GXY

Gentechnisch hergestellte Kollagenmaterialien für elastische Hochleistungs-Textilfasern

GXY klingt so futuristisch und nach Hightech, wie die ganze Idee, die hinter diesem BIOTEXFUTURE Projekt steht. Konkret geht es bei GXY um eine saubere und gleichzeitig leistungsfähigere Alternative zu umweltschädlichen synthetischen Textilfasern, beispielsweise hergestellt aus Elastan, das in Europa vor dem gesetzlichen Aus steht. Grundlage für GXY sind synthetisch hergestellte Kollagen-Peptide, die u.a. wesentlicher Bestandteil unserer Knochen, Sehnen, Muskeln und der Haut sind.

Das „G“ bei GXY steht für die Aminosäure Glycin und das XY für die Vielzahl von Aminosäuren und deren Kombinationsmöglichkeiten, die an das G andocken und damit das typische Aminosäuresequenzmuster bilden, das die Struktur der Kollagenfasern kodiert. Diese ist die Grundlage eines weiteren biobasierten und zukunftsweisenden neuen Textilmaterials, das biologisch abbaubar ist und uns unabhängiger von fossilen Rohstoffen in der Textilindustrie machen soll.

Basis des neuen Textilmaterials ist ein tierisches Gewebe, die sogenannte Goldschlägerhaut, die aus dem Darmgewebe der Kuh gewonnen wird. Deren molekulare Zusammensetzung und natürliche Leistungsfähigkeit wurde in dem vorangegangenen BIOTEXFUTURE Projekt „GOLD“ erforscht. Aus diesem Projekt heraus entstand die Idee für GXY. In dem Anschlussprojekt soll nun erforscht werden, wie das im Projekt GOLD analysierte Material im Labor künstlich nachgestellt werden kann.

Das ist unser Ausgangspunkt

Kollagen ist ein „Strukturprotein“, also ein Eiweiß, das für die stützende und strukturgebende Funktion beispielsweise der menschlichen Haut verantwortlich ist. Diese besteht bei Kindern und Jugendlichen zu rund 80% aus Kollagen oder genauer aus einzelnen Kollagenfasern. Wenn diese Strukturproteine in Einzelfragmente zerlegt werden, entstehen Kollagenpeptide, die aus kleinen Aminosäureketten bestehen. Die sogenannten Polypeptide sind somit die Bausteine von Proteinen, die bei deren Zerlegung freiwerden.

Um genau diese Aminosäuren und ihren Aufbau geht es im GXY-Projekt. Denn die Abfolge von Aminosäuren in einem Protein wird durch die Erbinformationen eines Lebewesens bestimmt. Diese werden durch einen spezifischen „genetischen Code“ festgelegt. Dieser besteht aus einer definierten Abfolge von DNA-Basen, dem „Basentriplett“ oder auch „Codon“. Der genetische Code legt fest, welche Aminosäuren in welcher Reihenfolge in einem Protein eingebaut werden. Konkret existieren Start- und Stopp-Codons, die den Beginn und das Ende der Proteinbiosynthese signalisieren. Die genetische Sequenz kann wiederum „biotechnologisch modifiziert“ oder auch, wie wir in unserem Projekt sagen,

„gentechnisch programmiert“ werden. Dabei wird die Kette der Aminosäuresequenzen über eine Änderung der Abfolge der Gensequenzen variiert - der Ausgangspunkt unseres GXY-Vorhabens.

Unsere genetisch programmierbaren Kollagen-Ausgangsmaterialien, die synthetisch hergestellten Gensequenzen, sind heute bereits „State-of-the-Art“ und kommerziell erhältlich. Wir bestellen diese synthetischen Gensequenzen für unser Projekt beispielsweise bei einem deutschen Anbieter.

Das treibt uns an

Derzeit sind etwa 65 % aller auf dem Markt erhältlichen Textilien synthetischen Ursprungs – die weltweite Produktion von Kunstfasern hat sich zwischen 2009 und 2021 verdoppelt („Preferred Fiber & Materials Market Report“. Textile Exchange, 2022 und „Die Chemiefaserindustrie in der Bundesrepublik Deutschland 2021/2022“. Industrievereinigung Chemiefaser, 2022). Die Herstellung dieser Fasern ist auf enorme Mengen fossiler Ressourcen als Rohstoffbasis und zur Bereitstellung der erforderlichen Prozesswärme angewiesen. Im Jahr 2015 verbrauchte die Textilindustrie 98 Mio. Tonnen Rohöl und war damit für 2 % der weltweiten CO2-Emissionen verantwortlich. Da die Nachfrage nach Textilien weiter steigt, wird der Ölbedarf der Textilindustrie im Jahr 2050 auf 300 Mt geschätzt – dies würde 26 % der gesamten CO2-Emissionen entsprechen („A New Textiles Economy: Redesigning Fashion’s Future“. Ellen Macarthur Foundation, Circular Fibres Initiative, 2017). Neben den riesigen textilen Abfallbergen werden bei der konventionellen Textilherstellung außerdem große Mengen giftiger Chemikalien verwendet, die eine zusätzliche Gefahr für die Gesundheit und die Umwelt darstellen.

