

Forschungsprojekt abgeschlossen

Dynamisch geht besser

Druckstellen an den Zehen, Blasen an den Fersen, Rutschen der Füße im Schuh bei jedem Schritt – wer hat sie nicht schon am eigenen Leib erfahren, die Folgen der scheinbar kleinen Mängel am Schuh, die echte Qualen auslösen können? Hauptursache dafür ist, dass Leisten und Schuhe auf Basis statischer Fußmaße konstruiert werden. Unsere Füße jedoch benötigen beim Gehen und bei den vielfältigen Aktivitäten im Alltag mehr Platz als im Stand. PFI und ISC haben in einem Forschungsprojekt mit dem Titel „Entwicklung von Konstruktionsrichtlinien für Straßenschuhe unter Berücksichtigung der Dynamik der Füße“ nach Lösungen für dieses Problem gesucht.

In jedem Straßenschuhleisten steckt das ganze Wissen und Können des Leistenmodelleures. Der Leistenbestand eines Schuhherstellers ist wohlgehetetes Firmen-Know-how. Neue Leistenmodelle entstehen durch Abwandlung altbewährter Leisten. Üblicherweise wird nur ein begrenzter Bereich, meist die Spitzenpartie, nach dem neuesten Modetrend gestaltet, der Rest bleibt unverändert. Traditionell gute Passform findet sich so in jeder Kollektion wieder; Stammkunden bleiben ihrer Lieblingsmarke in erster Linie aufgrund der Passform treu. Aber auch Passformmängel werden immer weitergeschleppt. Der entscheidende Nachteil der traditionellen Leistenkonstruktion ist nämlich, dass sie auf statischen Fußmaßen basieren. Die Probanden standen während der Fußmessung still und wurden gebeten, locker zu stehen und ihr Körpergewicht gleichmäßig auf beide Füße zu verteilen.

Moderne Messtechnik für den Fuß in der Bewegung wie Ganganalyse und Fußdruckmessung sind Entwicklungen des Computerzeitalters und wesentlich jünger als historisch gewachsene Leistenparks. Vorreiter in der Nutzung dieser Technik für die Leisten- und Schuhkonstruktion waren Sportmedizin und Orthopädie, wo es darum geht, die Bewegungsabläufe und -spielräume hoch belasteter oder geschädigter Füße zu messen, um passendes Schuhwerk beziehungsweise orthopädiesschuhtechnische Hilfsmittel zu konstruieren. Dagegen werden Alltagsschuhe, insbesondere hochgesprengte Damenschuhe, nur selten auf optimale Passform und Funktionalität hin gestaltet. Meist zählt einzig der modische Gesichtspunkt. Und das greift zu kurz.

Ein Straßenschuh muss ein „Alleskönner“ sein. Er muss eine Vielzahl von Funktionen erfüllen und dazu noch schick aussehen. Spezialschuhe haben es da einfacher, denn hier stehen einzelne Funktionen im Vordergrund: Ein Wanderschuh darf klobig wirken; ein Sportschuh unelegant. Ein Radschuh rollt nicht gut ab, sondern ist steif.

Im Straßenschuh muss sich der Fuß wohlfühlen, ganz gleich, ob drinnen oder draußen, ob der Träger sitzt, steht, Treppen steigt, geht, rennt oder Auto fährt, und unabhängig davon, ob der Untergrund Teppichboden, Parkett, Kopfsteinpflaster, Asphalt oder ein Naturboden ist. Der Fuß verändert sich in der Bewegung, und der Schuh darf den Fuß in Bewegung nicht behindern. In einem Forschungsprojekt, das im April 2014 abgeschlossen wurde, gingen PFI und ISC Fragen zu den dynamischen Anforderungen des Fußes an Schuhe nach:

- Welche Veränderungen treten am bewegten Fuß gegenüber dem stehenden Fuß auf?
- In welchen Fußbereichen treten sie auf?
- Welche Ausmaße haben diese Veränderungen?
- In welchem Umfang weichen diese Veränderungen von den bisher für die Leistenkonstruktion benutzten statisch ermittelten Maßen ab?
- Welche Anpassungen müssen daher in der Leisten- und Schuhkonstruktion gemacht werden?

Stehen und Gehen ohne Schuhe

Stehen und Gehen sind im Alltag die häufigsten Aktivitäten. Die Maße der unbeschuhten Füße im Stehen und Gehen wurden an 70 Frauen und Männern im Alter von 20 bis 30 Jahren erfasst. Dazu wurden ein Plantardruckmesssystem und der PFI-Beinscanner verwendet.

