

# Sensorpflaster auf Textilien: Funktionen, Herausforderungen und Anwendungen

---

**Smart Textiles Workshop, Jena, 6.5.2025**

**Dr. Bernhard Brunner, Fraunhofer ISC Würzburg**



# Fraunhofer-Gesellschaft: auf einen Blick

Anwendungsorientierte Forschung mit Fokus auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie.

30 800

Mitarbeiterinnen  
und Mitarbeiter



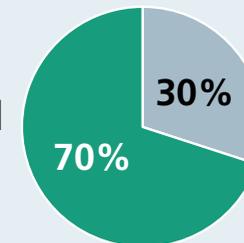
3,0 Mrd. € Finanzvolumen  
2,6 Mrd. € Vertragsforschung



76 Institute und  
Forschungseinrichtungen



Industrieraufträge und  
öffentlich finanzierte  
Forschungsprojekte



Grundfinanzierung  
durch Bund und  
Länder

# Das Fraunhofer ISC: auf einen Blick

**400 Mitarbeitende**

**Ca. 30 Mio. Euro Budget**

**Standorte:**

- **Würzburg**  
Hauptsitz und TLZ-RT
- **Bayreuth**  
Zentrum HTL (Textile)  
Faserkeramik)
- **Bronnbach**  
CeDeD und IZKK

**Rund 10.000 m<sup>2</sup> Labor und  
Technikumsflächen**

**... EXPERT\*INNEN FÜR**

▪ **WERKSTOFFE**

Glas, Keramik, Hybride Spezialmaterialien: (bio)ORMOCER®e,  
Batteriematerialien, bioactive, intelligente Materialien

▪ **VERFAHREN**

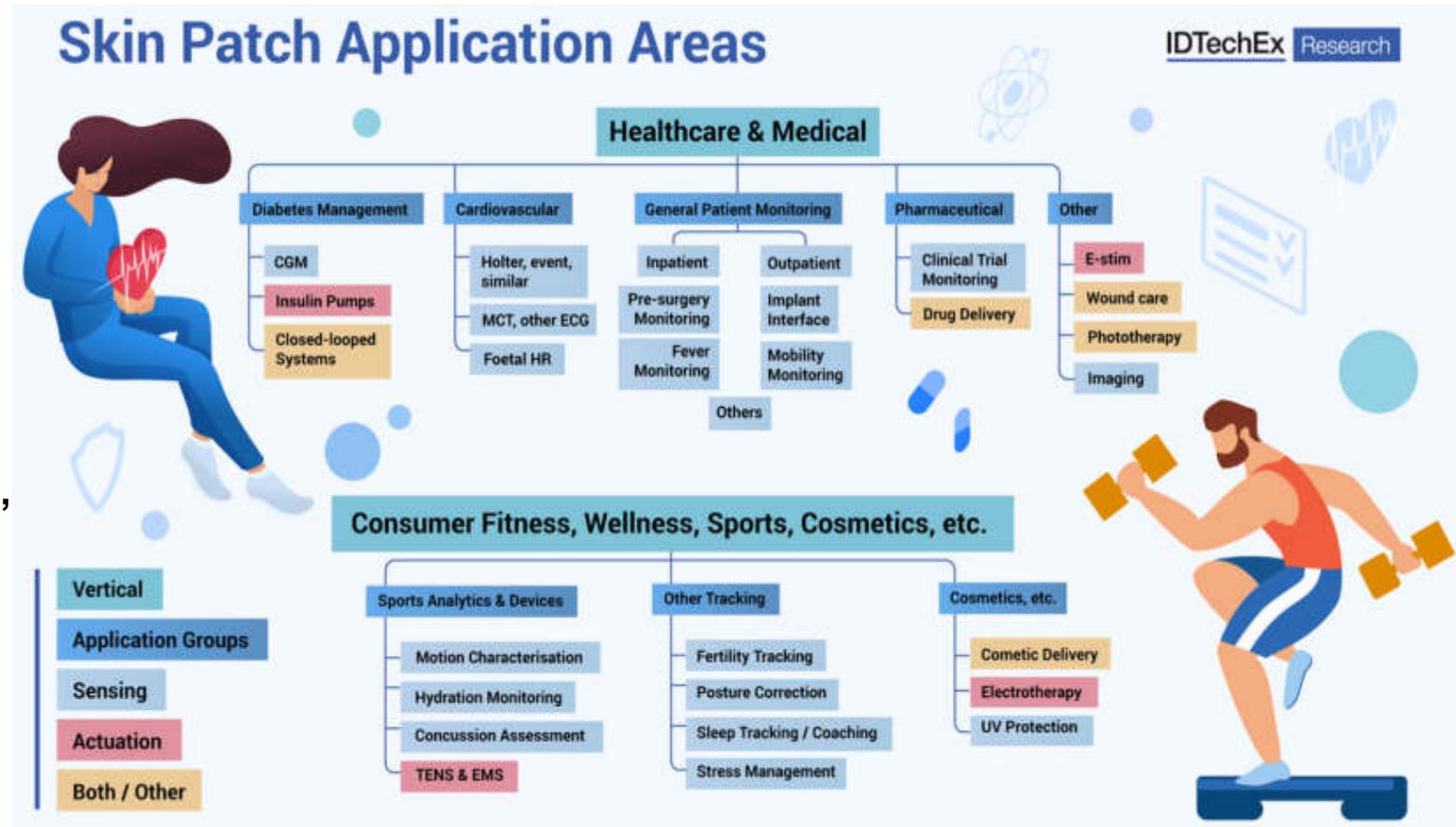
Herstellung, Verarbeitung, Recycling, Digitalisierung:  
Mikro- / Nanopartikel, Fasern, 2D-/3D – Druck-/ Strukturierung,  
(Nass-) Beschichtungen, Tissue Engineering, Digitalisierung

▪ **ANALYTIK**

Entwicklungs- und produktionsbegleitend:  
Materialcharakterisierung (von der atomaren Skala), Fehler-  
analyse, 3D In-vitro-Testmodelle auf Basis humaner Gewebe

# Marktübersicht: “Sensorpflaster”, “sensor patch”, “electronic skin”

- **Skin patches** beinhalten die Integration von Sensoren, Aktoren, Prozessoren, Kommunikation in kleinen vernetzten Einheiten
- Der globale Markt für *skin patches* als Untergruppe der “Wearables” lag 2021 bei 10 Mrd. US\$ mit Wachstumsraten auf 30 Mrd. US\$ bis 2031



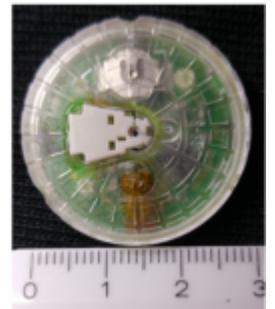
# Sensorplaster als Produkte: Blutzuckermonitoring

## DEXCOM G6



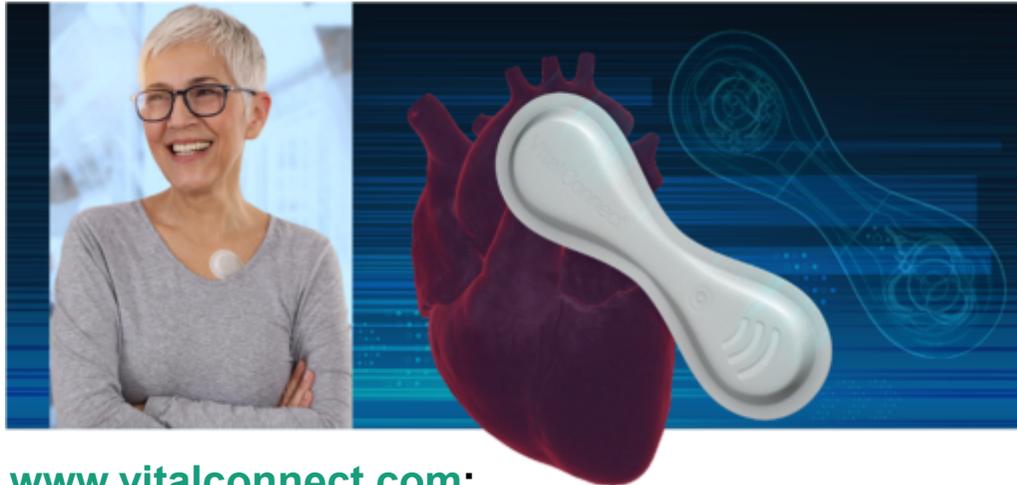
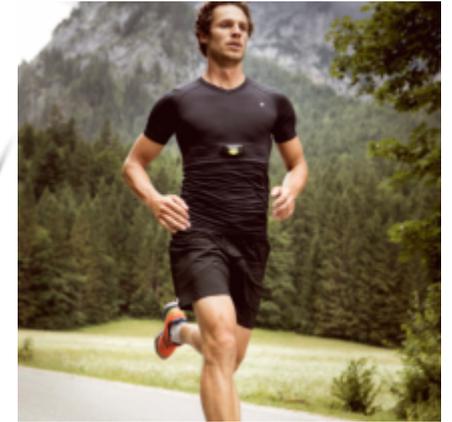
**Kosten: ca. 80 €  
für 2 Wochen Nutzungszeit  
150 Mio. Nutzer in Europa,  
800 Mio. weltweit  
→ ca. 20 Mrd. Stück / Jahr**

## FreeStyle Libre from ABOTT



# Sensorpflaster als Produkte: kardiologische Überwachung

<https://sportsensor.ch/ambiotex/>:  
Vitalparameterüberwachung  
(Puls, HRV, Atmung)



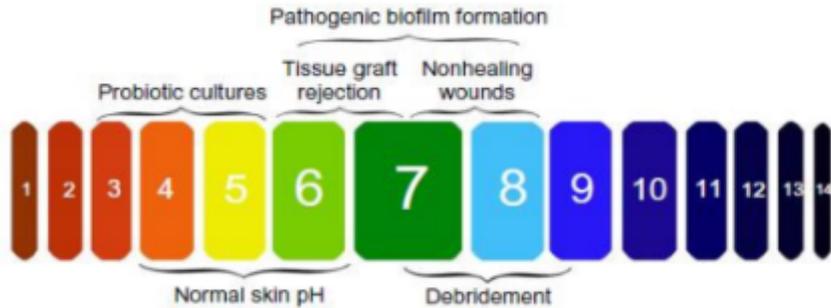
[www.vitalconnect.com](http://www.vitalconnect.com):  
Telemedizin: kardiologische Überwachung

[www.quad-ind.com](http://www.quad-ind.com):  
EKG-, EEG-, EMG-  
Monitoring



# Sensorpflaster in der Entwicklung: Wundmonitoring

<https://www.mdpi.com/journal/micromachines>:  
N. Tang et.al., *Micromachines* 2021, 12, 430

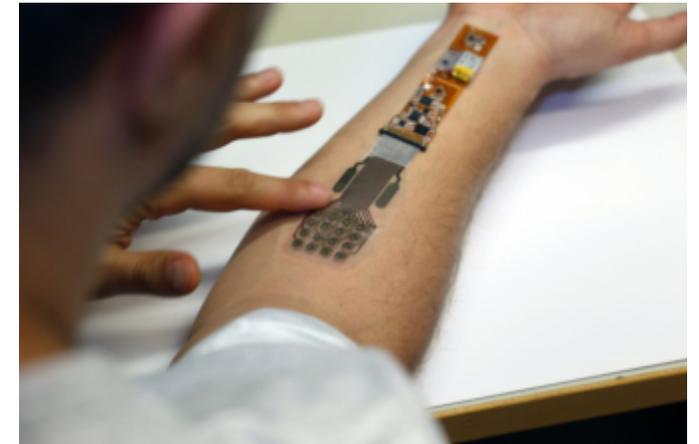


**EU Project ULIMPIA:**  
**Smart Body Patch:**  
**Messung von Temperatur,**  
**Feuchte, pH**



<https://3dprintingindustry.com/news/vtt-finland-develops-3d-printed-device-advanced-wound-care-121427/>:

VTT's electronic wound care device: temperature data and bioimpedance, i.e. tissue composition



[www.accensors.com](http://www.accensors.com): Foliensensoren für pH, K, Ca, Mg, Fe, Cl, Lactat, Druck, Temperatur, Feuchte, Leitfähigkeit

# Sensorpflaster: Herausforderungen

---

## ■ Hautpflaster:

### *Vorteile:*

- stabiler Kontakt
- Messung von subcutanen Parametern, z.B. Blutzucker möglich

### *Nachteile:*

- kurze Tragedauer
- Einwegartikel → hohe Umweltbelastung, hohe Kosten
- kleine Flächen → wenige Messkanäle (2 Kanal - EKG), nur lokale Messung (Temperatur, Druck)

## ■ Textilintegrierte Sensorpflaster:

- zahlreiche und / oder flächige Sensorik für Kurzzeitanwendungen möglich (z.B. Druckmessung)
- Mehrfachnutzung → erfordert Waschbarkeit, Reinigung
- Textildesign: Positionsstabilisierung der Sensoren ↔ Tragekomfort, modische Aspekte

# Elektrische Leiter auf Textilien

## Anforderungen:

- gute elektrische Leitfähigkeit
- weich / dehnbar
- waschbar
- abriebfest
- hautverträglich
- recyclingfähig

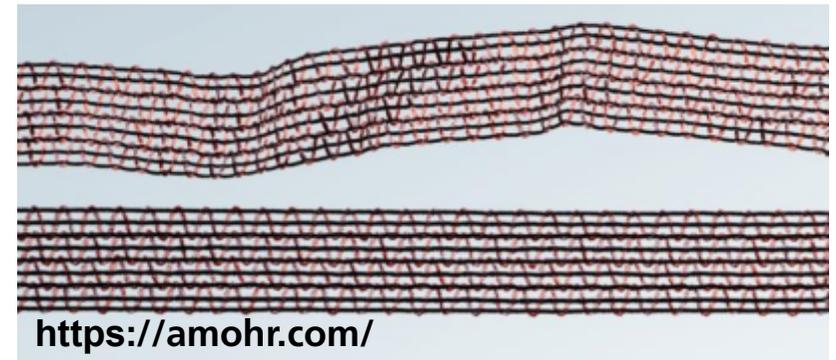
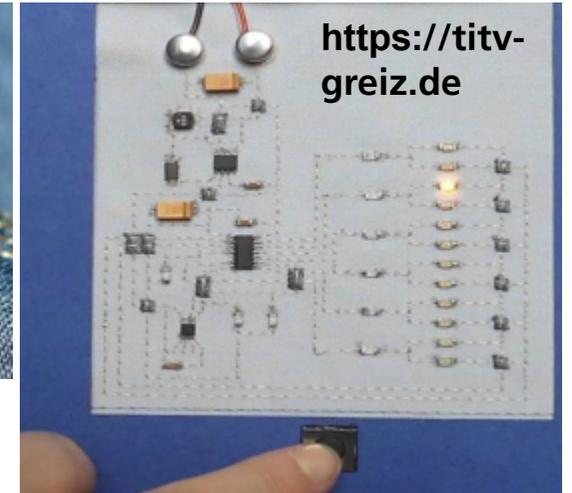
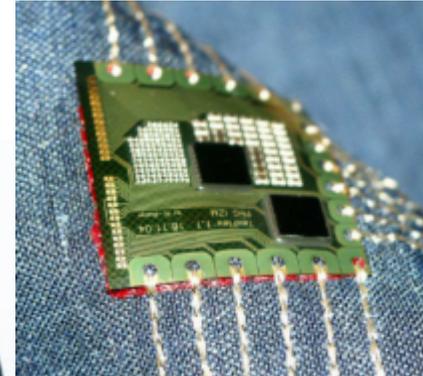
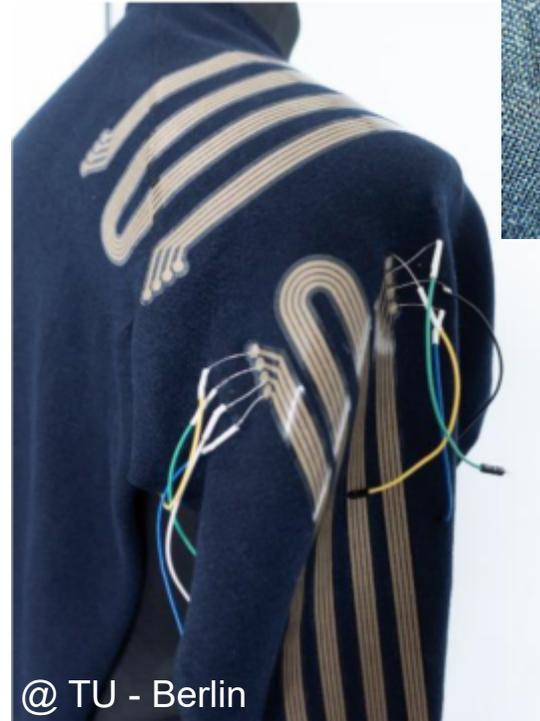
## Realisierung durch:

Aufnähen

Aufsticken

Leiterbandgewebe

auf laminiertes TexPCB



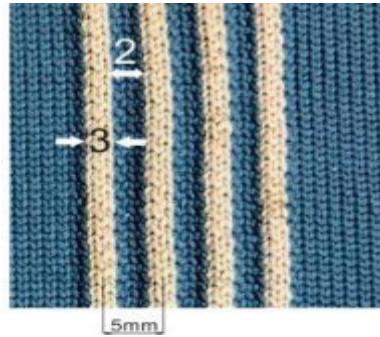
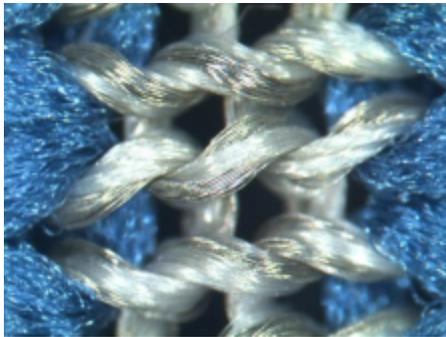
# Elektrische Leiter in Textilien (www.strick-zella.de)

## Realisierung durch:

- Gestrickte Kabelschächte
- Einstricken von mit Kupfer- oder Silberfäden umwickelten Polyestergerarnen (0,1–0,3 mm, 14  $\Omega$ /m)
- Verwendung von hocheastischen Lyocell (SMOOLS) Elasthan Garn

## Vorteile:

- cleaneres Design
- geringerer Konfektionsaufwand → geringere Herstellungskosten



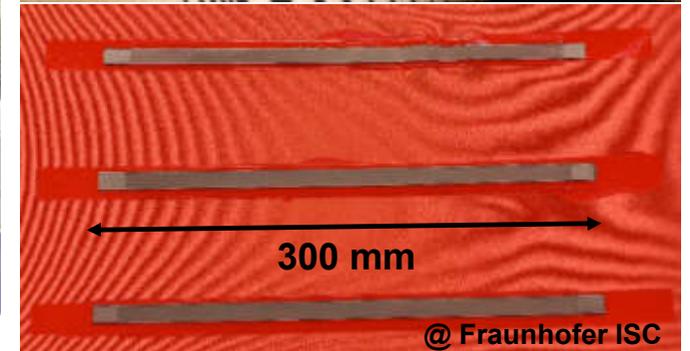
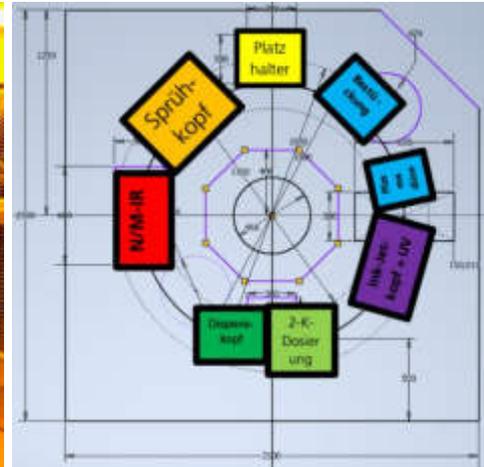
Maschenbildend gestrickte Buskabel  
Pitch 2.5 mm

# Bedrucken von (3 – dimensionalen) textilen Objekten

Mehrfachdruck von Leiterbahnen und Isolationsschichten mit Dispensern oder Siebdruck  
Partikelgefüllte (Ruß, Silber) dehnbare Siliconleiterbahnen mit Widerstand von 100  $\Omega$ /m

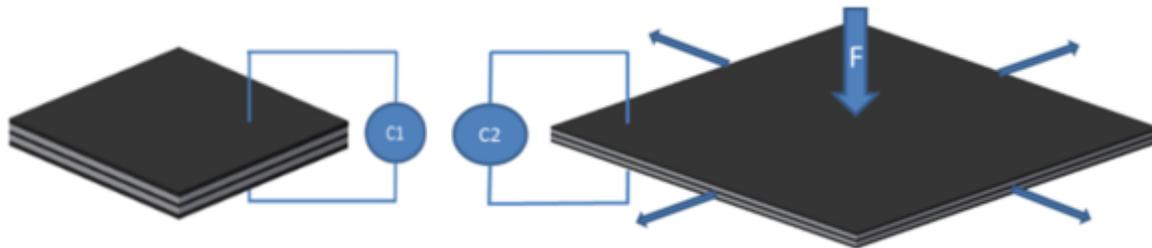
Vernetzung bei Temp. unter 80°C für unterschiedlichste Textilien  
Dehnbar bis 35%, dauerstabil unter mech. Zyklisierung bis 1 Mio. Zyklen

Bedrucken von 3 dimensionalen Objekten (max. 0,3 x 0,3 x 0,5 m<sup>3</sup>, 5 kg)



# Dielektrische Elastomer Sensoren (DES) als Drucksensoren

- DES bestehen aus einer abwechselnden Folge von leitfähigen und isolierenden Elastomerschichten
- Bei einer Verformung durch Druck oder Dehnung verringert sich die Dicke der Elastomerfolie bei gleichzeitiger Vergrößerung der Fläche, wodurch sich die elektrische Kapazität vergrößert
- Keine elektrische Beeinflussung durch Temperatur und Feuchtigkeit
- Nicht nur flexibel, sondern auch sehr leicht dehnbar (bis 100 %) und weich
- Hohe thermische (-40 – 180 °C) und mech. Wechsellastbeständigkeit
- Maschinenwaschbar, chemisch sehr beständig
- Medizinisch unbedenklich  
(„medical grade“, DIN EN ISO 10993-5:2009-10 – Teil 5)

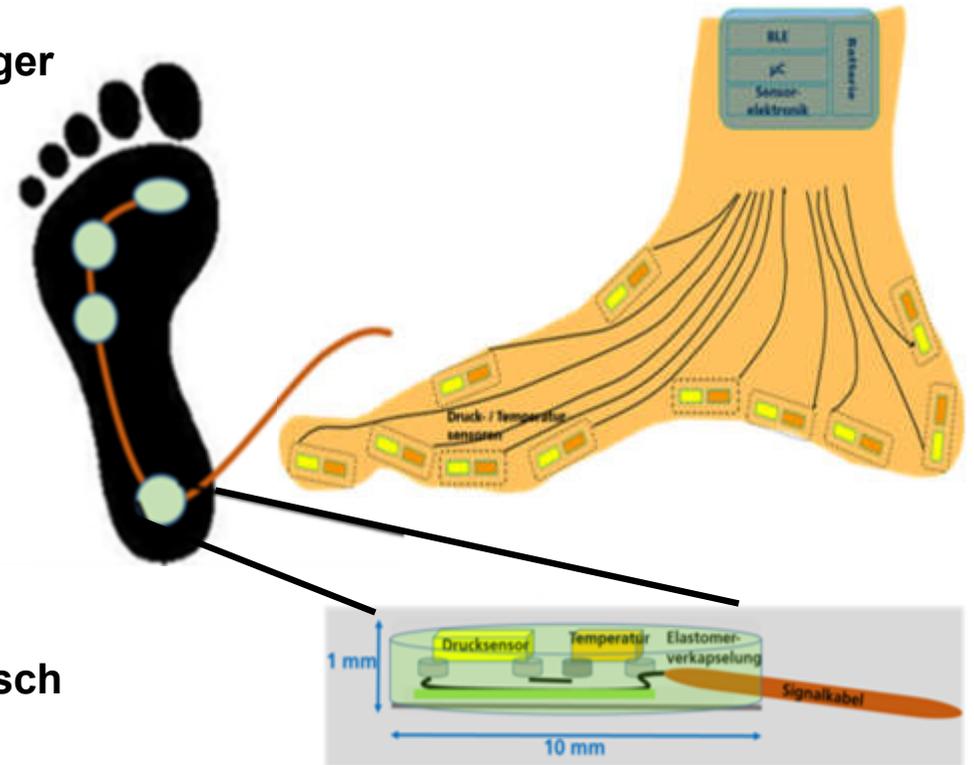


@ Fraunhofer ISC

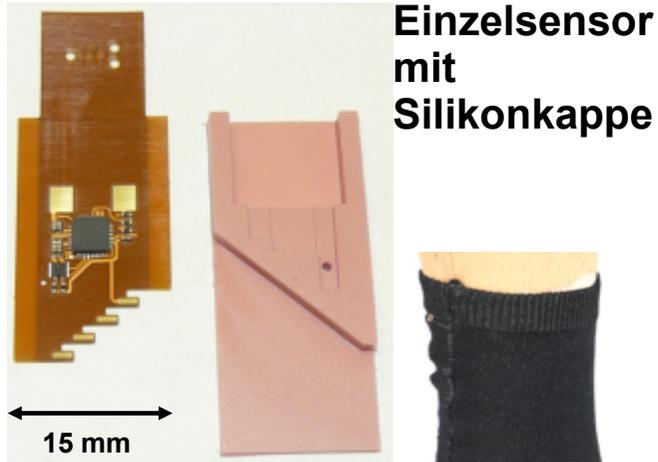
# Sensorplaster zur Wundkontrolle beim diabetischen Fußsyndrom: Konzept

Kooperationsprojekt von Fraunhofer IIS (Elektronik, SW), EMFT (AVT), ISC (Sensorik, Textilintegration)

- Sensorplaster (aktuell 20 x 15 x 3 mm<sup>3</sup>, Zielgröße 15 x 10 x 1 mm<sup>3</sup>) mit elastischen Druck-, Temperatur- und Feuchtesensoren incl.  $\mu$ -Controller auf flexiblem Träger
- an beliebige Stellen auf Haut, Textil, unter Orthesen oder Prothesen verklebbar und wiederablösbar
- Vereinfachung der Signalkabelintegration durch maschenbildendes elastisches Einstricken isolierter Kupferdrähte innerhalb des Textils in Form von 4-adrigen Busleitungen
- Anzahl und Position der Sensoren kann stricktechnisch eingestellt werden



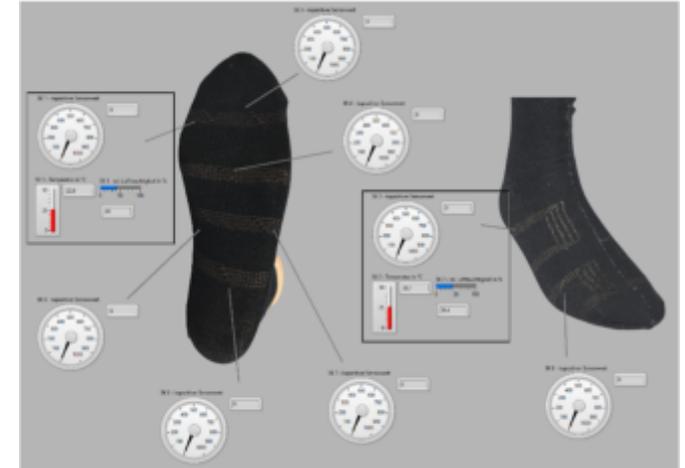
# Sensorpflaster zur Wundkontrolle: Umsetzung



Strumpf mit gestricktem Buskabel



Auswertesoftware für Feuchte-Temperatur- und Druckwerte von max. 16 Sensoren



## Weiterentwicklung:

- Verkleinerung der Baugröße
- Verkapselung mit Dispenser
- Nachweis mech. Robustheit und Waschbarkeit

# Anwendungspotentiale textilintegrierter Elastomersensoren



**Schuheinlage mit Drucksensoren**  
**Handschuh mit Druck- und Fingerpositionssensoren**  
**Gedruckte EMG - Messmanschette**  
**Shirt mit Atmungs- und Haltungssensorik**



# Zusammenfassung und Ausblick

---

- **Sensorpflaster besitzen ein hohes Anwendungspotential in weiten Bereichen von Medizin, Sport, Sicherheit, technischen Textilien**
- **Die Entwicklung textilintegrierter Sensorik erfordert spezielle Technologien zur Kombination von Textil und Elektronik:**
  - + **Nutzung textiltechnischer Verfahren zur Herstellung des Trägers und Integration der Signalleitungen**
  - + **Nutzung etablierter und kostengünstiger Textilveredelungsverfahren (Drucken, Kleben)<sup>1</sup>**
  - + **Entwicklung neuer Aufbau- und Verbindungstechnologien<sup>1</sup>**
  - + **sehr hohe Anforderungen an Elektronik bzgl. mech. Robustheit, Tragekomfort, Waschbarkeit**
- **Kostenreduzierung:**
  - **individuelle Einzelstücke als auch Massenprodukte müssen kostengünstig hergestellt werden können, wobei ein Weg eine Standardisierung wäre**
  - **textile Busleitungen eröffnen einen hohen Freiraum bzgl. Positionierung der Sensorik**
  - **großserielle Herstellung der Drucksensoren im Rolle-zu-Rolle-Verfahren<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> **Kompetenzen und Angebote des Fraunhofer ISC**

**Vielen Dank!**



**Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC  
Center Smart Materials and Adaptive Systems  
Neunerplatz 2  
D-97082 Würzburg**

**Dr. Bernhard Brunner  
Tel.: 0931 4100-416  
Email: [bernhard.brunner@isc.fraunhofer.de](mailto:bernhard.brunner@isc.fraunhofer.de)  
Web: [www.isc.fraunhofer.de](http://www.isc.fraunhofer.de)  
[www.cesma.de](http://www.cesma.de)**

