



# Drahtloses UHF-Label mit Inkjet-gedrucktem Feuchtesensor

E. Starke<sup>a</sup>, A. Türke<sup>a</sup>, H.-J. Holland<sup>b</sup>, W.-J. Fischer<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Technische Universität Dresden, Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik

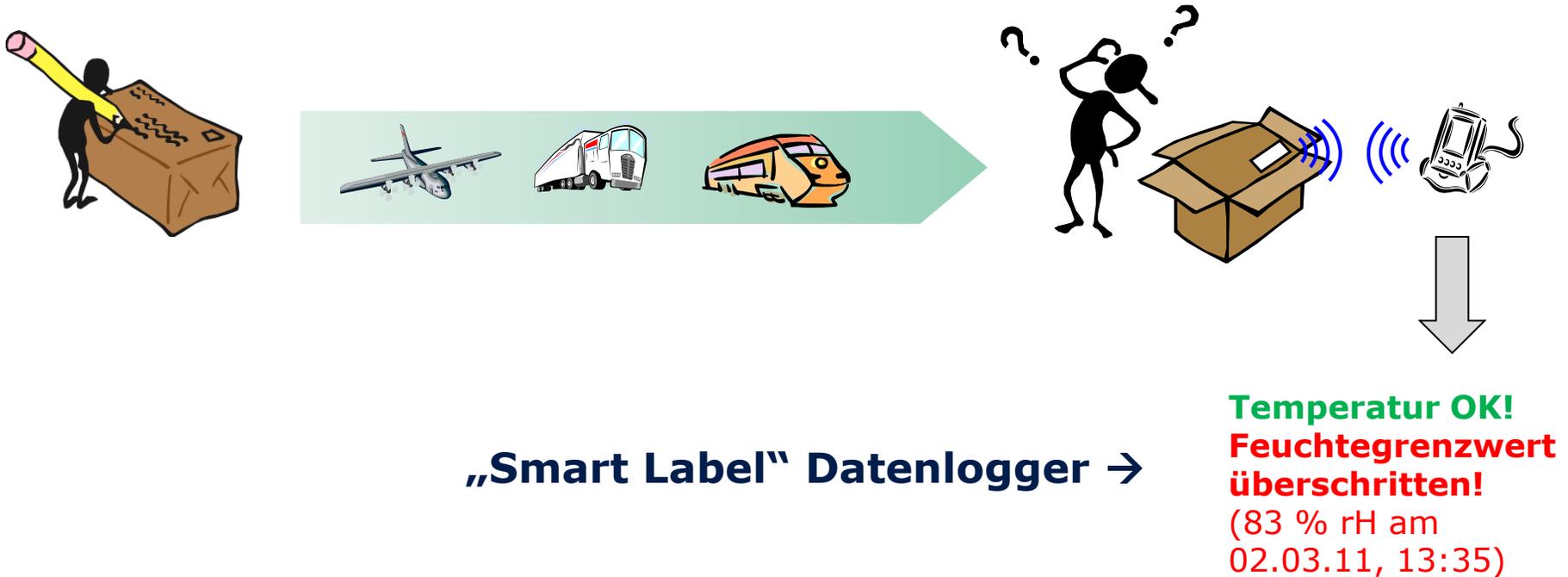
<sup>b</sup> Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme Dresden

# Gliederung

- 1. Motivation**
- 2. Semi-passives UHF-Label**
  - Konzept & Aufbau
- 3. Inkjet gedruckter Feuchtesensor**
  - Konzept
  - Elektrodenherstellung
  - Herstellung der sensitiven Schicht
- 4. Ergebnisse**
- 5. Zusammenfassung**

