
Simulation und Optimierung von Spinn- und Ablageprozessen

19. Hofer Vliesstofftage

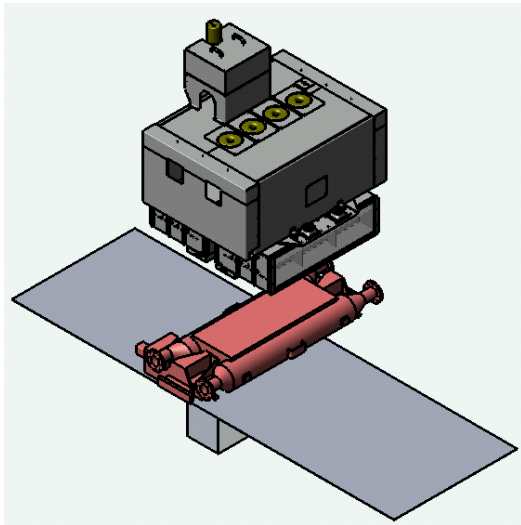
10. – 11. November 2004

Dr. Dietmar Hietel



Fraunhofer Institut
Techno- und
Wirtschaftsmathematik

Überblick



- Problemstellung
- Modellierung und Simulation
 - ❑ Luftströmungen
 - ❑ Faserdynamik
- Simulationsergebnisse
 - ❑ Spinnvliesanlage von Neumag
 - ❑ Vergleich Stromlinien und Faserdynamik
- Anwendungsbereiche für Simulation und Optimierung

Produktionsprozess von Spinnvliesstoffen

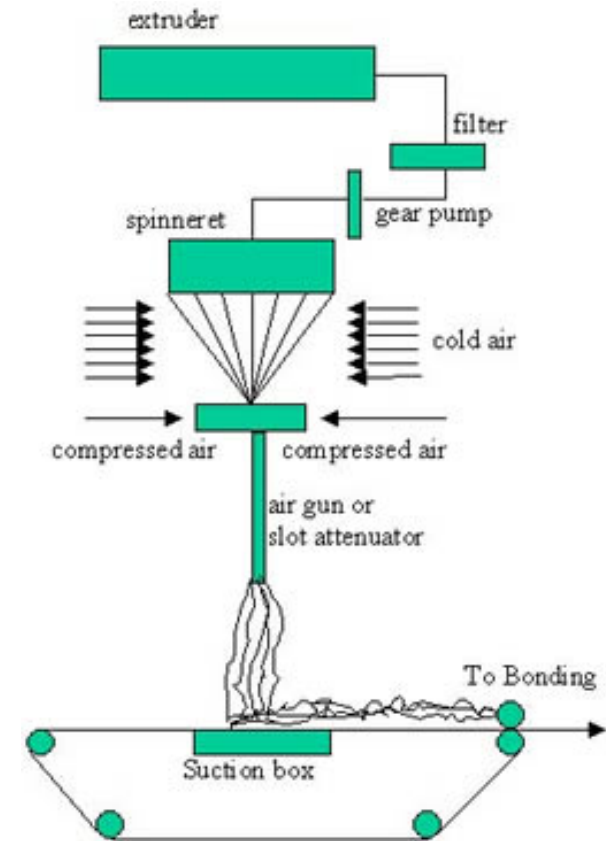
- Polymerschmelze wird über eine Vielzahl von Düsenbohrungen gepresst und gesponnen
- Kühlung durch langsame Querströmungen
- Verstreckung durch schnelle Strömung entlang Fasern
- Staupunkt am Auffangband
- Faserbewegung und Abkühlung durch Luftströmungen geprägt



Spinnvliesanlage von Neumag

Modellierung und Simulation der relevanten Luftströmungen

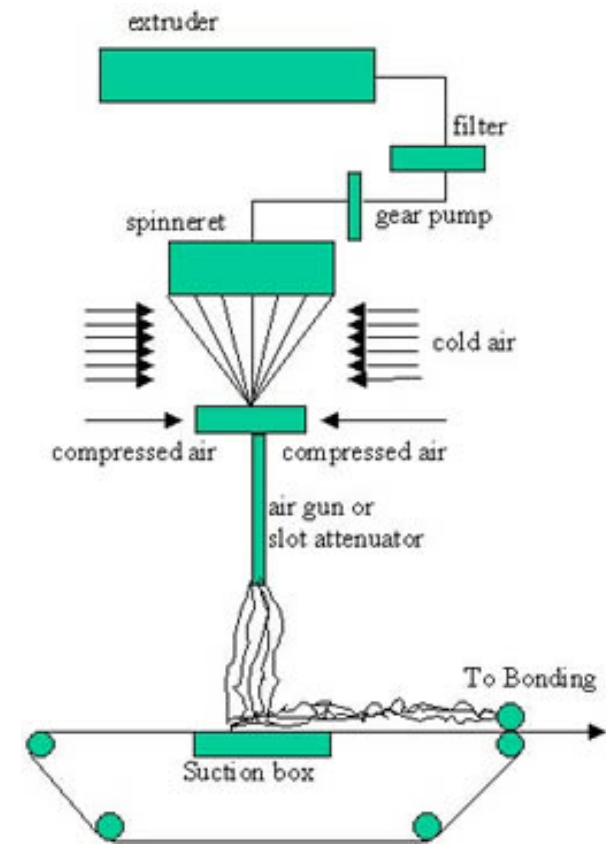
- Modellierung und Simulation der Luftströmungen mit kommerziellen Werkzeugen wie z.B. FLUENT möglich
- Anwesenheit der Fasern bewirkt eine lokale Änderung von Impuls- und Wärmebilanz
 - Einzelne Fasern: Geometrische Abbildung möglich
 - Viele Fasern: Modellierung als Impuls- und Energiequelle
- Kühlströmung (Querströmung) zumeist inkompressibel
- Versteckung/Ablage (Tangentialströmung) erfordert Berücksichtigung der Kompressibilität von Luft
- Berücksichtigung der Turbulenz durch geeignete Modelle



© 2004, FLUENT Inc.

