

gang- & laufanalyse



anwenderhandbuch

Schutzgebühr 15,00 €

Anwenderhandbuch und Therapie

Bestellnummer [cos14323]

Autorenteam

Dieses Anwenderhandbuch entstand in Kooperation der h/p/cosmos sports & medical gmbh mit Herrn Mag. Andreas Kranzl.

© 2006 h/p/cosmos sports & medical gmbh

Irrtum und Änderungen sowie alle Rechte vorbehalten.

Entwicklung, Produktion, Vertrieb & Service

h/p/cosmos sports & medical gmbh

Am Sportplatz 8

DE 83365 Nussdorf-Traunstein

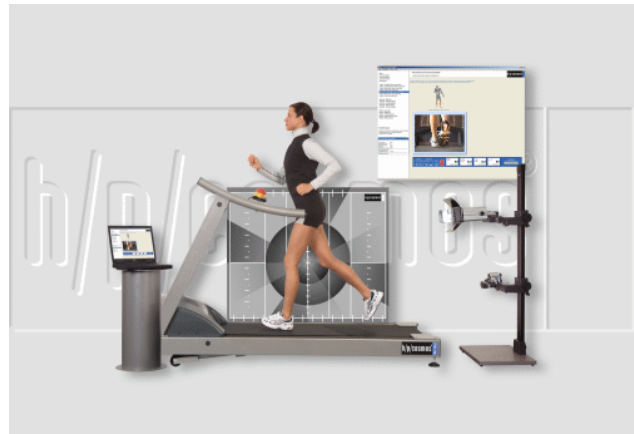
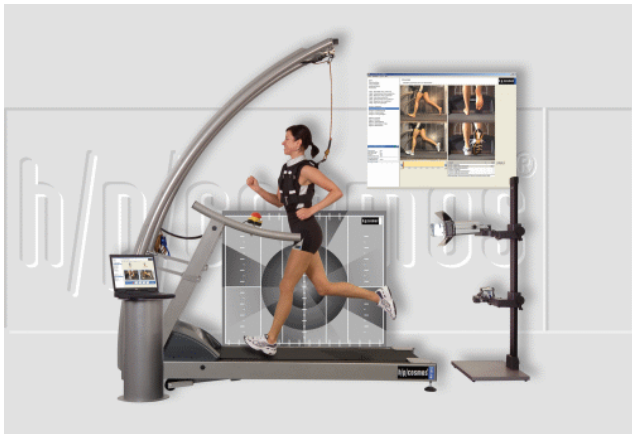
Germany

phone 0 86 69 86 42 0

fax 0 86 69 86 42 49

email@hpcosmos.com

www.hpcosmos.com



Verschiedene
zur Gang- und
www.hpcosmos.com

Systemlösungen von h/p/cosmos
Laufanalyse

Inhalt

Inhalt	3
A Der Autor	4
B Haftungsausschluss / Warnhinweise	4
C Geräte und Materialien	4
D Wer nutzt ein Laufband	4
E Kriterien zur Nutzung	5
Raumkriterien	6
F Raummaße - Aufstellung	6
G Technische Hilfsmittel	7
G1 Videokameras	7
G2 Art der Kamera	8
G3 Platzierung	9
G4 Software	9
G5 Kalibrierungstafeln - Kontrasttafeln	10
G6 Beleuchtung	10
G7 Zusatzmaterial	10
Sicherheitsvorkehrungen	10
H Sicherheitsvorkehrungen	10
Analyse	11
I Analyseart	11
J Ganganalyse	11
J1 Grundbegriffe der Ganganalyse	11
J2 Zeit-Weg-Parameter	13
J3 Kinematik	13
J4 Muskelaktivität	15
J5 Unterschiede Laufband - ebenes Gehen	16
K Laufanalyse	17
K1 Grundbegriffe der Laufanalyse/ Phasen	17
K2 Zeit-Weg-Parameter	17
K3 Kinematik	18
K4 Muskelaktivität	18
K5 Unterschiede Laufband - ebenes Laufen	19
L Ablauf einer Analyse	19
Wirtschaftliche Überlegungen	22
Literatur	23
Abbildungsverzeichnis:	24
Tabellenverzeichnis:	24
Kontakt	25
A Service und Technik	25
B Verkauf und Beratung	25
C Sitz des Unternehmens	25

A Der Autor



Mag. Andreas Kranzl studierte Sportwissenschaften mit der Fäch Rekreation/Prävention an der Universität Wien. Bereits während des Studiums bildete Biomechanik/Bewegungslehre ein Schwerpunktgebiet, wobei er in einem klinische BewegungsanalySELabor bereits Erfahrungen sammeln konnte. Seit 1996 ist er am Spital Speising - Wien im Labor für Gang- und Bewegungsanalyse tätig. Neben Routine arbeitet er an wissenschaftlichen Projekten auf dem Gebiet der klinische Bewegungsanalyse mit.

B Haftungsausschluss / Warnhinweise

Die h/p/cosmos sports & medical gmbh und der Autor übernehmen keinerlei Haftung für Schäden an Personen oder Geräten, die in Zusammenhang mit den gezeigten Anwendungen stehen. Lesen und beachten Sie alle Sicherheits- und Gefahrenhinweise des Laufbands und sämtlichen verwendeten Zubehörs aus den jeweiligen Bedienungsanleitungen und Hinweisen der Hersteller.

C Geräte und Materialien

Laufband:

- Sport- und Laufschuhfachhandel: h/p/cosmos stratos
- Orthopädietechnik, Physiotherapie und Orthopädie: h/p/cosmos mercury med
- Sportmedizin und Biomechanik: h/p/cosmos quasar med

- Kamerasäule mit Beleuchtungssystem
- Kalibrierungstafeln
- Kameras
- Drehrichtungsumkehr
- Mittelmarkierung
- Sicherheitsbügel
- Spezielle Handläufe zur Videoanalyse

D Wer nutzt ein Laufband

Laufbänder sind nicht nur im Bereich der Sportmedizin, der Sportphysiologie und der Biomechanik im Einsatz, sondern vermehrt Orthopädietechniker, Physiotherapeuten, und Sportwissenschaftler nutzen vermehrt die Vorteile einer Untersuchung am Laufband. Die Wahl des Laufbandes wird vom Untersuchungsziel entscheidend geprägt. Wenn es nur um die Untersuchung des Gangbildes geht, ist ein Laufband mit geringerer maximaler Geschwindigkeit notwendig. Bei Untersuchungen des Laufstils wird ein Laufband mit max. Geschwindigkeit von 10 km/h nicht ausreichen. Auch die verschiedenen oben genannten Disziplinen stellen unterschiedliche Anforderungen.

E Kriterien zur Nutzung

Im Mittelpunkt einer Analyse (Laufen, Gehen) steht natürlich das Laufband. Je nach Schwerpunkt der Analysen sind auch die Anforderungen an das Laufband etwas unterschiedlich. Eine grundsätzliche Entscheidung betrifft die Beschaffenheit der Lauffläche, Laufgurt oder Lamellen. Jede der beiden Varianten birgt Vor- und Nachteile. Der Laufgurt stellt eine durchgehende Oberfläche dar, welche keinerlei Spalten aufweist. Bei Lamellenlaufbändern besteht dieser Spalt, jedoch ist konstruktionsbedingt eine gute „Dämpfung“ erzielbar. Modernere Gurtlaufbänder weisen jedoch ähnliche Eigenschaften auf.

Des Weiteren muss die zur Verfügung stehende Breite und Länge des Laufbandgurtes für den jeweiligen Untersuchungstyp ausreichend sein. Für Ganganalysen ist eine Breite von 50 cm und eine Länge von 150 cm ausreichend. Diese Abmaße sind auch für Laufanalysen ausreichend, jedoch ist zu bedenken, dass die Schrittlänge wesentlich länger ausfällt und dass dadurch auch ein erhöhter Platzbedarf hinsichtlich der Seite gegeben ist. Der erhöhte Seitenbedarf steigt mit der ansteigenden Laufgeschwindigkeit, nicht durch eine breitere Schrittbreite, sondern durch die mögliche Variabilität im Aufsetzen und dem daraus resultierenden Platzbedarf (Sicherheitsaspekt). Eine Markierung der Mittellinie kann hilfreich für den Probanden sein und bei der Analyse unterstützend wirken. Andererseits kann jedoch der Proband versuchen, sein Aufsetzen so auszurichten, dass er immer auf oder knapp neben der Mittellinie aufsetzt und dadurch seinen Laufstil so verändert, so dass dieser nicht mehr seinem eigenen Laufstil entspricht. Die Breite und Länge sollte sich nicht beeinflussend auf den Laufstil auswirken.

Neben den Abmaßen ist auch die Leistungsfähigkeit des Motors entscheidend - einerseits welche maximale Geschwindigkeit erreicht werden kann und wie klein die Stufen der Geschwindigkeitssteigerung sind, andererseits wie gut die Geschwindigkeit beim Aufsetzen und Abdrücken vom Laufband gehalten werden kann. Dies setzt einen leistungsfähigen Motor voraus. Ideal ist eine Steigerung von 0,1 km/h.



Abb. 1 Handläufe/Geländer (Bilderserie von h/p/cosmos)

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Handlauf, welcher einerseits als Sicherung für den Probanden dient, aber andererseits werden dadurch Videoaufnahmen teilweise erschwert.

