

A horizontal band across the middle of the slide features a green and teal background with a complex, woven texture. The texture consists of various patterns, including a fine grid, a larger hexagonal mesh, and a more irregular, fibrous structure. The colors transition from a deep teal on the left to a bright green on the right.

# Sensorgarne für biomedizinische und technische Anwendungen

Carsten Linti, Bastian Baesch

# Europas größte Textilforschungseinrichtung

## KENNDATEN 2022

---



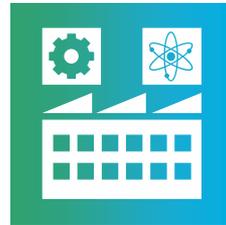
### Beschäftigte

ca. **220**



### Umsatz

**12** Mio. € öffentlich  
**13** Mio. € Industrie



### Fläche

**25.000** m<sup>2</sup>



### Forschung

**189** öffentlich  
**572** Industrie



### Partner

**1158** Unternehmen  
**67 %** KMU



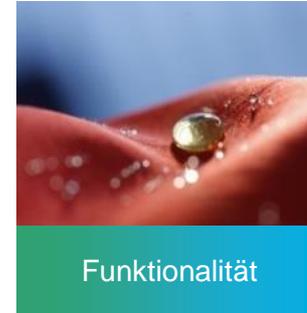
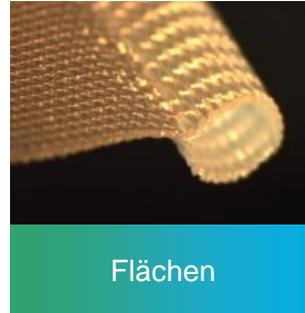
### Services

ca. **100** Prüfkunden  
**5** Kleinserien

# Textile Vollstufigkeit

## VOM MOLEKÜL ZUM PRODUKT

---



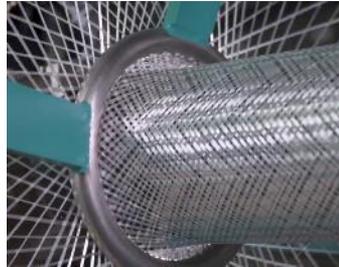
# Zukunft Textil

## FORSCHUNGSFELDER

---



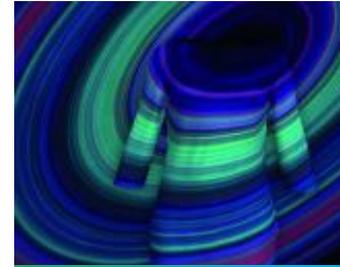
Neue Materialien



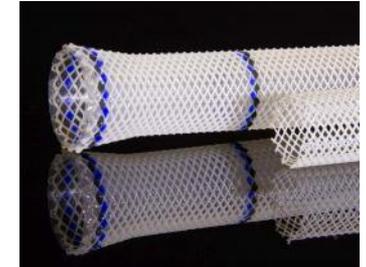
Leichtbau



Nachhaltigkeit



Digitalisierung



Gesundheit

# (Smart) Textiles für Gesundheit und Fitness



&



&



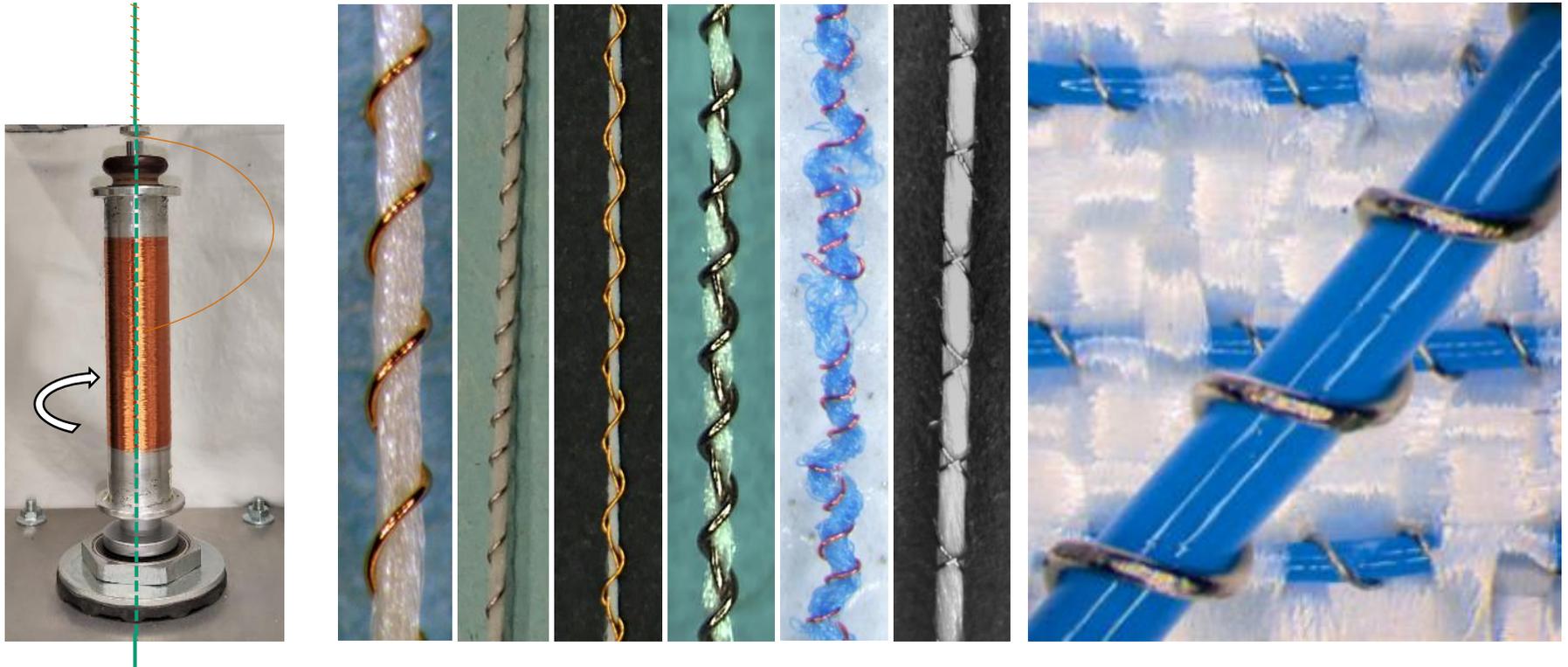
Textilien bedecken (fast) den  
**kompletten**  
Körper