Modellierung der Faserdynamik

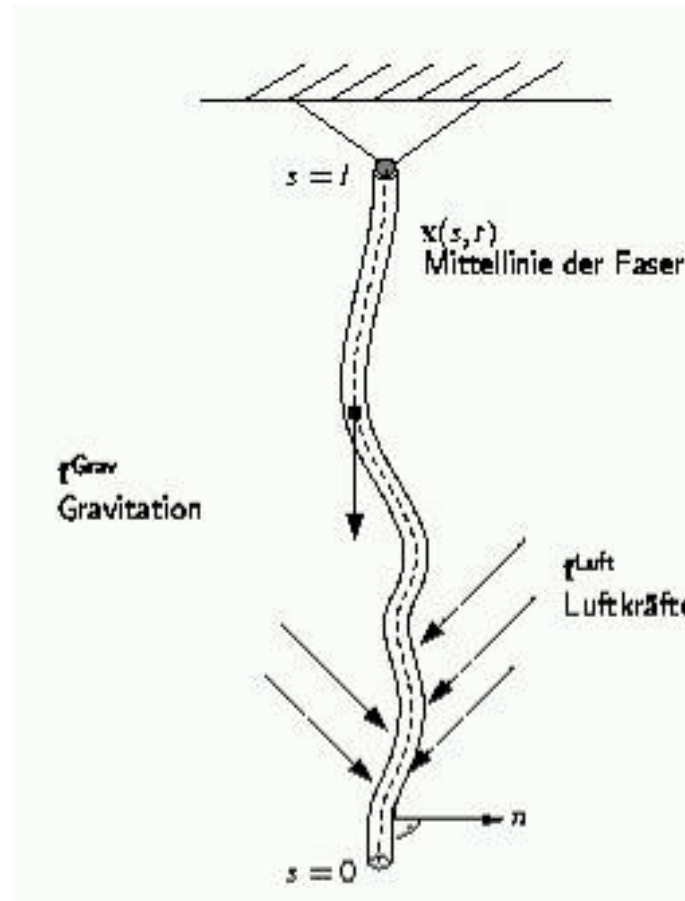
- Kühlströmung (Querströmung)
 - horizontale Auslenkung der Fasern
 - Abkühlung durch Wärmeaustausch mit der Luft
- Verstreckung/Ablage (Tangentialströmung)
 - Zugwirkung auf Fasern
 - Staupunkt am Band führt zu Ausweichbewegung
 - Turbulenz bewirkt typische Kräuselung im Faserflug
- Modellierung der Fasern/Filamente
 - geometrisch über Mittellinie als eindimensionale Kurve
 - Bewegungsgleichung durch Bilanzierung der angreifenden inneren und äußeren Kräfte



© 2004, FLUENT Inc.

Faserdynamik: Innere und äußere Kräfte

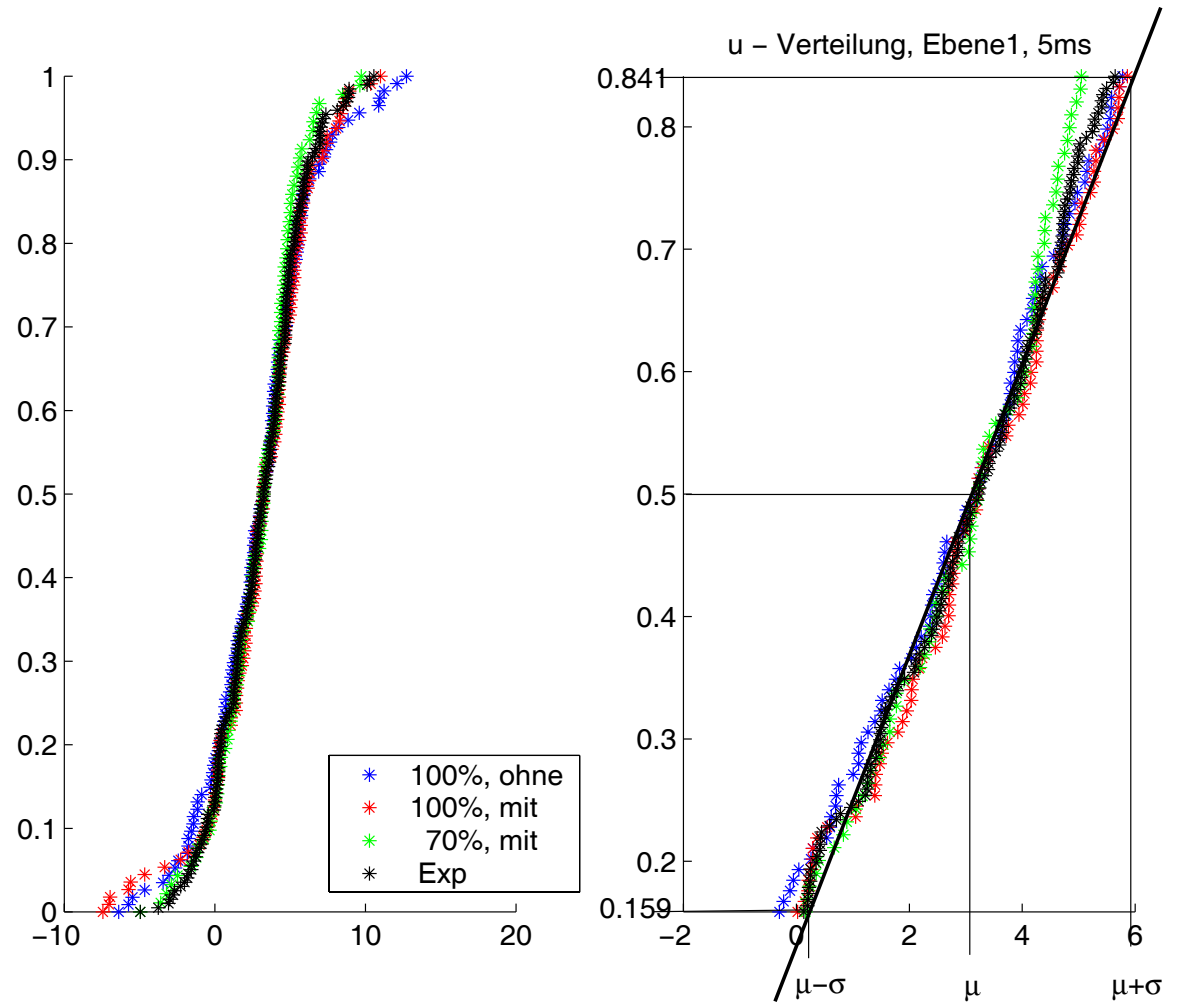
- Innere Kräfte
 - Zug/Dehnung
 - Biegung
 - Oberflächenspannung
- Äußere Kräfte
 - Gravitation
 - Luftkräfte
 - Luftwiderstand
 - Turbulenzwirkung
 - Faser-Wand-Kontakt
 - Faser-Faser-Kontakt



