

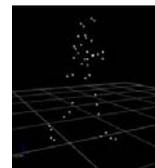
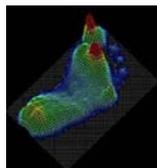


## Der physiologische Gang & Grundlagen der Ganganalyse

Schwerpunkttag 13.09.2018

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

### Überblick



- Entwicklung der Ganganalyse
- Zielsetzungen der Ganganalyse
  - klinische Anwendung in Medizin und Physiotherapie
  - Sport
  - Orthopädieschuhtechnik / Orthopädietechnik
  - Wissenschaft
- Notwendige Infrastruktur
- Kinematik vs. Kinetik

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences



## Entwicklung

Aristoteles (384-322 a.C.)  
„Über die Bewegung der Lebewesen“



Giovanni A. Borelli (1608–1679)  
Physik, Mechanik während des Gehens

Luigi Galvani (1737-1798)  
Arzt  
->Muskelkontraktionen



Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

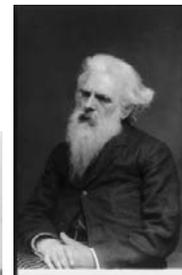
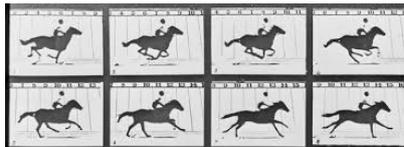
## Entwicklung

Isaac Newton (1643-1727)  
->Mechanik



Wilhelm Braune / Otto Fischer (19. Jahrhundert)  
->erste Fotographische Aufnahmen

Eadward Muybridge (1830-1904)  
->Hochgeschwindigkeitsaufnahmen



Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences



## Entwicklung

Jacquelin Perry --- 1918 - 2013



Orthopädin

"most doctors go into medi

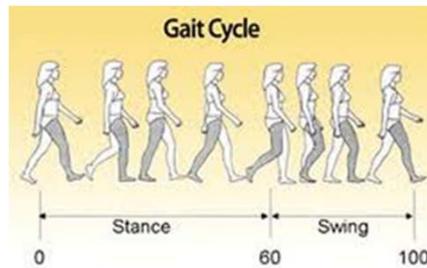
I'm more interested in get persons functioning again."



## Entwicklung

Jacquelin Perry --- 1918 - 2013

Gehen als zyklische Bewegung



Gehen: Standphase 60% - Schwungphase 40%  
Laufen: Standphase 40% - Schwungphase 60%

[Perry 2009]



## Grundlagen

Warum machen wir eine Ganganalyse?

### Diagnostik

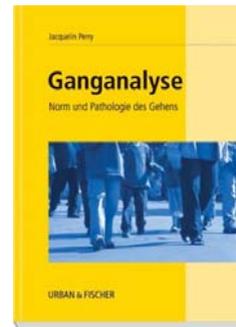
Bewegungs“defizite“  
Einschränkungen durch Pathologie  
Einschätzung zur Gegenseite (?) - Symmetrie  
Einschätzung zu Vergleichsgruppe (?)

### Therapie

Gangschule - mit/ohne Feedback

### Qualitätskontrolle

Vorher/Nachher-Vergleiche  
mit/ohne Hilfsmittel  
barfuß/Schuh  
Gehen vs. Rennen



## Grundlagen

Ganganalyse in der Orthopädieschuhtechnik:

Ergänzung zur klinischen Untersuchung:

Bildgebung Bsp: Röntgen, MRT, Ultraschall  
statische Tests Bsp: Beinachsen

Palpation

funktionelle Tests



**Erkennen funktioneller Defizite**

Gang, Lauf, Sprint

besseres Verständnis über Einschränkung des Patienten

Möglichkeit der zusätzlichen Beratung

Absicherung bzw. Mehr Information für Hilfsmittel



## Möglichkeiten der Ganganalyse

### Deskriptive oder beschreibende Ganganalyse:

#### Beobachtung

Videoaufnahmen (Wiederholung, slow-motion)

eingesetzt in der Physiotherapie / Medizin



**Vorteile:** einfach  
wenig Aufwand  
grobe Bewegungsdefizite schnell identifizierbar

**Nachteile:** wenig reproduzierbar  
Verlassen auf das was man sieht  
Erfordert viel Erfahrung

## Möglichkeiten der Ganganalyse

### Apparategestützte Ganganalyse:

zweidimensionale Videoaufnahmen  
in mehreren Bewegungsebenen

**Vorteile:** standardisiertes Verfahren  
grosser Informationsgehalt  
transportiert Kompetenz  
Hilfe für Hilfsmittelgestaltung  
koppelbar mit Methoden  
->Druckverteilung



