

Dipl.-Ing. Peter Schultheis

Wirksame Belüftung im Schuh

Ein am PFI schon seit der Gründungszeit präsent Thema ist die Tragehygiene im Schuh. Eine gute Tragehygiene steigert subjektiv den Komfort, den der Träger empfindet und hilft objektiv Erkrankungen wie Fußpilz und anderen Unannehmlichkeiten vorzubeugen.

Wesentliche Materialeigenschaften welche den Tragekomfort bzw. die Tragehygiene beeinflussen, sind die Wasserdampfdurchlässigkeit sowie die thermische Leitfähigkeit der verwendeten Schuhwerkstoffe. Bei körperlicher Aktivität, aber auch bei psychischer Belastung, entwickelt der Körper aufgrund des gesteigerten Stoffwechsels verstärkt Wärme und sondert als körperliche Reaktion vermehrt Schweiß ab. Die natürliche Funktion des Schweißes, durch Verdunstung den Fuß zu kühlen, ist bei dem mit einem Schuh umhüllten Fuß nur eingeschränkt möglich. Die Kühlung des Fußes muss in diesem Fall durch Abführen der Feuchtigkeit durch das Schuhmaterial sowie Wärmeableitung durch das Schuhwerk herbeigeführt werden.

Optimale Tragehygiene eines Schuhs ist ein Wettbewerbsvorteil und wird daher von fast allen Schuhherstellern angestrebt. Viele Schuhhersteller geben signifikante Summen aus, die Traghygiene ihrer Schuhe zu verbessern - leider nicht immer mit Erfolg. Dass eine vernünftige Ventilation im Schuh das Fußklima positiv beeinflusst, ist bekannt. Die vielen Patentanmeldungen im Bereich der Erzeugung von Belüftung im Schuh, über Pumpen und ähnliches, zeigen, dass sich auf diesem Gebiet zahlreiche Tüftler und Erfinder betätigen. Sehr häufig, und das bestätigen diverse Untersuchungen solcher Systeme im PFI, werden dabei jedoch physikalische Gesetze oder mechanische, konstruktive Aspekte außen vor gelassen, so dass die Schuhhersteller oft in Systeme investieren, die ungeeignet sind, eine messbare Verbesserung der Tragehygiene im Schuh zu erzielen.

Im Rahmen eines bereits abgeschlossenen AiF-Projektes mit dem Thema "Wohlfühlklima im Arbeitsschuh" wurden die wesentlichen Mechanismen, welche die Tragehygiene beeinflussen, untersucht und anhand des Bereiches Arbeitsschuhe systematisch Optimierungspotenzial in den Feldern Material, Konstruktion und Mikrosysteme erarbeitet. Hierbei zeigte sich, dass die Hauptaufgabe darin besteht, Feuchtigkeit vom Fuß weg zu transportieren und die Hauttemperatur im angenehmen Bereich, um die 30°C, zu halten.

Unter den verschiedenen Möglichkeiten den Fuß trocken zu halten, stellt der Abtransport der Feuchtigkeit durch Luftströmung über die Nutzung des Kühleffekts durch verdunstenden Fußschweiß die effektivste Methode dar. Diese Erfahrung hat sich auch in dem erwähnten Projekt bestätigt, in welchem mit einem modifizierten Sicherheitsschuh mit eingebautem CPU-Lüfter, gespeist über einen Handy-Akku, die besten Ergebnisse erzielt wurden.



Abbildung 1: Im AiF Projekt entwickelter Lüfterschuh mit Datenlogger und Handyakku

Ein derartiges Lüftungssystem mit einer elektrischen Energieversorgung erfordert jedoch nach dem Entleeren das Aufladen des Energiespeichers an einer externen Stromquelle. Da dieser Umstand die Benutzerfreundlichkeit einschränkt, hat sich das PFI in einem weiteren Forschungsprojekt gezielt mit dem Thema „Lüftung im Schuh“ und der technischen Realisierung der Erzeugung signifikanter, messbarer Luftströme im

Schuh befasst. Das Ziel war hierbei, ein vom Träger möglichst unbemerkt durch Muskelkraft gespeistes, funktionsfähiges Lüftersystem zu entwickeln, welches autark, ohne Fremdenergie in Form von auszuwechselnden Batterien bzw. extern aufzuladenden Akkus, eine mess- und spürbare Lüftungswirkung im Schuh generiert. Das Forschungsprojekt gliederte sich hauptsächlich in zwei Forschungsbereiche: Zum einen das Thema „Technische Umsetzung der Klimatisierung im Schuh“ und damit verbunden zum anderen das Thema „Energiegewinnung im/am Schuh“.

