



Smarte Textilien

- nicht nur am Menschen

Jens Mählmann,

Elke Thiele, Corinna Falck, Dr. Heike Illing-
Günther, Frank Weigand, Dirk Wenzel, Uwe
Metzner, Heike Metschies

- Einführung
 - smarte technische Textilien / Sensoren / Herstellung
- Textile Strukturen mit Faseroptischen Sensoren
 - Bau- und Sicherheitstechnik: Überwachung Netzstrukturen
 - Smarte Bewehrung: Deichmonitoring, Textiles Bauen, Pflege
- Textile Strukturen mit elektrisch leitfähigen Sensoren
 - Schnittschutz, Reizstrombody
- Textile Strukturen mit Schläuchen
- Textile Strukturen mit besonderen Konstruktionen
 - Akustik-Textilien, Lärmschutzwände
- Kombinierte textile Strukturen
 - Laserschutz-PSA, T-EXoSuit
- Zusammenfassung





- **Smart Textiles / Wearables:**
 - besitzen Wachstumspotential
 - bieten der Textilindustrie neue Chancen für die Schaffung von Alleinstellungsmerkmalen
 - sind Zukunftsprodukte, da das Marktumfeld sich entwickelt hat (Software, Hardware, Akzeptanz)
 - machen die Textilindustrie interessant
 - fördern die interdisziplinäre Kooperation
 - erweitern / ergänzen unsere vorhandenen Technologien
 - erweitern die (Schutz-)Funktionen von Textilien

(Erweiterte) Definition

- Smart Textiles bedeutet Integration von Funktionen ins Textil
- Funktionen sind Messen, Leiten, Leuchten, etc.
 - Wichtige Komponenten sind
 - Träger
 - Sensor und / oder Aktor
- Verschiedene Kompetenzen notwendig: Textiler, E-Techniker, Informatiker, Mediziner, Biologen, etc.
=> interdisziplinäres Arbeiten
- Notwendig ist die Betrachtung des Gesamtsystem:
Textil, Funktion, Schnittstelle zum Nutzer incl. Einbindung der Nutzer („user experience“)
- Zum Teil werden Daten erfasst. Mit den Daten können wieder neue Services generiert werden, welche wertschöpfend genutzt werden können.



Sensor (Detektor, Aufnehmer, Fühler)

- Erfassung physikalischer oder chemischer Eigenschaften
 - qualitativ und/oder quantitativ
- Umformung/Wandlung in weiterverarbeitbares (elektrisches) Signal

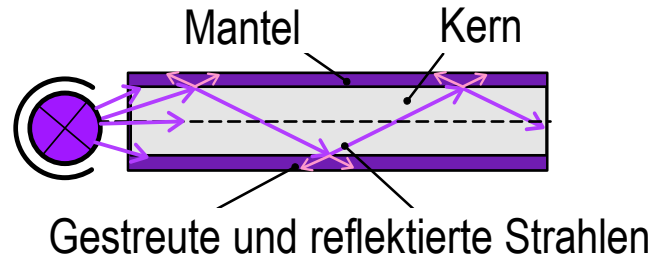
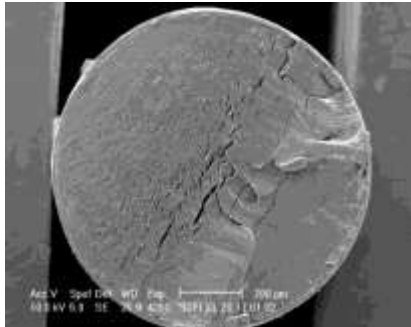
linienförmige, fadenartige Sensoren

- Faden (mechanisch)
- **Optische Fasern (GOF, POF),**
- **optische Fasern – Faser-Bragg-Gitter (FBG)**
- **Drähte (TDR, Kapazitive Änderung, (De-)Kontaktierung)**
- textile Flächen-Elektrode (gestickt, gestrickt, Gewebt)
- Schläuche (gestickt)

Mikroelektronische Komponenten

Funktionsprinzip – Lichtwellenleiter

- Licht wird durch Reflexion innerhalb der optischen Faser zum Endpunkt geführt (Signalleiter, Sensor) oder
- entlang der gesamten Mantelfläche seitlich abgestrahlt (Flächenstrahler, Aktor)
=> Lumineszieren des Mantels der optischen Faser
- Material: Glas oder Kunststoff meist PMMA
- Durchmesser: 0,125 mm - 3 mm



Struktur eines textilen faseroptischen Sensorsystems



Messgerät



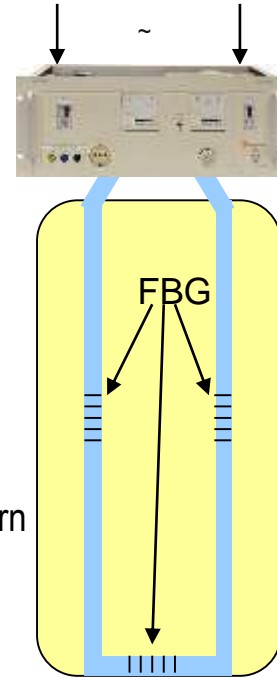
Verbindungstechnik (Vorlauffaser, Nachlauffaser, Stecker...)



