

future**TEX**

Zukunft unternehmen!

TourAtlas

auXteX

Nachwuchssicherung
Maschinen
Umwelt
Zukunftsprodukt
Innovations-
management
Ressourceneffizienz
Industrie 4.0
Wertschöpfungsketten
Arbeitsorganisation
Landwirtschaft
Wissensmanagement
Chemie
Bau
Textil
Medizin

Zukunft unternehmen!

Unsere Anwendungsfelder



Automotive



BuildTech



InduTech



Luftfahrt



MedTech



MobilTech



SportTech



Windenergie

➤ Über das Forschungsprojekt futureTEX

Das Projekt futureTEX ist ein Gewinner im Programm „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Bis 2022 arbeiten wissenschaftliche Einrichtungen, Unternehmen und Verbände an der Entwicklung wesentlicher Bausteine eines Zukunftsmodells für Traditionsbranchen. Das Projektkonsortium futureTEX verfolgt das Ziel, die führende Position bei der Umsetzung der vierten industriellen Revolution im Textilmaschinenbau und in der Textilindustrie zu erringen und damit beispielhaft bis 2030 das modernste textilindustrielle Wertschöpfungs-

netzwerk Europas aufzubauen. Mit der Entwicklung eines Zukunftsmodells werden die Forschungsschwerpunkte Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft, kundenintegrierte flexible Wertschöpfungsketten, textile Zukunftsprodukte, Wissens- und Innovationsmanagement sowie Arbeitsorganisation und Nachwuchssicherung gemeinschaftlich mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft bearbeitet. Das Konsortium umfasst aktuell über 300 Partner, darunter 70 Prozent aus der Industrie. Das Projekt futureTEX ist Preisträger im Wettbewerb „Ausgezeichneter Ort“ im Land der Ideen 2016.

➤ Abschlussdokumentation Umsetzungsvorhaben auXteX

Textiles meet physics – Anwendung physikalischer Phänomene in textilen Konstruktionen für Sicherheit und Effizienz

Laufzeit: 1. Juli 2019 – 31. Oktober 2022

auXteX war eines von insgesamt 28 Umsetzungsvorhaben des Projekts futureTEX im Rahmen des Programms „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

Inhalt

Teilprojekte	5
Management Summary	6
Partner	7
Problemstellung und Motivation	9
Beitrag zur Realisierung der futureTEX-Ziele.....	10
Lösungsansatz	10
Verwertung und wirtschaftliche Bedeutung	14
futureTEX Gesichter	15

➤ Teilprojekte

Teilprojekt 1: STRICK ZELLA GmbH & Co. KG (Strick Zella, Koordinator), Anrode

- Entwicklung gestrickter Textilien mit auxetischem Verhalten für Anwendungen im Bereich PSA (Persönliche Schutzausrüstung)

Teilprojekt 2: Embro GmbH (Embro), Auerbach

- Entwicklung gestrickter Textilien mit auxetischem Verhalten für Anwendungen in Faserverbundbauteilen

Teilprojekt 3: Implen Construction GmbH (Implen), Voerde

- Anwendungspotentiale auxetischer Strukturen im Bauwesen

Teilprojekt 4: Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Institut für Betonbau (HTWK IfB), Leipzig

- Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung auxetischer Effekte innovativer Technischer Textilien im Bauwesen

Teilprojekt 5: Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar (MPFA), Weimar

- Entwicklung integrierbarer Sensorik/Aktorik in auxetische Textilstrukturen und Untersuchungen zur Konsolidierung textiler Halbzeuge für Anwendungen im Bereich PSA

Teilprojekt 6: DYNARDO GmbH (Dynardo), Weimar

- Entwicklung von Simulationsmodellen für textilbasierte auxetische Strukturen in den Zielanwendungen PSA, Betonbau und Holztechnologie

Teilprojekt 7: Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI), Chemnitz

- Textile Grundsatzuntersuchungen zur Entwicklung flächiger und strangförmiger, textiler und auxetischer Strukturen nach folgenden Verfahren: Weben, Stricken, Sticken

Teilprojekt 8: Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH (IHD), Dresden

- Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung auxetischer Effekte innovativer Technischer Textilien in der Holztechnologie

➤ Management Summary

Die Strick Zella GmbH & Co. KG, Anrode, war als Konsortialführer mit Unterstützung durch das Sächsische Textilforschungsinstitut e.V. (STFI), Chemnitz, für das Management des Vorhabens verantwortlich, das sich durch eine hohe Interdisziplinarität auszeichnet. Die Partner kommen dabei aus den folgenden Fachbereichen: Textil, Holztechnologie, Betonbau, Simulation und Sensorik.

Die Projektstruktur orientierte sich an den jeweiligen Zielanwendungsgebieten für die auxetischen Textilkonstruktionen. Sie gliederte sich in drei Arbeitsgruppen, die mit sehr unterschiedlichen Aufgabenstellungen befasst waren:

1. **Arbeitsgruppe Persönliche Schutzausrüstung (AG PSA),**
2. **Arbeitsgruppe Holzbau (AG Holz)** und die
3. **Arbeitsgruppe Bau (AG Bau).**

Fokussierte use cases waren sowohl Textilien für die persönliche Schutzausrüstung (PSA, Helm, Schutzweste) als auch Leichtbauanwendungen in der Holztechnologie und dem Betonbau (Dichtungs- und Verspannungselemente). Die Projektstruktur mit ihrer textilen Umsetzung ist in *Tabelle 1* dargestellt.

Während die alltägliche Wahrnehmung und Erfahrung lehrt, dass sich die Querschnitte eines Bauteils unter Zugbelastung verkleinern („Gummiband“), verhalten sich auxetische Materialien und Strukturen umgekehrt. Hier werden Querschnitte unter Zugbelastung größer und unter Druckbelastung kleiner. Dieses Verhalten wird durch Elemente bewerkstelligt, welche die Zugkraft in die entgegengesetzte Richtung umlenken, um eine Dehnung senkrecht zur Zugkraftichtung zu erreichen. Solche auxetischen Strukturen werden in der Regel durch additive Verfahren, wie z. B. 3D-Druck, hergestellt. Auch einige textile Herstellungsverfahren, wie Stricken, Flechten oder Sticken, sind additive Verfahren, die auxetische Strukturen erzeugen können.

