

Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

---

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht E-PrintTex



Dipl.-Ing. Chem. (FH) Johanna Spranger - STFI e.V.

Dr.-Ing. Uta Fügmann – TUC Institut für Print- und Medientechnik  
Manpreet Singh Bhuie M.Sc. – TUC Institut für Print- und Medientechnik



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

## Aufgabenstellung

- Stufe I:** Herstellung einer geeigneten Vliesstoffunterlage (Substrat)
- Stufe II:** Aufbringen der Feinstfaserschichten in Form einer feinporigen, glatten Fläche auf das Substrat; Erzeugung eines 2-3 lagigen Verbundvliesstoffes
- Stufe III:** Anpassung und Optimierung des Druckverfahrens, Aufdrucken elektronischer Funktionsschichten auf die nanoskalierte Schicht



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

## Projektziele

- Entwicklung neuartiger Drucksubstrate für elektronische Funktionsschichten für folgende potenzielle Anwendungen
  - ❖ Sensoren
  - ❖ Tapeten
  - ❖ Batterien
  - ❖ Photovoltaik
  - ❖ Smart Textilien und anderer Alltagsanwendungen
  
- Mittels angepasster Massendruckverfahren sollen multifunktionelle Eigenschaften prozessiert werden



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

- Faservliesstoffe
- Spinnvliesstoffe
- Wasserstrahlverfestigte Vliesstoffe
- Meltblown-Vliesstoffe
- Elektrospinning



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



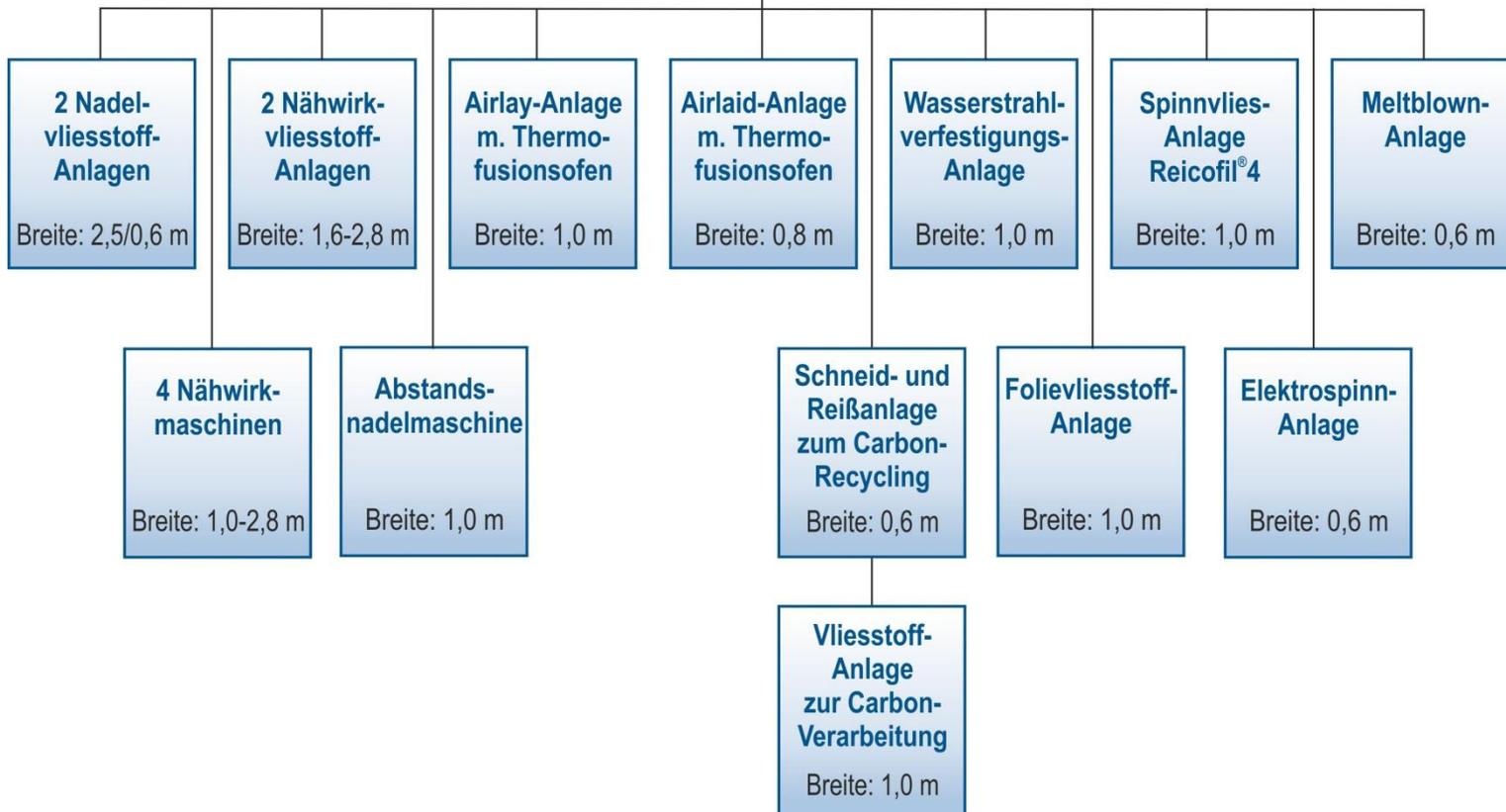
# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



## Verfügbare Anlagentechnik



# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

## Anforderungen an bedruckbare Vliesstoffe

### ➤ Aufbau

- 2 – 3 lagiger Vliesstoffverbund
- Faserrohstoffe: PA, PET, PAA
- Granulatrohstoffe: PP, PE, PET, PA
- Elektrospleinrohstoffe: PA, PU, PVDF

### ➤ Kraft-Dehnungsverhalten

- isotrop
- Höchstzugkraft: 200 - 1000 N/ 5cm
- Höchstzugkraft-Dehnung: < 25 %



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

## Anforderungen an bedruckbare Vliesstoffe

- **Abriebfestigkeit**
  - geringer Abrieb
  - problemlose Bedruckbarkeit → kein „Rupfen“
- **Schichtverbindung**
  - keine Delamination von Schichten bei der Verarbeitung in der Druckmaschine
  - keine Strukturveränderungen unter Temperatur-,  
Feuchtigkeits- und Chemikalieneinfluss
- **Luftdurchlässigkeit**
  - Optimum zwischen Luftdurchlässigkeit/Porengröße  
und Ein- bzw. Durchdringen der Druckstoffe



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

## Anforderungen an bedruckbare Vliesstoffe

- ✓ Druckstoff sollte niedrige Oberflächenspannung und geringe Partikelgröße besitzen
- ✓ Substrat sollte möglichst hohe Oberflächenspannung und geringe Rauigkeit, geringe Porosität besitzen
- ✓ Keine Delamination des Substratverbundes
- ✓ Basislayer sollte eine homogene Oberfläche besitzen



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

## Vorgehensweise

### 6 Versuchsreihen in 2 Jahren

- V1 – V3 Testsubstrate: - Cellulose Nassvliesstoff  
- kalandrierte Spinnvliesstoffe

→ Überblick der Versuche, Fehlerbilder, Überblick der Ergebnisse

- V4 – V6 Testsubstrate: - kalandrierte SM Vliesstoffe  
- kalandrierte Nanofaservliesstoffe

