

Aus dem Institut für Medizinische Klimatologie
(Direktor: Professor Dr. med. Carsten Stick)
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

NORDIC WALKING UND ZÜGIGES GEHEN:
VERGLEICH DER AKTIVITÄTSBEDINGTEN ENERGIEUMSÄTZE
UNTER PRAXISNAHEN TRAININGSBEDINGUNGEN

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
MERLIND BECKER
aus Lübeck
Kiel 2010

1. Berichterstatter: Professor Dr. C. Stick
2. Berichterstatter: Professor Dr. B. Weisser
Tag der mündlichen Prüfung: 26.10.2010
Zum Druck genehmigt, Kiel, den 03.08.2010
gez. Professor Dr. Dr. I. Cascorbi

Für meine Eltern

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 EINLEITUNG	1
2 MATERIAL UND METHODE	4
2.1 Versuchspersonen	4
2.2 Strecke	4
2.3 Untersuchungsmethoden	7
2.3.1 Spiroergometrie	7
2.3.2 Stöcke und Bekleidung	9
2.4 Durchführung	9
2.5 Auswertung und statistische Bearbeitung	12
3 ERGEBNISSE	14
3.1 Leistungszuschläge und Energieumsätze	14
3.2 Herzfrequenzen	16
3.3 Atemzeitvolumina	18
3.4 Gehgeschwindigkeiten	20
3.5 Subjektives Belastungsempfinden	22
4 DISKUSSION	23
5 ZUSAMMENFASSUNG	29
6 LITERATURVERZEICHNIS	31
7 ANHANG	38
8 DANKSAGUNG	39
9 LEBENS LAUF	40

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Luftbild der Teststrecke im Bad Schwartauer Kurpark
- Abb. 2: Streckenabschnitt der Teststrecke
- Abb. 3: Streckenabschnitt der Teststrecke
- Abb. 4: Das transportable Ergospirometriegerät Meta Max®
- Abb. 5: Proband während eines Probeversuchs
- Abb. 6: Grafische Darstellung der gemessenen Leistungszuschläge beim zügigen Gehen und Nordic Walking
- Abb. 7: Grafische Darstellung der mittleren Herzfrequenzen
- Abb. 8: Grafische Gegenüberstellung der durchschnittlichen Atemzeitvolumina
- Abb. 9: Grafische Darstellung der mittleren Gehgeschwindigkeiten aller Probanden
- Abb. 10: Grafische Darstellung des subjektiven Belastungsempfindens

1 Einleitung

Die vorliegende Studie vergleicht die Größe physiologischer Beanspruchungsparameter beim zügigen Gehen und beim Nordic Walking während des routinemäßigen Trainings von Gesundheitssportlern.

Die Lebensweise in den modernen Industrienationen wird zunehmend durch Bewegungsarmut geprägt. Bewegungsmangel ist als eigenständiger Risikofaktor für verschiedene häufige Erkrankungen identifiziert. So fördert körperliche Inaktivität Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen (Paffenbarger et al., 1978; Hollmann, 1987; Erikssen et al., 1998).

Umgekehrt ist die Wirkung körperlicher Aktivität im Hinblick auf die Vorbeugung und die Verminderung von Krankheitsrisiken unbestritten (Haskell et al., 2007; Knoll, 1997; Paffenbarger et al., 1994, 2001). Aufgrund dessen wird physische Aktivität immer mehr als präventives, therapeutisches und rehabilitatives Mittel genutzt. Entsprechend kommt der körperlichen Bewegung im Rahmen von Gesundheitssport eine wachsende Bedeutung zu.

Um messbare Anpassungseffekte des Stoffwechsels- und des Herz-Kreislaufsystems zu erreichen, muss Ausdauertraining mit einer Intensität von wenigstens 50 % der maximalen Sauerstoffaufnahme durchgeführt werden (American College of Sports Medicine, 1995). Solche Intensitäten werden „ohne weiteres“ bei 80 % der maximalen Gehgeschwindigkeit von Gesundheitssportlern erreicht, die empfohlene Herzfrequenz von 70-75 % der maximalen Herzfrequenz (maximale Herzfrequenz = 220 minus Lebensalter) wird ebenso „ohne weiteres“ beim sog. "Walking" erreicht (Schwarz et al., 2002). Mit Walking wird ein zügiges bewusst intensives Gehen bezeichnet. Für diese Form des Gehens werden im Folgenden die Begriffe zügiges Gehen und Walking synonym verwendet.

Eine immer populärer werdende Form des Gesundheitssports ist Nordic Walking. Dies ist eine Mischung aus Walking und Trockenskilanglauf. Beim zügigen Gehen werden zur Unterstützung Skistöcke eingesetzt. Nordic Walking hat seinen Ursprung in Finnland.

Bei korrekter Technik bietet Nordic Walking ein zusätzliches Training der Arm-, Schulter-, Brust-, Bauch-, und Rumpfmuskulatur (Steffny, 2002), es ist als effektives Krafttraining der wirbelsäulennahen Muskulatur anzusehen (Schlömmer, 2005). Beim zügigen Gehen werden 60 % bis 70 % der Körpermuskulatur beansprucht, beim Nordic Walking etwa 90 % (Stengel und Bartosch, 2004). Aufgrund der zusätzlichen Beanspruchung wird Nordic Walking ein effektiverer gesundheitlicher Nutzen nachgesagt und soll somit präventiv wirksamer als einfaches zügiges Gehen ohne den Einsatz von Stöcken sein.

In Studien auf dem Laufband, die Walking mit Nordic Walking vergleichen, konnte gezeigt werden, dass bei gleicher Gehgeschwindigkeit der Sauerstoffverbrauch und die Herzfrequenz beim Nordic Walking signifikant ansteigen (Porcari et al., 1997; Rodgers et al., 1995; Schiebel et al., 2003; Höltke et al., 2005).

Ähnliche Ergebnisse wurden auch bei jungen, erwachsenen Sportlern, die auf Sportanlagen liefen, gefunden (Morss et al., 2001; Jordan et al., 2001; Church et al., 2002). Trotz der erhöhten Beanspruchungsparameter empfinden die Sportler Nordic Walking nicht (Morss et al., 2001; Church et al., 2002; Höltke et al., 2005a, b) oder nur wenig (Rist et al., 2004) anstrengender.

Walking und Nordic Walking wird von Gesundheitssportlern typischer Weise im Freien betrieben, bevorzugt in Parks, Wäldern oder am Strand. Im Gegensatz zu den oben zitierten Arbeiten, in denen Nordic Walking und Walking unter Laborbedingungen bzw. auf Sportanlagen untersucht wurden, soll die vorliegende Studie die beliebten und verbreiteten Bewegungsformen Walking und Nordic Walking unter praxisnahen Feldbedingungen untersuchen und zwar an Probanden, die routinemäßig und regelmäßig diese Sportarten im Rahmen von Gesundheitssport betreiben.

Im Einzelnen sollen folgende Fragen beantwortet werden:

Frage 1:

Unterscheidet sich Nordic Walking vom zügigen Gehen im Hinblick auf die Beanspruchungsparameter Energieumsatz, Sauerstoffaufnahme und Herzfrequenz?

Frage 2:

Wird durch die Unterstützung der Stöcke beim Nordic Walking eine höhere Gehgeschwindigkeit als beim Gehen erreicht?

Frage 3:

Gibt es einen Unterschied im subjektiven Anstrengungsempfinden zwischen Nordic Walking und zügigem Gehen?

2. Material und Methoden

2.1 Versuchspersonen

Für die Versuche stellten sich 15 freiwillige Probanden zur Verfügung, zehn Frauen und fünf Männer. Das Alter der Versuchspersonen lag zwischen 47 Jahren und 68 Jahren. Das mittlere Alter (arithmetisches Mittel) betrug $56 \pm 5,8$ Jahre (Median = 56 Jahre). Der durchschnittliche Body-Mass-Index (BMI) der Teilnehmer lag bei $24,2 \pm 2,7$ kg/m² (Median = 24 kg/m²), die durchschnittliche Körperoberfläche bei $1,86 \pm 0,22$ m² (Median = 1,87 m²).

Voraussetzung zur Teilnahme war die Beherrschung der korrekten Nordic Walking Technik, sowie regelmäßiges Training im Rahmen von Ausgleichs- und Gesundheitssport. Ein Großteil der Probanden trainiert einmal wöchentlich gemeinsam unter Anleitung eines Trainers des deutschen Nordic Walking Verbandes.

Ausschlusskriterien waren bekannte Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, des respiratorischen Systems oder des Bewegungsapparates, eingeschränkte Leistungsfähigkeit, akute Infekte sowie Medikation mit Arzneimitteln zur Behandlung von Erkrankungen aus den genannten Bereichen. Hierzu wurde eine Anamnese entsprechend den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (Fragebogen für die Sportpraxis [Einstiegsfragebogen für Sporttreibende]; Fragebogen für den Sportler [ausführliche Version]) durchgeführt (Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention [Deutscher Sportärztebund] e.V., 2002).

2.2 Strecke

Die ausgewählte Strecke liegt im Kurpark der Stadt Bad Schwartau und führt um den Kurparksee (siehe Abbildung 1). Sie ist eine Trainingsstrecke, die von Spaziergängern, Walkern, Nordic Walkern und Joggern regelmäßig für Freizeit- und Gesundheitssport genutzt wird.