$$\omega \ddot{x} = f_{\text{innen}} + f_{\text{außen}}$$

Verifikation des stochastischen Kraftmodells aufgrund Turbulenz

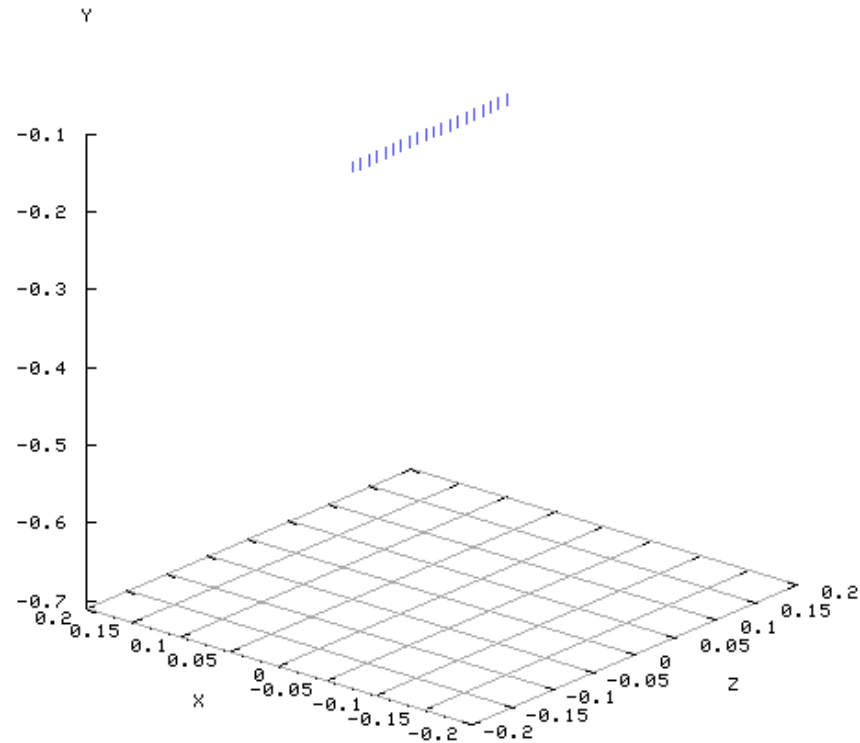
- Modellierung der Turbulenzwirkung als stochastische Kraft auf die Fasern
- Vergleich der Simulationen mit gemessenen Verteilungen der Fasergeschwindigkeiten
- gleiche Verteilungsfunktion (Normalverteilung)
- geringer Unterschied der Standardabweichung σ



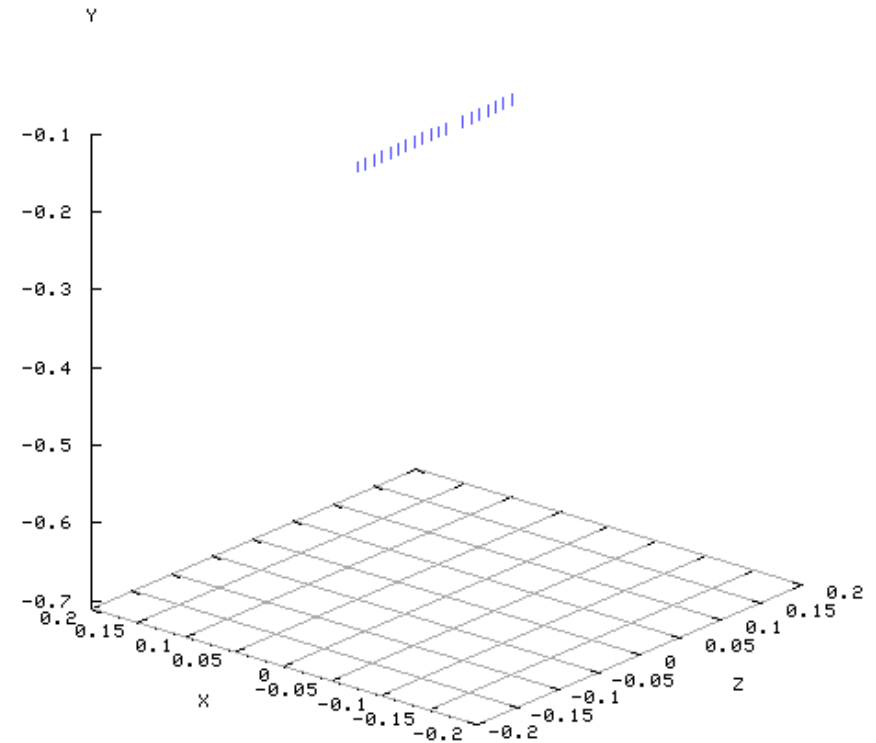
Simulationen: Parametervariationen für Spinnvliesanlage Neumag

Luftdruck an Düse	Geschwindigkeit Transportband	Drehung des Spinnbalkens gegenüber Transportband	Fasergeschwindigkeit an Luftdüse
1 bar	400 m/min	90°	90 m/s
2 bar	400 m/min	90°	133 m/s
2 bar	800 m/min	90°	133 m/s
3 bar	400 m/min	90°	180 m/s
3 bar	800 m/min	90°	180 m/s
2 bar	400 m/min	45°	133 m/s
2 bar	800 m/min	45°	133 m/s

