

Hybride Strick-Wirk-Technologie

zur Umsetzung von Strukturen mit definiert einstellbarem bimodularen Verformungs- und Beanspruchungsverhalten

Sven Hellmann, Jakob Melzer, Carmen Sachse und Chokri Cherif

Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden

Abstrakt

Das abgeschlossene Forschungsprojekt „GeDeKe“ der Industriellen Gemeinschaftsforschung hat eine völlig neue und hochproduktive Technologie zur Integration von Kettmaschenfäden in Flachgestricke hervorgebracht. Die Forschungsergebnisse verdeutlichen, dass das Zugverhalten durch die zusätzliche Bindung der aus dem Kettwirkverfahren bekannten Kettfäden und durch die Wahl der Bindungselemente ab 10 % Dehnung bedarfsgerecht eingestellt werden kann. Die entwickelte Technologie nutzt die nadelgenaue Maschenbildung, um Kettfäden Nadel für Nadel präzise als Masche oder Henkel in ein Standardgestrick einzubinden. Dadurch wird nicht nur eine hohe Produktivität erreicht, sondern auch eine solide Methode zur Herstellung neuer Flachstrickprodukte geschaffen.

Einleitung und Problemstellung

Die Flachstricktechnik eignet sich für die Herstellung von individuellen, atmungsaktiven und perfekt sitzenden Produkten. Ständig neue Trends in der Sport- und Freizeitbekleidung werden geschaffen. Die maschinen- und bindungsseitig zugrundeliegenden Technologien müssen jedoch kontinuierlich weiterentwickelt werden, um die Innovationskraft weiterhin zu steigern. Im wachstumsorientierten Markt der technischen Textilien haben sich Flachgestricke in sehr unterschiedlichen Anwendungen etabliert, unter vielen anderen als Kompressionstextilien mit einem sehr hohen Marktanteil. Kompressionsstrümpfe müssen bspw. ein angepasstes Kraft-Dehnungsverhalten in Umfangsrichtung des Beins und damit ein spezifiziertes Kompressionsverhalten dauerhaft gewährleisten. Beispielsweise muss die Kompression aus medizinischen Gründen, klassenabhängig vom Fuß aufwärts zum Oberschenkel hin abnehmen. Mit zunehmender Kompression nimmt jedoch auch die zum Anziehen erforderliche Zugkraft zu, so dass sich das Gestrick während des Anziehens in Längsrichtung lokal und global dehnt. Dies führt zunehmend zur Überdehnung der Garne in den nicht-reversiblen Bereich. Nach der Entlastung verbleibt ein nicht-reversibler Dehnungsanteil in der Gestrickstruktur, was u. a. die Passform, die Dauerhaltbarkeit und damit die therapeutische Wirksamkeit über der Nutzungsdauer beeinträchtigt. Die Überdehnung führt auch dazu, dass die Maschen reißen und folglich Löcher und Laufmaschen entstehen. Mit der bisherigen Flachstricktechnologie und den etablierten Bindungen kann allerdings nur eine minimale Einstellbarkeit der Dehnung in Maschenstäbchenrichtung erreicht werden.

Zielsetzung

Ziel war es, eine fortschrittliche Flachstricktechnologie zu entwickeln, die es ermöglicht, Kettmaschenfäden nach dem Prinzip des Kettwirkens gezielt in konventionelle Gestricke einzubinden. Damit sollen die Dehnungseigenschaften in Maschenstäbchenrichtung präzise steuerbar werden,

um z. B. die Dauergebrauchseigenschaften von Kompressionstextilien u.v.m. zu verbessern. Der daraus abgeleitete Forschungsbedarf umfasst die Entwicklung eines stricktechnischen Verfahrens zur Einbindung der Kettfäden, die simulationsgestützte Beanspruchungsanalyse der Gestricke mit und ohne Kettfäden, die exemplarische Umsetzung der Maschinenteknik zur Herstellung der neuen Gestricke sowie deren umfassende textilphysikalische Charakterisierung, insbesondere des damit erzielbaren Kraft-Dehnungsverhaltens.

