

C. Rotsch, S. Hanus, D. Schwabe, H. Oschatz, U. Möhring

Lösungen für die Medizin aus der Textilforschung

Solutions for Medicine from Textile Research

Neuartige funktionelle Spezialtextilien, die durch die Kombination von textilen mit textilfremden Technologien entstehen, stellen eine interessante Alternative zu herkömmlichen Systemen für die Medizin und Medizintechnik dar. Im Beitrag werden unterschiedliche Entwicklungen aus dem Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e. V. (TITV Greiz) vorgestellt. Diese betreffen zum einen 3-D-Textilstrukturen mit besonders guten bekleidungsphysiologischen und druckentlastenden Eigenschaften. Zum anderen werden Ansätze für eine Integration von Mess- und Stimulationsfunktionen in Textilien aufgezeigt, welche ebenfalls Bekleidungsphysiologie und Akzeptanz beim Träger verbessern.

New functional special textiles, resulting from a combination of textile and non-textile technologies, are an interesting alternative to conventional systems in medicine and medical technology. This article describes different developments of the Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e. V. (TITV Greiz) such as three-dimensional structures with outstanding clothing-physiological and pressure reducing properties. In addition first attempts for the integration of measuring and stimulation functions in textiles which also improve the physiological behaviour of the clothing and the acceptance of the user are reviewed.

Abstandsgewirke als Schockabsorber

Abstandsgewirke bieten gegenüber herkömmlich verwendeten Materialien wie Hartprotektoren oder Schaumstoffen viele Vorzüge. Im körpernahen Bereich verwendet, gewährleistet die atmungsaktive, klimatisierende und druckstabile räumliche Struktur einen optimalen Tragekomfort, der den konventionell eingesetzten Produkten fehlt.



Abb. 1 Hüftprotektoren mit Abstandsgewirke.

Zudem lassen sich die Abstandsgewirke mit stoßabsorbierenden Materialien zu Sandwich-Strukturen verbinden und damit optimale Dämpfungseigenschaften im Falle eines Sturzes erzielen (Abb. 1). Es entsteht ein Protektor, der einen hohen Tragekomfort mit einem idealen Schutz verbindet und folglich in der Praxis auch genutzt wird.

Dies ist besonders wichtig vor dem Hintergrund der Ergebnisse einer von der Schweizerischen Beratungsstelle für Unfallverhütung durchgeführten Studie, die den konventionellen Protektoren eine relativ geringe Trageakzeptanz

bescheinigt. Die Ursachen hierfür liegen in den Anwendungsproblemen der handelsüblichen Produkte begründet. Hartschalenprotektoren sind, in der Natur der Sache liegend, meist unflexibel und vermitteln ein unangenehmes Tragegefühl, während Schaumstoffschützer oft sehr dick auftragen und gerade von modebewussten Personen abgelehnt werden.

Die Zielstellung, tragekomfortable, leichte Hüftprotektoren unter Verwendung von textilen Komponenten zur Sturzprävention zu entwickeln, wurde im Rahmen eines öffentlich geförderten Forschungsprojektes des TITV Greiz umgesetzt. Die Prüfungen der Protektoren bei der EMPA St. Gallen gemäß des bfu-Reglements zeigten Erfolg versprechende Ergebnisse. Die neu entwickelten Protektormaterialien zeichnen sich durch ein geringes Gewicht, eine hohe Flexibilität, ein einfaches

Handling, eine gute Körperanpassungsfähigkeit, eine vergleichsweise geringe Dicke sowie durch gute bekleidungsphysiologische Eigenschaften aus.

