

FORSCHUNGSBERICHT

**Kurz- und mittelfristiger Einfluss von
Gewichtsinlays in der Tallabé-Kopfbedeckung
auf das
Gangmuster von Menschen
-
Eine Pilotstudie**

Abteilung Training- und Bewegungswissenschaft
Albert Schweitzer Straße 22
55128 Mainz



INSTITUT FÜR SPORT
WISSENSCHAFT MAINZ

Juni.2013

Vorbemerkung:

Über den Vertrag hinausgehende Zusatzleistungen

Vertraglich vereinbart war die kinematische Erfassung des Gangs in Verbindung mit einer Clusteranalyse unter dem kurz- und mittelfristigen Einfluss der Tallabé-Kopfbedeckung. D.h. die Gelenkwinkelverläufe der Probanden bei einem Doppelschritt werden vor und nach einer zweiwöchigen Intervention erfasst und analysiert.

Da die Ergebnisse dieser Analyse nicht zufriedenstellend bzw. zu grob waren, wurden die vertraglich vereinbarten Leistungen erweitert um

- a) die Analyse der Bodenreaktionskräfte,
- b) eine Analyse mit Support Vector Machines,
- c) die Berechnung des Root-Mean-Square-Errors ausgewählter Merkmale und
- d) eine gezielte Intervention mit unterschiedlichen Gangaufgaben (Gruppe TD).

Die Bodenreaktionskräfte liefern hierbei Zusatzinformationen zu den kinematischen Daten, um die Analysen zu verfeinern.

Support Vector Machines liefern aufgrund ihrer nichtlinearen Eigenschaften in der Regel exaktere Ergebnisse, als lineare Clusteranalysen und können so als feineres Analysesystem angesehen werden.

Die gezielte Intervention mit zusätzlichen Gangaufgaben erfolgte mit der Intention, die Schwankungen (Root-Mean-Square-Error), die durch die Tallabé-Kopfbedeckung erzeugt werden, zusätzlich zu verstärken um dadurch die Effekte zu vergrößern.

Ähnliches kann durch eine deutliche Verlängerung der Tragedauer erzielt werden.

Tab. A: Darstellung der Leistungen (Vertrag und Zusatz)

Vertraglich vereinbarte Leistungen	Zusätzlich erbrachte Leistungen
Erfassung der Kinematik des Gangs	
Analyse mittels Clusteranalyse	
	Erhebung der Dynamik des Gangs
	Analyse mittels Support Vector Machines
	Bestimmung und Analyse des Root-Mean-Square-Errors
	Gezielte Intervention mit zusätzlichen Gangaufgaben

Inhalt

1

EINLEITUNG	4
-------------------------	----------

2FORSCHUNGSSTAND UND

FRAGESTELLUNG	5
----------------------------	----------

2.1 DIE IDEE TALLABÉ	6
----------------------------	---

2.2 FRAGESTELLUNG	6
-------------------------	---

3

METHODIK	7
-----------------------	----------

3.1 UNTERSUCHUNGSDESIGN	7
-------------------------------	---

3.2 PERSONENSTICHPROBE	8
------------------------------	---

3.3 INTERVENTIONEN	8
--------------------------	---

3.4 EINGANGS-, AUSGANGSTEST (PRE-POSTTEST)	9
--	---

3.5 DATENERHEBUNG	9
-------------------------	---

3.6 PRIMÄRE DATENVERARBEITUNG	11
-------------------------------------	----

3.6.1 AUSGEWÄHLTE BESCHREIBUNGSMERKMALE	12
---	----

3.6.1.1 Gelenkwinkel-Ganzkörper	12
---------------------------------------	----

3.6.1.2 Gelenkwinkel- Unterkörper	12
---	----

3.6.1.3 Kopfbewegung	12
----------------------------	----

3.6.1.4 Bodenreaktionskräfte:	12
-------------------------------------	----

3.7 SEKUNDÄRE ODER STATISTISCHE DATENVERARBEITUNG	12
---	----

3.7.1 Mustererkennung mittels Clusteranalyse (CA)	13
---	----

3.7.2 Mustererkennung mittels Support Vector Machines (SVM)	13
---	----

3.7.3 Statistische Analyse der Schwankungen (RMSE)	13
--	----

4ERGEBNISSE UND

DISKUSSION	13
-------------------------	-----------

4.1 ERGEBNISSE UND DISKUSSION ZUR MUSTERERKENNUNG IN BEZUG AUF JEWEILS ZWEI	
---	--

BEDINGUNGEN EINES PROBANDEN AN EINEM TESTZEITPUNKT	14
--	----

4.1.1 Mustererkennung Gelenkwinkel - Ganzkörper:	14
--	----

4.1.2 Mustererkennung Kopfbewegung	15
--	----

4.1.3 Mustererkennung Bodenreaktionskräfte:	15
---	----

4.2 ERGEBNISSE UND DISKUSSION ZUR MUSTERERKENNUNG IN BEZUG AUF JEWEILS ZWEI	
---	--

BEDINGUNGEN EINES PROBANDEN AN EINEM TESTZEITPUNKT	16
--	----

4.2.1 Mustererkennung zur Erkennung der zwei Testzeitpunkte E, A eines	
--	--

Probanden anhand der Bodenreaktionskräfte	16
---	----

4.2.2 Mustererkennung zur Erkennung des Probanden anhand der	
--	--

Bodenreaktionskräfte	16
----------------------------	----

4.3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION ZUR ANALYSE DER SCHWANKUNGSDATEN	17
--	----

Aufgrund der bei jeder Bedingung neu angelegten Marker im Kopfbereich war

eine vergleichsweise hohe Trennungsrage zwischen den Testbedingung v, m

und n zu erwarten, obwohl die Werte so ausgewählt wurden, dass sie

weitestgehend unabhängig von dieser Belegung sind. Deshalb wurden die

Kopfdaten zusätzlich einer situativen Schwankungsanalyse unterzogen, da

diese unabhängig von der relativen Markerposition erfolgt.

4.3.1 Statistische Analyse des RMSE der Gelenkwinkel des gesamten Körpers	17
---	----

4.3.2 Statistische Analyse des RMSE der Gelenkwinkel des Unterkörpers	17
---	----

4.3.3 Statistische Analyse des RMSE des Kopflagewinkels im Raum	17
4.3.4 Statistische Analyse des RMSE der Bodenreaktionskräfte	18
4.4 GESAMTDISKUSSION	18

5

ZUSAMMENFASSUNG	19
LITERATUR	20
ANHANG	22
GEZIELTE GANGINTERVENTION	22
STATISTISCHE BERECHNUNGEN	31
TABELLE MIT ERGEBNISSEN DER MUSTERERKENNUNG	61

1 Einleitung

Gehen gehört wohl zu den faszinierendsten und am meisten untersuchten Bewegungen des Menschen. Betrachten es die einen als reines Mittel zur Überwindung von räumlichen Distanzen so ist es für andere Ausdruck von Persönlichkeit und wieder andere eine Form der Therapie. Nicht selten werden charakteristische Gangmuster innerhalb von Familien identifiziert. Im Gang von anderen Menschen lassen sich Emotionen erkennen (Sloman, Berridge, Homatidis, Hunter und Duck 1982), es können damit Emotionen ausgedrückt werden (Janssen, Schöllhorn, Lubienetzki, Fölling, Kokenge und Davids, 2008) und es spiegeln sich darin Ermüdung (Janssen, Schöllhorn, Newell, Jäger, Rost und Vehof 2011) oder gehörte Musikstile ((Janssen, Schöllhorn, Lubienetzki, Fölling, Kokenge und Davids, 2008) wider. Über die Frage, inwiefern die Haltung oder Bewegung Emotionen beeinflussen oder Emotionen die Haltung oder Bewegung wird umfangreich geforscht. Hinweise für Möglichkeiten in beide Richtungen liegen vor allem aus dem Bereich der Gesichtserkennung (Ekman und Oster, 1979) vor. Bei guter Stimmung wird eher gelächelt, wird jedoch nur lange genug gelächelt, hebt sich auch die Stimmung der Probanden signifikant. Einen Hinweis auf die Enge der Zusammenhänge zwischen Gefühl und Bewegung wird durch die Herkunft des Wortes „E-motion“ deutlich.

Mit zunehmender Veränderung der Arbeitswelt und den damit verbundenen sitzenden Tätigkeiten ist eine Zunahme orthopädischer Beschwerden vor allem im Wirbelsäulenbereich zu beobachten (Raspe, 2012). Die damit verbundenen Haltungsprobleme spiegeln sich mehr oder weniger direkt auch im Gangmuster der Betroffenen wider und es ist oft nur eine Frage der Zeit bis Haltungsprobleme das Gehen grundlegend beeinträchtigen. Gehen präventiv oder therapeutisch einzusetzen, sowohl im orthopädischen wie im Bereich des Stoffwechsels bzw. des Herz- Kreislaufsystems zu empfehlen hat schon fast Tradition. Versuche, auffällige Gangmuster zu verändern, sind dabei nicht selten mit zahlreichen Wiederholungen und fast endlosen verbalen Korrekturen verbunden. Auf der Suche nach alternativen Möglichkeiten, Gangmuster zu verändern begegnet man früher oder später elegant und stolz gehenden Frauen aus Ostafrika. Nicht selten gelten Sie als Sinnbild gesunden, ökonomischen und stolzen Gehens. Als eine Ursache für diesen Gang wird das Tragen großer der Lasten auf dem Kopf von Kleinkind an vermutet.

Ziel der vorliegenden Pilotstudie ist die Untersuchung des Einflusses von Lasten auf dem Kopf in Form der Tallabé-Kopfbedeckung auf das Gangmuster von erwachsenen Männern und Frauen. Hierbei soll zwischen einem kurz- und

mittelfristigen Effekt unterschieden werden. Ein kurzfristiger Effekt bezieht sich hier unmittelbar auf die Veränderungen während des Tragens, der mittelfristige Effekt bezieht sich auf Veränderungen des Gangmusters nach 14-tägigem Tragen einer Kopfbedeckung mit einem Gewicht von 800g. Nach einer kurzen Darstellung des Forschungsstandes werden die genauen Fragestellungen formuliert. Im folgenden Kapitel der Methodik werden sämtliche Bedingungen der Untersuchungen im Detail und reproduzierbar erläutert. Die Ergebnisse umfassen ausschließlich die Darstellung der wichtigsten numerischen Ergebnisse bevor diese in Verbindung mit zusätzlichem Wissen aus Forschungsstand und Logik in der Diskussion interpretiert werden.

2 Forschungsstand und Fragestellung

Bereits in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts untersuchte Maloiy Heglund, Prager, Cavagna und Taylor (1986) den aufrechten Gang ostafrikanischer Frauen mit und ohne Lasten auf dem Kopf. Experimente im Vorfeld lieferten Hinweise auf einen proportionalen Anstieg des Energieverbrauchs mit dem transportierten Gewicht (Margaria, 1976). Im Unterschied hierzu wiesen die physiologischen Messungen des Sauerstoffverbrauchs von Maloiy et al. (1986) an ostafrikanischen Frauen, die ihre Lasten auf dem Kopf transportierten, erst dann auf einen erhöhten und dem Gewicht der Last proportionalen Energieverbrauch hin, wenn die zu tragende Last 20% des eigenen Körpergewichts überschritt. Diese Charakteristik war jedoch nur bei Frauen zu beobachten, die seit frühester Kindheit Lasten auf dem Kopf transportierten. Maloiy et al. (1986) schrieben die Beobachtungen veränderten anatomischen Bedingungen zu.

Mithilfe dynamischer Messungen der Bodenreaktionskräfte suchte Heglund, Willems, Penta & Cavagna (1995) nach Bedingungen für das energiesparendere Transportieren von Lasten durch ostafrikanische Frauen. Anhand der vertikalen KSP-Bewegung konnten die Ergebnisse von Maloiy et al. (1986) bestätigt werden, wonach sich der Gang der ostafrikanischen Frauen bis zu einer Last von 20% des eigenen Körpergewichts im Energieverbrauch nicht von dem Gang ohne Lasten unterschied, d.h. ökonomischer gingen. Bastien (2005) zeigt ebenfalls mittels Messung des Sauerstoffverbrauchs, dass nepalesische Träger diese Eigenschaft noch besser beherrschen. Der Vorteil dieser Personen, im Vergleich zu den ostafrikanischen Frauen, steigt sogar noch weiter an, je schwerer das transportierte Gewicht wird. Biomechanische Messungen der Rumpfhaltung bei schwangeren Frauen mit Lasten auf dem Kopf deuten auf eine stärkere Streckung des Oberen Rumpfs bei kleinerem Neigungswinkel des Kopfes relativ zum Rumpf (Beaucage-Gauvreau, Dumas & Lawani, 2011). Gleichzeitig führte das Tragen der Lasten zu einer Zunahme der Schwankungen im LWS Bereich.

Insgesamt liegen vereinzelt Studien zu physiologischen und biomechanischen Unterschieden zwischen Gehen mit und Gehen ohne Lasten auf dem Kopf vor. Inwiefern diese Unterschiede durch einen Lernprozess oder durch Veranlagung bedingt sind bleibt ungeklärt. Ziel der vorliegenden Studie ist die Untersuchung des unmittelbaren und mittelbaren Effekts einer Kopfbedeckung mit Zusatzlast auf das Gangmuster von Erwachsenen. Der unmittelbare Effekt wird dabei direkt mit dem Aufsetzen der Kopfbedeckung untersucht, wohingegen der mittelbare Effekt nach längerem Tragen (14 Tage) der Kopfbedeckung untersucht wird. Unter dem Gangmuster wird dabei der zeitliche Verlauf von Winkel- und Winkelgeschwindigkeitsmerkmalen ausgewählter Körpergelenke verstanden.

2.1 Die Idee Tallabé

Die Idee, die mit dem Produkt der Firma Tallabé verbunden ist, basiert, analog dem Forschungsstand, auf der Beobachtung, dass afrikanische Frauen eine spezifische Form des aufrechten Gangs durch das Transportieren von Lasten auf dem Kopf entwickelt haben (Freinecker, 2011). Durch das regelmäßige Tragen der Tallabé-Kopfbedeckung soll eine ähnliche Wirkung auf den menschlichen Gang erzielt werden. Das Produkt ist äußerlich eine Baseballmütze, wie sie in Abbildung 1 (a) zu sehen ist. Der Unterschied zu einer handelsüblichen Kopfbedeckung ist das ergonomisch angepasste Gewichtsinlay aus luftdicht eingeschweißtem Granulat. Die Tallabé-Baseballmütze ist in verschiedenen Größen erhältlich, jedoch ist das Gewicht des Inlays stets dasselbe und liegt bei 800 Gramm.

Nach firmeneigenem Werbematerial stellt sich der Effekt auf den menschlichen Gang unmittelbar mit dem Tragen der Tallabé-Baseballmütze ein. Verantwortlich dafür soll eine unbewusste Koordination der verschiedenen, an der Bewegung beteiligten, Muskelgruppen sein. Weitere Auswirkungen sollen unter anderem die Stärkung der Nacken-, Schulter- und Rückenmuskulatur sein. Zudem soll die Wirbelsäule besser gestützt, die Leistungsfähigkeit der stützenden Muskelgruppen gesteigert und die Bandscheiben entlastet werden.

Daichendt (2011) hat eine Studie veröffentlicht, aus der hervorgeht, dass durch das Tragen des Tallabé-Kopfbedeckung eine positive Auswirkung auf den Brustwirbelsäulen-Kyphosewinkel feststellbar ist. Des Weiteren belegt die Studie der Tallabé-Kopfbedeckung bereits ab einer kurzen Tragedauer von ≥ 15 Minuten täglich eine Wirkung auf die wirbelsäulenstützende Muskulatur, sodass diese unterbewusst trainiert und aufgerichtet wird, was einen gesunden aufrechten Gang zur Folge hat. In Abbildung 1 (b) ist das Gewichtsinlay der Kappe dargestellt. Dabei ist zu sehen, dass sich die Granulatkissen gleichmäßig auf den gesamten Innenbereich der Kappe verteilen.