# Motivation:Transportlogistik

## Überwachung von Temperatur und Feuchte sensibler Güter während des Transports (Medizinprodukte, Nahrungsmittel etc.)



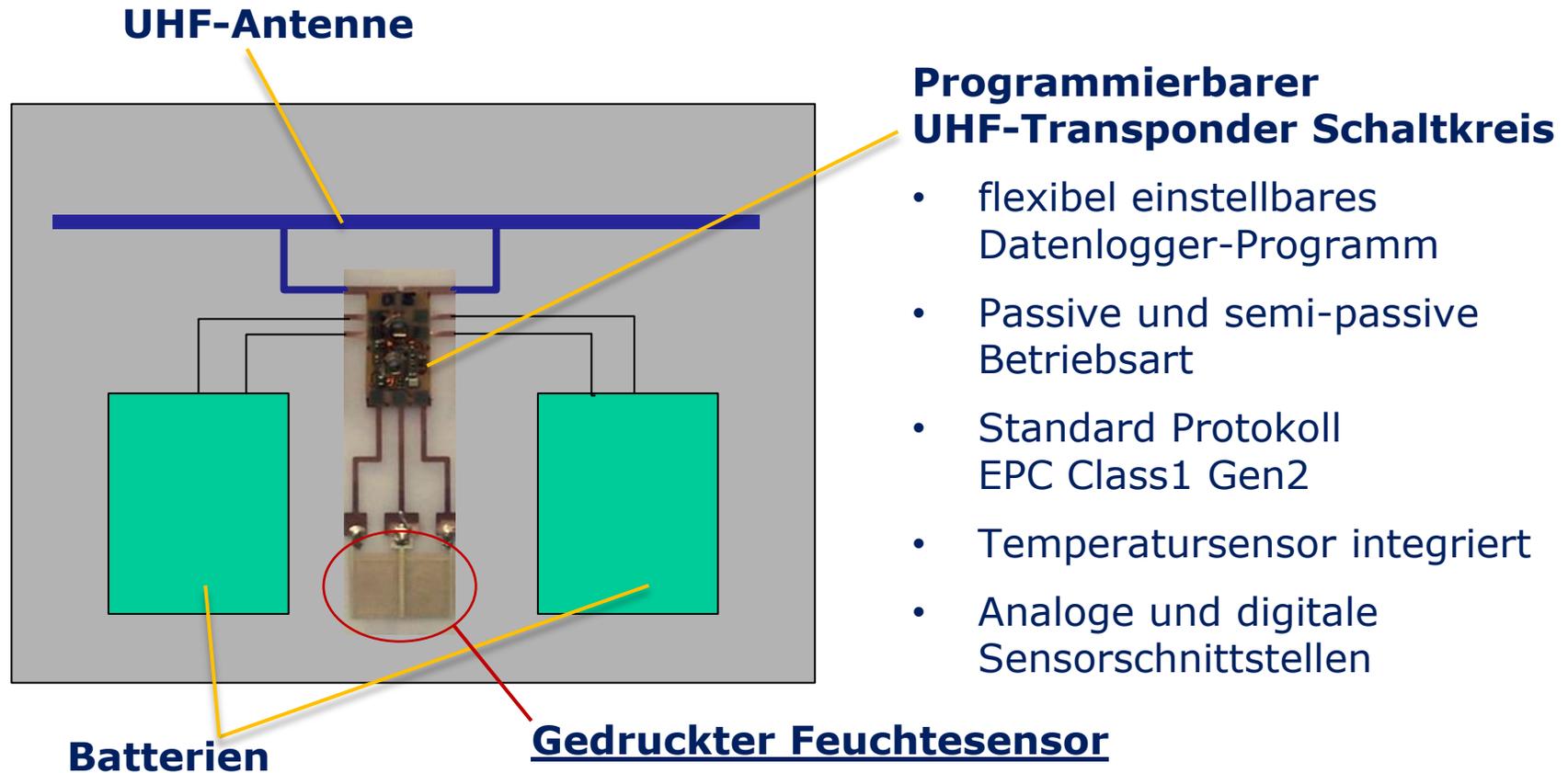
# Anforderungen

## Smart Label mit Temperatur- und Feuchteüberwachung

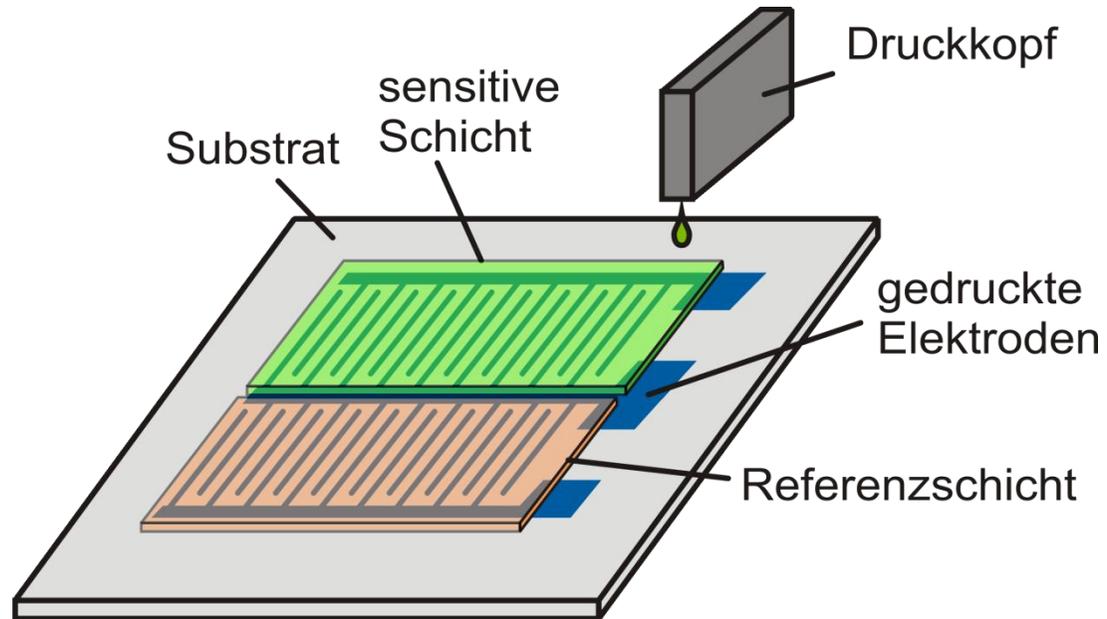
- Messung von Temperatur und Feuchte in Intervallen (feste Intervalle z. B. 15 min oder dynamische Anpassung)
- Speicherung der Grenzwertüberschreitungen  
→ Wert & Zeit
- Semi-passiver Aufbau (6 Monate Lager- und 12 Monate Einsatzzeit)
- Potentieller Verkaufspreis von wenigen €  
**→ Low-Cost Feuchtesensor erforderlich**



