

# STRETCH.flex – eine dehnbare Leiterplatte – Einführung



**Jürgen Wolf**

Michael Feuerlein

Würth Elektronik GmbH & Co. KG

Circuit Board Technology

Advanced Solution Center

# AGENDA

- 1** Grundlegendes Konzept der dehnbaren Leiterplatte
- 2** Prozessabläufe
- 3** Grundlagen des Designs
- 4** Zusammenfassung & Ausblick auf Teil II



# AGENDA

**1** Grundlegendes Konzept der dehnbaren Leiterplatte

2 Prozessabläufe

3 Grundlagen des Designs

4 Zusammenfassung & Ausblick auf Teil II



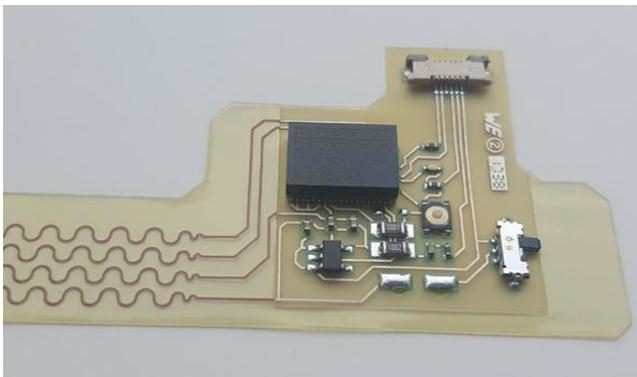
# STRETCH.flex

## Basis und Konzept



### Konzept – dehnbarer Schaltungsträger

- Thermoplastisches Polyurethan (TPU) als neues Trägermaterial mit laminiertem Kupfer
- Ausführung der Leiterbahnen in Mäanderform zur Realisierung der Dehnbarkeit
- Nutzung von etablierten Fertigungsprozessen
- Vielseitige Weiterverarbeitungsmöglichkeiten z.B. Tiefziehen, Hinterspritzen, Laminieren, etc.:

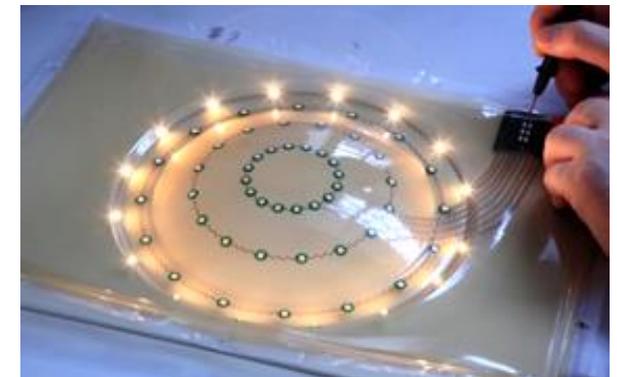


Mit SnBi-Lot bestückte Bauteile



Auf Textil auflaminiert

Quelle: Fraunhofer IZM



Beispiel „Conformable Electronics“

Quelle: Fraunhofer IZM

# STRETCH.flex

## Basis und Konzept



### Ihre Vorteile

- Je nach Art des Layouts: dynamische Dehnbarkeit von 5 – 20%
- Breites Eigenschaftsprofil von TPU
- Sehr anpassungsfähiges Material – nahezu jede Form ist realisierbar
- Mehrfache Rotation ohne Einfluss auf Stabilität und elektrischen Eigenschaften

