universität wien

M A G I S T E R A R B E I T

Titel der Magisterarbeit

Messung der körperlichen Aktivität mit dem Beschleunigungsmesser Actigraph GT1M

Verfasser

Philip Straub, Bakk. rer. nat.

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaft (Mag. rer. nat.)

Wien, im Mai 2010

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt: Magisterstudium Sportwissenschaft

Betreuer: Ass. Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

Vorwort

Der Grund für das Zustandekommen dieser Arbeit ist in erster Linie bei meinen Eltern zu finden. Sie haben mich während dem ganzen Studium in jeder Hinsicht unterstütz, sei es finanziell, moralisch oder auf andere Art und Weise. Hierfür möchte ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken!

Dank gilt auch Ass. Prof. Mag. Dr. Harald Tschan, der diese Arbeit sogar auf Dienstreisen in den Kosovo, in den Iran und nach Italien mitgenommen hat, um sie kritisch durchzulesen und mir wertvolle Verbesserungsvorschläge zu geben. Ebenso möchte ich mich auch bei Dr. Barbara Wessner bedanken, die mich vor allem während der Anfangszeit der Untersuchungen und des Schreibens mit ihrem Fachwissen unterstützt hat.

Außerdem bedanke ich mich bei allen Probanden, ohne die diese Arbeit nicht hätte erstellt werden können.

Zuletzt soll auch mein Trainingspartner und guter Freund Mario Schuster nicht unerwähnt bleiben, der mich in den Schreibpausen durch (nicht nur) fachliche Gespräche während den ausgedehnten Trainingseinheiten weitergebracht hat.

Abstract

Purpose: This study tested the validity of the motion sensor Actigraph GT1M for measuring energy expenditure during different walk and running speeds on track and treadmill, and to validate the influence of the two axis on activity counts **Methods:** A total of 10 participants (age 25-28 yrs) completed four selected speeds on treadmill and track listed in the 2000 Compendium of Physical Activities: walking at 3,2 km/h, walking at 4,8 km/h running at 8,0 km/ and running at 9,6 km/h. During each speed, participants wore the Actigraph GT1M. **Results:** Correlations between GT1M-Output and the different speeds ranged from r=0.89 on track and treadmill for the vertical axis ($p<0.01$) to r=0.34 for the horizontal axis on treadmill ($p=0.02$) and they are not significant for horizontal axis on track. The vector magnitude (VM) Outputs are very similar to the vertical axis output. For both, treadmill- and track-test there were no difference in activity points for sex ($p>0.05$). The correlation between counts/min (vertical) and counts/min (horizontal) was with r= 0.39 low for treadmill ($p<0.05$) and they are not significant for track-test ($p>0.05$). Correlation between counts/min (vertical) and VM was high for both tests, r=0.96 and r=0.98 ($p<0.01$). The correlation between counts/min (vertical) and steps was r=0.75 for treadmill and r=0.74 for track test ($p<0.01$). There was no significant correlation found between counts/min (vertical) and leg length ($p>0.05$). A very strong correlation was found for the activity counts/min outputs while measuring during treadmill and track, this ranged from r=0.98 for the vertical axis and 0.94 for VM to 0.62 for the horizontal axis ($p<0.01$). The correlation between counts/min (vertical) and MET-values in the 2000 Compendium of Physical Activities was with r=0.89 for treadmill and track also strong and nearly like the VM result (r=0.84 and 0.89) ($p<0.01$) while the correlation with the horizontal axis with r=0.34 on treadmill was not high ($p=0.02$) and not significant for track. **Conclusion:** The results were consistent with other validation studies that show a strong correlation between different speeds for walking and running and accelerometer output for the vertical axis and the VM. The high correlation between MET-values in the Compendium and GT1M - output (vertical and VM) is an indicator for the accuracy and high validity of the GT1M in measuring different walking and running speeds. However this is the first study that tried to examine also the characteristic of the horizontal axis. The role of the horizontal axis and the influence of different other parameters like leg length or step frequency is unclear. Therefore further studies are needed.

Zusammenfassung

Absicht: Zweck der Studie war es, die Validität des Beschleunigungsmessers Actigraph GT1M während unterschiedlicher Geh- und Laufgeschwindigkeiten auf dem Laufband und im Freien zu testen, und den Einfluss der zwei Bewegungsachsen auf die „activity counts“ zu überprüfen. **Methode:** 10 Teilnehmer absolvierten vier ausgewählte Geschwindigkeiten auf dem Laufband im Labor und auf einer Laufbahn im Freien. Es wurden die die im „Compendium of Physical Activities“ (2000) aufgelisteten Geschwindigkeiten gewählt: Gehen in den Geschwindigkeiten von 3,2 km/h und 4,8 km/h sowie Laufen in den Geschwindigkeiten von 8,0 und 9,6 km/h. **Ergebnisse:** Der Zusammenhang des GT1M-Outputs mit den vier Geschwindigkeiten reicht bei der Untersuchung der vertikalen Achse von r=0.89 auf dem Laufband und im Freien ($p<0.01$). Für die horizontale Achse beträgt diese Korrelation auf dem Laufband nur r=0.34 und ist für die Messungen im Freien nicht signifikant. Der Output des Vektorbetrags (VM) ist dem der vertikalen Achse stets sehr ähnlich. Bei den Tests auf dem Laufband und im Freien ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern ($p>0.05$). Der Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den counts/min (horizontal) war auf dem Laufband mit r= 0.39 sehr niedrig ($p<0.05$) und existierte im Freien überhaupt nicht ($p>0.05$). Der Zusammenhang zwischen counts/min (vertical) und dem VM war für beide Tests hoch, r=0.96 und r=0.98 ($p<0.01$). Der Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und der Schrittfrequenz betrug r=0.75 für das Laufband und r= 0.74 für die Messungen im Freien ($p<0.01$). Zwischen den counts/min (vertical) und der Beinlänge wurde kein Zusammenhang gefunden ($p>0.05$). Ein hoher Zusammenhang fand sich in den counts/min zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien, dieser war r=0.98 für die vertikale Achse und r=0.94 für den VM, sowie r=0.62 für die horizontale Achse ($P<0.01$). Der Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den MET-Werten im „Compendium of Physical Activities“ (2000) war mit r=0.89 für die Messungen auf dem Laufband und im Freien ähnlich hoch wie jener des VM (r=0.84 und 0.89) ($p<0.01$), während dieser Zusammenhang für die horizontale Achse mit r=0.34 für die Messungen auf dem Laufband nicht sehr hoch war ($p=0.20$), und bei den Messungen im Freien nicht signifikant war. **Schlussfolgerungen:** Die Ergebnisse entsprechen den Ergebnissen anderer Validitäts-Studien, die einen hohen Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Geh- und Laufgeschwindigkeiten und dem Output der vertikalen Achse und des VM von Beschleunigungsmessern zeigen. Die hohe Korrelation zwischen den MET- Werten im „Compendium“ und dem Output des GT1M (vertikal und VM) ist ein Zeichen für die Exaktheit und hohe Messgenauigkeit des GT1M beim Gehen und Laufen mit verschiedenen Geschwindigkeiten. Diese Studie ist die erste, die auch die Charakteristik der horizontalen Aktivitätspunkte genauer untersucht. Noch nicht geklärt sind der Einfluss der horizontalen Achse auf die Messgenauigkeit und die Rolle anderer Parameter wie die Beinlänge oder die Schrittfrequenz. Hierzu bedarf es weiterer Untersuchungen.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung 8

1.1 Problemstellung 8

1.2 Absicht der Arbeit 9

1.3 Methode der Bearbeitung 10

1.4 Gliederung der Arbeit 10

1.5 Begriffsdefinitionen 12

1.5.1 Körperliche Aktivität und Energieverbrauch 12

1.5.2 Quantitative Beschreibung der körperlichen Aktivität 12

1.5.3 Gesamtenergieverbrauch 13

1.5.4 Das Metabolische Äquivalent (MET) 14

1.5.5 Das „Compendium of Physical Activities“ 15

1.5.6 Intensitätslevels 16

1.6 Gängige Methoden der Energieverbrauchsabschätzung 18

1.6.1 Doubly-Labelled Water Method / Doppelt markiertes Wasser (DLW) 18

1.6.2 Direkte Kalorimetrie 19

1.6.3 Spirometrie / indirekte Kalorimetrie 20

1.6.4 Fragebogenuntersuchungen 21

1.6.5 Accelerometrie 21

1.7 Gütekriterien der Methoden zur Energieverbrauchsabschätzung 22

1.7.1 Hauptgütekriterien 23

1.7.1.1 Zur Validität 23

1.7.1.2 Zur Reliabilität 23

1.7.2 Nebengütekriterien 25

1.7.2.1 Zur Ökonomie 25

1.7.2.2 Zur Normiertheit 25

1.7.2.3 Zur Vergleichbarkeit 26

1.7.2.4 Zur Nützlichkeit 26

1.7.3 Zusammenfassende Betrachtung 26

1.8 Accelerometrie in der Sportwissenschaft 27

1.8.1 Technik der Accelerometer ... 27
1.8.2 Von den „activity counts“ zur physiologischen Bedeutung ... 28
1.8.3 Überblick über bisherige Entwicklungsschritte ... 29
1.8.4 Beispiele für den Einsatz der Accelerometrie in epidemiologischen Studien ... 31
1.9 Wissenschaftliche Erkenntnisse ... 32
1.9.1 Platzierung der Accelerometer ... 33
1.9.2 Einstellung der „epoch lenght“ ... 35
1.9.3 Dauer der Aktivitätsmessung ... 37
1.9.4 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Erkenntnisse ... 41
1.10 Wissenschaftliche Problemfelder ... 42
1.10.1 Der Einsatz von Accelerometern zur Erfassung der Alltagsaktivität ... 42
1.10.2 Eindimensionale vs. mehrdimensionale Messung ... 44
1.10.3 Regressionsgleichungen ... 46
1.10.4 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Problemfelder ... 49
1.11 Der Accelerometer Actigraph GT1M ... 50
1.11.1 Technische Daten ... 51
1.11.2 Speicherkapazität und „„epoch lenght““ ... 52
1.11.3 Gespeicherte Daten ... 53
1.11.4 Datenfluss ... 54
1.12. Zusammenfassende Betrachtung ... 56
2. Fragestellungen und Hypothesen ... 58
2.1 Fragestellungen ... 58
2.2 Hypothesen ... 60
2.2.1 Hypothesen für die Vertikale Achse ... 60
2.2.2 Hypothesen für den Vektorbetrag ... 61
2.2.3 Hypothesen für die horizontale Achse ... 62
2.2.4 Weitere Hypothesen ... 63
3. Methode ... 64
3.1 Probanden/innen ... 64
3.2 Durchführung ... 64

3.2.1 Untersuchung auf dem Laufband 66
3.2.2 Untersuchung im Freien 67
3.3 Statistische Analyse 68
4. Ergebnisse 70
4.1 Ergebnisse für die vertikale Achse 70
4.1.1 Linearer Zusammenhang 71
4.1.2 Geschlechtsunterschiede 72
4.1.3 Zusammenhang mit der Schrittfrequenz 74
4.1.4 Zusammenhang mit der Beinlänge 76
4.1.5. Zusammenhang der Messungen auf dem Laufband mit den Messungen im Freien 77
4.1.6 Zusammenhang mit den MET-Angaben im „Compendium of Physical Activities“ 79
4.2 Ergebnisse für den vektor magnitude 80
4.2.1 Linearer Zusammenhang 81
4.2.2. Geschlechtsunterschiede 82
4.2.3 Zusammenhang mit der Schrittfrequenz 84
4.2.4 Zusammenhang mit der Beinlänge 86
4.2.5 Zusammenhang der Messungen auf dem Laufband mit den Messungen im Freien 87
4.2.6 Zusammenhang mit den MET-Angaben im „Compendium of Physical Activities“ 89
4.3 Ergebnisse für die horizontale Achse 90
4.3.1 Linearer Zusammenhang 91
4.3.2 Geschlechtsunterschiede 92
4.3.3 Zusammenhang mit der Schrittfrequenz 94
4.3.4 Zusammenhang mit der Beinlänge 95
4.3.5 Zusammenhang der Messungen auf dem Laufband mit den Messungen im Freien 96
4.3.6 Zusammenhang mit den MET-Angaben im „Compendium of Physical Activities“ 98
4.4. Weitere Hypothesen 99
4.4.1 Zusammenhang der vertikalen Achse mit der horizontalen Achse 99
4.4.2 Zusammenhang der vertikalen Achse mit dem Vektorbetrag 101
4.4.3 Zusammenhang der horizontalen Achse mit dem Vektorbetrag 103
4.5 Zusammenfassung der Ergebnisse 105

5. Diskussion 109

5.1 Zum linearen Zusammenhang 109

5.2 Geschlechtsunterschiede 110

5.3 Einfluss der Beinlänge 111

5.4 Einfluss der Schrittfrequenz 111

5.5 Counts/min (vertical) vs. counts/min (horizontal) 114

5.5.1 Die Rolle der vertikalen Achse 114

5.5.2 Die Rolle der horizontalen Achse 115

5.5.3 Systematik der Verteilung der counts/min (horizontal) 116

5.5.4 Schlussfolgerung – Laufstil 117

5.6 Messungen auf dem Laufband vs. Messungen im Freien 119

5.7 Weitere Aspekte 120

5.8 Zusammenfassung und Ausblick 121

6. Literaturverzeichnis 123

7. Abbildungsverzeichnis 128

8. Tabellennverzeichnis 131

9. Anhang 132

10. Erklärung 133

11. Curriculum Vitae 134

1. Einführung

1.1 Problemstellung

Um die Grundcharakteristik menschlicher Bewegung besser zu verstehen, sind Untersuchungen zum Einfluss körperlicher Aktivität bzw. Inaktivität auf das Befinden und die Gesundheit schon lange Gegenstand der Forschung. So konnte im Rahmen von Studien zum so genannten „sedentary death syndrome“ oder auch „metabolic syndrome“ beispielsweise ein Zusammenhang zwischen körperlicher Inaktivität und Krankheiten wie Herzinfarkt, Krebs oder Diabetes belegt werden. Ein Überblick dazu findet sich unter anderen in Willey et al. (2009); Giovannucci et al. (2005); Lees & Booth (2004). Das Wissen um die positiven Wirkungen von Aktivität auf die Gesundheit ist zwischenzeitlich Allgemeingut.

Angaben darüber, ab welcher Intensität, Dauer und Länge eine regelmäßige sportliche Aktivität gesundheitsfördernd wirkt, finden sich in den „ACSM’s guidelines[1] for exercise testing and prescription“, vgl. Balady et al. (2000, S. 137). Zusätzlich wird zu Beginn dieses Werkes aber auch betont, dass die richtige Dosis eines optimalen Gesundheitsnutzens für die Zukunft erst noch genau bestimmt werden muss, vgl. Balady et al. (2000, S. 4).

Es ist also wissenschaftlich gut belegt, dass körperliche Aktivität, gesund ist, wenn sie mit einer gewissen Regelmäßigkeit betrieben wird. Geht es allerdings um exakte Angaben über Intensität, Dauer und Länge körperlicher Aktivität und deren Auswirkungen, so finden sich hier noch keine befriedigenden Antworten. Dies liegt vor allem daran, dass die technischen Möglichkeiten exakter Erfassungen der gesamten Alltagsaktivitäten derzeit begrenzt sind. Deshalb ist es wichtig, dass die Forschung sich in diesem Bereich weiterentwickelt.

Es gibt für die Erfassung von Aktivität derzeit viele unterschiedliche Methoden. Diese haben allesamt bestimmte Vor- und Nachteile, die in Kauf genommen werden müssen. So gibt es beispielsweise Fragebögen zur Aktivität, die eine Erfassung von Aktivitäten im Alltag über einen langen Zeitraum ermöglichen, vgl. Sallis und Saelens (2000). Aufgrund ihrer Subjektivität sind sie aber eher ungenau, vgl.Sallis und Owen (1999). Daneben gibt es die Möglichkeit technisch aufwendiger Messungen mit hoher Messgenauigkeit, deren Durchführung aber sehr teuer ist und oft nur im Labor durchgeführt werden kann, vgl. Ekelund (2002, S.11).

Seit den 80er Jahren gehört das Messen mittels Beschleunigungsmessern zum Repertoire der Methoden, welche die körperliche Aktivität erfassen, vgl. Troiano (2005). Ein sol-

[1] ACSM: American College of Sports Medicine

cher Beschleunigungsmesser ist in der Lage, die tägliche Aktivität über mehrere Tage objektiv zu erfassen. Da er klein und leicht ist, kann er überallhin mitgenommen werden, ohne die Testperson sonderlich zu stören. Er gilt als genauer als ein Fragebogen, und gleichzeitig kann er für größere Populationen im Alltag eingesetzt werden. Mit diesem Gerät wurde somit ein Kompromiss zwischen “aufwendig und genau“ und “einfach und ungenau” gefunden. Seit ihrer Einführung werden Beschleunigungsmesser in Studien kontinuierlich verbessert, was auch einen vermehrten Einsatz in epidemiologischen Studien nach sich zieht. So hat Troiano (2005) in einem Review festgestellt, dass sich die Zahl der Artikel, die pro Jahr über die Accelerometrie publiziert werden, im Zeitraum zwischen den Jahren 2000 und 2004 mehr als verdoppelt hat.

1.2 Absicht der Arbeit

Man ist also auf einem guten Wege, die Frage nach der Dosis-Wirkungsbeziehung von körperlicher Aktivität zunehmend präziser beantworten zu können, und hat bereits zahlreiche Erkenntnisse gewonnen. Doch das Voranschreiten der Technik wirft immer wieder auch neue Fragen auf: So wurde die Beschleunigung zu Beginn der Verwendung von Accelerometrie hauptsächlich in eindimensionaler Richtung gemessen, vgl. beispielsweise Patterson et al. (1993); Freedson et al. (1995). Die neueren Geräte sind bereits in der Lage, Beschleunigungen in zwei oder sogar drei Richtungen zu erfassen, vgl. Rothney et al. (2008); Cradock (2009). Mit den mehrdimensionalen Messungen wird sich eine Verbesserung der Messgenauigkeit erhofft, vgl. Trost et al. (2005) und Matthews (2005). Es ist noch zu klären, für welche Aktivitäten eine solche Verbesserung tatsächlich erreicht wird. Da nahezu alle Geräte einen Schrittzähler haben, können Überlegungen angestellt werden, inwiefern sich unterschiedliche Schrittfrequenzen, zum Beispiel bedingt durch verschiedene Beinlängen von Probanden/innen, auf die Messgenauigkeit auswirken. Und schließlich ermöglichen immer größer werdende Speicherkapazitäten es, über die Abtastrate (im Folgenden „epoch lenght“) nachzudenken. Durch längere Batterielaufzeiten wird die Beantwortung so mancher Fragestellungen im epidemiologischen Bereich erst ermöglicht.

Viele dieser Fragestellungen werden in der aktuellen Literatur bereits behandelt. Deshalb soll in dieser Arbeit ein Überblick über den aktuellen Stand der Wissenschaft gegeben werden. So werden Fragen zur geeigneten „epoch lenght“, zur günstigsten Platzierung der Geräte und zur notwendigen Dauer einer Aktivitätsmessung in epidemiologischen Untersuchungen beantwortet. Desweiteren soll in der Arbeit auch aufgezeigt werden, welche Probleme und offenen Fragen es noch gibt. So gibt es zum Beispiel noch

wenig fundiertes Wissen über einen möglichen Einfluss der Beinlänge und der Schrittfrequenz auf die Messgenauigkeit der Geräte. Und auch die Charakteristika der horizontalen Bewegungsachse und ihr Einfluss auf die Messgenauigkeit sind bisher wenig beforscht. Auf diese Fragestellungen soll im Rahmen der eigenen Untersuchung eingegangen werden.

1.3 Methode der Bearbeitung

Im theoretischen Teil der Arbeit soll also der aktuelle Wissensstand zum Thema der Erfassung von körperlicher Aktivität mittels Accelerometrie auf *Basis vorhandender Literatur* aufgearbeitet werden. Da dieses Gebiet sich derzeit stark weiterentwickelt, und noch längst nicht alle Fragen geklärt sind, soll wie bereits erwähnt dabei auch auf aktuelle Probleme und Wissenslücken die in der weitläufigen Literatur beschrieben werden, aufmerksam gemacht werden.

Im empirischen Teil der Arbeit werden vor dem theoretischen Hintergrund interessant erscheinende Fragestellungen *quantitativ* beantwortet. Damit soll der Versuch unternommen werden, einige der im theoretischen Teil dargestellten Wissenslücken zu schließen. Gegenstand der Erhebungen sind dabei Daten der Beschleunigungsmesser Actigraph GT1M.

1.4 Gliederung der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in eine umfangreiche (1) Einführung die den gesamten *Theorieteil* der Arbeit ausmacht. Darauf aufbauend werden (2) die Fragestellungen für den empirischen Teil vorgestellt, und die entsprechenden Hypothesen generiert.

Im *empirischen Teil* der Arbeit wird dann zunächst die (3) Methode der eigenen Untersuchung vorgestellt. Es folgen die (4) Ergebnisse der Untersuchung und (5) eine ausführliche (5) Diskussion.

Theoretischer Teil:
Der theoretische Teil gibt eine *Einführung* in das Themengebiet. Zunächst folgen in Kapitel 1.5 Begriffsdefinitionen, die es auch dem Laien ermöglichen sollen, ein Grundverständnis für die weitere Thematik der Arbeit zu erlangen. Danach werden im 1.6 Kapitel die gängigsten Methoden vorgestellt, die es derzeit zur Erfassung der körperlichen Aktivität gibt. Im Kapitel 1.7 werden ihre Vor- und Nachteile der Energieverbrauchsabschätzung hinsichtlich der Gütekriterien für wissenschaftliche Untersuchungen erläutert. Danach wird

im Kapitel 1.8 genauer auf die Accelerometrie und ihren Einsatz im Bereich sportwissenschaftlicher Felder eingegangen, indem vor allem die Technik und Funktionsweise dieser Geräte dargestellt wird. Um dem Leser einen Eindruck zu vermitteln, wie ein Accelerometer zur Anwendung kommt, werden beispielhaft auch epidemiologische Studien und ihre Erkenntnisse beschrieben, in denen Accelerometer eingesetzt wurden. Es folgt im Kapitel 1.9 die Darstellung der bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Einsatz der Geräte. Im darauffolgenden Kapitel 1.10 wird auf die derzeitigen wissenschaftlichen Problemfelder eingegangen. Im Kapitel 1.11 folgt die genaue Beschreibung des Accelerometers GT1M der Firma Actigraph, der Gegenstand der empirischen Untersuchung der vorliegenden Arbeit war. Danach wird im Kapitel 1.12 das bis dorthin gesagte noch einmal zusammenfassend betrachtet.

Dann werden die Fragestellungen und Hypothesen erläutert und generiert, die sich aus dem erarbeiteten theoretischen Hintergrund ergeben haben (Kapitel 2.1. bis 2.2).

Empirischer Teil:

Im empirischen Teil der Arbeit wird zunächst die genaue Beschreibung der Methode vorgenommen, die zur Beantwortung der wissenschaftlichen Fragestellungen gewählt wurde. Dabei wird im Kapitel 3.1 auf die Probanden/innen eingegangen, und in Kapitel 3.2 wird die Untersuchungsdurchführung beschrieben. Kapitel 3.3 beschreibt letztendlich die statistischen Methoden die zur Anwendung kamen.

Im Kapitel 4.1 bis 4.4 erfolgt die Darstellung der Ergebnisse. Daran schließt die Diskussion in Kapiteln 5.1 bis 5.8 an.

1.5. Begriffsdefinitionen

Im Folgenden sollen zunächst einige Begriffsdefinitionen vorgenommen werden, die für das Verständnis der weiteren Abhandlungen notwendig sind.

1.5.1 Körperliche Aktivität und Energieverbrauch

Körperliche Aktivität wurde von Caspersen et al. (1985) als „jede körperliche Bewegung, die von der Skelettmuskulatur unter Energieverbrauch erzeugt wird“ definiert. Körperliche Aktivität ist demnach eine sehr komplexe Form menschlichen Verhaltens, da sie die gesamte Bandbreite an Bewegung des menschlichen Körpers umfasst. Jegliche Bewegung hat physiologische Konsequenzen wie beispielsweise einen erhöhten Energieverbrauch, das heißt einen Energieverbrauch, der über den Grundumsatz hinausgeht. Der Grundumsatz ist die Menge an Energie, die der Körper in Ruhe verbraucht, um alle lebenswichtigen Funktonen aufrechterhalten zu können, vgl. Weineck (2010, S. 979).

Wird also der Energieverbrauch gemessen, ist es möglich Rückschlüsse auf die körperliche Aktivität zu erhalten. Es gibt zahlreiche Verfahren, die es ermöglichen, den Energieverbrauch in Ruhe sowie bei Belastung festzustellen. Dies ist indirekt und direkt möglich, vgl. Ekelund (2002, S.2). Die gängigsten Methoden zur Energieverbrauchsabschätzung, werden im Kapitel 1.6 „Gängige Methoden zur Energieverbrauchsabschätzung“ genauer erläutert - wobei hier schon vorweggenommen sei, dass eines der indirekten Messverfahren die Accelerometrie ist.

1.5.2 Quantitative Beschreibung der körperlichen Aktivität

Bei der Einschätzung körperlicher Aktivität sind üblicherweise drei Aspekte von großer Bedeutung. Namentlich sind dies „Intensität“, „Dauer“ und „Häufigkeit“ einer Aktivität, vgl. Balady et al. (2000, S. 143). Ekelund (2002, S. 2) zählt dazu noch die „Form“ der Aktivität.

Die Intensität der körperlichen Aktivität ist gemeinsam mit der Dauer von großer Bedeutung, da beide zusammen den Gesamtenergieverbrauch während einer bestimmten Aktivität festlegen, vgl. Balady (2000, S. 145). Die Intensität kann relativ oder absolut angegeben werden. Mit „absoluter Intensität“ ist der Energieverbrauch gemeint, der in einer bestimmten Zeit verbraucht wird. Dazu gibt es folgende Definitionsmöglichkeiten, vgl. Ekelund (2002, S. 2):

- Sauerstoffverbrauch in Liter pro Minute (VO_2; l / min)
- Sauerstoffverbrauch pro Minute relativ zum Körpergewicht (VO_2 ml/kg/ min)
- Energieverbrauch in Kilokalorien bzw. Kilojoule pro Minute (kcal/min bzw. kj/min)
- Metabolisches Äquivalent - das vielfache des Ruheenergieverbrauchs pro Minute (MET)

Die „relative Intensität“ dient dazu, Unterschiede in Geschlecht, Alter, der körperbaulichen Zusammensetzung und der körperlichen Fitness berücksichtigen zu können. Dazu wird die Intensität der körperlichen Aktivität bezogen auf die individuelle körperliche Leistungsfähigkeit gesehen, vgl. US Department of Health and Human Services, (1996):

- Prozent der maximalen aeroben Kapazität: (%VO_2 max)
- Prozent der maximalen Herzfrequenz: (% HR max)
- Prozent der Herzfrequenzreserve: (%HRR)
- Prozent der Reserve der Sauerstoffaufnahme (%VO_2R)

Am Output eines Accelerometers kann die Intensität und die Häufigkeit in Form von „activity counts“ abgelesen werden. Ebenso kann gesehen werden, wie lange die jeweilige Intensität der Aktivität beibehalten wurde - hier kommt es nur auf die eingestellte „epoch lenght“ an. Bei zu langer „epoch lenght“ und kurzen Wechseln zwischen den Intensitäten kann es dabei jedoch zu Ungenauigkeiten kommen, vgl. Trost et al. (2005). Näheres dazu im Kapitel 1.9.2 „Einstellung der „epoch lenght“. So liefert ein Accelerometer durch Angaben zu Intensität, Dauer und Häufigkeit von körperlicher Aktivität ein genaues Aktivitätsprofil der gemessenen Personen. Der Output eines solchen Gerätes erlaubt es auch, Aussagen über den Gesamtenergieverbrauch treffen zu können.
Somit sind Accelerometer in der Lage, die körperliche Aktivität bzw. den Energieverbrauch in nahezu allen wichtigen Aspekten zu erfassen. Lediglich die von Ekelund (2002 S.2) eingebrachte „Form“ der körperlichen Aktivität wird nicht erfasst. Soll auch dieser Aspekt erfasst werden, so müssen zusätzlich Fragebögen ausgeteilt werden.

1.5.3 Gesamtenergieverbrauch

Das Produkt von Intensität, Dauer und Häufigkeit ist der Gesamtenergieverbrauch. Erst das Wissen um die genannten drei Aspekte macht es möglich, den Netto-Kalorienverbrauch einer Person, beispielsweise während eines sportlichen Trainings, über

eine bestimmte Zeit (Tage, Wochen, Monate usw.) zu bestimmen bzw. einzuschätzen, vgl. Balady et al. (2000, S. 151).

Durch diese quantitative Beschreibung der körperlichen Aktivität ist es dann möglich, gewisse Mindestanforderungen beim sportlichen Training vorzugeben bzw. einzuhalten, um bestimmte Ziele zu erreichen, wie beispielsweise die VO_2 max. zu verbessern, Gewicht zu verlieren oder ein vor allem gesundheitlich wirksames Training zu gestalten. Haskell et al. (1994) empfehlen einen zusätzlichen Netto-Kalorienverbrauch von 150 bis 400 kcal pro Tag, je nach Ziel und Gesundheits- bzw. Fitnesszustand weniger oder mehr. Welche Tätigkeiten welchem Kalorienverbrauch entsprechen, kann in Tabellen wie zum Beispiel dem „Compendium of Physical Activities“, vgl. Ainsworth (2000) nachgelesen werden. Dieses Werk wird im Kapitel 1.5.5 genauer beschrieben.

1.5.4 Das Metabolische Äquivalent (MET)

In Ruhe verbraucht eine Person durchschnittlich 0,3l O_2/min. Dies entspricht einem Kalorienverbrauch in Ruhe von etwa 2000 kcal pro Tag, vgl. Wilmore und Costill (2004, S.139).

Ein Metabolisches Äquivalent (im folgenden MET) entspricht dem durchschnittlichen Ruheenergieverbrauch einer Person und wurde auf den Wert von 3,5 ml O_2/kg/min festgelegt, vgl. Ainsworth (1993). Um Werte von MET in kcal umwandeln zu können, wird in den ACSM- Guidelines folgende Formel angegeben, vgl. Balady (2000, S. 153):

$$(METs \times 3{,}5 \times kg) / 200 = kcal / min$$

Der Vorteil der Einteilung in MET-Einheiten ist, dass er die Vergleichbarkeit des Energieverbrauchs von Personen untereinander ermöglicht. Allerdings kann in der Praxis nicht davon ausgegangen werden, dass der Ruheenergieverbrauch jeder Person gleichermaßen bei 3,5 ml O_2/kg/min liegt, so gibt es von Person zu Person individuelle Unterschiede, vgl. Treuth et al. (2004). Und es gibt eine weitere gravierende Einschränkung:

So wurde festgestellt, dass der Wert bei Frauen durchschnittlich bei 3,25 ml O_2/kg/min liegt, also etwas niedriger liegt. Bei Kindern dagegen liegt der relative Energieverbrauch je nach Alter unterschiedlich weit über dem Wert von 3,5 ml O_2/kg/min. vgl. Harrell et al. (2005). So müsste der Ruheenergieverbrauch, eigentlich bei jeder Person individuell bestimmt werden, um mit einem individuellem MET-Wert rechnen zu können.

Da bei dem Einsatz von Accelerometern oft mit dem fest definierten MET-Werten gearbeitet wird, sind die Ergebnisse stets mit der Einschränkung behaftet, dass der Ruheenergieverbrauch nicht individuell bestimmt worden ist.

Weil der Unterschied des Ruheenergieverbrauchs bei Kindern am gravierendsten ist, gibt es im Bereich der Accelerometrie eigene Regressionsgleichungen für Kinder, die die „activity counts“ in zu ihnen passende Energieverbrauchswerte umwandeln, vgl. Beispielsweise die Gleichung, die Freedson et al. (2005) entwickelten.

1.5.5 Das „Compendium of Physical Activities“

Das „Compendium of Physical Activities“ wurde entwickelt, um den Energieverbrauch von verschiedensten Aktivitäten einzuschätzen und diese Aktivitäten dann unterschiedlichen Intensitätslevels zuordnen zu können. Aktivitäten, die im „Compendium of Physical Activities“ aufgelistet sind, stellen ein Vielfaches vom Ruheenergieverbrauch dar. Dieser Energieverbrauch wird in MET-Einheiten angegeben. Erstmals 1989 wurden hierzu ganz unterschiedliche Tätigkeiten und der dazu benötigte Energieverbrauch mittels Spirometrie gemessen. Die Ergebnisse wurden 1993 veröffentlicht, vgl. dazu Ainsworth et al. (1993). Seit dem Jahr 2000 liegt eine neu überarbeitete Version vor, vgl. Ainsworth et al. (2000).

Die im „Compendium of Physical Activities“ aufgelisteten Aktivitäten reichen von 0,9 MET, die beim Schlafen gemessen wurden bis 18 MET, die ein Mensch beim Rennen in einer Geschwindigkeit von 10,9 mph (das sind 17,53 km/h) durchschnittlich an Energie verbraucht, vgl. Ainsworth (2000). Insgesamt enthält das „Compendium of Physical Activities“ Angaben über den MET-Verbrauch von 605 ganz unterschiedlichen Tätigkeiten des alltäglichen Lebens.

Für einen besseren Überblick sind diese 605 Tätigkeiten 21 Hauptkategorien zugeordnet. Dabei sind die Hauptkategorien sowie die spezifische Tätigkeit jeweils mit einem Zahlencode versehen: Die Hauptkategorie „Laufen“ hat beispielsweise den Zahlencode 12. Zu dieser Kategorie gibt es unterschiedliche Geschwindigkeiten, für die es Angaben über den MET-Verbrauch gibt. Das Laufen mit einer Geschwindigkeit von 10,9 mph hat den Code 130. Insgesamt ergibt sich für das Laufen in der Geschwindigkeit von 10,9 km/h demnach ein Code von 12130, vgl. Ainsworth (2000). Tab. 1 veranschaulicht, wie vielfältig und umfangreich die Aktivitäten sind, die das Compendium beinhaltet.

Zu bemerken bleibt hier noch, dass die MET Einheit von 3,5ml/kg/min nur ein Richtwert ist, von dem, wie bereits im vorigen Kapitel erwähnt, insbesondere Kinder stark abweichen, vgl. Harrell et al. (2005). Das bedeutet, dass auch das „Compendium of

Physical Activities“ für Kinder angepasst werden muss, um den Energieverbrauch bei einer bestimmten Tätigkeit einschätzen zu können.

Das „Compendium of Physical Activities“ spielt in dieser Arbeit eine wichtige Rolle, da mithilfe dieses Werkes die Laufgeschwindigkeiten eruiert wurden, die den vier Intensitätslevels des Gehens bzw. Laufens der Probanden/innen entsprachen. Mehr dazu im empirischen Teil der Arbeit.

Tab. 1: Hauptkategorien der Aktivitäten im „Compendium of Physical Activities“

01-Bicycling	08-Lawn and Garden	15-Sports
02-Conditioning Exercise	09-Miscellaneous	16-Transportation
03-Dancing	10-Music Playing	17-Walking
04-Fishing and Hunting	11-Occupation	18-Water Activities
05-Home Activities	12-Running	19-Winter Activities
06-Home Repair	13-Self Care	20-Religious Activities
07-Inactivity	14-Sexual Activity	21-Volunteer Activities

Quelle: Ainsworth et al. (2000)

1.5.6 Intensitätslevels

Die beschriebenen MET-Einheiten können bestimmten Intensitätsbereichen zugeordnet werden. Die Intensitäten werden in der weitgehend englischsprachigen Literatur üblicherweise in „low or light“; „moderate“; „vigorous or hard“ und „very vigorous or very strenuous“. eingeteilt, vgl. US Department of Health and Human Services (1996).
Im „Actilife Users Manual“ (2008, S. 43), der Bedienungsanleitung des Actigraph GT1M, werden die Begriffe „light value“, „moderate value“, „hard value“ und „very hard value“ verwendet.

Nach Angaben der „ACSM-Guidelines“ entspricht der Intensitätsbereich „low“ dabei einem Energieverbrauch von unter 3 METs. Der Intensitätslevel „moderate“ entspricht einem Energieverbrauch von 3 bis 6 METs, und der Intensitätslevel „very vigorous“ ist durch einen Energieverbrauch von über 6 METs gekennzeichnet. Das Trainieren im mittleren Intensitätslevel von 3 bis 6 METs gilt als besonders gesundheitsfördernd, und wird in den „ACSM-Guidelines“ empfohlen, vgl. Balady et al. (2000, S.4).

Die beschriebene Einteilung der „ACSM-Guidelines“ ist in der wissenschaftlichen Literatur jedoch nicht die einzige. Es gibt zahlreiche verschiedene Einteilungen, was die Vergleichbarkeit von Studien untereinander erschwert.

Da Kinder und Jugendliche einen wesentlich höheren Ruheenergieverbrauch als Erwachsene haben, und dieser je nach pubertärer Phase sehr variiert, vgl. Harrel et al. (2005) ist bei Kindern eine andere Einteilung unerlässlich. Da Frauen weniger Energie in Ruhe verbrauchen als Männer wäre auch eine Geschlechtsspezifische Aufteilung sinnvoll.

Diese sollten aber standardisiert sein, und die einzigen bleiben, um die Vergleichbarkeit der Geschlechter und Altersgruppen zu gewährleisten.

Tab. 2 zeigt beispielhaft verschiedene Intensitäts-Einteilungen unterschiedlicher Autoren für unterschiedliche Zielgruppen. Es ist deutlich zu erkennen, dass Kinder einen erhöhten MET-Verbrauch haben, und so auch die Intensitätslevels ganz andere sind.

Tab. 2: Unterschiedliche Einteilung von Intensitätslevels

Autor	„leicht“	„mittel“	„Schwer“	„sehr schwer“	Zielgruppe
Pate et al. (1995)	< 3,0 METs	3,0-6,0 METs	< 6,0 METs	--	Erwachsene
Freedson (1998)	< 3,0 METs	3,0–5,9 METs	6,0-8,9 METs	> 9,0 METs	Erwachsene
Riddoch und Boreham (1995)	2,0-4,0 METs	5,0-7,5 METs	7,5 METs	--	Jugendliche
Puyau et al. (2002)	< 3,0 METs	4,0-5,9 METs	6,0 METs	--	Kinder (6-16 Jahre)
Treuth et al. (2004)	3-5,9 METs	6,0-8,9 METs	< 9,0 METs	< 9,0 METs	Mädchen (13-14)

Quelle: eigene Darstellung

Auch die auf dem Markt erhältlichen Accelerometer bedienen sich der Einteilungen der Intensitätslevels, wenn es darum geht, den Output der Geräte dahingehend zu analysieren, wie viel Zeit in den einzelnen Intensitätslevels verbracht wurde. Dazu werden die unterschiedlich hohen „activiy counts“ den jeweiligen Intensitätslevels zugeordnet, indem „count-cutt-points“ bestimmt werden. Die Einteilung von Freedson et al. (1998) in Tab. 2 entspricht dabei der Einteilung, die auch die Software des Actigraph GT1M zur Beurteilung der Verweildauer in den jeweiligen Intensitätslevels heranzieht, vgl Actilife Users Manual (2008, S. 43). In Tab. 3 sind die „count cut points“ des Actigraph GT1M dargestellt.

Tab. 3: counts/min cut points des Actigraph GT1M

Intensitätslevel	counts/min „cut- point“	MET- Wert [3,5 ml O_2/kg/min]
leicht	> 1952	> 2,9
mittel	1953 - 5724	3,0-5,9
schwer	5725-9498	6,0-8,9
sehr schwer	< 9498	< 9,0

Quelle: Freedson et al. (1998)

1.6 Gängige Methoden der Energieverbrauchsabschätzung

Es gibt die direkten und die indirekten Methoden der Energieverbrauchsabschätzung, vgl. Ekelund (2002, S. 2). Bei den direkten Methoden wird der Energieverbrauch direkt gemessen. Die Ergebnisse erlauben es, Rückschlüsse auf die körperliche Aktivität ziehen zu können. Direkte Methoden die im Folgenden vorgestellt werden sollen sind die „Doubly-Labelled Water Method“, die direkte Kalorimetrie und die Spirometrie.

Die sogenannten indirekten Methoden erfassen zunächst die körperliche Aktivität, und ermöglichen anhand dieser Daten Rückschlüsse auf den Energieverbrauch. Indirekte Methoden, die in diesem Kapitel vorgestellt werden sind die Fragebogenuntersuchungen und die Accelerometrie.

1.6.1 Doubly-Labelled Water Method / Doppelt markiertes Wasser (DLW)

Die „Doubly Labelled Water Method“ (DLW) ist eine sehr wichtige und bedeutende Methode, um den Energieverbrauch einer Person abschätzen zu können. Sie ist präzise und kann über relativ lange Zeiträume (zehn bis 30 Tage) angewendet werden. Dazu ist diese Methode ideal im Freien anzuwenden, da sie nicht invasiv ist und das tägliche Leben nicht beeinträchtigt, vgl. Ekelund (2002, S.10-11). Unter Anderen bezeichnet Prentice (1999) diese Methode als die exakteste Methode zur Abschätzung des Energieverbrauchs im Alltag. Daher wird sie auch in vielen Studien verwendet, um andere Methoden zur Abschätzung des Energieverbrauchs zu kalibrieren, und um die Validität anderer Verfahren einschätzen zu können. Einziger Nachteil sind die technische Komplexität und die hohen Kosten, die mit der Anwendung dieser Methode verbunden sind, vgl. Ekelund (2002, S.11).

Bei der „Doubly Labeled Water Method“ wird das Körperwasser einer Person durch die Verabreichung von Wasser angereichert, welches zuvor mit den Isotopen $^{2}H_2$ und ^{18}O markiert worden ist. Dies geschieht am Anfang und am Ende der Mess-Zeitspanne, vgl. Schoeller (1999). Während das Isotop $^{2}H_2$ (Deuterium) vom Körper als Wasser ausgeschieden wird, wird das Isotop ^{18}O als Wasser und CO_2 ausgeschieden, vgl. Schoeller (1999). Damit ist die Eliminationsrate vom Deuterium ein Messwert für die H_2O-Durchflussmenge, und die Eliminationsrate vom ^{18}O ein Messwert für die H_2O- und CO_2-Durchflussmenge. Die Differenz zwischen diesen beiden Werten bildet den Messwert für die CO_2-Durchflussmenge, vgl. Schoeller (1983). Mithilfe der indirekten Kalorimetrie kann aus den CO_2-Werten der Energieverbrauch berechnet werden, vgl. Schoeller (1999).

