

Sensorik mit haptischer Rückmeldung – smart und fühlbar

Symposium Elektronik und Systemintegration

11.4.2018, Landshut

Dr. Bernhard Brunner

Fraunhofer Institut für Silicatforschung (ISC), Würzburg

Überblick

- **Vorstellung Fraunhofer ISC – Center Smart Materials**
- **Dielektrische Elastomere und piezoelektrische Sensoren**
- **Magnetorheologische Elastomere als Aktoren**
- **Anwendungspotentiale integrierter Näherungs- und Drucksensoren mit haptischer Rückmeldung**

Die Fraunhofer Gesellschaft 2017

- **Größte Organisation für angewandte Forschung in Europa**
- **72 Institute**
- **Etwa 25.000 Mitarbeiter(innen), überwiegend Naturwissenschaftler und Ingenieure**
- **Budget 2017:**
2,3 Mrd. € Forschungsvolumen, davon 2 Mrd. € aus Vertragsforschung
> 70 % aus Industrienaufträgen und öffentlich finanzierter Forschung



Das Fraunhofer ISC in der Übersicht (2017)

Werkstoffbasierte Lösungen



Werkstoffchemie

- Hybridmaterialien
- Barrierschichten
- Partikel
- Theranostik, Scaffolds

Anwendungstechnik

- Mikro-Optik / Elektronik
- Spezialglas
- Dental/ Mikromedizin

Dienstleistungen

- Angewandte Analytik
- Gerätebau
- Kulturgüterschutz

Fraunhofer FuE-Zentrum Elektromobilität Bayern FZEB

- Batteriematerialien und -komponenten
- Tests
- Post mortem Analyse

Center Smart Materials

- Adaptive Werkstoffe
- Sensoren, Aktoren
- Energy harvesting

- ca. 500 Mitarbeiter
- 37 Mio. € Umsatz
- rd. 10.000 m² Labor - und Technikumsflächen
- 5 Standorte zentral in Deutschland

