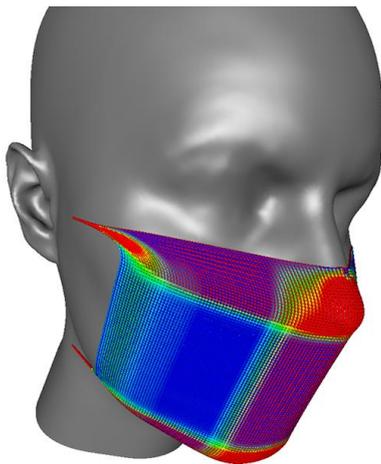




Fraunhofer-Institut für Techno- und
Wirtschaftsmathematik ITWM

Von Hochleistungstextilien bis hin zu Kompressions- und Sportbekleidung: Das modulare Softwareprogramm »TexMath« des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM ermöglicht sowohl die Simulation mechanischer Materialeigenschaften als auch die Optimierung textiler Produkte.



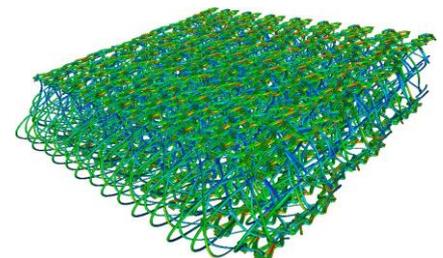
Eine beschleunigte Entwicklung und ein optimiertes Design technischer Textilien bei gleichzeitiger Reduzierung von Experimenten? Die Nachfrage für Techniken, die dies realisieren können, ist besonders in Bereichen wie der Sport-, Medizin- und Bekleidungsindustrie groß. Das Team »Technische Textilien« der Abteilung »Strömungs- und Materialsimulation« des Fraunhofer ITWM hat sich dieser Herausforderung angenommen und erforscht Simulationmethoden, die eine effiziente Vorhersage des textilen Verhaltens bei Streckung, Schub, Biegung, Torsion oder Kompression ermöglicht.

Auch die Faltenbildung unter Ausdehnung sowie Schrumpfung von Garnen oder kritische Scherwinkel können während des gesamten Herstellungsprozesses simuliert werden.

Die von ihnen entwickelte Simulationssoftware »TexMath« sorgt dafür, dass Prozessketten in der Produktion vorab an neue Materialien anpassbar werden. Komplizierte Muster und Schichten können mithilfe der Software abgebildet werden und ein direkter Anschluss an die Textilmaschine erfolgen. Gewünschte Web-, Strick- und Wirkprodukte werden mit der Software genau berechnet und deren Materialeigenschaften simuliert. Zusätzlich zu der Bewertung eines bestimmten Textil-Designs mithilfe von Simulation bieten die Tools auch die Optimierung der Leistungsmerkmale für verschiedene Designvarianten. Das Ziel der Software ist es, so Teamleiterin Dr. Julia Orlik, »das Design nach Produkteigenschaften und Zielkriterien« zu realisieren.

TexMath besteht aus mehreren Komponenten: »MeshUp«, »FibreFEM« und »FIFST«. Jede der in TexMath enthaltenen Komponenten hat ihren spezifischen Einsatzbereich. Darüber hinaus verfügen die Tools sowohl untereinander über Schnittstellen als auch über Verbindungen zu der Software »GeoDict®« der Fraunhofer-Ausgründung Math2Market auf, womit beispielsweise strömungsmechanische Simulationen an den Textilien durchgeführt werden können.

Ein Anwendungsbereich der TexMath Software ist die Optimierung von Kompressionstextilien für den medizinischen Bereich oder für den Sport. Für optimale Wirksamkeit kommt es hier ganz besonders auf Passgenauigkeit des Materials an. So kann der Strickvorgang beispielsweise zur Anfertigung einer Bandage mit vordefinierten Kompressionseigenschaften mit TexMath simuliert und dadurch das optimale Gestrick ausgelegt werden.

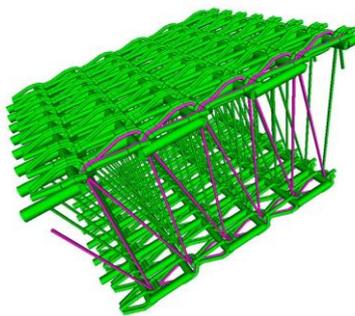


Strukturgenerierung mit MeshUp

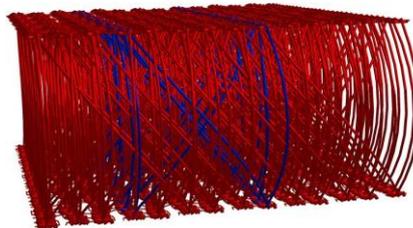
Diese virtuelle Bandage wird daraufhin in einer weiteren Simulation belastet und einem virtuellen Arm oder Bein angezogen. Dank TexMath wird mithilfe des berechneten Druckprofils eine vorab Bewertung der Kompressionseigenschaften der Bandage sowie auch die direkte Ansteuerung der Strickmaschine gemäß des optimalen Designs möglich.

