

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -



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

Dipl.- Ing. Andy Schuffenhauer (Norafin Industries (Germany) GmbH)



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

---

1. Historie
2. Electrospinning Arten
  - Zentrifugenspinnen
  - Nozzle Electrospinning
  - Nozzle-less Electrospinning
3. Vorstellung Nanospider NS LAB 500
  - Technische Daten
  - Verspinnbare Polymere
  - Wichtige Einflussgrößen
4. Potentielle Anwendungsgebiete



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin ®

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### 1. Historie

- 1902 Prozess des Electrospinnens von John F. Cooley patentiert
- 1934 Zahlreiche Patente von A. Formhals (U.S. Patent 1975504)
- 1944 (U.S. Patent 2,349,950) für die Herstellung textiler Garne
- 1990's Wiederbelebung des Interesses am Elektrospinnen, mehrere Forscher zeigten, dass viele org. Polymere verspinnbar sind
- 2000's Einige Firmen beabsichtigen elektrogespinnene Materialien zu vermarkten
- 2005 Elmarco kommerzialisiert die erste Elektrospinnanlage



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

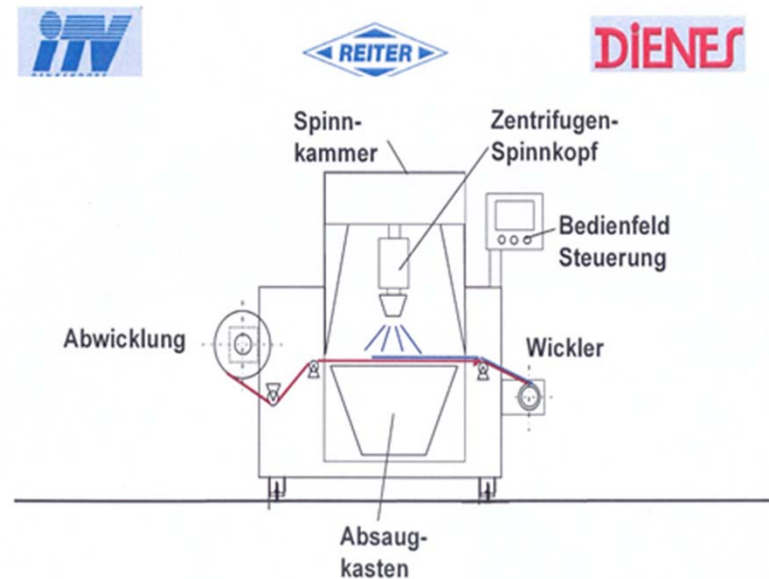
# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### 2. Electrospinning Arten

#### ▪ Zentrifugentechnologie

- Pilotanlage mit 1 m Arbeitsbreite
- 3 Spinnköpfe;  
30.000 U/min; 20 m/min
- Faserdurchmesser  
ca. 80 nm bis 500 nm
- Flächenmasse  
0,1 g/m<sup>2</sup> bis 30 g/m<sup>2</sup> je  
Passage
- Nicht wasserlösliche  
Polymere  
wie Polyamide, PAN, PES,  
PVA, PUR, m/p-Aramide  
...