Fadendynamik bei 2 bar abhängig von Bandgeschwindigkeit

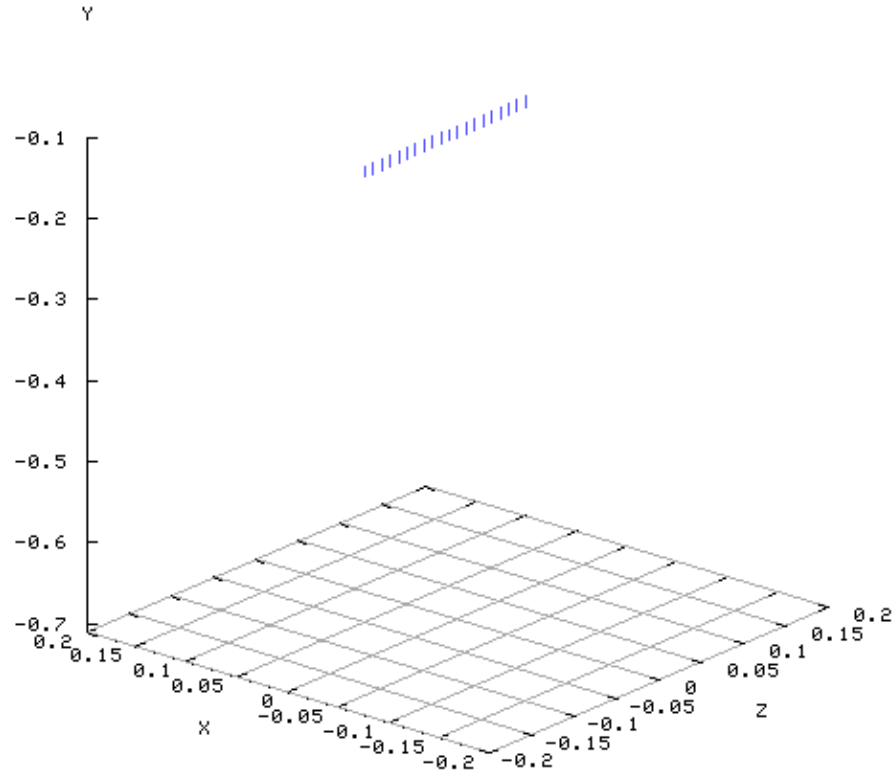


2 bar, 400 m/min

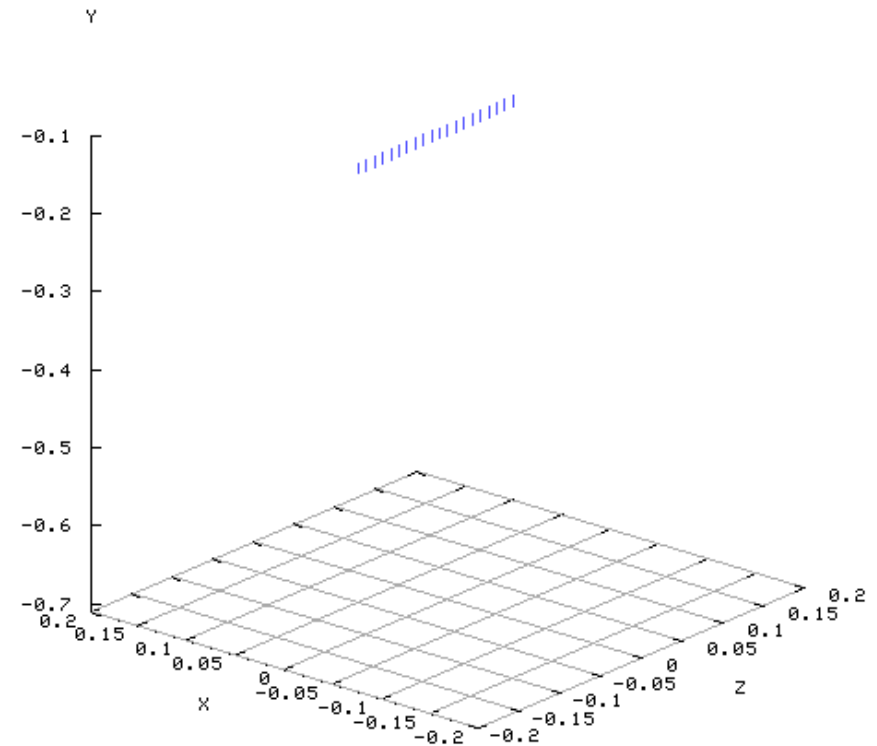


2 bar, 800 m/min

Fadendynamik bei 3 bar abhängig von Bandgeschwindigkeit

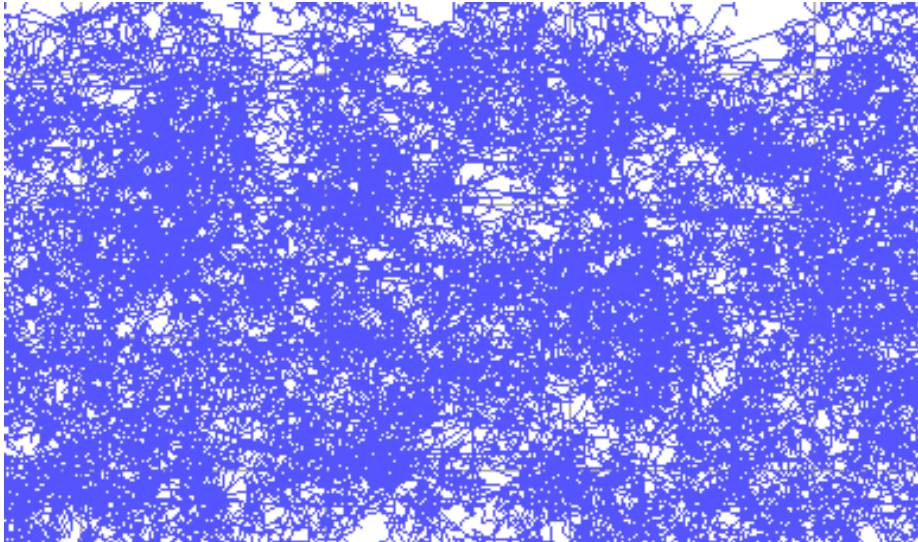


3 bar, 400 m/min

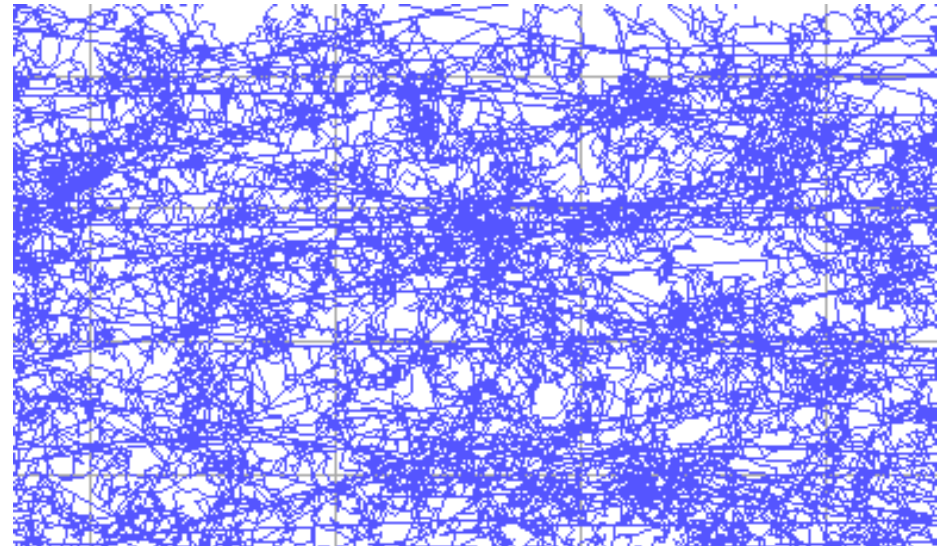