Die AG PSA entwickelte auf der Basis von Abstandsgestriken innovative textile Protektoren. Die auxetischen Effekte wurden zum einen für die optimale Drapierung der Protektoren am Körper angewandt – z. B. optimale An-

passung eines Kopfprotektors an den Schädel. Zum anderen erlaubt die Eigenschaft der Kompaktierung solcher auxetischer Strukturen bei einem Impact die Dissipation (Zerstreuung) mechanischer Energie. Dadurch lassen sich leichtgewichtige, faltbare Protektoren mit nahezu temperaturunabhängigem Dämpfungsverhalten realisieren. Unterstützt werden diese Eigenschaften durch den Einsatz von dilatanten Materialien.

Die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse aus dem Vorhaben führten zur Anmeldung zweier Patente. Im Rahmen eines Inkubators wurden für die innovativen Protektoren Designvarianten entwickelt und ihre Marktchancen evaluiert. Der MPFA gelang es, im 3D-Druck einen kompletten und extrem leichten Helm mit auxetischen Strukturen herzustellen, dessen dynamisches Verhalten sich mit eingebauten optischen Fasern untersuchen lässt. Der Helm kann in einzelne Segmente aufgeteilt und auf einen textilen Liner aufgebracht werden, wodurch er faltbar wird.

Die AG Bau und die AG Holz befassten sich mit helikalen, auxetischen Garnen (HAYs). Das sind Umwindgarne aus einem vergleichsweise elastischen Kern, der von einem steifen Faden umwunden ist. Man stellt sie über einen Flechtprozess im sogenannten Kemafil-Verfahren her. Unter Zug bauscht sich die Garnkonstruktion auf und man erhält eine Vergrößerung des Querschnitts – gemäß dem auxetischen Effekt.

Die AG Holz konnte in Testständen zeigen, dass die HAYs geeignet sind, um daraus Dichtungen herzustellen, die bei Zug aktiviert werden. Man kann damit ein Problem der Saunahersteller lösen, teleskopartig aufklappbare Saunen bei den naturgemäß höheren Temperaturen abzudichten. Dafür wurden Garnkonstruktionen aus einem Polymethylmethacrylat-Monofil (PMMA-Monofil) als Kern und einem Aramidgarn als Mantel untersucht.

Der AG Bau gelang es, Fugendichtungen für Betonbauwerke herzustellen, indem die einzelnen HAYs im Legestickverfahren verbunden und anschließend die Konstruktionen in einem Industriesilikon eingebettet wurden. Dieser Verbundwerkstoff verhält sich auxetisch. Durch Zug dehnen sich die eingebetteten Fäden in Querrichtung aus und verursachen eine Volumenzunahme in selbiger Richtung des Silikonbandes. Die im Beton eingebauten Dichtbänder drücken durch den auxetischen Effekt längs des

Dichtbandes beidseitig auf die Betonoberflächen. Mit einer mechanischen Zugvorrichtung kann die Fugendichtung im Bauprozess ebenso aktiviert wie auch im Störungs- und Wartungsfall nachjustiert werden. Die Ergebnisse des

Vorhabens wurden auf der Aachen-Denkendorf-International Textile Conference im November 2021 in Aachen präsentiert. Einzelne Entwicklungen wurden auf der Messe TechTextil im Juni 2022 in Frankfurt/Main gezeigt.

Zielanwendung	Selbstversteifende Dichtung für Teleskopsysteme	Seilartige Verspannungselemente im Betonbau	Flächige Verspannungselemente im Betonbau	Persönliche Schutzausrüstung
Textile Grundstruktur	Strangförmige Strukturen		Flächige Strukturen	3D-Strukturen
Textiles Verfahren	Flechten		Flechten + Sticken	Stricken
Beteiligte Partner	STFI, IHD, Dynardo, MFPA	STFI, HTWK IfB, Implenla, Dynardo, MFPA	STFI, Embro, HTWK IfB, Implenla, Dynardo, MFPA	STFI, Strickzella, Dynardo, MFPA

Tabelle 1: Projektstruktur auXteX mit beteiligten Partnern und deren Kompetenzen, Quelle: auXteX

➤ Partner



Strick Zella GmbH & Co. KG

Aue 15 | 99976 Anrode OT Zella

Ansprechpartner: Dr. Gottfried Betz

T: +49 3602 350238 | betz@strick-zella.de

- Produktion von Strickwaren insbesondere von Bekleidung und Accessoires



Implenla Construction GmbH

Martin-Luther-Ring 13 | 04109 Leipzig

Ansprechpartner: Dr. Christian Wagner, Regina Ronniger

T: +49 341 2685332 | christian.wagner@implenla.com

T: +49 341 2685330 | regina.ronniger@implenla.com

- Führendes Bauunternehmen im Hoch- und Tiefbau



Embro GmbH

Klingenthaler Straße 109 | 08209 Auerbach

Ansprechpartner: Markus Flechsing

T: +49 3744 1842291 | info@embro-tech.de

- Produktion innovativer und technischer Stickereien



Unterbeauftragte Unternehmen

HTWK Leipzig, Institut für Betonbau

Kochstraße 85 | 04277 Leipzig
Ansprechpartner: Dr. Stefan Käseberg
T: +49 341 30766268 | stefan.kaeseberg@htwk-leipzig.de

➤ Forschungseinrichtung, Schwerpunkt Betonbau

MFPA Weimar

Coudraystraße 9 | 99423 Weimar
Ansprechpartner: Dr. Michael Kuhne
T: +49 3643 564182 | michael.kuhne@mfpa.de

➤ Forschungseinrichtung, Schwerpunkt Sensorik

DYNARDO GmbH

Steubenstraße 25 | 99423 Weimar
Ansprechpartner: Dr. David Schneider
T: +49 3643 900830 | david.schneider@dynardo.de

➤ Firma für Softwareentwicklung und ingenieurtechnische Berechnungsdienstleistungen

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)

Annaberger Straße 240 | 09125 Chemnitz
Ansprechpartnerin: Elke Thiele, Corinna Falck
T: +49 371 5274-243 | elke.thiele@stfi.de
T: +49 371 5274-153 | corinna.falck@stfi.de

➤ Forschungseinrichtung, Schwerpunkt Technische Textilien

Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH

Zellescher Weg 24 | 01217 Dresden
Ansprechpartner: Lars Blüthgen
T: +49 351 4662295 | bluethgen@ihd-dresden.de

➤ Forschungseinrichtung, Schwerpunkt Holzbau

ITP GmbH – Gesellschaft für Intelligente Textile Produkte

Goetheplatz 3 | 99423 Weimar

Ingpuls GmbH – Experten für FGL

Von-Waldthausen-Straße 77 | 44894 Bochum

KLAFS GmbH

Erich-Klafs-Straße 1-3 | 74523 Schwäbisch Hall

➤ Problemstellung und Motivation

Wachsende globale Mobilität, eine sprunghafte Zunahme der weltweiten Nachfrage nach Rohstoffen sowie erhöhte ökologische Anforderungen führen zu einem anhaltend steigenden Bedarf an Investitions- und Gebrauchsgütern mit deutlich verbesserter Leistungs-, Energie- und Emissionsbilanz. Hier hat die Gewichtseinsparung eine Schlüsselfunktion mit hoher Breitenwirksamkeit, wobei diese nicht mit Einbußen bezüglich mechanischer Effizienz, aktiver und passiver Sicherheit, Schadenstoleranz, Wirtschaftlichkeit und Designfreiheit verbunden sein darf.

Ziel des Vorhabens ist es, auf Basis numerischer Untersuchungen, neuartige Bauweisen mit wesentlich verbesserten mechanischen Eigenschaftsprofilen zu entwickeln. Der Schwerpunkt liegt dabei auf makroskopischen Strukturierungs- und Formgebungskonzepten zur Effizienz-

steigerung von Leichtbaukonstruktionen, die dazu führen, dass Bauteile aus konventionellen und neuen Werkstoffen ein globales auxetisches Systemverhalten aufweisen.

Es wird angestrebt, die Leichtbaufunktion durch Bewehrungstextilien zu realisieren, die nach auxetischen Konstruktionsprinzipien entwickelt werden sollen. Auxetische Materialien und Strukturen verhalten sich entgegen der Intuition: Während die alltägliche Wahrnehmung und Erfahrung lehrt, dass sich die Querschnitte eines Bauteils verkleinern, wenn man daran zieht (vgl. Gummiband), verhalten sich auxetische Materialien und Strukturen umgekehrt. Hier werden Querschnitte unter Zugbelastung größer und unter Druckbelastung kleiner. In *Abbildung 1* ist das auxetische Verhalten eines Systems im Vergleich zum herkömmlichen Systemverhalten dargestellt.

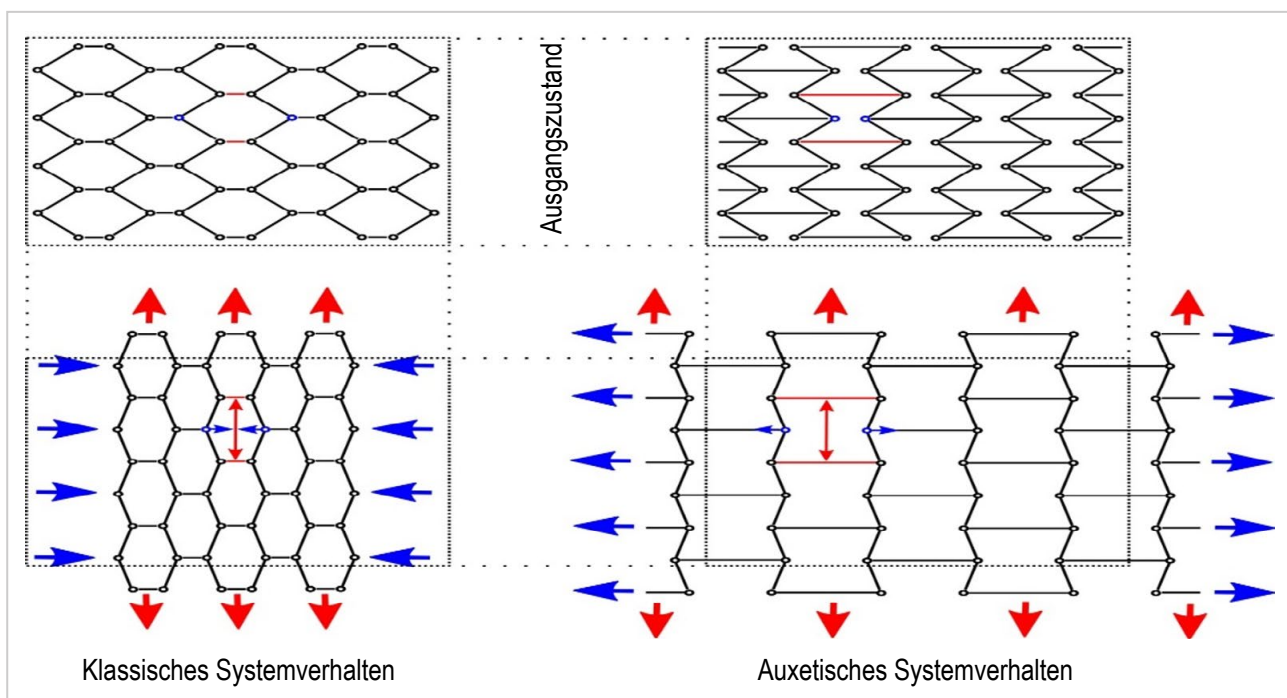


Abbildung 1: Klassisches Verhalten und auxetisches Verhalten eines Systems, welches nach auxetischem Konstruktionsprinzip gestaltet ist, Quelle: auXteX

➤ Beitrag zur Realisierung der futureTEX-Ziele

Der Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen besteht darin, durch interdisziplinäre Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachbereiche alle Entwicklungs- und Fertigungsschritte für solche komplexen und multifunktionalen, textilbasierten Bauteile abzubilden und neuartige Fertigungsnetzwerke mit einem hohen Wertschöpfungsgrad zu schaffen.

Die Kombination des physikalischen Effektes der Auxetik mit Formgedächtnislegierungen (FGL) und Sensorik erlaubt völlig neue Gestaltungsprinzipien für mechanisch beanspruchte, textilbewehrte Leichtbauelemente. Sie hat deshalb das Potenzial, disruptive Veränderungen in den Zielanwendungen zu bewirken.

Das Forschungsthema ordnet sich in das Segment der Funktionalisierung von TechTex mit dem Fokus Protech, Indutech und Buildtech ein. Mit der interdisziplinären Zusammensetzung der Projektpartner, die auch außerhalb der textilen Wertschöpfungskette stehen, werden nachhaltige und innovative Lösungsansätze für neue Produkte als Eintrittspotenzial für zukünftige Technologien umgesetzt. Die Etablierung einer Open Source-Plattform soll die Vorhabenergebnisse einer breiten Zielgruppe von Endan-

wendern verfügbar machen. Um dieses Ziel zu erreichen, wird im Rahmen des Vorhabens ein umfassender Bezug zu anderen laufenden und abgeschlossenen futureTEX-Vorhaben genommen. Speziell Vorhaben mit Inhalten in Richtung Faserverbund-Konstruktion und textil integrierter Sensorik/Aktorik sollen in auXteX einfließen bzw. werden die Vorhabenergebnisse laufenden futureTEX-Vorhaben zur Verfügung gestellt. Dazu sollen die von futureTEX organisierten Workshops und Statusmeetings verstärkt genutzt werden.

Durch die projektbezogene Mitarbeit von Experten der Softwaresimulation, Bauteilauslegung, Stickerei, Strickerei, Sensorik/Aktorik, des Holz- und des Betonbaus sollen komplexe, multifunktionale Leichtbauteile mit hoher Sicherheit bei gleichem oder reduzierten Materialeinsatz geschaffen werden. In der nachfolgenden Einführung der neuen Produkte, die sich mit auxetischen Strukturen und FGL ergeben, wird ein hohes Wachstumspotenzial für die zukünftige positive Entwicklung der Textilindustrie und deren Partner generiert. Vorhabenziel ist die Etablierung visionärer use cases, die als Basisinnovation neue Einsatzgebiete demonstrieren.

➤ Lösungsansatz

AG Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Das Ziel der AG PSA war die Entwicklung faltbarer, textiler Protektoren mit geringem Gewicht, hoher Atmungsaktivität und großer Designfreiheit. Dabei sollten die vorteilhaften Eigenschaften auxetischer Strukturen ausgenutzt werden. Grundlage der Entwicklungen bildeten Abstandsgestricke, die auf Flachstrickmaschinen hergestellt werden können. Dabei wurden die Komponenten „Deckflächen“ und „Polfäden“ systematisch optimiert – sei es durch Verwendung unterschiedlicher Garne und Strickfeinheiten oder durch Plattieren der Polfäden mit einem Klebegarn. Die mit Heißdampf erzeugten Klebestellen bilden einen Verformungsmechanismus, der mechanische Energie umwan-

delt. Mit thermoplastisch umformbaren Garnen konnten die Deckflächen zu quasi Hartschalen umgeformt werden. Diese Protektor-Elemente wurden dann in Fallhammer-Apparaturen untersucht. Die so optimierten Protektoren konnten die Hallensportnorm erfüllen.

Ziel ist es, ein Dämpfungsverhalten zu erzielen, wie es die Helmnormen fordern. Hierzu kann der Einsatz von dilatanten Materialien unterstützend wirken. Im Vorhaben gelang es, diese flüssigen Materialien auf zwei innovativen Wegen textil einzubinden – durch Einsatz von Nano-Cellulose und durch Verkapselung mit Silikon. Für eine optimale Drapierung wurde durch Sticken und Laserstrukturierung

den Abstandsgestriken eine auxetische Struktur „einprogrammiert“. Diese Idee wurde zum Patent angemeldet. Mittels 3D-Druck konnten semi-auxetische Halbzeuge hergestellt und charakterisiert werden. Diese Halbzeuge lassen sich in textile Hüllstrukturen kraftschlüssig so einbinden, dass eine Strukturkompaktierung realisiert werden kann. Auch diese Idee wurde zum Patent angemeldet.

AG Bau: STFI, Embro, HTWK IfB, Implenia

Das Ziel der AG Bau war die Entwicklung auxetischer, textibasierter Anwendungen im Bauwesen. Dabei fokussierte die AG zum einen die Endverankerung von Carbonseilstrukturen, zum anderen ein Dichtungselement zur Anwendung gegen drückendes Wasser in Betonkonstruktionen. Die textile Grundstruktur für beide Anwendungen wurde durch Flechten von helikalen, auxetischen Garnen (HAYs) erzeugt. Diese HAYs sind Umwindegarne aus einem dicken, elastischen Kern und einzelnen bzw. mehreren steifen Umwindegarnen bzw. Faserbündeln.

Die Endverankerung von Carbonseilen sollte auf der Erzeugung eines Querdruckes von $p \geq 5 \text{ N/mm}^2$ durch einen auxetischen Effekt basieren. Um diesen Querdruck aufzubauen, sind die Materialcharakteristiken von der Kernfaser, des Umhüllungsgarns sowie der Matrix, insbesondere die Verhältnisse der Querdehnzahlen und der Steifigkeiten, von maßgebender Bedeutung. Die praktisch erprobten Versuchsreihen zu verschiedenen Verhältnissen der Steifigkeiten (mit unterschiedlichsten Materialien) brachte die Erkenntnis. Die für Carbonfaserkunststoff (CFK) üblichen Epoxidharzmatrices lassen bei Einbettung von HAYs aufgrund der Steifigkeit und Sprödigkeit keinen auxetischen Effekt zu. Damit scheint eine Endverankerung von Carbon-

seilen durch auxetisches Materialverhalten nicht möglich. Die AG Bau fokussierte eine Fugendichtung in produktionsbedingten Betonfugen bei Ortbeton- und Fertigteilbauweisen. Die Fugendichtung basiert im Wesentlichen auf zwei Materialstrukturen – dem textilen Band und der umschließenden Dichtebene. Hierfür fokussierte die AG Bau HAYs, die durch ihre Eindimensionalität und die gleichmäßige Querausdehnung entlang der Spannrichtung eine hervorragende Charakteristik für diese Anwendung aufweisen. Dazu werden die einzelnen HAYs mit einem bis zu 8 mm dicken hochelastischen Kern und einem steifen Umhüllungsgarn aus vorzugsweise Aramid im Flechtverfahren erzeugt. Im weiteren Sockverfahren werden aus parallel angeordneten HAYs bis zu 10 cm breite Bänder hergestellt. Am Ende dieses Verfahrensweges erhält man ein textiles Halbzeugnis (Materialstruktur 1), welches funktional den auxetischen Effekt erwirkt. Die 2. Materialstruktur betrifft die Dichtungsebene. Diese basiert auf einem weichen, elastischen Gießsilikon. Im Gießverfahren werden die textilen Halbzeugnisse und ihre Garne optimal mit Silikon getränkt und umschlossen. Gleichzeitig entsteht eine porenfreie, gleichmäßige Oberfläche des Dichtprofils. Das Her- bzw. Einstellen der Abdichtung basiert auf eine durch die Auxetik verursachte Volumenzunahme des Dichtbandes. Dadurch wird das Profil bei Aktivierung gegen den Beton gepresst, was zur Abdichtungswirkung führt. Dafür wurde eine mechanische Zugvorrichtung direkt am Dichtband realisiert, mit der das Umhüllungsgarn angespannt wird.

Im Ergebnis lassen sich Dichtbänder erzeugen, bei welchen die Abdichtung sowohl bei Erstanwendung als auch bei späteren Störungs- bzw. Wartungsfällen durch das

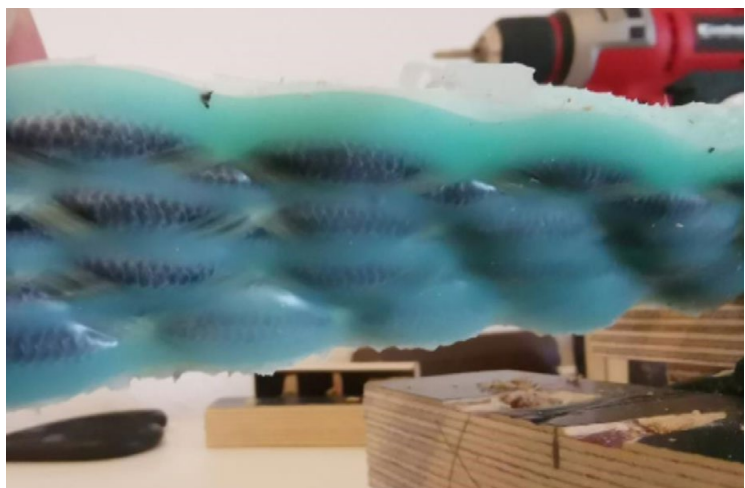


Abbildung 2: Materialprobe mit einem Umwindegarn (links), Vorzugsvariante: Überprüfung der Wirkung des auxetischen Effektes – deutliche Volumenzunahme des Dichtbandes (rechts), Quelle: Stefan Käseberg

Nachspannen zu dauerhaft trockenen, wasserundurchlässigen Konstruktionen (WU-Konstruktionen) führt. Die AG Bau möchte an dieser Stelle die Ergebnisse für die Zielanwendung „Fugendichtung“ darlegen. Das STFI hat im Rahmen der AG Bau eine Vielzahl an HAYs im Flechtverfahren zur Weiterverarbeitung im Stickverfahren und zur Zielanwendung im Bauwesen hergestellt. Die Variation betraf:

- die Materialwahl und der Durchmesser des Kerns: PP, Aramid, Glasfaser, Bentonit,
- die Materialwahl und der Durchmesser des Umwindegarns: Aramid, Carbon, Glasfaser,
- die Materialwahl der Matrix: Epoxidharz, zwei verschiedene Silikone,
- Schlaglänge des Umwindegarns: 15–25 mm,
- die Anzahl der Umwindegarne: 1–3 und
- die Breite der Dichtbänder.

Im anschließenden Stickverfahren wurden mehrere nebeneinander gelegte HAYs zu Dichtbändern mit Breiten von 5 bis 10 cm verarbeitet.

Die Charakteristik der Vorzugsvariante:

- Kern: 4 oder 8 mm aus Gummi
- Umwindegarn aus Aramid (168 tex)

- Matrix aus gießfähigem Industrie-Silikon
- Anzahl der Umwindegarne: 2 (Doppelhelix)
- Schlaglänge des Umwindegarns: 25 mm
- Breite des Dichtbandes: 10 cm

Zur Überprüfung der Funktion der Fugendichtung wurde das standardisierte Vorgehen zur Prüfung des Wassereindringwiderstandes (WU-Prüfung) an Betonproben durchgeführt. Dabei wurde eine künstlich geschaffene Betonierfuge geschaffen, welche senkrecht zur auxetisch wirkenden Fugendichtung liegt. Durch Beaufschlagung der Fuge mit einem konstanten Wasserdruck (5 Bar) wurde der Extremfall simuliert. Die nachträgliche Untersuchung der getesteten Versuchskörper zeigte eindeutig, dass das Dichtband mit auxetischer Wirkung hervorragend gegen drückendes Wasser abdichtet. Im Vergleich zeigt ein formgleiches Dichtband ohne auxetische Wirkung ein unvermeidbares Hindurchtreten des Wassers hinter das Dichtband (*Abbildung 3*).

Aufbauend auf den Erkenntnissen der durchgeführten Materialuntersuchung, der Optimierung des Fugendichtbandes sowie der baupraktischen Überprüfung der Funktion gelang es der AG Bau letztlich, einen Demonstrator mit den Zielforderungen zu realisieren. Anhand der Fotoserie zur Herstellung des Demonstrators, welcher zur Fugendichtung im Übergang zwischen der Bodenplatte und der aufgehenden Wand Anwendung findet, können die Herstellungsschritte dargelegt werden (*Abbildung 4*).



Abbildung 3: Fugendichtung ohne auxetischer Wirkung – rechte Betonseite wird ebenfalls durchfeuchtet (links), Fugendichtung mit auxetischer Wirkung – rechte Betonseite bleibt trocken (rechts), Quelle: Stefan Käseberg

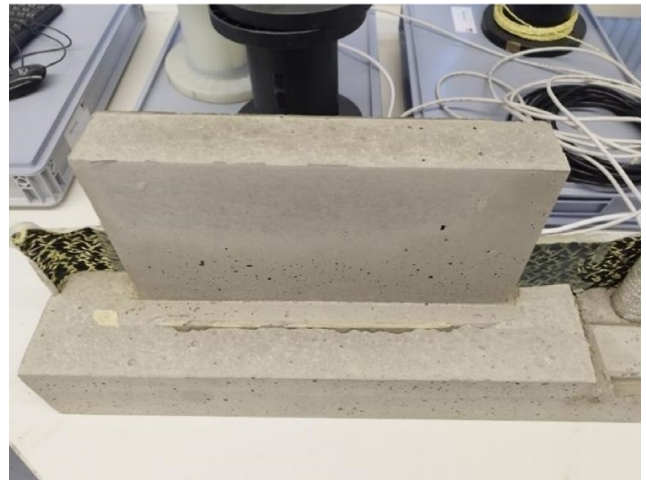


Abbildung 4: Textiles Halbzeug auf Trägermaterial gestickt (links oben), Einbinden des textilen Halbzeugs in Gießsilikon (rechts oben), Einbau Fugendichtung in Bodenplatte (links unten), Betonage der aufgehenden Wand (rechts unten), Quelle: Stefan Käseberg

AG Holz: STFI, IHD, MFPA, Dynardo

Neben der grundlegenden Erforschung möglicher Einsatzfelder auxetischer Textilstrukturen im holztechnologischen Bereich, liegt der Fokus auf der Entwicklung von Lösungen zur Abdichtung des Kontaktbereichs zwischen Elementen von Teleskopsystemen.

Als konkreter Anwendungsfall wird hierfür, insbesondere aufgrund der klimatisch herausfordernden Bedingungen, der Einsatz eines auxetischen Dichtungssystems für teleskopierbare Saunen (Abbildungen 5–8) untersucht.

Der Grundgedanke besteht darin, mittels eines auxetischen Textilstranges ein Dichtungssystem zu erschaffen, welches während der Bewegung der einzelnen Teleskop-elemente nicht in Kontakt zum jeweils nächsten Element steht und sein maximales Volumen (und damit seine abdichtende Wirkung) erst durch einen Expansionsvorgang im vollständig ausgefahrenen Endzustand annimmt.

Dadurch wird erwartet, verschiedene Nachteile bislang eingesetzter Systeme zu beheben:

- Bisher verwendete Dichtungen bieten keine versteifende Wirkung, die zu einer Erhöhung der Stabilität der Gesamtkonstruktion beitragen könnte.
- Insbesondere die Abdichtung der Eckbereiche (Abbildungen 7–8) stellt sich problematisch dar, sodass an diesen Stellen ein erhöhter Luftaustausch und infolgedessen Temperatur- und Feuchtetransport erfolgen kann.
- Der ständige Kontakt der Dichtungen mit der Oberfläche der verschiebbaren Elemente führt einerseits zu einem erhöhten Verschleiß der Dichtprofile sowie andererseits zu einem partiellen „Aufpolieren“ (Veränderung des Glanzgrades) oder Zerkratzen von Oberflächenbeschichtungen.

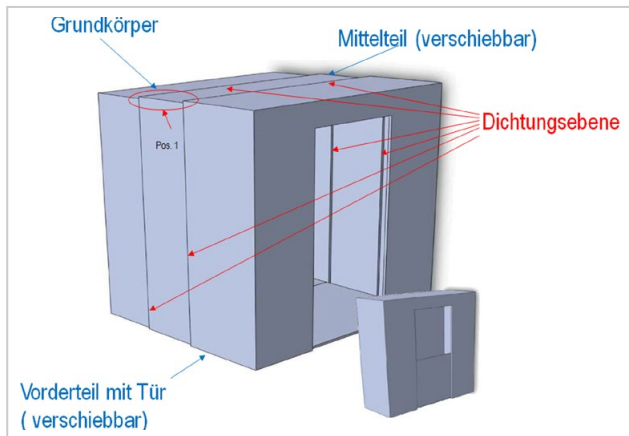


Abbildung 5: Aufbau platzsparende teleskopische Sauna, Quelle: auXteX

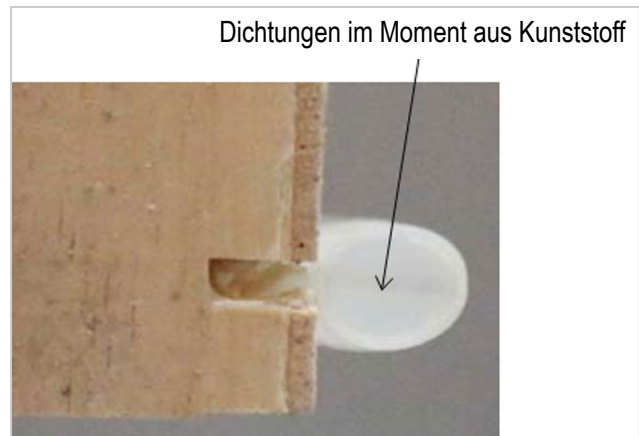


Abbildung 6: Dichtungsdetail aktuell, Quelle: auXteX

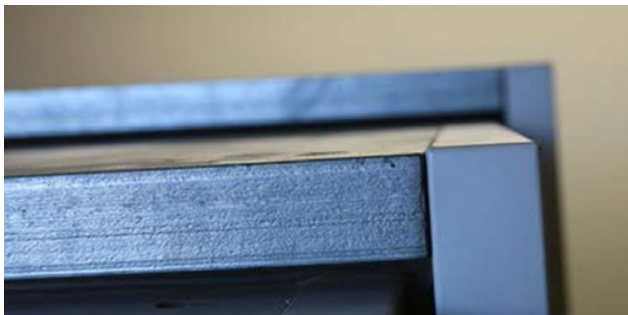


Abbildung 7: Korpusecke Sauna, Quelle: auXteX

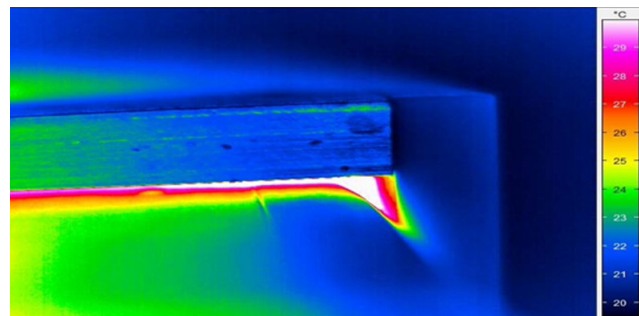
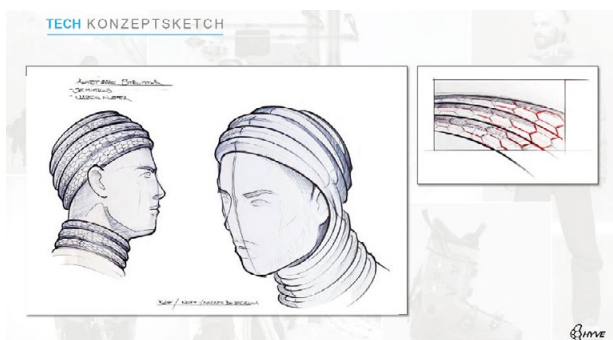


Abbildung 8: Thermografie Aufnahme Korpusecke, Quelle: auXteX

➤ Verwertung und wirtschaftliche Bedeutung

Strick Zella wird die im Rahmen des Vorhabens entwickelten (Kopf-)Protektoren zu marktgängigen Produkten weiterentwickeln. Zur Finanzierung dieser marktnahen Projekte sind Crowdfunding-Projekte, wie z. B. Kickstarter, geplant.



Technik- und Style-Konzeptskizze, Quelle: HYVE AG

Die bestehenden Kooperationen mit Projektpartnern aus dem futureTEX-Projekt, wie dem STFI, der ITP und dem MPFA, werden fortgesetzt. Zusätzlich ist geplant, das Textile Prototyping Lab (TPL), Berlin, in der Designphase hinzuziehen.

Das HTWK IfB strebt an, die im Rahmen des Vorhabens entwickelten Dichtbänder zu marktfähigen Produkten weiterzuentwickeln. Zur Finanzierung steht eine Beantragung eines F&E-Projekts (z. B. Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) mit Kooperationspartnern aus der Textil- und Bauwirtschaft in Aussicht. Hierfür werden vorrangig die im futureTEX-Projekt bestehenden Partner beworben.

Dr. Gottfried Betz, Strick Zella GmbH & Co. KG

Physics meets textile – von der Strickjacke zur Sicherheitsweste. futureTEX-Vorhaben auXteX entwickelt neues Konstruktionsprinzip für den Leichtbau



Dr. Gottfried Betz, Vorhabenkoordinator von auXteX, Quelle: Strick Zella GmbH & Co. KG

Die Spezialität von Strick Zella ist der Hightech Strick – moderne Stoffe und Textilien kombiniert mit elektrischen und physikalischen Zusatzfunktionen. Begonnen hat für den promovierten Physiker Dr. Gottfried Betz, Geschäftsführer von Strick Zella, alles im Jahr 2004. Er kaufte einen insolventen Kleinbetrieb für Strickwaren in Zella (Thüringen), mit dem Ziel, Designer-Strickwaren zu produzieren. Vor Ort stand ihm für die Produktion von hochwertigen Strickprodukten alles zur Verfügung, von diversen Maschinen und Ausrüstungen zum Dämpfen, Trocknen und Konfektionieren bis hin zu Mitarbeitern mit tiefgründig technischem Know-how.

Betz feines Gespür für die richtigen Chancen verhalf dem Unternehmen auch im klassischen B2C zum Erfolg. Mit dem eigenen Modelabels werden handwerkliche Tradition aus Thüringen mit modern avantgardistischem Design verbunden. Das Damenlabel MIA MAI richtet sich an die selbstbewusste Frau ab 40. Das traditionelle Label LEONARD MAI für den stilsicheren Herren besteht schon seit 1920. Neben vier eigenen Geschäften verkaufen über 250 weitere Läden in der DACH-Region die sorgfältig konfektionierten Strickwaren.

Mit dem Siegel „Made in Thüringen“ wird bei Strick Zella ganz bewusst auf ökologisch nachhaltige Prozesse gesetzt, indem die Wege zwischen Produzenten und Konsumenten kurz gehalten werden und auf eine Herstellung im weit entfernten Ausland sowie auf die damit einhergehenden Reise- und Transportkosten bewusst verzichtet wird. Geliefert werden die hochwertigen Stoffmischungen aus Viskose, Merinowolle und Cashmere unter anderem auch an große Modedesigner wie Joop oder Guido Maria Kretschmer.

Neben seinem eigenen Modelabel hat sich der Physiker Betz aber seit Jahren auch Smart-Textiles mit beeindruckenden Zusatzfunktionen verschrieben, zum Beispiel unter den Namen KNITTY-Fi und SMOOLS. Hierbei stehen vor allem die Aspekte Robustheit, Waschbarkeit und intuitive Bedienung im Vordergrund:

Die smarte Wolle SMOOLS besteht aus einer Mischung aus Baumwolle oder Tencel mit Zellulose, in deren Zwischenräumen Kerzenwachs eingesponnen ist. Die Hauttemperatur des Trägers wird durch die entweder kühlende oder wärmende Funktion des Waxes auf 28 bis 30 °C reguliert und entlastet dadurch den Organismus und ermöglicht ein geringeres Schwitzen – eine textile Klimaanlage. Mit dem von Strick Zella patentierten Verfahren WOOLPROTECT kann Wolle gegen Mottenfraß geschützt werden. Zusammen mit der Zwickauer Kammgarnspinnerei ZKS wurde so die langlebige, hochwertige Merinowolle PERO entwickelt.

Auch elektrische Zusatzfunktionen wie Heizen, Leuchten und drahtlos Schalten können von Strick Zella mittels innovativer Strickverfahren in herkömmliche Textilien wie Schals, Jacken oder Pullover integriert werden. So können Nachrichten oder Notrufe von der Kleidung aus abgesetzt, der Nacken oder das Becken unterwegs beheizt oder die Sichtbarkeit im Straßenverkehr mittels eines aktiv leuchtenden Schals erhöht werden.

Als Ansprechpartner für smarte Textilien und High-End-Strick ist Gottfried Betz seit Juli 2019 bei futureTEX im Vorhaben auXteX der Vorhabenkoordinator und Projektpartner bei TheraTEX.

➤ **In welchem Vorhaben arbeiten Sie aktiv mit? Was sind Ihre Aufgaben?**

Im futureTEX-Vorhaben auXteX soll das Potenzial sogenannter auxetischer Metamaterialien auf textiler Basis in den Bereichen Bauwesen (Buildtech), Holzbau und Schutzbekleidung (Sporttech) bis hin zu konkreten Demonstratoren ausgelotet werden.

Unter auxetischen Materialien versteht man Strukturen, die sich ungewöhnlicherweise bei Zugbelastung ausdehnen (negative Poisson-Zahl). Dieser Effekt kann bei Krafteinwirkung zu einer Strukturkompaktierung führen, was z. B. in schusssicheren Westen ausgenutzt werden kann. Da auxetische Materialien sich bei einer vertikalen Streckung automatisch auch horizontal ausdehnen, können sie z. B. in Form von Seilen und Schnüren auch zur Verankerung eingesetzt werden. Das macht sie zu idealen Verstärkungsmaterialien im Bereich des Leichtbaus und zum Garanten für Sicherheit und Effizienz.

Resonanzschwingungen von Bauwerken und Verarbeitungsmaschinen können erhebliche Schäden verursachen und sogar bis zum Versagen von beispielsweise Brücken oder Windrädern führen. Durch die Kombination von auxetischen Strukturen und Formgedächtnislegierungen (FGL) sollen intelligente textile Verbundbauteile genau solche Schäden verhindern.

Im Umsetzungsvorhaben auXteX entwickelt das Team dieses neue Konstruktionsprinzip bis zum Dezember 2021. Als Vorhabenkoordinator arbeite ich gemeinsam mit unseren acht Partnern aus den Bereichen Textil, Betonbau, Holztechnologie sowie Modellbildung bezüglich Monitoring und Aktorik zusammen. Zudem übernimmt Strick Zella in Zusammenarbeit mit der Stickerei Embro GmbH die Aufgabe der Entwicklung, Optimierung und Herstellung von auxetischen Strick-Bindungsstrukturen mit der FGL-Integration, insbesondere die Entwicklung von Protektoren und persönlicher Schutzausrüstung (PSA).

Im futureTEX-Vorhaben TheraTEX wird ein textiles System in Form eines leicht nutzbaren Anzuges entwickelt. In das Textil sind sensorische und aktorische Funktionen integriert, die die Therapie von Patienten mit Hemiparese (Halbseitenlähmung) unterstützen werden. Strick Zella befasst sich dabei mit dem Aspekt der textilen Integration.

➤ **Welche Ziele verfolgen Sie mit Ihrer Arbeit im Projekt futureTEX?**

Ziel des Vorhabens auXteX ist es, neuartige Bauweisen zu entwickeln, die verbesserte mechanische Eigenschaftsprofile aufweisen. Im Zuge der wachsenden globalen Mobilität, der Rohstoffnachfrage und der erhöhten ökologischen Anforderungen nimmt der Leichtbau eine Schlüsselfunktion ein. Darüber hinaus sollen dann die neuartigen TechTex-Strukturen in den Bereichen Buildtech (Textilien für Hochbau), Indutech (Textilien für Industrie und Elektrotechnik) und Sporttech (Textilien für Sportausrüstung und -bekleidung) auf den Markt gebracht werden.

Das Ziel im Vorhaben TheraTEX ist die Entwicklung eines neuen Therapieansatzes. Kombiniert wird eine innovative Sensorik, die die Körperhaltung des Nutzers erfasst, mit einer Software, die anschließend gezielt die Bewegungen des Patienten unterstützt und korrigiert.

➤ **Welchen Mehrwert möchte Ihr Unternehmen aus der Arbeit in futureTEX ziehen?**

Die Kooperation mit Forschungsinstituten und anderen industriellen Partnern ermöglicht uns eine Innovationshöhe, die wir allein nie erreichen könnten. Unterstützt wird dies zusätzlich durch die Etablierung einer Open-Source Plattform, über welche Produktergebnisse ausgetauscht werden, von denen wiederum eine breite industrielle Zielgruppe profitieren kann. Dies wiederum schafft die Grundlage für Wettbewerbsvorteile, die sich dann auch patentrechtlich schützen lassen.

Als kleines Unternehmen sind wir natürlich an innovativen Entwicklungen interessiert, die sich in unseren Kompetenzfeldern und Marktsegmenten schnell und ertragreich umsetzen lassen. Für uns sind das generell Produkte, die sich auf Flachstrick-Maschinen vorteilhaft herstellen lassen und im Speziellen Protektoren im Bereich PSA.

Zunächst ist die Auxetik für uns ein völlig neues Gebiet. In der Zusammenarbeit mit Instituten und industriellen Partnern werden wir außerdem in die Lage versetzt, unsere Flachstrick-Technologie mit anderen Technologien wie dem Stick, der Laserbearbeitung und den Verbundwerkstoffen zu verbinden, um damit Innovationen zu generieren, die wir im eigenen Hause nicht hätten angehen können.

➤ Impressum

Konsortialführer Projekt futureTEX:

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)
An-Institut der Technischen Universität Chemnitz
Vorstandsvorsitzender: Dipl.-Ing.Ök. Andreas Berthel
Geschäftsführender Direktor: Dr. Heike Illing-Günther

Postanschrift:

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)
Postfach 13 25
09072 Chemnitz

Besucheradresse:

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)
Annaberger Straße 240
09125 Chemnitz

Kontakt:

Projektleitung: Dirk Zschenderlein
E-Mail: dirk.zschenderlein@stfi.de
Tel.: +49 371 5274-283
Fax: +49 371 5274-153
www.futuretex2020.de

Verbundkoordinator Umsetzungsvorhaben auXteX:

Strick Zella GmbH & Co. KG
Aue 15
99976 Anrode OT Zella
Ansprechpartner: Dr. Gottfried Betz
Tel.: +49 3602 350238
E-Mail: betz@strick-zella.de

Lektorat und Gestaltung:

P3N MARKETING GMBH
Deubners Weg 10
09112 Chemnitz
Tel.: +49 371 243509-00
Fax: +49 371 243509-19
E-Mail: info@p3n-marketing.de



12/2022