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



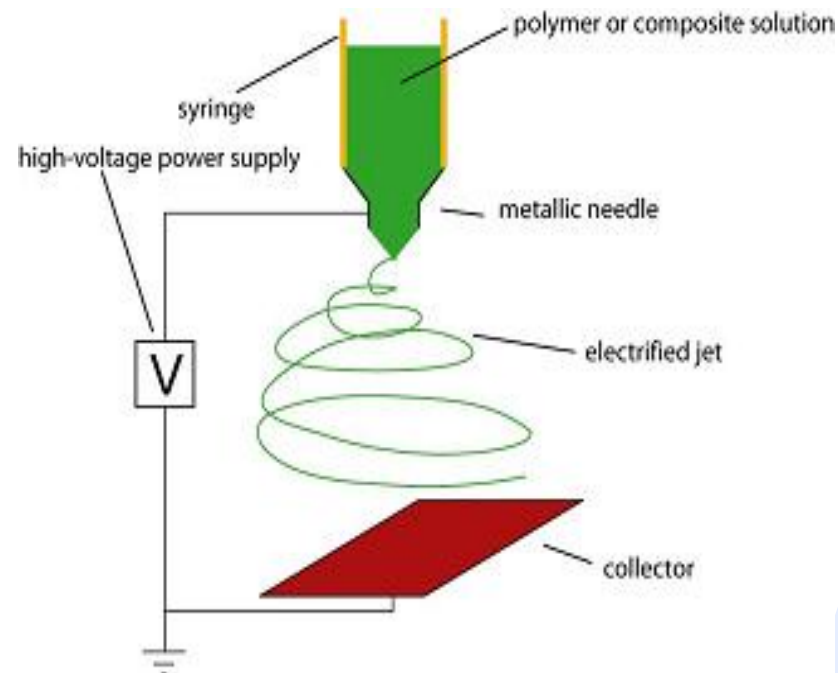
Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### ▪ Nozzle Electrospinning

- Spinndüse / Nadel / Pipette verbunden mit einem HV-Netzteil
- Polymerlösung oder Schmelze wird konstant aus der Nadelspitze gefördert und am Kollektor abgelegt
- Höherer Durchsatz durch Verwendung einer Düsenreihe



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### ■ Nozzle-less Electrospinning

- Polymere Moleküle in spezifischem Lösungsmittel gelöst
- Anlegen von Hochspannung zwischen zwei Elektroden
- Polymerlösung wird aufgeladen
- Elektrostatische Kräfte überwinden die Oberflächenspannung
- Am kritischen Punkt bricht aus der Oberfläche ein geladener Flüssigkeitsstrom
- Nanofasern legen sich auf Substrat ab



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 



# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### 3. Vorstellung des Nanospider NS LAB 500



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

 **ELMARCO**  
NANO FOR LIFE

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### Technische Daten

#### NS LAB 500

Zahl der Spinnelektroden	1
Spinnelektroden Breite	500 mm
Max. Breite des Substrats	600 mm
Liniengeschwindigkeit	0,13 - 1,5 m / min
Elektrodendrehzahl	1 - 16 U/ min
Füllmenge	20 - 400 ml
Laufzeit pro Füllung	bis zu 20 min
Hochspannung	bis 80 kV
Elektrodenabstand	70 - 210 mm
Externe Belüftung	150 m <sup>3</sup> / h



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 



# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### Verspinnbare Polymere

Organische	Anorganische	Metallische	Biopolymere
PA6	TiO <sub>2</sub>	Pt	Gelatine
PA6/12	SiO <sub>2</sub>	Cu	Chitosan
PAI (Polyamidimid)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	Collagen
PAA (Polyaramid)	ZnO		PLA (Polymilchsäure)
PUR (Polyurethan)	Li <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub>		PCL (Polycaprolactam)
PES (Polyethersulfon)	ZrO <sub>2</sub>		
PVA (Polyvinylalkohol)			
PAN (Polyacrylnitril)			
PEO (Polyethylenoxid)			
PS (Polystyrol)			
PVDF (Polyvinylidenfluorid)			



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### Prozessvariablen

Spinnlösung	Substrat	Equipment Parameter	Umgebung
Polymerart	Material	Feldstärke	Temperatur
Lösungsmittel	Zusammensetzung	Elektrodenabstand	Luftfeuchte
Viskosität	Dicke	Lösungsdurchsatz	Luftstrom
Konzentration	Struktur	Substratgeschwindigkeit	
Oberflächen- spannung	Leitfähigkeit	Elektrodendrehzahl	
Leitfähigkeit	Veredlung		
Flüchtigkeit			
Additive			



