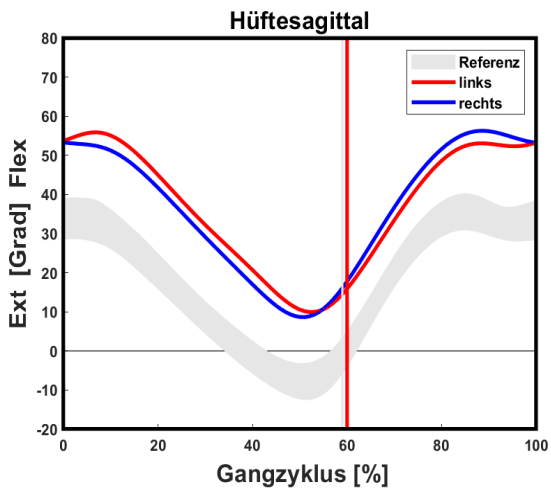
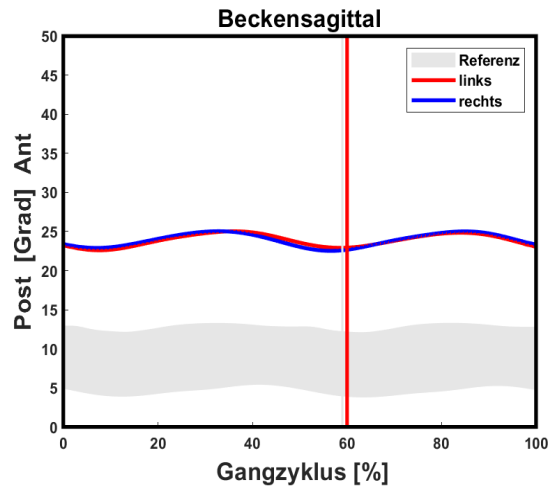


Relativ

Anteriore Kippung des Oberkörpers
in Relation zum Becken

Wie definiert am Beispiel des Hüftwinkels

Abweichungen zu den Referenzwerte



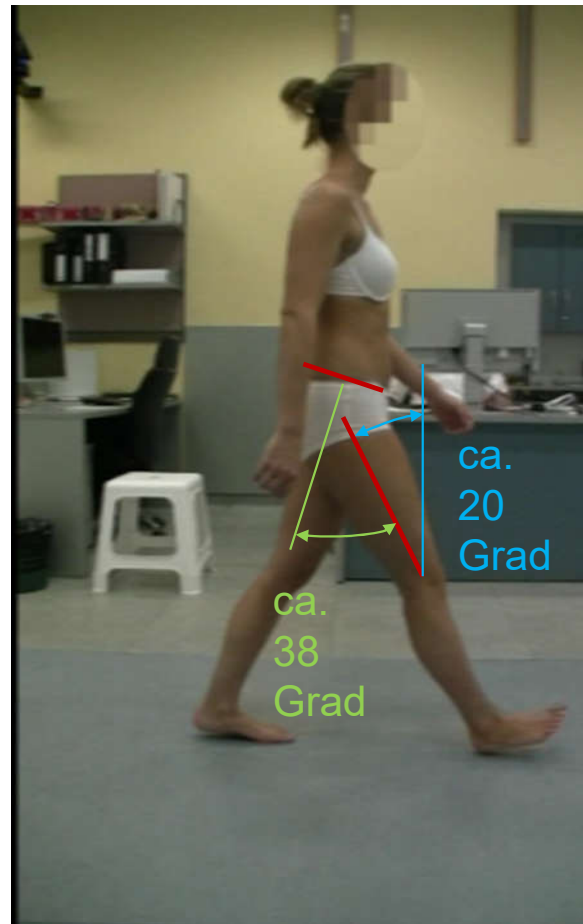
Hüftwinkel beschreibt
Bewegung des
Oberschenkels in Relation
zum Becken.

Winkelbestimmung

Beckenwinkel:

Hüftwinkel relativ
zum Becken

Hüftwinkel absolut
zum Raum



Interpretation von Werten in der Literatur

Tab. 14: Kinematik Ergebnisse Probandin 1 Hüfte

			Normdaten	Barfuß		Optimal		Fest	
			Mittelwert	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
rechts	IC	Flexion	20,00	45,77°	±4,57	34,16°	±5,30	30,87°	±6,96
	MSt	peak Ex	10,00	5,25°	±0,53	10,54°	±1,57	11,26°	±1,01
links	IC	Flexion	20,00	43,25°	±6,46	29,45°	±2,57	33,72°	±9,07
	MSt	peak Ex	10,00	3,69°	±0,34	14,25°	±0,73	11,30°	±4,78

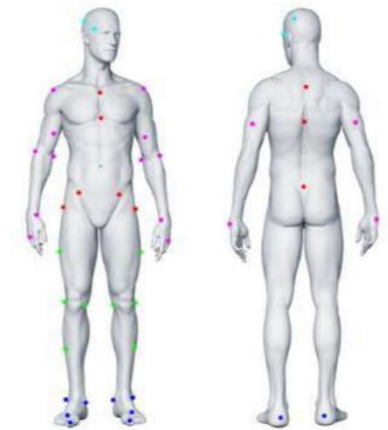


Abb. 18: Markerplatzierung

(Simi Reality Motion Systems GmbH, 2019)



Eigenes Bildmaterial AK

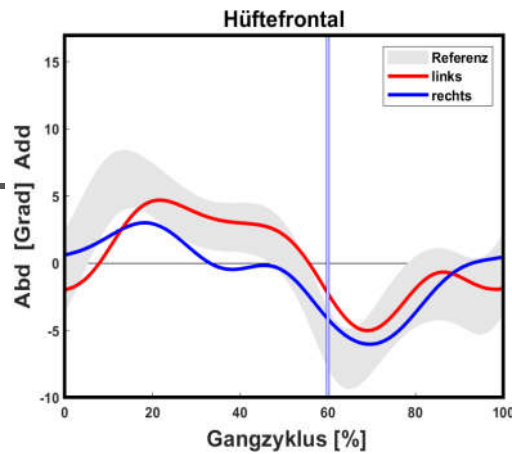
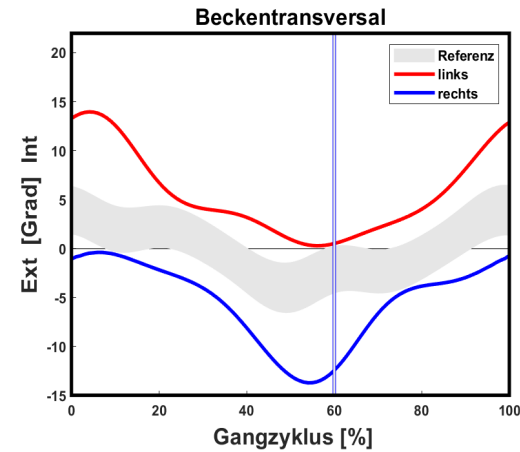
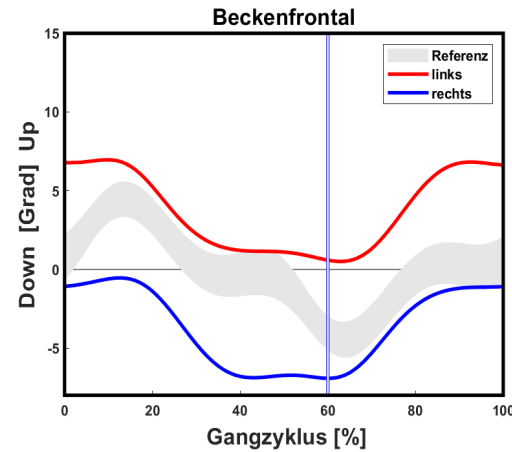
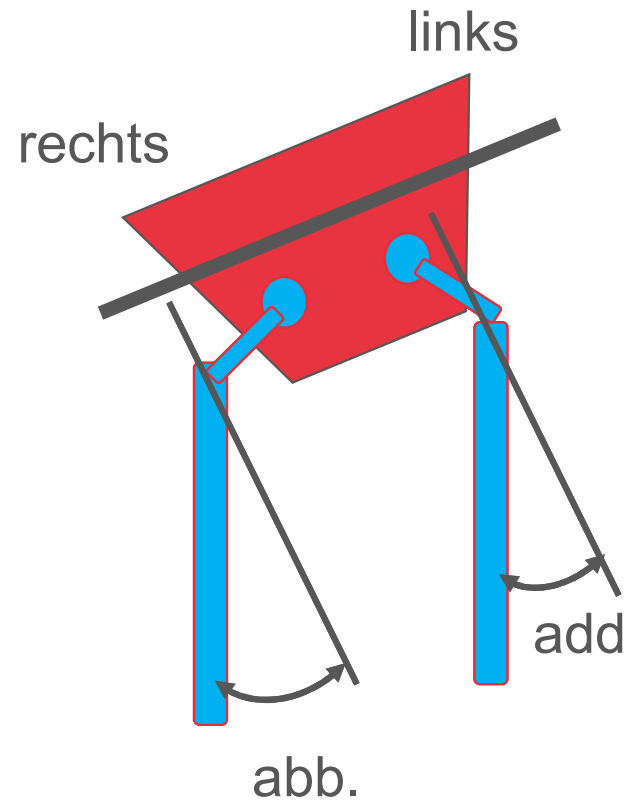
Patienten bilaterale spastische CP

Quelle: Masterarbeit aus einem Universitätslehrgang:
Neuroorthopädie - Disability Management

Tab. 7: Markerplatzierung

Vorfuß	Spina iliaca anterior superior
Ferse	Sacrum
Malleolus lateralis	Th8 (8 Wirbel der Lendenwirbelsäule)
Malleolus medialis	C7 (7 Wirbel der Halswirbelsäule)
Unterschenkel außen	Processus Xiphoideus
Condylus lateralis (Knie)	Manubrium sterni
Condylus medialis (Knie)	Acromion
Oberschenkel außen	Ellenbogen außen
Trochanter	

Abweichungen zu den Referenzwerte



Frontal: aufgrund der Beckenstellung müsste links verstärkt adduziert sein und rechts abduziert.

Transversal erklärt, warum links und rechts nicht verstärkte adduziert bzw. abduziert ist

Terminologie

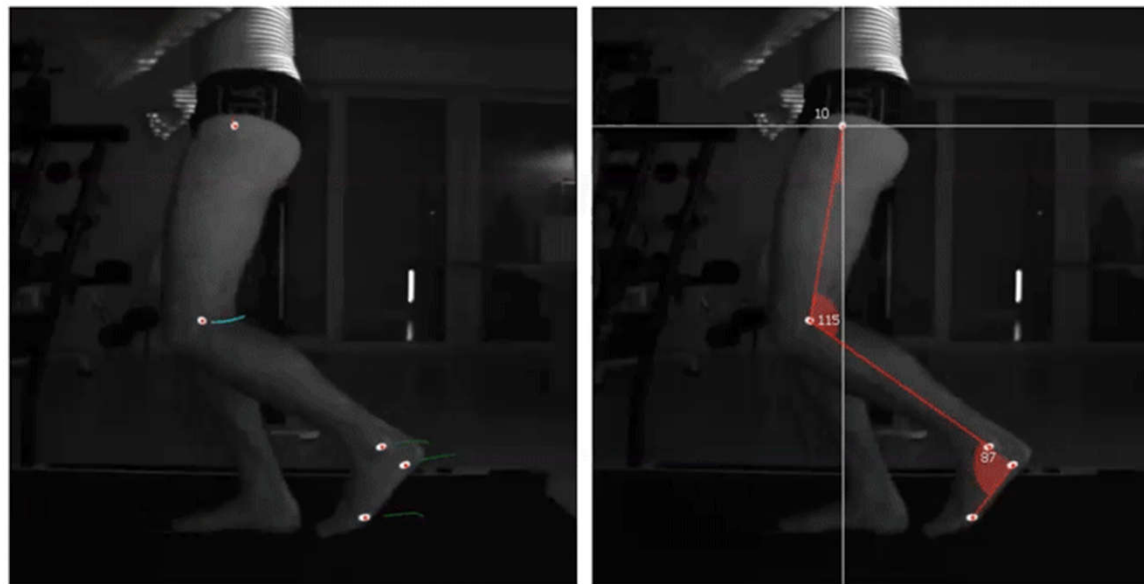
Klassische Angaben in der klinischen Ganganalyse

www.g-a-m-m-a.org, www.esmac.org, www.cmasuki.org

Terminologie Beispiel

Beispiel aus Sportärztezeitung, 02/19

Aufnahmen mit mittels Linienscanner
und Videokameras am Laufband,



Quelle: <https://diers.eu/de/produkte/video-ganganalyse/diers-leg-axis/>
am 19.07.2010

Angaben in den Ergebnissen:

laterale Beinachse in der Dynamik zum Zeitpunkt Ende Loading response:

Hüftflexion: 11°, Knieflexion 7°

Begriffsbestimmungen

- **Ganggeschwindigkeit**
- Kadenz
- Einzelschritt
- Doppelschritt
- Schrittbreite
- Fußöffnungswinkel

Zurückgelegte
Wegstrecke in einer
bestimmten Zeit



Steigerung der Ganggeschwindigkeit

über Kadenz
über Schrittlänge
über beide Anteile



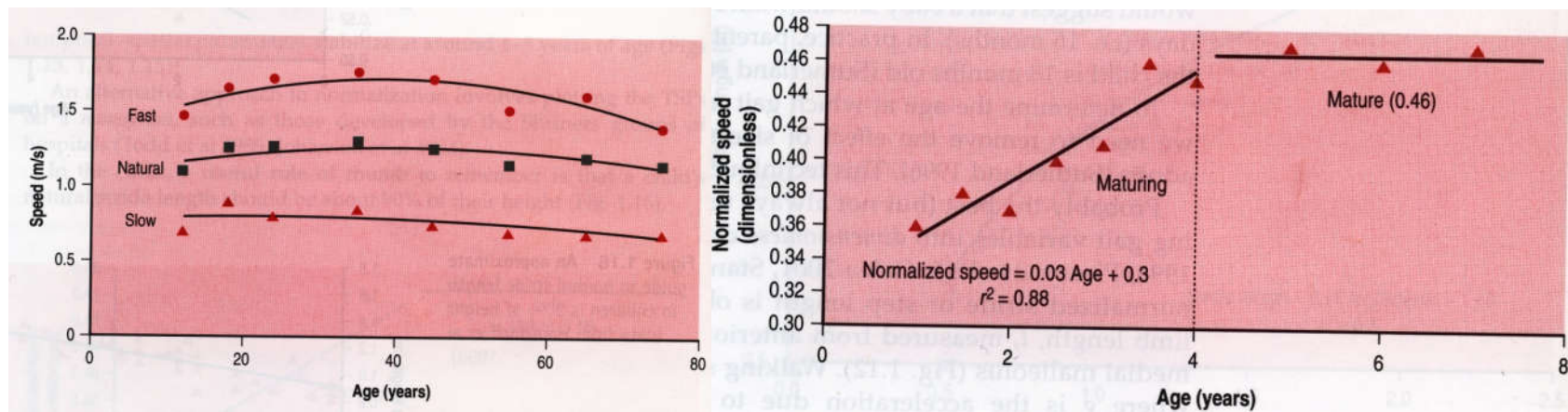
$$\text{Geschwindigkeit}[m / \text{sec}] = \frac{\text{Doppelschrittlänge}[m] * \text{Kadenz}[1 / \text{min}]}{120}$$

Abhängigkeit Schrittlänge - Kadenz



Normales Gangbild

Geschwindigkeit:



Begriffsbestimmungen

- Ganggeschwindigkeit
- **Kadenz**
- Einzelschritt
- Doppelschritt
- Schrittbreite
- Fußöffnungswinkel