Textilien sind Gewohnheit für  
**alle**  
Menschen der Gesellschaft

Textilien begleiten uns  
**ständig**  
im täglichen Leben



# Faser- und Garn-basierte Sensoren mit Garn-Umwinde-Technologie



# Umwundene Sensorgarne - Möglichkeiten



- Verwendung mit Textilien, nahezu alle Garntypen und Textilmaterialien (Lycra, CO, PES, Glass, Carbon und andere)
- Anpassbare elektrische Eigenschaften durch Anpassung des Drahtmaterials (Cu, Ag, Au, Pt, NiCr, etc.)
- Verschiedene Leiter können in einem Garn verwendet werden
- Die Leiter können isoliert verwendet werden
- Zusätzliche textile Schutzumwindungen sind möglich (z.B. Aufbügelfbare Sensorgarne durch Schmelzkleber in der Umwindung)
- Sehr geringe ohmsche Widerstände möglich ( $< 5 \text{ Ohm/m}$  für 167 dtex PES Umwindegarn)

# Zwirn- und Umwindemaschinen an den DITF

Zwei Entwicklungs-Umwindemaschinen (Eigenbau) und (kleine) industrielle Zwirnmaschinen

- 4 Hohlspindeln
- 1 und 2-fach Umwindung in einem Prozessschritt
- 1-fach Umwindung an 4 Spulpositionen
- 2-fach Umwindung an 2 Spulpositionen
- Präzisionsumwinden
- Umwindespindel-Umdrehung 0,5 - 24000 RPM
- Entwickelt mit Industriepartner JBF



- Weniger Optionen
- 1-fach Umwindung in einem Prozessschritt
- wildes (rechts) oder paralleles (links) Umwinden
- max. 14000 RPM
- Drehung: 2000 T/m
- Spulgeschwindigkeit 7-200 m/min

# Vergleich umwundener Sensorgarne

T/m

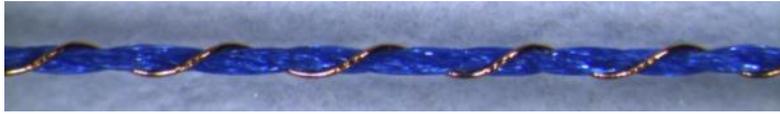
Lackisolierter Kupferdraht,  $\varnothing = 0,05$  mm