Anwendungsszenario:  
Paketaufkleber



# Inkjet gedruckter Feuchtesensor



# Inkjet-Druck



Dimatix DMP-2831  
(Foto: FUJIFILM)

## Vorteile

- Zuverlässig und robust (Farbdruck)
- Keine Masken erforderlich
  - Einsparung der Kosten für Maskenerstellung
  - Kein Produktionsstillstand durch Maskenwechsel
- Additiv
  - Einsparung von Material
  - Keine zusätzlichen Prozessschritte zur Entfernung überflüssigen Materials
  - Druck mehrerer unterschiedlicher Materialien übereinander
- Kontaktlos
  - Druck auch auf sensible Trägermaterialien
  - Druck auf dreidimensionale Untergründe (z. B. bestückte Träger)

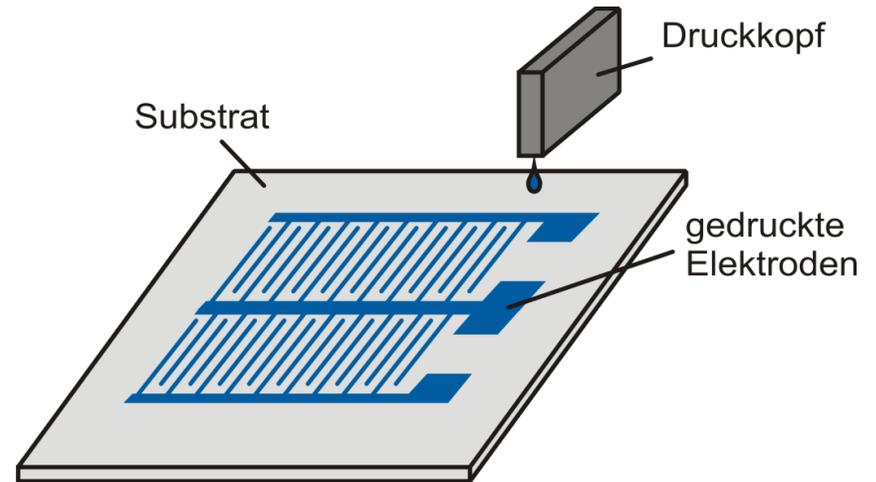


XAAR 1001  
(Foto: Xaar plc)

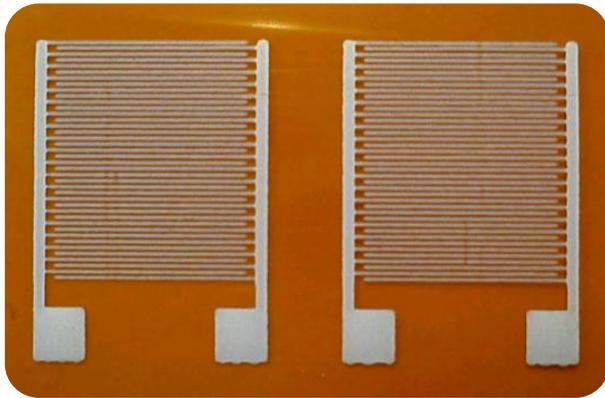
→ **Durchsätze bis zu 1000 m<sup>2</sup>/h durch Systeme mit 8 Druckköpfen mit je bis zu 1000 Düsen!**