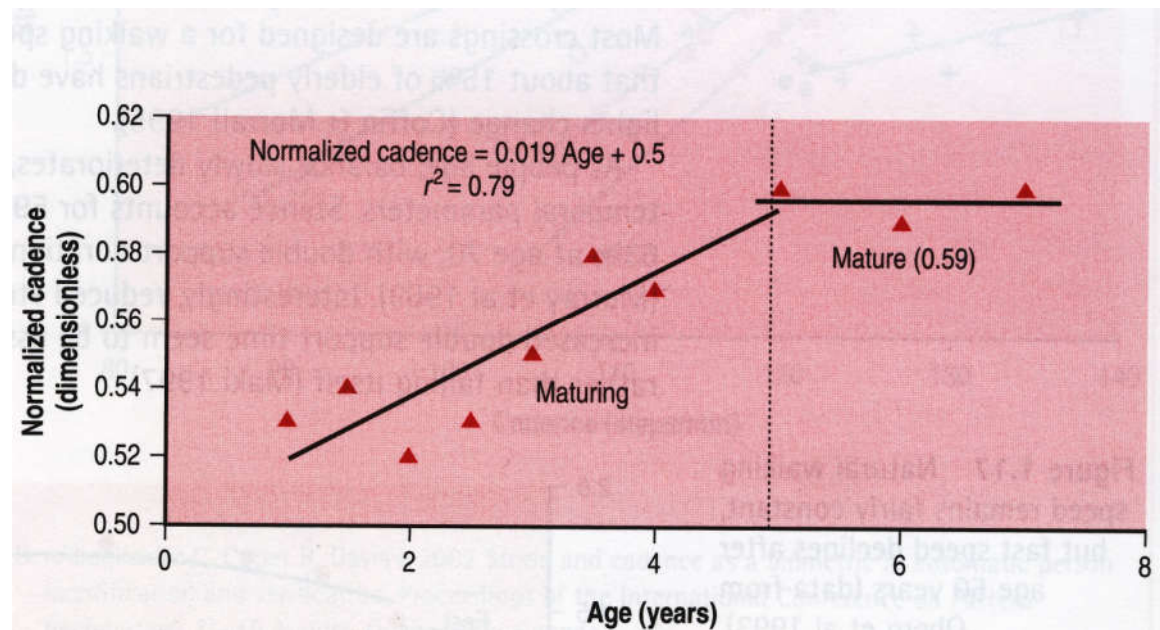
Anzahl der Schritte
pro Minute

Norm: Steps/Minute



Normales Gangbild

Schrittfrequenz:

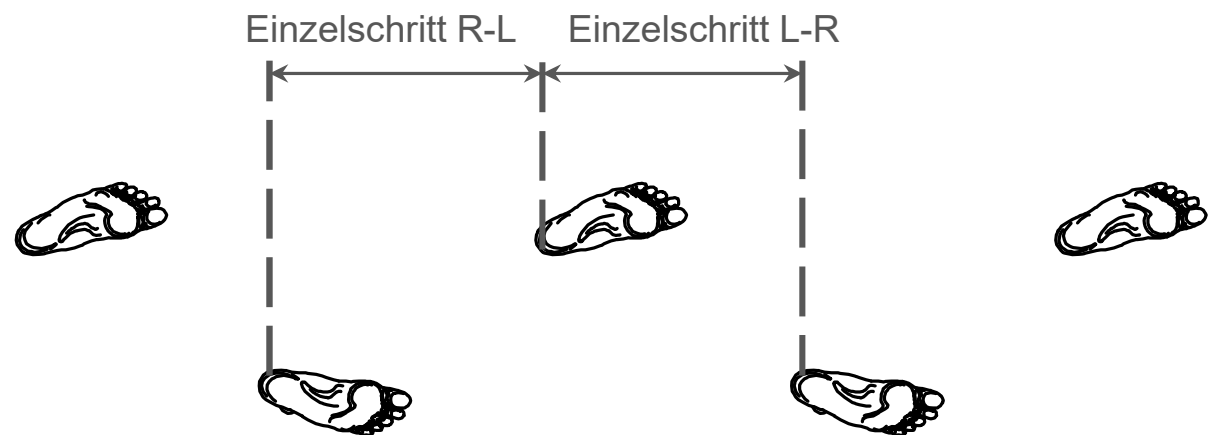


Begriffsbestimmungen

- Ganggeschwindigkeit
- Kadenz
- **Einzelschritt**
- Doppelschritt
- Schrittbreite
- Fußöffnungswinkel

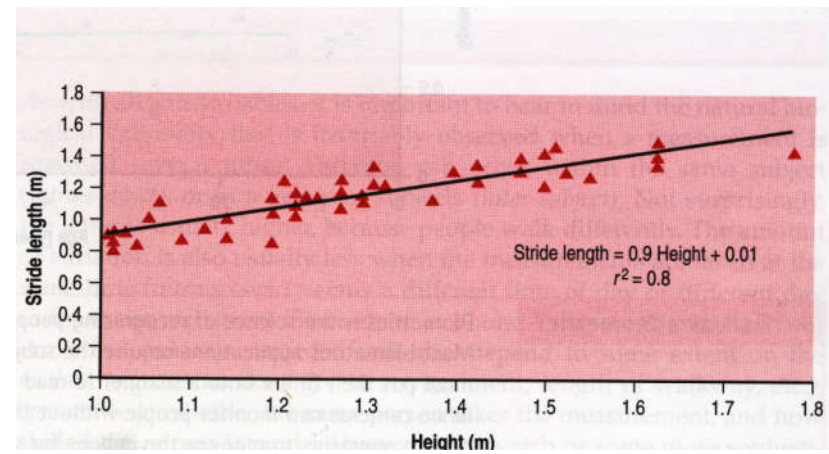
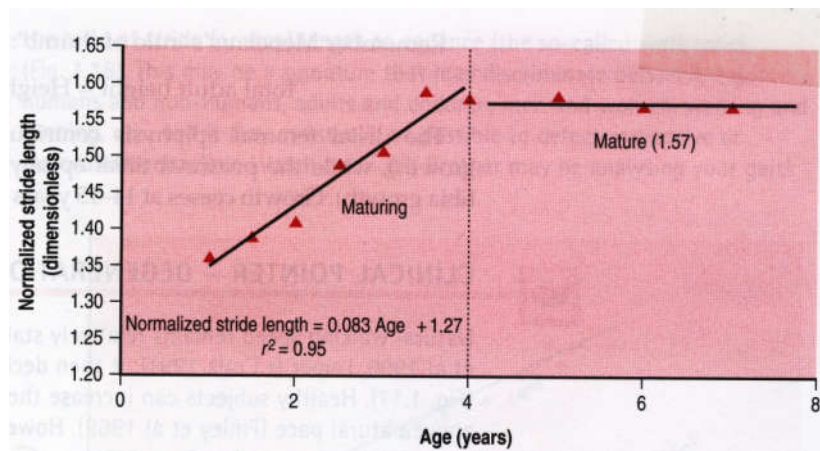
Initialer Bodenkontakt der einen Extremität bis zum initialen Bodenkontakt der anderen Extremität.

Norm: 70 cm



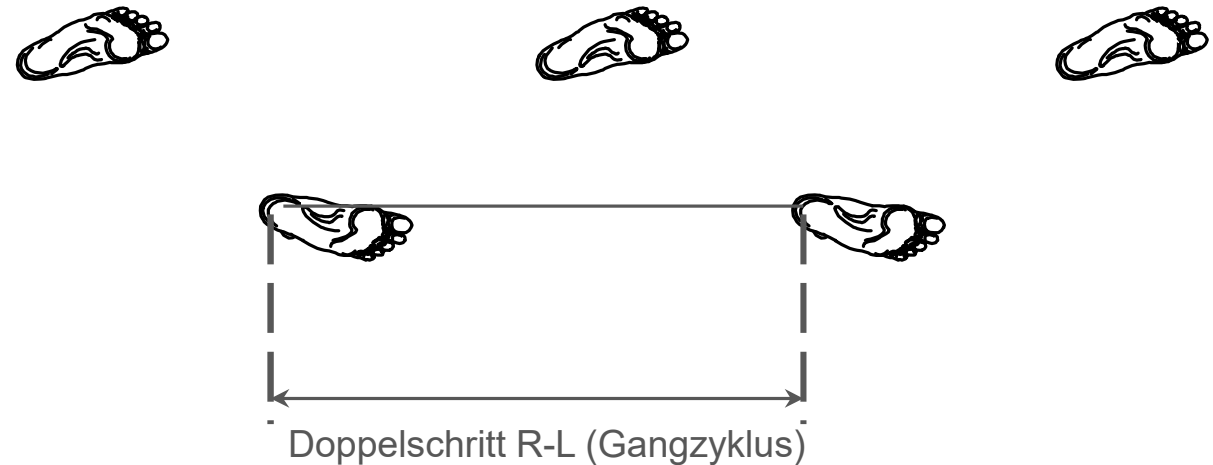
Normales Gangbild

Doppelschrittlänge:



Begriffsbestimmungen

- Ganggeschwindigkeit
 - Kadenz
 - Einzelschritt
 - **Doppelschritt**
 - Schrittbreite
 - Fußöffnungswinkel
- Initialer Bodenkontakt der einen Extremität bis zum initialen Bodenkontakt derselben Extremität.
Norm: 140 cm

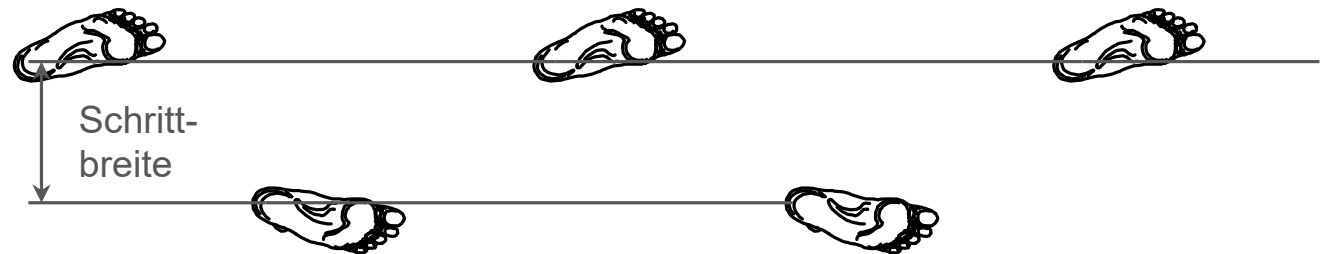


Begriffsbestimmungen

- Ganggeschwindigkeit
- Kadenz
- Einzelschritt
- Doppelschritt
- **Schrittbreite**
- Fußöffnungswinkel

Der Abstand zwischen den Fortbewegungslinien beider Füße.

Abhängig vom Messsystem, verschiedene Definitionen





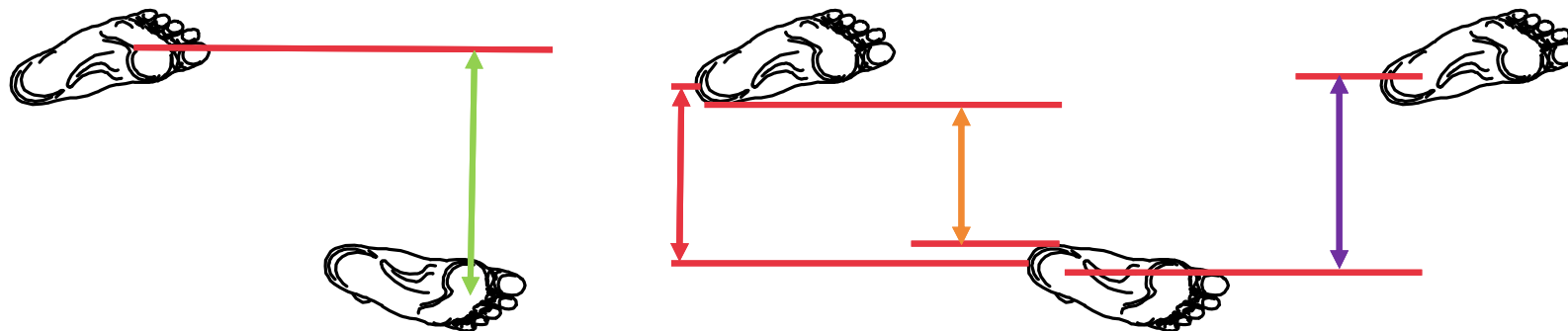
Schrittbreitendefinition

Abstand zwischen den Vorfußmarkierungen

Abstand zwischen den Fersenmarkierungen

Abstand zwischen den Sprunggelenken

Abstand zwischen dem medialen Rand

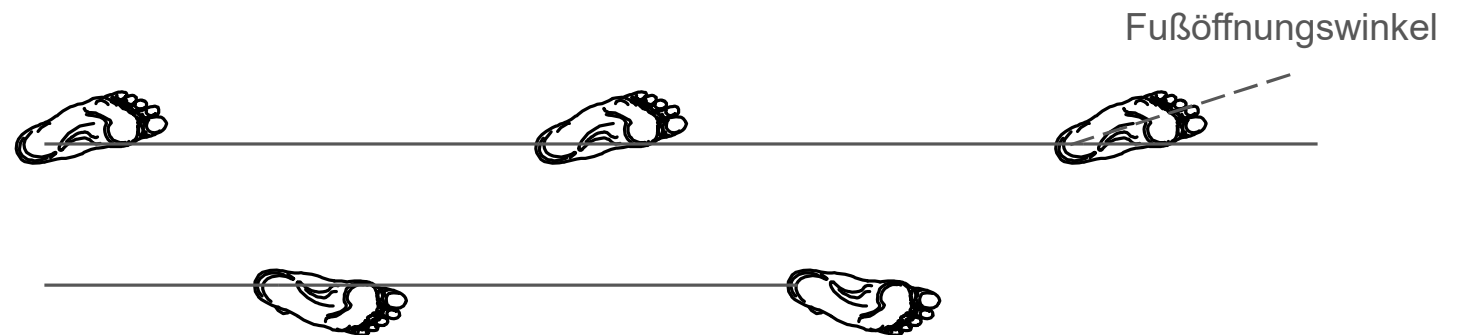


Begriffsbestimmungen

- Ganggeschwindigkeit
- Kadenz
- Einzelschritt
- Doppelschritt
- Schrittbreite
- **Fußöffnungswinkel**

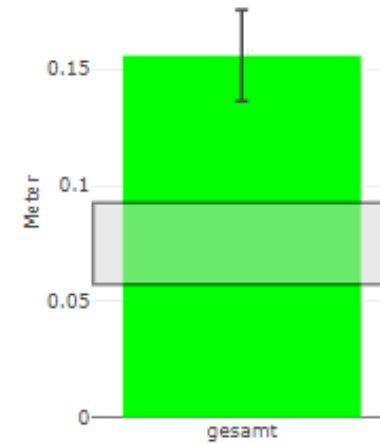
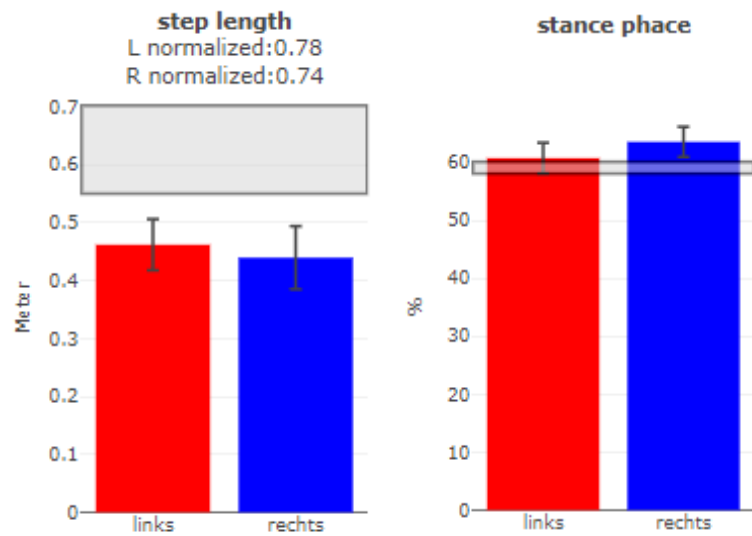
Winkel zwischen
Fußlängsachse und
Fortbewegungsrichtung

Norm: 7-15 Grad

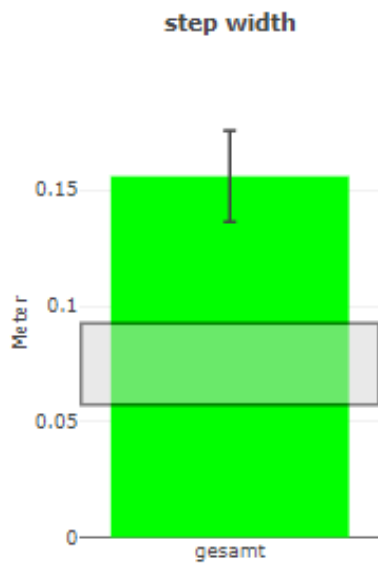


Zusammenhang Schrittlänge Standphasendauer

A-Symmetrische Schrittlänge



Schrittbreite



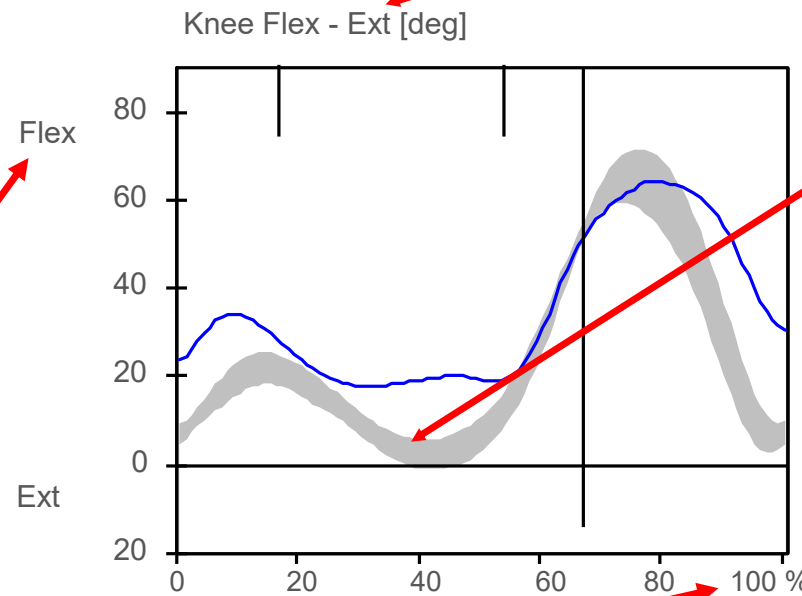
Wie liest man eine Diagramm?

