

## **1 Einführung und Problemstellung**

Nordic Walking ist eine sehr junges und viel versprechendes Bewegungskonzept, das aus der Gruppe der nordischen Sportarten entstanden ist. Im Gegensatz zum Skilanglauf hat Nordic Walking nicht aufgrund des Wettkampfsportes auf sich aufmerksam gemacht, sondern vielmehr durch die große und schnell wachsende Gemeinschaft von begeisterten Nordic Walkern in Europa, Amerika, Japan und Australien. In vielen präventiven und rehabilitativen Einrichtungen, als auch in der Sportindustrie ist Nordic Walking nicht mehr wegzudenken. Wie kaum eine andere Sportart hat Nordic Walking in kürzester Zeit Unmengen von Menschen in Bewegung versetzt und fasziniert. Für den Breiten- und Gesundheitssport stehen die positiv unterstützenden Argumente für das Herz-Kreislaufsystem im Vordergrund. Weitere viel versprechende Argumente sind aber auch für den passiven Bewegungsapparat zu finden. Diese Vorteile, sowohl aus physiologischer als auch biomechanischer Sicht, lassen sich nur bei einer effektiven und effizienten Technik umsetzen und entwickeln.

Dieses Bestreben nach einer optimalen Technikausführung ist in nahezu jeder Sportart zu finden und regt in vielen Kreisen oft zu hitzigen und langen Diskussionen an. Die Entwicklung als auch die Weiterentwicklung der Technikrealisierung beim Nordic Walking geht wie in vielen anderen Sportarten auch, mit dem Fortschritt in der Materialentwicklung einher. So wurde bis vor einem Jahr noch eine optimale Stocklänge nach der Berechnungsformel  $0,7 \times \text{Körpergröße}$  empfohlen, so wird heute (Mitte 2004) national als auch international die Faustformel  $0,66 \times \text{Körpergröße}$  befürwortet. Durch die Verkürzung der Stocklänge haben sich der Stockeinsatz und somit auch die Körperhaltung zu einem aufrechten Gang verändert.

Die auftretenden Kräfte beim Nordic Walking durch den Stockeinsatz sind bislang noch nicht hinreichend untersucht worden. Für viele Trainer und Ausbilder im Nordic Walking Bereich steht zur Bewegungsanalyse nur das eigene Bewegungssehen oder der Einsatz einer Videokamera zur Verfügung. Die Vorgänge hinsichtlich entwickelbarer Kräfte, Belastungen, Winkelverhältnisse, feinkoordinativer Vorgänge und Geschwindigkeiten

können nicht mit ausreichender Genauigkeit erfasst werden. Sie erfordern somit den Einsatz technischer Hilfsmittel und Messmethoden mit einer hohen Messgenauigkeit, um individuelle und allgemeine Ausprägungen festzustellen. Die Verwendung einer quantitativen Analyse ist jedoch sehr aufwendig und findet vor allem in der Grundlagenforschung ein breites Anwendungsspektrum. Aus der Sicht der Biomechanik kann für die Analyse einer Bewegung auf eine Vielzahl verschiedenster Messtechniken zurückgegriffen werden. In bisherigen biomechanischen Untersuchungen zum Thema Nordic Walking kamen sowohl ortsgebundene als auch ortsungebundene Messtechniken für die dynamographischen Analysen zum Einsatz. Die exakte Bestimmung der Stockkräfte und deren Auswirkungen hinsichtlich der Intensität sind bislang in den bekannten 3 Studien unberücksichtigt geblieben. Es ist anzunehmen, dass durch den aktiven Stockeinsatz, und einem damit verbundenen Mehreinsatz an Rumpfmuskulatur, eine Entlastung in den Gelenken der unteren Extremität als auch im Rücken stattfindet. Die empirische Absicherung der Arbeitswege des Stockes und die Auswirkungen unterschiedlicher Stockintensitäten mit validen Messmethoden kann bisher in keinem Feldversuch dargelegt werden. Für das bessere Verständnis der Zusammenhänge in einem komplexen Bewegungsablauf ist eine zeitliche als auch dynamographische Analyse von großem Interesse. Eine ausreichende und einheitliche Phasenstruktur und Beschreibung der Bewegung kann sowohl in der Literatur als auch in den bisherigen Studien nicht ausgemacht werden.

Anhand dieser fehlender Bausteine im Mosaik der Bewegungsanalyse soll in der vorliegenden Untersuchung unter anderem der Frage nachgegangen werden in wie weit die Intensität des Stockeinsatzes (intensiv / extensiv) Auswirkungen auf die Gelenksent- bzw. belastung hat im Vergleich zum normalen Gehen. Aus den gewonnenen Ergebnissen und Erkenntnissen, auch aus den theoretischen Grundlagen der Ganganalyse, soll der Ansatz einer Phasenstruktur entwickelt werden.