Das Ziel der Verabreichung des doppelt markierten Wassers ist es also, Aufschluss über die CO_2-Abgabe zu erlangen, um aus diesem Wert dann den Energieverbrauch berechnen zu können. Das verabreichte Wasser ist dadurch markiert, dass die Massenzahl von zwei Atomen durch die Bildung von Isotopen verändert ist. Die Isotope beeinflussen den Organismus nicht weiter, da sie vom Körper wie das natürliche Wasser und der natürliche Sauerstoff verwendet werden, (vgl. Speakman, 1998, S.933).

Folgende Formeln können dann zur Berechnung der CO_2-Produktionsrate verwendet werden, vgl. Schoeller (1983): rCO_2 bezeichnet dabei die die Produktionsrate in mol pro Tag. N ist der gesamte Körperwasserspeicher in mol. k_{18} und k_2 sind die ^{18}O- und ^{2}H-Eliminationsraten pro Tag.

$$rCO_2 = N / 2 (k_{18} – k_2)$$

Später wurde diese Formel modifiziert, um die physiologische Zerlegung der verabreichten Isotope zu berücksichtigen: f_2 und f_1 sind dabei die die Zerlegungsfaktoren von ^{2}H und ^{18}O aufgrund des Wasserverlustes durch Ausdünstung. f_3 ist der Zerlegungsfaktor von ^{18}O zwischen CO_2 und H_2O. r_G ist die Rate des verdampfungsbedingten Wasserverlustes.

$$r\,CO_2 = N / 2\, f_3 (k_{18}-k_2) – ((f_2 – f_1) / 2\, f_3) \times r_G$$

Anzumerken ist, dass bei dieser Methode weder die Belastungsintensität noch die Dauer berücksichtigt werden, vgl. Jakicic (1999) et al. Wenn die Abschätzung über eine definierte Zeit bzw. den ganzen Tag stattfindet, ist dies aber kein Problem. Ein Aktivitätsprofil in denen die verschiedenen Intensitäten über die Zeit erscheinen kann allerdings nicht erstellt werden.

1.6.2 Direkte Kalorimetrie

Die direkte Kalorimetrie gilt ebenfalls als sehr genaue Methode, den Gesamtenergieverbrauch zu berechnen. Laut Valanou (2006) haben die Berechnungen dabei weniger als 1% Irrtumswahrscheinlichkeit. So wird auch diese Methode häufig dazu verwendet, andere weniger genaue Methoden zu validieren. Nachteil ist, dass die Messungen örtlich gebunden sind, da sie in einem bestimmten Raum stattfinden müssen, vgl. Valanou (2006). Dies macht es unmöglich, Aktivitäten während des normalen Alltages zu messen. Als Er-

satz können höchstens Alltagstätigkeiten simuliert werden. Hinzu kommt, dass die direkte Kalorimetrie sehr kostenintensiv ist. Diese Einschränkungen machen die direkte Kalorimetrie unattraktiv für den Einsatz in Studien mit großer Stichprobenzahl. vgl. Valanou (2006).

Die Methode funktioniert folgendermaßen: Während der aeroben Energiegewinnung werden 40% der Energie für die Resynthese von ATP aufgewendet. Die restlichen 60% werden in Wärme umgewandelt, vgl. Wilmore (2004, S. 133). Eine Möglichkeit, den Energieverbrauch zu messen, ist es also, die Wärmeproduktion des Körpers zu messen. Dies geschieht bei der direkten Kalorimetrie in einer luftdichten Kammer. Die Wände dieser Kammer sind mit Wasserleitungen versehen, durch die Wasser fließt. Die Hitze, die ein Körper in diesem Raum produziert, wärmt sowohl die Luft des Raumes als auch das durch die Leitung fließende Wasser. Die gemessene Temperaturveränderung gibt Aufschluss über den Energieverbrauch, vgl. Valanou (1996).

1.6.3 Spirometrie / indirekte Kalorimetrie

Die Spirometrie wird auch als indirekte Kalorimetrie bezeichnet, da die Hitzeproduktion nicht direkt gemessen wird, vgl. Wilmore (2004, S. 133-134). Ein Anwendungsgebiet dieser Methode ist die Messung des Energiestoffwechsels während körperlicher Belastung. Auch diese Methode gilt als sehr genau und wird zur Validierung weniger genauer Methoden herangezogen. Für epidemiologische Studien ist sie aber ungeeignet, da die notwendigen Geräte die normale Alltagsaktivität stören und die Kosten hoch sind, vgl. Valanou (2006).

Die Spirometrie funktioniert folgendermaßen: Der aerobe Stoffwechsel hängt von der Sauerstoffkapazität (O_2) ab und produziert Kohlendioxid (CO_2) und Wasser (H_2O). Laut Schmidt (1997, S. 644) muss die vom Gewebe benötigte Menge an Sauerstoff über die Lunge aufgenommen werden, da die Speicherkapazität für Sauerstoff sehr gering ist. So lässt sich über die aufgenommene Menge an O_2 auf den Stoffwechsel schließen, und der Energieumsatz kann eingeschätzt werden. Die aufgenommene Menge an Sauerstoff wird bei der Spirometrie ermittelt, indem mit dem Spirometer der Gasaustausch zwischen O_2 und CO_2 gemessen wird. Es gibt Geräte die nur im Labor benutzt werden können, da sie örtlich gebunden sind. Es gibt aber auch portable Geräte, die die Energieverbrauchsabschätzung im Freien ermöglichen

1.6.4 Fragebogenuntersuchungen

Zur Gruppe der Fragebogen gehören (1) selbstverwaltete und (2) interview-basierte Methoden, (3) Aktivitätsberichte und (4) Aktivitätstagebücher, vgl. Ekelund (2002, S 6). Bis heute stellen Fragebogenuntersuchungen wahrscheinlich die am weitesten verbreitete Methode dar, um die körperliche Aktivität sowohl bei jüngeren als auch bei älteren Menschen zu erfassen. Es gibt zahlreiche Studien, die die Reliabilität und Validität von Fragebogen bereits untersucht haben, vgl. Ekelund (2002, S. 6).

Instrumente der Selbstbeurteilungsverfahren sind auch unter dem Namen der „subjektiven Methoden“ bekannt. Ihre Gültigkeit ist immer auch von der Ehrlichkeit und dem Erinnerungsvermögen der Befragten abhängig. Durch diese subjektive Komponente wird angenommen, dass solche Methoden bei Kindern weniger genau messen als bei Erwachsenen, da Kinder ihre Aktivitäten nicht so gut reflektieren können, vgl. Sallis und Owen (1999). Darüber hinaus ist das Bewegungsprofil von Kindern ein völlig anderes. Sie wechseln sehr schnell von absoluter Ruhe in Aktivitäten von sehr hoher Intensität, vgl. Bailey (1995). Diese schnellen und häufigen Wechsel machen es schwerer, die Aktivität zu erinnern und abzuschätzen, besonders bezogen auf Intensität und Dauer. Kohl et al. (2000), schlagen deshalb vor, bei Kindern unter zehn Jahren keine Selbstbeurteilungsverfahren anzuwenden.

1.6.5 Accelerometrie

Unter dem Begriff der Accelerometrie versteht man die Messung von Beschleunigungen, um kinematische Analysen durchführen zu können. Dies geschieht mit Beschleunigungsmessern bzw. Accelerometern. Durch kalibrierte Accelerometer können Änderungen der Körperlage und bestimmte Bewegungsmuster erkannt werden, vgl. Bäumler & Schneider (1981, S. 44).

Im Bereich der Sportwissenschaften werden diese Geräte genutzt, um die körperliche Aktivität bzw. den Energieverbrauch möglichst genau abschätzen zu können, vgl. beispielsweise Trojano (2005); Trost et al. (2008); Valanou (2006). Accelerometer zur Erfassung der körperlichen Aktivität sind kleine leichtgewichtige Geräte, die meist seitlich und auf Höhe des Körperschwerpunktes, also hüfthoch angebracht werden. Sie nehmen die Beschleunigungswerte des Körpers auf und speichern sie nach einem frei wählbaren Zeitintervall, der „epoch lenght“, in Form von Punkten, den „activity counts“ ab, vgl. Actilife Users Manual (2008). Oft wird die „epoch lenght“ auf eine Minute gestellt, was bedeutet, dass die counts nach jeder Minute abgespeichert werden, vgl. Chen und Basset (2005).

Die counts/min können mithilfe von Regressionsgleichungen direkt in Angaben zu Energieverbrauch (kcal oder MET) umgerechnet werden.
Das Messen der körperlichen Bewegung, mit einem Accelerometer gehört wie die Fragebogenuntersuchubng zu den indirekten Methoden zur Erfassung des Energieverbrauches. Montoye et al. (1983) war der Erste, der die Chance erkannte, mit der Technik von Accelerometern körperliche Aktivität objektiv messen zu können. Seither schreitet die Entwicklung kontinuierlich voran.

1.7 Gütekriterien der Methoden zur Energieverbrauchsabschätzung

Insgesamt gibt es mehr als 30 unterschiedliche Techniken, die körperliche Aktivität bzw. den Energieverbrauch zu messen, vgl. LaPorte et al. (1985). Alle Methoden haben dabei Vor- und Nachteile, die es bei der Auswahl zu bedenken und abzuwägen gilt.

Um sich für eine geeignete Methode entscheiden zu können, schlägt Valaou et al. (2006) vor, die Untersuchungsziele festzulegen. Desweiteren ist einzubeziehen, wie viele Probanden/innen zur Verfügung stehen und wie hoch die Kosten sein dürfen. Nicht zuletzt sind statistische Kriterien wie Validität und Reliabilität der gewählten Methode zu bedenken.

Weineck (2010, S.77) beschreibt gewisse Anforderungen, die im Zuge von Testverfahren bzw. wissenschaftlichen Untersuchungen unbedingt eingehalten werden sollten. Neben der *Durchführbarkeit* einer Untersuchung beschreibt er die so genannten *Gütekriterien*, die bei jeder wissenschaftlichen Untersuchung bedacht werden müssen. Zur Durchführbarkeit gehören die Kriterien der „Praktikabilität“, des „organisatorischen Aufwandes“ und der „eventuell anfallenden Kosten“, die kritisch zu überprüfen sind.
Die Gütekriterien gliedern sich in *Haupt- und Nebengütekriterien*. Die Hauptgütekriterien beschäftigen sich mit der „Exaktheit der Untersuchung“, während es bei den Nebengütekriterien um die Frage nach der „praktischen Umsetzung“ geht, vgl. Weineck (2010, S. 77).

Die in Kapitel 1.6 beschriebenen Methoden stellen die gängigsten Möglichkeiten zur Energieverbrauchsabschätzung dar. Sie sollen nun aus Perspektive der wissenschaftlichen Gütekriterien genauer beleuchtet werden.

1.7.1 Hauptgütekriterien

1.7.1.1 Zur Validität

Die Validität ist bei jedem Testverfahren unverzichtbar, denn sie beschreibt laut Weineck (2010, S. 77) die „Gültigkeit eines Tests“. Das heißt, die Validität gibt an, in welchem Ausmaß in einer Untersuchung tatsächlich das gemessen wird, was der Test zu messen vorgibt.

Im Bereich der Methoden zur Erfassung des Energieverbrauchs, bzw. der körperlichen Aktivität gilt die „Doubly Labelled Water-Method, im Folgenden *DLW-Methode* derzeit als die Methode mit der höchsten Validität und wird deshalb in vielen Studien als „Gold-Standard“ herangezogen, vgl. Valanou (2006).

Die *direkte Kalorimetrie* ist ebenfalls sehr valide, vgl. Valanou (2006), allerdings mit der Einschränkung, dass Alltagsaktivitäten simuliert werden müssen, um für diese eine Energieverbrauchsabschätzung zu erhalten, da sie in einem bestimmten Raum durchgeführt werden muss.

Auch die *Spirometrie* gilt als sehr valide und wird oft herangezogen, um die Gültigkeit anderer Methoden, mit ihr abzugleichen.

Das Messen der körperlichen Aktivität mittels *Accelerometrie* gilt für das Gehen bzw. Laufen als eine valide Methode. Bei der Erfassung von Alltagsaktivität, neigt ein Accelerometer aber dazu, diese zu unterschätzen, so dass die Validität geringer ausfällt, vgl. Welk et al. (2000).

Fragebogenuntersuchungen sind Methoden, deren Genauigkeit als am geringsten eingeschätzt wird. Insbesondere für die Erfassung von mittleren Intensitäten werden verglichen mit der Erfassung von hohen Intensitäten ungenauere Werte erzielt. vgl. Sallis und Saelens (2000). Da sich besonders Alltagsaktivitäten in einem mittleren Intensitätsbereich abspielen, scheint ein Fragebogen hier eher ungünstig. Ein weiterer Nachteil dieser subjektiven Methode ist es, dass Fragen missinterpretiert werden können und die Gültigkeit von Aussagen im starken Maß vom Erinnerungsvermögen und der Ehrlichkeit der Probanden/innen abhängt.

1.7.1.2 Zur Reliabilität

Auch die Reliabilität ist ein wichtiges Hauptgütekriterium und bedeutet Zuverlässigkeit. Sie gibt den Grad der Genauigkeit an, mit der ein entsprechendes Merkmal gemessen wird, vgl. Weineck (1010, S.77).

Auch hier kann die *DLW-Methode* sehr gute Werte erzielen, da sie nicht invasiv ist, und den/die Proband/in während seiner Aktivitäten nicht beeinflusst, vgl. Valanou (2006).

Da die *direkte Kalorimetrie* darauf angewiesen ist, Alltagsaktivitäten in einem Raum zu simulieren, ist die Reliabilität nur dann gegeben, wenn es darum geht, den Energieverbrauch ganz bestimmter vorgegebener Aktivitäten abzuschätzen; der normale Alltag einer Person kann somit aufgrund ständig wechselnder und undefinierter Tätigkeiten nicht gut erfasst werden.

Auch die *Spirometrie* erscheint weniger reliabel, da selbst ein transportfähiger Spirometer den/die Proband/in so beeinflussen könnte, dass er seinen Alltag nicht so gestalten wird wie ohne dieses Gerät. Die Konsequenz ist, dass keine zuverlässige Aussage über die tatsächliche Alltagsaktivität getroffen werden kann, vgl. Valanou (2006). Immerhin ist hier eine Messung des Alltages aber möglich.

Wie hoch die Reliabilität der *Acclerometrie* einzuschätzen ist, hängt davon ab wie die Geräte kalibriert wurden. Auch hängt die Reliabilität dieser Geräte maßgeblich davon ab, ob sie an der richtigen Position angebracht sind, vgl. Valanou (2006).

Bei *Fragebögen* zur Einschätzung der körperlichen Aktivität hängt die Zuverlässigkeit der Aussagen wieder stark von der Ehrlichkeit und dem Erinnerungsvermögen der Proband/innen ab; grundsätzlich werden gute Werte erzielt, die aber für das Erfassen mittlerer Intensitäten niedriger sind als für die Erfassung hoher Aktivitäten, vgl. Sallis und Saelens (2000).

1.7.1.3 Zur Objektivität

Die Objektivität drückt den Grad der Unabhängigkeit von subjektiven Einflüssen durch die Person des Untersuchers, die Person des Auswerters und die Person des Beurteilers aus, vgl. Weineck (2010 S. 77).

Dieses Gütekriterium können sowohl die *DLW-Method*, die *indirekte Kalorimetrie,* die *Spirometrie* und auch die *Accelerometrie* sehr gut erfüllen. Die genannten Methoden zeichnen sich durch ihre Objektivität aus, da sie die relevanten Daten sammeln, ohne dabei vom Untersucher beeinflussbar zu sein, vgl. Valanou (2006). *Fragebogenuntersuchungen* gelten naturgemäß als subjektive Methoden und sind, weil sie große Beeinflussungen zulassen, nicht sehr objektiv, vgl. Valanou (2006).

1.7.2 Nebengütekriterien

1.7.2.1 Zur Ökonomie

Eines der Nebengütekriterien ist die Ökonomie. Weineck (2010, S. 77) bezeichnet einen Test dann als ökonomisch, wenn er zeitlich und materiell ohne großen Aufwand durchführbar ist.

Immer wieder wird in der Literatur betont, dass die *DLW-Methode* zwar sehr genau, gleichzeitig aber auch mit hohen Kosten verbunden ist, vgl. zum Beispiel Ekelund (2002, S. 11) und Valanou et al. (2006).

Gleiches gilt für die *Kalorimetrie*, die dazu auch noch einen hohen zeitlichen Aufwand mit sich bringt, was sie für größere Studien ungeeignet erscheinen lässt.

Auch die *Spirometrie* gilt als kostenintensiv, was die Brauchbarkeit dieser Methode für den Einsatz in größeren epidemiologischen Studien ebenfalls stark einschränkt, vgl. Valanou et al. (2006).

Die *Accelerometrie* erfüllt das Nebengütekriterium der Ökonomie da weitaus besser: Verglichen mit den anderen Methoden sind Accelerometer kostengünstiger und können ohne zeitlichen Aufwand an vielen Studienteilnehmern und Teilnehmerinnen gleichzeitig durchgeführt werden. Dies beweist auch der Einsatz dieser Geräte in bereits zahlreichen epidemiologischen Studien, wie zum Beispiel der „European Heart Study“, vgl. Riddoch et al. (2005).

Fragebogenuntersuchungen erfüllen das Kriterium der Ökonomie am besten: Sie sind kostengünstig und erfordern keinen allzu großen zeitlichen Aufwand, weshalb diese Methode in epidemiologischen Studien häufig eingesetzt wird, vgl. Valanou (2006).

1.7.2.2 Zur Normiertheit

Die Normiertheit bedeutet, nach Weineck (2010), dass Angaben vorliegen müssen, die als Bezugsgrößen für individuelle Testergebnisse herangezogen werden können.

Im Bereich der körperlichen Aktivitätserfassung zur Energieverbrauchsabschätzung kann die Normiertheit insoweit angenommen werden, als dass es Intensitätslevel gibt, in welche die Messergebnisse eingestuft werden können.

1.7.2.3 Zur Vergleichbarkeit

Das Nebengütekriterium der Vergleichbarkeit ist gegeben, wenn mehrere Tests mit ähnlicher Gültigkeitsaussage vorliegen, vgl. Weineck (2010, S.77).

In Anbetracht der zahlreichen Literaturstellen zu den unterschiedlichen Methoden der Energieverbrauchsabschätzung, kann auch dieses Nebengütekriterium für die vorgestellten Methoden als gesichert angenommen werden.

1.7.2.4 Zur Nützlichkeit

Als nützlich gilt ein Test dann, wenn er eine psychophysische Fähigkeit erfasst, deren Kenntnis von praktischem Bedürfnis ist, vgl. Weineck (2010 S. 77).

Dies trifft für die Messungen der körperlichen Aktivität zu, weil es, wie eingangs erläutert, ein wissenschaftliches Anliegen ist, die Beziehung zwischen Dosis und Wirkung von körperlicher Aktivität und Gesundheit noch genauer in Erfahrung bringen zu können. Die Kenntnis darüber ist von großen praktischen Bedürfnis.

1.7.3 Zusammenfassende Betrachtung

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Methoden, die die Gütekriterien und dort insbesondere die Validität gut erfüllen, gleichzeitig auch mit hohen Kosten verbunden sind. So gilt die DLW-Method als sehr genau, aber auch als teuer. Insbesondere, weil sie die Versuchspersonen in ihrer Bewegungsfreiheit nicht einschränkt, gilt sie dennoch als Methode der ersten Wahl. Die Methode der direkten Kalorimetrie ist zwar genau, kann aber nur im Labor angewendet werden, was ihre Anwendbarkeit in Studien zur Energieverbrauchsabschätzung einschränkt. Besser eignet sich da schon die Spirometrie, die ebenfalls als sehr genaue Methode gilt und mit Einschränkungen auch im Feld anwendbar ist. Die Accelerometrie ist ein guter Kompromiss zwischen „aufwendig/teuer aber genau“ und „einfach/kostengünstig aber ungenau“. Da diese Methode die Probanden/innen nur in sehr geringem Maße einschränkt, kann sie gut in epidemiologischen Studien angewendet werden. Als am einfachsten, aber auch am ungenauesten kann der Fragebogen eingestuft werden.

Aufgrund ihrer Exaktheit und den gleichzeitig hohen Kosten werden die *direkten Methoden der Energieverbrauchsabschätzung*, also die DLW-Method, die direkte Kalorimetrie und die Spirometrie häufig zur Validierung der Methoden eingesetzt, die die körper-

liche Aktivität messen, und so eine *indirekte Energieverbrauchsabschätzung* liefern. Diese sind zwar weniger genau aber kostengünstiger, weshalb sie in epidemiologischen Studien häufig zum Einsatz kommen. Zusammenfassend lässt sich das Verhältnis zwischen Genauigkeit und Aufwand bzw. Kosten am besten wie in Abb. 1 darstellen.

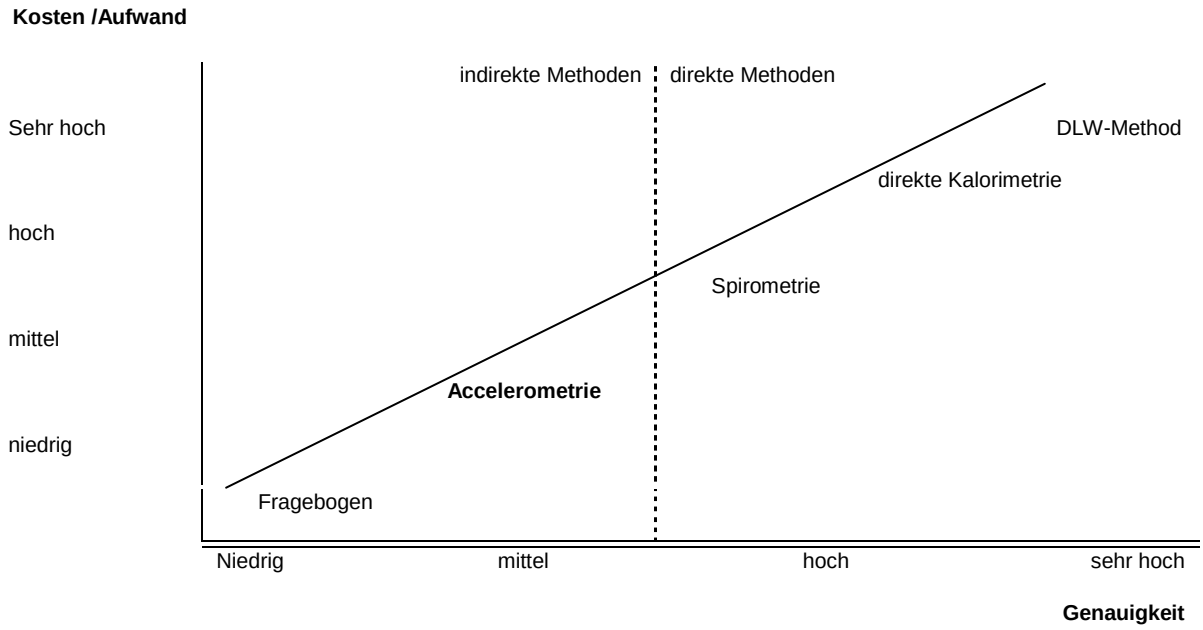


Abb. 1: Genauigkeit vs. Kosten (eigene Darstellung).

1.8 Accelerometrie in der Sportwissenschaft

In diesem Kapitel soll ein Grundverständnis dafür geschaffen werden, wie Accelerometer beim Einsatz in der Sportwissenschaft zur Erfassung der körperlichen Aktivität funktionieren, und wie es gelingt damit Energieverbrauchsabschätzungen vorzunehmen. Es folgen Beispiele für den Einsatz der Geräte in epidemiologischen Studien.

1.8.1 Technik der Accelerometer

Das Messen der Bewegungsaktivität geschieht mittels der Piezo-Elektronik, die in der Lage ist, Beschleunigungswerte zu erfassen. Beschleunigung verhält sich proportional zu einer veränderten Geschwindigkeit bzw. zur aufgewendeten Energie. So wird ein informationsreiches Signal auf technische Art und Weise aufgenommen, das in der Lage ist menschliche Aktivität bzw. aufgewendete Energie in Form von Geschwindigkeitsveränderungen zu bestimmen, vgl. Chen und Basset (2005).

Das Gerät speichert die gewonnenen Daten in Form von Zahlen (im Folgenden „activity counts“) ab. Diese liefern Informationen über Intensität, Dauer und Häufigkeit einer gemessenen körperlichen Bewegung. Die Intensität kann an der Höhe der „activity counts“ abgelesen werden. Die Dauer und die Häufigkeit ergeben sich daraus, wie lange und wie oft das Gerät die körperliche Bewegung in bestimmten Intensitäten registriert und in Form der „activity counts“ speichert, vgl. Steward et al. (2005). Um den „activity counts“ letztendlich eine physiologische Bedeutung zu geben, ist es notwendig, das Gerät entsprechend zu kalibrieren, vgl. Matthews (2005).

1.8.2 Von den „activity counts“ zur physiologischen Bedeutung

Die Sauerstoffaufnahme (VO_2) des Körpers ist weitgehend linear mit der Leistung, in diesem Fall in Form der Geschwindigkeitssteigerung beim Gehen bzw. Laufen. Deshalb gibt es einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen VO_2 und Geschwindigkeit, vgl. Eisele et al. (1996). Weineck (2010, S. 310) schränkt diesen Zusammenhang allerdings ein, indem er betont, dass dieser lineare Zusammenhang nur bis zur anaeroben Schwelle gilt. Danach kommt es zu einer Verringerung des Anstiegs der VO_2 um etwas mehr als 50 %, vgl. Bickham et al. (2004, S.300). Abb. 2 soll den Zusammenhang von VO_2 und Laufgeschwindigkeit veranschaulichen.

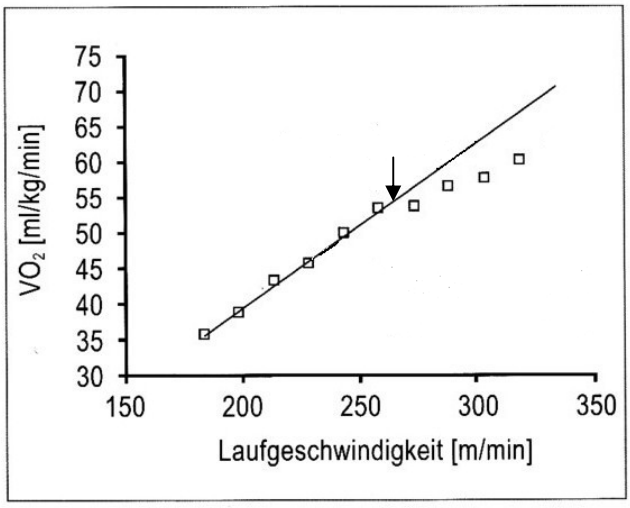


Abb. 2: Linearer Zusammenhang von Laufgeschwindigkeit und VO_2 (modifiziert nach Weineck 2010 S.310).

Um von den „activity counts“ eine physiologische Bedeutung ableiten zu können, ist es essentiell, die Accelerometer so zu kalibrieren, so dass auch ihre Outputdaten in Form der

„activity counts“ linear zur Leistung, bzw. Geschwindigkeitserhöhung steigen. So wird den „activity counts“ eine physiologische Bedeutung gegeben, indem die gewonnenen Daten der Geräte mit dem tatsächlich gemessenen Sauerstoffverbrauch verglichen werden und auf diese Weise Regressionsgleichungen berechnet werden. Mit diesen können dann Aussagen, über den Energieverbrauch getätigt werden. Aufgrund des linearen Zusammenhanges, ist dies zumindest für das Gehen und Laufen bis zur anaeroben Schwelle mit großer Messgenauigkeit möglich, wie viele Studien belegen, vgl. beispielsweise Freedson et al. (1998).

Freedson et al. (1998) gingen bei der Kalibrierung des CSA-Acceleromers, einem Vorgängermodel des Actigraph GT1M, folgendermaßen vor: Mittels Spirometrie nahmen sie den O_2-Verbrauch der Probanden/innen während verschiedener Geschwindigkeiten auf, die auf dem Laufband gegangen bzw. gelaufen wurden. Gleichzeitig trugen die Probanden/innen den CSA-Accelerometer. Anhand des Vergleiches zwischen tatsächlichem O_2 -Verbrauch und den „activity counts“ während den unterschiedlichen Geh- bzw. Laufgeschwindigkeiten wurde eine Regressionsgleichung erstellt, die es ermöglicht, anhand der „activity counts“ Informationen über den Energieverbrauch in Form von Kilokalorien zu erhalten. Folgende Regressionsgleichung kam dabei zustande, vgl. Freedson et al. (1998):

$$\text{Kcal / min} = (0{,}00094 \times \text{counts/min}) + (0{,}1346 \times \text{kg}) - 7{,}37418$$

In der Fachliteratur gibt es zahlreiche ähnliche Regressionsgleichungen, die den „activity counts“ der verschiedensten Accelerometer eine Bedeutung in Form von Angaben zum Energieverbrauch geben. Dabei werden die „activity counts“ meist in MET-Einheiten umgerechnet, vgl. beispielsweise die Studien von Hendelman et al. (2000); Swartz et al. (2000) und Leenders et al. (2003).

1.8.3 Überblick über bisherige Entwicklungsschritte

Seit Einführung der Accelerometrie als objektive Methode zur Messung der körperlichen Aktivität in den frühen 80er Jahren durch Montoye et al. (1983), ist die Entwicklung nicht stehen geblieben. Die kontinuierliche Verbesserung der Accelerometer eröffnen neue Möglichkeiten in epidemiologischen Forschungsbereichen.

So hat sich inzwischen die Batterielaufzeit verlängert, und die Speicherkapazität hat sich entscheidend vergrößert, was längere und genauere Messungen ermöglicht. Und auch die Komplexität der Messungen steigert sich immer weiter. Dies soll hier am Beispiel

einer kurzen Beschreibung der verschiedenen Modelle der Firma Actigraph verdeutlicht werden:

Die ersten Modelle dieser Firma, die früher als „Computer Science and Applications (CSA) and Manufacturing Technology Inc. (MTI)“ bezeichnet wurde, waren der *CSA- bzw. MTI Accelerometer*. Diese Geräte werden in der Literatur manchmal als MTI-, manchmal als CSA- und selten als CSA/MTI-Accelerometer bezeichnet, was bei der Einordnung der Modelle manchmal für Verwirrung sorgt. Diese Modelle sind in vielen Studien Gegenstand der Untersuchung, vgl. beispielsweise Freedson et al. (1998) und Leenders et al (2001). Das CSA/MTI Modell kann Beschleunigungswerte aus der vertikalen Ebene aufnehmen und in Form der „activity counts“ speichern.

Es folgten zwei weitere Modelle der inzwischen in „Actigraph“ umbenannten Firma, der *„Actigraph 5032“* und der *„Actigraph 7164“*, vgl. Freedson et al. (2005). Diese Geräte können ebenfalls die Beschleunigungswerte aus der vertikalen Ebene aufnehmen und in Form der „activity counts“ abspeichern. Zusätzlich kann auch die Schrittfrequenz aufgenommen und gespeichert werden. Diese Modelle wurden in epidemiologischen Studien bisher sehr oft eingesetzt, unter anderem in der „European Youth Heart Study“, vgl. Andersen et al. (2006) oder in der Studie von Trost et al. (2003).

Das Nachfolgemodell, dieser Geräte ist der *Actigraph GT1M,* der von 2005 bis 2008 hergestellt wurde. Dieses Modell wird Gegenstand der Untersuchungen im empirischen Teil dieser Arbeit sein. Beim Actigraph GT1M hat sich ein entscheidender weiterer Entwicklungsschritt getan: Das Gerät misst Beschleunigungswerte aus der vertikalen und der horizontalen Ebene (vgl. www.theactigraph.com). Eingesetzt wurde dieses Gerät unter anderen bereits in Studien von Corder et al. (2007) und Rawson & Walsh (2010).

Inzwischen gibt es bereits ein Nachfolgemodell des GT1M. Es nennt sich Actigraph GT3X, und ist in der Lage Beschleunigungswerte aus vertikaler, horizontaler und medio lateraler Ebene zu erfassen (vgl. www.theactigraph.com). In der Datenbank Pubmed ist bisher nur eine Studie zu finden, in der dieses Gerät schon eingesetzt wurde, vgl. Ortiz et al. (2010).

Die beschriebene Weiterentwicklung der Geräte der Firma Actigraph steht exemplarisch für die Entwicklungsschritte die sich allgemein im Bereich der Accelerometrie zur Energieverbrauchsabschätzung abzeichnen. Durch die Implementierung von Piezo-Sensoren, die die Beschleunigungswerte mehrdimensional erfassen, wird sich eine genauere Erfassung von Alltagsaktivitäten erhofft, vgl. Matthews (2005). Die gängigsten Geräte im Bereich der Accelerometrie die immer wieder in unterschiedlichen Studien auftauchen, sind neben den Geräten von „Actigraph“ und ihrer Vorgängern „CSA/MTI“ die Geräte „Caltrac“, „Tritrac“, „Actical“, „Actiwatch“ und „BioTrainer“.

1.8.4 Beispiele für den Einsatz der Accelerometrie in epidemiologischen Studien

Um eine Vorstellung davon zu erlangen, in welchen Gebieten Accelerometer im Forschungsfeld der Sportwissenschaften eingesetzt und welche Erkenntnisse damit gewonnen werden können, sollen beispielhaft einige Studien vorgestellt werden.

Eine der größten epidemiologischen Studien, in der Beschleunigungsmesser zum Einsatz kommen, um die körperliche Aktivität zu erfassen, ist die *„European Youth Heart Study“,* vgl. Andersen et al. (2006). Im Rahmen dieser Studie sollte der Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität von der frühesten Kindheit an mit kardiovaskulären Risikofaktoren ermittelt werden, die sich schon in der Kindheit zu entwickeln beginnen. Ziel dieser Untersuchung war es, die Dosis-Wirkungsbeziehung von körperlicher Aktivität und Gesundheit zu beleuchten, um am Ende Richtlinien erstellen zu können, mit welcher Dosis an körperlicher Bewegung eine Erkrankung des Herzkreislaufsystems möglicherweise zu vermeiden ist. Dazu wurde eine randomisierte Längsschnittuntersuchung an 1732 Jugendlichen im Alter von 9 bis 15 Jahren aus unterschiedlichen europäischen Ländern durchgeführt. Neben der Bewegungsaktivität, die mithilfe der Accelerometrie erhoben wurde, wurden potentielle Risikofaktoren für einen Herzinfarkt wie Blutdruck (systolisch), Triglyceride, Gesamtcholesterin und HDL- Anteil, die Insulinsensitivität, die Hautfaltendicke an drei Stellen sowie die Ausdauerleistungsfähigkeit erfasst. Aus den Ergebnissen konnte man sehen, dass die Intensitätslevels höher sein sollten als es derzeitige internationale Empfehlungen - eine Stunde pro Tag in mittlerer Intensität - angeben, um die Entwicklung eines kardiovaskulären Risikos zu vermeiden.

In einer anderen Studie wurde der Frage nachgegangen, welche Intensitätslevel Kinder während einer Nachmittagsbetreuung erreichen, vgl. Trost et al. (2008). Zur Beantwortung dieser Frage wurden die Accelerometer Actigraph GT1M eingesetzt. Es konnte festgestellt werden, dass die teilnehmenden Kinder im Schnitt 42,6 Minuten inaktiv, 40,8 Minuten in niedriger Intensität aktiv, 13,4 Minuten in mittlerer Aktivität aktiv und 5,3 Minuten in hohen Intensitäten aktiv waren. Die Buben erreichten höhere als Werte als die Mädchen in den mittleren und hohen Intensitätsbereichen, und niedrigere Werte als die Mädchen bei niedriger Aktivität und Inaktivität. Desweiteren bewegten sich übergewichtige und übergewichts-gefährdete Kinder deutlich weniger im anstrengenden Bereich als die normalgewichtigen Kinder. Die die Intensitäten im Bereich des mittleren Aktivitätslevels waren beim „freien Spielen“ signifikant höher als während organisierter und strukturierter Spiele. Aus der Studie wird geschlossen, dass Nachmittagsprogramme ein wichtiger Beitrag zu mehr Bewegung für Kinder sein können. Die bestehende Zeit sollte aber noch besser für körperliche Aktivitäten genutzt werden, um den Kindern einen gesundheitlichen Nutzen zu verschaffen.

Kurz andauernde, aber dafür intensive Bewegungsmuster sind charakteristisch für Kinder. In einer Studie von Stone et al. (2009) wurde deshalb die Beziehung zwischen kurz andauernden Aktivitätsperioden und der Gesundheit von Kindern untersucht. Dazu wurde bei 47 Kindern im Alter von acht bis zehn Jahren die Bewegungsaktivität mithilfe des Accelerometers Actigraph GT1M für eine Woche lang aufgezeichnet, um Häufigkeit, Intensität und Dauer der Aktivitäten zu erfassen. Zusätzlich wurden Gesundheitsparameter wie die Funktion der Herz-Kreislaufgefäße, der Taillenumfang, der Blutdruck und die Ausdauerleistungsfähigkeit gemessen. Es wurde festgestellt, dass sich kurze aber intensive Bewegungseinheiten genauso positiv auf die Gesundheitsparameter auswirken wie längere, aber weniger intensive Bewegungseinheiten.

Martìnez-Gòmez et al. (2009) interessierten sich für das bessere Verständnis des Zusammenhanges zwischen der verbrachten Zeit in bestimmten Intensitätslevels und der Entwicklung von chronischen Krankheiten in der Jugend. In seiner Studie untersuchte er mithilfe von Accelerometern den Gesamtenergieverbrauch und die Verweildauer seiner Probanden/innen in den verschiedenen Intensitätslevels. Hierzu trugen 214 gesunde spanische Jugendliche im Alter von 13 bis 16 Jahren über sieben Tage lang den Actigraph GT1M. Um die Gesundheitsparameter zu erfassen, wurden anthropometrische Daten wie die Hautfaltendicke an sechs verschiedenen Stellen, der Taillenumfang und der BMI erhoben. Die Studie wies nach, dass die männlichen Jugendlichen körperlich aktiver waren als die weiblichen. Dies gilt für mittlere und hohe Intensitäten gleichermaßen. Bei Aktivitäten, die in einen niedrigen Aktivitätslevel fallen, weisen die weiblichen Jugendlichen höhere Werte auf. Bei der Betrachtung von Altersunterschieden fand man, dass sich die Gruppe der 15- bis16Jährigen körperlich aktiver war als die Gruppe der 13-bis 14Jährigen. Probanden/innen mit einem höheren BMI waren weniger aktiv und verbrachten weniger Zeit in mittleren bis hohen Intensitätsbereichen. Insgesamt erreichten 71,1% der Probanden/innen die empfohlene Tagesdosis von mind. 60 Minuten Aktivität im mittleren Intensitätsbereich.

1.9 Wissenschaftliche Erkenntnisse

Um die Gütekriterien bei dem Einsatz der Accelerometrie in epidemiologischen Studien erfüllen zu können, waren in der Vergangenheit vor allem Fragestellungen zur Platzierung von Accelerometern, Fragestellungen zur günstigsten Einstellung der „epoch lenght“ und Fragestellungen zur Dauer der Aktivitätsmessung Gegenstand der Forschung. Die wichtigsten Erkenntnisse dazu sollen im Folgenden dargestellt werden. Für die eigene empirische Untersuchung sind dabei insbesondere die Erkenntnisse über die Geräteplat-

zierung und über die Einstellung der „epoch lenght“ wichtig. So werden die Ausführungen in den folgenden Unterkapiteln auch vor dem Hintergrund getätigt, wichtige Hinweise für die eigene Untersuchung zu erkennen und darzustellen.

Die vorgestellten Studien haben weitgehend Accelerometer der Firma Actigraph bzw. CSA/MTI als Untersuchungsgegenstand. Dies deshalb, weil in der vorliegenden Studie ebenfalls ein Modell dieser Firma, der GT1M Gegenstand der Untersuchungen sein wird. Es sei noch einmal festgehalten, dass es sich bei den Bezeichnungen CSA, MTI, CSA/MTI und Actigraph 5032 und 7164 um Vorgängermodelle des Actigraph GT1M handelt, die allesamt Beschleunigungswerte aus der eindimensionalen vertikalen Achse aufnehmen können.

Speziell zu dem Modell Actigraph GT1M sind bislang kaum Studien zu den im Folgenden behandelten Themengebieten zu finden.

1.9.1 Platzierung der Accelerometer

Es stellt sich die Frage, wo ein Accelerometer am besten platziert sein sollte, um die Bewegungen des Körpers entsprechend den Gütekriterien genau und zuverlässig registrieren zu können.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass die Beschleunigungswerte dann am besten registriert werden können, wenn das Gerät möglichst nahe am Körperschwerpunkt angebracht ist, vgl. Trost et al. (2005). Auch in der Bedienungsanleitung des GT1M Actigraph wird empfohlen, das Gerät nahe dem Körperschwerpunkt auf Taillenhöhe mittels eines vom Hersteller mitgelieferten Gummibandes auf der rechten Körperseite anzubringen, vgl. Actilife Users Manual (2008, S. 6). Abb. 3 zeigt die korrekte Position des Gerätes. Auch wenn in der Bedienungsanleitung des Actigraph GT1M eine Geräteplatzierung empfohlen wird, so ist es dennoch interessant, wie sich unterschiedliche Platzierungen solcher Geräte auf die „activity counts“ auswirken.

Welk et al. (2000) untersuchte in seiner Studie unter anderem den CSA-Accelerometer zu dieser Thematik: Diesen platzierte er 43 Probanden/innen an drei verschiedene Positionen der rechten Hüfte. Ein Gerät wurde hüfthoch auf der vorderen Axillarlinie (iliac crest) platziert, eines hüfthoch auf der mittleren Axillarlinie und eines ebenfalls hüfthoch auf der hinteren Axillarlinie. Dann absolvierten alle Probanden/innen die Aufgabe, 3 mal 6 Minuten in einer Geschwindigkeit von 3 mph zu gehen. Es wurden kleine, aber statistisch signifikante Unterschiede in den „activity counts“ der drei unterschiedlich positionierten Geräte festgestellt: Die „activity counts“ der Geräte, die jeweils auf der mittleren Axillarlinie platziert waren, erreichten höhere Werte in den „activity counts“ als

die Geräte, die jeweils vorn und hinten an der Hüfte platziert waren. Das hinten platzierte Gerät hatte höhere Werte in den „„activity counts“ als das vordere. Die anderen Modelle, die Welk et al. (2000) auf die gleiche Weise testete, waren der Tritrac und der Biotrainer, bei denen die unterschiedliche Platzierung der Geräte aber keinen signifikanten Unterschied in den „activity counts“ ergab. Dies veranlasste Welk zu dem Resümee, dass der CSA-Accelerometer an jedem Messtag unbedingt auf der exakt gleichen Stelle getragen werden sollte, was Welk aber auch für die anderen Geräte empfiehlt.