Ergebnisdarstellung

Vertikale Linien
Kurze: Doppelunterstützungsphasen
Lange: Trennung Stand-
Schwungphase

Gelenk

Bewegungs-
richtung



Grauer Bereich →
Normwerte

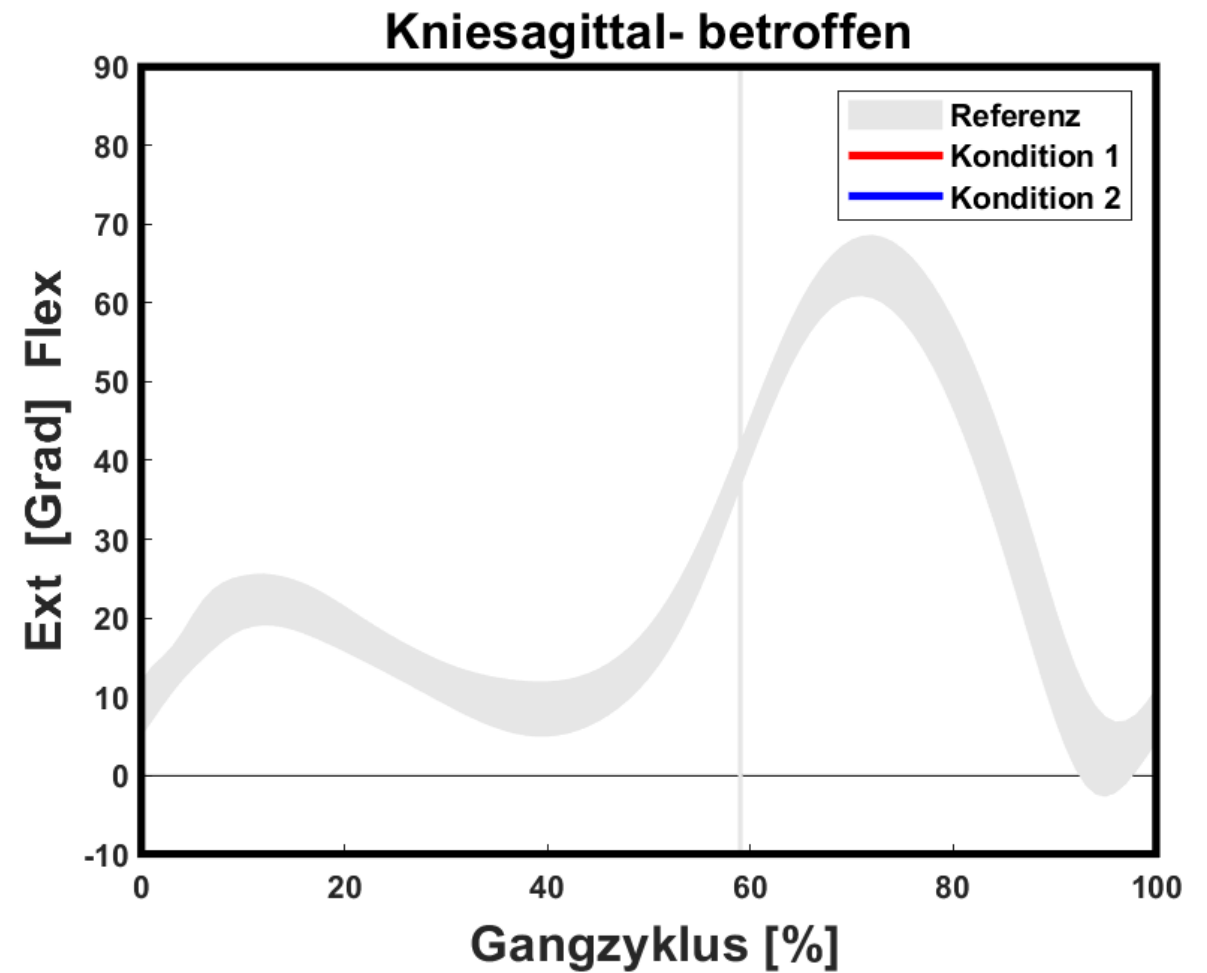
Blaue Kurve
Patientendaten

Gangzyklus von 0 – 100 %

Referenzwerte

Sollten

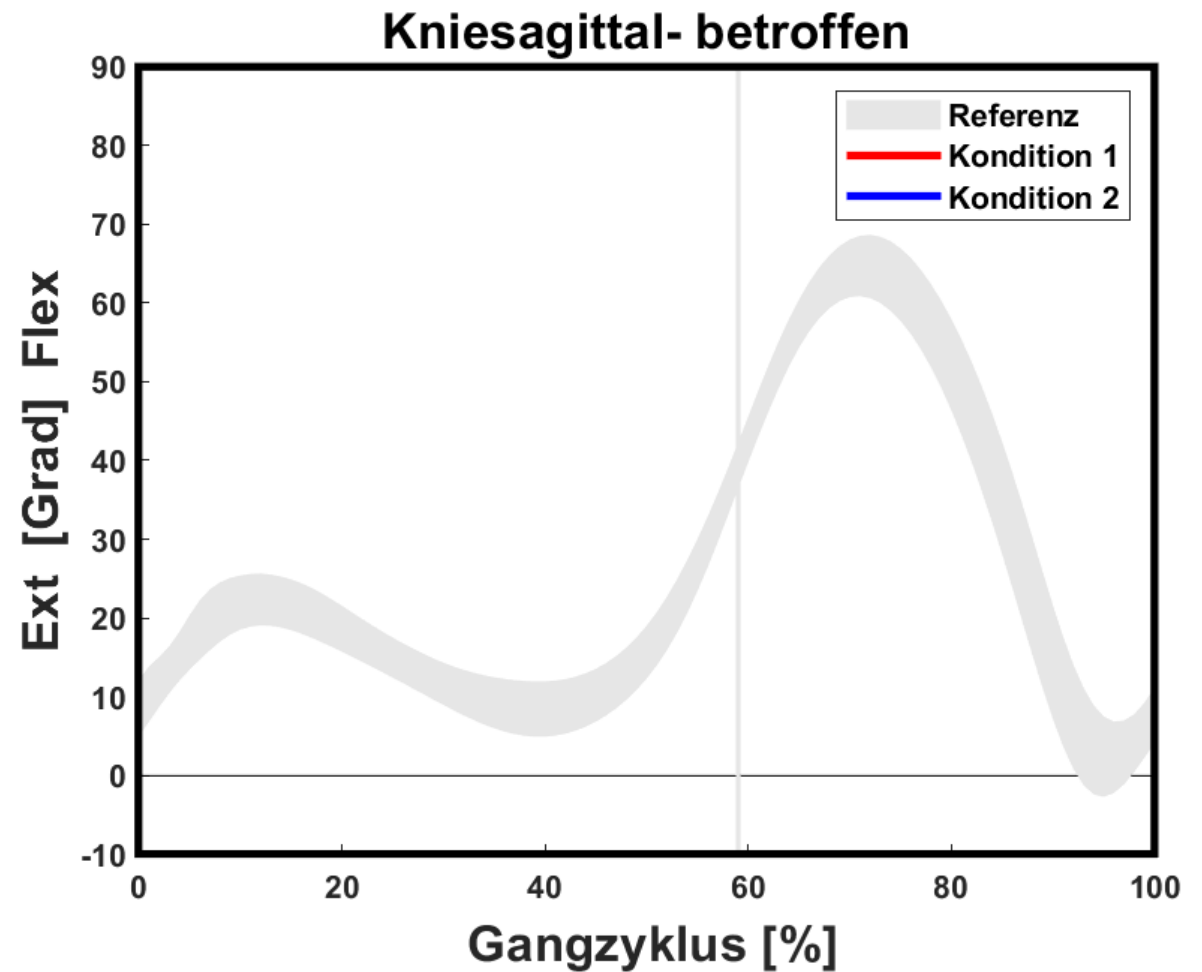
- altersentsprechend
- geschwindigkeitsentsprechend
- (geschlechtsspezifisch)



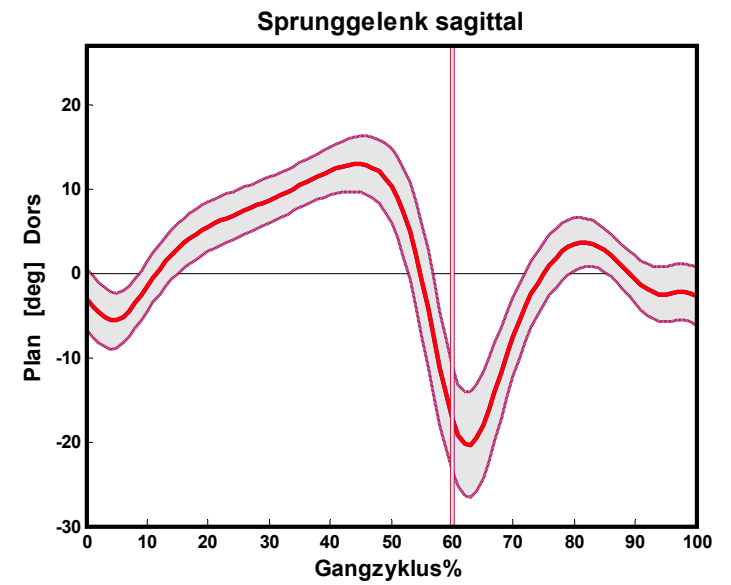
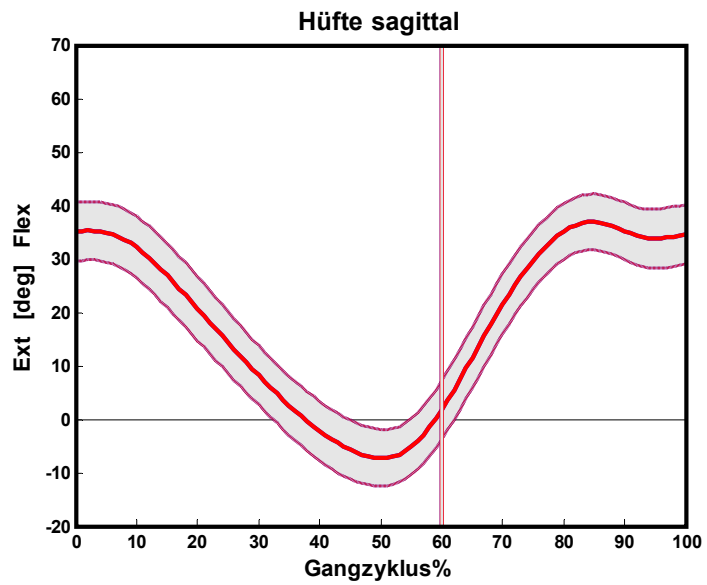
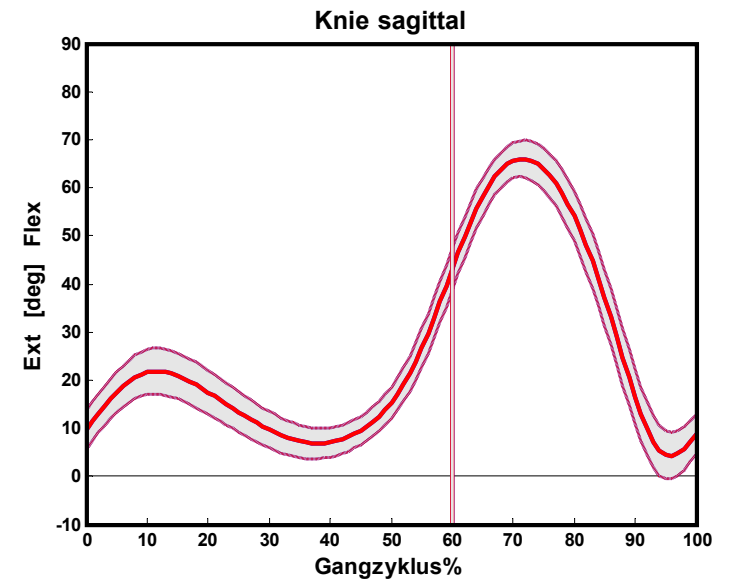
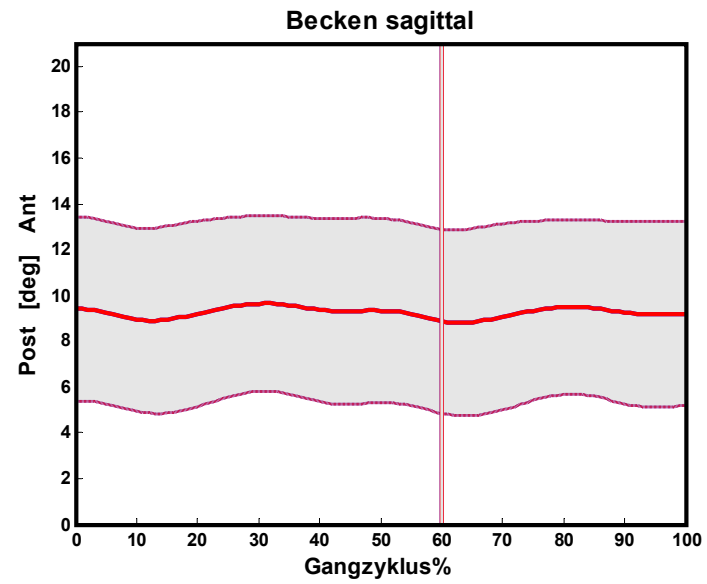
Abweichungen zu den Referenzwerte

Graues Band → Referenzwerte
1-fache Standardabweichung
2-fache Standardabweichung

