

Smart-Textiles-Workshop, 26.9.2023, Weimar

"Neue Ansätze mit Smart Textiles für die Herausforderungen des Klimawandels und einer alternden Bevölkerung,,

—
Integration von Elektronik in elastische Textilien am Beispiel eines Therapieanzugs für Hemiparesepatienten

Dr. Bernhard Brunner - Fraunhofer ISC, Würzburg

Dr. Gottfried Betz - Strick Zella GmbH & Co.KG, Zella Stadt Dingelstädt

Dr. Julia Danckwerth, Fabian Neumüller - Weißensee Kunsthochschule, Berlin

Christian Dils, Kamil Garbacz – TU - Berlin

Agenda

- **Motivation**
- **Systemdesign und Gesamtkonzept**
- **Inertialsensorik zur Bewegungserfassung**
- **Ganganalyse durch Elastomer-Drucksensoren**
- **Aktivitätsmessung durch EMG – Sensoren**
- **Integrationstechnologien:**
 - DES
 - Kabelbaum
 - Stricken
- **Anwendung**



Motivation

Unterstützung bei der Rehabilitation von Hemiparesepatienten

Alljährlich erleiden 270.000 Menschen in Deutschland einen Schlaganfall und viele erleiden an einer Halbseitenlähmung (Hemiparese)

Lösungsansatz des Projektes TheraTex

- Alltagsbekleidung für die täglichen Übungen zuhause
- keine Stigmatisierung und Beobachtung wie bei Kamerasystemen
- Software, die Bewegungen und Körperhaltungen visualisiert und die Patient*innen im Sinne eines motivierenden Feedbacks in Form von interaktive Audiogeschichten unterstützt
- Modulare Kleidungsstücke mit intuitivem Interaction- und Interface-Design sowie ergonomischem, ästhetischem Mode-Design



@ ART+COM

Systemdesign und Gesamtkonzept

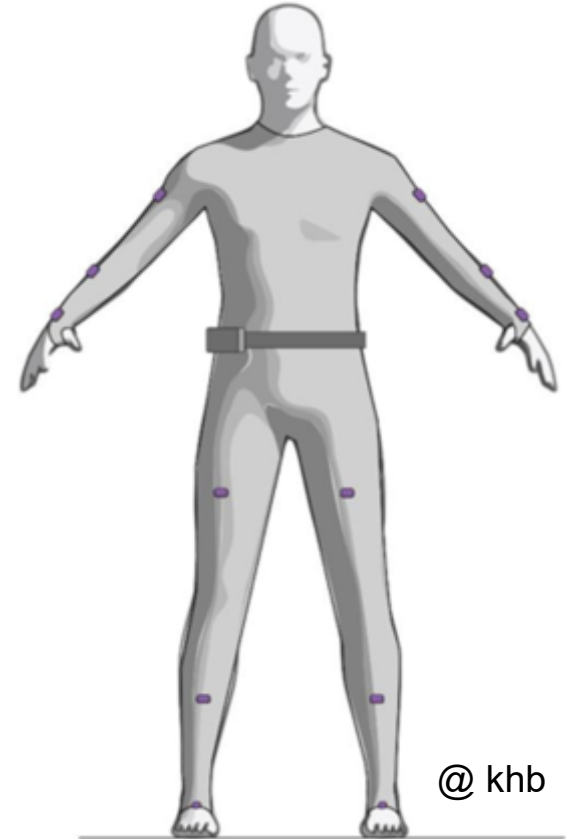
Ziel:

Aufbau eines Systems zur Bewegungserfassung und Analyse für das Rehabilitationstraining von Patienten, bestehend aus:

- intelligentem Sensorknoten und Auswerteeinheit
- textilem Kommunikationsbus
- Visualisierung der Bewegung mittels JAVA Tool.
- Bluetooth-Integration zur kabellosen Übertragung der Daten

Herausforderungen:

- hoher An- / Auszieh- und Tragekomfort
- hohe Anzahl an Einzelmodulen
- Positionierung der Einzelmodule
- lange Datenleitungen
- Zusammenführung des Gesamtsystems in einem Knoten

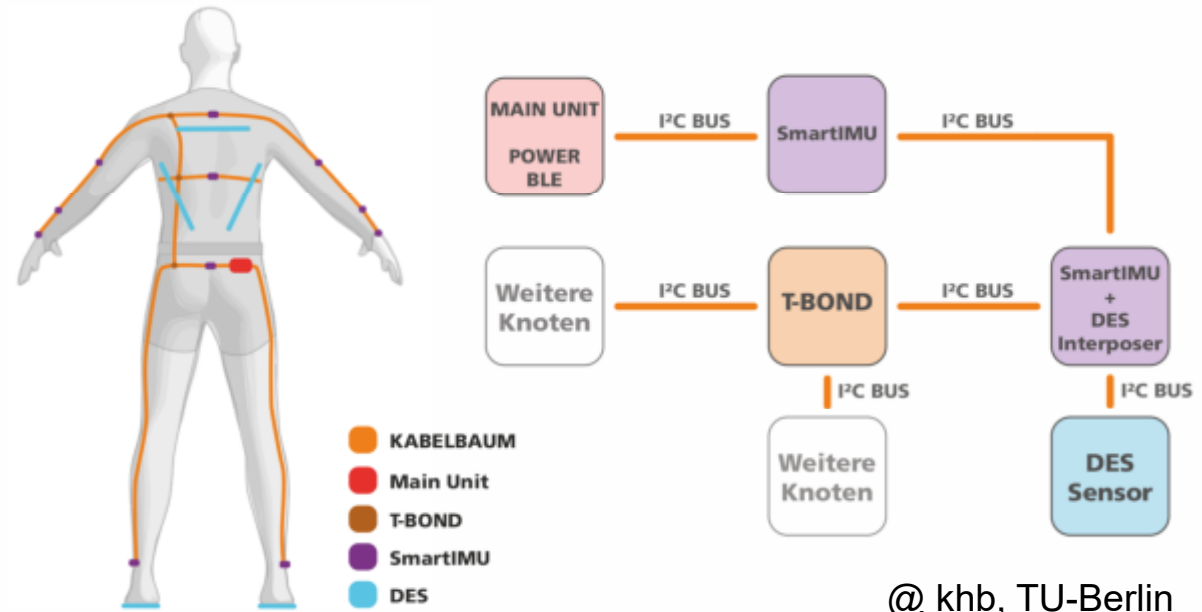


@ khb

Systemdesign und Gesamtkonzept

Ausführung:

