

KURZVERÖFFENTLICHUNG

3D-Stricken als additives Fertigungsverfahren für die Textilindustrie – Entwicklung eines Vorgehensmodells (AddKnit)

Autoren: Konrad Pfeleiderer
Pouria Arfaiee
Dr.-Ing. Thomas Fischer
Alexander Mirosnickenko
Uwe Röder
Dr.-Ing. Sibylle Schmied

Forschungsstelle: DITF – Zentrum für Management Research
Erschienen: 22.04.2024
Bearbeitungszeitraum: 01.09.2021 – 31.12.2023

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts wurde ein Vorgehensmodell zur Entwicklung individualisierter Gestricke entwickelt. Ausgehend von einem definierten Anforderungsprofil deckt dieses Vorgehensmodell alle Schritte zum gestrickten Produkt ab. Herzstück des Vorgehensmodells ist der Addknit-Strick-Algorithmus. Das Anforderungsprofil umfasst alle zur Charakterisierung des fertigen Produkts notwendigen Eigenschaften. Zur Umsetzung wird eine Aufteilung in physikalische Eigenschaften der Fläche und Eigenschaften des 3D-Modells (Geometrie) vorgenommen. Die Flächeneigenschaften werden durch Auswahl von Materialmischung und Bindung berücksichtigt. Die Maschengröße hängt von Material und Bindung ab und wird im Vorgehensmodell durch Materialtests bestimmt.

Zur Umwandlung des 3D-Modells in ein Strick-Jacquard, welches von der Strickmaschine verarbeitet werden kann, wurde im Projekt ein Algorithmus entwickelt, für den die Maschengröße den wesentlichen Parameter darstellt. Die Ausgangsbasis für die 3D-Modelle können gescannte oder CAD-generierte 3D-Modelle sein. Diese 3D-Modelle müssen auf die zu strickende Oberfläche reduziert und gegebenenfalls angepasst werden. Parameter wie Dehnung, Dicke und Festigkeit werden über das 3D-Modell berücksichtigt. In der graphischen Benutzeroberfläche der Addknit-Software wird das 3D-Modell des zu strickenden Körpers geladen und die Randbedingungen gesetzt.

Der Strick-Algorithmus ist in der Entwicklungsumgebung Matlab realisiert. Er erzeugt ein Strick-Jacquard, welches mit Software-Interpretern verschiedener Maschinenhersteller zu Strickprogrammen umgewandelt werden kann. Hierfür wird einmalig für jede Strickoperation ein Symbol bzw. Farbe im Strick-Algorithmus definiert und im Interpreter entsprechend angelegt. Das Strickprogramm wird auf die Flachstrickmaschine geladen und mit der passenden Garnbestückung abgestrickt.

Das resultierende Gestrick wird nach den Vorgaben im Anforderungsprofil ausgerüstet und auf systematische Fehler wie Löcher oder Maschenanhäufungen geprüft. Ebenfalls wird die Passgenauigkeit des Produkts im Vergleich zum Ausgangs-3D-Modell überprüft. Hierfür können optische Verfahren, wie vergleichende 3D-Scans, eingesetzt werden.

Das Vorgehensmodell ermöglicht es Maschenwarenherstellern, ausgehend von beliebigen 3D-Modellen und unter Nutzung des Addknit-Strick-Algorithmus, effizient und nachhaltig individualisierte Produkte zu erzeugen. Der Entwicklungsaufwand und die Entwicklungsdauer werden deutlich reduziert. Der Ressourceneinsatz von Maschinen und Material wird optimiert, da Iterationen zwischen Modellen und Strickprogrammen, also Strickversuche an der Maschine, reduziert werden. Damit einher geht auch eine Reduzierung des Abfalls. Außerdem kann durch Verarbeitung komplexer 3D-Modelle zu Strickprogrammen der Innovationsgrad bei der Produktentwicklung erhöht werden.

In Produktbereichen, bei denen der Aufwand der Produktentwicklung im Verhältnis zur Produktionsdauer groß ist, besteht ein erhebliches Potenzial zur Kosteneinsparung bei der Entwicklung. Das betrifft vor allem Kleinserien und individualisierte Gestricke. Dies erlaubt eine kundenindividuelle Fertigung von technischen und medizinischen Textilien sowie Funktions- und Sportbekleidung. Bisher wurden diese Märkte überwiegend mittels Mass-Customization bedient. Vor allem im Bereich der medizinischen Textilien erlaubt diese Individualisierung bessere Behandlungsmöglichkeiten.