Das Material und die Vorteile zielen auf Anwendungen in

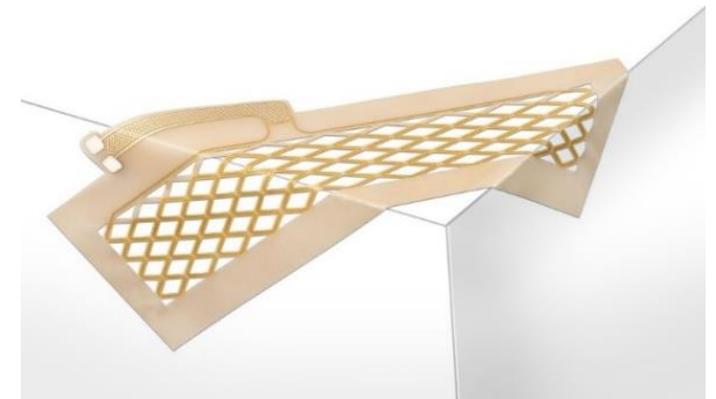
- Medizintechnik
- Sensorik
- Smart Textiles
- (Soft-) Robotik
- Internet of Things (IoT)
- und in Ihrer Branche



Dynamische Dehnung



Mehrfache Rotation ( $n \times 180^\circ$ )



Anpassungsfähiges Material

# STRETCH.flex

## Eigenschaften von TPU (ohne Kupfer)



### Materialeigenschaften

- Hautfreundlich / Biokompatibel
- Biegeschlaff
- Hydrolysebeständig
- Mikrobenbeständig
- Gute Witterungsbeständigkeit
- Hohe Verschleißfestigkeit

### Chemische Eigenschaften

- Frei von Weichmachern
- Stabil gegenüber Öle, Fette, Ozon Teer, viele Lösungsmittel und verdünnten Säuren

### Physikalischen Eigenschaften

- Erweichungsbereich 155 – 185°C
- Thermische Zersetzung ab 250°C
- Bruchdehnung 500%
- Elastisch über weiten Temperaturbereich
- UV- und Strahlungsbeständig

### Elektrische Eigenschaften

- Dielektrizitätskonstante: 4,4
- Durchschlagsfestigkeiten:  
Trocken: 9,0 kV/100µm  
Feucht (80% r.F.): 7,5 kV/100µm

# AGENDA

- 1 Grundlegendes Konzept der dehnbaren Leiterplatte
- 2 Prozessabläufe**
- 3 Grundlagen des Designs
- 4 Zusammenfassung & Ausblick auf Teil II

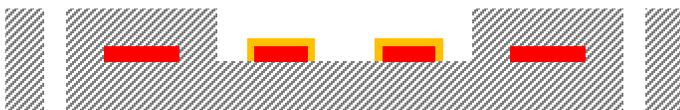
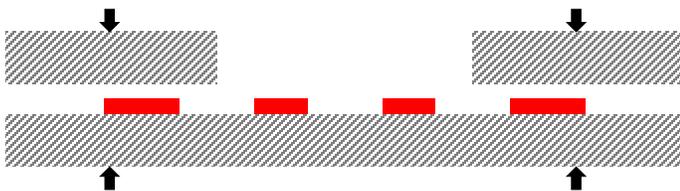


# STRETCH.flex

## Basis und Konzept – Fertigungskonzept



### Einseitige (1S) dehnbare PCBs



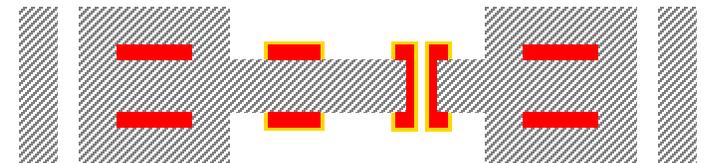
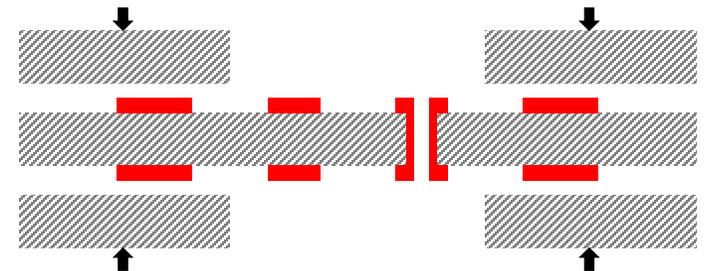
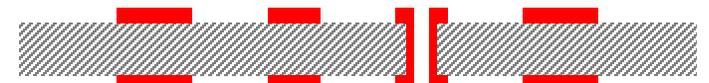
TPU mit auflaminiertem  
Kupfer