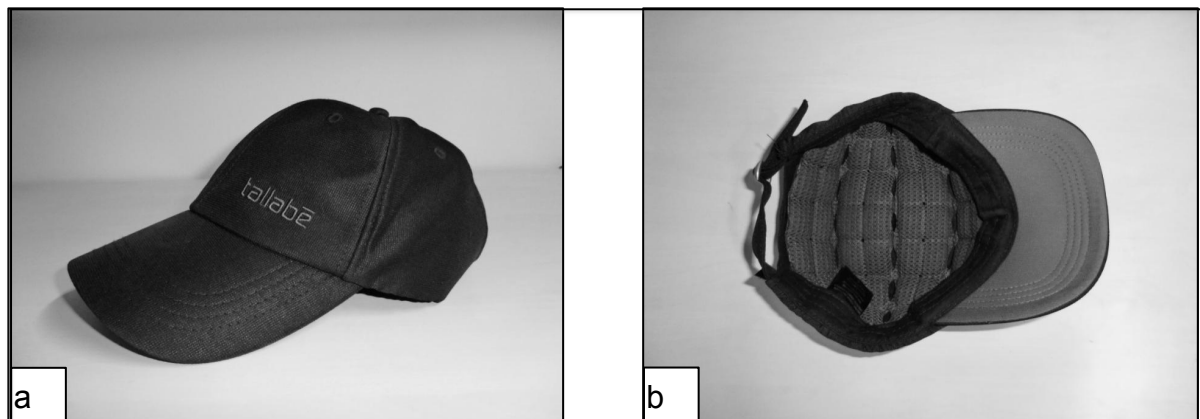


Abb. 1: Die Tallabé-Kappe (a) und deren Gewichtsinlay (b)

2.2 Fragestellung

Hat die Tallabé-Kopfbedeckung einen unmittelbaren und mittelbaren Effekt auf das menschliche Gangmuster. Unter unmittelbarem (kurzfristigem) Effekt wird im Folgenden die Wirkung auf das biomechanische Gangmuster nach 15-minütigem Tragen verstanden, unter mittelbarem (mittelfristigem) Effekt die Wirkung auf das biomechanische Gangmuster nach der 2-wöchigen Intervention..

Hypothesen

Aus der allgemeinen Fragestellung lassen sich folgende Nullhypothesen

spezifizieren:

- H01a, 1b: Die Tallabé-Kopfbedeckung ohne Gewichtsinlay hat keinen unmittelbaren (a) und mittelbaren (b) Effekt auf das biomechanische Gangmuster bzw. ausgewählten Merkmalen von erwachsenen Männern und Frauen im Alter zwischen 18 und 33 Jahren.
- H02a, 2b: Die Tallabé-Kopfbedeckung mit Gewichtsinlay hat keinen unmittelbaren (a) und mittelbaren (b) Effekt auf das biomechanische Gangmuster bzw. ausgewählten Merkmalen von erwachsenen Männern und Frauen im Alter zwischen 18 und 33 Jahren.
- H03a, 3b: Die Tallabé-Kopfbedeckung mit Gewichtsinlay und differenzieller Gangintervention hat keinen unmittelbaren (a) und mittelbaren (b) Effekt auf das biomechanische Gangmuster bzw. ausgewählten Merkmalen von erwachsenen Männern und Frauen im Alter zwischen 18 und 33 Jahren.

3 Methodik

In diesem Abschnitt wird das Untersuchungsdesign und die damit verbundenen Bedingungen der Studie vorgestellt. Neben dem allgemeinem Überblick über den Ablauf der Untersuchung wird die Datenerhebung und -analyse im Detail beschrieben.

3.1 Untersuchungsdesign

Bei der Untersuchung handelt es sich um ein Pre-, Posttestdesign mit Verblindung der Probanden. Die Verblindung wird durch Überkleben des Markennamens auf der Mütze hergestellt. Die „verblindeten“ Probanden haben somit keinen Hinweis auf das Produkt und können dementsprechend den Versuchsablauf nicht willentlich beeinflussen. Nach dem Pre- oder Eingangstest erfolgen drei verschiedene Interventionen über die Dauer von 2 Wochen. Anschließend erfolgt der Posttest oder Ausgangstest (Abb. 2). In Abb.3 ist das gleiche Design mit den entsprechenden Abkürzungen für die Bezeichnung der Bedingungen dargestellt, wie sie im späteren Verlauf des Berichts Verwendung finden.

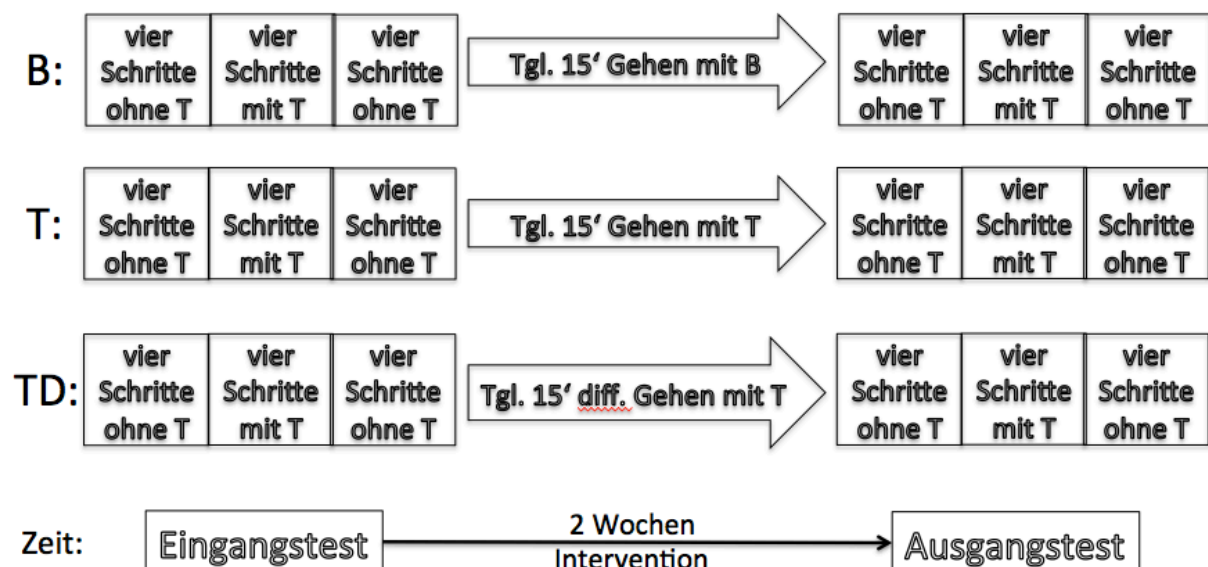


Abb. 2: Skizze des Pre-, Posttest-Untersuchungsdesigns.

B: Baseballmütze, T: Tallabé-Baseballmütze; TD: Tallabé-Baseballmütze und vielfältigen (differenziellen) Gehübungen.

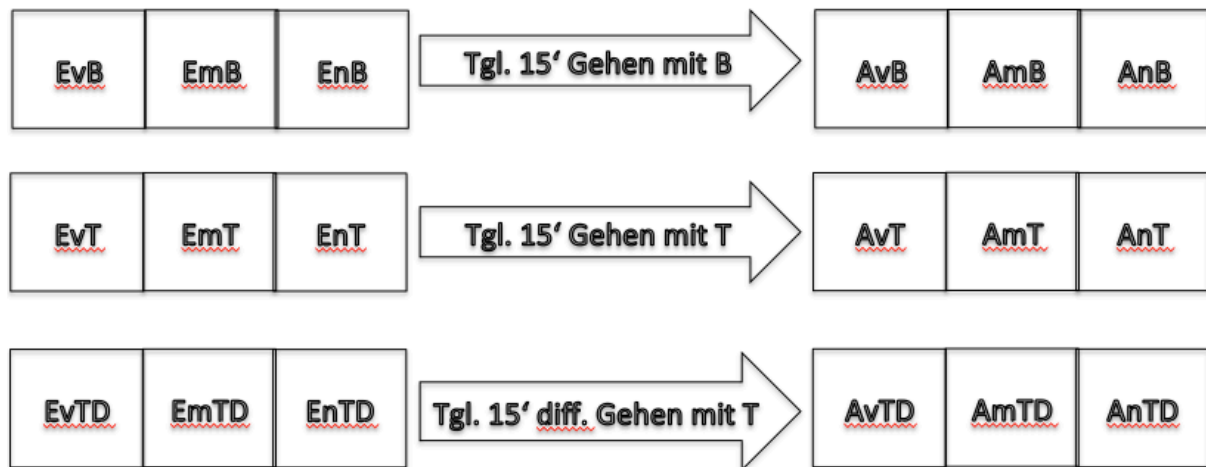


Abb.3: Abkürzungen für die entsprechenden Messzeitpunkte und -bedingungen.

Legende :

E:=Eingangstest, A:= Ausgangstest;

v:=vor dem Tragen der Tallabemütze (ohne Tallabemütze); m:=mit Tragen der Tallabemütze; n:=nach dem Tragen der Tallabemütze (ohne Tallabemütze);

B:=Gruppe „Baseballmütze“; T:=Gruppe „Tallabe“; TD:= Gruppe „Tallabe-Differenziell“;

3.2 Personenstichprobe

An der Untersuchung nahmen 4 Frauen und 14 Männer im Alter zwischen 18 und 33 Jahren ($26 \pm 4,1$ Jahre) teil. Sämtliche Teilnehmer¹ wurden zufällig auf drei Gruppen á 6 Teilnehmer mit drei unterschiedlichen Interventionen über eine Dauer von 14 Tagen aufgeteilt. Aus technischen Gründen der Datenerhebung (Reflexionen, Verdeckungen etc.) waren bei der anschließenden Ganzkörperbetrachtung nur die Daten von 15 Probanden (5 je Gruppe) auswertbar. Eine genaue Zusammensetzung der Stichprobe ist in Tab. 1 aufgelistet.

Tab. 1: Personenstichprobe

Gruppe	n	Alter	Größe	Gewicht	Sport/Woche
T	5	$26 \pm 4,1$	$173,8 \pm 8,6$ cm	$67,2 \pm 13,1$ kg	$8,2 \pm 3,4$ h
TD	5	$23,2 \pm 3,7$	$175,4 \pm 10,1$ cm	$69,6 \pm 9,9$ kg	$6,3 \pm 2,8$ h
B	6	$23,83 \pm 3,6$	$183,0 \pm 7,85$ cm	$78 \pm 10,9$ kg	$8,1 \pm 6,2$ h

3.3 Interventionen

Die Gruppe B (Baseballmütze) hatte während der Intervention die Aufgabe, 15 Minuten täglich mit der Tallabé-Kopfbedeckung ohne Gewichtsinlay in der Ebene zu gehen. Gruppe T (Tallabé-Kopfbedeckung mit 800g Gewichtsinlay) sollte während der Intervention 15 Minuten pro Tag mit der Tallabé-Kopfbedeckung in der Ebene

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Folgende stets die männliche Form verwendet und damit immer die männliche und weibliche Form gemeint.

gehen und die Gruppe TD (Tallabé-Kopfbedeckung mit Gewichtsinlay und variablem Gehen im Gelände) sollte während der 15 Minuten täglich mit der Tallabé-Kopfbedeckung zusätzlich noch vielfältige Gangübungen durchführen. Eine detaillierte Auflistung der Bewegungsaufgaben der Gruppe TD an den jeweiligen Interventionstagen ist im Anhang aufgeführt.

3.4 Eingangs-, Ausgangstest (Pre-Posttest)

An den zwei Testzeitpunkten (Abb. 2, 3) werden jeweils insgesamt 12 Aufnahmen der Probanden beim Gehen gemacht. Hierbei werden die 3D-Kinematik der Bewegungen mittels 8 Hochfrequenz-Infrarot-Kameras und die Dynamik mittels 2 Kistler Kraftmessplatten aufgezeichnet. Die ersten vier Durchgänge (EvB/T/TD; AvB/T/TD) werden ohne Mütze durchgeführt (Abb.2, 3) und dienen als Referenzmuster für den jeweiligen Tag. Nach den ersten vier Durchgängen werden die folgenden vier Durchgänge mit der entsprechenden Mütze absolviert. Dabei tragen die beiden Experimentalgruppen (T und TD) jeweils eine Tallabékappe mit Gewichtsinlay (EmB/T/TD und AmB/T/TD). Zum Abschluss werden noch einmal von allen Probanden vier Doppelschritte ohne Kopfbedeckung aufgenommen (EnB/T/TD; AnB/T/TD).

3.5 Datenerhebung

Sämtliche Aufnahmen der Bewegungen werden im Labor der Abteilung Trainings- und Bewegungswissenschaften am sportwissenschaftlichen Institut der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz durchgeführt.

Die Dynamik der Bewegung wird mit Hilfe von zwei Kraftmessplatten (Kistler 90x60cm, 1000Hz) zur Bestimmung der Bodenreaktionskräfte in x-, y- und z-Richtung gemessen.

Die Kinematik der Bewegung wird mit Hilfe des 3D-Bewegungsanalysesystems von Qualisys (Motion Capture System) mit 8 zirkulär angeordneten Hochfrequenz Infrarot Videokameras (200 Hz) aufgezeichnet. Als Körperbaumodell wird ein 15-Segmentmodell verwendet, das aus Kopf, Oberer Rumpf, unterer Rumpf, Oberarm, Unterarm, Hand, Oberschenkel, Unterschenkel und Fuß besteht. Die Erkennung der Segmente erfolgt anhand passiver Marker, die an ausgewählten Körperoberflächenpunkten befestigt werden.

Die genauen Markerpositionen werden im Folgenden genau beschrieben und anhand von Abbildungen verdeutlicht. Den Probanden wird während den Aufnahmen ohne Kappe ein Stirnband angelegt, um den Kopf visualisieren zu können. Auf diesem werden drei Marker angebracht (Abb. 4), einer zentral auf der Stirn (Head Ant) und je einer auf der linken und rechten Seite zentral über den Ohren (R Head/L Head). Bei den Aufnahmen mit Kappe wurden die Marker nach demselben Schema auf der Kappe befestigt, wobei der Marker „Head Ant“ direkt über dem Schirm der Kappe befestigt wurde. Um den Thorax modellieren zu können, wurden weitere zehn Marker gesetzt (Abb. 4). Ein Marker wurde auf dem siebten Halswirbel platziert (C7). Die Schultern wurden mittels Marker auf dem Acromion gekennzeichnet. Weiter Marker zur Kennzeichnung des Oberen Rumpfs werden angebracht am unteren Teil der Scapula, dem Angulus inferior (R Back/L Back). Auf der frontalen Seite wird ein Marker auf die prominente Struktur des Sternums (Sternum) befestigt. Des Weiteren sind Marker auf der Spina iliaca posterior superior (R Sacrum/L Sacrum) sowie Marker auf der Spina iliaca anterior superior (R Iliac/L Iliac) notwendig, um den Thorax zu modellieren. Die Oberarme werden gekennzeichnet durch Marker auf den lateralen Seiten des Humerus, Markerplatten mit je drei Reflektoren angebracht (R Hum Prox/R Hum Ant/R Hum Post/L Hum Prox/L Hum Ant/ L Hum Post). Sowohl für

die Modellierung des Ober- als auch des Unterarmes müssen Marker an den Ellenbogen appliziert werden.

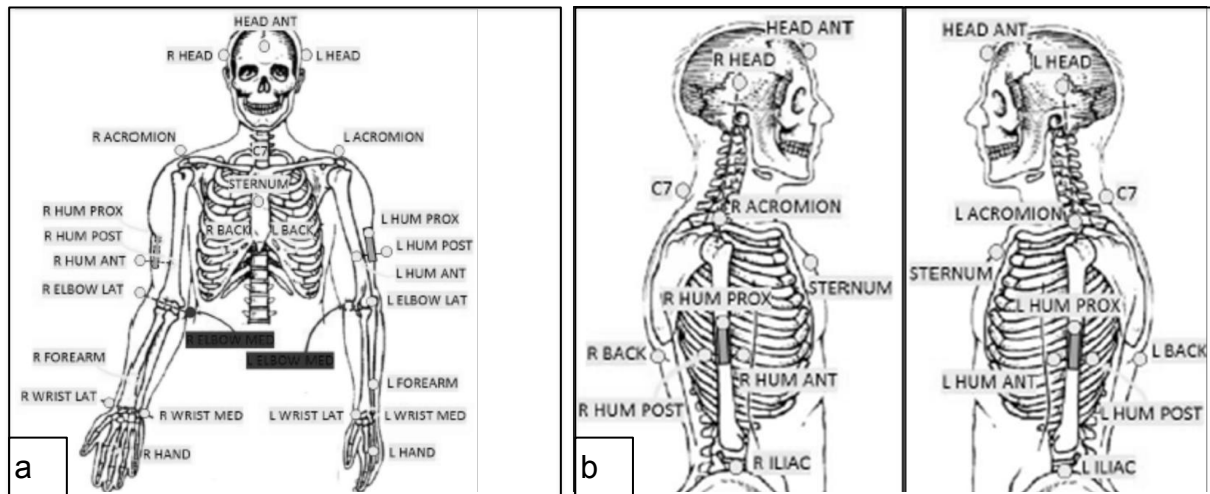


Abb. 4: Markerpositionen am Oberkörper in Frontal- (a) und Sagittalebene (b) (Betzler, 2011, S. 3.)

Diese werden auf dem Epicondylus medialis humeri (R Elbow Med/L Elbow med) und dem Epicondylus lateralis humeri (R Elbow Lat/L Elbow Lat) angebracht. Auf dem Unterarm wird ein Marker auf dem zentralen Punkt zwischen Elle und Speiche und Hand- und Ellenbogengelenk (R Forearm/L Forearm) befestigt. Zwei weitere Marker werden an den Handgelenken, medial auf dem Processus styloideus ulnae (R Wrist Med/L Wrist Med) und lateral auf dem Processus styloideus radii (R Wrist Lat/L Wrist Lat), angebracht. Auch zentral auf dem Handrücken wird ein Reflektor angebracht (R Hand/L Hand).