→ Überblick der Versuche, ausführliche Ergebnisdarstellung



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



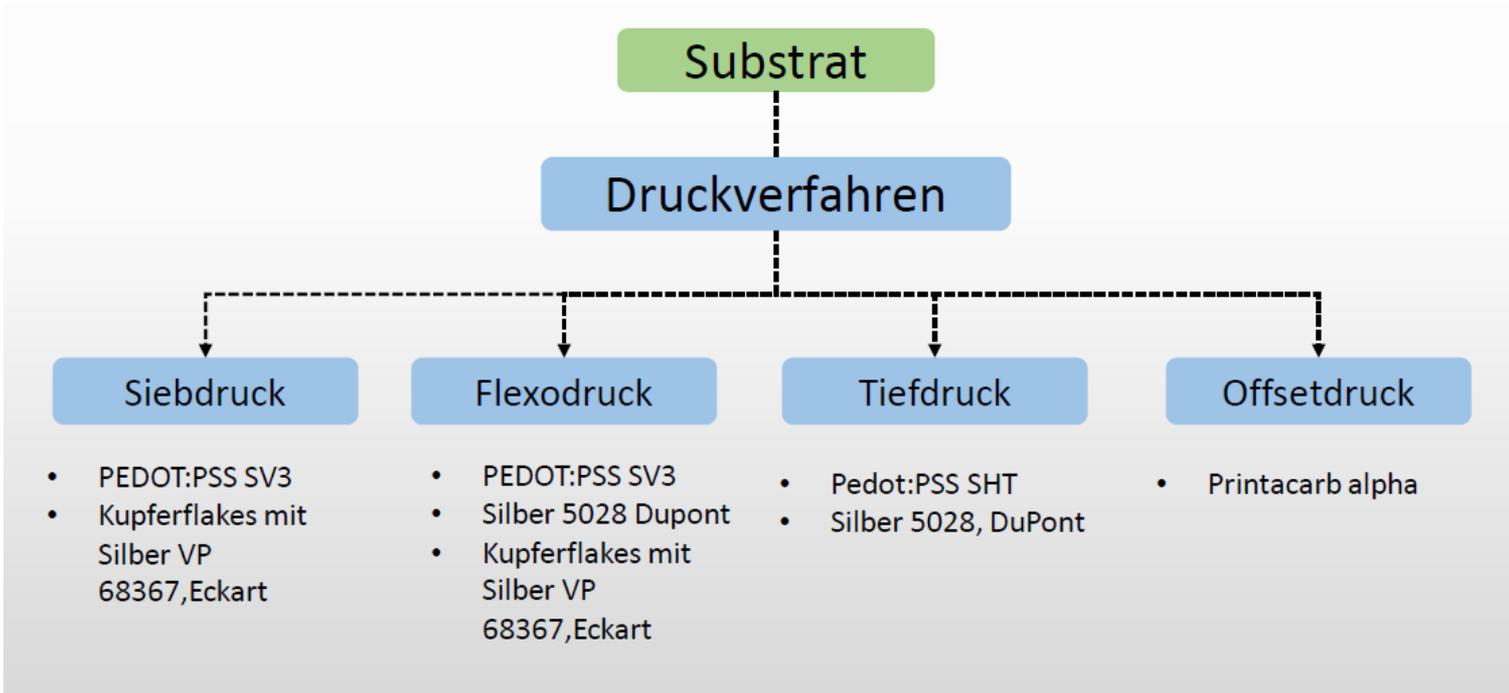
# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



## Versuchsreihe V1 – V3



# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

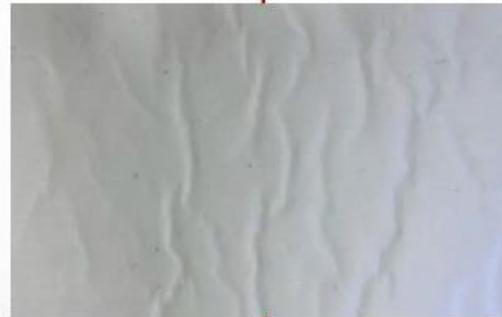
## Fehlerbilder

Delaminieren



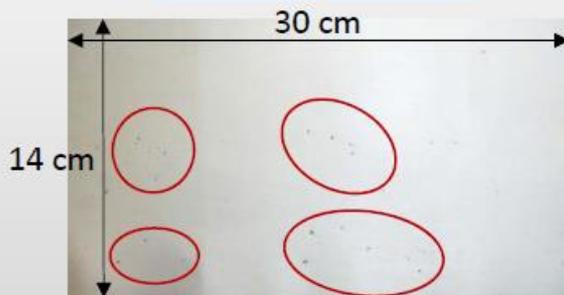
Durch Bahnspannung, Pressung im Nip

Faltenbildung



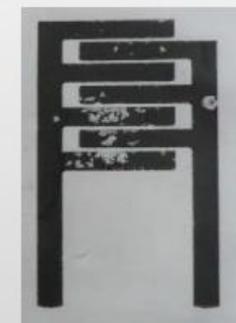
Durch Bewegung

Fehlstellen

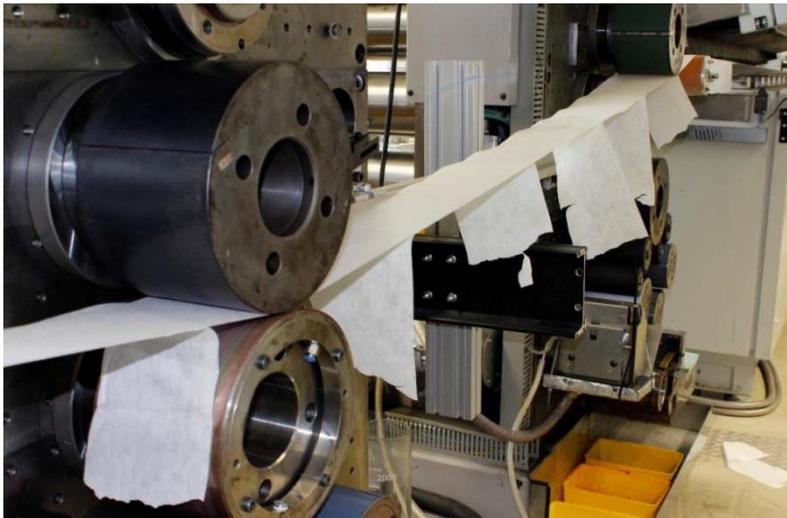
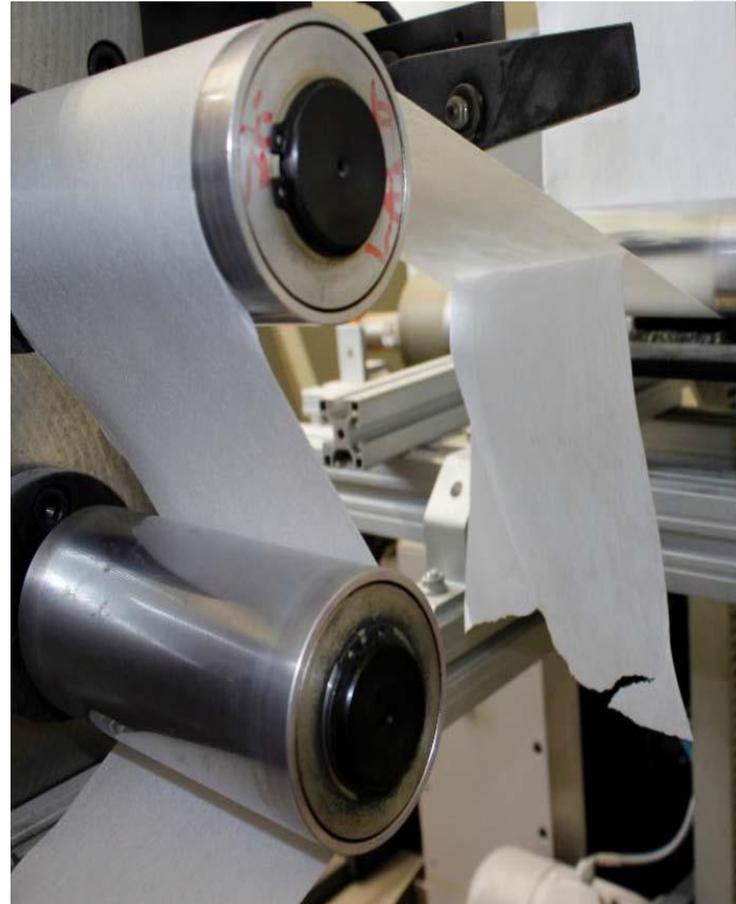