Yngve et al. (2003) untersuchte den Actigraph 7164. Dabei überprüften sie, ob die Platzierung der Geräte auf Hüfthöhe (mittlere Axiliarlinie) und auf Höhe des unteren Rückens (lumbar vertebrae 4-5), das Messergebnisse beeinflussen. Im Labor wurden die 28 Probanden/innen gebeten, in einem selbstgewählten Tempo zunächst in normaler Geschwindigkeit zu gehen, dann schnell zu gehen und schließlich zu joggen. Zwischen jeder Aufgabe wurde eine Pause eingelegt. Die individuellen Geh- und Laufgeschwindigkeiten wurden anhand der zurückgellegten Strecken registriert. Auf dem Laufband absolvierten die Probanden/innen dann eine Woche später den gleichen Test mit den gleichen Geschwindigkeiten noch einmal. Zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien ergaben sich keine Unterschiede in den „activity counts“ der verschieden platzierten Geräte. Die Accelerometer, die auf Hüfthöhe verschnallt waren, hatten höhere Werte der „activity counts“ während des normalen und des schnellen Gehens. Dagegen zeigten die Geräte auf Hüfthöhe für das Joggen signifikant niedrigere Werte in den „activity counts“ an.

In einer weiteren Untersuchung von Yngve et al. (2003) derselben Studie sollte überprüft werden, ob sich die „activity counts“ je nach Geräteplatzierung auch während Alltagsaktivitäten unterscheiden. Hier handelte es sich um dieselben Probanden/innen und dieselben zwei Geräteplatzierungen auf Hüfthöhe und auf Höhe des unteren Rückens wurden gewählt. Dieses Mal wurden die „activity counts“ über sieben Tage hinweg gesammelt: Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in den „activity counts“, und auch die Verweildauer in den verschiedenen Intensitäten wurde bei beiden Platzierungen der Geräte ohne signifikante Unterschiede angegeben.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Platzierung der Accelerometer einen Einfluss auf die Messungen haben kann. Dieser ist aber nur gering und konnte bei der Erfassung von Alltagsaktivitäten nicht gefunden werden. Es bleibt also festzuhalten, dass der Einfluss der Position zwar gegeben ist, solange das Gerät aber wie in den vorgestellten Studien in der Nähe des Körperschwerpunktes bleibt, ist der Effekt jedoch nicht allzu groß. Um die „activity counts“ miteinander vergleichen zu können, sollten Accelerometer zumindest innerhalb einer Probanden/innengruppe an der exakt gleichen Stelle getragen werden.

Es empfiehlt sich natürlich, dabei die Angaben des Herstellers zu beachten. Die Actigraph-Modelle in den vorgestellten Studien sollten laut der Gebrauchsanweisung auf Hüfthöhe platziert werden, vgl. Operators Manual Modell 1764 (1997, S. 20). Für das Nachfolgemodel Actigraph GT1M wird die Platzierung auf Taillenhöhe empfohlen, vgl. Actilife Users Manual (2008, S. 6). Abb. 3 zeigt die korrekte Platzierung des Actigraph GT1M. Diese wird bei der eigenen Untersuchung bei allen Probanden eingehalten.

Abb. 3: Empfohlene Position des Actigraph GT1M (eigene Darstellung).

1.9.2 Einstellung der „epoch lenght“

Die „epoch lenght“ ist das Zeitintervall, nach der das gefilterte und digitalisierte Signal eines Accelerometers abgespeichert wird, vgl. Trost et al. (2005). Am Ende jeder „epoch length“ wird der summierte Wert der Messung also gespeichert und steht in Form der „activity counts“ für Interpretationen zur Verfügung.

In den meisten Studien, in denen Accelerometer genutzt werden, um die körperliche Aktivität zu messen, ist die „epoch lenght“ auf eine Minute eingestellt, vgl. Cooper et al. (2000). Dies liegt wahrscheinlich daran, dass damit sofort Aussagen über den Energieverbrauch pro Minute zur Verfügung stehen, ohne dass die „activity counts“ angepasst werden müssen.

Ist nur der Umfang einer Aktivität, also die „activity counts“ über eine bestimmte Zeit, von Interesse, dann spielt die „epoch lenght“ keine Rolle, da sie keinen Einfluss auf das Untersuchungsergebnis und die Messgenauigkeit hat, vgl. Actilife Users Manual (2008, S.19). In der eigenen Untersuchung beispielsweise werden die vergebenen „activity counts“ über eine bestimmte Zeit von Interesse sein. Die Einstellung der „epoch length“ beeinflusst das Messergebnis also nicht. Dennoch soll im Folgenden auf die „epoch lenght“ genauer eingegangen werden, da dies für einen vollständigen Literaturüberblick unumgänglich ist.

Denn soll untersucht werden, wie viel Zeit in den unterschiedlichen Intensitätslevels verbracht worden ist, dann spielt die Wahl der „epoch lenght“ eine wichtige Rolle; sie sollte sorgfältig gewählt werden, da sie das Studienergebnis beeinflusst und unter Umständen verfälschen kann, vgl. Chen und Basset (2005). Ist die „epoch lenght“ beispielsweise auf 1 Minute eingestellt, so können hohe Intensitäten, die weniger als 1 Minute dauern, sich nicht adäquat in den „activity counts“ widerspiegeln, da diese den Durchschnittswert der Intensität während einer Minute angeben. Das Bewegungsprofil wird also verfälscht, indem hohe Intensitäten nicht erkannt werden, da nur der Durchschnittswert der ganzen Minute herangezogen wird. So werden kurz andauernde hohe Intensitäten niedrigeren Intensitäten zugeordnet.

Aus diesem Grund wird angenommen, dass vor allem für Kinder und Jugendliche eine kürzere „epoch lenght“ gewählt werden sollte. Dies deshalb, weil Kinder sich spontan und mitunter in sehr hohen und kurzen Intensitäten bewegen. So können sie für in weniger als 10 Sekunden von einem Intensitätslevel in einen anderen wechseln. Und die Verweildauer in sehr hohen Intensitätsbereichen dauert oft nur drei Sekunden, vgl. Bailey (1995).

Vor diesem Hintergrund überprüfte Nilsson et al. (2002) den Einfluss der „epoch lengh“ auf die „activity counts“, bei Kindern und Jugendlichen: Für die niedrigen und mittleren Intensitäten spielte die eingestellte „epoch lenght“ keine Rolle. Ein großer Einfluss zeigte sich aber bei hohen und sehr hohen Intensitäten: So wurde die Verweildauer in hoher Intensität bei einer „epoch lenght“ von 1 Minute auf 10 Minuten geschätzt. Wurde die „epoch lenght“ auf 5 Sekunden eingestellt so wurde die Verweildauer in hoher Intensität auf 40 Minuten eingeschätzt. Noch deutlicher zeigte sich der Effekt in sehr hohen Intensitätsbereichen: Bei der „epoch lenght“ von 1 Minute wurde die Verweildauer in diesem Intensitätsbereich auf 1 Minute eingeschätzt. Wurde die „epoch lenght“ dagegen auf 5 Sekunden eingestellt, lag die Einschätzung der Verweildauer in dieser Intensität bei 11 Minuten.

Das Ergebnis dieser Studie zeigt deutlich, dass die „epoch lenght“ von 1 Minute für Kinder zu lange ist, um das Bewegungsprofil in allen Intensitätsbereichen messen zu können. Die Verweildauer in hohen und sehr hohen Intensitäten wird bei dieser „epoch lenght“ unterschätzt. Die „epoch lenght“ für die Energieverbrauchsabschätzung von Kindern sollte somit nicht länger als 5 Sekunden sein. Da Erwachsene ein deutlich ruhigeres Bewegungsverhalten aufweisen, ist anzunehmen, dass für diese die Einstellung der „epoch lenght“ von 1 Minute adäquat ist. Trost et al. (2005) beklagt an dieser Stelle, dass bisher systematische Untersuchungen hierzu fehlen.

Für die eigene Untersuchung kann noch einmal festgehalten werden, dass die eingestellte „epoch lenght“ das Messergebnis nicht beeinflussen kann.

1.9.3 Dauer der Aktivitätsmessung

Die Erkenntnisse über die notwendige Dauer der Aktivitätsmessung sind vor allem in epidemiologischen Studien von längerer Dauer essentiell, und dürfen deshalb in einem allgemeinen Literaturüberblick nicht fehlen. Auch wenn daraus für die eigene Untersuchung keine Erkenntnisse gewonnen werden können, da diese ohnehin zeitlich begrenzt ist, und es vielmehr um die Messgenauigkeit des Gerätes selbst, als um die adäquate Erfassung der körperlichen Aktivität geht.

In epidemiologischen Studien dagegen ist es wichtig zu wissen, wie lange die körperliche Aktivität erfasst werden muss, um reliable, das heißt zuverlässige Aussagen über den Energieverbrauch treffen zu können. Denn der gemessene Tages- bzw. Wochendurchschnitt an „activity counts“ soll ja auch dem tatsächlichen Wert der körperlichen Aktivität entsprechen. Gleichzeitig kann mit diesem Wissen auch eine unnötig lange Messung verhindert werden. Dies spart unnötige Kosten und die unnötige Beanspruchung von Probanden/innen. Auch die Länge der Datenaufnahme pro Tag muss genau definiert werden, damit die Daten später untereinander verglichen werden können.

Um die Anzahl der Messtage festzulegen, die benötigt werden, um in der entsprechenden Population zuverlässige Aussagen über die körperliche Aktivität tätigen zu können, wird in vielen Studien folgende Varianzaufteilungstechnik genutzt, vgl. Trost et al. (2005):

Zunächst wird die Reliabilität (ICC) für die Messung an einem Tag festgestellt: „σ_b^2“ ist dabei die Zwischensubjektvarianz und „σ_w^2“ die Innersubjektvarianz:

$$ICC_s = \sigma_b^2/(\sigma_b^2+\sigma_w^2)$$

Die Spearman-Brown-Formel wird dann genutzt, um eine Angabe über die notwendige Anzahl der Tage zu erhalten, die benötigt wird, um ein bestimmtes Maß an Reliabilität zu erhalten. Dabei ist „N“ die Anzahl der benötigten Tage „ICC_t“ ist die angestrebte Reliabilität, und „ICC_s“ ist Zahl der Reliabilität für die Eintages-Messung, die zuvor ermittelt werden muss.

$$N = [ICC_t/(1- ICC_t)][(1-ICC_s)/ICC_s]$$

Mit dieser Technik ist es möglich, anhand der Varianzen der Daten, die an einem Tag gemessen wurden, die benötigte Anzahl an Tagen zu errechnen, während der die Aktivität aufgezeichnet werden muss, um den gewünschten Grad an Reliabilität zu erreichen. In den meisten Studien wird die Reliabilität auf 0,80 festgesetzt, vgl. Trost et al. (2005).

Da das Bewegungsverhalten von Kindern bzw. und Jugendlichen, wie bereits erläutert, stark von dem der Erwachsenen abweicht, vgl. Bailey (1995), werden Erwachsene und Kinder bzw. Jugendliche in den meisten Studien zur Thematik der notwendigen Dauer einer Aktivitätsmessung getrennt untersucht. Einige studien werden im folgend vorgestellt.

Studien mit Erwachsenen:

Gretebeck und Montoye (1992) wendeten die Varianzaufteilungstechnik an, um herauszufinden wie viele Tage die Aktivität bei Erwachsenen gemessen werden sollten, um zuverlässige Aussagen über deren Aktivität treffen zu können. Ihre Stichprobe bestand aus 30 erwachsenen Personen. Der verwendete Accelerometer war ein Gerät der Firma „Caltrac“. Um eine dreidimensionale Messaufnahme zu ermöglichen, wurden zu dieser Zeit (1992) noch drei Accelerometer, die in den drei Bewegungsachsen ausgerichtet waren, verwendet. Die Bewegungsaktivität wurde über 7 Tage aufgenommen. Es stellte sich heraus, dass sich die „activity counts“ der Werktage nicht signifikant voneinander unterschieden. Die „activity counts“, die am Wochenende erreicht wurden, waren dagegen signifikant niedriger als die der Werktage. Insgesamt ergab sich bei dieser Studie, dass die Messungen *über 5 bis 6 Tage* notwendig sind, um die tatsächliche Bewegungsaktivität gut einschätzen zu können. Dabei sollte die Aktivität unbedingt auch am Wochenende erfasst werden.

Auf ein ähnliches Ergebnis kamen Levin et al. (1999): Die Reliabilität der Eintagesmessung (ICCs) lag bei 0.41. Mithilfe der Spearman Brown-Formel und einer angestrebten Reliabilität (ICC_t) von 0,80 kamen die Autoren zu der Ansicht, er dass *6 Tage* der Aktivitätsmessung für ein reliables Ergebnis notwendig sind.

Studien mit Kindern:

Treuth et al. (2003) untersuchten in einer Studie zur Validität und Reliabilität verschiedener Methoden der Aktivitätserfassung, in der der MIT/CSA-Accelerometer die Kriteriumsvariable war, unter anderem auch, wie viele Tage die körperliche Aktivität bei Kindern gemessen werden sollte, um reliable Ergebnisse zu erzielen. Dazu erfassten sie die Aktivität von 85 Mädchen im Alter zwischen 8 und 9 Jahren, während vier Tagen. Die Reliabi-

lität bei 4 Tagen der Messungen lag bei 0,37. Die „activity counts“ aller 4 Messtage unterschieden sich signifikant voneinander. Mithilfe des Spearman-Brown-Formulars kamen Sie zu dem Ergebnis, dass *mindestens 7 Tage* der Aktivitätserfassung notwendig sein würden, um eine Reliabilität von 0,80 zu erreichen.

Trost et al. (2000) untersuchten altersbezogene Trends der Reliabilität bei Kindern und Jugendlichen. Dazu verwendeten sie den Actigraph 7164. Insgesamt standen der Studie 381 Kinder und Jugendliche zur Verfügung, die je nach Alter in drei Gruppen aufgeteilt wurden: Die erste Gruppe bestand aus Kindern im Alter von 6 bis 9 Jahren (Schulstufe 1-3), in der zweiten Gruppe waren Kinder im Alter von 10 bis 12 (Schulstufe 4-6), die dritte Gruppe bestand aus Jugendlichen im Alter von 13 bis 15 (Schulstufe 7-9) und die Älteste Gruppe bestand aus Jugendlichen im Alter von 16 bis 18 (Schulstufe 10-12). Mittels Spearman-Brown-Formel konnte der klare Trend gezeigt werden, dass bei den Kindern (Schulstufe 1-6) eine hohe Reliabilität des Wertes 0.80 mit weniger Messtagen erreicht werden kann als bei Jugendlichen (Schulstufe 7-12): Bei Kindern sollte die Aktivitätsmessung *bei 4 bis 5 Tagen* liegen. Bei den Jugendlichen sollte die Messung zwischen *8 und 9 Tagen* liegen.

Diese Ergebnisse entsprechen weiteren Studien zu dieser Thematik, wie etwa die Studien von Janz et al. (1995), die Kinder im Alter zwischen 7 und 15 Jahren untersuchten, und von Durant et al. (1992), die Kinder im Alter zwischen 3 und 5 Jahren untersuchten. Interessant an der Studie von Trost et al. ist auch die Verteilung der „activity counts“ während der Werktage und dem Wochenende: Jüngere Mädchen (Schulstufe 1-3) sind am Wochenende deutlich aktiver als unter der Woche. Etwas ältere Mädchen (Schulstufe 4-6) weisen unter der Woche genauso viel Aktivität auf wie am Wochenende. Und Jugendliche Mädchen (Schulstufe 7-12) sind am Wochenende inaktiver als unter der Woche. Die jüngeren Buben (Schulstufe 1-6) sind am Wochenende aktiver - und die Älteren (Schulstufe 7-12) sind am Wochenende weniger aktiv als unter der Woche.

Bei der zusammenfassenden Betrachtung der Studienergebnisse zeigt sich, dass bei Erwachsenen eine Messung zwischen 5 und 6 Tagen ausreichen sollte, um gültige Ergebnisse zu erzielen. Bei Kindern ist eine Messung von 7 Tagen notwendig, wenn man den Ergebnissen von Treuth et al. (2003) folgt. Trost et al. (2003), die in ihrer Studie die größte Stichprobe vorweisen, gehen davon aus, dass bei Kindern eine Messung von 4 bis 5 Tagen akzeptabel ist. Deutlich wird in dieser Studie aber, dass Jugendliche auf jeden Fall mehr Messtage der Aktivitätserfassung als Kinder benötigen. Er geht von 8 bis 9 Tagen aus.

Unstrittig ist, dass in jeder Altersgruppe und auch bei den Erwachsenen unbedingt Werk- und Wochenendtage in der Aktivitätsaufzeichnung berücksichtigt werden müssen.

Denn alle vorgestellten Studien die in dieser Richtung Daten erhoben haben, erkannten signifikante Unterschiede zwischen den „activity counts“ am Wochenende und den „activity counts“ an Werktagen.

Alle gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse werden auf der nächsten Seite noch einmal überblicksmäßig dargestellt.

1.9.4 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Erkenntnisse

Im Folgenden werden die beschriebenen Erkenntnisse übersichtlich zusammengefasst, aus denen sich auch Schlussfolgerungen für die eigene Untersuchung ableiten lassen.[2]

Zur Platzierung:

- Platzierung des Actigraph GT1M nahe dem Körperschwerpunkt entsprechend den Angaben in der Bedienungsanleitung*
- Platzierung des Actigraph GT1M bei jedem/jeder Proband/in exakt gleich*

→ *Dies ist auch für die eigene Untersuchung zu beachten.*

Zur Einstellung der „epoch lenght“:

- Die Einstellung der „epoch lenght“ nimmt keinen Einfluss auf das Untersuchungsergebnis wenn nur der Umfang einer Aktivität ermittelt werden soll*
- Die Einstellung der „epoch lenght“ kann einen großen Einfluss auf das Untersuchungsergebnis nehmen, wenn untersucht wird wieviel Zeit in den Einzelnen Intensitätslevels verbracht wird
- Für Erwachsene reicht vermutlich eine „epoch lenght“ von 1 Minute aus um die verbrachte Zeit in den einzelnen Intensitätslevels genau zu erfassen.
- Für Kinder sollte die „epoch lenght“ mindestens 5 Sekunden betragen, wenn untersucht wird wie viel Zeit in den einzelnen Intensitätslevels verbracht wird

→ *Für die eigene Untersuchung wurde zwar eine „epoch lenght“ von 1 Sekunde gewählt, dies wirkt sich aber nicht auf die Messgenauigkeit aus.*

Zur Dauer der Energieverbrauchsabschätzung:

- Die Dauer der Energieverbrauchsabschätzung für Erwachsene sollte 5 bis 6 Tagen betragen
- Die Dauer der Energieverbrauchsabschätzung für Jugendliche sollt 8 bis 9 Tage betragen.
- Die Dauer der Energieverbrauchsabschätzung für Kinder sollte zwischen 5 und 7 Tage liegen.
- Es müssen auf alle Fälle Werktage sowie das Wochenende erfasst werden.

[2] Für die eigene Untersuchung relevante Erkenntnisse sind mit * gekennzeichnet.

1.10 Wissenschaftliche Problemfelder

Neben den wissenschaftlichen Erkenntnissen, die bisher gewonnen worden sind, gibt es auch einige Wissenslücken und Problemfelder, deren Klärung noch weiterer Forschung bedarf. Auch hierzu soll der aktuelle Stand im Folgenden dargestellt werden. Dabei soll auf wichtige Aspekte im Hinblick auf die eigene Untersuchung aufmerksam gemacht werden.

1.10.1 Der Einsatz von Accelerometern zur Erfassung der Alltagsaktivität

Ursprünglich waren Accelerometer dafür gedacht, objektive Informationen über Inaktivität und dynamische Aktivitäten wie die des Gehens und Laufens zu geben, vgl. Leenders et al. (2001). So bescheinigen sehr viele Studien den Accelerometern eine hohe Messgenauigkeit, wenn das Gehen und Laufen getestet wird.

Brage et al. (2003) stellte etwa bei Geh- bzw. Laufgeschwindigkeiten bis zu 9 km/h einen hohen Zusammenhang zwischen der VO_2 und den „activity counts“ des „Actigraph 7164“ fest. Welk et al. (2000) errechnete für die Modelle „Tritrac“ „BioTrainer“ und den „CSA-Accelerometer“ ebenfalls sehr hohe Korrelationen zwischen der VO_2 und den „activity counts“ beim Gehen bzw. Laufen in unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Es gibt zahlreiche weitere Studien, die diese hohen Zusammenhänge bestätigen. In der eigenen Untersuchung wird deshalb zu klären sein, ob diese hohen Zusammenhänge auch für den Actigraph GT1M gelten. Denn nur wenn dies der Fall ist, ist auch dieses Gerät ein valides Instrument zur Messung der Bewegungsintensität beim Gehen und beim Laufen.

Das Problem liegt aber bei der Messgenauigkeit, wenn es um das Erfassen von Alltagsaktivitäten geht. Denn sowohl statische Haltearbeit als auch Aktivitäten des Oberkörpers können hierbei von den auf Höhe des Körperschwerpunktes angebrachten Geräten nicht adäquat erfasst werden, vgl. Leenders et al. (2001).

Welk et al. (2000) überprüften in ihrer Untersuchung neben der Validität bei der Messung von unterschiedlichen Geh- und Laufgeschwindigkeiten auch die Validität bei Alltagsaktivitäten wie „Mähen“, „Wischen“, „Staubsaugen“ „Stapeln von Dingen“, „Schneeschippen“ und „Laub rechen“. Hier fielen die Korrelationen zwischen der mittels Spirometrie tatsächlich gemessenen VO_2 und den „activity counts“ der Geräte „Tritrac“, „Biotrainer“ und des „CSA-Accelerometers“ allesamt deutlich niedriger aus.

Auch Hendelman et al. (2000) konnten in einer Studie bestätigen, dass Accelerometer offensichtlich nicht in der Lage sind, Alltagsaktivitäten lückenlos zu erfassen. Er überprüfte den „CSA-Accelerometer“ und den „Tritrac“ während verschiedener

Aktivitäten. Seine Probanden/innen absolvierten vier selbst gewählte Geschwindigkeiten, die „gemächlich“, „gemütlich“, „mittelmäßig schnell“ und „flott“ sein sollten. Des Weiteren spielten die Probanden/innen Golf und absolvierten verschiedene Indoor- und Outdoor-Aktivitäten wie „Fensterputzen“, „Abstauben“ und „Staubsaugen“, sowie „Rasenmähen“ und „Gartenarbeit“. Während diesen Tätigkeiten wurde der tatsächliche Energieverbrauch mittels Spirometrie gemessen, und die Aktivität wurde mit dem CSA-Accelerometer aufgezeichnet: Auch in dieser Untersuchung waren die Zusammenhänge mit der VO_2 für das Gehen höher als für alle anderen Aktivitäten zusammen.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen zeigt das Problem, das entsteht, wenn es nicht um die Tätigkeit des Gehens oder Laufens geht, sondern hauptsächlich der Oberkörper eingesetzt oder Haltearbeit verrichtet wird. Der Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und der VO_2 während des Gehens und des Laufens ist in den vorgestellten Studien hoch (zwischen R^2=0.72 und 0.92), während er bei den Alltagsaktivitäten sehr niedrig ist (zwischen R^2=0,23 und 0.38).

Bei solchen Tätigkeiten kann ein Accelerometer, der auf Hüft-oder Taillenhöhe angebracht ist, die Aktivität offensichtlich nicht in adäquater Form erfassen. Offensichtlich ist die Beziehung zwischen den „activity counts“ der Accelerometer und der Sauerstoffaufnahme nur für das Gehen und das Laufen geeignet, um eine valide Energieverbrauchsabschätzung durchzuführen. Steward (2005) bringt das Problem auf den Punkt, wenn er in diesem Zusammenhang von einer „energy gap“ spricht. Abb. 4 veranschaulicht das beschriebene Problem.

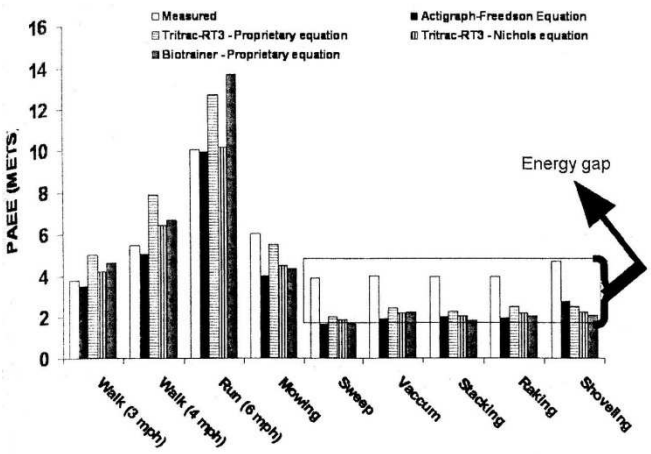


Abb. 4: Entstehung des „energy gap“ bei Alltagaktivitäten (Steward, 2005 in Anlehnung an die Studie von Welk et al. 2000).

1.10.2 Eindimensionale vs. mehrdimensionale Messung

Es stellt sich die Frage, welche Vorteile die mehrdimensionale Messung von Beschleunigungswerten gegenüber der eindimensionalen Messung hat. Hauptziel der Messung von Aktivität mit mehrdimensionalen Geräten ist wohl die Hoffnung, damit die beschriebene Problematik des „energy gap“ zu minimieren. So betont auch Trost et al. (2005), dass man sich über den gemeinsamen Vektor der zwei oder drei Bewegungsachsen eine Verbesserung der Messgenauigkeit von Alltagsaktivitäten erhofft. wird.

Für die eigene Untersuchung ist es vor diesem Hintergrund interessant zu untersuchen, ob die Einbeziehung der horizontalen „activity counts“ über den Vektorbetrag, in den die Werte der horizontalen und der vertikalen Achse einfließen, eine Verbesserung der Messgenauigkeit mit sich bringt.

In der Literatur gibt es viele Untersuchungen zur Klärung der Frage, ob durch die mehrdimensionalen Messungen tatsächlich eine Verbesserung erzielt werden kann. An dieser Stelle werden noch einmal die im vorigen Kapitel erläuterten Studien von Welk et al. (2000) und Hendelman et al. (2000) herangezogen. Dazu sei aber noch erwähnt, dass es sich bei dem Accelerometer „Tritrac“ um ein Gerät handelt, das dreidimensional misst. Der „CSA-Accelerometer“ und der „BioTrainer“ messen die Bewegungsaktivität eindimensional.

In beiden Studien erzielte der „Tritrac“ eine höhere Korrelation bei der Messung des Zusammenhanges von „activity counts“ und VO_2 während der Alltagsaktivitäten als der „CSA-Accelerometer“. Der eindimensional messende „BioTrainer“ in der Studie von Welk et al. (2000) scheint die Alltagsaktivitäten allerdings genauso gut erfassen zu können wie der dreidimensional messende „Tritrac“ (Tritrac: $r = 0.59$; BioTrainer: $r = 0.59$). Des Weiteren wurde in der Studie von Welk eine hohe Korrelation der „activity counts“ aller drei Geräte untereinander gefunden, was dafür spricht, dass alle Geräte ähnlich genau messen.

Bei Hendelman et al. (2000) war die Korrelation zwischen Alltagsaktivität und VO_2 für den Tritrac minimal höher als für den CSA. Zusätzlich zeigte sich ebenfalls eine hohe Korrelation zwischen dem dreidimensional messenden Tritrac und dem eindimensional messenden CSA für das Laufen sowie alle Aktivitäten zusammengenommen.

Diese Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass alle Geräte ähnlich exakte Informationen über den Energieverbrauch während des Gehens und Laufens und während der Alltagsaktivitäten geben können, ungeachtet dessen, wie viele Beschleunigungswerte sie aufnehmen. Die Studien von Welk und Hendelman haben gezeigt, dass die Bewegungsaktivitäten mit dreidimensionalen Messaufnehmern tendenziell zwar bes-

ser erfasst werden können - die Unterschiede sind aber so gering, dass mit einem eindimensionalen Gerät ähnlich genaue Ergebnisse zu erwarten sind. Das Problem des „energy gap“ bleibt hier trotz mehrerer Bewegungsachsen bestehen.

Bei der kritischen Betrachtung der Studiendesigns der vorgestellten Studien ist eines jedoch zu bedenken: Es kommt immer auch auf die Aktivitäten an, die gemessen wurden. Bei den Studien von Welk et al (2000) und Hendelman et al. (2000) fällt auf, dass für die Messung der Alltagsaktivitäten hauptsächlich Tätigkeiten gewählt wurden, bei denen die Arme bewegt werden: (z.B. „Golf spielen“, „Abstauben“, „Fensterputzen“ und „Staubsaugen“ bei Hendelman, und „Mähen“, „Wischen“, „Staubsaugen“ „Stapeln von Dingen“, und „Schneeschippen“ sowie „Zusammenrechen“ bei Welk). Dass Accelerometer, die auf Höhe des Körperschwerpunktes angebracht sind, hier keine adäquaten Aktivitätseinschätzungen liefern können, ist klar, denn gerade die Armaktivität kann bei dieser Platzierung natürlich sehr kaum erfasst werden. Da spielt es auch keine Rolle, auf wie vielen Bewegungsachsen die Aktivität erfasst wird. So kann auch die hohe Korrelation der Geräte untereinander erklärt werden.

Werden aber zum Beispiel die Alltagsaktivitäten von Kindern gemessen, so ist es gut vorstellbar, dass ein mehrachsiger Messaufnehmer genauere Ergebnisse liefert als ein einachsiger; denn die Alltagsaktivitäten von Kindern sind weniger von „arm-lastigen“ Aktivitäten wie Fensterputzen, Wischen und Staubsaugen geprägt als vielmehr von Spielen und Toben, Hüpfen und Springen. Hier könnten mehrachsige Sensoren durchaus genauere Messwerte liefern.

Dazu untersuchte Ott et al. (2000) ebenfalls den eindimensional messenden CSA-Accelerometer und den in drei Ebenen messenden Tritrac. Seine Probanden/innen waren zwischen 9 und 11 Jahre alt und hatten einen Parcours mit verschiedensten Aktivitäten zu bewältigen: Sie „spielten ein Videospiel“, „warfen und fingen einen Ball“, „gingen und rannten“, „sprangen Seil“, „machten Aerobic“ und „spielten Basketball“. Während dieser Tätigkeiten trugen sie den genannten Accelerometer und eine Pulsuhr. Während aller Aktivitäten konnte für beide Geräte eine hohe Korrelation zwischen der Herzfrequenz und einem beobachtungsbasierten Aktivitätspunkte-System gemessen werden. Die Korrelationen für den dreidimensional messenden Tritrac waren höher als die Korrelationen mit dem eindimensional messenden CSA. Die Outputdaten beider Geräte korrelierten auch hier stark miteinander, was darauf hinweist, dass auch bei diesen Aktivitäten die Messgenauigkeit durch einen mehrachsigen Messaufnehmer nur geringfügig verbessert wird.

Alle vorgestellten Studien haben also gezeigt, dass Alltagsaktivitäten mit dreidimensionalen Messungen sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern zwar etwas besser erfasst werden können. Die hohen Korrelationen der Geräte untereinander weisen

aber gleichzeitig darauf hin, dass unabhängig davon, ob ein- oder mehrachsige Messaufnehmer eingesetzt werden, ähnlich exakte Messergebnisse erwartet werden können, und das Problem des „energy gap“ nicht gänzlich beseitigt werden kann. Zumindest für das Gehen und Laufen kann eine Energieverbrauchsabschätzung mithilfe von Accelerometern mit hoher Genauigkeit vorgenommen werden. Inwieweit der zweidimensional messende Actigraph GT1M hier noch weitere Verbesserungen in der Messgenauigkeit liefert, wird unter anderem im empirischen Teil der Arbeit untersucht.

1.10.3 Regressionsgleichungen

Die Art der Regressionsgleichung mit deren Hilfe man die „activity counts“ in Energieverbrauchseinheiten umrechnen kann, wirkt sich ebenfalls auf die Genauigkeit der Energieverbrauchsabschätzung aus. So könnten diese Gleichungen dazu beitragen, die Messgenauigkeit von Alltagsaktivitäten genauer einschätzen zu können und das Problem des „energy gap“ zu minimieren. Welk et al. (2000) und Hendelmann et al. (2000) schreiben diesen eine wichtige Rolle bei der Messung des Energieverbrauchs während verschiedenster Aktivitäten zu. In der eigenen Untersuchung wird auf unterschiedliche Regressionsgleichungen zwar nicht eingegangen, für eine gründliche Übersicht der aktuellen Literatur ist es dennoch unumgänglich, auf den Forschungsstand zu diesem Themengebiet einzugehen. Dies soll deshalb im Folgenden geschehen.

Ob eine Aussage über den Energieverbrauch genau oder weniger genau ist, hängt nicht nur vom Output des Gerätes in Form der „activity counts“ ab, sondern maßgeblich auch von der verwendeten Regressionsgleichung, die den „activity counts“ ja erst die physiologische Bedeutung gibt. Um die Alltagsaktivität mit Accelerometern besser erfassen zu können und dabei das Problem der „energy gap“ möglichst gering zu halten, wird also nicht nur mit mehrdimensional messenden Geräten gearbeitet, sondern es wird auch versucht, mit verschiedenen Regressionsgleichungen für unterschiedliche Aktivitäten auf dieses Problem einzugehen. So gibt es Regressionsgleichungen für Messungen während des Gehens und des Laufens, vgl. zum Beispiel die Gleichung von Freedson et al. (1998). Es gibt aber auch Regressionsgleichungen, die während Tätigkeiten des täglichen Lebens berechnet und zur Erfassung der Alltagsaktivität angewendet werden, vgl. zum Beispiel die Regressionsgleichung von Swartz et al. (2000).

Crouter et al. (2006) überprüfte die Validität solch unterschiedlicher Regressionsgleichungen. Neben anderen Geräten wurde dabei auch mit dem Actigraph 7164 gearbeitet. Die Studie von Crouter et al. ist bisher die einzige, die untersucht, wie hoch die Validität verschiedener Regressionsgleichungen ist, wenn unterschiedliche Aktivitäten des All-

tags gemessen werden, unabhängig davon, für welche Tätigkeiten die jeweiligen Gleichungen entwickelt wurden. Tab. 4 zeigt die von Crouter et al. untersuchten Regressionsgleichungen, und für welche Tätigkeiten sie berechnet wurden. Crouter et al. arbeiteten dabei mit 18 Tätigkeiten des normalen Alltags. Diese waren: „Liegen", „Computerarbeit", „Stehen", „Gehen", „Papier ablegen", „Tische abwischen", „Fenster putzen", „langsames Gehen", „Staubsaugen", „Wischen", „Rechen", „schnelles Gehen", „Radergometer fahren", „Rasen mähen", „Treppen hoch und hinunter steigen", „Racquetball spielen", „Basketball spielen", „langsames Rennen" und „schnelles Rennen". Alle Aktivitäten wurden von Crouter et al. so gewählt, dass sie von niedriger bis hoher Intensität reichen.

Es stellte sich heraus, dass alle Gleichungen die auf dem Laufband oder im Freien durch die Tätigkeiten „Gehen" oder „Laufen" entwickelt wurden, keine und leichte Aktivität überschätzten. Das „langsame Gehen" und das „schnelle Gehen" wurde von diesen Gleichungen recht gut eingeschätzt, während alle anderen Aktivitäten unterschätzt wurden.

Zwei Ausnahmen konnten Crouter et al. jedoch finden: Erstens: Beide Gleichungen, die von Yngve et al. (2003) entwickelt wurden, schätzen Inaktivität recht gut ein. Zweitens: Alle Gleichungen, die mithilfe von Messungen des Laufens und Gehens im Freien entwickelt wurden, lieferten genauere Ergebnisse für das Laufen und Gehen als Gleichungen, die auf dem Laufband für Messungen des Gehens und des Laufens entwickelt wurden, vgl. Tab. 4. Bei den Gleichungen, die unter Verwendung von Alltagsaktivitäten entwickelt wurden, zeigte sich Folgendes: Sie überschätzen den Energieverbrauch bei leichten Aktivitäten sowie beim langsamen und schnellen Gehen. Und sie unterschätzen alle Aktivitäten, deren Energieverbrauch bei über 6 MET liegt. Alltagsaktivitäten im Bereich zwischen 3-6 METs wurden gut eingeschätzt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass alle Regressionsgleichungen den Energieverbrauch der Tätigkeiten, für die sie entwickelt wurden, am besten einschätzen können. Crouter et al. (2006) zieht das Resümee, dass keine der Regressionsgleichungen zu einer absolut exakten Einschätzung des Energieverbrauches kommt. Und je größer die Palette an Bewegungen ist, mit der eine Regressionsgleichung entwickelt wurde, desto ungenauer wird die Einschätzung. Daraus kann geschlossen werden, dass für unterschiedliche Tätigkeiten unterschiedliche Gleichungen verwendet werden sollten, um den Energieverbrauch möglichst exakt abschätzen zu können.

Interessant ist auch die Feststellung von Crouter et al. (2006), dass die Gleichungen, die beim Messen des Gehens und des Laufens im Freien zustande kamen, exakter waren, als Regressionsgleichungen, die mithilfe des Gehens und Laufens auf dem Laufband entwickelt wurden.

Tab. 4: Unterschiedliche Regressionsgleichungen und ihr Zusammenhang mit der VO_2

Autor	N	Gleichung (MET=)	Aktivitäten	R^2	Std. Fehler
Freedson et al. (1998)	50	1.439008 + (0.000795 x counts/min)	LB gehen(2)/ laufen(1)	0.82	1.12
Hendelman et al. (2000)	25	1.602 + (0.000638 x counts/min)	FREI gehen (4 selbst-gewählt)	0.59	0.89
Hendelman et al. (2000)	25	2.922 + (0.000409 x counts/min.)	FREI gehen (4 selbstgewählt) + 6 Lifestyle-Aktivitäten	0.35	0.96
Swartz et al. (2000)	70	2.606 + (0.0006863 x counts/min)	FREI gehen (2) + 26 Lifestyle-Aktivitäten	0.32	1.16
Leenders et al. (2003)	28	2.240 + (0.0006 x counts/min)	LB gehen (5)	0.74	0.53
Yngve et al. (2003)	28	1.136 + (0.0008249 x counts/min)	LB gehen (2)/ laufen (1)	0.85	1.14
Yngve et al. (2003)	28	0.751 + (0.0008198 x counts/min)	FREI Selbstgewählt gehen (2)/laufen (1)	0.86	1.10
Heil et al. (2003)	58	(0.00171 x AP min¡1) + (1.957 x H)– (0.000631 x counts/min x HT)–1.883	FREI selbst-gewählt gehen (2)/ laufen (1)	0,71	0.59
Brooks et al. (2005)	72	2.32 + (0.000389 x counts/min)	FREI gehen (1 selbstgewählt)	0.51	0.44
Brooks et al. (2005)	72	3.33 + (0.000370 x counts/min)-(0.012 KG)	FREI gehen (1 selbstgewählt)	0.61	0.40

N = Probanden/innengröße, KG = Körpergewicht (Kg), H = Höhe (cm), LB = Laufband, FREI = ohne Laufband. Die „Aktivitäten“ Spalte repräsentiert die Arten der Aktivitäten die angewendet worden sind um die Gleichung zu entwickeln, mit der Anzahl der Geh- oder Laufgeschwindigkeiten in Klammer.

Quelle: Crouter et al. (2006)

1.10.4 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Problemfelder

Die dargestellten wissenschaftlichen Problemfelder werden nun im Überblick noch einmal dargestellt. Aus einigen Gebieten der Forschung ergeben sich Untersuchungsansätze oder Hinweise für die eigene Untersuchung.[3]

Zur Messgenauigkeit:

- Ein hoher Zusammenhang zwischen VO_2 beim Gehen und Laufen zeugt von einer hohen Validität eines Accelerometers für diese Tätigkeit.*

→ *Dieser Zusammenhang ist auch für den Actigraph GT1M in der eigenen Untersuchung zu über prüfen.*

- Alltagsaktivitäten können mit Accelerometern bis jetzt noch nicht adäquat erfasst werden. Es besteht das Problem des „energy gap".

Zur mehrdimensionalen Messung:

- Dreidimensionale Messaufnehmer lösen das Problem des „energy gap" nicht vollständig.*

→ *Es ist zu überprüfen wie sich die zweidimensionale Messung des Actigraph GT1M in Form des Vektorbetrags auf die Messgenauigkeit beim Gehen und Laufen aus wirkt.*

Zu den verschiedenen Regressionsgleichungen:

- Regressionsgleichungen sind niemals ganz exakt und lösen das Problem des „energy gap" ebenfalls nicht vollständig.
- Regressionsgleichungen, die für das Gehen und Laufen im Freien entwickelt werden, liefern genauere Ergebnisse für diese Tätigkeiten als Gleichungen, die für das Gehen und Laufen auf dem Laufband entwickelt werden.
- Regressionsgleichungen sind für die Tätigkeiten, für die sie entwickelt wurden, am genauesten.
- Je größer die Palette an Aktivitäten ist, für die eine Regressionsgleichung entwickelt wurde, desto ungenauere Ergebnisse liefert sie.

[3] Für die eigene Untersuchung relevante Erkenntnisse sind mit * gekennzeichnet

1. 11 Der Accelerometer Actigraph GT1M

Bisher wurden in dieser Arbeit die Themenfelder rund um die Accelerometrie allgemein gehalten, da in der Literatur mit verschiedenen Modellen gearbeitet wird, die allerdings alle auf eine sehr ähnliche Art und Weise funktionieren, so dass wissenschaftliche Erkenntnisse und Problemfelder für alle Geräte gleichermaßen gelten. Im Folgenden soll genauer auf den Actigraph GT1M eingegangen werden, der Gegenstand der Untersuchung im empirischen Teil der Arbeit sein wird. Abbildung 5 zeigt dieses Modell.

Abb. 5: Der ActiGraph GT1M (Actilife Users Manual, 2008, S. 20).

