



## Grundlagen der Videoanalyse

Schwerpunkttag 13.09.2018

PD Dr. Heiner Baur, Bern / Freiburg/Br.

### Überblick

- Der Gangzyklus detailliert: Schrittphasen nach Perry
- Einrichtung einer Videoanalyse
  - Gehstrecke -> Länge der Gehstrecke und/oder Laufbandmessplatz
  - Kameras
  - Kamerafrequenz
  - Ausleuchtung
  - Kalibrierungstafeln
  - Parallelachsen / Projektionsfehler
  - Gehstrecke -> Länge der Gehstrecke und/oder Laufbandmessplatz
- Vorbereitung der Testperson
  - Markerpositionierung
    - > Überlegung welche Messgrößen sind wichtig/relevant
    - > Fragestellung
  - Handling & Instruktion



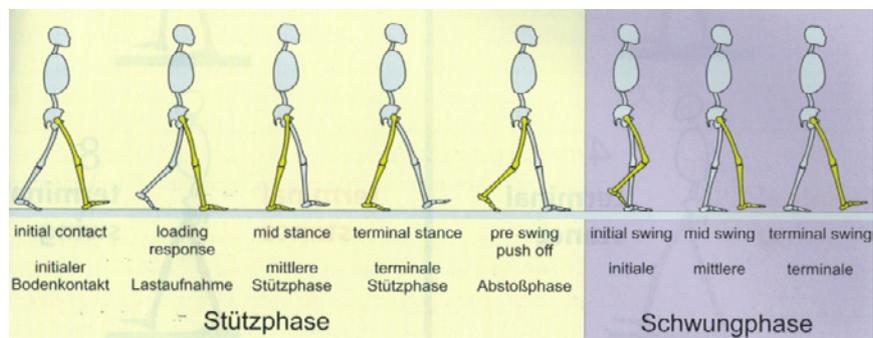
## Überblick

- Winkelmessungen aus der Videoanalyse – detaillierte Betrachtung
  - Rückfusswinkel
  - Unterschenkelwinkel
  - Achillessehnenwinkel
  - Q-Winkel
- Streckenmessungen als Alternative zur Winkelbetrachtung
  - Längenmessungen – Strecke zwischen 2 Markern
  - Punktverfolgung
- Die Gehstrecke - Besonderheiten
  - Länge der Gehstrecke
  - Spurbreite
  - Schrittlänge
  - Ganggeschwindigkeit
  - Schrittfrequenz
  - Fussrotation

## Gangzyklus – detaillierte Betrachtung

### Gangphasen nach Perry

- 8 Phasen
- 5 für Standphase, 3 für Schwungphase



-> Wichtig: 8 Phasen – diese sind jedoch unterschiedlich lange

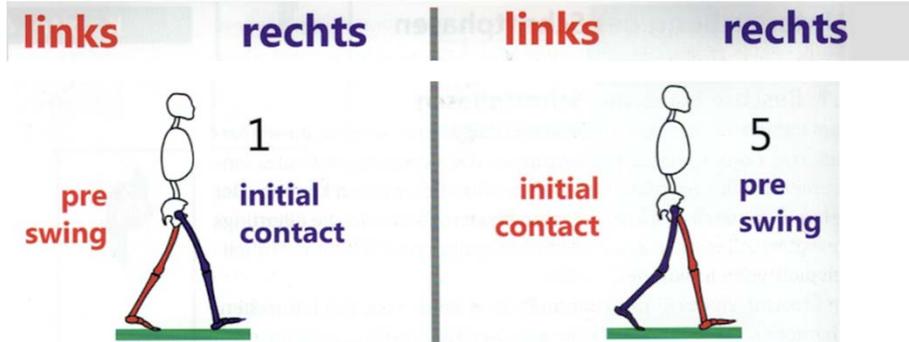
Perry 2003, Ludwig 2015]



### Gangzyklus - detaillierte Betrachtung

Zusammenspiel von links und rechts -> Gangsymmetrie

initial contact - pre-swing

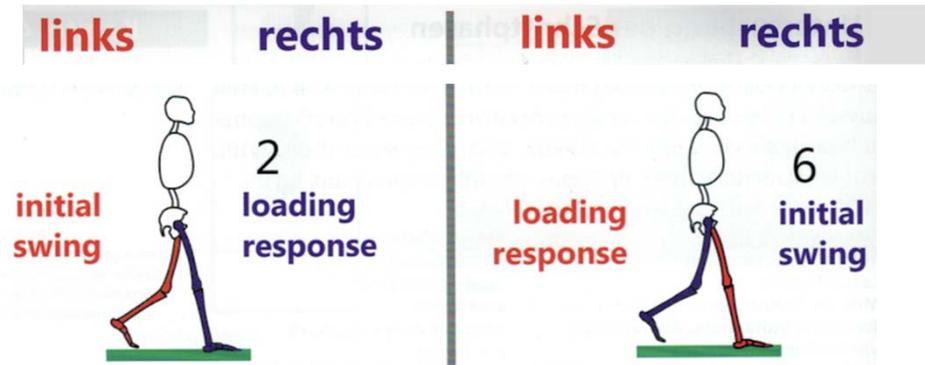


Perry 2003, Ludwig 2015]

### Gangzyklus - detaillierte Betrachtung

Zusammenspiel von links und rechts -> Gangsymmetrie

loading response - initial swing



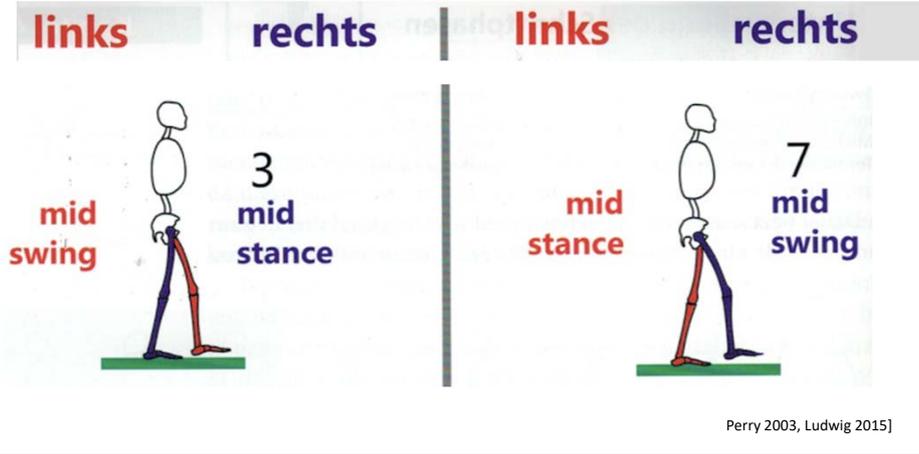
Perry 2003, Ludwig 2015]



Gangzyklus - detaillierte Betrachtung

Zusammenspiel von links und rechts -> Gangsymmetrie

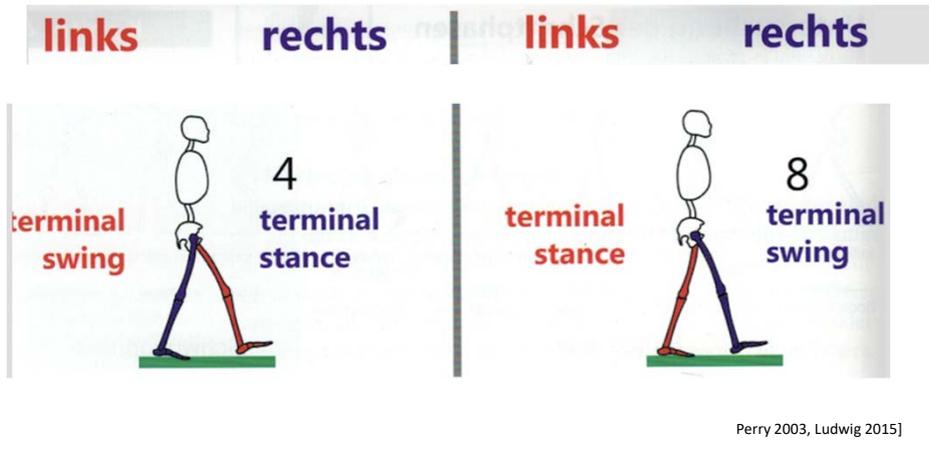
midstance - mid swing



Gangzyklus - detaillierte Betrachtung

Zusammenspiel von links und rechts -> Gangsymmetrie

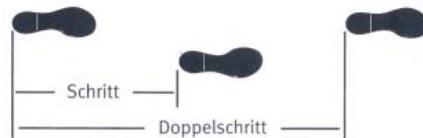
terminal stance - terminal swing





## Gangzyklus - detaillierte Betrachtung

### Der Schrittzklus



Schritt

Step

Doppelschritt

Stride

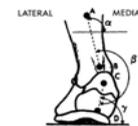
Schrittzklus

[Perry 2003, 2010, Ludwig 2015]

## Einrichtung der Videoanalyse

Warum machen wir diese Investition:  
Technik nicht als Selbstzweck -> Fragestellung (!)