Die Entwicklung eines energieautarken Lüftersystems setzt die Wahl eines entsprechenden Energiewandlungssystems voraus. Eine Untersuchung möglicher Wandlungsprinzipien zeigte, dass ein potentieller Lüfter vorteilhaft elektronisch betrieben werden sollte. Die untersuchten Energiewandlungsarten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Energiequelle	Wandlungsprinzip	Wandler (Beispiele)
Muskelbewegung	rein mechanisch	Getriebe
	elektrisch	Piezoelektrische Materialien, Dielektrische Elastomere
	elektromagnetisch	Generator (Dynamo)
	hydraulisch/pneumatisch	Turbine, Zahnradpumpe

— Wandlung der Bewegungsrichtung
— Wandlung der Energieform

Tabelle 1: Überblick über die untersuchten Energiewandlungsarten

Der menschliche Gang besteht aus dem komplexen Zusammenwirken vieler einzelner Bewegungen. Um einen Teil der beim Gehen aufgewendeten Bewegungsenergie in elektrische Energie zu wandeln, eignen sich besonders zwei Gangphasen – der Fersenauftritt und der Fersenabhub bzw. die damit einhergehende Abrollbewegung. In einem Schrittzklus sind dies die Ereignisse, mit den höchsten relativen Kraftaufkommen. Die Gewinnung von Energie aus der Gehbewegung erfolgt dabei nicht gleichmäßig, sondern, abhängig von der Gangart des Trägers, intervallförmig. Bei zügigem Gehen beträgt die Schrittfrequenz einer erwachsenen Person etwa 1Hz, was

einem Schritt pro Sekunde entspricht. Ausgehend von diesem Wert wurden zwei unterschiedliche Systeme entwickelt, welche es dem Träger ermöglichen, beim Gehen ausreichend Energie für den Betrieb eines kleinen elektrischen Lüfters zur Verfügung zu stellen.

Ergebnisse

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse wurde im Rahmen des Projektes das Funktionsmodell eines sogenannten „Lüfterschuhs“ gefertigt.



Abbildung 2: Im Projekt entwickeltes Funktionsmodell eines „Lüfterschuhs“

Dieser Schuh verfügt über ein energieautarkes Belüftungssystem, bestehend aus einem kleinen elektrischen Lüfter im Vorfußbereich und einem System zur Energiegewinnung im Fersenbereich. Die Wirksamkeit des Lüftungssystems konnte sowohl durch objektive Messungen als auch durch subjektive Beurteilungen von Probanden bestätigt werden. In Abbildung 3 ist repräsentativ der ermittelte Temperaturverlauf in einem Schuh mit und in einem baugleichen Schuh ohne Belüftungssystem während einer zweistündigen Tragebeanspruchung dargestellt.

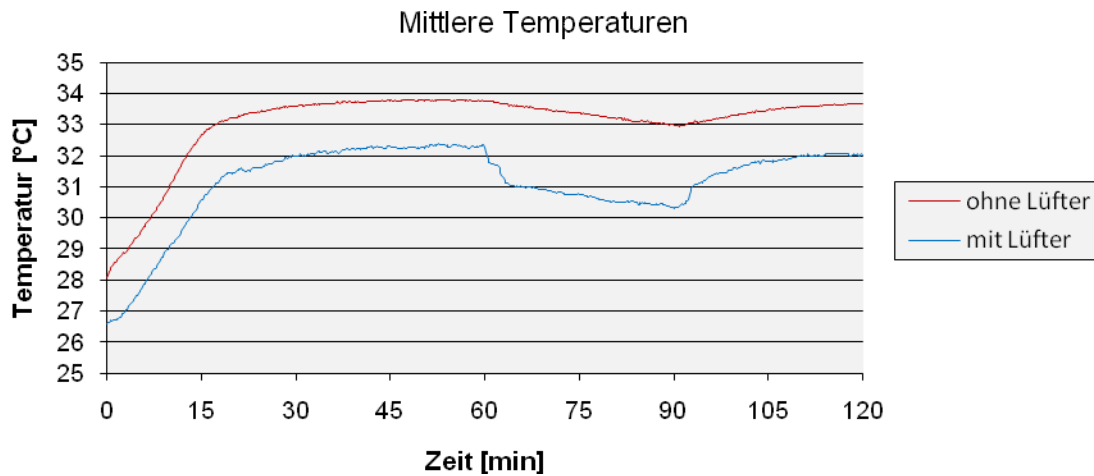


Abbildung 3: Temperaturverläufe im Schuh, mit und ohne Belüftung

Ausblick

In Anbetracht einer alltagstauglicheren Lösung sind weitere Optimierungsschritte erforderlich. Neben der Miniaturisierung der systemrelevanten Bauteile stellt die Integration aller Komponenten in den Schuh bzw. die optische Verschmelzung dieser mit dem Schuh, ein angestrebtes Ziel dar.

Wie Untersuchungen zeigen, wird bei zügigem Gehen mit dem in Abbildung 2 dargestellten Funktionsmodell mehr Energie gewonnen, als vom Lüfter benötigt wird. Dieser Überschuss an elektrischer Energie schafft die Voraussetzung für weitere Entwicklungsmöglichkeiten, wie z.B. eine sensorunterstützte Lüftersteuerung. Dabei würden sich im Schuh Temperatur - und Feuchtesensoren befinden, mit welchen es möglich wäre, die klimatischen Verhältnisse im Schuhinneren zu messen. Der Lüfter könnte demnach mittels eines Mikrocontrollers automatisch gesteuert werden und würde die Schuhinnentemperatur, z.B. nach einem definierten Wohlfühlbereich, regulieren.

Das IGF-Vorhaben 15743 N der Forschungsvereinigung Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e. V., Marie-Curie-Str. 19, 66953 Pirmasens, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und –entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Unser Dank geht an alle die dieses Projekt ermöglicht haben.