## **7 Zusammenfassung**

Ziel der vorliegenden Studie ist es, das junge Bewegungskonzept Nordic Walking hinsichtlich der auftretenden Stockkräfte und der Druckbelastungen am Fuß zu untersuchen und zu zeigen ob sich kinematische und dynamische Unterschiede zum normalen Gehen feststellen lassen. Hierzu wurde die eigene biomechanische Untersuchung mit der verfügbaren Literatur in Bezug auf biomechanische Ergebnisse verglichen und ausgewertet.

Prinzipiell ist gesichert, das Nordic Walking aus physiologischer Sicht eine sehr effektive Ausdauersportart darstellt und hinsichtlich Energieumsatz und Sauerstoffaufnahme dem herkömmlichen Walking sogar überlegen ist. Dies ist aufgrund der zusätzlichen Muskelbeteiligung der gesamten Rumpfmuskulatur durchaus einleuchtend. In der Presse und Literatur sind neben den Vorteilen für das Herz-Kreislauf-System auch Angaben über Entlastungen für den Bewegungsapparat zu finden. Es stellt sich die Frage, ob es durch den aktiven Einsatz der Stöcke wirklich zu signifikant geringeren Belastungen des Bewegungsapparates kommt.

Der Vergleich der bisher erschienenen und veröffentlichten biomechanischen Studien über das Thema Nordic Walking in der Ebene zeigen eine signifikante Reduzierung der Gelenks- und Sehnenbelastung in der Mittelstand- und Abdruckphase. Die Belastungen sind in der Größenordnung mit denen des normalen Gehens zu vergleichen oder liegen teilweise darunter.

Rist et al. (2004) untersuchte erfahrene Nordic Walker und Walker ohne Stöcke in der Ebene und konnte bei vergleichbaren Geschwindigkeiten signifikant geringere Belastungen in der Abdruckphase feststellen. Für die Bremskraft im Fersenauftritt konnten keine signifikanten Unterschiede zum Walking aufgezeigt werden.

Hartmann (2003) konnte bei unerfahrenen Nordic Walkern in der Ebene eine signifikante Erhöhung der Fersenbelastung im Gegensatz zum normalen Gehen herausstellen. Die Belastungen in der Entlastungsphase als auch in der Abdruckphase sind bei den unerfahrenen aber ebenso wie bei erfahrenen Nordic Walkern (vgl. Rist et al. 2004) reduziert.

Hinsichtlich des Fersenaufsatzes kommen auch Brunelle et al. (1998) zu dem Ergebnis einer höheren Belastung bei unerfahrenen Nordic Walkern.

Der Stockeinsatz beim Nordic Walking führt zu einer Erhöhung der Fortbewegungsgeschwindigkeit, lässt aber während der gesamten Standphase eine geringere vertikale Kniebelastung um 4 % erkennen. Zu diesem Ergebnis kamen Willson et al. (2000).

In den wenigen biomechanischen Untersuchungen die zu diesem Zeitpunkt über das Thema Nordic Walking zu finden sind, wurden nur spärliche Angaben über die auftretenden Stockkräfte gemacht. Brunelle et al. (1998) konnten in ihrer Untersuchung durch den Kontakt auf einer Kraftmessplatte Aussagen über Kraftwerte senkrecht zur Unterstützungsfläche ( $F_z = 26\%$  des Körpergewichtes) und Kräfte in Bewegungsrichtung ( $F_y = 6\%$ ) treffen. Die sehr hohen Angaben in  $F_z$ -Richtung sind jedoch auf einen senkrechten Stockeinsatz zurückzuführen, der in der damaligen Technik noch vorherrschte. In der heutigen Technikausführung, und nicht nur in der des DNV, kommt es zu einem flachen Stockeinsatz unter der Lotlinie des Körperschwerpunktes (CoG).

Die Auswirkungen und auftretenden Kräfte in der neuen Technikausführung wurden aber bis dato noch nicht hinreichend untersucht, wie dies im Gegensatz dazu im Skilanglauf der Fall ist. Diese Tatsache und die Analyse der bisherigen Studien führten zu der folgenden Untersuchung.

Anhand von 14 erfahrenen Nordic Walkern (sechs weiblich, acht männlich) sollte festgestellt werden ob sich durch die Wahl unterschiedlicher Stockintensitäten Unterschiede in den Druckbelastungen der Füße ergeben und die dort auftretenden Belastungen vergleichbar mit denen des normalen Gehens sind.

Für die Messungen wurden Druckmesssohlen der Firma Paromed und in die Stöcke integrierte Kraftsensoren der Firma Kistler verwendet. Die Geschwindigkeitskontrolle erfolgte durch ein Laveg Messgerät.