ggf. Vias erstellen und  
Strukturierung des Kupfers

vorstrukturiertes TPU  
auflaminieren

Endoberfläche und  
Konturbearbeitung

### Doppelseitige (2S) dehnbare PCBs



# STRETCH.flex

## Basis und Konzept

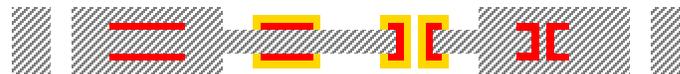


### Nomenklatur – einseitige (1S) und doppelseitige (2S) dehnbare Schaltungsträger

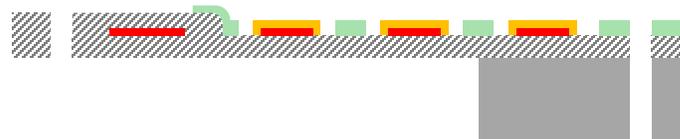
▪ 1S



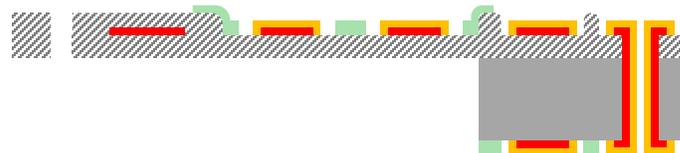
▪ 2S



▪ 1S-0Ri



▪ 1S-1Ri



### Legende

 TPU

 Kupfer

 Lötfläche

 FR4

 Lötstopplack

# AGENDA

- 1 Grundlegendes Konzept der dehnbaren Leiterplatte
- 2 Prozessabläufe
- 3 Grundlagen des Designs**
- 4 Zusammenfassung & Ausblick auf Teil II