- Beschleunigung-/ Lagesensoren zur Erfassung der Bewegung / Haltung der Extremitäten
- Elastomersensoren zur Erfassung von Oberkörperbewegung und Gangverhalten
- sensornahe Digitalelektronik als Knoten
- textiles Buskabel (als Kabelbaum) zur Verbindung der Sensorik untereinander und mit der Schnittstelle zur Datenübertragung nach außen
- Elektronikintegration auf dem patienten-individuellem Textil durch (wiederablösbare) Bondverfahren



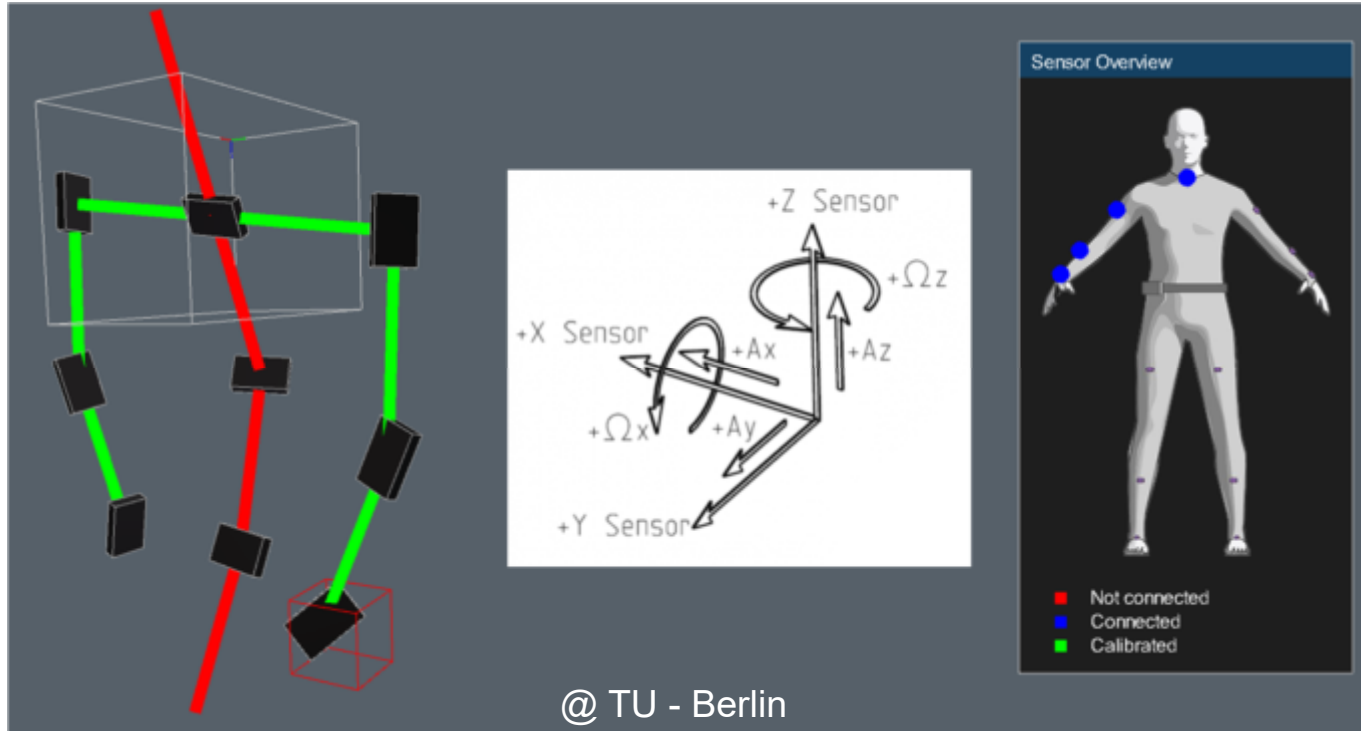
@ khb, TU-Berlin

Inertialsensorik zur Bewegungserfassung (TU - Berlin)

Die Bewegungen am Körper werden durch Inertialsensoren (inertial measurement unit, IMU) erfasst und bestehen aus Beschleunigungssensor, Gyroskop und Magnetfeldsensor (9DOF).

Die Bewegungsdaten der IMU werden mit Hilfe einer Software zusammengefasst.