Fraunhofer-Translationszentrum RT

Regenerative Therapien (Aug. 2017)
Würzburg

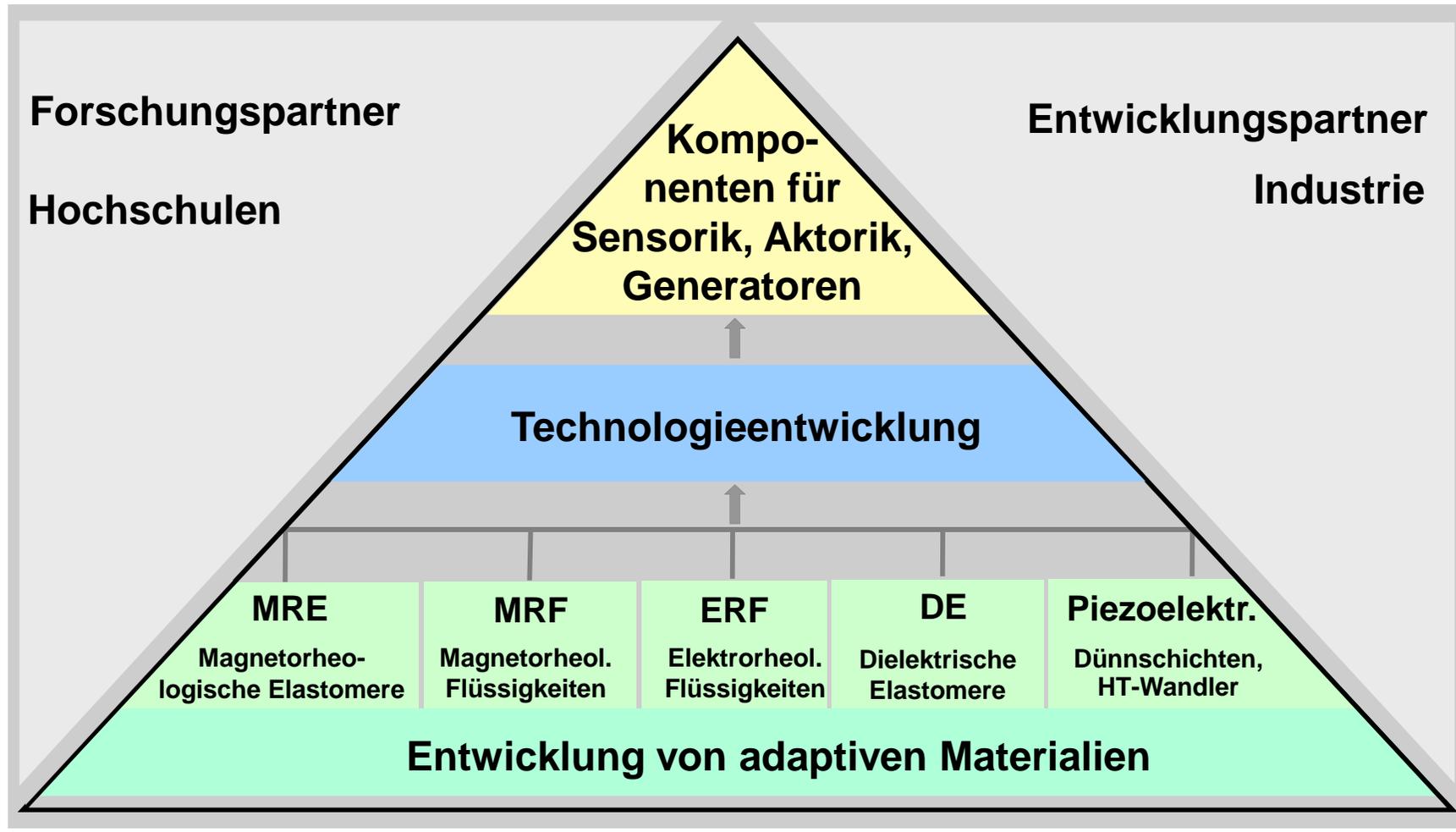
Fraunhofer-Zentrum HTL

Hochtemperatur-Leichtbau, energieeffiziente Wärmebehandlung
Bayreuth

Projektgruppe IWKS

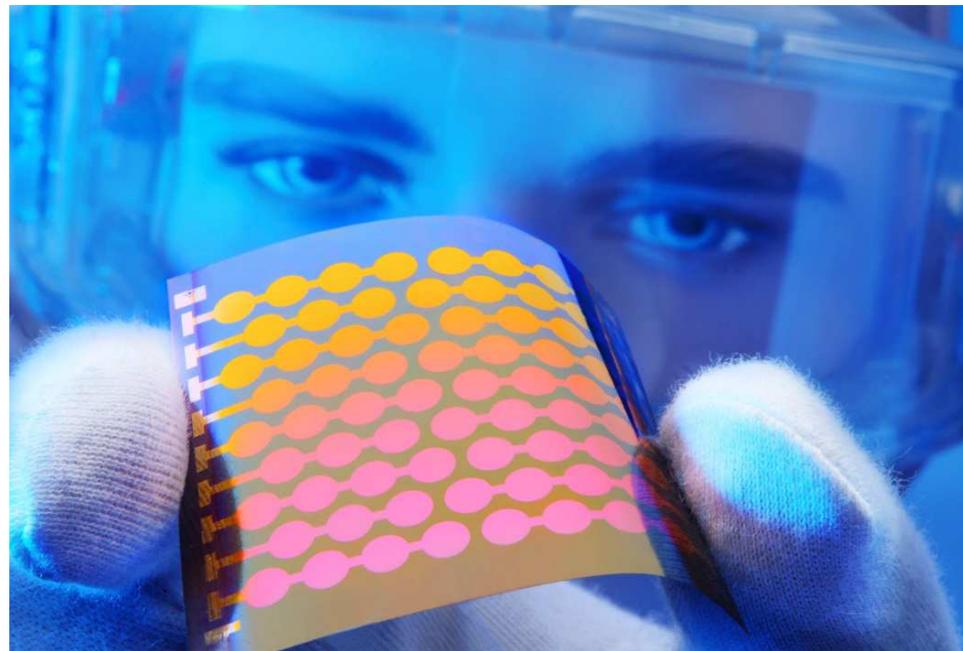
Wertstoffkreisläufe, Substitution und Ressourcenstrategien
Alzenau und Hanau

Das Center Smart Materials am Fraunhofer ISC



Piezoelektrische Dünnschichtsensoren

- großflächige und kostengünstige (10 ct / cm²) Herstellung durch Sol-Gel - Tauchbeschichtung von PZT (ca. 2 µm) auf Edelstahlfolien
- mechanisch sehr robust (100 Mio. Zyklen Dauerschwingfestigkeit bei 0.2% Dehnung)
- korrosionsstabil (Edelstahlträger, Keramik)
- hohe sensorische Empfindlichkeit (~ 0,001% Dehnung)



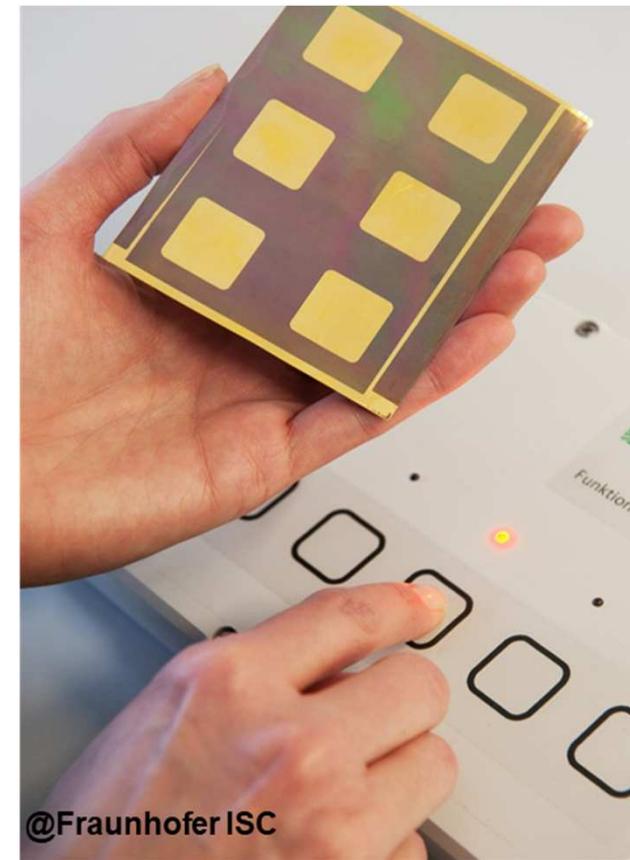
Piezoelektrische Dünnschichtsensoren in intelligenten Schaltflächen

Designfreiheit durch:

- sehr dünnen (0,02 – 0,4 mm) Aufbau
- Flexibilität (Krümmungsradien < 1 cm)
- große Flächen (\sim dm²)
- individuelle Arraystrukturen

Mögliche Anwendungen:

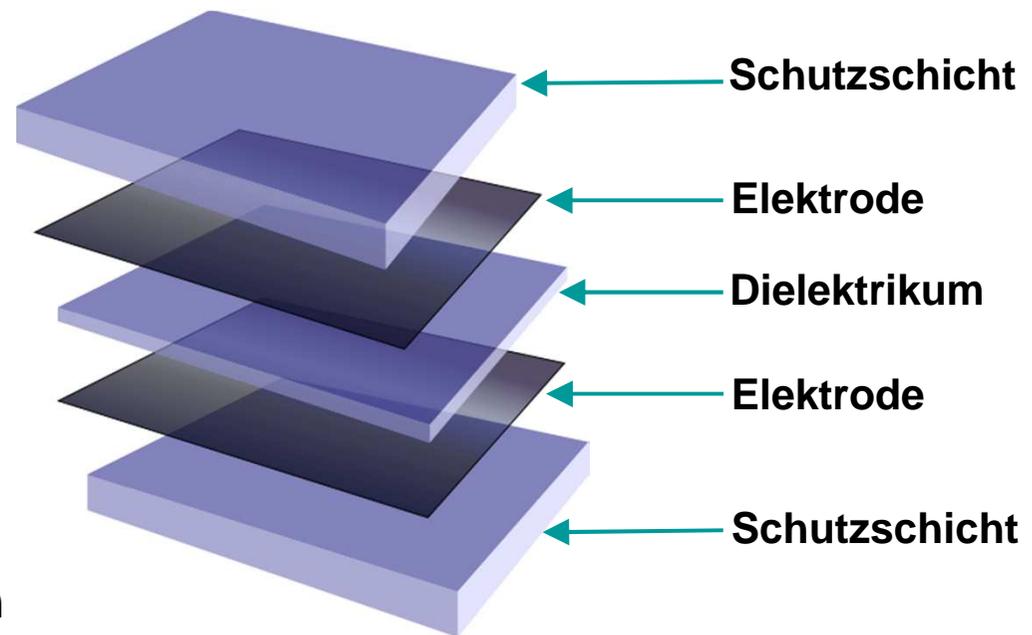
- ⇒ Aktivieren und Auslösen von Schalt-, Dreh-, Slide- Funktionen
- ⇒ neuartige Mensch–Maschine–Schnittstellen, z.B. für mehr Sicherheit bei der Bedienung in sehr lauter, staubiger, heller Umgebung



