

Silikone als textilintegrierte Sensoren für die Vitaldatenerfassung

2. Fachtagung „Gedruckte Elektronik für Mobility und Life Science“
3./4. Juli 2019, Fürth

Dr. Bernhard Brunner, Fraunhofer ISC
Malte von Krshiwoblozki, Fraunhofer IZM
Christian Hofmann, Fraunhofer IIS

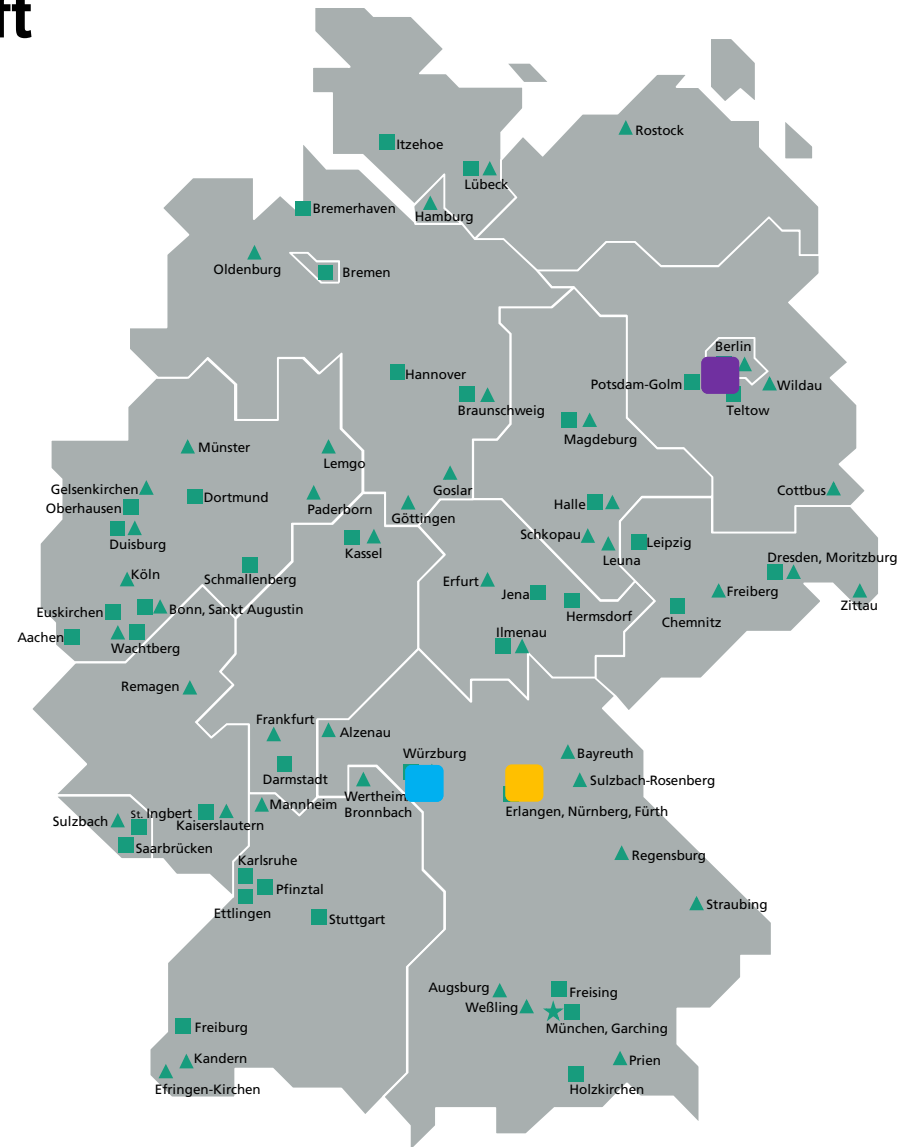


Übersicht

- Vorstellung der Fraunhofer Institute
- Silikon als Sensoren
- Aufbau- und Verbindungstechnik
- Elektronik zur Vitaldatenerfassung

Die Fraunhofer-Gesellschaft

- 72 Institute
- 27.000 Mitarbeitende, überwiegend Naturwissenschaftler und Ingenieure
- 2,5 Mrd. € Forschungsvolumen, davon
2.2 Mrd. € aus Vertragsforschung
30 % aus Industrieaufträgen
- **Fraunhofer Institut für Silicatforschung (ISC), Würzburg:**
Materialentwicklung
- **Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM), Berlin:**
Aufbau- und Verbindungstechnik
- **Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen (IIS), Erlangen:**
Elektronikentwicklung