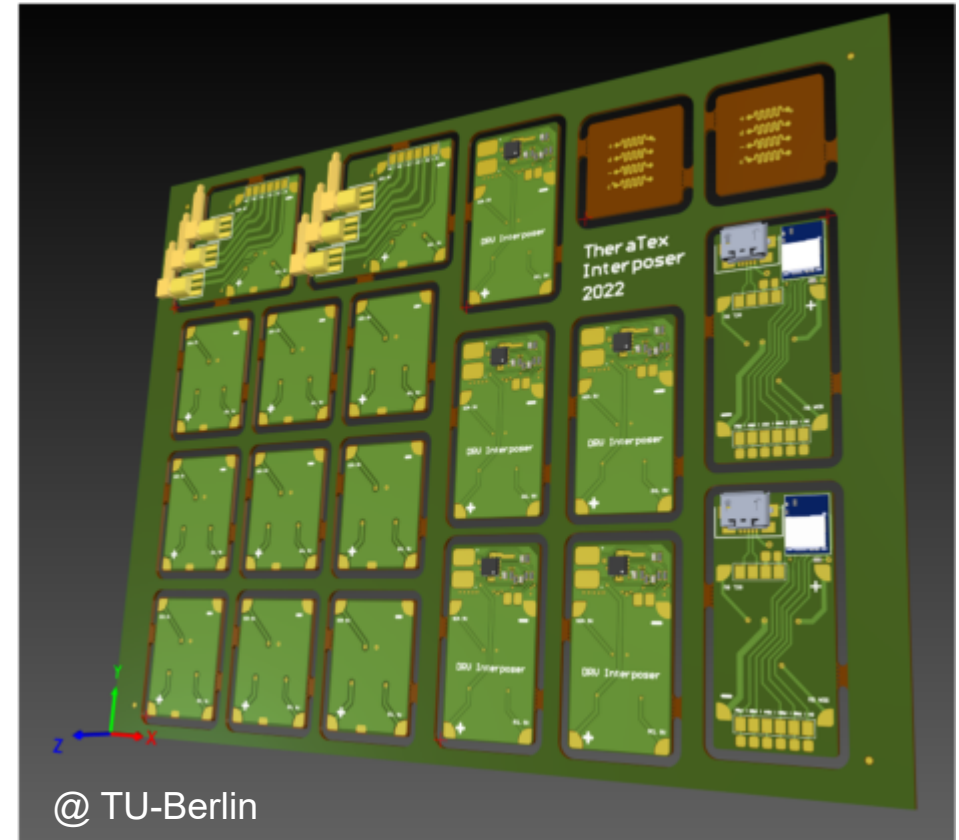
Durch die Informationen über Platzierung und Abstand der einzelnen Module zueinander, lässt sich eine Visualisierung im dreidimensionalen Raum abbilden.



Inertialsensorik zur Bewegungserfassung (TU – Berlin)

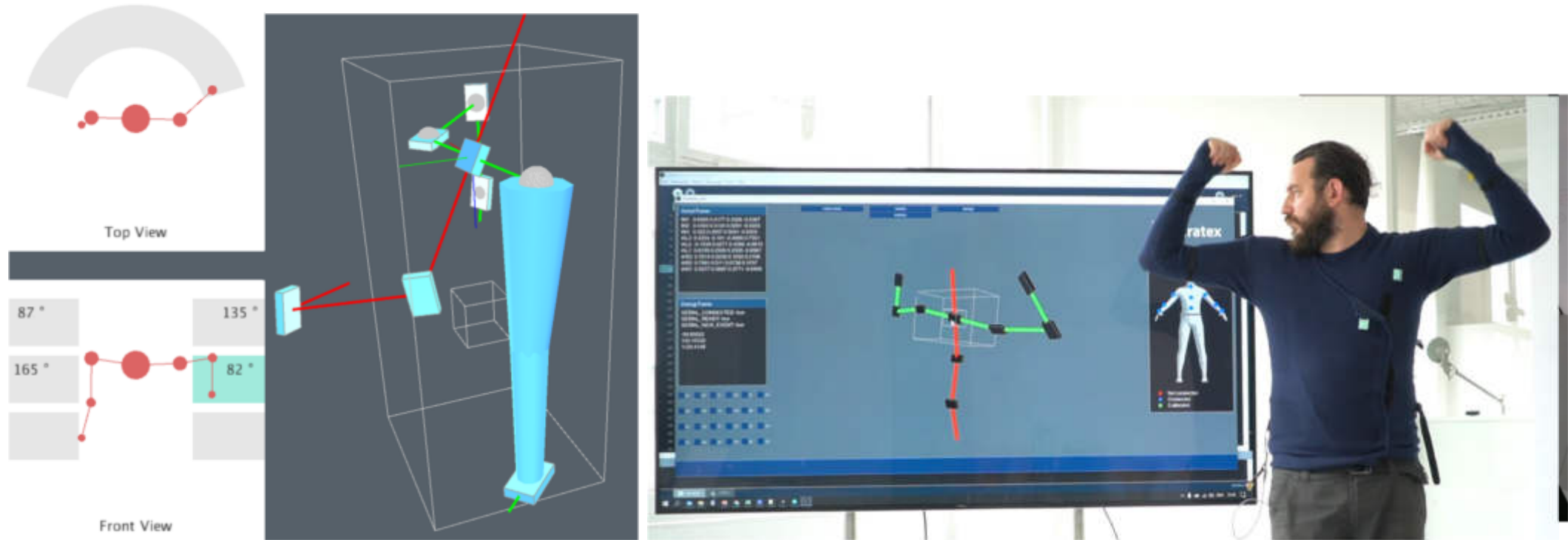
An jedem Knoten befindet sich das SmartIMU Modul.
Es verfügt über einen Mikrocontroller, der die Kommunikation auf den BUS übernimmt.

Die Funktionalität kann über Interposer Module erweitert werden.



Inertialsensorik zur Bewegungserfassung (TU - Berlin)

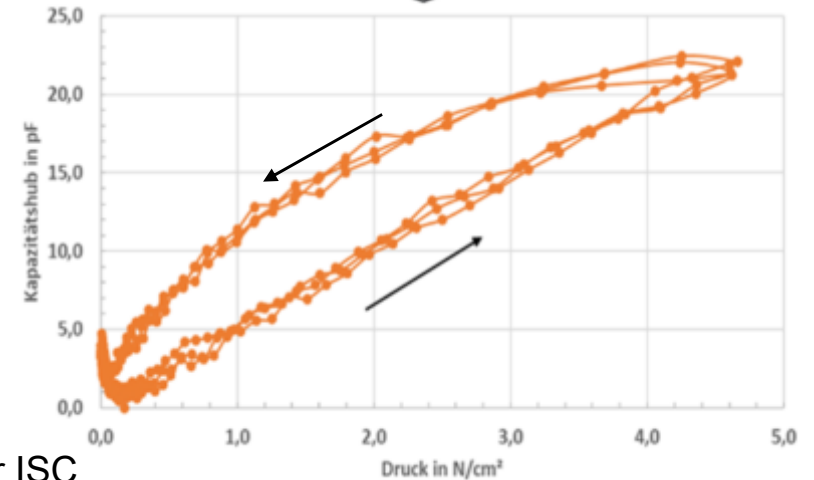
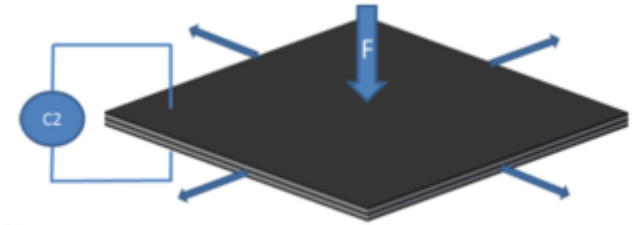
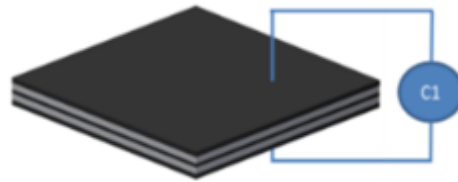
Tests zur Optimierung der Visualisierungssoftware