# Elektrodendruck

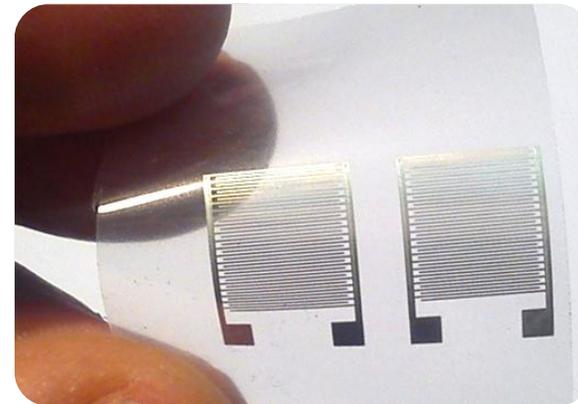
- Inkjet-Druck der leitfähigen Fingerelektroden mit Silberneodekanoatlösung
- Tempern: 200°C, 30 min
- Dicke ca. 200 nm



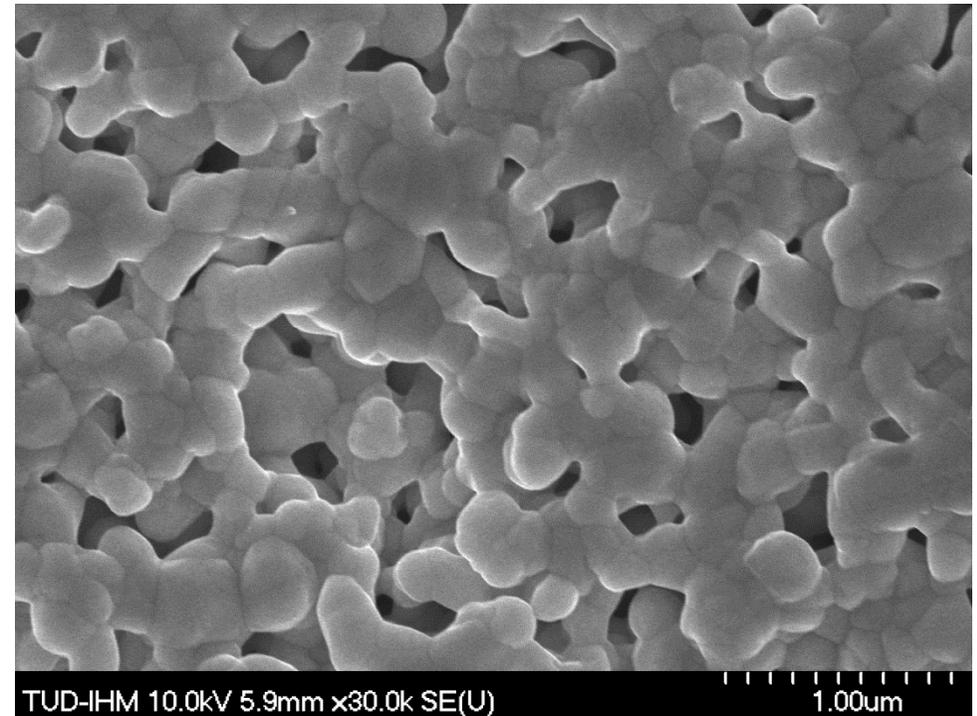
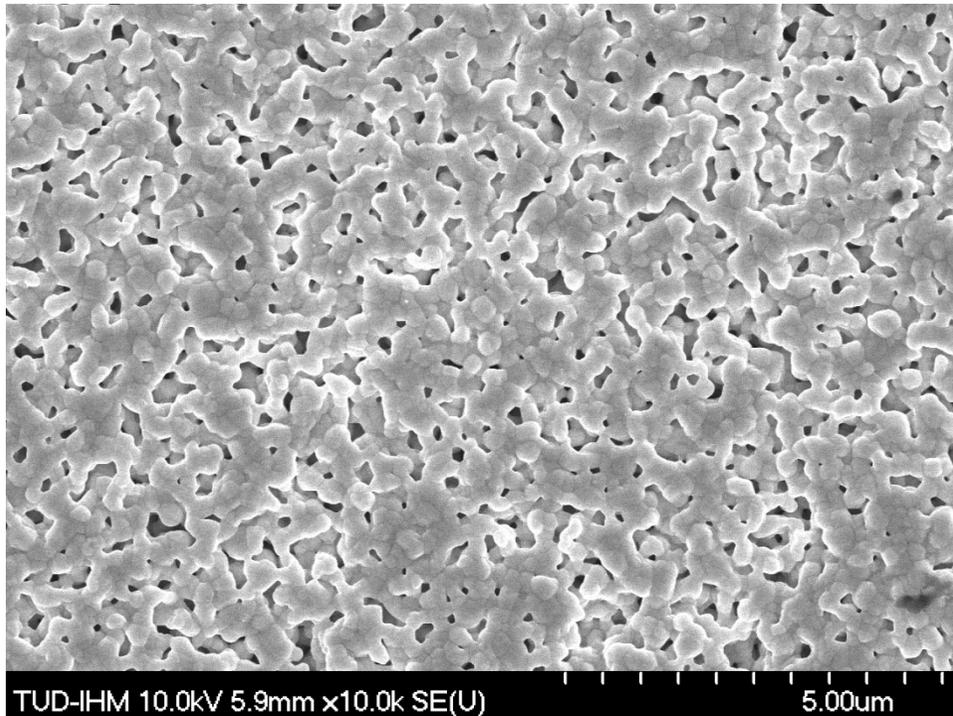
PI Substrat



