

Entwicklung neuartiger stichhemmender Schutzbekleidung unter Nutzung von endlofaserverstärkter additiver Fertigung – Zusammenfassung zum IGF-Forschungsprojekt 21622 BR

Dominik Müns^{ID}, Yordan Kyosev^{ID*}

Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten, Institut für Textilmaschinen und Hochleistungswerkstofftechnik (ITM), Technische Universität Dresden, Deutschland

*E-Mail-Adresse des korrespondierenden Autors: yordan.kyosev@tu-dresden.de

INFO

CDATP, ISSN 2701-939X
Communication
2024, Vol. 5, No. 1, pp. 102-106
DOI 10.25367/cdatp.2022.5.p102-106
Received: 26 Juni 2024
Accepted: 26 Juni 2024
Available online: 26 Juni 2024

Übersetzung auf Deutsch

Schlüsselwörter

Stichschutz,
Schutzbekleidung,
Schutzfläche,
Körperscan,
Sicherheitskleidung

ABSTRAKT

Diese Kommunikation stellt eine Übersicht der Ergebnisse aus dem IGF-Forschungsprojekt 21622 BR „Entwicklung neuartiger, stichhemmender Schutzbekleidung unter Nutzung von endlofaserverstärkter additiver Fertigung“ dar. Es sind die einzelnen Schritte der Bearbeitung und die weiterführenden Veröffentlichungen zusammengefasst.

© 2024 Die Autoren. Veröffentlicht von CDATP.

Dies ist ein Open-Access-Artikel unter der CC-BY-Lizenz <https://creativecommons.org/licenses/> Peer-Review unter der Verantwortung des wissenschaftlichen Komitees des CDATP.

© 2024 CDATP. Alle Rechte vorbehalten.

Übersicht der Projektergebnisse

Im Rahmen des IGF-Forschungsprojekts 21622 BR wurde ein Schutzpaneel basierend auf bioinspirierten, skalierbaren Interlocking-Strukturen konzipiert und umgesetzt, welches die Basis für eine individuell gefertigte Stichschutzweste bildet. Die Realisierung dieser Schutzeigenschaften erfolgte durch den Einsatz additiver Fertigungsverfahren und die Applikation von Interlocking-Strukturen direkt auf Textil. Dies resultierte in einer optimalen Kombination aus hoher Schutzeffizienz und hohem Tragekomfort der Weste, charakterisiert durch geringes Gewicht, hohe Flexibilität und individuell angepasst an die menschliche Körperform.

Anstelle der bisher in Schutzwesten verwendeten starren Schutzplatten wird eine innovative, körperformabhängige Segmentierung von bioinspirierten Interlocking-Strukturen aus Hochleistungs-

fasermaterialien entwickelt. Das methodische Vorgehen fasst die Analysen von Menschen, Textilien und Verstärkungsstrukturen in mehreren Schritten zusammen (Abb. 1).