@ TU-Berlin

Ganganalyse durch Elastomer – Drucksensoren DES (Fraunhofer ISC)

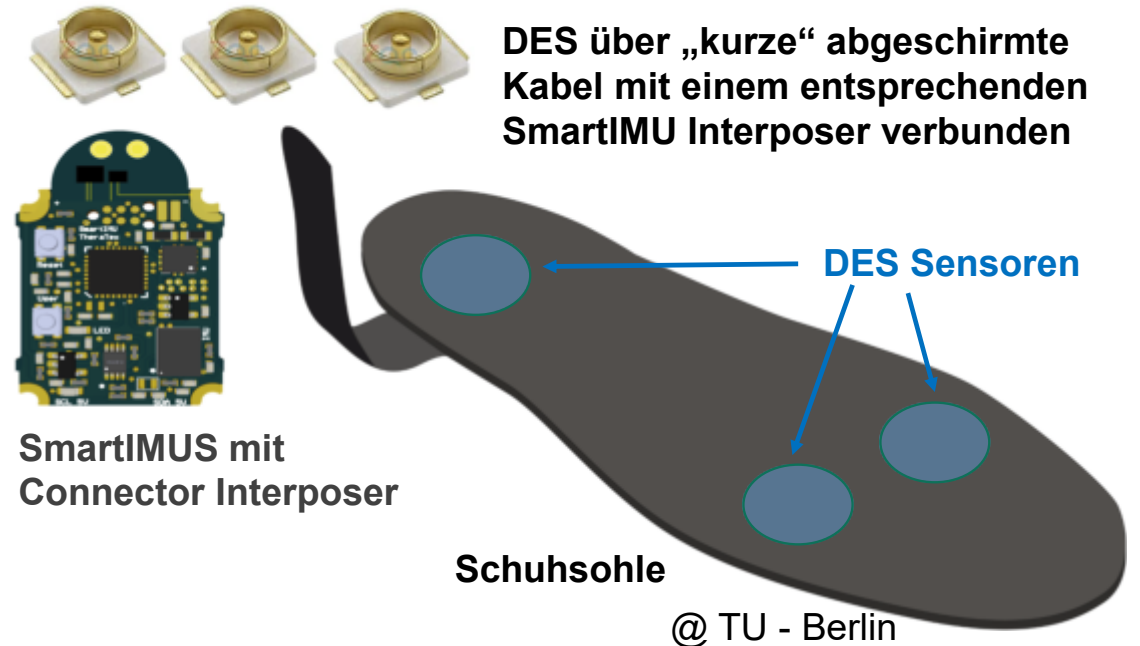
DES bestehen aus einer abwechselnden Folge von leitfähigen und isolierenden Elastomerschichten. Bei einer Verformung durch Druck oder Dehnung verringert sich die Dicke der Elastomerfolie bei gleichzeitiger Vergrößerung der Fläche, wodurch sich die elektrische Kapazität vergrößert.



Ganganalyse durch Elastomer – Drucksensoren (Fraunhofer ISC)

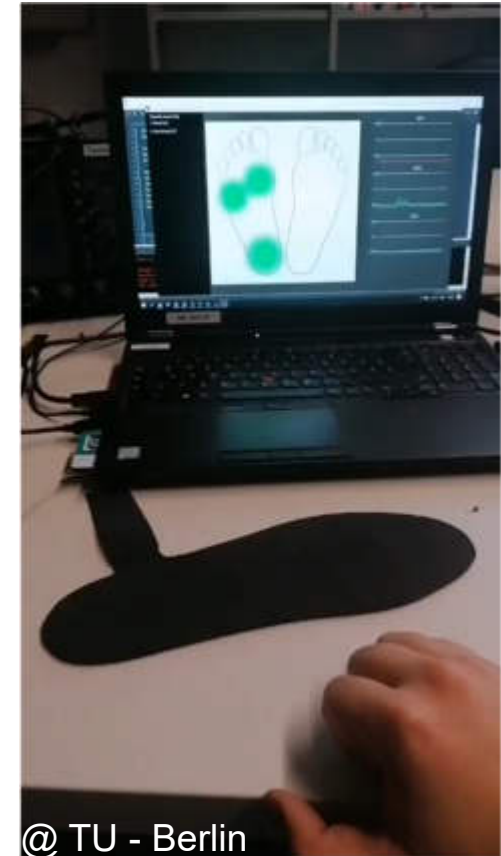
Drei Drucksensoren aus weichem Silicon sind am Ballen und an der Ferse in eine Schuheinlage mit weicher Bettung integriert

Anschluss an die Zentralelektronik über Steckkontakte an einer Schlaufe außerhalb des Schuhs