3 bar, 800 m/min

Ablagestrukturen bei 2 bar abhängig von Bandgeschwindigkeit

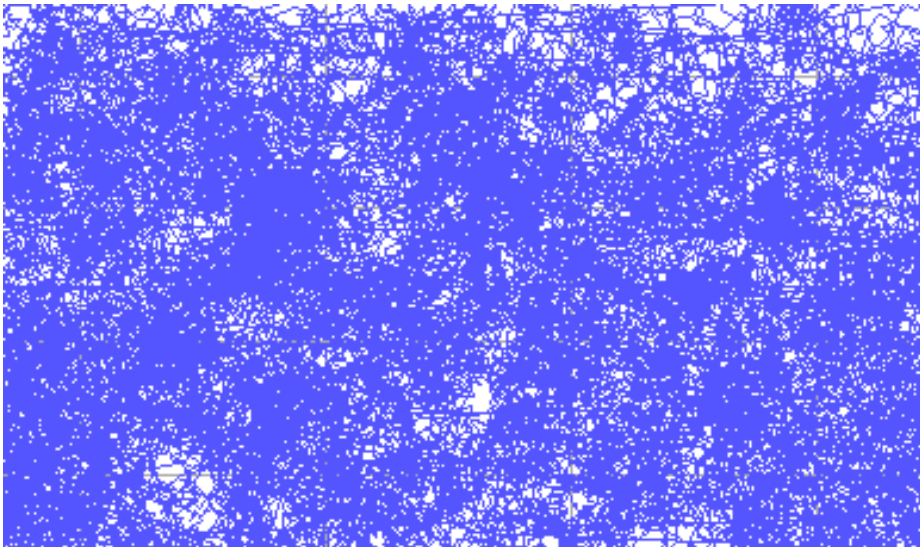


2 bar, 400 m/min

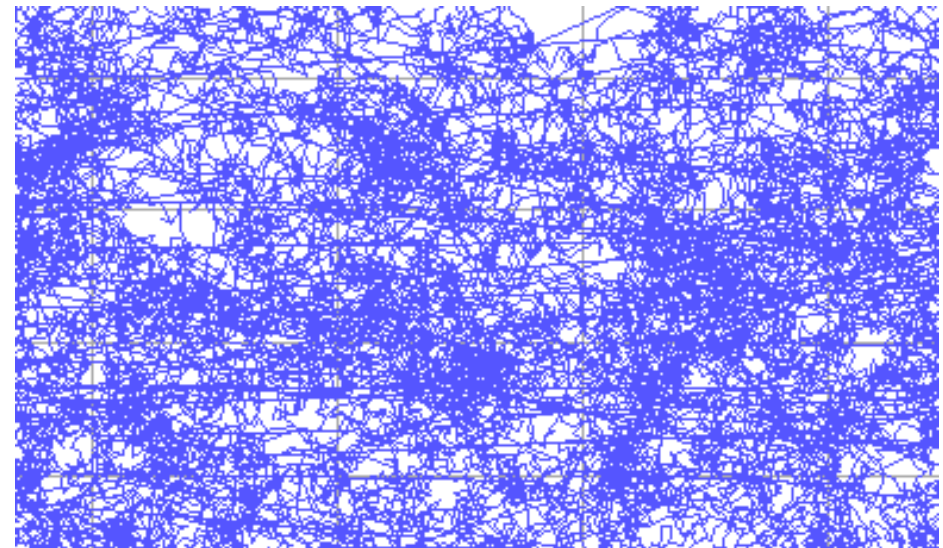


2 bar, 800 m/min

Ablagestrukturen bei 3 bar abhängig von Bandgeschwindigkeit



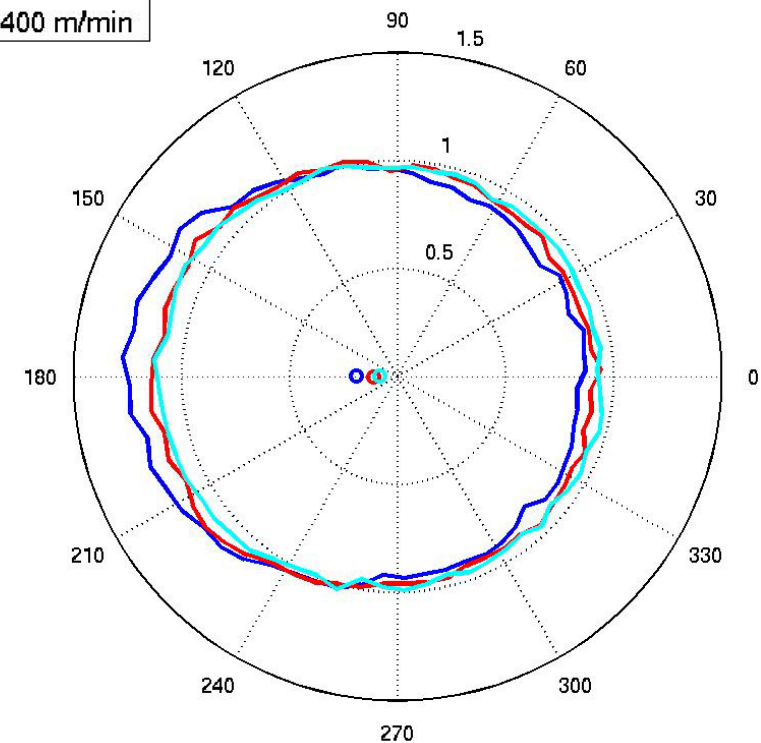
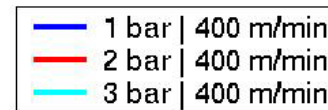