Projektdurchführung und Ergebnisse

Mit Unterstützung von Experten aus der Industrie wurden systematisch Anforderungen und Lösungsansätze für die Bindungstechnik von Flachgestriken mit zusätzlich eingearbeiteten Kettmaschenfäden und ein daraus abgeleitetes Lastenheft entwickelt. Dieses umfasst u. a. die Definition von drei Funktionsmustern und einem repräsentativen Demonstrator. Den Ausgangspunkt bildete eine Grundstruktur, ein Rechts/Links-Standardgestrick ohne Kettfäden. Die Grundstruktur dient als Referenz für die vergleichende Charakterisierung der Kraft-Dehnungsverhaltens. Das erste Funktionsmuster entsteht durch die Integration der Kettmaschenfäden in die Grundstruktur, wobei zunächst die Integration von fünf Kettmaschenfäden vorgesehen wurde. Die weiteren Funktionsmuster resultieren aus der Integration der Kettmaschenfäden in eine bzw. in beide Deckflächen eines Abstandsflachgestricks. Aus den Funktionsmustern wurde ein repräsentativer Demonstrator abgeleitet. Angestrebt wurde ein endkonturgerechtes, kniehohes Flachgestrick, das bspw. als komplex geformtes Kompressionstextil für medizinische oder sportliche Zwecke fungiert.

Für eine umfassende Bewertung der anvisierten Einstellbarkeit der Dehnungseigenschaften wurden u. a. die Bindungselemente „Fanghenkel“ und „Plattiermasche“ untersucht. Die Abbildung 1 zeigt die daraus konzipierten Bindungen und den Fadenlauf der Grundstruktur sowie der Kettmaschenfäden. Insbesondere kombiniert die Abbildung gleichzeitig die traditionellen Darstellungsweisen von Gestrick- und Kettengewirkebindungen. Die Abbildung 1a) illustriert den Fadenlauf einer Fanghenkel-Bindung, wobei sich die untersuchten Varianten darin unterscheiden, dass der Kettfaden entweder in jeder oder in jeder dritten Maschenreihe eingebunden ist. Die dargestellten Varianten 1b) folgen demselben Konzept, nutzen jedoch das Bindungselement Plattiermasche.

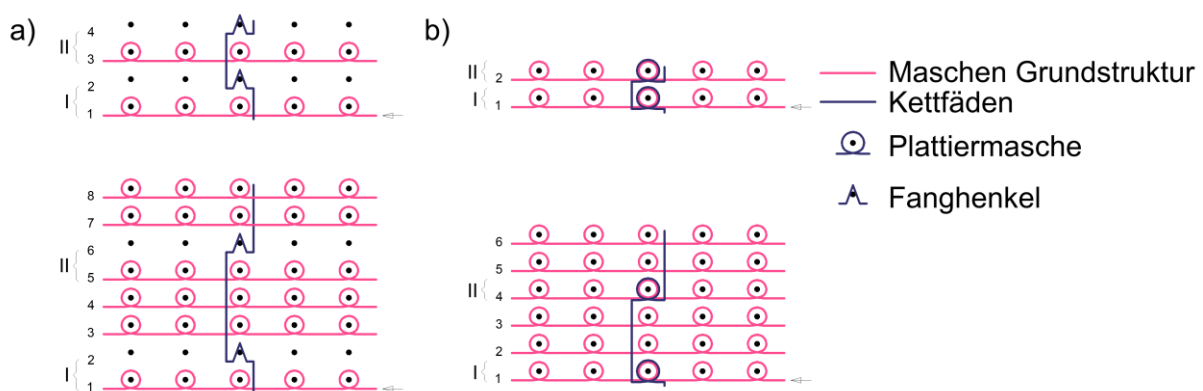


Abbildung 1: Bindung und Fadenlauf entweder in jeder (oben) oder in jeder dritten (unten) Maschenreihe für a) der Fanghenkel-Bindung und b) der Plattiermaschen-Bindung

Die Strickvorgänge zur Fertigung solcher Bindungen können je nach eingesetzter Maschinenteknik unterschiedlich sein. Unter Verwendung kommerzieller Flachstrickmaschinen sind immer

mehrere Strickoperationen über mehrere Maschenreihen (vgl. lateinische und römische Ziffern) notwendig. Die experimentellen Arbeiten ergaben mindestens den zeitlichen Faktor 2 gegenüber der Bildung der Grundstruktur. Damit verbunden sind erhebliche Produktivitätseinschränkungen je nach Anzahl der einzubindenden Kettfäden. Im Rahmen der Anwendung von VDI-Richtlinien wurden demgegenüber Anforderungen definiert, die sicherstellen, dass die zu entwickelten Konzepte sowohl technisch als auch wirtschaftlich tragfähig sind. Eine wesentliche Forderung ist daher die Bevorzugung von Konzepten, die keine Produktivitätseinbußen mit sich bringen.

