

Lokomotion Motherfucker

Versuche terrestrische Lokomotion

Student: Vincent E. Focke

Leitung: Prof. Dr. A. Kesel

Betreuung: LB. Nils Owsianowski

Inhaltsverzeichnis

1	TODO	1
1.1	MundM	2
1.2	Geschw. und Beschl Linear und Winkel	2
1.3	Scilab	2
2	Checkliste Inhalt	3
3	Einleitung	5
4	Material und Methoden	7
4.1	Proband	7
4.2	Material	7
4.2.1	Laufband	7
4.2.2	Laufstrecke	7
4.3	Methoden	8
4.3.1	Laufband	8
4.3.2	Laufstrecke	8
4.4	Datenauswertung mit Scilab	9
5	Ergebnisse	11
5.1	Laufband	11
5.2	Laufband (Fadenpendel)	11
5.3	Laufstrecke	11
5.4	Vergleich Laufband und Laufstrecke	11
6	Diskussion	12
7	Literatur	14

1 TODO

Kirtley et al 1985

knee angle and moment and changes over walking speed
peak knee reflexion strongly correlated with walking speed

discussion;

strong correlation of cadence, stride length and velocity

velocity highest correlation with stance phase

cadence highest correlation with swing phase knee flexion

GOOD ARGUMENTATION!

Cadence, stride length and velocity

Eigenfrequency can't be changed, therefore energy is needed for deceleration and acceleration
when walking faster or slower

walking becomes **more difficult**

shortening stance phase due to the fact that swing phase can't be shortened as easily as stance
phase (gibt Quelle 11 an, nachgucken! zitieren!)

no change in knee extension peaks, kurz vor der Landung, bei 2/3 der Standphase

Kniewinkel

Standphase: extension kaum verändert, flexionsmaximum steigt

Schwungphase: keine große Änderung des Flexionswinkels??

Kuo 2007 check conclusion Seite 35

Pendulum ist keine gute Theorie! aber irgendwas mit fliegender Kugel und "dynamic walking"

Whittle 1996

Seite 8 und 10

gute Graphen!

Danion 2003

Gangzyklen sind stark variabilität unterworfen

Masaad-et al 2007

introduction:

flat walking muscles work less efficient

bouncy walking muscles work more but also more efficient!

compare walking model types on a meta-level!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

Alexander 1992

introduction: why we can't walk faster!!!

TLOK-069 introduction good for robotics

READ!!!

Alton 1998

Jordan 2007

1.1 MundM

Beschriftung Abbildungsteile laufsteg und laufband

1.2 Geschw. und Beschl Linear und Winkel

- pur plotten
- angucken
- sinnvoll plotten

1.3 Scilab

- Einlesen Tabellen
 - Massenschwerpunkte bestimmen
 - Geschwindigkeiten und Beschleunigung (linear und winkel)
 - Daten glätten, gleitender Mittelwert
 - plotten
-
- Kalibrierung der Waage
 - Messdaten bereinigen (Drift und Nullmessung)
 - Messdaten in Kräfte umrechnen
 - (y-Richtung Waage = x-Richtung der Videos)
 - (z-Richtung Waage = y-Richtung der Videos)
 - Bestimmung des genauen Ortes der Bodenreaktionskraft
 - Berechnung der inversen Dynamik
 - Zeitliche Synchronisation der Datensätze (Startbild und Aufnahmefrequenz)

2 Checkliste Inhalt

Bewertungskriterien

Vorgehensweise:

welche Auswertungen wurden durchgeführt

wie viel Hingabe liegt in der Erstellung

wurde alles ausgewertet?

Pendel

Eigenfrequenz ermitteln und darstellen

halbe periode, da nur Schwingphase betrachtet wird

wirklich nur die Periodendauer vergleichen

am leichtesten, da Schwingung nur durch Schwerkraft entsteht und keine Muskelkraft benötigt wird -> das mit subjektiver Wahrnehmung vergleichen (hier Skala 1-10)

ES GEHT NUR UM WINKEL!!