Beim Untergrund handelt es sich um einen festen, ebenen Sandboden wie er für das Walking und Nordic Walking empfohlen wird (Bös und Saam, 2000). Die Umgebung ist bewachsen und bietet somit Windschutz und größtenteils Schatten (siehe

Abbildung 2). Für den Versuch wurde die einfachste und kürzeste Möglichkeit, um den See zu gelangen, gewählt.

Die Strecke wurde mit einem Fahrradtachometer (Firma Sigma, Deutschland, Typ BC 906) und einem Fahrrad der Reifengröße 26 Zoll ausgemessen. Die Genauigkeit des Kilometerzählers wurde auf einer 100 m Sportbahn überprüft.

Eine Runde um den See entspricht einer Strecke von 680 Metern. Nach 440 Metern führt der Weg über eine kleine Holzbrücke (Abbildung 1D, Abbildung 3), die einzige Erhebung auf der sonst ebenen Strecke (siehe Abbildung 3). Pro Versuchsdurchgang mussten die Probanden drei Runden absolvieren, also eine Distanz von 2040 Metern zurücklegen.



Abb. 1: Luftbild der Teststrecke im Bad Schwartauer Kurpark. Gezeigt ist A: der Standort des Versuchsraumes im Gebäude der Holstein-Therme Bad Schwartau; B: der Startpunkt der Teststrecke; C und D: zwei ausgewählte Punkte der Strecke, die in Abbildung 2 und 3 gezeigt sind.

(Quelle: Google Earth, Aufruf am 14.12.2009)



Abb. 2: Ausschnitt aus Abbildung 1, C: Streckenabschnitt der Teststrecke. Gezeigt ist der westliche Abschnitt mit Blickrichtung nach Norden.



Abb. 3: Ausschnitt aus Abbildung 1, D: Streckenabschnitt der Teststrecke. Gezeigt ist die Holzbrücke, 440 Meter nach dem Startpunkt in nord-westlicher Richtung.

2.3 Untersuchungsmethoden

2.3.1 Spiroergometrie

Für die spiroergometrischen Messungen wurde ein transportables Spiroergometrie System der Firma Cortex Biophysik GmbH (Borsdorf, Leipzig, Deutschland) mit dem Namen Meta Max® genutzt.

Zur Aufnahme der Atemgrößen trägt die Versuchsperson eine Gesichtsmaske aus flexiblem weichem Kunststoff, die Mund und Nase des Probanden luftdicht umschließt. Das Gerät mit den Analysatoren wird während der Versuche in einem Rucksack auf dem Rücken getragen. Gerät und Gesichtsmaske sind über ein Kabel zur Versorgung des Flussmessers und durch einen Schlauch verbunden, über den das Atemgas zur Analyse aus der Gesichtsmaske in das Gerät abgesaugt wird. Ein weiteres Kabel zur Messung der Umgebungstemperatur wird außerhalb des Rucksacks platziert. Darüber hinaus verfügt das Gerät über einen Auslöseknopf zur Ereignismarkierung, der es der Versuchsperson ermöglicht, bestimmte Zeitpunkte auf der Stecke zur späteren Auswertung zu markieren (vergleiche Abbildung 4 B-G).

Über den Schlauch werden von einer Pumpe im Gerät Gasproben von der Gesichtsmaske zu den Messgebern abgesaugt, welche die Fraktionen der Atemgase messen. Für die elektrische Messung der Volumenkonzentration des Sauerstoffs verwendet das Meta Max®-Gerät eine Zirkonium-Oxid-Elektrode. Zur Bestimmung der Kohlendioxid-Fraktion benutzt das Gerät das Prinzip der Ultrarotabsorption (URAS).

Da der Zirkonium-Oxid-Sensor für den Messbetrieb auf eine Temperatur von ca. 650 °C geheizt werden muss, ist der Energiebedarf des tragbaren Gerätes vergleichsweise hoch. Um die Versuche ohne Unterbrechung über ausreichend lange Zeit durchführen zu können, wurden die Bleiakkumulatoren ohne Spannungsunterbrechung mittels eines speziell für diese Versuche gefertigten parallel geschalteten Steckerpaares zwischen den beiden Versuchsabschnitten ausgetauscht.

Die Herzfrequenzen wurden mittels eines Brustgurtes von Polar® (Polar Elektro GmbH, Büttelborn, Deutschland) auf einen Empfänger am Meta Max® übertragen.

Zu Beginn der Versuche wurde das Meta Max®-Gerät kalibriert und ein Kalibrierprotokoll erstellt. Dazu wurde der Volumensensor mit einer Eichpumpe, die ein Hubvolumen von 3 Litern hat, verbunden (siehe Abbildung 4 A). Die Sauerstoff- und Kohlendioxid-Sensoren wurden mit einem zertifizierten Testgas, das 12 % Sauerstoff, 6 % Kohlendioxid, Rest Stickstoff (BGA-004) (Westfalen Industriegase, Münster, Deutschland) enthielt, justiert. Dieses Testgas wurde durchgehend für alle Überprüfungen und Kalibrierungen genutzt.

Die Umgebungstemperatur wurde mit einem Pt 100 Widerstandsthermometer (Vierleitertechnik) Hygrotest 6200 (Fa. Testoterm GmbH & Co., Lenzkirch, Deutschland) gemessen. Das Gerät zeigt die Temperatur mit einer Auflösung von 0,1 Grad Celsius an. Die Genauigkeit des nach DIN 43 760 selektierten Pt 100-Messwiderstands beträgt $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, die Einstellzeit t_{90} bei 2 m/s Windgeschwindigkeit ist nach Herstellerangabe 20 s. Das Thermometer wurde in zwei Meter Höhe im Schatten am Rande der Strecke angebracht. Der Luftdruck wurde mit einem Dosenbarometer (Fa. J. Gischard Nachf., Hamburg, Deutschland) gemessen. Das Barometer mit einer Skalenteilung von 1 Torr wurde mit einem Quecksilber-Contrabarometer bei 760 Torr kalibriert.

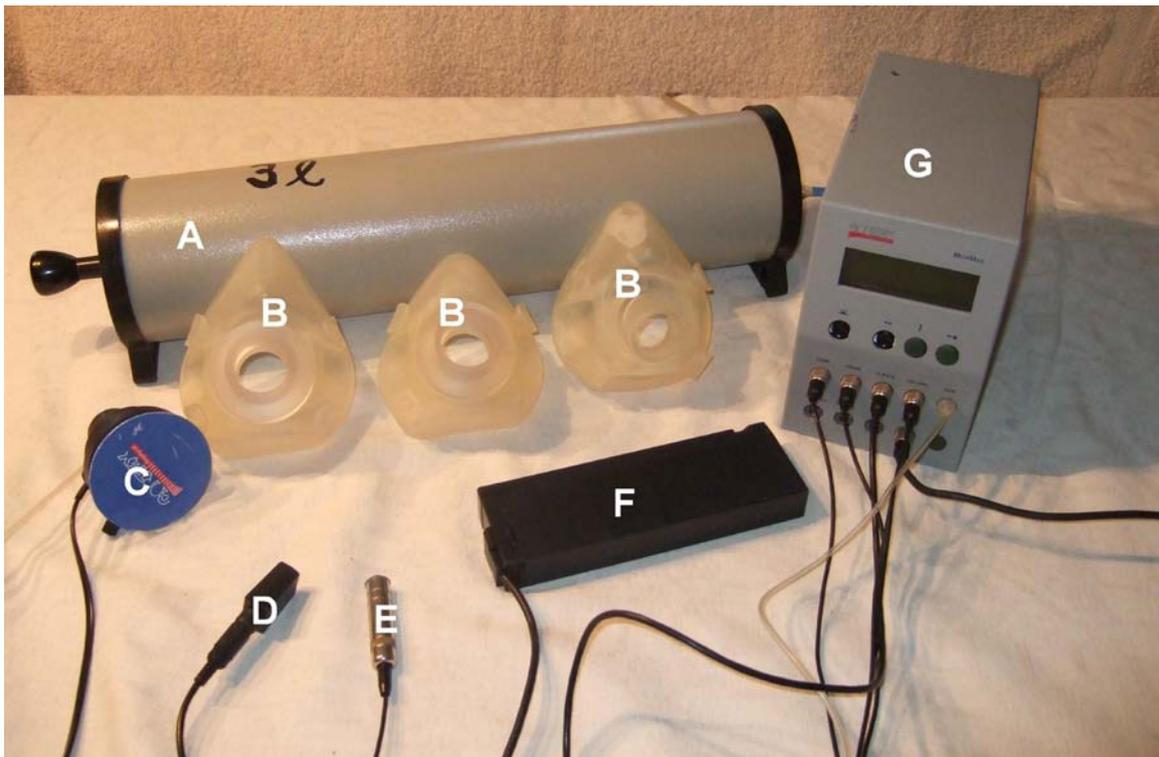


Abb. 4: Die zur Spiroergometrie verwendeten Geräte. Gezeigt sind A: Eichpumpe zur Volumenkalibrierung; B: Gesichtsmasken; C: Volumensensor mit Gasschlauch; D: Polar®-Empfänger; F: Akku des Meta Max®-Gerätes; G: Meta Max®-Gerät.

2.3.2 Stöcke und Bekleidung

Die Probanden nutzten ausschließlich ihre persönliche Sportausrüstung, das heißt ihre eigenen individuell angepassten Stöcke und Schuhe, sowie ihre eigene Bekleidung.