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### Verwendbare Elektroden



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

Video



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

26. Hofer Vliesstofftage am 09. und 10. November 2011

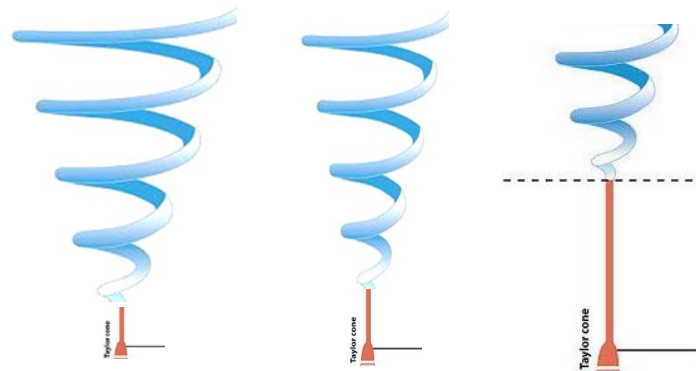
[www.stfi.de](http://www.stfi.de)

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

grundlegende Anforderungen an die Spinnlösung:

- Typische Polymerkonzentration: 5 - 25 %
- Oberflächenspannung:  $< 0,05 \text{ N/m}$
- Dynamische Viskosität: 60 - 7000  $\text{mPa}\cdot\text{s}$
- Leitfähigkeit:  $0,01 \mu\text{S/cm}$  -  $10 \text{ mS/cm}$