Je nach Hersteller gibt es unterschiedliche Lösungsansätze. Teilbare Handläufe sind von der Theorie her sicherlich eine sinnvolle Idee, jedoch überlegt man in der Praxis genau, ob man einen Teil davon abmontiert oder nicht, speziell, wenn die Verbindung über eine Vielzahl von Schrauben realisiert ist.

Wenn es bei der Untersuchung um die Simulation einer Steigung oder eines Gefälles geht, muss das Laufband eine Möglichkeit besitzen diese Steigung über das Heben einer Seite zu gewährleisten. Mit einer Drehrichtungsumkehr ist dann die Simulation des Bergabgehens möglich. Bitte dabei die Sicherheitshinweise beachten (siehe 0). Speziell beim Bergabgehen und -laufen treten erhöhte Kräfte auf, welche durch den Motor kompensiert werden müssen.

Im medizinischen Bereich gilt des weiteren die Berücksichtigung des Medizin-Produkte-Gesetzes. Dies ist bei der Anschaffung zu berücksichtigen. (Bitte beachten sie die jeweiligen Vorschriften in Ihrem Land.)

Raumkriterien

F Raummaße - Aufstellung

Meist existiert bereits ein Raum, in dem noch zusätzlich ein Laufband aufgestellt werden soll oder welcher umgewidmet wurde. Dadurch ergeben sich vorgegebene bauliche Voraussetzungen. In den wenigsten Fällen besteht die Möglichkeit den Raum nach den Anforderungen des Laufbandes zu planen. Folgende Angaben stellen Idealvorstellungen dar, bzw. es müssen gewisse Mindestvorgaben erfüllt sein, um den rechtlichen Voraussetzungen zu entsprechen.

Zuerst ist die Tragkraft des Bodens zu prüfen, denn nicht nur das Gewicht des Laufbandes gilt es zu berücksichtigen, sondern auch die zusätzlich entstehenden Kräfte durch den Läufer. Wenn man bedenkt, dass dabei Bodenreaktionskräfte des fünffachen Körpergewichtes auftreten, spielt dies eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Der entscheidende Wert ist die Belastung pro Quadratmeter, die der Boden aushält. Eine Frage, die sich nicht nur bei der Ausführung mit einem doppelten Boden (Computerboden) stellt.

Ob das Laufband in der Mitte des Raums, an einer Wand oder sogar in einem Eck steht, hängt meist von der Art der Analyse und dem Raumangebot ab. Bei einer Nutzung von Videokameras zur Aufzeichnung der Bewegung ist es natürlich sinnvoll, wenn das Laufband von allen Seiten frei zugänglich ist und ein gewisser Abstand vom Laufband zur Videokamera besteht.



Abb. 2 Aufstellungsmöglichkeiten

Der große Vorteil der Aufstellung mitten im Raum ist die freie Zugänglichkeit von allen vier Seiten. Somit steht jede Analysemöglichkeit offen. Dadurch erhöht sich der benötigte Raumbedarf enorm. Bei der Aufstellung an einer Längswand oder im Eck sind ein oder zwei Seiten durch die Wand blockiert und deshalb ist zum Beispiel die Analysemöglichkeit von einer Seite nicht möglich. Nur durch die Umkehr der Laufbandrichtung wird die Analyse der zweiten Seite erst ermöglicht. Generell ist bei der Planung der Raumgröße neben den Sicherheitsbestimmungen auch die Positionierung der Kameras zu planen. Speziell der Abstand der Kameras zum Laufband spielt eine wichtige Rolle (siehe 2.3.1).

Bei der Verwendung der Möglichkeit der Steigung und in Kombination mit einem Sicherheitsbügel ist weiters die Raumhöhe ein wichtiger Faktor. Diese Höhe hängt vom jeweiligen Laufband ab.

Laufband-Serien	Höhe bei 0% Steigung	Höhe bei max. Steigung
h/p/cosmos mercury	246 cm	257 cm
h/p/cosmos quasar	251 cm	268 cm
h/p/cosmos pulsar	251 cm	268 cm
h/p/cosmos saturn 200	262 cm	283 cm
h/p/cosmos saturn 250	272 cm	300 cm
h/p/cosmos saturn 300	272 cm	310 cm

Tabelle 1 - Mindestraumhöhe (Quelle h/p/cosmos)

G Technische Hilfsmittel

G1 Videokameras

Eine Analyse des Laufstils oder des Gangbildes ist durchaus mit dem Auge möglich. Bedenkt man jedoch, dass die Bodenkontaktzeit 0.200 Sekunden beträgt, das Auge mit seinen 15 Hz (Herz) gerade mal ca. 4 Bilder vom Bodenkontakt erfassen kann, liegt die Zuhilfenahme von Videokameras nahe, welche mit 50 Hz (60 Hz) aufzeichnen. Diese 50 Halbbilder ermöglichen ca. 13 Bilder vom Bodenkontakt, welche wiederum eine wesentlich genauere Analysemöglichkeit bieten. Sollte das zu wenig sein, können Kameras mit höheren Aufnahmefrequenzen (z.B. Basler Kamera mit bis zu 300 Hz) verwendet werden.

G2 Art der Kamera

Für die Analyse mittels Videokamera sind herkömmliche Videokameras, welche in jedem Elektromarkt/Fachhandel erhältlich sind, ausreichend. Hier sollte man einige Punkte beachten. Ein Punkt ist die manuelle Einstellbarkeit der Belichtungsdauer. Je kürzer die Belichtungsdauer ist, desto schärfer (qualitativ besser) wird das Videobild. Jedoch können bei einer hohen Belichtungsdauer Probleme auftreten. Die benötigte Beleuchtung muss stark genug sein, um eine ausreichende Belichtung zu gewährleisten. Die Einstellungen an der Kamera sollten eine Belichtungszeit von $1/1000$ oder zumindest $1/500$ ermöglichen. Ein weiterer Punkt ist die Optik. Diese sollte von sehr guter Qualität sein. Ob sie eine Kamera mit einem CCD Chip (eng. Charge Coupled Device, ein aus Sensoren bestehendes Element - im Camcorder hinter dem Objektiv - welches Licht in elektrische Impulse umwandelt) verwenden oder eine Kamera mit einem 3 CCD Chip, bleibt Ihnen überlassen. Natürlich liefern Kameras mit einem 3 CCD Chip farblich bessere Aufnahmen. Falls die Platzverhältnisse nur einen begrenzten Abstand von der Kamera zum Laufband zulassen, sollte auch die Möglichkeit bestehen, ein qualitativ hochwertiges Weitwinkelobjektiv anzuschrauben. Dabei ist jedoch zu beachten, dass durch ein Weitwinkelobjektiv Verzerrungen, speziell im Randbereich, auftreten können. Deshalb sollte so ein Objektiv nur verwendet werden, wenn es die Raumverhältnisse nicht anders zulassen.

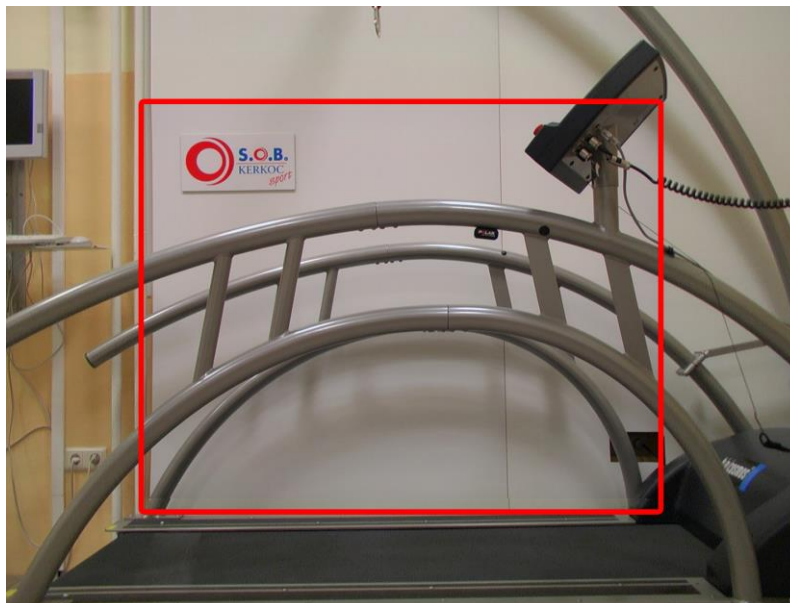


Abb. 3 Vergleich Weitwinkel - normales Objektiv

Innerhalb der roten Umrandung ist der Normal-Bildausschnitt zu sehen. Mit einem Weitwinkelobjektiv gelingt es, einen größeren Bildbereich zu erfassen (bei gleicher Entfernung).

Falls die Kamera das Videobild an einen PC übertragen soll, muss auch die notwendige Verbindungsmöglichkeit an der Kamera vorhanden sein (derzeit über Fire Wire).

Je nach Art der Analyse kann es sinnvoll sein, mehrere Kameras zu verwenden.