Das Modell GT1M ist ein Accelerometer der Firma Actigraph, die früher als „Computer Science and Applications (CSA) and Manufacturing Technology Inc. (MTI)“ bekannt war. Wie bereits erwähnt wurde der Actigraph GT1M in den Jahren 2005 bis 2008 vertrieben. Anders als seine Vorgängermodelle, die nur die vertikale Achse erfasst haben, misst dieses Modell die Beschleunigungswerte in vertikaler und horizontaler Richtung. Es gibt allerdings inzwischen ein Nachfolgemodell, den GT3X, der Beschleunigungswerte aus vertikaler, horizontaler und lateraler Ebene misst.

1.11.1 Vertikale Achse, horizontale Achse und Vektorbetrag

Der GT1M gehört zu den mehrdimensionalen Messaufnehmern, denn er misst die Beschleunigungswerte, die bei der Bewegung eines Körpers aus der horizontalen Achse und aus der Vertikalen Achse heraus entstehen. So werden „activity counts“ aus der horizontalen und aus der vertikalen Achse getrennt voneinander abgespeichert. Zusätzlich wird der Betrag dieser beiden Werte abgespeichert. Er nennt sich vector magnitude, vgl. Actilife Users Manual (2008), und wird in dieser Arbeit mit „Vektorbetrag“ übersetzt.

In diesen Vektorbetrag fließen also die Werte der vertikalen und der horizontalen Achse ein, vgl. Bäumler & Schneider (1981) Durch das einfließen mehrerer Bewegungsachsen wird sich wie bereits an anderer Stelle erwähnt eine Verbesserung der Messgenauigkeit erhofft, vgl. Trost et al. (2005).

1.11.2 Technische Daten

Beim GT1M handelt es sich um ein kleines, leichtes und handliches Gerät. Es wiegt 27 g und hat die Maße 3,8 cm x 3,7 cm x 1,8 cm vgl. (www.theactigraph.com).
Wie die meisten Accelerometer sollte auch der GT1M auf Höhe des Körperschwerpunktes, also auf Taillenhöhe angebracht werden, damit es möglichst nahe am Körperschwerpunkt platziert ist, vgl. Actilife Asers Manual (2008, S. 6). Dazu wird das Gerät mithilfe eines vom Hersteller mitgelieferten Bandes auf der rechten Körperseite befestigt.

Dort kann dann die körperliche Aktivität mithilfe eines integrierten Piezo-Kristalles, wie in Kapitel 1.8. bereits beschrieben, in Form der „activity counts“ aufgenommen und gespeichert werden. Dabei werden Beschleunigungsdaten die im Bereich von 0,05 bis 2 G´s liegen kontinuierlich aufgenommen. Das Beschleunigungssignal wird als analoge Wechselspannung repräsentiert. Die Veränderung der Beschleunigung eines Körpers wird dabei 30-mal pro Sekunde gemessen. Für den Zeitraum von einer Minute erhält man so zum Beispiel 1800 Messungen, vgl. Actilife Users Manual (2008, S. 18).

Das Gerät verfügt über eine wiederaufladbare Lithium-Ionen-Batterie, die Aufnahmen der Beschleunigungswerte über den Zeitraum von bis zu 14 Tagen ohne Unterbrechung ermöglicht. Fällt die Batterie unter 3,1 Volt, so wird der Benutzer durch ein blinkendes LED-Licht gemahnt, die Batterie wieder aufzuladen. Das Aufladen dauert ca. 3 Stunden und erfolgt über den USB-Anschluss. Ist das Gerät aufgeladen, wird dies durch das kontinuierliche (nicht mehr blinkende) LED-Licht angezeigt, vgl. Actilife Users Manual (2008, S. 8).

Besonders für epidemiologische Studien über längere Zeiträume ist eine gute Batterieleistung eines Accelerometers sehr wichtig. Abb. 6 zeigt den Verlauf des Ladezustandes der Batterie des GT1M über die Zeit. Dabei geht es allein um die abgebildete obere Linie für den GT1M. Die dargestellte untere Linie ist für diese Ausführungen nicht relevant.

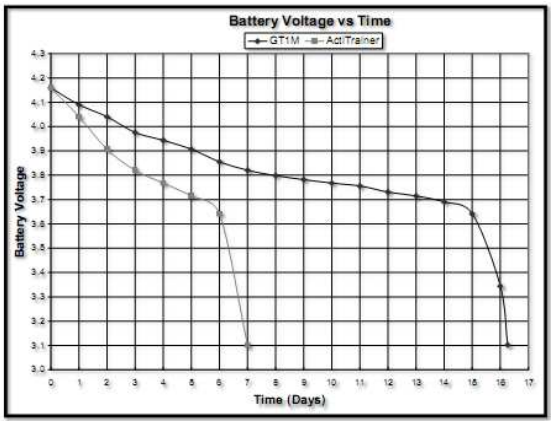


Abb. 6: Ladezustand der Batterie über die Zeit (Actilife Users Manual, 2008, S. 9).

Die Speicherkapazität des GT1M beträgt 1MB, vgl. Actilife Users Manual (2008, S 10). In Abhängigkeit der gewählten „epoch lenght“ können dadurch Daten über unterschiedlich lange Zeiträume abgespeichert werden.

1.11.3 Speicherkapazität und „epoch lenght“

Die Speicherkapazität des GT1M spielt in Zusammenhang mit der eingestellten „epoch lenght“ eine wichtige Rolle und sollte vor jeder Untersuchung sorgfältig bedacht werden.

Wie bereits festgestellt, reicht nach derzeitigem Kenntnisstand für Erwachsene eine „epoch lenght“ von einer Minute aus, um das Aktivitätsprofil mit hoher Messgenauigkeit erfassen zu können, vgl. Trost et al. (2005). Für die Anzahl der Tage, die zur adäquaten Erfassung der körperlichen Aktivität notwendig sind, wird in den meisten Studien von 5 bis 6 Tagen ausgegangen, vgl. dazu die Studien von Gretebeck und Montoye (1992) und Levin et al. (1999), die in dieser Arbeit vorgestellt wurden. Bei der Einstellung der „epoch lenght“ auf 1 Minute reicht die Speicherkapazität des Actigraph für die Erfassung von 341 Tagen, vgl. Tab. 5. Es gibt also kein Problem mit der Begrenzung der Speicherkapazität, und so könnte die „epoch lenght“ ohne Probleme sogar auch kürzer gewählt werden.

Bailey (1995) konnte feststellen, dass das Aktivitätsprofil von Kindern durch spontane Wechsel zwischen hohen und niedrigen Intensitäten geprägt ist. Dies veranlasste unter Anderen Nilsson et al. (2002) zu einer Untersuchung des Einflusses der „epoch lenght“ auf das Aktivitätsprofil bei Kindern. Wie bereits erläutert stellte sich heraus, dass eine Einstellung der „epoch lenght“ von mindestens 5 Sekunden notwendig ist, um das Aktivitätsprofil adäquat erfassen zu können. Trost et al. (2000) kamen mittels der Varianzaufteilungstechnik darauf, dass eine Messung der Aktivität mittels Accelerometrie bei Kindern zwischen 4 und 5 Tagen und bei Jugendlichen zwischen 8 und 9 Tagen liegen sollte. Treuth et al. (2003) kam auf 7 Tage, um eine hohe Reliabilität der Ergebnisse zu erzielen. Mit dem Actigraph GT1M ist bei einer „epoch lenght“ von 5 Sekunden die Erfassung der Aktivität über 28 Tage möglich, vgl. Tab. 5. Die Speicherkapazität stellt also auch hier keinen limitierenden Faktor dar.

Nun ist es aber möglich, dass die Genauigkeit des Aktivitätsprofils noch weiter ansteigt, wenn die „epoch lenght“ noch niedriger, zum Beispiel auf 1 Sekunde eingestellt wird. Hier wäre die Aufnahmelänge nur für 5 Tage möglich, was nach Treuth et al. (2003) und Trost et al. (2000) für Jugendliche zu kurz wäre, um reliable Ergebnisse zu erzielen. In diesem Fall würde die Speicherkapazität des Actigraph GT1M einen limitierenden Faktor darstellen.

Es ist also wichtig, sich vor Beginn einer Untersuchung Gedanken über die einzustellende „epoch lenght“ zu machen und dabei die Speicherkapazität des jeweiligen Modells zu berücksichtigen.

Für die Untersuchung, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurde, stellte die Speicherkapazität keinen limitierenden Faktor dar, da die Dauer der Aktivitätserfassung nur sehr kurz war, so dass sogar mit der „epoch lenght“ von 1 Sekunde. gearbeitet werden konnte. Tab. 5 gibt einen Überblick darüber, wie lange die Aktivitätserfassung in Abhängigkeit der eingestellten „epoch lenght“ möglich ist.

Tab. 5: „epoch lenght“ vs. Länge der Aufnahme

„epoch lenght“	Tage	Stunden	Minuten	Sekunden
1 sec	5	16	33	3
2 sec	11	9	16	31
3 sec	17	1	32	0
5 sec	28	10	4	0
10 sec	56	21	35	59
15 sec	85	8	40	0
30 sec	170	16	20	0
60 sec	341	8	0	0
120 sec	682	16	0	0
180 sec	1024	0	0	0
240 sec	1365	8	0	0

Quelle: Actilife users manual (2008, S. 10)

1.11.4 Gespeicherte Daten

Da das Gerät die Beschleunigungswerte aus der vertikalen und der horizontalen Bewegungsebene aufnimmt, werden die „activity counts“ zum einen pro Bewegungsebene jeweils getrennt aufgenommen und gespeichert - diese Werte werden in der Arbeit als „counts (vertical)“ und „counts (horizontal)“ bezeichnet. Zum anderen wird auch der Vektor gespeichert, der sich aus den Werten der horizontalen und der vertikalen Achse zusammensetzt. Dieser nennt sich „Vektorbetrag“. Zusätzlich zur Aufnahme der Beschleunigungswerte ist das Gerät mit einem Schrittzähler ausgestattet. Die Schrittfrequenz wird mit der Bezeichnung „steps“ angegeben. Abb.7 zeigt exemplarisch die Outputdaten des Gerätes das Modell Actigraph GT1M.

Epoch auf 60 sec

Time	Activity	Activity (Hor	Steps	Vector Magnitude
15:30:06	1252	1399	54	1949
15:31:06	1105	1656	50	2004
15:32:06	1005	1617	53	1903
15:33:06	1189	1644	57	2036

Abb. 7: Outputdaten des GT1M.

1.11.5 Datenfluss

Im Folgenden soll der gesamte Datenfluss erläutert werden, der von der Datenerfassung bis zur ausgewerteten Information geht. Alle Informationen dazu sind dem Actilife Users Manual (2008) entnommen.

Der GT1M erfasst über Piezokristalle Beschleunigungswerte im Bereich von 0,5 bis 2G's. Die analoge Wechselspannung wird von einem 12 Bit AD-Wandler zu einer Frequenz von 30 Hz umgewandelt. Sobald die Signale digitalisiert sind, werden sie mittels eines Digitalfilters mit einer Bandbreite von 0,25 bis 2,5 Hz gefiltert. Dieser Frequenzbereich wurde sorgfältig ausgewählt, um normale menschliche Bewegungen erkennen und Bewegungen von anderen Bewegungsquellen (z.B. U-Bahn) abzugrenzen zu können. Der Digitalfilter gibt ein Ausgabesignal aus, welches linear auf die Beschleunigungsveränderungen im Bereich der Bandbreite reagiert. Jeder einzelne Impuls wird über ein eingestelltes Zeitintervall, der „epoch lenght", summiert. Die so umgewandelten Daten werden direkt auf den Speicherchip des GT1M gespeichert. Dabei bleibt die Speicherung der Daten auch erhalten, wenn die Batterie leer wird.

Der Datentransfer erfolgt mittels eines standardisierten USB 2.0 Interface zwischen dem Beschleunigungsmesser GT1M und einem Computer. Die Informationen werden über das Programm „Actilife" importiert. „Actilife" ist die Software zum Gerät, welche die Datenanalyse ermöglicht. Mit dieser Software kann das Gerät auch voreingestellt und kalibriert werden, um es an den jeweiligen Nutzer anzupassen. So können zum Beispiel Name, Datum, Start und Stop-Zeitpunkt der Messung sowie die „epoch lengh" bestimmt werden.

Zur statistischen Analyse können die gängigen Programme Excel SAS, SPSS oder ADAS verwendet werden, wobei Excel standartmäßig in der Software inkludiert ist.

Auch zur Darstellung und Präsentation bietet sich Excel oder SPSS an, mit denen die Ergebnisse z.B. mit deskriptivstatistischen Mitteln wie Tabellen, Grafiken usw. Veranschaulicht werden können.

Der Gesamtenergieverbrauch sowie das Aktivitätsprofil, das heißt die Verweildauer in den unterschiedlichen Intensitätslevels, können folgend anhand der „activity counts"

analysiert und interpretiert werden. Abb. 8 fasst den Datenfluss überblicksmäßig zusammen.

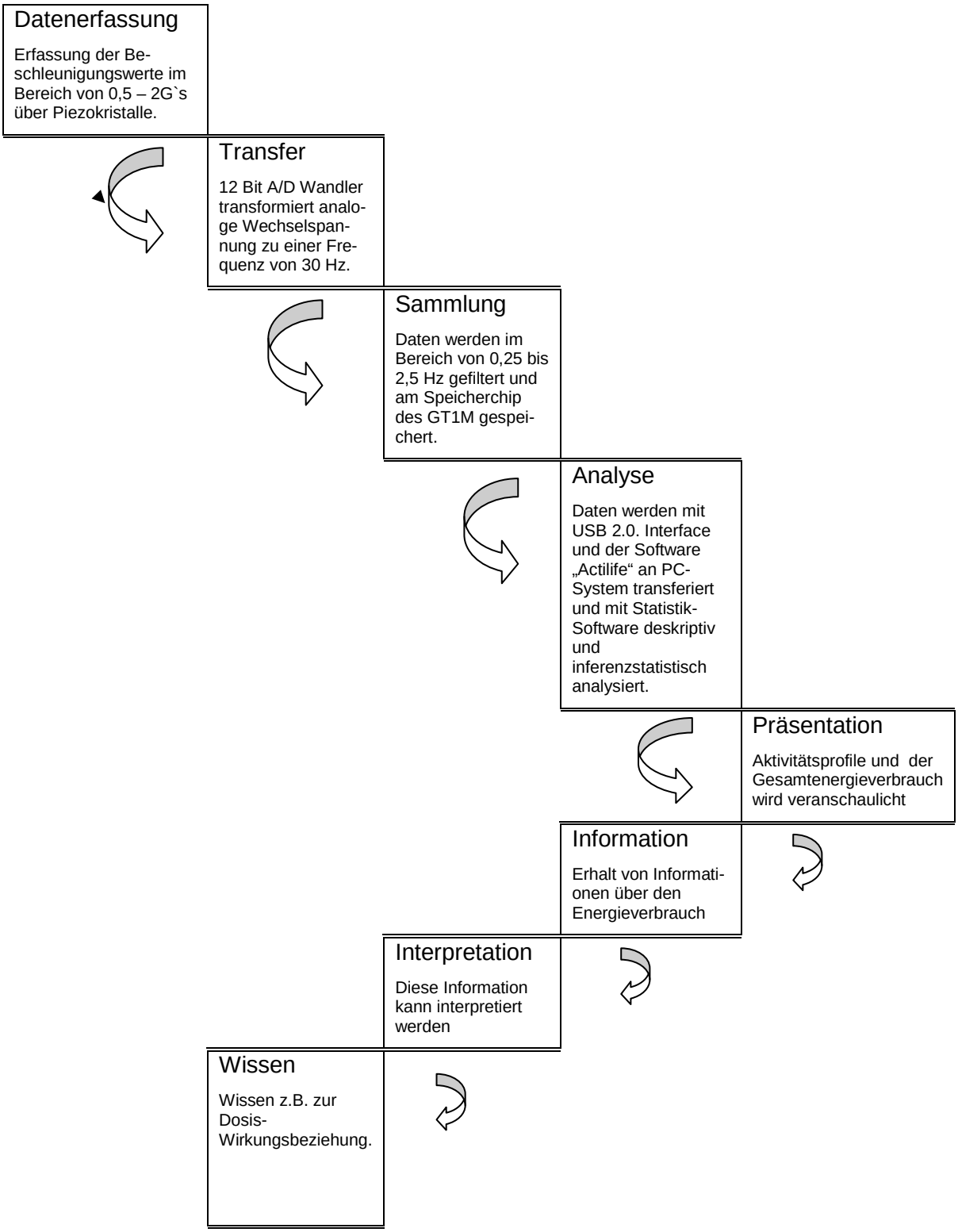


Abb. 8: Datenfluss des Actigraph GT1M (eigene Darstellung).

1.12 Zusammenfassende Betrachtung

In diesem hermeneutisch bearbeiteten Einführungsteil der Arbeit wurde zunächst versucht, ein Verständnis dafür zu vermitteln, welche Relevanz die Accelerometrie in der Sportwissenschaft hat. Es konnte gezeigt werden, dass man sich durch den Einsatz von Accelerometern insbesondere genauere Informationen über die Dosis-Wirkungsbeziehung von körperlicher Aktivität und Gesundheit verspricht, und dass es hierfür wichtig ist, die Messgenauigkeit der Geräte stetig zu verbessern.

Des Weiteren wurde ein Grundverständnis zur Thematik aufgebaut, indem grundlegende Begriffe erklärt und erläutert wurden, die für die weiteren Abhandlungen wichtig sind. So wurde dem Leser der Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Energieverbrauch deutlich gemacht. Der Begriff des „metabolischen Äquivalentes (MET)“ wurde erläutert, und die Rolle des „Compendiums of Physical Activities“, mit dessen Hilfe verschiedene Aktivitäten bestimmten Intensitätslevels zugeordnet werden können, wurde aufgezeigt.

Danach wurden die gängigsten Methoden der Energieverbrauchsabschätzung überblicksmäßig dargestellt und in den Kontext der wissenschaftlichen Gütekriterien gestellt. Dabei konnte herausgearbeitet werden, dass die Accelerometrie einen guten Kompromiss zwischen aufwendiger aber genauer und weniger aufwendiger aber ungenauer Messung des Energieverbrauchs darstellt.

Nach einer kurzen Abhandlung über die Technik von Accelerometern in der Sportwissenschaft und beispielhaft angeführten Studien, in denen diese Geräte eingesetzt werden, wurde dann die umfangreiche Literaturrecherche dargestellt, indem zum einen wissenschaftliche Erkenntnisse vorgestellt wurden, und zum anderen auf die in der Literatur vielfach diskutierten Problemfelder in der Wissenschaft eingegangen wurde. Daraus konnten wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, die auch im Hinblick auf die eigene Studie wichtig waren, und die bei der Entwicklung der Fragestellung und Hypothesengenerierung helfen.

So wurde unter anderem klar, dass zwischen den „activity counts“ und der Geschwindigkeitssteigerung ein linearer Bezug so gegeben sein muss, wie er auch zwischen der Geschwindigkeitssteigerung und der VO_2 max. besteht.

Der Einfluss unterschiedlicher Platzierungen der Geräte und der wichtige Einfluss der richtigen Wahl der „epoch lenght“ wurde anhand von Studien aufgezeigt. Auch wurde dargelegt, wie lange eine Messung der Aktivität vorgenommen werden sollte, um verlässliche Aussagen über den Energieverbrauch einer Person treffen zu können, und dass dabei unbedingt auch das Wochenende enthalten sein sollte. Des Weiteren wurde auf die Problematik aufmerksam gemacht, die entsteht, wenn versucht wird, die Alltagsaktivität

adäquat zu erfassen. In diesem Zusammenhang wurde der Begriff „energy gap“ eingebracht. Dabei konnte festgestellt werden, dass auch die Einführung mehrachsiger Geräte und die unterschiedlichsten Regressionsgleichungen für verschiedenste Aktivitäten das Problem des „energy gap“ nicht vollständig lösen können.Es folgte die genaue Beschreibung des Actigraph GT1M, der Gegenstand der nun folgenden Untersuchung ist.

Auf Grundlage der in diesem Einführungsteil beschriebenen Sachverhalte sollen nun die Fragestellungen und die daraus folgenden Hypothesen vorgestellt werden.

2. Fragestellungen und Hypothesen

2.1 Fragestellungen

Im empirischen Teil der Arbeit sollen nun Fragen geklärt werden, die aufgrund des im ersten Teil der Arbeit dargestellten Wissensstandes der aktuellen Forschung als überprüfenswert erachtet werden.

Grundsätzlich soll die Charakteristik der Verteilung der „activity counts“ genauer analysiert werden. Dazu sollen die „activity counts“ der vertikalen Achse, die „activity counts“ der horizontalen Achse und die „activity counts“ des Vektorbetrags getrennt voneinander genau unter die Lupe genommen werden. Auch die Verteilung der „steps“ soll analysiert werden, und es wird der Frage nachgegangen, ob die Verteilung der „activity counts“ in einem Verhältnis mit der Beinlänge steht, und welche Rolle das Geschlecht spielt. Ebenfalls eine interessante Fragestellung ist die Frage ob es einen Unterschied macht, ob die Messungen auf dem Laufband oder im Freien stattfinden.

Da die Vorgängermodelle des Actigraph GT1M die Beschleunigungswerte nur aus der vertikalen Achse aufgenommen haben, ist die Charakteristik der „activity counts“ (vertikal)“ weitgehend bekannt, und ein in der Literatur oft behandeltes Thema, wie einführend gezeigt wurde. So soll in der vorliegenden Untersuchung der Frage nachgegangen werden, ob die für eine gute Validität notwendigen Verteilungscharakteristika dieser „activity counts“ beim Gehen und Laufen – der lineare Zusammenhang zwischen Geschwindigkeitssteigerung und VO_2 – auch für den Actigraph GT1M gegeben ist.

Durch mehrdimensionale Messaufnehmer erhofft man sich eine Verbesserung in der Genauigkeit der Aktivitätserfassung bei Alltagsaktivitäten, auch dies wurde einführend dargestellt. So interessiert in der eigenen Untersuchung die Frage, ob die „activity counts“ des Vektorbetrags in den die horizontalen und die vertikalen „activity counts“ einfließen auch beim Gehen und Laufen eine Verbesserung der Messgenauigkeit bringen. Auch hier muss der lineare Zusammenhang zwischen „activity counts“ und VO_2 und Geschwindigkeitsstufe hoch sein.

Über die Verteilungscharakteristik der „activity counts“ der horizontalen Achse ist in der Literatur nichts zu finden, weshalb es interessant ist sich die Verteilung dieser „activity counts“ genauer anzuschauen, indem zum Beispiel der Frage nachgegangen wird, in welchem Zusammenhang diese „activity counts“ mit denen der vertikalen und der horizontalen Achse stehen.

Zusätzlich soll auch der Frage nachgegangen werden, inwieweit die Beinlänge und die Schrittfrequenz Auswirkungen auf die Countvergabe in den zwei Bewegungsachsen

und auf den Vektorbetrag haben. Und ob bei der Countvergabe das Geschlecht (evtl. bedingt durch einen anderen Laufstil oder unterschiedliche physiologische Parameter) eine Rolle spielt. Auch auf diese Fragen sind in der Literatur noch keine Antworten zu finden.

Und schließlich soll auch der Frage nachgegangen werden inwieweit die Angaben über verbrauchte MET- Einheiten bei bestimmten Geschwindigkeiten, die in der Literatur zu finden sind (Ainsworth et al. 2000), mit den „activity counts“ der verschiedenen Bewegungsachsen und des Vektorbetrags korrelieren. Konkret ergeben sich folgende Forschungsfragen:

1. Kann auch für den Actigraph GT1M ein linearer Zusammenhang zwischen VO_2 und verschiedenen Laufgeschwindigkeiten angenommen werden?

2. Wie sieht dieser Zusammenhang für die einzelnen Bewegungsachsen und für den Vektorbetrag aus?

3. Wie verhalten sich die „activity counts“ der einzelnen Bewegungsachsen und des Vektorbetrags zueinander?

4. Wie verhalten sich die Beinlänge und die „steps“ zu den „activity counts“ der einzelnen Bewegungsachsen und des Vektorbetrags?

5. Spielt das Geschlecht bei der Countvergabe der einzelnen Bewegungsachsen eine Rolle?

6. Welche Rolle spielt es für die Countvergabe der verschiedenen Bewegungsachsen und des Vektorbetrags ob die Messungen auf dem Laufband oder im Freien durchgeführt werden?

7. Entspricht die Countvergabe der verschiedenen Bewegungsachsen und des Vektorbetrags den MET-Angaben in der Literatur?

2.2 Hypothesen

Aus den genannten Forschungsfragen können nun die Hypothesen generiert werden, die nach der Untersuchung bestätigt oder falsifiziert werden. Dazu werden jeweils die Nullhypothese und die Alternativhypothese formuliert.

Sämtliche Hypothesen gelten für die Messungen auf dem Laufband und für die Messungen im Freien gleichermaßen.

2.2.1 Hypothesen für die Vertikale Achse

1. Nullhypothese:

- Es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den Geschwindigkeitsstufen.

1. Alternativhypothese:

- Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den Geschwindigkeitsstufen.

~

2. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Unterschied in den „activity counts“ zwischen Männern und Frauen.

2. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Unterschied in den „activity counts“ zwischen Männern und Frauen.

~

3. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den „steps“.

3. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den „steps“.

~

4. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und der Beinlänge.

-

4. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und der Beinlänge.

~

5. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ auf dem Laufband und den „activity counts“ die im Freien gemessen wurden.

5. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ auf dem Laufband und den counts/min die im Freien gemessen wurden

~

6. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000 und den counts/min (vertical).

6. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000 und den counts/min (vertical).

2.2.2 Hypothesen für den Vektorbetrag

7. Nullhypothese:

- Es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den Geschwindigkeitsstufen.

7. Alternativhypothese:

- Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den Geschwindigkeitsstufen.

~

8. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Unterschied in den „activity counts“ zwischen Männern und Frauen.

8. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Unterschied in den „activity counts“ zwischen Männern und Frauen.

~

9. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den „steps“.

9. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den „steps“.

~

10. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und der Beinlänge.

-

10. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und der Beinlänge.

~

11. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ auf dem Laufband und den „activity counts“ die im Freien gemessen wurden.

11. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ auf dem Laufband und den counts/min die im Freien gemessen wurden

~

12. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000 und den counts/min (vertical).

12. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000 und den counts/min (vertical).

2.2.3 Hypothesen für die horizontale Achse

13. Nullhypothese:

- Es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den Geschwindigkeitsstufen.

13. Alternativhypothese:

- Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den Geschwindigkeitsstufen.

~

14. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Unterschied in den „activity counts“ zwischen Männern und Frauen.

14. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Unterschied in den „activity counts“ zwischen Männern und Frauen.

~

15. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den „steps“.

15. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und den „steps“.

~

16. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und der Beinlänge.

-

16. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ und der Beinlänge.

~

17. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ auf dem Laufband und den „activity counts“ die im Freien gemessen wurden.

17. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den „activity counts“ auf dem Laufband und den counts/min die im Freien gemessen wurden

~

18. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000 und den counts/min (vertical).

18. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000 und den counts/min (vertical).

2.2.4 Weitere Hypothesen

19. Nullhypothese:

- Es gibt keinen Zusammenhang zwischen counts/min (vertikal) und den counts/min (horizontal).

19. Alternativhypothese

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen counts/min (vertikal) und den counts/min (horizontal).

~

20. Nullypothese:

- Es gibt Keinen Zusammenhang zwischen den counts/min. (vertikal) und dem Vektorbetrag/min.

20. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den counts/min. (vertikal) und dem Vektorbetrag/min.

~

21. Nullypothese:

- Es gibt Keinen Zusammenhang zwischen den counts/min. (horizontal) und dem Vektorbetrag/min.

21. Alternativhypothese:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den counts/min. (horizontal) und dem Vektorbetrag/min.

3. Methode

3.1 Probanden/innen

Fünf Männer und fünf Frauen nahmen an der Untersuchung teil. Im Vorfeld der Untersuchung wurde das Alter der Probanden/innen erfasst. Jeder/jede Proband/in wurde gewogen, und Größe sowie die Beinlängen wurden gemessen. Die Beinlänge wurde dabei wie in der Anthropometrie üblich gemessen: Mit dem Anthropometer wurde die geradlinige Entfernung des rechten Trochanterion von der Standfläche erfasst, vgl. Bernhard und Jung (1998).

Alle erhobenen physischen Eigenschaften der Probanden/innen waren sowohl insgesamt, als auch für die Geschlechter getrennt normalverteilt (p = > 0.05). Das Durchschnittsalter (+/- Std. Abw.) betrug 26 (+/-1) Jahre. Das durchschnittliche Gewicht der Probanden/innen lag bei 62,0 (+/-7,6) kg, die durchschnittliche Größe war 172 (+/-5) cm und die durchschnittliche Beinlänge betrug 89 (+/-5) cm. Tab. 6 gibt einen Überblick über die physischen Eigenschaften der Probanden/innen.

Die Geschlechter unterscheiden sich in Alter, Größe und Beinlänge nicht signifikant voneinander (p > 0,05). Lediglich das Körpergewicht ist bei den Männern signifikant höher als bei den Frauen (p < 0,05).

Tab. 6*:* Physische Eigenschaften der Probanden/innen

Geschlecht	N	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (cm)	Beinlänge (cm)
männlich	5	26 +/-1 (25-28)	68,1 +/-1,2 (61,0-74,0)	176 +/-4 (170-181)	89 +/-5 (84-94)
weiblich	5	26 +/-1 (25-28)	55,9 +/-3,0 (52,5-60,0)	169 +/-4 (136-176)	90 +/-7 (82-100)
gesamt	10	26 +/-1 (25-28)	62,0 +/-7,6 (52,5-75,6)	172 +/-5 (163-181)	89 +/-5 (82-100)

*Mittelwerte +/- Std. Abw. (Min-Max).

3.2 Durchführung

Die Tests wurden auf dem Gelände des Zentrums für Sportwissenschaft und Universitätssport (ZSU) und in den dortigen Räumlichkeiten des Österreichischen Instituts für Sportmedizin (ÖISM) durchgeführt.

Die Probanden/innen absolvierten den gleichen Test sowohl auf dem Laufband als auch auf der Laufbahn. Bei beiden Tests trugen sie ihre eigenen und jeweils gleichen Schuhe, und den jeweils gleichen Accelerometer. Die Accelerometer die dabei zum Ein-

satz kamen waren Geräte des Modells GT1M der Firma Actigraph. Um gegebenenfalls eine möglichst exakte Information über das Aktivitätsprofil erhalten zu können, wurde dieser auf eine „epoch lenght“ von 1 Sekunde eingestellt, auch wenn sich in diesem Versuchsaufbau wie einführend beschrieben, die Einstellung der „epoch lenght“ nicht auf die Messgenauigkeit auswirkt. Damit das Gerät möglichst nahe am Körperschwerpunkt platziert sein würde, wurde es bei jedem/jeder Proband/in mithilfe des vom Hersteller mitgelieferten Elastik-Gurtes seitlich auf Taillenhöhe angebracht. So wird es auch in der Bedienungsanleitung des Herstellers empfohlen, vgl. Actilife Users Manual (2008, S.6). Um gleiche Bedingungen bei allen Probanden/innen zu gewährleisten, trug jeder/jede Proband/in seinen Accelerometer auf der rechten Seite und direkt auf der Haut aufliegend.

Die vier zu gehenden bzw. zu laufenden Geschwindigkeiten sollten den vier Intensitätslevels „light value“, „moderate value“, „hard value“ und „very hard value“, wie sie im Actilife Users Manual (2008, S.43) zu finden sind entsprechen. Die zu diesen Intensitätslevels dazugehörigen MET-Bereiche sind ebenfalls im Actilife Users Manual (2008, S.43) angegeben. Um nun vier Geschwindigkeiten zu finden, die den im Users Manual angegebenen Intensitätslevels entsprechen, wurde im „Compendium of Physical Activities“ von Ainsworth et al. (2000) nach vier Geschwindigkeiten gesucht, die aufgrund des ebenfalls dort angegebenen MET-Verbrauchs, einem der beschriebenen Intensitätslevel zugeordnet werden konnten. Dabei erwies sich die Geschwindigkeit 2 mph für den Intensitätslevel „light value“ am geeignetsten. Für den Intensitätslevel „moderate value“ wurde die Geschwindigkeit 3 mph ausgewählt. 5 mph entsprachen dem MET-Bereich für „hard value“, und 6,7 mph wurden für den Intensitätslevel „very hard value“ ausgewählt. Zum besseren Überblick dient unten stehende Tab. 7.

Im nächsten Vorbereitungsschritt wurden die vier Geschwindigkeiten von „mph“ in km/h umgerechnet. Dies war notwendig, weil das Laufband auf dem getestet wurde nur in km/h eingestellt werden konnte. Die Umrechnung erfolgte indem die mph mit dem Faktor 1,609344 multipliziert wurde. Die sich daraus ergebende km/h Angabe wurde auf eine Nachkommastelle gerundet.

Tab. 7: Zu absolvierende Geschwindigkeiten mit MET-Angabe

Intensitätslevel *(Actilife Users Manual)*	**MET-Bereich** [3,5 ml 02/kg/min] *(Actilife Users Manual)*	**MET** [3,5 ml 02/kg/min] *(Ainsworth et al.)*	**mph** *(Ainsworth et al.)*	**Km/h** *(mph x 1,609344)*
light value	< 2,9	2,0	2,0	3,2
moderate value	3,0 – 5,9	3,3	3,0	4,8
hard value	6,0 – 8,9	5,0	5,0	8,0
very hard value	> 9,0	11,0	6,7	9,6

Quelle: Eigene Darstellung

Nachdem die Daten mithilfe der Software „Actilife“ auf den Computer überspielt worden waren, erfolgte die weitere Bearbeitung zur Vorbereitung auf die statistischen Analysen in Excel 2007. Ziel dieser Arbeit war es, die „counts per second“ in „counts/min“ umzurechnen, damit die Ergebnisse mit anderen Studien in denen die Angaben meist in counts/min erfolgen, vergleichbar sind. Da auch die Ober- und Untergrenzen der Intensitätslevels in „counts/min“ angegeben werden, war diese Arbeit umso wichtiger.

Anhand der counts/sec wurde zunächst der genaue Startzeitpunkt ermittelt und farblich markiert. Dann wurden von diesem Startpunkt aus die counts/sec. zu counts/min summiert. Zur Veranschaulichung dient Abb. 9.

Für die Auswertung wurden jeweils die beiden ersten und die letzten Minuten in jedem Geschwindigkeitsbereich ausgeschlossen. Dies, weil es - insbesondere während der Messungen im Freien - nicht auszuschließen war, dass die Probanden/innen erst das richtige Tempo finden mussten.

Die statistische Analyse erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS Version 17.0 für Windows.

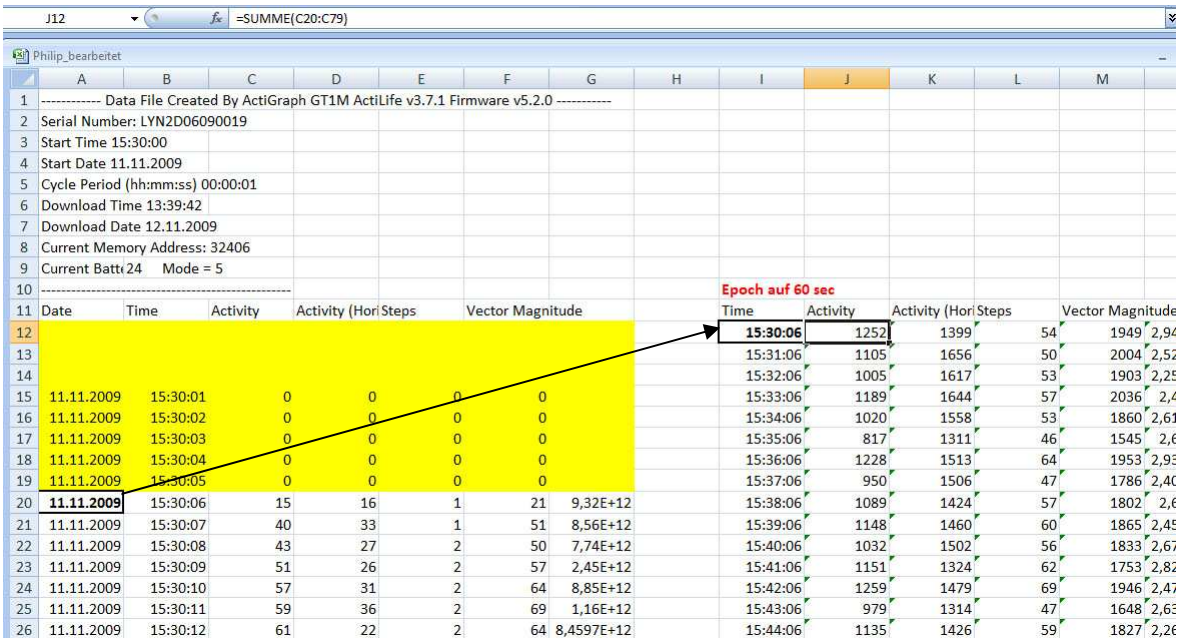


Abb. 9: Veranschaulichung der Vorgehensweise bei der Konvertierung von den counts/sec zu den counts/min (eigene Darstellung).

3.2.1 Untersuchung auf dem Laufband

Den Test auf dem Laufband absolvierten die Probanden/innen im ÖISM. Dort stand ein Laufband, der Marke „H.P. Cosmos“ Model „Quasar“ zur Verfügung. Die Aufgabe bestand darin, in vier verschiedenen Geschwindigkeitsstufen zu gehen bzw. zu laufen. Die ersten

beiden Geschwindigkeitsstufen wurden gehend zurückgelegt und betrugen 3,2 km/h für den Intensitätslevel „light value“ und 4,8 km/h für den Intensitätslevel „moderate value“.
Die zweiten beiden Geschwindigkeitsstufen wurden laufend bewältigt. Sie betrugen 8 km/h für den Intensitätslevel „hard value“ und 9,6 km/h für den Level „very hard value“.

Jede der vier Geschwindigkeitsstufen sollte für die Dauer von 15 Minuten aufrechterhalten bleiben. Nach dieser Zeit wurde eine Pause von 1 Minute eingelegt, während der das Laufband auf die neue Geschwindigkeitsstufe eingestellt wurde.
Damit der Accelerometer vor dem Teststart und während den Pausen keine Beschleunigungswerte erfassen konnte, wurde jeder/jede Proband/in dazu angehalten, sich vor dem Teststart und unmittelbar zu Beginn jeder Pausenzeit auf die seitlichen Trittbretter des Laufbandes zu stellen und dort absolut ruhig stehen zu bleiben. Sobald die Pause abgelaufen war, sollte er sich wieder auf das Band begeben, welches dann bereits auf die neue Geschwindigkeit eingestellt war. Die Übergänge vom Gehen/Laufen zur Pause und umgekehrt wurden vor Beginn der Testung mit jedem Proband/in geübt. Damit sich auch das Ende der Testung klar in den counts wiederspiegeln konnte, wurde auch nach der letzten Geschwindigkeitsstufe eine Pause eingelegt, während der sich die Probanden/innen auf den Trittbrettern stehend eine Minute lang nicht bewegen sollten.

3.2.2 Untersuchung im Freien

Die Untersuchung im Freien fand auf einer 400m-Rundbahn mit Kunststoffbelag statt, die sich auf dem Gelände des ZSU befindet.

Auch hier bestand die Aufgabe darin, in vier verschiedenen Geschwindigkeitsstufen zu gehen bzw. zu laufen. Wie bei der Untersuchung auf dem Laufband wurden die ersten beiden Geschwindigkeitsstufen gehend zurückgelegt und betrugen 3,2 km/h für den Intensitätslevel „light value“ und 4,8 km/h für den Intensitätslevel „moderate value“.
Die zweiten beiden Geschwindigkeitsstufen wurden auch hier laufend bewältigt. Sie betrugen 8 km/h für den Intensitätslevel „hard value“ und 9,6 km/h für den Level „very hard value“.

Auch im Freien sollte jede der vier Geschwindigkeitsstufen für die Dauer von 15 Minuten aufrechterhalten bleiben. Nach dieser Zeit wurde eine Pause von 1 Minute eingelegt. Um die vorgegebenen Geschwindigkeiten auf der Laufbahn exakt halten zu können, kam ein Pacer in Verbindung mit einer Streckenmarkierung zum Einsatz: Dazu wurde die Laufbahn vermessen, und alle 20m wurde zur Markierung ein „Hütchen“ aufgestellt. Um den Pacer zu hören, erhielt der/die Proband/in einen MP3-Player mit Kopfhörern. Der Pacer wurde so erstellt, dass er für jede der vier Geschwindigkeitsstufen einen Pieps-Ton

von sich gab, wenn das nächste „Hütchen“ passiert werden sollte. Nach 15 Minuten gab der Pacer das Kommando *„stop and rest“,* um die Pause anzukündigen. Nach einer Minute, wenn der/die Proband/in in der nächsten Geschwindigkeitsstufe wieder loslaufen sollte, ertönte das Signal *„get ready - three - two - one - run“*. Der Pacer wurde mit dem Audio Recording Software „Record for All“ erstellt und in eine MP3 Datei umgewandelt.

Damit der Accelerometer auch hier zu Beginn der Testung und während der Pausenzeiten keine Beschleunigungswerte erfassen konnte, wurde jeder/jede Proband/in angewiesen, zu Beginn der Pause unmittelbar und ganz ruhig stehen zu bleiben. Nach der letzten Geschwindigkeitsstufe wurde ebenso eine Pause eingelegt, während der die Probanden/innen ganz eine Minute ruhig stehen bleiben sollten, so dass sich auch das Ende der Testung klar in den counts widerspiegeln konnte.

3.3 Statistische Analyse

Voraussetzungen:
Zur Beantwortung der Fragestellungen müssen Korrelationskoeffizienten berechnet werden, und Mittelwertsvergleiche angestellt werden.
Soweit die Voraussetzungen erfüllt sind soll die Berechnung der Korrelationskoeffizienten mit dem *Pearson-Produktmoment-Korrelationskoeffizient* erfolgen. Andernfalls wird die *Korrelation mit dem Spearman Rang-Korrelationskoeffizient* berechnet.

Die Mittelwerts Vergleiche werden mit dem *T-Test für unabhängige Stichproben* durchgeführt. Sind die Voraussetzungen hierfür nicht erfüllt, wird auf den nichtparametrischen Test, den *Mann-Whitney-U-Test* zurückgegriffen.

