

---

# Perfekte Nadeleinstichmuster durch simulationsbasierte Adaption

Christian Leithäuser und Dietmar Hietel  
Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM

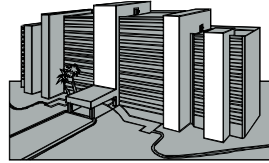
---



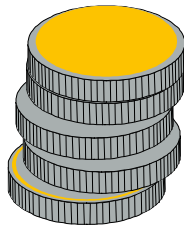
# Fraunhofer-Gesellschaft: Profil 2017



ca. 24 500  
Mitarbeiter



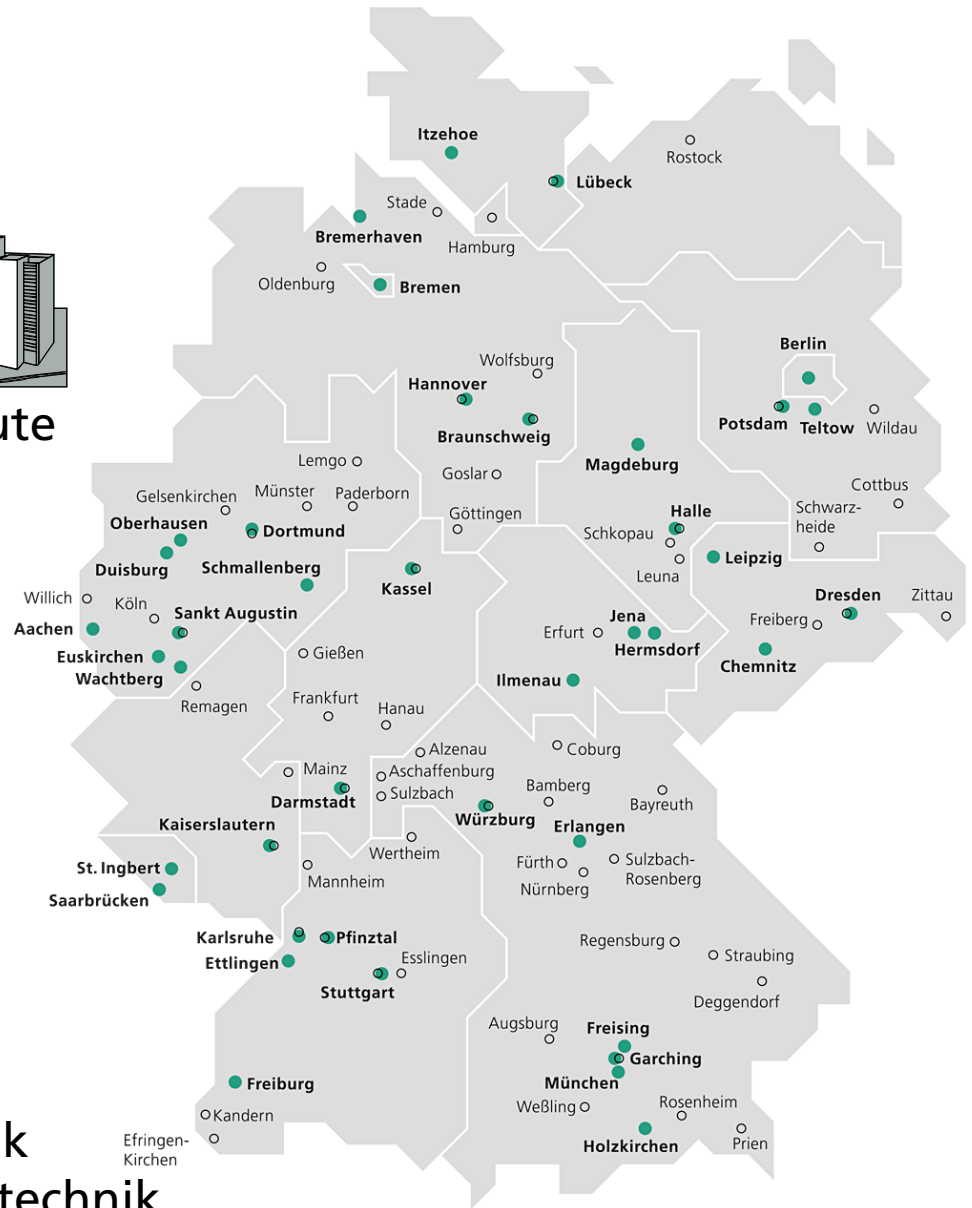
69 Institute



2,1 Mrd. €  
Budget

## 7 Verbünde

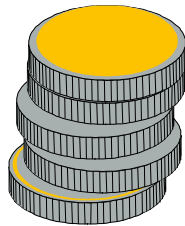
- Mikroelektronik
- Produktion
- **Informations- und Kommunikationstechnik**
- **Werkstoffe, Bauteile (Gast)**
- Life Sciences
- Oberflächentechnik und Photonik
- Verteidigungsforschung u. Wehrtechnik



# Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM Profil 2017



300  
Mitarbeiter



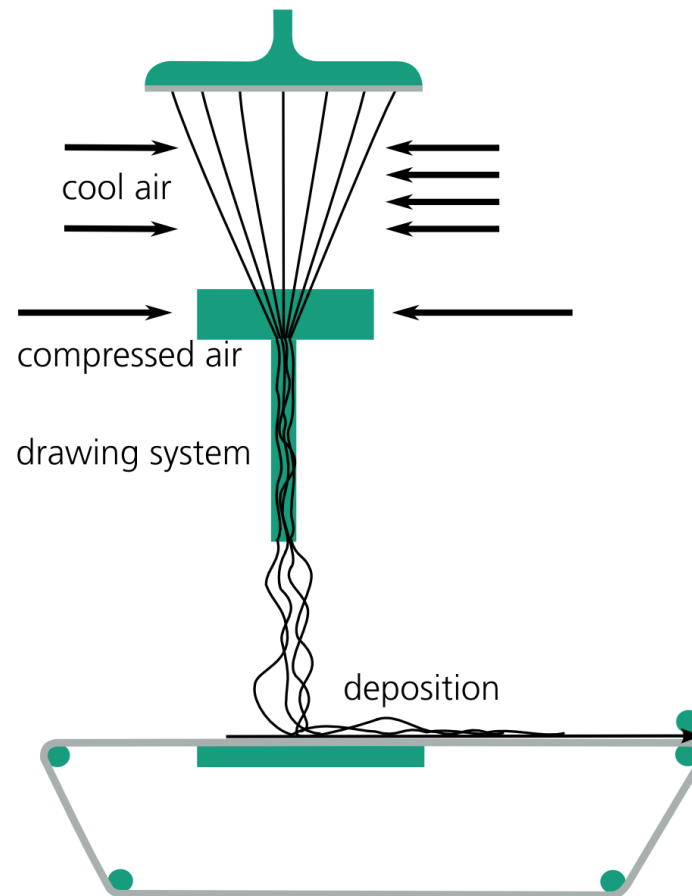
25 Mio. €  
Budget



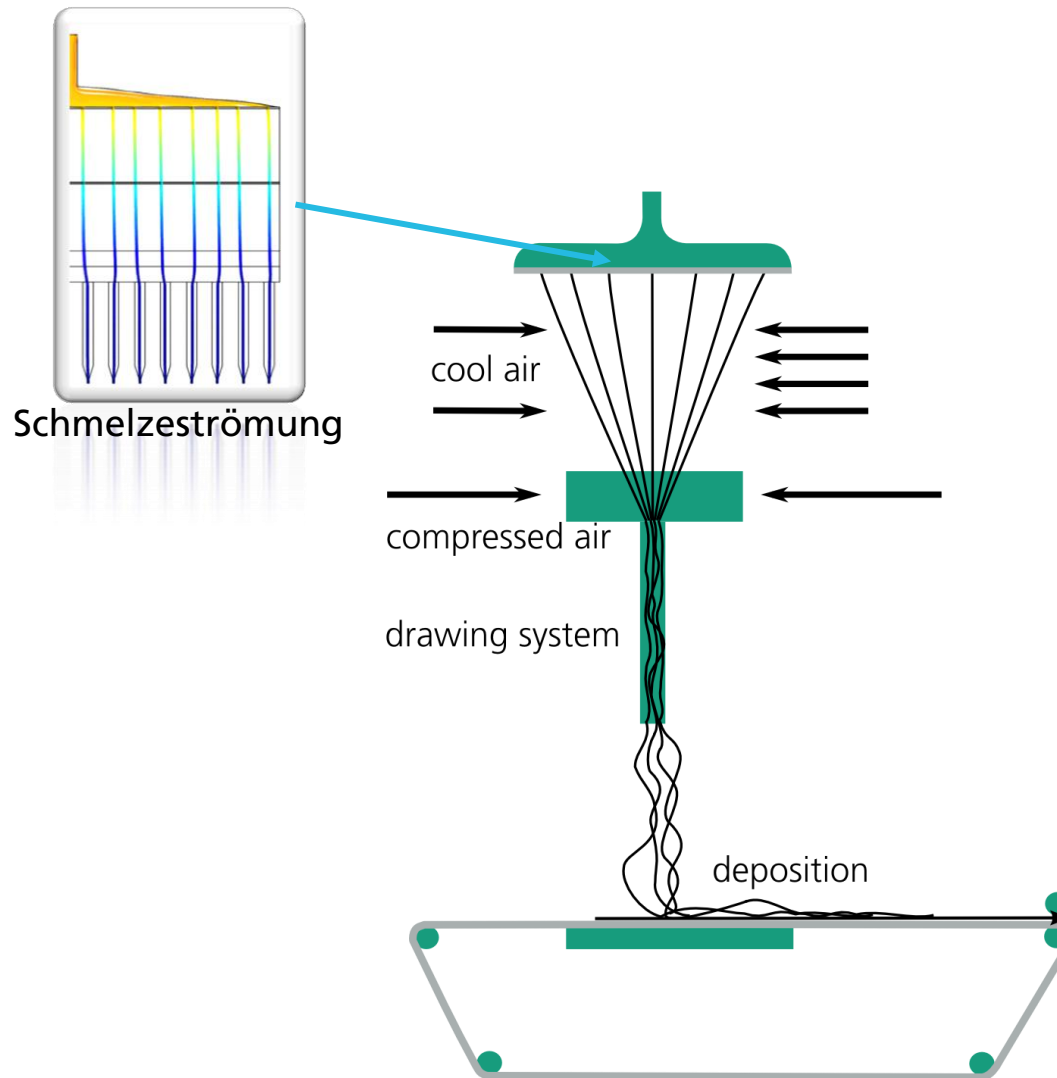
**ITWM Leitsatz: Mathematik ist Technologie**



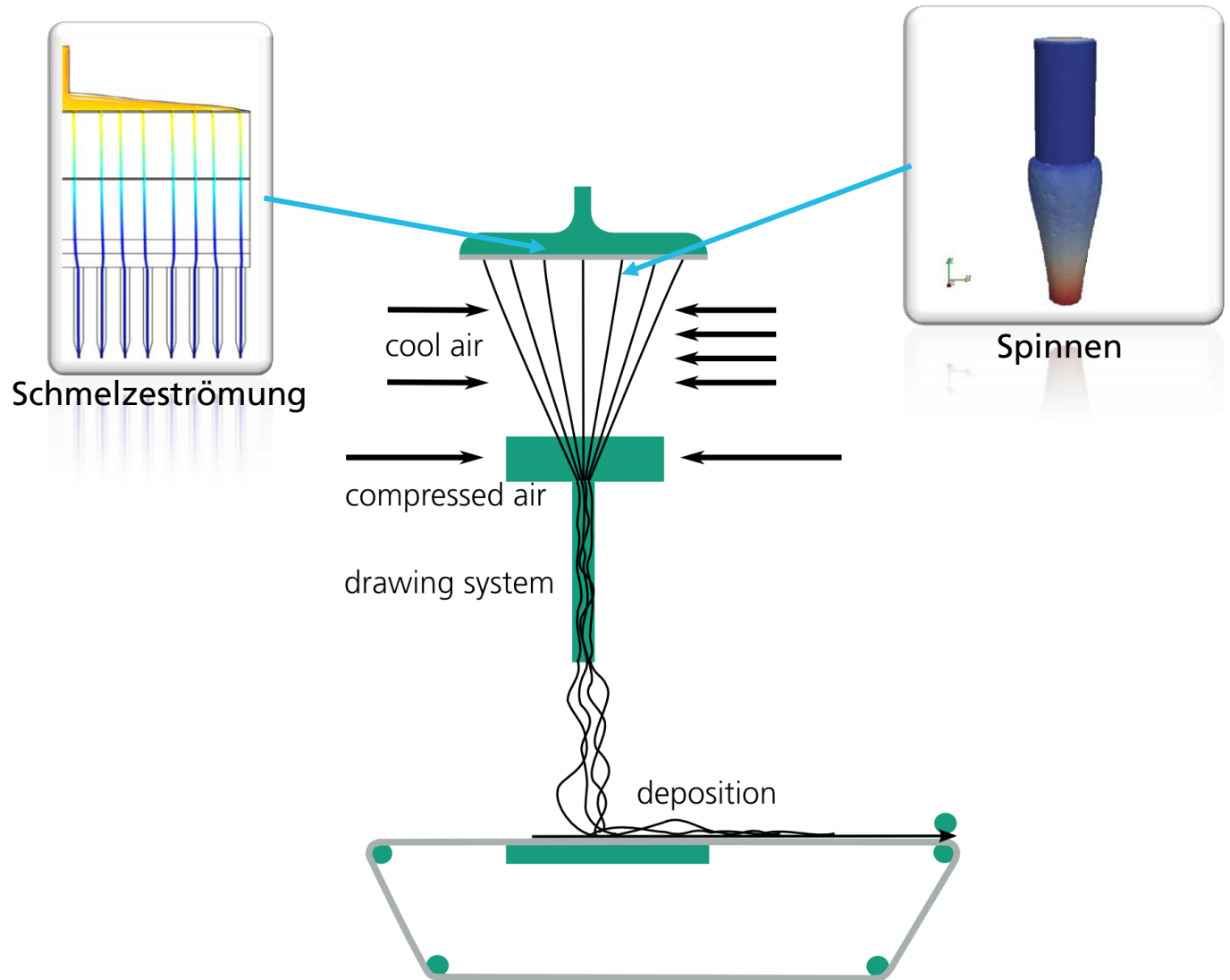
# Simulation entlang der Prozesskette für Vliesstoffe



