# Silicone als textilintegrierte Sensoren für die Vitaldatenerfassung

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

<u>Dr. Bernhard Brunner</u>, Fraunhofer ISC Malte von Krshiwoblozki, Fraunhofer IZM Christian Hofmann, Fraunhofer IIS















## Übersicht

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

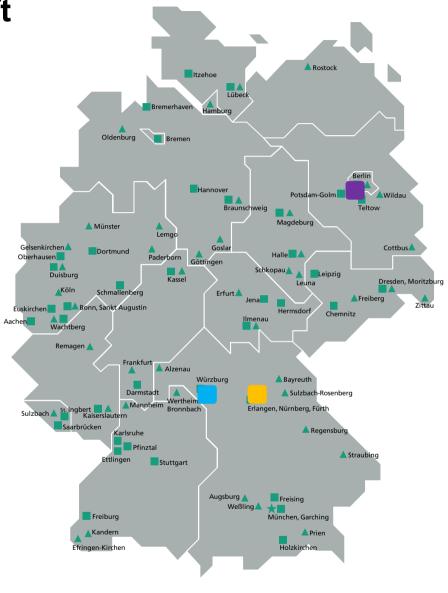






Die Fraunhofer-Gesellschaft

- 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













### Silicon 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 (~0,1 1 € / cm², abhängig von Funktion)







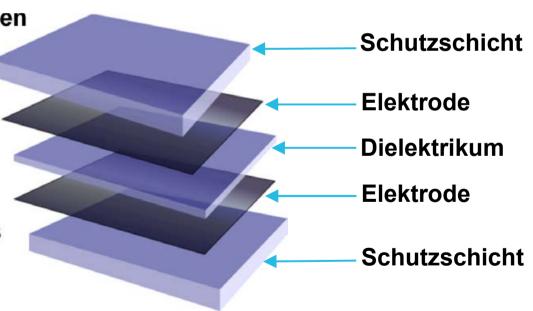


# Silicon als Sensoren: Aufbau Dielektrischer Elastomerfolien

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









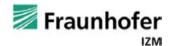
# Silicon als Sensoren: Herstellung von DE-Folien

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





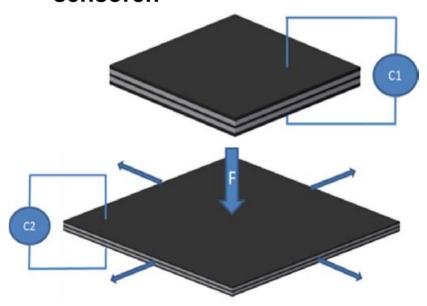


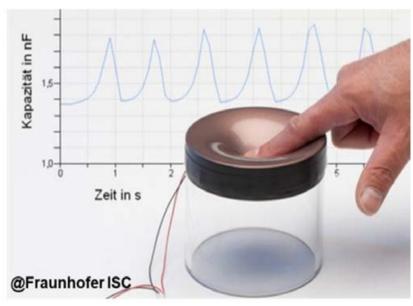




# Silicon als Sensoren: DES - Druck- und Dehnungssensoren

- 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









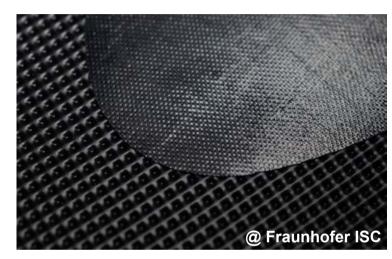
## Silicon als Sensoren: Textilintegration

### 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









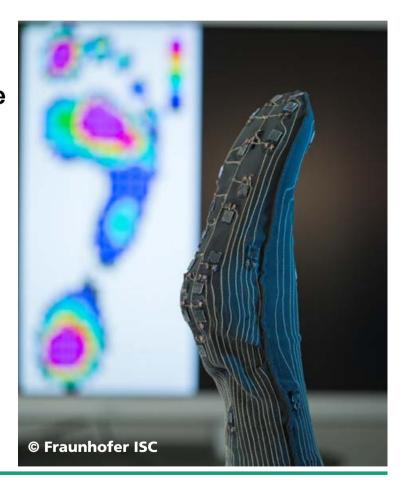






# Silicon als Sensoren: Anwendungspotentiale von textilintegrierter Elastomersensorik

- 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 N/cm<sup>2</sup> (1 – 1000 kPa), Auflösung 0,1 N/cm<sup>2</sup>, Dynamik 0 – 100 Hz