Silikon als Sensoren: Vorteile

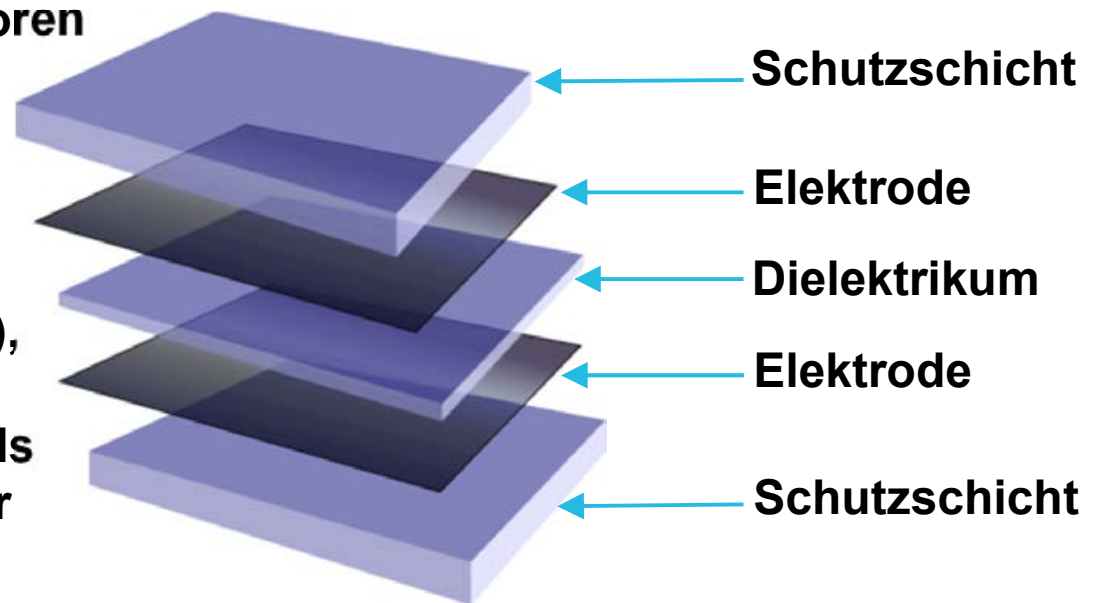
- Nicht nur flexibel, sondern dehnbar (bis 100 %)
- Weichheit chemisch einstellbar:
Anpassung an Anwendungszweck (z.B. Fussdruck, Körperbewegung)
- Hohe Designfreiheit, Anpassung an Körperform
- Maschinen-Waschbarkeit textilintegrierter Sensoren
- Chemisch beständig gegen Wasser, Waschmittel, Desinfektionsmittel
- Medizinisch unbedenklich („medical grade“)
- Geringe Kosten ($\sim 0,1 - 1 \text{ € / cm}^2$, abhängig von Funktion)

Silikon als Sensoren: Aufbau Dielektrischer Elastomerfolien

- Dielektrische Elastomere (DE) bestehen aus einer stark dehnbaren Elastomerfolie (Silikon, Acryl, Polyurethane, Naturkautschuk), die beidseitig mit dehnbaren Elektroden (Ruß, Graphit, Metallpartikel in Elastomermatrix) beschichtet wird

- als dehnbare Kondensatoren können sie als Sensoren, Aktoren oder Generatoren genutzt werden

- extrem dehnbar ($> 100\%$), dünn (ca. 0,5 mm), in großen Flächen oder als kleine Bauteile einsetzbar



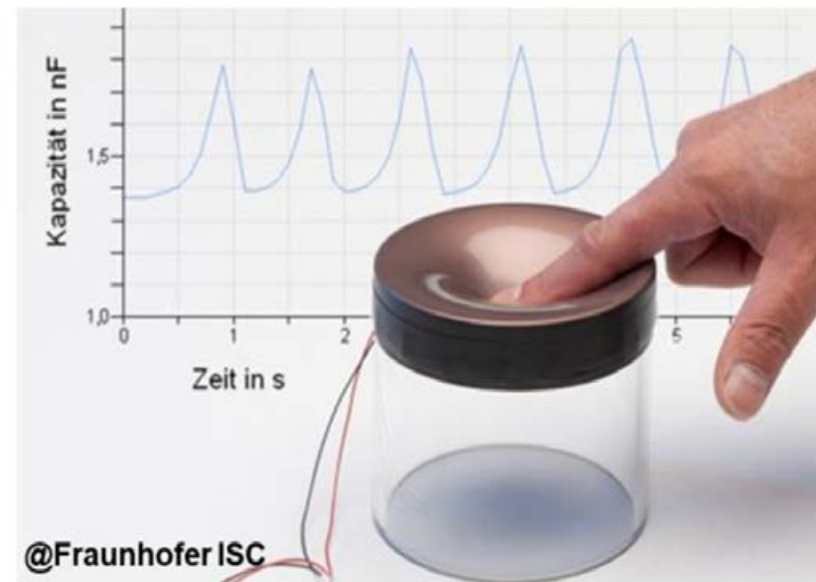
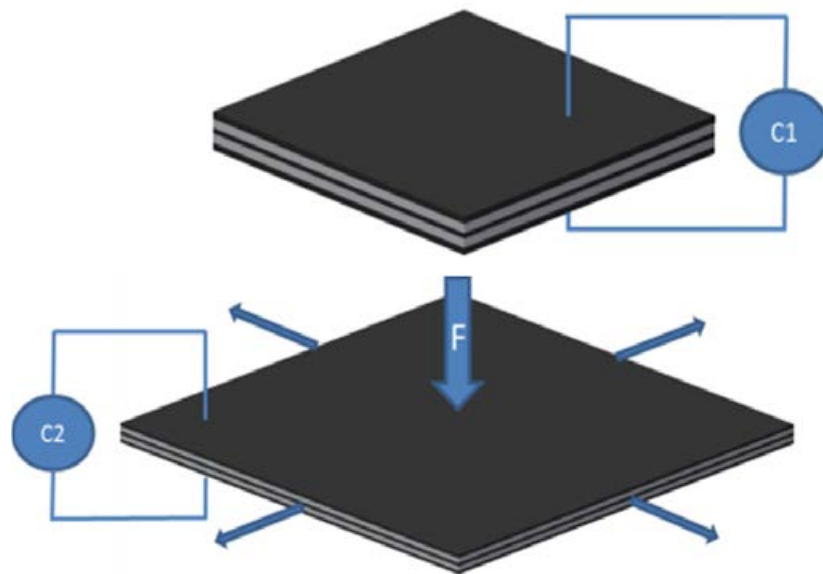
Silikon als Sensoren: Herstellung von DE-Folien

- Eigene Siliconherstellung zur Anpassung an Anwendung und Verarbeitung im Rakelverfahren, Folienziehen, Sprühen
- Schlitzdüsenverfahren und Rollensiebdruck zur kostengünstigen Rolle-zu-Rolle Herstellung von mehrlagigen Folien (Bänder 0,5 m breit, ca. 100 m lang)