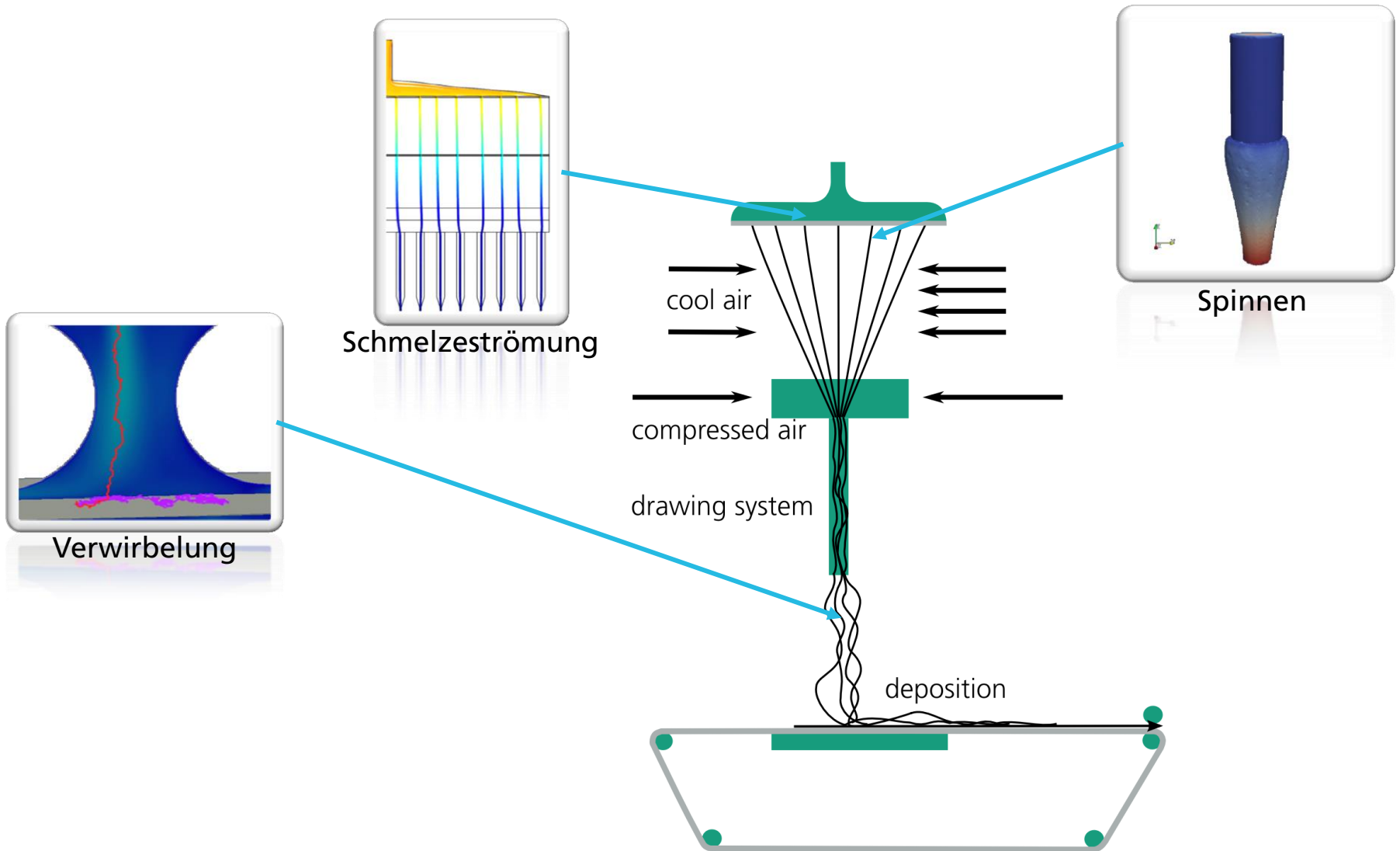
# Simulation entlang der Prozesskette für Vliesstoffe



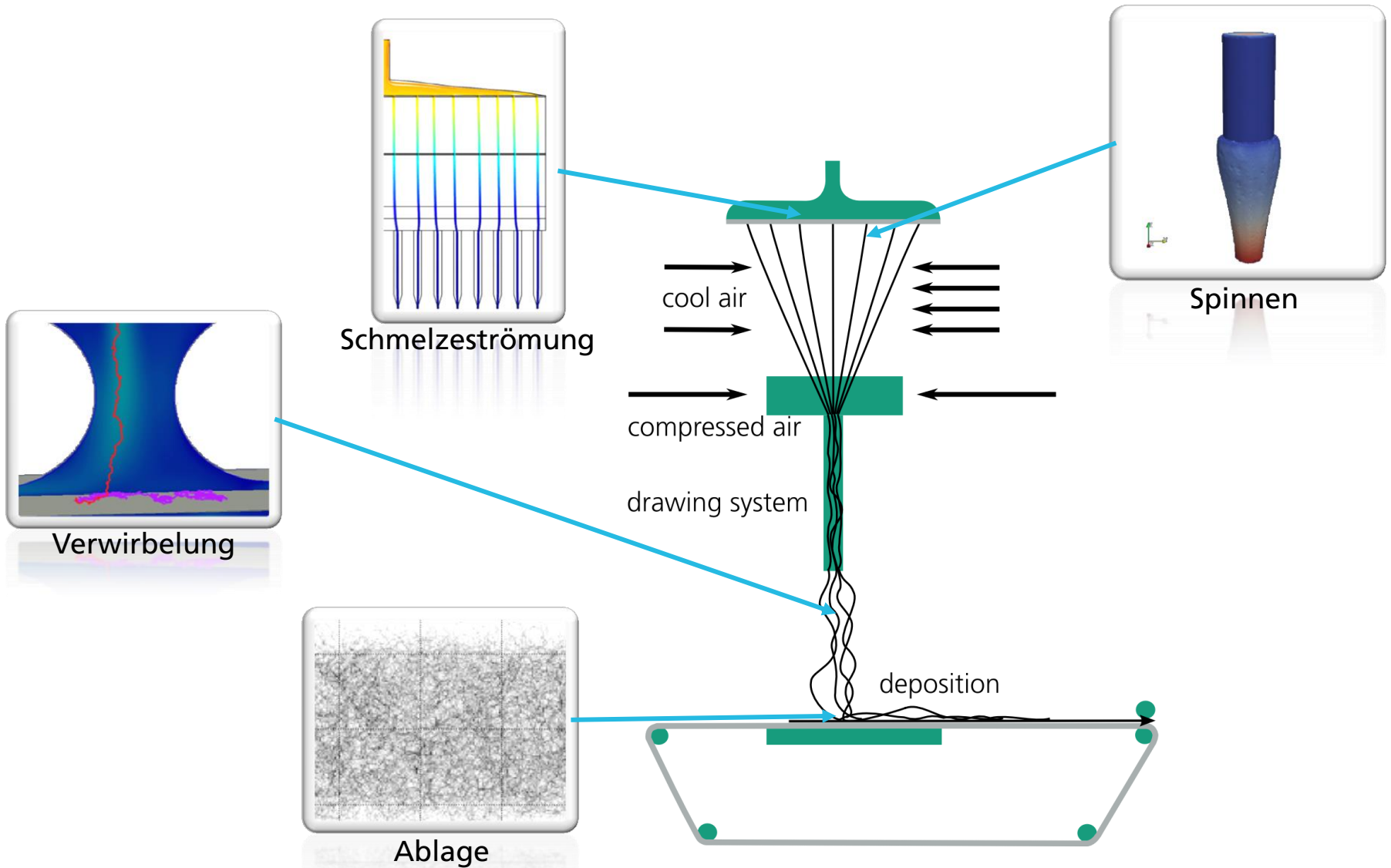
# Simulation entlang der Prozesskette für Vliesstoffe



