

KURZVERÖFFENTLICHUNG

Fluorfreie atmungsaktive Textil-Laminatsysteme auf Basis mikroporöser Polypropylenmembranen für Schutz- und Funktionsbekleidung (19284 N)

Autoren:	Dr. Volkmar v. Arnim Dr.-Ing. Jürgen Seibold Nemanja Stipic M.Sc. Ingo Windschiegl M.Sc. Miriam Scheffelmeier M.Sc. Dr. Edith Claßen PD Dr.-Ing. Thomas Stegmaier Dr.-Ing. Martin Dauner Prof. Dr.-Ing. Götz T. Gresser
Forschungsstellen:	Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf Hohenstein Institute für Textilinnovation (HIT) Zentrum für Management Research Denkendorf
Erschienen:	07.06.2019
Bearbeitungszeitraum:	01.01.2017 – 31.12.2018

Zusammenfassung

Preisdruck, ökologisches Bewusstsein sowie wachsende gesetzliche Anforderungen fordern insbesondere die KMU in der Wertschöpfungskette von Funktionsbekleidung mit mikroporösen atmungsaktiven Laminaten heraus. Die Entwicklungen in diesem Projekt zu Laminaten aus Membranen und Trägertextilien umfassten die Erzeugung von hydrophoben Feinstfaservliesstoffen, welche mittels Wasserstrahltechnik oder Ultraschallkalandrierung auf Polyestergewebe aufgebracht wurden. Alternativ dazu wurde eine mikroporöse Polypropylen (PP)membran via Hotmeltlaminierung mit den Gewebetragern verbunden. Diese verschiedenen Laminaten wurden mittels marktverfügbaren fluorfreien Hydrophobausrüstungen imprägniert. Die Laminatsysteme zeigen einen ähnlichen Tragekomfort wie die bisherigen fluorhaltigen Systeme bzgl. Wasserdampf- und Wärmedurchgangswiderstand.

Für die entwickelten innovativen vliesstoffbasierten Membranen aus extrem feinen Fasern wurden im Vergleich zu etablierten Systemen deutliche Kosteneinsparpotenziale bei ihrer Herstellung und Laminierung aufgezeigt. Sie rascheln nicht und sind dadurch beim Tragen besonders leise. Lamine auf Basis mikroporöser PP-Folien waren neben ihrer Funktionalität besonders vorteilhaft in der Ökobilanz. Eine Analyse der Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit bestätigte die Notwendigkeit der angestrebten Alternative zum Einsatz von Fluorchemie deutlich. Durch Multi-Kriterien Analyse wurden die Stärken und Schwächen der hergestellten Varianten für verschiedene Szenarien aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht bewertet. Es wurde bestätigt, dass für eine gute Wasserabweisung fluorhaltige Imprägnierungen der Gewebe durch marktverfügbare fluorfreie Alternativen ersetzt werden kann und somit insgesamt PFC-freier Kleidung möglich ist.

Die Ergebnisse dienen KMU, um umweltfreundlichere Funktionsbekleidung zu entwickeln. Wirtschaftlich nutznießende Unternehmen sind vor allem Hersteller von Funktionsbekleidung, Textilien, Vliesstoffen, Membranen sowie Maschinenbauer.

Ergebnisse

Mikroporöse atmungsaktive Membranen tragen erheblich zur Schutzfunktion und zum Tragekomfort von Textilien bei und werden stets in Kombination mit einem textilen Oberstoff eingesetzt. Die Verbindung zwischen Oberstoff und Membran hat eine entscheidende Bedeutung für die Funktionalität und die anwendungsspezifischen Gebrauchseigenschaften. Es gilt, eine möglichst hohe Haftung zwischen Oberstoff und Membran zu erreichen, ohne die Barrierefunktion und den Wasserdampfdurchgang der Membran einzuschränken.

Forschungsziel war die Erarbeitung von Basiswissen und Verfahren zum Laminieren mikroporöser Polypropylen-Meltblow- und -folienmembranen als wasserabweisende atmungsaktive Barrirelage in textilen Verbundsystemen für Funktions- und Schutzbekleidung (Abbildung 1). Der Vorteil von mikroporösen Membranen aus Polypropylen und Polyester gegenüber dem häufig verwendeten Fluorpolymer ist die geringere Umweltbelastung bei ihrer Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung. Arbeitshypothese war, dass PP-basierte mikroporöse Membranen wirtschaftliche, ökologische, technische und funktionelle Vorteile gegenüber etablierten Membranen auf Basis von PTFE oder Polyurethan haben. Um dieses Innovationspotenzial voll

auszuschöpfen wurde der Wissensstand über die Verarbeitung der PP-Membranen zu textilen Laminaten und deren Funktionalität erweitert.