# STRETCH.flex – EINFÜHRUNG

Kurzumfrage



# UMFRAGE

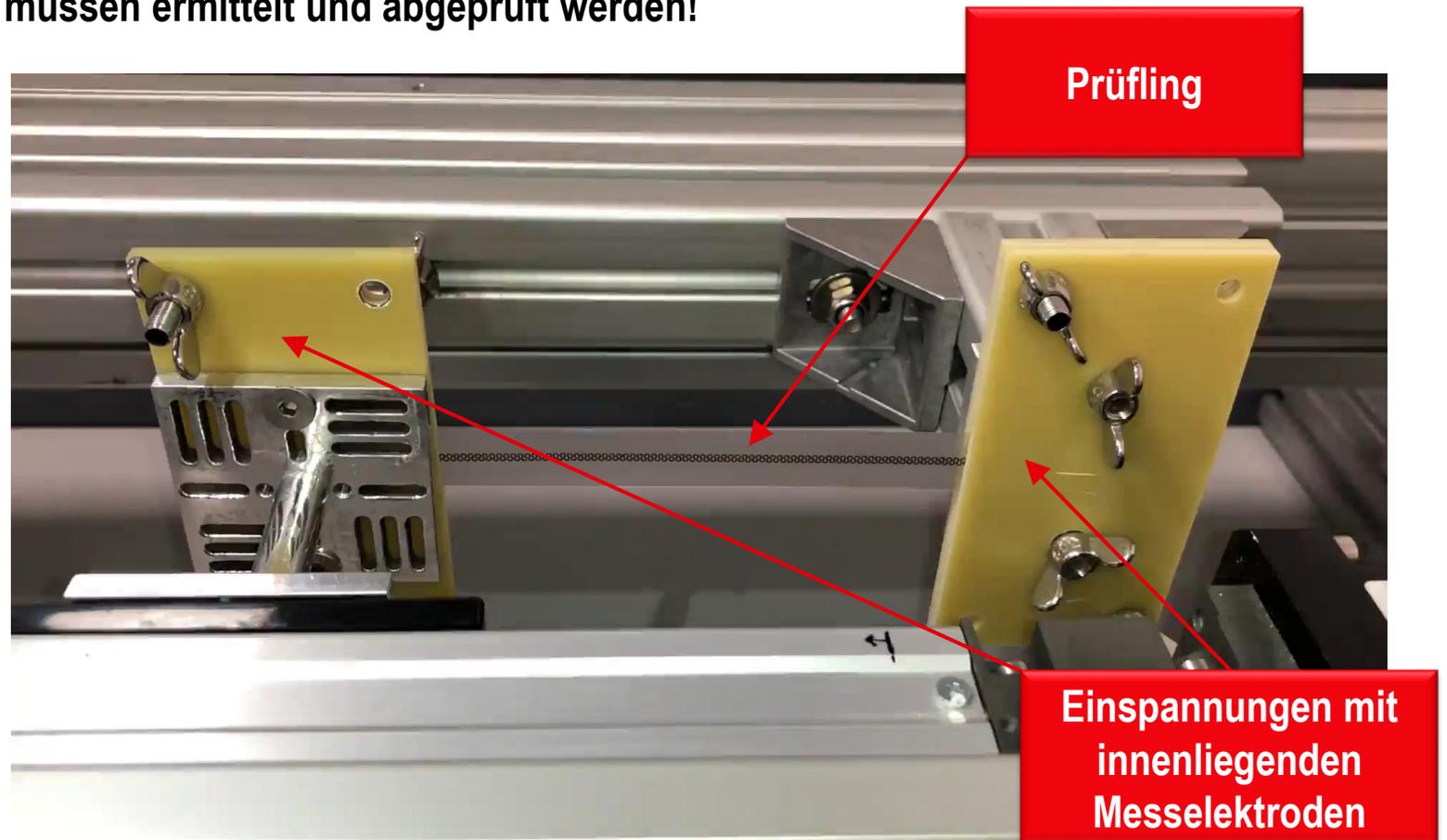
**Welche Faktoren haben Einfluss  
auf die Dehnbarkeit?**

# STRETCH.flex

## Untersuchungen zur Dehnbarkeit von Kupferstrukturen



- **Neue Zuverlässigkeitsanforderungen müssen ermittelt und abgeprüft werden!**
- **Beispiel:**  
Zyklusfestigkeit von  
verschiedenen Kupferstrukturen  
bei definierter Dehnung
- **Herangehensweise:**
  - Fertigung von Mustern
  - Bau einer Anlage zum zyklischen dehnen mit in-situ Messung
  - und messen, messen, messen....
- **Gemessen wird der Widerstand an den min. und max. Dehnpunkten**

