

D. Ohlendorf, J. Natrup

## Haltungskorrektur durch sensomotorische Einlegesohlen – Ergebnisse einer dreidimensionalen Rückenvermessung

Correction of Posture through Sensomotoric Insoles – Results of a Three-Dimensional Back Measurement

Jeder Mensch hat im Laufe des Erwachsenwerdens seine individuelle Körperhaltung gefestigt und ausgeprägt. Er repräsentiert so sein äußeres, körperliches Erscheinungsbild. Eine optimale Körperhaltung haben die wenigsten Menschen. Häufig entstehen daher Beschwerden des Halte- und Bewegungsapparates, die früher oder später in einer Beeinträchtigung des Alltags enden, wobei diese Beschwerden viele Ursachen haben können. Um den Beschwerden so gut wie möglich entgegenzuwirken, können sensomotorische Einlegesohlen eingesetzt werden. Durch ihr Tragen wirken sie gezielt auf den Muskelzustand ein und können die Körperhaltung positiv beeinflussen.

Um dies nachzuweisen, wurde bei 22 Testpersonen eine dreidimensionale Rückenvermessung vorgenommen. So sollte der Effekt der Einlegesohlen auf die Rückenstatik im Stand eingängiger betrachtet und dokumentiert werden.

Every person has consolidated their individual posture in the course of growing up. That's how they present their outer physical appearance. Only very few people have an optimum posture. From this fact often originates a discomfort of the supporting and moving system, which sooner or later ends up with a restriction of everyday activities. These problems may have many origins. To counteract the discomfort as well as possible, sensomotoric insoles may be used. By carrying

them the patient feels a direct effect on the condition of the muscles, and they can influence the posture positively. To prove this, a three-dimensional back measurement was carried out with 22 subjects. Thus the effect of the insoles on the back statics in a standing position could be regarded more closely and documented .

### Einleitung

Grundsätzlich ist bei jedem Menschen eine gute aufrechte Körperhaltung von einem ausgeglichenen Verhältnis der beteiligten Körpersegmente und der sie haltenden und bewegenden Muskulatur abhängig. Wird über einen längeren Zeitraum eine unphysiologische Haltung eingenommen, folgen gegebenenfalls auch nachhaltige Veränderungen der Körperstatik. Unter Umständen resultiert eine veränderte Muskelaktivität oder Gelenkstellung. Eine andere Gewichtsverteilung mit muskulären Dysbalancen ist häufig die Folge, die der Organismus zu kompensieren versucht. Die Muskulatur versucht daher, durch einen erhöhten Spannungszustand und mit gesteigerter Aktivität sowie vermehrtem Energieverbrauch den Zusatzbelastungen entgegenzuwirken bzw. diese auszugleichen. Dieser Ausgangszustand erschwert die körperliche Gleichgewichtsregulation.

Im Gegensatz zu konstitutionellen Voraussetzungen, die nicht zu beeinflussen sind, ist es möglich,

über zentrale Instanzen variable Komponenten wie beispielsweise das Bewegungsverhalten zu steuern. Über das sensomotorische System wird aktiv die gewollte Haltung oder Bewegung geregelt. Der Begriff Sensomotorik verbindet das sensorische Wahrnehmungssystem mit dem motorischen System der Bewegungssteuerung. Im Zentralen Nervensystem werden alle peripheren Informationen mit zentralen Impulsen verarbeitet, so dass letztendlich über ausführende Signale eine situationsadäquate motorische Steuerung der Bewegung möglich ist.

Die jeweiligen Elemente auf der sensomotorischen Einlegesohle aktivieren je nach Positionierung die Muskelspindeln oder Golgi-Sehnenapparate der Fußsohlenmuskeln und beeinflussen so die sensorische Leistung des Organismus. Auf diese Weise können sie auf den Muskelzustand bzw. die Muskelaktivität Einfluss nehmen. Gemäß dem Muskelkettenprinzip verändert sich so auch der Muskelzustand der folgenden Muskeln. Demzufolge können Muskeln bzw. Muskelgruppen motorisch so gesteuert werden, dass sie einerseits in einem richtigen Zeitintervall mit einem angepassten Kraftniveau in die Bewegung integriert werden und andererseits eine Stabilisierung und Gleichgewichtserhaltung des Körpers gewährleisten.

Seit über 10 Jahren findet in Orthopädiekreisen eine rege Debatte über den genauen Einsatz und die Wirkungsweise der sensomotorischen Einlegesohlen statt. Studien

von Simoneau et al. (1994), Eils et al. (2003), Natrup/Ohlendorf/Fischer (2004) oder Jahn (2006) haben sich auch mit dieser Thematik in ihren Studien beschäftigt. Inhalt dieser Studien sind entweder die Einlegesohlen direkt oder Untersuchungen des Einflusses der plantaren Sensorik hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Statik.