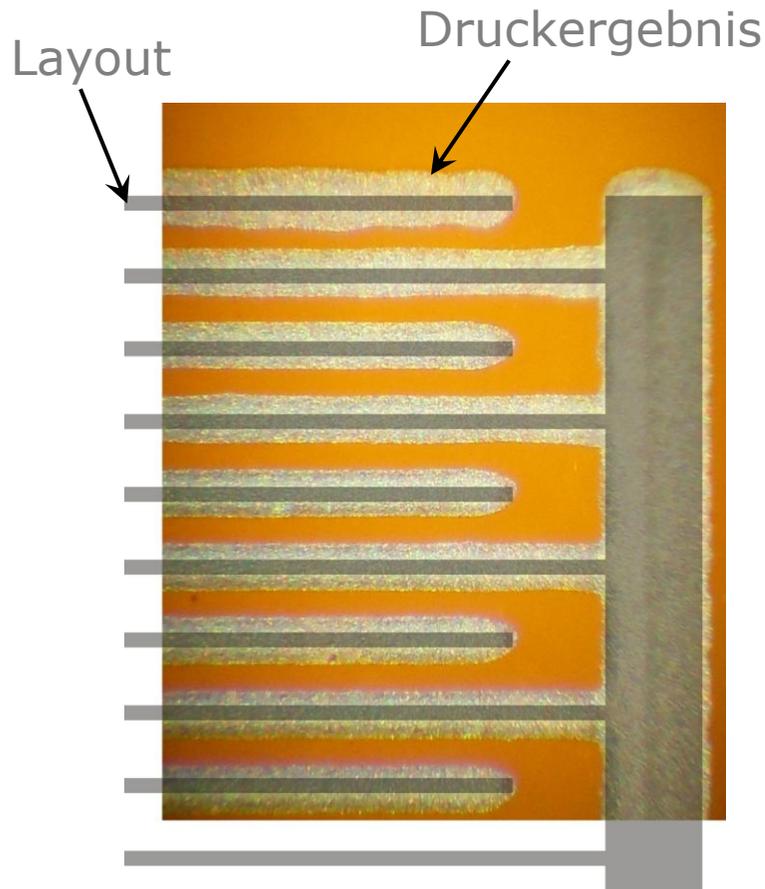
PET Substrat



# AgNeo-Elektroden



# Optimierung des Elektrodendrucks



## Problem

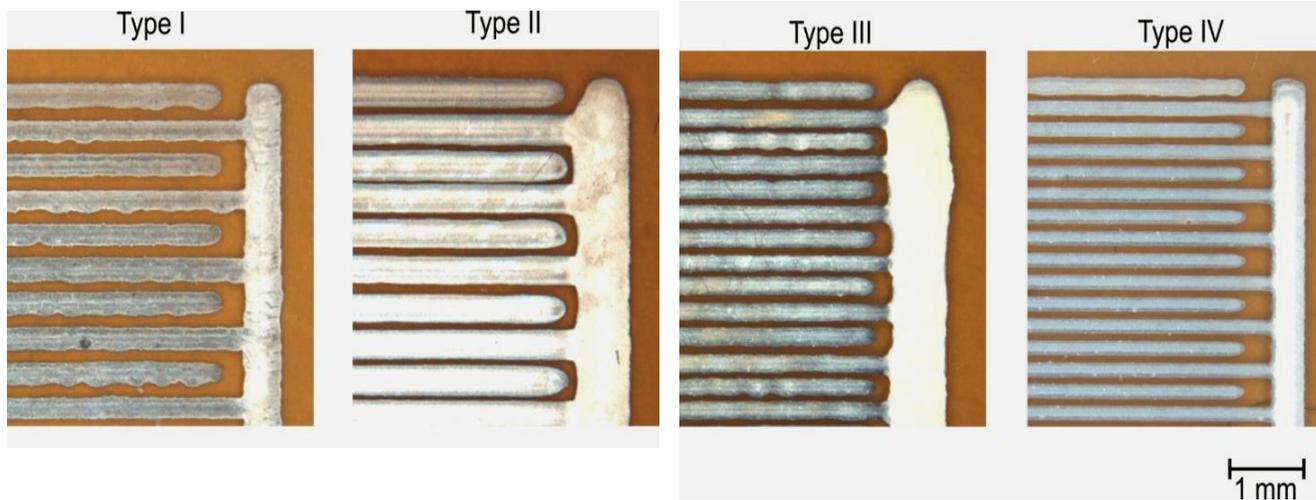
Satellitentropfen und Verlaufen der Tinte führen zu breiten Leiterbahnen mit unscharfen Rändern