Lackisolierter Kupferdraht,  $\varnothing = 0,08$  mm

400



800



1200



1600



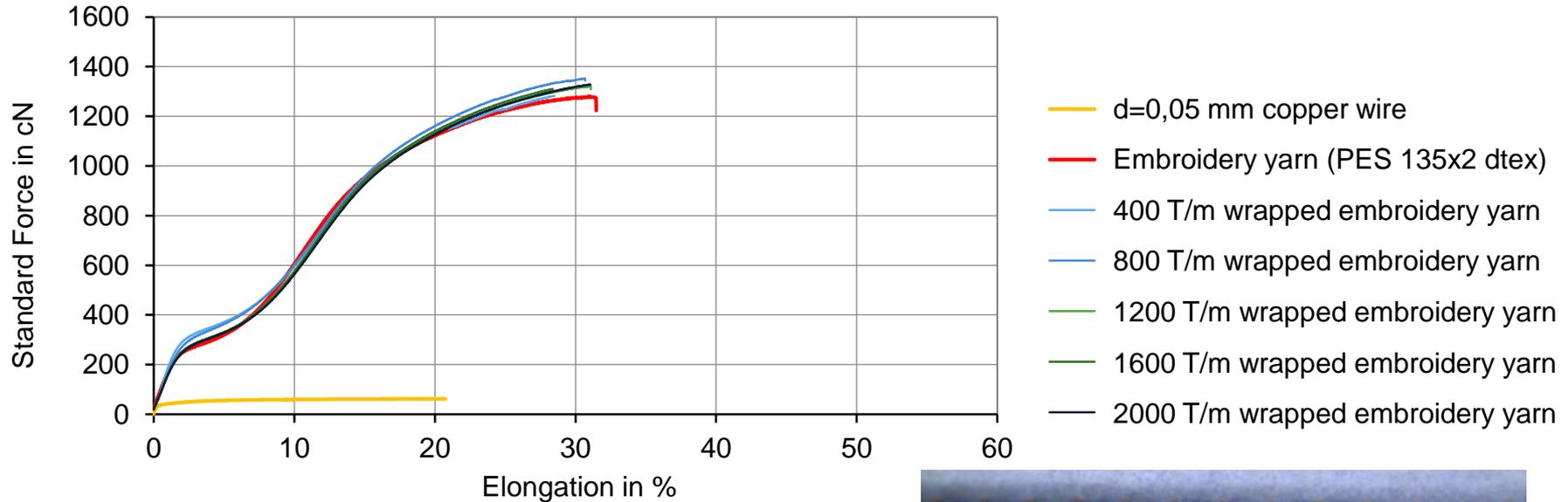
2000



Kern: Stickgarn Madeira Polyneon No40 (PES 135x2 dtex)

# Kraft-Dehnungs-Verhalten von umwundenen Sensorgarnen

Ø = 0,05 mm Kupferlackdraht, Stickgarn  
 und verschiedene Kupfer-umwundene Stickgarne (Draht-Ø =0,05 mm)



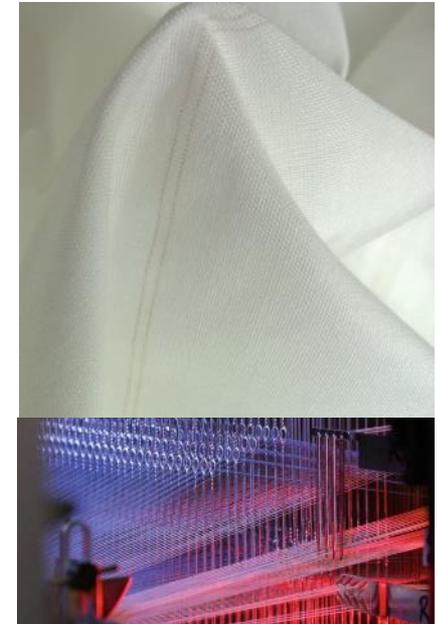
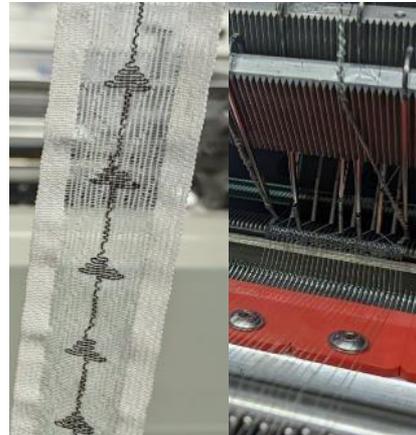
# Integration von umwundenen Sensorgarnen in Textilstrukturen

Stricken

Kettenwirken

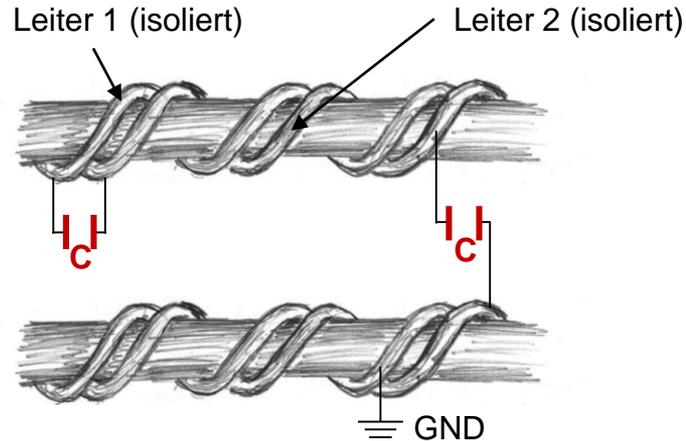
Sticken

Weben



Konventionelle Textilproduktionsverfahren können mit industriellen Produktionsgeschwindigkeiten eingesetzt werden.