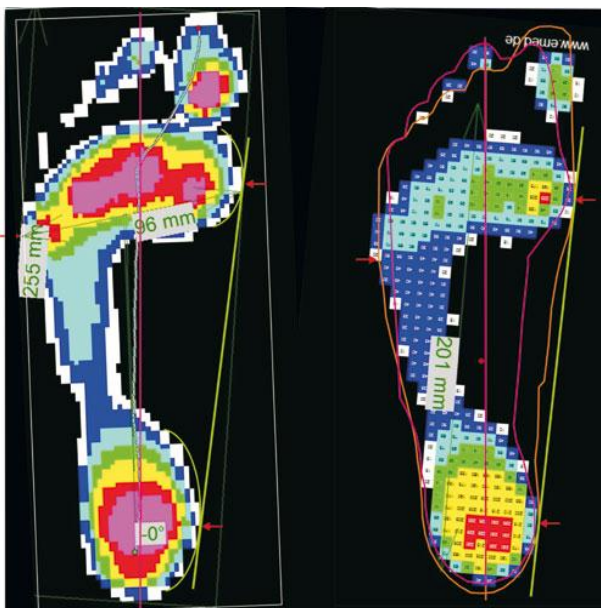


Bild 1: Vergleich Belastung Gang / Stand

Der Vergleich der Maße zwischen dem jeweiligen Plantardruckbild im Gehen und im einbeinigen Stand ergab erwartungsgemäß für das Gehen größere Werte als für den Stand (Bild 1). Das ist einerseits auf die höheren Kräfte zurückzuführen, die beim Gehen auf den Fuß wirken. Im Unterschied zum Stand, wo allein das Körpergewicht wirkt, kommen beim Gehen die Beschleunigungskräfte hinzu. Die Knochen, Gelenke, Bänder, Sehnen und Muskeln des Fußes nehmen diese Kräfte bei je-

dem Schritt auf. Der Fuß wird dadurch periodisch breiter und länger. Andererseits werden in den Abrollvorgang Bereiche von Ferse und Zehen einbezogen, die beim Stehen keinen Bodenkontakt haben. Die Maßunterschiede zwischen den Plantardruckbildern der beiden Belastungssituationen waren überraschend hoch. So war die Gesamtlänge der Plantardruckbilder im Gang um 18 mm bei Frauen und um 22 mm bei Männern länger als im Stand. Das entspricht 8 beziehungsweise 9 Prozent der Fußlänge. Die maximale gemessene Gesamtlängendifferenz betrug bei Männern sogar 35 mm! Als diese Längenunterschiede im Lauf der Messungen auffielen, tippte das Projektteam zunächst auf einen Messfehler; dies wurde jedoch nach genauer Prüfung widerlegt.

Außerdem verlagern sich sowohl der laterale als auch der mediale Ballenpunkt beim Gehen gegenüber dem Stand nach vorn, bei Frauenfüßen um 7 bis 8 mm, bei Männerfüßen um 10 bis 12 mm. Als Resultat dieser Messergebnisse könnte geschlossen werden, dass der mediale Ballenpunkt bei Damenleisten durchschnittlich um 8 mm, bei Herrenleisten um 12 mm nach vorn (spitzenwärts) versetzt werden müsste. Dagegen spricht jedoch, dass diese Verlagerung nur beim Gehen auftritt, die Schuhe jedoch sowohl den Maßverhältnissen beim Gehen als auch beim Stehen (und weiteren Aktivitäten) Rechnung tragen müssen. Die Lösung der Aufgabe, der Dynamik des Fußes in der Schuh- und Leistenkonstruktion gerecht zu werden, darf sich also keineswegs darauf beschränken, Leisten und Schuhe ausschließlich nach dynamisch erfassten Maßen zu konstruieren. Die Leisten sollten vielmehr so konstruiert werden, dass sie allen Aktivitäten des Fußes (gemäß Zweckbestimmung des Schuhtyps) Raum geben. Im Fall der Ballenpunkte bedeutet dies, den Leisten über einen Bereich in maximaler Breite zu konstruieren. Dieser Bereich maximaler Breite beginnt medial bei 72 Prozent der Fußlänge, lateral bei 63 Prozent der Fußlänge. Die Ausdehnung dieses Bereichs in Richtung Fußspitze sollte bei Frauen medial und lateral mindestens drei Prozent der Fußlänge, bei Männern mindestens vier Prozent der Fußlänge betragen.