Silikon als Sensoren: DES - Druck- und Dehnungssensoren

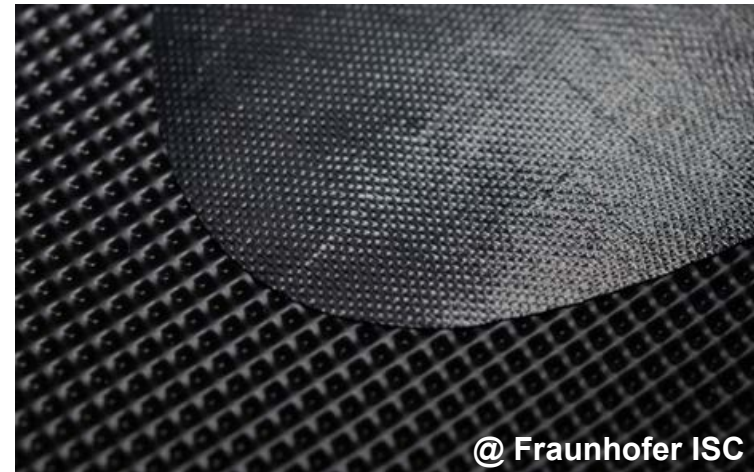
- Bei einer Verformung durch Druck oder Dehnung verringert sich die Dicke der Elastomerfolie bei gleichzeitiger Vergrößerung der Fläche
- Dadurch vergrößert sich die elektrische Kapazität als Messgröße
- Anwendung als statische und dynamische Druck- und Dehnungssensoren



Silikon als Sensoren: Textilintegration

Aufbügeln:

- Sensorelemente werden separat hergestellt
- Textilapplikation durch Aufbügeln (ca. 1 Minute, 80 °C) angepasst an Polyester, Polyamid, Baumwolle
- Individuelle Platzierung
- Sinnvoll für kleine Stückzahlen
Einzelanfertigungen, Nachrüstung



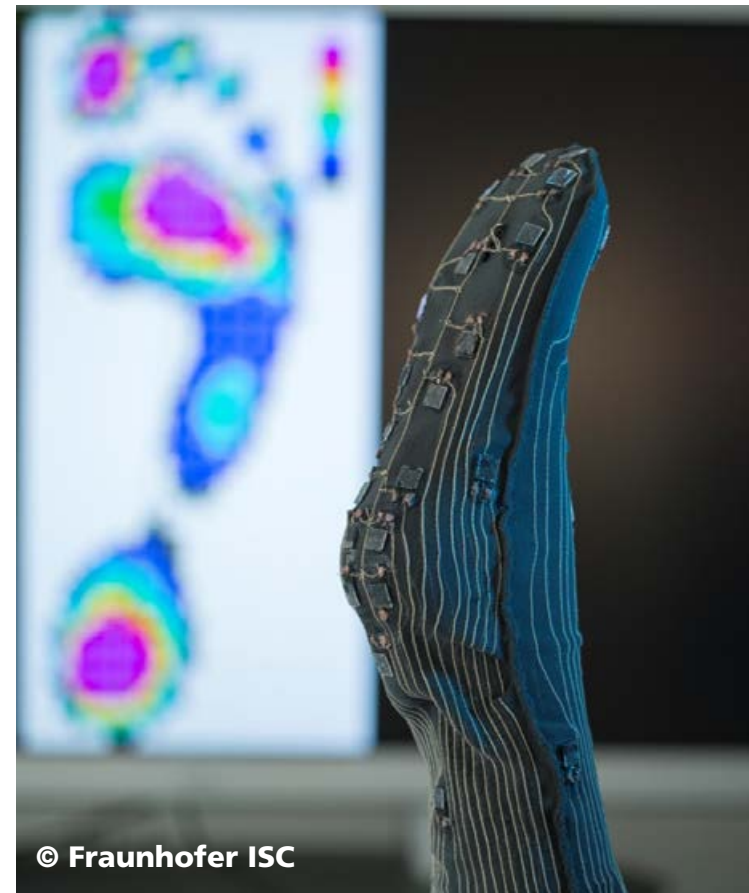
Textilsiebdruck:

- Schnelle Verarbeitung, Verwendung von Textildruckmaschinen
- Für große Stückzahlen / Massenproduktion



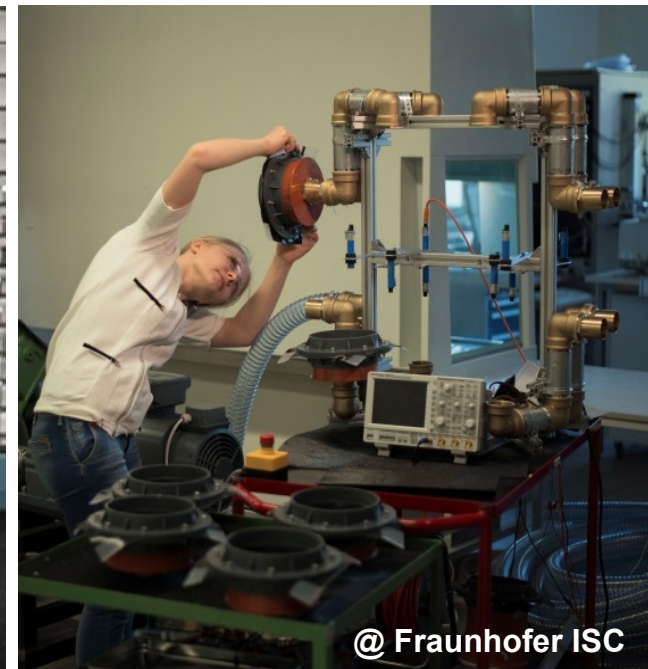
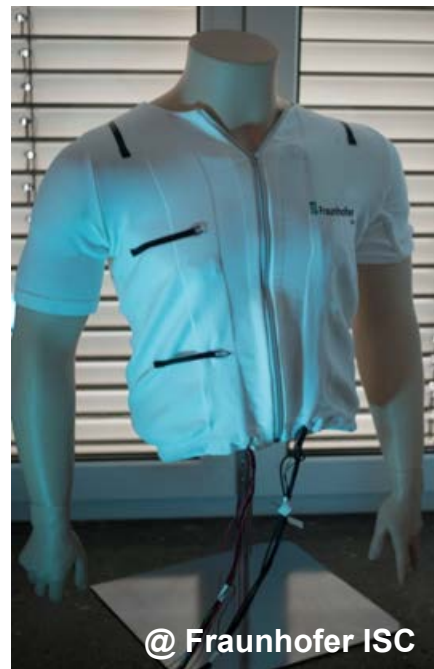
Silikon als Sensoren: Anwendungspotentiale von textilintegrierter Elastomersensorik