Das Ziel der angeführten Studie war es demnach, durch das Tragen der sensomotorischen Einlegesohlen ein effektiveres Zusammenspiel der Muskelketten im Körper zu erreichen, so dass sich eine Haltungsverbesserung einstellen konnte.

## Methodik

### Konzeption der sensomotorischen Einlegesohle

Gegenstand der Untersuchung sind sensomotorische Einlegesohlen, die von der Firma Fischer Fußfit in Amberg für jeden Probanden angefertigt worden sind, so dass sie variabel in alle Schuhe eingelegt werden konnten. Verschiedene Einlagenelemente, die jeweils an unterschiedlichen Stellen unter der Fußsohle lokalisiert sind, wurden individuell und der Beschwerde entsprechend in die Sohle eingearbeitet.

Weiterhin wird bei der Konzeption der Einlegesohle die Stärke der Elemente variiert.

### Probanden

An der Untersuchung nahmen 22 (elf w, elf m) Probanden teil. Die Voraussetzung für die Teilnahme waren unterschiedliche, haltungsbedingte Beschwerden am Bewegungsapparat, die bereits ergebnislos behandelt bzw. klassisch orthopädisch versorgt worden waren.

Vor dem Tragen der sensomotorischen Einlegesohlen wurde mit jedem Probanden ein Eingangsgespräch über seine jeweiligen Beschwerden geführt. Anschließend bekamen die Teilnehmer Informationen über das Tragen der Sohlen und über mögliche Nebeneffekte. Weiterhin wurden sie angewiesen, die Einlegesohlen jeden Tag (auch bei sportlichen Aktivitäten) zu tragen, wobei der normale Tagesablauf nicht verändert werden sollte.

### Messwerterfassung

Um Veränderungen der Körperstatik und insbesondere der

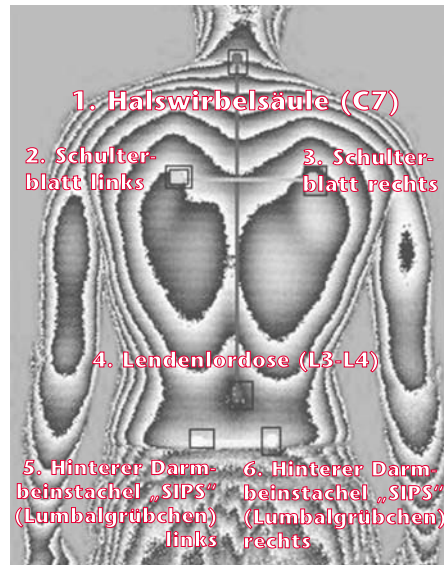


Abb. 1 Phasenbild, in dem die sechs Marker ersichtlich sind.

Rückenstatik durch das Tragen der sensomotorischen Einlegesohlen dokumentieren zu können, wird eine dreidimensionale Rückenvermessung vorgenommen. Diese wird mit dem Rückenscanner MiniRot Kombi der Firma ABW GmbH durchgeführt.

Bei der Messung steht der Proband barfuß und mit freiem Rücken in einer Entfernung von ca. 1,20 m auf einem Podoskop mit dem Rücken zum Scanner. Die Ausgangsposition ist durch eine Schablone auf der Podoskopfläche standardmäßig definiert, so dass eine einheitliche, physiologische Ausgangsstellung vorherrscht.

Die Aufnahme der Rückenoberfläche durch den Rückenscanner erfolgt über einen integrierten Projektor, der ein Streifenmuster auf den Rücken projiziert (Abb. 1). Eine LCD-Kamera nimmt dieses Muster aus einem definierten Winkel auf.

Um die Aufnahme in einem Phasenbild auf dem Computer betrachten zu können, müssen bei allen Testpersonen sechs zuvor festgelegte anatomische Fixpunkte gekennzeichnet werden. Dazu werden an den jeweiligen Punkten Marker auf den unbedeckten Rücken aufgeklebt (Abb. 1):

1. Punkt 1 (C7)
2. Punkt 4 (L3-L4)
3. Linkes und rechtes Schulterblatt (Punkte 2 und 3)
4. Linkes und rechtes SIPS (Punkte 5 und 6).