Durch Herstellung

Druckbildfehler



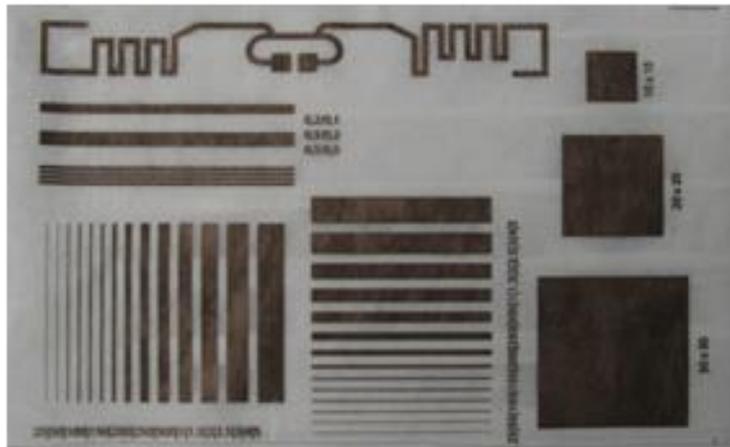
# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



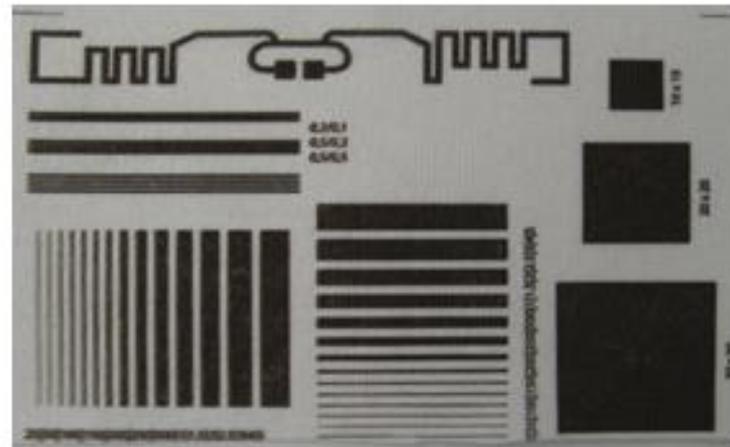
SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



## Positive Resultate



**Abb 12** Kupferbeschichtete Silberflakes in wässr. Dispersion im Flexodruckverfahren auf einer PE/PP-Probe



**Abb 13** Kupferbeschichtete Silberflakes in wässr. Dispersion im Flexodruckverfahren auf einer PA-Probe

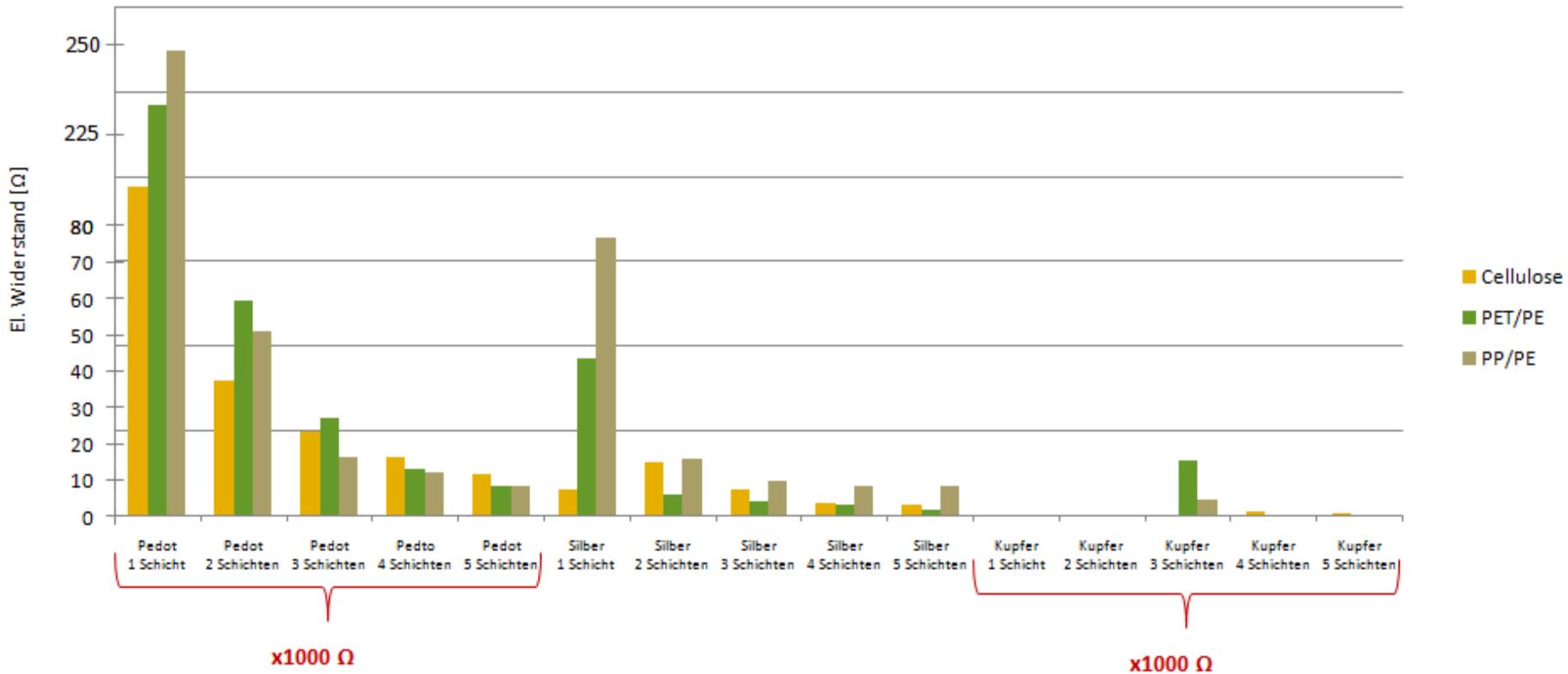
- Testdruckbilder:**
- saubere Druckkanten, auch bei feinen Linien
  - kein Durchschlagen der Druckfarbe
  - gute Leitfähigkeit

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



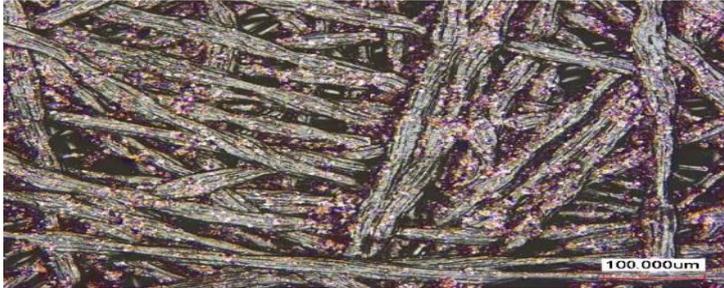
Druckbild im Flexodruck am Beispiel PET/PE Kupfer