G3 Platzierung

Die Positionierung der Kameras hängt von der Art der vorgenommenen Analyse ab. Wenn die aufgenommenen Videobilder weiter in einer zweidimensionalen Computeranalyse verarbeitet werden sollen, müssen gewisse Aufnahmebedingungen eingehalten werden. Der Abstand der Kamera muss so gewählt werden, dass alle aufzuzeichnenden Körpersegmente zu sehen sind. Sofern die Videokamera mit einem Standardobjektiv nicht ausreicht, besteht die Möglichkeit mit einem Weitwinkelobjektiv die Aufstellungsdistanz zu verringern. Die zu wählende Höhe der Kamera richtet sich nach dem/den Körpersegment/en, welche/s von Interesse ist/sind. Bei Aufnahmen vom ganzen Körper sollte man die Kamera auf Höhe des Beckens positionieren. Wenn nur der Bereich „Unterschenkel – Ferse“ von Interesse ist, sollte die Kamera auf Höhe „Ferse– Mitte Unterschenkel“ ausgerichtet werden.



Abb. 5 Ausrichtung der Kamera auf Kniehöhe (h/p/cosmos)



Abb. 4 Stativ mit Beleuchtung und Videokamera von h/p/cosmos

Generell sollte die Kamera bei Aufnahmen von Vorne und Hinten (frontal) immer parallel, bei seitlichen Aufnahmen (sagittal) im rechten Winkel zur Fortbewegungsrichtung positioniert sein. Nur so ist eine Auswertung sinnvoll durchzuführen (siehe Abb. 5 und Abb. 6).

G4 Software

Biomechanische Analysen oder einfache Bewegungsanalysen werden mittels Computerunterstützung durchgeführt. Es gibt eine Vielzahl von kommerziell erhältlichen Softwareprodukten. Meist orientieren sich diese Produkte an den wissenschaftlichen Anforderungen und dabei kommt die einfache Benutzerführung zu kurz. Die Anforderungen an eine Software, die in der täglichen Routine effizient eingesetzt werden kann, sind anschließend aufgelistet.

Eine Datenbankfunktion zum schnellen Erfassen und Wiederfinden der Probanden stellt ein unbedingtes „Muss“ dar. Speziell wenn Probanden zu einer Folgeuntersuchung kommen, müssen die vorherigen Daten schnell auffindbar sein. Die Auswahl von verschiedenen vordefinierten Analyseschemen stellt eine hilfreiche Unterstützung bei der Aufnahme dar. Bei der Aufnahme selbst sollte die Software die Verwaltung der aufgenommenen Videos übernehmen, sodass sich der Benutzer keine Gedanken über den Speicherort und die Benennung der Videofiles machen muss. Die Auswertung sollte softwaregeführt sein, damit der Benutzer Schritt für Schritt durch die Auswertung geführt wird. Bei der Ergebnispräsentation sollte die Software die individuelle Anpassung des Reports an die jeweiligen Benutzervorgaben erlauben (Logos, Adresse,...). Neben diesen genannten Anforderungen sollte auch eine Sicherungsfunktion der Daten eingebaut sein, sodass eine schnelle und einfache Sicherung der Daten gewährleistet ist.

G5 Kalibrierungstafeln - Kontrasttafeln

In Abb. 6 ist die Möglichkeit der Verwendung von Kalibrierungstafeln dargestellt. Sie sind bei der Ausrichtung der Videokamera hilfreich, bilden einen guten einheitlichen Kontrast und helfen bei der Erfassung von Markierungspunkten. Durch die vertikalen und horizontalen Markierungslinien wird auch die Bewegungserfassung und die Einschätzung der Schrittlänge und Gelenkwinkel erleichtert.



Abb. 6 Kalibrierungstafeln (h/p/cosmos)

G6 Beleuchtung

Durch die Wahl einer hohen Verschlusszeit besteht der Bedarf einer guten Ausleuchtung des Aufnahmebereichs. Dies ist mit einer guten Deckenbeleuchtung zu realisieren, besser jedoch mittels zusätzlicher Beleuchtungskörper. Diese sollen neben, oberhalb oder unterhalb der Videokamera angebracht sein (siehe Abb. 5). Bei der Beleuchtung ist zu beachten, dass die Strahler meist eine hohe Wärmeentwicklung aufweisen und sie deshalb auf keinen Fall direkt berührt werden sollten.

G7 Zusatzmaterial

Die Markierung von Gelenkpunkten oder Referenzpunkten kann entweder mit reflektierenden Klebepunkten oder mittels eines hautfreundlichen Markierungsstiftes erfolgen. Wenn zwei Markierungspunkte verbunden werden sollen, hilft der Einsatz eines flexiblen Lineals. Reflektierende Klebepunkte sollten aus einer Beschichtung bestehen, welche das einfallende Licht ohne Lichtbrechung reflektiert.

Ein Nachteil von Klebepunkten ist die Ablöslichkeit während einer längeren Aufnahmedauer, wenn der Proband ins Schwitzen gerät. Ein Wiederbefestigen auf schweißnasser Haut gestaltet sich als äußerst schwierig.

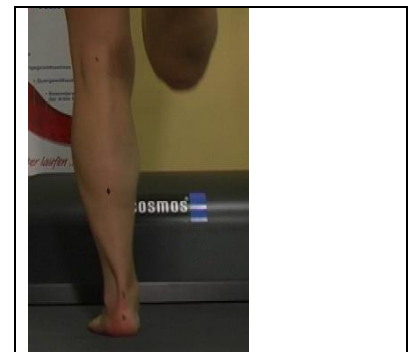


Abb. 7 Markierungspunkte

Sicherheitsvorkehrungen

H Sicherheitsvorkehrungen

Jedes Laufband sollte mit gewissen Sicherheitsmaßnahmen ausgerüstet sein. Dazu gehört auch eine Not-Aus-Taste/ Not-Aus-Schalter und ein Reissleinen-Notstopp. Der Fallraum hinter dem Laufband muss 2 m lang und 1 m breit sein. Neben einem genügend großen Fallraum sind weitere Sicherheitsmaßnahmen wie ein Sicherheitsbügel zur Sturzverhinderung und Abfangen eines Sturzes sinnvoll. Dieser ist bei der Nutzung der Drehrichtungsumkehr und einer höheren Geschwindigkeit von 6 km/h Vorschrift.

Analyse

I Analyseart

Am Laufband ist sowohl eine Ganganalyse als auch eine Laufanalyse möglich. Generell sollte zwischen diesen beiden Arten unterschieden werden, da jede für sich gewisse Unterschiede und Eigenheiten aufweist und somit andere Analyseansätze erfordert.

J Ganganalyse

J1 Grundbegriffe der Ganganalyse

Kadenz:

Anzahl der Schritte pro Minute (Schrittfrequenz).

Ganggeschwindigkeit:

Zurückgelegte Wegstrecke in einer bestimmten Zeit. Setzt sich aus der Schrittlänge und der Kadenz zusammen.

Schrittbreite:

Der Abstand zwischen den Fortbewegungslinien beider Füße. Es werden je nach Messsystem unterschiedliche Bezugspunkte verwendet. Entweder „Mitte Ferse – Ferse“, „Mitte Sprunggelenk – Sprunggelenk“ oder „Innenseite Knöchel – Knöchel“. Üblich ist meist „Mitte Ferse – Ferse“¹

Einzelschritt:

Initialer Bodenkontakt der einen Extremität bis zum initialen Bodenkontakt der anderen Extremität. Hier gibt es den Einzelschritt auf links und auf rechts, dabei bezieht man sich auf den Fuß der gerade nach vorne gesetzt wird.

Doppelschritt:

Initialer Bodenkontakt der einen Extremität bis zum initialen Bodenkontakt derselben Extremität. Je nach Betrachtung gibt es somit einen Gangzyklus auf rechts oder auf links bezogen.