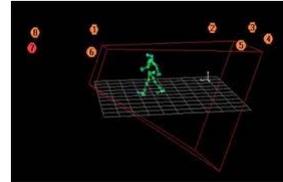
**Nachteile:** Investition  
Technik erfordert Einarbeitungszeit  
Bedienung, Interpretation  
keine Abrechnungsmöglichkeit  
(Privatmarkt)



## Möglichkeiten der Ganganalyse

### Apparategestützte 3D-Ganganalyse:

dreidimensionale Bewegungserfassung  
in allen Bewegungsebenen



**Vorteile:** standardisiertes Verfahren  
sehr grosser Informationsgehalt  
gekoppelt mit Bodenreaktions-  
messungen erlaubt  
Gelenkkräfte zu bestimmen  
koppelbar mit weiteren Methoden

Movecontrol.com

**Nachteile:** sehr teuer  
Wissenschaft und grossen Kliniken vorbehalten  
personalintensiv  
keine Abrechnungsmöglichkeit

## Möglichkeiten der Ganganalyse

### Beschreibende Ganganalyse

#### Aparategestützte 2D-Ganganalyse

#### Apparategestützte 3D-Ganganalyse:

-> Bester Kompromiss aus  
erschwinglicher Technik (Kameras)  
objektiven und reproduzierbaren Ergebnissen  
(Chambers & Sutherland 2002)

-> Einarbeitung möglich  
-> gibt Sicherheit Gangbilder zu bewerten  
-> Gangvarianten zu erkennen (Individualität)  
-> gute Qualität von Erfassung bis Interpretation

(Wren at al. 2011)



## Überblick

### Ziele und Methoden in der Ganganalyse

Tabelle 1: Analysemethoden und Fragestellungen in der Ganganalyse

Analysemethode	Anwender	Zielsetzung	Typische eingesetzte Verfahren
Wissenschaftliche Ganganalyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wissenschaft</li> <li>Medizin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wissenschaftliche Grundlagenforschung</li> <li>Anwendungsforschung</li> <li>Medizinische Diagnostik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bewegungsaufzeichnung 3D</li> <li>Elektromyographie</li> <li>Kinetische + kinematische Analysen</li> <li>Simulationen</li> </ul>
Medizinische Ganganalyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orthopädie-schuhtechnik</li> <li>Orthopädietechnik</li> <li>Physiotherapie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gangbildstörungen analysieren</li> <li>Versorgung / Therapie festlegen</li> <li>Versorgungserfolg / Therapieerfolg festlegen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bewegungsaufzeichnung 2D</li> <li>Softwaregestützte Winkelauswertung</li> <li>Kinetische Analyse (Pedographie)</li> </ul>
Beschreibende Ganganalyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Physiotherapie</li> <li>Sportschuhhandel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gangbildvarianten feststellen</li> <li>Sportschuh empfehlen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Videoaufzeichnung 2D</li> <li>Interpretation durch das Auge</li> </ul>

(Ludwig 2015)

## Methoden zur Analyse des Gangs

### Kinematik (2D, 3D)

Analysiert Zeitpunkt und Ausmass von Gelenkbewegungen (Segmentbewegungen)



### Kinetik

Analysiert Kräfte während der Standphase



### Dynamische Electromyographie

Analysiert die zeitliche Abfolge und Intensität der Muskulatur (Bewegungskoordination)