Für die Aufnahme und Datengewinnung der sechs ausgewählten

Oberflächenpunkte, inklusive der Berechnung und Darstellung ihrer dreidimensionalen Koordinaten in einem Phasenbild, benötigt das Messgerät ca. zwei Sekunden. Während einer Sequenz werden 15 Bilder aufgenommen. Die maximale Bildfrequenz liegt bei 60 frames/s bei einer räumlichen Auflösung von 1/100 mm. Mit Hilfe der Triangulationstechnik ist die Berechnung der dreidimensionalen Koordinaten des Rückens flächendeckend möglich (vgl. [www.abw-3d.de](http://www.abw-3d.de)).

### Untersuchungsablauf

Vor der Sohlenkonzeption und der Rückenvermessung mit dem Rückenscanner wird durch einen dreidimensionalen Sehtest die Sehfähigkeit des Probanden untersucht. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für eine gute Gleichgewichtskontrolle und somit auch für die richtige Körperhaltung. Verfügt der Proband nicht über diese Sehfähigkeit, muss die Behandlung abgebrochen werden.

Anschließend wird jeder Proband durch spezifische manuelle Tests standardgemäß und systematisch untersucht, um eine zusätzliche Auskunft über die Statik des Körpers bzw. der Wirbelsäule im Speziellen zu erhalten.

Anschließend stellt sich die Testperson für die Rückenvermessung auf das Podoskop und es wird zunächst eine neutrale Ausgangsmessung durchgeführt. Danach werden die Einlagenelemente unter die Fußsohle gelegt, wobei nach jeder neuen Unterlage der Elemente eine Rückenmessung erfolgt.

Für die Herstellung der Einlegesohlen wurden die Befunde der manuellen Haltungsüberprüfung mit den dreidimensionalen Aufnahmen der Rückenvermessung zusammen ausgewertet. So gewährleisten fachmännische Kenntnisse zusammen mit computergestützter Messtechnik die beste Einlagenkombination für den Probanden.

Die dreidimensionale Rückenvermessung wurde vor und nach dem Tragen der sensomotorischen Einlegesohlen durchgeführt, um das Resultat bzw. den Einfluss der Sohlen auf die Körperhaltung zu dokumentieren. Da alle Messungen bei normaler Raumtemperatur stattgefunden haben, können Temperatur- und Wittereinflüsse bei den

Auswertungen der Messreihen abgeschlossen werden.

Um einen Einblick in die subjektive Wahrnehmung und Bewertung der Handlungsveränderung durch die Einlegesohlen zu erhalten, haben alle Testpersonen nach Ablauf der Untersuchungsdauer und Abschlussuntersuchung einen Fragebogen ausgefüllt. Hier sollten sie ihr persönliches Empfinden hinsichtlich der Entwicklung ihrer Beschwerden sowie ihre momentane Verfassung beschreiben und beurteilen. Der Untersuchungszeitraum dauerte sechs Wochen. In dieser Zeit haben alle Untersuchungsteilnehmer ihre sensomotorischen Einlegesohlen gemäß den Hinweisen getragen.

## Untersuchungsergebnisse

Bei der Auswertung der gescannten und in einem Phasenbild dargestellten Rückenoberfläche wird der Rücken in drei Komponenten (Abb. 2) gegliedert, wobei immer zwei der sechs anatomisch festgelegten Rückenmarkierungen eine Komponente bilden. Jeder Marker liefert dreidimensionale Koordinatenwerte, so dass Veränderungen der Rückenstatik über Differenzberechnung ermittelt werden können.

Bei den Differenzberechnungen werden die Punkte der rechten Körperseite (P3 und P6) sowie der untere Lendenwirbelmarker (P4) als Ausgangspunkte festgelegt, von denen die Werte der linken Körperhälfte (P2 und P5) bzw. des oberen Halswirbelsäulenmarkers (P1) subtrahiert werden.

Der Schulterbereich (A) wird anhand der beiden Schulterblattmarkierungen (P2 und P3) dreidimensional erfasst. Hierfür wird mittels einer Differenzwertberechnung der beiden Punkte festgestellt, ob eine Schiefstellung oder Rotation der Schulterblättermarker vorliegt. Anhand dieser Daten ist es möglich, Aussagen über die aktuelle Haltung des Schulterbereichs treffen zu können, aber auch durch einen Vorher-Nachher-Vergleich eine Veränderung zu dokumentieren.