2.4 Durchführung

Die Reihenfolge der Versuchsabschnitte wurde streng zufällig bestimmt, das heißt es wurde zu Versuchsbeginn durch Münzwurf entschieden, ob die Strecke zuerst mit zügigen Gehen oder mit Nordic Walking absolviert werden sollte.

Danach wurde der vom Meta Max®-Gerät angegebene Wert des herrschenden Luftdrucks mit dem Dosenbarometer überprüft, die Kalibrierungen des Volumenmessgebers sowie der Atemgassensoren durchgeführt und ein Kalibrierungsprotokoll erstellt. Alle Versuche wurden in einem Versuchsraum der Holstein-Therme Bad Schwartau, der 25 Meter von der eigentlichen Strecke entfernt ist, vorbereitet.

Die Teilnehmer wurden zunächst über die Studie aufgeklärt und persönliche Angaben wie Alter, Gewicht und Größe standardisiert anhand einer Checkliste abgefragt. Danach eine Anamnese entsprechend den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (Fragebogen für die Sportpraxis [Einstiegsfragebogen für Spottreibende]; Fragebogen für den Sportler [ausführliche Version]) durchgeführt (Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention [Deutscher Sportärztebund] e.V., 2002).

Danach wurde die konkrete Durchführung erläutert: die Personen sollten sowohl drei Runden zügig gehen als auch drei Runden Nordic walken. Sie wurden aufgefordert, beides in einem für sie subjektiv zügigen und gleichmäßigen Tempo zu tun. Beim zügigen Gehen sollte keine aktive Armarbeit geleistet werden, die Arme sollten lediglich seitlich am Körper mitschwingen. Die Probanden wurden nochmals aufgefordert, die korrekte Nordic Walking Technik anzuwenden.

Anschließend wurden die Teilnehmer auf einem Liegestuhl in eine entspannte Position gebracht und die Messgeräte angeschlossen. Nach erneuter Überprüfung der Instrumente wurde der Versuch gestartet.

An einem angeschlossenen Laptop wurden die spiroergometrischen Ruhegrößen der Probanden eine Zeit lang aufgezeichnet. Waren konstante Niveaus erreicht, so verließen die Versuchspersonen den Raum und begaben sich zur Versuchsstrecke.

Dort angekommen wurde der Anfang der ersten Runde durch Drücken der Ereignismarkierung in der Aufzeichnung registriert. Die Probanden gingen dann dreimal um den See, wobei sie jedes Mal am Ausgangspunkt den Marker betätigen sollten (siehe Abbildung 5). Nach Beendigung der letzten Runde gingen sie zurück zum Versuchsraum und legten sich auf den Liegestuhl. Dort sollten die Probanden dann mit Hilfe der Borg-Skala (siehe Anhang, S. 38) angeben, wie anstrengend sie die durchgeführte Disziplin empfunden haben.

Nun ruhten sich die Probanden aus, bis die Ruhewerte, die in der Anfangsphase aufgezeichnet wurden, wieder annähernd erreicht wurden. Hierbei wurden vor allem die Herzfrequenz, die Sauerstoffaufnahme und die Atemfrequenz zur Beurteilung herangezogen.

Sobald die Werte wieder konstante Niveaus erreicht hatten, wurde mit der zweiten Disziplin begonnen. Auch dieses Mal sollte am Anfang jeder Runde sowie am Ende der dritten Runde der Markerknopf gedrückt werden. Nach der letzten Runde kehrten die Teilnehmer wieder auf direktem Weg zum Versuchsraum zurück.

Während die Probanden auf der Strecke waren, wurden die Rundenzeiten zusätzlich mit einer Stoppuhr gemessen und schriftlich festgehalten. Die Temperatur wurde zwischendurch an dem oben genannten Thermometer abgelesen und notiert.

Unmittelbar nach Erreichen des Versuchsraumes wurde nochmals anhand der Borg-Skala die subjektive Anstrengung ermittelt und notiert. Wenn die Messwerte wieder annähernd die Ausgangs- bzw. Ruhewerte erreicht hatten, wurden die Registrierungen beendet. Hiernach erfolgte eine erneute Überprüfung der Sauerstoff- und Kohlendioxid-Sensoren mit dem Testgas. Die Werte dieser Messungen wurden in die Kalibrierungsprotokolle eingetragen. Anschließend wurden die Messwerte aus dem Speicher des Meta Max®-Gerätes ausgelesen und auf der Festplatte eines Computers gespeichert (Laptop der Firma Acer, Rahlstedt, Deutschland; Typ TravelMate 4001LMI, Betriebssystem Windows XP).



Abb. 5: Ein Proband während eines Probeversuchs. Zu sehen ist die Gesichts-Atemmaske mit aufgesetztem Volumensensor sowie Gasschlauch und Kabel, welche die Verbindung zu dem MetaMax®-Gerät herstellen. Das Gerät wird im Rucksack auf dem Rücken des Probanden getragen. In der linken Hand trägt der Probanden den Druckschalter zur Ereignismarkierung.

2.5 Auswertung und statistische Bearbeitung

Es wurden 19 Versuche durchgeführt. Bei vier Versuchen waren die Messdaten aufgrund technischer Störungen nicht vollständig oder fehlerbehaftet, so dass für die Auswertung 15 komplette Datensätze von 15 Versuchspersonen zur Verfügung standen.

Zur Auswertung wurden die Messwerte mit der MetaMax®-Software abschnittsweise auf dem Computerbildschirm dargestellt. Jede Runde eines Versuchs wurde anhand der entsprechenden Markierungen getrennt betrachtet. Dabei wurden die Daten auf Vollständigkeit und mögliche Artefakte visuell überprüft. Die Messwerte der jeweiligen Abschnitte, die numerisch in Zeitabständen von 10 Sekunden vorliegen, wurden ausgelesen und in ein Tabellenkalkulationsprogramm (Microsoft Excel für Windows XP) zur weiteren Auswertung kopiert.

Die Berechnung des Energieumsatzes erfolgte nach dem Prinzip der indirekten Kalorimetrie. Hierzu berechnete die Meta Max®-Software aus den Atemzeitvolumina und den Atemgasfraktionen, bzw. den Differenzen zu den Fraktionen der Umgebungsluft die Sauerstoffaufnahme pro Zeit sowie die Kohlendioxid-Abgabe pro Zeit. Diese Werte wurden jeweils auf STPD-Bedingungen (standard temperature and pressure, dry) reduziert. Der Quotient aus Kohlendioxid-Abgabe und Sauerstoff-Aufnahme, der sogenannte respiratorische Quotient, diente zur genaueren Ermittlung des kalorischen Äquivalents des Sauerstoffs ($\text{kJ}/\text{dm}^3_{\text{O}_2}$). Das Produkt der Sauerstoffaufnahme pro Zeit mit dem kalorischen Äquivalent des Sauerstoffs ergibt den Energieumsatz pro Zeit mit der Dimension einer Leistung und der Einheit Watt (W).

Für diese Berechnungen wurde nach der DIN EN ISO 8996 Norm "Ergonomics of the thermal environment, Determination of metabolic rate" (ISO 8996, 2004) vorgegangen, sowie die Angaben von Müller (Müller, 2008) herangezogen.

Zur statistischen Auswertung wurden für jeden Versuchsabschnitt Mittelwerte, Mediane, Standardabweichungen sowie die Maximal- und Minimalwerte der jeweiligen Messgrößen bestimmt. Als weiteres Streumaß wurde der 95 %-Vertrauensbereich der Mediane bestimmt. Der statistische Vergleich der Ergebnisse für beide Bewegungsformen wurde mit dem Wilcoxon-Test für

Paardifferenzen (Sachs, 2005) durchgeführt, wobei die Irrtumswahrscheinlichkeit nach Bonferoni für Mehrfachtestung korrigiert wurde.

3 Ergebnisse

3.1 Leistungszuschläge und Energieumsätze

Die aktivitätsbedingten Leistungszuschläge aller Versuchspersonen, also die Differenzen des jeweiligen Brutto-Arbeitsumsatzes gegenüber dem Ruheumsatz, werden in Abbildung 6 für die beiden Bewegungsformen verglichen. Ohne Ausnahme wiesen die Versuchspersonen beim Nordic Walking höhere Arbeitsumsätze als beim zügigen Gehen auf.