## Flexodruck



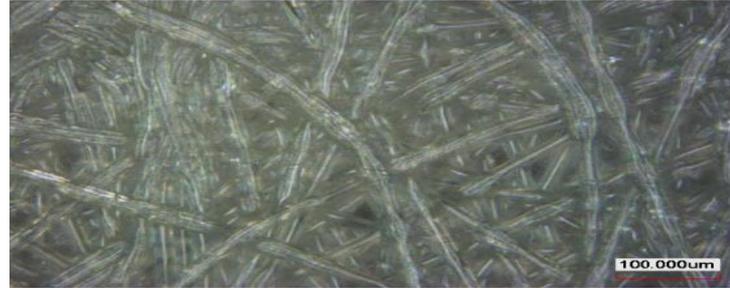
# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

## Cu Flexodruck



- Kupfer erst ab 2 bzw. 3 Schichten leitend
- Materialanhäufung an Stellen höherer Dicke, wie z.B. an Knotenpunkten der Fasern
- Kein Druckstoff an Stellen geringer Faserdichte
- Homogene geschlossene Schicht nicht erreichbar
- Geringe Kantenschärfe

## Flexodruck PEDOT:PSS



- Materialanhäufung an Stellen höherer Dicke, wie z.B. an Knotenpunkten der Fasern
- Polymer besser verdruckbar, da bessere Homogenität
- Geschlossene Schicht

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



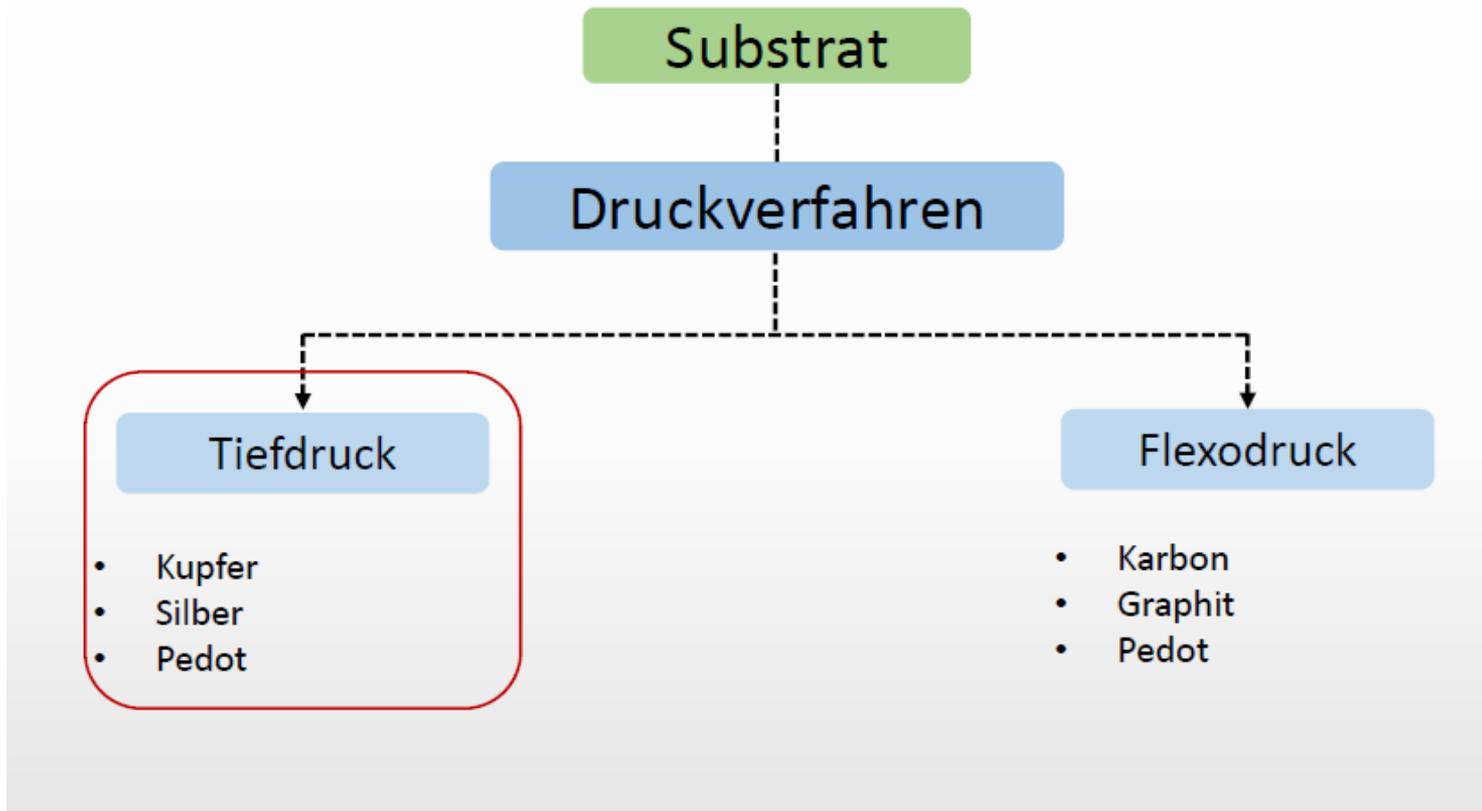
Material	Schichtwiderstand											
	Offsetdruck			Flexodruck			Tiefdruck			Siebdruck		
	Cellulose	PP/PE	PET/PE	Cellulose	PP/PE	PET/PE	Cellulose	PP/PE	PET/PE	Cellulose	PP/PE	PET/PE
PEDOT:PSS SV3	-	-	-	40 K $\Omega$	-	110 K $\Omega$	580 K $\Omega$	3,1 K $\Omega$	180 K $\Omega$	2,3 K $\Omega$ 2Schichten	2,0 K $\Omega$ 2Schichten	1,9 K $\Omega$ 2Schichten
Silber	-	-	-	2,4 $\Omega$	-	-	-	-	7,2 $\Omega$	2,2 $\Omega$	2,5 $\Omega$	2,1 $\Omega$
Kupfer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,8 $\Omega$	3,5 $\Omega$	4,3 $\Omega$
Printacarb	600 K $\Omega$ 2Schichten	400 K $\Omega$ 1 Schicht	390 K $\Omega$ 2Schichten	-	-	-	-	-	-	-	-	-

V2

Material	Schichtwiderstand							
	Offsetdruck		Flexodruck		Tiefdruck		Siebdruck	
	A: PET/PA	B: PP/PP	A: PET/PA	B: PP/PP	A: PET/PA	B: PP/PP	A: PET/PA	B: PP/PP
PEDOT:PSS SV3	-	-	26 K $\Omega$	393 K $\Omega$	272 K $\Omega$	147 K $\Omega$	1,6 K $\Omega$	1,4 K $\Omega$
Silber	-	-	-	-	> 200 M $\Omega$	> 200 M $\Omega$	3,6 $\Omega$	0,3 $\Omega$
Kupfer	-	-	> 200 M $\Omega$	-	> 200 M $\Omega$	> 200 M $\Omega$	5,8 $\Omega$	3,5 $\Omega$
Printacarb	2,7 M $\Omega$	480 K $\Omega$	-	-	-	-	-	-

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

## Versuchsreihe V4 – V6



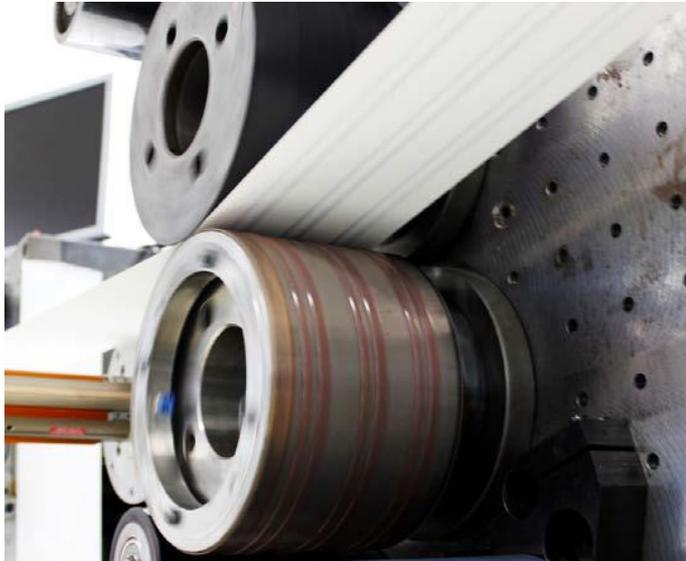
# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