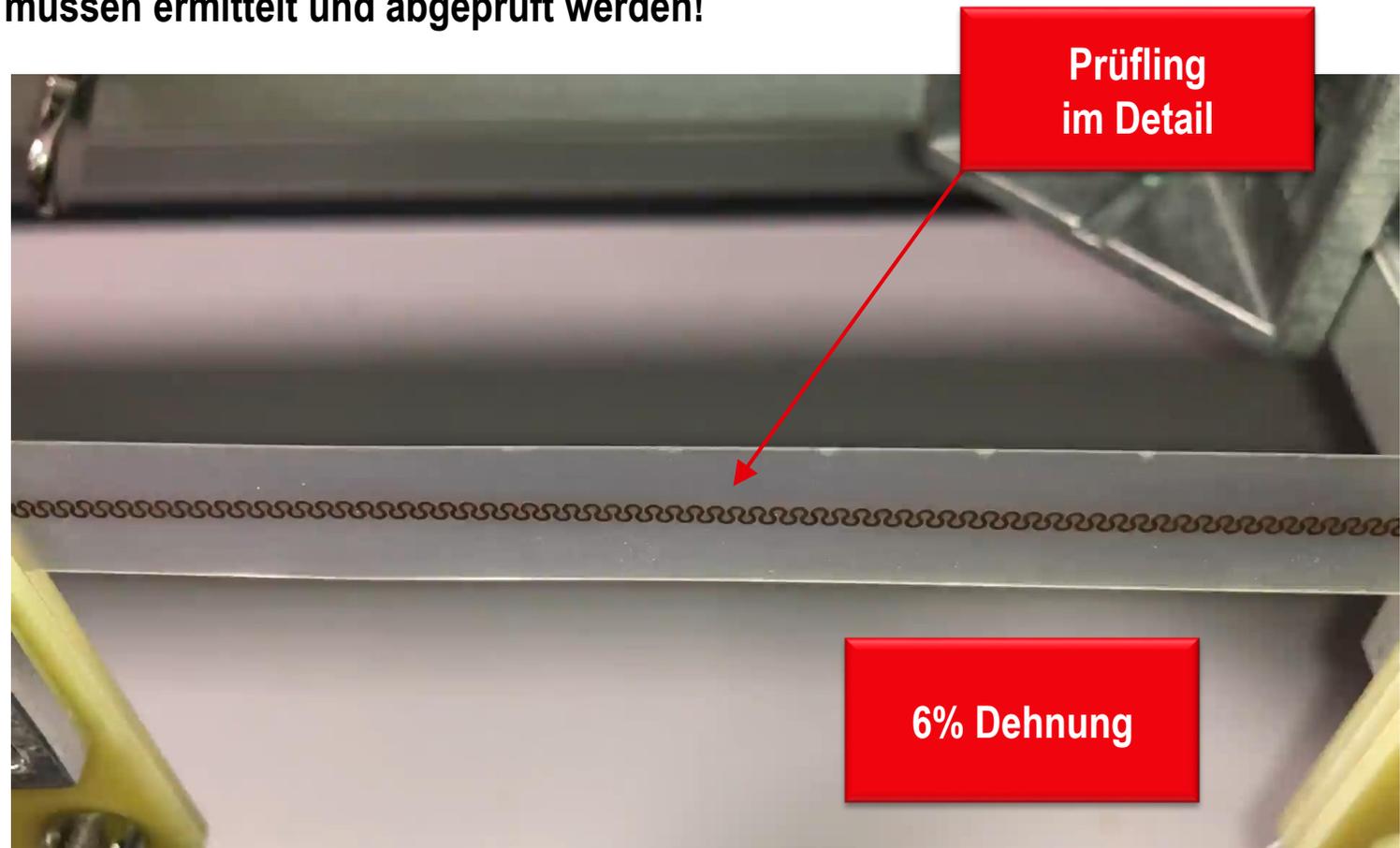


# STRETCH.flex

## Untersuchungen zur Dehnbarkeit von Kupferstrukturen



- **Neue Zuverlässigkeitsanforderungen müssen ermittelt und abgeprüft werden!**
- **Beispiel:**  
Zyklusfestigkeit von  
verschiedenen Kupferstrukturen  
bei definierter Dehnung
- **Herangehensweise:**
  - Fertigung von Mustern
  - Bau einer Anlage zum zyklischen dehnen mit in-situ Messung
  - und messen, messen, messen....
- **Gemessen wird der Widerstand  
an den min. und max. Dehnpunkten**