Protokollierung der Bewegung  
schnelle Bewegungsabfolge  
slow-motion / Zeitlupe  
Standbilder  
so objektiv wie möglich -> Qualitätskontrolle



**Funktionelles Verständnis grundlegend**  
**Beobachtung der Bewegung als Grundlage,**  
**dann Interpretation der technisch ermittelten Werte**

**Hilfe für Beratung des Patienten/Patientin**  
**Hilfe für Hilfsmittelbau**



[Nigg, 1986, Wren 2005, Wren 2011, Eastlack 1991, Ludwig 2015]



## Einrichtung der Videoanalyse

2D oder 3D?

3D erheblich komplexer  
Technik und Investition

wenn man die Grenzen kennt gibt  
es sehr gute Einsatzbereiche für 2D-Systeme



[contemplas 2018, Ludwig 2015]

## Einrichtung der Videoanalyse - Kameras

Messplatzeinrichtung und Kameraeinstellung

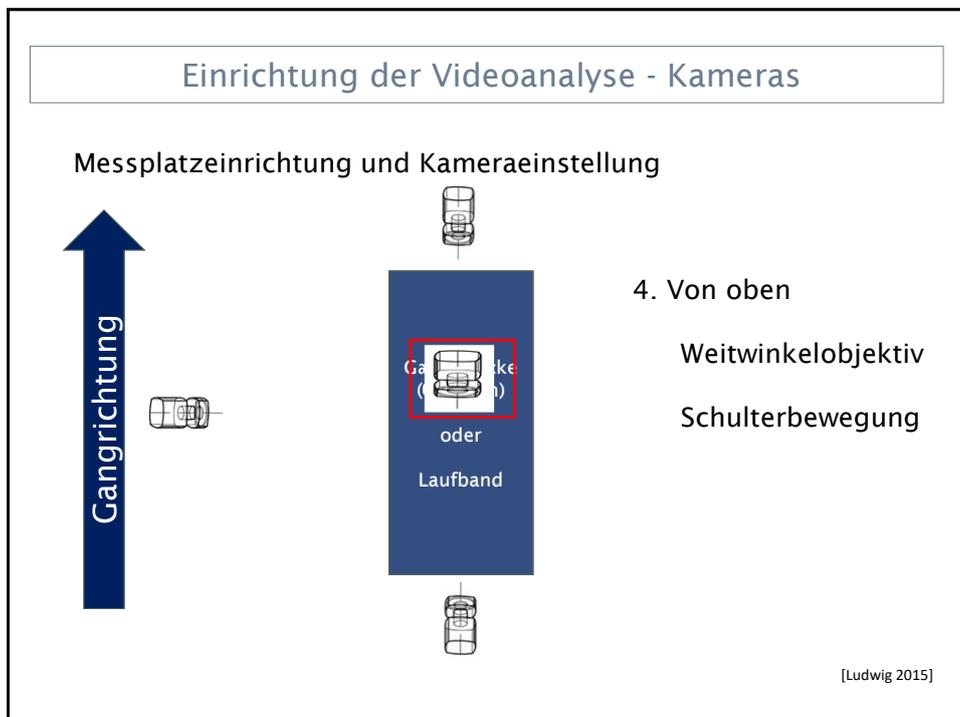
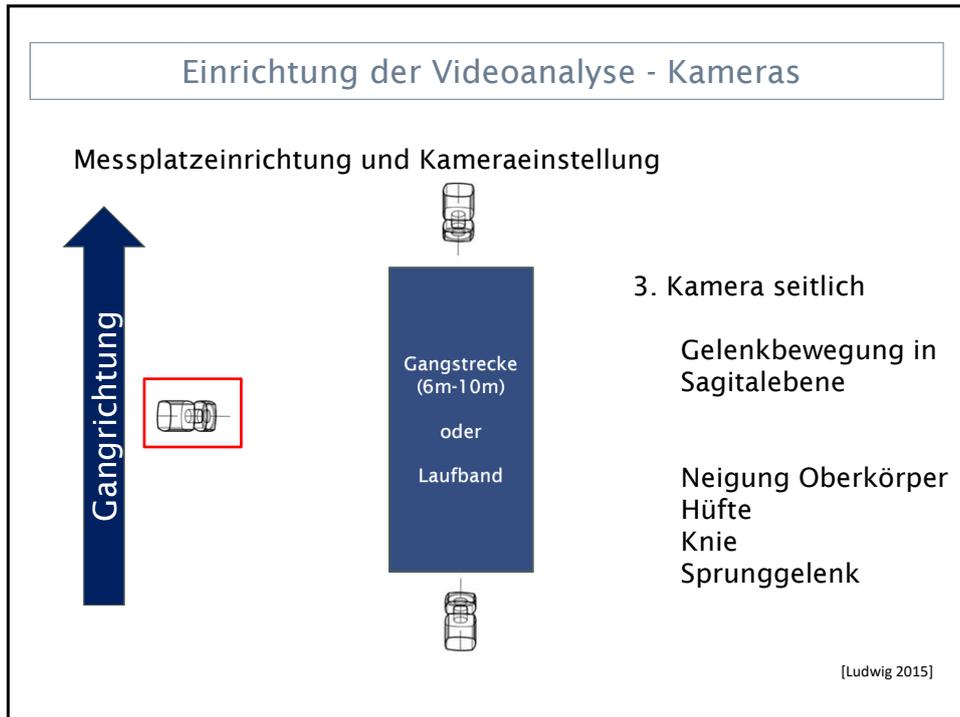