- dreidimensionale, kontinuierliche Erfassung der Druckverteilung am gesamten Fuß mittels einer Messsocke
- Langzeitdiagnose beim diabetischen Fußsyndrom
- Schuhanpassung bei orthopädischen Erkrankungen
- Ganganalyse durch drahtlose Datenerfassung
- Druckmessbereich $0,1 - 100 \text{ N/cm}^2$ ($1 - 1000 \text{ kPa}$), Auflösung $0,1 \text{ N/cm}^2$, Dynamik $0 - 100 \text{ Hz}$



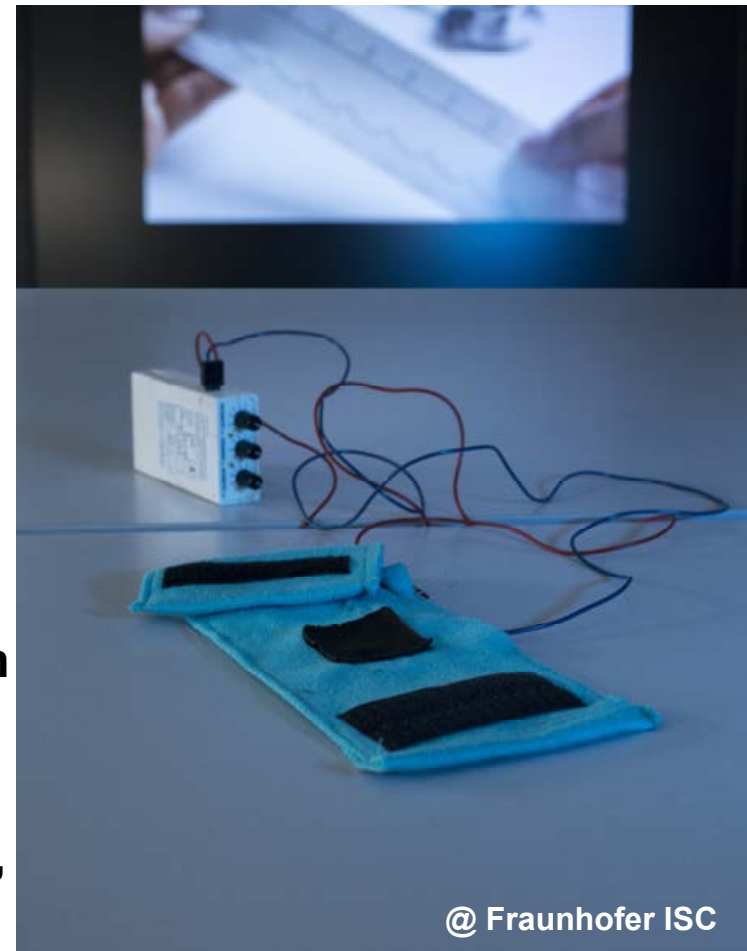
Silikon als Sensoren: Anwendungspotentiale von textilintegrierter Elastomersensorik

- Haltungs- und Bewegungsmonitoring textilintegrierter Dehnungssensoren für ergonomische und orthopädische Anwendungen
- Atmungsmessung



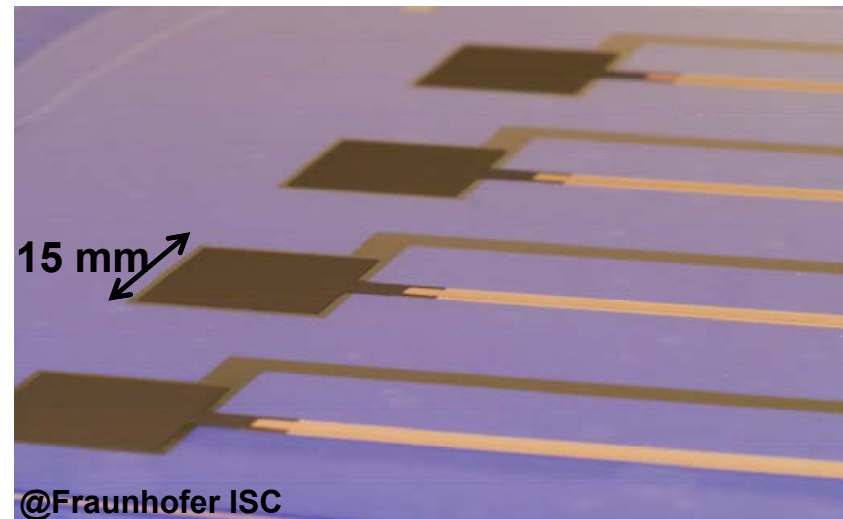
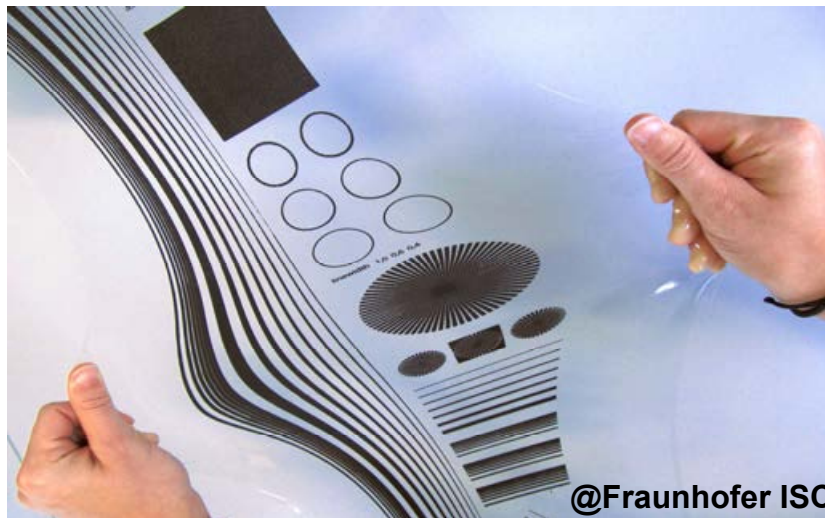
Silikon als Sensoren: Elektroden