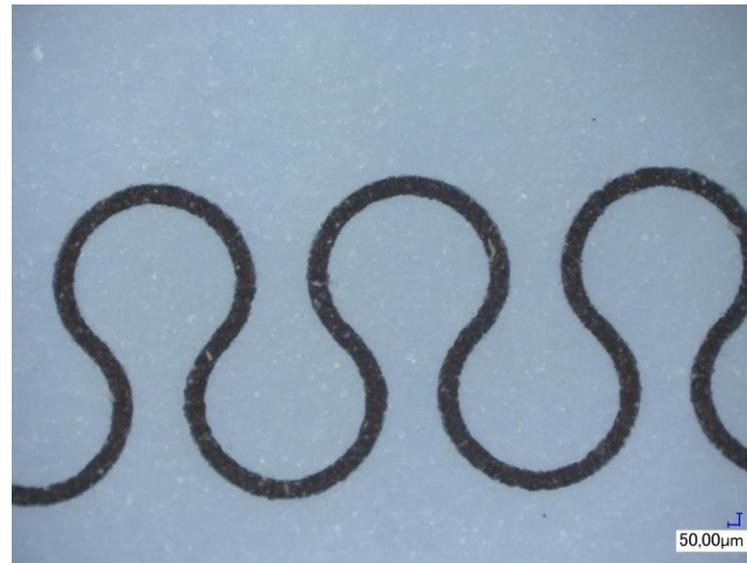


# STRETCH.flex

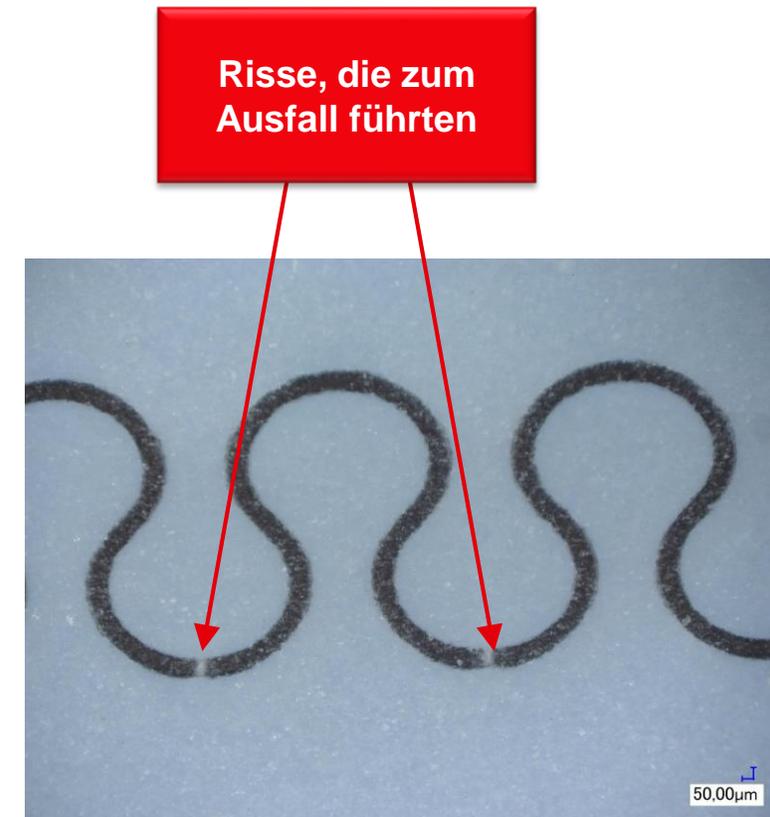
## Untersuchungen zur Dehnbarkeit von Kupferstrukturen



- **Neue Zuverlässigkeitsanforderungen müssen ermittelt und abgeprüft werden!**
- **Beispiel:**  
Zyklusfestigkeit von  
verschiedenen Kupferstrukturen  
bei definierter Dehnung
- **Herangehensweise:**
  - Fertigung von Mustern
  - Bau einer Anlage zum zyklischen dehnen mit in-situ Messung
  - und messen, messen, messen....
- **Gemessen wird der Widerstand an den min. und max. Dehnpunkten**
- **Defekt wird ausgewertet**