Die Analyse der Messdaten umfasste folgende Punkte:

- die vertikalen Druckwerte der Druckmesssohlen
- die vertikalen Kraftwerte des Stockes
- ein typisch mittlerer Schritt und Stockeinsatz

- den zeitlichen Verlauf der Druck- und Kraftkurven
- die Geschwindigkeit in den verschiedenen Testreihen
- die Impulswerte der Bodenreaktionskräfte der Messsohlen und Stöcke
- die relative Druckbelastung während eines Doppelschrittes
- die mittlere Kraft während eines Stockzyklus

Die Probanden durchliefen die verschiedenen Testreihen mehrmals um die Variabilität in der Bewegung zu überprüfen. Somit konnten die ermittelten Parameter innerhalb einer Technik als sehr stabil angesehen werden. Bei der Analyse der Messdaten aus den Druckmesssohlen ergaben sich sehr gute Vergleichswerte mit denen, die in der Literatur über Ganganalyse zu finden sind. Hinsichtlich der markanten Wendepunkte im Abrollverhalten des Fußes konnten die Ergebnisse aus den bisherigen biomechanischen Studien bestätigt werden. Es zeigten sich bzgl. der Fersenbelastung jedoch nur schwach signifikant höhere Belastungen, im Gegensatz zu den Messungen mit unerfahrenen Nordic Walkern. Für die Entlastungs- und Abdruckphase konnten hingegen signifikante Unterschiede herausgestellt werden die den Einfluss der Stockintensität deutlich macht.

Der quantitative und qualitative Verlauf der Stockarbeit zeigt die Wichtigkeit der Einbindung in die Analyse der Bewegung. Hier konnten in der intensiven als auch in der extensiven Stockintensität deutliche Unterschiede im qualitativen Verlauf aufgezeigt werden. Auch in der Abrollbewegung des Fußes konnte ein 2-gipfliger Verlauf in der Kraftkurve des Stockes festgestellt werden. Die maximal entwickelten Kraftspitzen und die entstehenden Impulswerte im Stock sind mit denen des klassischen Skilanglaufs zu vergleichen.

Werden die mittleren Kraftwerte eines Stockeinsatzes auf eine Stunde hochgerechnet ergeben sich für 6000 Stockzyklen ca. 26,4 Tonnen aktive Schubleistung.

Durch den aktiven Stockeinsatz kommt es im Mittel pro Schritt zu einer Belastungsreduzierung der relativen Druckwerte am Fuß um 4 %, durch

passiven Stockeinsatz im Mittel um 1 %, im Vergleich zum normalen Gehen. Dadurch ergibt sich bei einer Berechnung auf 6000 Schritte pro Stunde eine Entlastung durch den aktiven Stockeinsatz um 16,4 Tonnen gegenüber dem normalen Gehen.

Diese Entlastung ist relativ hoch einzuschätzen, da sich durch den aktiven Stockeinsatz die Fortbewegungsgeschwindigkeit bei allen Probanden signifikant erhöht hat ( $NW_{in} = 1,82$  m/s,  $NW_{ex} = 1,71$  m/s,  $NG = 1,78$ ) und es zusätzlich zu einer Verlängerung der Schrittlänge kommt. Zu diesem Ergebnis kommen auch Willson et al. (2000). Die Verlängerung der Schrittlänge wurde bereits an anderer Stelle bewiesen und aufgezeigt. Aus der Sicht der Rehabilitation ist eine Verlängerung der Schrittlänge bei manchen Krankheitsbildern in Abhängigkeit der Krankheitsstadien (Hüftprothesen, Lumbioischalgie, extreme Fußdeformitäten, usw.) sicherlich nicht empfehlenswert. Da sich die Schrittlänge der Stocklänge anpasst kann mit einer Verkürzung der Stocklänge Abhilfe geschaffen werden. In diesen Fällen sollte die Berechnungsformel  $0,66 \times$  Körpergröße individuell angepasst werden.

Es konnte durch die Analyse des Stockeinsatzes die Symmetrie der Bewegung bewiesen werden. Neben dem 2-gipfligen Verlauf der Kraftkurven wie bei der Abrollbewegung des Fußes, wurden hohe Zusammenhänge zwischen den Zykluszeiten der Arm- und Beinarbeit deutlich. Die Doppelschrittdauer (= Ferse ein rechts bis Ferse ein rechts) und die Dauer eines Stockzyklus (Stock ein links bis Stock ein links) unterschieden sich im Mittel um nur 0,01 sec bei intensiven Stockeinsatz und 0,02 sec bei extensiven Stockeinsatz. Diese beiden Zyklen erfolgen jedoch zeitlich versetzt. Der Stockeinsatz erfolgt im Mittel um 40 ms vor dem Initialen Fersenkontakt.

Der in der Literatur oft zitierte Vierpunktkontakt kann in dieser Studie nur eingeschränkt bestätigt werden. Die Analyse der Kraft- und Druckwerte ergab zu keinem Zeitpunkt des Bewegungszyklus beim Nordic Walking positive Werte für alle vier Kurven. Die Videoanalyse zeigt zwar bei manchen Probanden einen vier Punkte Kontakt, der sich aber bei der Analyse der Kraftwerte nicht darstellte. Spezielle Aspekte einer Bewegung können durch den rein visuellen

Eindruck des Betrachters falsch interpretiert werden. Die Analyse eines Nordic Walking Zyklus ergab immer eine bipedale oder sogar tripedale Phase. Somit verteilen sich die Bodenreaktionskräfte immer auf minimal zwei oder maximal drei Punkte.