2 Kameras  
vorne & hinten

hinten:  
Stabilität Rückfuss  
Inversion/Eversion  
Beckenbewegung

vorne:  
Knieachse  
Beckenbewegung

[Ludwig 2015]





## Einrichtung der Videoanalyse - Kameras

### Messplatzeinrichtung und Kameraeinstellung

-  Kosten für Kamera & Objektiv ca. 50:50
-  Verzerrungen im Randbereich vermeiden
-  Digitale Kameras einfach per Software aufzunehmen  
-> Speicherplatz
-  Zeitgleiche Darstellung und Auswertung von mehreren Kameras / Perspektiven



😊 Patientenmonitor für Erklärungen 😊

[Ludwig 2015]

## Einrichtung der Videoanalyse - Kameras

### Messplatzeinrichtung und Kameraeinstellung

-  Messfrequenz:
  - 50 Hz Kameras mit 25 Vollbildern pro Sekunde für Ganggeschwindigkeiten
  - 200 Hz Kameras (Highspeedvideo) für Laufanalysen – schnelle Bewegungen

-  Kameraeinstellungen:

Stativ oder Wandhalterungen  
-> keine Veränderungen

Immer senkrecht auf Betrachtungsebene ausrichten



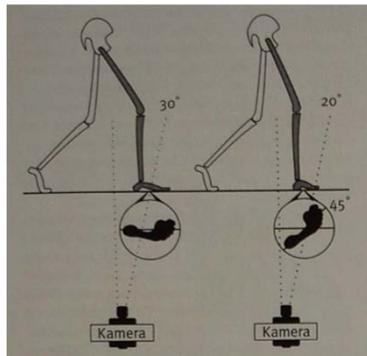
[Ludwig 2015]



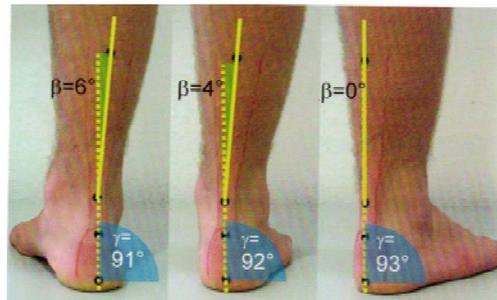
## Einrichtung der Videoanalyse - Kameras

### Messplatzeinrichtung und Kameraeinstellung

#### Projektionsfehler /Parallelachsenfehler



Seitlich



frontal

[Ludwig 2015]

