

M. Jahn

# **Prüfung der Wirkung von Materialien zum Aufbau diabetesadaptierter Fußbettungen durch standardisierte biomechanisch orientierte Prüfmethode**

## **Zusammenfassung**

Prüfverfahren, deren biomechanische Eingangsparameter auf realen Daten basieren, ermöglichen eine funktionsorientierte Auswahl von Materialien. Die Kombination aus optimaler Druckreduzierung und dauerhaft beständigem Material ermöglicht so einen optimalen Versorgungsgrad bei einem diabetischen Fußsyndrom.

## **Einführung**

Die Ausführung von Fußbettungen nach Art der in Deutschland konzipierten diabetesadaptierten Fußbettung ist die adäquate Versorgung bei diabetischem Fußsyndrom. Das Ziel dieser Versorgungsmethode ist, das deutlich erhöhte Ulcus-Rezidiv-Risiko zu mindern. Die Reduktion des Drucks unter den gefährdeten Regionen (ROI), leicht prüfbar durch Druckverteilungsmessung (DVM), ist unbedingt zu erreichen. Analysiert man die Möglichkeiten, über die Fußbettung Druck in den ROI zu minimieren, so sind drei Einflussmöglichkeiten hervorzuheben: Lokale Erhöhungen (Stufen), die Materialstärke und die Materialauswahl. Der Effekt lokaler Erhöhungen kann gut über Patientenmessungen mittels DVM gemessen werden. Die Effekte von Materialstärke und Materialauswahl sind nur dann interpretierbar, wenn diese über geregelte Kraft- und Weg-Messungen mittels Prüfapparatur erfasst wurden. Ebenso wichtig ist die Prüfung der Dauerbeständigkeit der gewünschten Entlastungseffekte, um langfristig den gefährdeten Fuß zu schützen.

## **Methoden**

Um gezielt Aussagen zu Materialeigenschaften unter realen Lastfällen wie Gehen oder Laufen zu machen, ist in Zusammenarbeit mit dem Institut für Biomechanik der Deutschen Sporthochschule Köln eine darauf ausgelegte Prüfapparatur entwickelt worden. Eingangsparameter sind durch Messungen an Diabetikern mit erhöhtem Ulcus-Risiko erhoben worden. Belastungsumfänge, welche die Belastung von mehreren Kilometern simulieren mit der Erholungsmöglichkeit des Materials, ermöglichen die Bestimmung der Dauerelastizität. Die Bestimmung von punkt- und flächenelastischen Materialeffekten wird hinsichtlich ihrer Anwendungsmöglichkeit in der Fußbettung geprüft. Die Übertragung auf die orthopädieschuhtechnische Praxis erfolgt an Hand eines Beurteilungsschemas zur besseren Abschätzung des realen Belastungsmusters (Ganggeschwindigkeit, Körpergewicht und Mobilität). Die Auswahl der notwendigen Materialschichtung ist somit besser begründbar.

## **Ergebnisse**

Auf Basis der dynamischen Materialeigenschaften können wir gezielt die einzelnen Schichten der diabetesadaptierten Fußbettung zusammensetzen. Dabei hat jede der vier Schichten unterschiedliche Effekte: Der Fußbettkern im Rück- und Mittelfuß, eher