Abgesehen von diesen Längenveränderungen wird die Auftrittfläche des Fußes im Gehen auch breiter als im Stehen. Besonders interessant war in diesem Zusammenhang die Ballenregion. Hier wurde die Breite der Auftrittfläche als sogenannte Ballentrittspurbreite gemessen. Sie ist bei Frauen und Männern im Gehen um durchschnittlich 11 Prozent breiter als im Stehen.

Vergleich mit herkömmlichen Leisten

Inwieweit Konfektionsleisten für Damen- und Herrenstrasschuhe diesen Anforderungen des Fußes gerecht werden, wurde anhand einer Stichprobe von 54 Damen- und 38 Herrenleisten untersucht. Ihre Maße wurden mit den Werten der Plantardruckmessung verglichen. Wie sich zeigte, berücksichtigte der überwiegende Teil der herkömmlich konstruierten Leisten bereits die Nach-Vorn-Verlagerung der Ballenpunkte beim Gehen. Das galt jedoch nicht für die Breite: die Leisten hatten kleinere Ballentrittspurbreiten als die Füße beim Gehen benötigen. Hatten 89 Prozent der Herrenleisten für den stehenden Fuß ausreichende Ballentrittspurbreiten, überschritten die Fußbreiten der Herren die Leistensohlen beim Gehen um durchschnittlich 9 mm. Bei Damenleisten war das Ergebnis noch dramatischer, weil bei ihnen der Anteil der Ballentrittspurbreite am Ballenumfangsmaß kleiner ist als bei Herrenleisten. Lediglich 16 Prozent der Damenleisten hatten ausreichende Ballentrittspurbreiten für den stehenden Fuß. Beim Gehen waren die Ballentrittspurbreiten der Damenfüße durch-

schnittlich 14 mm größer als die Leistensohlen; die Füße ragen demnach durchschnittlich um 7 mm beiderseits über den Sohlenrand hinaus.

Fuß kontra Schuh, Individualität kontra Serienfertigung

Die Analyse der Füße zeigt eine große Vielfalt an unterschiedlichen Dimensionierungen, die sich mit der herkömmlichen Angabe einer zugehörigen Schuhgröße alleine nicht kategorisieren lassen. Bereits in der Ausgangssituation (Stehen) zeigt sich, dass es keine eindeutige Relation von Länge und Breite gibt. Auch der Weichteilanteil und die Flexibilität (Verformbarkeit) der Füße sind sehr unterschiedlich. Darüber hinaus lassen die plantaren Druckverteilungsmessungen sowohl in der Statik als auch in der Dynamik erkennen, dass die Stabilität, die Funktionsmöglichkeiten und damit die Belastung der Füße sehr individuell ausgeprägt sind (Bild 2).

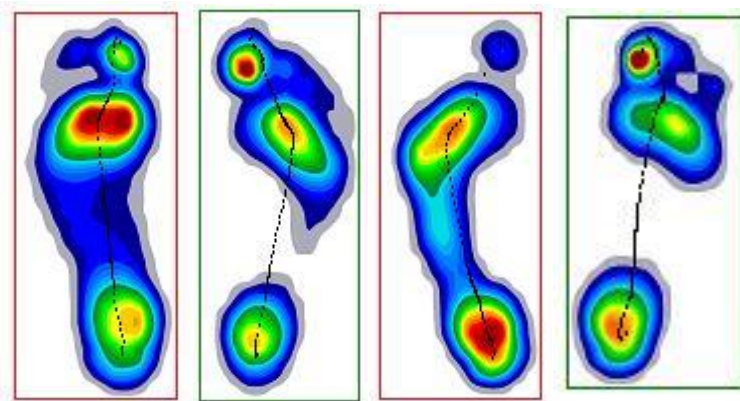


Bild 2: individuelle Belastungsunterschiede

Im Gegensatz zum Fuß handelt es sich beim Schuh um ein mehr oder minder normiertes Objekt. Es muss demnach ein Kompromiss gefunden werden, der einen Schuh für möglichst viele Füße als passgerecht erscheinen lässt. Dabei stehen zum Teil sehr unterschiedliche Auffassungen und Interessen im Vordergrund. Bei modischen Schuhen gilt häufig „Wer schön sein will muss leiden“, wohingegen bei funktionalen Schuhen (zum Beispiel Wanderschuhen) das Gegenteil im Vordergrund steht.