Zur Markierung der Beinsegmente werden 17 weitere Marker pro Bein befestigt. Ähnlich den Markerplatten an den Oberarmen, werden auch Platten an den Oberschenkel angebracht (R Thigh 1-4/L Thigh 1-4). Diese Platten sind in Abbildung 5 dargestellt. Das Knie wird an der Innenseite am Epicondylus medialis femoris (R Knee Med/L Knee Med) und an der Außenseite des Gelenks, am Epicondylus lateralis femoris (R Knee Lat/L Knee Lat), mit Markern versehen. Auch auf dem Unterschenkel, auf der lateralen Seite der Fibula und Tibia, wird eine Platte mit vier Markern befestigt (R Shank 1-4/L Shank 1-4). Die Oberschenkelplatten wurden bei der späteren Analyse nicht berücksichtigt.

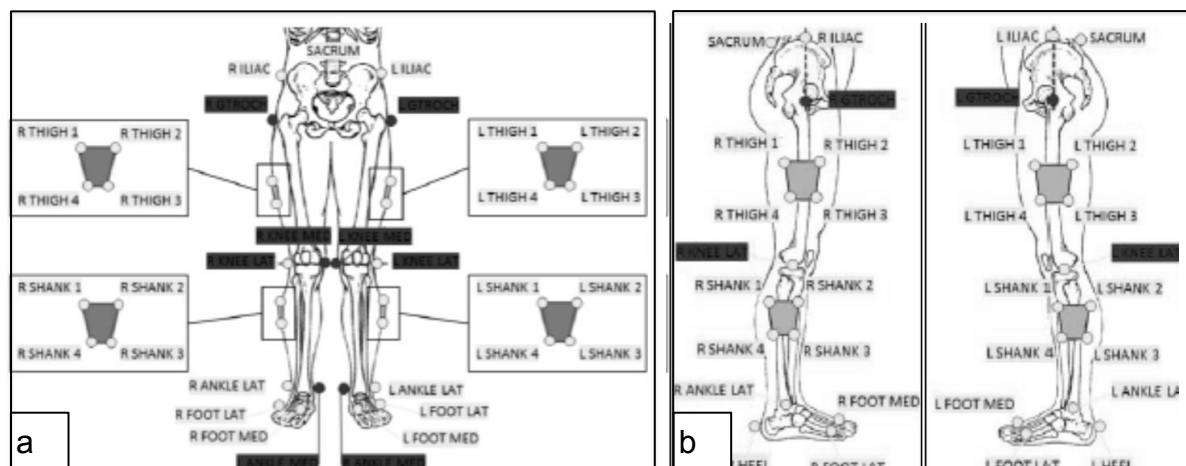


Abb. 5: Markerpositionen am Unterkörper in Frontal- (a) und Sagittalebene (b) (Betzler, 2011, S. 4)

An den Sprunggelenken werden zwei Marker befestigt, wobei einer an der Innenseite, auf dem Malleolus medialis (R Ankle Med/L Ankle Med) und einer auf der Außenseite des Knöchels (R Ankle Lat/L Ankle Lat) angebracht wird. Weitere zwei Marker werden an den Fersen (R Heel/L Heel) befestigt. Zusätzlich werden Reflektoren auf der Oberseite des fünften Mittelfußknochen, dem Ossa metatarsalia V (R Foot Lat/L Foot Lat) angebracht. Zudem werden Marker auf dem ersten Mittelfußknochen, dem Ossa metatarsalia I (R Foot Med/L Foot Med) appliziert. In Abbildung 6 ist eine Ganzkörperapplikation am Probanden zu sehen. Auf den beiden Bildern links ist der Proband mit Stirnband in Frontal- und Dorsalebene zu sehen. Die beiden Bilder auf der rechten Seite zeigen einen Testteilnehmer, der die Tallabé-Kopfbedeckung trägt und ebenfalls in Frontal- und Dorsalebene zu sehen ist.

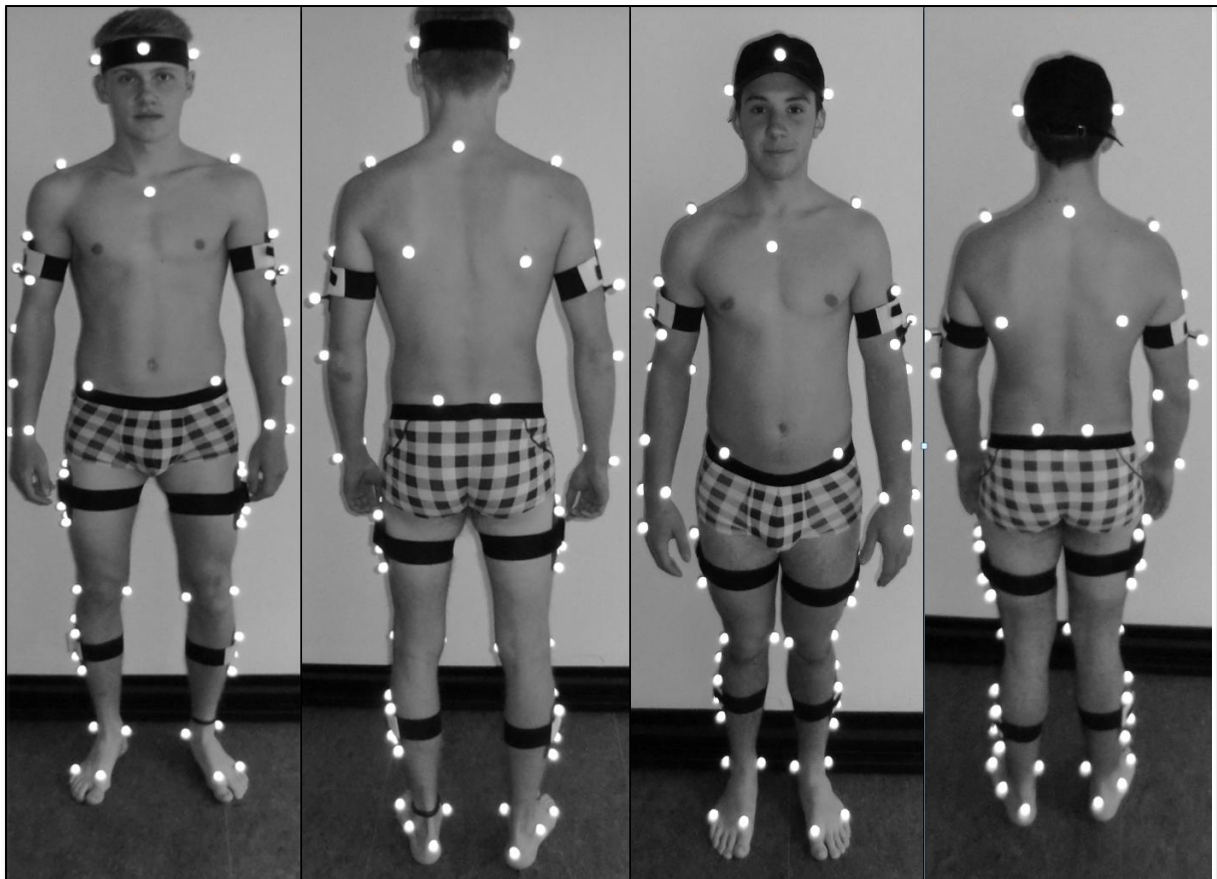


Abb. 6: Markerpositionen am Probanden. Frontal- und Dorsalansicht, die beiden Bilder links zeigen einen Proband ohne Kopfbedeckung und die beiden Bilder rechts zeigen einen Proband mit Kopfbedeckung.

3.6 Primäre Datenverarbeitung

Zur Beschreibung der Kinematik und Dynamik des Gangs wurden aus den gemessenen Raumkoordinaten der Markierungspunkte jeweils die Winkel benachbarter Segmentachsen, deren Winkelgeschwindigkeiten und die Schwankungen in Form des Root-Mean-Square-Errors (RMSE) bestimmt. Hierzu wurden die Daten zunächst mit einem Butterworth-Lowpass-Filter (2.Ordnung, bidirektional, dynamische Daten: 40 Hz, kinematische Daten: 12 Hz) bearbeitet.

Diese Daten wurden daraufhin entsprechend des globalen Maximums und Minimums der einzelnen Parameter auf Werte zwischen 0 und 1 bzgl. der Amplitude normiert und auf 60 Werte zeitnormiert.

Der RMSE wird über die Abstände der Verläufe über mehrere Aufnahmen hinweg berechnet. Hierzu wird für die entsprechenden Daten der Mittelwert gebildet und anschließend der Root-Mean-Square-Error über die Differenz der einzelnen Durchgänge zum Mittelwert bestimmt. Zum Vergleich werden dann die Mittelwerte der einzelnen RMSE innerhalb einer Bedingung berechnet.

3.6.1 Ausgewählte Beschreibungsmerkmale

In diesem Abschnitt wird kurz erläutert, wie die ausgewählten Merkmale für die unterschiedlichen Bedingungen bearbeitet wurden.

3.6.1.1 Gelenkwinkel-Ganzkörper

Es wurden die Winkel in sagittaler Ebene der folgenden Gelenke zur Analyse ausgewählt:

linkes Sprunggelenk, linkes Knie, linke Hüfte, rechtes Sprunggelenk, rechtes Knie, rechte Hüfte, linker Ellbogen, linke Schulter, rechte Schulter

Zudem wurden in Gruppe (B) nur 5 Probanden mit in die Auswertung genommen, da es bei einem Probanden Probleme mit der Marker-Erkennung gab.

3.6.1.2 Gelenkwinkel- Unterkörper

Analog der Ganzkörper-Analyse wurden die Winkel in der sagittalen Ebene folgender Winkel verwendet:

linkes Sprunggelenk, linkes Knie, linke Hüfte, rechtes Sprunggelenk, rechtes Knie, rechte Hüfte

Auch hier sind in Gruppe (B) nur 5 Probanden Bestandteil der Auswertung.

3.6.1.3 Kopfbewegung

Zur detaillierteren Analyse der Kopfbewegung wurden die Höhendifferenz L Head zu R Head und der Winkel zwischen der Verbindung L Head zu R Head sowie der Verbindung L Acromion zu R Acromion bestimmt.

Aufgrund der tagesabhängigen Befestigung der Marker, sowie der Veränderungen zu jeder Messbedingung durch das Auf- und Absetzen der Kappe wurden diese Werte für jeden Durchgang zwischen 0 und 1 normiert um systematische Unterschiede zu minimieren.

3.6.1.4 Bodenreaktionskräfte:

Die Bodenreaktionskräfte beider Messplatten in x-, y- und z-Richtung, die zuerst auf das Körpergewicht der Probanden und nach der Filterung in Bezug auf das globale Maximum und Minimum auf 0 und 1 der jeweiligen Parameter amplitudennormiert und auf 60 Werte zeitnormalisiert wurden.

3.7 Sekundäre oder statistische Datenverarbeitung

Für die statistische Datenauswertung werden die Daten mit unterschiedlicher Software (Scilab, SPSS) weiterbearbeitet. Für die Analyse mittels Support Vector Machines (SVM) und Clusteranalyse (CA) wird ebenfalls das Programm Scilab gemeinsam mit den zusätzlichen Werkzeugboxen libSVM-Toolbox (<http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>) und NaN-Toolbox verwendet.

3.7.1 Mustererkennung mittels Clusteranalyse (CA)

Die Datenauswertung der CA wurde mit der k-means-Cluster Berechnung der NaN-Toolbox in Scilab ausgeführt. Hierbei werden die Daten anhand des euklidischen Abstandes in Gruppen („Cluster“) zusammengeführt. Die Einteilung basiert auf einer iterativen Zuführung der Daten zu dem jeweiligen Clusterzentrum mit dem geringeren Abstand, bis sich keine Veränderungen mehr ergeben. Bei den vorliegenden Analysen wurde jeweils für jede zu unterscheidende Bedingung ein Durchgang als Initial-Cluster-Zentrum ausgewählt. Danach erfolgt eine Zuordnung der weiteren Durchgänge anhand der CA und die Ausgabe der Anzahl der richtig zugeordneten Durchgänge in Prozent. Beim Vergleich der Bedingungen innerhalb eines Probanden und innerhalb eines Tages wurden für die Wahl des Initial-Cluster-Zentrums alle Möglichkeiten durchpermutiert und aus den Ergebnissen der Mittelwert gebildet. Bei der Trennung der Tage innerhalb eines Probanden anhand der Kraft wurden jeweils vier Durchgänge der CA durchgeführt, während die Auswahl der Initial-Cluster-Zentren randomisiert aus den jeweiligen Datensätzen gewählt wurde. Die Probandenerkennung wurde entsprechend durchgeführt.

3.7.2 Mustererkennung mittels Support Vector Machines (SVM)

Die Mustererkennung mit SVM basiert auf dem Prinzip, dass im euklidischen Raum eine Trennung anhand einer optimalen Trennlinie, bzw. Trennebene, zwischen den Daten die getrennt werden sollen, durchgeführt wird. Um dieses Prinzip anzuwenden, werden die zu analysierenden Daten in einen Trainings- und einen Test-Datensatz unterteilt. Nun wird eine Trennebene anhand der Trainingsdaten geschaffen. Daraufhin wird überprüft wie gut die prozentuale Erkennung des gesamten Datensatzes ist. Diese Werte werden dann zum Vergleich herangezogen. Die Aufteilung in Trainings- und Test-Datensatz bei der Trennung einzelner Bedingungen innerhalb eines Probanden und Tages lag bei 50% zu 50%. Auch hier wurden alle Kombinationen an Trainings- und Test-Datensatz verwendet und daraus der Mittelwert bestimmt. Bei der Trennung der Testzeitpunkte eines Probanden anhand der Kraftwerte wurde der Datensatz randomisiert in drei Datensätze unterteilt und jeweils einer als Test-Datensatz und die anderen beiden zusammen als Trainings-Datensatz verwendet. Entsprechend wurde bei der Probandenerkennung vorgegangen. Bei der Unterscheidung der Testzeitpunkte und Probanden wurde ein polynomialer Kernel verwendet und bei der Unterscheidung der Testbedingungen ein linearer Kernel.

3.7.3 Statistische Analyse der Schwankungen (RMSE)

Die ermittelten RMSE für die Position des Kopfes im Raum und die Bodenreaktionskräfte sind im vorherigen Abschnitt detailliert beschrieben. Die in der Form gewonnen Daten für die einzelnen Messzeitpunkte und Bedingungen werden inferenzstatistisch mittels einer Varianzanalyse mit Messwiederholung auf Signifikanz ($\alpha=0.05$) überprüft. Bei der Analyse einzelner Gruppen kommt der t-Test für verbundene Stichproben zum Einsatz. Die Berechnungen erfolgen mit dem Programm SPSS 20 (IBM).

4 Ergebnisse und Diskussion

Im Ergebnisteil werden die errechneten Resultate zusammengefasst beschrieben und nur auf auffällige Ergebnisse detaillierter eingegangen. Weitere Ergebnisse finden sich im Anhang. Da sich die Ergebnisse von CA und SVM ähneln wird zumeist nur auf die CA eingegangen. Eine über die Zahlen hinausgehende Interpretation ist

der direkt anschließenden Diskussion zu entnehmen. Es werden zunächst die Ergebnisse und Diskussion in Bezug auf die Mustererkennung der Merkmalsverläufe dargestellt, bevor die inferenzstatistischen Ergebnisse und Diskussion in Bezug auf die Schwankungen erläutert werden.

Je höher die Erkennungsraten, desto deutlicher lassen sich die jeweiligen beiden Bedingungen voneinander unterscheiden und es kann davon ausgegangen werden, dass eine dazwischen liegende Intervention bzw. ein dazwischen liegendes Ereignis einen Effekt erzielte. In der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um folgende Interventionen bzw. Ereignisse: unterschiedliche Messtage (Eingangs- – Ausgangstest), Auf- und Absetzen der Tallabe-Kopfbedeckung (vor, mit, nach) während der Eingangs- und Ausgangstests; drei unterschiedliche Interventionen (Baseballmütze, Tallabé-Kopfabdeckung, Tallabé-Kopfbedeckung und –differenzielle Gangübungen) über zwei Wochen.

4.1 Ergebnisse und Diskussion zur Mustererkennung in Bezug auf jeweils zwei Bedingungen eines Probanden an einem Testzeitpunkt

Mit der Mustererkennung soll untersucht werden inwiefern die Veränderungen im zeitlichen Verlauf der Merkmale allein auf die unterschiedlichen Tage (Eingangstest-Ausgangstest) zurückzuführen sind, d.h. von den Tagesschwankungen abhängen. Diese Frage gilt es zu klären, um die Änderungen im Bewegungsmuster anderen Interventionen zuordnen zu können.