# Simulation entlang der Prozesskette für Vliesstoffe

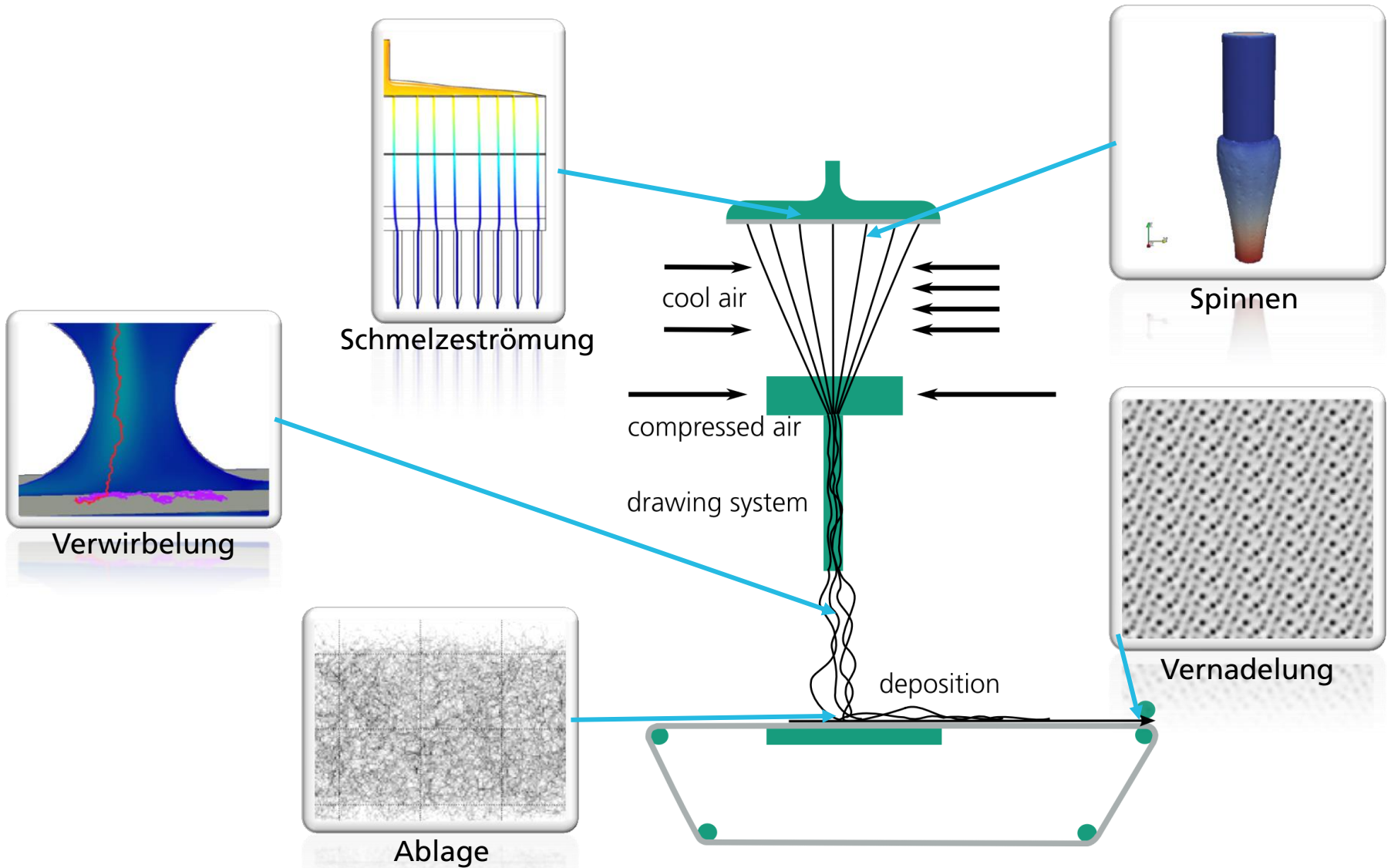


# Simulation entlang der Prozesskette für Vliesstoffe



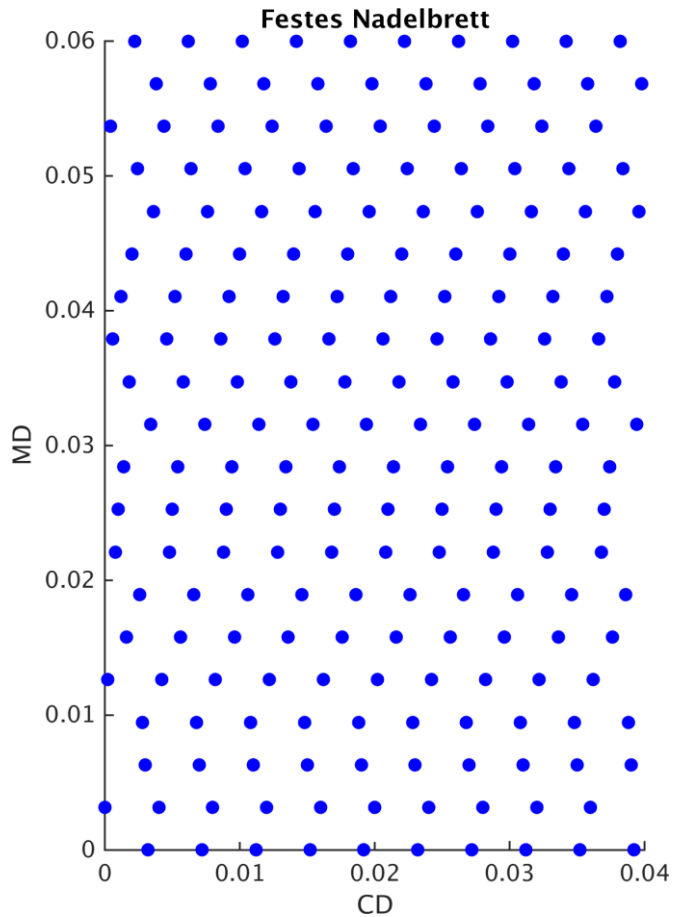


# Simulation entlang der Prozesskette für Vliesstoffe



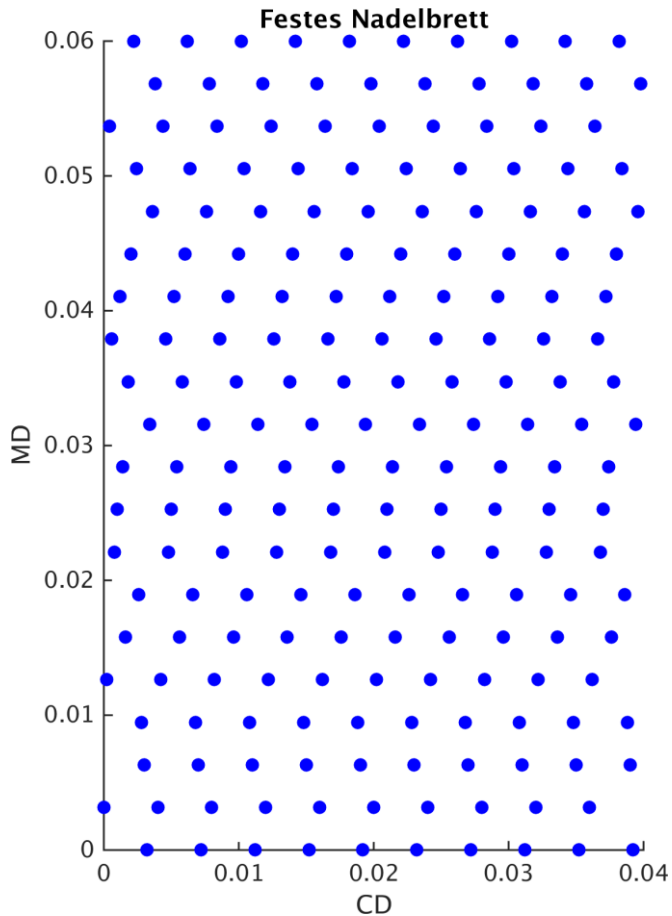
# Sensitivität Einstichmuster – Vorschub 3.5 mm