Bild 3: in die Schuhspitze gerutschter Fuß

Aus unzähligen Gesprächen mit Testpersonen kristallisierten sich bestimmte, immer wiederkehrende Probleme beim Tragen von Schuhen heraus. Dazu gehört das Rutschen des Fußes in die Schuhspitze bei Schuhen mit unterschiedlichsten Absatzhöhen. Ursache dafür ist zum einen die Abweichung des Fersenbereiches am Schuh von der des Fußes. Die Gelenklinie und Fersenpartie des Schuhs bilden eher eine Rutschbahn für den Fuß als dass sie ihn im Fersenbereich halten. Deutlich wird das an der Fersenlücke zwischen Fuß und Schuh (Bild 3). Das bewirkt einmal eine Verunsicherung beim Gehen und eventuell auch Reibungsstellen an der Fußferse. Die Zehen im Schuhspitzenraum werden gepfercht.

Lösungswege mittels Leisten, Fußbettungen und Modifikationen der Absätze

Im Forschungsprojekt sollten Konstruktionsrichtlinien für Straßenschuhleisten entwickelt werden, um die Herstellung von Schuhen zu ermöglichen, welche die Bedürfnisse des Fußes in der Bewegung besser berücksichtigen und bei denen die genannten Passformprobleme nicht mehr vorkommen. Für die Testphase des Projektes bedeutete dies, Leisten für jede Variante der Konstruktionsmaßnahmen fertigen zu müssen. Um den Kosten- und Zeitaufwand zu minimieren, wurde nur jeweils ein Paar Damen- und Herrenleisten hergestellt. Das Volumen wurde dabei so gewählt, das verschiedene Fußbettungen eingelegt werden konnten, an denen die konstruktiven Maßnahmen umgesetzt worden waren. An Hand der Ergebnisse der Versuche sollte dann entschieden werden, welche der Maßnahmen am Leisten selbst umgesetzt werden sollten und welche besser über Fußbettungen realisiert werden können. Außerdem eröffnet diese Vorgehensweise potenziellen Anwendern die Möglichkeit, einen Teil der passformverbessernden Maßnahmen auch an vorhandenen Schuhmodellen umzusetzen. Ein Teil der Ergebnisse des Projekts könnte auf diese Weise kurzfristig praxiswirksam werden, ohne die bisherigen Leisten zu verändern, sondern allein durch die Fußbettungen. Voraussetzung ist selbstverständlich ein ausreichendes Innenvolumen der betreffenden Schuhmodelle. Da gegenwärtig viele Schuhmodelle mit herausnehmbaren Fußbettungen ausgestattet sind, trifft dies für viele Modelle zu.

Für die Herstellung von funktionalen Testschuhmodellen wurden Leisten für Damen in der Größe 39 / Weite 6 und für Herren in der Größe 43 / Weite 7 erarbeitet. Dabei wurden die Ergebnisse aus den Barfußmessungen berücksichtigt. Die Leisten hatten eine Fersensprengung von 10 mm. Die Passform der Leisten wurde an Hand von Testschuhen aus durchsichtiger Folie bewertet.

Als Testschuhe wurden über die entwickelten Leisten drei Paar Herrenschuhe und zwei Paar Damenschuhe hergestellt. Die Herrenschuhe wiesen folgende Absatzvarianten auf:

- a) Normaler Absatz: Verwendung als Referenzschuh für alle anderen Schuhe (Bild 4)
- b) Pufferabsatz: auf der zentral-lateralen Seite des Absatzes wurde das ursprüngliche Absatzmaterial keilförmig durch ein weiches Material ersetzt (Bild 5)

- c) Rollabsatz: auf der zentral-lateralen Seite des Absatzes wurde das ursprüngliche Absatzmaterial keilförmig entfernt. Die Schnittstelle wurde abgerundet (Bild 6).

Die Damenschuhe wiesen folgende Absatzvarianten auf:

- a) normaler Absatz: Verwendung als Referenzschuh für alle anderen Schuhe
- b) Pufferabsatz: auf der zentral-lateralen Seite des Absatzes wurde das ursprüngliche Absatzmaterial keilförmig durch ein weiches Material ersetzt



Bild 4: Referenzschuh



Bild 5: Pufferabsatz



Bild 6: Rollabsatz

Für die Tests mit Damenschuhen höherer Fersensprengung stellten Firmen des Projektbegleitenden Ausschusses zwei Paar Pumps zur Verfügung.