Das wollen wir erreichen

Die Projektlaufzeit beträgt 19 Monate – bis Ende 2025. Mit GXY streben wir eine schnelle und kosteneffiziente Entwicklung für die Produktion neuartiger, genetisch programmierbarer und biotechnologisch hergestellter kollagenbasierter Protein-Materialien an. Diese dienen als Basis für die Produktion leistungsstarker Textilfasern. Für die Massenproduktion planen wir eine schnelle Hochskalierbarkeit und orientieren uns dabei an den Bedarfen der Industrie und den Wünschen der Verbraucher*innen.

Ziel ist es, eine Kollagen-Faser auf molekularer Ebene herzustellen, die Eigenschaften wie Elastizität, Biokompatibilität und biologische Abbaubarkeit bietet und in einer Vielzahl von Textilanwendungen zum Einsatz kommen kann. In Zukunft soll sie Synthetik-Fasern ersetzen können und damit die Textilindustrie auf dem Weg in eine nachhaltige, ressourcenschonende Zukunft unterstützen.

Da an GXY dieselben Partner wie beim BIOTEXFUTURE Projekt „GOLD“ beteiligt sind, profitiert unser Forscherteam von eingespielten Abläufen, einem funktionierenden Netzwerk und umfangreichem Detailwissen für diese neue Herausforderung, was die Abläufe unterstützt und für eine schnelle und funktionierende Kommunikation von Vorteil ist, so dass zur Halbzeit des bis Ende 2025 laufenden Projekts bereits vielversprechende Ergebnisse vorliegen. Diese bieten schon jetzt Ansatzpunkte für weitere spannende Entwicklungen.

So gehen wir vor

Im Projekt GOLD hat unser Forschenden-Team als Vorbereitung für GXY die einzigartige Kollagenzusammensetzung eines biologischen Gewebes, der oben schon angesprochenen Goldschlägerhaut, entschlüsselt. Als Methode setzen wir auf das „Reverse Engineering“, also die bioinformatische und biochemische Analyse des Zielgewebes, sowie die Zerlegung und den Nachbau des Gewebes des Kuhdarms, um das Eigenschaftsprofil des nativen Gewebes mit biosynthetischen Proteinen nachzubauen.

Dabei ist es uns gelungen, die genetische Minimal-Sequenz eines Strukturelements der natürlichen „Goldschlägerhaut“ zu entschlüsseln. Auf Basis dessen wird durch „Protein-Engineering“ daraus ein biokompatibles und kollagenhaltiges Faserprotein entwickelt, das für textile Anwendungen optimiert ist. Das „Protein-Engineering“ ist ein interdisziplinäres Forschungsfeld, welches sich mit der gezielten

Veränderung und Optimierung von Proteinen beschäftigt, um ihre Eigenschaften oder Funktionen zu verbessern. Ziel ist es, durch verschiedene Methoden die Struktur, Stabilität oder Aktivität von Proteinen zu verändern, um neue, verbesserte oder maßgeschneiderte Funktionen zu erzielen. Die Anwendungsgebiete sind vielfältig und reichen von der Medikamentenentwicklung (z. B. Antikörpern), über die industrielle Anwendung von Enzymen – z. B. in der Lebensmittelproduktion oder bei der Herstellung von Biokraftstoffen – bis hin zur Verbesserung von Impfstoffen oder der Entwicklung neuer Materialien. Im Projekt GXY werden auf Basis dessen die Eigenschaften der Kollagen-Biomaterialien, wie Dehnbarkeit, Zugfestigkeit und Selbstheilungsfähigkeit, auf genetischer Ebene durch eine Veränderung der Aminosäuresequenz „genetisch programmiert". Bis hierhin war als Projektpartner vor allem das auf Bio-Nanotechnologie spezialisierte Berliner Start-up-Unternehmen Mimotype Technologies GmbH gefordert.

Im nächsten Schritt werden im Rahmen molekularbiologischer Verfahren Mikroorganismen gentechnisch so verändert, dass sie diese Polypeptid-Minimalsequenz mit der neuen Aminosäuresequenz im Bio-Reaktor produzieren – ein Verfahren, das bereits industriell im Tonnenmaßstab zur Herstellung von Enzymen eingesetzt wird. Enzyme sind spezielle Proteine, die chemische Reaktionen im Körper oder in anderen biologischen Systemen beschleunigen, und damit als Katalysatoren wirken. Im Faserbereich ist das noch weitgehend Neuland und im Zusammenhang mit Kollagen bislang einzigartig. Diese Aufgabe übernimmt der Projektpartner DWI Leibniz-Institut für Interaktive Materialien.