## Ziele

- Hohe Kapazität (pro Sensorfläche)
  - Kleine Abstände
  - Viele Fingerpaare → schmale Leitbahnen
- Hohe Ausbeute
  - Keine Kurzschlüsse
  - Keine Unterbrechungen

# Optimierung des Elektrodendrucks

Layout	Druckparameter		Layout		Ergebnisse (Mittelwerte)			
	Druckkopf	Tropfenabstand	Linienbreite	Linienabstand	Linienbreite	Linienabstand	C (10% rH)	Sensorfläche
Typ I	1 pl	10 $\mu\text{m}$	100 $\mu\text{m}$	280 $\mu\text{m}$	220 $\mu\text{m}$	140 $\mu\text{m}$	4,1 pF	2,76 $\text{cm}^2$
Typ II	10 pl	10 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$	350 $\mu\text{m}$	255 $\mu\text{m}$	115 $\mu\text{m}$	4,7 pF	1,88 $\text{cm}^2$
Typ III	10 pl	10 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$	250 $\mu\text{m}$	155 $\mu\text{m}$	115 $\mu\text{m}$	6 pF	2 $\text{cm}^2$
Typ IV	10 pl	20 $\mu\text{m}$	40 $\mu\text{m}$	200 $\mu\text{m}$	150 $\mu\text{m}$	90 $\mu\text{m}$	6,5 pF	1,8 $\text{cm}^2$

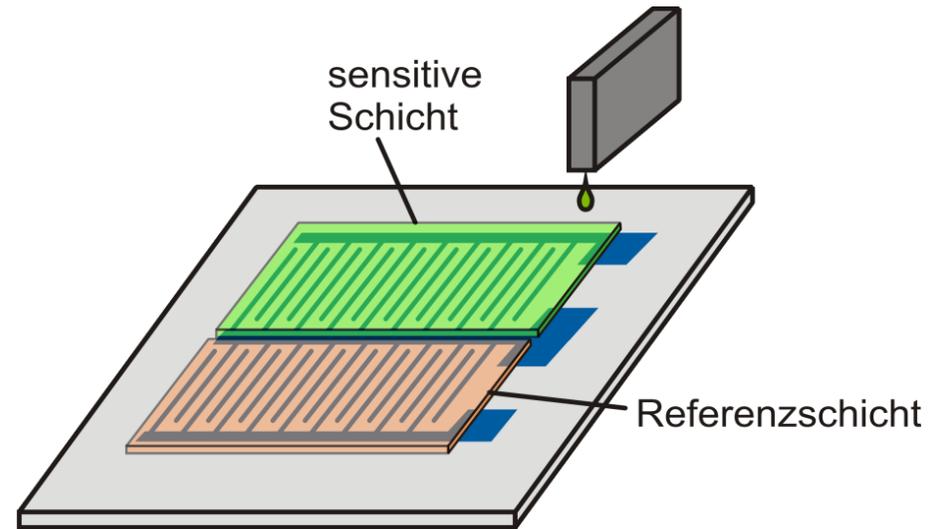


- Verringerung der Sensorfläche auf 1,8  $\text{cm}^2$
- Erhöhung der Grundkapazität auf > 6pF
- Widerstand ca. 80  $\Omega/\text{cm}$
- Ausbeute im Labor > 90%

# Sensitive Schicht

## Inkjet Druck funktionalisierter Polymerfilme

- Druck erfolgt aus Dispersion mit Polymerpartikeln
- Durch Verdunstung des Lösungsmittels verfilmen die Polymerpartikel zur sensitiven Schicht
- Feuchtesensitivität wird durch Konzentration der funktionellen Gruppen eingestellt
- Variation der Schichtdicke durch:
  - *Feststoffgehalt*
  - *mehrmaliges Überdrucken*
  - *Variation der Druckparameter (Tropfenvolumen, Tropfenabstand)*