Auf der Grundlage der plantaren Druckbilder wurden Fußbettungen für funktionale und für modische Schuhe als Trageprobenmuster gestaltet. Sie sind in den Bildern 7 und 8 dargestellt.

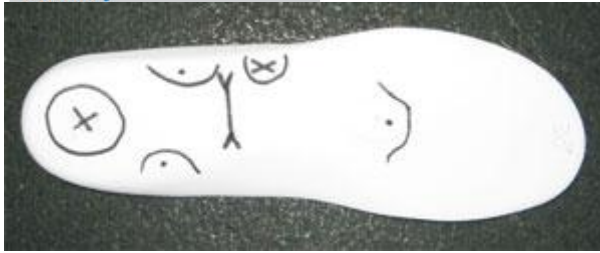


Bild 7a und b: Testfußbettung für „funktionale“ Schuhe



Bild 8a und b: Testfußbettungen für „modische“ Schuhe

obere Reihe: links – D 4, Mitte – D 2, rechts – D 6
untere Reihe: links – D 3, Mitte – D 1, rechts – D 5

Die funktionalen Testschuhe wurden von insgesamt fünf Herren sowie sieben Damen mit passender Schuhgröße getestet. Für die Tests der modischen Damenschuhe standen fünf Testpersonen für das erste und eine Testperson für das zweite Schuhmodell zur Verfügung. Bei allen Tests wurde die plantare Druckverteilung erfasst und ausgewertet. Dabei wurden jeweils die Ergebnisse der Messungen in den Schuhen ohne Fußbettung und mit Fußbettung sowie mit Normalabsatz und mit Puffer- oder Rollabsatz verglichen.

Ergebnisse der Messungen „modische Testschuhe“

- Alle getesteten Fußbettungen waren für die Anwendung in modischen, hochgesprengten Pumps geeignet. Obwohl diese Schuhmodelle über ein sehr begrenztes Innenvolumen verfügten, fanden die Fußbettungen Platz und waren wirksam.
- Alle getesteten Fußbettungen bewirkten im Vergleich zur Referenzmessung ohne Fußbettung eine Nach-Vorn-Verlagerung der vorderen Grenzen des Fersenabdrucks. Bei den Fußbettungen D2 und D4 (siehe Bild 8) war diese Verlagerung infolge der Fersenstopper am größten. Damit wurde nachgewiesen, dass sie das Nach-Vorn-Gleiten des Fußes im Schuh mindern.
- Die Fußbettungen D1 bis D4 bewirkten eine Nach-Hinten-Verlagerung der hinteren Grenzen des Ballenabdrucks. Damit wurde ebenfalls nachgewiesen, dass sie das Nach-Vorn-Gleiten des Fußes im Schuh mindern.
- Die Wirksamkeit der Pelotten und der unterschiedlichen Bezugsmaterialien konnte nicht nachgewiesen werden.

Ergebnisse der Messungen „funktionalen Testschuhe“

Die Wirkung der getesteten Fußbettungen bei den funktionalen Testschuhen spiegelte sich an der Ganglinie wider. Auch hier verhinderte die Fersenformgestaltung ein Nach-Vorn-Rutschen des Fußes. Dies wurde an der Verlagerung der höchsten Druckbelastung zum vorderen Rand der Ferse deutlich. Der Fersenauftritt lag trotzdem wie gewünscht zentral im Fersenbereich. Eine eindeutige Wirkung der verschiedenen Absatzformen im Vergleich zur Referenzmessung konnte bei diesen Schuhen nicht nachgewiesen werden. Ein Grund war die Gestaltung des Schuhbodens der Testschuhe, der schon günstige Voraussetzungen brachte. Hier sind noch weitere Vergleiche mit anderen Gestaltungsvarianten von Schuhböden erforderlich. Dies erscheint vor allem deshalb interessant, da die subjektive Beurteilung der Absatzvarianten deutliche Bewertungsunterschiede zeigte.

Das IGF-Vorhaben 17172 N der Forschungsvereinigung Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V. – PFI, Marie-Curie-Str. 19, 66953 Pirmasens wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Details sind dem Abschlussbericht des Forschungsprojektes IGF 17172 zu entnehmen, der bei PFI angefordert werden, und zwar bei

Dr. Monika Richter

Abteilungsleiterin Schuhtechnik und -forschung

Tel.: +49-(0)6331 – 2490 27, E-Mail: monika.richter@pfi-germany.de