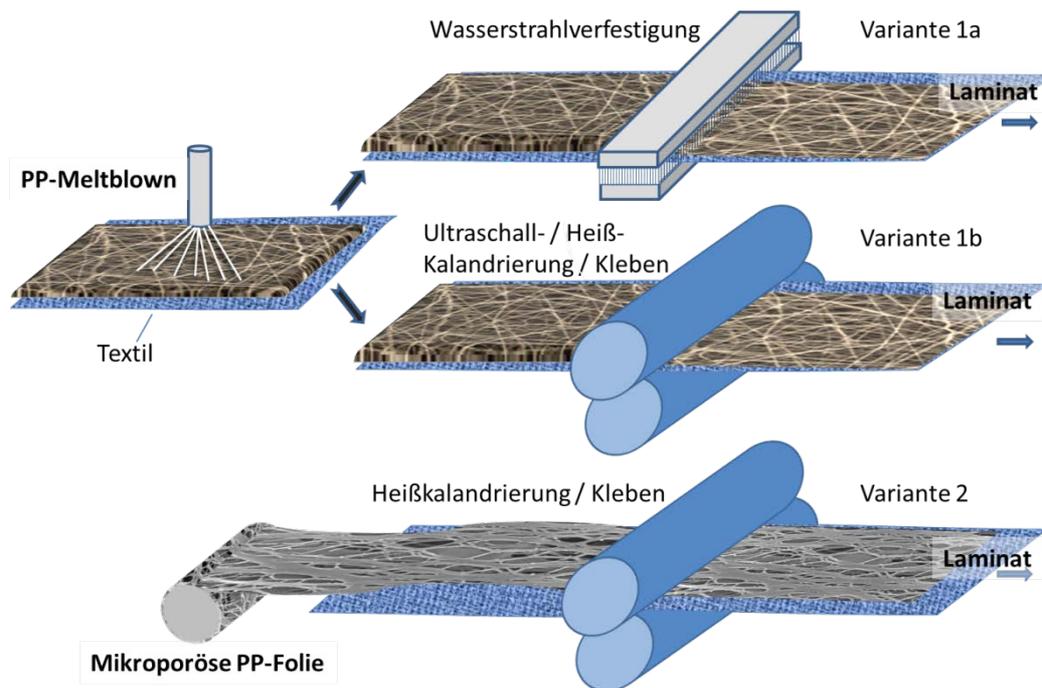


Abbildung 1: Technologische Basislösungsansätze zur Laminatherstellung im Projekt

Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten lag auf der Herstellung und Charakterisierung zweilagiger Laminatsysteme, wie sie im Sport- und Freizeitbereich üblich sind. Im Forschungsvorhaben wurden dementsprechend die Fügetechniken Kalandrierung, Ultraschallschweißen und Verklebung sowie Wasserstrahlverfestigung verglichen und auf ihre Eignung zur Herstellung atmungsaktiver textiler Laminatsysteme mit mikroporösen PP-Membranen mit bekleidungsphysiologischem und akustischem Komfort untersucht. Bewertungskriterien waren Verfahrensparameter wie Prozesseffizienz, Prozesssicherheit und Verbundhaftung sowie praxis- und anwendungsspezifische Parameter wie Wasserdampfdurchlässigkeit, Wasserabweisung, Wärmedurchgangswiderstand, Raschelneigung im gefügten Zustand und nach Beanspruchung durch Waschen.