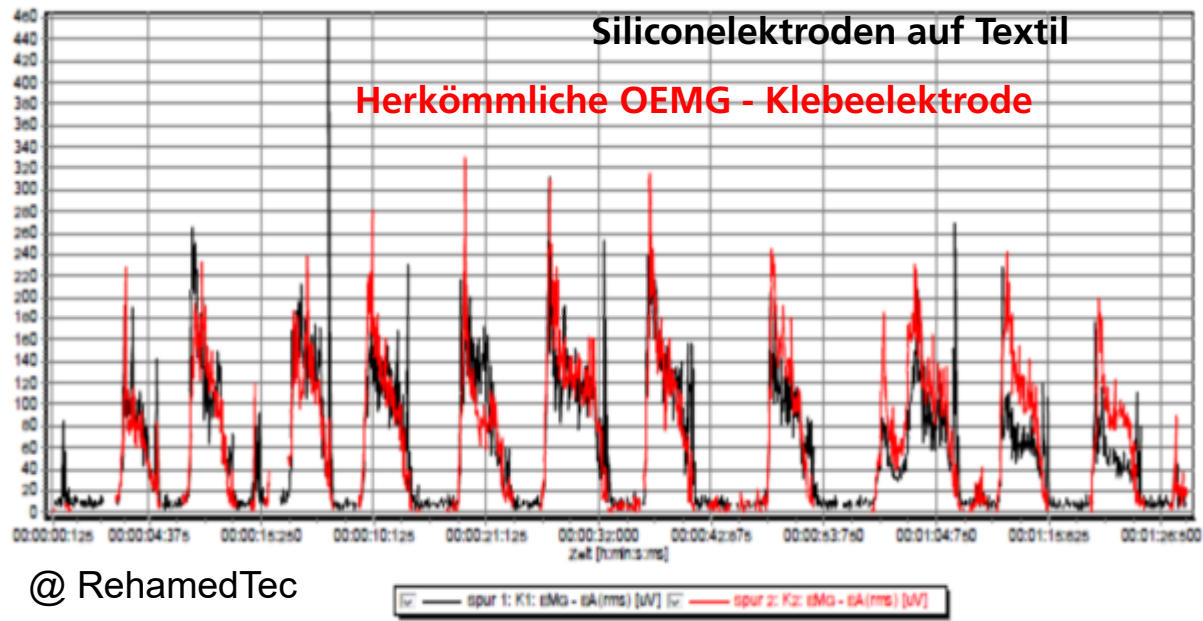
Ganganalyse durch Elastomer – Drucksensoren (Fraunhofer ISC)

Darstellung der Druckverteilung am Fuss beim Gehen



Aktivitätsmessung durch EMG – Sensoren (Fraunhofer ISC)

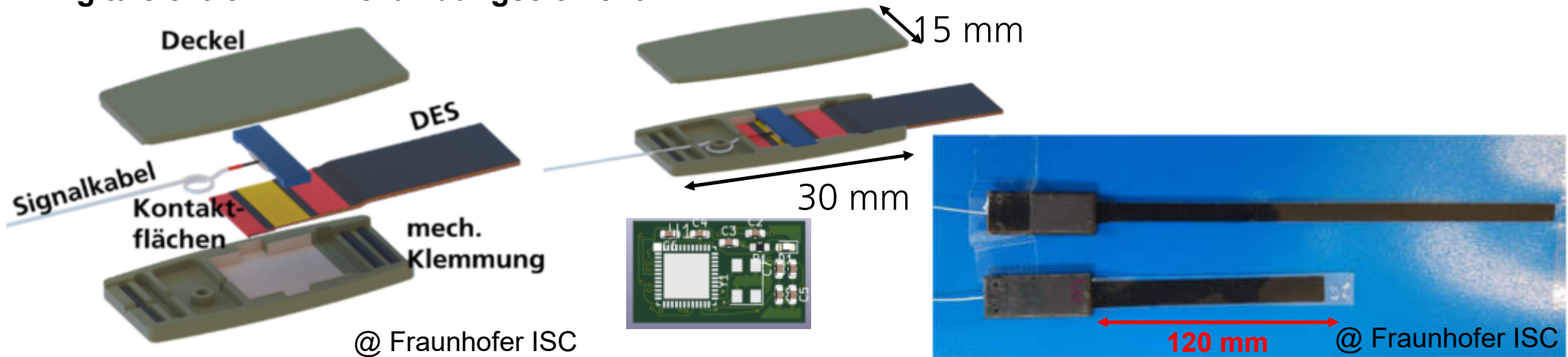
Elektromyogramm (EMG) – Messmanschette mit 6 hautverträglichen Siliconelektroden zur kontinuierlichen Messung der Muskel(an)spannung in Form einer Blutdruck – Messmanschette
→ **EMG – Messungen mit trockenen Siliconelektroden und klassischen Klebeelektroden identisch**
→ **komfortable EMG – Langzeitmessungen möglich**



@ Strick - Zella

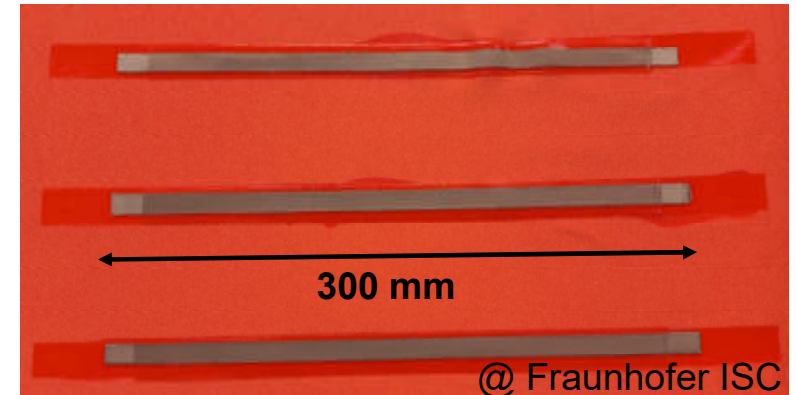
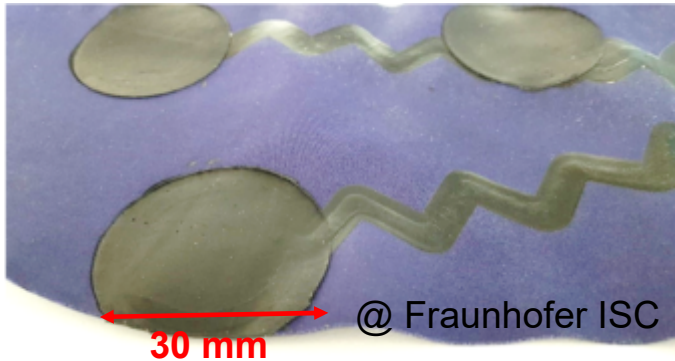
Integrationstechnologien: DES (Fraunhofer ISC)