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



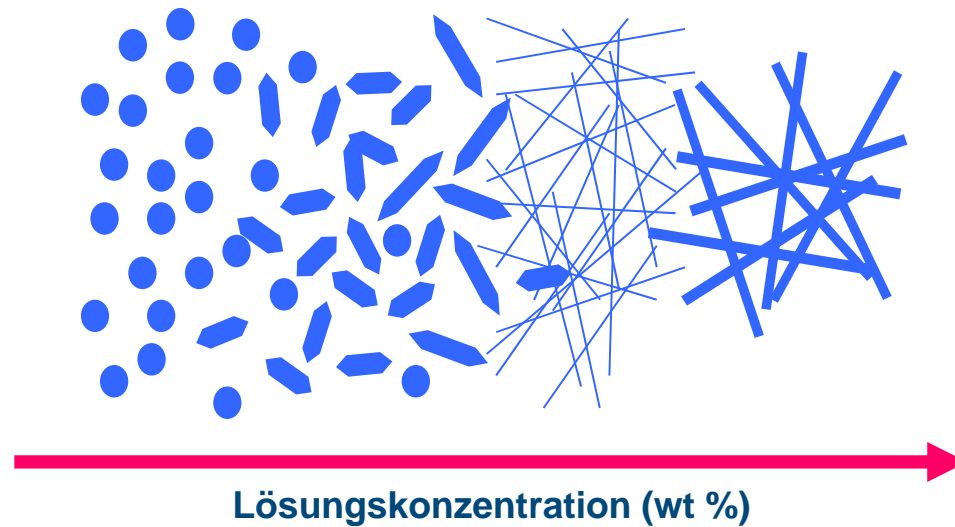
Norafin 



# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

Abhängigkeit der Faserfeinheit von der  
Lösungskonzentration



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



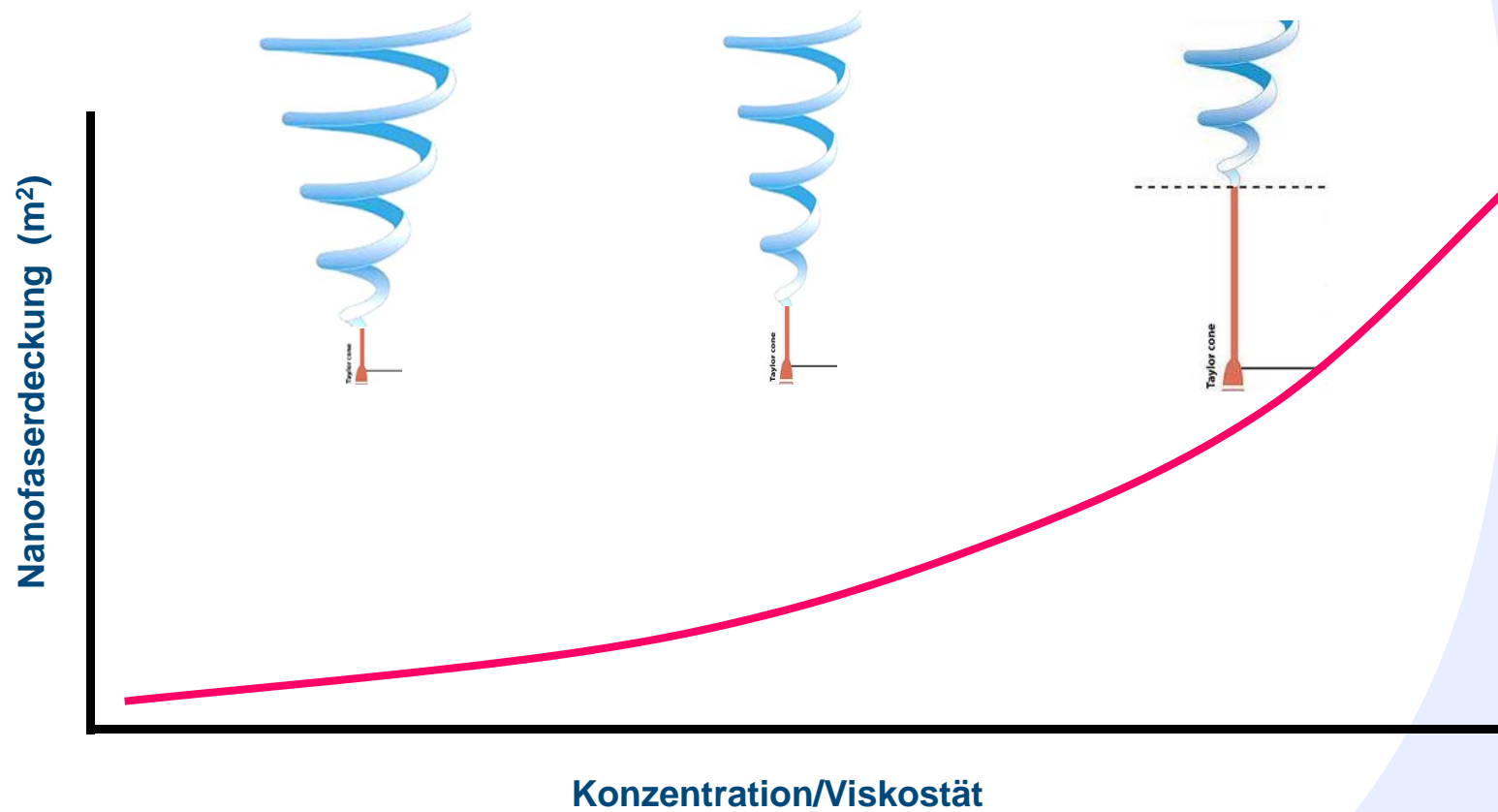
Norafin 



# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

Abhängigkeit der Bedeckung  
von der Lösungskonzentration



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

---

### Einfluss der relativen Luftfeuchte

- Faserdurchmesser
- Durchsatz / anwendbare Feldstärke
- Porengrößenverteilung
- Anlösen der Fasern (wasserlös. Polymere, PVA)
- Wet spots (wasserlös. Polymere, PVA)
- Electrospinning (einige Polymerlösungen bilden im elektr. Feld erst Fasern unter einem bestimmten RF – Wert aus)

Die Bedeutung der RF ist nicht für alle Polymere gleich, da sie nicht alle die gleichen triboelektrischen Eigenschaften und Hydrophilie / Hydrophobie aufweisen



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### Auswirkungen der RF

Polymer	RF (%) @ RT	Auswirkung
PA6	25 – 50*	Faserdurchmesser werden mit steigender RF kleiner
PVDF	20 – 50*	Faserdurchmesser werden mit steigender RF größer
PAN/PES	15 - 30	Über 30% RF kein Electrospinning möglich, keine Faserausbildung