Im Folgenden wird beschrieben, wie hoch die Erkennungsraten liegen, wenn jeweils zwei der drei Bedingungen (v (1.-4. Versuch), m (5.-8. Versuch), n (9.-12. Versuch)) miteinander verglichen werden.

4.1.1 Mustererkennung Gelenkwinkel – Ganzkörper: Ergebnisse

Bei Berücksichtigung aller Gelenkwinkel liegen die Erkennungsraten (Tab. 2) für alle Gruppen zu allen Testzeitpunkten für die Erkennungen ‚vor‘ zu ‚mit‘ und ‚vor‘ zu ‚nach‘ (E/AvTD/T/B - E/Am/nTD/T/B) in einem jeweils ähnlichen Bereich (63,7-75,4%). Bei Gruppe T ist die Erkennung im Vergleich AmT und AnT höher als bei den anderen Gruppen (76,9%) .

Tabelle 2: Erkennungsraten bei Unterscheidung der Bedingungen v(or), m(it) und n(ach)

Ganzkörperbewegungen				
Cluster		v zu m	v zu n	m zu n
Gruppe TD	Tag 1	63,7	67,1	61,9
	Tag 2	65,4	74,1	64,7
Gruppe T	Tag 1	64,8	71,1	73,4
	Tag 2	71,6	67,5	76,9
Gruppe B	Tag 1	69,2	74,8	61,2
	Tag 2	75,4	73,1	63,9

Diskussion

Diese Beobachtungen legen nahe, dass bei Gruppe T insbesondere am Ausgangstest eine Reaktion auf die Abnahme der Kopfbedeckung stattfindet. Diese Folgerung wird unterstützt durch die geringere Erkennungsrate bei den Bedingungen AvT und AnT.

4.1.2 Mustererkennung Kopfbewegung

Ergebnisse

Bei der Mustererkennungsanalyse zur Kopfbewegung (Tab. 3) fällt in Gruppe TD auf, dass im Vergleich EvTD-EmTD am ersten Testzeitpunkt (Eingangstest) die Erkennung mit 85% über 4 Prozentpunkte über dem zweithöchsten Wert und am zweiten Testzeitpunkt bei 67% (AvTD-AmTD) liegt. Am zweiten Testzeitpunkt (Ausgangstest) liegt auch die Erkennungsrate beim Vergleich (AvTD-AnTD) in diesem Bereich (66% zu 78% am ersten Testzeitpunkt). Im Vergleich (EmT-EnT) liegt die Erkennung für Gruppe T am ersten Testzeitpunkt verhältnismäßig hoch (80% zu 75% am zweiten Testzeitpunkt und etwa 70% für die anderen Gruppen). Weiterhin ist auffällig, dass Gruppe B sowohl beim Eingangs- wie auch Ausgangstest hohe Erkennungsraten in der Kopfbewegung für die Vergleiche (E/AvB-E/AmB) und insbesondere (E/AvB-E/AnB) aufweist (Tabelle 3).

Tabelle 3: Erkennungsraten bei Unterscheidung der Bedingungen v(or), m(it) und n(ach)

Kopfbewegungen				
CA		v zu m	v zu n	n zu m
Gruppe 1 TD	Tag 1	85,0	78,3	72,3
	Tag 2	67,2	66,7	71,1
Gruppe 2 T	Tag 1	75,3	70,8	80,2
	Tag 2	75,0	78,9	75,9
Gruppe 3 B	Tag 1	78,1	75,6	67,0
	Tag 2	80,8	87,2	79,1

Diskussion

Speziell im Vergleich zu den Werten der Kontrollgruppe sind die angeführten Daten ein Indiz dafür, dass bei Gruppe TD durch die 2-wöchige Intervention eine Veränderung hinsichtlich der Anpassungsfähigkeit stattgefunden hat, sodass sich die Bewegungsmuster im Kopfbereich auch mit Aufsetzen und Absetzen der Tallabékopfbedeckung weniger beeinflussen lassen. Die Ergebnisse in Bezug auf Gruppe B deuten auf einen Einfluss der Tallabékopfbedeckung hin, d.h. die zweiwöchige Intervention mit der Placebomütze führte nur zu leichten Änderungen in der Koordination der kopfsteuernden Halsmuskulatur.

4.1.3 Mustererkennung Bodenreaktionskräfte:

Ergebnisse

Werden die Bodenreaktionskräfte untersucht, ist im Vergleich ‚mit‘ und ‚nach‘ die Erkennung über alle Gruppen und Tage auf ähnlichem Niveau. Am ersten Testzeitpunkt liegt die Erkennung im Vergleich v und n (EvT/TD-EnT/TD) für die Gruppen mit Intervention (TD und T) etwas über den anderen Werten (TD 69,2%, T: 70,6%). Am Ausgangstest hingegen ist in Gruppe TD die Erkennung beim Vergleich vor zu nach (AvTD – AnTD) niedrig (63,8%) gegenüber den anderen Gruppen und Messzeitpunkten (dies stellt sich mit SVM noch etwas deutlicher dar). In der Gruppe T ist die Erkennung beim Vergleich ‚vor‘ und ‚mit‘ (EvT-EmT) am ersten Tag etwas höher als an den für die übrigen Gruppen und Tage.

Diskussion

Insgesamt ist bei Gruppe T während der Eingangsuntersuchung durch das Tragen der Tallabékopfbedeckung eine Reaktion auf das Gangmuster zu beobachten, d.h.

eine kurzfristige Reaktion zu identifizieren. Bei den Probanden der beiden anderen Gruppen sind keine Reaktionen durch das Auf- und Absetzen der Kopfbedeckung zu beobachten.

Auffällig ist, dass Gruppe TD über den ganzen Ausgangstestzeitpunkt (AvTD-AnTD) hinweg das Muster am wenigsten verändert. Dies kann als Hinweis auf eine koordinative Veränderung durch die zweiwöchige Intervention verstanden werden, d.h. ein mittelfristiger Effekt ist zu identifizieren.

4.2 Ergebnisse und Diskussion zur Mustererkennung in Bezug auf jeweils zwei Bedingungen eines Probanden an einem Testzeitpunkt

4.2.1 Mustererkennung zur Erkennung der zwei Testzeitpunkte E, A eines Probanden anhand der Bodenreaktionskräfte

Ergebnisse

In den Erkennungsraten der Mustererkennung zur Identifizierung des Testzeitpunkts Eingangstest und Ausgangstest innerhalb eines Probanden sind die Ergebnisse für SVM und CA sehr unterschiedlich. Mit SVM liegen die Erkennungsraten für alle 3 Gruppen bei 96%, während Sie bei der CA im Bereich um die 50 % liegen.

Bei der Verwendung der SVM lässt sich eine relativ gute Trennung der Tage für die einzelnen Probanden erzielen. Die CA hingegen lässt nur eine unbefriedigende Erkennung der unterschiedlichen Tage anhand der Kraftdaten zu.

Diskussion

Die Ergebnisse liefern Hinweise auf hohe Veränderung der Bewegungsmuster unabhängig von der Intervention. D.h. die Erkennung des Tages anhand der Bewegungsmuster deuten auf ein hohes und notwendiges Maß an Veränderung unseres Koordinationsvermögens über die Zeit hin, obwohl die Muster innerhalb der individuellen Bereiche bleiben.

4.2.2 Mustererkennung zur Erkennung des Probanden anhand der Bodenreaktionskräfte

Ergebnisse

Die Erkennung der Probanden mit SVM liegt bei 100%. Mit CA liegt sie bei 97%. Die Erkennung der Probanden anhand der Bodenreaktionskräfte erzielt mit beiden Mustererkennungsverfahren sehr gute Raten.

Diskussion

Bei ausschließlicher Betrachtung der Bodenreaktionskräfte lassen sich die Probanden unabhängig von Tag und Intervention identifizieren. Dies bestätigt in hohem Maße die Individualität des Gangmusters und seine hohe Stabilität. In Verbindung mit den Erkennungsraten für die Testzeitpunkte Eingangstest und Ausgangstest bestätigen diese Erkennungsraten die Dominanz des Individuellen. Die Individualität bleibt zwar über eine Dauer von 2 Wochen bestehen, jedoch lassen sich die Gangmuster an beiden Tagen auch für einzelne Personen sehr gut unterscheiden.

4.3 Ergebnisse und Diskussion zur Analyse der Schwankungsdaten

Aufgrund der bei jeder Bedingung neu angelegten Marker im Kopfbereich war eine vergleichsweise hohe Trennungsrates zwischen den Testbedingungen v, m und n zu erwarten, obwohl die Werte so ausgewählt wurden, dass sie weitestgehend unabhängig von dieser Belegung sind. Deshalb wurden die Kopfdaten zusätzlich einer situativen Schwankungsanalyse unterzogen, da diese unabhängig von der relativen Markerposition erfolgt.

4.3.1 Statistische Analyse des RMSE der Gelenkwinkel des gesamten Körpers Ergebnisse

Die Ergebnisse des RMSE bei den Gelenkwinkeln des gesamten Körpers liefern an den verschiedenen Testtagen und den unterschiedlichen Testbedingungen keine signifikanten Resultate. Eine Tendenz ist am ehesten bei dem Vergleich der Testbedingung ohne Tallabé-Kopfbedeckung (vor) verglichen mit den Durchgängen mit Tallabé-Kopfbedeckung (mit) während des Eingangstests zu erkennen. Dieser beträgt .219 bezogen auf die Gruppe in Interaktion mit dem zeitlichen Verlauf. Statistisch kann also festgehalten werden, dass alle Ergebnisse der Schwankungen der Gelenkwinkel am gesamten Körper keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Bedingungen und den Gruppen liefern.

Diskussion

Diese Ergebnisse deuten entweder auf die Grenzen des Messverfahrens in Bezug auf diese Merkmale hin oder auf ein hohes Maß an wechselseitiger Kompensation zwischen den Gelenken.

4.3.2 Statistische Analyse des RMSE der Gelenkwinkel des Unterkörpers Ergebnisse

Werden die Daten reduziert auf ausschließlich die Gelenkwinkel des Unterkörpers können signifikante Ergebnisse bei beiden Interventionsgruppen während des Eingangstests beobachtet werden. Bei dem Vergleich der Durchgänge ohne Tallabé-Kopfbedeckung (vor) und mit Tallabé-Kopfbedeckung (mit) am Eingangstest wird ein statistisch bedeutsamer Unterschied mit $p=0.035$ diagnostiziert. Dies bestätigt die vorher erwähnte Tendenz bei dem RMSE der Gelenkwinkel des gesamten Körpers. Darüber hinaus ist ein statistischer Trend ohne Tallabé-Kopfbedeckung (vor) und ohne Tallabé-Kopfbedeckung (nach) zu beobachten ($p=0.066$). Die anderen Ergebnisse des Eingangs- und Ausgangstests bewegen sich im Zufallsbereich.

Diskussion

Der statistische signifikante Unterschied während des Eingangstests weist auf einen kurzfristigen Effekt der Tallabé-Kopfbedeckung hin. Die Mittelwerte zeigen eine statistische signifikante Verringerung der Schwankungswerte, die häufig mit einer bewussteren Steuerung des Gangs einhergehen.

4.3.3 Statistische Analyse des RMSE des Kopflagewinkels im Raum Ergebnisse

Bei der Betrachtung des RMSE der Kopfbewegungen fällt eine Änderung erst am Ausgangstest auf. Die Ergebnisse Ausgangstest zeigen einen statistischen Trend ($p=0.073$) in Bezug auf die Unterschiede der beiden Interventionsgruppen T und TD gegenüber der Gruppe B in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit im zeitlichen Verlauf der Untersuchung bei der Bedingung mit Tallabé-Kopfbedeckung (mit) und ohne Tallabé-Kopfbedeckung (nach). In die gleiche Richtung zeigt der Vergleich ohne

Kappe (vor) und ohne Kappe (nach), jedoch liegt die berechnete Irrtumswahrscheinlichkeit bei $p=0.134$ für die Betrachtung der Gruppen im zeitlichen Verlauf.

Diskussion

Die Ergebnisse lassen wieder einen Trend vermuten, der jedoch weiterer Untersuchung bedarf. Aufgrund der Veränderung des RMSE auf höhere Werte am zweiten Testzeitpunkt zeigt sich eine größere Variation im Kopfbereich bei den Probanden der Interventionsgruppen. Dieser Effekt ist erst nach der Interventionszeit von zwei Wochen zu beobachten, was ein Indiz für einen mittelfristigen Effekt ist.

4.3.4 Statistische Analyse des RMSE der Bodenreaktionskräfte

Ergebnisse

Werden die Bodenreaktionskräfte auf ihre Variation hin untersucht, können am Eingangstest keine Veränderungen hinsichtlich der Bedingungen v , m , n und der Gruppenzugehörigkeit gemacht werden. Alle Probanden starten somit auf dem gleichen Eingangsniveau. Bemerkenswert ist die Änderung des RMSE am Ausgangstest, direkt im Anschluss an den zweiwöchigen Interventionszeitraum. Hier kann mittels t-Test bei verbundenen Stichproben für die Interventionsgruppe TD mit gezielt durchgeführten Bewegungsaufgaben ein signifikanter Unterschied ($p=.044$) von der Bedingung keine Tallabé-Kopfbedeckung (vor) zu Tragen der Tallabé-Kopfbedeckung (mit) identifiziert werden. Die Variation der Kraftwerte nimmt am Ausgangstest beim Tragen der Tallabé-Kopfbedeckung deutlich ab.

Diskussion

Durch die zweiwöchige Intervention, Tallabé-Kopfbedeckung mit Zusatzvariationen, kann bei dieser Gruppe eine geringere Variationsbreite der Bodenreaktionskräfte verzeichnet werden. Diese Abnahme der Schwankungen im Bereich der Kraft-Zeitverläufe seitens der Gruppe TD liefern Hinweise auf einen veränderten Umgang mit der Tallabé-Kopfbedeckung und deren Gewicht durch die Probanden. Inwiefern diese Veränderungen ausschließlich durch die zusätzlichen Übungen zustande kamen bedarf weiterer Forschung. Die Idee, die durch die Tallabé-Kopfbedeckung entstehenden vergrößerten Schwankungen durch zusätzliche differenzielle Übungen zu verstärken, um größere Anpassungseffekte zu erzielen wird bestätigt. Zur letztendlichen Abklärung sind jedoch weitere Untersuchungen notwendig. Es scheint jedoch eine Möglichkeit größere Gewichte bzw. längere Interventionszeiten zumindest teilweise zu kompensieren.