## Flexodruck



- weiche Druckform
- Kissroll Verfahren
- Hochdruckverfahren  
Kaum Druck im  
Druckspalt

## Tiefdruck

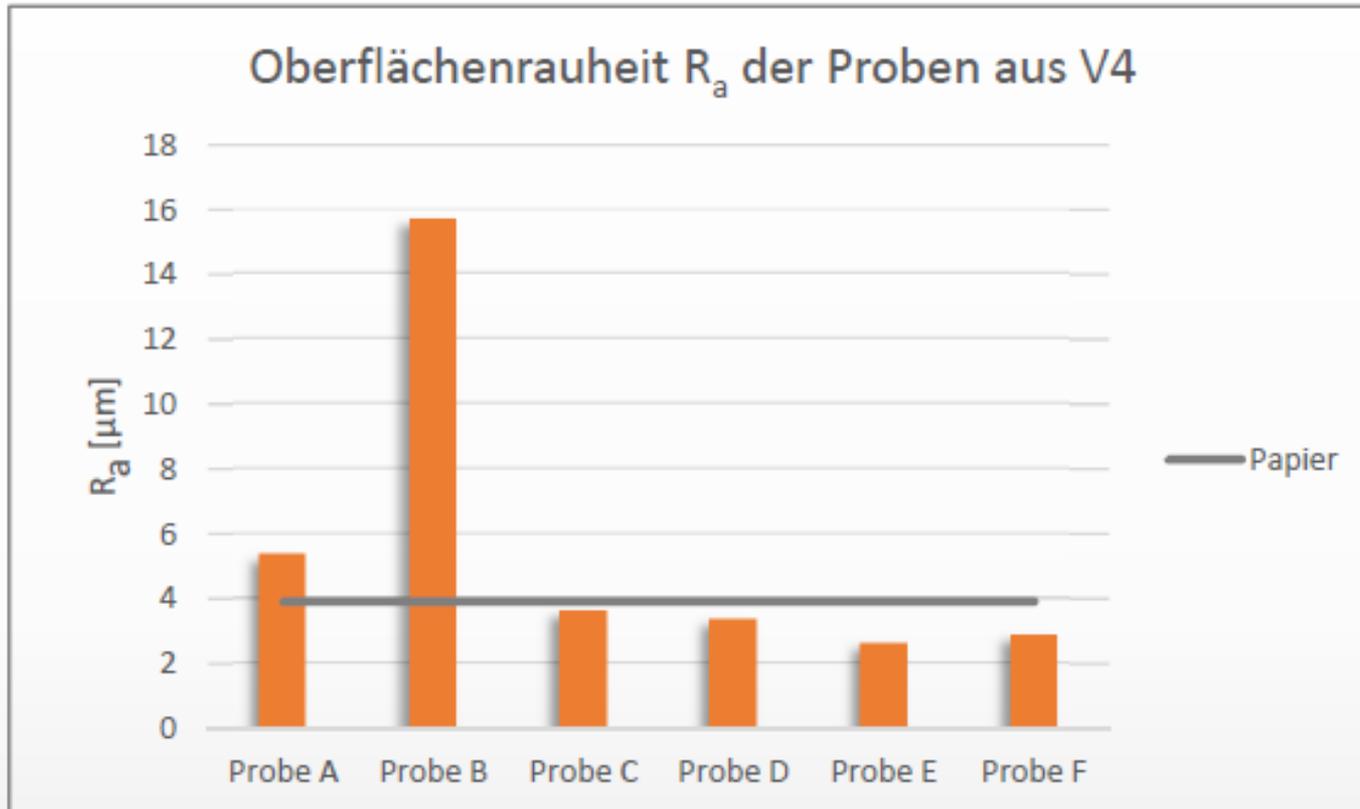


- harte Druckform
- Vertiefte Druckform
- Druck im Druckspalt  
im MPa Bereich

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



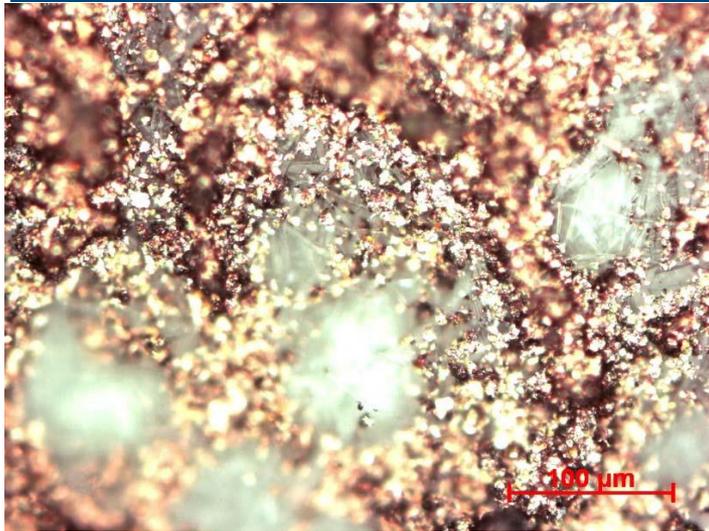
SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



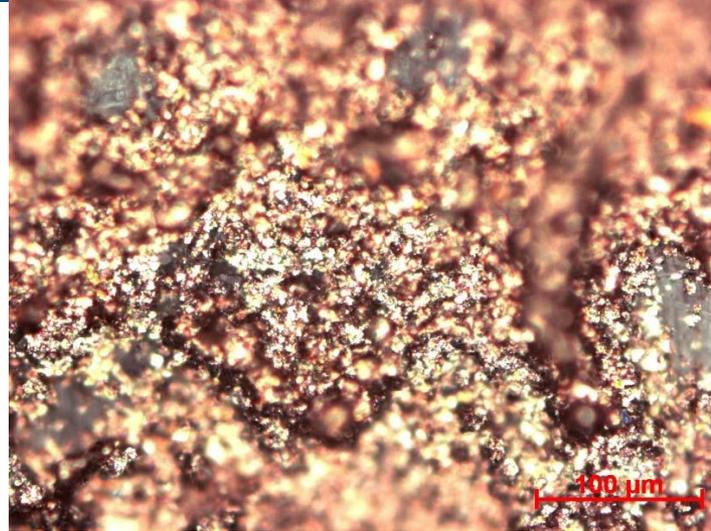
# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Prozess	Tiefdruck
Material	Probe A (Meltblown)
Farbe	Kupfer
Anzahl Schichten	1