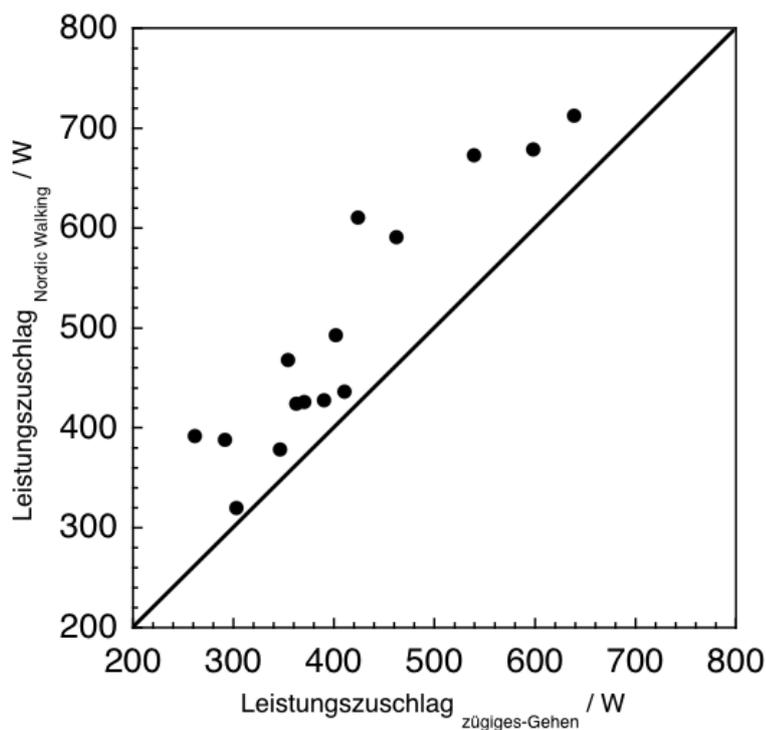


Abb. 6: Grafische Darstellung der bei 15 Versuchspersonen gemessenen Leistungszuschläge beim zügigen Gehen (Abszisse) und beim Nordic Walking (Ordinate). Die Achsen sind identisch skaliert. Jeder Punkt repräsentiert das Wertepaar eines Probanden. Die Winkelhalbierende zeigt die Linie der Identität. Alle Werte liegen oberhalb dieser Geraden, was bedeutet, dass der Energieumsatz ohne Ausnahme während des Nordic Walking höher war als beim zügigen Gehen.

Im Mittel waren die aktivitätsbedingten Steigerungen der Energieumsätze beim Nordic Walking um 21 % gegenüber dem zügigen Gehen erhöht ($s = 14\%$,

Median = 17 %). Der 95 %-Vertrauensbereich des Medians lag zwischen 9,6 % und 32,2 %. Die geringste Differenz des Leistungszuschlags betrug 6 %, die höchste 50 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass die gefundene Differenz der Leistungszuschläge zwischen den beiden Tätigkeiten lediglich zufallsbedingt ist, beträgt weniger als 0,1 Promille ($p \leq 0,0001$).

Das arithmetische Mittel des Leistungszuschlags beim zügigen Gehen war 410 W, das des Nordic Walkings 495 W. Der Energieumsatz der Versuchspersonen war also beim Nordic Walking um durchschnittlich 85 W höher als beim zügigen Gehen.

In Ruhe wiesen die Probanden einen durchschnittlichen Umsatz von 110 W auf, die Standardabweichung betrug 22 W, der Median 109 W, der 95 %-VB für den Median lag zwischen 91 W und 126 W.

Bezogen auf die Körperfläche betragen die Ruheumsätze im Mittel 60 W/m^2 ($s = 11 \text{ W/m}^2$, Median = 61 W/m^2 , 95 %-VB: $54 \text{ W/m}^2 \leq \mu \leq 72 \text{ W/m}^2$).

3.2 Herzfrequenzen

Wie die Leistungszuschläge war auch der Beanspruchungsparameter Herzfrequenz während des Nordic Walking signifikant ($p \leq 0,01$) höher als beim zügigen Gehen. Abbildung 7 stellt die mittleren Herzfrequenzen, die während der beiden Tätigkeiten bei den Probanden gemessen wurden, graphisch gegenüber. Bis auf eine Ausnahme waren die Herzfrequenzen bei allen Versuchspersonen während des Nordic Walking höher als beim zügigen Gehen.

Die mittlere Differenz betrug 8,5 Schläge/min (Median = 5 Schläge/min), der 95 %-Vertrauensbereich für die mediane Differenz lag zwischen 1,5 und 13,7 Schlägen/min.

Die durchschnittliche Herzfrequenz der Versuchspersonen betrug beim zügigen Gehen 127 Schläge/min ($s = 17$ Schläge/min, Median = 132 Schläge/min, 95 %-VB: $118 \text{ Schläge/min} \leq \mu \leq 135 \text{ Schläge/min}$). Der Mittelwert während des Nordic Walkings lag bei 136 Schlägen/min ($s = 14$ Schläge/min, Median = 137 Schläge/min, 95 %-VB: $132 \text{ Schläge/min} \leq \mu \leq 148 \text{ Schläge/min}$).

Die höchste mittlere Herzfrequenz einer Versuchsperson war beim zügigen Gehen 160 Schläge/min, beim Nordic Walking 154 Schläge/min. Die minimalen mittleren Herzfrequenzen waren beim zügigen Gehen 95 Schläge/min, beim Nordic Walking 108 Schläge/min.

In Ruhe betragen die mittleren Herzfrequenzen 78 Schläge/min ($s = 11$ Schläge/min, Median = 77 Schläge/min, 95 %-VB: $79 \text{ Schläge/min} \leq \mu \leq 87 \text{ Schläge/min}$).

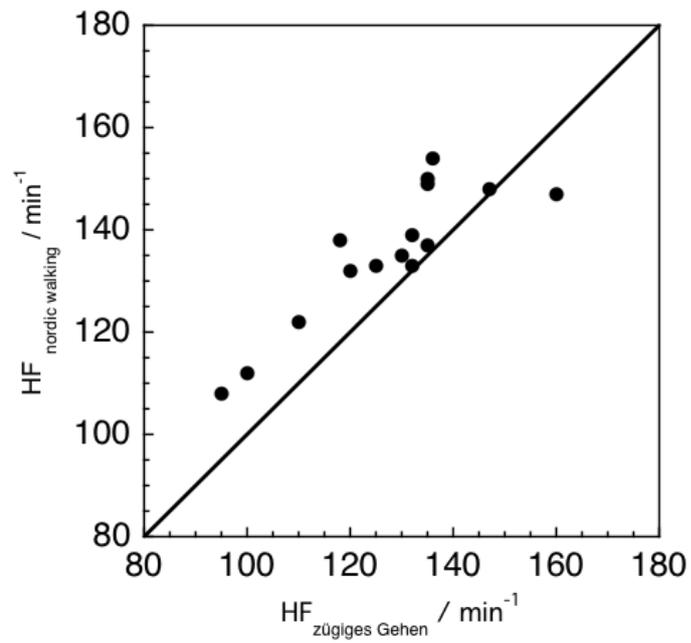


Abb. 7: Grafische Darstellung der mittleren Herzfrequenzen. Ordinate und Abszisse sind identisch skaliert. Auf der Abszisse sind die Herzfrequenzen beim zügigen Gehen, auf der Ordinate die Herzfrequenzen beim Nordic Walking abgetragen. Jeder Punkt repräsentiert ein Wertepaar eines Probanden. Mit einer Ausnahme liegen die Herzfrequenzen beim Nordic Walking über der Identitätslinie.

3.3 Atemzeitvolumina

Der Beanspruchungsparameter Atemzeitvolumen war beim Nordic Walking mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,0001$ größer als beim zügigen Gehen. Die mittleren Atemzeitvolumina aller Probanden sind in Abbildung 8 grafisch gegenübergestellt.

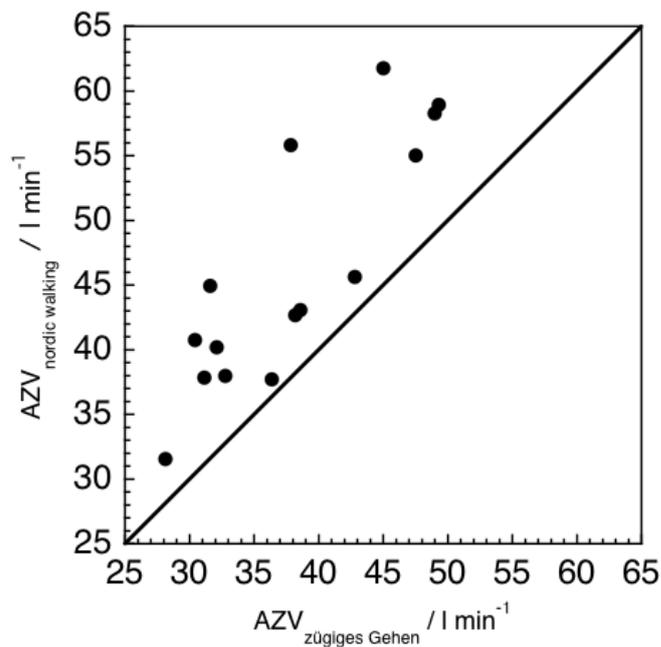


Abb. 8: Grafische Gegenüberstellung der durchschnittlichen Atemzeitvolumina. Bei allen Versuchsteilnehmern liegen die Wertepaare über der Identitätsgeraden. Ordinate und Abszisse sind identisch skaliert. Auf der Abszisse sind die Atemzeitvolumina beim zügigen Gehen, auf der Ordinate die Atemzeitvolumina beim Nordic Walking abgetragen.

Bei allen Probanden lag das mittlere Atemzeitvolumen während des Nordic Walking über den Werten, die während des zügigen Gehens gemessen wurden. Die mittlere Differenz des Atemzeitvolumens betrug 8 Liter/min. Dies bedeutet, dass das Atemzeitvolumen beim Nordic Walking um durchschnittlich 21 %, d.h. um ein Fünftel gegenüber dem zügigen Gehen erhöht war. Der 95 %-Vertrauensbereich der Mediane liegt zwischen 4,5 l/min und 13 l/min.

Beim Nordic Walking erreichten die Probanden Atemzeitvolumina von durchschnittlich 46 l/min ($s = 9,4$ l/min, Median = 43,1 l/min, 95 %-VB: $32 \text{ l/min} \leq \mu \leq 56 \text{ l/min}$), beim zügigen Gehen von durchschnittlich 38 l/min ($s = 7,2$ l/min, Median = 38 l/min, 95 %-VB: $32 \text{ l/min} \leq \mu \leq 45 \text{ l/min}$).