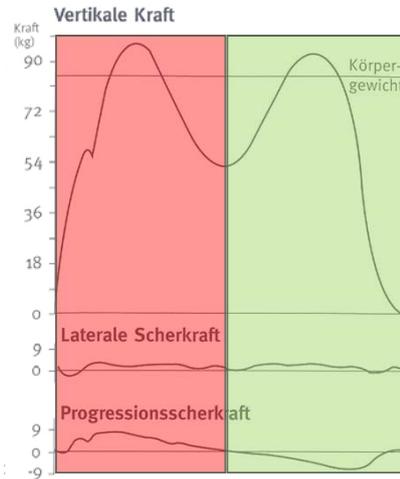
### Analyse des Energieverbrauchs

Metabolische Effizienz des menschlichen Gangs

(Perry 2003)

## Strukturierung der Gangbewegung

### Bodenreaktionskräfte im Gehen

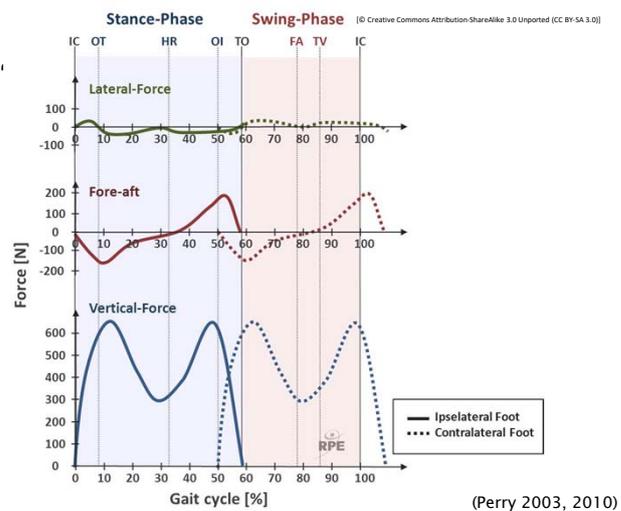


(Perry 2003, 2010)

## Strukturierung der Gangbewegung

### Bodenreaktionskräfte im Gehen

„Double Support“  
im Gehen

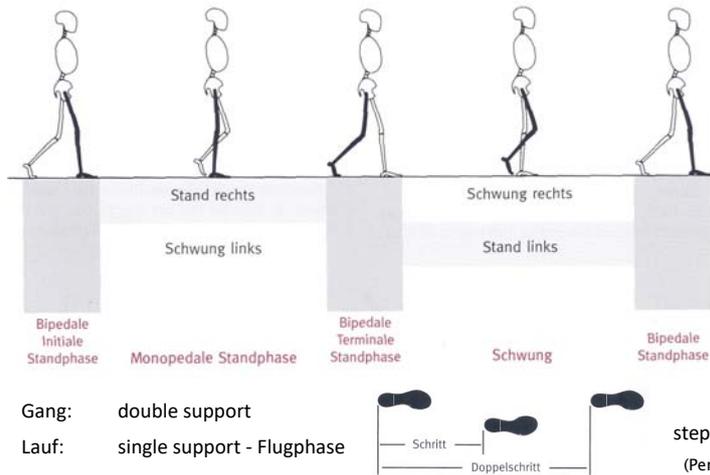


(Perry 2003, 2010)