- **Silicone als Elektroden gefüllt mit Graphit, Leitruß oder Metallpartikel**
- **Elastizität und glatte Oberfläche des weichen Elastomerpads gewährleisten sehr guten elektrischen (Haut-) Kontakt ohne Kontaktgel über viele Stunden**
- **Kontinuierliche Erfassung von Vitalparametern in der Bekleidung:**
 - EKG-Messung
 - Pulsmessung, Herzratenvariabilität
 - Aufzeichnen von Elektromyogrammen
- **Aktive Funktionen:**
EMS- / TENS- Reizstromanwendungen für Muskelaufbau / Kreislaufaktivierung, Nervenstimulation, Schmerztherapie



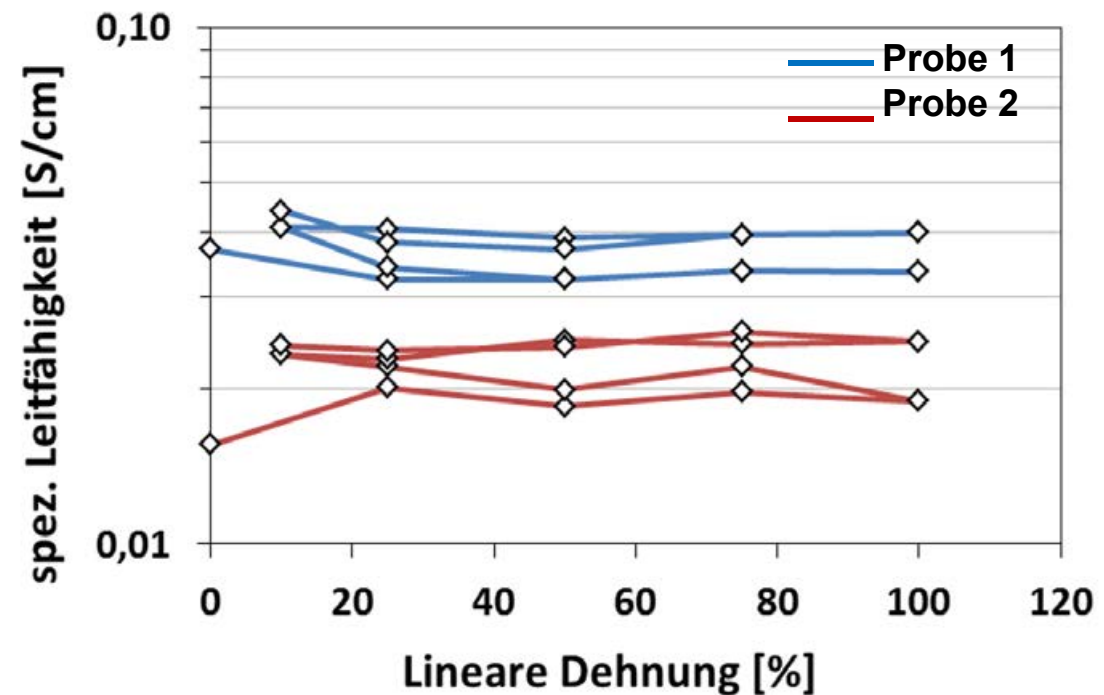
Silikon als elastische Leiterbahnen

- Leitfähige Silicone als dehnbare Leiterbahnen auf isolierenden Zwischenschichten im Mehrschichtverbund
- Gedruckt durch (Rollen-) Siebdruckverfahren
- Anwendung auf stark gekrümmten Bauteilen oder bei hohen mechanischen Beanspruchungen
- Kombination von Leiterbahnen, Sensoren, Elektroden, Heizflächen, EMV – Abschirmflächen möglich



Silikon als elastische Leiterbahnen

- Spezifische Leitfähigkeiten:
Leitruß in Silikon: ca. 0,04 S/cm
Metallpartikel in Silikon: ca. 100 S/cm
- Dehnungsunabhängige Leitfähigkeit bis zu 100 %
- Leiterbahn – Schichtdicken ca. 30 - 40 µm

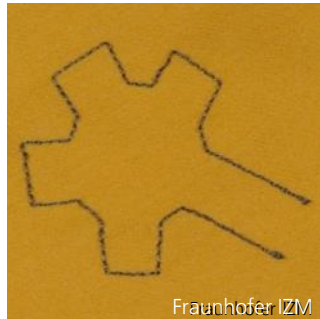


Aufbau- und Verbindungstechnik: Herausforderungen

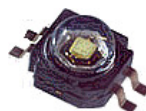
Die Textil- und die Elektronikindustrie sind Produktionsumgebungen mit unterschiedlichen Anforderungen und Halbzeugen