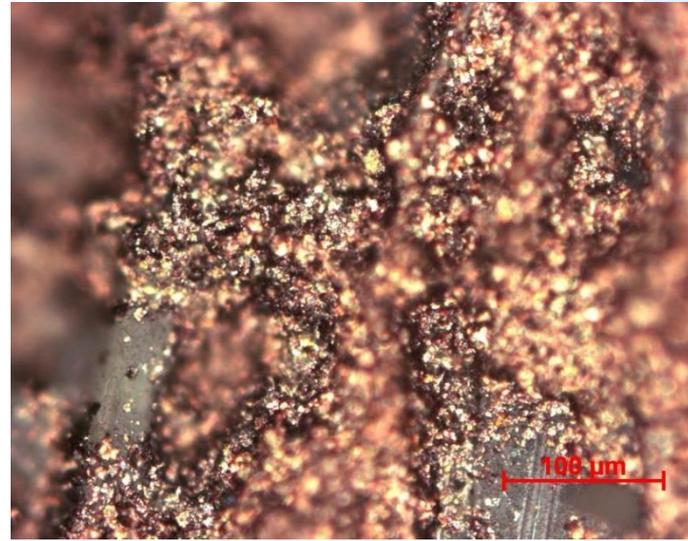
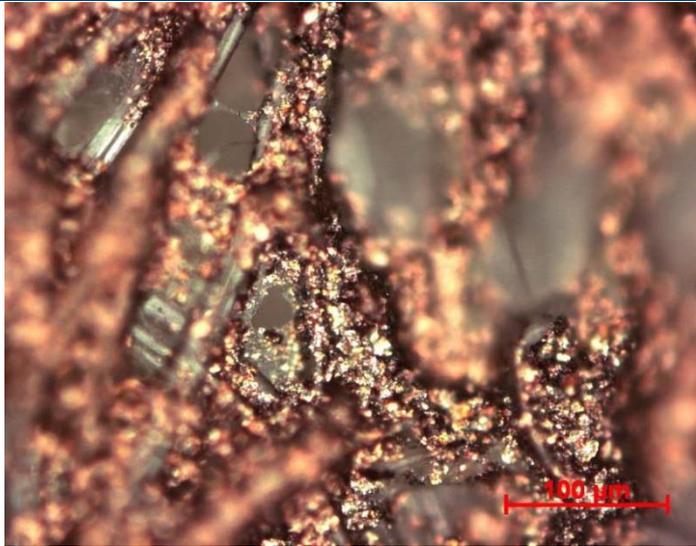
Prozess	Tiefdruck
Material	Probe A (Meltblown)
Farbe	Kupfer
Anzahl Schichten	2

- Nicht geschlossene Schicht nach erstem Farbauftrag
- Deutlich homogenere Schicht nach zweitem Farbauftrag, aber noch nicht komplett geschlossen

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.

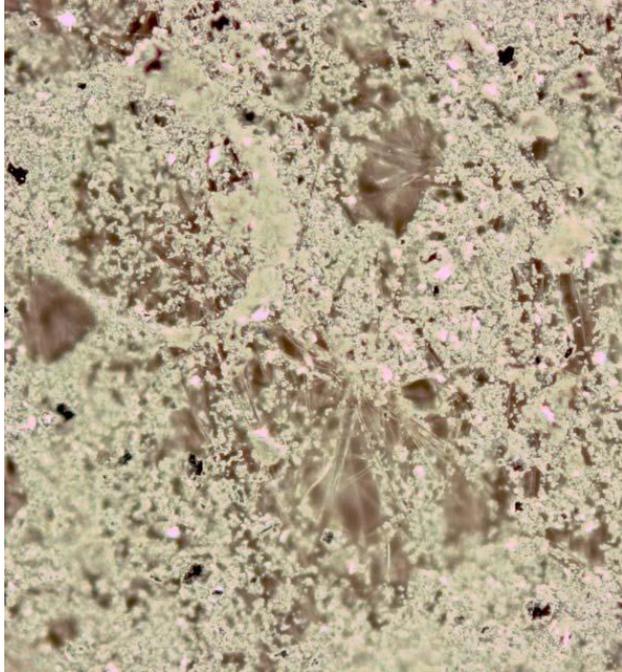


Prozess	Tiefdruck
Material	Probe E (Nanoschicht)
Farbe	Kupfer
Anzahl Schichten	1

Prozess	Tiefdruck
Material	Probe E (Nanoschicht)
Farbe	Kupfer
Anzahl Schichten	2

- Nicht geschlossene Schicht nach erstem Farbauftrag
- Deutlich homogenere Schicht nach zweitem Farbauftrag, aber noch nicht komplett geschlossen

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



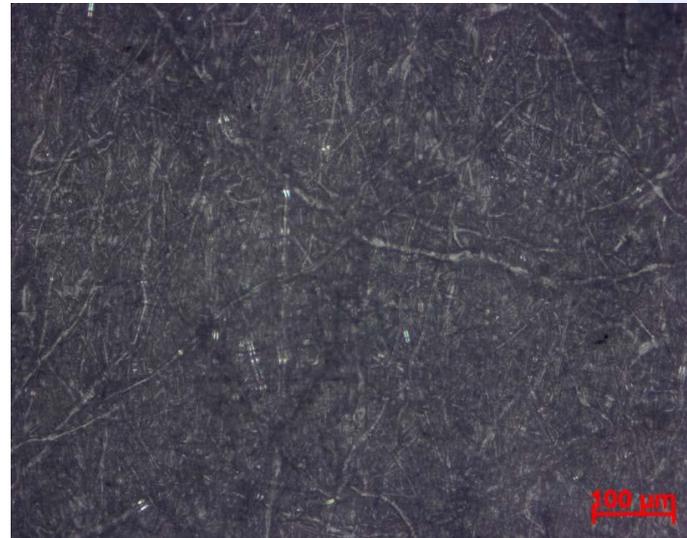
Prozess	Tiefdruck
Material	Probe A (Meltblown)
Farbe	Silber
Anzahl Schichten	1
Material	Probe C (Nanoschicht)
Farbe	Silber
Anzahl Schichten	1

- Silber bereits mit einer Schicht gut leitend

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.