# Umwundene Sensorgarne – mögliche Textilanwendungen



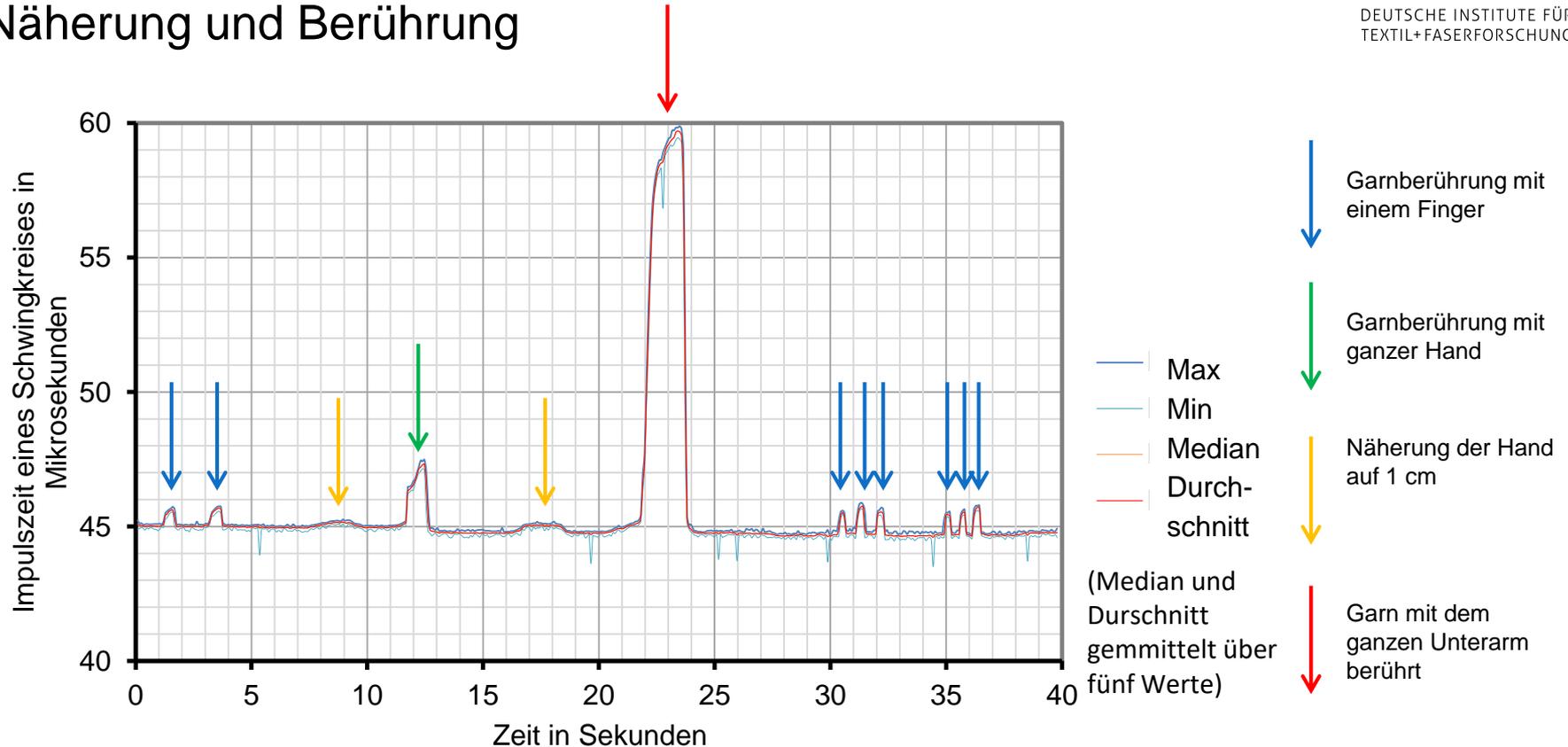
Isolierte Leiter bilden einen Kondensator mit einer Kapazität  $C$ , deren Wert hängt ab von :

- Der Geometrie der beiden Leiter zueinander,
- Der Permittivität des umgebenden Dielektrikums

Kontaktierung an einem Ende ist möglich

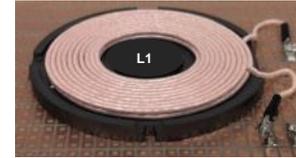
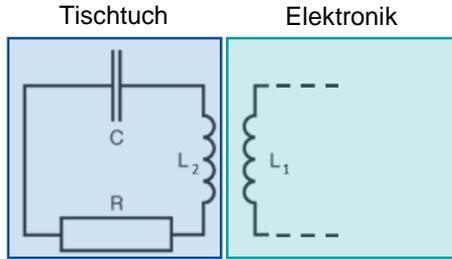