Abstandsgewirke als Basis für aktiv heizbare Textilien

Im Rahmen eines weiteren Forschungsvorhabens im TITV (AiF 14542 BR) wurde untersucht, wie die druckentlastenden und thermophysiological Eigenschaften von Abstandsgewirken zusätzlich mit einem aktiven Heizeffekt kombi-

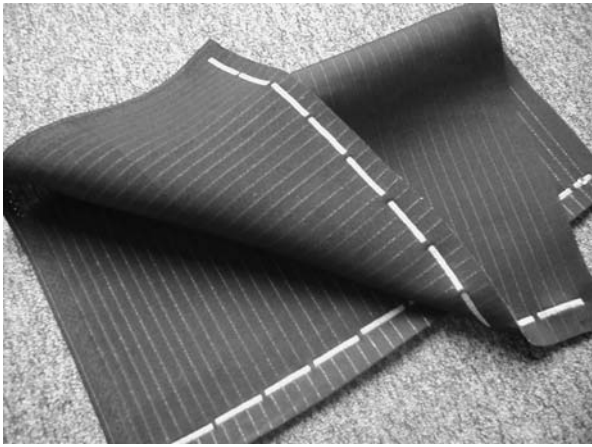


Abb. 2 Textile, heizbare Struktur auf Basis eines Abstandsgewirkes.

nirt werden können und auf welchem Wege sich flexible fadenförmige Heizleiter in ein Gewirke einarbeiten oder mit diesen kombinieren lassen. Dabei wurden drei Verfahren betrachtet: Kaschierung leitfähiger textiler Flächengebilde, Aufsticken leitfähiger Garnmaterialien und Einarbeitung leitfähiger Garnmaterialien in den Polbereich der Abstandsgewirke. Letzteres Verfahren erwies sich als am Erfolg versprechendsten.

Verschiedene elektrisch leitfähige, fadenförmige Materialien wurden bezüglich ihrer Eignung für textilbasierte Applikationen untersucht, wobei die Auswahl von Multifilament-Drahtmaterialien über Kohlenstofffasern bis hin zu metallisierten Polymermaterialien reichte. Weiterhin wurden Möglichkeiten zur Kontaktierung der heizenden Flächen untersucht, wobei hierbei der Schwerpunkt auf ökonomische Verfahrensweise und Reversibilität gelegt wurde (Abb. 2).

Das Forschungsvorhaben hat gezeigt, dass die Technologie der Einarbeitung von Heizleitern in den Polbereich von Abstandsgewirken ohne Vermauschungsprozesse ein Optimum darstellt. Anpassung der Heizleistung an den Einsatzzweck, Kontaktierungsfreiheit und ökonomische Herstellungsweise sind die überzeugenden Vorteile.

Die entwickelten Muster bewiesen durch die Messung der Wärme- und Temperaturverteilung an den

Oberflächen und durch die Ermittlung der bekleidungsphysiologischen Parameter ihre Eignung für Anwendungen im Bereich der Medizin (Hypothermieprävention) und auch Rettungswesen (Bergung von Unfallopfern aus Kälteregeionen). Durch eine Akkumulator gestützte Stromversorgung mit Regelung können mobile Systeme entwickelt werden, deren Vorteile im geringen Gewicht, der hohen Fle-

xibilität und der großen Funktionssicherheit liegen.

Bestickte Einlegesohlen aus Abstandsgewirken

Die besonderen hautphysiologischen und druckentlastenden Ei-

Atmungsaktivität und auch Feuchtleitung besitzen. Das Fußklima kann durch derartige Materialien nur bedingt positiv beeinflusst werden. Im Gegensatz hierzu entwickelte das TITV Greiz die Möglichkeit der sticktechnischen Erzeugung von Reflexpunkten oder -flächen auf einer Einlegesohle. Durch die Auswahl geeigneter sticktechnischer Parameter konnten Massagepunkte mit unterschiedlichen Härten und Dimensionen auf der Sohle frei eingesetzt und positioniert werden.

Mit gezielten punktuellen sticktechnischen Strukturierungen können individuelle Stimulationen des Fußes durch Hoch-Tief-Effekte erreicht werden. Die gestickten Strukturen können in Geometrie, Härte, Höhe, Position und flächigem Ausmaß individuell variiert werden.