GESCHW. UND BESCHL. SIND NUR FÜR INVERSE KINEMATIK NOTWENDIG!!

Laufband mit Laufstrecke vergleichen

oberkörper betrachten

dazu Literatur suchen -> Vorwärtsbewegung ist kontrolliertes Fallen (KUO 2007) macht Unterschied, ob ich tatsächlich mich fortbewege oder auf der Stelle laufe

das über die Winkel machen!

verändert sich die Armschwingungs/ Amplitude

wie doll ändert sich der Winkel zwischen Hüfte und Nacken (Winkel zwischen Boden und Verbindungslinie Nacken/Hüfte, am besten 0 Grad senkrecht nach oben festlegen, dann positive Winkel nach vorne, negative nach hinten!)

OPTIONAL!

Treibende Kraft aus Gravitationskraft und Oberkörperneigungswinkel berechnen

hier müsste eigentlich rauskommen, dass keine Kraft sich ergibt über einen Schrittzyklus, da das eine Pendelbewegung ist

Unterschiede zwischen Laufen auf einem Fleck (Laufband) und tatsächlicher Ortsänderung(Laufstrecke)

Arme hierfür getrackt!! hier wichtig: Amplitude in X-Richtung und Winkel zwischen Unter- und Oberarm angucken und vergleichen

Laufstrecke

Auswertung durch inverse Kinematik (Winter 2009)

Kräfte und Momente für alle Gelenke analysieren und interpretieren

Bedeutung der Daten hinsichtlich bionischer oder medizintechnischer Anwendungen

weitere Schlussfolgerungen (s. Winter) und mögliche weiterführende Berechnungen/Untersuchungen

auftretende Kräfte und Momente angucken und interpretieren

was kann man daraus ablesen

welches Kraft/moment tritt wann auf, warum ist das so?

das mit Kinematik koppeln

bei welcher Gangphase passiert was, was kann daraus gezogen werden?

siehe Winter: was kann man noch weiter berechnen, Ansatz der Hebelarme etc...

welche Auswirkung hat dieses Wissen für technische Anwendung, zum Beispiel die ideale Dämpfung

Robotik, was kann man für bipedales Gehen für Gangmuster (central pattern generators - CPG) aus den Untersuchungen ziehen -> Robotik, Medizintechnik, Exoskelette

Anwendung auf andere Fortbewegungssysteme/ mögl. Anwendungen

Robotik, 4/6/8 Beine

Exoskelette Programmierung für natürlich Unterstützung des Menschen

auf Fehlen der Statistik eingehen

kurz beschreiben, welche Daten notwendig wären, welche Verfahren geeignet wären

Weiterführende Literatur!!

3 Einleitung

Hypothese:

Beispielhafte Ganganalyse für 7 Geschwindigkeiten. Bewertung der Veränderung der Winkel und Trajektorien bei steigender Geschwindigkeit.

Identifikation wichtiger Schritphasen anhand der Kräfte in Kopplung mit Trajektorien.

PLOT EINES GANGZYKLUSSES MIT KRÄFTEN DAZU!!

STICKPLOT?!?!