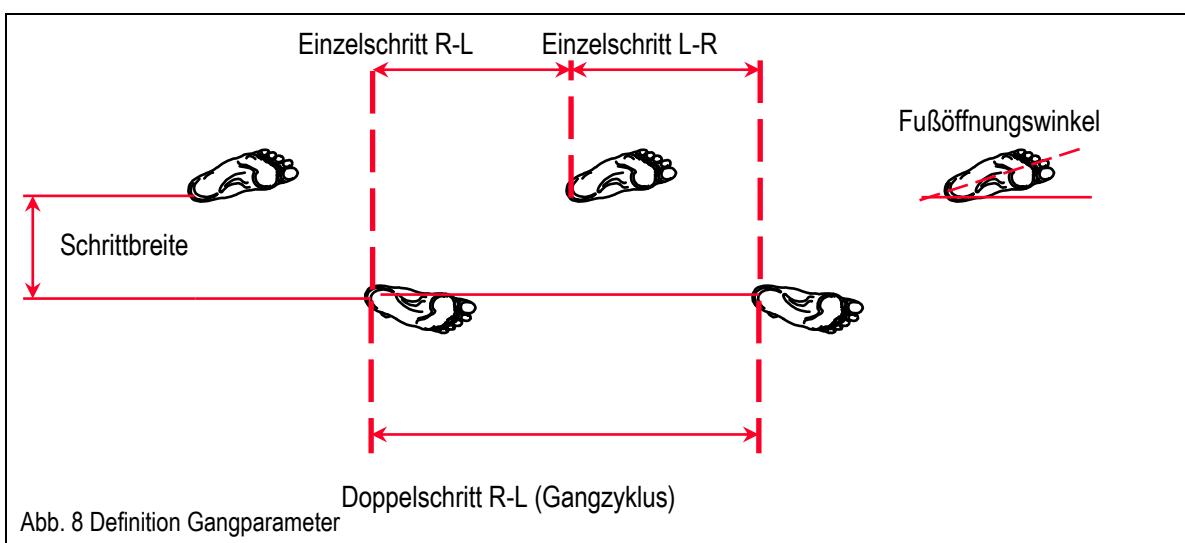


Abb. 8 Definition Gangparameter

Definition Gangzyklus

Da es sich beim Gehen um eine zyklische Bewegung handelt lässt sich ein sich immer wiederholender Bewegungsablauf definieren. Dieser Bewegungsabschnitt wird als Gangzyklus definiert. Der Gangzyklus definiert sich vom initialen Bodenkontakt bis zum erneuten initialen Bodenkontakt desselben Beines. Somit lässt sich ein Gangzyklus für das rechte Bein und für das linke Bein definieren. Gewisse Ereignisse treten innerhalb des Gangzyklus auf und deshalb ist es sinnvoll, diesen weiter zu unterscheiden. Dabei lässt sich eine grobe Unterteilung in die Stand- und in die Schwungphase treffen. Eine feinere und einfach festzustellende Unterteilung der Standphase ist die Unterteilung in die beiden Doppelunterstützungsphasen und in die Einzelunterstützungsphase. Die Kennzeichnung der Doppelunterstützungsphase ist, dass beide Füße Bodenkontakt haben und in der Einzelunterstützungsphase nur ein Fuß den Boden berührt. In der klinischen Ganganalyse hat sich eine noch genauere Unterteilung durchgesetzt. Hier gibt es in der Standphase den initialen Bodenkontakt, die Phase der Gewichtübernahme, die mittlere Standphase, die terminale Standphase, sowie die Vorschwungphase. In der Schwungphase unterteilt man in die initiale, mittlere und terminale Schwungphase. In der Abb. 9 ist ein gesamter Gangzyklus sowie die einzelnen Phasen abgebildet.

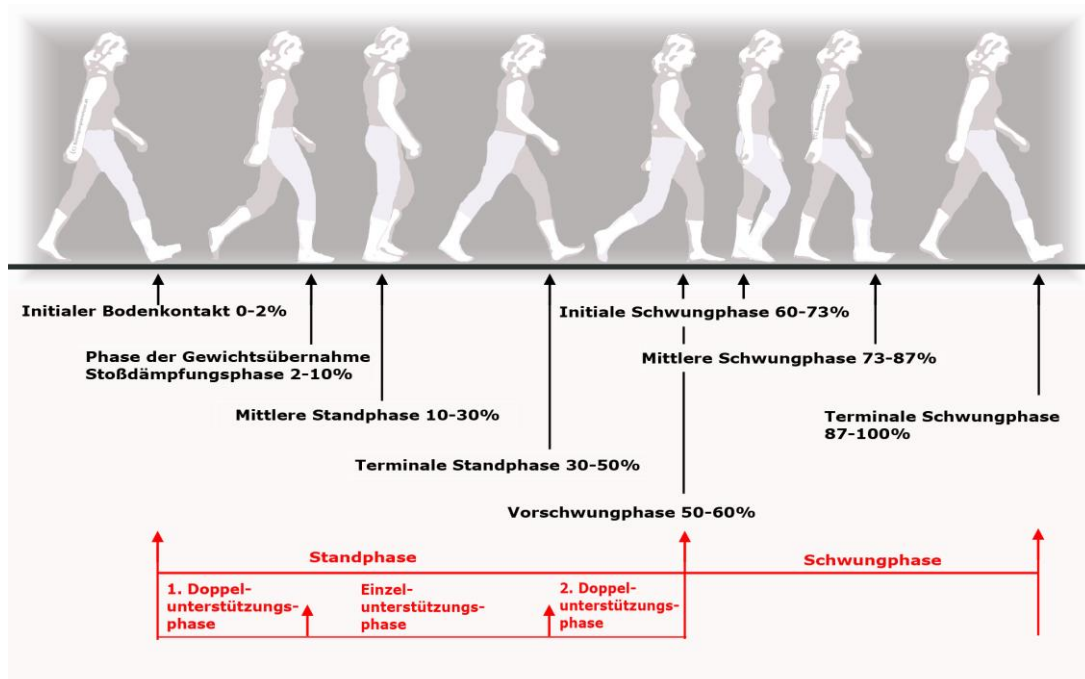


Abb. 9 Gangzyklus

Diese Bezeichnungen sind in der wissenschaftlichen Literatur gängig²⁻⁴.

Da nicht jeder Gangzyklus immer exakt gleich lange dauert, wird, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, eine Zeitnormalisierung auf 100 Prozentpunkte durchgeführt. In der folgenden Tabelle (Tabelle 2) sind die Prozentangaben für die einzelnen Gangphasen angeführt. Diese Werte beziehen sich auf ein normales Gangbild bei einer normalen Ganggeschwindigkeit und sind als Circa-Angaben zu sehen.

Gangzyklus 100%							
Standphase 60%					Schwungphase 40%		
1. Doppelunterstützungsphase		Einzelunterstützungsphase		2. Doppelunterstützungsphase			
10%		40%		10%			
Initialer Bodenkontakt Dauer:	Gewichtsübernahme	Mittlere Standphase	Terminale Standphase	Vorschwungphase	initiale	mittlere	terminale Schwungphase
0-2%	10%	20%	20%	10%	13,3%	13,3%	13,3%
Tabelle 2 - Dauer der Gangphase							

J2 Zeit-Weg-Parameter

Die Ganggeschwindigkeit hängt mit der Schrittlänge und der Kadenz zusammen. In die Schrittlänge fließt auch die Körpergröße mit ein, genauer gesagt hat die Beinlänge einen Einfluss auf die Ganggeschwindigkeit. Deshalb gehen gewisse Arbeitsgruppen dazu über, die Ganggeschwindigkeit auf die Beinlänge zu normieren. Als normale Ganggeschwindigkeit werden 1,4 m/s angesehen. Diese Ganggeschwindigkeit gilt für den Altersbereich von 20 – 70 Jahren als Mittelwert. Danach nimmt die Ganggeschwindigkeit um 15 % pro Dekade ab.⁵ Die Schrittlänge liegt in einem Bereich von 1,4 – 1,6 Meter⁶. Bei der Kadenz besteht ein Mittelwert von 110 bis 120 Schritte pro Minute⁶. Dabei besteht ein Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern. Die Ganggeschwindigkeit ist bei dem weiblichen Geschlecht etwas geringer, wobei die Kadenz gegenüber den Männern höher liegt und die Schrittlänge dementsprechend kürzer ist. Die Spurbreite liegt in einem Bereich von 9 bis 13 cm.

J3 Kinematik

Folgende Auflistung stellt die Stellung der Gelenke in der unteren Extremität in den einzelnen Gangphasen dar. Die Winkelangaben beziehen sich auf Definitionen, wie sie in der klinischen Ganganalyse üblich sind^{3;4;7;8}. Diese Angaben beziehen sich nur auf die sagittale Ebene.

Initialer Bodenkontakt

Sprunggelenk: neutral
Knie 5-10° Flexion
Hüfte 30° Flexion

Vorbereitung zur Schwungphase

Sprunggelenk: 15° dorsal - neutral
Knie neutral - 20° Flexion
Hüfte 10° Extension

Gewichtsübernahme

Sprunggelenk: 15° plantar - neutral
Knie 10°-20° Flexion
Hüfte 30°-25° Flexion

Beginn der Schwungphase

Sprunggelenk: 20° plantar
Knie 20° --> 50° Flexion
Hüfte 5° Extension - 20° Flexion

Mittlere Standphase

Sprunggelenk: neutral - 15° dorsal
Knie Extensions-
bewegung
Hüfte Extension
Richtung neutral