4.4 Gesamtdiskussion

In diesem Abschnitt werden noch einmal alle wesentlichen Ergebnisse zusammen diskutiert. Die Ergebnisse der Mustererkennungsanalyse lieferten erneut Hinweise auf die hohe Individualität der Gangmuster, die zwar für eine einzelne Person innerhalb eines bestimmten Bereichs verbleiben, sich jedoch selbst über eine Zeit von 2 Wochen sichtbar verändern. Mit dem Nachweis der Individualität der Gangmuster werden frühere Untersuchungen bestätigt (Schöllhorn, Nigg, Stefanyshyn und Liu 2002, Janssen et al 2008, Janssen et al 2011). Beide Analysen sind Voraussetzung für eine verlässliche Einschätzung der Veränderungen durch die spezifischen Interventionen mittels Tallabé-Kopfbedeckung. Die Analyse der Interventionen lieferten für die beiden Gruppen mit Tallabé-Kopfbedeckung Hinweise

auf einen kurzfristigen Effekt. Das heißt, durch das Tragen der Tallabé-Kopfbedeckung verändert sich das Gangmuster bei der Mehrzahl der Probanden nachweisbar. Die zusätzliche Analyse der Schwankungen im Kopf-, Unterkörper und Bodenreaktionskraftbereich liefern Hinweise auf mittelfristige Reaktionen Koordinationsverhalten. Im Kopfbereich deuten die zunehmenden relativen Schwankungen auf eine veränderte Koordination im Schulter-Halsbereich durch die zweiwöchige Intervention mit Tallabé-Kopfbedeckung und differenziellem Training hin. Ein Zunehmen der Schwankungen im Wirbelsäulenbereich konnte auch von (Beaucage-Gauvreau, Dumas & Lawani, 2011) beim Tragen größerer Lasten beobachtet werden. Für eine deutliche Änderung der Gesamtkoordination sprechen auch die reduzierten Schwankungen im Bereich der Bodenreaktionskraft bei gleichzeitiger Zunahme der Schwankungen im Kopfbereich. Da sich Schwankungen im Körper im Allgemeinen direkt in der Bodenreaktionskraft spiegeln, ist hier von einem kompensierenden Verhalten vom Kopf bis zu den Füßen auszugehen, d.h. der mittelfristige Effekt wird mit hoher Wahrscheinlichkeit eher im Bereich der Koordination zu finden sein, als im Bereich der direkten Haltung. Dass die Effekte in erster Linie in der Gruppe TD zu beobachten sind, kann auf die Probandenstichprobe zurückgeführt werden, die in erster Linie aus Sportstudierenden und Schülern mittleren Alters bestand, die keine Haltungs- oder Bewegungsauffälligkeiten zeigten. Inwiefern das Vergrößern der Schwankungen, die durch die Tallabé-Kopfbedeckung bedingt sind, durch das differenzielle Training einen vergleichbaren Effekt erzielen wie das längere Tragen größerer Lasten Bedarf weiterer Untersuchungen. Die vorliegende Pilotstudie liefert auf jeden Fall Hinweise auf kurzfristige und mittelfristige Wirkungen der Tallabé-Kopfbedeckung. Da durch eine Zunahme der Schwankungen im Kopfbereich von der Initiierung eines Adaptationsprozesses ausgegangen werden kann, und nach zweiwöchiger Intervention auch Veränderungen im koordinativen Bereich zu beobachten sind, ist von großteils positiven Effekten auszugehen.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Pilotstudie befasst sich mit dem kurz- und mittelfristigen Einfluss von Gewichtsinlays in der Tallabé-Kopfbedeckung auf das Gangmuster bei erwachsenen Menschen. Der kurzfristige Einfluss wurde durch unmittelbare Änderungen beim Tragen der Tallabé-Kopfbedeckung untersucht. Wohingegen der mittelfristige Einfluss mittels zweiwöchigem Tragen von jeweils 15 Minuten pro Tag analysiert wurde. Zur Analyse des kurzfristigen Effekts wurden kinematische und dynamische Verlaufsanalysen jeweils vor und nach dem Gehen mit der Tallabé-Kopfbedeckung durchgeführt. Zur Analyse der mittelfristigen Effekte dienten drei Gruppen mit unterschiedlichen Aufgaben während der zweiwöchigen Intervention. Eine Gruppe trug lediglich eine Baseballmütze beim täglich 15 minütigen Gehen, eine andere Gruppe trug die Tallabé-Kopfbedeckung mit 800g und eine dritte Gruppe trug die Tallabé-Kopfbedeckung mit 800g beim gleichzeitigen Ausführen verschiedenster Zusatzübungen. Mit der dritten Gruppe sollten entsprechend der Theorie der Systemdynamik, die durch die Kopfbedeckung bedingten Schwankungen des Systems vergrößert werden, um eine größere Anpassung zu erzielen.

Eine Schwierigkeit der Untersuchung lag unter anderem in der Auswahl der Probanden, die alle Sportstudierende und Schüler waren und keine Auffälligkeiten im Bereich der Haltung oder im Gangmuster zeigten. Unabhängig von diesen gesunden Bedingungen der Probanden waren Veränderungen vor allem im Bereich der Koordination zu beobachten. Während die kurzfristigen Effekte auf eine Vergrößerung der Schwankungen im Kopfbereich hinweisen deuten die mittelfristigen

Effekte nach zweiwöchiger Intervention mit Tallabé-Kopfbedeckung und zusätzlichen vielfältigen Übungen auf eine Änderung im koordinativen Bereich vor allem im Hals-Rumpfbereich hin. Da es sich bei den Anpassungen um Phänomene handelt, wie sie im Bereich des Bewegungslernens zu beobachten sind, ist von großteils positiven Effekten auszugehen.

Literatur

Beaucage-Gauvreau, E., Dumas, G. A., & Lawani, M. (2011). Head load carriage and pregnancy in West Africa. *Clinical Biomechanics*, 26(9), 889–894.

Bastien G.J., Schepens, B., Willems, P.A. & Heglund, N.C. (2005). Energetics of load carrying in Nepalese porters. *Science*, 308, S.1755.

Betzler, N. (2011). Application Examples: Full Boddy. unveröff. Manuskript

Chih-Chung Chang and Chih-Jen Lin (2011). LIBSVM: A library for support vector machines. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*. Abgerufen am 26.04.2013 unter: <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>

Daichendt, D. (2011) Das Ende aller Rückenschmerzen? Revolutionäres neues Produkt sorgt für Furore am Deutschen Sportärztekongress 2011. Zugriff am . 28 Februar 2013 unter https://tallabe.com/pdf/tallabe_PR-Studie-251011.pdf

Ekman, P., & Oster, H. (1979). Facial Expressions of Emotion. *Annual Review of Psychology*, 30(1), 527–554.

Freinecker, H. (2011) Zugriff am 02. März 2013 unter <https://tallabe.com/index.php?pid=10&pidy=10>

Heglund, N.C., Willems P.A., Penta, M. & Cavagna, G.A. (1995). Energy-saving gait mechanics with head-supported loads. *Nature* 375, S.52-54.

Janssen, D., Schöllhorn, W. I., Lubienetzki, J., Fölling, K., Kokenge, H. & Davids, K. (2008) Recognition of Emotions in Gait Patterns by Means of Artificial Neural Nets. *Journal of Nonverbal Behavior*, 32 (2), S. 79-92.

Janssen, D., Schöllhorn, W.I., Newell, K.M., Jäger, Jörg M., Rost, F., Vehof, K., (2011) Diagnosing fatigue in gait patterns by support vector machines and self-organising maps, *Human Movement Science*. Volume 30, Issue 5, October 2011, p. 966-975.

Maloiy, G.M.O., Heglund, N.C., Prager, L.M., Cavagna, G.A. & Taylor C.R. (1986). *Energetic cost of carrying loads: have African women discovered an economic way?* *Nature*, 20-26, S. 668-9.

Margaria, R. (1976). *Biomechanics and Energetics of Muscular Exercise* (First Edition). Oxford: University Press.

Raspe, A. (2012). Rückenschmerzen. In Robert Koch-Institut (Hrsg.), *Gesundheitsberichterstattung des Bundes*, 53, S.1-37. Berlin: Robert Koch-Institut.

Sloman, L., Berridge, M., Homatidis, S. , Hunter, D. & Duck, T. (1982). Gait patterns of depressed patients and normal subjects. *The American Journal of Psychiatry*, 139 (1), S. 94-97.

Anhang

Gezielte Gangintervention

Die ersten acht Tage wurden auf der Außenanlage am Rasenplatz des Sportinstituts durchgeführt. Die Stationen waren gleich, die Bewegungsaufgaben an jeder Station variierten ständig. Täglich wurden vier Runden (ca 15min) mit allen fünf Stationen durchlaufen. Folgende Stationen mit unterschiedlichem Untergrund waren nacheinander anzugehen.

- a) Sprungrube
- b) Rasenfläche
- c) Treppe
- d) Rindenmulch
- e) Tartanbahn

Ab dem neunten Tag wurde die Intervention in die Halle verlegt. Die Bewegungsaufgaben wurden nun verändert durch unterschiedliches Material wie Langbänke, Weichbodenmatten, Hürden, diverse Kästen, Reifen etc. Die Stationen wurden regelmäßig variiert, so dass auch hier entsprechend dem differenziellen Lernkonzept keine Bewegungsaufgabe mit einer vorherigen identisch war. Zum Teil bestand die Intervention aus einer Station, in der viele Details ständig verändert wurden (vgl. Tag 13).

Tag 1			
Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4
In normaler Haltung gehen	Kopf nach links drehen	Rechte Schulter nach hinten rotieren	Arme in Seithalte
Kopf nach vorne neigen	Kopf nach rechts drehen	Linke Schulter nach hinten rotieren	Arme in Hochhalte
Kopf nach hinten neigen	Schultern hochziehen	Beide Schultern synchron nach vorne rotieren	Ohne Armeinsatz gehen
Kopf nach links neigen	Rechte Schulter nach vorne rotieren	Beide Schultern synchron nach hinten rotieren	Passgang
Kopf nach rechts neigen	Linke Schulter nach vorne rotieren	Arme in Vorhalte	Arme hinter den Rücken verschränken

Tag 2

Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4
Mit gebeugten Ellbogen gehen	Rechter Arm ist angelegt	Oberkörper nach links neigen	Rechten Arm in Vorhalte und linken Arm abspreizen
Mit gestreckten Ellbogen gehen	Linker Arm ist angelegt	Oberkörper abwechselnd nach links und rechts neigen	Rechten Arm nach oben
Beide Arme gleichzeitig nach vorne und hinten bewegen	Oberkörper nach vorne beugen	Linken Arm abspreizen	Linken Arm nach oben
Rechten Arm beugen/linken Arm strecken	Oberkörper nach hinten beugen	Rechten Arm abspreizen	Beide Arme gleichzeitig hoch und runter bewegen
Linken Arm beugen/rechten Arm strecken	Oberkörper nach rechts beugen	Linken Arm in Vorhalte und rechten Arm abspreizen	Rotieren beider Arme

Tag 3

Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4
KSP absenken	Nur linkes Knie durch-strecken	Nur links anfersen	KSP anheben und ab-senken im Wechsel
Beide Knie Anheben (Kniehebe-gang)	Nur rechts Knie durch-strecken	Nur rechts anfersen	Beim Gehen klatschen
Nur rechtes Knie anheben	Beide Knie federnd (erhöhte Beugung)	Fußspitze nach außen drehen	Rechte Hand auf linke Schulter legen
Nur linkes Knie anheben	Auf Zehenspitzen gehen	Fußspitze nach innen drehen	Linke Hand auf rechte Schulter legen
Mit durchgestreckten Knien gehen	Beide Füße anfersen	Auf der Ferse gehen	Arme überkreuzt auf die Schultern legen

Tag 4

Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4
Rechte Schulter auf und ab bewegen	Rechte Fußspitze nach außen drehen	Rechte Hand in den Nacken	Beide Arme abduzieren und leicht kreisen
Linke Schulter auf und ab bewegen	Rechte Fußspitze nach innen und linke Fußspitze nach außen	Linke Hand in den Nacken	Rechte Hand kreist auf der Brust
Linke Fußspitze nach außen drehen	Linke Fußspitze nach innen und rechte Fußspitze nach außen	Rechter Zeigefinger an die rechte Schläfe	Linke Hand kreist auf der Brust
Rechte Fußspitze nach außen drehen	Beide Hände in den Nacken	Linker Zeigefinger an die linke Schläfe	Beide Arme abduzieren und stark kreisen
Linke Fußspitze nach innen drehen	Beide Hände und Kopf in den Nacken	Beide Zeigefinger an die entgegengesetzte Schläfe	Retroversion beider Schultern

Tag 5

Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4
Anteversion beider Schultern	Retroversion rechte Schulter	Linke Ferse+ rechte Zehenspitze	Kopf schütteln
Anteversion rechte Schulter	Retroversion linke Schulter	Oberkörper rechts geneigt+ linkes Knie anheben	Oberkörper rechts geneigt+ links Bein anfersen
Anteversion linke Schulter	Auf der rechten Ferse gehen	Oberkörper rechts geneigt+ rechtes Knie anheben	Oberkörper rechts geneigt+ rechts Bein anfersen
Anteversion rechte Schulter+ Retroversion linke Schulter	Auf der linken Ferse gehen	Oberkörper links geneigt+ linkes Knie anheben	Oberkörper links geneigt+ links Bein anfersen
Anteversion linke Schulter+ Retroversion rechte Schulter	Rechte Ferse+ linke Zehenspitze	Oberkörper links geneigt+ rechts Knie anheben	Oberkörper links geneigt+ rechtes Bein anfersen

Tag 6

Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4
Kopf im Uhrzeigersinn kreisen	Rechte Hand auf die linke Schulter+ rechtes Knie heben	Linke Hand auf die rechte Schulter+ beide Knie anheben	Seitwärts gehen (rechte Seite vorne)
Kopf gegen Uhrzeiger-sinn kreisen	Rechte Hand auf die linke Schulter+ linkes Knie heben	Rechte Hand auf den Rücken+ linke Hand auf der Brust	Seitwärts gehen (linke Seite vorne)
Rechte Hand auf die Schädeldecke legen	Rechte Hand auf die linke Schulter+ beide Knie anheben	Linke Hand auf den Rücken+ rechte Hand auf die Brust	Seitwärtsgang überkreuzt (linke Seite vorne)
Linke Hand auf die Schädeldecke legen	Linke Hand auf die rechte Schulter+ rechtes Knie heben	Auf Zehenspitzen gehen+ Anteversion beider Arme	Seitwärtsgang überkreuzt (rechte Seite vorne)
Beide Hände auf die Schädeldecke legen	Linke Hand auf die rechte Schulter und linkes Knie heben	Auf Zehenspitzen gehen und Abduktion beider Arme	Vorwärts gehen und Beine extrem überkreuzen (Modelgang)

Tag 7

Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4
Kopf nicken (Ja-Geste)	Auf der Ferse gehen + Anteversion der Arme	Auf der linken Ferse gehen+ rechtes Knie heben	Oberkörper nach rechts geneigt+ Arme auf dem Rücken
Große Schritte machen	Auf der Ferse gehen + Abduktion der Arme	Auf der rechten Ferse gehen+ linkes Knie heben	Oberkörper nach links geneigt+ Arme auf dem Rücken
Kleine Schritte machen	Über dem Kopf klatschen	Oberkörper vorgebeugt+ beide Beine anfersen	Oberkörper nach rechts geneigt+ Arme auf die Brust
Auf Fußaußenkanten gehen	Knie heben und unter dem Oberschenkel klatschen	Oberkörper zurückgelehnt+ beide Beine anfersen	Oberkörper nach links geneigt+ Arme auf die Brust
Hinter dem Rücken klatschen	Auf Zehenspitzen gehen und beide Hände im Nacken	Oberkörper vorgebeugt+ Abduktion der Arme	Rechte Hand auf rechte Schulter+ linke Hand auf linke Schulter

Tag 8

Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4
Oberkörper vorgebeugt+ linke Fußspitze nach innen gedreht	Oberkörper zurücklehnen+ beide Arme auf die Brust	Oberkörper vor- und zurückneigen+ Arme abduzieren	Rechtes Bein gestreckt bis zur Waagrechten heben
Oberkörper vorgebeugt+ rechte Fußspitze nach innen gedreht	Oberkörper links und rechts pendeln+ Arme abduzieren	Oberkörper vor- und zurückneigen+ Arme Anteversion	Linkes Bein gestreckt bis zur Waagrechten heben
Oberkörper vorgebeugt+ beide Fußspitzen nach innen gedreht	Oberkörper links und rechts pendeln+ Ante-version der Arme	Oberkörper vorgebeugt+ Arme auf den Hinterkopf	Beide Beine gestreckt bis zur waagrechten heben
Oberkörper kreisen+ Arme abduzieren	Oberkörper vorgebeugt+ linke Fußspitze nach außen drehen	Oberkörper vorgebeugt+ rechte Hand auf den Hinterkopf	Seitwärts gehen (linke Seite vorne)+ Schulter in Laufrichtung
Oberkörper kreisen+ Anteversion der Arme	Oberkörper vorgebeugt+ rechte Fußspitze nach außen drehen	Oberkörper vorgebeugt+ linke Hand auf den Hinterkopf	Seitwärts gehen (rechte Seite vorne)+ Schulter in Laufrichtung

Ab dem neunten Tag wurde das Treatment in der Leichtathletik- Halle des Sportinstituts Mainz durchgeführt. Die Übungen wurden dahingehend verändert, dass nun verschiedene Stationen angelaufen wurden. Die Stationen wurden im Vorfeld von den Übungsleitern aufgebaut und bestanden aus diversen Gegenständen. Hierzu zählen Langbänke, Weich-bodenmatten, Hürden, diverse Kästen, Reifen und weitere Utensilien. Die Stationen wurden regelmäßig variiert, so dass auch hier keine Übung mit einer vorherigen identisch war. Teilweise bestand das Treatment aus einer Station, in der viele Details verändert wurden (siehe Tag 13).