## Nadelbrett

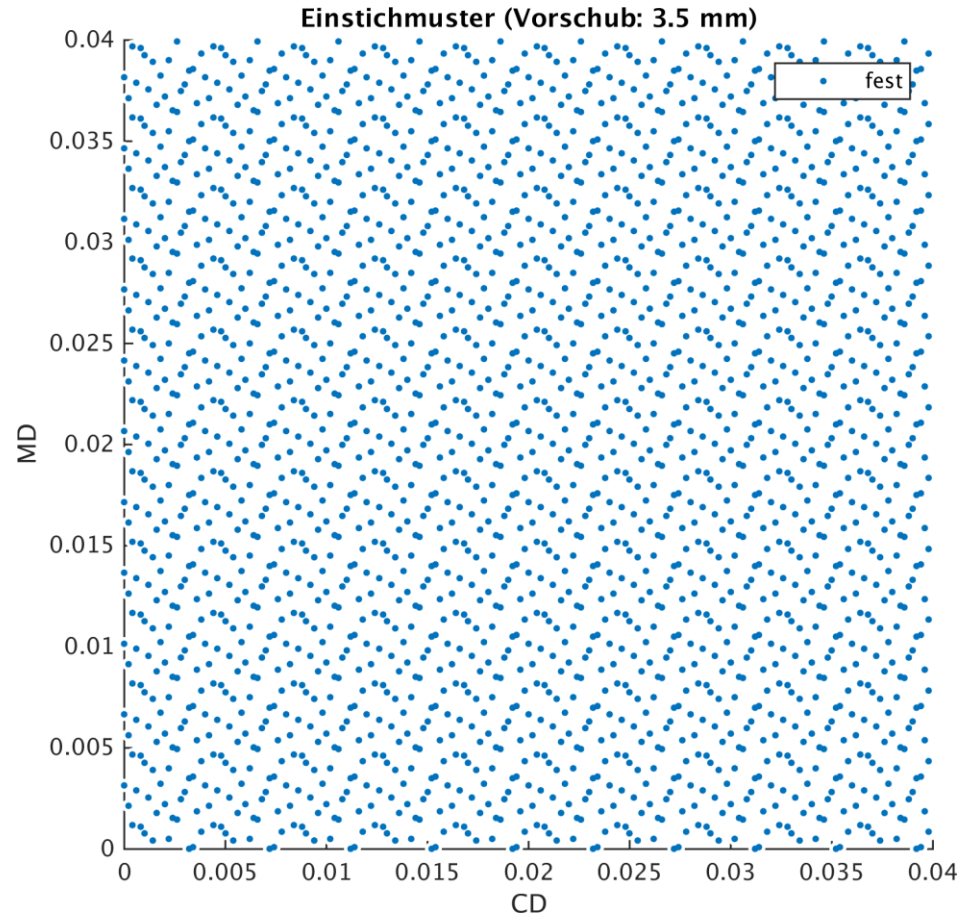


# Sensitivität Einstichmuster – Vorschub 3.5 mm

## Nadelbrett

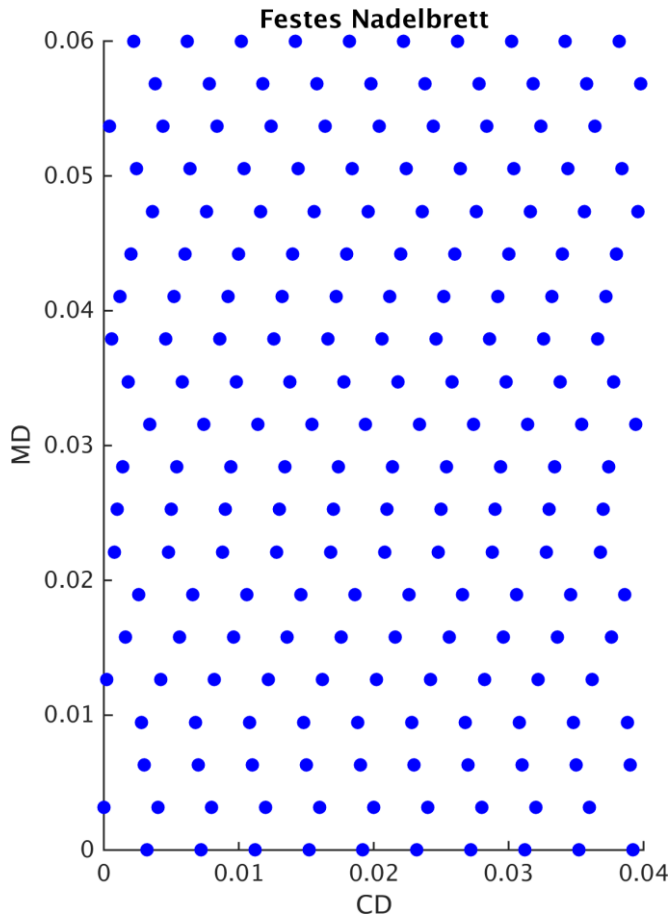


## Einstichmuster

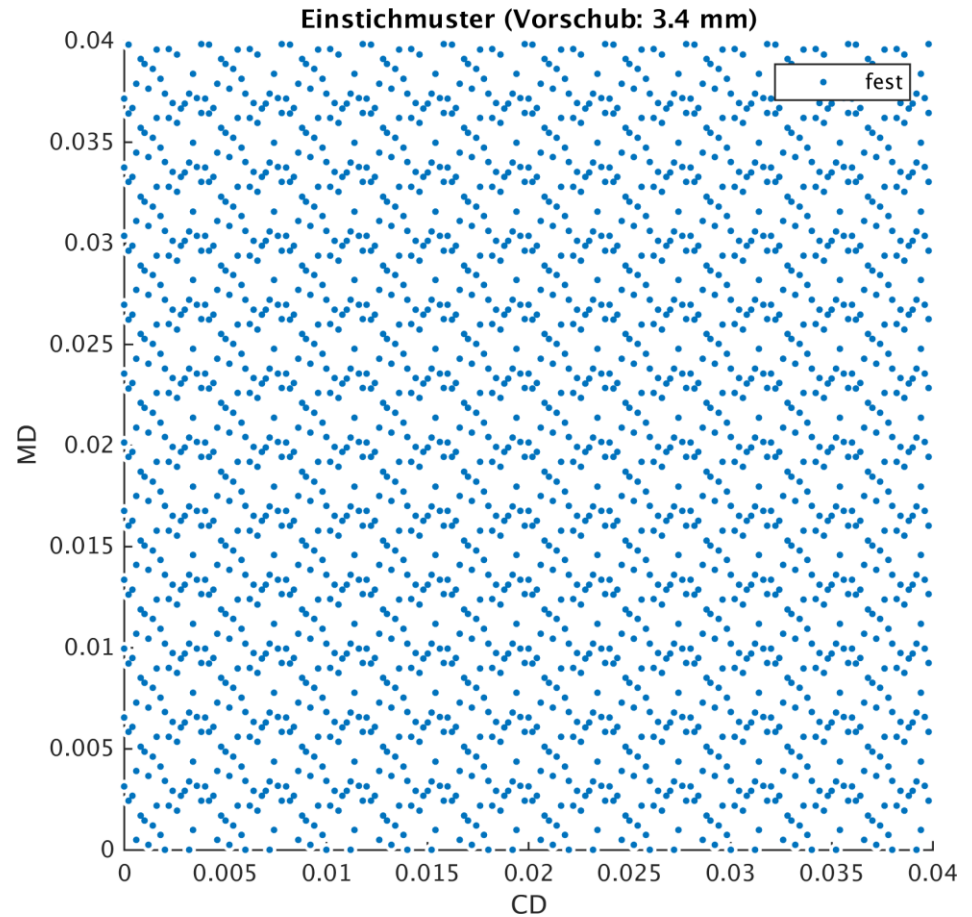


# Sensitivität Einstichmuster – Vorschub 3.4 mm

## Nadelbrett

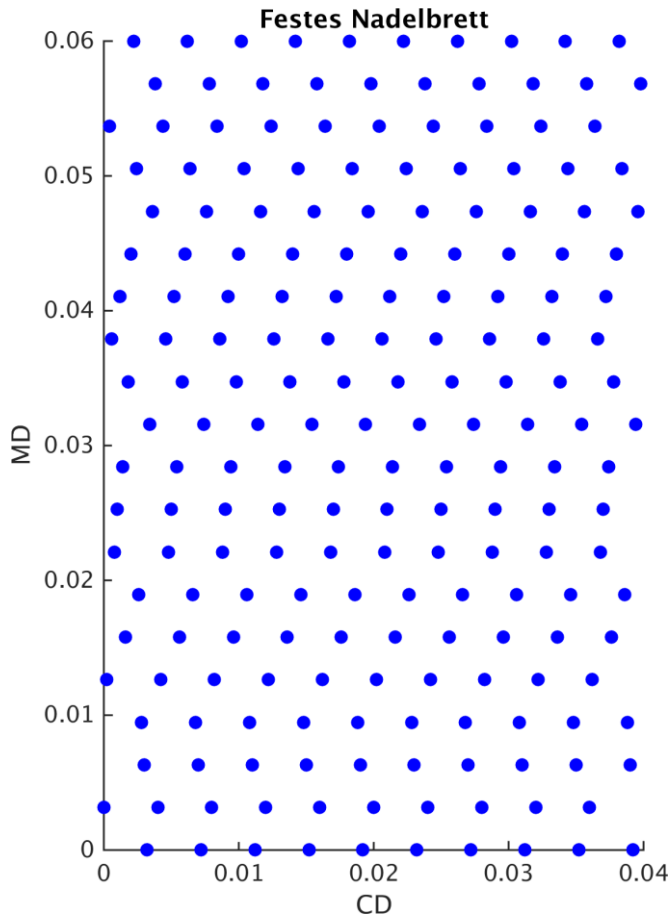


## Einstichmuster

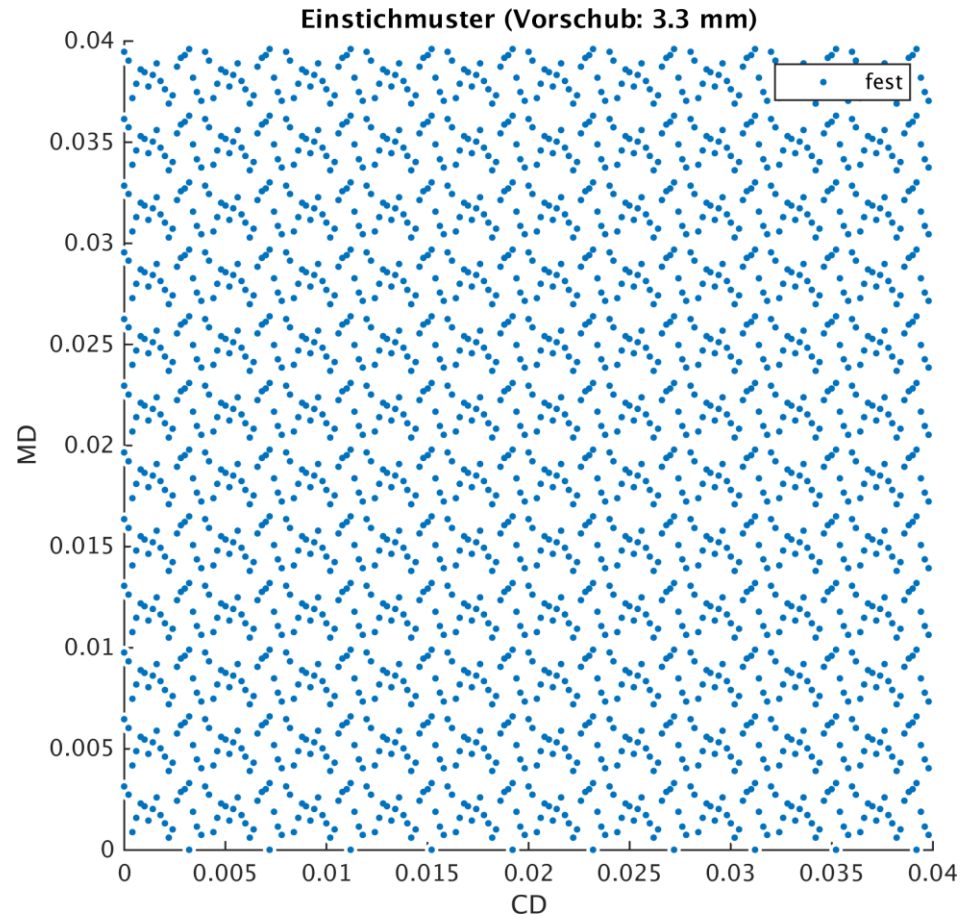


# Sensitivität Einstichmuster – Vorschub 3.3 mm

## Nadelbrett

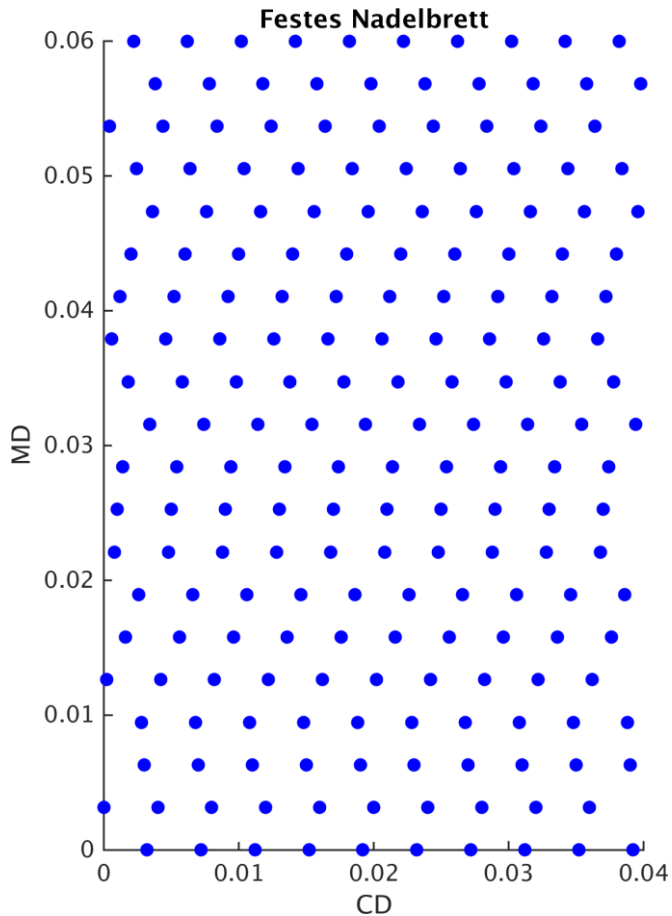


## Einstichmuster

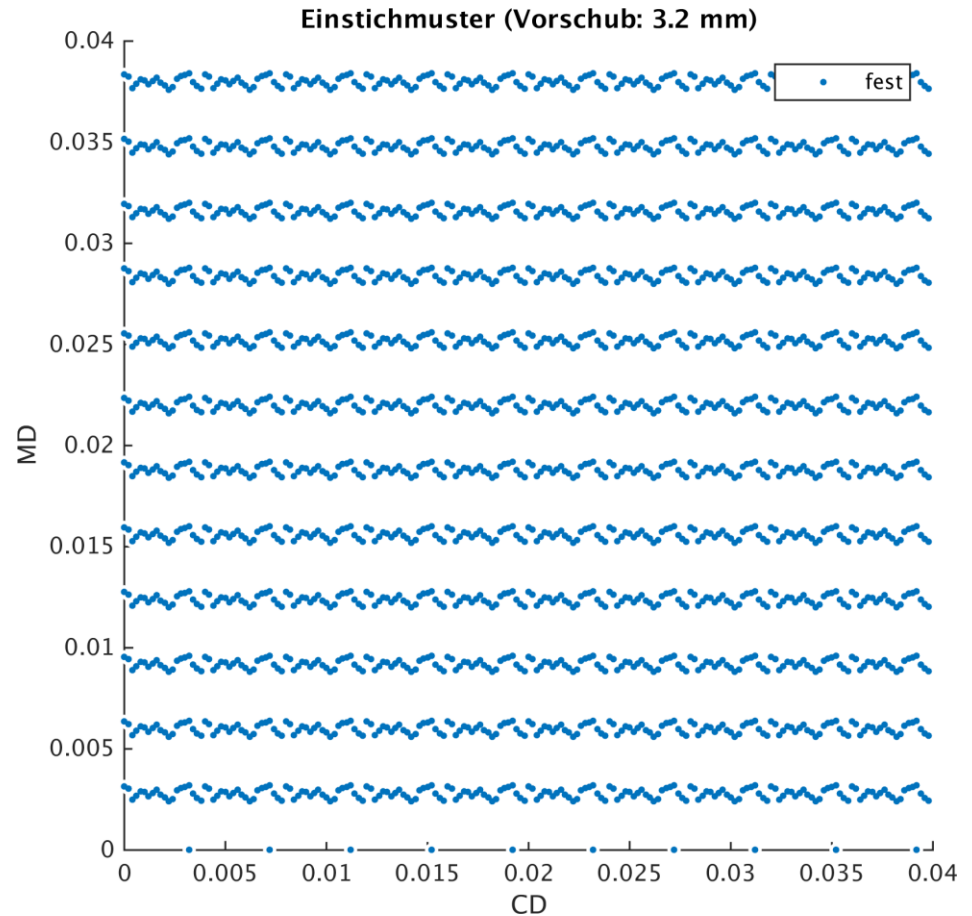


# Sensitivität Einstichmuster – Vorschub 3.2 mm

## Nadelbrett



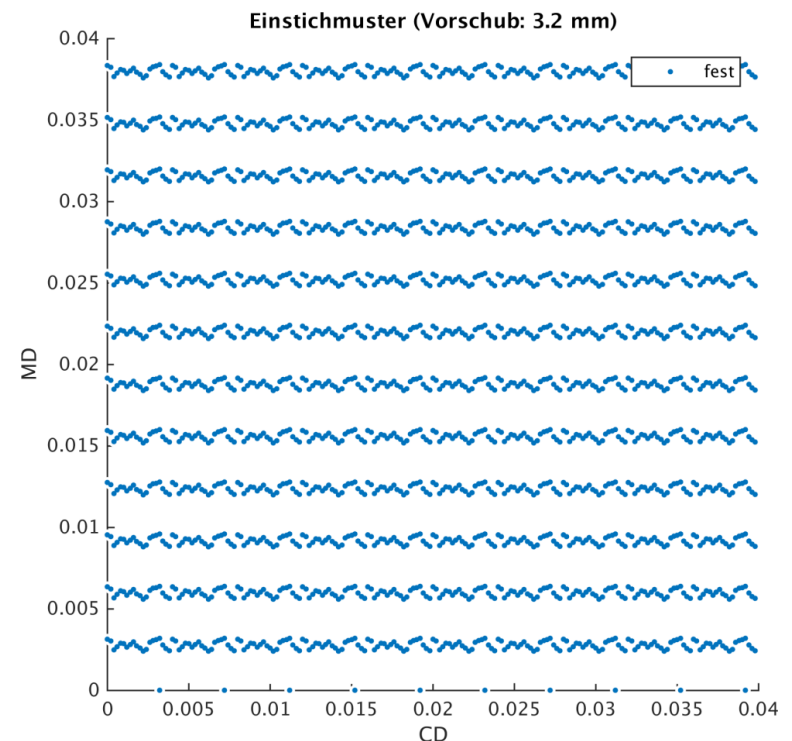
## Einstichmuster



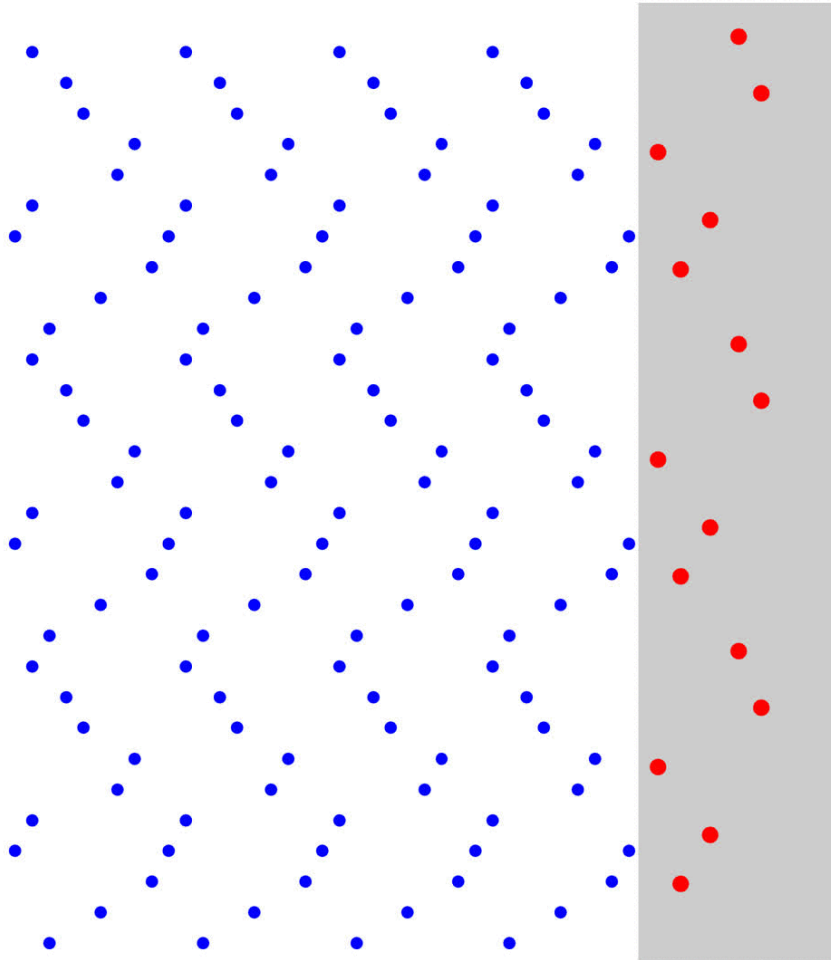


# Warum ist ein adaptierbares Nadelbrett sinnvoll?

- Extreme Sensitivität der Einstichposition.
- Änderung des Vorschubs um 0,1 mm (3%) führt zu komplett anderem Nadeleinstichbild.
- Einzelnes Nadelbrett ist nie für alle Vorschubbereiche geeignet.