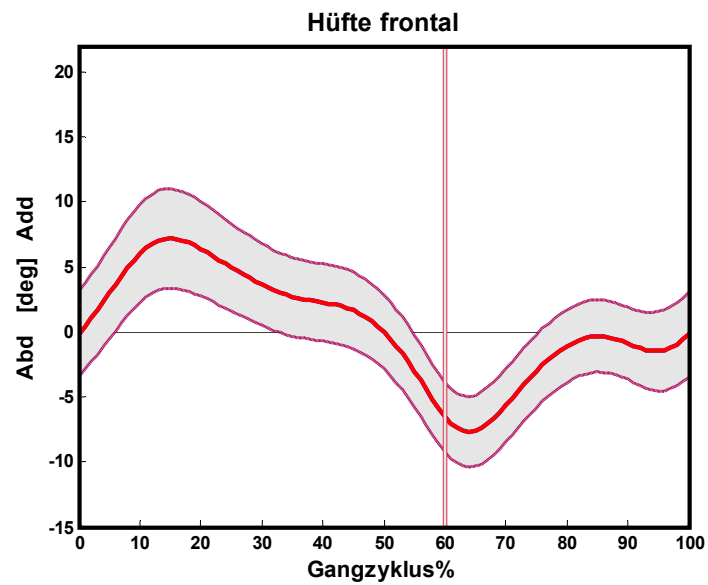
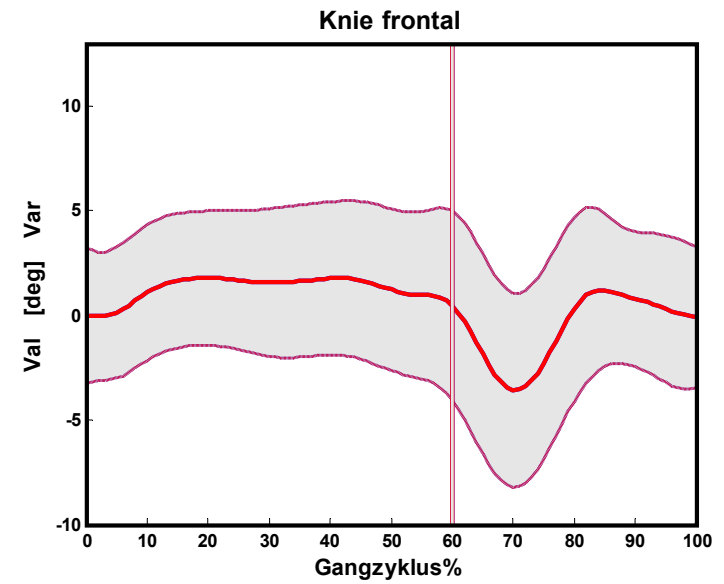
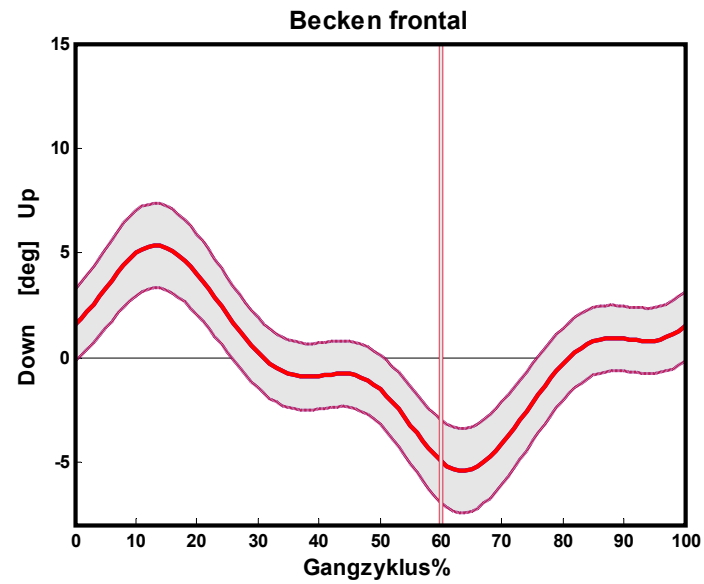
95% der „gesunden“ Personen
legen in diesem Bereich



Normwerte



Normwerte



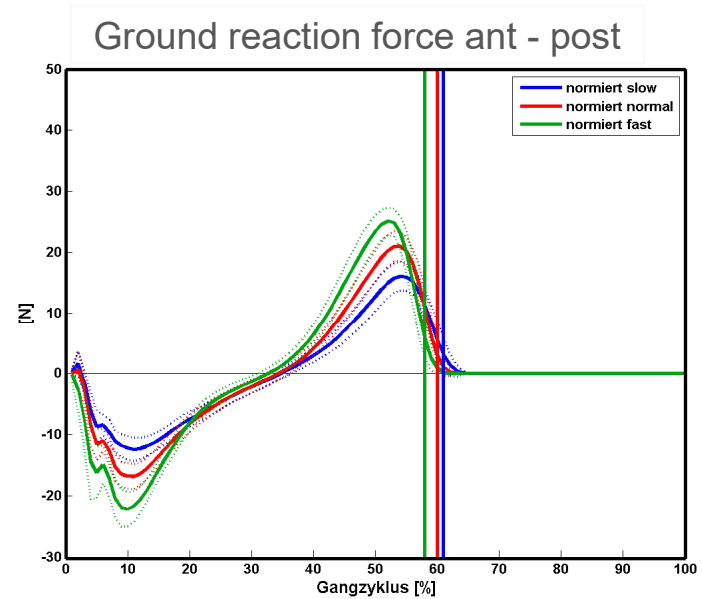
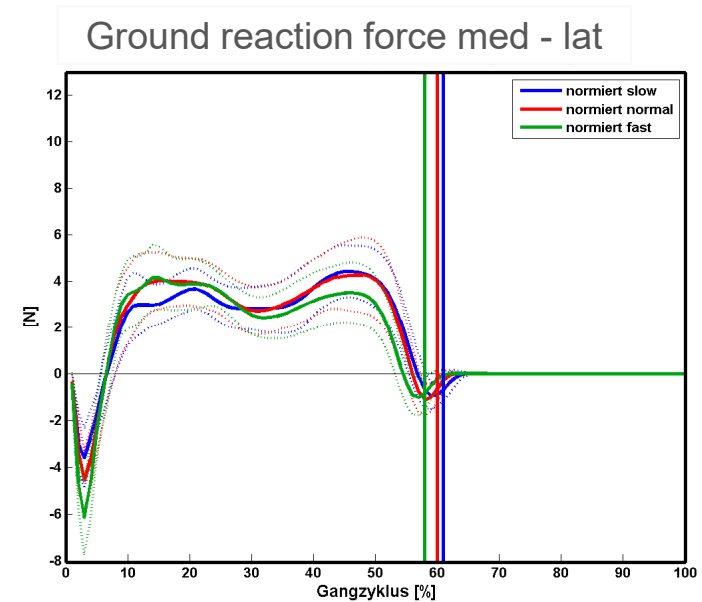
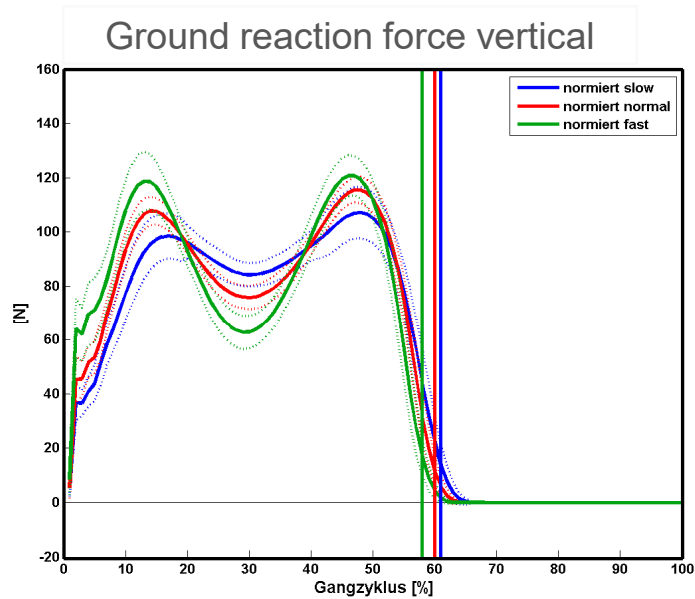
Einfluss der Geschwindigkeit auf die Bodenreaktionskraft

- slow
- normal
- fast

Bodenreaktionskraft

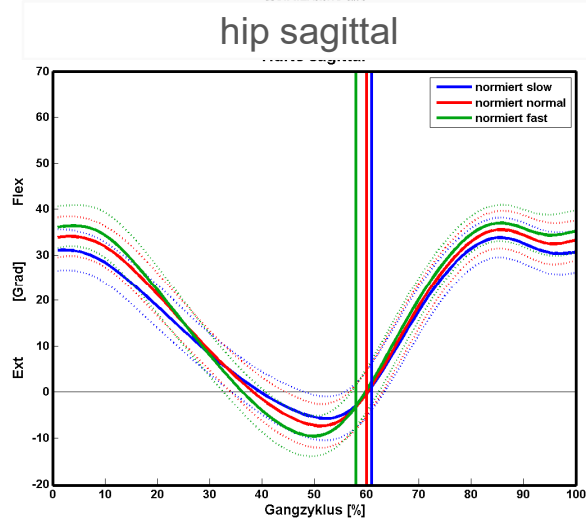
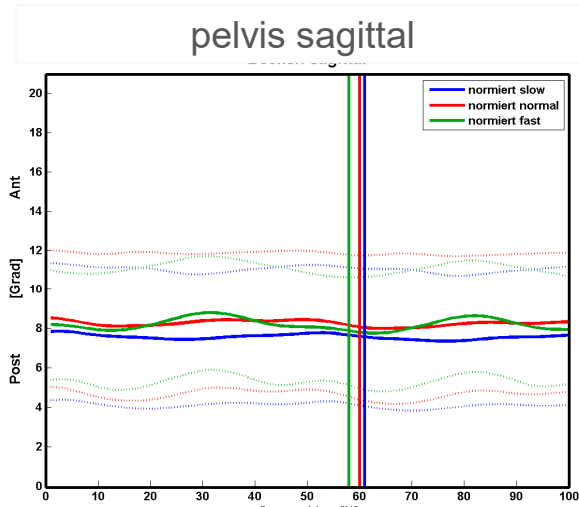
- langsam < 0,39 normalized
- normal 0,39 – 0,48 normalized
- schnell > 0,48 normalized

ädisches
peising

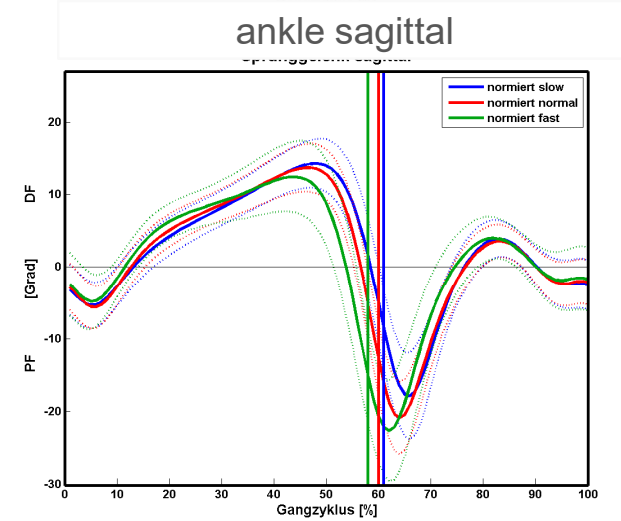
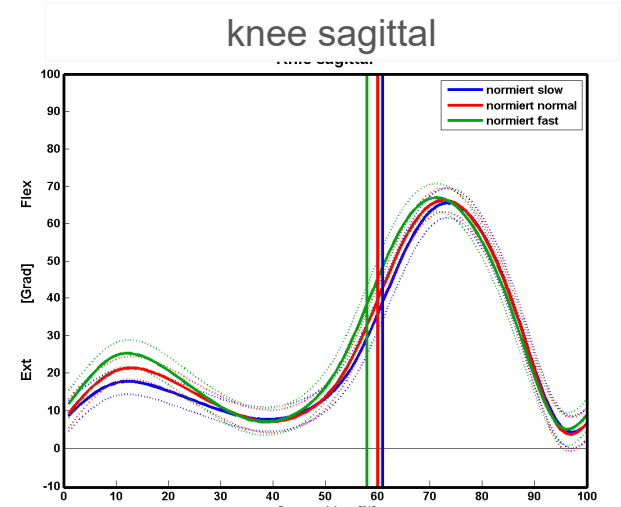


Einfluss der Geschwindigkeit auf die Kinematik

sagittal



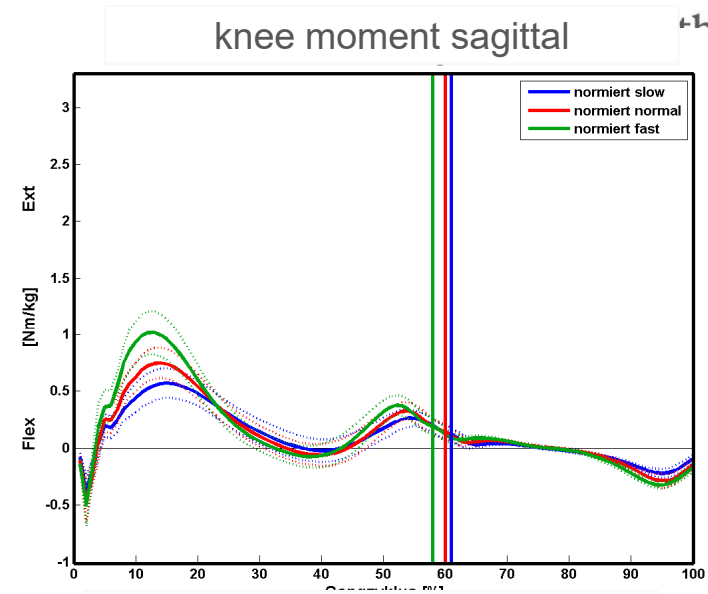
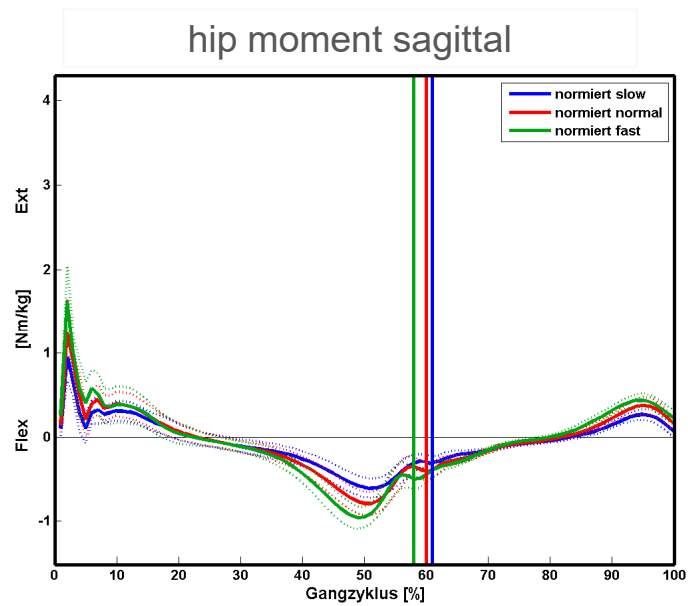
 slow
 normal
 fast



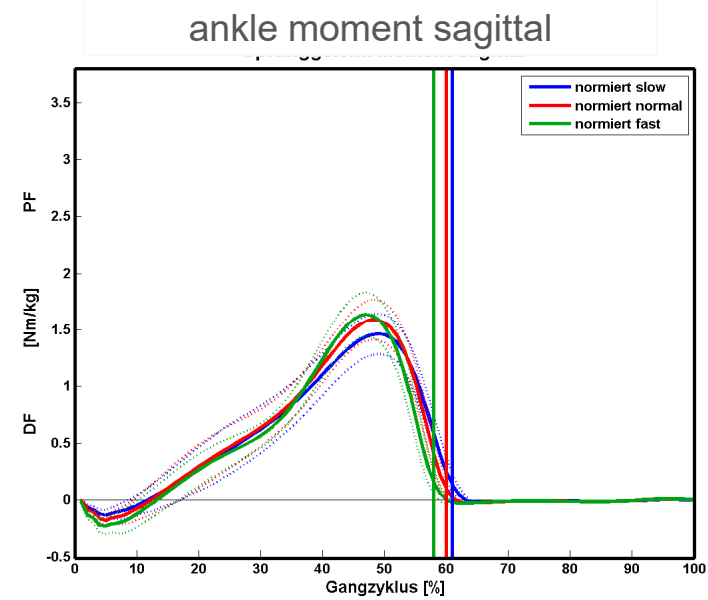
Einfluss der Geschwindigkeit auf die Kinetik