Dielektrische Elastomere als Sensoren, Aktoren und Generatoren: „Schlauer Gummi“

- DES, DEA und DEG bestehen aus einer stark dehnbaren dünnen (ca. 0,5 mm) Silikon – Elastomerfolie, die beidseitig mit hochelastischen Elektroden aus Graphit oder Ruß beschichtet wird

- nicht nur flexibel, sondern extrem dehnbar ($\approx 100\%$)
- geeignet zur Integration in flexible, dehnbare, weiche oder bewegliche Strukturen



Sensorik: Herstellung der dielektrischen Elastomerfolien

Großflächige ($\sim \text{m}^2$) Herstellung der einzelnen Schichten mittels Nassfilmziehen (Rakeln) oder dem Schlitzdüsenverfahren



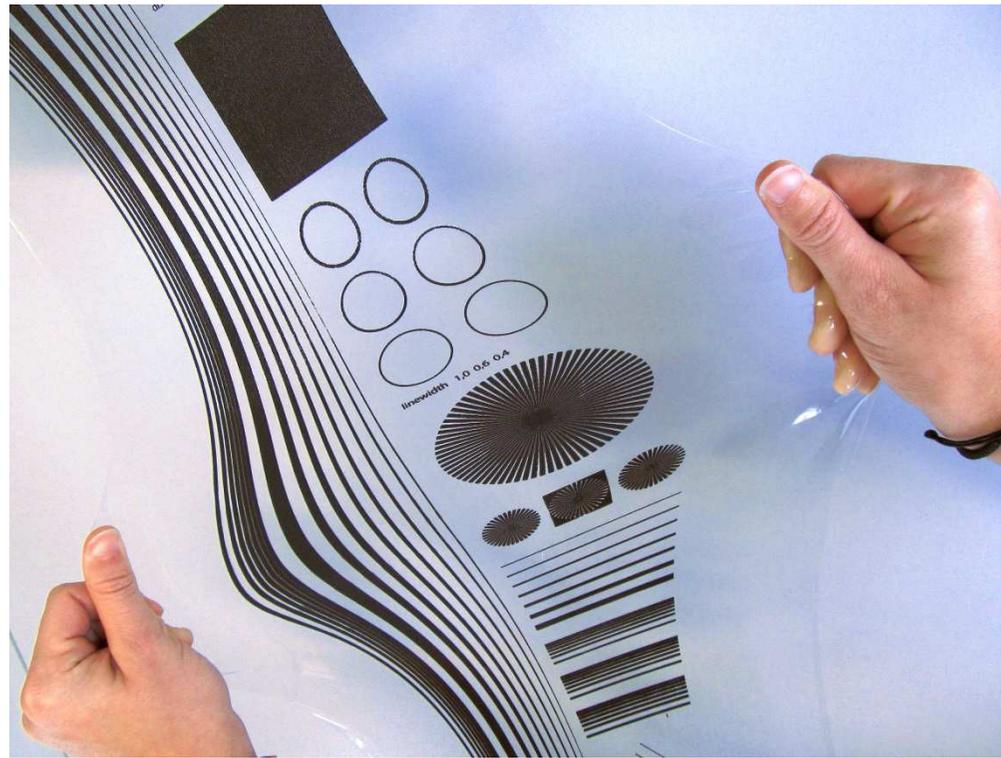
Sensorik: Herstellung der dielektrischen Elastomerfolien

Drucken von elastischen Leiterstrukturen mittels Rollensiebdruck auf den Silikonfolien:

Dehnbarkeit 100%

Herstellung von aktuell bis zu 11 Lagen übereinander

Unterschiedliche Funktionen pro Ebene möglich
(Abschirmung, Leiter, Heizung, Dehnungsmessung, Isolation)



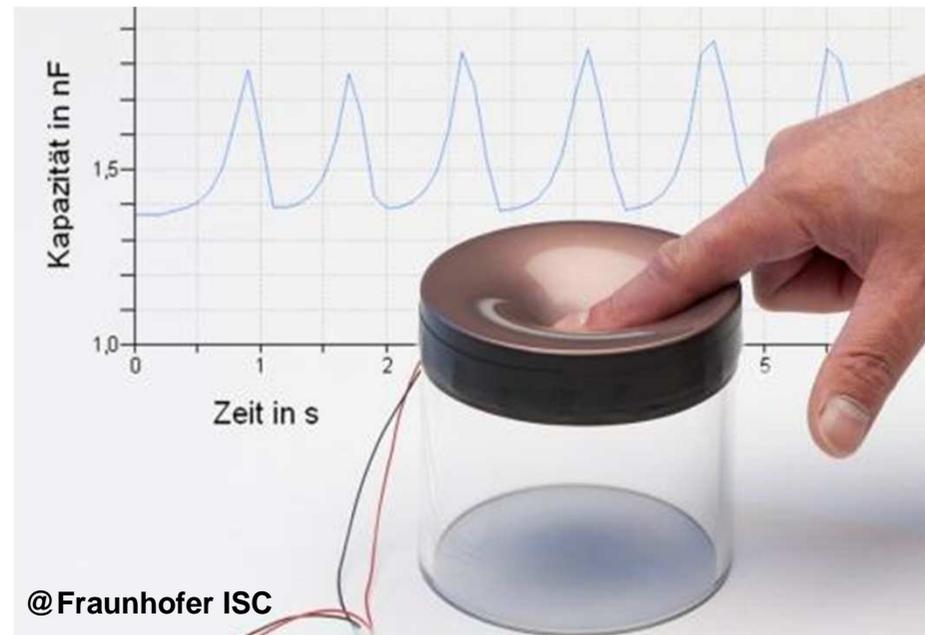
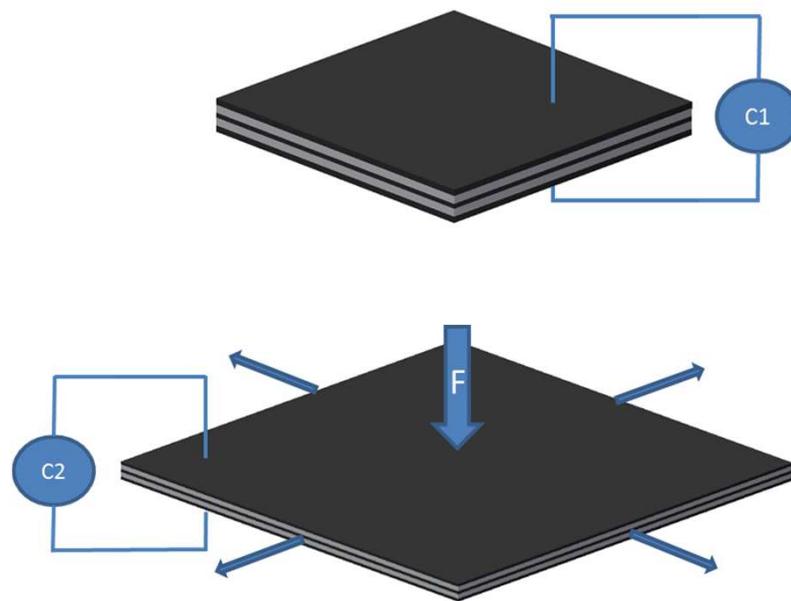
Sensorik: Herstellung der dielektrischen Elastomerfolien