Berechnung der Korrelationskoeffizienten:
Zusammenhänge sollen zwischen den Outputdaten des Actigraph GT1M und den vier verschiedenen Geschwindigkeitsstufen berechnet werden. Da die Geschwindigkeitsstufen ordinal-skaliert sind, und die „activity counts“ über die Geschwindigkeitsstufen hinweg nicht normalverteilt sondern „rechtssteil“ verteilt sind, werden diese Zusammenhänge mit dem *Spearman Rang-Korrelationskoeffizient* berechnet. Gleiches gilt für die Berechnung des Zusammenhanges mit den MET-Werten des „Compendium of Physical Activities“.

Die Zusammenhänge zwischen den „activity counts“ (horizontal, vertikal und Vektorbetrag) und den „steps“ sowie der Beinlänge werden bei der Gesamtberechnung über die Geschwindigkeitsstufen hinweg mit *Spearman Rang-Korrelationskoeffizient* berechnet, da die Normalverteilung der counts über die Geschwindigkeitsstufen hinweg nicht gegeben sein kann. Gleiches gilt für die Überprüfung der verschiedenen „activity counts“ un-

tereinander, und für die Überprüfung des Zusammenhanges zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Bei der Betrachtung der Zusammenhänge innerhalb einer einzelnen Geschwindigkeitsstufe wird, sofern die Normalverteilung angenommen werden kann, mit dem *Pearson-Produktmoment-Korrelationskoeffizient* gerechnet. Andernfalls kommt auch hier das nichtparametrische Ersatzverfahren, der Spearman Rang-Korrelationskoeffizient zur Anwendung.

Mittelwertsvergleiche:

Hier soll überprüft werden, ob es einen Unterschied in den Outputdaten („activity counts“ vertikal, horizontal und Vektorbetrag) des Actigraph GT1M zwischen Frauen und Männern gibt. Dies geschieht mit dem T-Test für unabhängige Stichproben. Hier werden die Berechnungen über die Geschwindigkeitsstufen hinweg, wegen dem Fehlen der Normalverteilung mit dem Ersatzverfahren, dem *Mann-Whitney-U-Test* berechnet.

Für die Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Geschwindigkeitsstufe kann mit dem *T-Test für unabhängige Stichproben* gerechnet werden, da die Normalverteilungsvoraussetzung gegeben ist.

Für alle statistischen Tests gilt ein Signifikanzniveau von 0.05.

4. Ergebnisse

4.1 Ergebnisse für die vertikale Achse

In den einzelnen Geschwindigkeitsstufen sind die Normalverteilungsvoraussetzungen der counts/min (vertikal) bei den Messungen im Freien und auf dem Laufband sowie für die Geschlechter getrennt laut Kolmgorov-Smirnov-Test gegeben (p>0,05). Also wurden Mittelwert und Standardabweichung der counts/min (vertikal) für die Messungen im Freien und auf dem Laufband sowie für die Geschlechter jeweils getrennt berechnet. Die Werte sind in der Tab. 8 und 9 zu sehen. „Band/frei 1“ steht dabei für den Intensitätslevel „light value“, „Band/frei 2“ für den Intensitätslevel „moderate value“, „Band/frei3“ für den Intensitätslevel „hard value“ und „Band/frei 4“ für die Bezeichnung des Intensitätslevels „very hard value.“

Tab. 8*:* Auf dem Laufband gemessene counts/min. (vertikal) in allen vier Intensitätslevels

Geschlecht	N	counts/min „Band1“	counts/min„Band2“	counts/min. „Band3“	Counts/min „Band4“
männlich	5	1015,2 +/- 587,4 (140-1645)	3017,4 +/- 981,7 (1440-3860)	9432,0 +/-2332,5 (6508-12236)	9820,6 +/-1934,2 (7148-11932)
weiblich	5	1058,6 +/-299,4 (723-1447)	3533,4+/-833,6 (2133-4348)	8996,2 +/-2706,9 (5424-13039)	9465,0 +/-2695,4 (5509-13064)
gesamt	10	1036,9 +/-440,1 (140-1645)	3275,4 +/-900,6 (1440-4348)	9214,1 +/-2393,2 (5424-13039)	9642,8 +/-2219,7 (5509-13064)

*Mittelwerte +/- Std. Abw. (Min-Max).

Tab. 9*:* Im Freien gemessene counts/ min (vertikal) in allen vier Intensitätslevels

Geschlecht	N	counts/min „frei1“	counts/min „frei2“	counts/min „frei3“	counts/min frei4“
männlich	5	1328,8 +/-283,5 (1081-1810)	3103,4 +/-923,0 (1687-4003)	9002,6 +/-2730,3 (5634-12104)	9244,6 +/-2745,1 (5937-12409)
weiblich	5	1253,4 +/-332,3 (901-1704)	3386,0 +/-697,6 (2219-4051)	8422,6 +/-2346,9 (5309-11916)	9248,2 +/-2280,7 (6040-12455)
gesamt	10	1291,1 +/- 293,9 (901-1810)	3244,7 +/-785,6 (1687-4051)	8712,6 +/-2419,6 (5309-12104)	9246,4 +/-2379,3 (5937-12455)

*Mittelwerte +/- Std. Abw. (Min-Max).

Mit diesen Daten werden im Folgenden die vorgestellten Hypothesen zur Beantwortung der relevanten Fragestellungen bezüglich der vertikalen Achse überprüft.

4.1.1 Linearer Zusammenhang

Nullhypothese 1: Es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und der Geschwindigkeit auf dem Laufband und im Freien.

Die Überprüfung dieser Hypothese wurde mit der Spearman- Rang-Korrelationskoeffizienten berechnet. Dies deshalb, weil das Fehlen der Voraussetzungen von intervallskalierten Daten und der Normalverteilung der „activity counts“ über die Geschwindigkeitsstufen hinweg eine Überprüfung mit dem Pearson Produktmoment-Korrelationskoeffizienten nicht zulässt.

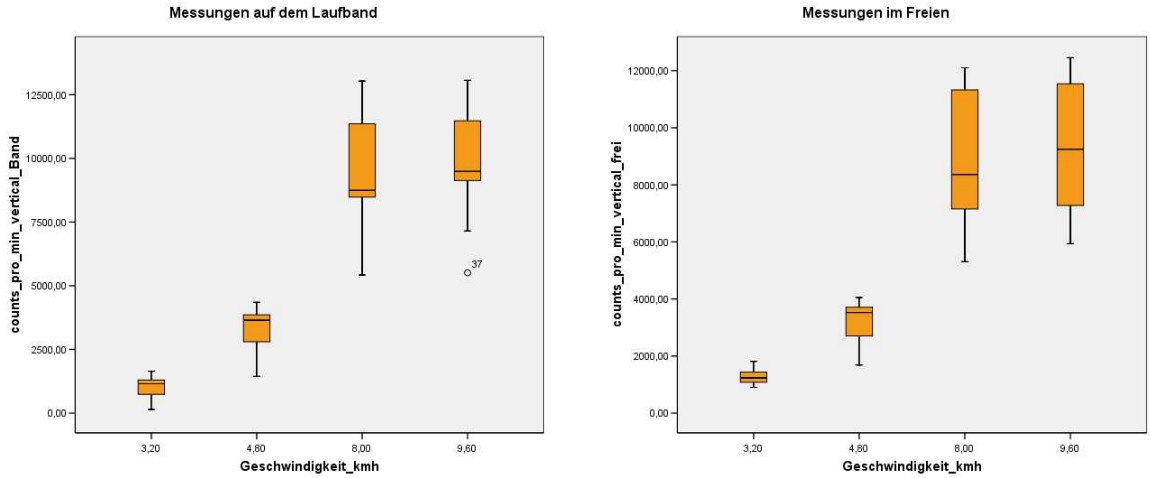


Abb. 10: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den counts/min und der Geschwindigkeitssteigerung im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien.

Ergebnisse:

In Abb. 10 ist zu sehen, wie die counts/min (vertical) bei höherer Geschwindigkeit zunehmend ansteigen. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen den counts/min, die auf dem Laufband gemessen wurden, und der Geschwindigkeit (p=0.00). Der Korrelationskoeffizient dieses Zusammenhanges beträgt r_S=0.89.

Auch die counts/min, die bei den Messungen im Freien erhoben wurden, stehen in einem linearen Zusammenhang mit den Geschwindigkeitsstufen (p=0.00). Dieser Zusammenhang ist mit r=0.89 genauso hoch wie bei den Messungen auf dem Laufband.

Die Nullhypothese muss somit verworfen, und die Alternativhypothese darf angenommen werden: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und der Geschwindigkeitssteigerung auf dem Laufband und im Freien.

4.1.2 Geschlechtsunterschiede

Nullhypothese 2: Es gibt keinen Unterschied in den counts/min (vertical) zwischen Männern und Frauen bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Um festzustellen, ob es möglicherweise einen Unterschied in den counts/min (vertical) zwischen den Geschlechtern gibt, muss zunächst die Voraussetzung der Normalverteilung der Daten erfüllt sein, um mit dem T-Test rechnen zu können. Die Normalverteilung ist sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen gegeben (p>0,05). Somit kann ein T-Test für unabhängige Stichproben gerechnet werden.

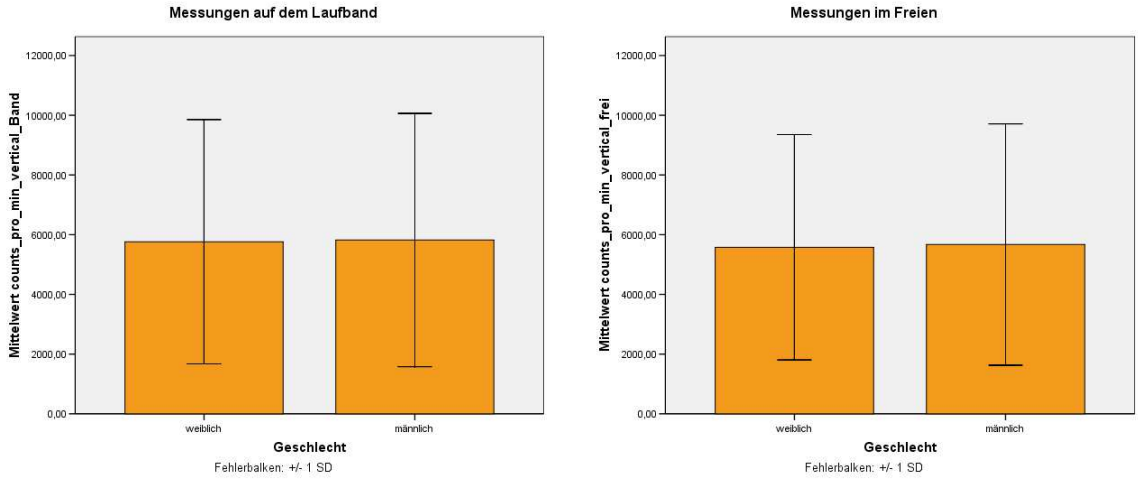


Abb. 11: Vergleich der Gesamt counts/min von Frauen und Männern bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

An den Balkendiagrammen in Abb.11 kann man erkennen, dass die Männer bei beiden Messungen insgesamt etwas mehr counts/min erreicht haben. Der T-Test für unabhängige Stichproben ergibt, dass sich die Summe der counts/min (vertikal) zwischen Frauen und Männern nicht signifikant unterscheiden. Dies gilt für die Werte auf dem Laufband und für die Werte, die im Freien gemessen wurden (p>0.05).

Es wurde auch überprüft, ob sich die counts/min (vertical) in den einzelnen Intensitätslevels („light value“, „moderate value“, „hard value“ und „very hard value“) zwischen den Geschlechtern signifikant unterscheiden. In jeder Geschwindigkeitsstufe sind die Normalverteilungsvoraussetzungen für den T-Test erfüllt, so dass dieser berechnet wurde.

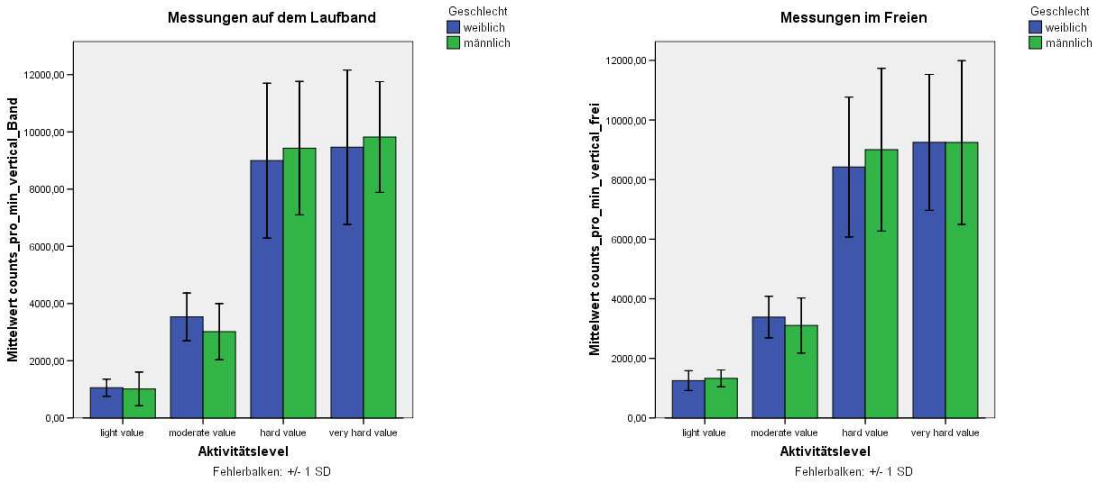


Abb. 12: Veranschaulichung der counts/min. (vertical) von Frauen und Männern je Intensitätslevel auf dem Laufband und im Freien.

Abb. 12 zeigt wie ähnlich sich die Verteilungen der counts/min (vertical) in den einzelnen Intensitätslevels zwischen den Frauen und den Männern sind. In keinem der Intensitätslevel sind signifikante Unterschiede in den counts/min (vertical) zwischen Frauen und Männern zu finden ($p>0,05$). Dies gilt sowohl für die Messungen auf dem Laufband als auch für die Messungen im Freien.

Die Nullhypothese bleibt somit bestehen: Es gibt keinen Unterschied in den counts/min (vertical) zwischen den Geschlechtern.

4.1.3 Zusammenhang mit der Schrittfrequenz

Nullhypothese 3: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den steps/min bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Um den Zusammenhang zwischen den counts/min (vertikal) und den steps/min zu überprüfen, wurde die Korrelation über die Geschwindigkeitsstufen hinweg aufgrund fehlender Voraussetzung der normalverteilten Daten mit dem Spearman Korrelationskoeffizienten berechnet. Für die Berechnungen der Zusammenhänge in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen konnte der Pearson-Korrelationkoeffizient herangezogen werden.

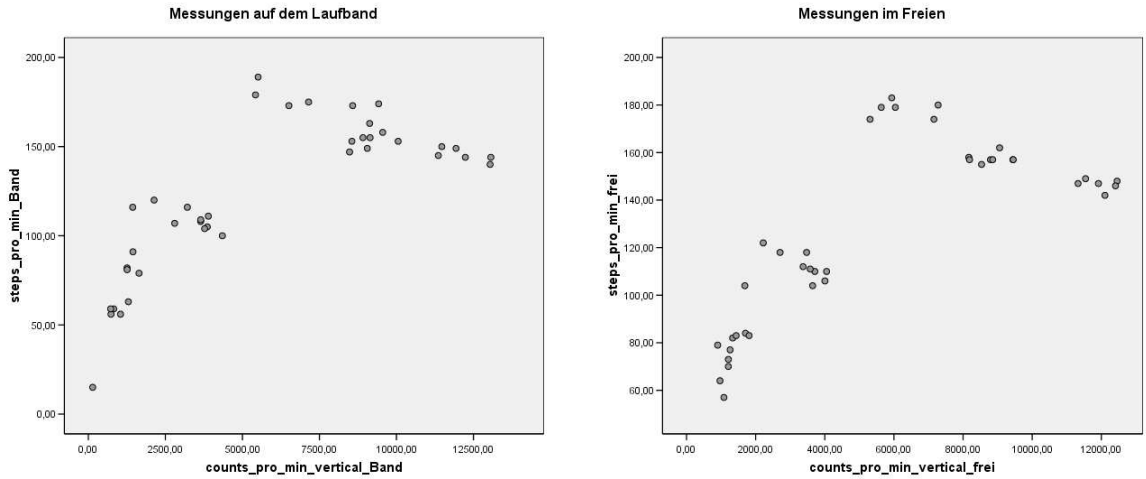


Abb. 13: Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den steps im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

In Abb.13 sind Zusammenhänge zu erkennen, die aber von nicht-linearer Natur sind.

Für die Messungen auf dem Laufband ist der Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den steps/min mit p=0.00 signifikant. Der Korrelationskoeffizient beträgt r_S=0.74. In den einzelnen Geschwindigkeitsstufen spiegelt sich der Zusammenhang folgendermaßen wieder: In der ersten Geschwindigkeitsstufe von 3,2 km/h gibt es einen signifikanten Zusammenhang (p=0.00) die Stärke des Zusammenhanges ist mit R^2=0.81 hoch. In der zweiten Geschwindigkeitsstufe von 4,8 km/h gibt es ebenfalls einen signifikanten Zusammenhang (p=0.01) Die Korrelation ist negativ und die Stärke des Zusammenhanges beträgt R^2=0.59. In der dritten Geschwindigkeitsstufe von 8,0 km/h ist der Zusammenhang mit p=0.02 ebenfalls signifikant. Auch hier handelt es sich um eine negative Korrelation deren Stärke bei R^2=0.71 liegt. Auch in der vierten Geschwindigkeitsstufe

von 9,6km/h gibt es einen signifikanten negativen Zusammenhang (p=0.00) die Stärke des Zusammenhanges ist mit R^2=0.84 hoch.

Ähnlich sieht es bei den Messungen im Freien aus, wie auch in Abb. 13 rechts zu erkennen ist. Auch hier ist der Zusammenhang insgesamt signifikant (p=0.00), Der Korrelationskoeffizient beträgt r_S= 0.74. In der ersten Geschwindigkeitsstufe von 3,2 km/h gibt es einen signifikanten Zusammenhang (p=0.04) die Stärke des Zusammenhanges mit R^2=0.42 niedrig. In der zweiten Geschwindigkeitsstufe von 4,8 km/h konnten keine signifikanten Zusammenhange gefunden werden (p=0.51). In der dritten Geschwindigkeitsstufe von 8,0 km/h gibt es einen signifikanten negativen Zusammenhang (p=0.00) die Stärke dieses Zusammenhanges liegt bei R^2=0.89 und ist somit hoch. Und auch in der vierten Geschwindigkeitsstufe von 9,6km/h gibt es einen signifikanten negativen Zusammenhang (p=0.00) die Stärke des Zusammenhanges ist mit R^2=0.91 ebenfalls hoch.

Die Nullhypothese muss hier für die Messungen auf dem Laufband und die Messungen im Freien verworfen werden, die Alternativhypothese kann angenommen werden: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den steps bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Dieser Zusammenhang ist teilweise negativ.

4.1.4 Zusammenhang mit der Beinlänge

Nullhypothese 4: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und der Beinlänge bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Um die Nullhypothese zu überprüfen, wurde der Zusammenhang über alle Geschwindigkeitsstufen hinweg mangels der notwendigen Voraussetzung der Normalverteilung mit dem Spearman-Korrelationskoeffizient berechnet. Da die Daten innerhalb der einzelnen Geschwindigkeitsstufen normalverteilt sind, konnte bei diesen Berechnungen mit dem Pearson-Korrelationskoeffitzient gerechnet werden.

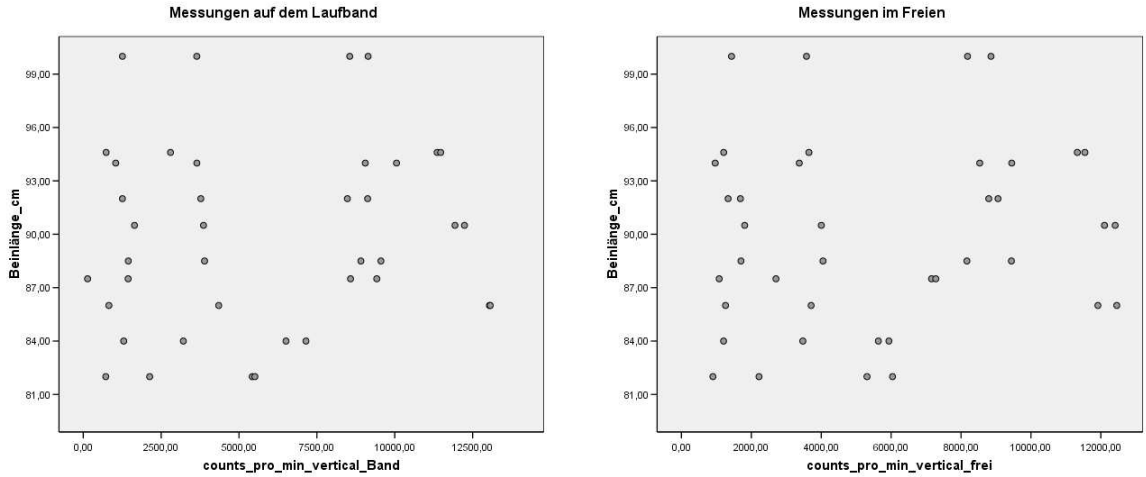


Abb. 14: Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den Beinlängen im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

Wie auch in Abb. 14 links zu erkennen ist, gibt es zwischen den counts/min (vertical) und der Beinlänge bei den Messungen auf dem Laufband keine signifikanten Zusammenhänge ($p>0.05$). Auch in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen ließen sich keinerlei Zusammenhänge zwischen den counts/min (vertikal) und den steps/min finden ($p=>0.05$).

Bei den Messungen im Freien gab es insgesamt ebenfalls keine signifikanten Zusammenhänge ($p=0.39$). Und auch in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen gab es keine Zusammenhänge zwischen den counts/min (vertical) und den steps/min ($p>0.05$).

Die Nullhypothese bleibt somit bestehen: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und der Beinlänge bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

4.1.5 Zusammenhang der Messungen auf dem Laufband mit den Messungen im Freien

Nullhypothese 5: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) auf dem Laufband und den counts/min (vertical) im Freien.

Da die Untersuchungen im Freien und diejenigen auf der Laufbahn die gleichen waren, ist stark anzunehmen, dass hier auch ein signifikanter und hoher Zusammenhang zu finden ist. Um dies zu überprüfen, wurde über die einzelnen Geschwindigkeitsstufen hinweg der Spearman-Korrelationskoeffizient berechnet. Innerhalb der Geschwindigkeitsstufen konnte der Pearson-Korrelationskoeffizient berechnet werden.

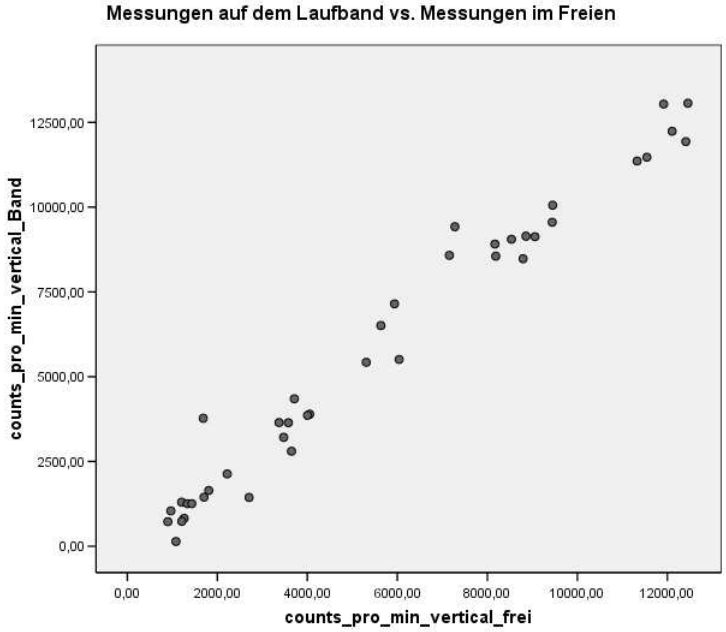


Abb. 15: Darstellung des Zusammenhanges zwischen counts/min (vertical) auf dem Laufband und den counts/min (vertical) im Freien.

Ergebnisse:

Wie auf Abb. 15 gut zu erkennen ist, gibt es einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertikal) auf dem Laufband und den counts/min (vertikal) im Freien. ($p=0.00$).Der Korrelationskoeffizient beträgt $r_s=0.98$ und ist somit hoch.

Bei der Betrachtung der einzelnen Geschwindigkeitsstufen getrennt voneinander, zeigen sich folgende Ergebnisse: In der ersten Geschwindigkeitsstufe von 3,2 km/h ist der Zusammenhang mit $p=0.01$ signifikant und beträgt $R^2=0.52$. In der zweiten Geschwindigkeitsstufe von 4,8 km/h gibt es keinen signifikanten Zusammenhang ($p=0.20$).

Dagegen findet sich in der dritten Geschwindigkeitsstufe wieder ein signifikanter Zusammenhang ($p=0.00$) mit $R^2=0.97$ ist dieser hoch. Auch in der vierten Geschwindigkeitsstufe ist der Zusammenhang signifikant ($p=0.00$) und mit $R^2=0.88$ hoch.

Somit kann die Nullhypothese verworfen, und die Alternativhypothese angenommen werden: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) auf dem Laufband und den Counts (vertical) im Freien.

4.1.6 Zusammenhang mit den MET-Angaben im „Compendium of Physical Activities“

Nullhypothese 6: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000) und den counts/min (vertical).

Es ist anzunehmen, dass es einen hohen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den MET-Angaben (2, 3, 8 und 11 Mets) - im „Compendium of Physical Activities“ zu den Geschwindigkeiten 2,0 mph (bzw. 3,2 km/h), 3,0 mph (bzw. 4,8 km/h), 5,0 mph (bzw.8, 0 km/h) und 6,7 mph (bzw. 9,6 km/h) gibt. Dieser Zusammenhang wurde aufgrund der fehlenden Normalverteilung und ordinalskalierter Daten mit dem Spearman – Korrelationskoeffizienten berechnet.

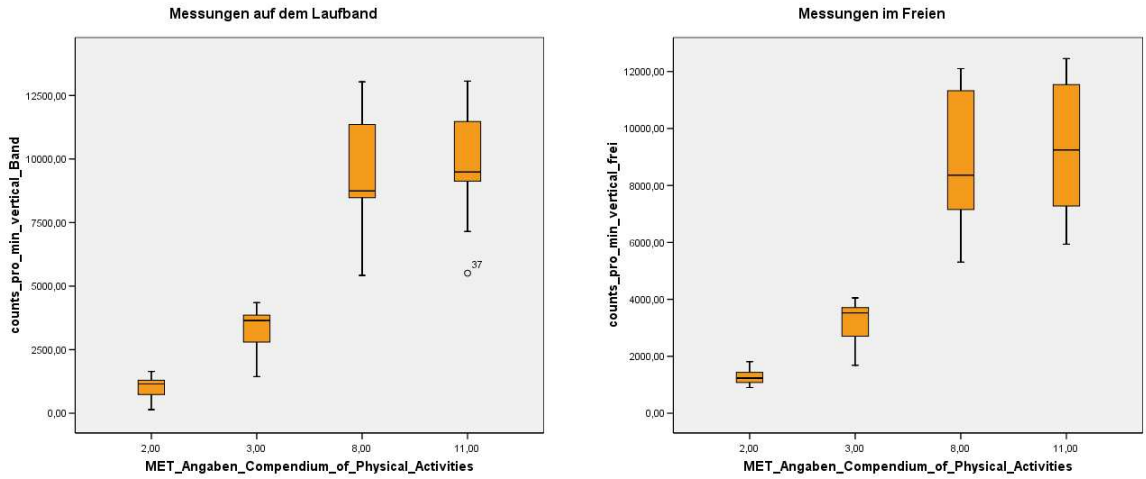


Abb. 16: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth und den counts/min (vertical) bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

Es gibt einen signifikanten Zusammenhang der MET-Werte laut Ainsworth (2000) mit den counts/min (vertical), die auf dem Laufband und im Freien gemessen wurden (p=0.00) Der Korrelationskoeffizient beträgt für die Messungen auf dem Laufband r_S= 0.89. Für die Messungen im Freien ist er mit r_S= 0.89 genauso hoch.

Die Nullhypothese muss somit verworfen werden, und die Alternativhypothese darf angenommen werden: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000) und den counts/min (vertical).

4.2 Ergebnisse für den Vektorbetrag

In den einzelnen Geschwindigkeitsstufen sind die Normalverteilungsvoraussetzungen der counts des Vektorbetrags bei den Messungen im Freien und auf dem Laufband, sowie für die Geschlechter getrennt laut Kolmgorov-Smirnov-Test gegeben (p>0,05). Also wurden Mittelwert und Standardabweichung der counts/min (vertikal) für die Messungen im Freien und auf dem Laufband sowie für die Geschlechter jeweils getrennt berechnet. Die Werte sind in der Tab. 10 und 11 zu sehen. „Band/frei 1“ steht dabei für den Intensitätslevel „light value“, „Band/frei 2“ für den Intensitätslevel „moderate value“, „Band/frei3“ für den Intensitätslevel „hard value“ und „Band/frei 4“ für die Bezeichnung des Intensitätslevels „very hard value.“

Tab. 10*:* Auf dem Laufband gemessene counts des Vektorbetrags in allen vier Intensitätslevels

Geschlecht	N	counts/min „Band1“	counts/min„Band2“	counts/min. „Band3“	Counts/min „Band4“
männlich	5	1886,4 +/- 686,2 (1026-2772)	3825,4 +/- 961,4 (1853-5100)	3558,4 +/-1125,8 (1653-4699)	9631,0 +/-2312,6 (6961-12562)
weiblich	5	1999,2 +/-263,3 (1742-2405)	4092,4+/-796,3 (2876-5100)	9254,0 +/-2674,0 (5781-13284)	9811,4 +/-2712,3 (5871-13467)
gesamt	10	1942,8 +/-493,5 (1026-2772)	3825,4 +/-961,4 (1853-5100)	9442,5 +/-2365,2 (5781-13284)	9297,5 +/-3110,5 (2965-13467)

*Mittelwerte +/- Std. Abw. (Min-Max).

Tab. 11*:* Im Freien gemessene counts des Vektorbetrags in allen vier Intensitätslevels

Geschlecht	N	counts/min „frei1“	counts/min „frei2“	counts/min „frei3“	counts/min frei4“
männlich	5	2107,6 +/-513,4 (1671-2961)	4009,4 +/-667,3 (2972-4802)	9148,2 +/-2692,7 (5965-12182)	9434,8 +/-2675,9 (6420-12495)
weiblich	5	2169,2 +/-299,1 (1725-2526)	3844,0 +/-602,8 (2920-4467)	8668,8 +/-2336,4 (5582-12164)	9575,2 +/-2390,0 (6182-12893)
gesamt	10	2138,4 +/- 397,5 (1671-2961)	3926,7 +/-605,8 (2920-4802)	8908,5 +/-2390,1 (5582-12182)	9505,0 +/-2393,0 (6182-12893)

*Mittelwerte +/- Std. Abw. (Min-Max).

Mit diesen Daten werden im Folgenden die vorgestellten Hypothesen zur Beantwortung der relevanten Fragestellungen zum Vektorbetrag überprüft.

4.2.1 Linearer Zusammenhang

Nullhypothese 7: Es besteht kein Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und der Geschwindigkeit auf dem Laufband und im Freien.

Um zu überprüfen, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Vektorbetrag und der Geschwindigkeit gibt, wurde der Zusammenhang mangels notwendiger Voraussetzung der Normalverteilung mit der Spearman-Rangkorrelation berechnet.

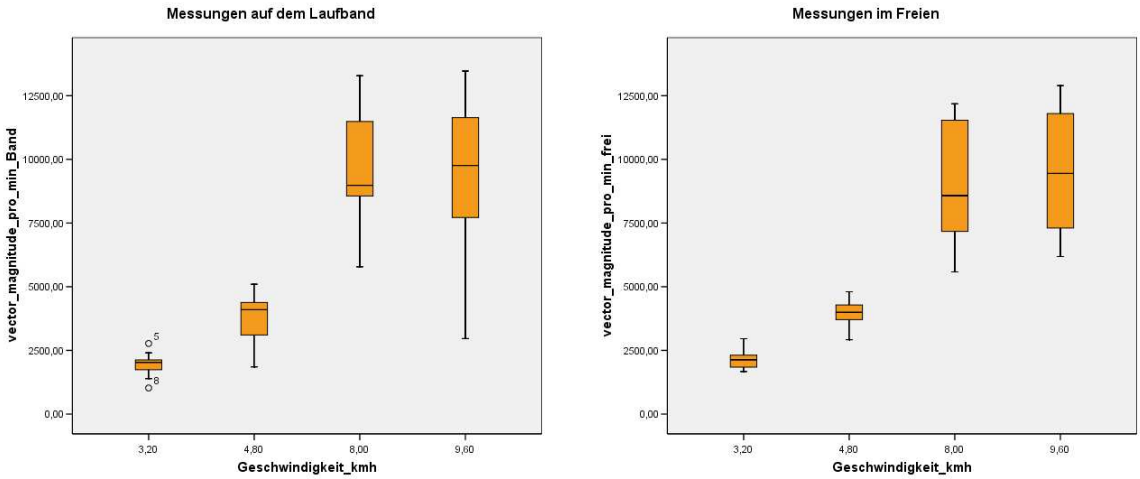


Abb. 17: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den counts des Vektorbetrags/min und der Geschwindigkeit im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien.

Ergebnisse:

Abb. 17 stellt die Zusammenhänge bildlich dar. Es besteht ein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen dem Vektorbetrag, der auf dem Laufband gemessen wurde, und der Geschwindigkeit (p=0.00). Die Korrelation beträgt r_S=0.84

Auch die counts des Vektorbetrags, die bei den Messungen im Freien erhoben wurden, stehen in einem linearen Zusammenhang mit den Geschwindigkeitsstufen (p=0.00). Die Korrelation ist mit r_S=0.89 hoch.

Die Nullhypothese muss verworfen werden und die Alternativhypothese kann angenommen werden: Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und der Geschwindigkeit auf dem Laufband und im Freien.

4.2.2 Geschlechtsunterschiede

Nullhypothese 8: Es gibt keinen Unterschied in den counts/min des Vektorbetrags zwischen Männern und Frauen bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Um festzustellen, ob es möglicherweise einen Unterschied in den counts des Vektorbetrags zwischen den Geschlechtern gibt, muss für eine Berechnung mit dem T-Test zunächst die Voraussetzung der Normalverteilung der Daten erfüllt sein. Die Normalverteilung ist sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen gegeben (p>0,05). Somit kann ein T-Test für unabhängige Stichproben gerechnet werden.

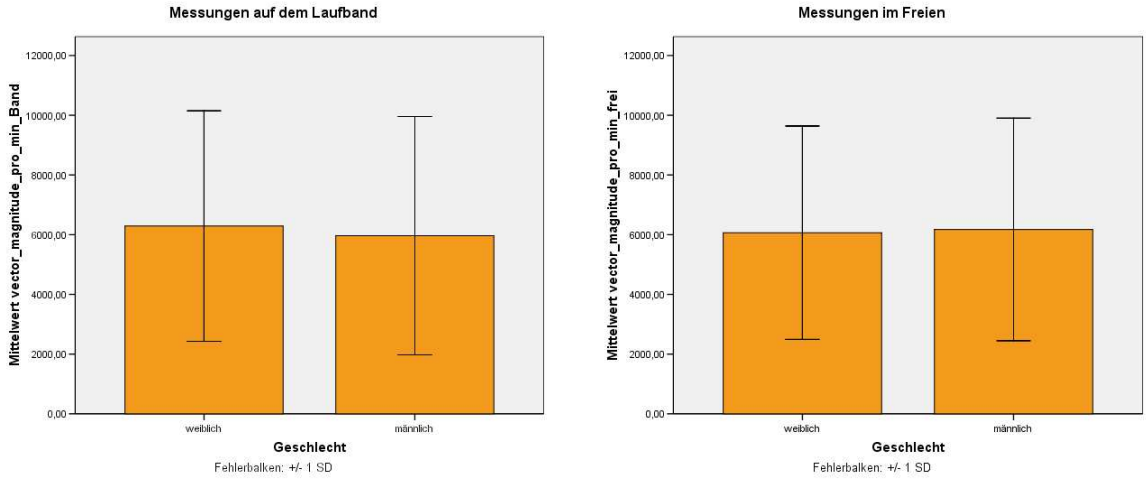


Abb. 18: Vergleich der counts des Vektorbetrags von Frauen und Männern bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

An den Balkendiagrammen in Abb. 18 kann man erkennen, dass die Männer bei den Messungen auf dem Band etwas weniger counts/min erreicht haben. Im Freien hatten die Männer leicht höhere Werte als die Frauen.

Der T-Test für unabhängige Stichproben ergibt, dass sich die counts des Vektorbetrags zwischen Frauen und Männern nicht signifikant unterscheiden. Dies gilt für die Werte auf dem Laufband und für die Werte, die im Freien gemessen wurden (p>0.05).

Es wurde auch überprüft, ob sich die counts/min des Vektorbetrags in den einzelnen Intensitätslevels zwischen den Geschlechtern signifikant unterscheiden. Die Normalverteilung in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen je nach Geschlecht ist gegeben (p<0.05), so dass der T-Test für unabhängige Stichproben gerechnet werden kann.

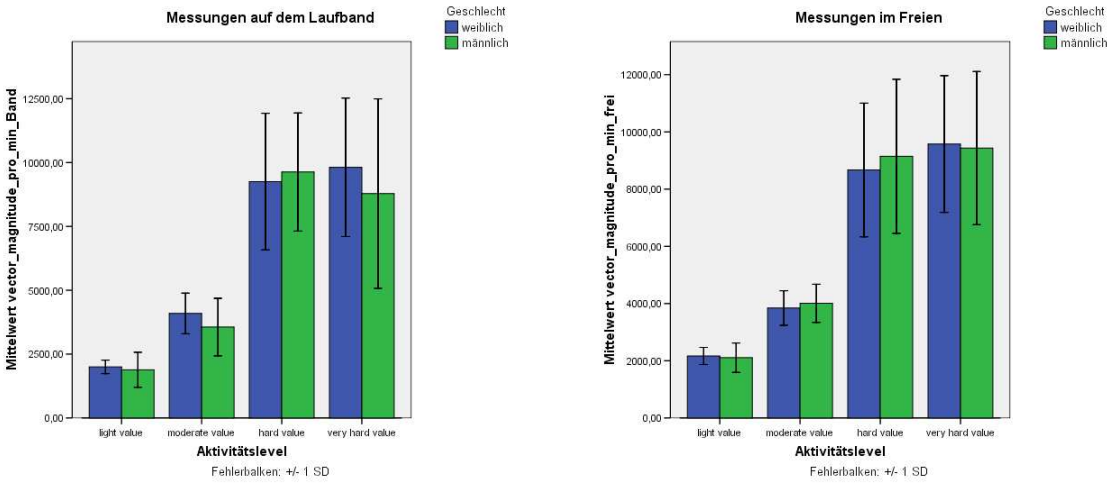


Abb. 19: Veranschaulichung des Vektors von Frauen und Männern je Intensitätslevel auf dem Laufband und im Freien.

Abb. 19 zeigt deutlich, wie ähnlich sich die Verteilungen der counts/min in den einzelnen Intensitätslevels zwischen den Frauen und den Männern sind.

In keinem der Intensitätslevel sind signifikante Unterschiede in den counts des Vektorbetrags zwischen Frauen und Männern zu finden ($p>0,05$). Dies gilt sowohl für die Messungen auf dem Laufband als auch für die Messungen im Freien.

Die Nullhypothese kann somit beibehalten werden: Es gibt keinen Unterschied in den counts/min des Vektorbetrags zwischen Männern und Frauen bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

4.2.3 Zusammenhang mit der Schrittfrequenz

Nullhypothese 9: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und den steps bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Um den Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und den steps/ min zu überprüfen, wurde für die Berechnungen über die Geschwindigkeitsstufen hinweg der Sprearman-Rang-Korrelationskoeffizient berechnet. Der Zusammenhang in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen konnte mit dem Pearson-Korrelationskoeffizient berechnet, werden, da hier die Normalverteilungsvoraussetzungen gegeben waren.

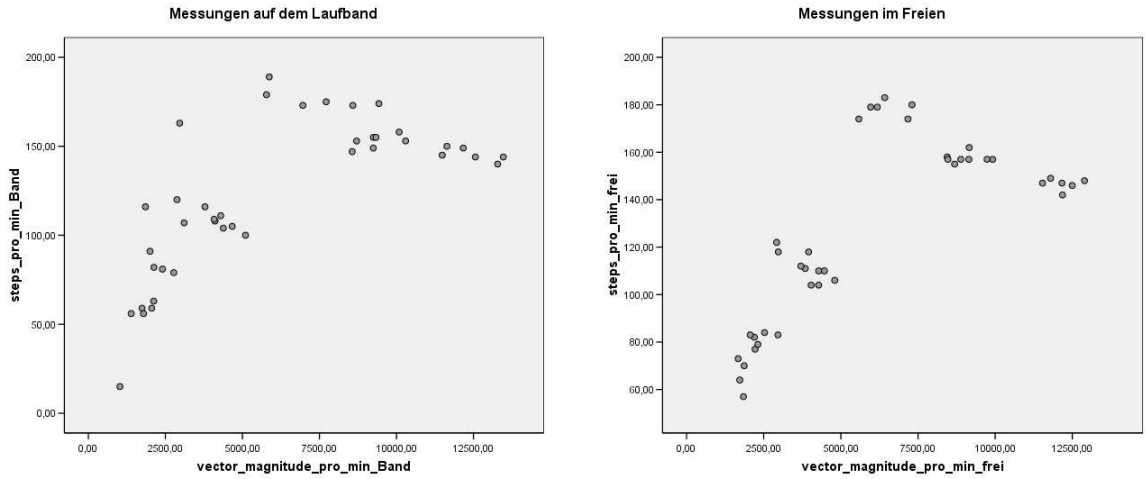


Abb. 20: Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und den steps im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

Abb. 20 zeigt, dass es gewisse Zusammenhänge geben muss, die aber nicht linear sind.