Angesichts dieser Herausforderung mussten im Rahmen der geplanten Verfahrensentwicklung Konzepte entwickelt werden, die weit über den derzeitigen Stand der Technik hinausgehen. Nach einer eingehenden Bewertung und der Berücksichtigung zusätzlicher Anforderungsspezifikationen und technischer Kriterien wurde eine technologische Vorzugslösung für die hochproduktive Integration der Kettmaschenfäden erarbeitet. Die Vorzugslösung sieht vor, dass die Kettfäden entsprechend der stricküblichen Maschenbildung Nadel für Nadel parallel zur Bildung der Grundstruktur in die jeweilige Stricknadel eingelegt und abgebunden werden. Die dazu notwendigen Bewegungen müssen somit synchron zur Bewegung jeder einzelnen Stricknadel, definiert vor- und nachteilend entsprechend der Kulierkurve des Strickschlittens und der umzusetzenden Bindungselemente erfolgen.

Die technische Umsetzung der Vorzugslösung bedarf einer komplexen technischen Einrichtung bspw. in Form eines mechanischen oder elektromechanischen Getriebes zur Bewegungsrealisierung jedes Einlegeelementes sowie synchronisierte Bewegungsabläufe zum gewöhnlichen Maschenbildungsprozess und aller damit verbundenen Funktionen u.a. Strickschlittenbewegung, Musterung, Nadelauswahl, Bindung. Die weiteren Arbeiten fokussierten die konstruktive Entwicklung und Umsetzung der Vorzugslösung vgl. Abbildung 2a) sowie deren Komplettierung zu einer modularen Einrichtung bestehend aus einem Hauptfunktionsträger (1) und der funktionalen Einrichtung (2). Eine am ITM vorhandene Handflachstrickmaschine vgl. Abbildung 2b) wurde exemplarisch damit ausgerüstet. Alle Funktionen wurden im Forschungsumfeld durch mechanische Getriebe und bindungsabhängige Steuerkurven umgesetzt.

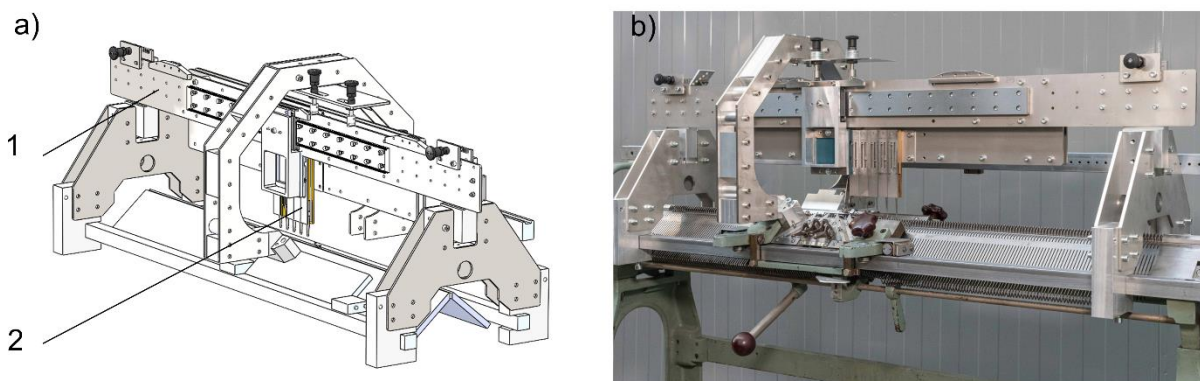


Abbildung 2: Darstellung der konstruktiven Entwicklung und Umsetzung der Vorzugslösung a) als CAD-Modell und b) exemplarische Integration in eine Handflachstrickmaschine

Auf der exemplarisch realisierten Maschinenteknik erfolgte die funktionelle Erprobung u.a. die Einstellung technologischer und bindungsabhängiger Parameter. Dies betrifft die Anordnung der Bindungselemente Plattiermasche, Fanghenkel, Flottung, Flottlänge und Bindungsrapport.