Nur Bezug auf Sagittalebene, hier Skizze rein mit beobachtete Gelenke

Der bipedale Gang des Menschen ist ein Erkennungsmerkmal unserer Fortbewegung. Er zeichnet sich besonders durch die fast vollständig gestreckten Beine aus (ALEXANDER 1992). Die Erforschung erstreckt sich dabei von Ganganalyse (alexander und wer noch so alles) über klinische Forschung (WREN ET AL 2011) bis hin zur Untersuchung von Laufmustern für Roboter (TLOK-XXX und ...noch eins..). Um den Gang genauer zu untersuchen wird der Gangzyklus grundlegend unterteilt in Standphase und Schwungphase sowie weitere Sub-phasen, die in Abbildung 1 dargestellt sind. Der Übergang von Gehen zu Laufen ist durch das Wegfallen der bipedalen Standphase ab einer gewissen Geschwindigkeit definiert (Perry XXX). Der menschliche Gang lässt sich dabei sehr gut mit dem Modell eines inversen Pendels abstrahieren. Durch das fast vollständig gestreckte Standbein rotiert die Hüfte um den Kontaktpunkt mit dem Boden. Betrachtet man dazu noch das Schwungbein als normales Pendel, dürfte die Fortbewegung keine Energie benötigen. Dieses Paradoxon wird durch Abweichungen von einem ideal gestreckten Bein sowie einer Bremskraft beim initialen Bodenkontakt erklärt (KUO 2007). Die Anwendbarkeit des inversen Pendelmodells lässt sich jedoch dadurch zeigen, dass jeder Mensch eine bevorzugte Laufgeschwindigkeit hat. Bei dieser Geschwindigkeit fühlt sich das Laufen am Angenehmsten an, weil die Pendelfrequenz des Beines mit dessen Eigenfrequenz übereinstimmt. Weitere Aussagen über den Gang lassen sich durch das Messen der Bodenreaktionskräfte (BRK) treffen. Verbindet man diese mit den Gangzyklen können Momente wie Lastaufnahme in Y-Richtung sowie ein Abbremsen und Abstoßen in X-Richtung beobachtet werden. Die Kräfte in Z-Richtung erlauben Aussagen über die Balance beim Gehen, welche besonders interessant sind für die monopedalen Stützphasen (ehhh, QUELLE?). Ziel dieser Arbeit ist die exemplarische Datenerhebung mittels kinematischer und kinetischer Verfahren für einen Probanden. Das Gehen wird bei verschiedenen Geschwindigkeiten untersucht und eine allgemeine Auswertung von Periodendauer, Winkeln, Trajektorien und Kräften durchgeführt. Durch kombination von Trajektorien und BRK wird eine inverse Kinematik erstellt. Alle ermittelten Daten werden mit der Literatur verglichen und die Experimente auf ihre Belastbarkeit geprüft.

Durch kinematische und kinetische Beobachtungen lassen sich diese

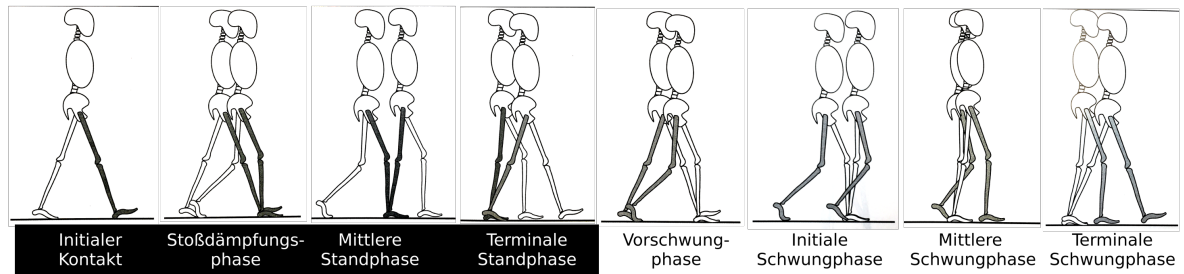


Abbildung 1: blabla blabla

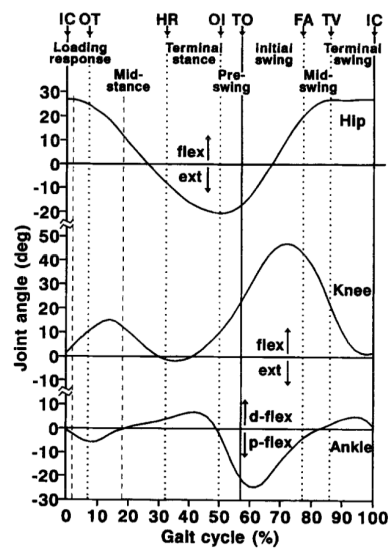


Fig. 3. Sagittal plane angles of hip, knee and ankle joints during a single gait cycle by a normal subject. IC, initial contact; OT, opposite toe off; HR, heel rise; OI, opposite initial contact; TO, toe off; FA, feet adjacent; TV, tibia vertical (reproduced with permission from Whittle, 1996).

Abbildung 2: blabla blabla

4 Material und Methoden

4.1 Proband

Alle hier dargestellten Daten beziehen sich auf eine männliche Person mit einer Körpergröße $l = 181$ cm und einem Gewicht von $m = 75$ kg. Neun Gelenke wurden mit Markern versehen, um diese später auszuwerten. Die Gelenke sind: Hals, Schulter, Ellenbogen, Handgelenk, Hüfte, Knie, Knöchel, Ferse und Ballen.

4.2 Material

HIER: TABELLE MIT KAMERA, SCHEINWERFERN, LAUFBAND, WAAGE ETC.

DANN NUR NOCH BILDER ZEIGEN FÜR DEN AUFBAU

AUSRICHTUNG DER KAMERA GENERELL ERKLÄREN

4.2.1 Laufband

Der Aufbau besteht aus einem mercury 4.0 Laufband (h/p/cosmos sports & medical GmbH, Nussdorf-Traunstein, Germany), einer Samsung VP-HMX20C Videokamera (Samsung AG Seoul, Südkorea) und zwei weißen 500W Baustrahlern (MARKE???). Abbildung 3 (nicht maßstäblich) zeigt den Aufbau mit der Kamera XX m vom Laufband entfernt. Die Bildebene ist parallel zur langen Kante des Laufbandes ausgerichtet.

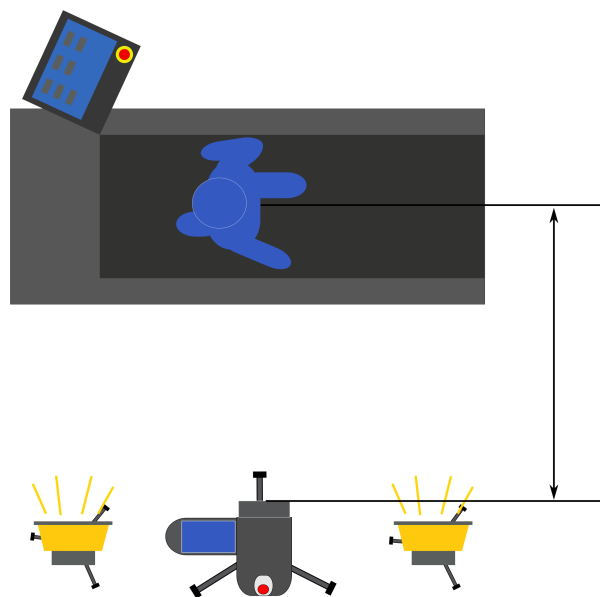


Abbildung 3: Aufbau des Laufband-Versuches mit Laufband LB, Kamera K und Scheinwerfern SW
Abstand zur Kamera $A_{Kam} = 5$ m

4.2.2 Laufstrecke

Dieselbe Videokamera und Baustrahler wie bei dem Laufband-Versuchen werden verwendet. Der Proband läuft in diesem Experiment über eine Laufstrecke (Eigenbau Hochschule Bremen, Deutschland). In der Mitte ist ein Quarzkristall-3-Komponenten-Dynamometer Typ 9257B

(Kistler Gruppe Winterthur, Schweiz) zum Messen der Kräfte eingebaut, welches im Folgenden als Waage bezeichnet wird. Die Waage ist über einen Mehrkanal-Ladungsverstärker Typ 5070A (Kistler) mit einem Computer verbunden. Abbildung 4 (nicht maßstäblich) zeigt den Aufbau mit der Kamera XX m vom Laufstrecke entfernt. Die Kamera steht zentriert vor der Waage und die Bildebene ist parallel zur langen Kante des Laufstreckees ausgerichtet.

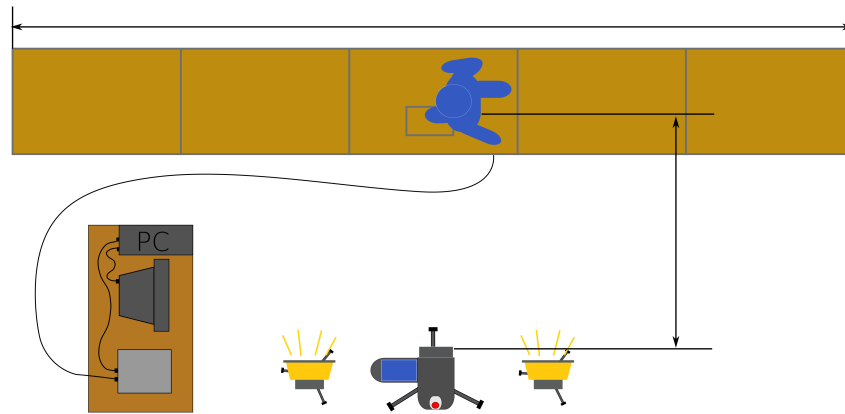


Abbildung 4: Aufbau des Laufstrecke-Versuches mit Laufstrecke LS, Kamera K, Scheinwerfern SW, Computer C, Waage W und Ladungsverstärker LV. Länge Steg $L_S = 6\text{ m}$ und Abstand zur Kamera $A_{Kam} = 5\text{ m}$

4.3 Methoden

4.3.1 Laufband

Ausgehend von 1 km/h werden in 1 km/h-Schritten sieben Geschwindigkeiten untersucht. Das Gehen wird subjektiv von 1 (angenehm) bis 10 (unangenehm) bewertet. Je zwei Gangzyklen werden mit einer Bildrate von 50 Hz, einer Belichtung von 1/1000 s und auf 5 m fixierten Fokus aufgenommen.

Die Videos werden anschließend mit dem Programm ffmpeg 2.1 (LGP License, ffmpeg.org) in Einzelbilder zerlegt. In ImageJ (National Institutes of Health Bethesda, Maryland) werden mithilfe des Plugins MTrackJ CITE(Meijering 20120) die x- und y-Koordinaten aller Gelenke digitalisiert und im .mdf-Format gespeichert.

4.3.2 Laufstrecke

EINSTELLUNGEN LADUNGSVERSTÄRKER???

Die Kameraeinstellungen vom Laufbandversuch übernommen finden auch hier Anwendung. Die Digitalisierung der Koordinaten ist wie oben beschrieben durchgeführt worden. Die Waagensignale werden mit 100 Hz und 200 N/V vom Ladungsverstärker an den Computer weitergeleitet. Mit DASYLab werden die Eingangssignale verarbeitet und alle 8 Kanäle im ASCII-Format gespeichert. Für eine 4-Punkt-Kalibration wird die Waage in alle drei Raumrichtungen mit 0, 1, 3,6 und 7,75 kg belastet. Der Waagendrift wird über 60 s ohne Belastung für jede Raumrichtung ermittelt.

Blick geradeaus, um nicht auf den Gang nicht an die Waage anzupassen

4.4 Datenauswertung mit Scilab

Aufbau siehe Kirltey et al Die Rohdaten der X- und Y-Koordinaten und der Waagenmessungen werden für beide Versuche in Scilab ausgewertet. Die verwendete Vorgehensweise wird daher hier für beide Versuche gebündelt erklärt, um den Arbeitsvorgang deutlich darzustellen.

X/Y-Koordinaten

Glättung

Gleitender Mittelwert

Plotten

Berechnung Winkel

Berechnung Beschl.

Berechnung Geschw.