Laminatentwicklung

Laminatvarianten zwischen einer mikroporösen PP-Membran und dem Oberstoffgewebe wurden entsprechend dem üblichen Verfahren mittels Polyurethan-Hotmelt (8 g/m²) und Gravurwalze realisiert. Hierzu wurde das Lacom Multi Purpose Beschichtungs- und

Laminierwerk eingesetzt. Laminiert wurden je Prozess ca. 30 m Gewebe mit 50 cm Gewebebreite bei 2 m/min. Die Laminierung gelang ebenfalls bei Versuchen in Produktionsgeschwindigkeit von 20 m/min. (Abbildung 2)



Abbildung 2: Aufschnelzen des Hotmelts und Übertragung von der Gravurwalze auf die mikroporöse Membran

Bei den Laminatvarianten mit einer mikroporösen Membran und Nutzung der Hydrophobierungsmittel konnten Systeme generiert werden, die bezüglich der Durchlässigkeit (Wassersäule > 750 mbar, Wasserdampfdurchlässigkeit max. 7.500 g/m²d) die Mindestanforderungen erfüllen konnten. Jedoch reduzierte sich die Atmungsaktivität durch die Hydrophobaausrüstung proportional zur Hydrophobaufgabe, durch die es teilweise zum Verschluss der Poren kam. Nichts desto trotz konnten diese fluorfreien Varianten hinsichtlich Waschbeständigkeit und Festigkeit des Laminatverbundes überzeugen.

Für die Vliesstoff-basierten Laminare wurden der Grundvliesstoffe aus den Materialien PP und Polybutylenterephthalat (PBT) mittels Meltblowtechnik generiert. Diese Vliesstoffe (20 – 40 g/m²) wurden durch die Verfestigungsverfahren Wasserstrahltechnik und Ultraschallkalandrierung mit den Geweben verbunden.

Meltblowvliesstoffe aus PP konnten aufgrund der hohen Hydrophobie nicht im Wasserstrahlverfahren verarbeitet werden. Sie wiesen auch nicht die gewünschte Belastbarkeit auf. Die PBT-Varianten mussten zusätzlich zur üblichen Vliesherstellung noch mittels thermischer Infrarot-Nachbehandlung verfestigt werden, um einen Warentransport zur Laminatherstellung zu ermöglichen (Abbildung 3).

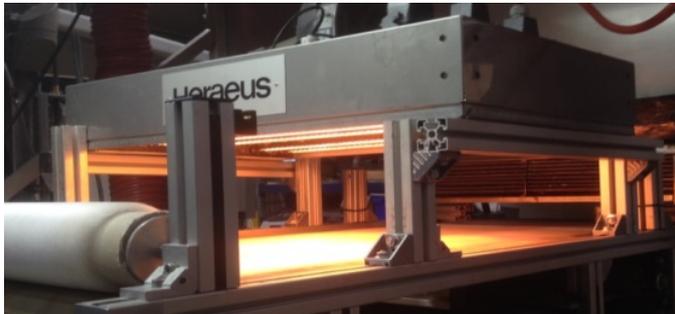


Abbildung 3: Meltblownachbehandlung mittels IR-Strahler

Vliesvarianten aus der hydrophoben Polyestertypen konnten trotz funktionierender Laminierung nicht die Mindestgrenze der Wasserdichtigkeit (nach EN 20811) von 1,5 m erreichen. Dabei veränderte die nachträgliche Hydrophobierung die Eigenschaften nicht in relevantem Maß. Wenngleich die Durchlässigkeit von Wasserdampf, Luftdurchlässigkeit und Festigkeit vielversprechende Ansätze zeigte müssen an dieser Variante noch weitere Entwicklungen und Optimierungen getätigt werden, um eine Produkttauglichkeit zu ermöglichen.

Folien- und vliesbasierte Laminatsysteme wurden seitens des Hohenstein-Instituts bezüglich Tragekomforts untersucht. Die Laminatsysteme zeigen einen ähnlichen Komfort wie die bisherigen fluorhaltigen Systeme bzgl. Wasserdampfdurchgangswiderstand und Wärmedurchgangswiderstand. Die Raschelneigung war vor allem bei vliesbasierten Membranlaminaten stark verringert (Abbildung 4).