## Einrichtung der Videoanalyse - Kameras

### Messplatzeinrichtung und Kameraeinstellung

#### Ausleuchtung (4000Lux)



(c) currex.de



(c) Prophoto online

gleichmässig  
schattenfrei

->Licht aus unterschiedlichen Richtungen  
dimmbar (nicht zu grell)  
Flächenstrahler besser als punktuelle Spots  
Diffusorfolie zur „Zerstreuung“

nicht in Kameras strahlen  
kein Gegenlicht

Shuttereinstellungen / Belichtungszeit  
0.004s bis 0.001s für Bildschärfe

[Ludwig 2015]

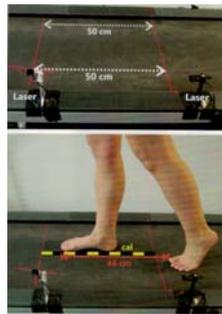


## Einrichtung der Videoanalyse - Kameras

### Messplatzeinrichtung und Kameraeinstellung

#### Kalibrierungstafeln

kontrastreich zur Testperson  
können zur Kameraeinstellung dienen



[Ludwig 2015]

(c) currex.de

## Vorbereitung der Messperson

### Markerpositionierung

Marker repräsentieren „Landmarks“ des Skeletts  
Mehrere Marker repräsentieren ein Segment



Marker auf der Haut sollen Knochen repräsentieren  
-> Fehlerquelle

Wir bilden ein Modell der Wirklichkeit ab  
-> Gelenkmechanik am Knie

#### Praxistipp:

Marker in belastetem Zustand kleben (Stehen)  
Hautmarkerstifte zur Markierung und für Verbindungslinien  
Marker: Abhängig vom Messsystem (->Kosten (!))

LED-Marker  
reflektierende Kugeln  
reflektierende Kreis  
Einfache Bürokleber

[Della Croce 2005, Hara 2014, Benoit 2006, Ludwig 2015]

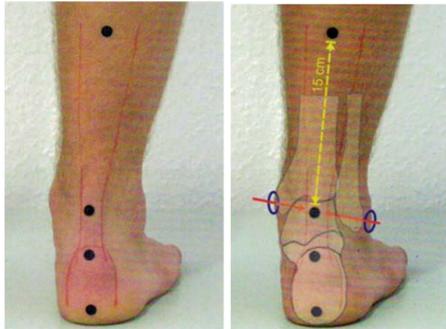


### Vorbereitung der Messperson

Markerpositionierung Fuss und Unterschenkel:

Fersenbein und Unterschenkel

Sprunggelenk und Naviculare



(Ludwig 2015)

### Vorbereitung der Messperson

Markerpositionierung Knie:

Drehpunkt am Knie

Patellamitte und Tuberositas tibiae



(Ludwig 2015)



## Vorbereitung der Messperson

### Markerpositionierung Hüfte & Becken:

#### Trochanter Major



Abb. 3-45  
Der Markerpunkt auf dem *Trochanter major* (großer Rollhügel) bleibt bei Hüftbeugung und -streckung konstant

#### Becken (Spinae iliacae posterior)

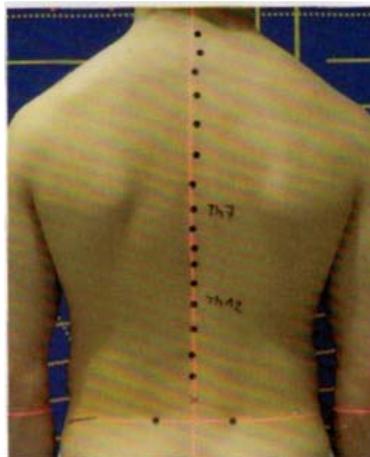


Abb. 3-46  
Marker an den SIPs. Zum Tasten die Handflächen auf den Beckenkamm legen; der rechtwinklig abgespreizte Daumen zeigt auf die SIPs

(Ludwig 2015]

## Vorbereitung der Messperson

### Markerpositionierung Wirbelsäule

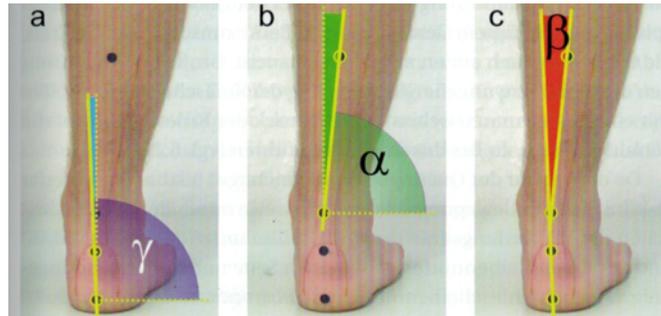


(Ludwig 2015]