Textilien	Elektronik
biegeschlaff, dimensional instabil, oft anisotrope Eigenschaften (z.B. bei Dehnbarkeit) → Handhabung, speziell die automatische Bestückung ist herausfordernd	starr (FR4) oder als Folie, die oft auch auf starrem Träger prozessiert wird → dimensionale Stabilität während der Prozessierung / Bestückung unproblematisch
Meist staubige Herstellungsumgebung	Saubere Herstellungsumgebung
Verschlechterung der Materialeigenschaften vieler Textilien über 100°C → Verbindung mit elektronischen Bauteilen ist schwierig	Spitzentemperatur während eines Reflow Lötprozesses zum Löten der Bauteile auf Leiterplattennutzen liegt bei über 250°C
➤ Passende Maschinen zum industriellen Aufbau von E-textiles derzeit noch nicht verfügbar ➤ Neue Technologien zur anwendungsgerechten und zuverlässigen Integration von Elektronik in Textilien sind erforderlich	

Aufbau- und Verbindungstechnik: Textilintegrierte elektronische Systeme



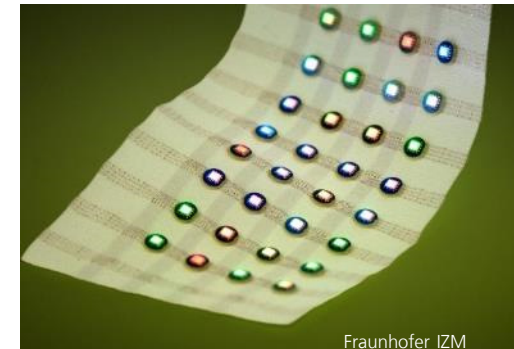
Textil mit integrierten elektrischen Leitern