Großflächige ($\sim \text{m}^2$) Herstellung der einzelnen Schichten mittels Nassfilmziehen (Rakeln) oder dem Schlitzdüsenverfahren



Dielektrische Elastomere (DES) als Dehnungs- sensoren

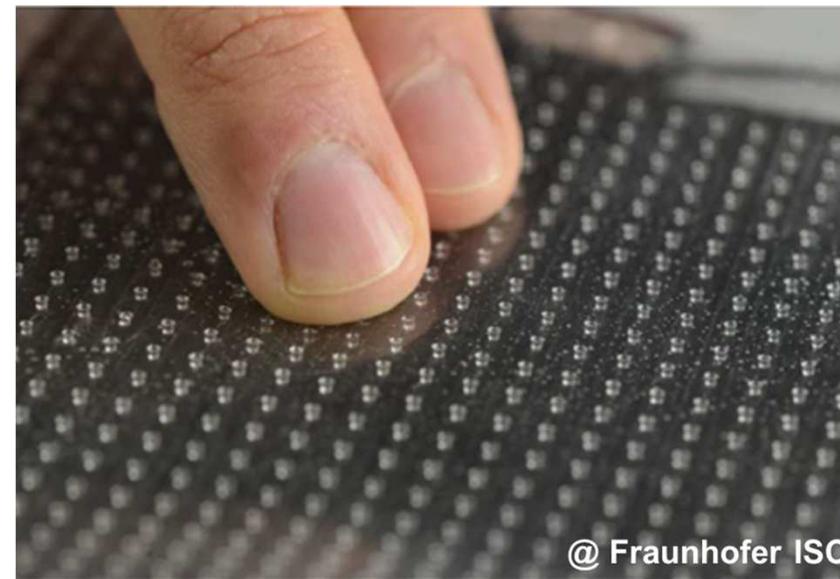
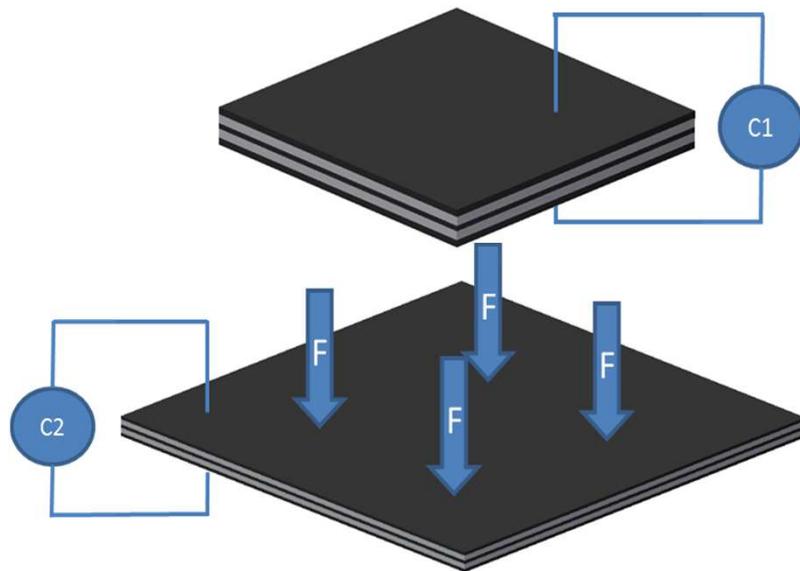
Bei einer Verformung durch Druck oder Dehnung verringert sich die Dicke der Elastomerfolie bei gleichzeitiger Vergrößerung der Fläche, woraus eine elektrische Kapazitätserhöhung als Messgröße resultiert



Dielektrische Elastomere (DES) als Drucksensoren

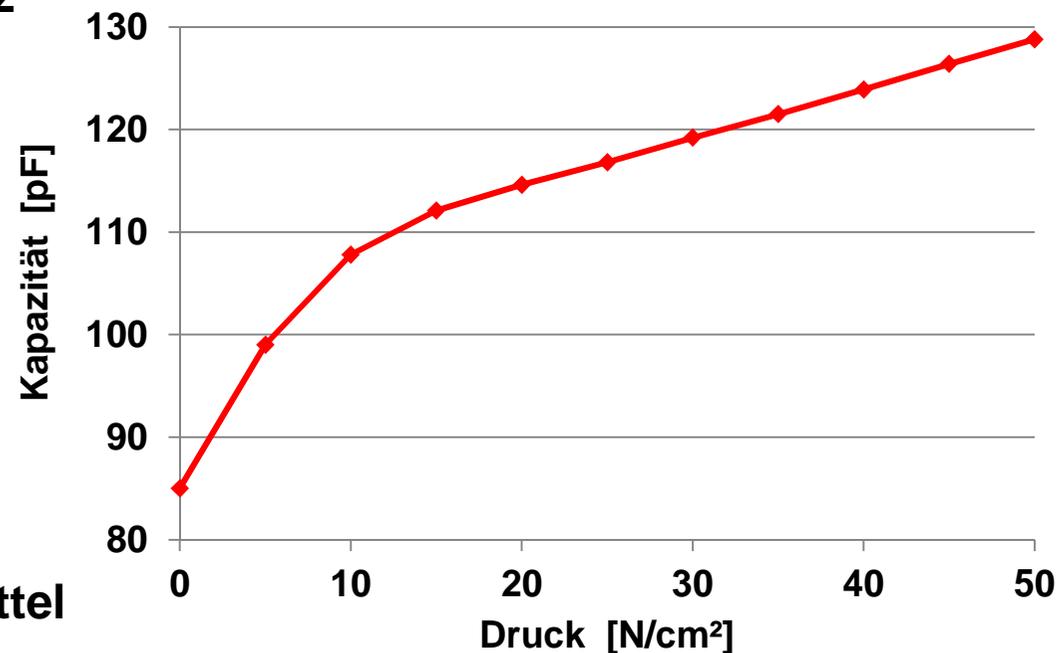
Bei einer Verformung durch Druck oder Dehnung verringert sich die Dicke der Elastomerfolie bei gleichzeitiger Vergrößerung der Fläche, woraus eine elektrische Kapazitätserhöhung als Messgröße resultiert