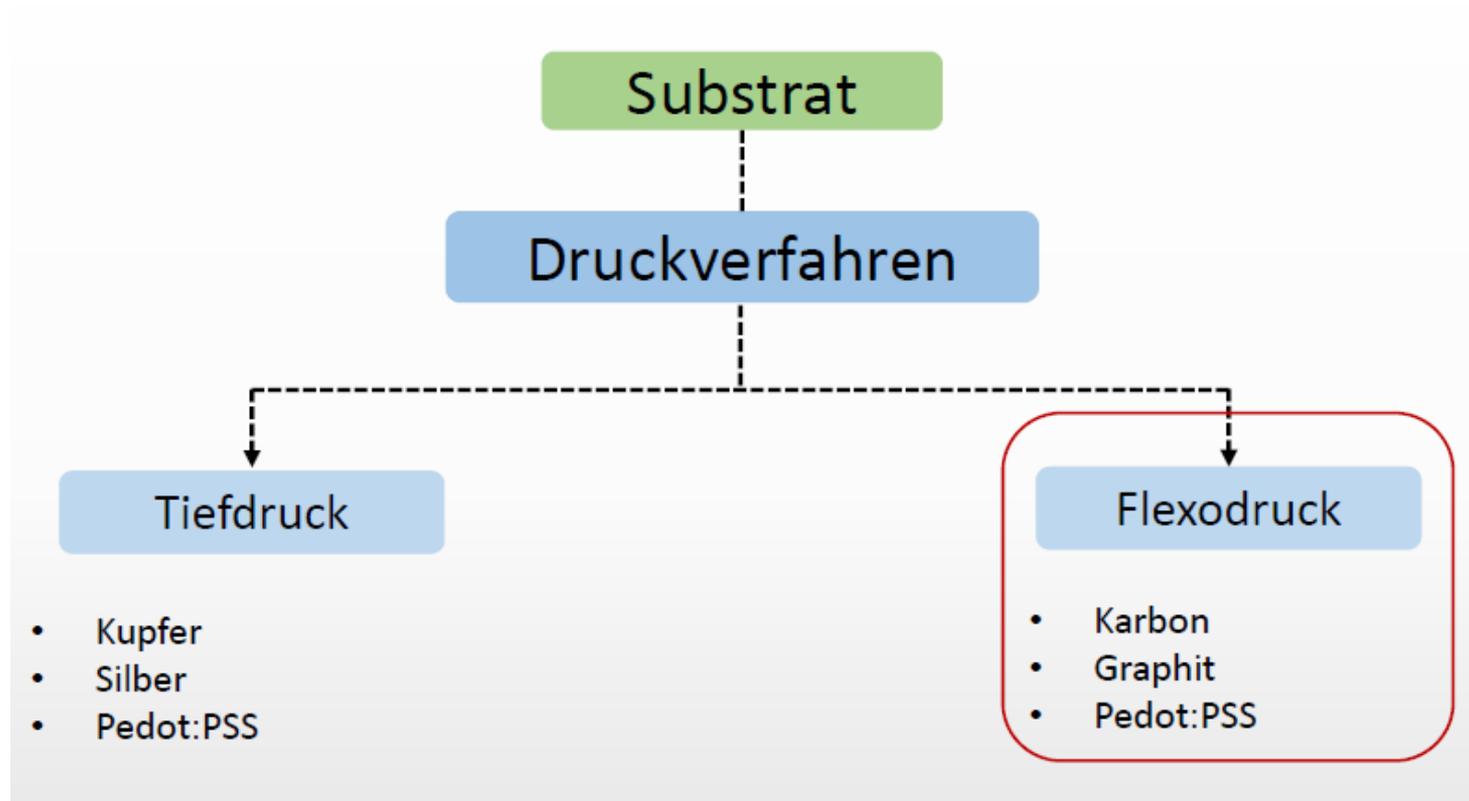


Prozess	Tiefdruck
Material	Probe A (Meltblown)
Farbe	Pedot:PSS
Anzahl Schichten	1

Prozess	Tiefdruck
Material	Probe A (Meltblown)
Farbe	Pedot:PSS
Anzahl Schichten	2

- Eine Schicht zwar optisch geschlossen, aber nicht ausreichend für elektrische Leitfähigkeit

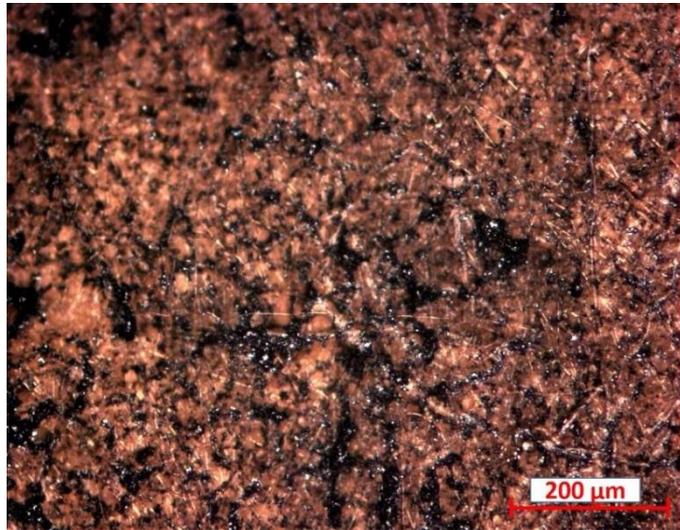
# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



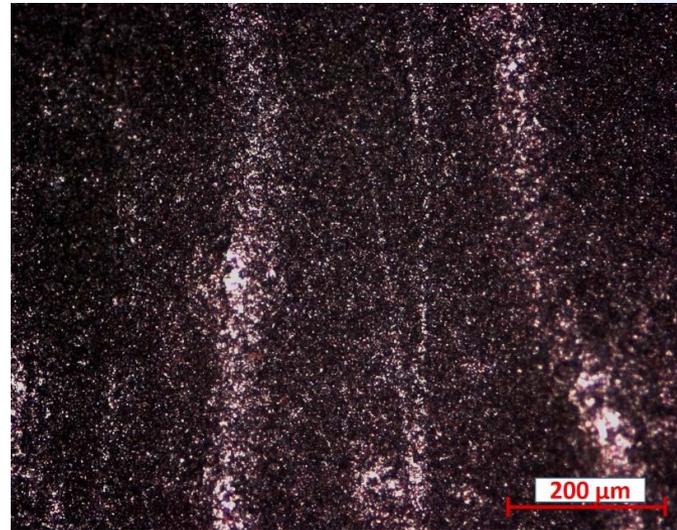
# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



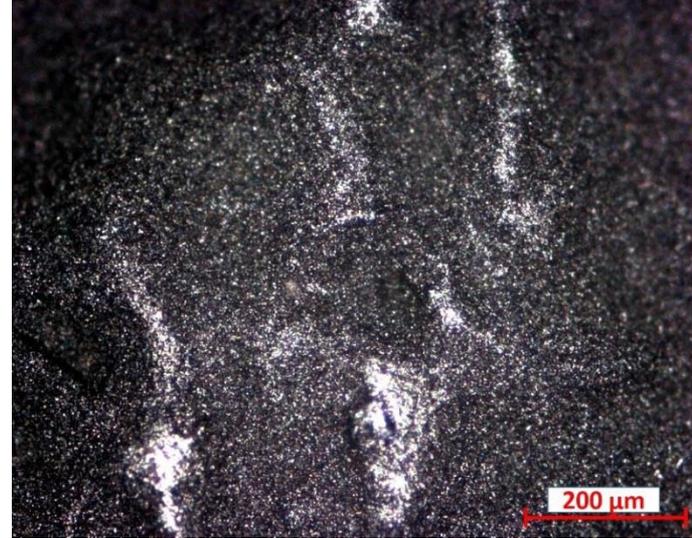
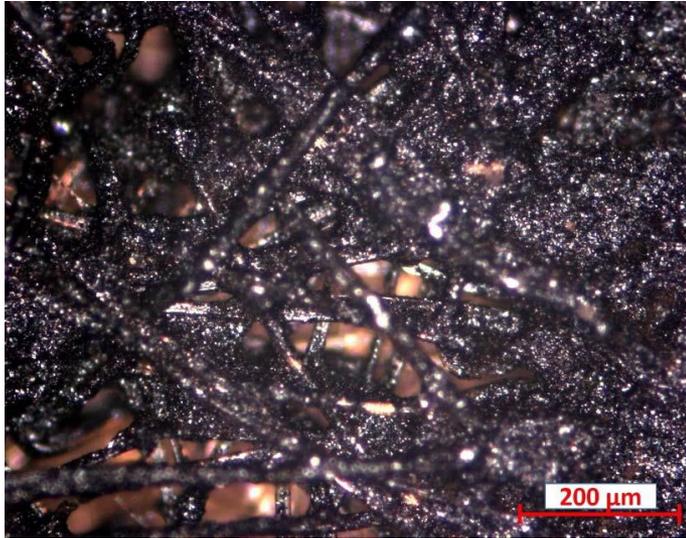
Prozess	Flexodruck
Material	Probe A (Meltblown)
Farbe	Karbon
Anzahl Schichten	2



Prozess	Flexodruck
Material	Probe A (Meltblown)
Farbe	Karbon
Anzahl Schichten	5

- Kaum Farbübertragung nach erstem Druckdurchgang
- Deutlich homogenere Schicht nach fünftem Farbauftrag, aber noch nicht komplett geschlossen