Ergebnisse

Die textile additive Fertigung soll so gestaltet werden, dass beim Herstellungsprozess bereits am Anfang ein digitaler Zwilling der Geometrie und des Materials erstellt wird. Eine Übersicht über die Prozessstufen einer automatisierten Herstellung von 3D-gestrickten technischen Textilien ist in Abbildung 1 zu sehen. Die

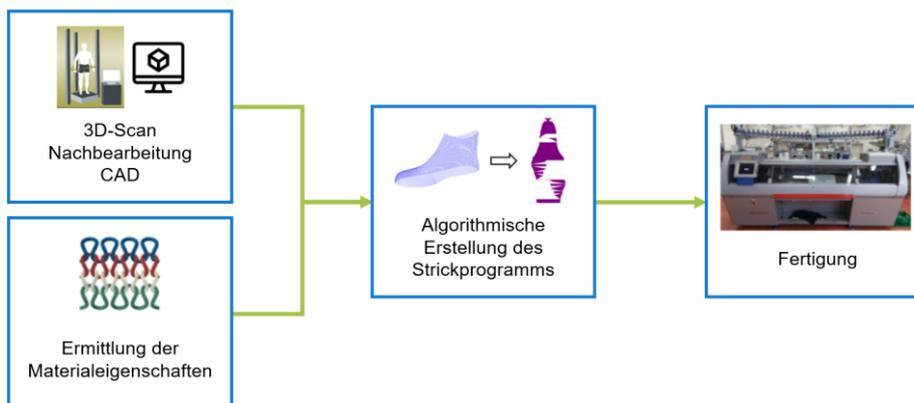


Abbildung 1: Prozessübersicht: Automatisierte Herstellung von 3D-gestrickten Textilien

Geometrie kann als CAD-Modell oder ein verarbeiteter 3D-Scan vorliegen. Aus der Anfangsgeometrie kann mittels Algorithmus der digitale Zwilling des Produktes abgeleitet werden. Alle nachfolgenden Prozessschritte bis zur Erstellung des Strick-

programms sollen ebenso digital erfolgen. Nur so kann der Datentransfer schnell und fehlerfrei stattfinden. Das im Projekt entwickelte Vorgehensmodell beschreibt die einzelnen Schritte, Anforderungen und Teilergebnisse auf dem Weg von der Anforderungsdefinition zum gestrickten Produkt unter Anwendung

des Strick-Algorithmus. Bei Anwendung des Vorgehensmodells muss zuerst ein genaues und vollständiges Anforderungsprofil erstellt werden. Dieses definiert alle Anforderungen an das zu entwickelnde Strickprodukt. Je nach Anwendungsprofil sind verschiedene Eigenschaften des Produkts unterschiedlich gewichtet. Es gibt unterschiedliche Produktkategorien bei Strickerzeugnissen, die wesentliche Eigenschaften und damit Anforderungen vorbestimmen. Beispielhaft sind hier die Kategorien Bekleidung, Schuhe, Bandagen und Möbel genannt. Der Strick-Algorithmus verarbeitet 3D-Modelle zu Strickprogrammen. Diese müssen die zu strickende Oberfläche repräsentieren. Daher ist es oft notwendig Anpassungen an den Ausgangsdaten vorzunehmen, um die gewünschten Eigenschaften des Gestricks zu erreichen. Da der Strick-Algorithmus nicht zwischen unterschiedlichen Bindungsarten unterscheidet und sich bei der Diskretisierung der 3D-Geometrie nur an der Maschengröße (Maschenhöhe und- breite) orientiert, ist für eine korrekte Anwendung des Algorithmus die genaue Kenntnis dieser Gestrickparameter essenziell. Neben der gebildeten Maschengröße unterscheiden sich die gewählten Bindungsarten auch durch das Verhältnis der sichtbar gebildeten Maschenreihen zu der getätigten Anzahl der Hübe an der Strickmaschine. Der Rapport der jeweiligen Bindungsart wird bei der Berechnung der Maschengröße für den Strickinterpret zu berücksichtigt.