Tag 9

Hin- und Rückweg (alle Stationen zweimal anlaufen)

Übung 1: Rampe

Hinweg: vorwärts gehen

Rückweg: Rückwärts gehen

Übung 2 kleine Kästen am unteren Teil der Rampe

Hinweg: 1 Kontakt pro Kasten

Rückweg: kein Kontakt auf den Kästen

Übung 3: Hochsprunglatte erniedrigt

Hinweg: Rückwärts überqueren (mehrmals)

Rückweg: Große Schritte unter der Latte (mehrmals)

Übung 4 Hürden

Hinweg und Rückweg: nach Belieben abwechselnd drüber steigen und drunter kriechen

Übung 5 Drei große Kästen

Hinweg: Frontal + überqueren

Rückweg seitlich überqueren

Übung 6: Reifen

Hinweg Einbeinig rechts in jeden Reifen springen

Rückweg= Einbeinig links in jeden Reifen springen

Übung 7 Parallel stehende Langbänke

Hinweg: KSP absenken

Rückweg Kontinuierliche Oberkörperrotation

Übung 8 Bananenkartons

Hin und Rückweg nach Belieben überqueren

Übung 9 Umgedrehte Langbank

Hinweg: seitlich überkreuzt balancieren

Rückweg: KSP absenken

Übung 10 Weitsprunganlage

Hinweg: Arme in Seithalte mit kontinuierlicher Oberkörperrotation

Rückweg: Oberkörperneigung rechts und links

Tag 10

Hin- und Rückweg (alle Stationen zwei mal anlaufen)

Übung 1: Medizinball an der Rampe hoch und runter tragen

Ball in Vorhalte; Ball in Hochhalte; Ball vor dem Bauch; Ball hinter dem Rücken; Ball mit gestrecktem Arm seitlich; Ball auf dem Kopf; Ball unter dem rechten Arm eingeklemmt; Ball unter dem linken Arm eingeklemmt

Übung 2: Hochsprunglatte

Frontal übersteigen; Seitlich übersteigen; Seitlich mit gestreckten Knien übersteigen; Seitlich mit gebeugten Knien übersteigen; Seitlich mit gebeugtem Rumpf übersteigen; Seitlich mit 180° Drehung übersteigen

Übung 3: Vier umgedrehte Bänke

Vorwärts balancieren; Seitwärts balancieren; Auf Zehenspitzen balancieren; KSP absenken; Rumpf verdrehen

Übung 4: Besen

Mit der rechten Hand fegen; Mit der linken Hand fegen; Beidhändig fegen; Beidhändig fegen und vorwärts gehen; Beidhändig fegen und rückwärts gehen; Seitlich fegen (Sidesteps); Sidesteps Richtungswechsel

Tag 11

(Jede Übung hat ein Zeitfenster, bevor die nächste angegangen wird)

Übung 1: Reifen in der Mattengrube

Vorwärts, rückwärts, seitlich, überkreuzt in die einzelnen Reifen springen

Übung 2: Mattengrube ohne Reifen

Am Holzrand entlang gehen; Hinknien und aufstehen (3-4x); Hinsetzen und wieder aufstehen (3-4x)

Übung 3: Kugelstoßkreis

Mit Innenlage um den Kreis herumgehen; Mit Außenlage um den Kreis herumgehen; Mit Innenlage rückwärts um den Kreis herumgehen; Mit Außenlage um den Kreis herumgehen

Übung 4: Medizinball (Partnerübung) Versuchsleiter dienen als Partner

Ball fangen und zurückwerfen; Ball fangen und zurückwerfen auf einem Bein; Beinwechsel; In Hocke Ball fangen und zurückwerfen; Seitlich stehen und werfen; Wechselnd von unten und von oben werfen; Ball zurollen

Übung 5: Kleiner Kasten

Frontal auf- und absteigen; Seitlich auf- und absteigen; Rückwärts auf- und absteigen; Seitlich überkreuzt auf- und absteigen; rauf- und runter hüpfen;

Tag 12

(Jede Übung hat ein Zeitfenster, bevor die nächste angegangen wird)

Übung 1: Kleiner Kasten+ Medizinball

Medizinball in Vorhalte+ Frontal auf- und absteigen; Wechsel des Medizinballs in Seithalte; Medizinball hinter dem Rücken; Wechsel des Medizinballs in Hochhalte; Seitlich aufsteigen und Medizinball gegen Oberschenkel drücken

Übung 2: Besen

Besen in einer Hand hoch- und runterführen; Handwechsel; Besen in Vorhalte in beide Hände+ Oberkörperrotation; Speer- Rotationsübung

Übung 3: Kleiner Kasten und dazwischenliegende Weichbodenmatte (Untergrund)

Über den Kasten steigen und draufsetzen, Auf den Kasten steigen und hinsetzen; Auf Zehenspitzen auf-steigen und hinsetzen; Überknien und hinsetzen

Übung 4: Proband sitzt auf einem Pezziball+ Fußball zuwerfen (Partnerübung)

Beide Beine auf dem Boden+ Ball frontal zuwerfen; Ball seitlich fangen und frontal zuwerfen; Ball seitlich fangen und seitlich zuwerfen; Übungen durchführen und nur mit einem Bein stabilisieren; Gleichgewicht halten, ohne Bodenkontakt

Tag 13

(Jede Übung hat ein Zeitfenster, bevor die nächste angegangen wird)

Übungsformen mit einem Basketball

- Mit rechte prellen
- Mit links Prellen
- Beidhändig prellen
- Beidhändig und möglichst tief prellen
- Beidhändig und möglichst hoch prellen
- Prollen mit kontinuierlichem Handwechsel
- Ball um die Hüfte führen+ Richtungswechsel einbauen
- Ball in einer Achterformation durch die Beine führen
- Ball mit einer Hand hochwerfen und mit der anderen fangen
- Ball mit der Fußsohle mitziehen
- Ball mit Oberköpervorlage prellen
- Ball mit Oberköperrücklage prellen
- Oberkörper Rechtsneigung+ mit der linken Hand prellen
- Oberkörper Linksneigung+ mit der rechten Hand prellen
- Vorwärts gehen und prellen
- Rückwärts gehen und prellen
- KSP absenken und prellen
- Mit abgesenktem KSP gehen und prellen
- Auf Zehenspitzen gehen und prellen
- Durch die Beine prellen

Tag 14

(Jede Übung hat ein Zeitfenster, bevor die nächste angegangen wird)

Übungsformen mit einem Fußball

- Ball beidhändig hochwerfen und fangen
- Ball beidhändig hochwerfen und fangen+ Oberkörpervorlage
- Ball beidhändig hochwerfen und fangen+ Oberkörperrücklage
- Nun nur mit einer Hand die gleichen Übungen
- Handwechsel
- Mit der einen Hand werfen und mit der anderen fangen
- Mit der einen Hand werfen und mit der anderen fangen+ Oberkörpervorlage
- Mit der einen Hand werfen und mit der anderen fangen+ Oberkörperrücklage
- Wechsel der Wurf- und Fanghand
- Ball im Nacken transportieren in gebückter Haltung
- Ball zwischen den Beinen transportieren
- Ball mit gestreckten Armen hoch und runter führen und dabei auf Zehenspitzen gehen
- Ball mit gestreckten Armen hoch und runter führen und dabei auf den Fersen gehen
- Ball mit einer Hand am Boden rollen
- Handwechsel
- Ball mit der rechten Hand gegen das linke Knie drücken und dabei gehen
- Hand- und Kniewechsel
- Ball auf dem rechten Handrücken balancieren
- Handwechsel
- Mit Partner einen Einwurf durchführen

Statistische Berechnungen

Analyse RMSE Ganzkörper

Allgemeines Lineares Modell

Anmerkungen

Ausgabe erstellt		07-Jun-2013 09:37:45
Kommentare		
Eingabe	Daten	\\uni-mainz.de\dfs\Profiles\Settings \hegenp\Desktop \rmse_ganzkoerper_12Hz_fuerpatty.txt DatenSet1
	Aktiver Datensatz	
	Filter	<keine>
	Gewichtung	<keine>
	Aufgeteilte Datei	<keine>
	Anzahl der Zeilen in der Arbeitsdatei	90
Behandlung fehlender Werte	Definition für "fehlend"	Benutzerdefinierte fehlende Werte werden als fehlend behandelt. Die Statistik basiert auf allen Fällen mit gültigen Daten für alle Variablen im Modell.
	Verwendete Fälle	GLM vor mit BY Gruppe
Syntax		/WSFACTOR=Zeit 2 Polynomial /METHOD=SSTYPE(3) /PLOT=PROFILE(Zeit*Gruppe) /PRINT=DESCRIPTIVE HOMOGENEITY /CRITERIA=ALPHA(.05) /WSDESIGN=Zeit /DESIGN=Gruppe.
Ressourcen	Prozessorzeit	00 00:00:00,265
	Verstrichene Zeit	00 00:00:00,249

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

Zeit	Abhängige Variable
1	vor
2	mit

Zwischensubjektfaktoren

Gruppe	N
1	10
3	5

Deskriptive Statistiken

	Gruppe	Mittelwert	Standardabweichung	N
vor	1	,0253881361	,00651322960	10
	3	,0261813611	,00523706472	5
	Gesamt	,0256525445	,00593779768	15
mit	1	,0220006099	,00657513523	10
	3	,0279520578	,00931266440	5
	Gesamt	,0239844259	,00781052532	15

Box-Test auf Gleichheit

der

Kovarianzmatrizen^a

Box-M-Test	6,645
F	1,755
df1	3
df2	1306,831
Sig.	,154

Prüft die Nullhypothese, daß die beobachteten Kovarianzmatrizen der abhängigen Variablen über die Gruppen gleich sind.
a. Design: Konstanter

Term + Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

Multivariate Tests^b

Effekt		Wert	F	Hypothese df
Zeit	Pillai-Spur	,012	,164 ^a	1,000
	Wilks-Lambda	,988	,164 ^a	1,000
	Hotelling-Spur	,013	,164 ^a	1,000
	Größte charakteristische	,013	,164 ^a	1,000
	Wurzel nach Roy			
Zeit * Gruppe	Pillai-Spur	,114	1,672 ^a	1,000
	Wilks-Lambda	,886	1,672 ^a	1,000
	Hotelling-Spur	,129	1,672 ^a	1,000
	Größte charakteristische	,129	1,672 ^a	1,000
	Wurzel nach Roy			

Multivariate Tests^b

Effekt		Fehler df	Sig.
Zeit	Pillai-Spur	13,000	,692
	Wilks-Lambda	13,000	,692
	Hotelling-Spur	13,000	,692
	Größte charakteristische	13,000	,692
	Wurzel nach Roy		
Zeit * Gruppe	Pillai-Spur	13,000	,219
	Wilks-Lambda	13,000	,219
	Hotelling-Spur	13,000	,219
	Größte charakteristische	13,000	,219
	Wurzel nach Roy		

a. Exakte Statistik

b. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

Mauchly-Test auf Sphärizität^b

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.
Zeit	1,000	,000	0	.

Mauchly-Test auf Sphärizität^b

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Epsilon ^a		
	Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Zeit	1,000	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a. Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate
Zeit	Sphärizität angenommen	4,357E-6	1	4,357E-6
	Greenhouse-Geisser	4,357E-6	1,000	4,357E-6
	Huynh-Feldt	4,357E-6	1,000	4,357E-6
	Untergrenze	4,357E-6	1,000	4,357E-6
Zeit * Gruppe	Sphärizität angenommen	4,435E-5	1	4,435E-5
	Greenhouse-Geisser	4,435E-5	1,000	4,435E-5
	Huynh-Feldt	4,435E-5	1,000	4,435E-5
	Untergrenze	4,435E-5	1,000	4,435E-5
Fehler(Zeit)	Sphärizität angenommen	,000	13	2,652E-5
	Greenhouse-Geisser	,000	13,000	2,652E-5
	Huynh-Feldt	,000	13,000	2,652E-5
	Untergrenze	,000	13,000	2,652E-5

Tests der Innersubjekteffekte

Maß:MASS_1

Quelle		F	Sig.
Zeit	Sphärizität angenommen	,164	,692
	Greenhouse-Geisser	,164	,692
	Huynh-Feldt	,164	,692
	Untergrenze	,164	,692
Zeit * Gruppe	Sphärizität angenommen	1,672	,219
	Greenhouse-Geisser	1,672	,219
	Huynh-Feldt	1,672	,219
	Untergrenze	1,672	,219

Tests der Innersubjektkontraste

Maß:MASS_1

Quelle	Zeit	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zeit	Linear	4,357E-6	1	4,357E-6	,164	,692
Zeit * Gruppe	Linear	4,435E-5	1	4,435E-5	1,672	,219
Fehler(Zeit)	Linear	,000	13	2,652E-5		

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen^a

	F	df1	df2	Sig.
vor	,082	1	13	,780
mit	,763	1	13	,398

Prüft die Nullhypothese, daß die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.
a. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

Tests der Zwischensubjekteffekte

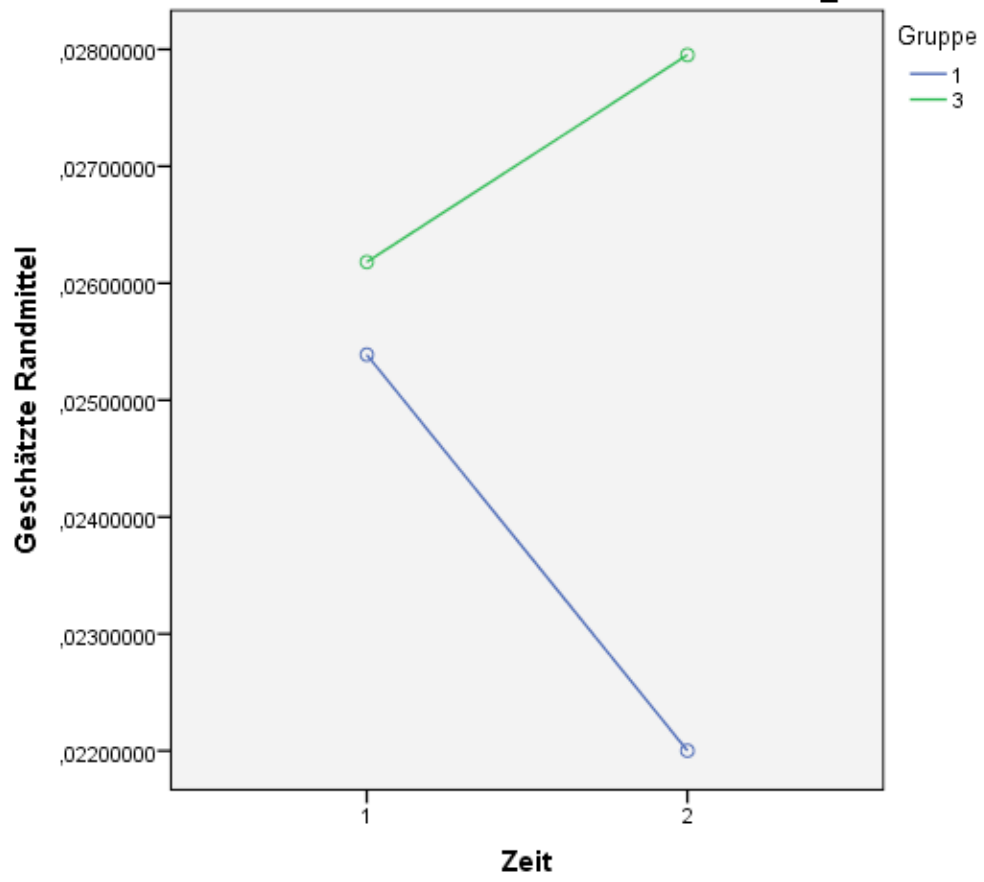
Maß:MASS_1

Transformierte Variable:Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Konstanter Term	,017	1	,017	252,993	,000
Gruppe	7,582E-5	1	7,582E-5	1,117	,310
Fehler	,001	13	6,790E-5		

Profildigramm

Geschätztes Randmittel von MASS_1



RMSE Unterkörper

T-Test

Anmerkungen

Ausgabe erstellt		07-Jun-2013 10:08:02
Kommentare		
Eingabe	Daten	\\uni-mainz.de\dfs\Profiles\Settings \hegenp\Desktop \rmse_unterkoerper_12Hz_fuerpatty.tx t DatenSet1
	Aktiver Datensatz	
	Filter	<keine>
	Gewichtung	<keine>
	Aufgeteilte Datei	<keine>
	Anzahl der Zeilen in der Arbeitsdatei	90
Behandlung fehlender Werte	Definition von Fehlend	Benutzerdefinierte fehlende Werte werden als fehlend behandelt. Die Statistiken für jede Analyse basieren auf den Fällen, die für keine der Variablen fehlende Daten oder Daten außerhalb des Bereichs für die Gruppenvariable aufweisen.
	Verwendete Fälle	T-TEST PAIRS=vor vora vora2 WITH mit nach nach2 (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Syntax		
Ressourcen	Prozessorzeit	00 00:00:00,000
	Verstrichene Zeit	00 00:00:00,000

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweic hung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	vor	,0274045375	5	,00651141301	,00291199242
	mit	,0208335592	5	,00774966684	,00346575637
Paaren 2	vora	,0274045375	5	,00651141301	,00291199242
	nach	,0227818490	5	,00700110930	,00313099126
Paaren 3	vora2	,0230448433	5	,00365045948	,00163253511
	nach2	,0181054564	5	,00348745428	,00155963697

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	N	Korrelation	Signifikanz
--	---	-------------	-------------

Paaren 1	vor & mit	5	,898	,038
Paaren 2	vora & nach	5	,971	,006
Paaren 3	vora2 & nach2	5	,176	,777

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen		
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	vor - mit	,00657097829	,00343581875	,00153654486
Paaren 2	vora - nach	,00462268856	,00170182502	,00076107928
Paaren 3	vora2 - nach2	,00493938688	,00458352932	,00204981663