Zur Steigerung der Druckempfindlichkeit werden speziell entwickelte Profile aus Silikon eingesetzt



Dielektrische Elastomere (DES) als Drucksensoren

- Druckmessbereich 0,1 - 150 N/cm² (1 – 1500 kPa)
- Druckauflösung 0,1 N/cm², Hysterese ca. 7%
- Temperatureinsatzbereich - 40 bis + 180°C, 100% rel. Feuchte
- Messfrequenz mind. 50 Hz
- langzeitstabil:
(Dauerschwingfestigkeit mind. 1 Mio. Zyklen bei 100% Dehnung)
- „Weichheit“, Elastizitätsmodul einstellbar
- beständig gegen Wasser, Wasch- / Desinfektionsmittel



Potentiale Dielektrischer Elastomer Sensoren

Vorteile:

- extrem dehnbar ($> 100\%$)
- dünn ($\sim 1 \text{ mm}$)
- in großen Flächen oder als kleine Bauteile einsetzbar
- kostengünstig ($\sim 1 \text{ € / cm}^2$)
- textilintegrierbar, waschbar

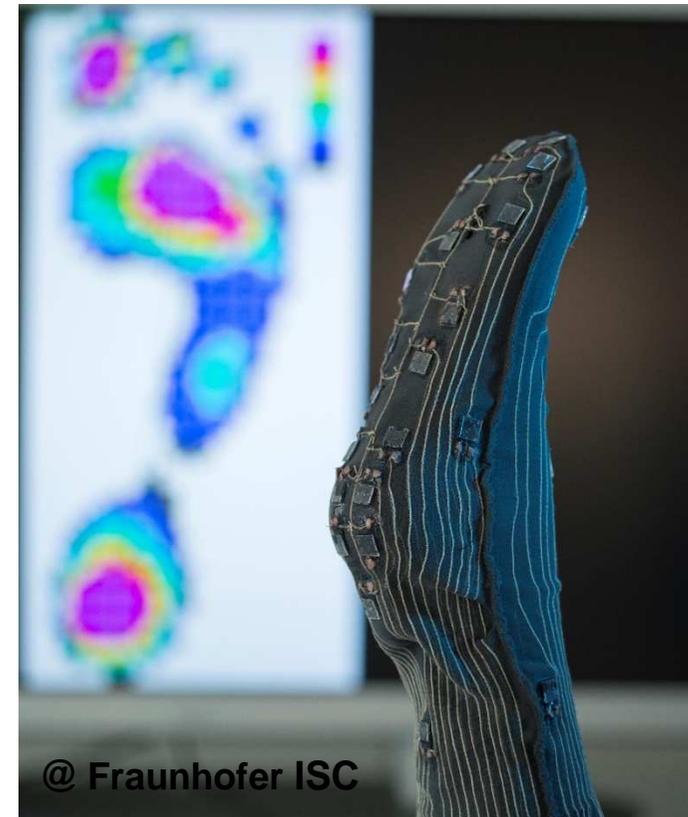
Anwendungsmöglichkeiten:

- ⇒ orts aufgelöste Druckmessung, z.B. in Sitzen
- ⇒ druckstärkeabhängige Schalter, z.B. in Lenkrädern
- ⇒ als Leiter z.B. für dehnbare Heizflächen