Die beiden Markerpunkte P1 und P4 repräsentieren den Verlauf der Wirbelsäule (B) und geben Auskunft über ihre Stellung. Bei einer geraden Wirbelsäule verläuft die Gerade (grüne Linie) genau durch beide Marker. Anhand der Diffe-

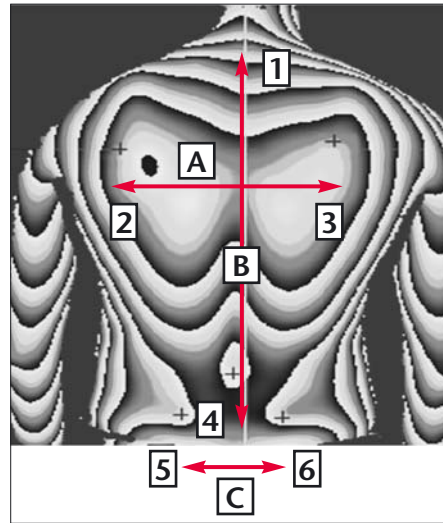


Abb. 2 Auswertungskomponenten der Rückenscannung

renz, die der P4-Marker von der Geraden abweicht, kann eine skoliothische Fehlhaltung diagnostiziert bzw. eingestuft werden. Neben der skoliothischen Fehlhaltung der Wirbelsäule ist ebenfalls die Wirbelsäulenform zu berechnen. Je nach der Stellung der Punkte im Raum liegt entweder eine tendenzielle Kyphose oder Lordose vor.

Die Stellung des Beckens ist durch die SIPS-Marker P5 und P6 im Lendenbereich (C) definiert. So können Angaben über eine eventuelle Schiefstellung des Beckens und über eine mögliche Rotation im Beckenbereich geäußert werden. Diese Daten ermöglichen eine Beurteilung der aktuellen Körperhaltung, womit ein Vergleich der Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten oder mit anderen Personen mit der gleichen Voraussetzung erfolgen kann.

Anhand dieser Berechnungen konnte durch Einsatz des T-Tests statistisch bewiesen werden, dass durch das Tragen der sensomotorischen Einlegesohlen grundsätzlich positive Veränderungen der Rückenstatik dieser Probanden zu verzeichnen sind. So wurde festgestellt, dass sich die Rotationsstellung der Rückenoberfläche im LWS- (SIPS-Marker) und im Schulterblätterbereich (Schulterblättermarker) verringert hat. Veränderungen der Wirbelsäulenmarker hinsichtlich der Wirbelsäulenform sind zwar individuell festgestellt worden, allerdings zu variabel, als dass sie statistisch zu beweisen waren.

Darüber hinaus wurden die Probanden orientierend an ihrer drei-

dimensionalen Beckenstellung in vier Untergruppen aufgeteilt. Bei zwei Untergruppen ist die Rückenstatik auf die Beckenstellung zurückzuführen, während bei den anderen beiden Untergruppen die Fußform (Plattfuß oder Hohlfuß) die Beckenstellung und folglich auch die Rückenstatik bestimmte.

Hierbei stellte sich heraus, dass bei zwei der vier Untergruppen statistische Signifikanzen errechnet werden konnten. Die meisten positiven Markerverschiebungen an der Rückenoberfläche waren in der Untergruppe zu verzeichnen, in der die Beckenausgangsstellung die Haltung bestimmte. Hier besaßen die Probanden ein kürzeres linkes Bein, wobei das linke Ilium (Darmbein) sich weiter dorsal befindet. Demzufolge ist das linke Ilium posterior gedreht und das rechte Ilium anterior. In dieser Untergruppe haben sich die Schulterblätter- und SIPS-Marker nachweislich nicht nur in ihrer Tiefen-, sondern auch in ihrer Höhenstellung angeglichen.

Bei der anderen Untergruppe, in der die Wirksamkeit der sensomotorischen Einlegesohlen bewiesen werden konnte, ist die Beckenausgangsstellung durch eine Fußfehlstellung bedingt. Bei dieser Ausgangsposition der Marker ist ein kürzeres rechtes Bein bei gleichzeitiger Anterior-Stellung des Iliums zu verzeichnen. Die Ursache für diese Ausgangsstellung lässt sich entweder durch einen Plattfuß (Pes planus) auf der rechten oder einen Hohlfuß (Pes varus) auf der linken Körperseite erklären.

Für diese Gruppe liegen allerdings nur positive Nachweise für eine verbesserte Rotationsstellung im Lendenwirbelsäulen- und Schulterblätterbereich, und nicht auch für eine veränderte Höhenstellung der Marker vor.

Da bei der zweiten Untergruppe im Gegensatz zur ersten Untergruppe die Fußstellung und nicht die Beckenstellung ausschlaggebend für die Körperhaltung ist, besteht die Vermutung, dass hier der Grund für die signifikanten Unterschiede zu finden ist.

Nach Ablauf der Untersuchung haben die Probanden einen Fragebogen über die subjektive Wahrnehmung und Bewertung der Haltungsveränderung und der Beschwerdeentwicklung beantwortet.