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen		T	df	Sig. (2-seitig)
		95% Konfidenzintervall der				
		Differenz				
		Untere	Obere			
Paaren 1	vor - mit	,00230484584	,01083711074	4,276	4	,013
Paaren 2	vora - nach	,00250959371	,00673578341	6,074	4	,004
Paaren 3	vora2 - nach2	-,00075181646	,01063059022	2,410	4	,074

RMSE Kopfposition

Allgemeines Lineares Modell

Anmerkungen

Ausgabe erstellt		07-JUN-2013 09:45:53
Kommentare		
	Daten	\\uni-mainz.de\dfs\profiles \settings\hegenp\Desktop \Auswertung2.sav
	Aktiver Datensatz	DatenSet1
Eingabe	Filter	<keine>
	Gewichtung	<keine>
	Aufgeteilte Datei	<keine>
	Anzahl der Zeilen in der Arbeitsdatei	96
	Definition für "fehlend"	Benutzerdefinierte fehlende Werte werden als fehlend behandelt.
Behandlung fehlender Werte	Verwendete Fälle	Die Statistik basiert auf allen Fällen mit gültigen Daten für alle Variablen im Modell. GLM VORHER1 MITa1 BY Gruppe /WSFACTOR=Zeit 2 Polynomial /METHOD=SSTYPE(3) / PLOT=PROFILE(Zeit*Gruppe) /PRINT=DESCRIPTIVE HOMOGENEITY /CRITERIA=ALPHA(.05) /WSDESIGN=Zeit /DESIGN=Gruppe.
Syntax		
Ressourcen	Prozessorzeit	00:00:00,23
	Verstrichene Zeit	00:00:00,22

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

Zeit	Abhängige Variable
1	VORHER1
2	MITa1

Zwischensubjektfaktoren

		N
Gruppe	1	10
	3	6

Deskriptive Statistiken

Gruppe		Mittelwert	Standardabweichung	N
VORHER1	1	,0977110379	,02266949949	10
	3	,0988763857	,02388273926	6
	Gesamt	,0981480433	,02233409153	16
MITa1	1	,1146327282	,02316346621	10
	3	,0987338648	,03260536475	6
	Gesamt	,1086706544	,02719358567	16

Box-Test auf Gleichheit

der Kovarianzenmatrizen^a

Box-M-Test	2,820
F	,776
df1	3
df2	3266,385
Sig.	,507

Prüft die Nullhypothese, daß

die beobachteten

Kovarianzen- matrizen der

abhängigen Variablen über

die Gruppen gleich sind.^a

a. Design: Konstanter Term

+ Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

Multivariate Tests^a

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df
Zeit	Pillai-Spur	,149	2,445 ^b	1,000	14,000
	Wilks-Lambda	,851	2,445 ^b	1,000	14,000
	Hotelling-Spur	,175	2,445 ^b	1,000	14,000
	Größte charakteristische	,175	2,445 ^b	1,000	14,000
	Wurzel nach Roy				
Zeit * Gruppe	Pillai-Spur	,153	2,529 ^b	1,000	14,000
	Wilks-Lambda	,847	2,529 ^b	1,000	14,000
	Hotelling-Spur	,181	2,529 ^b	1,000	14,000
	Größte charakteristische	,181	2,529 ^b	1,000	14,000
	Wurzel nach Roy				

Multivariate Tests^a

Effekt		Sig.
Zeit	Pillai-Spur	,140
	Wilks-Lambda	,140
	Hotelling-Spur	,140
	Größte charakteristische	,140
	Wurzel nach Roy	,140
Zeit * Gruppe	Pillai-Spur	,134
	Wilks-Lambda	,134
	Hotelling-Spur	,134
	Größte charakteristische	,134
	Wurzel nach Roy	,134

a. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

b. Exakte Statistik

Mauchly-Test auf Sphärizität^a

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^b
					Greenhouse- Geisser
Zeit	1,000	,000	0	.	1,000

Mauchly-Test auf Sphärizität^a

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Epsilon	
	Huynh-Feldt	Untergrenze
Zeit	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.^a

a. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjekt-design: Zeit

b. Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F
Zeit	Sphärizität angenommen	,001	1	,001	2,445
	Greenhouse-Geisser	,001	1,000	,001	2,445
	Huynh-Feldt	,001	1,000	,001	2,445
	Untergrenze	,001	1,000	,001	2,445
Zeit * Gruppe	Sphärizität angenommen	,001	1	,001	2,529
	Greenhouse-Geisser	,001	1,000	,001	2,529
	Huynh-Feldt	,001	1,000	,001	2,529
	Untergrenze	,001	1,000	,001	2,529
Fehler(Zeit)	Sphärizität angenommen	,003	14	,000	
	Greenhouse-Geisser	,003	14,000	,000	
	Huynh-Feldt	,003	14,000	,000	
	Untergrenze	,003	14,000	,000	

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Sig.
Zeit	Sphärizität angenommen	,140
	Greenhouse-Geisser	,140
	Huynh-Feldt	,140
	Untergrenze	,140
Zeit * Gruppe	Sphärizität angenommen	,134
	Greenhouse-Geisser	,134
	Huynh-Feldt	,134
	Untergrenze	,134
Fehler(Zeit)	Sphärizität angenommen	
	Greenhouse-Geisser	
	Huynh-Feldt	
	Untergrenze	

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	Zeit	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zeit	Linear	,001	1	,001	2,445	,140
Zeit * Gruppe	Linear	,001	1	,001	2,529	,134
Fehler(Zeit)	Linear	,003	14	,000		

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen^a

	F	df1	df2	Sig.
VORHER1	,058	1	14	,812
MITa1	,479	1	14	,500

Prüft die Nullhypothese, daß die Fehlervarianz der abhängigen

Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.^a

a. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

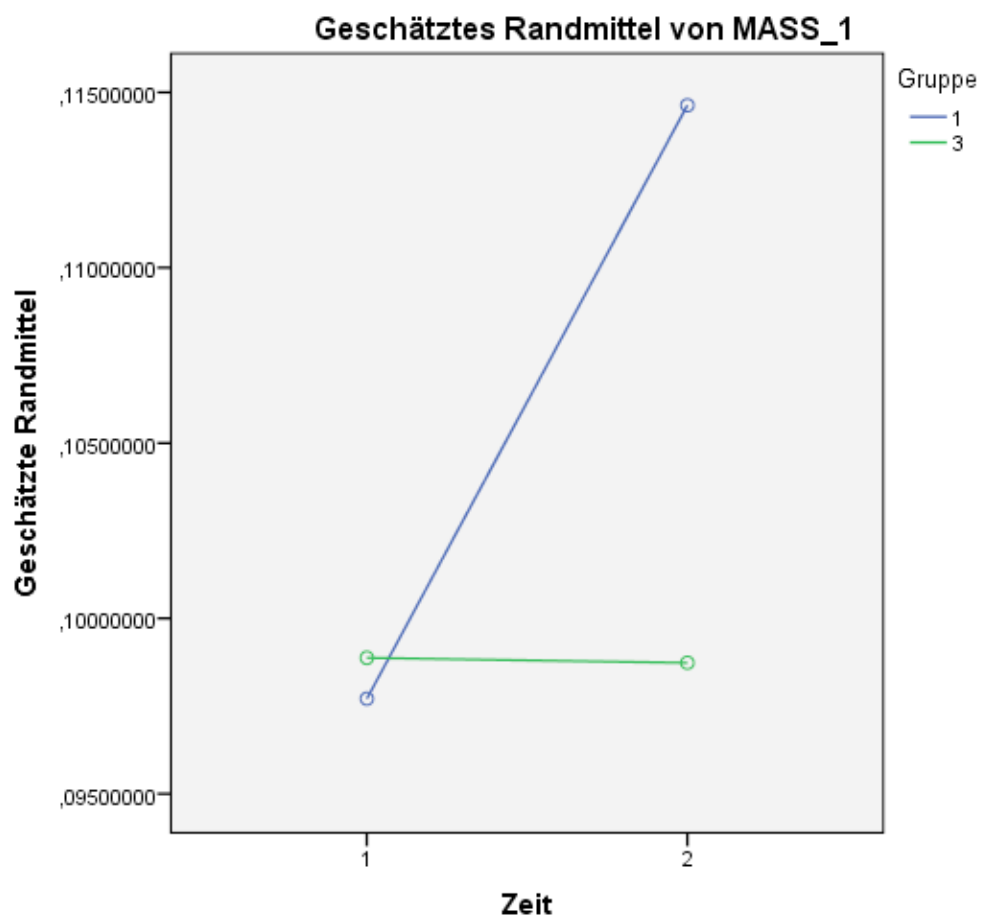
Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Konstanter Term	,315	1	,315	302,190	,000
Gruppe	,000	1	,000	,390	,542
Fehler	,015	14	,001		

Profildiagramm



Allgemeines Lineares Modell

Anmerkungen

Ausgabe erstellt		07-JUN-2013 09:46:32
Kommentare		
	Daten	\\uni-mainz.de\dfs\profiles \settings\hegenp\Desktop \Auswertung2.sav
	Aktiver Datensatz	DatenSet1
Eingabe	Filter	<keine>
	Gewichtung	<keine>
	Aufgeteilte Datei	<keine>
	Anzahl der Zeilen in der Arbeitsdatei	96
	Definition für "fehlend"	Benutzerdefinierte fehlende Werte werden als fehlend behandelt.
Behandlung fehlender Werte	Verwendete Fälle	Die Statistik basiert auf allen Fällen mit gültigen Daten für alle Variablen im Modell. GLM MIT1 DANACH1 BY Gruppe /WSFACTOR=Zeit 2 Polynomial /METHOD=SSTYPE(3) / PLOT=PROFILE(Zeit*Gruppe) /PRINT=DESCRIPTIVE HOMOGENEITY /CRITERIA=ALPHA(.05) /WSDESIGN=Zeit /DESIGN=Gruppe.
Syntax		
Ressourcen	Prozessorzeit	00:00:00,25
	Verstrichene Zeit	00:00:00,22

[DatenSet1] \\uni-mainz.de\dfs\profiles\settings\hegenp\Desktop
\Auswertung2.sav

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

Zeit	Abhängige Variable
------	-----------------------

1	MIT1
2	DANACH1

Zwischensubjekt faktoren

		N
Gruppe	1	10
	3	6

Deskriptive Statistiken

Gruppe		Mittelwert	Standardabweichung	N
MIT1	1	,1146327282	,02316346621	10
	3	,0987338648	,03260536475	6
	Gesamt	,1086706544	,02719358567	16
DANACH1	1	,0989341404	,02919509792	10
	3	,1043492585	,03251802335	6
	Gesamt	,1009648097	,02951638646	16

Box-Test auf Gleichheit

der Kovarianzenmatrizen^a

Box-M-Test	1,822
F	,502
df1	3
df2	3266,385
Sig.	,681

Prüft die Nullhypothese, daß die beobachteten Kovarianzen- matrizen der abhängigen Variablen über die Gruppen gleich sind.^a
 a. Design: Konstanter Term

+ Gruppe

Innersubjekt design: Zeit

Multivariate Tests^a

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df
Zeit	Pillai-Spur	,057	,839 ^b	1,000	14,000
	Wilks-Lambda	,943	,839 ^b	1,000	14,000
	Hotelling-Spur	,060	,839 ^b	1,000	14,000
	Größte charakteristische	,060	,839 ^b	1,000	14,000
	Wurzel nach Roy				
	Pillai-Spur	,211	3,751 ^b	1,000	14,000
	Wilks-Lambda	,789	3,751 ^b	1,000	14,000

Zeit * Gruppe	Hotelling-Spur	,268	3,751 ^b	1,000	14,000
	Größte charakteristische				
	Wurzel nach Roy	,268	3,751 ^b	1,000	14,000

Multivariate Tests^a

Effekt		Sig.
Zeit	Pillai-Spur	,375
	Wilks-Lambda	,375
	Hotelling-Spur	,375
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,375
Zeit * Gruppe	Pillai-Spur	,073
	Wilks-Lambda	,073
	Hotelling-Spur	,073
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,073

a. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

b. Exakte Statistik

Mauchly-Test auf Sphärizität^a

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^b
					Greenhouse- Geisser
Zeit	1,000	,000	0	.	1,000

Mauchly-Test auf Sphärizität^a

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Epsilon	
	Huynh-Feldt	Untergrenze
Zeit	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.^a

a. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjekt-design: Zeit

b. Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F
Zeit	Sphärizität angenommen	,000	1	,000	,839
	Greenhouse-Geisser	,000	1,000	,000	,839
	Huynh-Feldt	,000	1,000	,000	,839
	Untergrenze	,000	1,000	,000	,839
Zeit * Gruppe	Sphärizität angenommen	,001	1	,001	3,751
	Greenhouse-Geisser	,001	1,000	,001	3,751
	Huynh-Feldt	,001	1,000	,001	3,751
	Untergrenze	,001	1,000	,001	3,751
Fehler(Zeit)	Sphärizität angenommen	,003	14	,000	
	Greenhouse-Geisser	,003	14,000	,000	
	Huynh-Feldt	,003	14,000	,000	
	Untergrenze	,003	14,000	,000	

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Sig.
Zeit	Sphärizität angenommen	,375
	Greenhouse-Geisser	,375
	Huynh-Feldt	,375
	Untergrenze	,375
Zeit * Gruppe	Sphärizität angenommen	,073
	Greenhouse-Geisser	,073
	Huynh-Feldt	,073
	Untergrenze	,073
Fehler(Zeit)	Sphärizität angenommen	
	Greenhouse-Geisser	
	Huynh-Feldt	
	Untergrenze	

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	Zeit	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zeit	Linear	,000	1	,000	,839	,375
Zeit * Gruppe	Linear	,001	1	,001	3,751	,073
Fehler(Zeit)	Linear	,003	14	,000		

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen^a

	F	df1	df2	Sig.
MIT1	,479	1	14	,500
DANACH1	,432	1	14	,522

Prüft die Nullhypothese, daß die Fehlervarianz der abhängigen

Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.^a

a. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

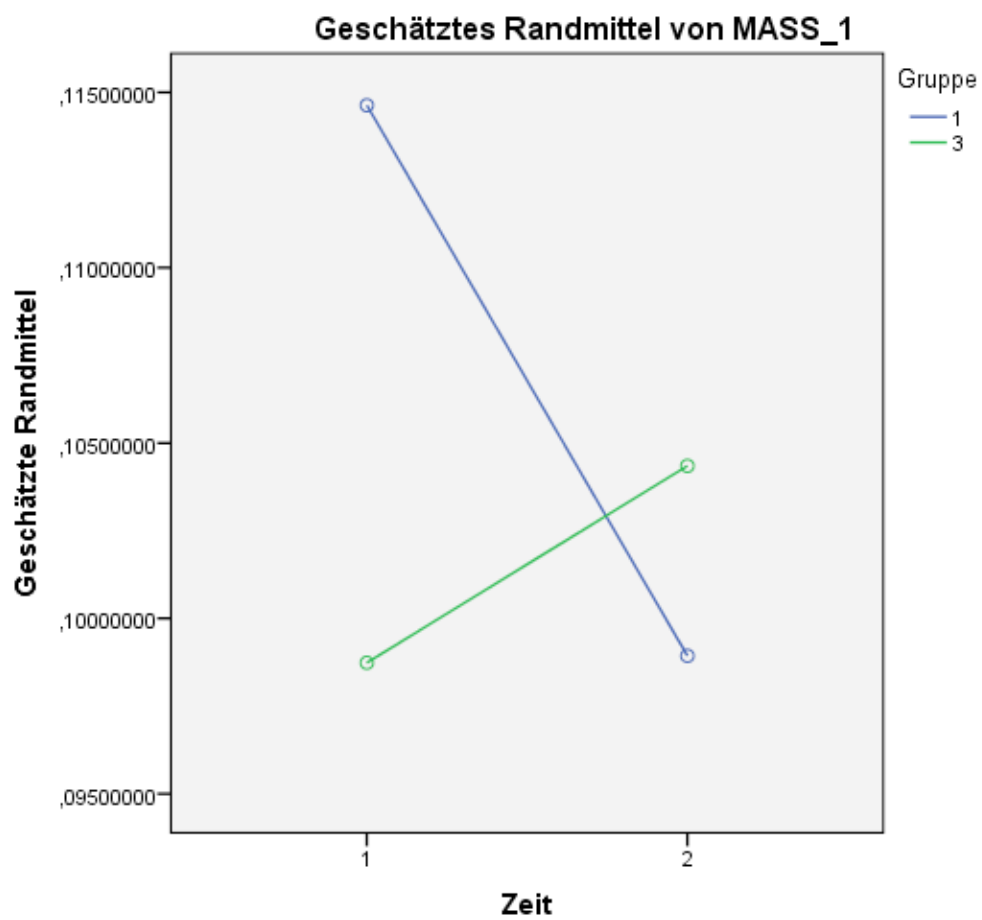
Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Konstanter Term	,325	1	,325	228,720	,000
Gruppe	,000	1	,000	,145	,709
Fehler	,020	14	,001		