In Zusammenarbeit mit dem Arbeitsmedizinischen Präventionszentrum Erfurt wurden verschiedene

Sohlen mit unterschiedlicher sticktechnischer Strukturierung getestet und alle Varianten positiv hinsichtlich des Tragekomforts und des Massage- und Stimulationsempfindens bewertet. Die Abbildungen 3a-c zeigen eine Auswahl der im Trageversuch identifizierten Vorzugsvarianten.

Ergänzend zu den Trageversuchen wurden Druckverteilungsmessungen mit einem Druckmesssystem am TITV Greiz durchgeführt. Mithilfe entsprechender Messsohlen können die bestickten Einlegesohlen bezüglich ihrer Druckwirkung auf den Fuß direkt am Probanden

bewertet werden. Eine verbesserte Druckverteilung durch die gewirkten 3-D-Strukturen kann hierbei in allen Versuchen, im Vergleich zu Messungen ohne Einlegesohle, nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass stimulierende Druckpunkte durch die gestickten Massagestrukturen erzielt werden können. Bei einem annähernd gleichen Druckmittelwert über die gesamte Fläche kann eine partielle

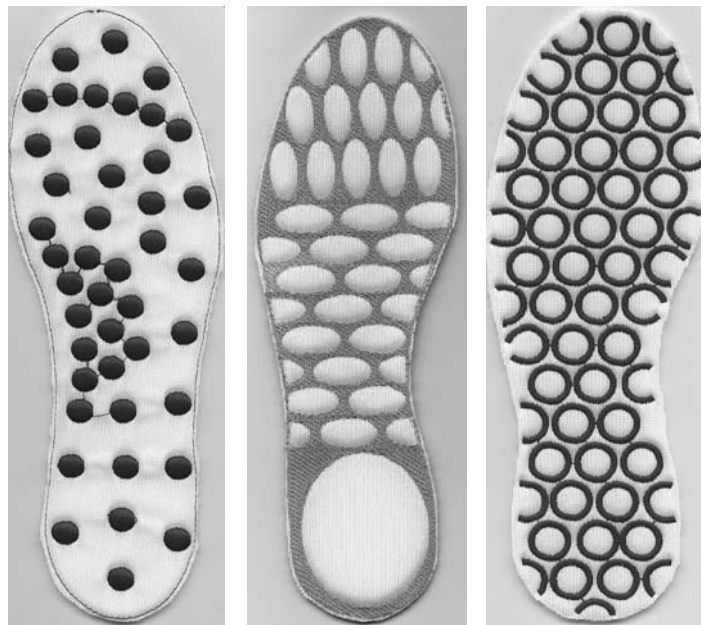


Abb. 3 Auswahl der Vorzugsvarianten bezüglich der Trageversuche; a) Noppen, b) Ellipsen, c) Ringe.

enschaften von Abstandsgewirken bilden ebenfalls die Basis der neu entwickelten Sohlengeneration mit sticktechnisch erzeugten Reflexpunkten.

Ein Großteil der marktüblichen Sohlen wird heute mit Zusatznutzen „beworben“. Üblicherweise handelt es sich bei den bisher eingesetzten Sohlensubstraten um Leder, Kunststoff, Silikon oder Polymer-Textil-Verbundmaterialien, welche nur eine sehr geringe

Druckerhöhung von bis zu 20 Prozent erzielt werden (Abb. 4).

Je nach Präferenzen des Trägers bietet sich ein breites Feld verschiedener individuell sticktechnisch strukturierter Einlegesohlen mit Wohlfühleffekt.

Die Verwendung von reinen textilen Produkten sorgt für ein angenehmes Klima im Schuh. Der Komfort kann somit gesteigert werden. Zur Erzeugung der Massagepunkte auf der Einlegesohle bietet die Technologie des Stickens wesentliche Vorteile gegenüber den am Markt üblichen Lösungen, wie beispielsweise Prägen und Beschichten. Die gestickten Stimulationspunkte können hinsichtlich der Härte definiert eingestellt sowie auf der Fläche individuell dimensioniert und positioniert werden. Nicht zuletzt bietet die hochwertige Applikation auch neue Design-Aspekte. Als Sohlensubstrat bieten die eingesetzten Abstandsgewirke optimale bekleidungsphysiologische als auch druckentlastende Eigenschaften. Weitere wichtige Merkmale funktionaler gewirkter 3-D-Strukturen betreffen die Feuchtleitfunktion sowie über den spezifischen Materialeinsatz steuerbare Sonderfunktionen. Hierzu zählen bioaktive Wirkung, aktive Heizfunktion und definiertes bielastisches Verhalten.