- **Kontaktierung der Elastomersensoren mit einem Verbindungselement (Patent DE 102021118460)**
 - keine Verklebungen nötig, nur mechanische und elektrische Klemmung
 - schnelle und sehr kostengünstige Anschlußmöglichkeit von (Bus-)Kabeln, Elektronik und gedehnten Sensoren
- **Dauertests bis 500.000 Zyklen bei 100% Dehnung zeigen hohe Zuverlässigkeit der Kontaktierung**
- **Verbindung der Anschlüsse an (gestrickte) Buskabel durch Bonden, Löten, Kleben**
- **Digitalelektronik im Verbindungselement**



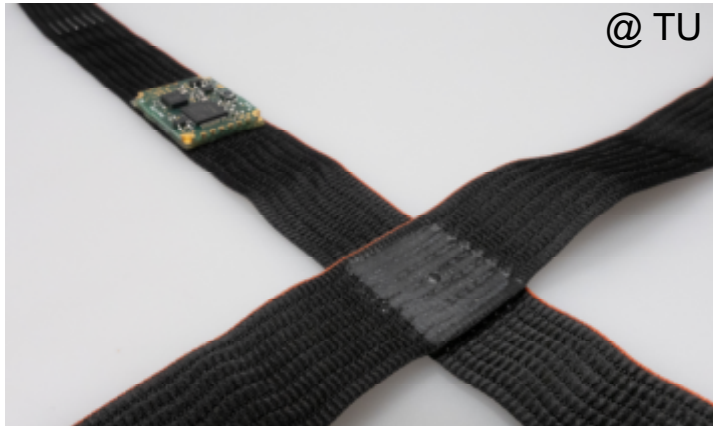
Integrationstechnologien: DES (Fraunhofer ISC)

- **Mehrfachdruck** von Silicon mit leitfähigen Kupfer- oder Rußpartikeln auf / unter isolierendem Silikon
- **Verklebung** von leitfähigen oder isolierenden Siliconklebstoffen durch Thermobonden / Bügeln
 - Vernetzung bei Temp. unter 80°C, somit für unterschiedlichste Textilien möglich
 - Dehnbar bis 35%, dauerhaft stabil unter mechanische Zyklisierung bis 1 Mio. Zyklen
 - Elektrische Widerstände ca. 100 Ohm/m



Integrationstechnologien: Kabelbaum (TU – Berlin)

- Der Kabelbaum, gestickt oder aus leitfähigen Bändern aufgebaut, benötigt Abzweigungen
- Die Kreuzungen müssen einen niedrigen Kontaktwiderstand aufweisen und dürfen keine Kurzschlüsse zwischen den Leitern erzeugen
- Die Verbindung muss mechanisch gegenüber Zug-, Knick und Biegebelastungen geschützt werden
- Die Module wurden mittels des e-textile Bonding Verfahrens auf ein Band mit eingearbeiteten isolierten Leitern geklebt



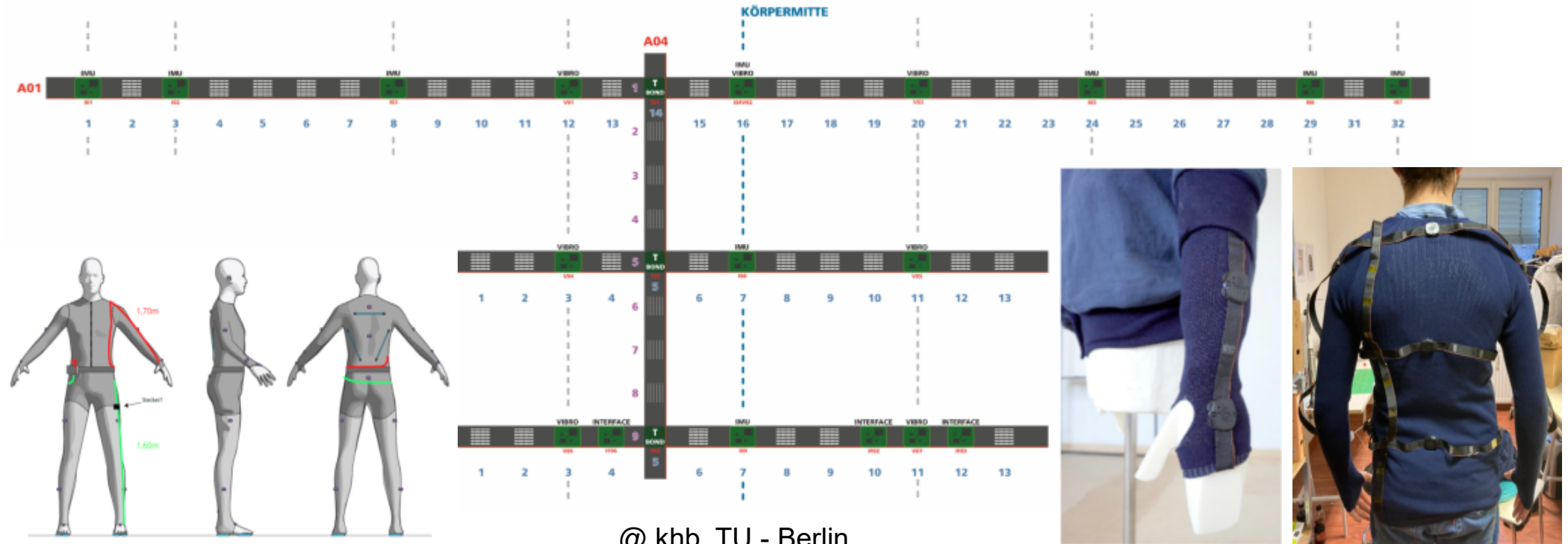
@ TU - Berlin



Integrationstechnologien: Kabelbaum (TU – Berlin)