Profildiagramm



RMSE Bodenreaktionskräfte

T-Test

Anmerkungen

Ausgabe erstellt		07-Jun-2013 09:09:16	
Kommentare			
Eingabe	Daten	\\uni-mainz.de\dfs\Profiles\Settings \\hegenp\Desktop rmse_kraftdaten_40Hz_fuerpatty.txt DatenSet1	
	Aktiver Datensatz		
	Filter	<keine>	
	Gewichtung	<keine>	
	Aufgeteilte Datei	<keine>	
	Anzahl der Zeilen in der Arbeitsdatei		90
Behandlung fehlender Werte	Definition von Fehlend	Benutzerdefinierte fehlende Werte werden als fehlend behandelt. Die Statistiken für jede Analyse basieren auf den Fällen, die für keine der Variablen fehlende Daten oder Daten außerhalb des Bereichs für die Gruppenvariable aufweisen. T-TEST PAIRS=vor WITH mit (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.	
	Verwendete Fälle		
Syntax			
Ressourcen	Prozessorzeit		00 00:00:00,015
	Verstrichene Zeit		00 00:00:00,015

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweic- hung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	vor	,0251482396	5	,00589258711	,00263524507
	mit	,0216927249	5	,00426571051	,00190768374

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	vor & mit	5	,912	,031

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen		
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	vor - mit	,00345551475	,00265787789	,00118863913

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen		T	df	Sig. (2-seitig)
		95% Konfidenzintervall der Differenz				
		Untere	Obere			
Paaren 1	vor - mit	,00015532347	,00675570604	2,907	4	,044

```
GLM vor mit BY Gruppe
  /WSFACTOR=Zeit 2 Polynomial
  /METHOD=SSTYPE(3)
  /POSTHOC=Gruppe(DUNCAN SCHEFFE BONFERRONI T3)
  /PLOT=PROFILE(Zeit*Gruppe)
  /PRINT=DESCRIPTIVE HOMOGENEITY
  /CRITERIA=ALPHA(.05)
  /WSDSIGN=Zeit
  /DESIGN=Gruppe.
```

Allgemeines Lineares Modell

Anmerkungen

Ausgabe erstellt		07-Jun-2013 09:11:30
Kommentare		
Eingabe	Daten	\\uni-mainz.de\dfs\Profiles\Settings \\hegenp\Desktop armse_kraftdaten_40Hz_fuerpatty.txt DatenSet1
	Aktiver Datensatz	
	Filter	<keine>
	Gewichtung	<keine>
	Aufgeteilte Datei	<keine>
	Anzahl der Zeilen in der Arbeitsdatei	91
Behandlung fehlender Werte	Definition für "fehlend"	Benutzerdefinierte fehlende Werte werden als fehlend behandelt. Die Statistik basiert auf allen Fällen mit gültigen Daten für alle Variablen im Modell.
	Verwendete Fälle	GLM vor mit BY Gruppe /WSFACTOR=Zeit 2 Polynomial /METHOD=SSTYPE(3) /POSTHOC=Gruppe(DUNCAN SCHEFFE BONFERRONI T3) /PLOT=PROFILE(Zeit*Gruppe) /PRINT=DESCRIPTIVE HOMOGENEITY /CRITERIA=ALPHA(.05) /WSDESIGN=Zeit /DESIGN=Gruppe.
Syntax		
Ressourcen	Prozessorzeit	00 00:00:01,576
	Verstrichene Zeit	00 00:00:01,747

[DataSet1]

Innersubjektfaktoren

Maß: MASS_1

Zeit	Abhängige Variable
1	vor
2	mit

Zwischensubjektfaktoren

Gruppe	N
1	5
2	5
3	5

Deskriptive Statistiken

	Gruppe	Mittelwert	Standardabweichung	N
vor	1	,0251482396	,00589258711	5
	2	,0197099114	,00555721947	5
	3	,0192400619	,00654807546	5
	Gesamt	,0213660710	,00622074954	15
mit	1	,0216927249	,00426571051	5
	2	,0213389312	,00421715369	5
	3	,0188567424	,00654309694	5
	Gesamt	,0206294662	,00492118745	15

Box-Test auf Gleichheit

der Kovarianzenmatrizen^a

Box-M-Test	2,847
F	,360
df1	6
df2	3588,923
Sig.	,905

Prüft die Nullhypothese,

daß die beobachteten

Kovarianzen- matrizen der
abhängigen Variablen über

die Gruppen gleich sind.

a. Design: Konstanter Term

+ Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

Multivariate Tests^b

Effekt		Wert	F	Hypothese df
Zeit	Pillai-Spur	,060	,761 ^a	1,000
	Wilks-Lambda	,940	,761 ^a	1,000
	Hotelling-Spur	,063	,761 ^a	1,000
	Größte charakteristische	,063	,761 ^a	1,000
	Wurzel nach Roy			
Zeit * Gruppe	Pillai-Spur	,338	3,066 ^a	2,000
	Wilks-Lambda	,662	3,066 ^a	2,000
	Hotelling-Spur	,511	3,066 ^a	2,000
	Größte charakteristische	,511	3,066 ^a	2,000
	Wurzel nach Roy			

Multivariate Tests^b

Effekt		Fehler df	Sig.
Zeit	Pillai-Spur	12,000	,400
	Wilks-Lambda	12,000	,400
	Hotelling-Spur	12,000	,400
	Größte charakteristische	12,000	,400
	Wurzel nach Roy		
Zeit * Gruppe	Pillai-Spur	12,000	,084
	Wilks-Lambda	12,000	,084
	Hotelling-Spur	12,000	,084
	Größte charakteristische	12,000	,084
	Wurzel nach Roy		

a. Exakte Statistik

b. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

Mauchly-Test auf Sphärizität^b

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.
Zeit	1,000	,000	0	.

Mauchly-Test auf Sphärizität^b

Maß: MASS_1

Innersubjekteffekt	Epsilon ^a		
	Greenhouse- Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Zeit	1,000	1,000	1,000

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a. Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate
Zeit	Sphärizität angenommen	4,069E-6	1	4,069E-6
	Greenhouse-Geisser	4,069E-6	1,000	4,069E-6
	Huynh-Feldt	4,069E-6	1,000	4,069E-6
	Untergrenze	4,069E-6	1,000	4,069E-6
Zeit * Gruppe	Sphärizität angenommen	3,278E-5	2	1,639E-5
	Greenhouse-Geisser	3,278E-5	2,000	1,639E-5
	Huynh-Feldt	3,278E-5	2,000	1,639E-5
	Untergrenze	3,278E-5	2,000	1,639E-5
Fehler(Zeit)	Sphärizität angenommen	6,415E-5	12	5,346E-6
	Greenhouse-Geisser	6,415E-5	12,000	5,346E-6
	Huynh-Feldt	6,415E-5	12,000	5,346E-6
	Untergrenze	6,415E-5	12,000	5,346E-6

Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS_1

Quelle		F	Sig.
Zeit	Sphärizität angenommen	,761	,400
	Greenhouse-Geisser	,761	,400
	Huynh-Feldt	,761	,400
	Untergrenze	,761	,400
Zeit * Gruppe	Sphärizität angenommen	3,066	,084
	Greenhouse-Geisser	3,066	,084
	Huynh-Feldt	3,066	,084
	Untergrenze	3,066	,084

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS_1

Quelle	Zeit	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zeit	Linear	4,069E-6	1	4,069E-6	,761	,400
Zeit * Gruppe	Linear	3,278E-5	2	1,639E-5	3,066	,084
Fehler(Zeit)	Linear	6,415E-5	12	5,346E-6		

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen^a

	F	df1	df2	Sig.
vor	,261	2	12	,775
mit	1,396	2	12	,285

Prüft die Nullhypothese, daß die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.
a. Design: Konstanter Term + Gruppe

Innersubjektdesign: Zeit

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Konstanter Term	,013	1	,013	231,735	,000
Gruppe	9,894E-5	2	4,947E-5	,867	,445
Fehler	,001	12	5,708E-5		

Post-Hoc-Tests

Gruppe

Multiple Comparisons

Maß: MASS_1

	(I) Gruppe	(J) Gruppe	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Sig.
Scheffé	1	2	,0028960609	,00337872779	,700
		3	,0043720801	,00337872779	,457
	2	1	-,0028960609	,00337872779	,700
		3	,0014760192	,00337872779	,910
	3	1	-,0043720801	,00337872779	,457
		2	-,0014760192	,00337872779	,910
Bonferroni	1	2	,0028960609	,00337872779	1,000
		3	,0043720801	,00337872779	,660
	2	1	-,0028960609	,00337872779	1,000
		3	,0014760192	,00337872779	1,000
	3	1	-,0043720801	,00337872779	,660
		2	-,0014760192	,00337872779	1,000
Dunnett-T3	1	2	,0028960609	,00305165192	,724
		3	,0043720801	,00357068536	,559
	2	1	-,0028960609	,00305165192	,724
		3	,0014760192	,00349070639	,963
	3	1	-,0043720801	,00357068536	,559
		2	-,0014760192	,00349070639	,963

Multiple Comparisons

Maß: MASS_1

		95%-Konfidenzintervall		
	(I)Gruppe	(J)Gruppe	Untergrenze	Obergrenze
Scheffé	1	2	-,0065224042	,0123145261
		3	-,0050463850	,0137905453
	2	1	-,0123145261	,0065224042
		3	-,0079424460	,0108944844
	3	1	-,0137905453	,0050463850
		2	-,0108944844	,0079424460
Bonferroni	1	2	-,0064950221	,0122871440
		3	-,0050190029	,0137631631
	2	1	-,0122871440	,0064950221
		3	-,0079150638	,0108671022
	3	1	-,0137631631	,0050190029
		2	-,0108671022	,0079150638
Dunnett-T3	1	2	-,0061382402	,0119303621
		3	-,0063118645	,0150560247
	2	1	-,0119303621	,0061382402
		3	-,0090370973	,0119891357
	3	1	-,0150560247	,0063118645
		2	-,0119891357	,0090370973

Grundlage: beobachtete Mittelwerte.

Der Fehlerterm ist Mittel der Quadrate(Fehler) = 2,85E-005

Homogene Untergruppen

MASS_1

Gruppe		N	Untergruppe
			1
Duncan ^{a,b,c}	3	5	,0190484021
	2	5	,0205244213
	1	5	,0234204823
	Sig.		,242
Scheffé ^{a,b,c}	3	5	,0190484021
	2	5	,0205244213
	1	5	,0234204823
	Sig.		,457

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

Grundlage: beobachtete Mittelwerte.

Der Fehlerterm ist Mittel der Quadrate(Fehler) =

2,85E-005.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen

Mittels = 5,000

b. Die Größen der Gruppen ist ungleich. Es wird das harmonische Mittel der Größe der Gruppen verwendet.

Fehlerniveaus für Typ I werden nicht garantiert.

c. Alpha = ,05

Profildiagramm

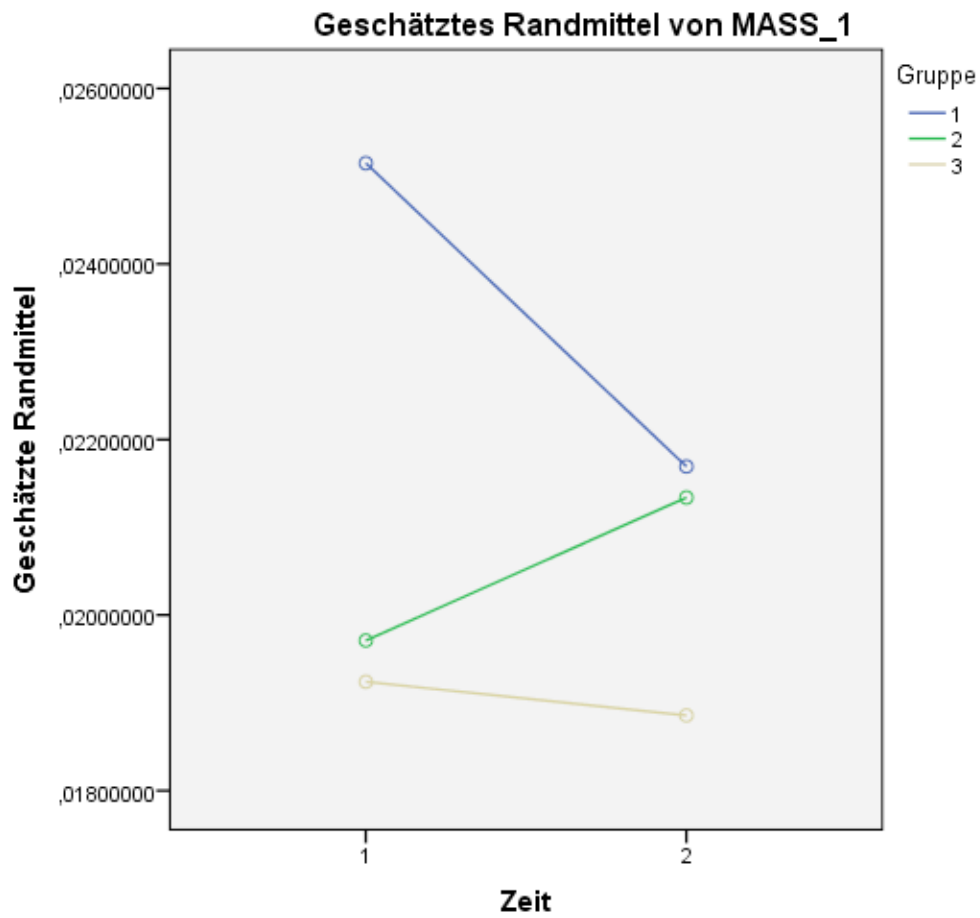


Tabelle mit Ergebnissen der Mustererkennung

Unterscheidung der Bedingungen 1 (1. - 4. Versuch), 2(5. - 8. Versuch) und 3 (9. - 12. Versuch)
Ganzkörper

Cluster		1 zu 2	1 zu 3	2 zu 3
Gruppe 1 TD	Tag 1	63,7	67,1	61,9
	Tag 2	65,4	74,1	64,7
Gruppe 2 T	Tag 1	64,8	71,1	73,4
	Tag 2	71,6	67,5	76,9
Gruppe 3 B	Tag 1	69,2	74,8	61,2
	Tag 2	75,4	73,1	63,9

Ganzkörper				
SVM		1 zu 2	1 zu 3	2 zu 3
Gruppe 1 TD	Tag 1	76,4	80,1	70,8
	Tag 2	78,0	84,4	74,7
Gruppe 2 T	Tag 1	76,4	84,5	83,9
	Tag 2	80,5	77,2	85,2
Gruppe 3 B	Tag 1	75,4	83,1	72,9
	Tag 2	83,3	85,8	75,7
Bodenreaktionskräfte				
CA		1 zu 2	1 zu 3	2 zu 3
Gruppe 1 TD	Tag 1	62,2	69,2	64,5
	Tag 2	64,8	63,8	63,4
Gruppe 2 T	Tag 1	72,7	70,6	65,6
	Tag 2	68,1	67,3	66,5
Gruppe 3 B	Tag 1	66,4	65,8	64,6
	Tag 2	67,2	67,1	63,9
Bodenreaktionskräfte				
SVM		1 zu 2	1 zu 3	2 zu 3
Gruppe 1 TD	Tag 1	72,3	87,8	75,2
	Tag 2	73,0	73,8	74,1
Gruppe 2 T	Tag 1	80,9	83,3	75,3
	Tag 2	78,1	76,3	77,2
Gruppe 3 B	Tag 1	77,5	80,1	76,7
	Tag 2	79,0	80,1	74,6
Kopfbewegungen				
CA		1 zu 2	1 zu 3	2 zu 3
Gruppe 1 TD	Tag 1	85,0	78,3	72,3
	Tag 2	67,2	66,7	71,1
Gruppe 2 T	Tag 1	75,3	70,8	80,2
	Tag 2	75,0	78,9	75,9
Gruppe 3 B	Tag 1	78,1	75,6	67,0
	Tag 2	80,8	87,2	79,1
Kopfbewegungen				
SVM		1 zu 2	1 zu 3	2 zu 3
Gruppe 1 TD	Tag 1	92,7	87,0	82,7
	Tag 2	80,2	76,1	80,2
Gruppe 2 T	Tag 1	86,4	79,7	89,7
	Tag 2	89,5	90,0	88,4
Gruppe 3 B	Tag 1	85,9	83,7	80,6
	Tag 2	92,4	92,2	82,8

Unterscheidung der Testzeitpunkte innerhalb der Probanden						
CA	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Gruppe 1 TD	50,0	73,9	42,7	54,2	38,5	
Gruppe 2 T	43,8	43,8	46,9	61,5	37,5	
Gruppe 3 B	45,8	54,2	28,1	51,0	52,1	59,4
SVM	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Gruppe 1 TD	100,0	91,7	97,2	98,6	98,6	
Gruppe 2 T	94,4	94,4	98,6	95,8	98,6	
Gruppe 3 B	98,6	100,0	100,0	91,7	94,4	97,2