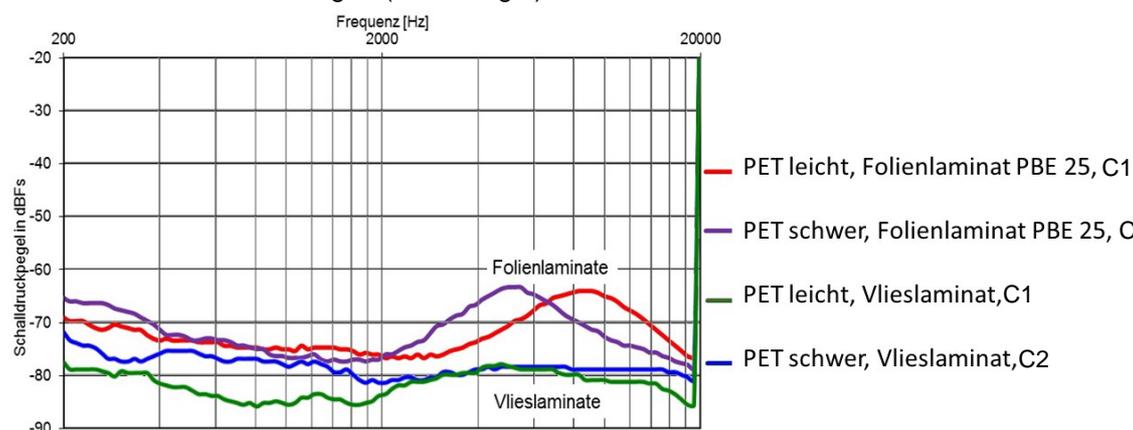


Abbildung 4: Vergleich der Schalldruckpegel von verschiedenen Folien- und Vlieslaminaten mit leichtem und schwerem Gewebe und unterschiedlicher Hydrophobierung (C1 und C2)

Ökobilanzierungen und Prozesswirtschaftlichkeitsbetrachtung

Schwerpunkt der Arbeiten an der Forschungsstelle III (DITF-MR) war die datenbank-basierte Versuchsdokumentation mittels Web-Plattform, Ökobilanzierungen und wirtschaftliche sowie funktionelle Prozessbewertungen anhand von Prozessmodellen mit Masse- und Energieflüssen (Abbildung 5). Über die Systemgrenzen des Projekts und dessen Entwicklungskern hinausgehende Aspekte wie die LCA Daten des eingesetzten PP-Granulats bzw. der bestehenden PP-Folien-Membran, wurden zusätzlich betrachtet (Cradle-to-Gate-LCA). Die Nutzungs- und End-of-Use Phase wurden aus der Cradle-to-Gate Analyse ausgeklammert.

Tabelle 1 zeigt die Stückliste der Herstellungsvarianten standardisiert für 1 m² Laminatfläche, mit dazugehörigen Materialien, welchen für die Herstellung der Mustervarianten verwendet wurden. Die Stückliste enthält leichte Gewebe (S1), schwere Gewebe (S2), PP Membranen (V1-20), PBT Membranen (V2-40), PBE 25 Folien (F25), PDA 40 Folien (F40), Klebstoff, sowie zwei unterschiedliche wasserabweisende Chemikalien (C1, C2). Ebenso ist zu bemerken, dass die zwei Materialien, PP Membran (V1-20) und PDA 40 Folie (F40) nicht für die Mustervarianten verwendet, da diese wegen schlechten technischen Qualitätsmerkmalen nicht weiter berücksichtigt wurden.

Tabelle 1 Stückliste der Herstellungsvarianten standardisiert für 1 m² Laminatfläche

Variante (1 m ²)	Teil	Material	Flächengewicht	
Fluorfreie Lamine Variante 1a	Gewebe	1. Polyester Leicht (S1) 2. Polyester Schwer (S2)	110 168	g/m ² g/m ²
	Membran	1. PP (V1-20) 2. PBT (V2-40)	40 40	g/m ² g/m ²
	Chemikalien	1. Chemikalie (C1) 2. Chemikalie (C2)		
Fluorfreie Lamine Variante 1b	Gewebe	1. Polyester Leicht (S1) 2. Polyester Schwer (S2)	110 168	g/m ² g/m ²
	Membran	1. PP (V1-20) 2. PBT (V2-40)	40 40	g/m ² g/m ²
	Chemikalien	1. Chemikalie (C1) 2. Chemikalie (C2)		
Fluorfreie Lamine Variante 2	Gewebe	1. Polyester Leicht (S1) 2. Polyester Schwer (S2)	110 168	g/m ² g/m ²
	Folie	1. PBE 25 (F25) 2. PDA 40 (F40)	10,3 16,5	g/m ² g/m ²
	Klebstoff	Klebstoff Polyurethan	8	g/m ²
	Chemikalien	1. Chemikalie (C1) 2. Chemikalie (C2)		