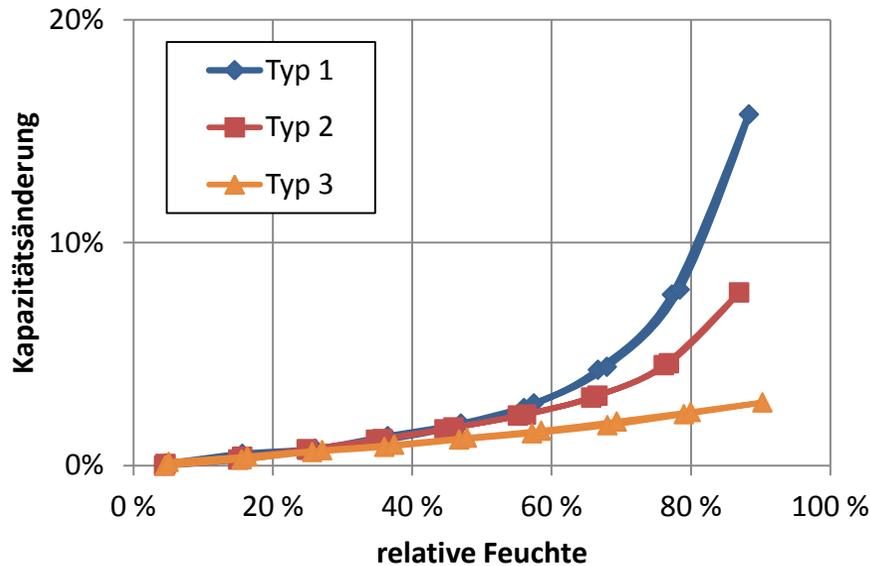


# Ergebnisse

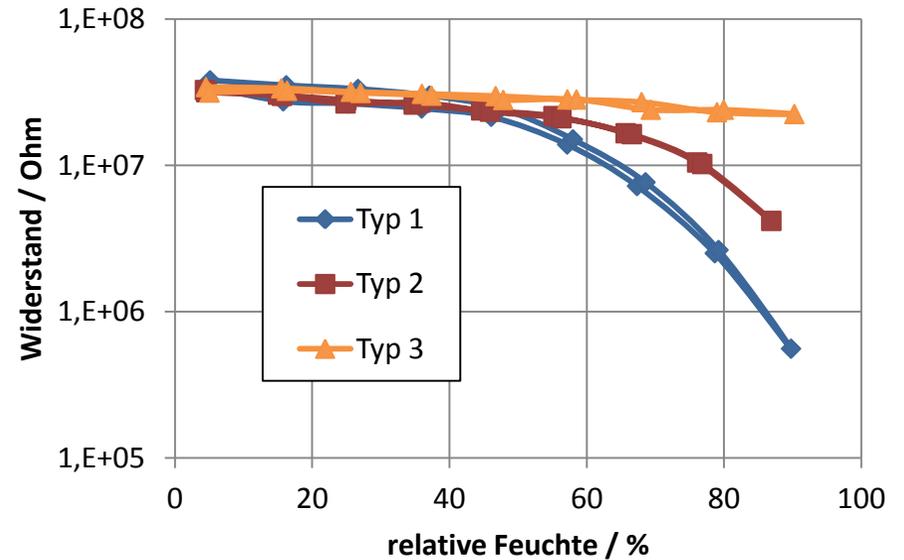
## Einfluss der Funktionalisierung (sensitive Schicht)