Der Strick-Algorithmus steht als Matlab-Skript und optional als ausführbares Programm zur Verfügung und berechnet ausgehend von einem 3D Modell, das in Form einer OBJ-Datei vorliegt, in mehreren Schritten das Strickprogramm. Zu Beginn erfolgt die Konfiguration der Maschengröße mit Daten aus der Materialcharakterisierung, das Einlesen des 3D-Modells und die Definition der Randbedingungen. Unter Berücksichtigung der Randbedingungen, die den Start, das Ende, die Strickrichtung und gegebenenfalls eine Naht vorgeben, erfolgt die Berechnung der sogenannten Strickzeit. Die markierte Startline ist beispielhaft in Abbildung 2 gezeigt. Ausgehend von der Strickzeit erfolgt mittels der definierten Maschengröße die Bildung von Maschenstäbchen und -reihen am 3D-Modell, sowie die anschließende Abwicklung und Strick-Kodierung in 2D. Dabei werden die notwendigen Anpassungen an die Limitationen des Strickens und der Strickmaschine vorgenommen.

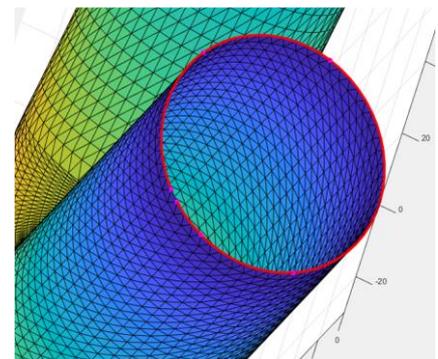


Abbildung 2: Mesh mit markierter

Das aus dem Strick-Algorithmus erzeugte Jacquard-Bild kann mit Software-Interpretern verschiedener Maschinenhersteller zu Strickprogrammen umgewandelt werden. Die Strickversuche wurden mit einem Sintral-Strickinterpret durchgeführt, der die fertige Jacquard-Datei aus dem Algorithmus direkt auf der Maschine abstrickt.

Wesentlicher Bestandteil der Beurteilung der Leistungsfähigkeit des entwickelten Strick-Algorithmus stellt die Überprüfung von Gestriken dar, die mit dessen Hilfe, unter Berücksichtigung Materialeigenschaften, hergestellt werden. Hierfür wurde ein Vorgehen zur geometrischen Vermessung der Gestricke mittels 3D-Scan-Technologie entwickelt. Dieses ermöglicht es, Abweichungen in der Form der hergestellten Gestricke

gegenüber den 3D-Modellen festzustellen. Der Scanaufbau ist in Abbildung 3 dargestellt. Mit den Ergebnissen dieser Messungen lassen sich problematische Bereiche im Gestrick identifizieren. Durch Gegenüberstellung der Analysen des Strick-Jacquards und des Gestricks in diesen Bereichen, können Problemfelder bei der automatisierten Strickprogramm-generierung identifiziert und gezielt, durch Handlungsempfehlungen oder Optimierung am Matlab-Code, adressiert werden.

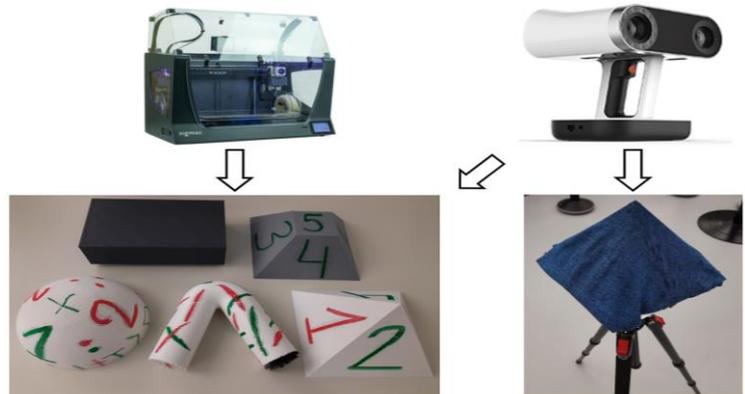


Abbildung 3: Anfertigung der 3D-Grundkörper und Scanaufbau

Für die Überprüfung der Strickergebnisse wurden unterschiedliche einfache 3D-Grundkörper definiert (Pyramide, Pyramidenstumpf, Halbkugel, gebeugter Zylinder, Schachtel). Diese sollen es ermöglichen Strickphänomene konkreten geometrischen Gegebenheiten (Kanten, Flächen, Ecken, usw.) zuordnen und interpretieren zu können. Für die Interpretation lassen sich z.B. von Strickexperten manuell erstellte Strickprogramme solcher Körper als Vergleich heranziehen.

Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 21996 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 (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Unser Dank gilt außerdem den Firmen, die im Projektbegleitenden Ausschuss für die freundliche Unterstützung. Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens (IGF-Nr. 21996 N) ist an den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung Denkendorf erhältlich

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) Konrad Pfeleiderer, konrad.pfeleiderer@ditf.de