Für die Messungen auf dem Laufband ist der Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und den steps mit p=0.00 signifikant. Der Korrelationskoeffizient beträgt r_S=0.70. In den einzelnen Geschwindigkeitsstufen spiegelt sich der Zusammenhang folgendermaßen wieder: In der ersten Geschwindigkeitsstufe von 3,2 km/h gibt es einen signifikanten Zusammenhang (p=0.00) die Stärke des Zusammenhanges mit R^2=0.63 mittelmäßig stark ausgeprägt. In der zweiten Geschwindigkeitsstufe von 4,8 km/h gibt es einen signifikanten Zusammenhang (p=0.01). Dieser Zusammenhang ist negativ (-0.75) und die Stärke des Zusammenhanges beträgt R^2=0.56. In der dritten Geschwindigkeitsstufe von 8,0 km/h ist der Zusammenhang mit p=0.00 ebenfalls signifikant, auch hier handelt es sich um eine negative Korrelation (r=-0.84) deren Stärke bei R^2=0.71 liegt.

Und auch in der vierten Geschwindigkeitsstufe von 9,6km/h gibt es einen signifikanten negativen Zusammenhang (p=0.03), die Stärke dieses Zusammenhanges ist mit R^2=0.46 niedrig.

Abbildung 20 rechts zeigt, dass die Zusammenhänge im Freien ähnlich denen, die auf dem Laufband festgestellt wurden sein müssen. Auch im Freien ist der Zusammenhang signifikant (p=0.00), und der Korrelationskoeffizient liegt bei r_s=0.73. Die Zusammenhänge in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen sehen folgendermaßen aus: In der ersten Geschwindigkeitsstufe von 3,2 km/h gibt es einen signifikanten Zusammenhang (p=0.04) die Stärke des Zusammenhanges mit R^2=0.40 niedrig. In der zweiten Geschwindigkeitsstufe von 4,8 km/h konnten keine signifikanten Zusammenhänge gefunden werden (p=0.51).In der dritten Geschwindigkeitsstufe von 8,0 km/h gibt es einen signifikanten (p=0.00) negativen Zusammenhang. Die Stärke dieses Zusammenhanges liegt bei R^2=0.89. Und auch in der vierten Geschwindigkeitsstufe von 9,6km/h gibt es einen signifikanten negativen Zusammenhang (p=0.00) die Stärke dieses Zusammenhanges ist mit R^2=0.91 hoch.

Bei der Gesamtbetrachtung muss die Nullhypothese verworfen werden, die Alternativhypothese wird angenommen: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und den steps bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Die Korrelationen sind teilweise negativ.

4.2.4 Zusammenhang mit der Beinlänge

Nullhypothese 9: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und der Beinlänge bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Es könnte sein, dass die Beinlänge einen Einfluss auf die counts des Vektorbetrags hat, da die Beschleunigungswerte sich durch größere Schritte möglicherweise verändern. Um dies zu überprüfen wurde auch hier der Gesamtzusammenhang mit der Spearman-Rang-Korrelation gerechnet, und die Zusammenhänge in den jeweiligen Geschwindigkeitsstufen wurden mit dem Pearson-Test berechnet.

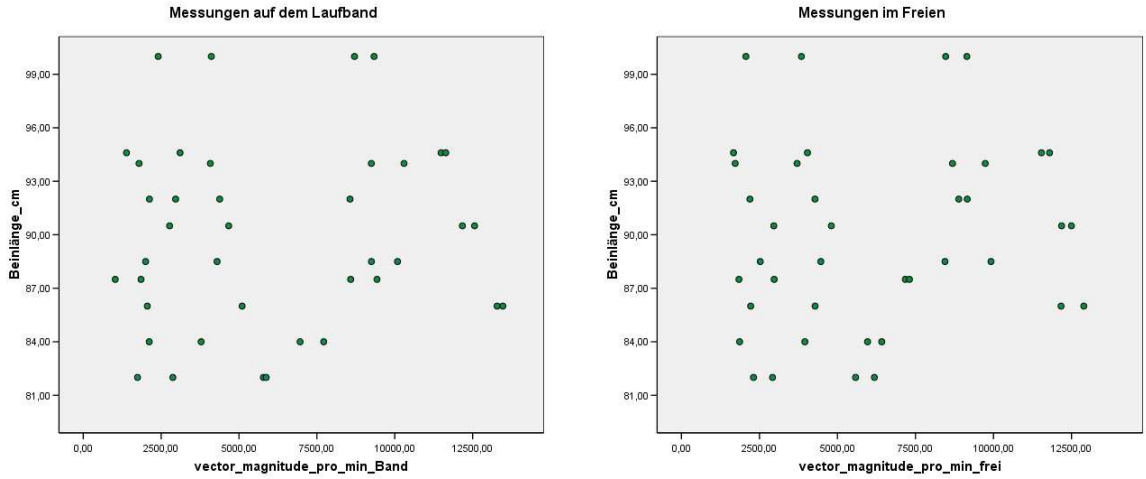


Abb. 21: Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und der Beinlänge im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

Wie auch in Abb. 21 deutlich wird, gibt es zwischen den counts des Vektorbetrags und der Beinlänge bei den Messungen auf dem Laufband keine signifikanten Zusammenhänge (p=0.57). Auch in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen ließen sich keinerlei Zusammenhänge zwischen den counts/min (vertikal) und den steps/min finden (p=0.55).

Bei den Messungen im Freien gab es ebenfalls sowohl insgesamt, als auch in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen keine signifikanten Zusammenhänge (p>0.05) zwischen den counts des Vektorbetrags und der Beinlänge.

Die Nullhypothese bleibt somit bestehen: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und der Beinlänge bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

4.2.5 Zusammenhang der Messungen auf dem Laufband mit den Messungen im Freien

Hypothese 10: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags auf dem Laufband und den counts des Vektorbetrags im Freien.

Da die Untersuchungen im Freien und diejenigen auf der Laufbahn die gleichen waren, ist stark anzunehmen, dass hier auch ein signifikanter und hoher Zusammenhang zu finden ist. Um dies herauszufinden wurde der Gesamtzusammenhang mit der Spearman-Rang-Korrelation gerechnet, und die Zusammenhänge in den jeweiligen Geschwindigkeitsstufen wurden mit dem Pearson Test berechnet, da hier die Normalverteilung der Daten gegeben ist.

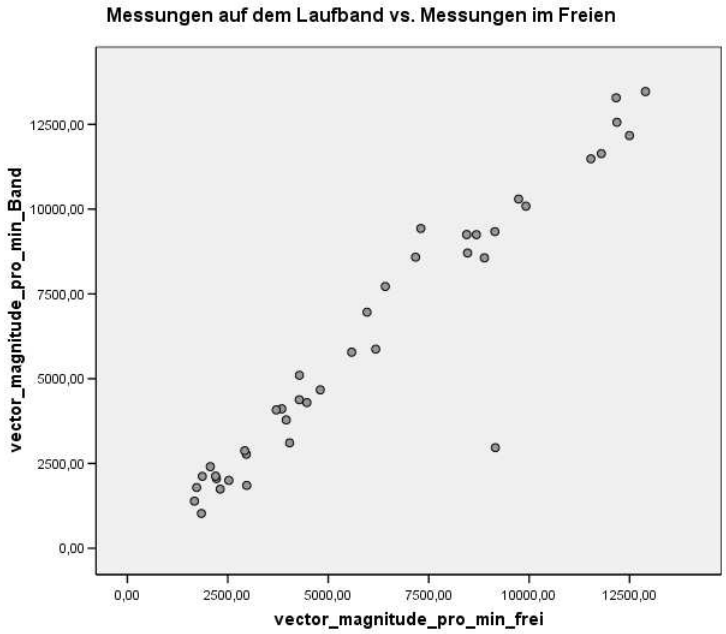


Abb. 22: Darstellung des Zusammenhangs zwischen den counts des Vektorbetrags auf dem Laufband den counts des Vektorbetrags im Freien.

Ergebnisse:

Wie auf Abb. 22 gut zu erkennen ist, gibt es einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags auf dem Laufband und denen im Freien. ($p=0.00$). Dieser Zusammenhang beträgt $r_s=0.94$ uns ist somit hoch.

Bei der Betrachtung der einzelnen Geschwindigkeitsstufen getrennt voneinander, zeigen sich folgende Ergebnisse: In der ersten Geschwindigkeitsstufe von 3,2 km/h ist der Zusammenhang mit $p=0.03$ signifikant und ist mit $R^2=0.46$ eher niedrig. In der zweiten Geschwindigkeitsstufe von 4,8 km/h gibt es einen signifikanten Zusammenhang ($p=0.03$). Dieser beträgt $R^2=0.68$. In der dritten Geschwindigkeitsstufe gibt es ebenfalls einen signi-

fikanten Zusammenhang (p=0.00) dieser ist mit R^2=0.94 hoch. Auch in der vierten Geschwindigkeitsstufe ist der Zusammenhang signifikant (p=0.02), mit R^2=0.48 aber niedrig.

Die Nullhypothese muss verworfen werden, und die Alternativhypothese kann angenommen werden: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags auf dem Laufband und den counts des Vektorbetrags im Freien.

4.2.6. Zusammenhang mit den MET-Angaben im „Compendium of Physical Activities“

Nullhypothese 11: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000) und den counts/min (vertical).

Es ist anzunehmen, dass es einen hohen Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und den MET-Angaben im „Compendium of Physical Activities“ zu den Geschwindigkeiten 2,0 mph (bzw. 3,2 km/h), 3,0 mph (bzw. 4,8 km/h), 5,0 mph (bzw.8, 0 km/h) und 6,7 mph (bzw. 9,6 km/h) gibt. Um dies zu überprüfen wurde mangels der Normalverteilung und ordinalskalierten Daten mit der Spearman-Rangkorrelation gerechnet.

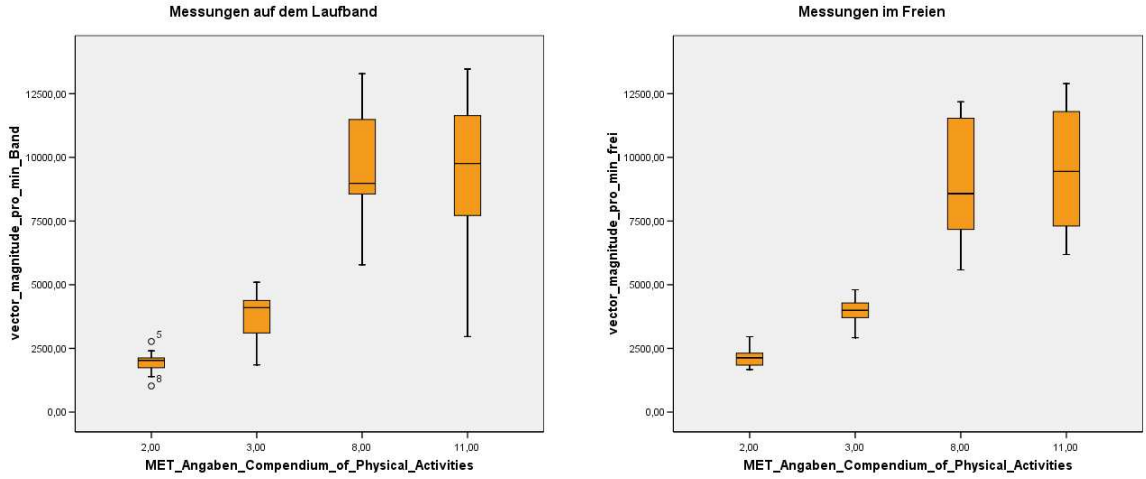


Abb. 23: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth und den Vektorbetrag-Counts bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

Der lineare Zusammenhang ist auch in Abb. 23 zu erkennen. Es gibt einen signifikanten Zusammenhang der MET-Werte laut Ainsworth (2000) sowohl mit den counts/min des Vektorbetrags die auf dem Laufband gemessen wurden (p=0.00), als auch mit den counts/min, die im Freien gemessen wurden (p=0.00). Die Korrelation beträgt für das Laufband r_S=0.84 und für die counts die im freien erhoben wurden r_S=0.89.

Die Nullhypothese muss somit verworfen werden, und die Alternativhypothese kann angenommen werden: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000) und den counts/min des Vektorbetrags.

4.3 Ergebnisse für die horizontale Achse

In den einzelnen Geschwindigkeitsstufen sind die Normalverteilungsvoraussetzungen für die counts/min (horizontal) bei den Messungen im Freien und auf dem Laufband sowie für die Geschlechter getrennt laut Kolmgorov-Smirnov-Test gegeben (p>0,05). Also wurden Mittelwert und Standardabweichung der counts/min (horizontal) für die Messungen im Freien und auf dem Laufband sowie für die Geschlechter jeweils getrennt berechnet. Die Werte sind in der Tab. 12 und 13 zu sehen. „Band/frei 1“ steht dabei für den Intensitätslevel „light value“, „Band/frei 2“ für den Intensitätslevel „moderate value“, „Band/frei3“ für den Intensitätslevel „hard value“ und „Band/frei 4“ für die Bezeichnung des Intensitätslevels „very hard value.“

Tab. 12*:* Auf dem Laufband gemessene counts/min (horizontal) in allen vier Intensitätslevels

Geschlecht	N	counts/min „Band1“	counts/min„Band2“	counts/min. „Band3“	Counts/min „Band4“
männlich	5	1560,6 +/- 480,3 (1023-2229)	1876,4 +/- 601,6 (1193-2627)	1756,6 +/-909,4 (625-2842)	1909,0 +/-531,3 (1950-3276)
weiblich	5	1671,4 +/-287,2 (1377-2058)	2046,6+/-344,6 (1858-2660)	2139,8 +/-2706,9 (1679-2537)	2375,4 +/-2695,4 (5509-13064)
gesamt	10	1616,0 +/-377,6 (1023-2229)	1961,5 +/-470,8 (1193-2660)	1948,2 +/-687,1 (625-2842)	2142,2 +/-696,9 (730-3276)

*Mittelwerte +/- Std. Abw. (Min-Max).

Tab. 13*:* Im Freien gemessene counts/ min (horizontal) in allen vier Intensitätslevels

Geschlecht	N	counts/min „frei1“	counts/min „frei2“	counts/min „frei3“	counts/min frei4“
männlich	5	1626,2 +/-448,0 (1149-2334)	1941,8 +/-515,1 (1267-2651)	1492,2 +/-590,0 (688-2176)	1690,8 +/-727,0 (767-2441)
weiblich	5	1737,6 +/-292,6 (1425-2127)	1788,2 +/-292,2 (1408-2138)	2058,2 +/-320,8 (1720-2433)	2490,0 +/-786,9 (1314-3329)
gesamt	10	1681,9 +/- 361,5 (1149-2334)	1865,0 +/-403,0 (1267-2651)	1775,2 +/-538,0 (688-2433)	2090,4 +/-828,2 (767-3329)

*Mittelwerte +/- Std. Abw. (Min-Max).

Mit diesen Daten werden im Folgenden die vorgestellten Hypothesen zur Beantwortung der relevanten Fragestellungen zur horizontalen Achse überprüft.

4.3.1 Linearer Zusammenhang

Nullhypothese 12: Es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen counts/min (horizontal) und der Geschwindigkeit auf dem Laufband und im Freien.

Um den Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und der Geschwindigkeit zu überprüfen wurde mangels Normalverteilung der counts über die Geschwindigkeitsstufen hinweg und aufgrund von ordinalskalierten Daten der Spearman-Rang-Korrelationskoeffizient berechnet.

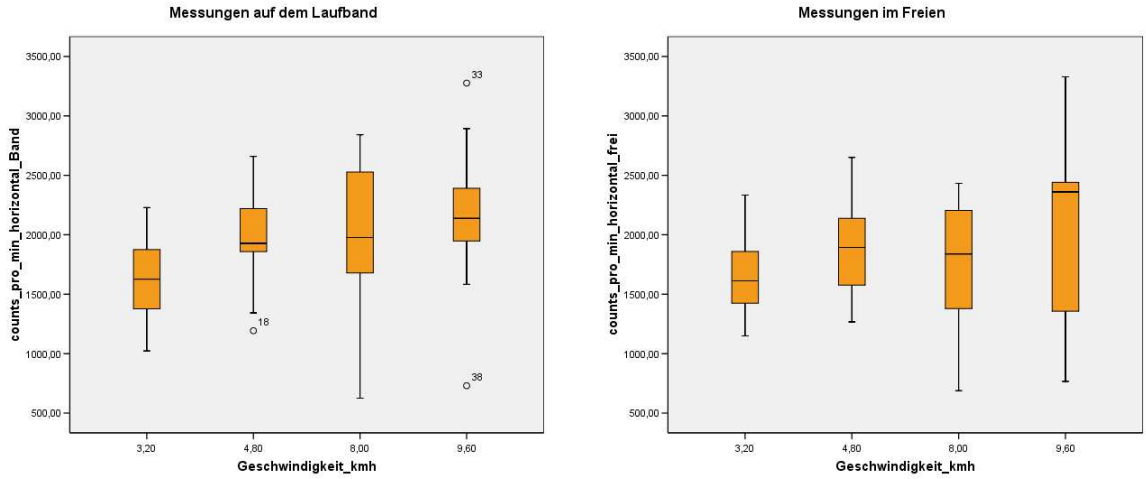


Abb. 24: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den counts/min (horizontal) und der Geschwindigkeit im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien.

Ergebnisse:

Wie auch in der Abb.24 zu erkennen ist, bestehen wenn überhaupt, nur niedrige Zusammenhänge zwischen den counts/min (horizontal) und den vier Geschwindigkeitsstufen.

Bei den Messungen auf dem Laufband gibt es mit p=0.02 einen signifikanten Zusammenhang. Dieser ist mit einem Korrelationskoeffizienten von r_S=0.34 aber niedrig.

Für die Messungen auf der Laufbahn konnten keine Zusammenhänge gefunden werden, (p=0.20).

Für die Messungen auf dem Laufband muss die Nullhypothese verworfen werden, und die Alternativhypothese darf angenommen werden: Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen counts/min (horizontal) und der Geschwindigkeit auf dem Laufband.

Für die Messungen im Freien kann die Nullhypothese bestätigt werden: Es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen counts/min (horizontal) und der Geschwindigkeit im Freien.

4.3.2 Geschlechtsunterschiede

Nullhypothese 13: Es gibt keinen Unterschied in den counts/min (horizontal) zwischen Männern und Frauen bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Um festzustellen, ob es möglicherweise einen Unterschied in den counts/min (horizontal) zwischen den Geschlechtern gibt, muss zunächst die Voraussetzung der Normalverteilung der Daten erfüllt sein, um mit dem T-Test rechnen zu können. Die Normalverteilung ist sowohl bei den Männern, als auch bei den Frauen gegeben (p>0.05). Es kann mit dem T-Test für unabhängige Stichproben gerechnet werden.

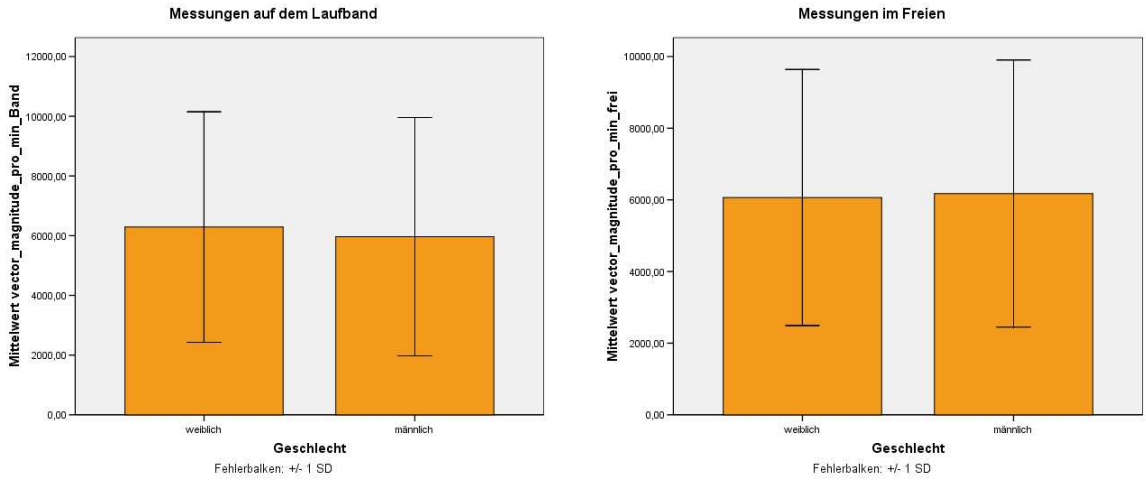


Abb. 25: Vergleich des Gesamt- Vektorbetrags von Frauen und Männern bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

Abb. 25 zeigt, dass die Countvergabe zwischen den Männern und den Frauen sehr ähnlich ist. Der T-Test für unabhängige Stichproben ergibt, dass sich die Summe der counts/min (horizontal) zwischen Frauen und Männern nicht signifikant unterscheiden. Dies gilt für die Werte auf dem Laufband und für die Werte, die im Freien gemessen wurden (p>0.05).

Es wurde auch überprüft, ob sich die counts/min (horizontal) in den einzelnen Intensitätslevels („light value“, „moderate value“, „hard value“ und „very hard value“) zwischen den Geschlechtern signifikant unterscheiden. Die Normalverteilung in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen je nach Geschlecht ist gegeben, (p<0.05).

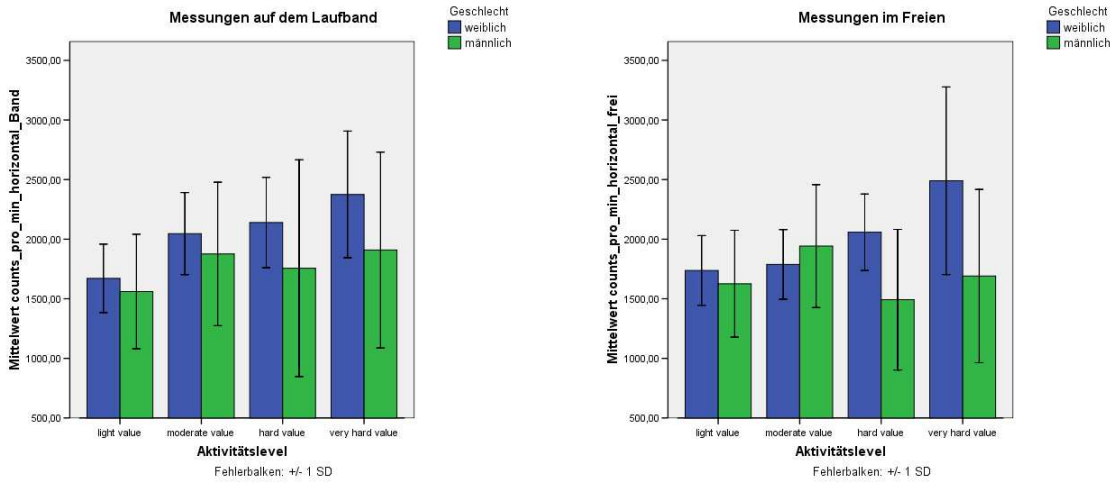


Abb. 26: Veranschaulichung der counts/min (horizontal) von Frauen und Männern je Intensitätslevel auf dem Laufband und im Freien.

In Abb. 26 ist zu erkennen, dass die counts zwischen Männern und Frauen ähnlich verteilt sind. In keinem der Intensitätslevel sind signifikante Unterschiede in den counts/min (horizontal) zwischen Frauen und Männern zu finden (p>0,05). Dies gilt sowohl für die Messungen auf dem Laufband als auch für die Messungen im Freien.

Die Nullhypothese kann somit bestätigt werden: Es gibt keinen Unterschied in den counts/min (horizontal) zwischen Männern und Frauen bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

4.3.3 Zusammenhang mit der Schrittfrequenz

Nullhypothese 14: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und den steps/min bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Um den Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und den steps/min zu überprüfen, wurde auch hier, da die Normalverteilung bei der Betrachtung über die Geschwindigkeitsstufen hinweg nicht gegeben ist der Spearman-Korrelationskoeffizient berechnet. Die Korrelationen in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen wurden mit dem Pearson-Korrelationskoeffitienten berechnet.

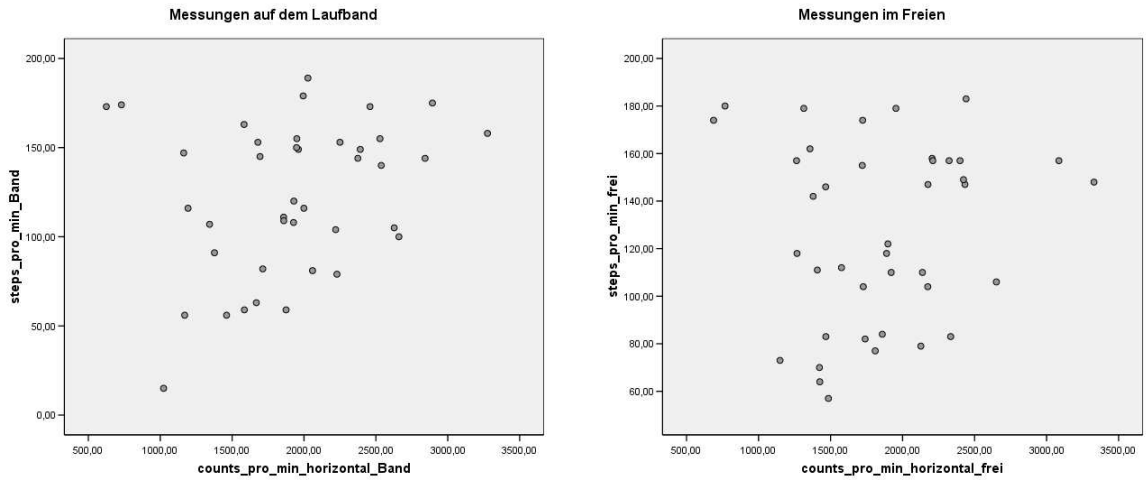


Abb. 27: Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und den steps im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

Für die Messungen auf dem Laufband ist der Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und den steps mit p=0.10 nicht signifikant. In den einzelnen Geschwindigkeitsstufen gibt es ebenfalls keine signifikanten Zusammenhänge (p>0.05).

Ähnlich sieht es bei den Messungen im Freien aus. Auch hier gibt es insgesamt keinen signifikanten Zusammenhang (p>0.05), und auch für die einzelnen Geschwindigkeiten getrennt wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden (p>0.05).

Die Nullhypothese kann somit bestätigt werden: *Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und den steps bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.*

4.3.4 Zusammenhang mit der Beinlänge

Nullhypothese 15: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und der Beinlänge bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Es könnte sein, dass die Beinlänge einen Einfluss auf die counts/min hat, da die Beschleunigungswerte sich durch größere Schritte möglicherweise verändern. Dieser Zusammenhang wurde über die Geschwindigkeitsstufen hinweg mit dem Spearman Test berechnet. Innerhalb der Geschwindigkeitsstufen konnte der Zusammenhang mit dem Pearson-Test berechnet werden, da in diesem Fall die Normalverteilungsvoraussetzung erfüllt war.

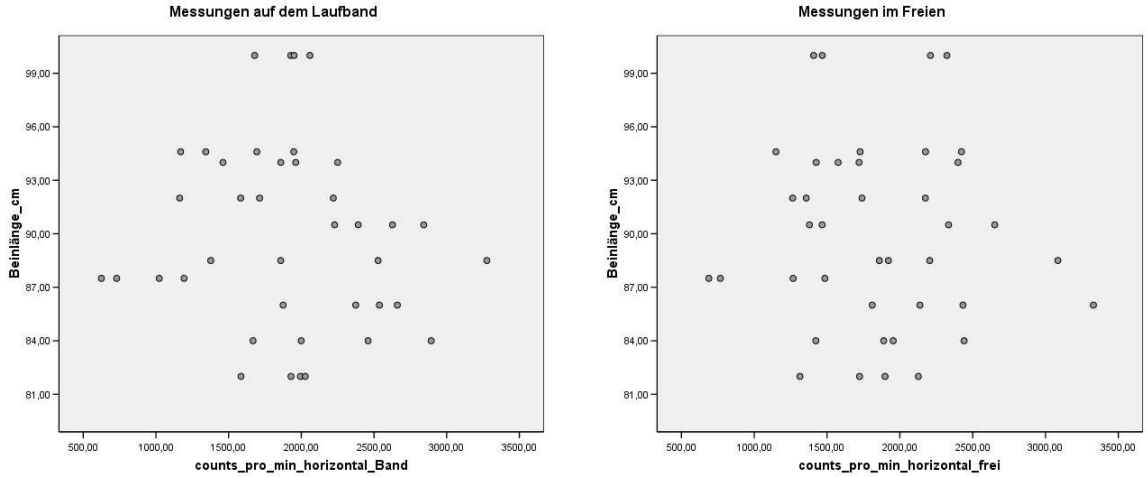


Abb. 28: Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und der Beinlänge im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

Wie auch in Abb. 28 deutlich wird, gibt es zwischen den counts/min (horizontal) und der Beinlänge bei den Messungen auf dem Laufband insgesamt keine signifikanten Zusammenhänge ($p=0.27$). Auch in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen ließen sich keinerlei Zusammenhänge zwischen den counts/min (vertikal) und der Beinlänge finden ($p>0.05$).

Bei den Messungen im Freien gab es insgesamt ebenfalls keine signifikanten Zusammenhänge ($p=0.82$). Und auch hier wurden in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen keine signifikanten Zusammenhänge gefunden ($p>0.05$).

Die Nullhypothese kann somit angenommen werden: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und der Beinlänge bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

4.3.5 Zusammenhang der Messungen auf dem Laufband mit den Messungen im Freien

Nullhypothese 16: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) auf dem Laufband und den counts/min (horizontal) im Freien.

Da die Untersuchungen im Freien und diejenigen auf der Laufbahn die gleichen waren, ist stark anzunehmen, dass hier auch ein signifikanter und hoher Zusammenhang zu finden ist. Um dies zu überprüfen, wurde mangels notwendiger Voraussetzung der Normalverteilung für die Gesamtbetrachtung das nichtparametrische Verfahren des Spearman-Tests gewählt. In den einzelnen Geschwindigkeitsstufen konnte der Zusammenhang mit dem stärkeren Test, dem Pearson-Test berechnet werden.

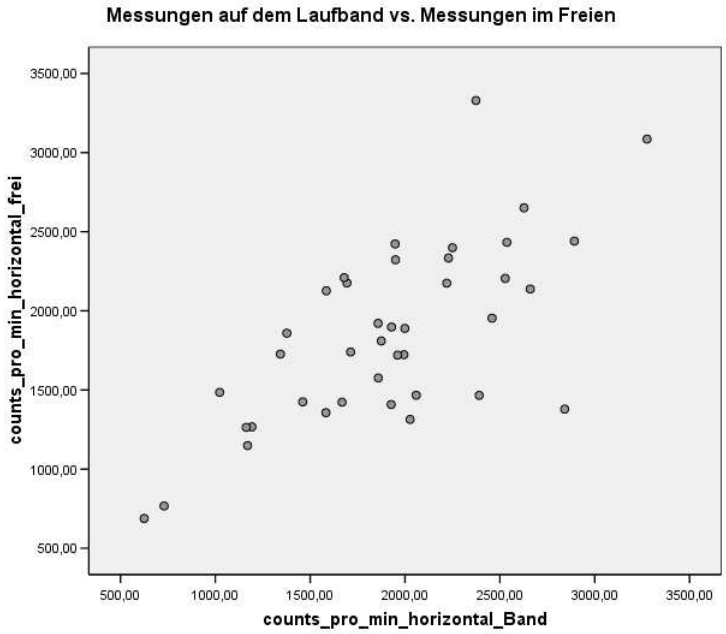


Abb. 29: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den counts/min (horizontal) auf dem Laufband und den counts/min (horizontal) im Freien.

Ergebnisse:

Wie auf Abb. 29 zu erkennen ist, ist der lineare Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) auf dem Laufband und den counts/min (horizontal) im Freien nicht allzu stark ausgeprägt, aber vorhanden. Mit (p=0.00) ist er signifikant und hat einen Korrelationskoeffizienten von r_S=0.62.

Bei der Betrachtung der einzelnen Geschwindigkeitsstufen getrennt voneinander, zeigen sich folgende Ergebnisse: In der ersten Geschwindigkeitsstufe von 3,2 km/h ist der Zusammenhang mit p=0.10 nicht signifikant. In der zweiten Geschwindigkeitsstufe von 4,8 km/h gibt es einen signifikanten Zusammenhang (p=0.00). Dieser beträgt R^2=0.65. In der

dritten Geschwindigkeitsstufe gibt es wiederum keinen signifikanten Zusammenhang (p=0.06). Und in der vierten Geschwindigkeitsstufe ist der Zusammenhang signifikant (p=0.01) mit R^2=0.53 aber niedrig.

Insgesamt betrachtet muss die Nullhypothese verworfen werden, die Alternativhypothese wird angenommen: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) auf dem Laufband und den counts/min (horizontal) im Freien.

4.3.6 Zusammenhang mit den MET-Angaben im „Compendium of Physical Activities“

Nullhypothese 17: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal)auf dem Laufband und im Freien mit den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000).

Es ist anzunehmen, dass es einen hohen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontall) und den MET-Angaben (2, 3, 8 und 11 Mets) - im „Compendium of Physical Activities“ zu den Geschwindigkeiten 2,0 mph (bzw. 3,2 km/h), 3,0 mph (bzw. 4,8 km/h), 5,0 mph (bzw.8, 0 km/h) und 6,7 mph (bzw. 9,6 km/h) gibt. Um dies zu überprüfen wurde mit dem Spearman Korrelationskoeffizienten gerechnet, da die Voraussetzungen für den Pearson Test nicht gegeben sind.

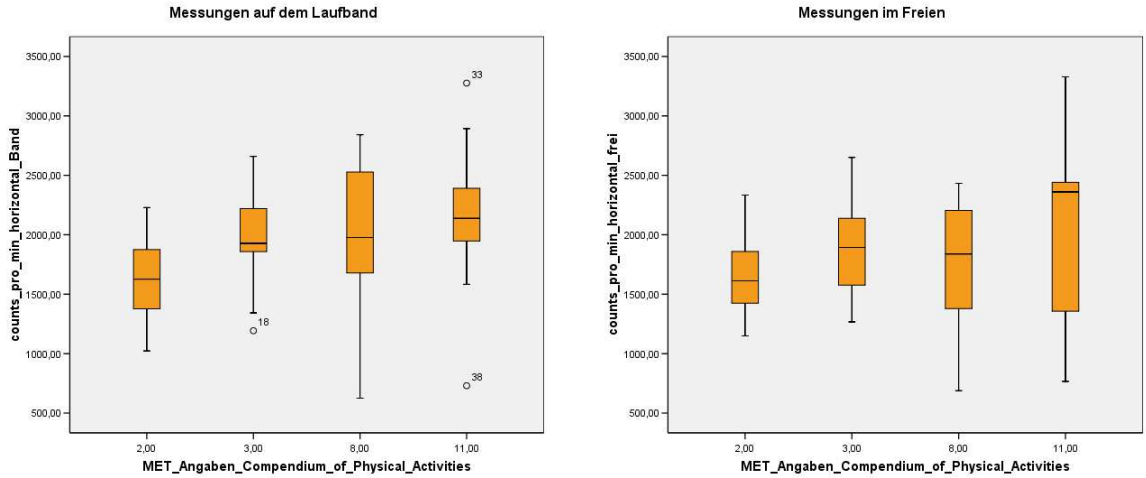


Abb. 30: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth und den counts/min (horizontal) bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

Die Abbildung 30 deutet darauf hin, dass es keine Zusammenhänge gibt. Bei den Messungen auf dem Band konnte jedoch ein signifikanter Zusammenhang gefunden werden. Dieser ist mit r=0.34 allerdings nicht sehr hoch.

Bei den Messungen im Freien wurde kein signifikanter Zusammenhang gefunden (p=0.02).

Für die Messungen auf dem Laufband muss die Nullhypothese somit verworfen werden, und die Alternativhypothese wird angenommen: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) auf dem Laufband und den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000).

Für die Messungen im Freien wird die Nullhypothese beibehalten: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal)im Freien und den MET-Werten lt. Ainsworth et al. (2000).

4.4 Weitere Hypothesen

4.4.1 Zusammenhang der vertikalen Achse mit der horizontalen Achse

Nullhypothese 18: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den counts/min (horizontal) bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Um den Zusammenhang über alle Geschwindigkeitsstufen hinweg zwischen den counts/min auf der vertikalen Ebene mit den counts/min auf der horizontalen Ebene zu ermitteln, wurde die Korrelation nach Spearman berechnet, da die Normalverteilungsvoraussetzung für den Pearson-Korrelationskoeffizienten nicht gegeben war. In den einzelnen Geschwindigkeitsstufen wurden die Zusammenhänge mit dem Pearson-Test berechnet.

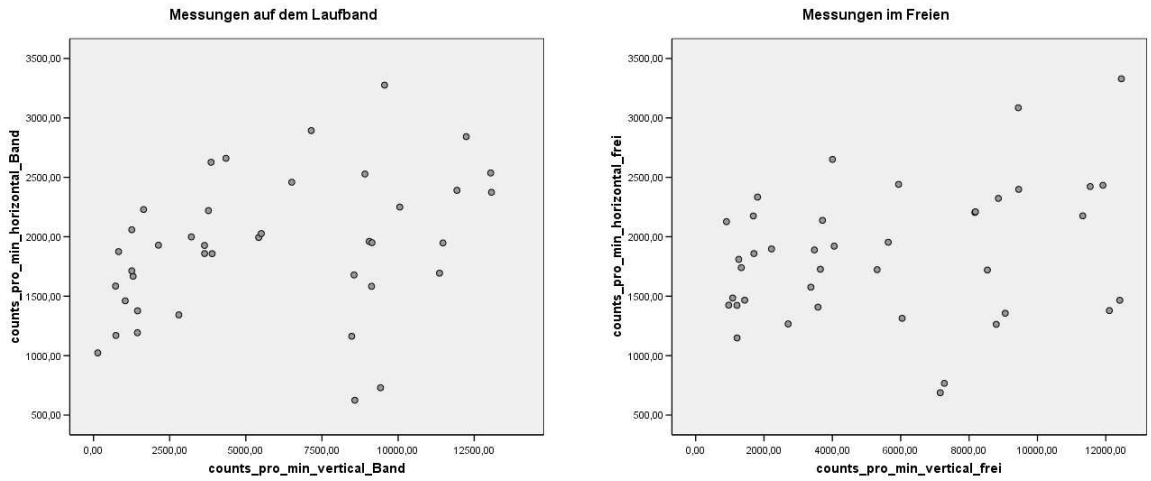


Abb. 31: Counts/min (vertical) vs. counts/min. (horizontal) im Vergleich der Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

Die Streudiagramme in Abb. 31 zeugen von eher niedrigen Zusammenhängen. Der Zusammenhang ist bei den Werten, die auf dem Laufband gemessen wurden, mit p=0.01 signifikant. Der Korrelationskoeffizient beträgt r_S=0.39 und ist somit niedrig.

Dabei ist die Stärke des Zusammenhanges in der ersten Geschwindigkeitsstufe von 3,2 km/h signifikant (p=0.03) mit R^2=0.45 gering. In der zweiten Geschwindigkeitsstufe von 4,8 km/h ist der Zusammenhang ebenfalls signifikant (p=0.01) und mit R^2=0.56 etwas stärker. In der dritten Geschwindigkeitsstufe von 8,0 km/h gibt es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen counts/min (vertical) und counts/min (horizontal). Und auch in der vierten Stufe konnte kein Zusammenhang gefunden werden (p=0.96).

Bei den Werten, die im Freien gemessen wurden, gibt es mit p=0.08 keinen signifikanten Zusammenhang, vgl. Abb. 31 rechts. Auch in jeder einzelnen Geschwindigkeitsstufe gibt es keine signifikanten Zusammenhänge (p=>0,05).

Für die Messungen auf dem Laufband muss die Nullhypothese verworfen, und die Alternativhypothese angenommen werden: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den counts/min (horizontal) bei den Messungen auf dem Laufband

---

Für die Messungen im Freien kann die Nullhypothese bestätigt werden: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den counts/min (horizontal) bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

4.4.2 Zusammenhang der vertikalen Achse mit dem Vektorbetrag

Nullhypothese 19: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und dem Vektorbetrag bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Nun soll der Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und dem Vektorbetrag/min überprüft werden. Es ist anzunehmen, dass dieser Zusammenhang hoch ist, da sich der Vektorbetrag aus den Daten der vertikalen und der horizontalen Bewegungsrichtung ergibt und somit auch die counts/min (vertikal) in den Vektorbetrag einfließen.

Für die Gesamtzusammenhänge wurde der Spearman Test berechnet, für die Zusammenhänge in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen konnte der Pearson-Test gerechnet werden, da hier die Normalverteilungsvoraussetzung gegeben war.

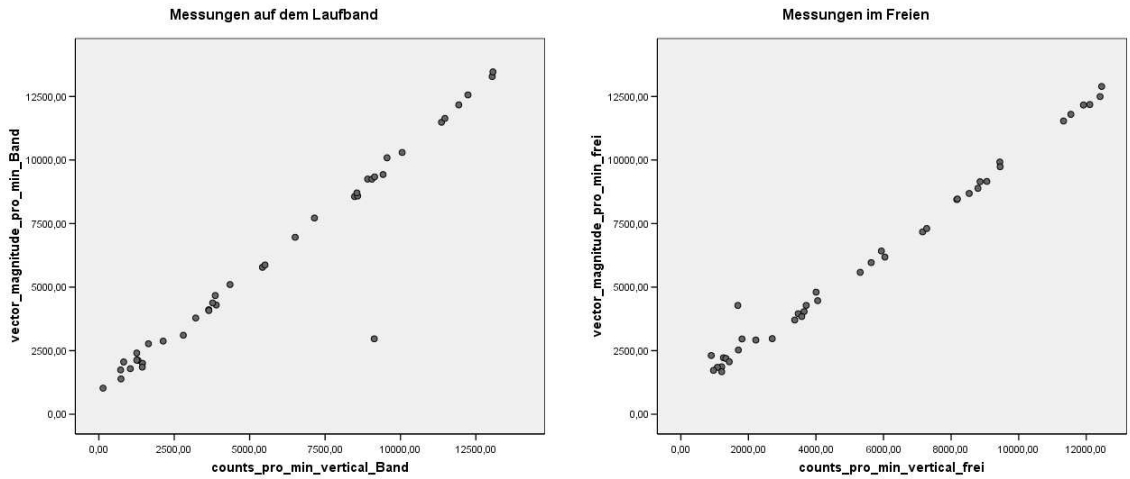


Abb.32: Counts/min (vertical) vs. Vektorbetrag/min im Vergleich der Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Ergebnisse:

Abb. 32 zeigt einen deutlichen linearen Zusammenhang. Der Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und dem Vektorbetrag/min ist bei den Messungen auf dem Laufband mit p=0.00 signifikant. Der Korrelationskoeffizient liegt bei r_S=0.96 und ist somit hoch. In den einzelnen Geschwindigkeitsstufen spiegelt sich der Zusammenhang folgendermaßen wieder: In allen Geschwindigkeitsstufen sind die Zusammenhänge dabei signifikant (p<0.05). In der ersten Geschwindigkeitsstufe von 3,2 km/h ist die Stärke des Zusammenhanges mit R^2=0.79 hoch. In der zweiten Geschwindigkeitsstufe von 4,8 km/h ist der Zusammenhang mit R^2=0,96 noch höher. In der dritten Geschwindigkeitsstufe von 8,0 km/h ist der Zusammenhang mit R^2=0.98 ebenfalls sehr hoch. Und in der vierten Ge-

schwindigkeitsstufe von 9,6km/h hat der Zusammenhang die Stärke von R^2=0.56 und ist hier am schwächsten.