»Mit TexMath lassen sich auch Abstandstextilien, wie sie beispielsweise für das Obermaterial von Sportschuhen und für die Herstellung von Hochleistungstextilien genutzt werden, designen und vorab struktur- und strömungsmechanisch optimieren«, nennen Dr. Julia Orlik und Abteilungsleiter Dr. Konrad Steiner weitere Einsatzbereiche der Software.

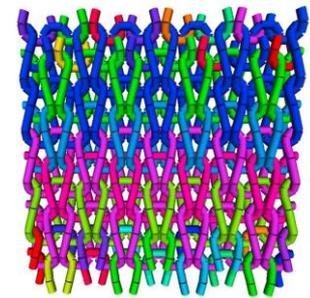
Das neu entwickelte Eingabeinterface ist besonders benutzerfreundlich. Die Textil-Klasse (Gestrick, Gewirke, Gewebe und Abstandgewirke) lässt sich unkompliziert einstellen. Die neue grafische Oberfläche erlaubt eine einfache und schnelle Konfiguration.



3D-Abstandsgewirke im Ausgangszustand



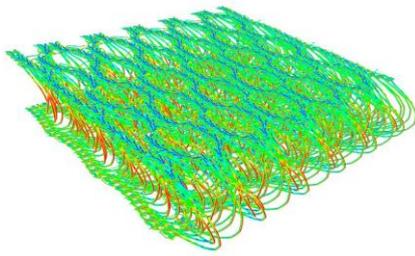
3D-Abstandsgewirke mit markierter Monofil-Faser in leicht gezogenem Zustand



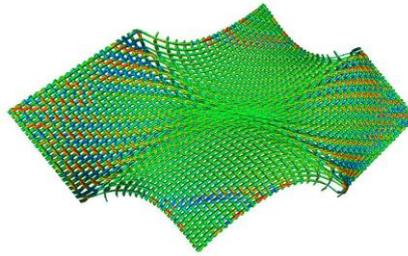
Mehrlagiges Gestrick. Verschiedene Fäden farblich markiert

MeshUp zur Strukturgenerierung von Webmustern und Maschen

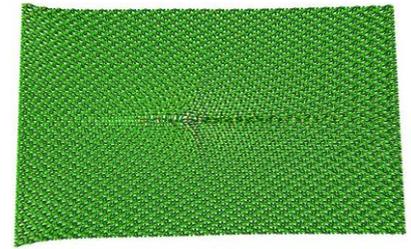
Gestricke und Gewebe werden mit Hilfe von Strick- bzw. Webmaschinen produziert. Jedem Textil liegt eine Bindungspatrone zugrunde, die in die Maschine eingelesen wird bzw. in der Maschine fest vordefiniert ist. MeshUp ist das Softwaremodul von TexMath, in dem Bindungspatronen für diverse Gewebe, Gewirke und Gestricke mit verschiedenen Bindungstypen, dem Fadenverlauf und allen Kontaktstellen zwischen verschiedenen Garnen erzeugt, grafisch abbildet und für weitere Simulationen in TexMath mit FISFT und FiberFEM in entsprechende Eingabeformate übersetzt werden. Darüber hinaus stellt MeshUp die Geometrie auch als Volumendaten (Voxelformat) für Berechnungstools wie GeoDict und FeelMath zur Verfügung.



Kompression eines Abstandsgewirkes.



Faltenbildung in einem Gewebe.



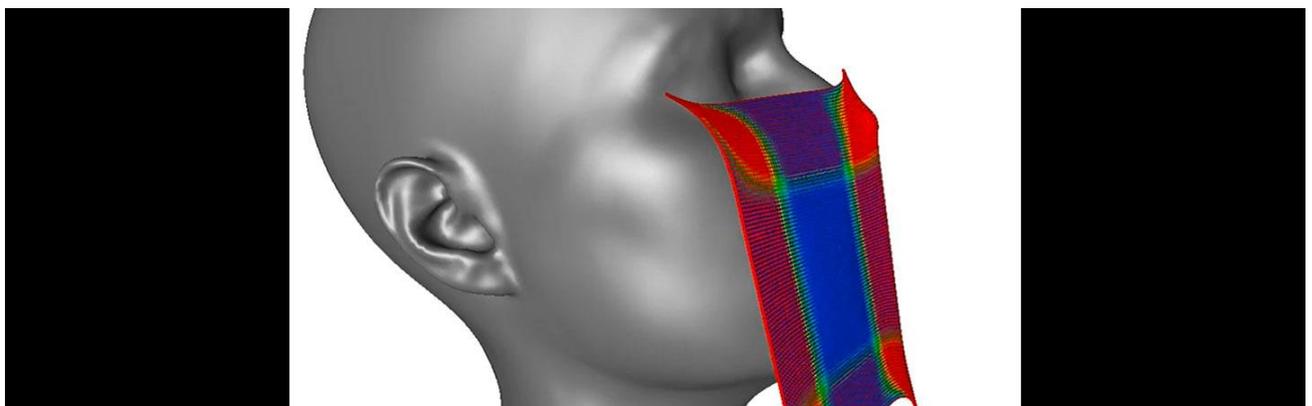
Simulation eines fortlaufenden Schadens in einem Gewebe.