Die Abbildung 3a) zeigt eine Aufnahme während der Maschenbildung von Grundstruktur und der zu bindenden Kettfäden. Die Innovation besteht darin, dass die Maschenbildung der Grundstruktur und der Kettmaschenfäden mit nur einer Strickschlittenbewegung parallel zur Bildung der Grundstruktur erfolgt. Dadurch entstehen große Produktivitätsvorteile, da Strickoperationen über mehrere Maschenreihen vermieden werden. Final wurden die geplanten Funktionsmuster mit verschiedenen Bindungskombinationen gemäß der in Abbildung 1 dargestellten Bindungen und Flottierungen umgesetzt und für weitere Arbeiten, insbesondere die wichtige Kennwertermittlung bereitgestellt. Die Abbildungen 3b) zeigen gefertigte Gestricke mit eingebundenen, teilweise flottierenden Kettfäden, die als Plattiermaschen und Fangmaschen eingebunden sind.

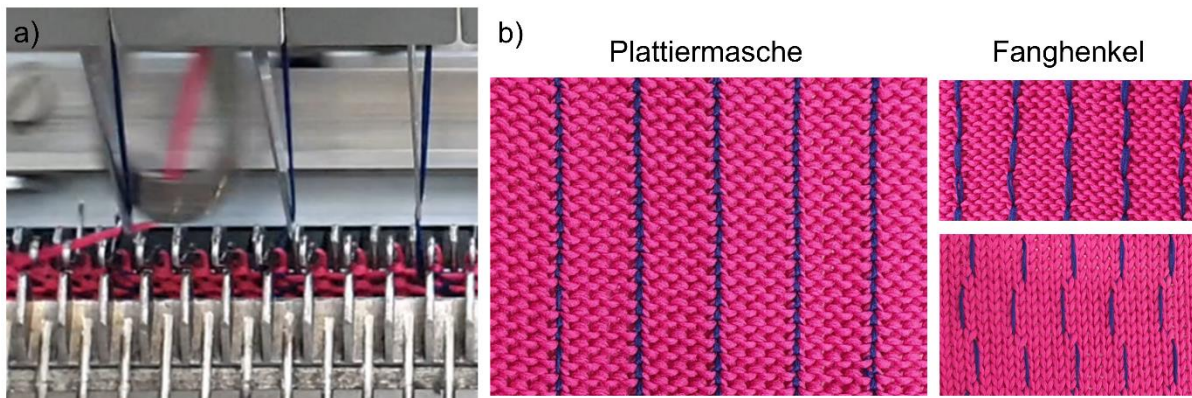


Abbildung 3: a) Maschenbildung mit der neuen funktionalen Einrichtung; b) Grundstruktur mit fünf als Plattiermasche in jeder Maschenreihe gebundene Kettfäden sowie als Fanghenkel in jeder dritten und fünften Maschenreihe gebundenen Kettfäden

Die praxistaugliche Übertragbarkeit der Vorzugslösung in vollautomatische Flachstrickmaschinen z. B. unter Verwendung leistungsfähiger mechatronischer Antriebe und deren bindingsabhängige Steuerung für die erforderlichen Bewegungsabläufe wurde während der Entwicklungsarbeiten sichergestellt. Zudem wurde eine hohe Prozesssicherheit nachgewiesen. Schlittengeschwindigkeiten bis zu 3 m/s sind auf Basis der durchgeführten Berechnungen möglich, sodass beste Voraussetzungen für die industrielle Realisierung der neuen Technologie bestehen.

Um die Beanspruchung der Funktionsmuster zu charakterisieren, wurden die realisierten Varianten in Anlehnung an die Norm DIN 53835-13 statischen und dynamischen Streifenzugversuchen unterzogen. Die Abbildung 4 zeigt das statistisch abgesicherte Kraft-Dehnungsverhalten der neuen Flachgestricke mit eingebundenen Kettfäden in jeder Maschenreihe mit den Bindungselementen Fanghenkel a) und Plattiermasche b) im Vergleich zur Grundstruktur. Die Variante Fanghenkel a) zeigt einen stark progressiven Steifigkeitsanstieg mit Beginn der aufgebrachten Kraft ab 5 % Dehnung. Die zunehmende Steifigkeit wirkt der Dehnung in Längsrichtung entgegen. Die notwendige Kraft nimmt bei 25 % Dehnung um etwa den Faktor 3 gegenüber der Grundstruktur zu und wirkt damit stark dehnungsbegrenzend. Die als Plattiermasche gebundenen Kettfäden, zeigen ein anderes signifikantes Verhalten, das bis ca. 25 % Dehnung mit der Grundstruktur übereinstimmt und ab 40 % Dehnung ansteigt. Die als Fanghenkel eingebundenen Fäden ermöglichen eine hohe Versteifung der Grundstruktur, da die Fäden gestreckter liegen als die als Plattiermasche eingebundenen Fäden. Insgesamt ist die gezielte Beeinflussbarkeit der Dehnung in Maschenstäbchenrichtung festzustellen. Die integrierten Kettfäden können die Kräfte z.B. bei lokaler oder globaler Überbeanspruchung so aufnehmen, dass die Grundstruktur intakt bleibt, was