Fraunhofer IZM



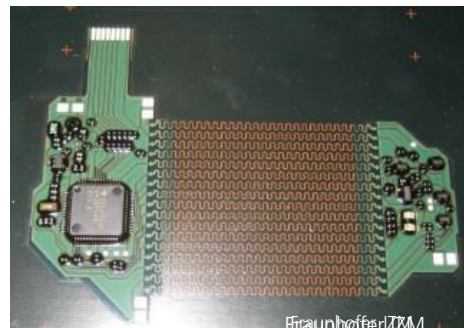
Elektronisches Bauteil, Modul, System



E-textile



Textiler Träger ohne Leiter

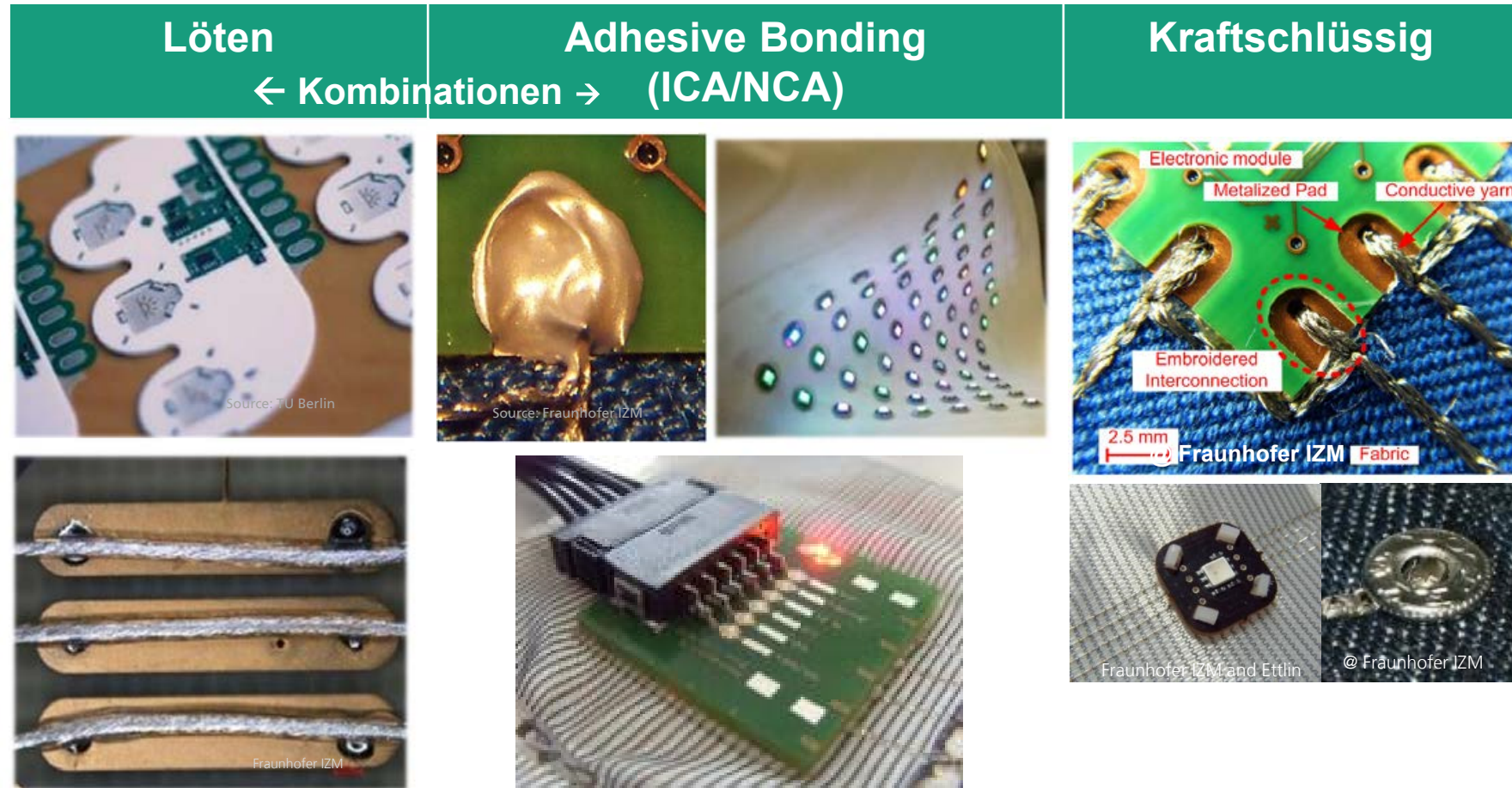


Stretchable Circuit Board mit elektron. Bauteilen



E-textile

Aufbau- und Verbindungstechnik: Integrationstechnologien



Aufbau- und Verbindungstechnik: Adhesive bonding

Bonding mit nichtleitfähigem Klebstoff

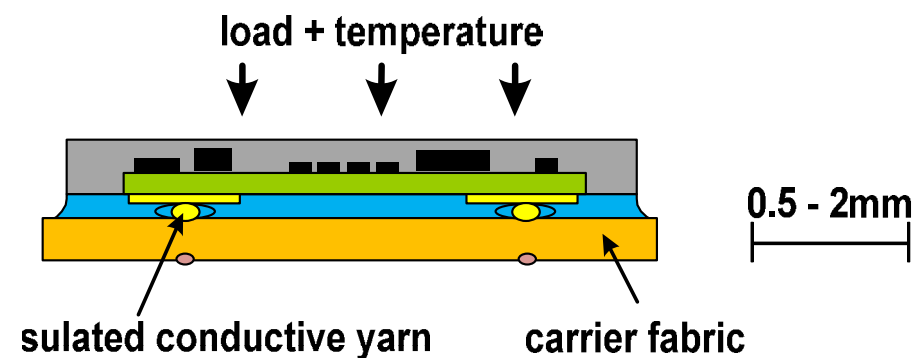
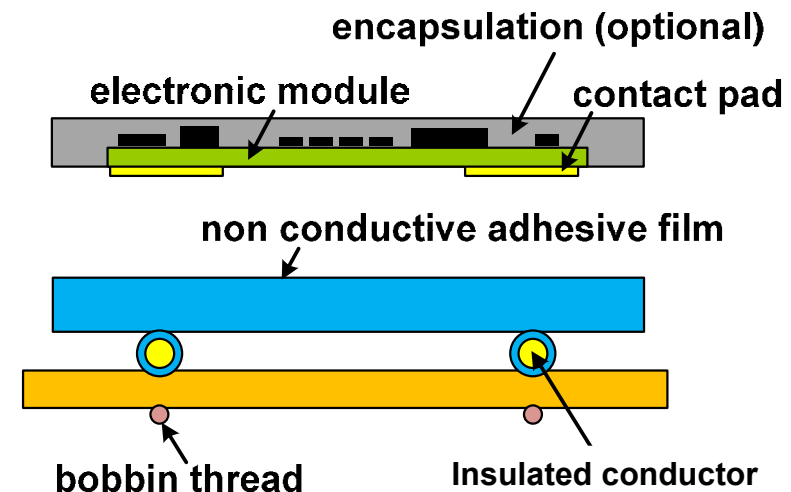
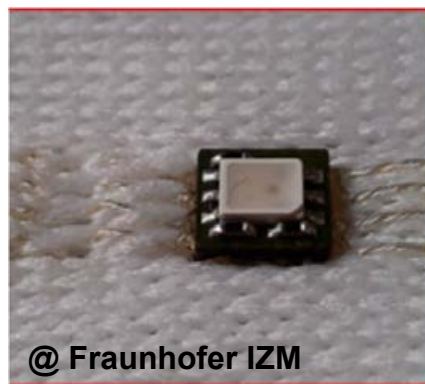
1. Druck + Temperatur

2. Abkühlen unter Druck

3. Druck wegnehmen

⇒ Elektron. Modul ist in einem Prozess mech. und elektr. mit der textilen Leitung verbunden

⇒ Kontaktierung isolierter Leiter auf unterschiedlichen Textilien mgl.