Die acht Kanäle der Waage werden in X-, Y- und Z-Richtung zusammengefasst. Der Waagendrift wird durch lineare Regression ermittelt und von allen Rohdaten abgezogen. Für die Kalibration werden die Signale für die vier Gewichte über 1000 Werte gemittelt. Dadurch können den Spannungen tatsächliche Gewichte zugeordnet werden, welche mittels linearer Regression eine Extrapolation für folgende Messungen erlauben. Die Waagendaten

Kalibration

offset in jeder Messung

Volt somit in N umgerechnet

Inverse Kinematik

FELIX WAS HAST DU DA ALLES GEZAUBERT?!?!?

alle rohdaten an scilab gegeben für beide Versuch eund dann asugewertet

Gleichungen angeben

Daten filtern!

Gleichungen angeben

Kalibrierung

- Nullmessung zur Bestimmung des Waagendriffs
- Kalibrierungsmessung
- > Bestimmung der der Abhängigkeit zwischen Belastungskraft und Messdaten
- Reduktion des Waagendriffs
- Regressionsgleichung von Messdaten und Belastungskraft bestimmen

Datenaufnahme

- Kräfte zusammenfassen
- Waagendrift aus Rohdaten rausrechnen
- Mittels der Kalibrierungsgleichungen die Rohdaten in Kräfte umrechnen

Skalierung und Synchronisation!!

- Bei der Skalierung wird die Datenrate der Videorate angepasst (hier also nur jeder zweite Datensatz). Gegebenenfalls muss zwischen den Datensätzen interpoliert werden.
- Bei der Datensynchronisation findet ein Abgleich des Videomaterials und der Bodenreaktion-

skräfte statt

Digitalisierung des Videomaterials

- Skalieren der Videoaufnahme (ACHTUNG! Referenzbild mit Maßstab erforderlich?!?!?)
- Tracken von allen Gelenken
- Segmentschwerpunkte berechnen (Fuß, Unter- und Oberschenkel)

Datenberechnung KINEMATIK??

- Berechnung von linearen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen
- Berechnung von Winkelgeschwindigkeiten und Winkelbeschleunigungen

Datenfilterung (gleitender Mittelwert)

- ACHTUNG! Je nach Anzahl von Stützstellen und Iterationen müssen Bilder vor und nach dem Schrittzyklus in die Digitalisierung einbezogen werden. z.B. 3 Stützstellen und eine Iteration benötigt 1 Bild vorher und ein Bild nachher, um $i-1$ und $n+1$ zu berücksichtigen.

Kinetische Berechnungen (Wagenzentrum rausrechnen?)

Auf der Grundlage von David A. Winter werden:

- Kräfte und Momente in den Gelenken berechnet
- Berechnung mittels inverser Dynamik

5 Ergebnisse

5.1 Laufband

Hier werden nur die Ergebnisse, durch Graphen und Bilder aufgezeigt und deren Inhalt beschrieben. Es werden noch kein Rückschlüsse und Interpretationen gezogen.

Die Laufbandversuche werden in Tabelle 1 mit einem theoretischen Fadenpendel verglichen.

Tabelle 1: Hier könnte ihre Werbung stehen! Tel: 0800-LATEX-WERBUNG

Geschwindigkeit [$km \cdot h^{-1}$]	subjektive Einschätzung	berechnete Frequenz	Abweichung vom Fadenpendel [%]
1	total anstrengend	?	XX
2	joar	?	XX
3	wow	?	XX
4	woooow	?	XX
5	nääh	?	XX
6	miau	?	XX
7	muh	?	XX

5.2 Laufband (Fadenpendel)

5.3 Laufstrecke

5.4 Vergleich Laufband und Laufstrecke

Vergleich Laufstrecke und Laufband

Mithilfe von Winkelmessungen des Oberkörpers, Arme und Beine können die beiden Gangarten verglichen und analysiert werden

6 Diskussion

Mögliche Fehlerquellen:

- Markerklebung
- Hüftmarker auf Laufband besonders bei langsamen Geschwindigkeiten stark verdeckt
- keine statistik (n=1)

Erst in der Diskussion werden die Daten interpretiert und mit Ergebnissen aus der Literatur verglichen.

Fazit

Ausblick

7 Literatur

Das Literaturverzeichnis ist nach folgendem Schema zu gestalten: (siehe Skript)

Anhang