### Winkelmessung aus Markertracking

- a) Rückfusswinkel: Gamma-Winkel / Fersenbeinwinkel  
 b) Unterschenkelwinkel: Alpha-Winkel  
 c) Achillessehnenwinkel: Beta-Winkel



0-4° valgus  
<8° unter Last

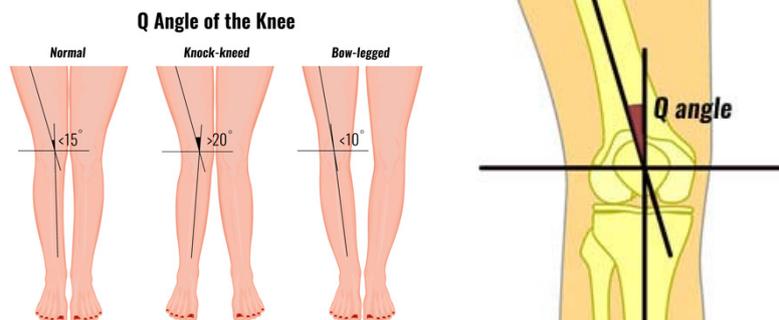
7-9° lateral

8-12° valgus  
max. in mid stance

(Walther 2005, Kernozek & Greer 1993, Ludwig 2015)

### Winkelmessung aus Markertracking

Q-Winkel:



M: 12-15°  
 F: 15-18°  
 >20° verstärkte Valgisierung

(sportsinjuryclinic.net)

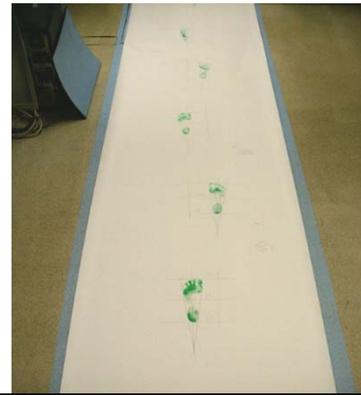
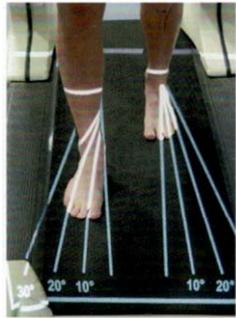


### Winkelmessung aus Markertracking

Fusswinkel oder „foot progression angle“

„intoeing vs. O-ut-toeing“

Einwärtsdrehung  
Auswärtsdrehung des Fusses



### Streckenmessungen

Schrittlänge und Schrittbreite

„Navicular Drop“

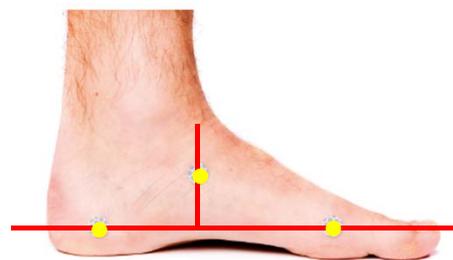
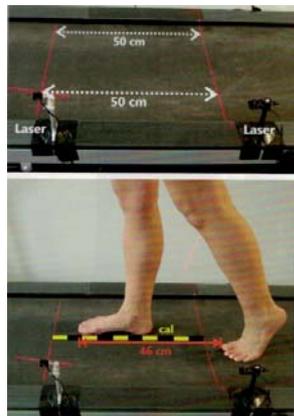


Figure 1  
Reflective marker positions used to calculate navicular drop (ND).