Aufbau- und Verbindungstechnik: Beispiele



**Kniebandage
mit integrierter
Kniewinkel-
messung für
Reha - Anwen-
dungen**



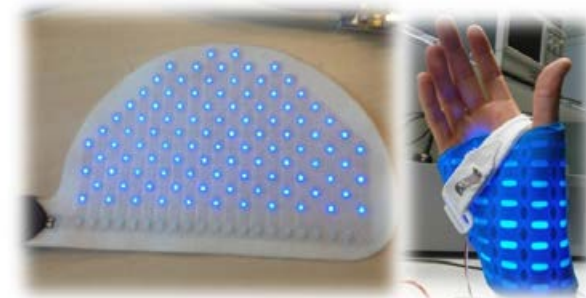
@ Fraunhofer IZM

**Textiles SmartPixel
Display**



@ Fraunhofer IZM

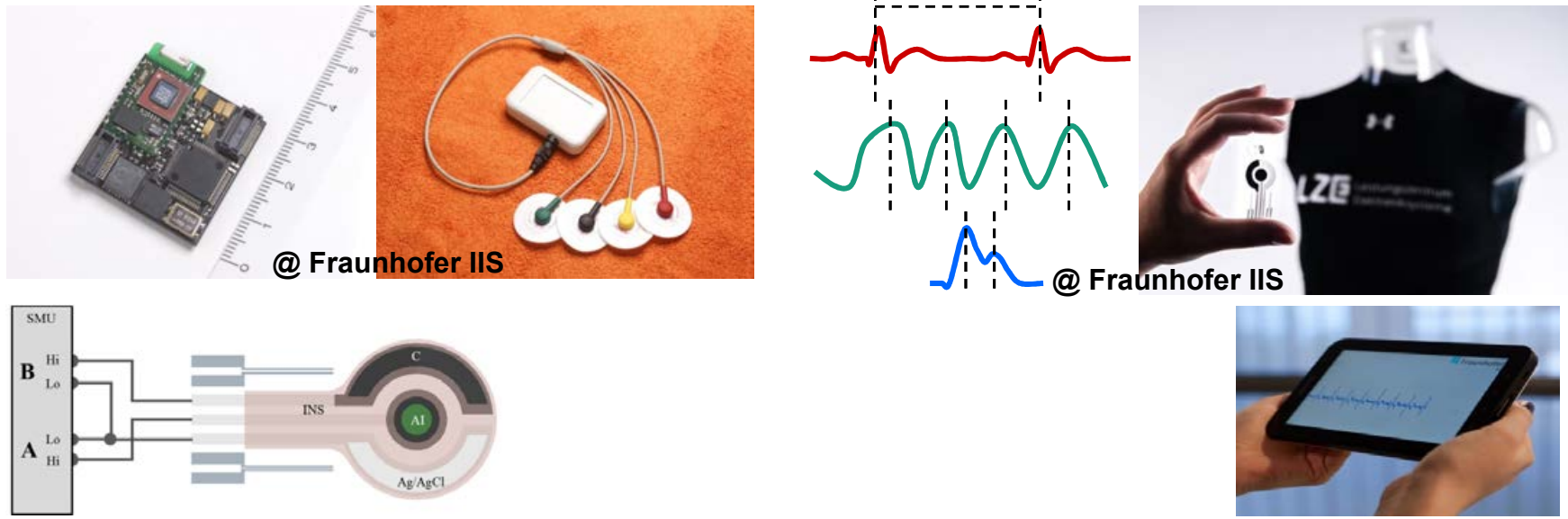
**Hochrobuster
textiler Bus mit
isolierten High-
end Leitern für
Daten- und
Energietransfer
und gebondete
Sensormodule**



**Handbandage zur Licht-
therapie (Wundheilung)**

Elektronik zur Vitaldatenerfassung: Einzelkomponenten

- Miniaturisierte Sensoren für mobile Anwendungen mit hohem Tragekomfort
- Onboard Signal Processing für direktes Feedback an den Nutzer
- Wireless Communication für eine komfortable und gute Interoperabilität
- Prototypentwicklung in diskreter Technologie: schnell, geringe Kosten



Elektronik zur Vitaldatenerfassung: SomnoSENS – Schlafanalyse zuhause

- Lange Wartezeiten für Schlaflaborplätze
 - ungewohnte Umgebung in Kliniken verändert Schlafverhalten
- ⇒ Entwicklung einer Multiparameter – Einheit mit:
- 3 - Kanal EKG
 - Atmungsaktivität an Thorax und Abdomen
 - Atemfluß
 - S_pO_2 und Pulswellen
 - Bewegungserfassung
- Anwendung für
 - + Schlaf – Apnoe Erkennung
 - + Therapieüberwachung



@ Fraunhofer IIS



@ Fraunhofer IIS



@ Fraunhofer IIS

Elektronik zur Vitaldatenerfassung: FitnessSHIRT

- **Textilintegrierte Sensoren:**
 - Textile EKG - Elektroden
 - Atmungsband
- **Sensorelektronik:**
 - 1 - Kanal EKG (Rhythmogramm)
 - 1 - Kanal Atmungsaktivität
 - 3 - Achsen Beschleunigungssensoren
- **Berechnete Werte:**
 - + Herzrate (HR), Atmungsrate (BR)
 - + Herzratenvariabilität (HRV)
 - + Aktivitätslevel, Schrittzähler, Sturzdetektion
- **Kommerziell erhältlich bei ambiotex**



Elektronik zur Vitaldatenerfassung: Anwendungsszenarios

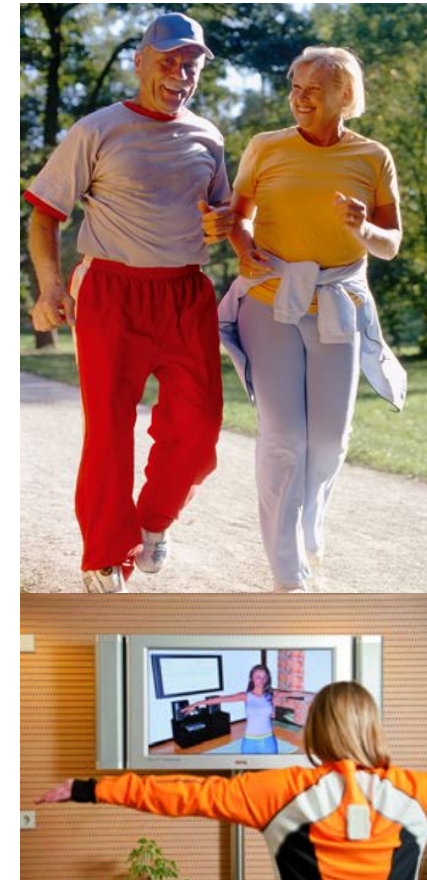
Monitoring



Ambient Assistance



Sport und Freizeit



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Bernhard Brunner
Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
Neunerplatz 2, D-97082 Würzburg
0931 4100-416
bernhard.brunner@isc.fraunhofer.de

Malte von Krshiwoblozki
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM /TU-Berlin
Gustav-Meyer-Allee 25, D-13355 Berlin
030 46403-279
Malte.krshiwoblozki@izm.fraunhofer.de

Christian Hofmann
Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen
09131 776-7340
christian.hofmann@iis.fraunhofer.de