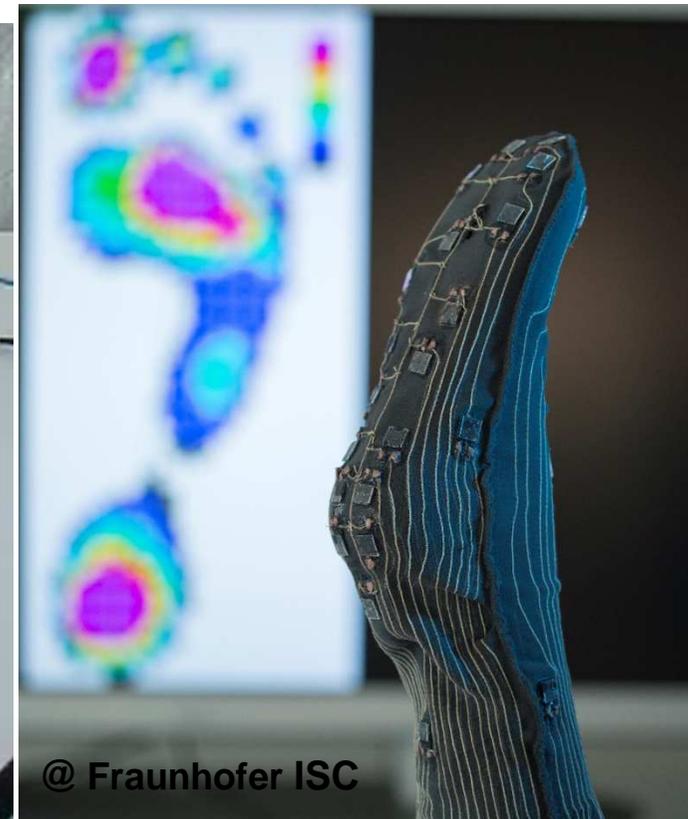
Anwendungspotentiale von DES

Druckmessung in Handschuhen, Greifern, Prothesen



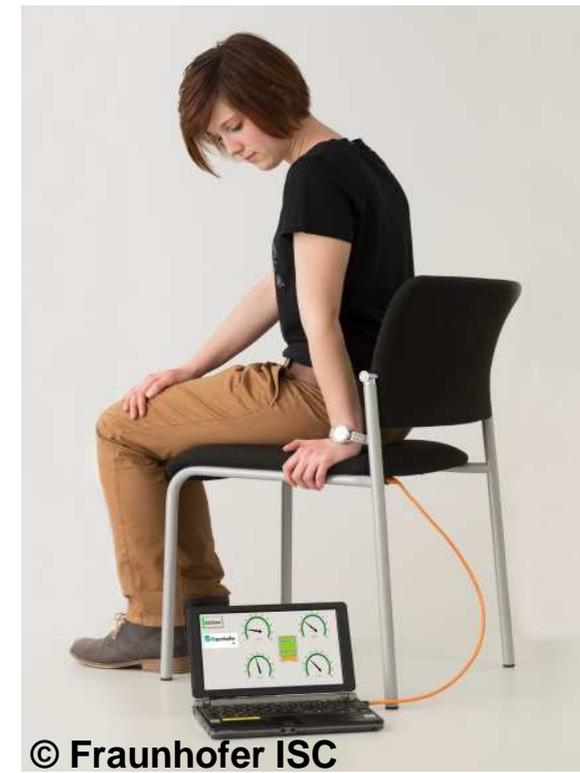
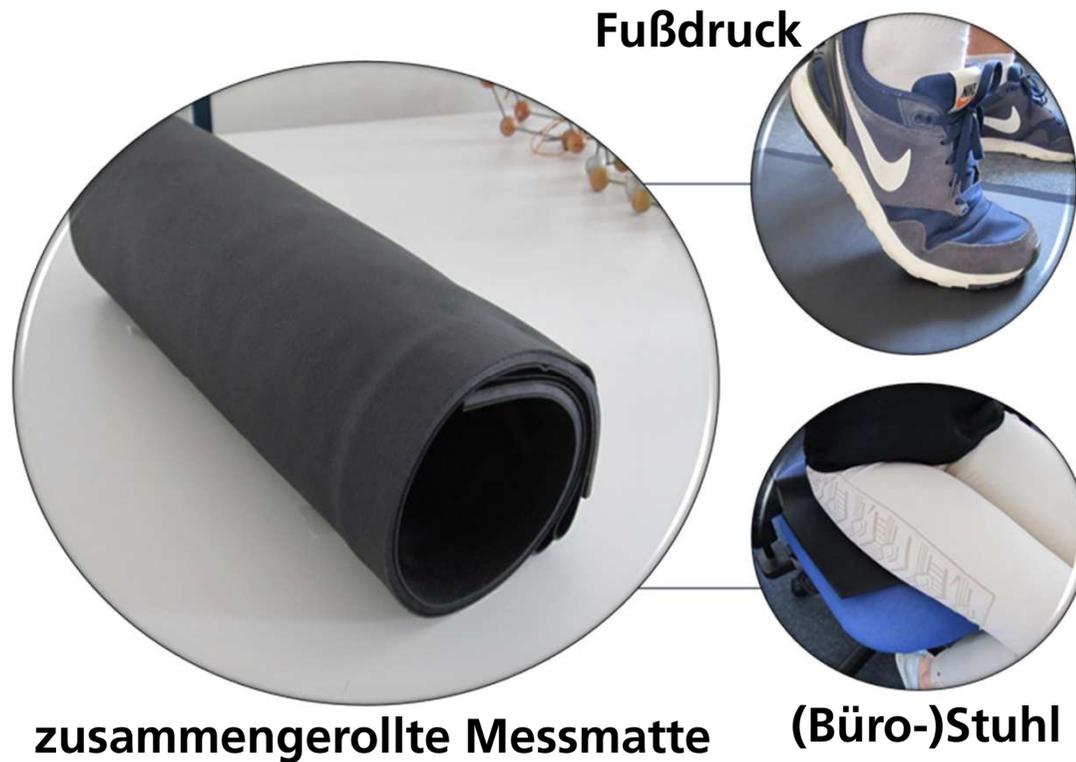
Anwendungspotentiale von DES

Druckmessung in Handschuhen, Greifern, Prothesen



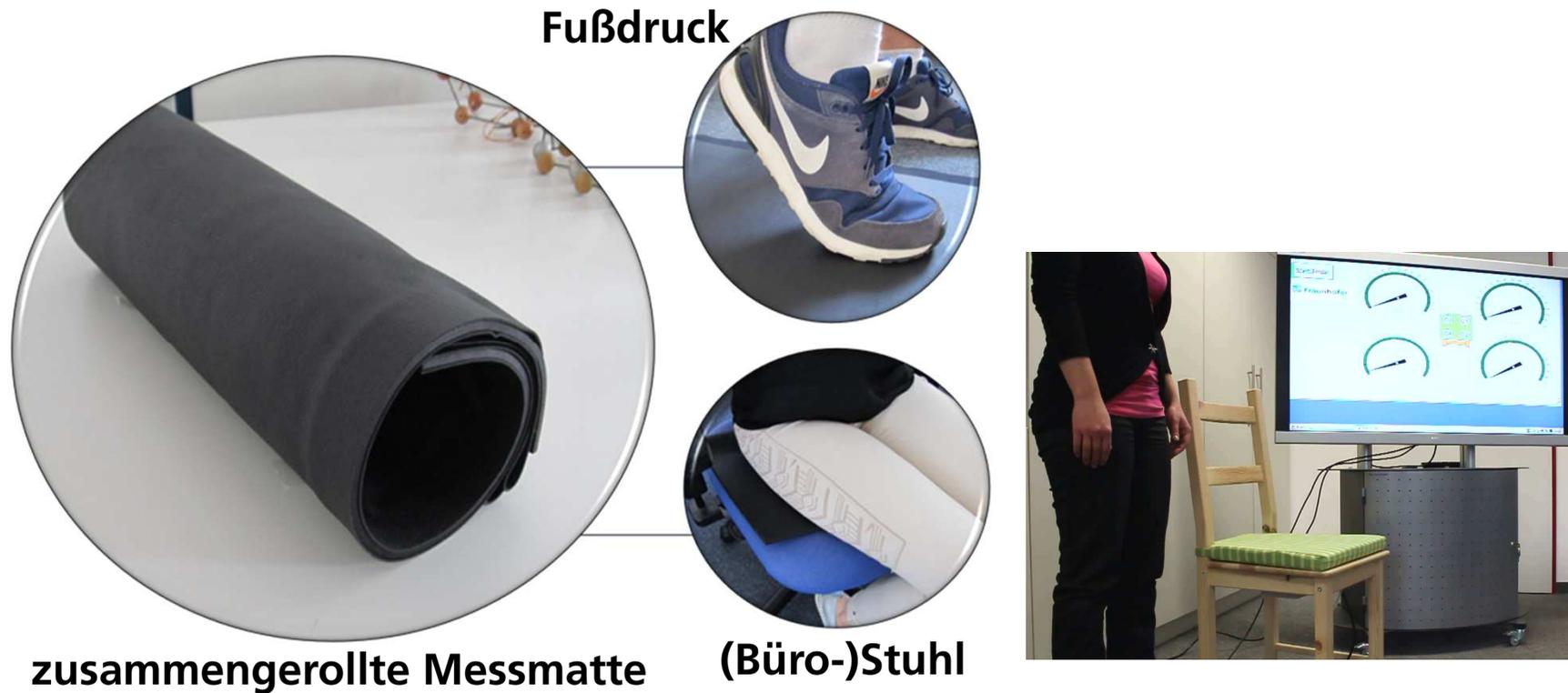
Anwendungspotentiale von DES

Einsatz als großflächige, flexible und integrierbare Sensorik, z.B. für die orts aufgelöste Druckmessung (Sitze, Messmatten)