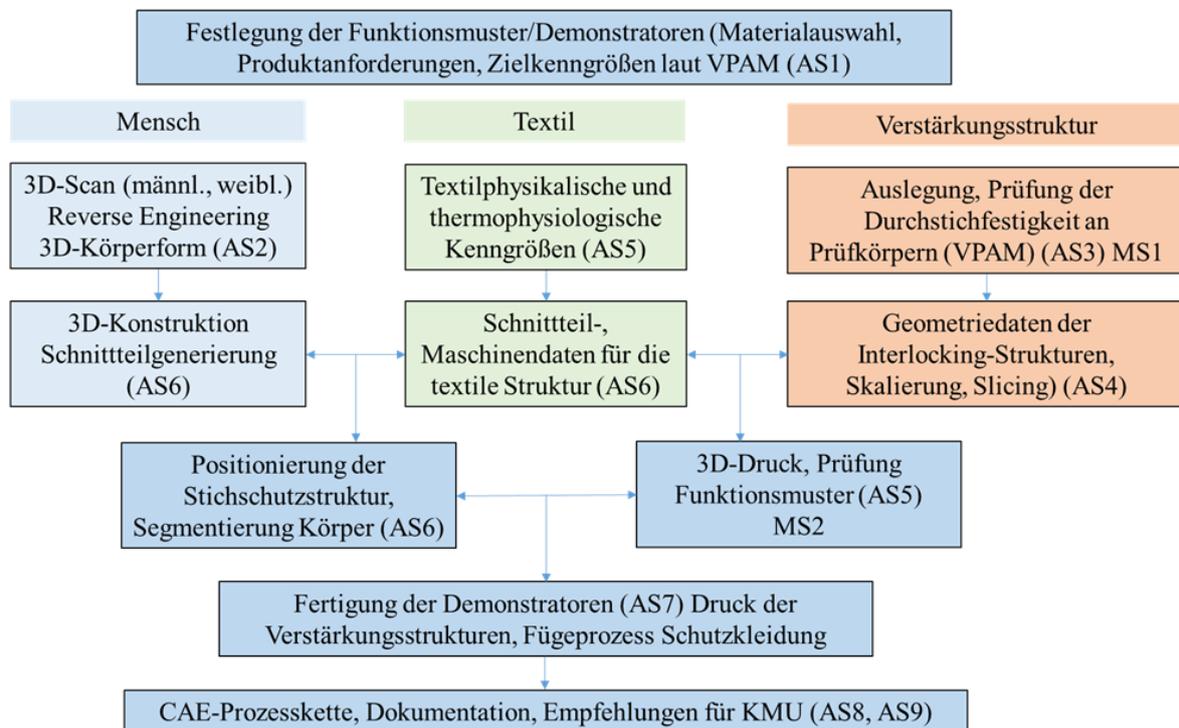


Abb. 1 Methodisches Vorgehen.

Im ersten Prozessschritt wurde mittels 3D-Scanning und Reverse Engineering die menschliche Körperform in 3D-CAD-Modelle transformiert (Abb. 2):



Abb. 2 Datenaufbereitung nach dem 3D-Body-Scan: a) von der initialen Erfassung des Anwenders als Punktwolke über b) die automatische Generierung eines homologen Meshs (Polygons) bis zur c) finalen Darstellung des untexturierten Modells.

Diese Modelle bilden das Fundament sowohl für die Generierung der Schnittteile der Schutzweste als auch für die Platzierung der stichhemmenden Strukturen. Für die individuelle Skalierung und Ausrichtung der Interlocking-Strukturen wurde eine innovative, automatisierte Methode zur Ermittlung der Körperkrümmung entwickelt (Abb. 3), die auf Nutzung von 4D-Scannern [1] und einer nachfolgenden Bearbeitung der Netze [2] basiert.

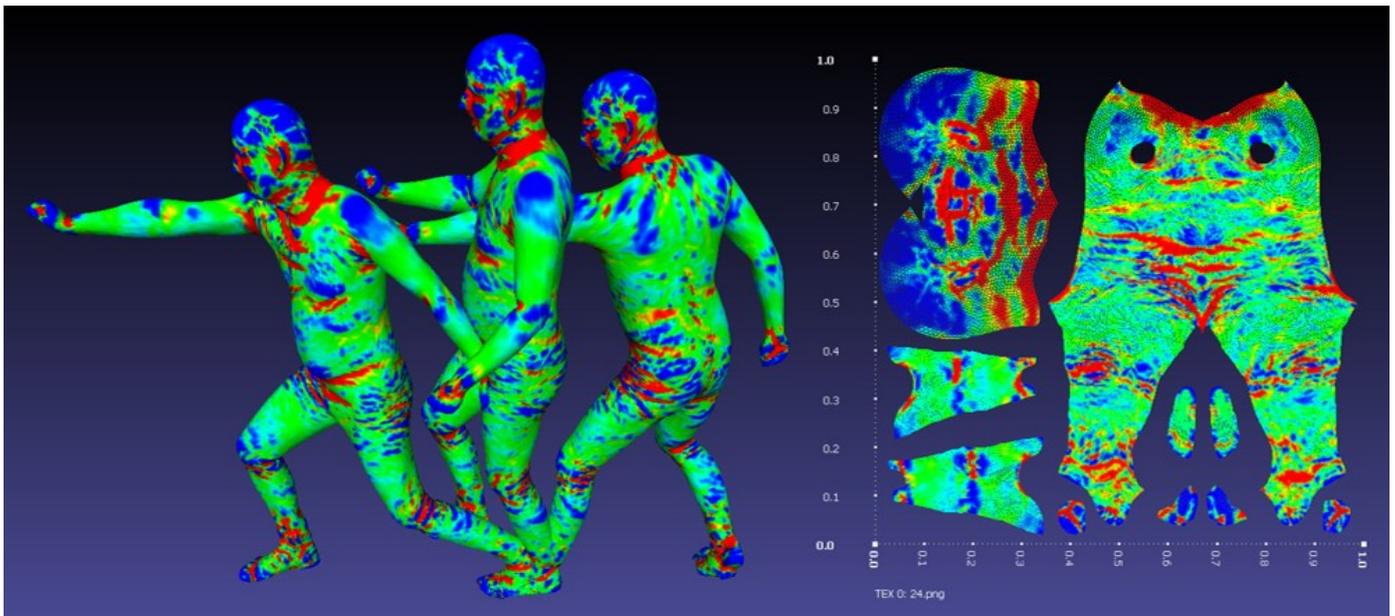


Abb. 3 links: drei Frames einer defensiven Bewegung mit visualisierter Krümmungsanalyse; rechts: Unwrapping des 24. Frames, welcher die Bereiche intensiver Krümmungen in abgewickelter Darstellung zeigt