3 bar, 400 m/min



3 bar, 800 m/min

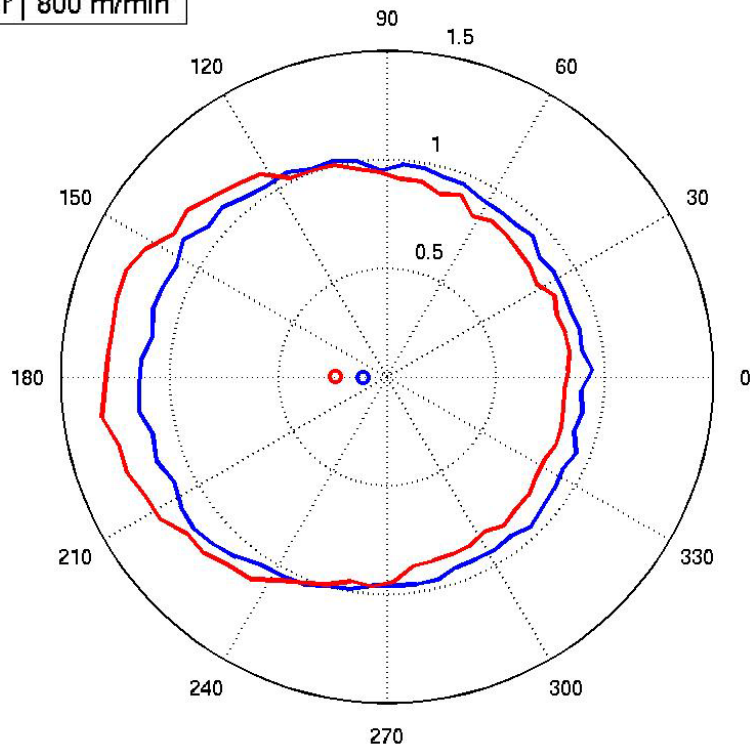
Richtungsverteilung abhängig von Druck

- Ermittlung der Richtungsverteilung der Fasern in der Ablagestruktur
- Häufigkeit abhängig vom Winkel verdeutlicht Abweichung gegenüber isotroper Ablage (Kreis)
- Schwerpunkt steht in Korrelation zu MD/CD-Verhältnis