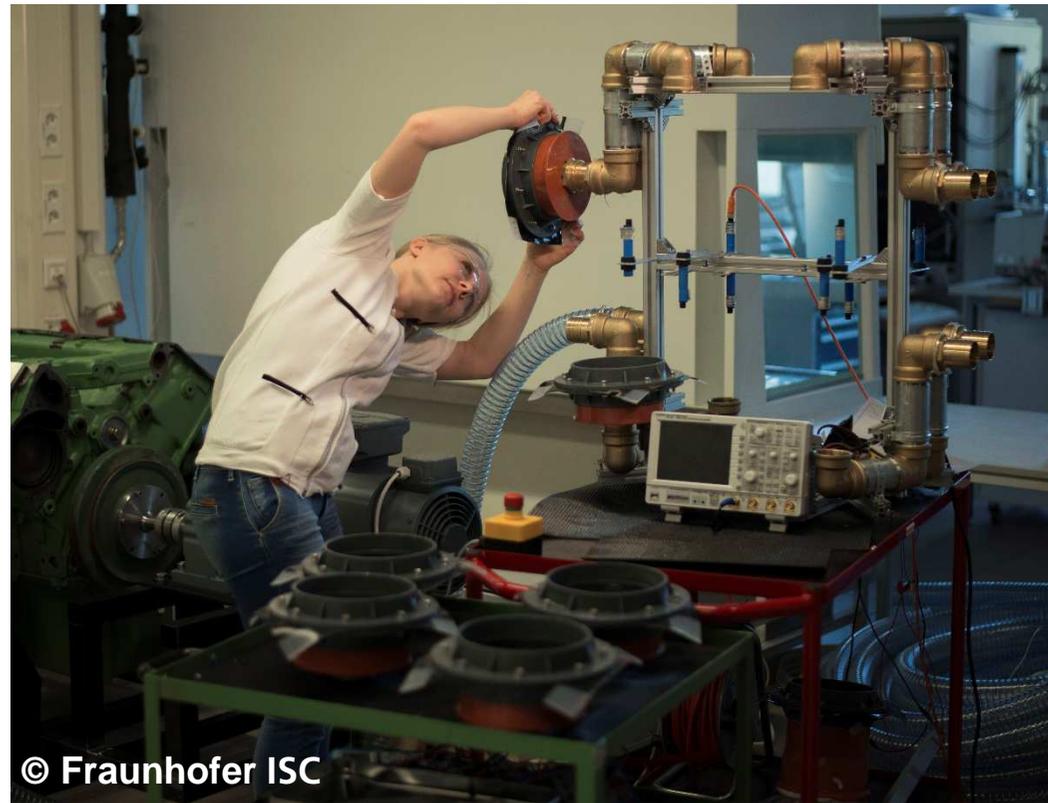
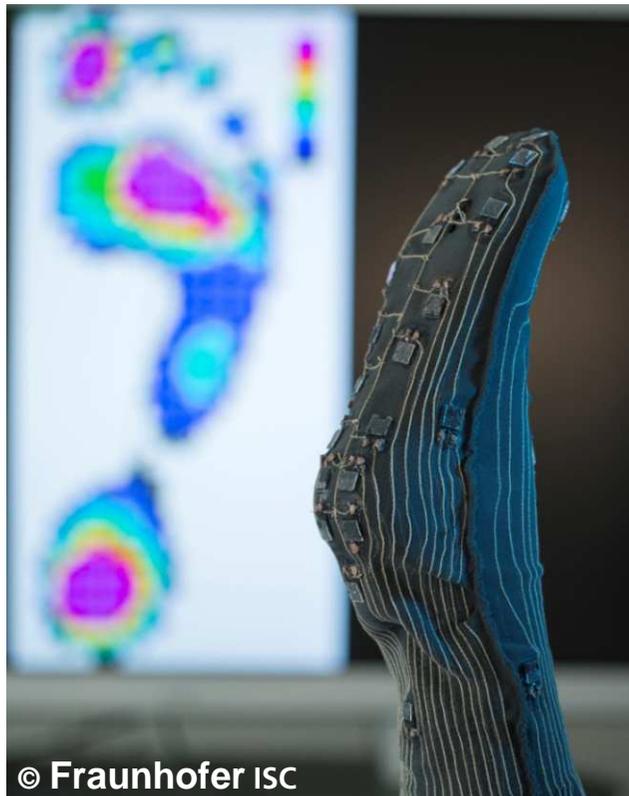
Anwendungspotentiale von DES

Einsatz als großflächige, flexible und integrierbare Sensorik, z.B. für die orts aufgelöste Druckmessung (Sitze, Messmatten)



Anwendungspotentiale von DES

Einsatz als großflächige, flexible und textilintegrierte Sensorik, z.B. für die 3-dimensionale Fussdruckmessung oder Haltungssensorik

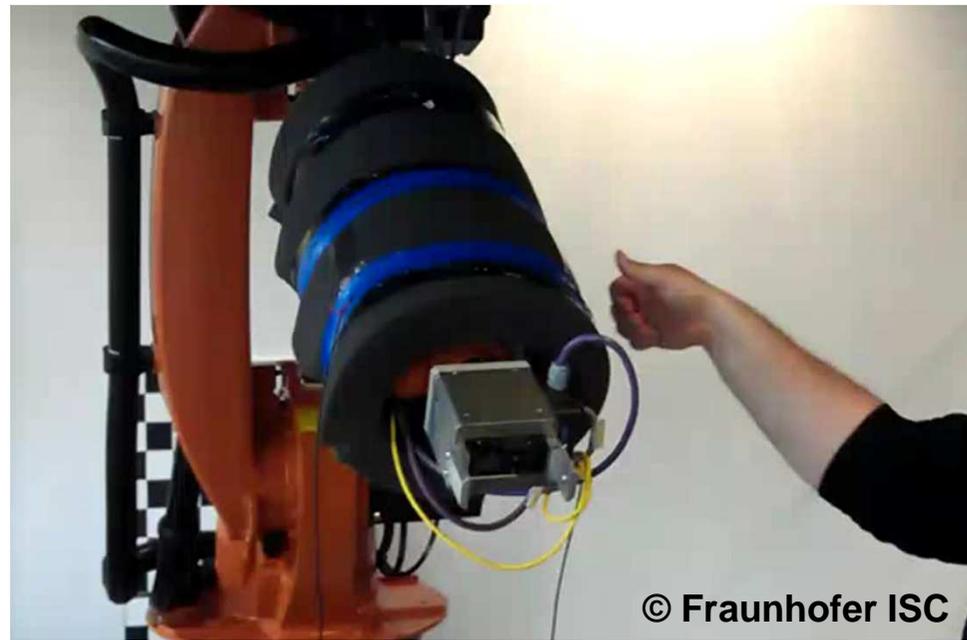


Anwendungspotentiale von DES: Kombination Näherungs- mit Drucksensorik

Ergänzung der dielektrischen Elastomerfolien mit zusätzlichen Elektroden zur kapazitiven Näherungssensorik