Textilbasierte und textilintegrierte Sensoren

Neben den bereits vorgestellten funktionellen Medizintextilien bieten die Entwicklungen im Bereich der leitfähigen Textilien neue Möglichkeiten zur Integration verschiedener klassischer Sensorsysteme, zum Beispiel zur Erfassung von EKG, EMG oder auch Temperatur in körpernahe Bekleidung. Ein neuer Ansatz des TITV Greiz ist die Integration von flexiblen Drucksensoren zur Überwachung des Kompressionsdruckes, welcher zum Beispiel von Kompressionsstrümpfen oder -verbänden auf den menschlichen Körper aufgebracht wird. Dies bietet bei der medizinischen Kompressionstherapie zur Behandlung venöser und lymphatischer Erkrankungen neue Möglich-

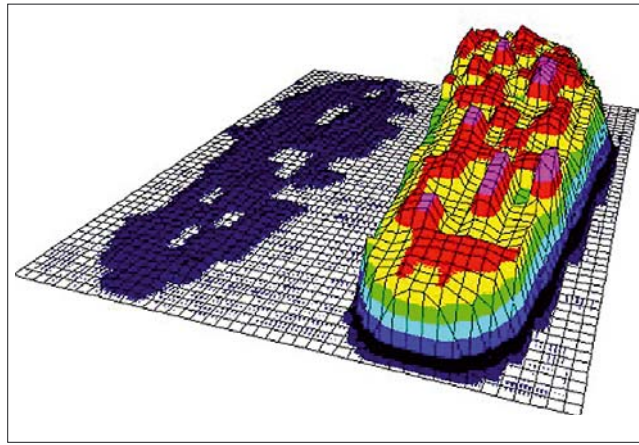


Abb. 4 Druckverteilungsmessung, Muster Noppe.

keiten bei der Planung und Überwachung.

Ziel der Arbeiten des TITV Greiz [1, 2] war die Entwicklung eines flexiblen Druckmesssystems, welches neben den technischen Anforderungen an Zuverlässigkeit und Genauigkeit auch Anforderungen an den Tragekomfort, wie Flexibilität/Dehnbarkeit, Luftdurchlässigkeit und Feuchtetransport erfüllt. In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Westsächsische Hoch-

Zur Druckmessung wird ein piezoresistiver Sensor mit integrierter Temperaturüberwachung eingesetzt. Somit ist neben der Drucküberwachung auch eine zusätzliche Temperaturerfassung unter einem Kompressionsverband oder Strumpf möglich. Über ein Sensor-Interface zur digitalen Datenverarbeitung erfolgt die Erfassung und Auswertung der Druck- und Temperatursignale der eingesetzten Sensoren in Echtzeit.

Eine textile Integration der Sensoren wurde über eine gewebte Busstruktur mit eingearbeiteten leitfähigen Garnmaterialien realisiert. Hier konnten durch den Einsatz einer IC-Schnittstelle beliebig viele Sensoren über Steckkontakte verbunden und digital ausgelesen werden. Dieses Sensorband kann an ein Bekleidungsstück, wie beispielsweise einen Strumpf, adaptiert beziehungsweise die Busstruktur auch direkt in eine textile Fläche