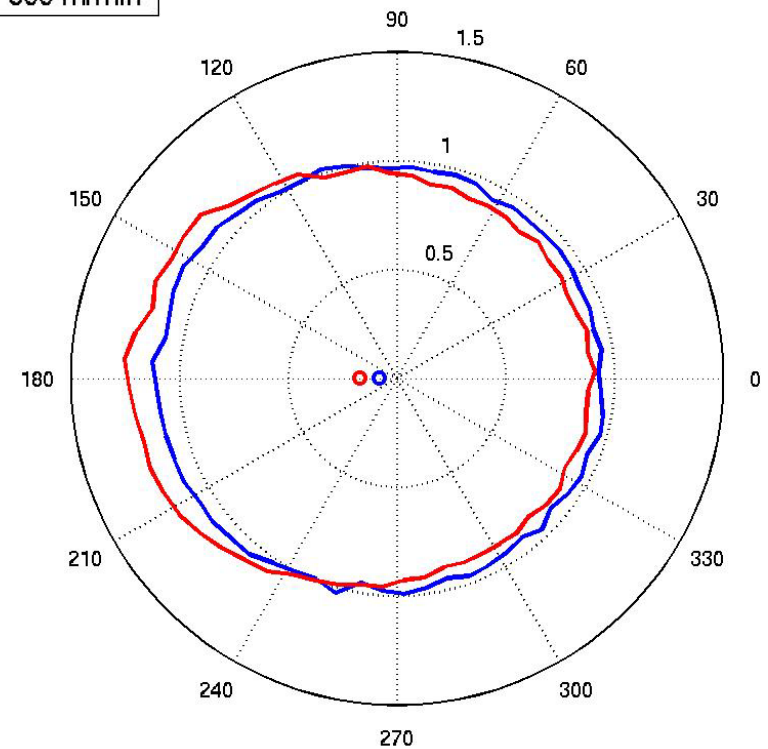


Richtungsverteilung abhängig von Bandgeschwindigkeit

— 2 bar | 400 m/min
— 2 bar | 800 m/min

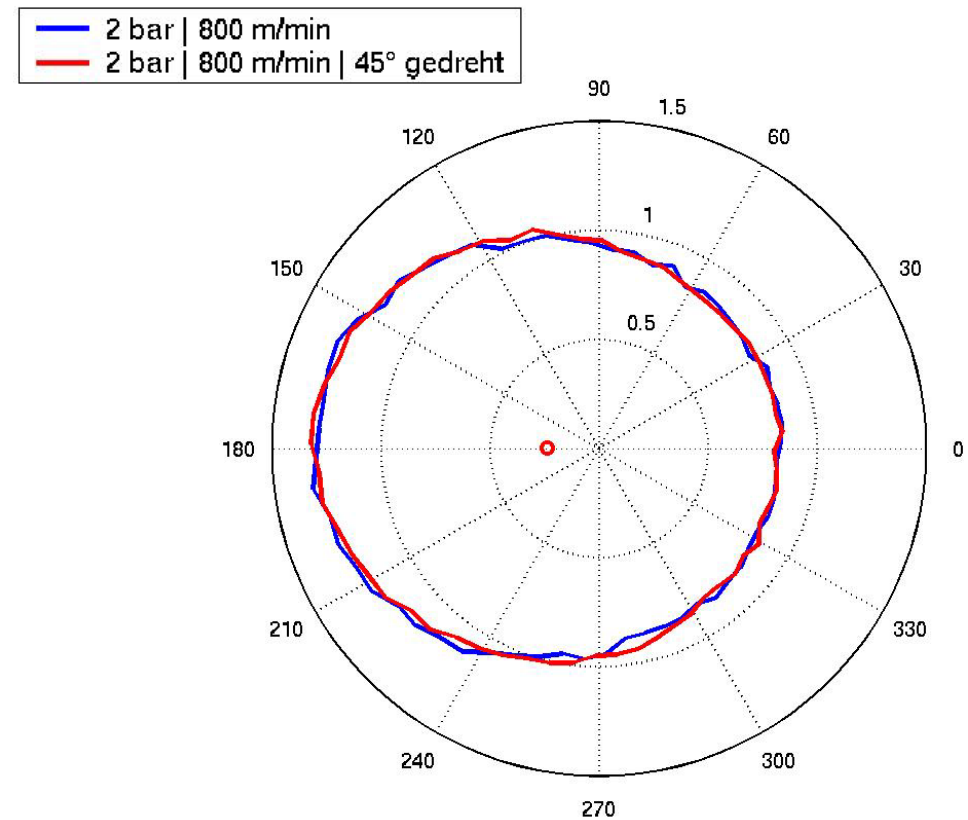


— 3 bar | 400 m/min
— 3 bar | 800 m/min



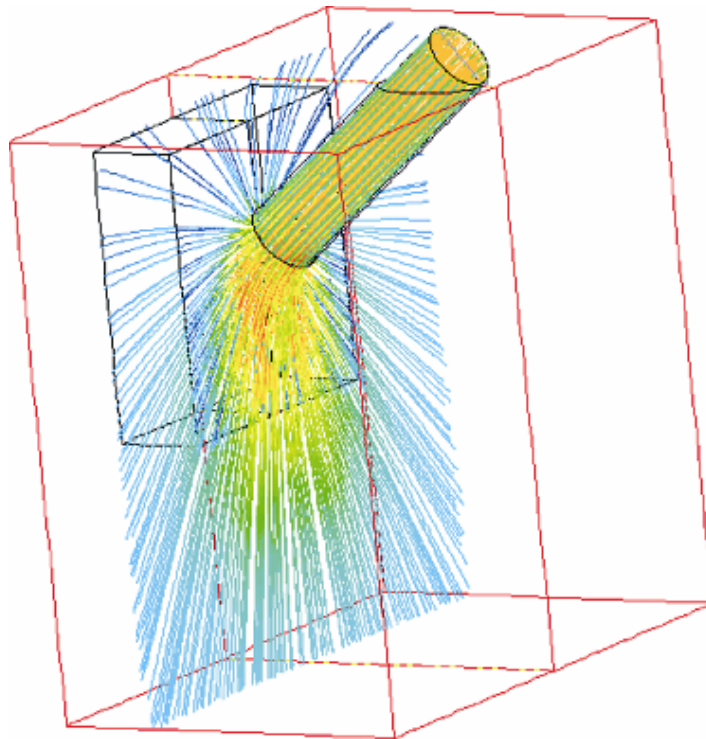
Richtungsverteilung bei potenzieller Anstellung des Spinnbalkens

- Simulationsgestützte Bewertung einer möglichen Verdrehung des Spinnbalkens
- Richtungsverteilung bleibt nahezu unbeeinflusst
- Hauptwirkung bei gleicher Düsenplatte ist dichtere Faserbelegung in der Breite