Diese Methode ermöglicht zusätzlich die Erfassung und Berechnung von Körperkrümmungen, die sich in spezifischen Bewegungsszenarien, wie beispielsweise einer abwehrenden Haltung oder beim Ziehen einer Waffe, zeigen [3].

Es wurden mehreren Interlocking-Muster für die stichhemmenden Strukturen entwickelt und durch das additive Fertigungsverfahren „Composite Filament Fabrication“ produziert (Abb. 4).

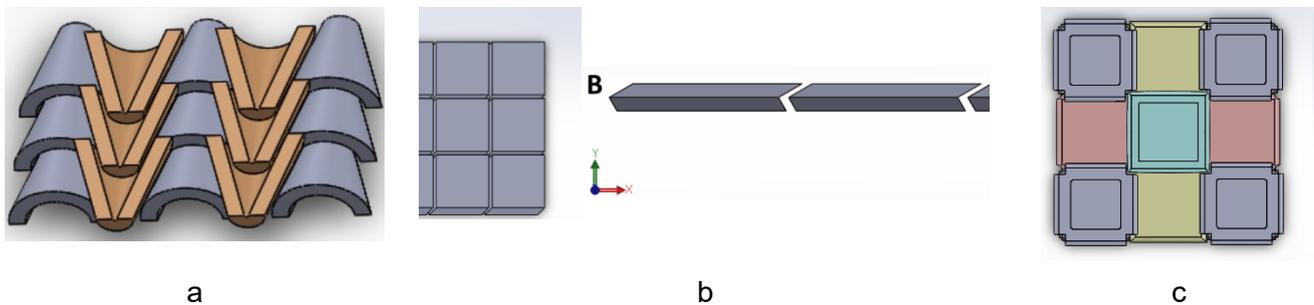


Abb. 4 Ansicht von drei Baugruppen: a) doppelagige Tunnelstruktur; b) flache quadratische Struktur mit Fugen; c) Variante einer flachen Struktur mit Gelenken.

Die Muster wurden gemäß der deutschen VPAM-Norm getestet. Um eine optimale Schutzwirkung zu erreichen, wurden diverse Prozessparameter, darunter die Anzahl der Verstärkungsschichten, Faservolumengehalt und Faserorientierung, sorgfältig aufeinander abgestimmt. Abb. 5 zeigt einen Teil der Ergebnisse, aus denen zu entnehmen ist, dass sowohl das flache Muster mit 4 mm Dicke als auch die konvexe Struktur mit 4 mm die Energie gut aufgenommen haben und das Messer die maximal zulässige Durchstichtiefe von 20 mm nicht erreicht hat.

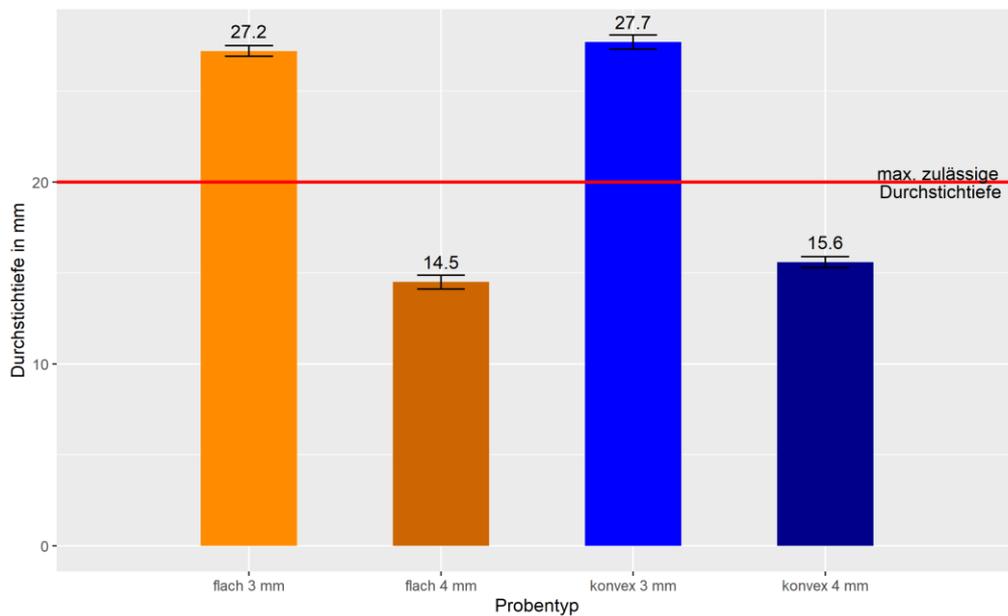


Abb. 5 Durchstichtiefe von runder und konvexen Strukturen.

Dadurch wurde die Schutzklasse K1 der VPAM-Norm erfüllt. Aus wirtschaftlicher Perspektive wurde besonderes Augenmerk auf den Direktdruck der Strukturen auf ein Textilträgermaterial gelegt. In diesem Zusammenhang wurden verschiedene Textilien hinsichtlich ihrer Wechselwirkung mit der aufgetragenen Hochleistungspolymermatrix auf Adhäsion analysiert und entsprechende Druckprozessparameter festgelegt. Die Kombination der entwickelten Interlocking-Strukturen (final bestehend aus additivem Kohlenstoff Faser Filament (CFF) mit Polymermatrix und Kohlenstoff-Endlosfasern) und dem Direktdruck auf dem textilen Trägermaterial führte zur Entstehung eines individuell gefertigten Schutzpanels, das speziell auf die gekrümmten Körperkonturen optimiert ist [4,5]. In einem abschließenden Verarbeitungsschritt wird dieses Schutzpaneel konfektionstechnisch in eine Außenhülle integriert. Für diese Hülle wurden zusätzliche Hochleistungsmaterialien charakterisiert und eingesetzt. Gesamtheitlich wurde nicht nur ein erweiterter Stichschutz, sondern auch eine Steigerung des ergonomischen, thermophysiologicalen und hautsensorischen Komforts erreicht.

Im Zuge der Technologie- und Funktionserprobung wurde die gesamte Prozesskette, beginnend beim Scanning über die Körperkrümmungsanalyse bis hin zur Konfektionierung, systematisch erarbeitet, analysiert und im Verlauf des Forschungsverfahrens evaluiert (Abb. 6).

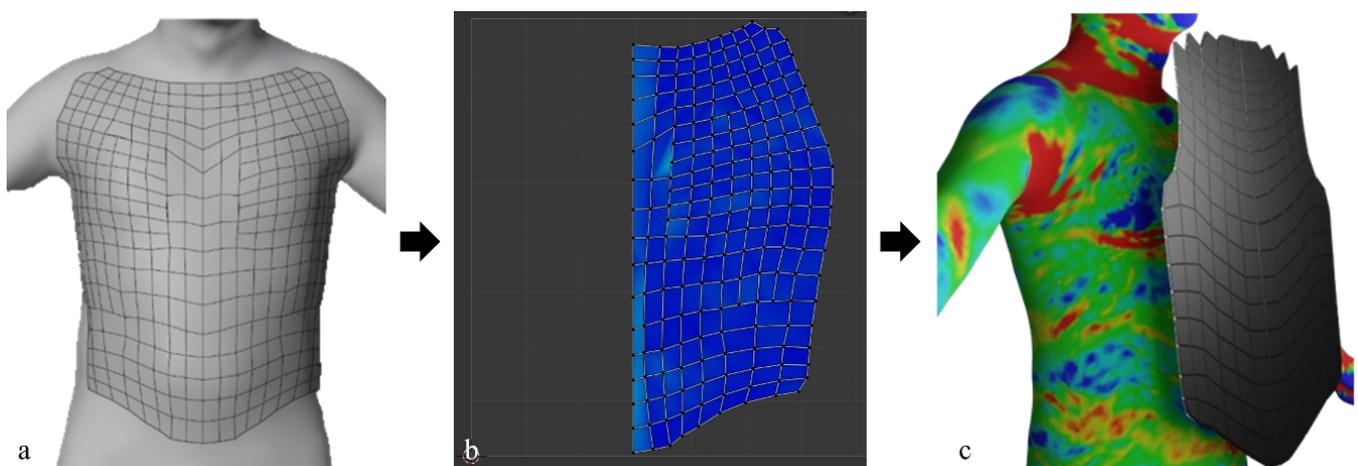


Abb. 6 Konturlinien der Schutzfläche interaktiv aufgezeichnet: a) 3D-Netz (Quad-Mesh) auf dem gescannten Körpers des Anwenders; b) Standard-Unwrap-Funktion der vorderen Schutzfläche in Blender mit einseitig dargestellten Verzerrungen; c) Körperkrümmung und Abwicklung als Grundlage für die Platzierung der Geometrien.