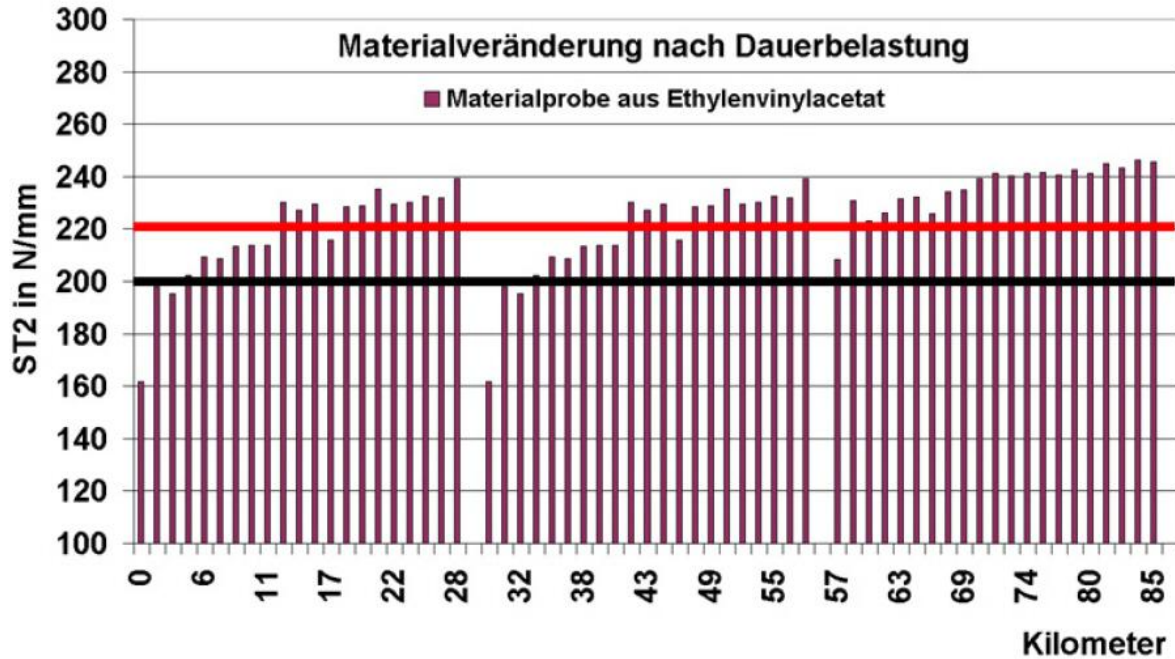
steif, ist dazu da, formerhaltend, stabilisierend und falls gewünscht lenkend zu wirken. Die nächste Schicht zeichnet sich durch die Möglichkeit aus, jede Fußform 1:1 abzubilden. Falls zur Druckreduktion notwendig, können Hebungen in jeder Ausführungsart, exakt moduliert und durch eine überlagerte DVM (Gang) feinjustiert, eingebracht werden. Diese Materialschicht kann zudem durch Veränderung der Steifigkeit auf reale Belastungsmuster je nach Patient abgestimmt werden. Die dritte Schicht, eine eher weichere Schicht, ermöglicht leichtes Verschieben auf der Fußbettung und kann so mögliche, bis dato allerdings nicht nachweisbare, Scherkräfte kompensieren. Ebenfalls wird die Feinanpassung an die untere Schicht, besonders bei Übergängen zu Vertiefungen, geregelt. Die ersten drei Schichten zeichnen sich durch hohe Dauerelastizität aus. Die dabei verwendeten Materialien sind unterschiedliche Polyurethane (PU). Der Vergleich zu anderen Materialien wie Ethylenvinylacetat (EVA) zeigt, dass die Rückstellfähigkeit bei PU auch noch nach zig-Belastungszyklen (Kilometern) erhalten bleibt. Die vierte Schicht überspannt und schützt die dritte und ermöglicht kurzzeitige Stabilität bei gleichzeitigem Absinken der dritten Schicht.

## **Schlussfolgerung**

Die Verwendung neuer biomechanischer Prüfmethode zur gesteuerten realen Belastung von Materialien ermöglicht es, dynamische Materialkennwerte zu erhalten. Bislang wurden nur im Ausnahmefall die „neuen“ Kennwerte (Steifigkeit) zur Verbesserung der diabetesadaptierten Fußbettungen konsequent eingesetzt. Die Verwendung von EVA sollte, bis auf biomechanisch begründete Ausnahmen, nicht als Schichtkörper bei diabetesadaptierten Fußbettungen Verwendung finden, was sehr gut anhand der Ergebnisse aus Dauerbelastungen nachzuvollziehen ist. Gerade die dauerhafte Aufrechterhaltung der druckreduzierenden Effekte, dazu zählen Hebungen aller Art wie auch die exakte Fußabbildung, ist elementar, um das Ulcus-Rezidiv-Risiko zu mindern, so wie gefordert.

## **Literaturreferenzen**

- Baumann, W.: Elektronische Druckverteilungsmessung. Die orthopädische Versorgung des Fußes. Stuttgart 1995
- Cavanagh, P. R., M. J. Young, J. E. Adams, K. L. Vickers, A. J. Boulton: Correlates of structure and function in neuropathic diabetic feet. Diabetologica 123. 1991
- Cavanagh, P. R., J. S. Ulbrecht: Biomechanics of the Foot in Diabetes Mellitus. The Diabetic Foot. St. Louis. 1993
- Cavanagh, P. R., G. G. Simoneau, J. S. Ulbrecht: Ulceration, Unsteadiness, and Uncertainty: The Biomechanical Consequences of Diabetes Mellitus. Journal Biomechanical 26, Nr. 1, S.23-40. 1993
- Cavagnah, P. R., J. S. Ulbrecht, G. M. Caputo: Schuhe für Diabetiker: Biomechanische Aspekte der Versorgung. Orthopädieschuhtechnik Sonderheft Diabetes 1996
- Debrunner, H. U., H. A. C. Jacob: Biomechanik des Fußes. Stuttgart 1998.
- Drerup, B., U. Hafkemeyer, M. Möller, H. H. Wetz: Der Einfluss der Ganggeschwindigkeit auf die Druckverteilung. Orthopädieschuhtechnik 12/2001



Bestimmung der dynamischen Härte nach Dauerbelastung im oberen Kraft-Deformationsbereich (ST2) für EVA. Zur Verdeutlichung: Schwarze Linie = Konstante Endwerte des PU-Materials mit wesentlich geringerer Steifigkeit als EVA