Bei den Messungen im Freien zeigt sich insgesamt ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang (p=0.00), der Korrelationkoeffizient liegt bei r=0.98 und ist somit sogar noch etwas höher als bei den Messungen auf dem Laufband. In den einzelnen Geschwindigkeitsstufen spiegelt sich der Zusammenhang folgendermaßen wieder: In allen Geschwindigkeitsstufen sind die Zusammenhänge dabei signifikant (p<0.05). In der ersten Geschwindigkeitsstufe von 3,2 km/h ist die Stärke des Zusammenhanges mit R^2=0.53 nicht sehr hoch. In der zweiten Geschwindigkeitsstufe von 4,8 km/h gibt es keinen signifikanten Zusammenhang (p=0.11). In der dritten Geschwindigkeitsstufe von 8,0 km/h ist der Zusammenhang mit R^2=0.99 dagegen sehr hoch. Und auch in der vierten Geschwindigkeitsstufe von 9,6km/h hat der Zusammenhang die Stärke von R^2=0.99 und ist somit sehr hoch.

Die Nullhypothese muss verworfen werden, die Alternativhypothese kann angenommen werden: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und dem Vektorbetrag/min bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

4.4.3 Zusammenhang der horizontalen Achse mit dem Vektorbetrag

Nullhypothese 20: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und dem Vektorbetrag bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Um den Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und dem Vektorbetrag zu ermitteln wurde der Gesamtzusammenhang auch hier mit dem Spearman Korrelationskoeffizienten berechnet, und die Zusammenhänge in den einzelnen Geschwindigkeitsstufen konnten mit der Pearson –Korrelationskoeffizienten berechnet werden.

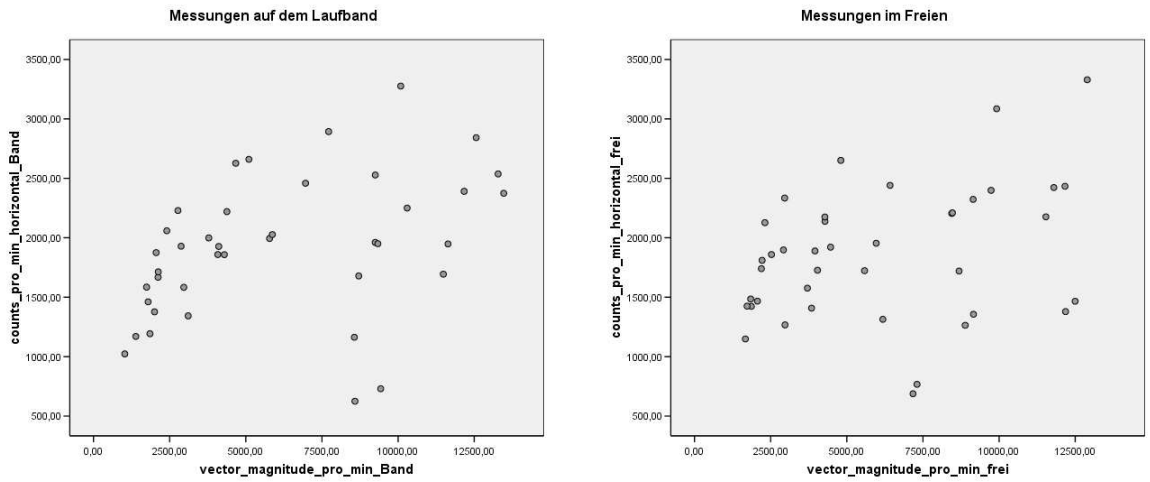


Abb. 33: Counts/min. (horizontal) vs. Vektorbetrag/min im Vergleich der Messungen auf dem Laufband und im Freien

Ergebnisse:

Die Streudiagramme in Abb. 33 zeigen dass es wenn überhaupt nur einen niedrigen Zusammenhang geben kann. Der Zusammenhang insgesamt ist bei den Werten, die auf dem Laufband gemessen wurden, mit p=0.00 zwar signifikant, die Korrelation liegt jedoch nur bei r_S=0.50. Dabei ist der Zusammenhang in der ersten Geschwindigkeitsstufe von 3,2 km/h signifikant (p=0.00) und die Stärke mit R^2=0.86 hoch. In der zweiten Geschwindigkeitsstufe von 4,8 km/h ist der Zusammenhang ebenfalls signifikant (p=0.01) und mit R^2=0.73 ebenfalls hoch. In der dritten Geschwindigkeitsstufe von 8,0 km/h gibt es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Vektorbetrag und den counts/min (horizontal) (p=0.33). Auch in der vierten Stufe konnte kein Zusammenhang gefunden werden (p=0.49).

Bei den Messungen im Freien ist der Zusammenhang insgesamt ebenfalls signifikant ($p=0.04$) und liegt bei $r_s=31$, ist also sehr niedrig. Der Zusammenhang zwischen dem Vektorbetrag und den counts/min (vertical) in der ersten Geschwindigkeitsstufe ist mit $p=0.00$ signifikant. Die Stärke des Zusammenhanges ist mit $R^2=0.85$ hoch. Auch in der zweiten Geschwindigkeitsstufe ist der Zusammenhang signifikant ($p=0.02$) mit $R^2=0.49$ fällt die Stärke des Zusammenhanges aber gering aus. Die Zusammenhänge in den letzten beiden Geschwindigkeitsstufen sind nicht signifikant.

Die Nullhypothese muss verworfen werden, und die Alternativhypothese wird angenommen: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und dem Vektorbetrag/min bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

Zusammenhänge mit der Geschwindigkeit:

Es konnte festgestellt werden, dass für beide Messungen (Laufband und Laufbahn) ein *linearer Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und der Geschwindigkeitssteigerung* besteht. Damit konnten frühere Untersuchungen mit Vorgängermodellen des Actigraph GT1M bestätigt werden.

Der Vektorbetrag setzt sich aus den „activity counts" der vertikalen und der horizontalen Achse zusammen, und wurde konzipiert, um eine Verbesserung der Messgenauigkeit zu erreichen. Folgerichtig besteht auch ein *linearer Zusammenhang zwischen den counts/min des Vektorbetrags und der Geschwindigkeitssteigerung für beide Messungen.*

Für die horizontale Achse konnte ein Zusammenhang zwischen den „activity counts" und der Geschwindigkeitssteigerung nicht so eindeutig festgestellt werden. Bei den Messungen auf dem Laufband konnte ein signifikanter, aber *sehr niedriger Zusammenhang* festgestellt werden. Bei den Messungen im Freien gab es *keine Zusammenhänge.* Betrachtet man sich Abb. 24 auf Seite 91 stellt man fest, dass die Zusammenhänge für die Messungen auf dem Laufband zwischen horizontaler Achse und Geschwindigkeitssteigerung jedenfalls nicht linear sind. Tabelle 14 zeigt die beschriebenen Ergebnisse im Überblick.

Tab. 14: Zusammenhänge mit der Geschwindigkeitssteigerung

Intensitätslevel	vertikale Achse		Vektorbetrag		Horizontale Achse	
	„Band"	„frei"	„Band"	„frei"	„Band"	„frei"
Gesamtzusammenhang	r_s=0.89*	r_s=0.89*	r_s=0.84*	r_s=0.89*	r_s=0.34*	r_s=0.20

*Zusammenhang ist auf dem Niveau von p<0.05 signifikant

Unterschied zwischen den Geschlechtern:

Zwischen Männern und Frauen konnten bei beiden Messungen *kein Unterschied in den „activity counts" der vertikalen Achse, der horizontalen Achse und des Vektorbetrags* zwischen den Geschlechtern festgestellt werden.

Zusammenhänge mit der Schrittfrequenz:

Die counts/min (vertikal) der Messungen auf dem Laufband und im Freien stehen in einem *signifikanten Zusammenhang mit der Schrittfrequenz:* Dieser Zusammenhang ist für

die erste Geschwindigkeitsstufe positiv, und für die anderen drei Geschwindigkeitsstufen negativ.

Auch die „activity counts“ des Vektorbetrags beider Messungen stehen in einem *signifikanten Zusammenhang mit der Schrittfrequenz:* Wie bei der vertikalen Achse ist dieser Zusammenhang für die erste Geschwindigkeitsstufe positiv, und für die weiteren drei Geschwindigkeitsstufen negativ.

Zwischen den „activity counts“ der horizontalen Achse gibt es dagegen *keinen signifikanten Zusammenhang* mit der Schrittfrequenz.

Tab. 15: Zusammenhänge mit der Schrittfrequenz

Intensitätslevel	vertikale Achse		Vektor		horizontale Achse	
	„Band“	„frei“	„Band“	„frei“	„Band“	„frei“
Gesamtzusammenhang	r_s=0.75*	r_s=0.74*	r_s=0.70*	r_s=0.73*	r_s=0.26	r_s=0.08
3,2 k/mh	R^2=0.81*	R^2=0.42*	R^2=0.63*	R^2=0.49*	R^2=0.37	R^2=0.30
4,8 k/mh	R^2=0.59*/	R^2=0.05	R^2=0.56*/	R^2=0.60*/	R^2=0.30/	R^2=0.17/*
8,0 km/h	R^2=0.71*/	R^2=0.89*/	R^2=0.71*/	R^2=0.89*/	R^2=0.07/	R^2=0.10/*
9,6 km/h	R^2=0.84*/	R^2=0.91*/	R^2=0.46*/	R^2=0.91*/	R^2=0.05/	R^2=0.22/*

*Zusammenhang ist auf dem Niveau von $p<0.05$ signifikant

/* Korrelation ist negativ

Zusammenhänge mit der Beinlänge:

Für die Beinlänge konnten insgesamt keine Zusammenhänge mit den Outputdaten des Actigraph GT1M in Form der „activity counts“ gefunden werden.

Zusammenhänge der Messungen im Freien und der Messungen auf dem Laufband:

Sowohl für die „activity counts“ der vertikalen Bewegungsachse als auch für die „activity counts“ des Vektorbetrags gilt: Der *Zusammenhang zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien ist hoch*.

Für die Werte der horizontalen Achse gibt es hier ebenfalls einen Zusammenhang, dieser fällt aber nicht so hoch aus. Tab.16 zeigt die Zusammenhänge im Überblick.

Tab. 16: Zusammenhang der Messungen im Freien und der Messungen auf dem Laufband

Intensitätslevel	vertikale Achse	Vektor	horizontale Achse
Gesamtzusammenhang	r_s=0.98*	r_s=0.94*	r_s=0.62*
3,2 k/mh	R^2=0.52*	R^2=0.46*	R^2=0.29
4,8 k/mh	R^2=0.19	R^2=0.68*	R^2=0.65*
8,0 km/h	R^2=0.97*	R^2=0.94*	R^2=0.36
9,6 km/h	R^2=0.88*	R^2=0.48*	R^2=0.53*

*Zusammenhang ist auf dem Niveau von p<0.05 signifikant

Übereinstimmung mit dem „Compendium of Physical Activities:“

Bei der Überprüfung der Übereinstimmung der „activity counts“ mit den MET-Angaben im „Compendium of Physikal Activities“, konnte festgestellt werden, dass die Zusammenhänge der vertikalen „activity counts“ beider Messungen (auf dem Laufband und im Freien) mit diesen Angaben *hoch* sind.

Auch die „activity counts“ des Vektorbetrags stehen in einem *hohen Zusammenhang* mit dem „Compendium of Physical Activities“.

Für die horizontale Achse bei den Geschwindigkeitsstufen auf dem Laufband ein *niedriger Zusammenhang* festgestellt werden. Bei den Messungen im Freien gab es *keinen Zusammenhang.* Tab.17 gibt einen Überblick

Tab. 17: Zusammenhänge mit den MET-Angaben im Compendium

Intensitätslevel	vertikale Achse		Vektor		horizontale Achse	
	„Band“	„frei“	„Band“	„frei“	„Band“	„frei“
Gesamtzusammenhang	r_s=0.89*	r_s=0.89*	r_s=0.84*	r_s=0.89*	r_s=0.34*	r_s=0.20

*Zusammenhang ist auf dem Niveau von p<0.05 signifikant

Zusammenhang der activity count Outputs untereinander:

Der Zusammenhang zwischen vertikaler und horizontaler Bewegungsachse ist bei den Messungen auf dem Laufband *gering, aber signifikant*. Bei den Messungen im Freien konnten *keine signifikanten Zusammenhänge* festgestellt werden.

Der Zusammenhang zwischen den „activity counts“ der vertikalen Achse und den „activity counts“ des Vektorbetrags *ist hochsignifikant*. Dies gilt für die Messungen auf dem Laufband und für die Messungen im freien gleichermaßen.

Es gibt auch einen *signifikanten Zusammenhang* der „activity counts“ der horizontalen Achse mit den „activity counts“ des Vektorbetrags. Diese Zusammenhänge sind aber *eher niedrig.* Tabelle 18 gibt einen Überblick über die Zusammenhänge untereinander.

Tab. 18: Zusammenhang der activity count Outputs untereinander

Intensitätslevel	vertikal vs. horizontal		Vertikal vs. Vektor		horizontal vs. Vektor	
	„Band“	„frei“	„Band“	„frei“	„Band“	„frei“
Gesamtzusammenhang	r_s=39*	r_s=0.26	r_s=0.96*	r_s=0.98*	r_s=0.50*	r_s=0.31*
3,2 km/h	R^2=0.45*	R^2=0.17	R^2=0.79*	R^2=0.53	R^2=0.86*	R^2=85*
4,8 km/h	R^2=56*	R^2=0.01	R^2=0.96*	R^2=0.27	R^2=0.73*	R^2=0.49
8,0 km/h	R^2=0.08	R^2=0.05	R^2=0.98*	R^2=0.99*	R^2=0.11	R^2=0.07
9,6 km/h	R^2=0.00	R^2=0.15	R^2=0.56*	R^2=99*	R^2=0.06	R^2=0.20

*Zusammenhang ist auf dem Niveau von $p<0.05$ signifikant

Bei der Gesamtbetrachtung bleibt festzuhalten:

- Die „activity counts“ der vertikalen Achse ähneln in ihrer Verteilung sehr denen des Vektorbetrags.

- Die „activity counts“ der horizontalen Achse weisen eine völlig andere Charakteristik auf, als die des Vektors und der horizontalen Achse.

- Während für die vertikale Achse und den Vektor tendenziell hohe Zusammenhänge mit der Geschwindigkeitssteigerung, der Schrittfrequenz und den MET-Angaben im Compendium gefunden wurden, konnten hier für die horizontale Achse keine oder nur sehr niedrige Zusammenhänge ermittelt werden.

- Geschlecht und Beinlänge wirken sich auf keine der Outputdaten des Actigraph GT1M in Form der „activity counts“ aus.

- Die Ergebnisse der Messungen auf dem Laufband unterscheiden sich nicht von den Ergebnissen, die bei den Messungen im Freien erhoben wurden.

5. Diskussion

Im Folgenden sollen nun die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit kritisch beleuchtet und diskutiert werden.

5.1 Zum linearen Zusammenhang

Die counts/min (vertical) verhalten sich in der durchgeführten Untersuchung linear zu den Geschwindigkeitsstufen. Dieses Ergebnis bestätigt die Ergebnisse anderer Untersuchungen. In der Einführung der Arbeit wurden dazu die Untersuchungen von Brage et al. (2003), Welk et al. (2000) und Hendelman et al. (2000) vorgestellt. Dieser lineare Zusammenhang spricht für eine gute Validität des GT1M, wenn es um die Energieverbrauchsabschätzung des Gehens und des Laufens geht. Denn wie beschrieben steigt nach Eisele et al. (1996) und Weineck (2010) auch die Sauerstoffaufnahme VO_2 annähernd linear zur Geschwindigkeitssteigerung bzw. zur Leistung. Da die VO_2 ein gängiges Maß ist, mit der die körperliche Aktivität bzw. der Energieverbrauch gemessen werden kann, ist die Validität des Actigraph GT1M hoch, wenn sich die counts/min so wie die VO_2 nämlich linear zur Geschwindigkeitssteigerung verhalten.

Der beschriebene lineare Zusammenhang gilt nicht nur für die „activity counts“ der vertikalen Bewegungsachse sondern auch für die counts des Vektorbetrags, dessen Werte sich aus der horizontalen und der vertikalen Bewegungsachse zusammensetzen. Abb.34 Veranschaulicht anhand von Boxplots noch einmal die lineare Beziehung, wobei in dieser Abbildung auch sichtbar wird, dass für die horizontale Bewegungsachse kein linearer Zusammenhang angenommen werden kann. Diese Tatsache, bedeutet, dass die Werte der horizontalen Achse nicht helfen können das Messergebnis für das Gehen und das Laufen zu verbessern.

Im theoretischen Teil der Arbeit wurde unter dem Kapitel 1.10 unter anderem auf das Problem eingegangen, das entsteht wenn Accelerometer Alltagsaktivitäten erfassen sollen. So ist auch für die Untersuchung am Actigraph GT1M festzuhalten, dass die erwiesene hohe Messgenauigkeit nur für das Gehen und Laufen bestätigt werden konnte. Über die Messgenauigkeit bei der Messung von Alltagsaktivitäten kann im Rahmen dieser Untersuchung keine Aussage getroffen werden; es ist aber anzunehmen, dass hier das Problem des „energy gap“ existiert, wie es in den Studien von Welk et al. (2000) und Hendelmann et al. (2000) festgestellt wurde. Möglicherweise trägt hier aber die Erfassung der horizontalen Beschleunigungswerte zur Minimierung des Messfehlers bei.

Zwei Ausreißer nach unten, die in Abbildung 34 sichtbar werden, deuten darauf hin, dass der Laufstil Auswirkungen auf die Countvergabe hat, denn die Geschwindigkeit wurde fest vorgegeben, so dass ausgeschlossen werden kann, dass diese Ausreißer durch eine andere Geschwindigkeit zustande kamen.

Die Korrelationen von den counts/min mit den einzelnen Geschwindigkeitsstufen konnten nicht berechnet werden, da in diesem Fall die Variable „Geschwindigkeit“ konstant war.

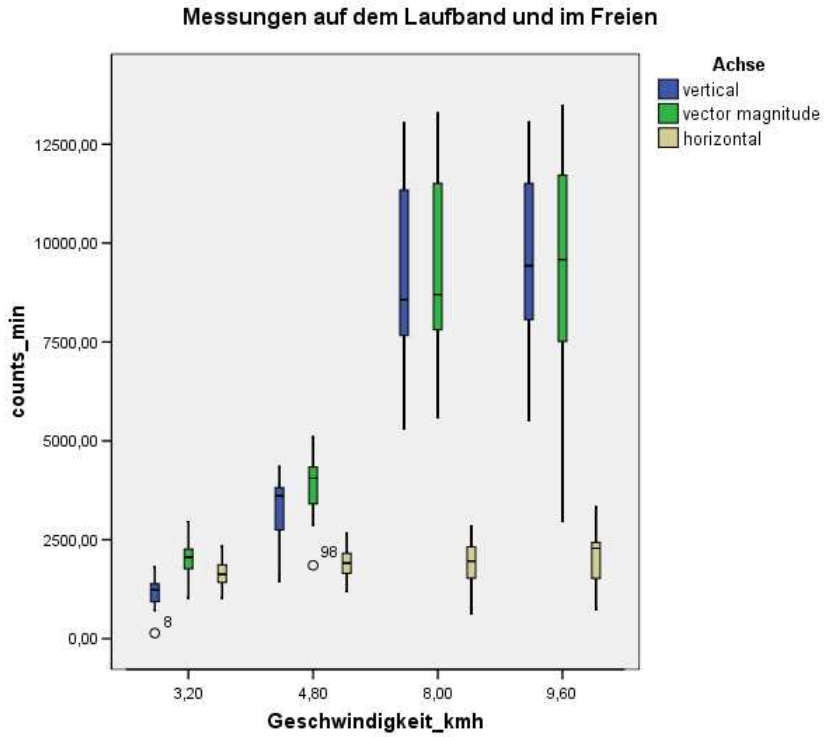


Abb.34: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den counts/min und der Geschwindigkeit

5.2 Geschlechtsunterschiede

Hinsichtlich der Geschlechter konnten keine signifikanten Unterschiede in den „activity counts“. Bei der Betrachtung der physiologischen Parameter von Frauen und Männern findet man mit Ausnahme des Körpergewichtes auch dort keine signifikanten Unterschiede. Somit war es auch unwahrscheinlich, dass Unterschiede in den „activity counts“ zu finden sein würden. Dass das Körpergewicht einen Einfluss auf den Output des GT1M ausübt, ist kaum vorstellbar und wäre logisch nicht erklärbar, solange die Probanden/innen wie in dieser Untersuchung normalgewichtig und so keine Einschränkung des

Laufstiles und der richtigen Platzierung des GT1M nahe dem Körperschwerpunkt zu erwarten sind. Möglicherweise hätte sich ein Unterschied zwischen den Geschlechtern ergeben, wenn sich die Beinlängen signifikant voneinander unterschieden hätten - denn es ist anzunehmen, dass sich unterschiedliche Beinlängen auf die „activity counts“ auswirken.

Es ist kritisch anzumerken, dass die Stichprobe von 10 Probanden/innen in der vorliegenden Pilotstudie sehr klein ist. Mit einer größeren Stichprobe hätten möglicherweise Unterschiede zwischen den Geschlechtern, beispielsweise in der Beinlänge, gefunden werden können, die sich eventuell auch auf die „activity counts“ ausgewirkt hätten. Hinweise aus der Literatur gibt es diesbezüglich allerdings nicht.

5.3 Einfluss der Beinlänge

Die Fragestellung nach dem Zusammenhang zwischen Beinlänge und den counts/min wurde in dieser Arbeit geschlechtsunspezifisch behandelt; hier wurden keine signifikanten Zusammenhänge gefunden. Somit hat die Beinlänge keinen Einfluss auf den Output des Actigraph GT1M.

Denkbar wäre dies gewesen, wenn die Beinlänge sich auf die Schrittfrequenz auswirken würde. Dazu wurde der Zusammenhang zwischen den steps/min und der Beinlänge berechnet, es konnten aber auch hier keine signifikanten Zusammenhänge ermittelt werden ($p>0.05$). Dennoch sind die nicht-signifikanten Zusammenhänge zwischen der Beinlänge und den steps/min in der zweiten bis zur dritten Geschwindigkeitsstufe negativ. So dass auch wenn keine Signifikanz besteht, die Tendenz folgende ist: Umso größer die Beinlänge, desto niedriger die Schrittfrequenz. Trotzdem bleibt es dabei: In dieser Untersuchung ergab sich kein Einfluss der Beinlänge auf die counts/min (vertical).

5.4 Einfluss der Schrittfrequenz

Wer schneller geht, hat eine höhere Schrittfrequenz. Das ist einleuchtend und hat sich auch in dieser Untersuchung bestätigt, vgl. dazu Tabellen 19 und 20 - alle Daten sind normalverteilt.

Tab. 19: *Statistik der steps auf dem Band*

steps/min „Band/1“	steps/min „Band/2“	steps/min „Band/3“	steps/min Band/4“
64 +/- 21 (15-91)	109 +/- 6 (100-120)	155 +/- 14 (140-179)	161 +/- 14 (144-189)

*Mittelwerte +/- Std. Abw. (Min-Max).

Tab. 20: *Statistik der steps/min im Freien*

steps/min „frei/1“	steps/min „frei/2“	steps/min „frei/3“	steps/min frei/4“
75 +/- 9 (57-84)	111 +/- 6 (104-122)	159 +/- 12 (142-179)	161 +/- 13 (146-183)

*Mittelwerte +/- Std. Abw. (Min-Max).

Das Verhältnis von Geschwindigkeit und Schrittfrequenz drückt sich auch in einem signifikanten Zusammenhang der counts der vertikalen Achse, und der counts des Vektorbetrags für die Messungen auf dem Laufband und im Freien aus. Für die horizontale Achse konnten keine Zusammenhänge gefunden werden. Abb.35 zeigt dies graphisch. Auffallend ist die hohe Standardabweichung von 21 in der ersten Intensitätsstufe auf dem Laufband, vgl. Tab. 19. Betrachtet man sich die Verteilung anhand eines Boxplots, so ist zu sehen, dass diese daher rührt, dass ein Proband in der niedrigsten Geschwindigkeitsstufe eine sehr niedrige Schrittfrequenz aufwies, vgl. Abb. 35 links.

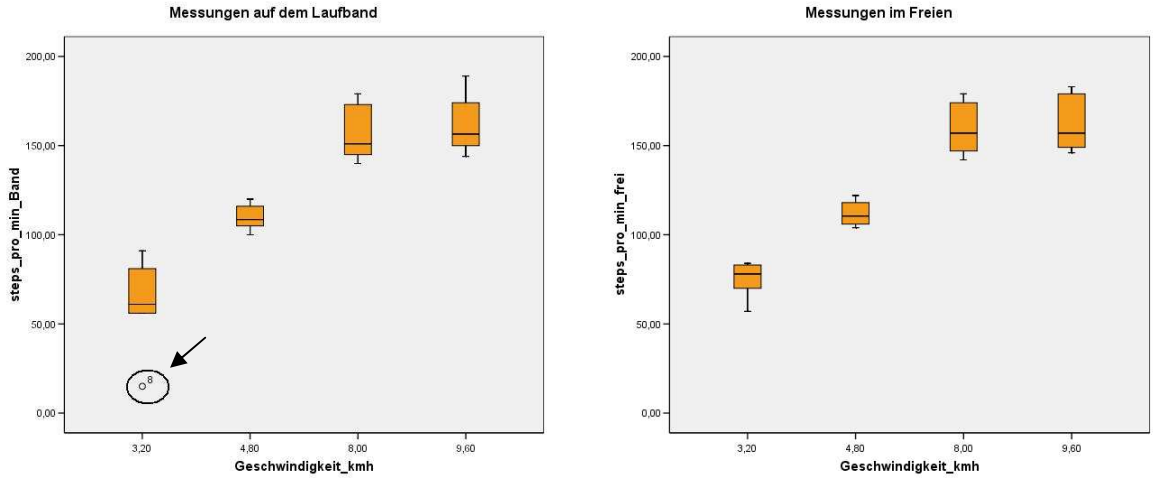


Abb.35: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den steps/min und der Geschwindigkeit im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien.

Die Zusammenhänge der Geschwindigkeit mit der Schrittfrequenz sind zwar signifikant, aber niedrig.

Dennoch kann bei genauer Betrachtung von Abb. 36 ein Schema erkannt werden, dass für die counts der vertikalen Achse und für die counts des Vektorbetrags gilt, nicht aber für die counts der horizontalen Achse:

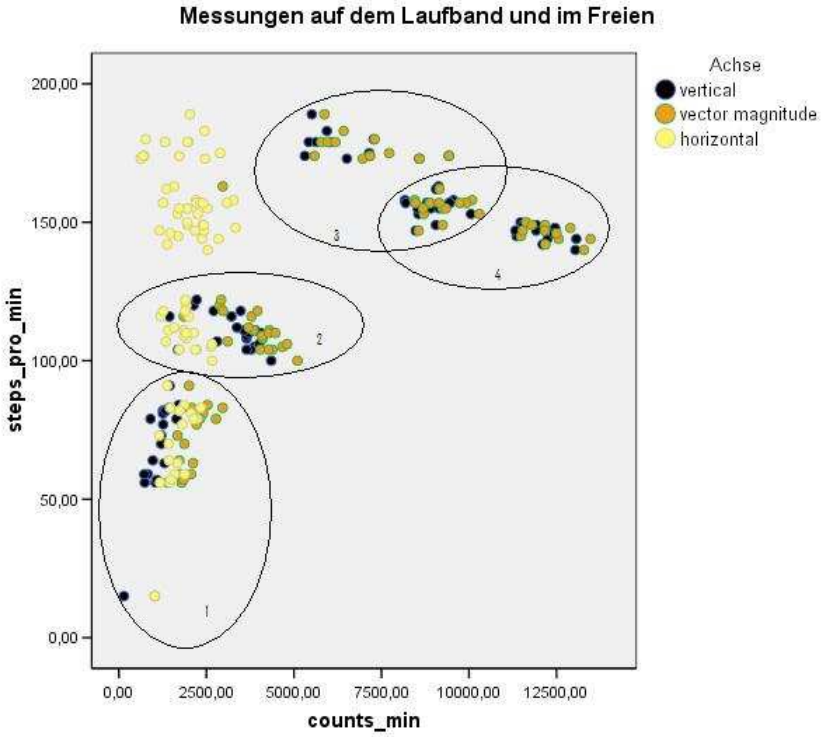


Abb. 36: Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den steps/min im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien.

In der ersten Geschwindigkeitsstufe, (in Abb.36 mit „1“ markiert) wurden positive Korrelationen zwischen den steps/min und den counts/min festgestellt. Das heißt, bei höherer Schrittfrequenz gibt der Output des Actigraph GT1M einen höheren counts/min Wert an. In der zweiten, dritten und vierten Geschwindigkeitsstufe (in Abb.36 mit „2“, „3“ und „4“ markiert) wurden jeweils negative Korrelationen errechnet, was bedeutet, dass bei einer niedrigeren Schrittfrequenz mehr counts/min vergeben werden. Wobei counts/min und die Schrittfrequenz insgesamt pro Geschwindigkeitsstufe bzw. Intensitätslevel ansteigen.

Diese Ergebnisse decken sich auch mit den Ergebnissen von Brage et al. (2003), die ebenfalls negative Korrelationen zwischen Schrittfrequenz und Countvergabe festgestellt haben. Zum verhältnis der horizontalen Achse mit der Schrittfrequenz, gibt es derzeit keine Untersuchungen, die hier zum Vergleich herangezogen werden könnten.

5.5 Counts/min (vertical) vs. counts/min (horizontal)

Es ist eine interessante Frage, inwieweit es einen erklärbaren Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den counts/min (horizontal) gibt. Dies insbesondere, da es in der Literatur derzeit keine Angaben darüber gibt, was die Erfassung der horizontalen Bewegungsachse genau erfassen soll. Lediglich die Aussage, man erhoffe sich durch mehrdimensionale Messungen eine Verbesserung der Messung von Alltagsaktivitäten weist auf die Sinnhaftigkeit dieser Erfassung hin, vgl. Trost et al. (2005).

Das Zusammenspiel von vertikalen und horizontalen Beschleunigungswerten beim Gehen bzw. Laufen geben hier den Ausschlag. In dieser Arbeit konnte für die Messungen auf dem Laufband ein sehr niedriger Zusammenhang festgestellt werden, der meines Erachtens vernachlässigt werden kann. Dies auch vor dem Hintergrund, dass für die Messungen im Freien kein Zusammenhang gefunden wurde. Die Systematik der counts/min (horizontal) bleibt bis auf weiteres also unklar.

5.5.1 Die Rolle der vertikalen Achse

Wie im Theorieteil der Arbeit erläutert wurde bereits festgestellt, dass eine eindimensionale Messung zur Energieverbrauchsabschätzung aus der vertikalen Ebene ausreicht, um recht genaue Aussagen über den Energieverbrauch des Gehens und des Laufens treffen zu können (vgl. weiter oben genannte Autoren und auch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung). Deswegen kann angenommen werden, dass Werte in Form der counts/min (horizontal) für das Gehen bzw. das Laufen von nicht allzu großer Bedeutung sind, solange es nicht um die Erfassung von Alltagsaktivitäten geht. Abb. 37 zeigt, wie sich die „activity counts“ der vertikalen Achse, der horizontalen Achse und des Vektorbetrags beim Gehen und Laufen verteilen: Es zeigt sich, dass die Werte der vertikalen Achse größer sind als die Werte der horizontalen Achse und somit einen größeren Einfluss auf den Vektorbetrag haben. Für das Gehen und das Laufen spielen also nur die counts der vertikalen Achse eine bedeutende Rolle.

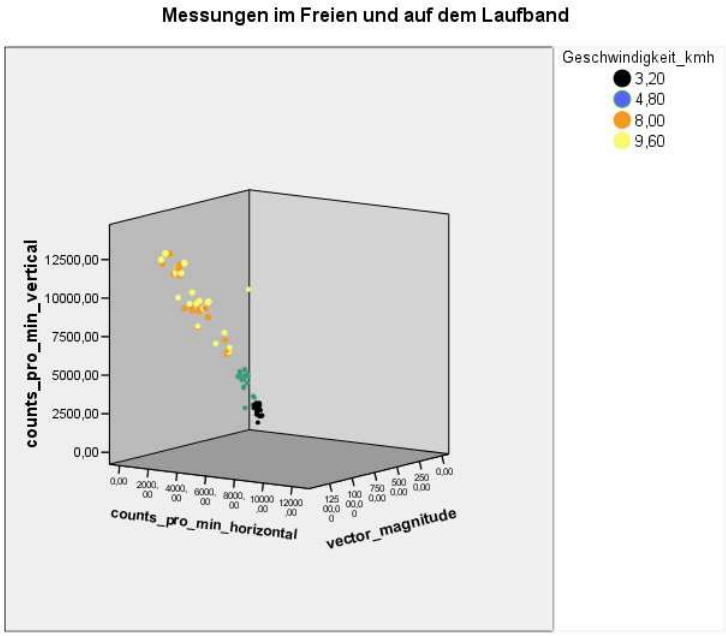


Abb.37: Darstellung der Zusammenhänge der counts/min untereinander.

5.5.2 Die Rolle der horizontalen Achse

Hinzu kommt der interessante Aspekt, dass die Zusammenhänge zwischen Geschwindigkeit und counts/min (vertical) zumindest auf dem Laufband höher sind als die Zusammenhänge zwischen Geschwindigkeit und dem Vektorbetrag, in den die Werte der horizontalen und der vertikalen Achse einfließen, vgl. Tabelle 21.

Dies bedeutet, dass die Korrelationen zwischen der Geschwindigkeit und den „activity counts“ sogar abnehmen, sobald auch die „activity counts“ der horizontalen Bewegungsachse durch den Vektorbetrag mit einfließen.

Somit kann gesagt werden, dass die „activity counts“ der horizontalen Achse die Messgenauigkeit beim Gehen und Laufen nicht verbessern, für Alltagsaktivitäten könnte dies jedoch der Fall sein. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte dies nicht geklärt werden, hierzu wären weitere Studien erforderlich.

Tab. 21: Stärke des Zusammenhangs der vertikalen Messungen und des Vektorbetrags mit der Geschwindigkeit – Vergleich

„activity counts“	Höhe der Korrelation
counts/min (vertical) Band	r_s = 0.89
Vektorbetrag Band	r_s = 0.84
counts/min (vertical) frei	r_s = 0.98
Vektorbetrag frei	r_s = 0.98

5.5.3 Systematik der Verteilung der counts/min (horizontal)

Anders als bei den counts/min (vertikal), die linear zur Geschwindigkeit ansteigen, lässt sich bei den counts/min (horizontal) keine Systematik erkennen. Sogar die Zusammenhänge der counts/min (horizontal) zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien sind mit r_s=0.62 nur mittelmäßig. Abb. 38 zeigt exemplarisch, wie unterschiedlich sich die counts/min bei verschiedenen Probanden/innen verteilen.

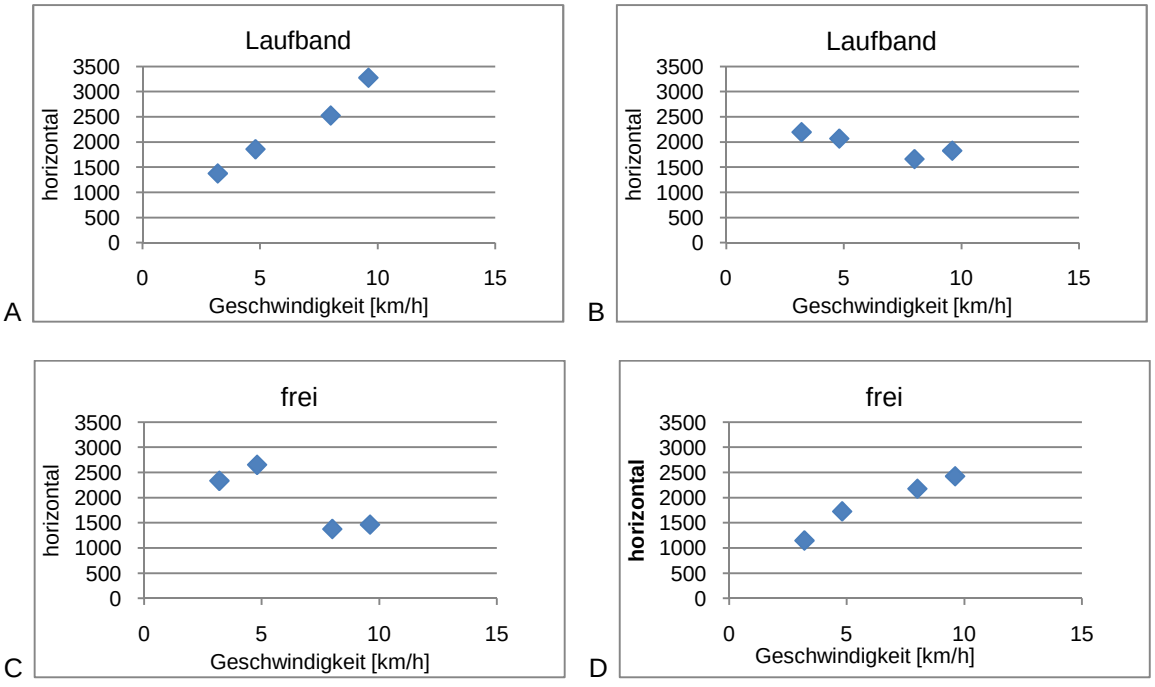


Abb.38: Verteilung der counts/min (horizontal) bei verschiedenen Probanden/innen.

Abb. A und D zeigen den am häufigsten beobachteten Anstieg der counts/min (horizontal) bei Erhöhung der Geschwindigkeit.

Abb. B und C sind untypische und völlig andere Verläufe. Diese völlig heterogenen Verteilungen der counts/min (horizontal) über die vier Geschwindigkeiten hinweg konnten auf dem Laufband und im Freien gleichermaßen festgestellt werden. Oft ist sogar die Verteilung der counts/min (horizontal) eines/einer Probanden/in bei den Messungen auf dem Laufband und denen im Freien völlig unterschiedlich, manchmal aber auch relativ ident. Die Rolle der „activity counts“ der horizontalen Achse bleibt somit unklar.

5.5.4 Schlussfolgerung – Laufstil

Es kann angenommen werden, dass der Laufstil einen sehr großen Einfluss auf die Verteilung der counts/min nimmt. Nur so können die heterogenen Verläufe über die vier Geschwindigkeiten hinweg erklärt werden. Um den Einfluss des Laufstiles genauer zu betrachten, wurden zusätzlich zur Hauptuntersuchung Tests durchgeführt, bei denen derselbe Accelerometer Actigraph GT1M bei zwei verschiedenen Probanden/innen zum Einsatz kam: Es zeigte sich, dass der Output in Form der „activity counts“ sich zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien bei denselben Probanden/innen kaum unterschied. Zwischen den beiden Probanden/innen gab es aber Unterschiede im Output des Gerätes. Abb. 39 zeigt dies für den Actigraph der Seriennummer I34. Natürlich waren der GT1M bei jeweils beiden Probanden/innen an der exakt gleichen Körperstelle auf der rechten Körperseite auf Taillenhöhe angebracht, so dass ausgeschlossen werden kann, dass die Unterschiede aufgrund von unterschiedlicher Positionierung der Geräte gekommen sind. Der Laufstil wirkt sich also auf den Output des GT1M in Form der „activity counts“ aus.

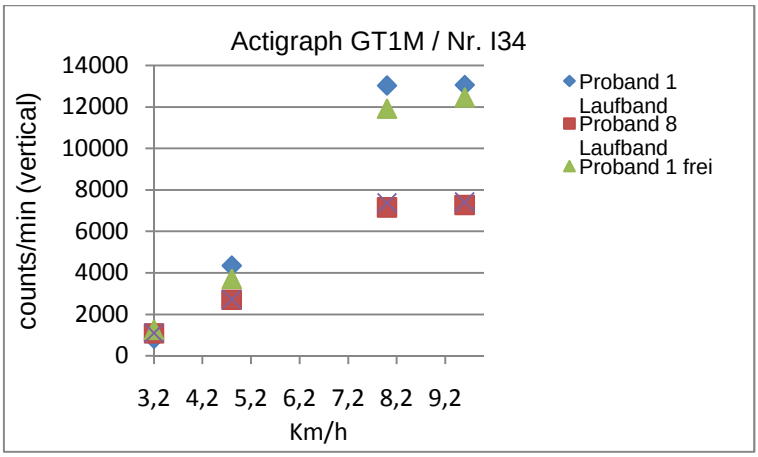


Abb.39: Verteilung der „activity counts“ eines Gerätes bei zwei Probanden/innen auf dem Laufband und im Freien

5.6 Validität des Actigraph GT1M

Die Validität ist eines der wichtigsten Kriterien für wissenschaftliche Untersuchungen. So ist es nur zulässig, die körperliche Aktivität bzw. den Energieverbrauch mittels des Actigraph GT1M abzuschätzen, wenn erwiesen ist, dass dieser ein valides Instrument zur Energieverbrauchsabschätzung ist. Um dies zu überprüfen, wird in vielen Studien der Goldstandard, die DLW-Methode oder die Spirometrie als Kriterium herangezogen.