In der Regel sind 60% RF obere Grenze für viele Polymere



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

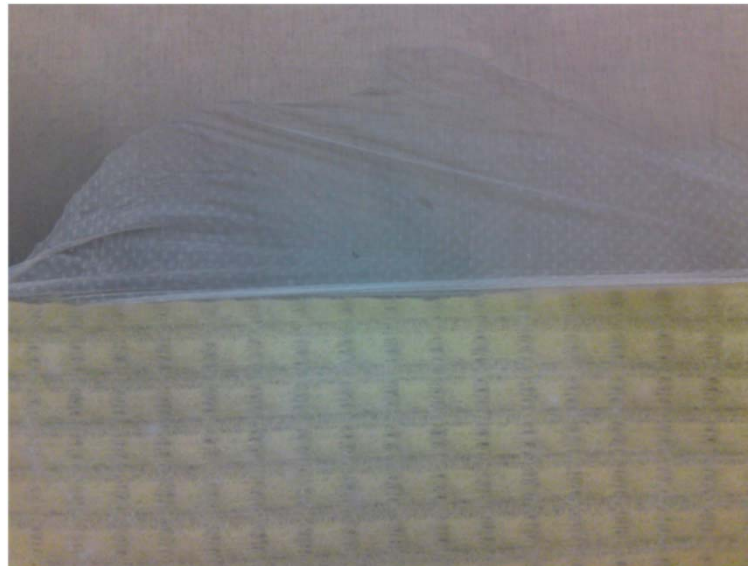
# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -



PAN auf Aramid/Viskose

PA6 auf Aramid



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -



PVA auf PET

PA6 auf Kermel



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.