Zudem wurde die bisherige Anamnese der einzelnen Untersuchungsteilnehmer in einem Eingangsfragebogen festgehalten, um einen besseren Einblick in ihre bisherigen Beschwerden und Therapien zu bekommen.

Auch die Auswertung der Fragebogen ergab, dass sich die Beschwerden bzw. Schmerzen aller Teilnehmer verbessert haben und bei einigen komplett verschwunden sind. Beschwerden im Brustwirbel- oder Lendenwirbelsäulenbereich sowie in der Hüfte oder den Knien konnten weitgehend gelindert werden. Nacken- und Schulterschmerzen sind hingegen bei vielen Teilnehmern geblieben.

Auf die Frage, ob sich das Bewegungsgefühl in irgendeiner Weise gewandelt hat, sind zusammenfassend drei Tendenzen geschildert worden: Zum einen wird beschrieben, dass sich die durch die Einlegesohlen veränderte Körperhaltung insgesamt besser und lockerer anfühlt. Andere Probanden haben einige Zeit benötigt, um sich an die Einlegesohlen zu gewöhnen, bevor sie sich problemlos tragen ließen. Die dritte Gruppe hat keine Veränderungen ihrer Haltung oder der Bewegungsabläufe registriert.

## Diskussion

Allein durch eine unterschiedliche Reizsetzung auf die jeweiligen linken und rechten plantaren Fußmuskeln scheint eine generelle Rotationsverbesserung, unabhängig von der Höhenveränderung der Marker, zu erzielen zu sein.

Aufgrund dieser Haltungsveränderung der Schulterblätter- und SIPS-Marker ist ebenfalls eine individuell veränderte Wirbelsäulenform wahrzunehmen, die sich der neuen Haltung angepasst hat. Diese Veränderungen sind zwar individuell bei jedem einzelnen Probanden sichtbar, allerdings für eine einheitlich statistisch nachweisbare Aussage zu variabel.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse scheinen Kompensationsbewegungen durch das Tragen sensomotorischer Einlegesohlen gelindert werden zu können. Sobald der Rotation des Körpers entgegengewirkt werden konnte und sich diese verbessert hat, können die Bewegungen harmonischer werden, da den Bewegungsabläufen eine ausge-

glichere Muskelbelastung im Sinne einer verbesserten muskulären Balance zu Grunde liegt. Folglich müssen die an der Haltung beteiligten Muskeln auch weniger arbeiten.

Dieser Umgestaltung der Körperhaltung liegt eine Reizeinwirkung der Einlageelemente, die in die Einlegesohle eingearbeitet sind, zu Grunde. Je nach Positionierung der hier verwendeten zwei und drei Millimeter starken Elemente sind sie imstande, eine dementsprechend unterschiedliche, effektive Aktivierung der Muskelketten zu bewirken. Je nach Lage der Korkelemente können sie entweder eine Aktivierung der Muskelspindeln oder der Golgi-Sehnenapparate erzeugen, wodurch die dreidimensionalen Bewegungen des Körpers feinfühlig und unbewusst gesteuert werden können.

Inwieweit sich diese Statikveränderung allerdings auch in der Körperdynamik äußert, kann anhand dieser Messmethode nicht nachgewiesen werden.

### Die Autoren:

Daniela Ohlendorf / Jörg Natrup  
Deine Haltung e. V. / GeBioM mbH  
Johann-Krane-Weg 21  
48149 Münster  
E-Mail: [danni.oh@web.de](mailto:danni.oh@web.de)  
[natrup@gebiom.de](mailto:natrup@gebiom.de)

### Literatur:

- [1] Simoneau, G.G./Ulbrecht, J. S./Derr, J.A./ Becker, M.B./Cavanagh, P.R., 1994: Postural instability in patients with diabetic sensory neuropathy. In: Diabetes Care, 17, S. 1411-1421
- [2] Eils, E./Tewes, M./ Nolte, S./Rosenbaum, D., 2003: Der Einfluss reduzierter Fußsohlensensoren auf Schwankungs- und Druckverteilungsparameter beim Stehen und Gehen. In: Medizinisch-Orthopädische Technik, 4, S.46-54
- [3] Natrup, J., Ohlendorf, D., Fischer, F., 2004: Auswirkungen neurologischer Einlagen auf die Körperstatik. In: Orthopädische Schuhtechnik. Sonderheft Einlagen, S. 56-63.
- [4] Jahn, M., 2006: Prüfung der Wirkung von Modulen nach dem Podo-Orthesiologie-Konzept von Breukhoven. In: Orthopädische Schuhtechnik. Sonderheft Sensorik, S. 38-41