In vorliegender Untersuchung wurde nicht mit diesen Methoden gearbeitet. Vielmehr wurden die benötigten Angaben im „Compendium of Physical Activities“ (Ainsworth et al. 2000) als Kriterium herangezogen. Da die dortigen MET-Werte mittels der sehr genauen Methode der Spirometrie erhoben worden sind, erscheint dies legitim. So wurde der Zusammenhang zwischen den MET-Angaben des „Compendium of Physical Activities“ zu den vier Geschwindigkeiten während des Gehens und des Laufens und den counts/min des Actigraph GT1M berechnet. Für die Messungen auf dem Laufband und für die Messungen im Freien konnte in dieser Pilotstudie ein hoher Zusammenhang festgestellt werden. Dies zeigt, dass der GT1M grundsätzlich ein valides Instrument ist, um die Aktivität bzw. den Energieverbrauch im Gehen und im Laufen abzuschätzen. Dennoch fällt hier ein Sachverhalt auf, der im Folgenden besprochen werden soll.

5.6.1 Unterschätzung des Intensitätslevels „verry hard value“

Trotz des hohen Zusammenhanges gibt es Hinweise darauf, dass der GT1M Aktivitäten im höchsten Intensitätsbereich „very hard value“ unterschätzen könnte: Die vier Geschwindigkeiten für die Untersuchung sind so gewählt worden, dass ihr MET-Verbrauch laut dem „Compendium of Physical Activities“ (vgl. rechte Spalte in Tab. 22), in denjenigen MET-Bereich fallen müsste, der definiert ist durch die „cut-points“ wie sie im Users Manual (2008, S. 43) beschrieben sind (vgl. 2. und 3. Spalte von links in Tab. 22).

Tab. 22: Darstellung der Cut-Points

Intensitätslevel *(Actilife Users Manual)*	**MET-Bereich** [3,5 ml O_2/kg/min] *(Actilife Users Manual)*	**Count cut points** [counts/min (vertical)] *(Actilife Users Manual)*	**MET-Verbrauch** [3,5 ml O_2/kg/min] (Ainsworth et al. 2000)
light value	< 2,9	< 1952	2,0
moderate value	3,0 – 5,9	1953 – 5724	3,3
hard value	6,0 – 8,9	5725 – 9498	5,0
very hard value	> 9,0	>9498	11,0

Bei den Messungen auf dem Laufband wurde der letzte Intensitätslevel „very hard value“ allerdings nicht erreicht, obwohl die gelaufene Geschwindigkeit von 9,6 km/h laut dem „Compendium of Physical Activities“ in diesen Bereich fallen müsste. Bei den Messungen im Freien wird der letzte Intensitätsbereich „very hard value“ zwar erreicht, aber nur sehr knapp. Auch dieses knappe Ergebnis zeigt, dass der Actigraph GT1M die Intensität Stärke des letzten Intensitätslevels wohl unterschätzt:

Die Geschwindigkeit von 9,6 km/h, die in diesem Level gelaufen wurde, entspricht laut dem „Compendium of Physical Activities“ einem MET-Verbrauch von 11 MET. Der Intensitätslevel „very hard value“ beginnt jedoch bereits bei einem Energieverbrauchswert von 9 MET. Die Geschwindigkeit von 9,6 km/h, die mit 11 MET gleichzusetzen ist, dürfte also nicht nur knapp in den Intensitätsbereich „very hard value“ fallen, sondern müsste deutlich in diesem Level liegen. Abb. 40 veranschaulicht diesen Sachverhalt.

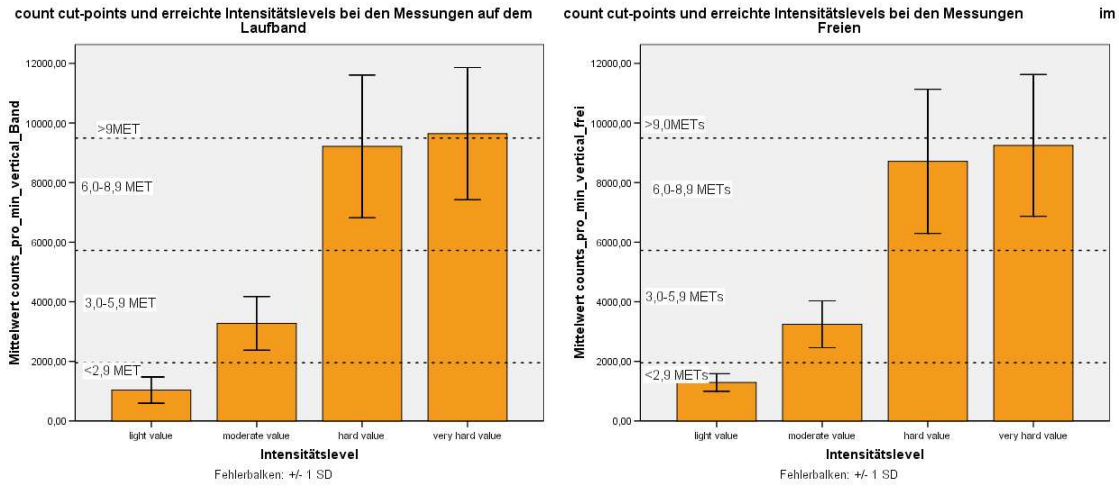


Abb.40: Darstellung der cut-points in den vier Intensitätsbereichen, und die tatsächlich erreichten counts.

5.6 Messungen auf dem Laufband vs. Messungen im Freien

Es besteht ein hoher linearer Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) auf dem Laufband und den counts/min (vertical) im Freien. Dies macht zwei Dinge deutlich:

Erstens zeigt sich, dass auf dem Laufband die gleichen Beschleunigungswerte erfasst werden wie im Freien. Dadurch, dass das Gerät nur die Beschleunigungswerte erfasst, die im Bereich zwischen 0,05 und 2 G´s liegen, werden nur die Beschleunigungswerte des Körpers an sich erfasst, und nicht die gesamte Fortbewegung. Deshalb spielt es keine Rolle, ob der gesamte Körper sich, wie im Freien, tatsächlich fortbewegt oder ob er, wie auf dem Laufband, stets an derselben Stelle bleibt.

Zweitens zeigt der lineare Zusammenhang auch, dass es gelungen ist, die Messungen mit großer Exaktheit durchzuführen, so dass für beide Messungen vergleichbare Werte herauskommen konnten. Der Einsatz des Pacers hat den Probanden/innen offensichtlich das Einhalten der richtigen Geschwindigkeit gut ermöglicht; die Abstände der Markierungen von 20 Metern waren also ausreichend.

5.7 Weitere Aspekte

Gleichzeitig haben ebenfalls im Rahmen von zusätzlichen Erhebungen Messungen von zwei Accelerometern an einem/einer Proband/in ergeben, dass der Output der counts/min beider Geräte nahezu ident ist, was für eine gute Reliabilität des GT1M spricht. Als Beispiel dient Abb. 41 für die Messungen im Freien.

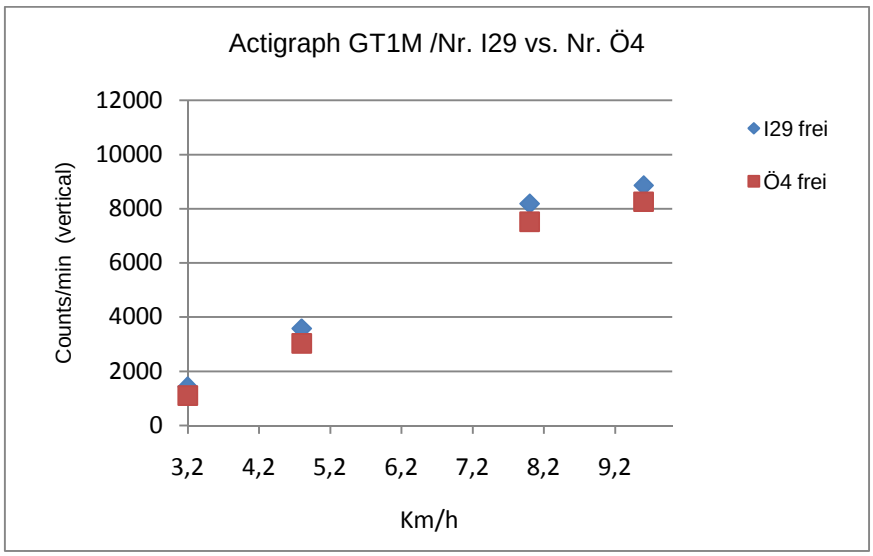


Abb.41: Verteilung der „activity counts“ von zwei Gerätes an einem/ einer Probanden/in.

Die Genauigkeit eines Acceleromerters aufgrund seiner Outputdaten in Form von „activty counts“ ist wichtig und im Rahmen der hier getätigten Untersuchungen getestet worden. Wie im Einführungsteil der Arbeit berichtet, gibt es zahlreiche unterschiedliche Regressionsgleichungen, die den „activity counts“ eine physiologische Bedeutung in Form von Abgaben der Kilokalorien oder des MET-Verbrauchs geben. In Abb. 42 auf der Folgeseite ist dargestellt, wie unterschiedlich diese Angaben sein können. In verschiedenste Gleichungen aus der Literatur wurden dazu die „activity counts“ eingesetzt.

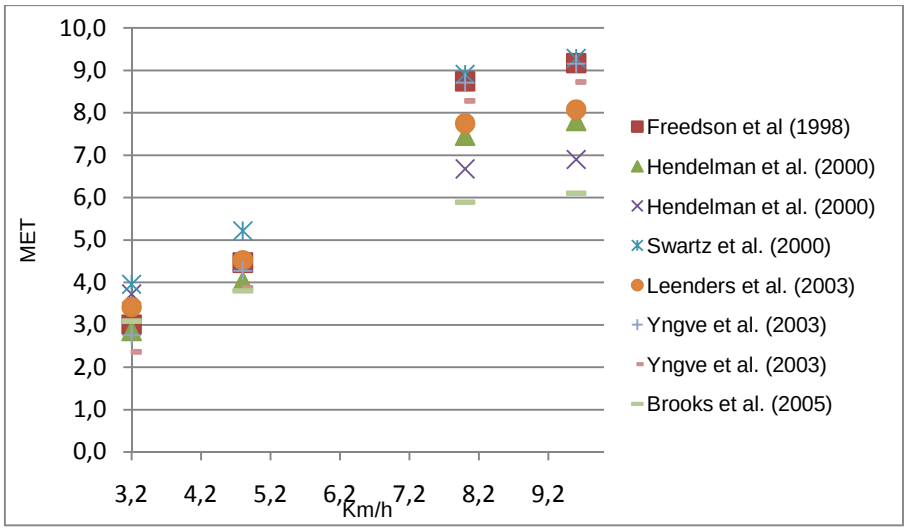


Abb.42 Unterschiedliche Einschätzung der MET-Werte je nach angewendeter Regressionsgleichung.

5.8 Zusammenfassung und Ausblick

Die Thematik der Accelerometrie zur Erfassung der körperlichen Aktivität ist ein großes und weites Themengebiet mit vielen Aspekten, die es zu bedenken gilt. Wie im Einführungsteil dargestellt, gibt es viele geklärte, aber auch sehr viele offene Fragen, die weiterer Forschung bedürfen.

Vor allem ist noch einmal auf die Problematik hinzuweisen, die sich ergibt, wenn man die Aktivität von Kindern und Jugendlichen adäquat erfassen will: Wie in Kapitel 1.9.2 gezeigt wurde, erfordert das typische Bewegungsprofil von Kindern und jugendlichen eine möglichst niedrige Einstellung der „epoch lenght“, um zu genauen Messergebnis zu kommen. Zudem muss die Aktivität über mehrere Tage gemessen werden (vgl. Kapitel 1.9.3). Dies ist aufgrund der begrenzten Speicherkapazität aber nicht möglich, auch der Actigraph GT1M stößt hier an seine Grenzen, vgl. Actilife Users Manual (2008, S.10). In einer großen epidemiologischen Studie, der European Heart Study wird auf diesen limitierenden Faktor der Speicherkapazität ebenfalls hingewiesen, vgl. Riddoch et al. (2005). Weitere Entwicklungsschritte sind also unbedingt notwendig.

Insgesamt gibt es sehr viel Literatur, mit unterschiedlichen Schwerpunkten und teilweise konträren Untersuchungsergebnissen. Dies hat die Recherchen zur Thematik ungeahnt schwierig gemacht. Ich hoffe, es mir ist dennoch gelungen, den aktuellen Stand der Wissenschaft übersichtlich darzustellen und die wichtigsten Themengebiete aufzuzeigen.

Zum Untersuchungsgegenstand, dem Actigraph GT1M, kann zusammenfassend gesagt werden, dass er ein valides Instrument ist, um körperliche Aktivität bzw. den Ener-

gieverbrauch beim Gehen und Laufen einzuschätzen. Interessant wäre es, den Einfluss der Beinlänge auf die „activity counts“ noch genauer zu evaluieren; in vorliegender Untersuchung war die Stichprobe von 10 Personen womöglich zu klein.

Auch der Einfluss der horizontalen Achse für die Einschätzung von Alltagsaktivitäten wäre für die Zukunft untersuchenswert. Für das Gehen und Laufen trägt diese Bewegungsachse jedenfalls nicht zu einer Verbesserung der Messgenauigkeit bei, wie diese Studie gezeigt hat.

6. Literaturverzeichnis

Actilife users manual. (2008)

Ainsworth, B., Haskell, W., Whitt, M., Irwin, M., Swartz, A., Strath, S., O`Brian, W., Bassett, D., Schmitz, K., Emplaincourt, P., Jacobs, Jr. D. & Leon, A. (2000). Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. Medicine and Science in Sports and Exercise, 23, 9 (suppl.) 489-516.

Ainsworth, B., Haskell, W., Leon, A., Jakobs, Jr. D., Montoye, H., Sallis, J. & Paffenberger Jr. R. (1993). Compendium of Physical Activities: Classifikation of energy costs of human physical activities. Medicine and Science in Sports and Exercise. 25, 71-802.

Andersen, L., Harro, M., Sadinha, L., Froberg, K., Ekelund, U., Brage, S., & Andersen, S. (2006). Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: A cross sectional study (the European Youth Heart Study). Lancet. 368, (9532) 299-304.

Bailey, R., Olson, J., Pepper, S., Porszasz, J., Barstow, T., & Cooper, D. (1995). The level and tempo of childrens physical activities: An observational study. Medicine and Science in Sports and Exercise. 27, 1033-1041.

Balady, G., Berra, K., Golding, L., Gordon, N., Mahler, D., Myres, J., & Sheldahl, L. (2000). ACM´s guidelines for exercise testing and prescription. General of exercise prescription. In Franklin, Barry, A. (Hrsg.), American college of sports medicine (S. 137-164). New York: Lippincot Williams & Wilkins.

Bäumler, G & Schneider, K. (1981). Sportmechanik. Grundlagen für Studium und Praxis. München: blv Verlagsgesellschaft.

Bernhard, W. & Jung, K. (1998). Sportanthropologie. Fragestellungen, Methoden und Ergebnisse am Beispiel der Laufdisziplinen und des alpine Skirennsports. Stittgart: Gustav Fischer Verlag.

Bickham, D., Gibbons, C. & Le Rossignol, P. (2004). VO_2 is attenuated above the lactate threshold in endurance trained runners. Medicine and Science in Sports and Exercise. 36, 2, 297-301.

Brage, S. (2003). Reliability and validity of the computer science and Applications accelerometer in a mechanical setting. Measurement in Physical Education and Exercise Science. 7, 101-119.

Brooks, A., Gunn, S., Whiters, R., Gore, C. & Plummer, J. (2005). Predicting walking METs and energy expenditure from speed or accelerometry. Medicine Science in Sports and Exercise. 37, 1216-1233.

Caspersen, C., Powell, K. & Christenson, G. (1985). Physical activity exercise and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. Public Health Report. 100, 126-131.

Chen, K. & Basset, D. (2005). The technology of accelerometry-based activity monitors: Current and future. Medicine and Science in Sports and Exercise. 37, 11 (suppl.) 490-590.

Cooper, A., Page, A., Fox, K. & Mission, J. (2000). Physical activity patterns in normal, overwight and obese individuals using min-by-min accelerometry. European Journal of Clinical Nutrition. 54, 887-894.

Corder, K., Brage, S., Ramachandran, A., Snehalatha, C., Wareham, N. & Ekelund, U. (2007). Comparison of two Actigraph models for assessing free-living physical activity in Indian adolescents. 25 (14), 1607-1611.

Cradock, A., Melly, S., Allen, J., Morris, J. & Gortmaker, S. (2009). Youth destinations associated with objective measures of physical activity in adolescents. Journal of Adolescent Health. 45 (3), 91-108.

Crouter, S., Churilla, J. & Bassett, D. (2006). Estimating energy expenditure using accelerometers. European Journal of Applied Physiology. 98, 601-61.

Durant, R., Baranovski, T. & Davis, H. (1992). Reliability and variability of heart rate monitoring in 3-4 or 5 –year old children. Medicine and Science in Sports and Exercise. 24, 365-371.

Eisele, R., Köllmann, F., Husteiner, H. & Simon, G. (1996). Sauerstoffaufnahme während Fahrrad- und Laufbandergometrie. Deutsche Zeitscrift für Sportmedizin. 47, 54-60.

Ekelund, U. (2002). Assessment of physical activity and energy expenditure in adolescents. Sweden: Karolinska University Press.

Freedson, P., Pober, D. & Janz, K. (1995). Calibration of accelerometer output for children. Medicine and Science in Sports and Exercise. 37 (suppl.), 523-530.

Freedson, P., Melanson, E. & Sirard, J. (1998). Calibration of the computer science and applications, inc. accelerometer. Medicine and Science in Sports and Exercise. 30, 777-781.

Giovannucci, E., Liu, Y., Leitzmann, M., Stampfer, M. & Willett, W. (2005). A prospective study of physical activity and incident and fatal prostate cancer. Archives of Internal Medicine. 165 (9),1005-1010.

Gretebeck, R. & Montoye, H. (1992). Variability of some objective measures of physical activity. Medicine and Science in Sports and Exercise. 24, 1167-1172.

Harrell, J., McMurray, R., Baggett, C., Pennell, M., Pearce, P. & Bangdiwala, S. (2005). Energy costs of physical activities in children and adolescents. Medicine and Science in Sports and Exercise. 37, 329-336.

Haskell, W. (1994). Health consequences of physical activity: Understanding and challenges regarding dose-response. Medicine and Science in Sports and Exercise. 26, 649-660.

Heil, D., Higgins, B., Keller, C. & Juergens, CA. (2003). Body sizes as a determinant of activity monitor output during overground walking. Journal of Exercise Physiology. 6, 1-11.

Hendelman, D., Miller, K., Baggett, C., Debold, E. & Freedson, P. (2000). Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. Medicine and Science in Sports and Exercise. 32, 442-449.

Jakicic, J., Winters, C., Lagally, K., Ho, J., Robertson, R. & Wing, R. Jr. (1999). The accuracy of the Tritrac – R3D accelerometer to estimate energy expenditure. Medicine and Science in Sports and Exercise. 31 (5), 747-754.

Janz, K., Witt, J. & Mahoney, L. (1995). The stability of children´s physical activity. Medicine and Science in Sports and Exercise. 27, 1326-1332.

Kohl, H., Fulton, J. & Caspersen, C. (2000). Assessment of physical activity: A review and synthesis. Preventive Medicine. 31, 54-76.

LaPorte, R., Montoye, H. & Caspersen, C. (1985). Assesment of physical activity in epidemiologic research: Problems and prospects. Public Health Reports. 100, 1310-1346.

Leenders, N., Sherman, W., Nagaraja, H. & Kien, C. (2001). Evaluation of methods to assess physical activity in free-living conditions. Medicine and Science in Sports and Exercise. 33, 1233-1240.

Leenders, N., Nelson, T. & Sherman, W. (2003). Ability of different, physical activity monitors to detect movement during treadmill walking. International Journal of Sports and Medicine. 24, 43-50.

Lees, S. & Booth, F. (2004). Sedentary death syndrome. Canadian Journal of Applied. Physiology. 29 (4), 447-60.

Levin,S., Jacobs, Jr. D., Ainsworth, B., Richardson, M., & Leon, A. (1999). Intra-individual variation and estimates of usual physical activity. Annals of Epidemiology. 9, 481-488.

Matthews, C. (2005). Calibration of accelerometer output for adults. Medicine and Science in Sports and Exercise 37 (11), 512-522.

Martìnez-Gòmez, D., Welk, G., Calle, M., Marcos, A., Veiga, O. & ALFINOS Study Group (2009). Preliminary evidence of physical activity levels measured by accelerometer in Spanish adolescents: The ALFINOS Study. Nutriciòn Hospitalaria. 24 (2), 226-32.

Montoye, H., Washburn, S., Servais, S., Ertl, A., Webster, J. & Nagle, F. (1983). Estimation of energy expenditure by a portable accelerometer. Medicine and Science in Sports and Exercise. 15, 403-407.

Nilsson, A., Ekelund, U., Yngve, A. & Sjöström, M. (2002). Assessing physical activity among children with accelerometers using different time sampling intervals and placements. Pediatric Exercise Science. 14, 75-84.

Operators Manual Model 1764, release 1.21. Shalimar, Florida.

Ortiz, L., Rodriguez, J., Cantera, C., Sanchez, A., Arranz, A., Viejo, N., Nicolas, E., Alonso, M., Marcos, M. & Group, E. (2010). Physical exercise, fitness and dietary pattern and their relationship with circadian blood pressure pattern, augmentation index and endothelial sysfunktion biological markers: Evudent study protocol. 10 (1): 233. [epub ahead of print]

Ott, A., Pate, R., Trost, S., Ward, D. & Saunders, R. (2000). The use of uniaxial and triaxial accelerometers to measure children`s „free play“ physical activity. Pediatric Exercise Science. 12, 360-370.

Pate, R., Pratt, M. & Blair, S. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the centers for disease control and prevention and the american college of sports medicine. Journal of American Medical Association. 273, 402-407.

Patterson, S., Kranz, D., Montgomery,L., Deuster, P., Hedges, S. & Nebel, L. (1993). Automated physical activity monitoring: validation and comparison with physiological and self-report measures. Psychophysiology 30 (3), 296-305.

Prentice, A. (1999). Stable isotopes in nutritional sciences and the study of energy metabolism. Scandinavian Journal of Nutrition. 43, 56-62.

Puyau, M., Adolph, A., Firoz, V. & Butte, N. (2002). Validation and calibration of physical activity monitors in children. Obesity Research. 10, 150-157.

Rawson, E. & Walsh, T. (2010). Estimation of resistance exercise energy expenditure using accelerometry. Medicine and Science in Sports and Exerdise. 42 (3), 622-628.

Riddoch, C., Edwards, D., Page, A., Froberg, K., Anderssen, S., Wedderkopp, S., Cooper, A., Sardinha, L., Harro, M., Heggebo, L., Mechelen, W., Boreham, C., Ekelund, U. & Andersen, L. (2005). The european youth heart study – cardiovascular disease risk factors in children: Rationale, aims, study design and validation of methods. Journal. of Physical Activity and Health. 2, 115-129.

Riddoch, C. & Boreham, C. (1995). The health-related physical activity of children. Sports Medicine. 19, 86-102.

Rothney, M., Apker, G., Song, Y. & Chen,K. (2008). Comparing the performance of three generations of Actigraph accelerometers. Journal of Applied Physiology. 105, 1091-1097.

Sallis, J. & Saelens, B. (2000). Assesment of physical activity by self-reports: status limitations and future directions. Research Quarterly for Exercise and Sport. 71, 1-14.

Sallis, J. & Owen, N. (1999). Physical activity and behavioural medicine, SAGE publications, Thousand Oaks, USA.

Schmidt, R. & Thews,G. (1997). Physiologie des Menschen. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Schoeller, D. (1999). Recent advances from application of doubly labeled water to measurement of human energy expenditure. Journal of Nutrition. 129, 1765-1768.

Schoeller, D. (1983). Energy expenditure from doubly labeled water: some fundamental considerations in humans. American Journal of Clinical Nutrition. 38 (6), 999-1005.

Stone, M., Rowlands, A., Middlebrooke, A., Jawis, M. & Eston, R. (2009). The pattern of physical activity in relation to health outcomes in boys. International Journal of Pediatric Obesity. 4 (4), 306-15.

Steward, G. & Trost, K. & Russel, R. (2005). Conducting accelerometer-based activity in field-based research. Medicine and Science in Sports and Exercise. 11 (suppl.), 531-543.

Swartz, A., Strath, S., Bassett, D., O`Brien, W., King, A. & Ainsworth, B. (2000). Estimation of energy expenditure using CSA accelerometers at hip and wrist sites. Medicine and Science in Sports and Exercise. 32, 450-456.

Treuth, M., Sherwood, N. & Butte, N. (2003). Validity and reliability of activity measures in african-american girls for GEMS. Medicine and Science in Sports and Exercise. 35, 532-539.

Treuth, M.S. & Schmitz, K. & Cateliier, D.J. & McMurray, R.G. & Murray, D.M. & Almeida, M.J. & Going, S. & Norman, J.E. & Pate, R. (2004). Defining accelerometer thresholds for activity intensities in adolescent girls. Medicine and Sciences in Sports and Exercise 36, 1259-1266.

Trojano, R. (2005). A timely meeting: Objective measurement of physical activity. Medicine and Science in Sports and Exercise. 37 (suppl.), 487-489.

Trost, S., Mciver, K. & Pate, R. (2005). Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. Medicine in Science and Exercise 37, 11 (Suppl), 531-543.

Trost, S., Pate, R., Freedson P., Sallis, J. & Taylor, W. (2000). Using objective physical activity measures with youth: how many days of monitoring are needed? Medicine and Science in Sports and Exercise. 32 (2), 426-31.

Trost, S., Rosenkranz, R. & Dzewaltowski, D. (2008). Physical activity levels among children attending after-school programs. Medicine and Science in Sports and Exercise. 40 (4), 622-629.

Trost, S., Sirard, J., Dowda, M., Pfeiffer, K.; & Pate, R. (2003). Physical activity in overwight and nonoverwight preschool children. International Journal of Obesity. 27 (7), 834-839.

US Department of Health and Human Services. (1996). Physical activity and health: A report of the surgeon general. US Department of Health and Human Services, centers for disease control and prevention, national center for chronic disease prevention and health promotion Atlanta, USA 9-60.

Valanou, E., Bamia, C. & Trichopoulou, A. (2006). Methodology of physical-activity and energy-expenditure assessment: a review. Journal of Public Health. 14, 58-65.

Weineck, J. (2010). Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. Balingen: Spitta Verlag.

Welk, G., Blair, S., Wood, K., Jones, S. & Thompson, R. (2000). A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. Medicine and Science in Sports an Exercise. 32 (9) (suppl), 489-497.

Wilmore, J. & Costill, D. (2004). Physiology of sport and exercise. Europe: Human Kinetics.

Willey, J., Moon, Y., Paik, M., Boden-Albala, B., Sacco, R. & Elkind, M. (2009). Physical activity and risk of ischemic stroke in the northern manhattan study. Neurology, 24, 73 (21), 1774-1779.

Yngve, A., Nilsson, A., Sjostrom, M. & Ekelund, U. (2003). Effect of monitor placement and activity setting on the MTI accelerometer output. Medicine and Science in Sports and Exercise. 35, 320-326.

7. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Genauigkeit vs. Kosten (eigene Darstellung). 27

Abb. 2: Linearer Zusammenhang von Laufgeschwindigkeit und VO_2 (modifiziert nach Weineck 2010 S.310)..... 28

Abb. 3: Empfohlene Position des Actigraph GT1M (eigene Darstellung). 35

Abb. 4: Entstehung des „energy gap“ bei Alltagaktivitäten (Steward, 2005 in Anlehnung an die Studie von Welk et al. 2000). 43

Abb. 5: Der ActiGraph GT1M (Actilife Users Manual, 2008, S. 20). 50

Abb. 6: Ladezustand der Batterie über die Zeit (Actilife Users Manual, 2008, S. 9)..... 51

Abb. 7: Outputdaten des GT1M. 54

Abb. 8: Datenfluss des Actigraph GT1M (eigene Darstellung). 55

Abb. 9: Veranschaulichung der Vorgehensweise bei der Konvertierung von den counts/sec zu den counts/min (eigene Darstellung). 66

Abb. 10: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den counts/min und der Geschwindigkeitssteigerung im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien. 71

Abb. 11: Vergleich der Gesamt counts/min von Frauen und Männern bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien. 72

Abb. 12: Veranschaulichung der counts/min. (vertical) von Frauen und Männern je Intensitätslevel auf dem Laufband und im Freien. 73

Abb. 13: Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den steps im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien. 74

Abb. 14: Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den Beinlängen im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien. 76

Abb. 15: Darstellung des Zusammenhanges zwischen counts/min (vertical) auf dem Laufband und den counts/min (vertical) im Freien..... 77

Abb. 16: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth und den counts/min (vertical) bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien. 79

Abb. 17: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den counts des Vektorbetrags/min und der Geschwindigkeit im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien. 81

Abb. 18: Vergleich der counts des Vektorbetrags von Frauen und Männern bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien. 82

Abb. 19: Veranschaulichung des Vektors von Frauen und Männern je Intensitätslevel auf dem Laufband und im Freien. 83

Abb. 20: Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und den steps im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien. 84

Abb. 21: Zusammenhang zwischen den counts des Vektorbetrags und der Beinlänge im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien. 86

Abb. 22: Darstellung des Zusammenhangs zwischen den counts des Vektorbetrags auf dem Laufband den counts des Vektorbetrags im Freien. 87

Abb. 23: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth und den Vektorbetrag-Counts bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien. 89

Abb. 24: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den counts/min (horizontal) und der Geschwindigkeit im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien. 91

Abb. 25: Vergleich des Gesamt- Vektorbetrags von Frauen und Männern bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien. 92

Abb. 26: Veranschaulichung der counts/min (horizontal) von Frauen und Männern je Intensitätslevel auf dem Laufband und im Freien. 93

Abb. 27: Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und den steps im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien. 94

Abb. 28: Zusammenhang zwischen den counts/min (horizontal) und der Beinlänge im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien. 95

Abb. 29: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den counts/min (horizontal) auf dem Laufband und den counts/min (horizontal) im Freien. 96

Abb. 30: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den MET-Werten lt. Ainsworth und den counts/min (horizontal) bei den Messungen auf dem Laufband und im Freien..... 98

Abb. 31: Counts/min (vertical) vs. counts/min. (horizontal) im Vergleich der Messungen auf dem Laufband und im Freien…….....99

Abb.32: Counts/min (vertical) vs. Vektorbetrag im Vergleich der Messungen auf dem Laufband und im Freien……...101

Abb. 33: Counts/min. (horizontal) vs. Vektorbetrag im Vergleich der Messungen auf dem Laufband und im Freien……..…103

Abb.34: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den counts/min und der Geschwindigkeit……..……110

Abb.35: Darstellung des Zusammenhanges zwischen den steps/min und der Geschwindigkeit im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und den Messungen im Freien……..112

Abb. 36: Zusammenhang zwischen den counts/min (vertical) und den steps/min im Vergleich zwischen den Messungen auf dem Laufband und im Freien……...113

Abb.37: Darstellung der Zusammenhänge der counts/min untereinander……115

Abb.38: Verteilung der counts/min (horizontal) bei verschiedenen Probanden/innen……..116

Abb.39: Verteilung der „activity counts“ eines Gerätes bei zwei Probanden/innen auf dem Laufband und im Freien……...117

Abb.40: Darstellung der cut-points in den vier Intensitätsbereichen, und die tatsächlich erreichten counts ……..……119

Abb.41: Verteilung der „activity counts“ von zwei Gerätes an einem/ einer Probanden/in……...120

Abb.42 Unterschiedliche Einschätzung der MET-Werte je nach angewendeter Regressionsgleichung……121

8. Tabellennverzeichnis

Tab.1: Hauptkategorien der Aktivitäten im „Compendium of physical Activities“ 16

Tab.2: Unterschiedliche Einteilung von Intensitätslevels 17

Tab.3: counts/min cut points des Actigraph GT1M 17

Tab.4: Unterschiedliche Regressionsgleichungen und ihr Zusammenhang mit der VO_2 48

Tab.5: „epoch lenght“ vs. Länge der Aufnahme 53

Tab.6: Physische Eigenschaften der Probanden/innen 64

Tab.7: Zu absolvierende Geschwindigkeiten mit MET-Angabe 65

Tab.8: Auf dem Laufband gemessene counts/min (vertikal) in allen vier Intensitätslevels 70

Tab.9: Im Freien gemessene counts/ min (vertikal) in allen vier Intensitätslevels 70

Tab.10: Auf dem Laufband gemessene counts des Vektorbetrags in allen vier Intensitätslevels 80

Tab.11: Im Freien gemessene counts des Vektorbetrags in allen vier Intensitätslevels 80

Tab.12: Auf dem Laufband gemessene counts/min (horizontal) in allen vier Intensitätslevels 90

Tab.13: Im Freien gemessene counts/ min (horizontal) in allen vier Intensitätslevels 90

Tab.14: Zusammenhänge mit der Geschwindigkeitssteigerung 105

Tab.15: Zusammenhänge mit der Schrittfrequenz 106

Tab.16: Zusammenhang der Messungen im Freien und der Messungen auf dem Laufband 107

Tab.17: Zusammenhänge mit den MET-Angaben im Compendium 107

Tab.18: Zusammenhang der activity count Outputs untereinander 108

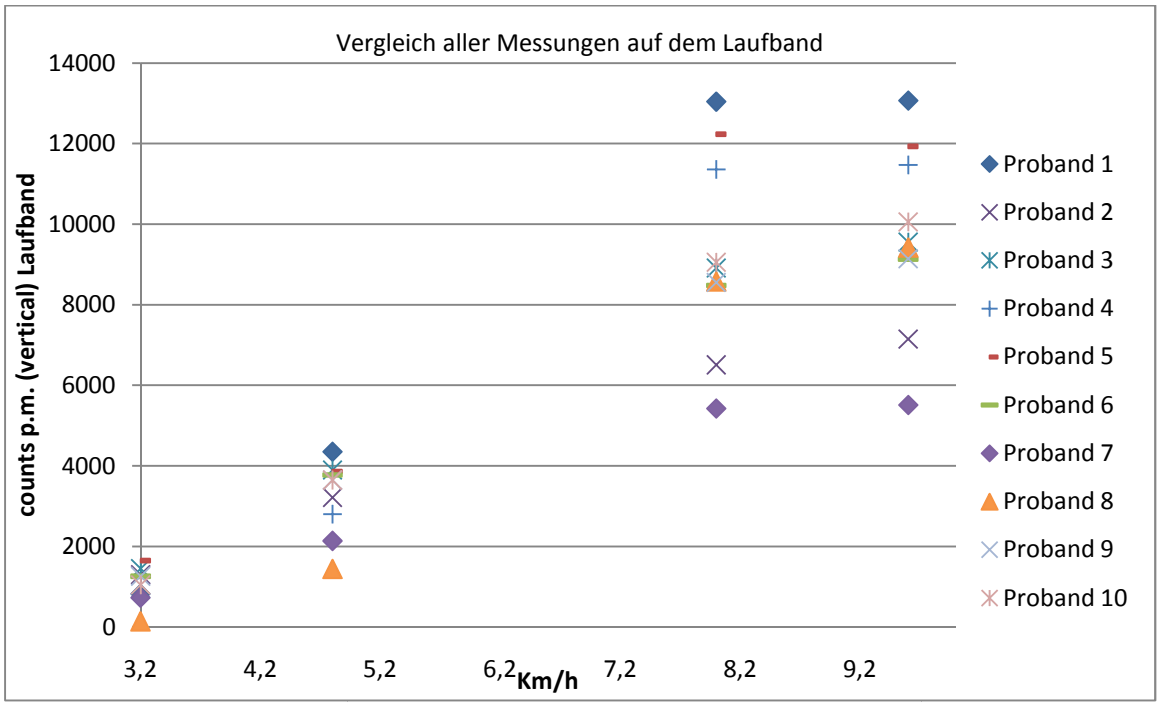
Tab.19: Statistik der steps auf dem Band 112

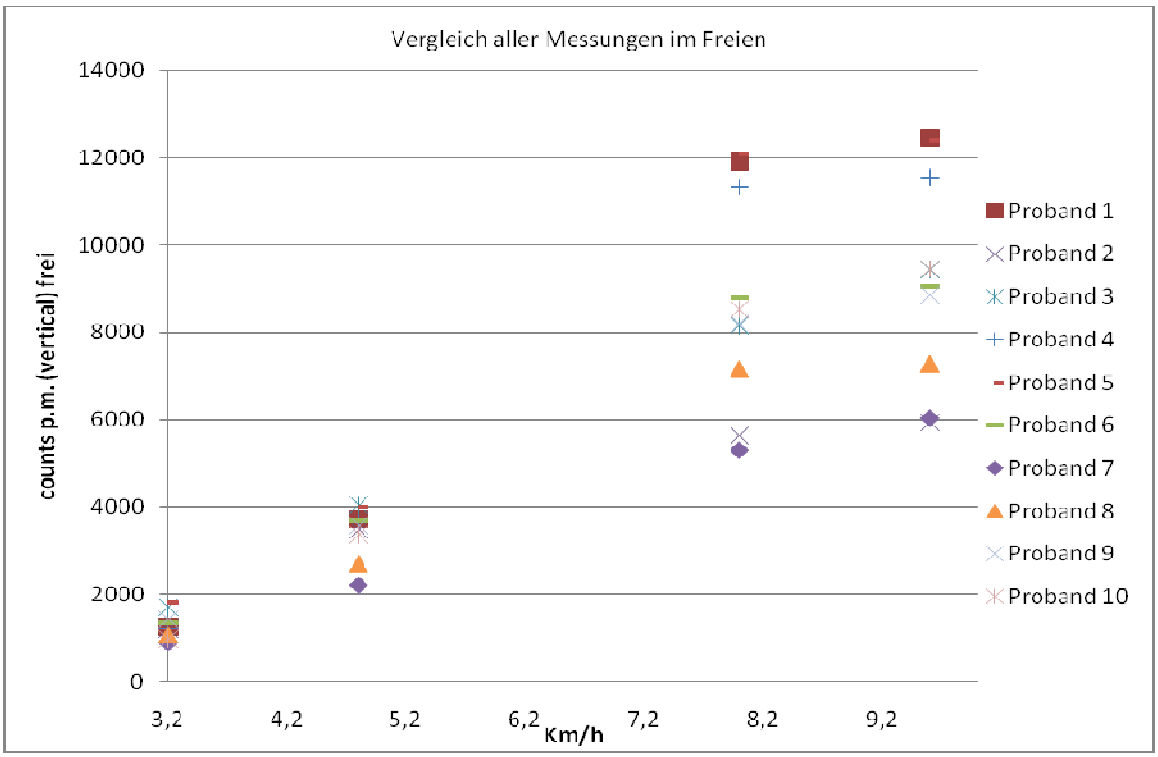
Tab.20: Statistik der steps/min im Freien 112

Tab.21: Stärke des Zusammenhangs der vertikalen Messungen und des Vektorbetrags mit der Geschwindigkeit – Vergleich 116

Tab.22: Darstellung der Cut-Points 118

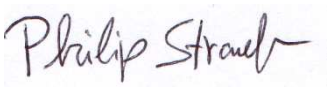
9. Anhang


Vergleich aller Messungen auf dem Laufband
counts p.m. (vertical) Laufband
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
3,2
4,2
5,2
6,2
Km/h
7,2
8,2
9,2
Proband 1
Proband 2
Proband 3
Proband 4
Proband 5
Proband 6
Proband 7
Proband 8
Proband 9
Proband 10


Vergleich aller Messungen im Freien
counts p.m. (vertical) frei
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
3,2
4,2
5,2
6,2
Km/h
7,2
8,2
9,2
Proband 1
Proband 2
Proband 3
Proband 4
Proband 5
Proband 6
Proband 7
Proband 8
Proband 9
Proband 10

10. Erklärung

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde daher weder an einer anderen Stelle eingereicht noch von anderen Personen vorgelegt."



Wien, 1. April 2010 Philip Straub

11. Curriculum Vitae

Philip Straub, Bakk. rer. nat.

Geboren am 29.04.1981
In Ravensburg

Studium & schulische Ausbildung

Seit 03/08	**Magisterstudium an der Universität Wien**
	Fach: Sportwissenschaften
10/04 – 1/08	**Bachelorstudium an der Universität Wien**
	Hauptfach: Sportwissenschaften
	Nebenfach: Gesundheitssport
09/88 – 06/01	**Freie Waldorfschule Überlingen 1.bis 13. Klasse**
	Schulabschluss: Allgemeine Hochschulreife

Berufspraktische Tätigkeiten

Seit 03/09	**Vitalsport** (gesundheitsorientiertes Fitnessstudio), Wien o Sportwissenschaftliche Eingangs- und Folgeuntersuchungen o Trainertätigkeit
03/08 – 02/09	**ASKÖ**, Wien Tätigkeit als „Rückenfit“ – Übungsleiter bei der ASKÖ Wien
08/07 – 09/07	**AOK- Krankenkasse** Bodensee-Oberschwaben, Ravensburg Praktikum Mitarbeit in der Abteilung Marketing (Bereich betriebliches Gesundheitsmanagement)
02/07 – 03/07	**Kliniken Schmieder**, Konstanz Praktikum Durchführung von Übungseinheiten im Bereich der Sporttherapie
08/05 – 09/05	**Mettnau Kur**, Radolfzell Praktikum Mitarbeit im Bereich der Sporttherapie

Zusätzliche Qualifikationen / Tätigkeiten

19/10 – 20/10	Fortbildung Rückenschule nach Karin Albrecht
1999-2008	Nebentätigkeit als Reitlehrer
09/02	Lehrerqualifikation als Reitlehrer (IPZV Trainer-C-Lizenz) ausgestellt vom Deutschen Islandpferde Zuchtverband
1998-2009	Diverse Turniererfolge im Islandpferdesport, unter anderem 2-facher Süddeutscher Meister (2000 und 2001) und Baden württembergischer Meister (1999)
06/99 – 07/99	vierwöchiges Schulpraktikum in einem Altenheim bei München
	Führerschein Klasse B

Fremdsprachen

Englisch und Russisch
Gute Kenntnisse durch Unterricht beider Sprachen von der 1. bis zur 13. Klasse.

Computerkenntnisse

Gute Kenntnisse der Betriebssysteme Windows und Apple und aller gängigen Software-Anwendungen für Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Präsentation und Internet wie z.B. Word, Excel, Powerpoint und andere Standardprogramme

Kenntnisse zur Erstellung von Websites, erworben im Rahmen des Studiums

Kenntnisse im Umgang mit dem Statistik-Programm SPSS, erworben im Rahmen des Studiums

Interessen & Aktivitäten

Schreiben, Lesen, Sport, Reisen

Wien, 13. Mai 2010