# Vision: DILO-Variopunch

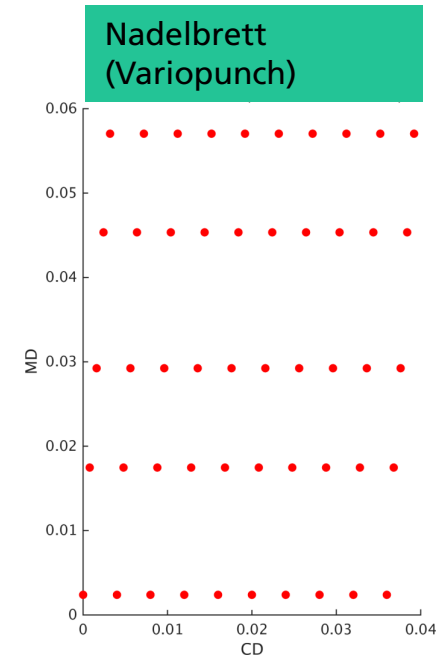
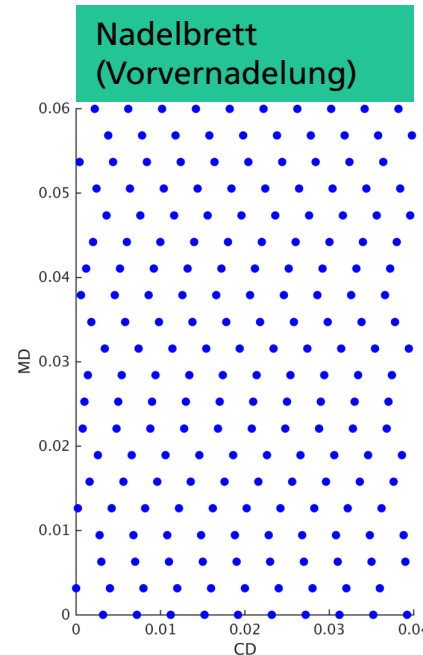




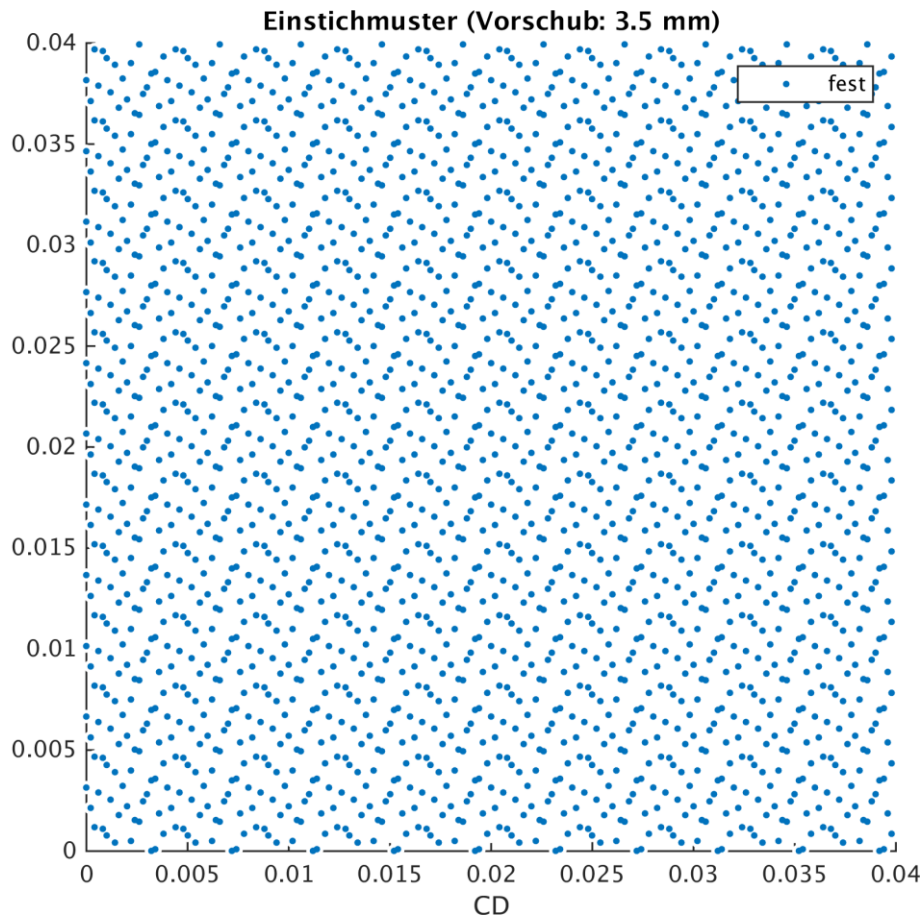
# Demoszenario DILO-Variopunch

Wir betrachten eine Vernadelungsstrecke mit 2 Nadelbrettern:

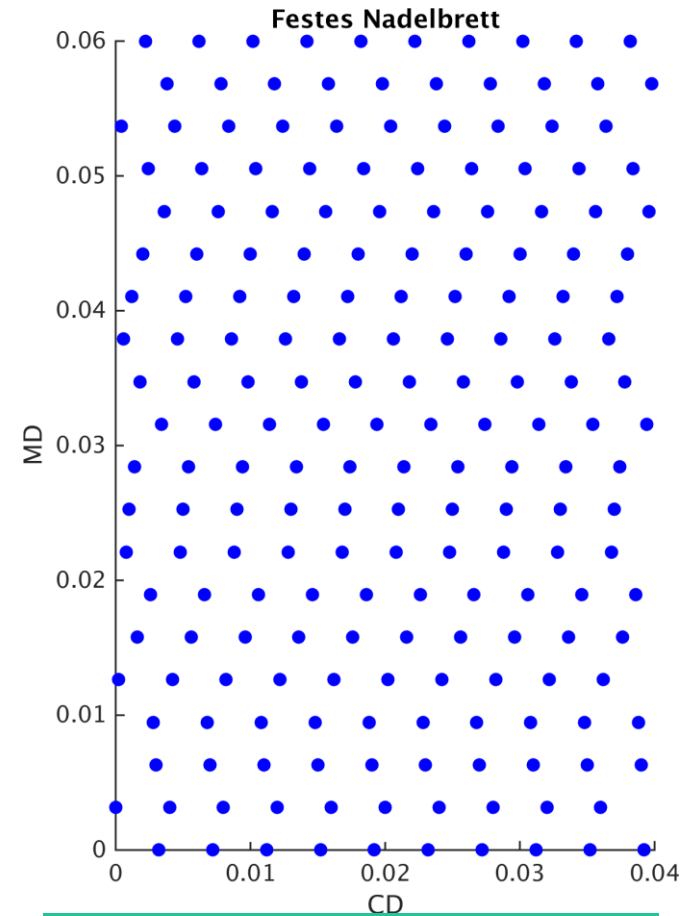
- Festes Nadelbrett (blau)
  - Nadeln pro Meter: 5000
  - Teilungsintervall: 4 mm
  - Nadeln pro Teilungsintervall: 20
- Vario-Nadelbrett (rot)
  - Nadeln pro Meter: 1250
  - Teilungsintervall: 4 mm
  - Nadeln pro Teilungsintervall: 5
  - Verschiebung der Nadeln möglich



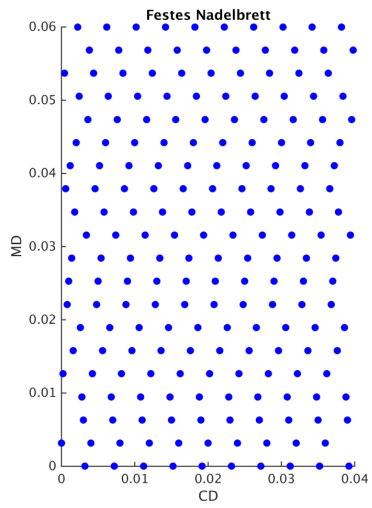
# Einstichmuster (Vorschub: 3.5 mm)



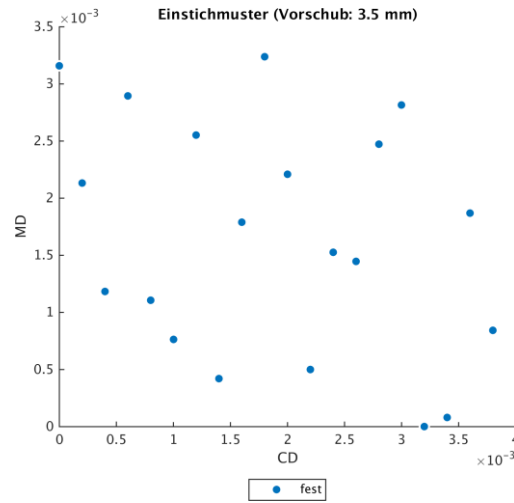
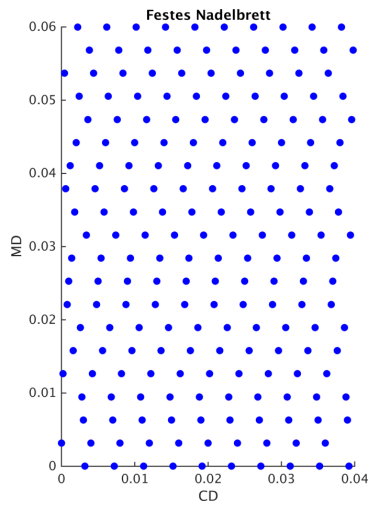
Muster: Ohne Variopunch



Nadelbrett (Vorvernadelung)

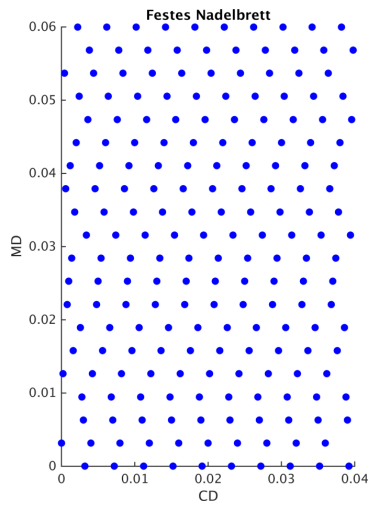


## Nadelbrett

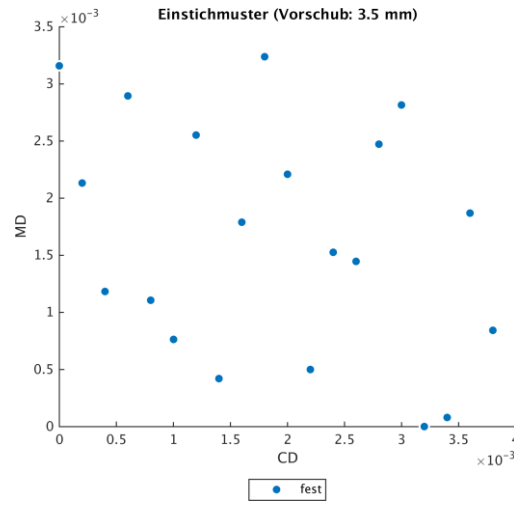


Nadelbrett

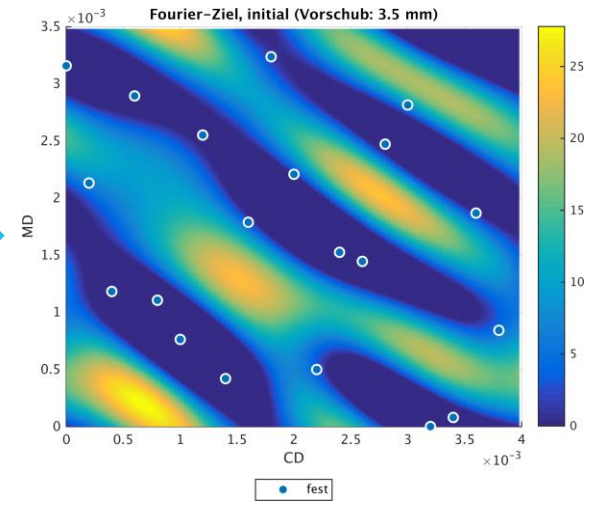
Einstichmuster  
(periodische Zelle)