# Näherung und Berührung

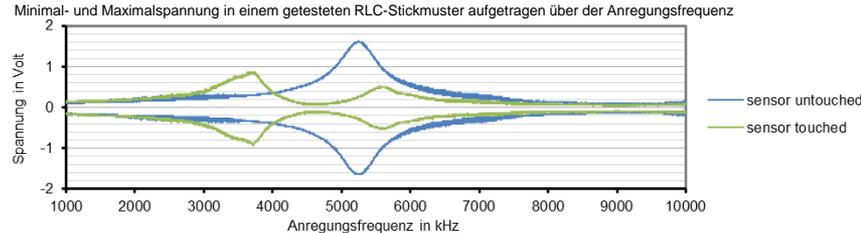
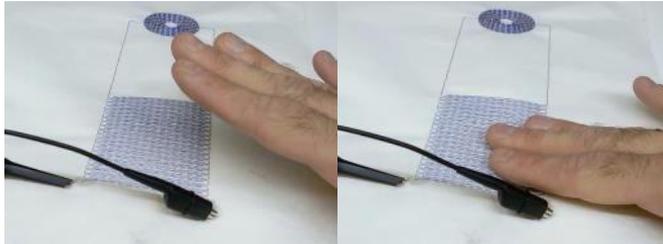


# Anwendungsbeispiel: Berührungslose Steuerung über eine textile Fläche (z. B. Tischtuch)

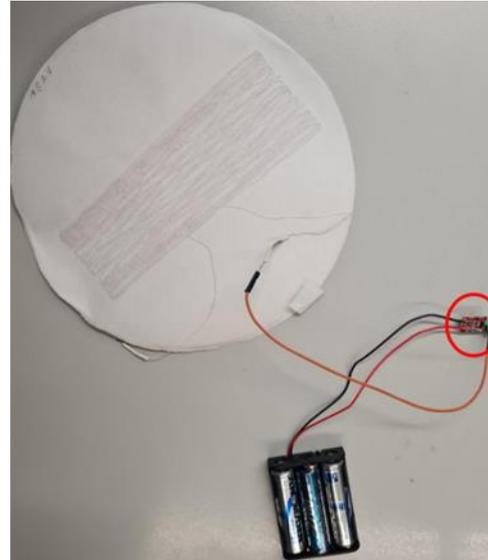
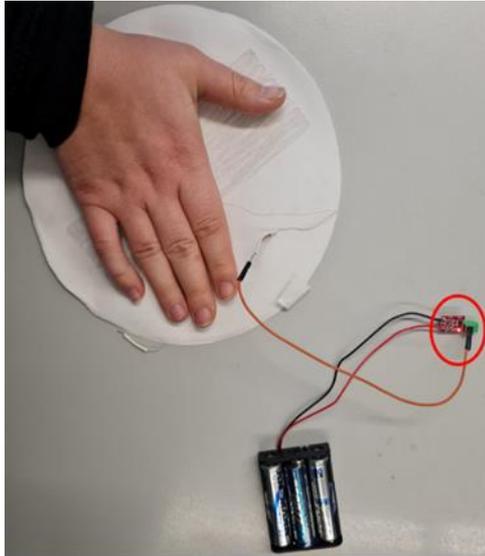
Drahtlose Kurzstreckenübertragung von Messwerten aus einem Sensortextil an eine konventionelle Elektronik ohne zusätzliche elektrische Komponenten oder Energiequellen im Textil.  
Nutzung der Resonanzverschiebung aufgrund der Kapazitätsänderung eines durch eine Spule angeregten Schwingkreises.



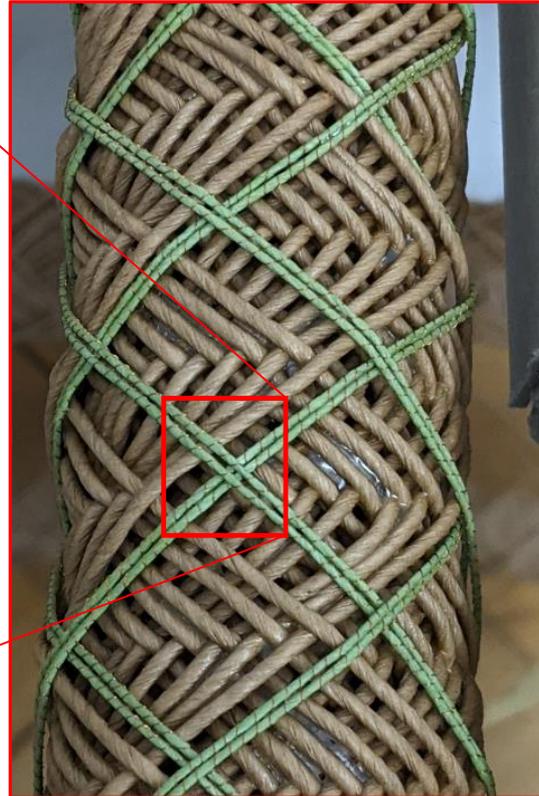
Elektrischer Widerstand (R) des Garns im Stickmuster



## Integration von Sensorfunktion in Papier



# Sensorgarn aus Papier



## Demonstratoren

- Thekenoberfläche mit integrierten Sensorgarnen
- Berührungserfassung.