# Silicon als Sensoren: Anwendungspotentiale von textilintegrierter Elastomersensorik

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





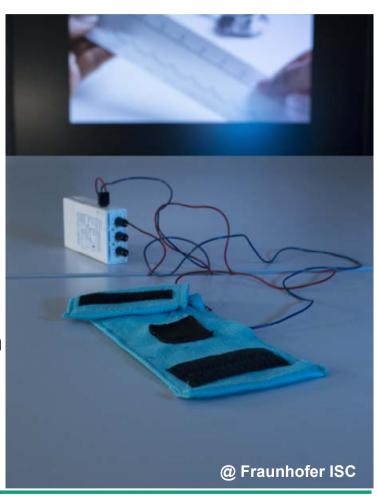






### Silicon als Sensoren: Elektroden

- 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









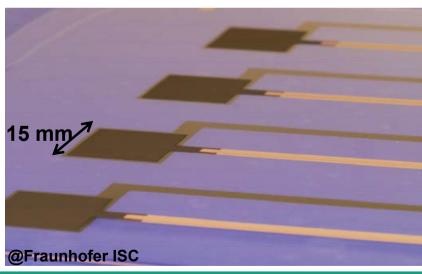




### Silicon als elastische Leiterbahnen

- 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







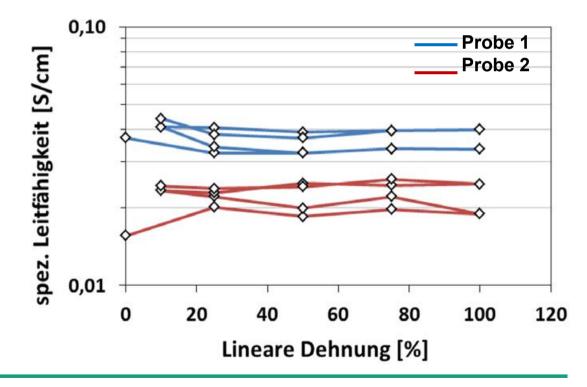




### Silicon als elastische Leiterbahnen

Spezifische Leitfähigkeiten:
 Leitruß in Silicon: ca. 0,04 S/cm
 Metallpartikel in Silicon: 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	starr (FR4) oder als Folie, die oft auch
anisotrope Eigenschaften (z.B. bei	auf starrem Träger prozessiert wird
Dehnbarkeit)	→ dimensionale Stabilität während der
→ Handhabung, speziell die automati-	Prozessierung / Bestückung unproble-
sche Bestückung ist herausfordernd	matisch
Meist staubige Herstellungsumgebung	Saubere Herstellungsumgebung
Verschlechterung der Materialeigen-	Spitzentemperatur während eines
schaften vieler Textilien über 100°C →	Reflow Lötprozesses zum Löten der
Verbindung mit elektronischen Bauteilen	Bauteile auf Leiterplattennutzen liegt
ist schwierig	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





Fraunhofer IZM



Textil mit integrierten elektrischen Leitern

**Elektronisches Bauteil,** Modul, System

E-textile









**Textiler Träger ohne** Leiter

Stretchable Circuit Board mit elektron. Bauteilen

E-textile





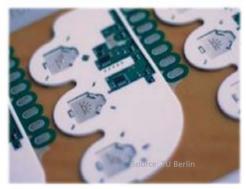


# Aufbau- und Verbindungstechnik: Integrationstechnologien

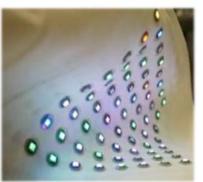
Löten Adhesive Bonding

← Kombinationen → (ICA/NCA)

### Kraftschlüssig

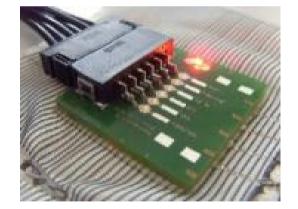
















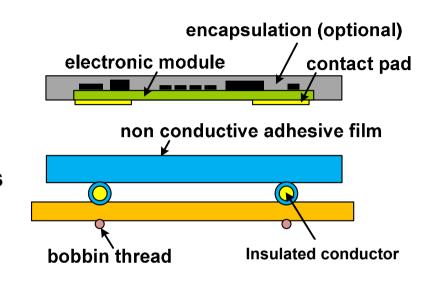


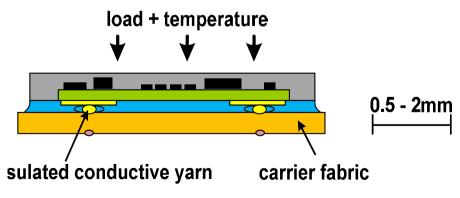
# Aufbau- und Verbindungstechnik: Adhesive bonding

### 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 Kniewinkelmessung für Reha - Anwendungen



Hochrobuster textiler Bus mit isolierten Highend Leitern für Daten- und Energietransfer und gebondete Sensormodule



Textiles SmartPixel Display



Handbandage zur Lichttherapie (Wundheilung)

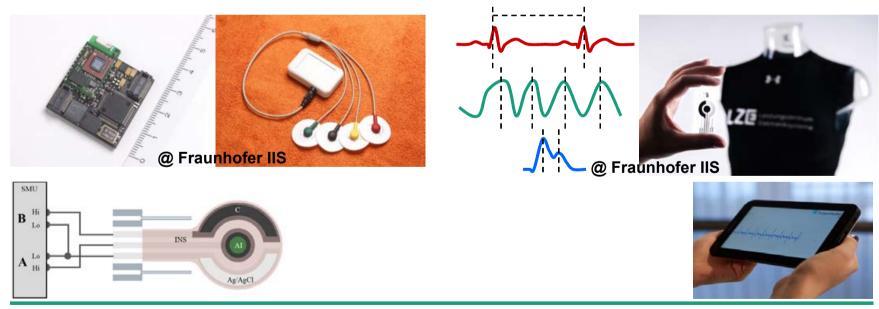






## Elektronik zur Vitaldatenerfassung: Einzelkomponenten

- 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<sub>p</sub>O<sub>2</sub> und Pulswellen
  - Bewegungserfassung
- Anwendung für
  - + Schlaf Apnoe Erkennung
  - + Therapieüberwachung













# 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** 



22







### 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