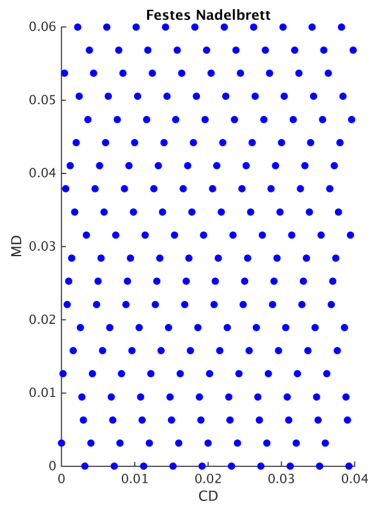
Nadelbrett



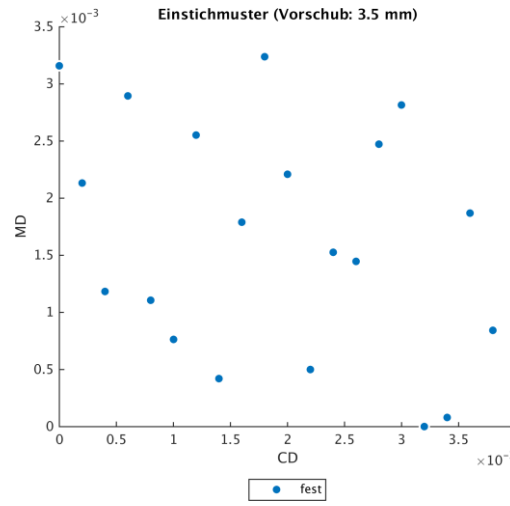
Einstichmuster  
(periodische Zelle)



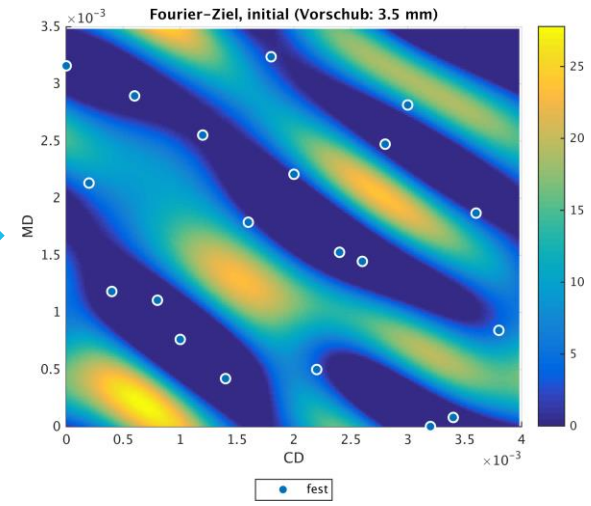
Bewertung: Wo  
fehlen Einstiche?



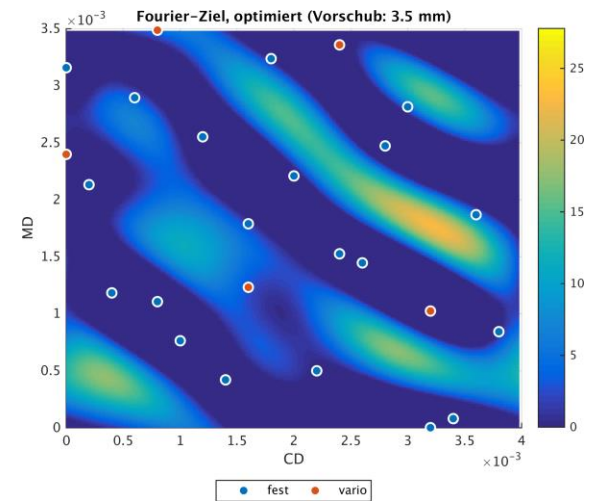
Nadelbrett

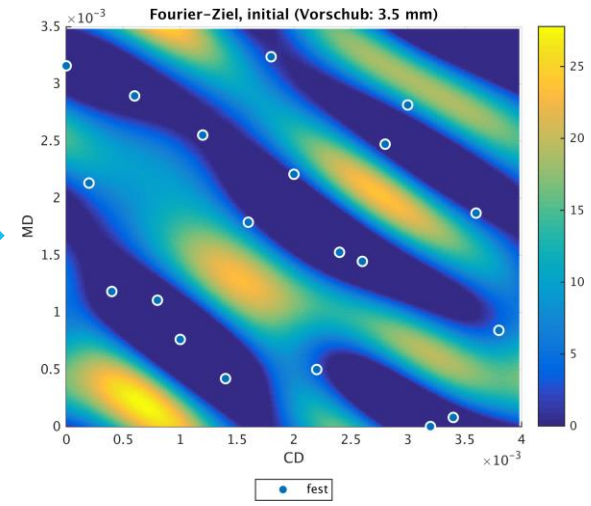
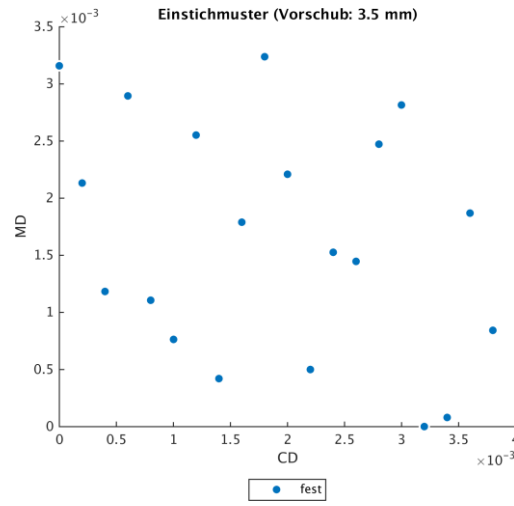
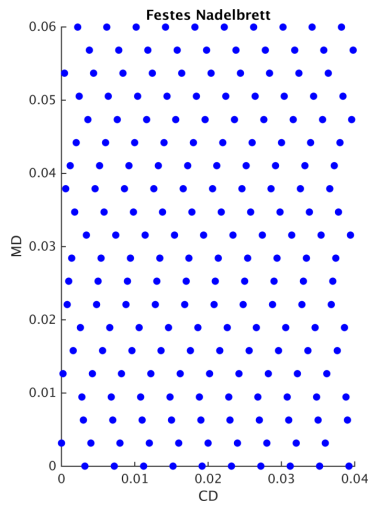


Einstichmuster  
(periodische Zelle)



Bewertung: Wo  
fehlen Einstiche?

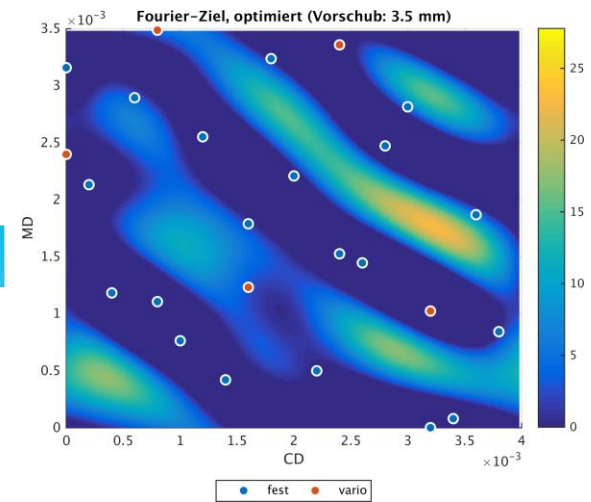
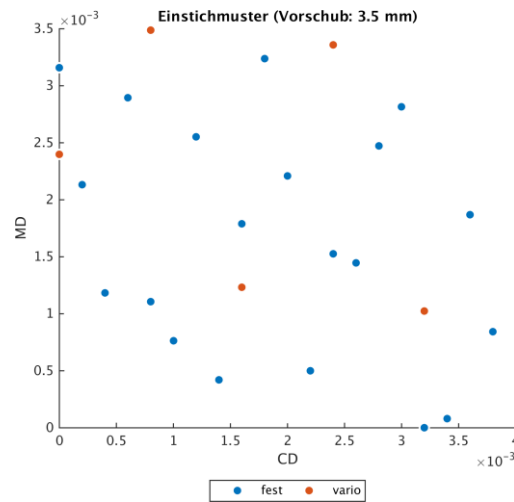


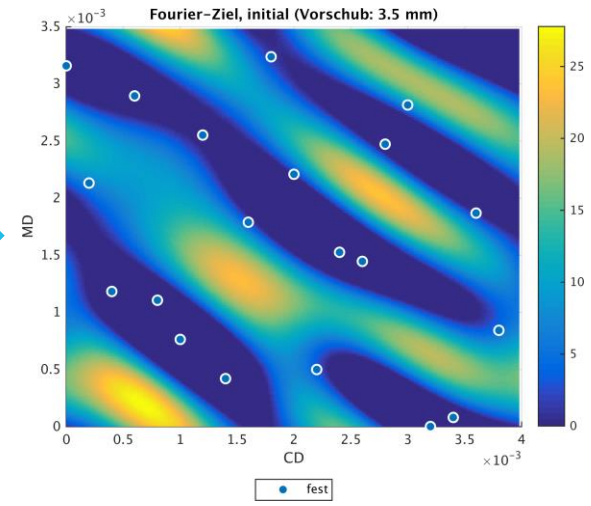
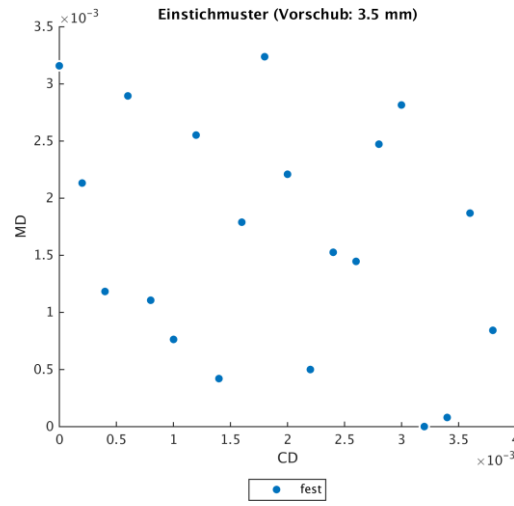
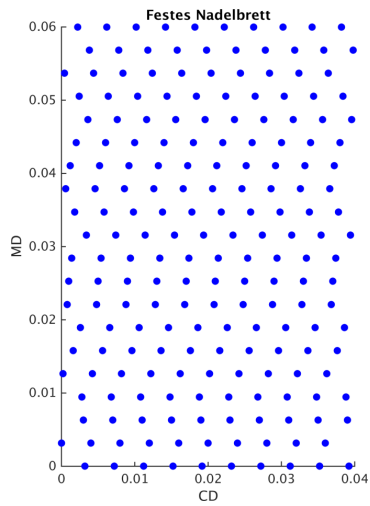


Nadelbrett

Einstichmuster  
(periodische Zelle)

Bewertung: Wo  
fehlen Einstiche?