Anwendung am Kimono-Konzept und der elektronischen Anziehilfe (Kunsthochschule Weißensee Berlin)

Konzept und Realisierung



@ khb, TU - Berlin

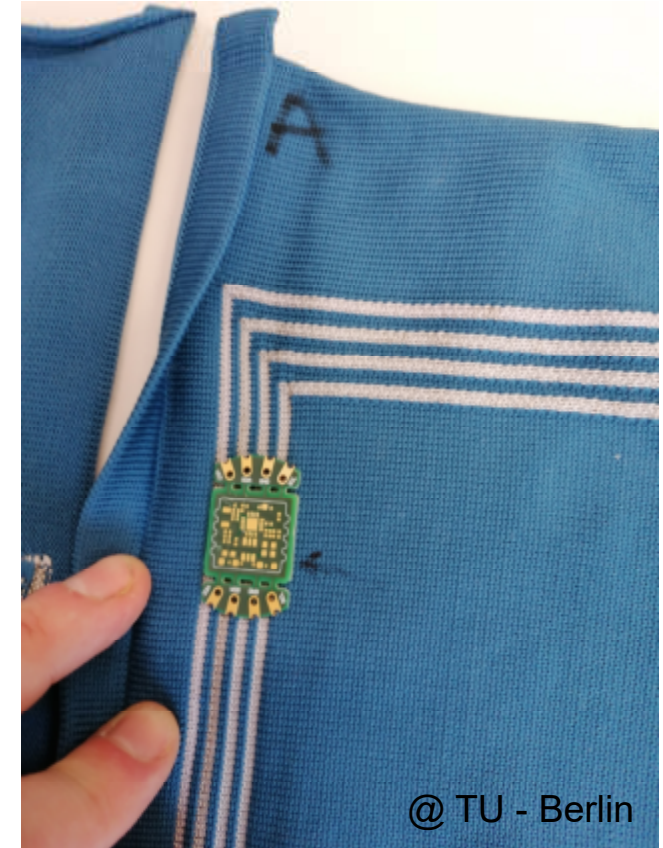
Integrationstechnologien: Stricken (Strick-Zella, TU - Berlin)

Vorteile:

- **cleaneres Design**
- **geringerer Konfektionsaufwand → geringere Herstellungskosten**

Herausforderungen:

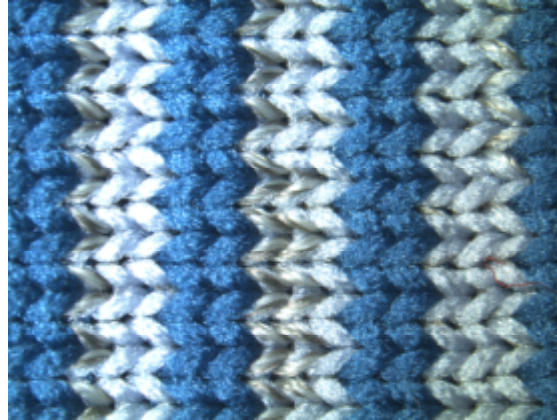
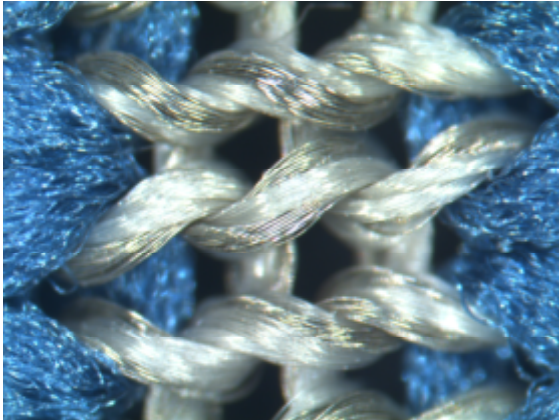
- **hohe elektrische Leitfähigkeit (Leitungswiderstand $< 10 \text{ Ohm/m}$)**
- **(Thermokompressions-) bonden von Sensoren und Schaltkreisen**
- **Pitch ca. 2,5 mm**
- **Integration in elastische Textilien: starrer Draht vs schrumpfendes Textil**
- **Isolation der Busleitungen untereinander, gegen die Haut und die Umgebung**
- **Waschbarkeit und Hautverträglichkeit**



Integrationstechnologien: Stricken (Strick-Zella, TU - Berlin)

Lösungsvariante A

- einen dünnen Draht oder ein Garn mit hoher elektrischer Leitfähigkeit **maschenbildend** einstricken (Stitched wires)
- Durchmesser Drähte oder Garne $< 0,1$ mm
- blanke Cu-Drähte
- Umwindgarne (Kern: Polyester; Mantel Cu)
- keine Isolation, muss nachträglich aufgebracht werden