(Nielsen 2009, Ludwig 2015)



## Punktverfolgung

Beispiel Beckenbewegung -> Aussage über Variabilität

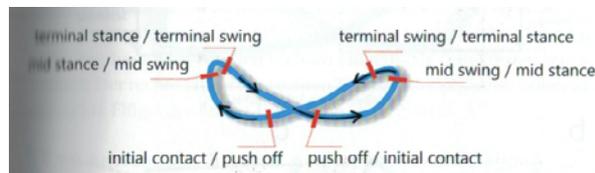


Abb. 3-58  
Typischer Verlauf der Bahnkurve (Trajektorie) der SIPS. Zugeordnet sind die einzelnen Schrittphasen

(Ludwig 2015)

## Die Gehstrecke - Besonderheiten

Alternative zum Laufbandmessplatz

Länge mindestens 6m-10m (>10m)  
Fokussierung der Kameras auf mittlere 3m  
Möglichkeit für Projektionsfehler grösser  
nur wenige Schritte/zyklen erfassbar



Abb. 3-67  
Gehstrecke mit Längen- und Winkelmarkierungen  
(AFG, Idar-Oberstein, [www.ibio.de](http://www.ibio.de))

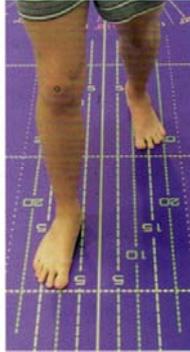
(Ludwig 2015)



## Die Gehstrecke - Besonderheiten

### Spurbreite

gut erfassbar mit parallelen Referenzlinien  
Überkreuzen der Trittspur: „overcrossing“



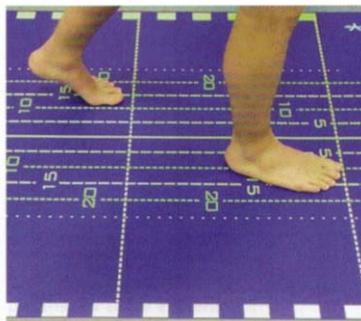
Anhaltspunkt für Schrittweite: 5-13cm

(Ludwig 2015)

## Die Gehstrecke - Besonderheiten

### Schrittlänge

Referenzmarkierungen auf dem Boden  
ggf. anhand Markerkonfiguration per Software erfassbar



Schrittlänge: 0,65 – 0,75m    Doppelschritt: 1,30 – 1,50m  
0,8 x Körpergröße

(Samson 2001, Kramers de Quervain 2008, Ludwig 2015)



## Die Gehstrecke - Besonderheiten

### Gehgeschwindigkeit

selbstgewählte Geschwindigkeit  
Länge der Gehstrecke / benötigte Zeit

->Rehabilitationsfortschritt

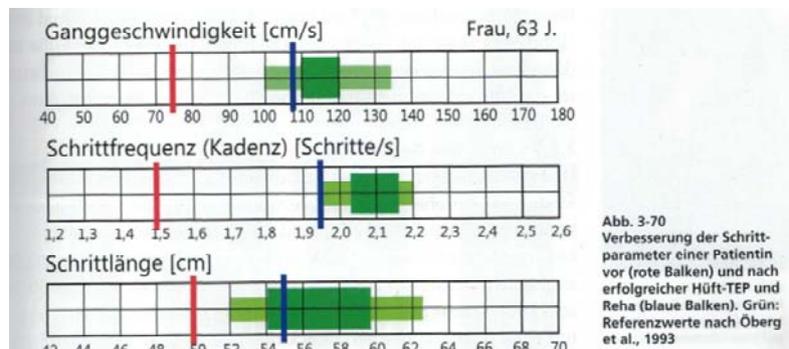
Alter	Männer Mittel	Männer +/-	Frauen Mittel	Frauen +/-
10 – 14	1,32 m/s	0,19	1,08 m/s	0,11
15 – 19	1,35 m/s	0,13	1,23 m/s	0,18
20 – 29	1,22 m/s	0,11	1,24 m/s	0,17
30 – 39	1,32 m/s	0,15	1,28 m/s	0,19
40 – 49	1,33 m/s	0,10	1,24 m/s	0,14
50 – 59	1,25 m/s	0,18	1,10 m/s	0,10
60 – 69	1,28 m/s	0,12	1,15 m/s	0,17
70 – 79	1,18 m/s	0,15	1,11 m/s	0,13

(Öhberg 1993, 1994, Ludwig 2015)

## Die Gehstrecke - Besonderheiten

### Schrittfrequenz

Schritte pro Minute (Kadenz)  
Zahl der Bodenkontakte / Zeit (s)  
105-130 Schritte/min



(Öberg 1993, Kramers de Quervain 2008, Ludwig 2015)



## Die Gehstrecke - Besonderheiten

Fussrotation – foot progression angle

Winkelfächer in regelmässigem Abstand auf Gehstrecke



(Ludwig 2015)

Ende Teil 3 - Grundlagen der Videoanalyse