Mittlere Schwungphase

Sprunggelenk: neutral- 10° dorsal
Knie 60° Flexion
Hüfte 20°-->30° Flexion

Ende der Standphase

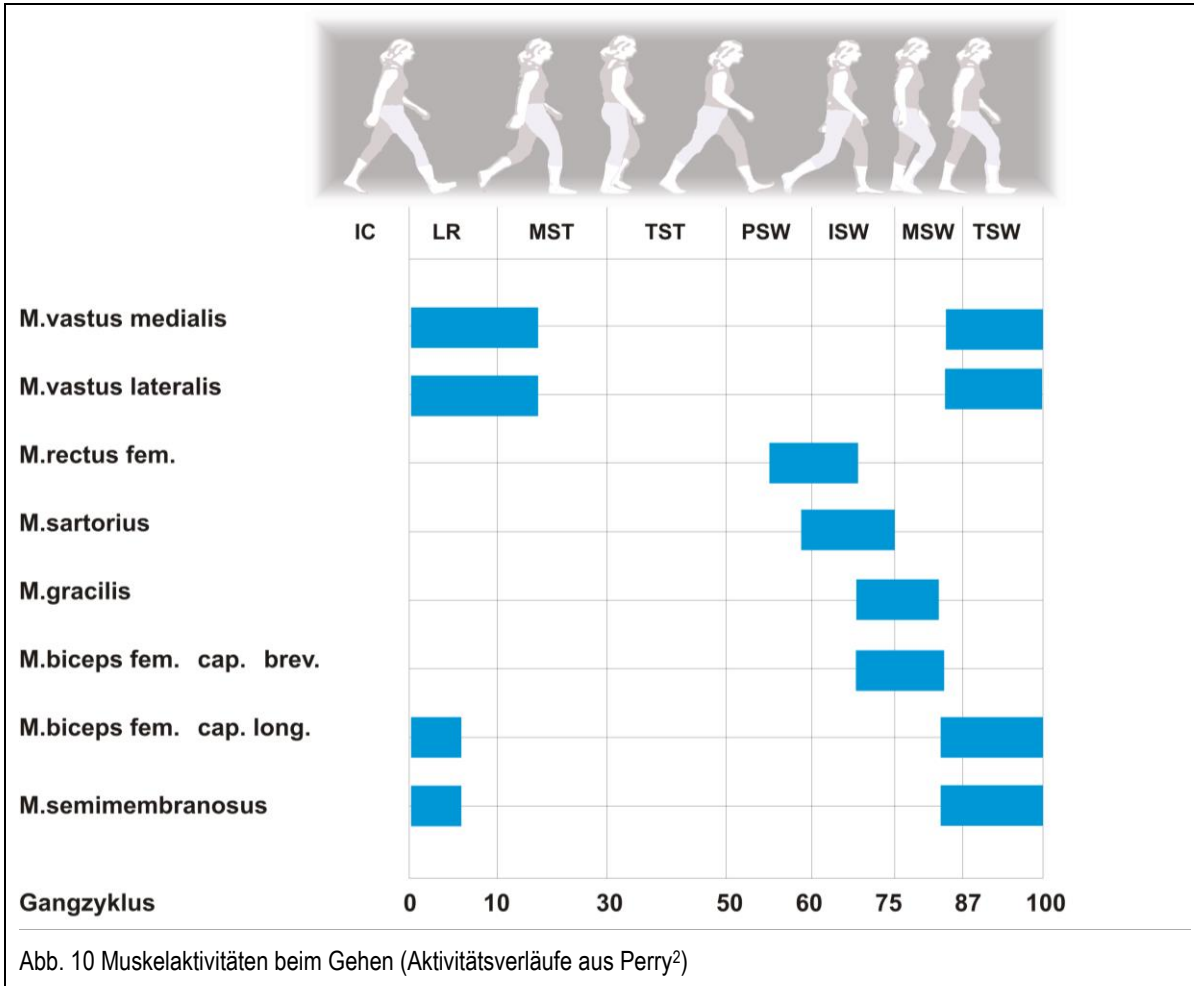
Sprunggelenk: 15° dorsal
Knie geringe Flexion
Hüfte Extension - Neutral

Ende der Schwungphase

Sprunggelenk: 10° dorsal - neutral
Knie 50°-10° Flexion
Hüfte 30° Flexion

J4 Muskelaktivität

Die unten angeführten Muskeln mit der Angabe der Phase in der sie aktiv sind, stellen eine Auswahl der wichtigsten Muskeln dar. In der Abb. 10 sieht man die grafische Darstellung der Aktivitätsverläufe.



- M. tibialis anterior:
Gewichtsübernahme, Übergang Stand – Schwungphase, Ende der Schwungphase
- M. tibialis posterior:
Mittlere Standphase – Ende Standphase
- M. trizeps surae:
Mittlere Standphase – Mitte Vorbereitung zur Schwungphase
- M. peroneus longus:
Mittlere Standphase – Mitte Vorbereitung zur Schwungphase
- M. extensor digitorum longus:
Kurz am Beginn der Standphase, Ende der Standphase und in der Schwungphase

- M. flexor digitorum longus:
Mittlere bis terminale Standphase

- M. flexor hallucis longus:
Terminale Standphase

- M. rectus femoris:
Übergang Stand – Schwungphase

- M. vastus medialis – lateralis:
Beginn der Standphase, Ende der Schwungphase

- M. gracilis:
in der Schwungphase, teilweise über die gesamte Schwungphase

- Ischiocrurale Muskulatur:
Beginn der Standphase, Ende der Schwungphase

- M. adductor longus:
Übergang Stand – Schwungphase

- M. adductor magnus:
Beginn der Standphase, Ende der Schwungphase

- M. tensor fasciae latae:
Beginn bis Ende mittlere Standphase, Ende der Schwungphase

J5 Unterschiede Laufband - ebenes Gehen

Es gibt einige Untersuchungen, die sich dem Vergleich vom Laufbandgehen und dem Gehen auf einer Gehstrecke gewidmet haben. Leider gibt es keine durchgängigen Ergebnisse. Van Ingen Schenau⁹ kam zum Schluss, dass es bei der Dauer des Gangzyklus, der Kadenz und der Schrittlänge keine Unterschiede gibt. Hingegen Pearce¹⁰ und Strathy¹¹ berichten von einer Steigerung der Kadenz und einer Abnahme der Schrittlänge sowie der Standphasendauer. Weitere Autoren berichten genau vom Gegenteil, nämlich von einer Abnahme der Kadenz und einer Zunahme der Standphasendauer^{9,12}.

Eine neuere Studie von Stolze¹³, die sich neben Erwachsenen auch mit Kindern und Patienten beschäftigt hat, zeigt eine Steigerung der Kadenz (ca. 10%) und eine Abnahme der Schrittlänge von ca. 7 %. Auch die Schrittweite und der Fußöffnungswinkel zeigen eine Zunahme. Die kinematischen Parameter zeigen ein ähnliches Bild. Es kommt zu einer Oberkörpervorlage kombiniert mit einer Kopfvorlage. Im Bereich des initialen Bodenkontaktes kommt es zu einer vermehrten Streckung in dieser Phase. Alton¹⁴ zeigt in seiner Studie einen erhöhten Bewegungsumfang im Hüftgelenk für das Gehen auf einem Laufband.

Den Einfluss der Qualität des Laufbandes demonstriert Savelberg¹⁵ in einer Studie. Dabei wurden zwei Laufbänder mit unterschiedlichen Eigenschaften benutzt. Es zeigte sich dabei ein Einfluss auf die erfassten kinematischen Parameter.

Die oben angeführten Studien zeigen bezüglich der Ergebnisse ein relativ inhomogenes Bild. Dies ist teilweise auf die unterschiedlichen Einlaufzeiten zurückzuführen. Diese lagen zwischen 2 und 30 Minuten. Die Studie von Strathy¹¹ zeigt, dass eine Anpassung der

Bewegungsstruktur am Laufband ab der 6. Minute erreicht wird (ebenfalls ¹⁶). Dies trifft sowohl auf kinematische als auch auf Zeit-Weg Parameter zu. Die zuvor genannten Studien untersuchten jeweils junge gesunde Probanden und deshalb sollte bei der Planung einer Untersuchung mit Patienten die zuvor genannten Zeiten auf jeden Fall überschritten werden. Dies zeigt auch die Studie von Wass¹⁷, die erst eine Anpassung ab der 14. Minute bei älteren Probanden (über 65 Jahre) feststellen konnte. Bei verlängerten Einlaufzeiten ist mit dem Faktor der Ermüdung jedoch bereits zu rechnen, speziell, wenn es sich um ältere oder / und Personen mit einer Beeinträchtigung handelt.

K Laufanalyse

K1 Grundbegriffe der Laufanalyse/ Phasen

Beim Laufen gibt es ebenfalls eine Stand- und eine Schwungphase, wobei die Dauer der Standphase unter 50 % liegt. Dies bedeutet, dass es keinen Zeitpunkt gibt zu dem sich beide Füße gleichzeitig auf dem Boden befinden. Die Unterteilung eines Laufzyklus in eine Stand- und in eine Stützphase stellt nur eine sehr grobe Einteilung dar. Dies wird auch als Zwei-Phasen-Modell bezeichnet. Eine feinere Einteilung stellen die 4-Phasen- und 6-Phasen-Modelle dar (siehe Neumann et al ¹⁸).

Das 4-Phasen-Modell teilt die beiden Phasen jeweils noch in eine vordere und hintere Phase ein. Das 6-Phasen-Modell ist unterteilt in den Fußaufsatz, Mittelstütz und das Abstoßen sowie in eine frühe, mittlere und späte Schwungphase.

Je nach verwendeter Messmethode können auch weitere/ andere Phaseneinteilungen getroffen werden.

Abb. 11 zeigt das 4-Phasen-Modell beginnend mit der vorderen Stützphase (von 1 bis 3). Das Aufsetzen des Fußes stellt ein wichtiges Merkmal dieser Phase dar. Nach dem Bodenkontakt kommt es zu einem weiteren Beugen des Kniegelenks, welches durch die Kniestrecke exzentrisch kontrolliert wird. Sobald die Beugung im Kniegelenk endet und in eine Streckbewegung umschlägt, endet die vordere Stützphase und beginnt die hintere Stützphase (von 3 bis 4). Das Ende dieser Phase ist durch den Verlust des Bodenkontakts (Abstoßen) bestimmt. Nach dem Lösen des Fußes vom Boden beginnt die hintere Schwungphase (von 4 bis 7). Diese endet mit der Umkehr von der maximalen Kniebeugung in die Kniestreckung. Die vordere Schwungphase (von 7 bis 1) endet mit dem erneuten Aufsetzen. Die Dauer der einzelnen Phasen hängt von der Laufgeschwindigkeit und dem Laufstil ab.