## Strukturierung der Gangbewegung

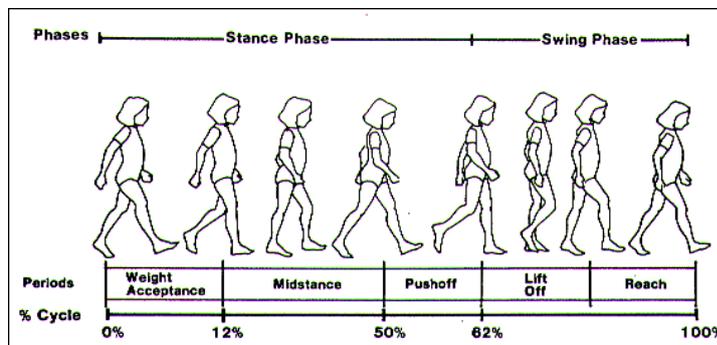
### Funktionelle Gangphasen



## Strukturierung der Gangbewegung

### Funktionelle Gangphasen abgeleitet aus Kraftdaten

Funktionelle Gangphasen nach David A Winter --- 1930 - 2012



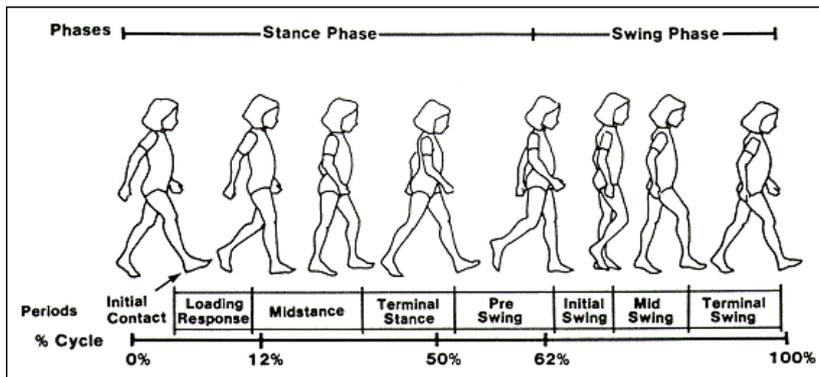
(Winter 1991, 2009)



## Strukturierung der Gangbewegung

### Funktionelle Gangphasen abgeleitet aus der Bewegungsbeobachtung

Definition nach Perry



[Perry 2003, 2010]

Funktionell  
abg.

### GAIT ANALYSIS: FULL BODY

RANCHO LOS AMIGOS MEDICAL CENTER  
PHYSICAL THERAPY DEPARTMENT

Reference Limb:

L  R

	Weight Accept		Single Limb Support		Swing Limb Advancement			
	IC	LR	MSI	TSt	PSw	ISw	MSw	TSw
<b>Trunk</b>								
Lean: B/F								
Lateral Lean: R/L								
Rotate: B/F								
<b>Pelvis</b>								
Hike								
Tilt: P/A								
Lacks Forward Rotation								
Lacks Backward Rotation								
Excess Forward Rotation								
Excess Backward Rotation								
Epilateral Drop								
Contralateral Drop								
<b>Hip</b>								
Flexion: Limited								
Excess								
Inadequate Extension								
Fast Retract								
Rotation: IR/ER								
Ad/Abduction: Ad/Ab								
<b>Knee</b>								
Flexion: Limited								
Excess								
Inadequate Extension								
Wobble								
Hyperextends								
Extension Thrust								
Varus/Valgus: Vx/VI								
Excess Contralateral Flex								
<b>Ankle</b>								
Forefoot Contact								
Foot-Flat Contact								
Foot Slap								
Excess Plantar Flexion								
Excess Dorsiflexion								
Inversion/Eversion: In/Ev								
Heel Off								
No Heel Off								
Drag								
Contralateral Vaulting								
<b>Toes</b>								
Up								
Inadequate Extension								
Clewed								

MAJOR PROBLEMS:

Weight Acceptance

Single Limb Support

Swing Limb Advancement

Excessive UE Weight Bearing

Name

[Perry 2003, 2010]

## Strukturierung der Gangbewegung

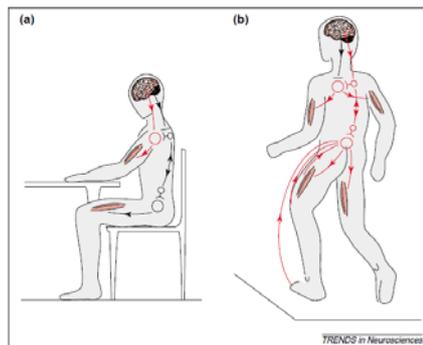
### Bodenkontaktzeit innerhalb des Schrittzklus

		Gang:	Lauf:
<b>Bodenkontakt nach Perioden</b>			
Standphase		60%	40%
• Initiale bipedale Standphase	10%		
• Monopedale Standphase	40%		
• Finale bipedale Standphase	10%		
Schwungphase		40%	60%