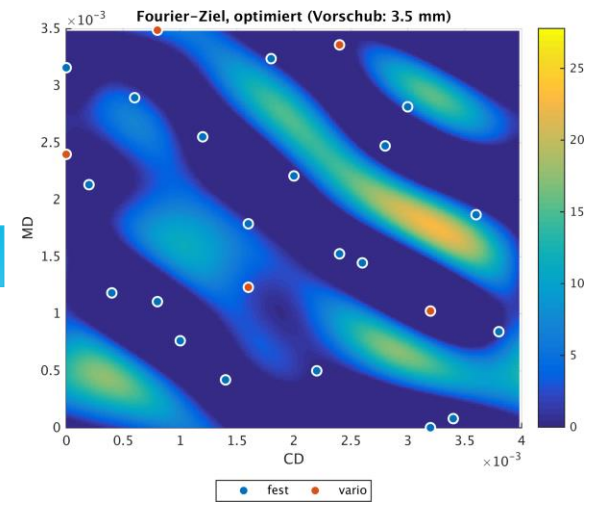
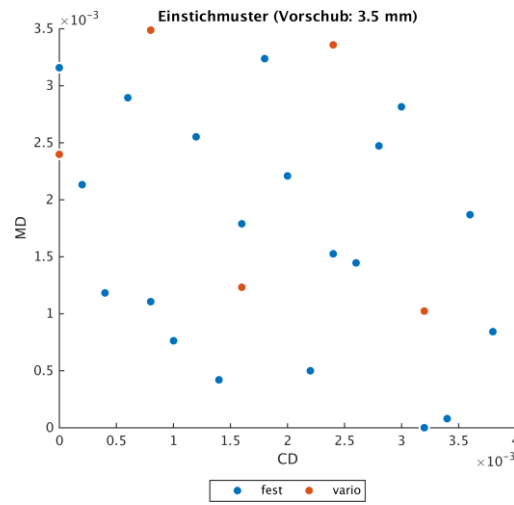
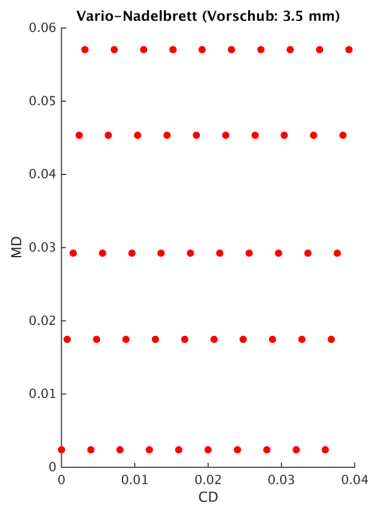




Nadelbrett

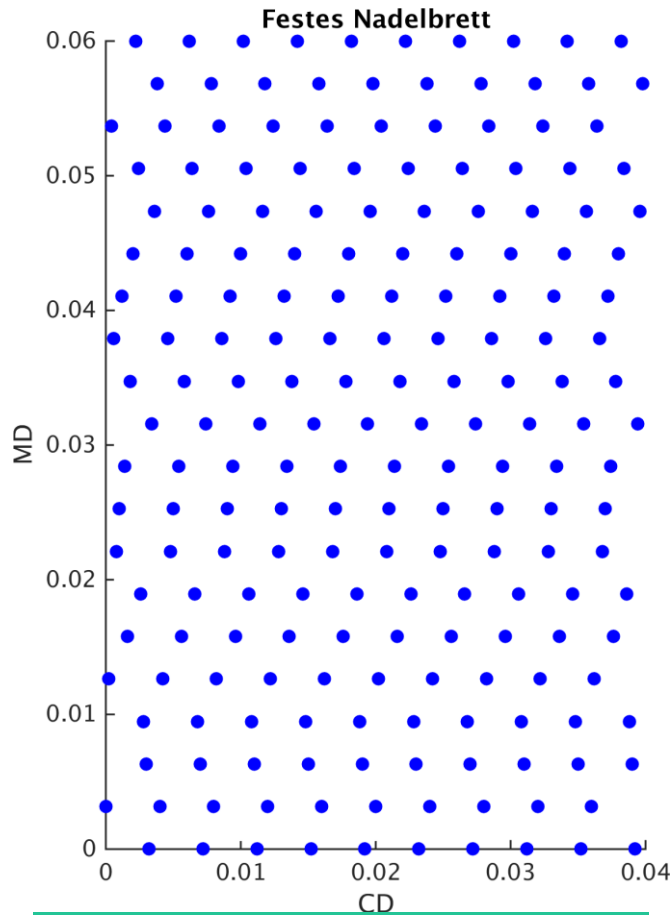
Einstichmuster  
(periodische Zelle)

Bewertung: Wo  
fehlen Einstiche?

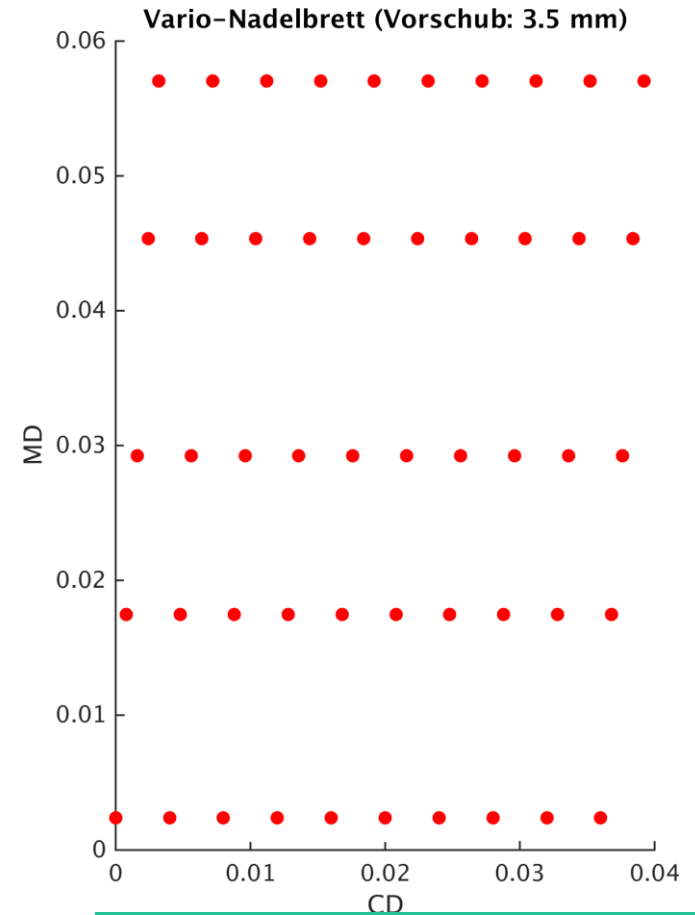




# Nadelbretter

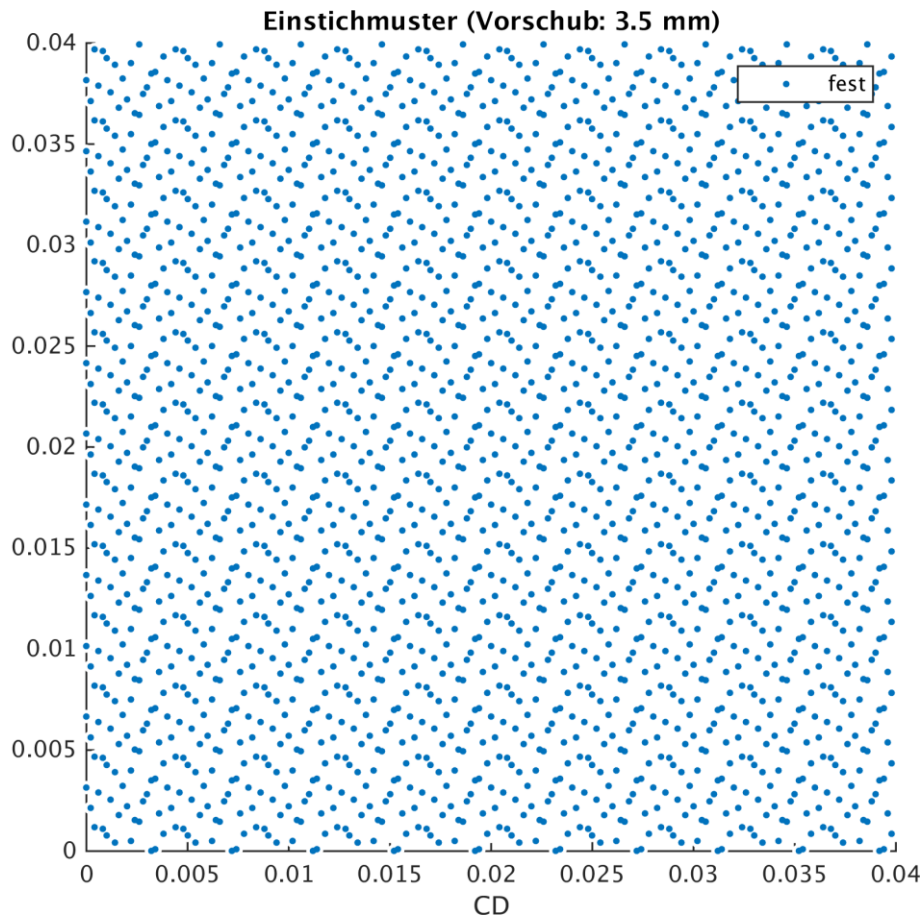


Nadelbrett (Vorvernadelung)



Nadelbrett (Variopunch)

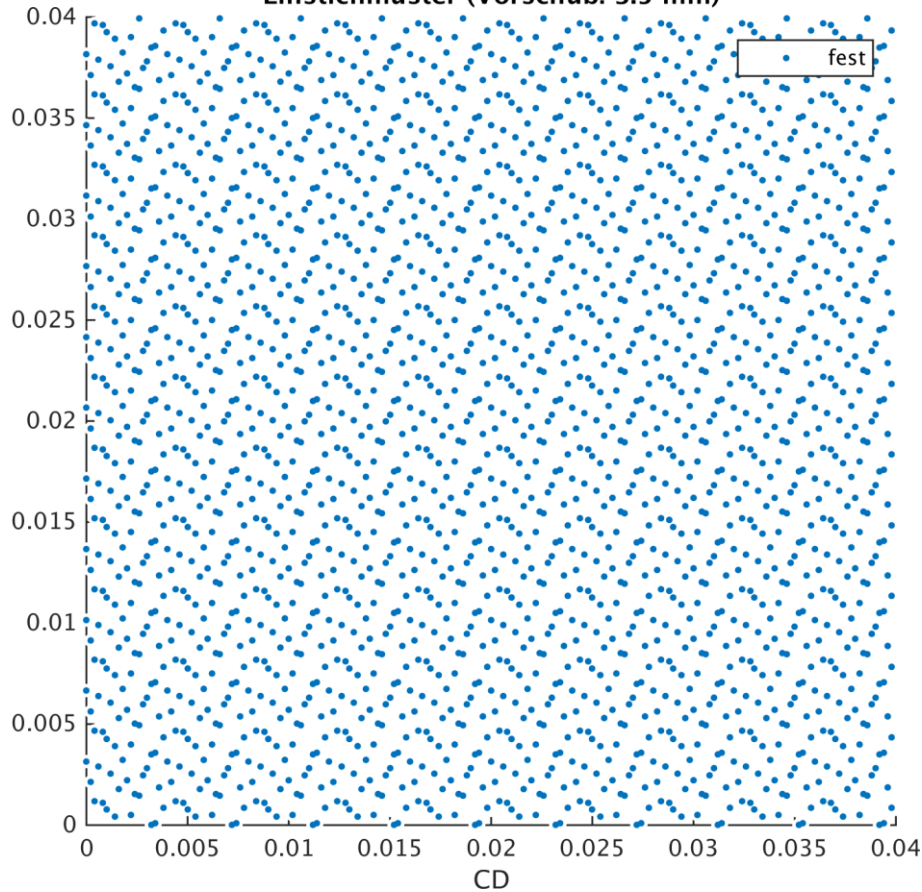
# Einstichmuster (Vorschub: 3.5 mm)