Das Endprodukt dieses Forschungsprojekts ist eine individuell angefertigte Stichschutzweste, deren Kernstück aus einem Schutzpaneel besteht. Dieses Panel beinhaltet durch additive Fertigungsverfahren hergestellte individuelle Interlocking-Strukturen unter Verwendung von endlosen Hochleistungsfasern aus Carbon. Die individuelle gefertigte Schutzweste setzt sich aus mehreren erweiterbaren Schutzsegmenten zusammen und deckt bisher ungeschützte Bereiche ab. Je nach spezifischer Bedrohungssituation können diese Schutzsegmente (Schulter, Hals, Flanken) modular zur Weste hinzugefügt oder entfernt werden. Somit kann der Schutz des Trägers erhöht werden, ohne den Tragekomfort zu beeinträchtigen.

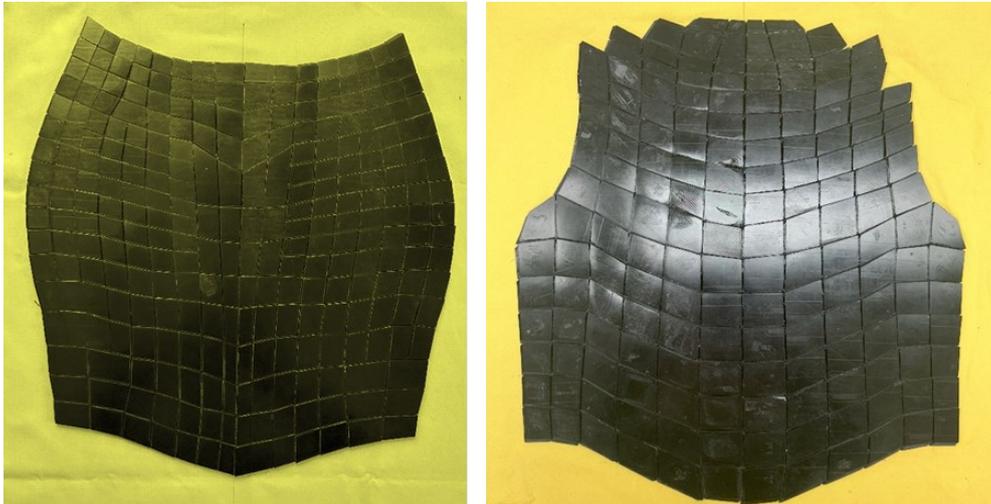


Abb. 7 Alternativer FDM-Druck mit einem Prusa-Drucker direkt gedruckt auf Textil. a) Vordere Schutzfläche; b) hintere Schutzfläche.

Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung der Förderer: Das IGF-Forschungsprojekt 21622 BR der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e. V. Gefördert wird durch die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Referenzen

1. Muenks, D.; Kyosev, Y.; & Shuang, X. Curvature change of moving bodies and its application for development of protective elements for protective clothing. *Communications in Development and Assembling of Textile Products* **2023**, 4(2), 132–140. DOI: <https://doi.org/10.25367/cdatp.2023.4.p132-140>
2. Kyosev, Y., Muenks, D.; Kunzelmann, F. Possibilities for analysis of the motion comfort of protective clothing using high speed (4D) body scanning. In *Proceedings of the 10th European Conference on Protective Clothing*; Kuklane K., Mertens, C., Eds.; Zenodo, 2023; pp. 50–51. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7944474>.
3. Muenks, D.; Pilgrim, J.; Kyosev, Y. Possibilities for qualitative evaluation of the protection area of protective clothing. *Communications in Development and Assembling of Textile Products* **2022**, 3(2), 156–162. DOI: <https://doi.org/10.25367/cdatp.2022.3.p156-162>.
4. Muenks, D.; Eckelmann, L.; Kyosev, Y. Non-planar 3D printed elements on textile substrate using a fused filament fabrication 3D printer. *Autex Research Journal* **2022**, 23(4), 495-503. DOI: <https://doi.org/10.2478/aut-2022-0026>
5. Muenks, D.; Sprenger, A. M.; Kyosev, Y. Design of additively manufactured composite elements with long and short fiber reinforcements for improved stab protection. In *Proceedings of the 20th European Conference on Composite Materials – Composites Meet Sustainability* (Vol 1-6), vol. 2, EPFL Lausanne, Composite Construction Laboratory, 2022; pp. 1108–1114.