Anteil funktioneller Gruppen von Typ 3 nach Typ 1 erhöht

### Kapazität

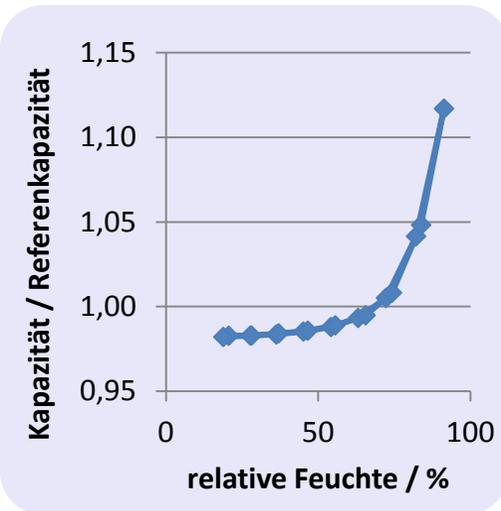


### Widerstand

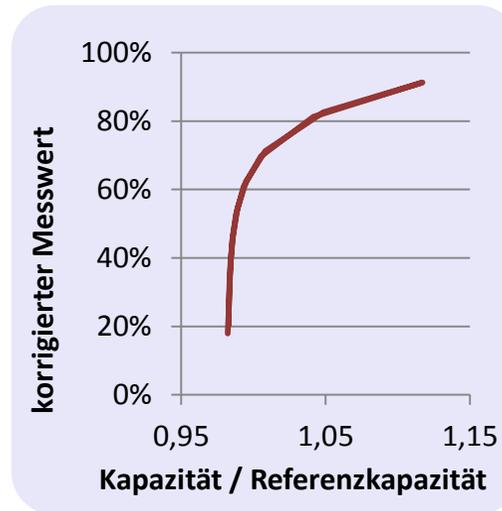


# Messwertkorrektur

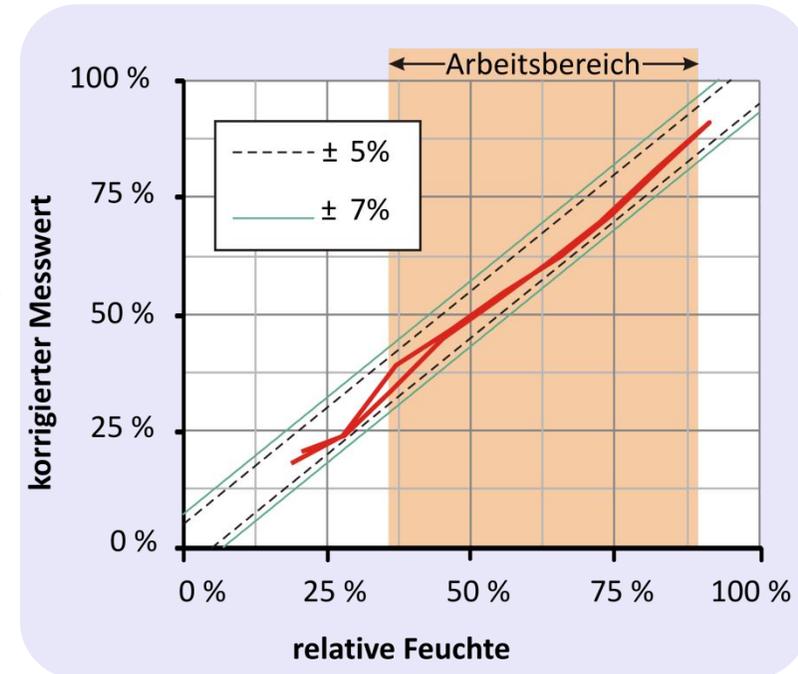
## Messwert



## Korrekturfunktion (3-Punkt Kalibrierung)



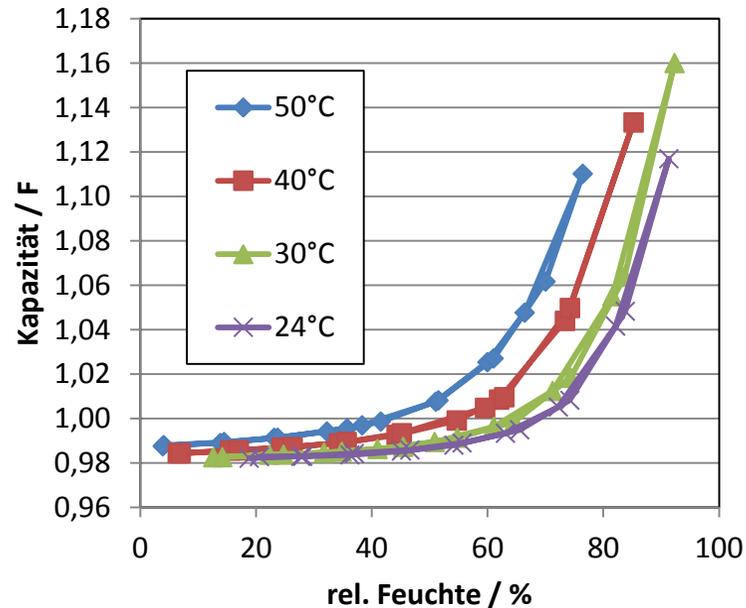
## korrigierter Messwert



- Individuelle Korrekturfaktoren im geschützten Bereich des Transponders gespeichert
- Messwertkorrektur in Lesestation
- Abweichungen  $< \pm 5\%$

# Ergebnisse II

## Temperatureinfluss



→ Speicherung temperaturabhängiger Korrekturfaktoren für 3 Temperaturen

# Zusammenfassung

- Semi-passives UHF-Label zur Temperatur- und Feuchteüberwachung  
→ **Evaluierung der Systemeigenschaften findet derzeit statt**
- Vollständig Inkjet gedruckter Feuchtesensor
  - Dünn und flexibel
  - Materialkosten < 1 Cent
  - Geschätzte Produktionskosten je nach Skalierung 5 bis 50 Cent
- Sensoreigenschaften für Low-Cost-Sensor akzeptabel
- Vorteile des Inkjet-Drucks
  - Maskenloses, additives und kontaktloses Verfahren
  - Low-Cost Sensoren
  - Druck verschiedener funktionalisierter Schichten (z. B. auch Antenne)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