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

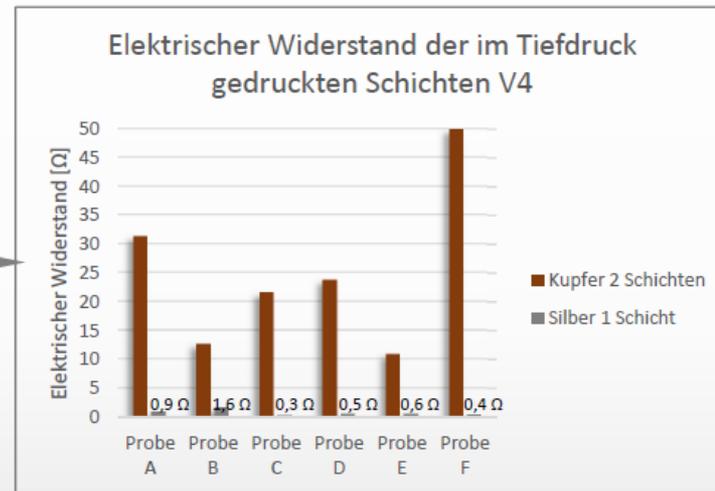
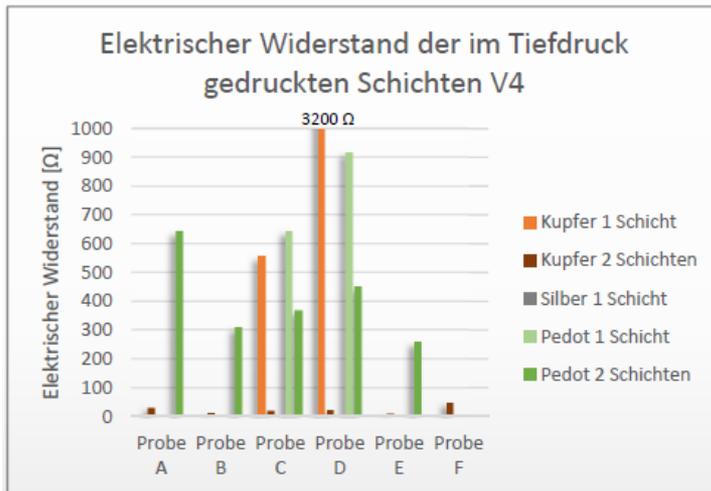


Prozess	Flexodruck
Material	Probe C (Nanoschicht)
Farbe	Graphit
Anzahl Schichten	3

Prozess	Flexodruck
Material	Probe C (Nanoschicht)
Farbe	Graphit
Anzahl Schichten	6

- Sehr gutes Anlagern der kleinen Partikel an Faser
- Dennoch keine geschlossene Schicht mit 3 Lagen, da Faserabstand zu groß
- Geschlossene Schicht bei 6 Lagen

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

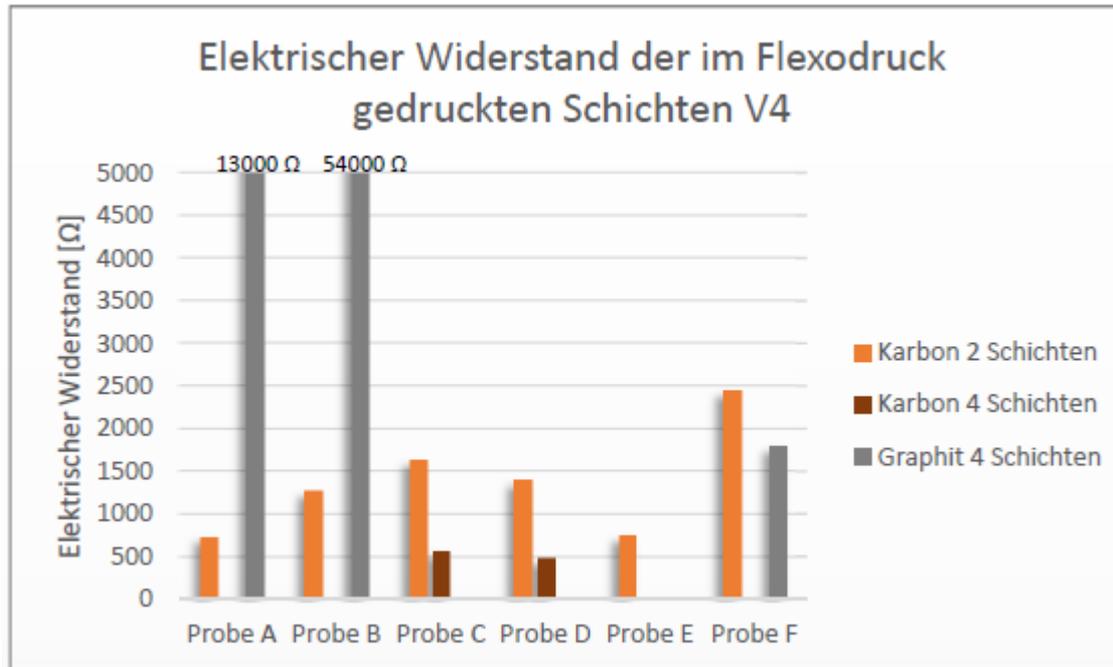


- Kupfer in 1 Schicht ist zu inhomogen und ermöglicht kaum elektrische Leitfähigkeit
- Kupfer in 2 Schichten signifikante Verbesserung der Leitfähigkeit
- Silber in 1 Schicht gut leitend
- Pedot::PSS teilweise in 1 Schicht leitend, in 2 Schichten bessere Leitfähigkeit

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



- Geringer Farbauftrag im Flexodruck
- Bis zu 4 Schichten der Druckfarben (Karbon, Graphit) wurden nass-auf-nass gedruckt
- Karbon: leitfähig ab mind. 2 Schichten
- Graphit: leitfähig ab mind. 4 Schichten

# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

---

## Zusammenfassung

- ✓ Cellulose Nassvliesstoff für Rollendruckverfahren ungeeignet
- ✓ Oberflächenenergien bei Cellulose Nassvliesstoff und Spinnvliesstoffen zu gering
- ✓ Fein und Feinstfaservliesstoffe eignen sich für hervorragend für Flexo- und Tiefdruck
- ✓ Siebdruck bringt aufgrund des großen Materialverbrauchs immer die besten Ergebnisse
- ✓ Silber in allen Druckverfahren beste Ergebnisse



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

---

## Zusammenfassung

### Siebdruck

- Farbe bessert die Unebenheiten des Substrates aus  
→ homogene geschlossene Schichten
- erforderliche Funktionalität erreicht
- höchster Farbverbrauch

### Flexo – und Tiefdruck

- Materialanhäufung an Stellen höherer Dicke, z.B. an Kreuzungspunkten der Fasern
- homogene geschlossene Schicht 2ter Druckschicht
- erforderliche Funktionalität erreicht

### Offsetdruck

- Gute Verdruckbarkeit von Printacarb im Prozess
- Relativ bessere Kantenschärfe und gleichmäßige Farbverteilung
- Geschlossene Schicht der Oberfläche für gute Funktionalität erreicht



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



# Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

---



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



## Zusammenfassung

## Weitergehende Untersuchungen

- Eignung verschiedener Substrate für den Druck von Sensoren konnte erfolgreich getestet werden und wird weiter spezifiziert
- Druck von einfachen Feuchtesensoren erfolgreich getestet
- Druck komplexeren Temperatursensoren ist geplant

**„Das IGF-Vorhaben 17564 BR/1 und 17564 BR/2  
der Forschungsvereinigung  
Forschungskuratorium Textil e.V.,  
Reinhardtstraße 12-14, 10117 Berlin wurde über  
die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung  
der industriellen Gemeinschaftsforschung und –  
entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für  
Wirtschaft und Energie aufgrund eines  
Beschlusses des Deutschen Bundestages  
gefördert.“**



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Entwicklung eines ultrafeinskaligen Layers auf Vliesstoffbasis für  
das Drucken einer elektronischen Funktionsschicht – E-PrintTex

---

**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit!**



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.