Elektrodenform und Größe beeinflussen die räumliche Empfindlichkeit bei Näherung

Kombination von Näherungs-
mit Drucksensorik zur
Kollisionserkennung von
Robotern (ab 20 cm)



Anwendungspotentiale von DES: Kombination Näherungs- mit Drucksensorik

Ergänzung der dielektrischen Elastomerfolien mit zusätzlichen Elektroden zur kapazitiven Näherungssensorik

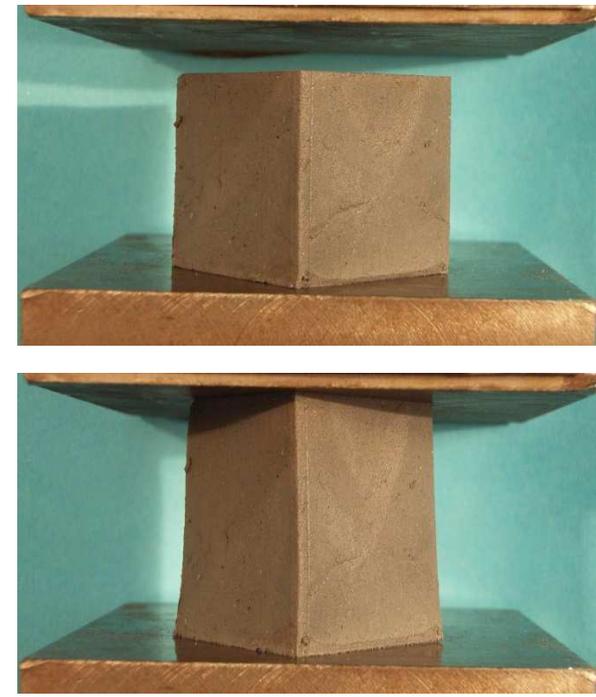
Elektrodenform und Größe beeinflussen die räumliche Empfindlichkeit bei Näherung

Kombination von Näherungs-
mit Drucksensorik zur
Kollisionserkennung von
Robotern (ab 20 cm)



Magnetorheologische Elastomere (MRE)

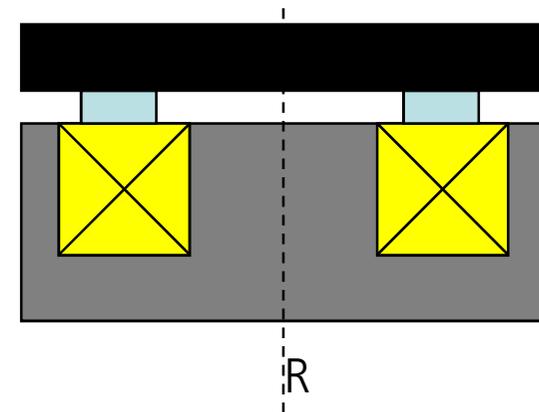
- Elastomere bestehen aus Eisenpartikeln in einer Silikonmatrix
- Ein äußeres Magnetfeld ändert die Form und Härte des Elastomerbauteils durch Wechselwirkung zwischen den magnetischen Dipolen



Magnetorheologische Elastomere für haptische Elemente

MRE- Aktor „morphing surface“:

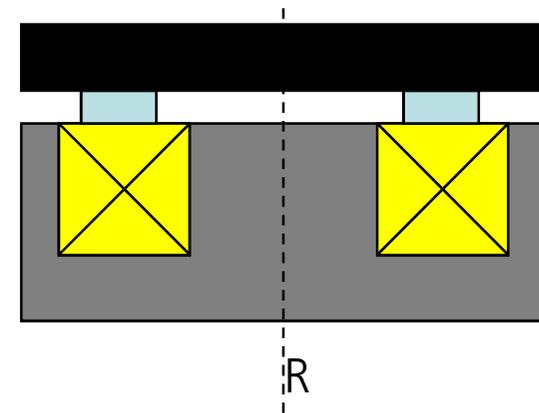
- Glatte, weiche und durchgehende Oberfläche ohne aktiviertes Magnetfeld
- Ein äußeres Magnetfeld ändert lokal die Form und Härte der Elastomerfläche (Array)
- Große Wege (\sim mm) und Kräfte (\sim N)
- Reaktionszeit ca. 100 ms
- Keine bewegten Teile, geräuschlos
- Sanfte Aktorik, d.h. keine harten Endanschläge



Magnetorheologische Elastomere für haptische Elemente

MRE- Aktor „morphing surface“:

- Glatte, weiche und durchgehende Oberfläche ohne aktiviertes Magnetfeld
- Ein äußeres Magnetfeld ändert lokal die Form und Härte der Elastomerfläche (Array)
- Große Wege (\sim mm) und Kräfte (\sim N)
- Reaktionszeit ca. 100 ms
- Keine bewegten Teile, geräuschlos
- Sanfte Aktorik, d.h. keine harten Endanschläge



Bedienelemente: Kombination von Näherungs- und druckstärkeabhängigen Schaltern mit Krafrückmeldung

- In der Kombination von elastischen Näherungs- und Drucksensoren mit taktiler Betätigungsmeldung ergeben sich weiche und geschlossene Schaltoberflächen bei niedrigem Gewicht, Bauraum und geringer Komplexität
- „weiche“ haptische Aktorik zur Kraft – Rückkopplung z.B. für Feedback bei Schalterbetätigung unter weichen Verkleidungsstoffen



Bedienelemente: Kombination von Näherungs- und druckstärkeabhängigen Schaltern mit Krafrückmeldung

- In der Kombination von elastischen Näherungs- und Drucksensoren mit taktiler Betätigungsmeldung ergeben sich weiche und geschlossene Schaltoberflächen bei niedrigem Gewicht, Bauraum und geringer Komplexität
- „weiche“ haptische Aktorik zur Kraft – Rückkopplung z.B. für Feedback bei Schalterbetätigung unter weichen Verkleidungsstoffen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Besuchen Sie mich auf der begleitenden Fachausstellung

Dr. Bernhard Brunner

Fraunhofer Institut für Silicatforschung ISC

Neunerplatz 2

D - 97082 Würzburg

Tel.: 0931 – 4100 - 416

bernhard.brunner@isc.fraunhofer.de

www.isc.fraunhofer.de

www.cesma.de