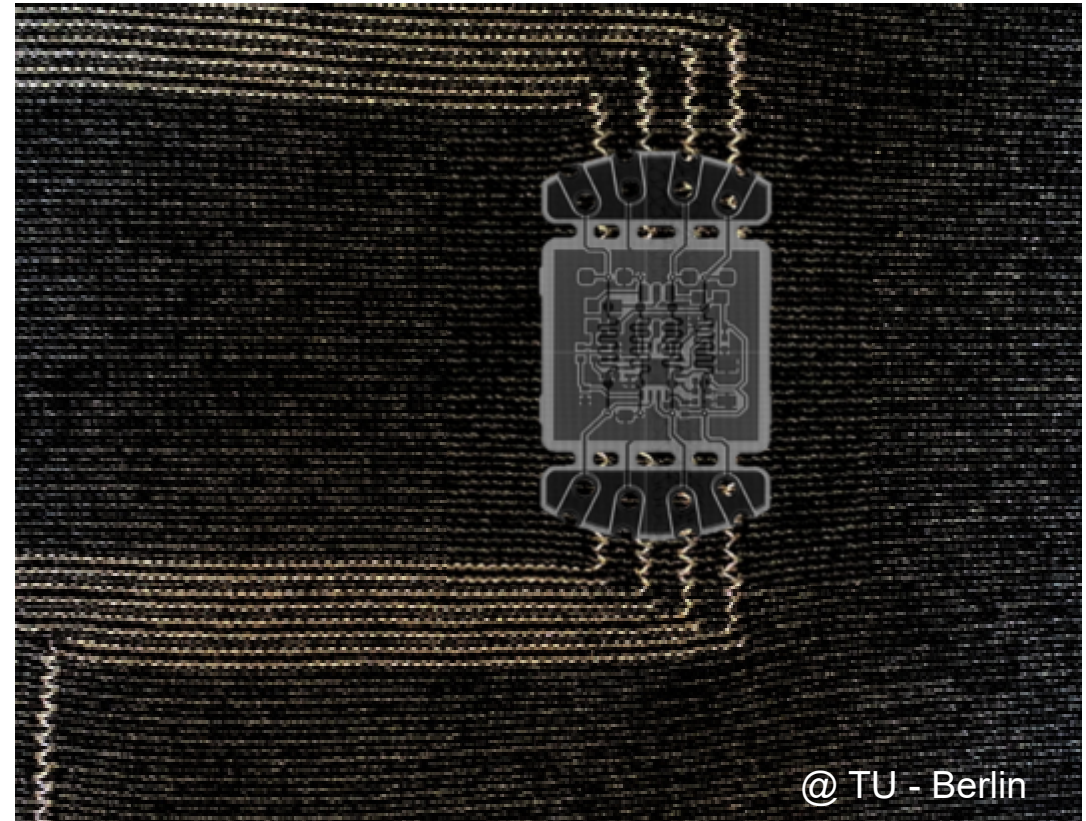


@ Strick- Zella

Integrationstechnologien: Stricken (Strick-Zella, TU - Berlin)

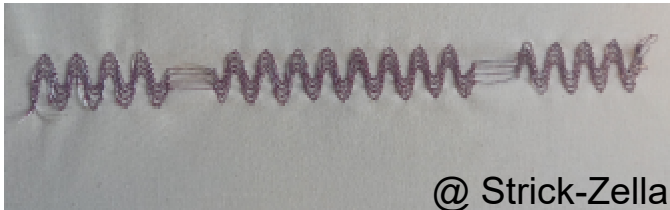
Lösungsvariante B:

- im **Schuss gestrickte** Drähte und Litzen
- TPU isolierte Litzen > 0,1 mm verwendbar
- Thermobonding möglich
- verschiedene Strickrichtungen beachten



Integrationstechnologien: Stricken (Strick-Zella, TU - Berlin)

Weitere Ansätze:



@ Strick-Zella

angesticktes Elektrisola

elastische gestrickte Bänder mit textilem Bus



@ TU - Berlin



@ TU - Berlin

aufflaminiertes TexPCB

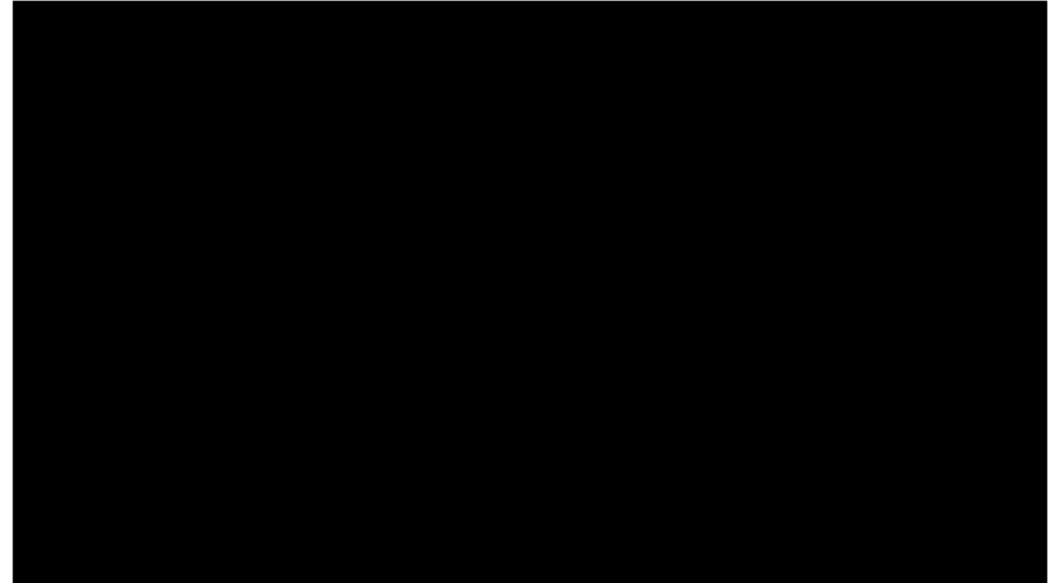
Anwendung



Video TheraTex_DE

Videos: TheraTex von weißensee kunsthochschule berlin

<https://dxm.kh-berlin.de/2019/06/26/theratex/>



Video kimono

Forschungskonsortium:

weißensee
kunst-
hochschule
berlin

ART+COM
STUDIOS

Strick Zella

Technische
Universität
Berlin

Fraunhofer
ISC

Herrmann
& Hecht GbR
rehamed-tec

MEDICAL PARK

Valitech
VALIDATION SERVICES

Gefördert durch:

futureTEX

zwanzig20
PARTNERSCHAFT FÜR INNOVATION



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Dr. Bernhard Brunner
Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
Tel. +49 931 4100-416
bernhard.brunner@isc.fraunhofer.de
www.isc.fraunhofer.de
www.cesma.de