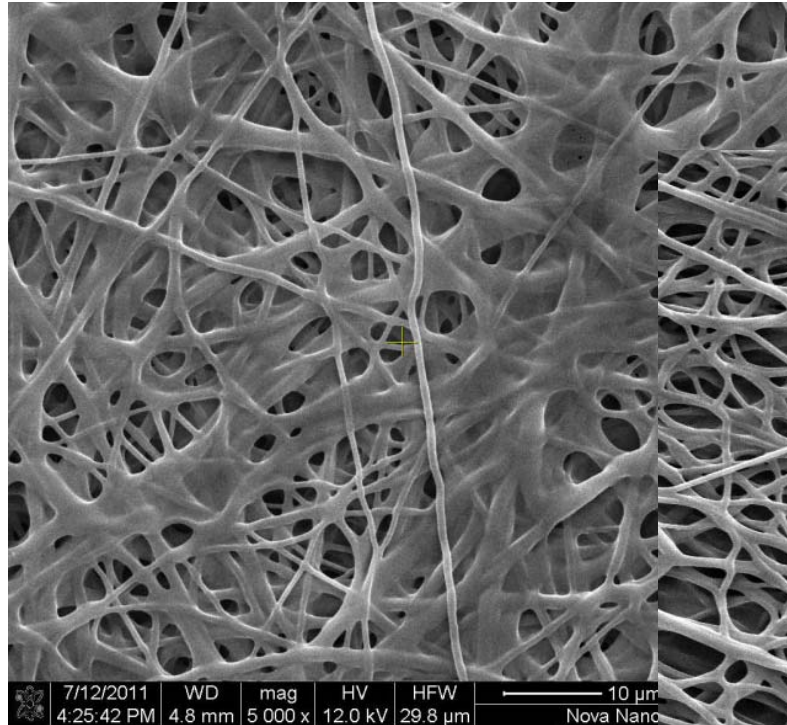


Norafin 

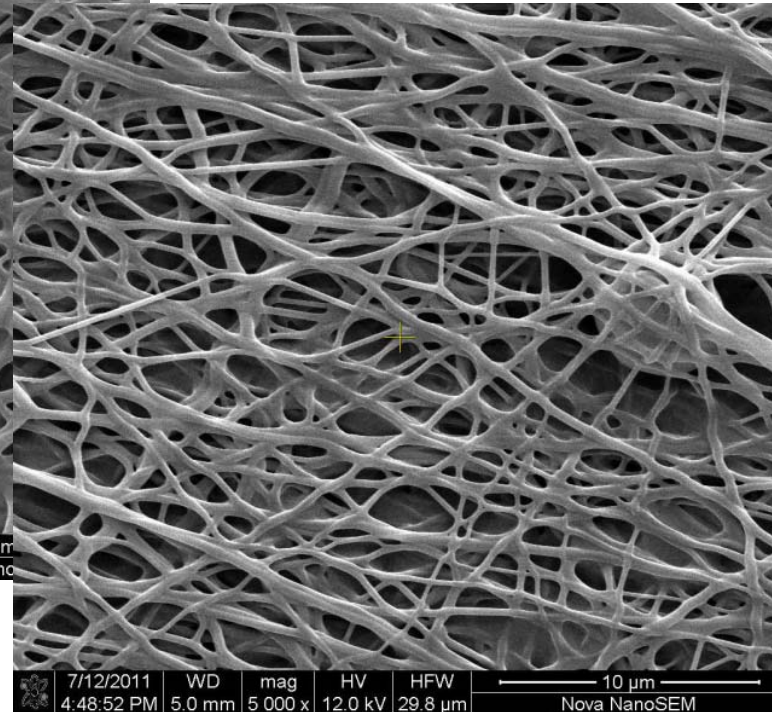


# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -



5000x  
PVA auf feuchtem  
Substrat



5000x  
PVA auf trockenem  
Substrat



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 



# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### Eigenschaften eines PA6 Nanofaservlieses auf Filterpapiersubstrat

Polymer	12% PA6
Mittlere Faserdurchmesser	100 ± 50 nm
ca. Flächengewicht	0,08-0,1 g/m <sup>2</sup>
Druckverlust (5m/min flow speed)	130 Pa
Abscheidegrad (0,3 mm NaCl)	82%



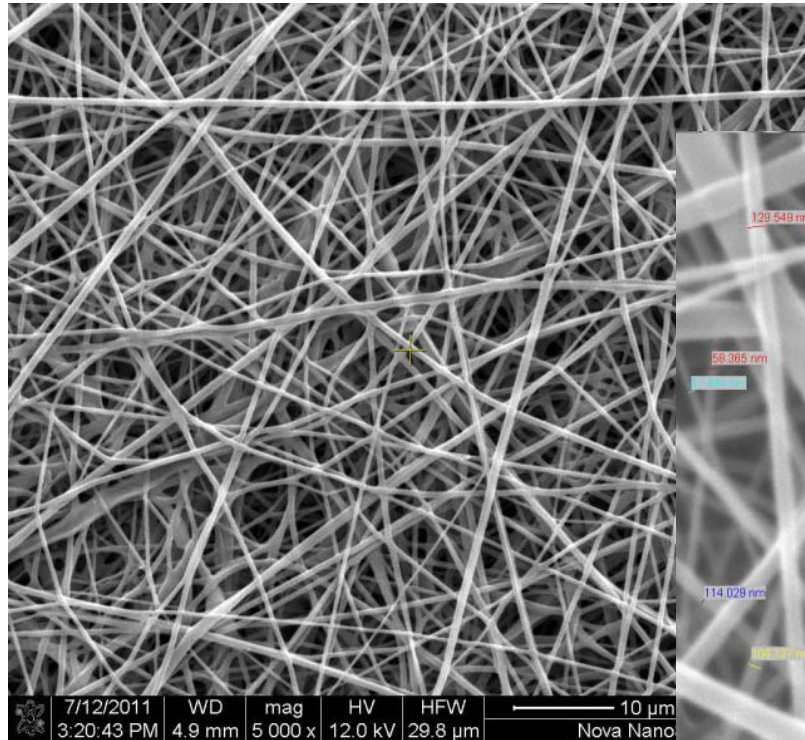
SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