Die gewonnene Proteinmasse lässt sich anschließend zu funktionellen Fasern und Garnen verspinnen. Damit kann potenziell auf den Einsatz konventioneller, umweltschädlicher Elastane, wie sie in unserer aktuellen Bekleidung tonnenweise im Einsatz sind, verzichtet werden. Diese Zukunftstechnik rechnet sich auch wirtschaftlich, zumal sich der Energieaufwand in engen Grenzen hält, da die Prozesse im Bio-Reaktor bei 37 °C ablaufen. Als Roh-stoffe werden lediglich das von den Forschenden entschlüsselte Gen und das mikrobielle Medium – bestehend aus Zucker, Mikroorganismen im Nanogramm-Bereich sowie Wasser – benötigt.

Der aktuelle Stand

Nachdem wir das Kollagenmaterial zunächst im Labormaßstab lediglich im Mikrogrammbereich gewinnen, ist perspektivisch eine Produktion im Kilogramm- und sogar Tonnenmaßstab möglich. Realistisch sind Ausbeuten von fünf bis zehn Gramm pro Liter Nährlösung. Aktuell wird mit Hochdruck daran gearbeitet, die Mengenausbeute hochzufahren. Das Team ist stolz darauf, „dass die Prozesse bereits auf Basis von Nährhefen laufen, was die Herstellung im Bioreaktor deutlich beschleunigt und als Goldstandard für diese Art der Herstellung gilt", wie Claudio Flores von Mimotype erklärt. Das ist entscheidend, um in Größendimensionen vorzustoßen, die wirtschaftlich interessant sind.

Parallel laufen in den Laboren des Projektpartners FILK Freiberg Institute entsprechende Qualitätstests, um zu überprüfen, inwieweit die Eigenschaften der gentechnisch modifizierten Kollagenfasern den textiltechnischen Ziel- und Leistungsvorgaben entsprechen. Diese Analysen sind Grundlage, um weiter an der Programmierung für eine Optimierung der Gensequenzen zu arbeiten. Es zeichnet sich ab, dass das Forschungsteam in der Lage sein wird, die Gene so zu programmieren, dass unterschiedliche Leistungsparameter erzielt werden können. "Das lässt sich in entsprechenden Computersimulationen gut vorausbestimmen", gibt Claudio Flores einen Einblick in die Arbeit der Forschenden. Interessant ist auch der Aspekt, dass die Kollagen-Polypeptide über „Selbstheilungskräfte" verfügen. Das heißt, wenn beschädigte Kollagenfasern mit Nährflüssigkeit versorgt werden, bilden sich neue Verbindungen, so dass sich die Fasern wieder verbinden. Das könnte ein wichtiger Punkt für langlebige Produkte sein.

Darüber hinaus ergibt sich ein weiterer sehr vielversprechender Ansatz, der das Forschungsteam fasziniert. Wir arbeiten daran, die Spinnmasse mit 3D-Druckern zu verarbeiten. Das würde völlig neue Dimensionen für die Textilherstellung eröffnen. Es kann gut sein, dass mit dem BIOTEXFUTURE Projekt GXY das Tor zu einer neuen Ära der Textilfertigung aufgestoßen wird. Dabei begann alles mit der Erforschung der Goldschlägerhaut, die bereits im Mittelalter dazu benutzt wurde, um Engel und Madonnenfiguren mit Blattgold zu schmücken.

Projektpartner

Mimotype Technologies GmbH
DWI Leibniz-Institut für Interaktive Materialien
FILK Freiberg Institute

Projektleitung

Claudio Flores M.Sc.
Paul Aspacher B.Sc. (stv.)

Pressekontakt

Nicole Espey, M.A.
BIOTEXFUTURE: Projektmanagement Office
ITA-Veranstaltungs- und Stakeholdermanagement

ITA – Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University
Otto-Blumenthal-Str. 1
52074 Aachen
Tel.: +49 241 80-23418
Mobil: +49 176 268 180 64
Fax: +49 241 80-22422
Nicole.Espey@ita.rwth-aachen.de

Über BIOTEXFUTURE

BIOTEXFUTURE ist ein vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) geförderter Innovationsraum zur Forschung an biobasierten Textilien. Er wird in Kooperation von der RWTH Aachen (ITA, Institut für Textiltechnik und STO, Lehrstuhl für Technik – und Organisationssoziologie) und der adidas AG geleitet. Gemeinsam arbeiten die Industrie- und Forschungspartner an der Umstellung der textilen Produktionsprozesse und Verfahrenstechnologien von erdölbasiert auf biobasiert.

Weitere Informationen**:** www.biotexfuture.info

Im Juli 2025

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) im Rahmen des Förderkonzeptes „Innovationsräume Bioökonomie“ (Förderkennzeichen: 031B0454) gefördert und vom Projektträger Jülich (PTJ) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin / beim Autor.