Maximal wurden Atemzeitvolumen von 62 l/min beim Nordic Walking und von 49 l/min beim zügigen Gehen erreicht. Die geringsten mittleren Atemzeitvolumina betragen 32 l/min beim Nordic Walking und 28 l/min beim zügigen Gehen.

In Ruhe betrug das Atemzeitvolumen im Mittel 9 l/min ($s = 2$ l/min, Median = 8,5 l/min, 95 %-VB: $7,7 \text{ l/min} \leq \mu \leq 10,3 \text{ l/min}$).

3.4 Gehgeschwindigkeiten

Im Gegensatz zu den physiologischen Größen, die die Beanspruchung durch das Gehen widerspiegeln, zeigten die Gehgeschwindigkeiten beim Nordic Walking und beim zügigen Gehen keine Unterschiede. Die Wertepaare in Abbildung 9 zeigen eine zufällige Verteilung der Gehgeschwindigkeiten um die Linie der Identität.

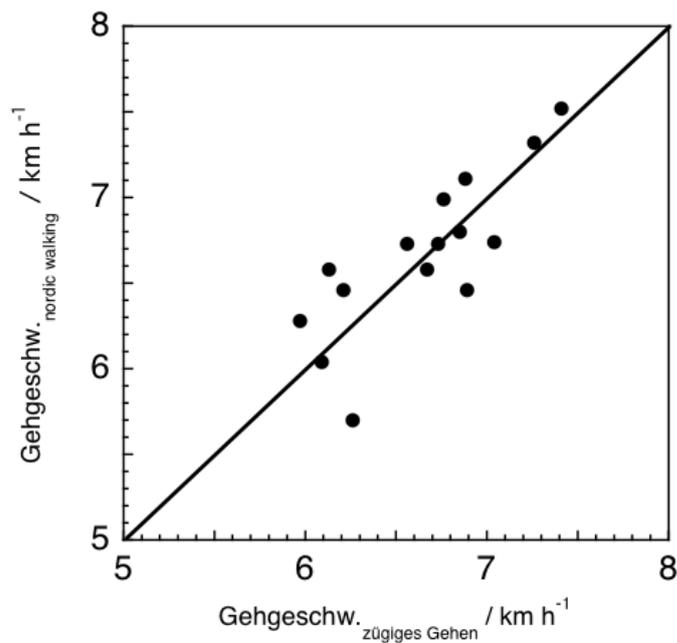


Abb. 9: Grafische Darstellung der mittleren Gehgeschwindigkeiten aller Probanden. Acht Wertepaare liegen über der Linie der Identität, ein Wertepaar liegt auf der Identitätslinie und sechs Wertepaare darunter. Ordinate und Abszisse sind identisch skaliert. Auf der Abszisse sind die Gehgeschwindigkeiten beim zügigen Gehen, auf der Ordinate die Gehgeschwindigkeiten beim Nordic Walking abgetragen.

Die durchschnittliche Geschwindigkeit beim zügigen Gehen betrug ebenso wie beim Nordic Walking 6,7 km/h ($s = 0,5$ km/h, Mediane = 6,7 km/h, 95 %-VB: $6,3$ km/h $\leq \mu \leq 6,9$ km/h). Beim zügigen Gehen wurde maximal eine Gehgeschwindigkeit von 7,4 km/h erreicht, beim Nordic Walking maximal 7,5 km/h.

Die minimalen mittleren Geschwindigkeiten waren beim zügigen Gehen 6 km/h, beim Nordic Walking 5,7 km/h.

Die Probanden legten die drei Runden bei beiden Sportarten in sehr gleichmäßigem Tempo zurück, was sich in den nahezu konstanten Rundenzeiten äußerte. So brauchten die Probanden beim zügigen Gehen für die erste Runde durchschnittlich 6,1 min ($s = 30$ s, Median = 6,1 min, 95 %-VB: $6,0 \text{ min} \leq \mu \leq 6,4 \text{ min}$), für die zweite Runde 6,1 Minuten ($s = 0,5$ min, Median = 6,1 min, 95 %-VB: $5,5 \text{ min} \leq \mu \leq 6,3 \text{ min}$) und für die dritte Runde 6,0 Minuten ($s = 0,5$ min, Median = 6 min, 95 %-VB: $5,6 \text{ min} \leq \mu \leq 6,3 \text{ min}$). Beim Nordic Walking dauerte jede Runde im Mittel 6,0 Minuten ($s = 0,5$ min, Median = 6 min, 95 %-VB: $5,5 \text{ min} \leq \mu \leq 6,3 \text{ min}$).

3.5 Subjektives Anstrengungsempfinden

Auch das subjektive Anstrengungsempfinden wurde von den Probanden im Mittel für beide Bewegungsarten gleich eingestuft. Der Vergleich in Abbildung 10 zeigt, dass sich die Wertepaare zufällig um die Identitätslinie gruppieren. Acht Probanden, d. h. rund die Hälfte der Probanden gaben für das zügige Gehen und das Nordic Walking identische Einschätzungen der subjektiven Beanspruchung an.

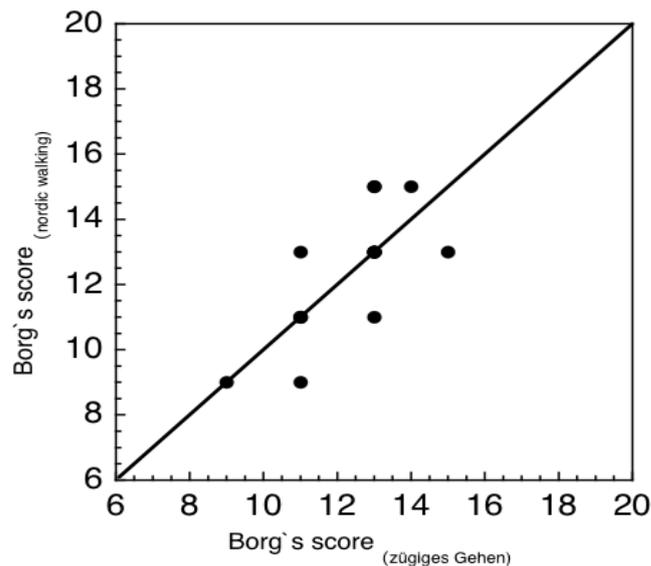


Abb. 10: Grafische Darstellung des subjektiven Anstrengungsempfindens. Auf der Abszisse sind die Skalenwerte nach Borg beim zügigen Gehen, auf der Ordinate die Skalenwerte nach Borg beim Nordic Walking abgetragen. Auch hier sind beide Achsen gleich skaliert und jeder Punkt repräsentiert ein Wertepaar. Acht Wertepaare liegen auf der Geraden der Identität, vier Wertepaare darüber und drei Wertepaare darunter.

Beide Disziplinen wurden mit einem durchschnittlichen Wert von 12 (Median = 13) auf der von 6 bis 20 reichenden Borg-Skala eingeschätzt, dieses entspricht der Kategorie „etwas anstrengend“. Die Standardabweichungen waren beim zügigen Gehen 1,5 bzw. 2 beim Nordic Walking. Dabei reichen die Einschätzungen der subjektiv empfundenen Anstrengung von 9 („sehr leicht“) bis 15 („anstrengend“).

4 Diskussion

Die in der Einleitung dieser Studie gestellten Fragen konnten durch die Messungen insgesamt folgendermaßen beantwortet werden: Alle drei Beanspruchungsparameter Leistungszuschlag, Herzfrequenz und Atemzeitvolumen waren beim Nordic Walking gegenüber dem zügigen Gehen erhöht. Dagegen wiesen die Gehgeschwindigkeit und die subjektiv empfundene Belastung keine nachweisbaren Unterschiede auf.

Der aktivitätsbedingte Energieumsatz war beim Nordic Walking ebenso wie das Atemzeitvolumen gegenüber dem zügigen Gehen um rund 1/5 gesteigert.

Es konnte somit gezeigt werden, dass das Verwenden von Nordic Walking Stöcken bei richtiger Technik bei Gesundheitssportlern einen signifikant steigernden Einfluss auf den Umsatz hat. Dagegen fördert der Einsatz der Stöcke das Fortkommen nicht.

Vor der Besprechung der Literatur und dem Vergleich mit den eigenen Befunden soll hier erörtert werden, inwieweit die Resultate möglicherweise durch methodische Unzulänglichkeiten oder Messfehler beeinflusst oder gar beeinträchtigt worden sein könnten.

Grobe Fehler, die sich bereits bei der Auswertung erkennen ließen, wie zum Beispiel das Lösen einer Elektrode oder die Interferenz der Aufnahmeelektronik mit einem Mobiltelefon, führten wie oben erwähnt zum Ausschluss des Versuchs.

Der Fehler des Atem-Volumensensors wird vom Hersteller mit weniger als 1,5 % angegeben. Demgegenüber ist der Fehler des Volumens der zur Kalibrierung benutzten 3 Liter Pumpe selbst unter der großzügigen Annahme, dass der Durchmesser des Zylinders um 5/100 mm von der Nennweite von 100 mm abweicht und der Kolbenhub, der durch mechanische Anschläge begrenzt ist, um 0,5 mm zu gering ausfällt, völlig zu vernachlässigen (- 7 ml, entsprechend - 2,3 Promille).

Besonderes Augenmerk wurde auf die Messung der fraktionellen Gaskonzentration gelegt. Um den Einfluss einer möglichen Drift der Sensoren erkennen zu können, wurde das Gerät mit einem zertifizierten Prüfgas kalibriert. Dabei zeigte sich, dass

am Ende jeden Versuchs innerhalb der Anzeigegenauigkeit dieselben Werte gemessen wurden wie bei der Kalibrierung vor dem Versuch. Die Berechnungen des Umsatzes erfolgten nach DIN EN ISO 8996.

Da die wesentliche Aussage der Arbeit den Vergleich der beiden untersuchten Laufarten betrifft, wurden systematische Fehler im Verlauf eines Versuches durch die per Münzwurf streng zufällig festgelegte Reihenfolge, ob eine Versuchsperson die Strecke zuerst im zügigen Gehen oder mit Nordic Walking absolvierte, ausgeschlossen.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass Messfehler keinen nennenswerten Effekt auf die Ergebnisse gehabt haben dürften.

Der wissenschaftliche Vergleich von Nordic Walking und zügigen Gehen wurde von mehreren Autoren vorgenommen (Porcari et al., 1997; Jordan et al., 2001; Morss et al., 2001; Church et al., 2002; Aigner et al., 2004; Höltke et al., 2003; Höltke et al., 2005; Wüpper et al., 2005; Preuß et al., 2008). Die vorhandene Literatur zum Nordic Walking weist jedoch unter präventivmedizinischen Gesichtspunkten insofern Defizite auf, als die meisten Studien unter Laborbedingungen (Rodgers et al., 1995; Jacob, 2001; Parker et al., 2002; Schiebel et al., 2003; Aigner et al., 2004; Höltke et al., 2005) oder auf Sportanlagen (Zischg und Spazier, 2004) durchgeführt wurden, wobei die zum Ergebnis führenden Belastungsschemata deutlich voneinander abweichen. So wählten einige Autoren Dauertests mit gleich bleibender (Rodgers et al., 1995; Walter et al., 1996; Parker et al., 2002) oder selbst gewählter Geschwindigkeit (Porcari et al., 1997).

Einige Autoren wählten Stufentests mit ansteigenden Geschwindigkeiten (Aigner et al., 2004, Rudack et al., 2005) oder mit Erhöhung der Steigungswinkel des Laufbandes (Jakob, 2001; Höltke et al., 2003; Schiebel et al., 2003; Höltke et al., 2005a, b).

Zudem waren die Teilnehmer meist junge Erwachsene (Rodgers et al., 1994; Porcari et al., 1997; Jordan et al., 2001; Morss et al., 2001; Church et al., 2002; Wüpper et al., 2005; Zischg und Spazier, 2004; Kukkonen-Harjula et al., 2007). Viele Autoren instruierten ihre Probanden vor den Versuchen lediglich in der Nordic Walking Technik (Rodgers et al., 1995; Porcari et al., 1997; Church et al., 2002;

Aigner et al., 2004; Höltke et al., 2005; Preuß et al., 2008), oder zogen „wenig erfahrene Probanden“ für ihre Untersuchungen heran (Wüpper et al., 2005).

Die Ergebnisse der genannten Literatur lassen sich dahingehend zusammenfassen, dass Nordic Walking im Vergleich zum zügigen Gehen unter definierten oder Laborbedingungen zu Steigerungen der Beanspruchungsparameter führt. Dabei ist die Streubreite der in der Literatur angegebenen Werte sehr hoch. Ursache hierfür dürften die sehr unterschiedlichen Studienbedingungen sein. Die Steigerungen der Herzfrequenzen beim Nordic Walking betrug gegenüber dem Walking in den zitierten Studien zwischen 3,3 % und 16 %. In zwei Untersuchungen wurde kein signifikanter Anstieg bzw. nur eine leichte Erhöhung der Herzfrequenz gefunden (Höltke et al., 2003; Höltke et al., 2005b). Die Angaben bezüglich des Anstieges der Sauerstoffaufnahme und des Energieverbrauchs variieren zwischen 4 % und 23 %.

Die Untersuchung von Beanspruchungsparametern beim Nordic Walking unter Laborbedingungen ist kritisch zu betrachten. Der ungewohnte Bodenbelag des Laufbandes im Gegensatz zu der Bodenbeschaffenheit in natürlicher Trainingsumgebung kann dazu führen, dass die Probanden ihre Technik umstellen, ebenfalls können Steigungsänderungen und nicht optimale Gehgeschwindigkeiten die korrekte Durchführung der Technik beeinflussen (Bös und Saam, 2000). Die unphysiologische Wahrnehmung, dass sich beim Gehen auf dem Laufband die Umgebung nicht bewegt, kann ebenfalls ein möglicher Störfaktor sein. Besonders beim Nordic Walking ist die korrekte Technik maßgeblich für optimale Ergebnisse. Eine Übertragung der genannten Resultate auf die Bedingungen im routinemäßigen Gesundheitssport ist aus diesen Gründen zumindest problematisch.

Demgegenüber war es Ziel dieser Studie, Nordic Walking mit dem zügigen Gehen unter möglichst praxis- und realitätsnahen Feldbedingungen zu vergleichen und zwar an einem Probandenkollektiv, deren Mitglieder zur Zielgruppe des präventiven Gesundheitssportes zählen. Dieser Forderung wurden die Teilnehmer zu dieser Studie gerecht. Sie waren nicht nur einfach im Nordic Walking instruiert, sondern übten beide Laufarten tatsächlich längere Zeit im Rahmen von Präventivsport aus. Sie trainierten durchschnittlich mindestens einmal pro Woche unter fachkundiger Anleitung in einer Laufgruppe. Das Alter zwischen 50 und 68 Jahren entsprach dem

Alter des typischen Gesundheitssportlers. Die Messungen für die hier präsentierten Ergebnisse wurden zudem auf einer Teststrecke gewonnen, die von den Gesundheitssportlern auch sonst benutzt wurde und ein in dieser Hinsicht typisches Terrain darstellt.

Die unter diesen Bedingungen gewonnenen Ergebnisse liegen im oberen Bereich der in den oben zitierten Arbeiten angegebenen Spannweite. So lässt sich feststellen, dass auch und gerade unter Feldbedingungen Nordic Walking im Vergleich zum Walking mit einem erhöhten Trainingseffekt verbunden ist.

Der Anstieg von Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und Energieumsatz wird in der Literatur auf den Gebrauch zusätzlicher Muskelgruppen durch die Stöcke zurückgeführt (Schiebel et al., 2003; Höltnke et al., 2005; Rudack et al., 2005). Schulter- und Rückenmuskulatur werden stärker beansprucht und die Arme erhalten durch die Stöcke einen größeren Schwung als beim Walking (Porcari et al., 1997). So wird beim Nordic Walking zusätzlich die Arm-, Schulter-, Brust-, Bauch-, und Rumpfmuskulatur trainiert (Steffny, 2002); die Arme führen nicht nur die physiologischen Mitbewegungen aus, sondern werden aktiv zur Bewegung eingesetzt (Walter et al., 1996).

Es erscheint danach plausibel, die große Streubreite in den Ergebnissen des Sauerstoffverbrauches bzw. des Energieumsatzes mit Unterschieden in der Technik, speziell mit den verschiedenen Intensitäten des Stockeinsatzes zu erklären (Morss et al., 2001, Church et al., 2002). Entsprechend kann der erwähnte Befund, dass die in dieser Studie gemessene Steigerung des Energieumsatzes beim Nordic Walking an der oberen Grenze der in der Literatur mitgeteilten Spannbreite liegt, als Indiz gewertet werden, dass die Technik des Nordic Walking von den Probanden tatsächlich korrekt und intensiv eingesetzt wurde.

Porcari et al. (1997) und Rodgers et al. (1995) verglichen Nordic Walking und zügiges Gehen an jungen Studenten im Alter von $23,6 \pm 4$ Jahren. Ihre Ergebnisse von diesen jungen Versuchspersonen ähneln den Resultaten, die in dieser Untersuchung an älteren Gesundheitssportlern gemessen wurden. Dies bedeutet,

dass die Reaktionen von Gesundheitssportlern im mittleren und höheren Alter sich nicht wesentlich von denen junger Sportler unterscheiden.

Die Angaben über die subjektive Belastung beim Nordic Walking sind in der Literatur sehr uneinheitlich. Jakob (2001) und Höltke et al. (2003, 2005a) fanden, dass Nordic Walking auf dem Laufband bei gleicher Belastungsstufe als weniger anstrengend empfunden wurde als Gehen ohne Stöcke. In anderen Studien wurde Nordic Walking von den Probanden dagegen als anstrengender empfunden (Porcari et al., 1997; Jordan et al., 2001). Zumindest bei einem Teil der in diesen Studien untersuchten Probanden könnte die erhöhte subjektive Anstrengung auf mangelnde Vertrautheit mit den Bewegungsabläufen zurückgeführt werden. Das in dieser Arbeit mitgeteilte Ergebnis, dass Nordic Walking im Vergleich zum zügigen Gehen als subjektiv nicht belastender empfunden wird, stimmt mit den Befunden von Schiebel et al. (2003), Church et al. (2002), Rodgers et al. (1995) und Rudack et al. (2005) überein.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass Nordic Walking bei gleicher Gehgeschwindigkeit im Vergleich mit einfachem zügigem Gehen (Walking) zu einer erhöhten kardiopulmonalen Beanspruchung und zu einer größeren metabolischen Rate führt. Für die Rehabilitation und den Gesundheitssport kann es als Vorteil angesehen werden, dass diese Steigerungen ohne vermehrtes Anstrengungsgefühl erreicht werden. Folgt man der Ansicht, dass die positiven gesundheitlichen Wirkungen physischer Aktivität auf Steigerungen der metabolischen Rate beruhen (Müller und Bosy-Westphal, 2008), so ist dem Nordic Walking nach diesen Befunden ein höherer präventivmedizinischer Wert beizumessen als dem einfachen zügigen Gehen.

Ausblick

Während zügiges intensives Gehen als Walking bereits als geeignete Bewegungsform für den Ausgleich des Bewegungsmangels in der modernen Industrie- und Informationsgesellschaft etabliert ist, weist die Untersuchung in dieser Arbeit auf die Überlegenheit des Nordic Walking für diesen Zweck hin. Wie zügiges Gehen ist Nordic Walking geeignet für Neu- und Wiedereinsteiger in sportliche

Aktivität, für Menschen mit Übergewicht, orthopädischen Problemen und Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems (Rist et al., 2004), ebenso für Menschen mittleren und höheren Lebensalters (Kleinmann, 2006; Jöllenberg und Grüneberg, 2006a, b). Bei Frauen ist diese Sportart besonders beliebt. Sie machen etwa zwei Drittel der Nordic Walking Treibenden aus (Jöllenberg und Grüneberg, 2006a). Einen Vorteil bietet die erhöhte Stabilität beim Nordic Walking, durch die Stöcke empfinden die Sportler eine höhere Gangsicherheit (Maurer, 2004; Jöllenberg und Grüneberg, 2006a, b).

Vor diesem Hintergrund wäre weiter zu untersuchen, ob der gegenüber dem Gehen ohne Stöcke gesteigerte Umsatz sich auch unter anderen Bedingungen nachweisen lässt, speziell unter solchen Bedingungen, die bereits beim intensiven Gehen eine vermehrte Beanspruchung hervorrufen wie beispielsweise beim Gehen am Strand (Mende und Stick, 1998; Stick und Mende, 2002). Analog würde dies auch beim Gehen im Gelände mit unterschiedlichen Steigungen zu prüfen sein. Ein weiteres ungeklärtes Problem ist der Einfluss der Technik und der Intensität des Stockeinsatzes beim Gehen auf die Umsatzsteigerung und die Beanspruchung.

5 Zusammenfassung

Nordic Walking ist eine immer populärer werdende Form des Gesundheitssports. Der gesundheitlich positive Effekt des zügigen Gehens ist bereits allgemein anerkannt. Zügiges Gehen, auch Walking genannt, führt bei regelmäßigem Training zu Anpassungseffekten des Herz-Kreislauf- und Stoffwechselsystems und wird als effektives Gesundheitstraining angesehen.

Nordic Walking, d. h. zügiges Gehen mit Benutzung von speziellen Nordic Walking Stöcken, verspricht ein zusätzliches Training der Arm-, Schulter-, Brust-, Bauch-, und Rumpfmuskulatur. Bisher vorliegende Studien vergleichen Nordic Walking und zügiges Gehen lediglich unter Laborbedingungen auf dem Laufband oder auf Sportanlagen, zudem waren die Versuchspersonen in den publizierten Studien meist junge Sportler. In der vorliegenden Arbeit wird demgegenüber unter praxisnahen Feldbedingungen untersucht, ob sich auch bei Probanden, die im Rahmen von Gesundheitssport Nordic Walking und Walking regelmäßig ausüben, Unterschiede in den Beanspruchungsparametern gegenüber dem zügigen Gehen finden.

Hierzu wurden 15 gesunde Gesundheitssportler, zehn Frauen, fünf Männer im relevanten Alter von $56 \pm 5,8$ Jahren untersucht. Alle Probanden waren in der Technik des Nordic Walking geschult und trieben regelmäßig Gesundheitssport in einer Walking-/ Nordic Walking-Gruppe. Jeder Teilnehmer legte eine festgelegte 2040m lange Strecke zweimal zurück, einmal in zügigem Gehen, einmal in Nordic Walking Technik. Die Reihenfolge wurde durch Losentscheid streng zufällig bestimmt.

Mittels eines tragbaren Spiroergometriesystems wurden Sauerstoffaufnahme, Atemzeitvolumen und Herzfrequenz gemessen. Zusätzlich wurden aus den Gehzeiten die Gehgeschwindigkeiten und mittels der Borg-Skala die subjektive Belastung der Probanden bei jeder Gangart bestimmt.

Der Energieumsatz war bei allen Probanden während des Nordic Walkings höher als beim zügigen Gehen ($p < 0,0001$). Im Mittel war der aktivitätsbedingte Energieumsatz um 21 % gesteigert. Dies entsprach einer Zunahme des Leistungszuschlags von 85 Watt. Die mittlere Herzfrequenz stieg beim Nordic Walking gegenüber dem Walking um 7 % ($p < 0,01$), das mittlere Atemzeitvolumen um 21 % ($p < 0,0001$).

Obwohl die Probanden ihr Tempo individuell wählen konnten, fanden sich in den Gehgeschwindigkeiten keine Unterschiede zwischen den beiden Gangarten. Die mittlere Gehgeschwindigkeit betrug jeweils 6,7 km/h. Das subjektive Anstrengungsempfinden der Probanden wies ebenfalls keinen signifikanten Unterschied auf, beide Disziplinen wurden im Mittel mit einem Wert von 13 („etwas anstrengender“) auf der Borg-Skala bewertet.

Es konnte somit gezeigt werden, dass Nordic Walking bei korrekter Technik den aktivitätsbezogenen Energieumsatz von Gesundheitssportlern im Mittel um rund ein Fünftel steigert. Da die Untersuchungen unter praxisnahen Bedingungen im Rahmen eines regelmäßigen Trainings durchgeführt wurden, scheint die verallgemeinernde Schlussfolgerung erlaubt, dass Nordic Walking unter präventiven Gesichtspunkten dem einfachen zügigen Gehen vorzuziehen ist. Dies gilt umso mehr, als Nordic Walking trotz der objektiv höheren Beanspruchung subjektiv nicht als anstrengender empfunden wird.

Um eine bestimmte Strecke schneller zurückzulegen eignet sich Nordic Walking nicht, da durch die Verwendung der Stöcke keine Steigerung der Geschwindigkeit erreicht wird.

Insgesamt erreichen in der Technik geübte Sportler mit dem Nordic Walking bei gleicher Geschwindigkeit ein effektiveres Gesundheitstraining zum Ausgleich einer durch Bewegungsmangel gekennzeichneten Lebensweise, ohne subjektiv eine größere Anstrengung als beim zügigen Gehen zu empfinden.

6 Literaturverzeichnis

A

Aigner, A., Ledl-Kurkowski, E., Hörl, S., Salzmann, K. (2004): Effekte von Nordic Walking bzw. normalem Gehen auf Herzfrequenz und arterielle Laktatkonzentration. ÖISM, 3, 32-36

American College of Sports Medicine (1995): ACSM Guidelines for testing and prescription. Williams and Wilkins, Baltimore

B

Borg, G. (1998): Borg's perceived exertion and pain scales. Human Kinetics Publisher, Champaign

Bös, K., Saam, N. (2000): Tips für Walking. Meyer und Meyer Verlag, Aachen

C

Church, T.S., Earnest, C.P., Morss, G.M. (2002): Field testing of physiological responses associated with nordic walking. Res Q Exerc Sport, 73, 296-300

D

Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (Deutscher Sportärztebund) e.V. (2002): Fragebogen für die Sportpraxis (Einstiegsfragebogen für Sporttreibende). http://www.dgsp.de/_downloads/mixed/Eingangsfragebogen.pdf

Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (Deutscher Sportärztebund) e.V. (2002): Fragebogen für den Sportler (ausführliche Version). Zugriff unter: http://www.dgsp.de/_downloads/mixed/FragebogenSportler.pdf

Deutsches Institut für Normung (2005): DIN EN ISO 8996: Determination of metabolic rate. Beuth Verlag, Berlin

E

Erikssen, G., Liestol, K., Bjornholt, J., Thaulow, E., Sandvik, L., Erikssen, J. (1998): Changes in physical fitness and changes in mortality. *Lancet*, 352, 759-762

H

Haskell, W.L., Lee, I.M., Pate, R.R., Powell, K.E., Blair S.N., Franklin, B.A., Macera, C.A., Heath, G.W., Thompson, P.D., Bauman, A. (2007): Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*, 39, 1423-1434

Hollmann, W. (1987): Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen durch Ausdauertraining. In: Rost, R., Webering, F. (Hrsg.): *Kardiologie im Sport*. 13-26, Deutscher Ärzte Verlag, Köln

Höltke, V., Steuer, M., Schneider, U., Krakor, S., Jakob, E. (2003): Walking vs. Nordic-Walking - Belastungsparameter im Vergleich. DZSM, 54(7/8), 91

Höltke, V., Steuer, M., Jöns, H., Krakor, S., Steinacker, T., Jakob, E. (2005a): Vergleich von Walking und Nordic Walking im moderaten Intensitätsbereich. Vorgestellt und Veröffentlicht auf dem Kongress der deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) in Hamburg

Höltke, V., Steuer, M., Jöns, H., Krakor, S., Steinacker, T., Jakob, E. (2005b): Walking vs. Nordic Walking II - Belastungsparameter im Vergleich. DZSM, 56, 243

J

Jakob, E. (2001): Nordic Walking. Zugriff unter: www.bts-wuppertal.de/leibundseele/Jakob.pdf

Jordan, A.N., Olson, T.P., Earnest, C.P., Morss, G.M., Church, T.S. (2001): Metabolic cost of high intensity poling while nordic walking versus normal walking. Med Sci Sports Exerc, 33, 86

Jöllenbeck, T., Grüneberg, C. (2006a): Prävention durch Nordic Walking - Gesundheitsbezogene Effekte für Bewegungsapparat und Herz-Kreislaufsystem. Sport-Orthopädie Sport-Traumatologie, 22, 132-138

Jöllenbeck, T., Leyser, D., Grüneberg, C. (2006b): Nordic walking - A field test study of biomechanical loading of the lower extremities. IOS, 14, 127

K

Kleinmann, D. (2006): Laufen und Walking im Alter - gesundheitliche Auswirkungen und Trainingsgrundsätze aus sportmedizinischer Sicht. Springer Verlag, Wien

Knoll, M. (1997): Sporttreiben und Gesundheit - Eine kritische Analyse vorliegender Befunde. Hofmann, Schorndorf

Kukkonen-Harjula, K., Hiilloskorpi, H., Mänttari, A., Pasanen, M., Parkkari, J., Suni, J., Fogelholm, M., Laukkanen, R. (2007): Self-guided brisk walking training with or without poles: a randomized-controlled trial in middle-aged woman. Scand J Med Sci Sports, 17, 316-323

M

Mende, M., Stick, C. (1998): Die physische Beanspruchung durch Spaziergehen am Strand. Phys Rehab Kur Med, 8, 167 -173

Morss, G.M., Church, T.S.; Earnest, C.P. Jordan, A.N. (2001): Field test comparing the metabolic cost of normal walking versus nordic walking. Med Sci Sports Exerc, 33, 23

Müller, M.J., Bosy-Westphal, A. (2008): Energiehaushalt und Ernährung. In: Speckmann, E.-W., Hescheler, I., Köhling R. (Hrsg.): Physiologie 583-614. Urban und Fischer, München

P

Paffenbarger, R.S., Wing, A.L., Hyde, R.T. (1978): Physical activity as index of heart attack risk in college alumni. *Am J Epidemiol*, 108, 161-175

Paffenbarger, R.S., Hyde, R.T., Hsieh, C.C., Wing, A.L. (1994): Some Interrelations of Physical Activity, Physiological Fitness, Health and Longevity. In: Bouchard, C., Shepard, R.J.; Stephens, T. (Hrsg.): *Physical Activity, Fitness and Health*. 119-133, Human Kinetics Publisher, Champaign

Paffenbarger, R.S. Jr., Blair, S.N., Lee, I.M. (2001): A history of physical activity, cardiovascular health and longevity: the scientific contributions of Jeremy N. Morris, DSc, DPH; FRCP. *Int J Epidemiol*, 30, 1184-1192

Parker, D.L., Quintana, R., DeWitt, R. (2002): Metabolic responses to graded exercise walking with and without poles. *Med Sci Sports Exerc*, 34, 295

Porcari, J.P., Hendrickson, T.L., Walter, P.R., Terry, L., Walsko, G. (1997): The physiological responses to walking with and without Power Poles™ treadmill exercise. *Res Q Exerc Sport*, 68, 161-166

Preuß, M., Preuß, P., Mechling, H. (2008): Nordic Walking, Walking, Powerwalking und Jogging - Sauerstoffaufnahme und Herzfrequenz im Vergleich. *eJournal BuT*, 1, 1-16

R

Rist, H.J., Kälin, X., Hofer, A. (2004): Nordic Walking - ein sportmedizinisches Konzept in Prävention und Rehabilitation. Sport-Orthopädie Sport-Traumatologie, 20, 247-250

Rodgers, C.D., Vanheest, J.L., Schachter, C.L. (1995): Energy expenditure during submaximal walking with exerstriders. Med Sci Sports Exerc, 27, 607-611

Rudack, P., Ahrens, U., Thorwesten, L., Völker, K. (2005): Vergleich der kardiopulmonalen und metabolischen Belastungscharakteristik des Nordic Walkings und Walkings - Konsequenzen für die Trainingssteuerung. DZSM, 56, 253

S

Sachs, L. (2004): Angewandte Statistik. Springer Verlag, Berlin

Schiebel, F., Heitkamp, H.C., Thoma, S., Hipp, A., Horstmann, T. (2003): Nordic Walking und Walking im Vergleich. DZSM, 54, 93

Schlömmer, E. (2005): Plantare Druckverteilung und auftretende Stockkräfte bei erfahrenen Nordic Walkern. Diplomarbeit Technische Universität München

Schwarz, M., Schwarz, L., Urhausen, A., Kindermann, W. (2002): Standards der Sportmedizin - Walking. DZSM, 53, 392-393

Stengel, S., Bartosch, H. (2004): Nordic Walking. Copress Sport, München

Steffny, H. (2002): Walking. Südwest Verlag, München

Stick, C., Mende M. (2002): Vergleich der physischen Beanspruchungen durch Gehen am Strand und auf einem windgeschützten, befestigten Weg. Phys Med Rehab Kuror, 12, 95-101

W

Walter, P.R., Porcari, J.P., Brice, G., Terry, L. (1996): Acute responses to using walking poles in patients with coronary artery disease. J Cardiopulm Rehabil, 16, 245-250

Wüpper, C., Schulte, A., Geese, R., Hillmer-Vogel, U. (2005): Energieumsatz beim Walking im Feld-Test - Ein Vergleich zwischen Walking und Nordic Walking. DZSM, 56, 249

Z

Zischg, H., Spazier, G. (2004): Kardiorespiratorische Parameter verglichen zwischen Nordic Walking und Walking in Höhen- und Tallage. Zugriff unter: http://www.walkingportal.de/htdocs/linke_navi/Studien/Zisch-Abstract.pdf

7 Anhang

Borg-Skala:

6

7 Sehr, sehr leicht

8

9 Sehr leicht

10

11 Recht leicht

12

13 Etwas anstrengender

14

15 Anstrengend

16

17 Sehr anstrengend

18

19 Sehr, sehr anstrengend

20

8 Danksagung

Ich danke Herrn Professor Dr. med. Carsten Stick für die Bereitstellung des Themas, sowie für die gute und persönliche Zusammenarbeit in allen Entwicklungsstufen bei der Erstellung dieser Dissertation.

Dem Geschäftsführer der Asklepios Reha-Klinik Bad Schwartau GmbH, Herrn Norbert Schneider, danke ich für die großzügige Bereitstellung von nötigen Räumlichkeiten. Ebenfalls danke ich dem leitenden Schwimmmeister Herrn Röding, der mit seiner Hilfe eine reibungslose Umsetzung der Versuche ermöglichte.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. rer. nat. Bodo Lux, der mir als erfahrener Nordic Walking Trainer stets mit wertvollen Ratschlägen bei der praktischen Durchführung der Studie zur Seite stand.

Außerdem danke ich den Probanden, die in ihrer Freizeit bereit waren mich zu unterstützen. Insbesondere meinen Brüdern Malte und Maik, die mit großer Geduld alle Probeversuche durchgehalten haben.

Für konstruktive Kritik und Unterstützung in allen Phasen dieser Arbeit danke ich Falk Birkenfeld.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, die mein Studium der Zahnmedizin ermöglicht und mich immer unterstützt haben.

9 Lebenslauf

Angaben zur Person:

Name: Merlind Erika Elisabeth Becker
Anschrift: Holtenauerstr. 214, 24105 Kiel
Geburtstag: 8. August 1982
Geburtsort: Lübeck
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: ledig

Schulische Ausbildung:

1989-1993 Grundschule Bad Schwartau
1993-2002 Gymnasium am Mühlenberg, Bad Schwartau
14.06.2002 Zuerkennung der allgemeine Hochschulreife

Studium:

17.09.2002 Immatrikulation an der Christian-Albrechts-Universität Kiel
Studiengang: Chemie
17.03.2003 Studiengangwechsel an der Christian-Albrechts-Universität Kiel
Studiengang: Zahnmedizin
26.03.2004 Naturwissenschaftliche Vorprüfung
29.09.2005 Zahnärztliche Vorprüfung
04.07.2008 Zahnärztliche Prüfung
05.07.2008 Approbation als Zahnärztin

Berufstätigkeit:

seit 16.10.2008 Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Propädeutik und Werkstoffkunde im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Kiel

Poster:

105th Annual Meeting, Anatomische Gesellschaft, HH 2010, 26.-29.03.10

Bone morphology after heat application (P127)

Birkenfeld F, **Becker ME**, Kurz B, Harder S, Kern M, Lucius R

Veröffentlichungen:

In-vitro demineralization and SEM-EDX (scanning electron microscopy-energy dispersive x-ray) analysis of dental enamel

Birkenfeld F, Kessler B, **Becker ME**, Kern M, Lucius R

Caries Research (IF: 1.993, submitted 02.2010)

Changes in human mandibular bone morphology after heat application

Birkenfeld F, **Becker ME**, Kurz B, Harder S, Kern M, Lucius R

Annals of Anatomy (IF: 0.932, submitted 02.2010)