Aktion: Start eines Glücksrads, das über Farbänderungen (rot, blau, grün, gelb) schließlich eine zufällig ausgewählte Farbe anzeigt

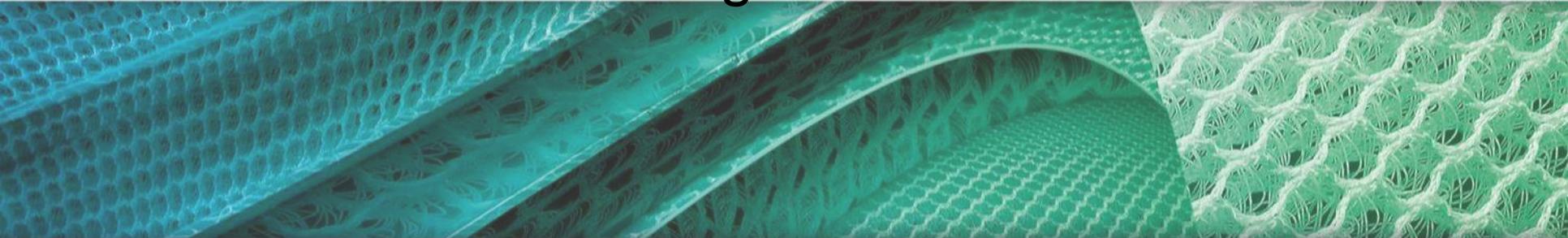
### Theke und hierfür eingesetzte Spannelemente



Gewicht: 5,5 kg (ohne Beleuchtung)

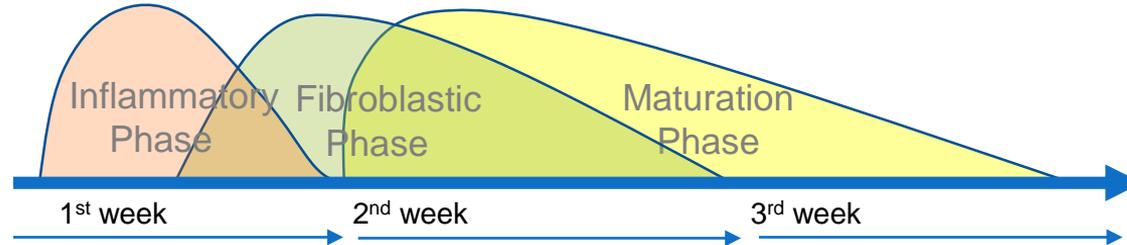
# Sensorisches Umwindegarn in Gesundheitsanwendungen

Beispiel: Sensorische Wundauflage für das  
kontinuierliche Monitoring von chron. Wunden



# Normale Wundheilung und chronische Wundheilung

## Normale Wundheilung



## Chronische Wunde

- Stagniert in einer der Phasen für mehr als 30 Tage
- Chronische Wunden kommen vor bei Druckgeschwüren, diabetischem Fuß, venöse Unterschenkelgeschwüren



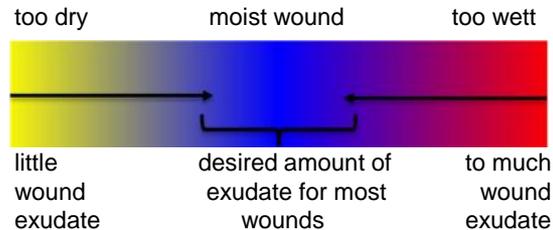
After: Conor O'Mahony; "Get smart – advances in dressing technology", Practical Patient Care magazine, November 2016

# Motivation für Wund monitoring

## Prinzipien der Topischen Therapie

- Säubern der Wunde
- Infektionen behandeln
- Hohlräume entfernen
- **Überschüssige Exsudat absaugen**
- **Feuchte Wundoberfläche erhalten**
- Warmhalten (thermische Isolation)
- **Bakterieninvasion verhindern**

M.O.I.S.T.