FiberFEM zur Berechnung effektiver mechanischer Eigenschaften einer periodischen Textilstruktur

Mit FiberFEM können gewebte und geflochtene Textilien, Abstandsgewebe, Gelege sowie Fachwerke hinsichtlich ihrer effektiven mechanischen Materialeigenschaften berechnet und optimiert werden. Ein spezielles Merkmal von FiberFEM ist, dass neben Zug- und Schubeigenschaften auch effektive Biege- und Torsionseigenschaften von Textilien anhand ihrer textilen Struktur und der Garneigenschaften bestimmt werden können.

Als Eingangsgrößen benötigt FiberFEM neben der Mikrostrukturbeschreibung aus MeshUp die Faserquerschnittsgeometrie, sowie mechanische Fasereigenschaften wie Zugsteifigkeit und Reibung. Als Output werden die effektiven mechanischen Textilgrößen berechnet. Neben der Berechnung der effektiven mechanischen Materialeigenschaften für bereits existierende gewebte oder gestrickte Textilien für technische und medizinische Anwendungen, bietet der Ansatz auch das Potential zur gezielten Auslegung und Optimierung neuer Textilien mit vorgegebenem mechanischem Eigenschaftsprofil.

So kann das Relaxationsverhalten eines Textils aus dem Web- bzw. Strickmuster und den Garnrelaxationszeiten für viskoelastische Garne ermittelt werden. Auch Reibungskoeffizienten zwischen den Garnen werden berücksichtigt und werden direkt in die Simulation der effektiven Eigenschaften einbezogen bzw. aus der experimentellen Validierung mit dem Gewebe identifiziert.



FIFST zur Berechnung der Deformation und Belastung von Textilien

Das Model FIFST ist spezialisiert für dynamische Simulationen von Gestrickten, sehr dehnbaren Geweben und Gewirken. So kann beispielsweise der Strickprozess simuliert, das Abziehen von der Strickmaschine, die Schrumpfung auf ein entspanntes Textil und auch die Wiederbelastung beim Anziehen berechnet werden. Somit kann auch das Design des Gestricks an vorgegebene Span-

nungsprofile angepasst werden und eine individualisierte Maschinensteuerung zur Produktion personalisierter Textilien oder produktspezifischer Designs ist möglich.

Die numerische Umsetzung nutzt die Finite-Element-Methode mit nichtlinearen Balken-Elementen, die für die Kontaktprobleme um eine zusätzliche interne Variable – das Gleiten von Fäden an Kontaktknoten – erweitert wurde. Das Reibungsgesetz ist mit dem Euler-Eutelwein-Modell umgesetzt, das um einen zusätzlichen Adhäsionsterm modelltechnisch ausgebaut wurde. Die Adhäsion erlaubt somit auch unterschiedliche Vorspannung in den jeweiligen Maschen. Die elastische Energie wird dabei direkt aus den Garn-Kraft-Dehnungskurven berechnet.

Ein wichtigstes Alleinstellungsmerkmal von FIFST ist die spezielle Technologie der Zugehörigkeit mehrerer Elemente zu bestimmten Threads und deren Anordnung im Thread sowie das gleichzeitig Kontaktgleiten an Million von Knotenpunkten. Somit ermöglicht FIFST multiskalige Simulation von großen gestrickten oder gewebten Schalenbauteilen unter Berücksichtigung der lokalen Textilstruktur.

Eine weitere Funktionalität der Software ist, virtuell Textilien über eine im STL-Format gegebene Oberflächentriangulierung zu ziehen. Im Video wird gewebte Maske (gestrickt ist ebenfalls möglich) in der Ebene an 6 Punkten ausgedehnt und gegen die Gesichtsoberfläche gezogen. Ihre Knoten werden auf das Gesicht projiziert und gleiten auf der Oberfläche weiter, bis die Maske komplett anliegt. Wenn man Reibeigenschaften von Garnen am Gesicht kennt, kann man weitere Faltungsbildung untersuchen und auch sie gezielt beeinflussen. Als weiteres Optimierungspotential erlaubt FIFST Porengrößen von angezogenem Textil auf besonders gewölbten Oberflächenstellen zu minimieren, die durch Erhöhung der Vorspannung in Garnen oder eine Modifizierung des Lappingdiagramms bzw. der Bindepatrone erreicht werden kann.

Quelle: Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM