

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

Textiles meet physics – The application of physical phenomena in textile structures for safety and efficiency

Projektleiter

Project leader:

Jens Wiedemann

Projektbearbeiter

Person in charge:

Stefan Feuersenger,
Lars Blüthgen

Fördermittelgeber

Co-funded by:

BMBF

Projektpartner

Project partners:

STFI e. V.,
HTWK Leipzig,
MFPA Weimar,
Strick Zella GmbH &
Co. KG,
Embro GmbH,
Implenia Construction
GmbH,
Dynardo GmbH

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Kompetenznetzwerks „futureTEX“ wurden zahlreiche Forschungsprojekte initiiert, um den Wandel der deutschen Textilbranche zu einem zukunftsfähigen Industriepayer zu unterstützen und den Weg zu einer globalen Spitzenposition im Bereich technischer Textilien zu ebnen. Ziel des Verbundvorhabens „auXteX“ war die Entwicklung und Untersuchung auxetischer Textilstrukturen für verschiedene Anwendungsfelder. Im Gegensatz zu klassischen Werkstoffen reagieren auxetische Materialien unter Zugbelastung mit einer Vergrößerung und bei Druckbelastung mit einer Verringerung ihres Querschnitts, was durch eine negative Querkontraktionszahl beschrieben werden kann.

Der Fokus der am IHD durchgeführten Arbeiten lag dabei auf der Entwicklung von Lösungen zur Abdichtung des Kontaktbereichs zwischen Elementen von Teleskopsystemen, wobei der Einsatz als Dichtungssystem für teleskopierbare Saunen als konkreter Anwendungsfall diente. Der Grundgedanke bestand darin, mittels eines auxetischen Textilstranges eine expandierbare Dichtung zu entwickeln, die während der Bewegung der einzelnen Teleskopelemente nicht in Kontakt zum jeweils nächsten Element steht (somit wird kein Verschleiß verursacht) und ihr maximales Volumen (und damit ihre abdichtende Wirkung) erst durch einen zug-

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

Within the scope of the BMBF-promoted competence network “futureTEX”, numerous research projects have been initiated to support the transformation of the German textile industry into a sustainable industrial player and to pave the way to attain a global top position in the field of technical textiles. The goal of the joint project “auXteX” was to develop and examine auxetic textile structures for various fields of application. Unlike classical materials, auxetic materials increase their cross-section when under tensile load and decrease it when compressed, which can be described by a negative transverse contraction coefficient.

Thereby, the works performed at the IHD focussed on the development of solutions to seal off the contact areas between the elements of telescopic systems, whereas the application as a sealing system for telescopic saunas served as a realistic case of application. The principal idea consisted in developing an expandable seal by means of an auxetic textile web. That seal was intended not to be in contact with the respectively next element during the movement of the individual telescopic elements (thus preventing any wear and tear) and achieving its maximum volume (thus its sealing effect) only upon tensile-force-induced expansion in the fully extended end position.

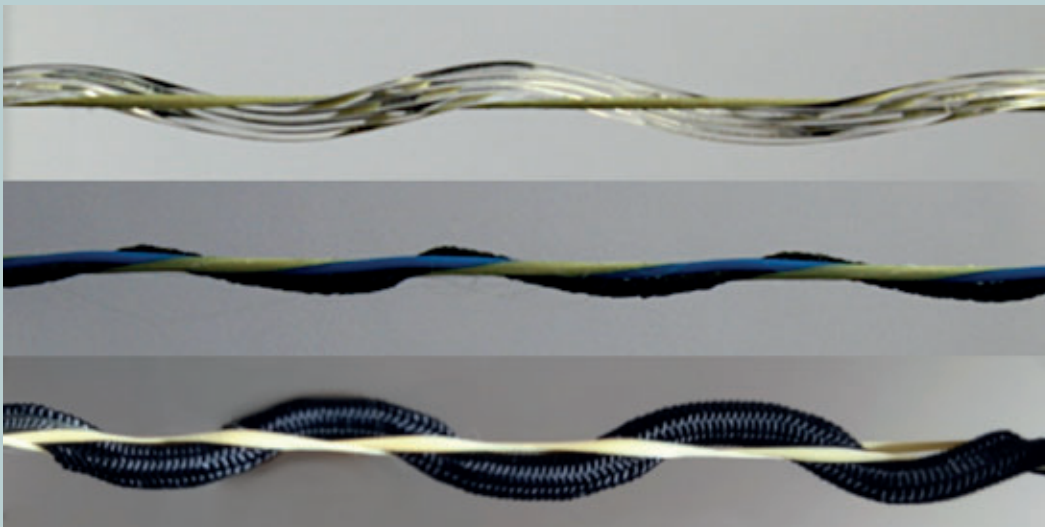


Abb. 1: Deformation verschiedener auf Zug belasteter helikaler auxetischer Garne (HAYs)

Fig. 1: Deformation of various tensile-force-loaded HAYs

induzierten Expansionsvorgang im vollständig ausgefahrenen Endzustand annimmt.

VORGEHENSWEISE

Als Lösungsansatz wurde eine zweiteilige Dichtungskonstruktion verfolgt, die aus einem expandier- oder deformierbaren Dicht-hohlprofil und einem darin verlaufenden auxetischen Strang besteht. Für die auxetische Grundstruktur kamen hauptsächlich verschiedene durch Flechten erzeugte helikale, auxetische Garne (HAYs) zur Anwendung, die aus einem dicken, elastischen Kern und einzelnen, bzw. mehreren steifen Umwindegarnen bzw. Faserbündeln bestehen.

APPROACH

The solution adopted was a bi-partite sealing structure consisting of an expandable or deformable hollow sealing profile and an auxetic web running inside it. For the auxetic basic structure, mainly different, braided helical auxetic yarns (HAYs) were used, which consist of a thick, elastic core and single or several stiff wrapping yarns or fibre bundles. For characterising the structures manufactured by the STFI in terms of mechanical-geometric performance parameters, a testing device with two load cells and a data capture unit was developed. The auxetic strands in question can be variably loaded in tension by means of a geared stepper motor controlled

Um die vom STFI hergestellten Strukturen hinsichtlich mechanisch-geometrischer Leistungsparameter charakterisieren zu können, wurde eine Prüfvorrichtung mit zwei Kraftmessdosen und Datenerfassungseinheit entwickelt. Die zu untersuchenden auxetischen Stränge können mittels eines getriebeübersetzten Schrittmotors, der über einen programmierbaren „Raspberry Pi“ angesteuert wird, variabel auf Zug belastet werden. Aufgrund der Verwendung eines Baukastensystems aus Metallprofilen wird eine gute Anpassbarkeit der Messvorrichtung an verschiedene Textilgeometrien und Prüfscenarien gewährleistet.

ERGEBNISSE

Abb. 1 zeigt verschiedene auxetische Stränge, die einer Zugbelastung ihres umwickelten Aramidgarns ausgesetzt sind. Je nach Aufbau und Zugkraft entstehen unterschiedlich stark ausgeprägte Deformationszustände, die für das Aufweiten bzw. Ausfalten eines Dichthohlprofils genutzt werden können. Die maximal mögliche Aufweitung wird durch den Durchmesser des verwendeten Kerns, der sich um den gestreckten Aramidgarn windet, begrenzt. Durch die resultierende helix- oder wellenartige Form des auxetischen Strangs wirkt der Anpressdruck nicht permanent, was die Dichtwirkung unter Umständen beeinträchtigen kann.

Um einen über die komplette Dichtungslänge gleichmäßigen Anpressdruck realisieren zu können, wurden in Ergänzung zu den HAYs weitere auxetische Strukturen entworfen und exemplarisch mittels additiver Fertigungsverfahren (Schmelzextrusion und Stereolithografie) umgesetzt. So zeigt Abb.: 2

via a programmable “Raspberry Pi”. Thanks to the use of a modular system of metal profiles, good adjustability of the measuring device to varying textile geometries and test scenarios is guaranteed.

RESULTS

Fig. 1 shows various auxetic webs exposed to a tensile load on their wrapped aramid yarn. Depending on the structure and tensile force, deformation states of varying degrees occur, which can be used to expand or fold out a hollow sealing profile. The maximum possible expansion is limited by the diameter of the core used, which winds around the stretched aramid yarn. Due to the resulting helical or wave-like shape of the auxetic web, the contact pressure is not permanent, which can compromise the sealing effect under certain circumstances.

For achieving uniform contact pressure over the entire length of the seal, further auxetic structures were designed in addition to the HAYs and exemplarily implemented by means of additive manufacturing processes (melt extrusion and stereolithography). Fig. 2, for example, shows two webs, that have a sawtooth structure whose spacing between the web planes increases when they are shifted against each other, which facilitates expanding or folding out a hollow sealing profile.



Abb. 2: Gegeneinander verschiebbare Stränge mit Sägezahnstruktur; 3D-Entwurf und exemplarische Umsetzung
Fig. 2: Saw-toothed webs that can be shifted against each other; 3D design and exemplary implementation

zwei mit einer Sägezahnstruktur versehene Stränge, deren Strangebenaabstand sich vergrößert, wenn sie gegeneinander verschoben werden, was das Aufweiten bzw. Ausfalten eines Dichthohlprofils ermöglicht.