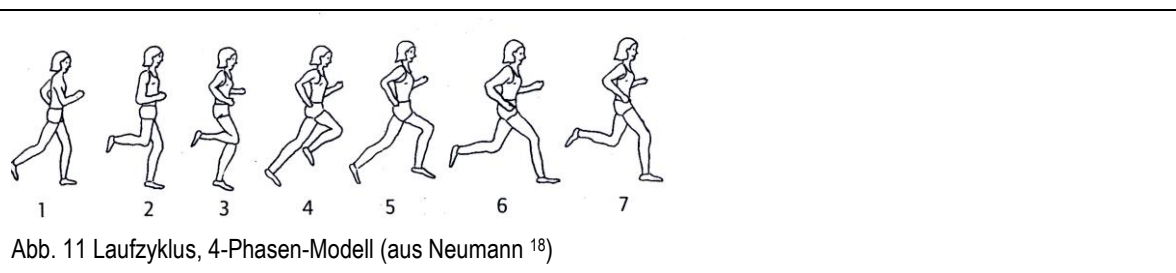


Abb. 11 Laufzyklus, 4-Phasen-Modell (aus Neumann ¹⁸)

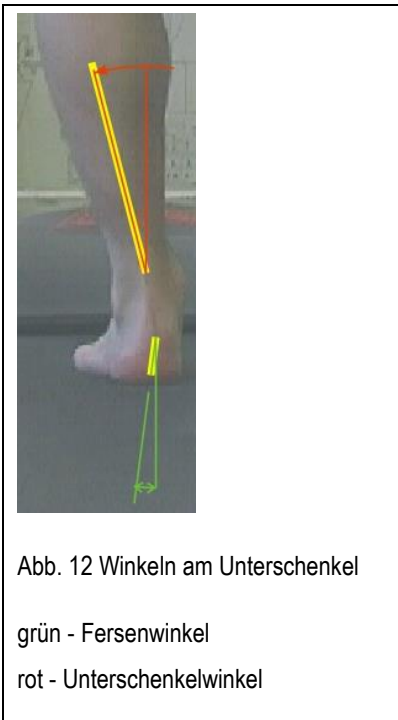
K2 Zeit-Weg-Parameter

Die Zykluszeit hängt auch von der Laufgeschwindigkeit ab. Die Zykluszeit liegt zwischen 650 Millisekunden [ms] und 750 ms. Die Standphasendauer beträgt dabei 200 ms bis 280 ms. In Prozent ausgedrückt bewegt man sich dabei zwischen ca. 30 % und ca. 40 %.

Die Schrittlänge und die Schrittfrequenz unterliegen funktionell-anatomischen und physiologischen Einflussfaktoren. Die beiden Parameter steigen mit steigender Laufgeschwindigkeit, jedoch nicht im gleichen Ausmaß. Zuerst steigt die Schrittlänge primär und dann kommt es erst zu einer Frequenzerhöhung. Speziell die Beinlänge hat einen konkreten Einfluss auf die Schrittlänge. Des Weiteren sind die Hüftgelenksstreckung und der Kniehub Faktoren, die sich auf die Schrittlänge auswirken.

K3 Kinematik

Die einzelnen Gelenksstellungen sind sehr von der Lauftechnik (Vorfuß – Rückfußläufer) abhängig. In Abb. 13 ist der Verlauf des Kniegelenks abgebildet. Bei der Beurteilung des Laufstils gibt es



sogenannte Keypoints. Einer davon ist der Kniewinkel beim Aufsetzen des Fußes und am Übergang von der vorderen zur hinteren Stützphase. Der max. Knieflexionswinkel in der Schwungphase charakterisiert einen guten oder schlechten Laufstil. Ebenso wird auf die Hüftstreckung beim Abdrücken vom Boden geachtet. Die rückwärtige Betrachtung des Unterschenkels wird speziell bei der Wahl des richtigen Laufschuhs durchgeführt. Dabei wird die Stellung des Unterschenkels zu einer Vertikalen in der Stützphase betrachtet. Ebenfalls zur Vertikalen wird die Stellung des Fersenbeins analysiert. Der Achillessehnenwinkel ist der Winkel zwischen Unterschenkel und Fersenbein. Anhand dieser Winkel werden Aussagen über die Bewegung im unteren Sprunggelenk getroffen. Bei der Beurteilung dieser Winkel ist darauf zu achten, ob der Fuß nach außen rotiert ist. Falls ja, werden die zuvor genannten Messungen beeinflusst¹⁹.

Bei der Messung dieser Winkel ist zu berücksichtigen, dass die Bestimmung der einzelnen Punkte und die daraus resultierende Berechnung des Winkels mit Fehlern in der Bestimmung (Pixelauflösung am Bildschirm) behaftet ist, die gemessenen Winkel relativ gering sind und keine großen Bewegungsamplituden bestehen. Dadurch kann es leicht zu Messfehlern kommen und welche dann zu Fehlinterpretationen führen.

Neben der Betrachtung der Dynamik sollten auch die Beinachse, Fußform und die Stellung der oben genannten Winkel in der Statik betrachtet werden.

K4 Muskelaktivität

Je nach Laufstil unterscheiden sich die Aktivitätsverläufe einzelner Muskeln/Muskelgruppen. Beim M.tibialis anterior zeigt sich am Beginn der Standphase bei einem Fersenläufer (Rückfußläufer) eine exzentrische Muskelaktivität. Hierbei wird ein kontrolliertes Abklappen des Vorfußens auf den Boden gewährleistet. Beim Vorfußläufer ist die Kontrolle des Abklappens aufgrund des Vorfußkontaktes nicht notwendig, jedoch ist der M.tibialis anterior ebenfalls aktiv, aber geringer. Es geht dabei um das Stabilisieren des Sprunggelenks. Abb. 13 zeigt die Muskelaktivierungen bei einem Rückfußläufer.

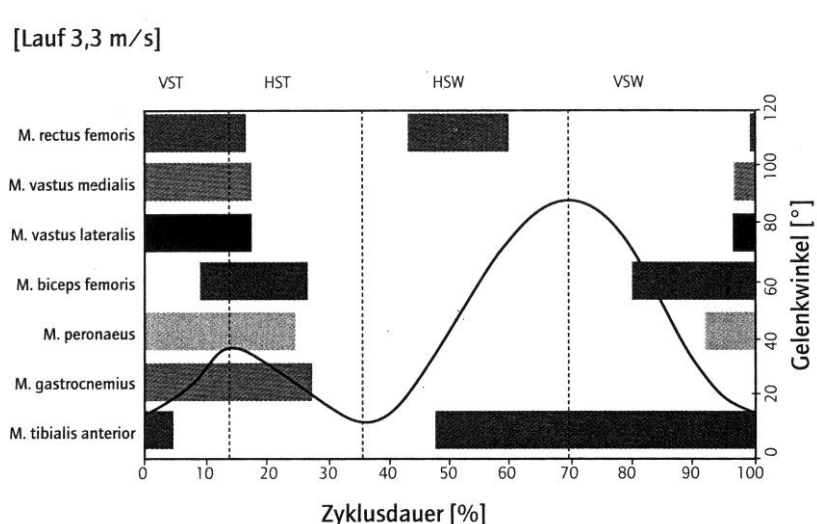


Abb. 13 Muskelaktivitäten beim Rückfußlaufen (aus Neumann¹⁸)

K5 Unterschiede Laufband - ebenes Laufen

Neben der größeren Variabilität des Laufstils gegenüber dem Gehen zeigt sich ebenfalls die Notwendigkeit des Einlaufens der Probanden für Laufbanduntersuchungen. Lavcanska²⁰ konnte bei Laufuntersuchungen nachweisen, dass sich bei Laufband-unerfahrenen jungen Probanden nach ca. 6 Minuten ein stabiles Laufmuster eingestellt hat. Andere Autoren kamen zu ähnlichen Ergebnissen (Schieb²¹ nach 8 Minuten, Cavanagh²² nach 9 Minuten).

L Ablauf einer Analyse

Um eine erfolgreiche Analyse einer Bewegung am Laufband durchführen zu können, müssen - je nach Fragestellung - gewisse Vorarbeiten geleistet werden. Zuerst einmal sollte auf die richtige Bekleidung geachtet werden, denn eine Messung des sagittalen Kniewinkels durch eine nicht eng anliegende Laufbekleidung stellt ein unmögliches Unterfangen dar. Auch ein gewisser Kontrast zwischen der aufzunehmenden Person und dem Hintergrund muss gegeben sein.

Im folgenden Abschnitt wird ein möglicher Ablauf einer Analyse skizziert.

Nach der Begrüßung geht es erst einmal um die Erhebung der Anamnese. Diese beinhaltet neben den aktuellen Laufleistungen und Schuhwerk auch den derzeitigen körperlichen Zustand (Beschwerden, Verletzungen). Nach dieser Erhebung sollte ein Muskelfunktionstest durchgeführt werden. Dabei sollte neben der Feststellung von Muskelverkürzungen und Gelenksumfängen auch ein Blick auf die Beinachsen, Symmetrie der Beinlänge und Fußform geworfen werden. Nach der Erfassung dieser Daten kommt es zur Markierung von Referenzpunkten, die zur Vermessung von Gelenkwinkeln beim Laufen herangezogen werden (Abb. 12). Zum besseren Verständnis des Einflusses des Schuhes auf die Laufbewegung werden zuerst Aufnahmen barfuß durchgeführt. Doch bevor mit den Messaufnahmen begonnen werden kann, muss der Proband mit den Sicherheitsmerkmalen des Laufbandes vertraut gemacht werden. Erst danach soll mit einer Gewöhnungsphase an das Laufband begonnen werden. Diese sollte bei unerfahrenen Laufbandläufern mindestens 6 Minuten dauern (siehe Punkt K5). Auch die Wahl der Laufgeschwindigkeit, welche in der ersten Phase durchgeführt werden soll, muss schrittweise erfolgen. Die wenigsten, speziell die unerfahrenen Läufer können eine genaue Angabe ihrer Laufgeschwindigkeit geben. Deshalb ist ein schrittweises Heranführen an die passende Laufgeschwindigkeit sinnvoll. Auch wenn der Proband meint, dass nun seine Geschwindigkeit eingestellt wurde, sollte man zum Testen eine geringgradige Steigerung durchführen. Denn speziell unerfahrene Läufer neigen dazu, eine zu geringe Geschwindigkeit zu wählen.