„Horseshoe“ vor Zyklenbelastung



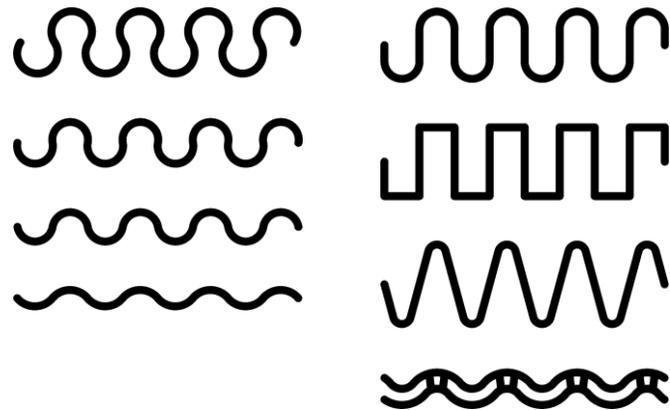
„Horseshoe“ nach Zyklenbelastung

# STRETCH.flex

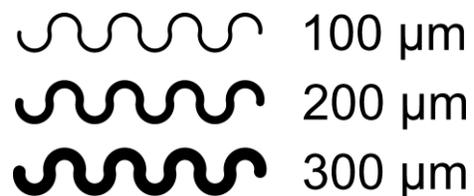
## Grundlagen des Designs – Dehnbarkeit der Kupferleiter



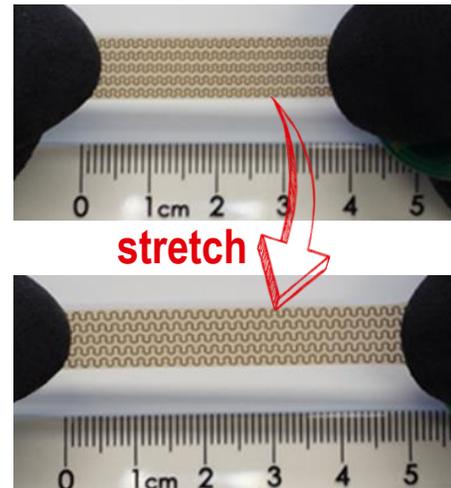
### ▪ Mäanderformen



### ▪ Leiterbahnbreite- und Dicke



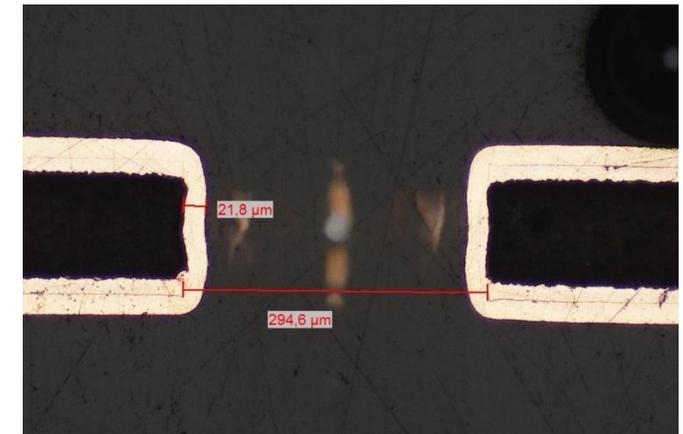
### ▪ Beispielhafte Dehnung



- Selbstverständlich sind auch eigene Mäanderdesigns möglich!

### ▪ Durchkontaktierung

Bohrdurchmesser  
 $\varnothing 0,25 - 0,70 \text{ mm}$



- Verschiedene Kupferend-schichtdicken sind möglich

# STRETCH.flex

## Grundlagen des Designs – Weitere Design Parameter



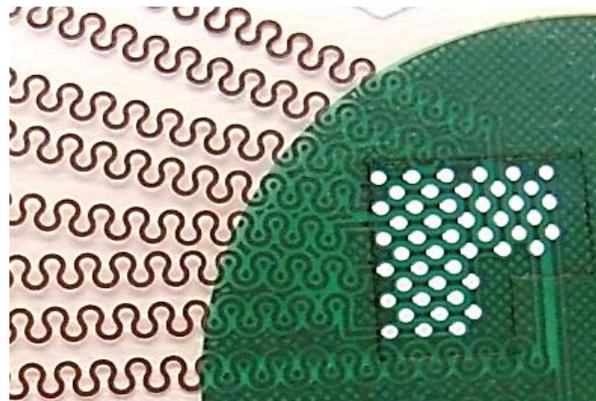
- Lokale Kupferverstärkung um die Bestückbereiche