- slow
- normal
- fast

Moment sagittal



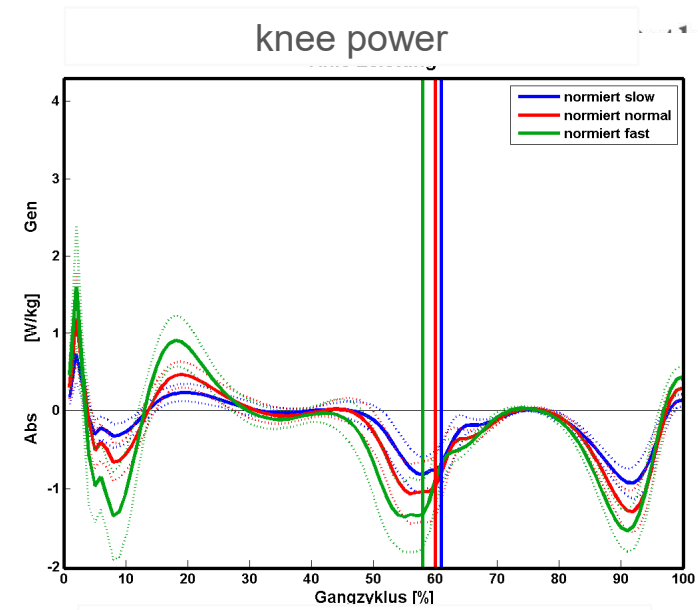
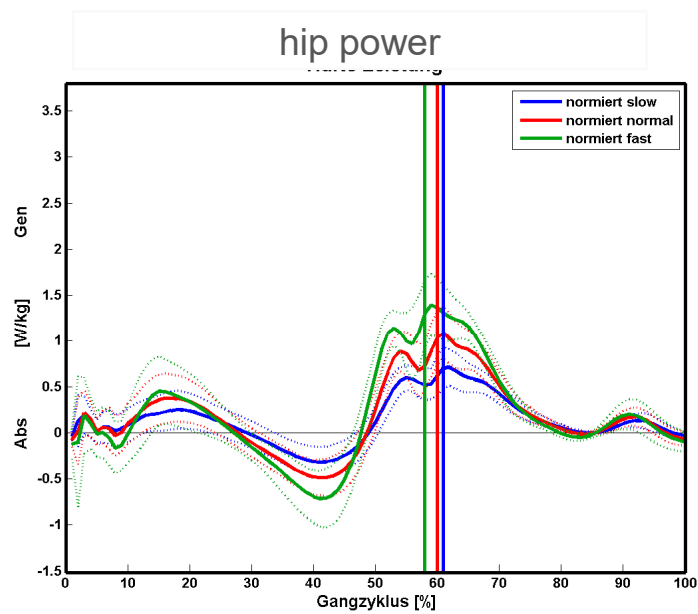
therädisches
peising



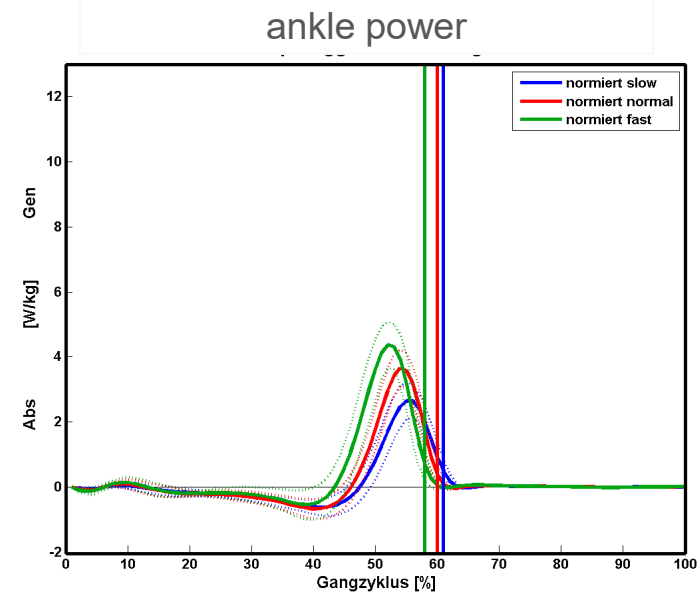
Einfluss der Geschwindigkeit auf die Kinetik

- slow
- normal
- fast

power



idisches
peising



5 Voraussetzungen für ein normales Gangbild

J.Perry, 1985

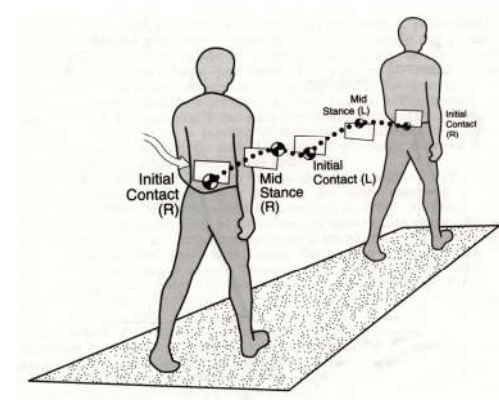
5 Voraussetzungen für ein normales Gangbild

- Stabilität in der Standphase
- Bodenfreiheit in der Schwungphase
- Vorbereitung zum initialen Bodenkontakt
- Einzelschrittlänge
- Energieaufwand

5 Voraussetzungen für ein normales Gangbild

Stabilität in der Standphase

- Schwerpunkt liegt weiter oben (vor dem 2. Lendenwirbel)
- Körperschwerpunkt wandert
 - vorwärts
 - Links/Rechts
 - Hinauf/Hinunter



Links rechts: 4-6 cm
Hinauf/hinunter 2-4 cm

5 Voraussetzungen für ein normales Gangbild

Bodenfreiheit in der Schwungphase

5 Voraussetzungen für ein normales Gangbild

Bodenfreiheit in der Schwungphase

- Positionierung der Gelenke
- Hüfte, Knie, Sprunggelenk
 - In der Standphase
 - In der Schwungphase



5 Voraussetzungen für ein normales Gangbild

Vorbereitung zum initialen Bodenkontakt

- Fußposition zum Zeitpunkt des ICs
 - Pro/Supinationsstellung
 - Neutral im oberen Sprunggelenk
- Kniestellung beim IC
 - Leichte Knieflexionsstellung

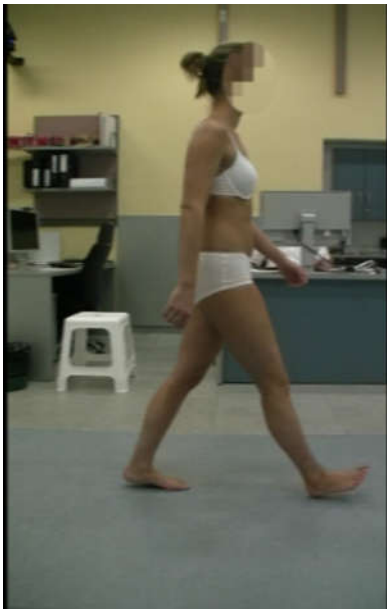


5 Voraussetzungen für ein normales Gangbild

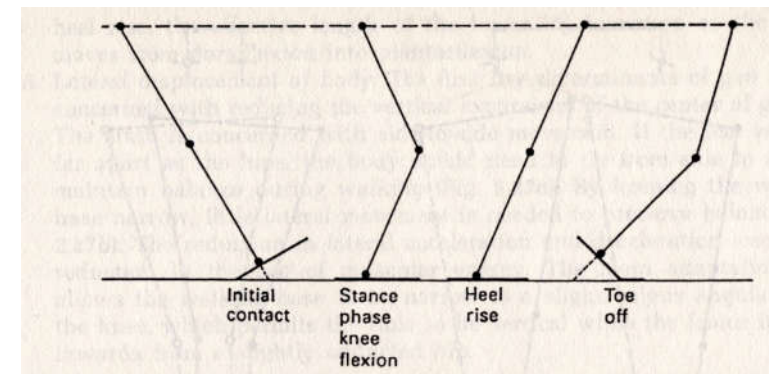
Energieaufwand

- Auslenkung des Körperschwerpunkt minimiert
- Muskelaktivierung/Muskelkraft optimiert
- Stabilisierung der Gelenke über die Bodenreaktionskraft

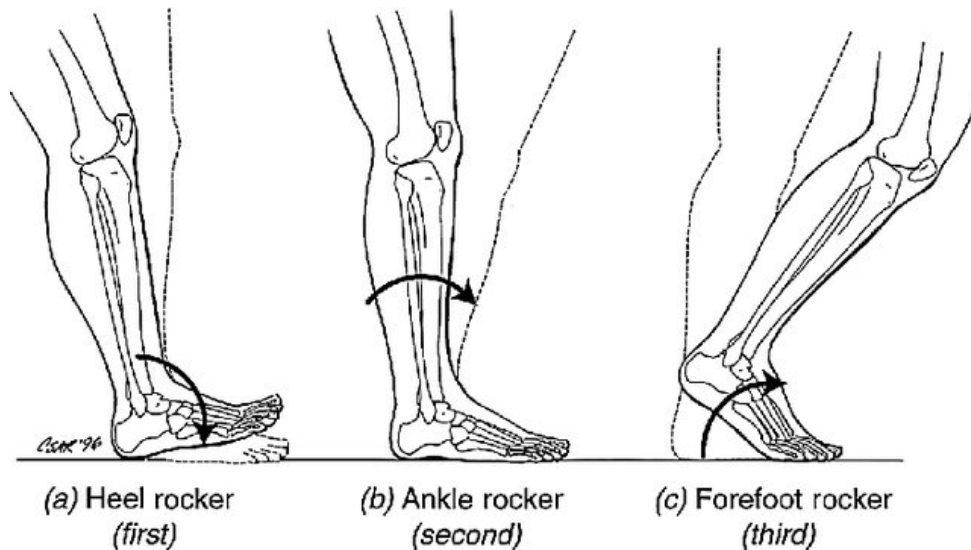
Warum ist das Knie leicht flektiert beim IC



- Schlussrotation
- Dämpfung
- Körperschwerpunkt



Der Begriff Rocker



Konzept von J.Perry, 1992

Kein Zeitpunkt, sondern dauert eine gewisse Zeitspanne.

1st Rocker:
Drehpunkt: Ferse
exzentrische Muskelaktivität

2nd Rocker:
Drehpunkt: oberes Sprunggelenk
exzentrische Muskelaktivität
Unterschenkel wandert vorwärts

3rd Rocker:
Drehpunkt: Metatarsalköpfchen
konzentrisch Muskelaktivität
Plantarflexion

Der Begriff Rocker

Kein Zeitpunkt, sondern dauert eine gewisse Zeitspanne.

1st Rocker: Heel Rocker

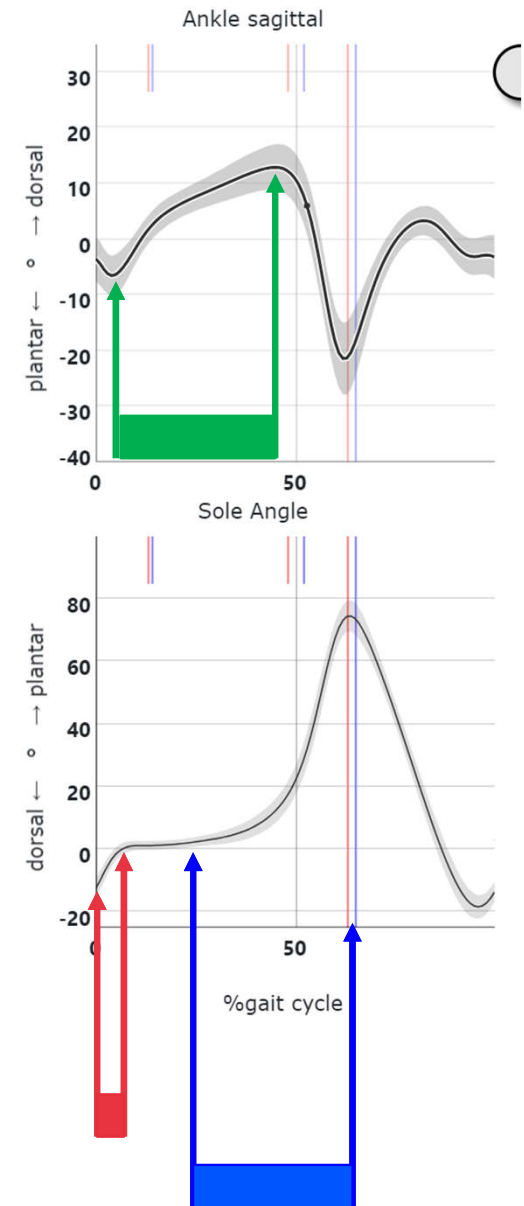
- Drehpunkt: Ferse
- exzentrische Muskelaktivität

2nd Rocker: Ankle Rocker

- Drehpunkt: oberes Sprunggelenk
- exzentrische Muskelaktivität
- Unterschenkel wandert vorwärts

3rd Rocker: Forefoot Rocker

- Drehpunkt: Metatarsalköpfchen
- konzentrisch Muskelaktivität
- Plantarflexion



Was bedeutet, wenn ein Rocker zu spät ist, nicht vorhanden ist?

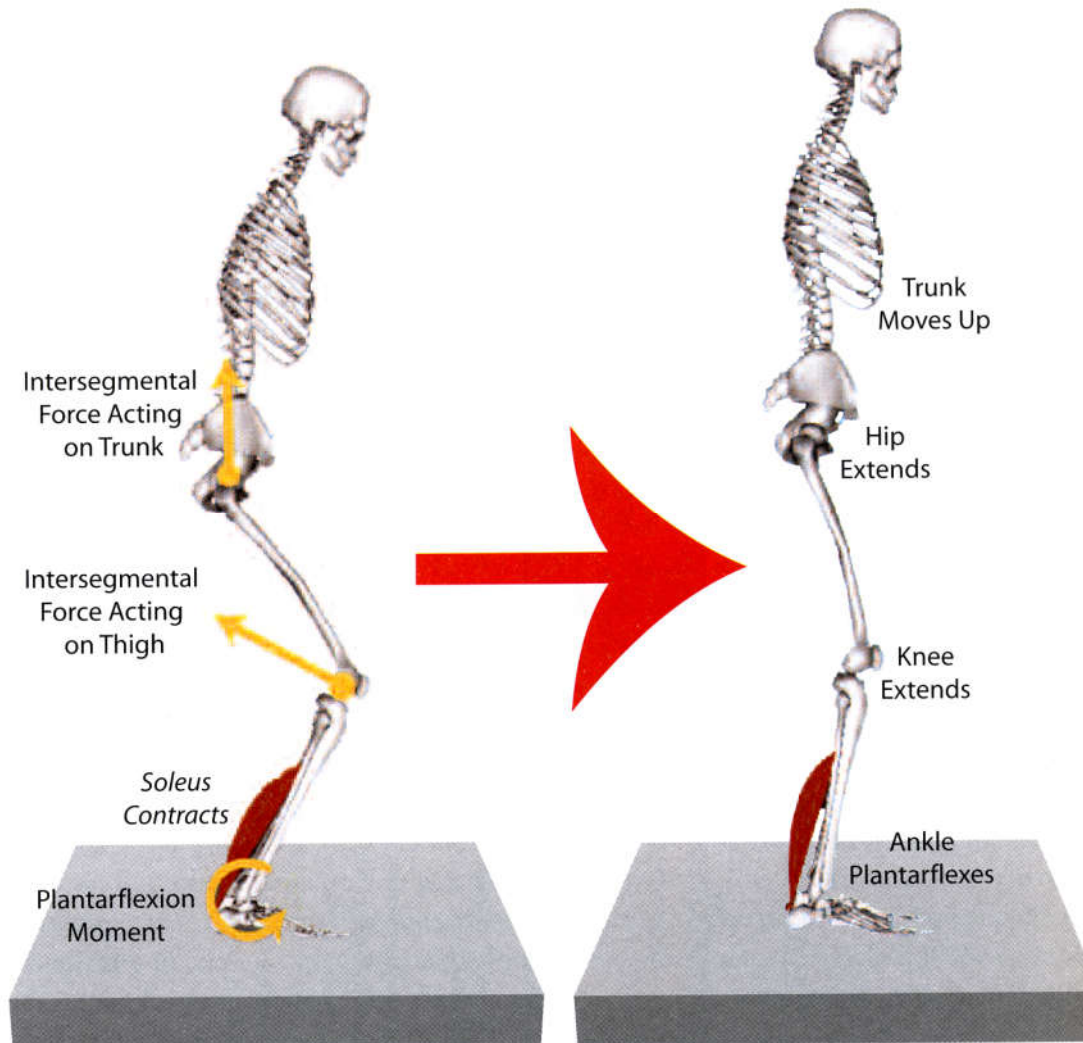
Vorfußkontakt:

Verschiebt sich von der Ferse in den Vorfuß

Verspäteter Fersenhub:

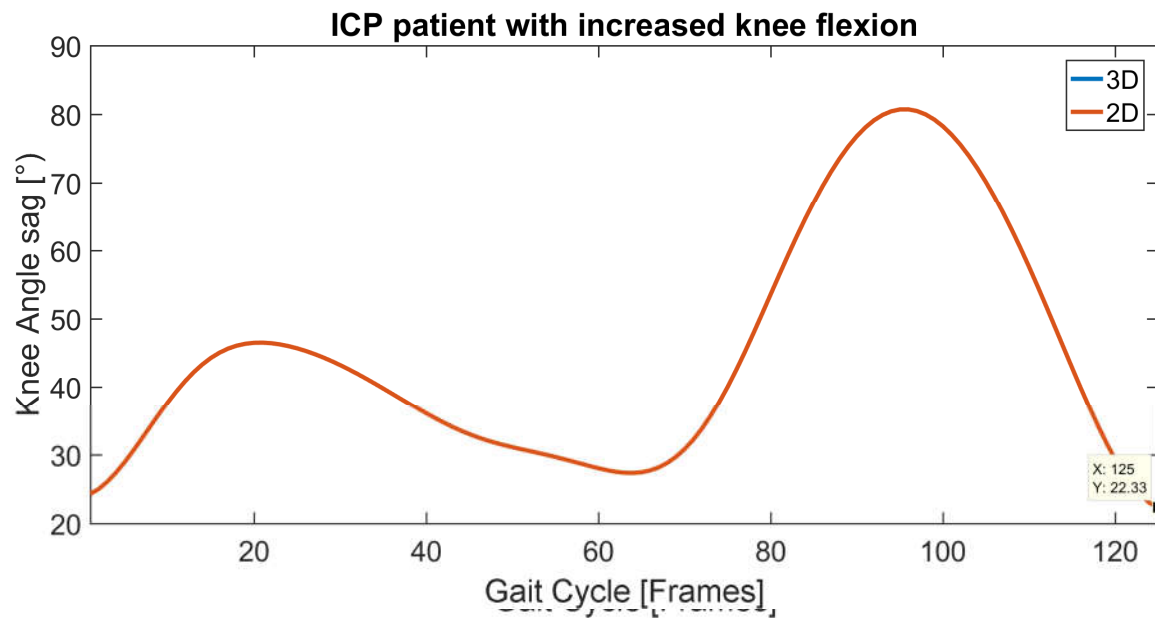
verspäteter Beginn des 3rd Rocker → z.B. schwache Wadenmuskulatur

Plantar Flexion Knee Extension Couple



Wieso braucht man 3D Analysen

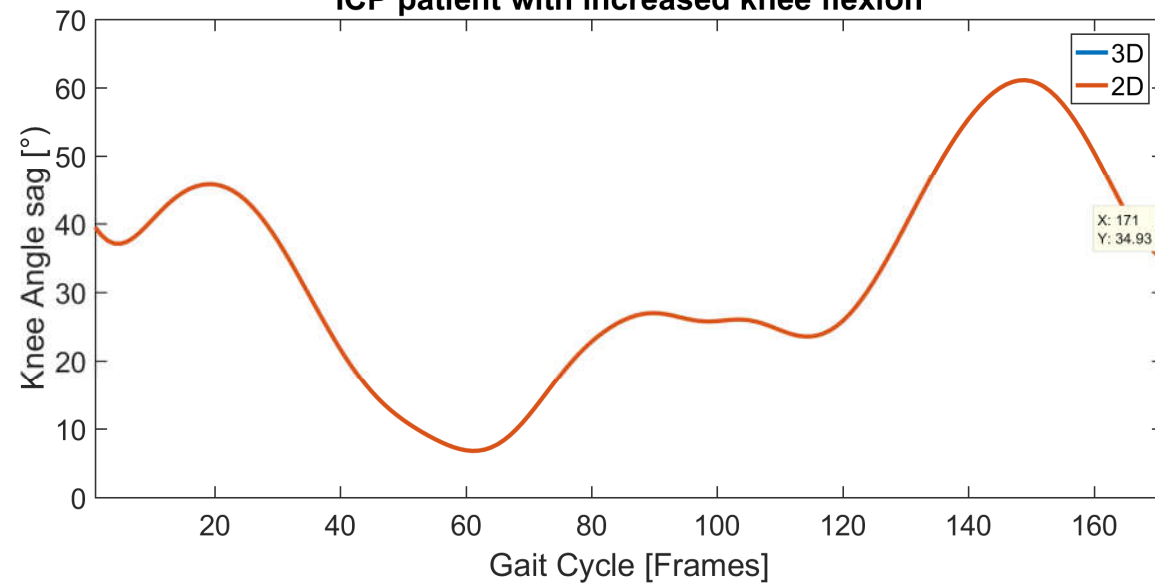
2-D versus 3-D anhand des Kniewinkels



2-D versus 3-D anhand des Kniewinkels



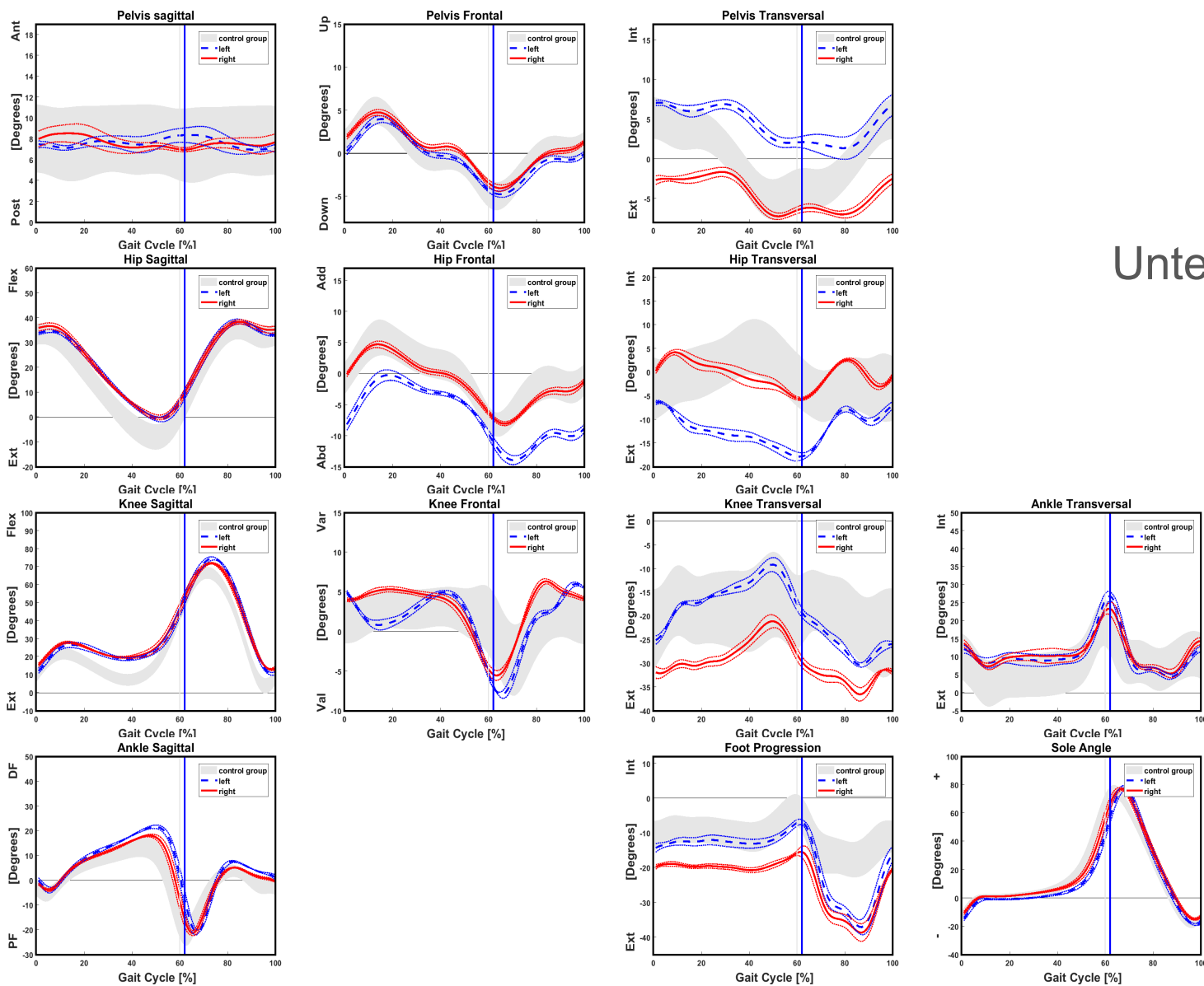
ICP patient with increased knee flexion



Video

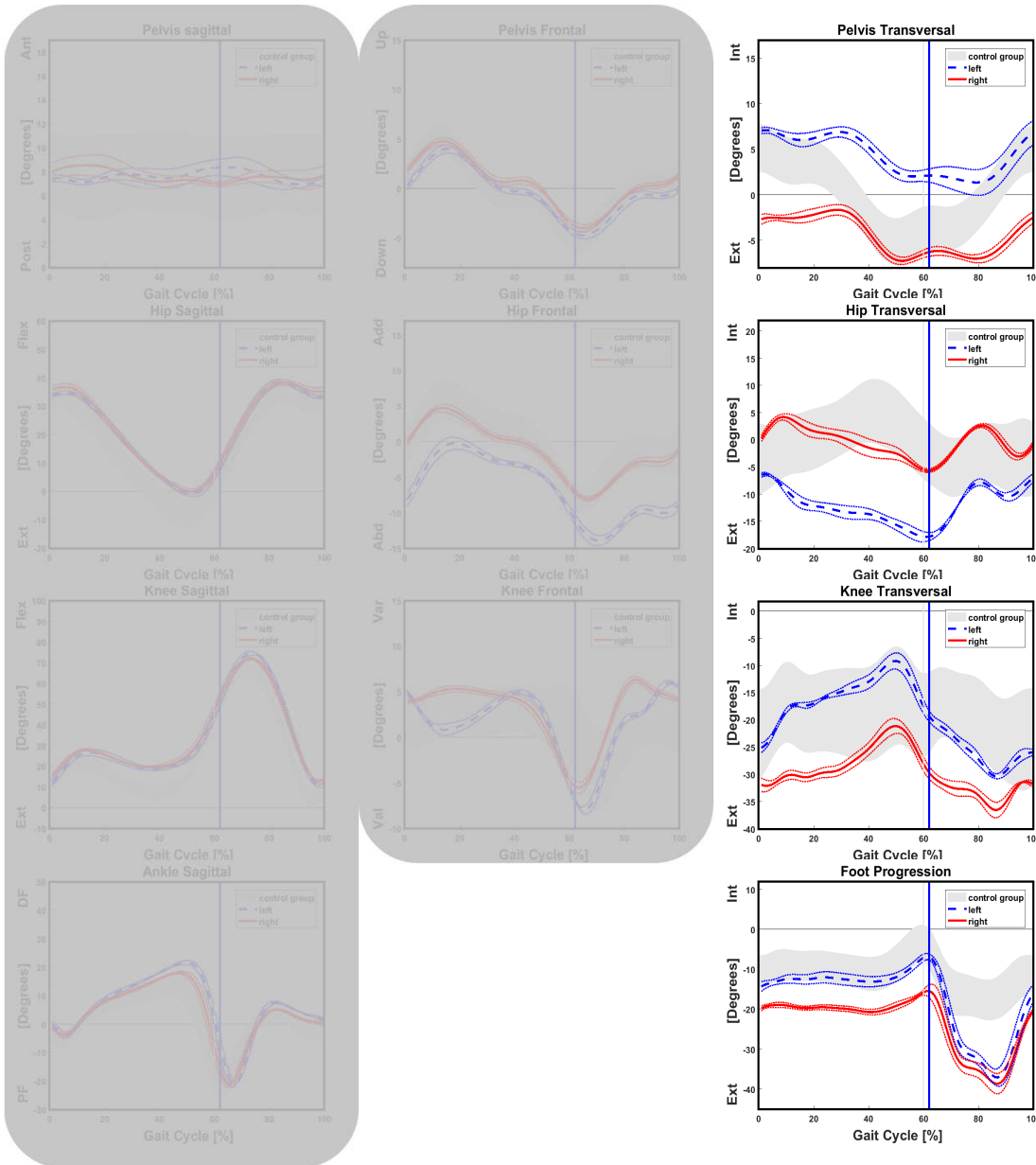


Untere Extremität



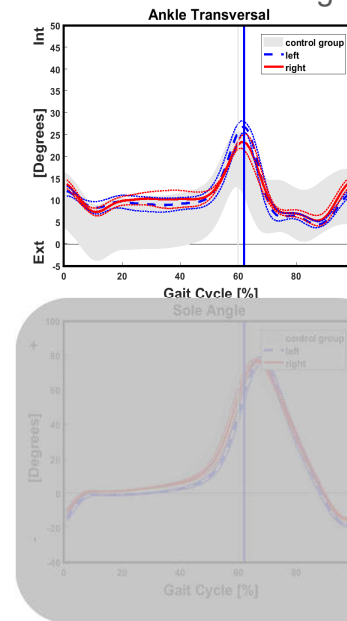
Untere Extremität

Spiegeln die Gangdaten die Werte der MRI Untersuchung wieder?

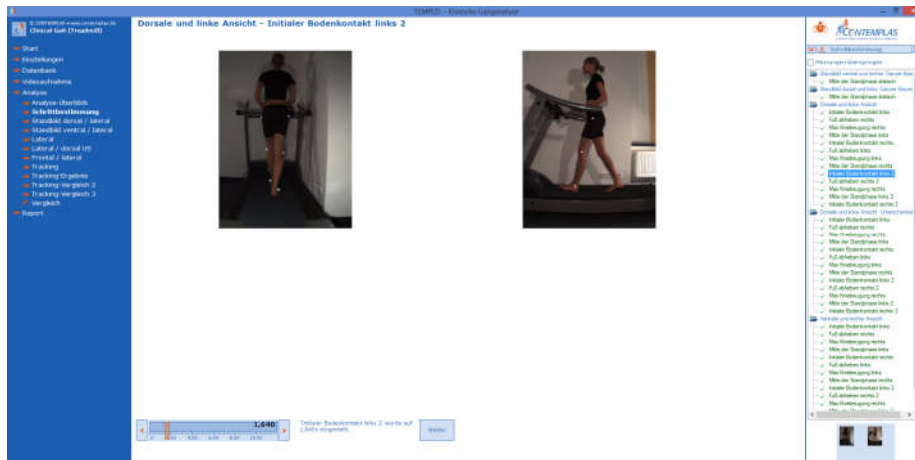


magnetic resonance imaging (MRI)

femur anteversion: left: 36° right: 35°
 tibia torsion: left: 52° right: 52°




Punktuelle Betrachtung




TEMPLO - KI

© CONTEMPLAS • www.contemplas.de
Clinical Gait (Treadmill)

- ➔ Start
- ➔ Einstellungen
- ➔ Datenbank
- ➔ Videoaufnahme
- ➔ Analyse
- ➔ Report
- ➔ Report Überblick
- ➔ Ergebnisse
- ➔ Player CD erstellen



**Klinische Ganganalyse
(Laufband + Druck)**
Datum: 06.05.2009
Clinical Gait (Treadmill)
Geb. am:





musterlogo
DER MUSTERLADEN
SPORT • FREIZEIT • LIFESTYLE • OUTDOOR



Zeittabell
Statisch
Ventral
Lateral
IC
LR
MS
TS

Mittlere Standphase

Frontalebene

Sagittalebene

Körperachsen und Gelenkwinkel

Frontalebene	Linke Seite	Rechte Seite
Schulterhochstand frontal	4,3 °	0,6 °
Beckenhochstand	-7,3 °	7,0 °

Sagittalebene	Linke Seite	Rechte Seite
Rumpfvorneige sagittal	-2,2 °	-1,7 °
Beckenkipung sagittal	9,9 °	3,7 °
Kniewinkel	16,3 °	19,2 °
Sprungelenkwinkel	95,4 °	84,1 °

Datenbank
Auswählen, ändern oder anlegen von
Personen oder Analysedaten

* Dargestellte Werte beziehen sich auf den vom Anwender definierten Zeitpunkt von Interesse (bzw. das Phaseneende).
 * Die Verantwortung für Erhebung, Auswertung und Anwendung der Daten liegt beim Anwender.