die Dauerhaltbarkeit von Flachgestricken gegenüber dem Stand der Technik deutlich verlängern kann.

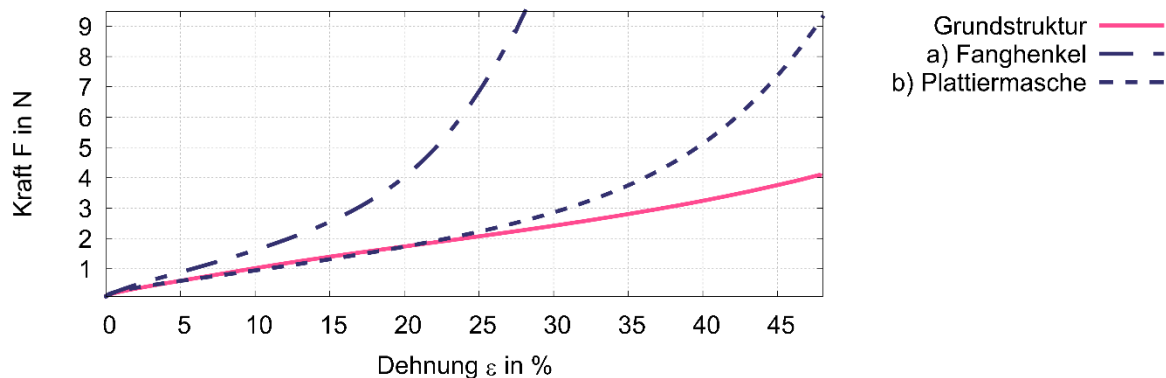


Abbildung 4: Kraft-Dehnungsverhalten der neuen Flachgestricke mit eingebundenen Kettfäden

Der Vergleich aller Ergebnisse zeigt unverkennbar, dass das Dehnungsverhalten mittels der als Fanghenkel oder Plattiermasche eingebundenen Kettfäden durch:

- die Nutzung steiferer Garne für die Kettfäden z.B. Umwinde- oder Flechtgarne,
- die Erhöhung der Garnmenge bzw. Feinheit pro Kettfaden und/oder
- die Einbeziehung von Mehrfachanordnungen der Kettfäden

breit modifizierbar ist.

Insgesamt wird der Forschungsansatz durch die umfangreiche Bereitstellung der Versuchsergebnisse bestätigt.

Lastenheftbasierend wurde im letzten Schritt der Projektdurchführung eine konventionelle Konstruktion eines Kompressionstextils für den Demonstrator zugrunde gelegt u. a. eingearbeitete elastische Umwindgarne zur Kompressionserzeugung sowie die angestrebte Mehrfachanordnung der neuen Kettmaschenfäden. Die Dehnbarkeit wurde unter Anwendung aller im Rahmen der Projektdurchführung eruierten Ergebnisse auf 50 % begrenzt, sodass eine Überbelastung des Gestricks vermieden wird und die Dauerhaltbarkeit deutlich besser gewährleistet werden kann, als durch bisherige Flachgestricke. Die Abbildung 5a) zeigt diesen Demonstrator als maschinenfallendes Flachgestrick mit 14 integrierten Kettmaschenfäden. Die Abbildung 5b) verdeutlicht das Textil nach nähtechnischer Verarbeitung passgenau auf einem zugrunde gelegten Beinmodell.