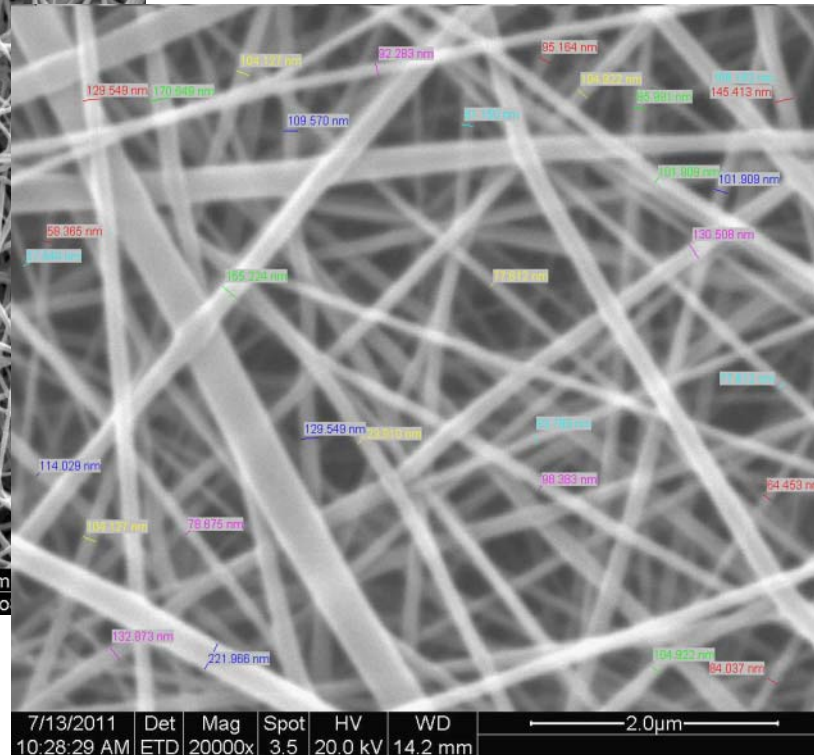
Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -



PA6 5000x



PA6 20000x  
Feinheitsmessung an  
30 Fasern  $\varnothing$  100nm



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### Vergleich der Spinntechnologien

	Spinnvlies	Meltblown	Elektrospinnen
<b>Faserdurchmesser</b>	12.000 - 20.000 nm	700 - 2.000 nm	50 - 700 nm
<b>Polymerdurchsatz</b>	280.000 cm <sup>3</sup> /(h*m)	84.000 cm <sup>3</sup> /(h*m)	1 cm <sup>3</sup> /(h*m)



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 

# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

### ■ Nanospider™ Produktionslinie NS 8S1600U

- Anzahl der Spinning-Einheiten: 2
- Anzahl der Spinnköpfe: 8
- Arbeitsbreite: 1,6 m
- Liniengeschwindigkeit: bis 20 m/min
- Faserdurchmesser: 50 nm bis 150 nm
- Flächenmasse: 0,03 g/m<sup>2</sup>



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 



# Electrospinning

## - Technologie und Möglichkeiten -

---

### 4. Potentielle Anwendungsgebiete

- Akkustikvliesstoff
- Filtermedien
- Schutzbekleidung
- Medizintextilien
- Tissue Engineering
- Membranen



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin ®

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Sächsisches Textil-  
forschungsinstitut e.V.  
Postfach 13 25  
D-09072 Chemnitz

Geschäftsführender Direktor:  
Dipl.-Ing.-Ök. Andreas Berthel

E-Mail: [stfi@stfi.de](mailto:stfi@stfi.de)

Telefon: +49 3 71 52 74-0  
Telefax: +49 3 71 52 74-1 53



Internet: [www.stfi.de](http://www.stfi.de)



SÄCHSISCHES  
TEXTIL  
FORSCHUNGS  
INSTITUT e.V.



Norafin 