(Perry 2003, 2010, Winter 1991, 2009)

## Wie wird Gehen initialisiert und gesteuert?

### Der „Central Pattern Generator“



**Fig. 3.** Movement control during different motor tasks. According to the research cited in this review, neuronal control of arm movement is task-dependent. (a) During skilled hand movements, strong direct cortical-motoneuronal excitation is predominant (red lines) and the cervical propriospinal neuronal system is inhibited. (b) During locomotion, it is assumed that the brain command is predominantly mediated by interneurons. Cervical and thoraco-lumbar propriospinal systems become coupled and coordinate arm and leg movements (red lines). The caudal part of (b) is adapted from Ref. [78].

(Grillner 1975, Dietz 2002)

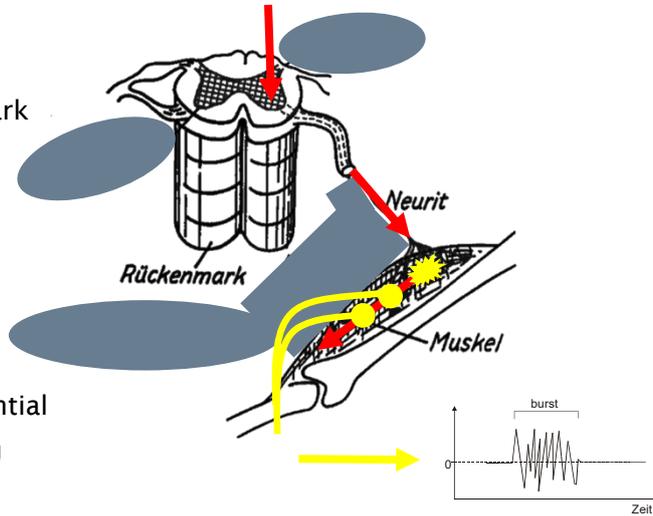


Wie wird Gehen initialisiert und gesteuert?

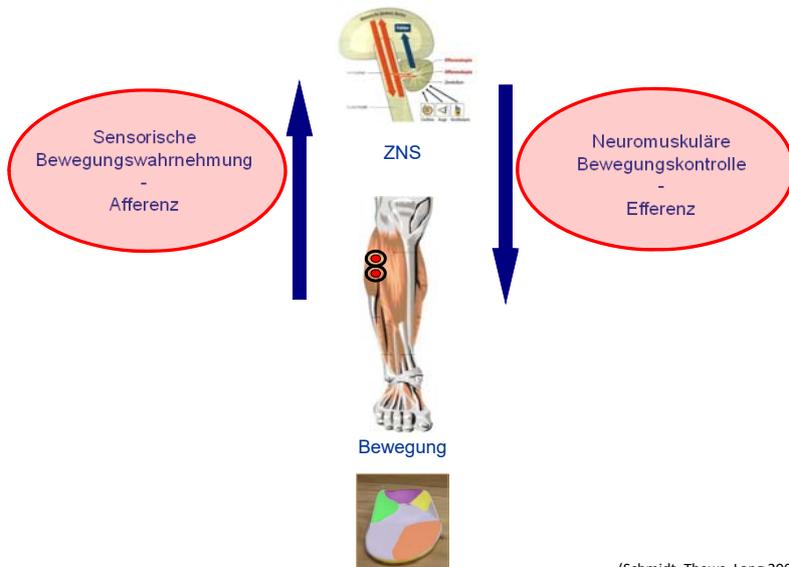
Gehirn - ZNS  
→ Rückenmark

Nerv  
→ Muskel

Aktionspotential  
→ Fortleitung



Wie wird Gehen initialisiert und gesteuert?