## Heute übliches Wundmanagement

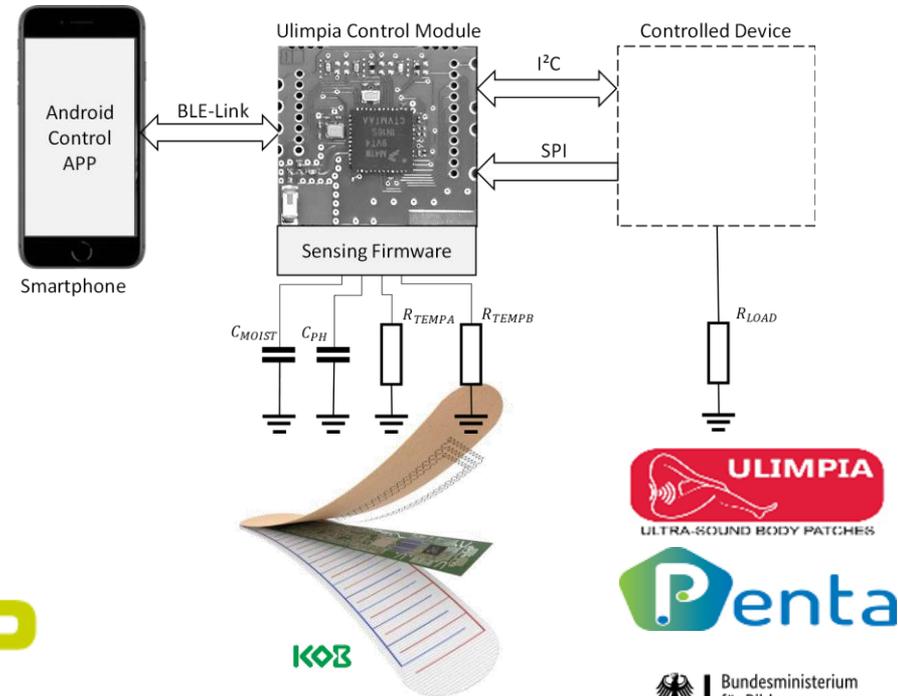
- Subjektive Beurteilung und Behandlung
- Manuelles Ersetzen des Verbandes alle 1 – 5 Tage (gewöhnlich jeden 2ten Tag)
- Störung der empfindlichen Wundumgebung
- Sehr unangenehm für Patient, soziale Auswirkung
- Verschwendung von klinischen Ressourcen, Verbrauchsmaterialien ...



# Wund-Monitoring

## Entwicklung einer Wundauflage, die ...

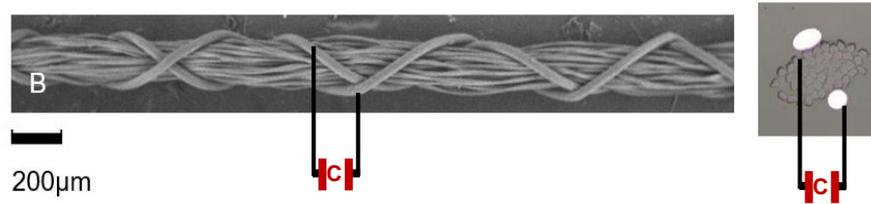
- den Feuchtgrad erkennt
- den pH-Wert bestimmt
- die Temperatur misst
- digitalisiert
- drahtlos Werte überträgt (BLE)
  
- Kontinuierliches Monitoring  
in einer Nutzer-freundlichen APP



# Prinziple der Messung

## Feuchtesensorisches Garn

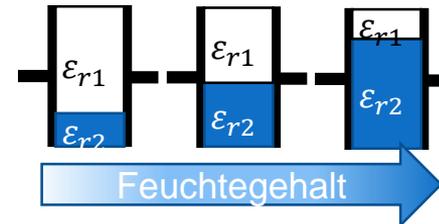
- Faser-basierter Sensor → Garn
- Prinzip eines Plattenkondensators
- Kapazität ist das Feuchtigkeitssignal



- $C = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$

### Permittivität

Material	$\epsilon_r$
Luft $\epsilon_{r1}$	1
H <sub>2</sub> O $\epsilon_{r2}$	81



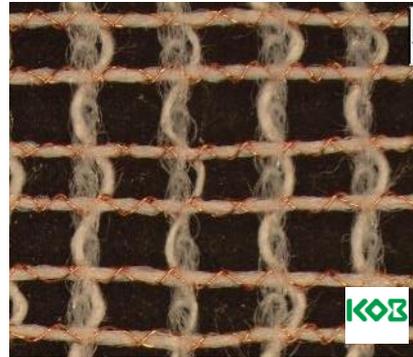
# Feuchtesensor

## Sensorgarn



- Sensorgarn
- Umwindegarn
- Kerngarn mit Lack-isoliertem Kupferdraht umwunden

## Textilintegration



- Integration in Textils als Häckelgallone (Gewirke)
- Foulardbehandlung (Schrumpf)
- Drapierbarer Stoff

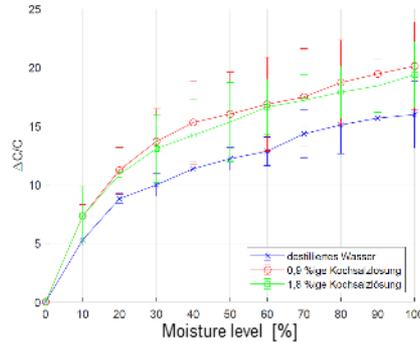
## Schaumintegration



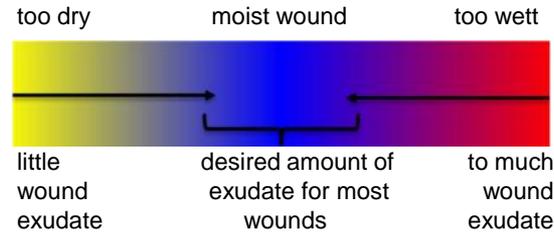
- Textile Integration in Absorber
- Schaumbeschichtung (PU)