Nach dem Einstellen der geeigneten Geschwindigkeit kann mit der Datenerfassung (Videoaufnahme) begonnen werden. Je nach gewählter Analyseart werden nun die einzelnen Aufnahmen aufgezeichnet (barfuß und mit Laufschuh). Nach den Aufnahmen können bereits erste Korrekturvorschläge am Laufstil mit dem Probanden umgesetzt werden. Die aufgenommenen Videoaufnahmen werden per Software analysiert und ausgewertet. Danach werden die gewonnenen Informationen mit dem Probanden besprochen.

Anhand eines exemplarischen Beispiels einer Laufanalyse (Laufstilanalyse eines Hobbysportlers) soll ein möglicher Untersuchungsablauf dargestellt werden:

Ablauf einer Analyse anhand der Softwaredarstellung (Abbildung aus der Software h/p/cosmos para motion):

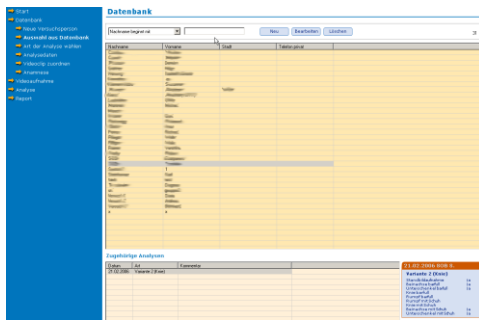


Abb. 14 Datenbank zum Anlegen einer neuen Person

Anamnese

- | | | |
|---|--|--|
| Fuß
<input type="checkbox"/> Spreizfußbeschwerden
<input type="checkbox"/> Hammerzehnen (Digitus malloeus)
<input type="checkbox"/> Blaue Zehennägel
<input type="checkbox"/> Plantarfasziitis, plantarer Fersensporn
<input type="checkbox"/> Achillessehnenentzündung
<input type="checkbox"/> Achillesbursitis, dors. Fersensp., Haglund
<input type="checkbox"/> Reizung der Basis V
<input type="checkbox"/> Morton'sche Neuralgie
<input type="checkbox"/> LWS-Syndrom
<input type="checkbox"/> Tarsaltunnelsyndrom
<input type="checkbox"/> Stressfraktur der Mittelfußk. (Marschfr.)
<input type="checkbox"/> Turf Syndrom
<input type="checkbox"/> Hallux rigidus
<input type="checkbox"/> Arthrose des Großzehengrundgelenks
<input type="checkbox"/> Hallux valgus | Sprunggelenk
<input type="checkbox"/> Achillessehnenentzündung
<input type="checkbox"/> Achillesbursitis
<input type="checkbox"/> OSG Bandruptur (Supinationstrauma)
<input type="checkbox"/> OSG Distorsion
<input type="checkbox"/> Instabilität
<input type="checkbox"/> Arthrose Sprunggelenk
<input type="checkbox"/> Entzündung des M. tibialis posterior
<input type="checkbox"/> Knie
<input type="checkbox"/> Chondropathia patellae
<input type="checkbox"/> Varusgonarthrose, Valgusgonarthr.
<input type="checkbox"/> Patellaspitzenysn. (Jumper's Knie)
<input type="checkbox"/> Reizung der Tuberositas tibiae
<input type="checkbox"/> Osopod Schlätter
<input type="checkbox"/> Tractus iliotibialis Syn. (Runner's K.)
<input type="checkbox"/> Tendopathie Popliteusezsehne
<input type="checkbox"/> Reizungen des Pes anserinus
<input type="checkbox"/> Medialer Knieeschmerz
<input type="checkbox"/> Meniskuslusion | Unterschenkel
<input type="checkbox"/> Stressfraktur von Schien- und Wadenb.
<input type="checkbox"/> Vorderes Kompartmentsyndrom
<input type="checkbox"/> Laterales Kompartmentsyndrom
<input type="checkbox"/> Tiefes hinteres Kompartmentsyndrom
<input type="checkbox"/> Oberfl. hinteres Kompartmentsyn.
<input type="checkbox"/> Vorderes Schienbeinkantens Syndrom
<input type="checkbox"/> Med. Schienbeinkantensyn. (Shin Spl.)
<input type="checkbox"/> Tendinose des M. tibialis posterior
<input type="checkbox"/> Achillessehnenentzündung
Hüfte, LWS
<input type="checkbox"/> LWS-Syndrom
<input type="checkbox"/> ISG-Syndrom
<input type="checkbox"/> Sohlenbeutel Reizung Trochanter major
<input type="checkbox"/> Adduktorenschmerz, Leistenbeschmerz |
|---|--|--|

Abb. 15 Anamnese des Probanden

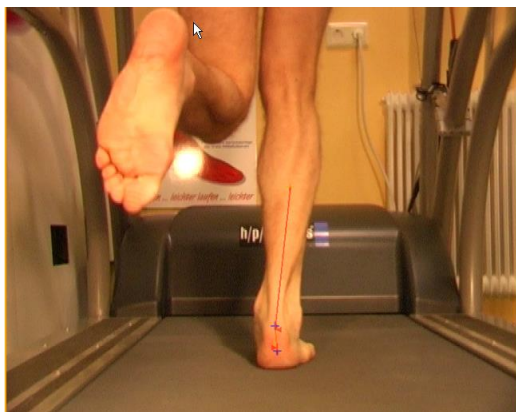


Abb. 16 Kennzeichnung des Probanden

Analyse- und Reportvariante auswählen

Variante 3: 'Rücken'
 Es werden 9 Videoaufnahmen von lateral, dorsal und ventral durchgeführt. Die Aufnahmen werden zur Analyse von Unterschenkel, Beinachse, Knie, und Wirbelsäule jeweils mit und ohne Laufschuh verwendet. Die erste Aufnahme ist eine Standbildaufnahme ohne Schuh zur statischen Vermessung beider Beinachsen.

Variante 2: 'Knie'
 Es werden 7 Videoaufnahmen von lateral, dorsal und ventral durchgeführt. Die Aufnahmen werden zur Analyse von Unterschenkel und Beinachse jeweils mit und ohne Laufschuh verwendet. Die erste Aufnahme ist eine Standbildaufnahme ohne Schuh zur statischen Vermessung beider Beinachsen.

Variante 1: 'Basic'
 Es werden 3 Videoaufnahmen von lateral und dorsal durchgeführt. Die Aufnahmen werden zur Analyse von Unterschenkel und Beinachse jeweils mit und ohne Laufschuh verwendet. Die erste Aufnahme ist eine Standbildaufnahme ohne Schuh zur statischen Vermessung beider Beinachsen.

Abb. 17 Auswahl des Analyseschemas

Beinachsen barfuß

0 1,00 2,00 3,00 4,00 5,00

Videos verwerfen und neu aufnehmen

Weiter

Abb. 18 Videoaufnahmen

Strahlensetzung

- Beinachsen barfuß
- Mitte der Standphase links
- Mitte der Standphase rechts
- Unterschenkel barfuß
- Mitte der Standphase links
- Mitte der Standphase rechts
- Unterschenkel mit Schuh
- Mitte der Standphase links
- Mitte der Standphase rechts
- Standbild Beinachsen barfuß
- Mitte der Standphase statisch

Unterschenkel barfuß - Mitte der Standphase rechts

0 1,00 2,00 3,00 4,00 5,00

Mitte der Standphase rechts wurde auf 0,00 eingestellt.

Weiter

Abb. 19 Schrittbestimmung

Analyse in einer Videoansicht



Abb. 20 Bestimmen der Winkel



Abb. 21 Bildüberlagerung



Abb. 22 Bildreihe

Report: Überblick

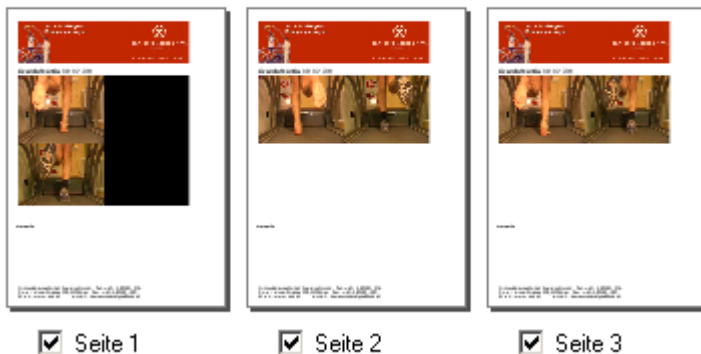


Abb. 23 Report

Eine gute Darstellung eines Analyseablaufes ist bei Gustafsson²³ zu finden.