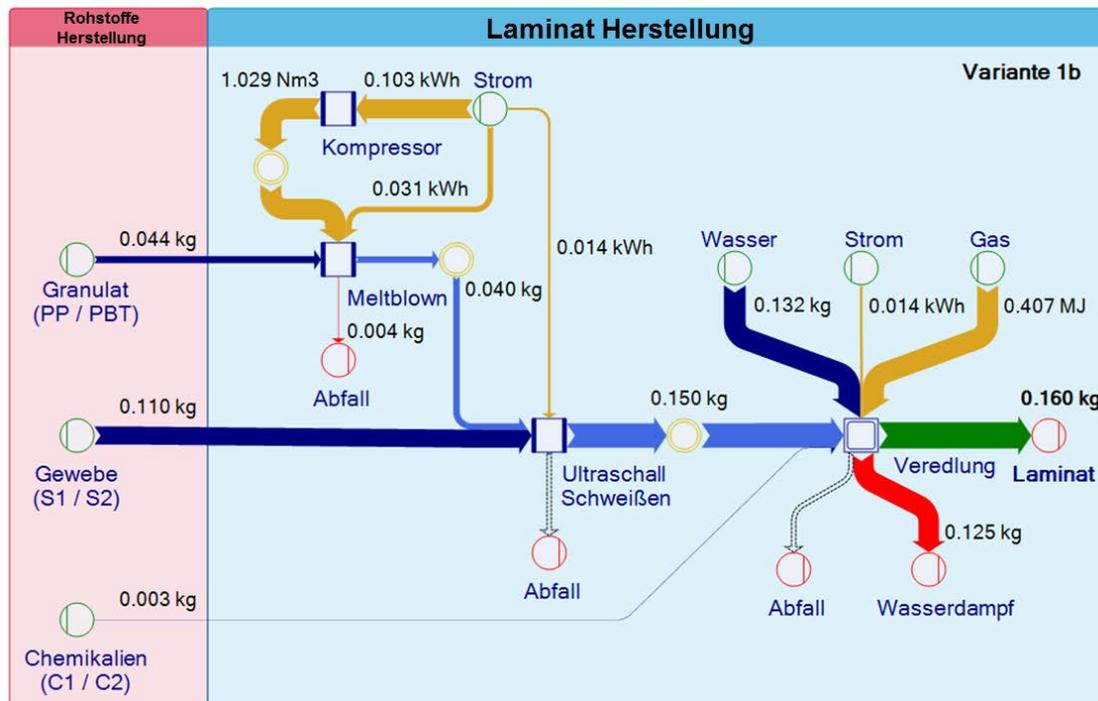


Abbildung 5. Modell des Herstellungsprozesses für Variante 1b in Umberto LCA+, Massenansicht

Abbildung 6 zeigt das Treibhauspotenzial (in kg CO₂-Äquivalente) der unterschiedlichen Mustervarianten. Die Ergebnisse werden mit derselben Logik wie bei der vorherigen Abbildung beschrieben. Die meisten CO₂ Emissionen kommen von der Gewebeherstellung. Die Mustervarianten mit schwerem- und leichtem Gewebe lassen sich einfach differenzieren. Weil der Anteil des Gewebes immer der gleiche ist, werden im Weiteren nur die anderen Herstellungsprozesse analysiert. In den Grafiken auf der rechten Seite ist zu erkennen, dass die geringsten CO₂ Emissionen von der technischen Variante V2 verursacht werden.



Abbildung 6. Vergleich des Treibhauspotenzials unterschiedlicher Mustervarianten

Zum Abschluss der Projektbearbeitung wurden verschiedene Materialkombinationen, wie im Projekt bearbeitet, als Demonstrator konfektioniert. Mit Hilfe des projektbegleitenden Ausschussmitgliedes, Fa. Schöffel, wurden drei Jacken aus ausgerüsteten Laminaten generiert (siehe Abbildung 7).