# Charakterisierung der gegenseitigen Einflüsse

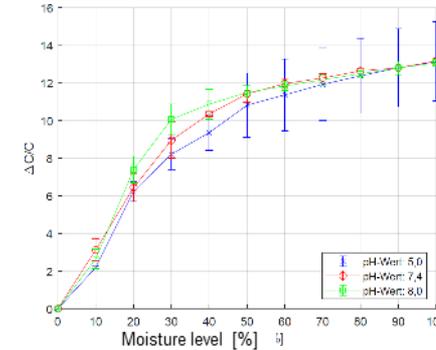
## Salzgehalt



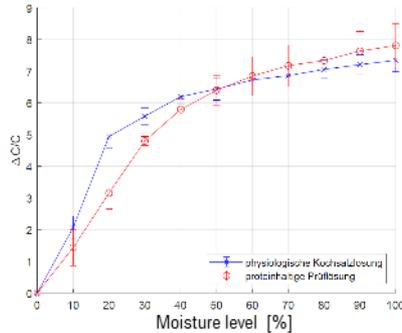
M.O.I.S.T.



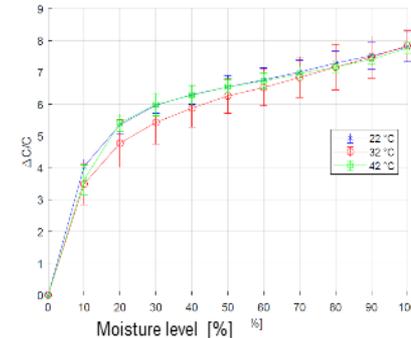
## pH-Wert



## Proteine



## Temperatur



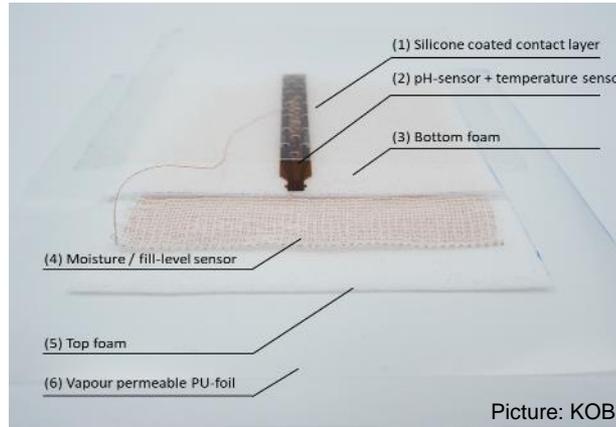
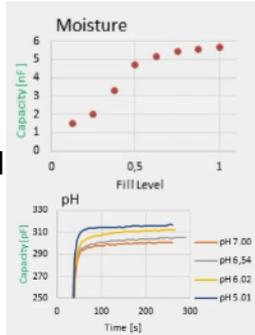
## Ergebniss – Sensorische Wundauflage

→ Feuchte Wundheilung

Sensoren für

- Feuchte
- pH
- Temperatur

→ Im Wundgrund



Picture: KOB

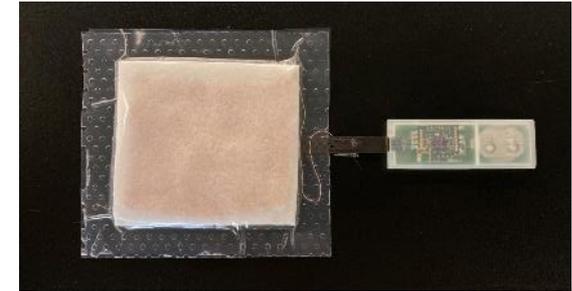
Keine unnötigen Verbandswechsel!

Frühe Erkennung von Entzündungen durch bakterielle Infektion

→ Bessere Heilung von chronischen Wunden.



Picture: KOB



Picture: KOB

## Zusammenfassung

- Gewöhnliche Garne können durch Umwinden als Sensoren funktionalisiert werden
- Diese Sensorgarne können wie herkömmliche Garne verarbeitet werden
- Sie können als Leiter, Elektroden und Sensoren verwendet werden
- Alle Arten von Textilien können durch umwundene Garne sensorisiert werden
  
- Ressourcenschonung und Reduktion des Abfallaufkommens durch nachwachsende Rohstoffe (rezyklierbar und kompostierbar)



# DITF

DEUTSCHE INSTITUTE FÜR  
TEXTIL+FASERFORSCHUNG

Kontakt:

Carsten Linti

[carsten.linti@ditf.de](mailto:carsten.linti@ditf.de)

Bastian Baesch

[bastian.baesch@ditf.de](mailto:bastian.baesch@ditf.de)

DITF Denkendorf

Körschtalstr. 26

73770 Denkendorf

Die Zukunft ist textil.