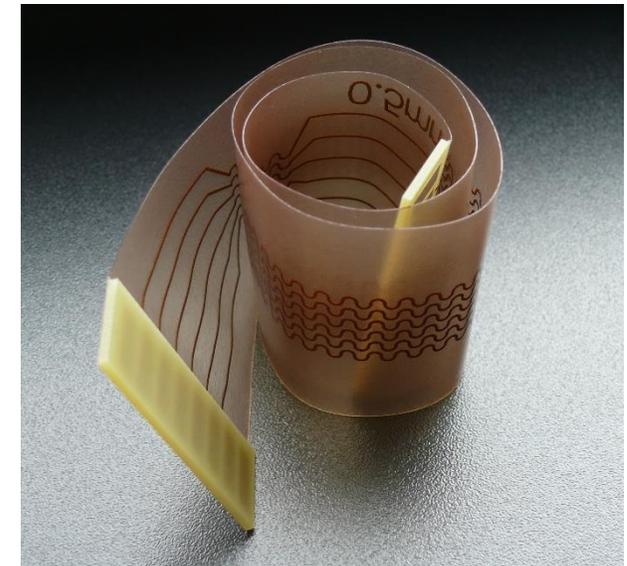
- Verstärkung um den Bestückbereich durch Reduktion der Mäanderamplitude



- Stabilisierung der Bestückbereiche durch Mesh-Strukturen
- Partiiell aufgebrachter Lötstopplack im Bestückbereich



- FR4 Verstärkung (am Beispiel eines 1S-0Ri)



# STRETCH.flex – EINFÜHRUNG

Kurzumfrage



# UMFRAGE

**Welche Mäanderleiterbahn  
wird zuerst reißen?**

# STRETCH.flex – EINFÜHRUNG

## Ausblick auf den 2. Teil



Die Auflösung der Umfrage erhalten Sie in Teil II des Webinars am 04.05.2021 😊  
Dann geht es weiter mit folgenden Themen:

- Detailliertere Einblicke in verschiedene Layoutformen und deren Zuverlässigkeit
- Umsetzung in EDA-Tools?
- Wie bestückt man STRETCH.flex Leiterplatten?
- Anwendungsbeispiele



# STRETCH.flex

## Zusammenfassung



### Materialeigenschaften

- Umfassende Prüfungen nötig
- Mehrfache Rotation ( $n \times 180^\circ$ ) ohne Einfluss auf die Stabilität und der elektrischen Eigenschaften
- Dynamische Dehnbarkeit von 5 – 20 %
- Hautfreundliches Material
- Erweichungsbereich: 155 – 185°C
- Vielfache Weiterverarbeitung (Bestückung im Reflow, Thermoformung, Laminieren...)

### Anwendungsbereiche

- Medizintechnik
- Sensorik
- Smart Textiles
- (Soft-) Robotik
- IoT (Internet of Things)
- Wearable Technology



**Handmuster auf  
Anfrage erhältlich**

**VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!**



**Welche  
Applikation  
haben Sie?**



[www.we-online.de/stretch](http://www.we-online.de/stretch)

**Wie kann *WE*  
Sie unterstützen?**

**Kontakt:**  
Würth Elektronik GmbH & Co. KG  
Advanced Solutions Center  
+49 7940 946-1234  
[stretch@we-online.de](mailto:stretch@we-online.de)