Abbildung 7: Demonstratorjacke mit vliesbasierter Membran. Ultraschallkalandriert zur Verbindung mit dem Polyestergewebe

Hinter atmungsaktiven Membranen steckt auch für KMU ein bedeutender Markt. Die Wachstumsraten in diesen Märkten sind weiterhin hoch, auch wenn entscheidende Entwicklungen, wie die Entwicklung der mikroporösen Gore-Membran bereits 40 Jahre zurück liegen. 2009 betrug die Wachstumsrate des Marktes für wasserdichte atmungsaktive Textilien 8% [1]. Eine Untersuchung des Umweltbundesamts ergab für den deutschen Markt eine Jahresproduktion von ca. 80 Mio. Freizeitfunktionsjacken und ca. 2 Mio. Jacken im KMU-dominierten Bereich Arbeitsschutz. Weitere Abschätzungen ergaben einen Anteil von ca. 12% an atmungsaktiv ausgerüsteten Jacken und darunter ca. 40% mit PTFE-Membranen [2]. Daraus folgt eine Jahresproduktion an atmungsaktiven Membranen für den deutschen Funktionsjackenmarkt im Bereich von ca. 20 Mio. m². Funktions- und schutzbekleidungsherstellende Unternehmen für die Marktsektoren Chemikalienschutz, Keimschutz, Berufsbekleidung mit Witterungsschutz, sowie Vliesstoffhersteller und Maschinenbauer sind zu einem erheblichen Anteil KMU. Aber auch unter Herstellern von

-
- [1] Fan, Jintu, and L. Hunter. Engineering Apparel Fabrics and Garments. Cambridge, U.K.: Woodhead, 2009. Print.
- [2] Knepper, T.P. et al., Understanding the exposure pathways of per- and polyfluoralkyl substances (PFASs) via use of PFASs-Containing products – risk estimation for man and environment, 2014 www.umweltbundesamt.de/publikationen/understanding-the-exposure-pathways-of-per,

Funktionsbekleidung und mikroporöser Membranen für die Märkte Freizeit-Outdoor-Bekleidung sind KMU zu finden. 2014 wurden in Deutschland für ca. 900 Mio. € (Endverbraucherpreise) Outdoor-Bekleidungsartikel umgesetzt [3,4]. Für 2017 wurde der europäische Markt für Outdoor-Bekleidung mit 2,94 Mrd. € ermittelt [5]. Die wirtschaftliche Bedeutung der angestrebten Forschungsergebnisse für KMU ist daher hoch. Wirtschaftlich nutznießende Unternehmen der Projektergebnisse in der Wertschöpfungskette sind vor allem Hersteller von Schutz- und Funktionsbekleidung sowie Textilhersteller, Maschinenbauer, Vliesstoffhersteller und Membranhersteller. Gleichermaßen von Nutzen sind auch die ermittelten Daten zur Ökobilanz der untersuchten Materialien und Verfahren.

[3] BBE-Expertenstudie „Markt:Monitor Outdoor 2013“

[4] BBE Handelsberatung und Marketmedia24, „Markt:Monitor Outdoor 2015“, http://www.textile-network.de/news-and-trends/%E2%80%9Emarktmonitor-outdoor-2015%E2%80%9C_31025_de/

[5] State of Trade Report 2017, European Outdoor Group (2018)

Danksagung

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 19284 N der Forschungsvereinigung
Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 14-16,
10117 Berlin wurde über die AiF im Rahmen des
Programms zur Förderung der industriellen
Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund
eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
gefördert.

Unser Dank gilt außerdem folgenden Firmen für die freundliche Unterstützung:

bielomatik Leuze GmbH + Co. KG,
Bierbaum-Proenen GmbH & Co KG,
Blücher GmbH,
Bundesverband der deutschen Sportartikel-Industrie e.V.,
BWF Tec GmbH & Co. KG,
Herrmann Ultraschalltechnik GmbH & Co. KG,
Irema-Filter GmbH,
Industrieverband Veredlung - Garne - Gewebe -Technische Textilien e.V. (ivgt),
Jakob Weiß & Söhne,
Lacom GmbH,
Robatech GmbH,
Rökona Textilwerk GmbH,
Sabine Anton-Katzenbach/Textilberatung Hamburg,
Schöffel Sportbekleidung GmbH,
Systain Consulting,
Trans-Textil GmbH,
Trefan Germany GmbH & Co. KG,
UVEX ARBEITSSCHUTZ GmbH,
W.L. Gore & Associates GmbH,
WUMAG TEXROLL GmbH & Co. KG,

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens 19284 N ist an den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) erhältlich.

Ansprechpartner

Volkmar. v. Arnim, volkmar.arnim@ditf.de]