Optische Fasern (Glas, POF)



textile Lagefixierung der optischen Fasern





Vorteile

- Sensorelemente besitzen fadenähnliche Merkmale
- deshalb textile Verarbeitung möglich
- Typisch: Durchmesser ca. 9 μm bis 5 mm, Längen mm bis km

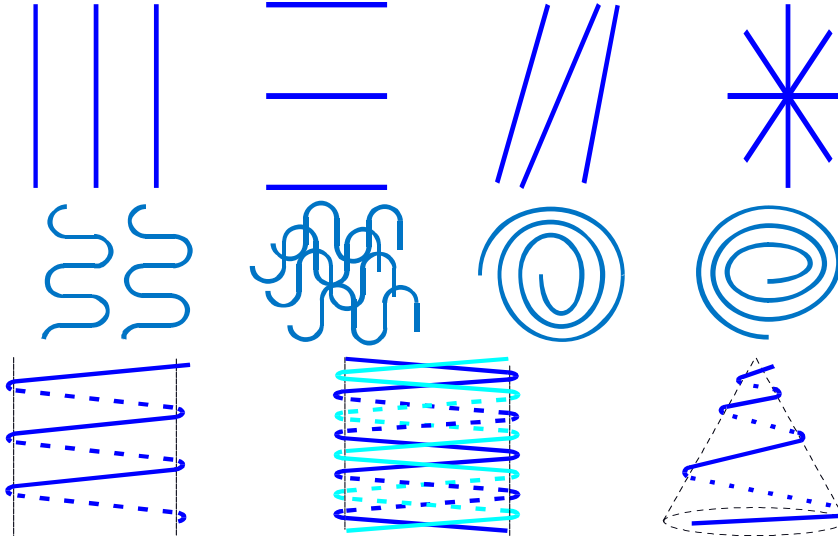
Nachteile

- optische Fasern sind empfindlich auf Biegung, Reibung, Zug
- Verletzung der Oberfläche führt zu Signalverlusten und Störungen
- minimaler Biegeradius nicht kleiner 20 mm sonst keine verwertbaren Messsignale

Potenzial - Anordnung im Textil

punktueller, flächiger, überlagter oder räumlicher

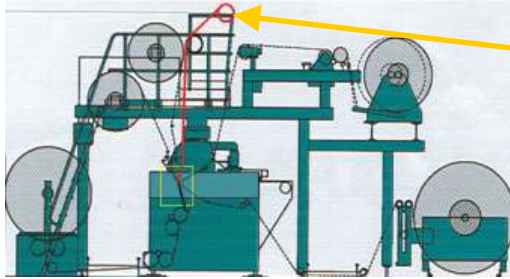
- Aufnahme (Sensor)
- Wirkung (Aktor z.B. Lichteffekte)



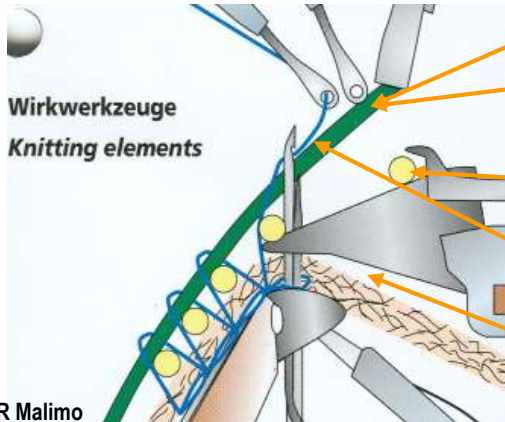
Weben, Wirken, Stricken, Vliesbildung, Sticken, Textilveredelung, Strangbildung

Verarbeitung hochfester Materialien und fadenförmiger Sensoren/Aktoren auf Verbundwirkmaschinen

Spezial Vliesraschelmaschine RS 3 MSUS-V mit Magazinschusseintrag, Firma KARL MAYER Malimo



Spulenaufnahme für
Sensoren/Aktoren



Sensor
lastaufnehmende
Stehschussfäden
Querschuss
maschebildendes
Fadensystem
Vliesstoff

Bild: KARL MAYER Malimo

- Einführung
 - smarte technische Textilien / Sensoren / Herstellung
- **Textile Strukturen mit Faseroptischen Sensoren**
 - Bau- und Sicherheitstechnik: Überwachung Netzstrukturen
 - Smarte Bewehrung: Deichmonitoring, Textiles Bauen, Pflege
- Textile Strukturen mit elektrisch leitfähigen Sensoren
 - Schnittschutz, Reizstrombody
- Textile Strukturen mit Schläuchen
- Textile Strukturen mit besonderen Konstruktionen
 - Akustik-Textilien, Lärmschutzwände
- Kombinierte textile Strukturen
 - Laserschutz-PSA, T-EXoSuit
- Zusammenfassung

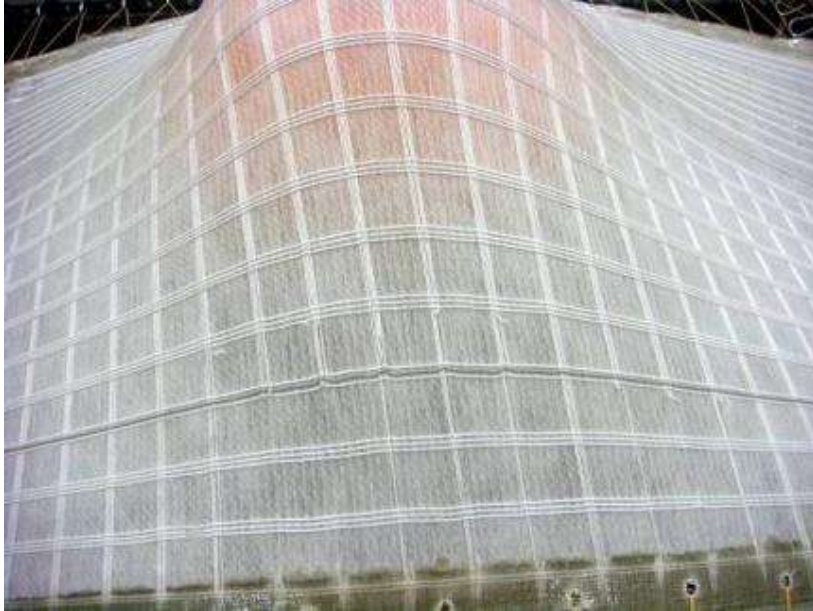


Sensitive Textilstrukturen: neue Anwendungsmöglichkeiten in Bau- und Sicherheitstechnik

- optische Polymerfaser (Multimode, Singlemode): orts aufgelöste Erfassung
 - der Dehnung durch spektrale Analyse der Rayleigh-Streuung
 - von Störstellen (Dämpfung, Bruch) auf Basis der Rückstreuungsmessung bei POF (OTDR)



Integration und Prüfung optischer Glasfasern sowie optischen Polymerfasern in Vliesraschelgewirke



Sensorintegrierte knotenlose Netzstrukturen

Integration und Prüfung optischer Glasfasern sowie optischer Polymerfasern
in knotenlose Netzstrukturen

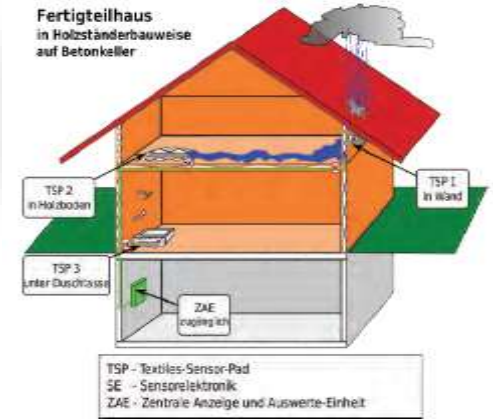
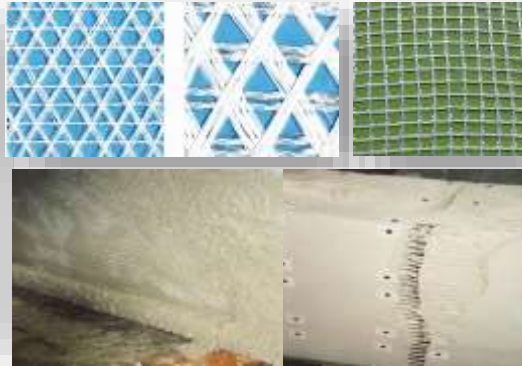


Technische Netz- und Seilstrukturen aus Hochleistungsfasern

- Technologien: Rechts/Rechts-Wirken, Rechts/Links-Wirken
- Anwendung: Schutz- und Sicherheitsnetze, Netze für maritime Anwendungen, Zug- und Tragelemente, Lichtnetz, Steinschlagsicherungsnetze

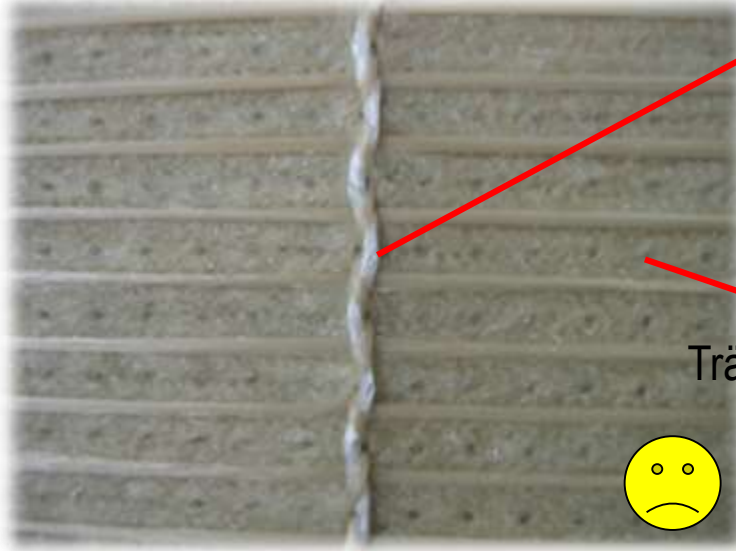
Technische Funktionstextilien (technical smart textiles):

- Technologien: Wirken Weben, Sticken, Stricken, KEMAFIL, Seilweben
- Anwendung: Tief- und Hochbau, Geotextilien, Erdbebensicheres Bauen, Strukturüberwachung, Monitoring z. B. Feuchte

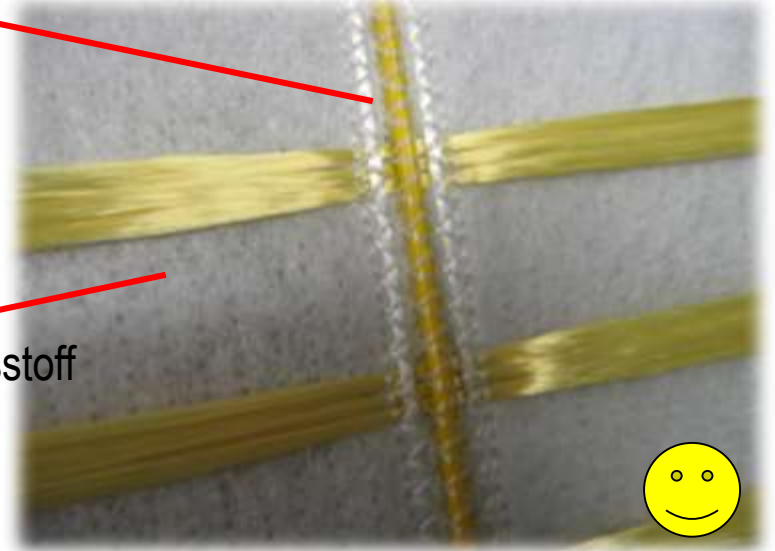


Entwicklung sensativer Geotextilien

Faseroptischer Sensor



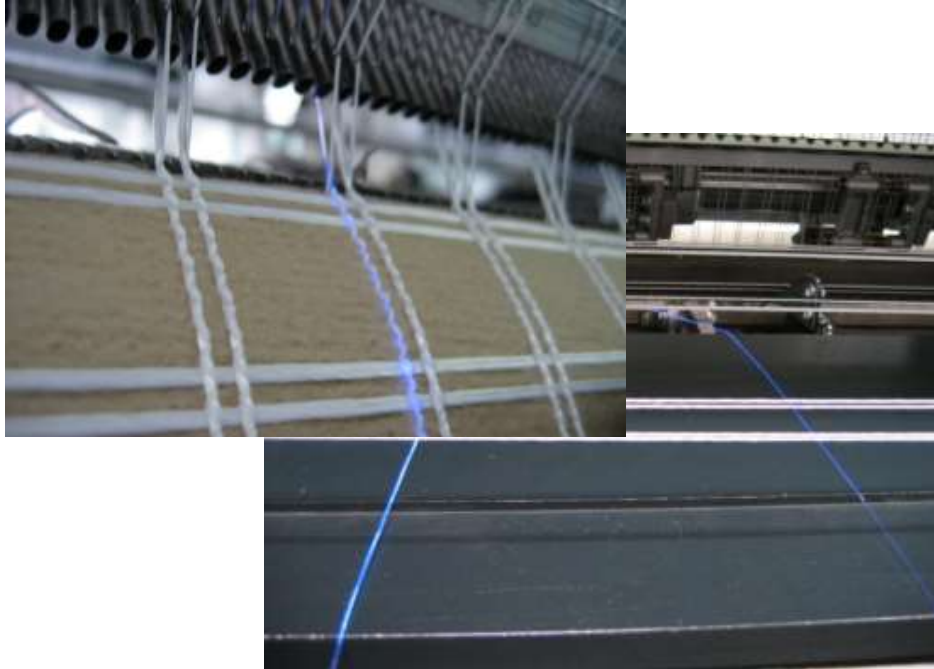
Einarbeitung der optischen Fasern als
Schuss unter 1 mittels Fransebindung
Faseroptischer Sensor leicht ondulierend



Einarbeitung der optischen Fasern als
Stehschuss mittels Trikotbindung
Faseroptischer Sensor völlig gestreckt

Entwicklung sensativer Geotextilien

Test mit speziellen POF/visuelle Kontrolle

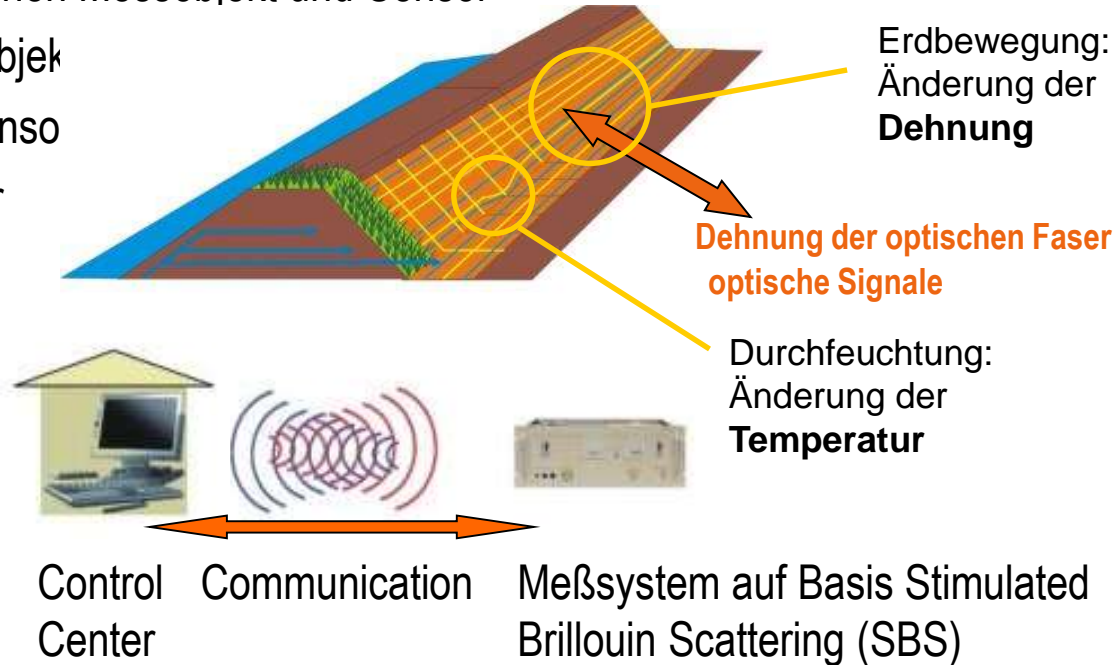


GOF/OTDR Messtechnik



Qualitätskontrolle optischer Sensoren unmittelbar im Herstellungsprozess mittels OTDR Technik

- Kombination von Bewehrung und Überwachung
- Erzielung optimaler Verbindungen zwischen Messobjekt und Sensor
- Vereinfachen der Applikation am Messobjekt
- Erzeugung flächiger oder räumlicher Sensor
- Textilien übernehmen Schutzfunktion für den Sensor
- Null-Punkt bleibt erhalten
- günstige Glasfasern
- keine lokalen Sensorelemente
- teures, temporäres Messsystem



Textiles Bauen (Anwendungen im Beton-, Lehm- und Ziegelbau)

- Technologien: Wirken, Sticken, Stricken, Weben, KEMAFIL
- Anwendung: Bewehrung, Überwachung,



„Sensorpolster“

Verarbeitung optischer Sensoren zur Detektion von Feuchte und Bewegung Anwendungspotential

- Hoher Nutzerakzeptanz durch einfache klare Informationen
- mit ggf. Handlungsanweisung für den Pflegenden
- Nachrüstbar in vorhandene Möbelsysteme
- Preiswertes Gesamtsystem durch Einsatz kostengünstiger Einzelkomponenten

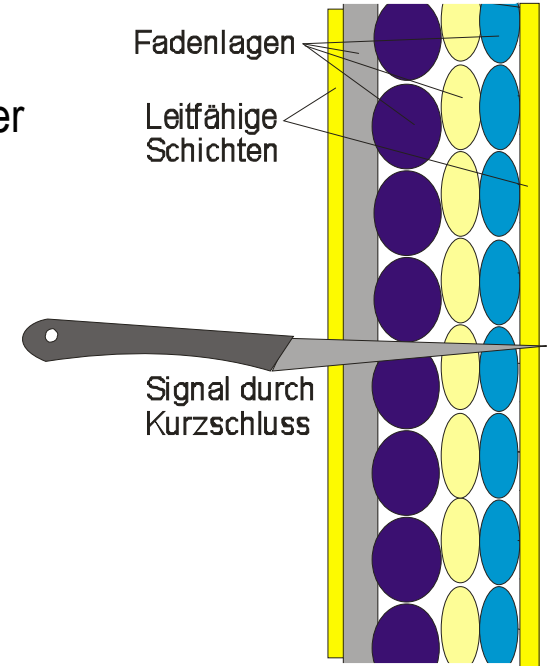


- Einführung
 - smarte technische Textilien / Sensoren / Herstellung
- Textile Strukturen mit Faseroptischen Sensoren
 - Bau- und Sicherheitstechnik: Überwachung Netzstrukturen
 - Smarte Bewehrung: Deichmonitoring, Textiles Bauen, Pflege
- **Textile Strukturen mit elektrisch leitfähigen Sensoren**
 - **Schnittschutz, Reizstrombody**
- Textile Strukturen mit Schläuchen
- Textile Strukturen mit besonderen Konstruktionen
 - Akustik-Textilien, Lärmschutzwände
- Kombinierte textile Strukturen
 - Laserschutz-PSA, T-EXoSuit
- Zusammenfassung



Verbundstrukturen mit Sicherheitsfunktionen

- Konzept Funktionstextil:
 - Anordnung von 2 leitfähigen, schnittfesten Schichten übereinander
 - Signal über elektrischen Kontakt der Flächen
 - Weiterleitung des Signals an ein Mobilfunkgerät
- Technologien: Stich-Schnittschutzprüfung,
- Anwendung: Sicherheitstechnik, Planen, Kuriertaschen, PSA



Funktionsmuster und -Prüfung



**Schnittfeste
Textilverbund-
konstruktion**

**Baugruppe zur
Bedienung**

**Baugruppe zur
Datenauswertung
und Weiterleitung**

**Mobilfunkgerät mit
empfangener
Alarmnachricht**



Ergebnis

- Neue Textilkonstruktion mit Sensorfunktion und hoher Schnittfestigkeit (70 N – 135 N bei 300 g/m²)
- Sensor- und Alarmfunktion
- Gründung go11save; Patentierte als „Packetbuttler“

„Reizstrombody“

Verarbeitung leitfähiger Materialien zu Toleranzfeldelektroden

- Entwicklung und Ausbildung von dreidimensionalen Strukturen
- Integration sensibler Flächen und Verbindung zu Elektronikkomponenten
- Technologien: Sticken, Stricken

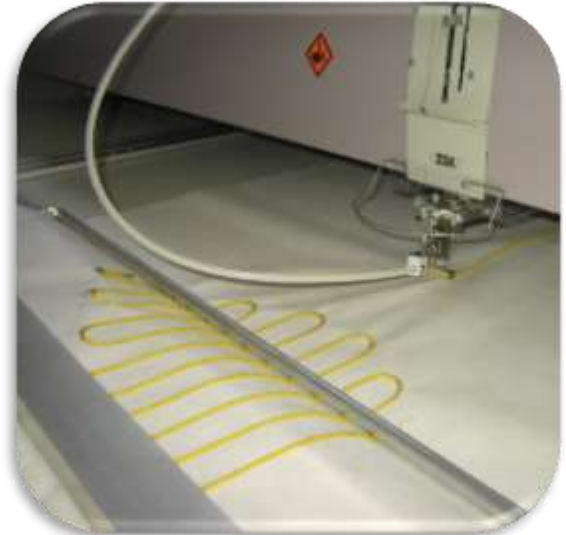


- Einführung
 - smarte technische Textilien / Sensoren / Herstellung
- Textile Strukturen mit Faseroptischen Sensoren
 - Bau- und Sicherheitstechnik: Überwachung Netzstrukturen
 - Smarte Bewehrung: Deichmonitoring, Textiles Bauen, Pflege
- Textile Strukturen mit elektrisch leitfähigen Sensoren
 - Schnittschutz, Reizstrombody
- **Textile Strukturen mit Schläuchen**
- Textile Strukturen mit besonderen Konstruktionen
 - Akustik-Textilien, Lärmschutzwände
- Kombinierte textile Strukturen
 - Laserschutz-PSA, T-EXoSuit
- Zusammenfassung



Technische Funktionstextilien (technical smart textiles):

- Technologien: Wirken Weben, Sticken, Stricken, KEMAFIL, Seilweben
- Anwendung: Medizintechnik, Orthopädie



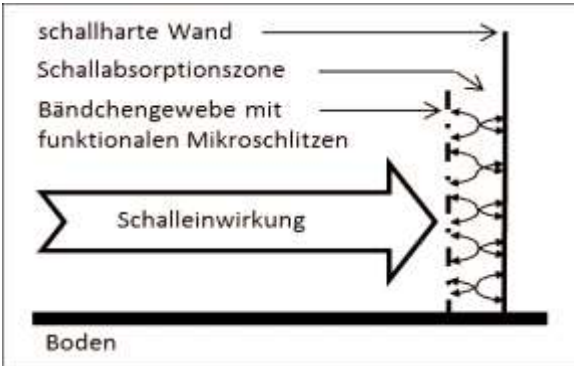
- Einführung
 - smarte technische Textilien / Sensoren / Herstellung
- Textile Strukturen mit Faseroptischen Sensoren
 - Bau- und Sicherheitstechnik: Überwachung Netzstrukturen
 - Smarte Bewehrung: Deichmonitoring, Textiles Bauen, Pflege
- Textile Strukturen mit elektrisch leitfähigen Sensoren
 - Schnittschutz, Reizstrombody
- Textile Strukturen mit Schläuchen
- **Textile Strukturen mit besonderen Konstruktionen**
 - **Akustik-Textilien, Lärmschutzwände**
- Kombinierte textile Strukturen
 - Laserschutz-PSA, T-EXoSuit
- Zusammenfassung



Erste Schallschutzelemente wurden in der Regel aus **relativ dicken und schweren Materialien** mit einer gering schall-reflektierenden Oberfläche hergestellt.

Diese Schallschutzelemente sind nicht Transluzent/Durchscheinend.

In der Schweiz gab es eine Entwicklung **dünnere Schallschutzwände** mit **mikro-Schlitz**en in der Oberfläche.



Die **ersten mikro-Perforierten Schallschutzelemente** waren aus **Holz**.

Später wurden Kunststoff, Stahl, Edelstahl und Aluminium verwendet.

Aber all diese **Schallschutzelemente** waren **nicht flexibel**.



Textilien für das akustische Raumdesign

Herausforderung: Umsetzung **hochpräziser Schlitzgeometrien** auf Textile Flächengebilde.

Kettengewirke – Erlauben die Herstellung von Flächen mit einer Vielzahl von Materialien wie Garnen aus Polypropylen, Polyester, Glas oder Basalt, Vliesstoffen und metallischen Drähten sowie **Bändchen**.



Rezeption in einem Krankenhaus mit textile Akustikelementen als Lampenschirm, Raumteiler und am Fenster.

„Hängende Gärten“ – begrünte Lärmschutzwände

Motivation

- Regionaler Strukturwandel: Abwanderung von Bevölkerung aus innerstädtischen Wohngebieten in ländliche beruhigte Räume.
- Verkehrslast auf den Straßen der Innenstädte steigt an.
- Wohn-, Freizeit- und Lebensqualität an diesen Straßen hat sich bis zur völligen Unzumutbarkeit verschlechtert, die Lärm- und Staubbelastung steigt, lokale, urbane Überhitzung.

Lösungsweg

- Modulares Freiflächen- und Fassadenbegrünungssystem zur Verbesserung städtebaulicher klimatischer Defizite, Erhöhung des Regenwasserrückhalts und insgesamt eine ästhetische Aufwertung durch lebende, intensiv begrünte Flächen und Fassaden

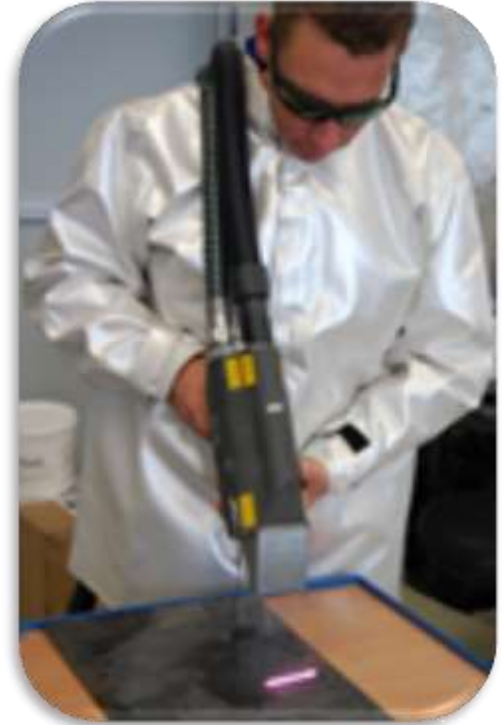


Ergebnisse

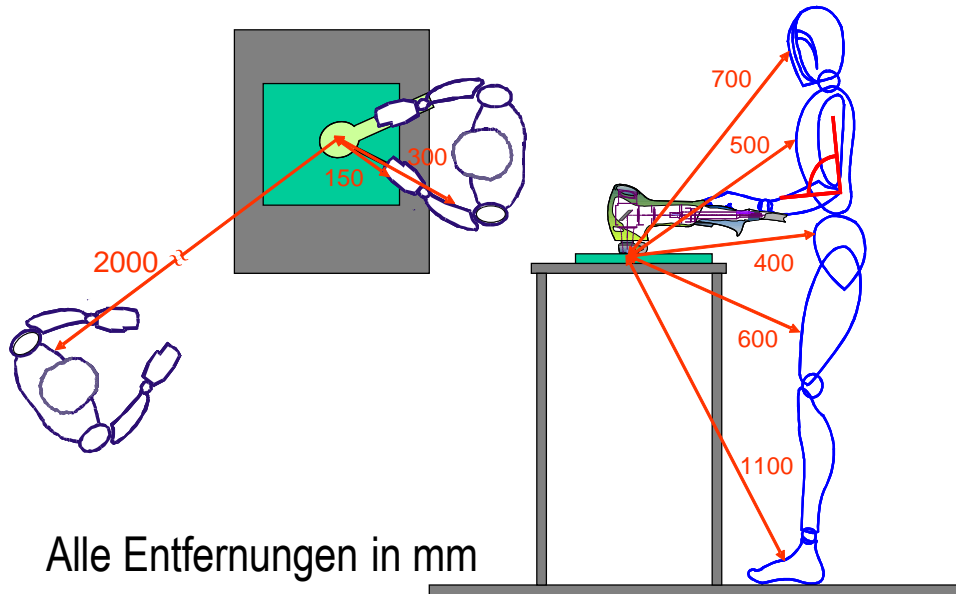
- Erdeloser textile Vegetationsträger bis 53 mm Dicke
- Strukturdehnung bis 10 % wenig beeinflussbar
- Wasseraufnahmekapazität: 13 bis 24 l/m²
- Wasserkapazität nach 72 h: 2,5 bis 8 l/m², Wasserverlust 4 l/m²/d
- Erfolgreicher Sommerbetrieb, Winterbetrieb große technische Herausforderungen -> smartes Textil/Bewässerung
- Standsicher bis Windgeschwindigkeiten von 70 km/h
- Pflanzenausfall zwischen 15 % und 33 %
- Schalltechnische Untersuchungen
 - Labor: Schallreflexion DLRI bis 10 dB;
 - Freiland: Einfügungsdämmung De 3 dB, Schallreflexion DLRI 4,7 dB



- Einführung
 - smarte technische Textilien / Sensoren / Herstellung
- Textile Strukturen mit Faseroptischen Sensoren
 - Bau- und Sicherheitstechnik: Überwachung Netzstrukturen
 - Smarte Bewehrung: Deichmonitoring, Textiles Bauen, Pflege
- Textile Strukturen mit elektrisch leitfähigen Sensoren
 - Schnittschutz, Reizstrombody
- Textile Strukturen mit Schläuchen
- Textile Strukturen mit besonderen Konstruktionen
 - Akustik-Textilien, Lärmschutzwände
- **Kombinierte textile Strukturen**
 - Laserschutz-PSA, T-EXoSuit
- Zusammenfassung



Zusammenhang zwischen Gefährdungspotential und Entfernung
zwischen Bearbeitungszone und Körperteilen



Die Intensität von fokussierter Laserstrahlung wächst quadratisch mit sinkender Entfernung zur Bearbeitungszone – je näher desto stärker

Problem:

Werker befindet sich unmittelbar an der Bearbeitungszone

Persönliche Schutzausrüstung für die Haut

Gesichtsschutz



Handschutz



Schutzkleidung



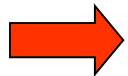
Fußschutz



Mögliche Materialien:

- Natürliche Materialien (z.B. Leder)
- Natürliche Fasern (z.B. Baumwolle)
- Synthetische Fasern (z.B. Aramid)
- Mischgewebe
- Glasfasern
- Mehrlagengewebe (z.B. Lamine)

- Keine spezielle Laser-PSA (außer Laserschutzbrillen) ist am Markt verfügbar.
- Es existieren weder Normen noch Prüfverfahren zu Laserschutz-PSA.



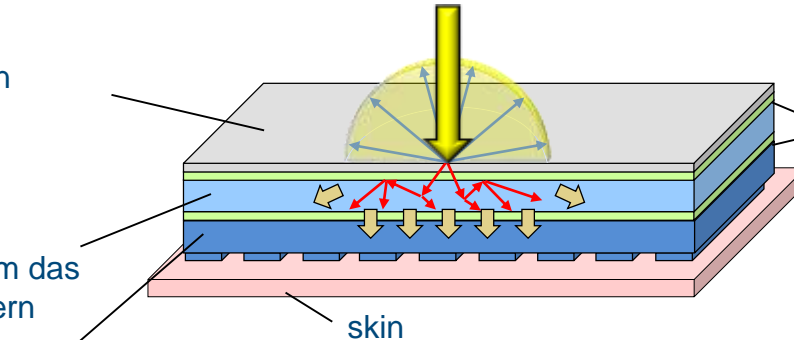
Heute, "gefühlsmäßige" Auswahl von PSA bei HLDs

Passive/Aktive Laserschutzkleidung

Passive funktionalisierte textile Systeme für PSA

Schichten und Funktionen im Hinblick auf Laser-Schutz

1. Oberflächenschicht
gestreute/diffuse Remission von Strahlung; geringe Absorption; geringe/keine Transmission
2. Mittlere Schicht
Streuung von Laserstrahlung um das Absorptionsvolumen zu vergrößern
3. Innere Schicht
Gute Isolationseigenschaften: Geringer Wärmedurchgang auf die Haut



Geringer Wärmedurchgang zur Haut
um **Einstrahlung spürbar zu machen**
→ **Herausbewegen** aus der Strahlungszone

Aktive funktionalisierte textile Systeme für PSA

Elektrisches System

Metallische Drähte/
Garne, metallisierte
Garne, leitfähige Folie

Optisches System

- Optische Fasern (Glas- oder Polymer-) mit Faser-bragg-Gittern
- Optische Fasern/Folien

Alle Schichten

- Feuerbeständig
- Hitzebeständig

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- Mögliche Gefahren beim Arbeiten mit HLDs: schwere Verletzungen möglich, abhängig von Laserwellenlänge und -Leistung
- Bisher keine Laserschutz-Handschuhe oder Kleidung verfügbar
- Entwicklung von Laserschutzkleidung (PSA)
- Entwicklung von Prüfverfahren und Prüfstand unter Nutzung diverser Messmethoden
- Ziel: Schaffung eines neuen Prüfstandards im Hinblick auf die Untersuchung von Laserschutzkleidung und entsprechender Revision der EN ISO 11612 und EN 407



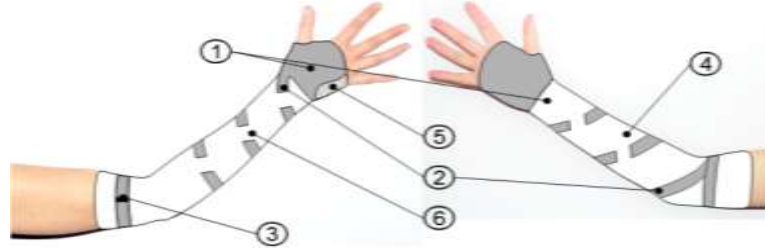
T-EXoSuit – Textilbasiertes Exoskelett



Pronation als Folge aus dem Drehmoment-Abschaltimpuls eines Akkuschraubers

Industrielle Relevanz – hochrepetetive Tätigkeiten bei der Montage

- Ermittlung idealer Dämpfung
- Angenehme Fixierung am menschlichen Arm



- ① Textil mit erhöhter Kompression für Übertragung der Rotationsbewegung (Pronation) auf das Zugband
- ② Zugband mit variabler/nichtlinearer Steifigkeitskennlinie
- ③ Einstellung der Zugkraft des Zugbandes durch Klettverschluss.
- ④ Arm-Sleeve mit Kompressionswirkung für Positionierung von Sensorik (Goniometer etc.)
- ⑤ Rutschfeste Beschichtung an der Innenseite der Orthese (z.B. Silikon)
- ⑥ Führung Zugband

futureTEX

BORN
ALTERFIL

STOLL

INSTITUT FÜR
LEICHTBAU UND
KUNSTSTOFFTECHNIK

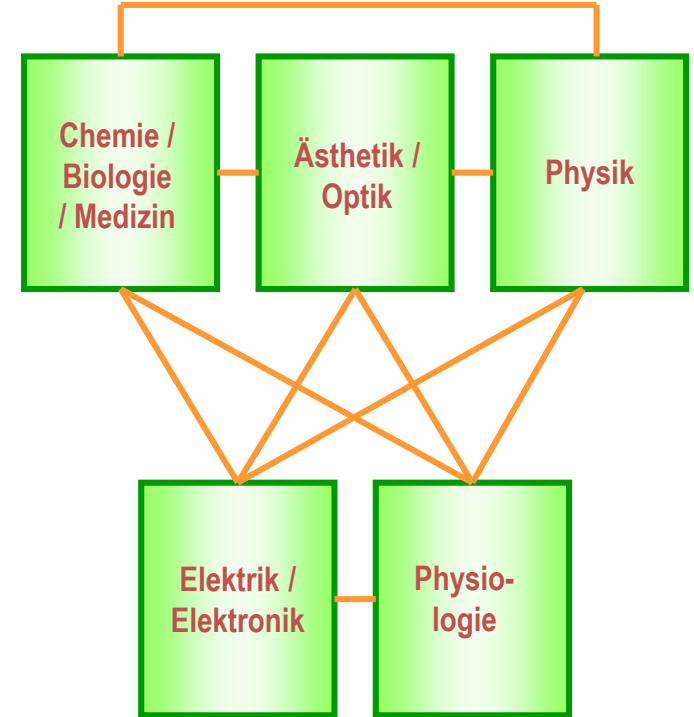
Institut für
Leichtbau und
Kunststofftechnik

ZWANZIG20
PARTNERFÜR KRAFT UND GEIST
Bundesministerium für Bildung
und Forschung

Deutschland
Land der Ideen
Ausgesprochen seit 2016

Logo of the German Federal Government

- Einführung
 - smarte technische Textilien / Sensoren / Herstellung
- Textile Strukturen mit Faseroptischen Sensoren
 - Bau- und Sicherheitstechnik: Überwachung Netzstrukturen
 - Smarte Bewehrung: Deichmonitoring, Textiles Bauen, Pflege
- Textile Strukturen mit elektrisch leitfähigen Sensoren
 - Schnittschutz, Reizstrombody
- Textile Strukturen mit Schläuchen
- Textile Strukturen mit besonderen Konstruktionen
 - Akustik-Textilien, Lärmschutzwände
- Kombinierte textile Strukturen
 - Laserschutz-PSA, T-EXoSuit
- **Zusammenfassung**





- Smart Textiles bedeutet Integration von Funktionen ins Textil
- Funktionen sind messend, leitend leuchtend etc.
- Fadenförmige und Komplexe Sensoren/Aktoren lassen sich textil verarbeiten
- Verschiedene Kompetenzen notwendig: Textiler, e-Technik, Informatiker, etc. interdisziplinäres Arbeiten
- Notwendig ist die Betrachtung des Gesamtsystem: Textil, Funktion, Schnittstelle zum Nutzer incl. Einbindung der Nutzer, Stichwort user experience!
- Ergänzend: es werden Daten erfasst. Mit den Daten können wieder neue Service generiert werden, welche wertschöpfend genutzt werden können.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.

Annaberger Straße 240
09125 Chemnitz

Geschäftsführung:
Dipl.-Ing.-Ök. Andreas Berthel
Dr.-Ing. Yves-Simon Gloy

Telefon: +49 371 5274-0

E-Mail: stfi@stfi.de

Telefax: +49 371 5274-153

Internet: www.stfi.de

Der Inhalt dieser Präsentation gehört dem Sächsischen Textilforschungsinstitut e.V. (STFI). Das STFI übernimmt keine Verantwortung oder Haftung für eventuelle Schäden, die aus der Weitergabe und/oder Nutzung der Informationen aus dieser Präsentation entstehen. Das unerlaubte Kopieren oder Veröffentlichen des Inhaltes dieser Präsentation verstößt gegen das Urheberrecht.