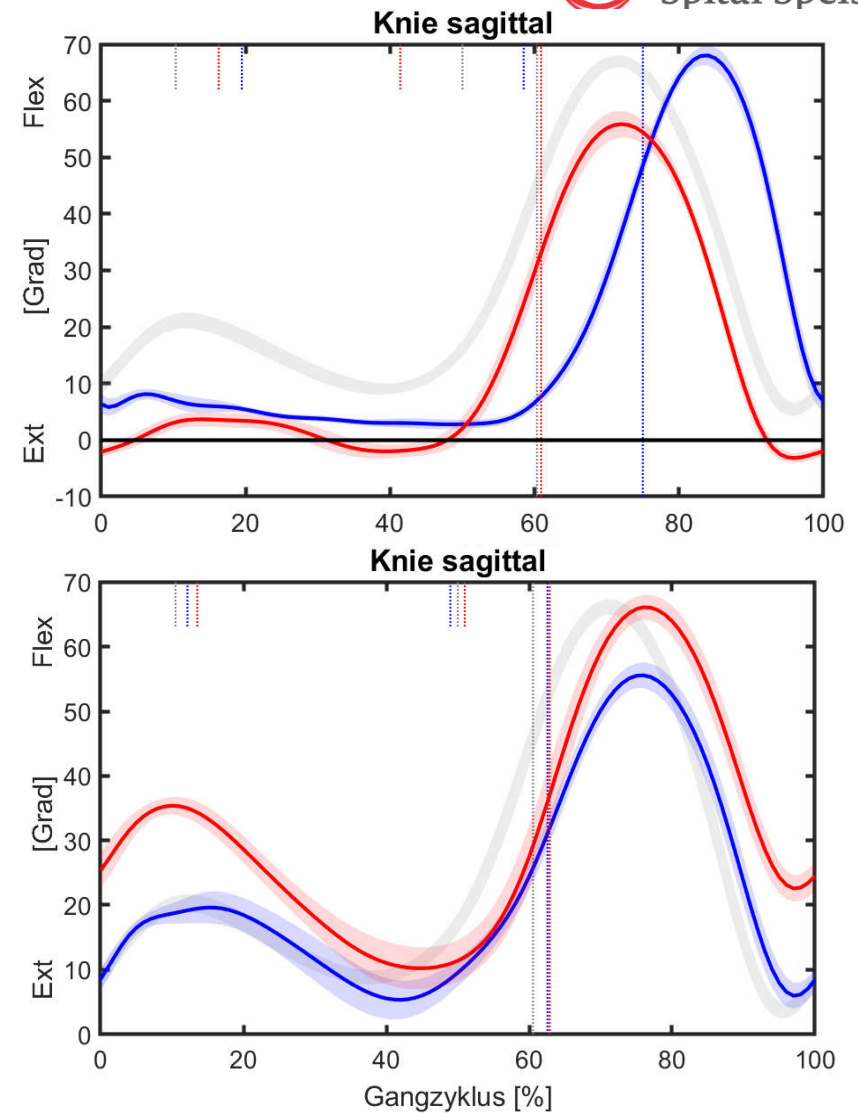
Kontinuierliche Betrachtung

Kniegelenkwinkel initialer Kontakt:

Fall 1: 8 Grad

Fall 2: 9 Grad

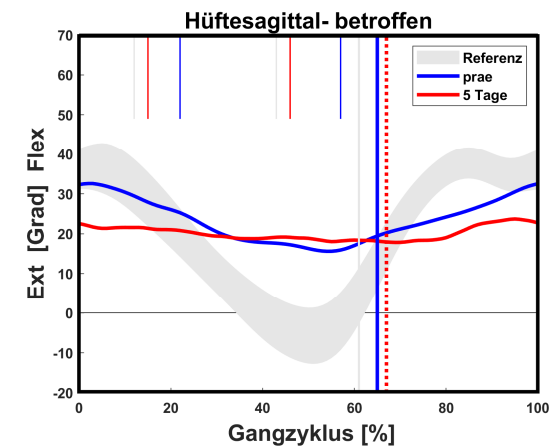
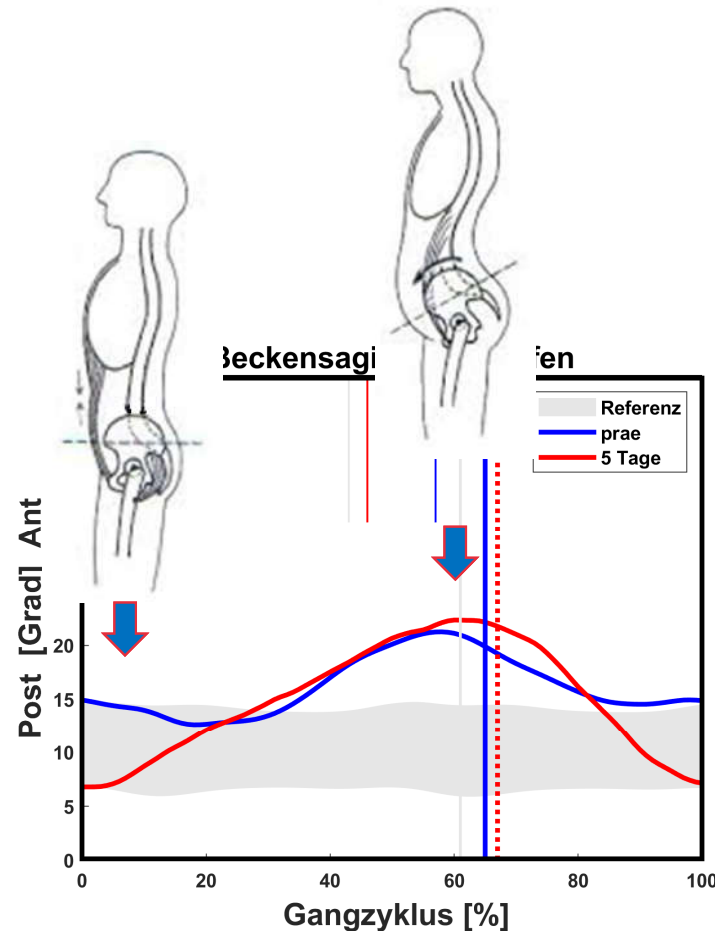
Blaue Kurve betrachten



Ändert sich das Bewegungsmuster im LWS-Bereich nach H-TEP

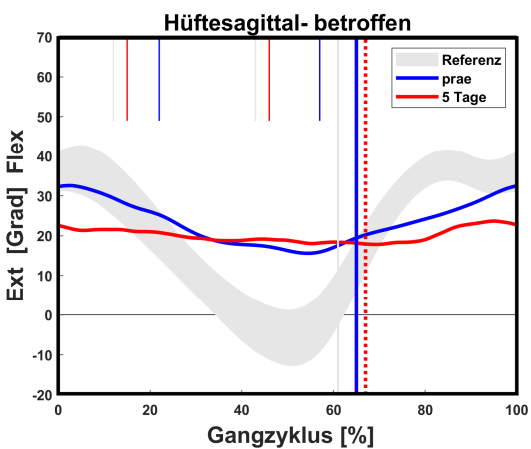
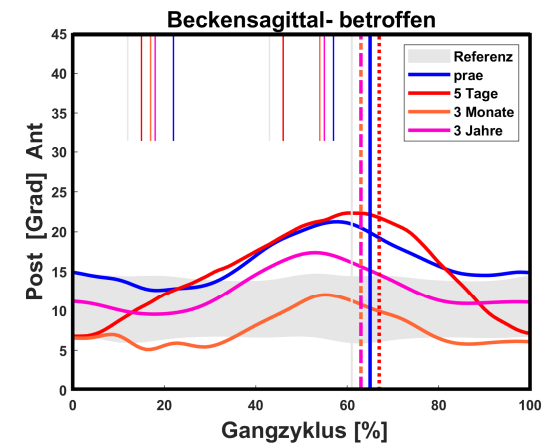
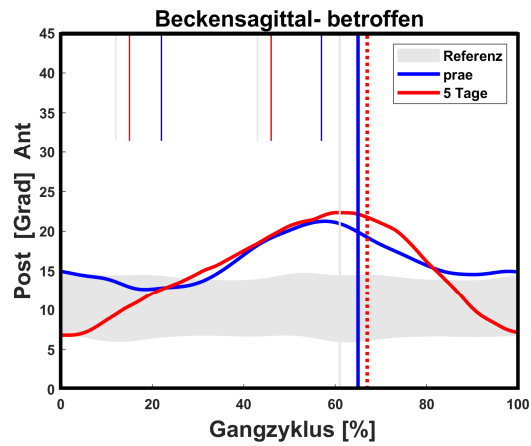
Typisches Muster
bei Patienten für
eine H-TEP

Augenmerk
Becken sagittal



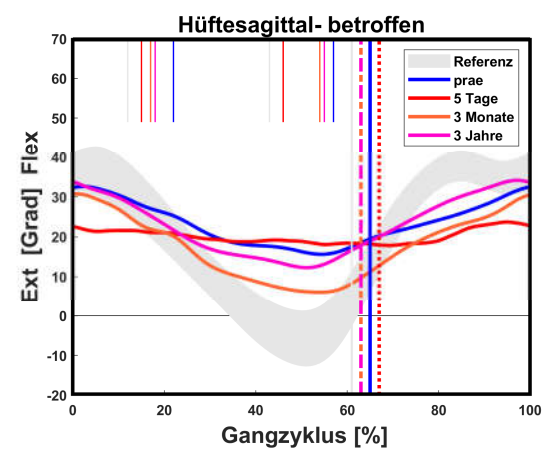
Pospischill, M., A. Kranzl, B. Attwenger, und K. Knahr. 2010. „Minimally invasive compared with traditional transgluteal approach for total hip arthroplasty: A comparative gait analysis“. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A* 92(2).

Ändert sich das Bewegungsmuster im LWS-Bereich nach H-TEP



Typisches Muster bei
Patienten für eine H-TEP

Augenmerk Becken sagittal

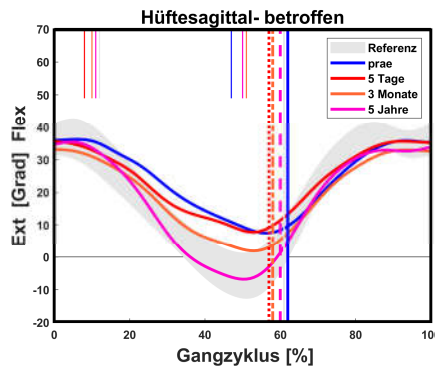
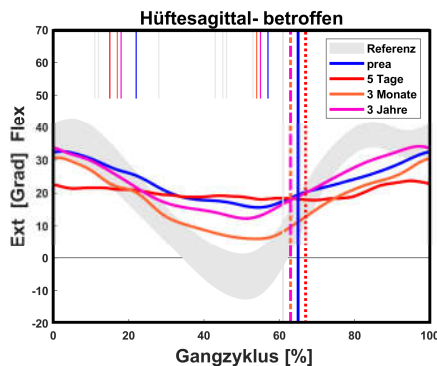
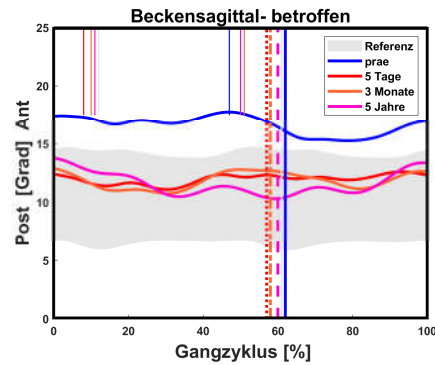
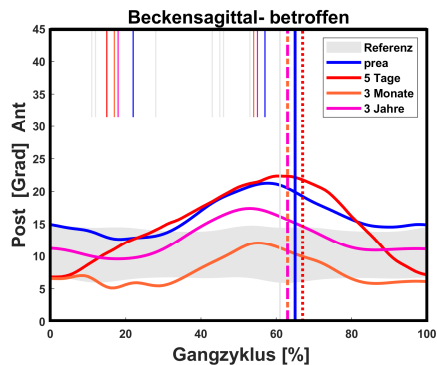


Pospischill, M., A. Kranzl, B. Attwenger, und K. Knahr. 2010. „Minimally invasive compared with 1 arthroplasty: A comparative gait analysis“. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A* 92(2).

Ändert sich das Bewegungsmuster im LWS-Bereich nach H-TEP Orthopädisches Spital Speising Wien

→ bestehendes Muster bleiben

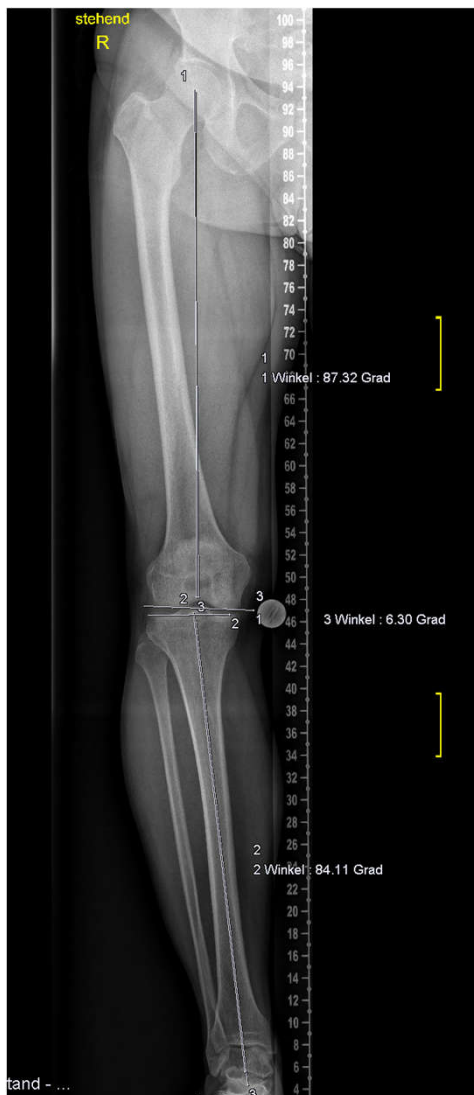
→ Mehr Extensionsdefizit präoperativ → mehr Extensionsdefizit bleibt über funktionelle Einschränkung



Pospischill, M., A. Kranzl, B. Attwenger, und K. Knahr. 2010. „Minimally invasive compared with traditional transgluteal approach for total hip arthroplasty: A comparative gait analysis“. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A* 92(2).

Van Drongelen, S. u. a. 2020. „Preoperative Gait Compensation Patterns in Unilateral Hip Osteoarthritis Patients: Do They Persist One Year Postoperatively?“ *Gait & Posture* 81: 371–72.

Frontale Fehlstellung varus



Geschlecht: male

Alter: 52

Schmerz:

Belastungsabhängig

Bisherige Therapien:

Physiotherapie

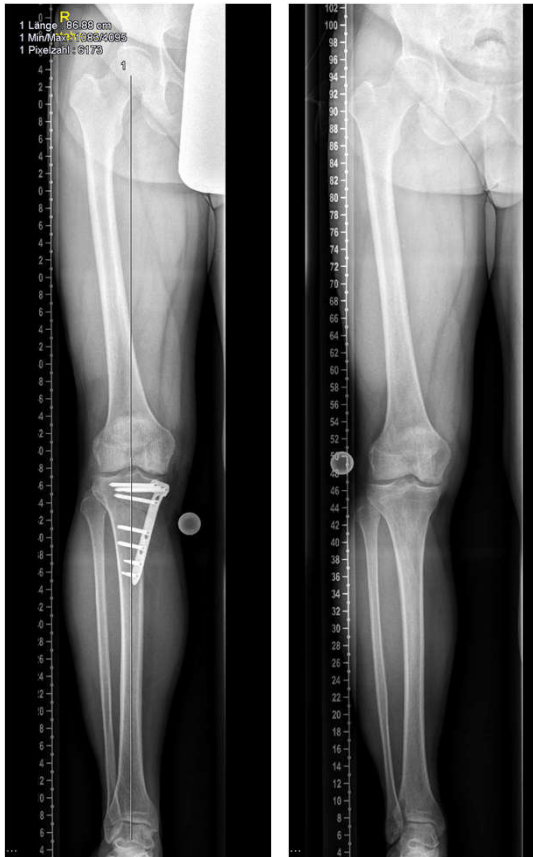
Knieorthese (Schmerzreduktion)

Fragestellung:

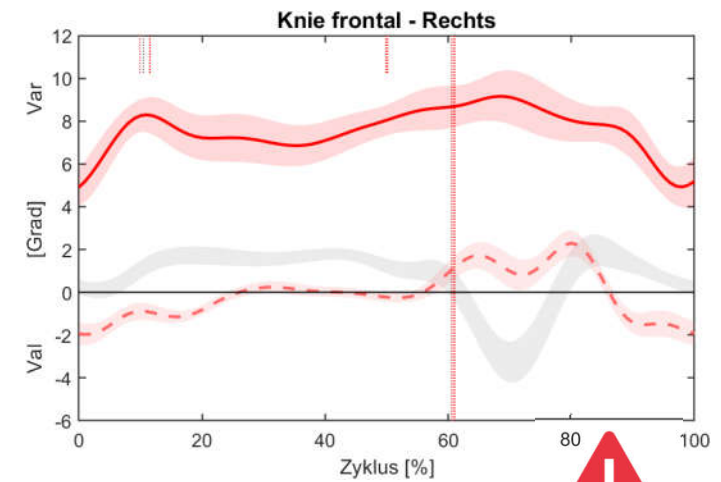
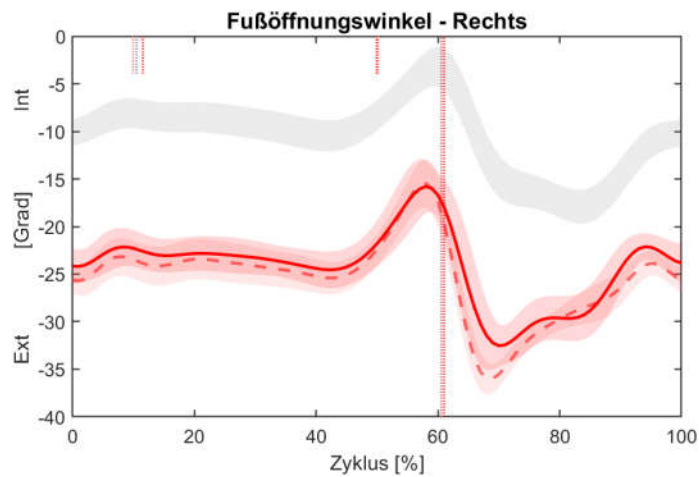
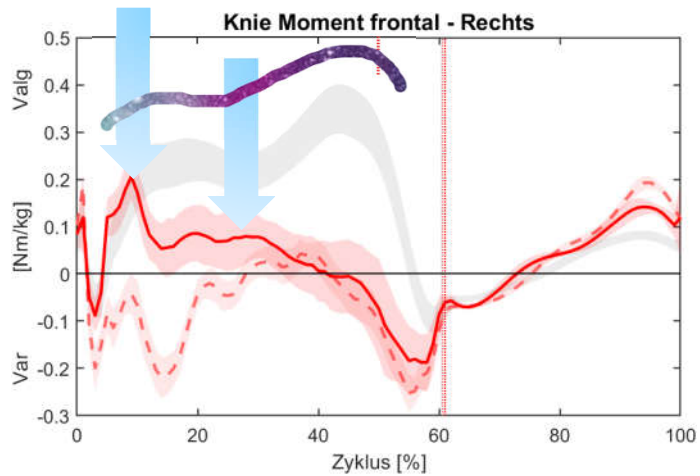
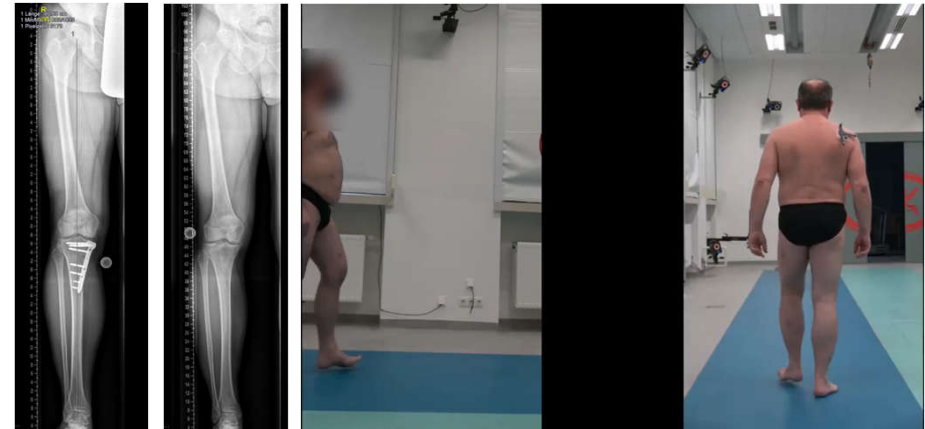
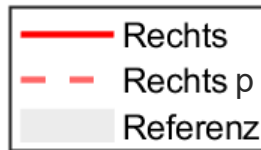
Postoperative Kontrolle

Frontale Fehlstellung varus

Post operativ nach Umstellungsosteotomie

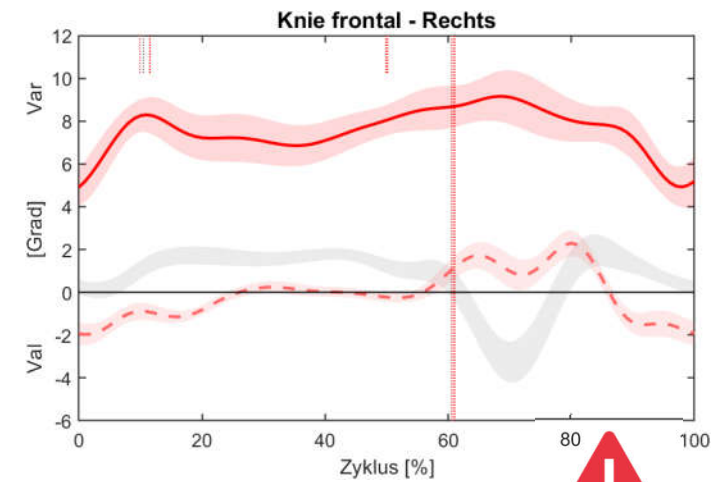
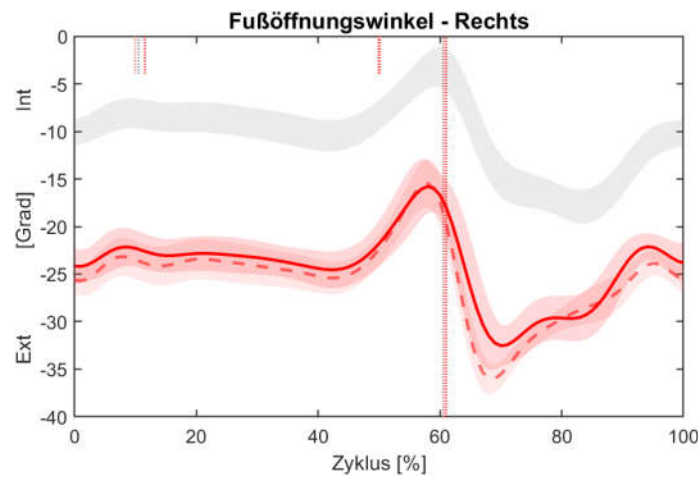
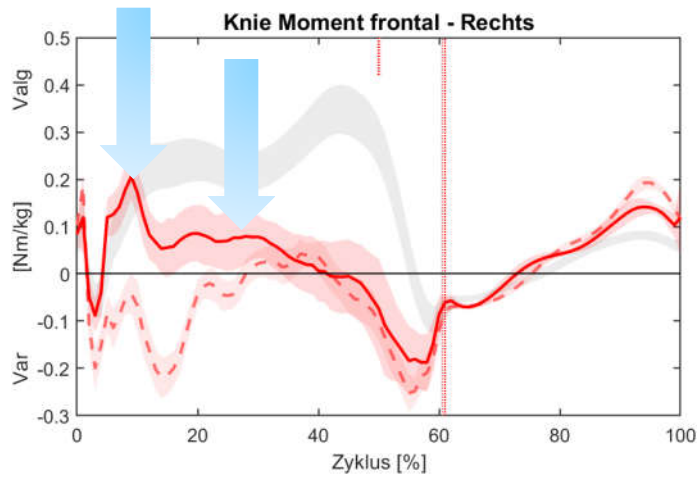
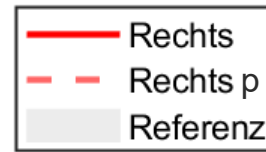


Frontale Fehlstellung varus

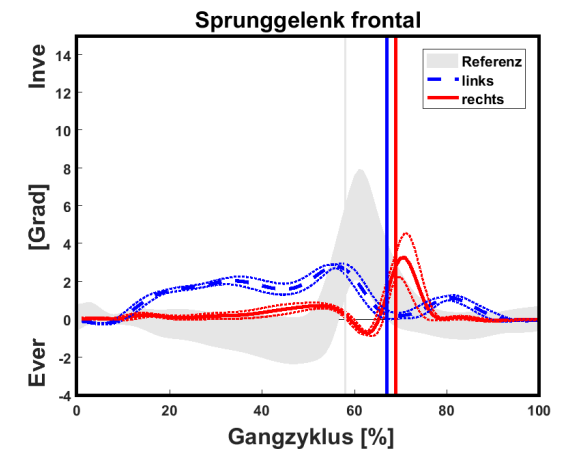
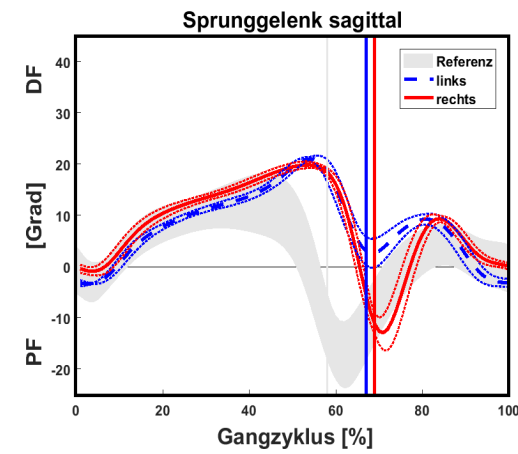
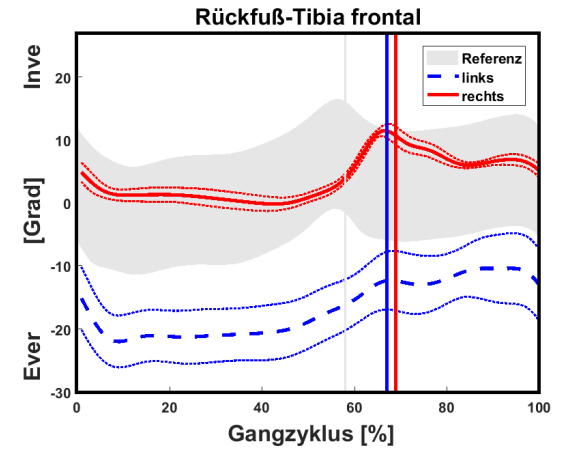
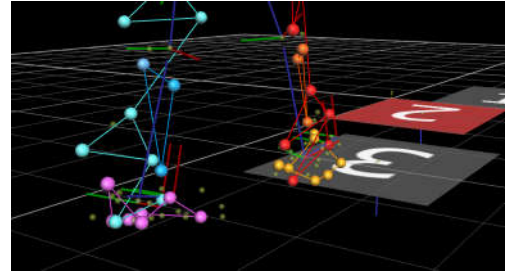
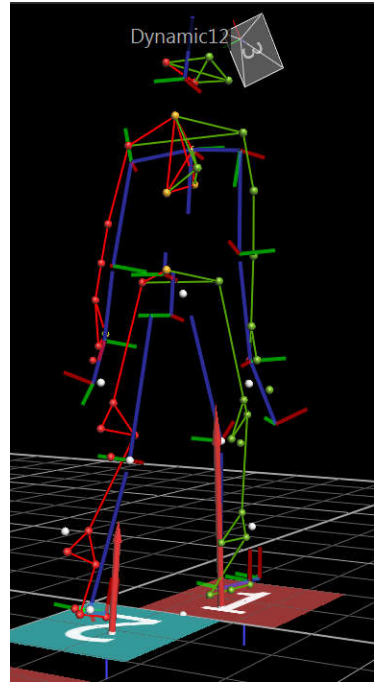


Internal moment

Frontale Fehlstellung varus

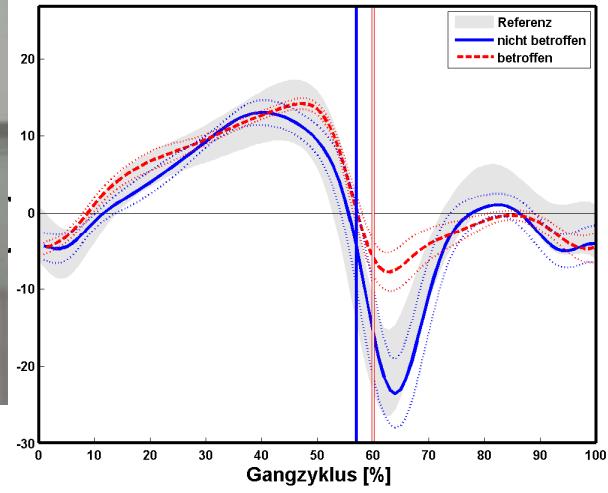


Internal moment

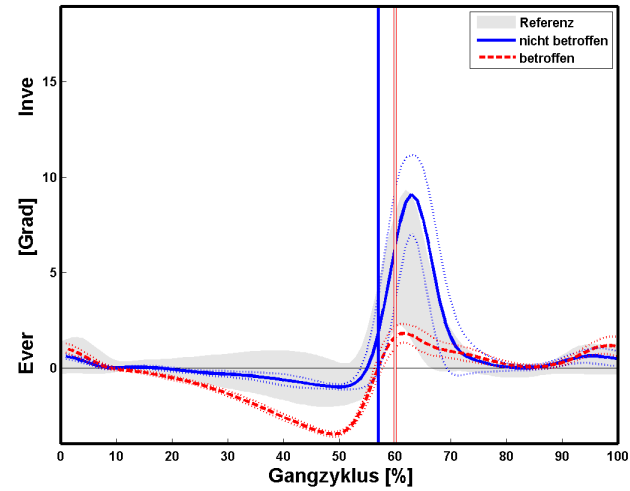




Sprunggelenk sagittal



Sprunggelenk frontal



Vorfuß-Tibia frontal