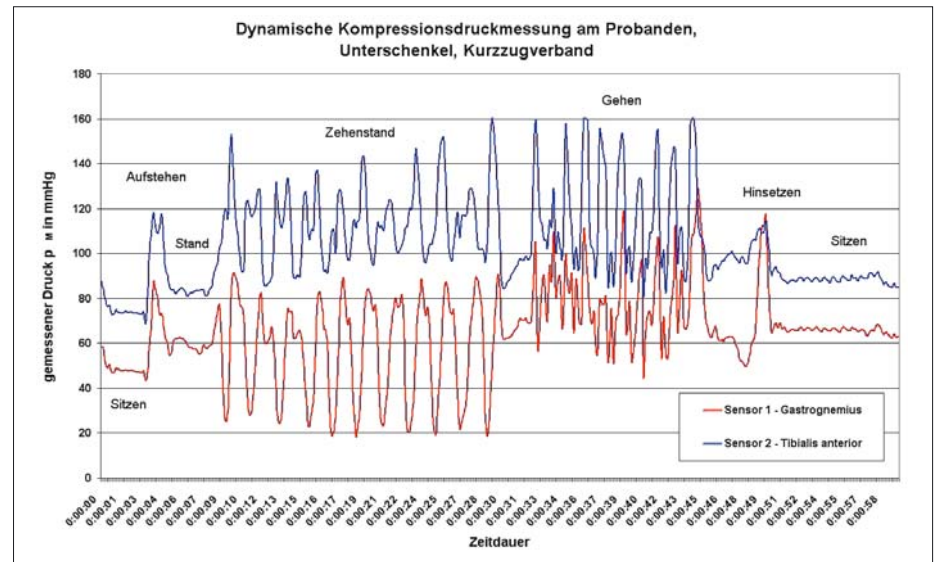


Abb. 5 Dynamische Kompressionsdruckermittlung am Probanden.

schule Zwickau und Technischer Service Jens Saupe aus dem Bereich der Mikrosystemtechnik wurde ein Druckmesssystem entwickelt, das neben den technischen Anforderungen an die Sensoren und die zugehörige Elektronik auch weitere Ansprüche an eine sinnvolle Integration des Messsystems erfüllt. Hierzu zählen beispielsweise die Integration der Daten- und Energieleitungen in ein entsprechendes Trägertextil.

(gewebt oder gestrickt) integriert werden.

Da die medizinische Kompressionstherapie mit Kompressionsbinden oder -strümpfen häufig an den unteren Extremitäten stattfindet, wurde das Druckmesssystem vorerst für den Einsatz am menschlichen Bein konzipiert. Verschiedene Möglichkeiten einer textilen Adaption beziehungsweise einer Integration des Sensorbandes in einen Messstrumpf konnten aufge-

zeigt werden. Durch die Positionierung der eingesetzten Sensoren an therapeutisch relevanten Messstellen konnte der Druckverlauf vom Knöchel bis zum Oberschenkel registriert werden.

Der modulare Aufbau des Druckmesssystems und die Möglichkeit der freien Positionierung entsprechend der therapeutischen Anforderungen erlauben weitere Anwendungen im medizinischen und sportmedizinischen Bereich – überall dort, wo mittels Kompressionstextilien Druck auf den menschlichen Körper aufgebracht wird. Mögliche Einsatzfelder werden neben der Kompressionstherapie (Abb. 5) beispielsweise im Bereich der Orthesen gesehen.

Textilbasierte aktuatorische Elektroden zur Muskelstimulation

Neben der Integration oder Adaption von sensorischen Funktionen bieten leitfähige Textilien die Möglichkeit zum Aufbau von aktuatorischen Systemen wie Heizsysteme, aber auch textile Elektroden für die Elektromyostimulation. Diese flexiblen aktuatorischen Elektroden, die im Gegensatz zu den üblichen Elektrodensystemen direkt in verschiedene Trägermaterialien, wie zum Beispiel Bandagen, integriert sind, bieten einige Vorteile gegenüber den klassischen Elektrodensystemen [3]. Die optimale und einfache Positionierung und Fixierung der Elektroden, in Form von Bandagensystemen oder auch anderen Bekleidungsstücken, ist hierbei ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal. Durch die zusätzliche Integration der elektrischen Leitungen in das Trägertextil wird die Bewegungsfreiheit der Patienten verbessert. Die immer wieder entstehenden Kosten für die Neuanschaffung der Klebeelektroden entfallen durch die Waschbarkeit und Desinfizierbarkeit der neuartigen Elektrodensysteme. Besonders bei Langzeitanwendungen bieten die textilen Elektroden ein weites Einsatzfeld. Die textilen Eigenschaften erhöhen den Tragekomfort und dementsprechend die Patientencompliance deutlich. Gleichzeitig werden Unverträglichkeiten durch den verwendeten Klebstoff vermieden. Die besseren thermophysiolo-



Abb. 6 Proband mit textilen Elektroden und Klebeelektroden.

gischen Eigenschaften von textilen Strukturen führen zu einer geringeren Schweißbildung und einer besseren Atmungsaktivität im Vergleich zu den wasserundurchlässigen Klebe- oder mit Gummibändern fixierten Kunststoff- oder auch Metallelektroden. Die Textilelektroden wurden den textiltypischen Prüfungen, wie zum Beispiel auf Wasch- oder Scheuerbeständigkeit, in Zusammenhang mit der Überwachung der elektrischen Eigenschaften der leitfähigen Strukturen unterzogen. Für einen Vergleich der textilen Elektroden mit klassischen Klebeelektroden wurden zusätzlich Versuche zur Ermittlung des Impedanzverhaltens an einem technischen Hautmodell durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Laboruntersuchungen belegten ein vergleichbares Impedanzverhalten von Klebe- und Textilelektrode im untersuchten Frequenzbereich.

Neben den Laboruntersuchungen erfolgten auch bereits erste Probandentests am Institut für Physiotherapie des Universitätsklinikums Jena. Hierfür wurden zusammen mit dem Projektpartner textile Elektrodensysteme für eine Stimulation

der Oberschenkelmuskulatur entwickelt und getestet.

Für die vergleichenden Untersuchungen von Klebe- und Textilelektrode wurde eine entsprechende Prüfprozedur entworfen, bei der unterschiedliche therapeutisch relevante Strom- beziehungsweise Therapieformen an vorerst 25 Probanden im Bereich des Oberschen-

kels verglichen wurden. Jeweils ein Bein wurde mit textilen Elektroden, das andere Bein mit klassischen Elektroden versorgt. Neben der neuromuskulären Elektrostimulation im Mittelfrequenzbereich und der transkutanen elektrischen Nervenstimulation erfolgte auch die Erfassung des EMG als Biofeedbackmethode. Neben der Erfassung von Hautwiderstand und -temperatur erfolgte eine subjektive Einschätzung durch die Probanden (Visuelle Analogskala).

Die Ergebnisse der Probandenversuche belegen, dass Klebeelektroden und textile Elektroden ein vergleichbares Verhalten bezüglich der Untersuchungsparameter zeigen (Abb. 6). Aktuell werden die Versuche mit den Elektroden in Form von Labor- und Probandentests fortgesetzt. Ziel der Arbeiten ist die Zulassung der Elektroden als Medizinprodukt der Klasse 2a.

Für die Autoren:

Christian Rotsch
Textilforschungsinstitut Thüringen-
Vogtland e.V.
Zeulenrodaer Str. 42
07973 Greiz

Literatur:

- [1] Offenlegungsschrift, DE 100 2007 020 247 A1, Intelligente textilbasierte Drucksensoren für die Erfassung von Druckverteilungen unter medizinischen Kompressionsbinden und Kompressionsstrümpfen
- [2] Rotsch, C., H. Oschatz, U. Möhring, J. Saupe, J. Grimm: Intelligente textilbasierte, flexible Drucksensoren, Melliand Textilberichte, Heft 3/4, 2008
- [3] Rotsch, C., S. Hanus, H. Oschatz, U. Möhring, T. Werner, B. Loosberg, U. Smolenski, K. Gnewuch: Gezielte Muskelstimulation für physiotherapeutische und sportmedizinische Anwendungen mittels textiler Elektrodensysteme, Vortrag ORTHOPÄDIE + REHA-TECHNIK, 21.–24. Mai 2008, Leipzig.