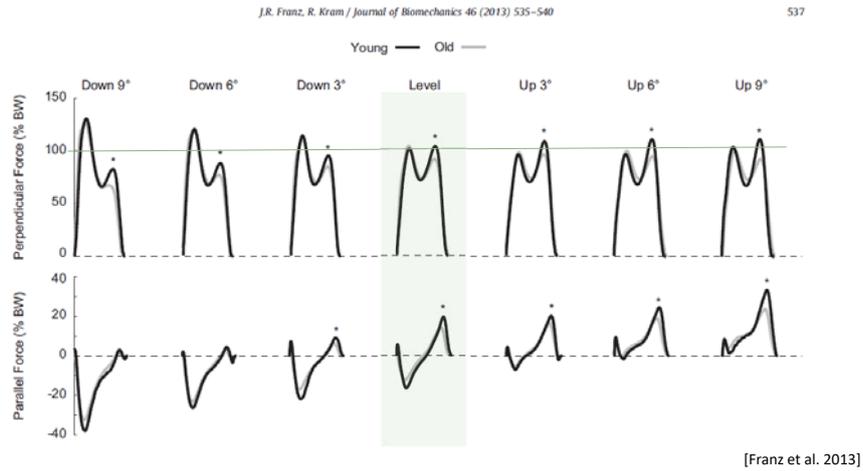


(Schmidt, Thews, Lang 2000)



## Anpassungen der Gangbewegung

### Gehen als zyklische Bewegung



## Anpassungen der Gangbewegung

### Treppensteigen

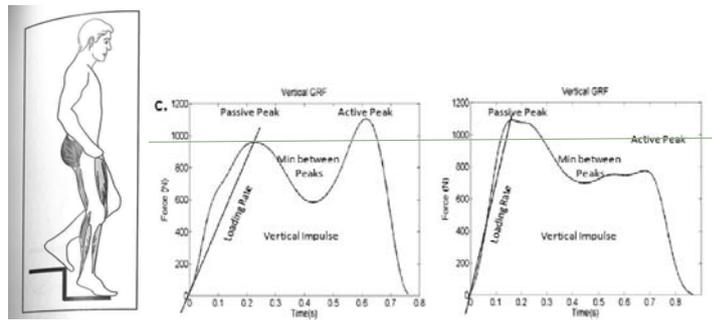


Fig. 1. Representative sample of ground reaction forces during ascent (left) and descent (right): (a) mediolateral forces, (b) anteroposterior forces, and (c) vertical forces. The data shown are from a single pregnant subject in her third trimester. Key peaks and impulses are labeled.

[McCroly et al. 2013]



## Anpassungen der Gangbewegung

Treppensteigen / Abwärtsgehen:  
je steiler desto variabler

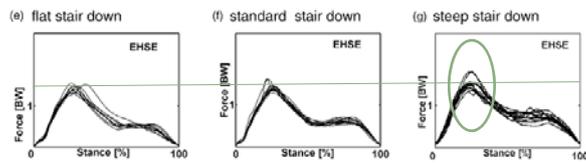


Fig. 3. Examples of different types of GRF curves in level walking and on stairs of one subject. (a) *Level walking*: Typical "M" shaped curve. (b-d) *Stair ascent*: First maximum slightly decreased and second slightly increased. (e-g) *Stair descent*: Dominant first maximum at touchdown, second often not present. Generally, the variability of the curves increased with the increase in stair inclination.

[Stacoff et al. 2005]

## Anpassungen der Gangbewegung

Gehen vs. Laufen / Rennen

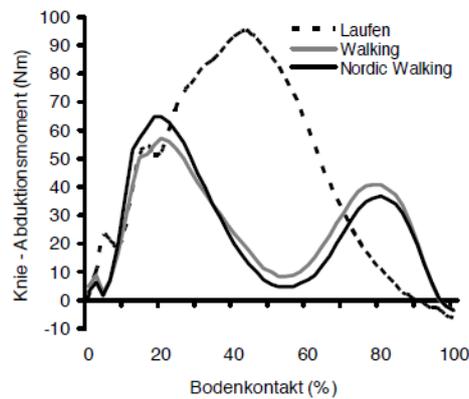


Abbildung 1: Knie - Abduktionsmoment. Mittelwertskurven der einzelnen Bewegungsformen normalisiert zum Bodenkontakt (n=15)

[Kleindienst et al. 2007]

Ende Teil 1 - der physiologische Gang