Wirtschaftliche Überlegungen

Um eine Laufbandanalyse wirtschaftlich durchzuführen, müssen einige Punkte bei der Planung und Kalkulation berücksichtigt werden. Die folgenden Angaben können als Anhaltspunkte für Ihre Kalkulation gesehen werden. Je nach Land und Institution liegt die Abschreibungsdauer zwischen 5 – 10 Jahren. Sie werden keine genauen Kostenangaben finden, denn diese variieren je nach Land und Institution und sind weiters von den Geräteanschaffungskosten abhängig.

Der erste Block bezieht sich auf Anschaffungskosten, die Sie zur Durchführung einer Analyse benötigen. Je nach Anwendungsgebiet kann es dabei unterschiedliche Voraussetzungen geben. Als Beispiel sind hier die optischen Aufzeichnungssysteme (Videokameras) zu sehen. Für Ganganalysen reichen herkömmliche Videokameras aus. Wenn sie jedoch den Aufsatz der Ferse und den Abrollvorgang im Detail analysieren wollen, ist eine Videokamera mit einer höheren Bildfrequenz sinnvoll. Diese höhere Bildfrequenz schlägt sich natürlich in höheren Anschaffungskosten bei der Videokamera durch.

Für die folgende Kalkulation muss die jährliche Anzahl an Untersuchungen schätzen.

Block 1: Fixkosten	Abschreibung auf 10 Jahre	Anschaffungskosten	Jährliche Kosten
Laufband			
Videokamera			
FireWire Kabel			
Zusatzbeleuchtung			
Computer (komplett mit Drucker)			
Stative für Beleuchtung			
Stative Kombination Kamera und Beleuchtung			
Raumkosten (Baukosten)			
Reinigungskosten			
Werbungskosten			
Kontrasttafeln/Kalibrierungstafeln			
Werbungsmaßnahmen			
Wartungsvertrag Laufband (Wartungskosten)			
Softwarekosten			
Tabelle 3 - Kostenaufstellung			

Die anfallenden Kosten sind pro Analyse zu kalkulieren. Dabei sind die Personalkosten sicherlich der größte Posten, weiters fallen noch Steuerabgaben, Druckerkosten, Papierkosten und Stromkosten an. Schlussendlich ist ein eventuell vorgesehener Gewinn zu berücksichtigen.

Literatur

[Mag. Andreas Kranzl]

1. **Whittle,M.:** Gait analysis an introduction > , Butterworth-Heinemann, 1996.
2. **Perry,J.:** Gait analysis normal and pathological function > , SLACK, 1992.
3. **Gage,J.R. and Ounpuu,S.:** Gait analysis in clinical practice. Semin Orthop,72-87, 1989.
4. **Ounpuu,S., Gage,J.R., and Davis,R.B.:** Three-dimensional lower extremity joint kinetics in normal pediatric gait. J Pediatr Orthop, **11**:341-349, 1991.
5. **Winter,D.A., Patla,A.E., Frank,J.S., and Walt,S.E.:** Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. Phys Ther, **70**:340-347, 1990.
6. **KIRTLEY:** CLINICAL GAIT ANALYSIS THEORY AND PRACTICE > , ELSEVIER - HEALTH SCIENCES DIVISION, 2005.
7. **Rose,S.A., Ounpuu,S., and De Luca,P.A.:** Strategies for the assessment of pediatric gait in the clinical setting. Phys Ther, **71**:961-980, 1991.
8. **Kadaba,M.P., Ramakrishnan,H.K., and Wootten,M.E.:** Measurement of lower extremity kinematics during level walking. J Orthop Res, **8**:383-392, 1990.
9. **Ingen Schenau,G.J.:** Some fundamental aspects of the biomechanics of overground versus treadmill locomotion. Med Sci Sports Exerc, **12**:257-261, 1980.
10. **Pearce,M.E., Cunningham,D.A., Donner,A.P., Rechnitzer,P.A., Fullerton,G.M., and Howard,J.H.:** Energy cost of treadmill and floor walking at self-selected paces. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, **52**:115-119, 1983.
11. **Strathy,G.M., Chao,E.Y., and Laughman,R.K.:** Changes in knee function associated with treadmill ambulation. J Biomech, **16**:517-522, 1983.
12. **Nelson,R.C., Dillman,C.J., Lagasse,P., and Bickett,P.:** Biomechanics of overground versus treadmill running. Med Sci Sports, **4**:233-240, 1972.
13. **Stolze,H., KuhtzBuschbeck,J.P., Mondwurf,C., BoczekFuncke,A., Johnk,K., Deuschl,G., and Illert,M.:** Gait analysis during treadmill and overground locomotion in children and adults. Electromyography And Motor Control Electroencephalography And Clinical Neurophysiology, **105**:490-497, 1997.
14. **Alton,F., Baldey,L., Caplan,S., and Morrissey,M.C.:** A kinematic comparison of overground and treadmill walking. Clin Biomech (Bristol , Avon), **13**:434-440, 1998.
15. **Savelberg,H.H., Vorstenbosch,M.A., Kamman,E.H., van de Weijer,J.G., and Schamhardt,H.C.:** Intra-stride belt-speed variation affects treadmill locomotion. Gait Posture, **7**:26-34, 1-1-1998.
16. **Matsas,A., Taylor,N., and McBurney,H.:** Knee joint kinematics from familiarised treadmill walking can be generalised to overground walking in young unimpaired subjects. Gait Posture, **11**:46-53, 2000.
17. **Wass,E., Taylor,N.F., and Matsas,A.:** Familiarisation to treadmill walking in unimpaired older people. Gait Posture, **21**:72-79, 2005.
18. **Neumann,G. and Hottenrott,K.:** Das große Buch vom Laufen > , Meyer & Meyer, 2002.
19. **Gustafsson,B. and Kriwat,M.:** Objektivität nur bedingt möglich. Orthopaedieschuhtechnik, **11**:56-59, 1998.
20. **Lavcanska,V., Taylor,N.F., and Schache,A.G.:** Familiarization to treadmill running in young unimpaired adults. Hum Mov Sci, **24**:544-557, 2005.
21. **Schieb,DA.:** Kinematic accommodation of novice treadmill runners. Research Quarterly for Exercise and Sport, **57**:1-7, 1986.
22. **Cavanagh,P.R. and Williams,K.R.:** The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. Med Sci Sports Exerc, **14**:30-35, 1982.
23. **Gustafsson,B.:** Laufanalysen - Vorschlag zu einem Curriculum. Orthopaedieschuhtechnik, **7**:8:54-62, 2001.

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1 Handläufe (Bilderserie von HP Cosmos)	7
Abb. 2 Aufstellungsmöglichkeiten	8
Abb. 3 Vergleich Weitwinkel - normales Objektiv	10
Abb. 4 Stativ mit Beleuchtung und Videokamera (h/p/cosmos)	11
Abb. 5 Ausrichtung der Kamera auf Kniehöhe (h/p/cosmos)	11
Abb. 7 Markierungspunkte	13
Abb. 8 Definition Gangparameter	14
Abb. 9 Gangzyklus	15
Abb. 10 Muskelaktivitäten beim Gehen (Aktivitätsverläufe aus Perry2)	18
Abb. 11 Laufzyklus, 4-Phasen-Modell	21
Abb. 12 Winkeln am Unterschenkel	21
Abb. 13 Muskelaktivitäten beim Rückfußlaufen (aus Neumann18)	22
Abb. 14 Datenbank zum Anlegen einer neuen Person	23
Abb. 15 Anamnese des Probanden	23
Abb. 16 Kennzeichnung des Probanden	24
Abb. 17 Auswahl des Analyseschemas	24
Abb. 18 Videoaufnahmen	24
Abb. 19 Schrittbestimmung	24
Abb. 20 Bestimmen der Winkel	24
Abb. 21 Bildüberlagerung	24
Abb. 22 Bildreihe	25
Abb. 23 Report	25

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1 – Mindestraumhöhe (Quelle h/p/cosmos)	9
Tabelle 2 – Dauer der Gangphase	16
Tabelle 3 – Kostenaufstellung	26

Kontakt

Bei Bestellungen oder Störungsmeldungen sollten Sie immer den Gerätetyp, die Seriennummer des h/p/cosmos Gerätes und auch das Lieferdatum angeben. Unter nachstehenden Telefon- und Faxnummern sowie unten den E-Mail Adressen erhalten Sie bei Fragen zu Lieferterminen, Service, Bestellungen von Verbrauchsmaterial usw. kompetente Hilfe.

A Service und Technik

phone 0 86 69 86 42 0
fax 0 86 69 86 42 49
email service@hpcosmos.com

B Verkauf und Beratung

phone 0 86 69 86 42 0
fax 0 86 69 86 42 49
email sales@hpcosmos.com

C Sitz des Unternehmens

h/p/cosmos sports & medical gmbh

Am Sportplatz 8
DE 83365 Nussdorf-Traunstein
Germany

phone 0 86 69 86 42 0
fax 0 86 69 86 42 49

email@hpcosmos.com
www.hpcosmos.com

Gebäude 1
h/p/cosmos Entwicklung & Produktion
Am Sportplatz 8
DE 83365 Nussdorf-Traunstein

Gebäude 2
h/p/cosmos Vertrieb & Kundendienst
Feldschneiderweg 5
DE 83365 Nussdorf-Traunstein