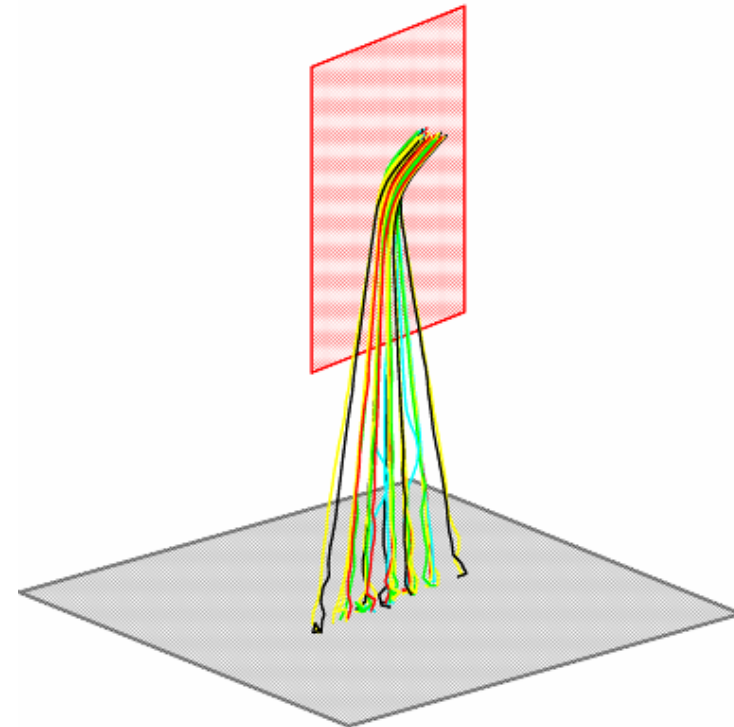


Simulationen zum Auftreffen eines Faserbündels auf eine Platte

Stromlinien der Luftströmung

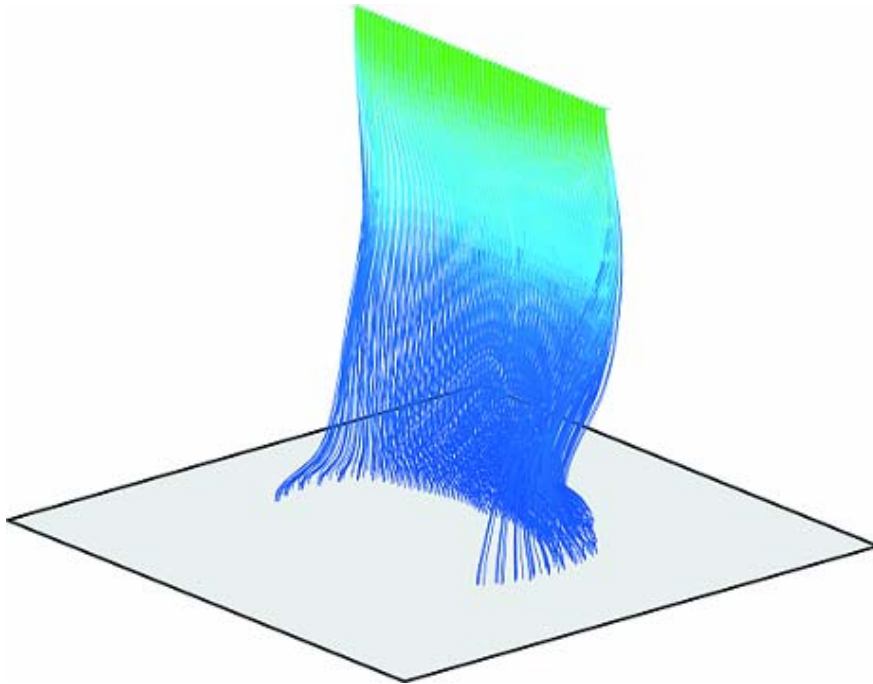


Faserdynamik

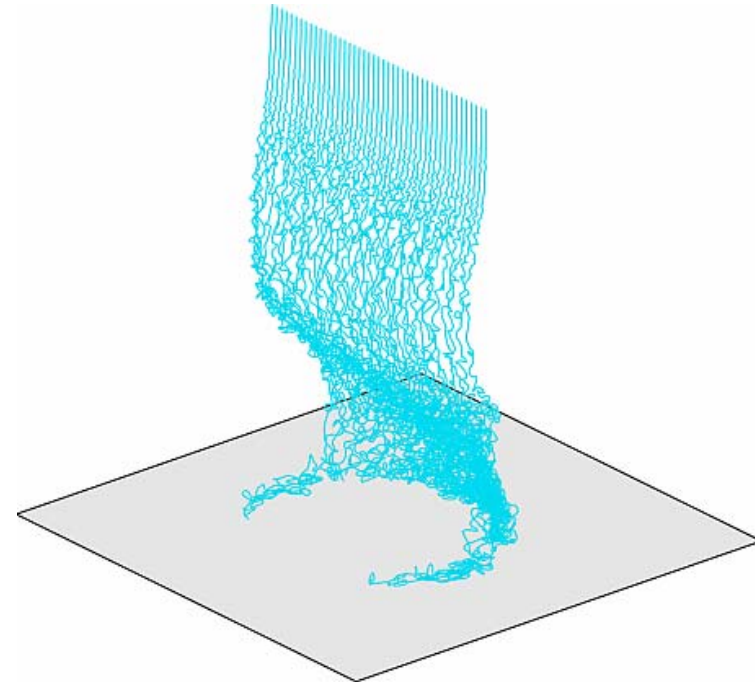


Simulationen bei periodisch schwenkender Luftströmung

Stromlinien der Luftströmung

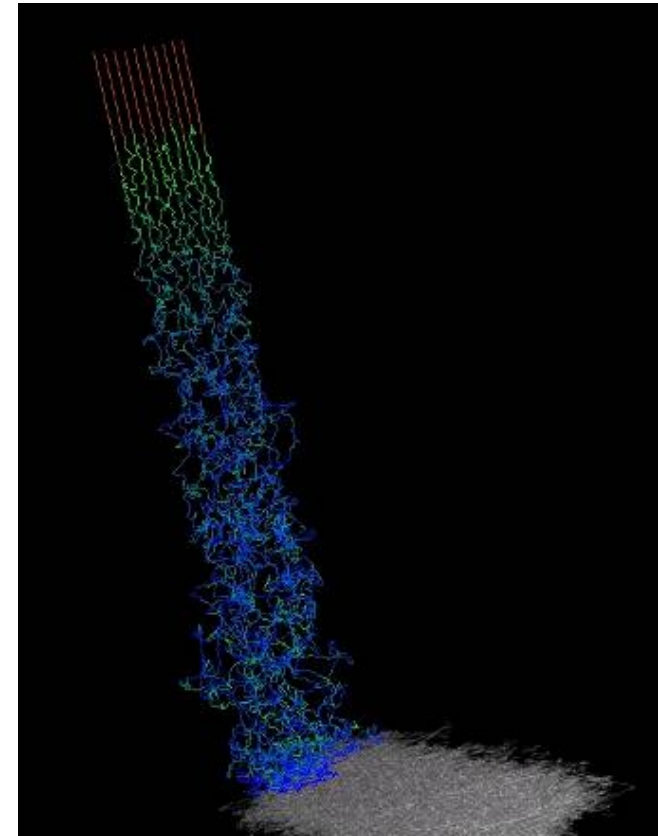


Faserdynamik



Anwendungsbereiche für Simulation und Optimierung

- Modellierung und Simulation der Faserdynamik in turbulenten Strömungen
- Simulationen als Ergänzung/Alternative zu Experimenten
 - Bewertung neuer technologischer Ideen
 - Optimierung durch systematische Parametervariation
 - Reduktion und gezielte Auswahl von Experimenten
- Anwendung in allen Bereichen, in denen Fasern oder Filamente entscheidend durch Strömungen beeinflusst werden



Gruppe Fluid-Struktur-Interaktion mit Schwerpunkt Faserdynamik



Dietmar Hietel



Sergej Antonov



Robert Feßler



Marco Günther



Ferdinand Olawsky



Renu Dhadwal



Aleksander Grm



Nicole Marheineke



Satyananda Panda