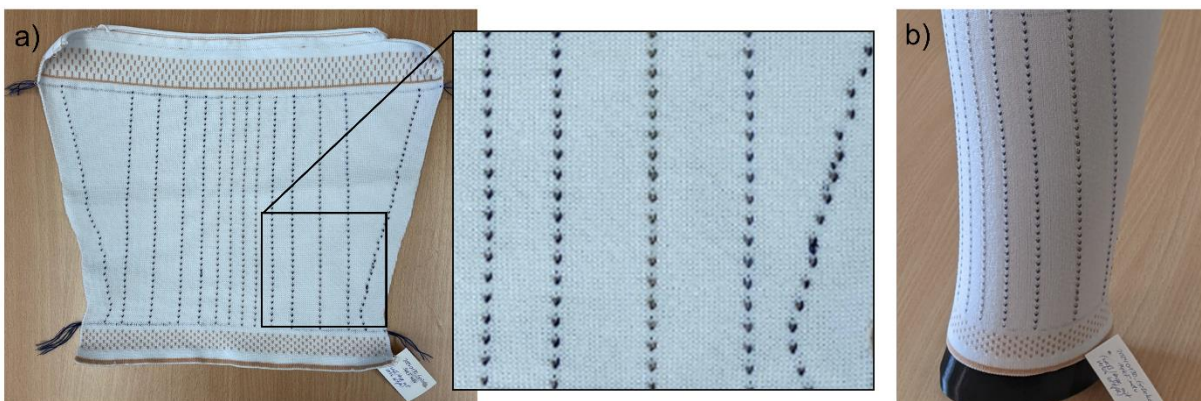


Abbildung 5: Umgesetzter Demonstrator a) als maschinenfallendes Flachgestrick mit 14 integrierten Kettmaschenfäden und b) passgenau auf Beinmodell

Damit konnte nachgewiesen werden, dass ein neues Verfahren zum gleichzeitigen Stricken und Wirken erfolgreich entwickelt wurde. Neue textile Strukturen mit definierten Eigenschaften für diverse Anwendungen können anforderungsgerecht realisiert werden.

Zusammenfassung

Die neu entwickelten Flachgestricke mit integrierten Kettmaschenfäden erlauben eine präzise Anpassung der Dehnungs- und Zugeigenschaften in Maschenstäbchenrichtung. Eine Möglichkeit, die zuvor nicht gegeben war, ohne gleichzeitig die Dehnungseigenschaften in der senkrechten Richtung zu beeinträchtigen. Diese Innovation ist besonders bedeutsam für die Entwicklung und Herstellung von Gestrickten, da sie es Herstellern ermöglicht, ihre Produktvielfalt zu erweitern. Die Gesamttechnologie bestehend aus Vorzugskonzept und Bindung hat nicht nur in Kompressionstextilien Anwendungspotenzial, sondern in allen Maschenwaren, bei denen ein einstellbares Dehnungsverhalten in Maschenstäbchenrichtung erwünscht wird. Dies ist besonders vorteilhaft für Flachgestricke, wie z.B. Kniestrümpfe, Strumpfhosen und Leggings, die normalerweise aufgrund ihrer i.d.R. großen Dehnbarkeit in Maschenstäbchenrichtung stufenweise angezogen werden müssen. Weiterhin eröffnet das Verfahren Möglichkeiten für neue, ästhetisch ansprechende Designs in der Modeindustrie. Die Ergebnisse demonstrieren, dass das Zugverhalten so präzise eingestellt werden kann, dass Eigenschaften wie bi-modulares Kraft-Dehnungsverhalten erzeugt werden können. Intelligente Materialien, die durch die Kombination von Bimodul-Flachgestrickten bspw. mit elastomeren Matrices entstehen, könnten ebenfalls zukünftige Märkte erschließen.

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 21967 BR der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Autoren danken den genannten Institutionen für die Bereitstellung der finanziellen Mittel. Weiterhin danken wir den Firmen des projektbegleitenden Ausschusses für die fachliche Unterstützung sowie allen weiteren Partnern, die in der Forschungsarbeit zu diesem Themenkreis unterstützten. Der Schlussbericht ist über den Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e. V., Berlin beziehbar. Weiterführende Informationen sind am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) erhältlich.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Autor: Sven Hellmann

Kontakt: sven.hellmann@tu-dresden.de

Technische Universität Dresden

Fakultät Maschinenwesen

Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM)

01062 Dresden

<https://tu-dresden.de/mw/itm>