Muster: Ohne Variopunch

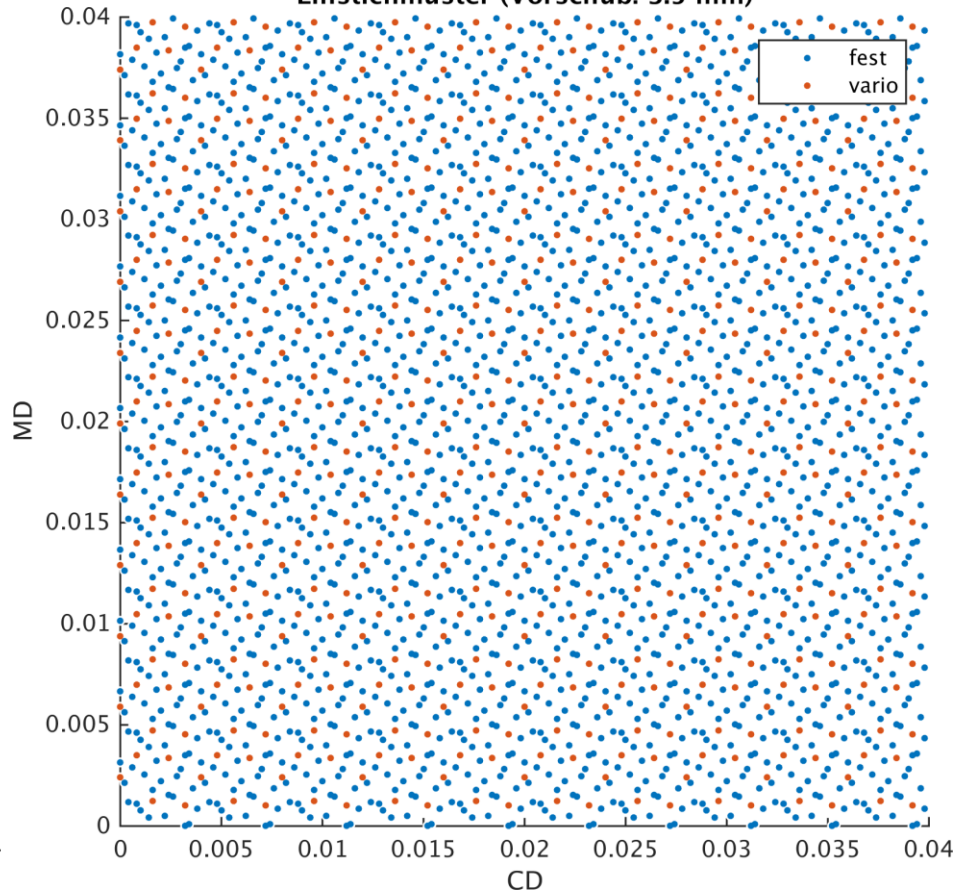
# Einstichmuster (Vorschub: 3.5 mm)

Einstichmuster (Vorschub: 3.5 mm)



Muster: Ohne Variopunch

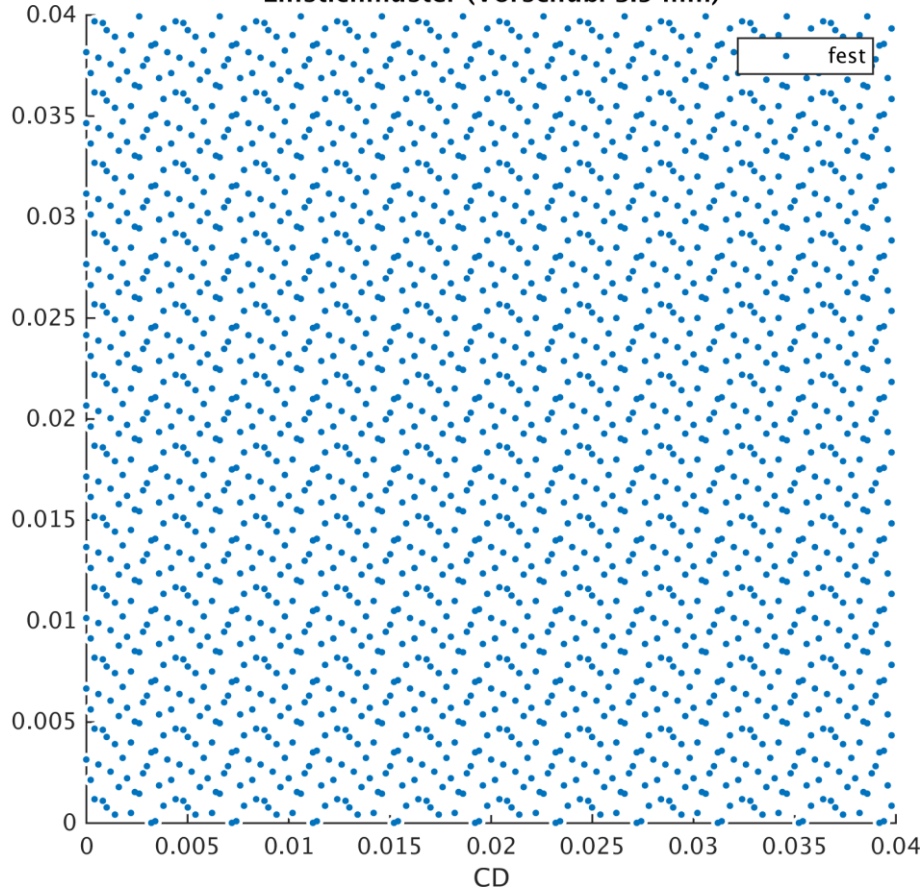
Einstichmuster (Vorschub: 3.5 mm)



Muster: Mit Variopunch

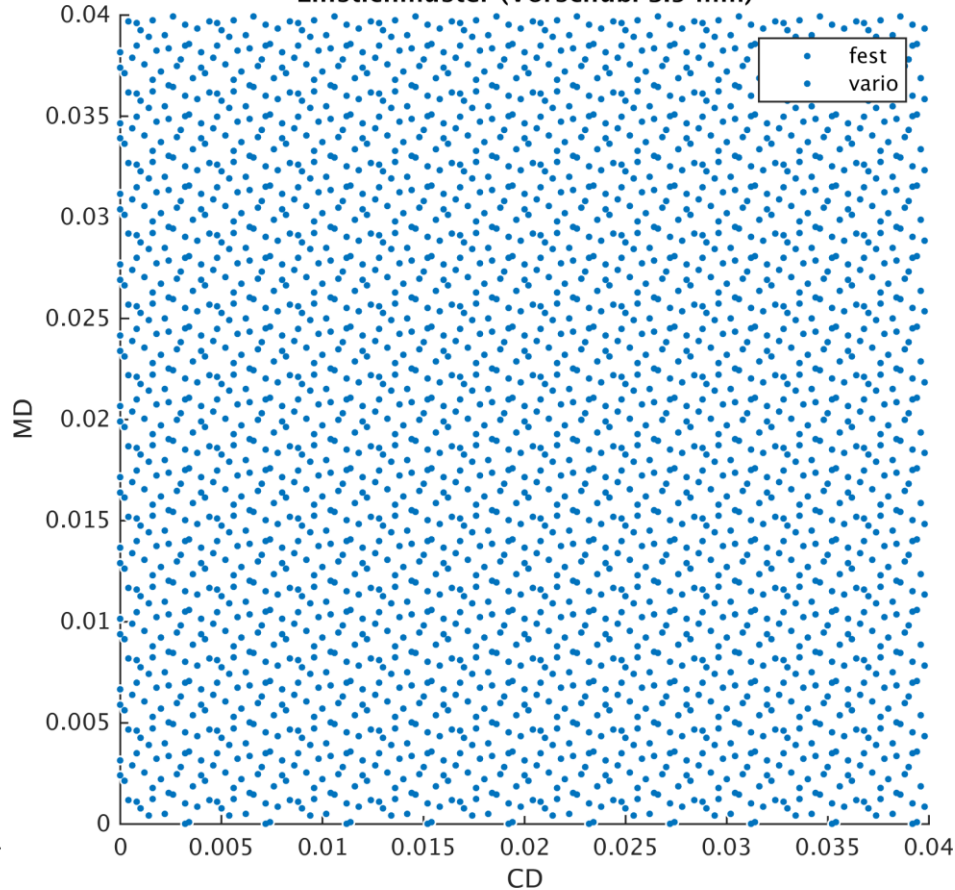
# Einstichmuster (Vorschub: 3.5 mm)

Einstichmuster (Vorschub: 3.5 mm)



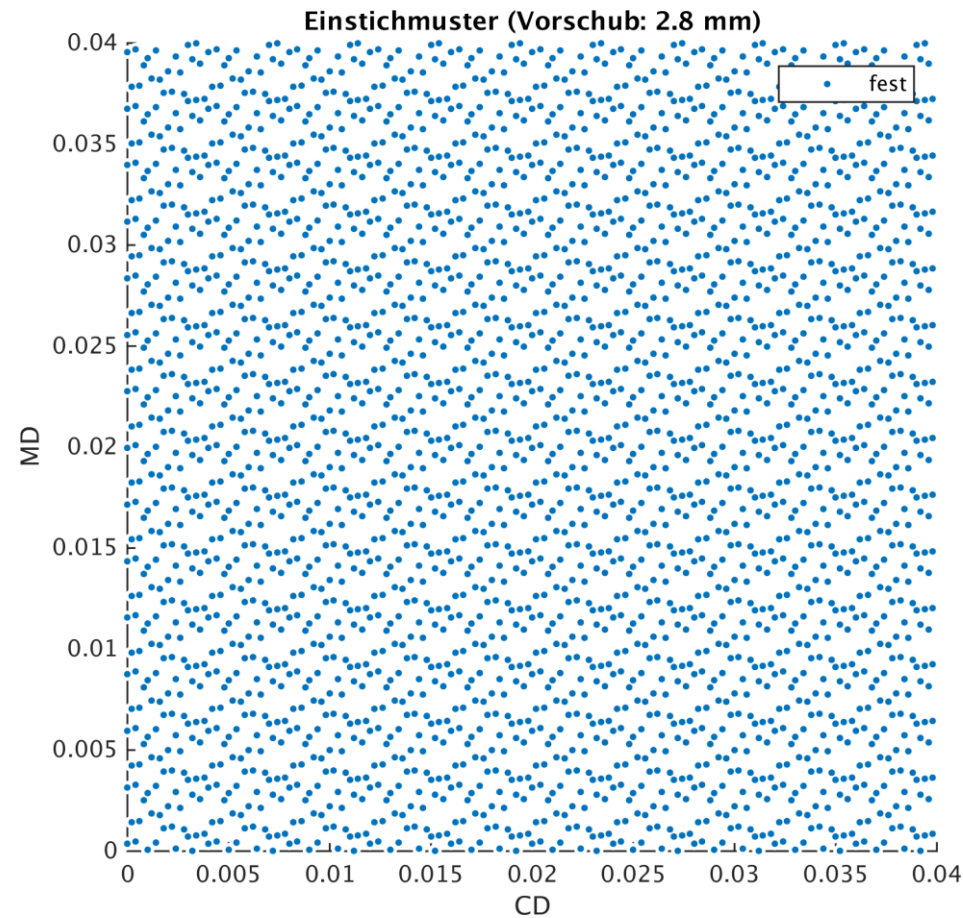
Muster: Ohne Variopunch

Einstichmuster (Vorschub: 3.5 mm)



Muster: Mit Variopunch

# Einstichmuster (Vorschub: 2.8 mm)

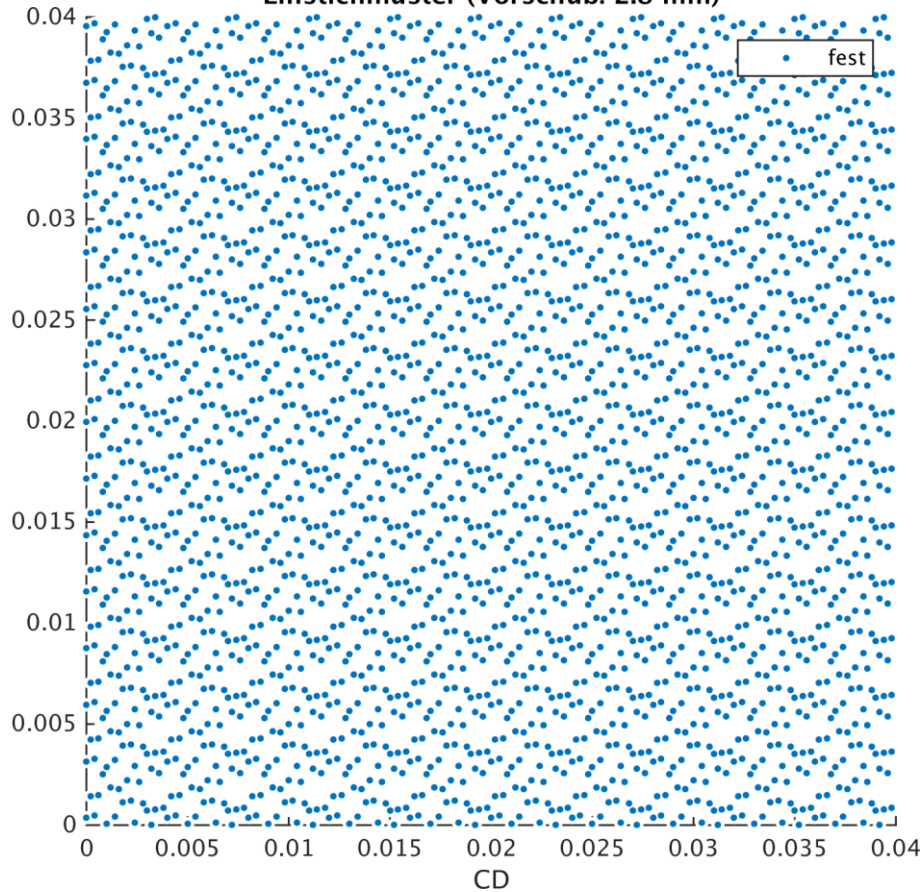


Muster: Ohne Variopunch



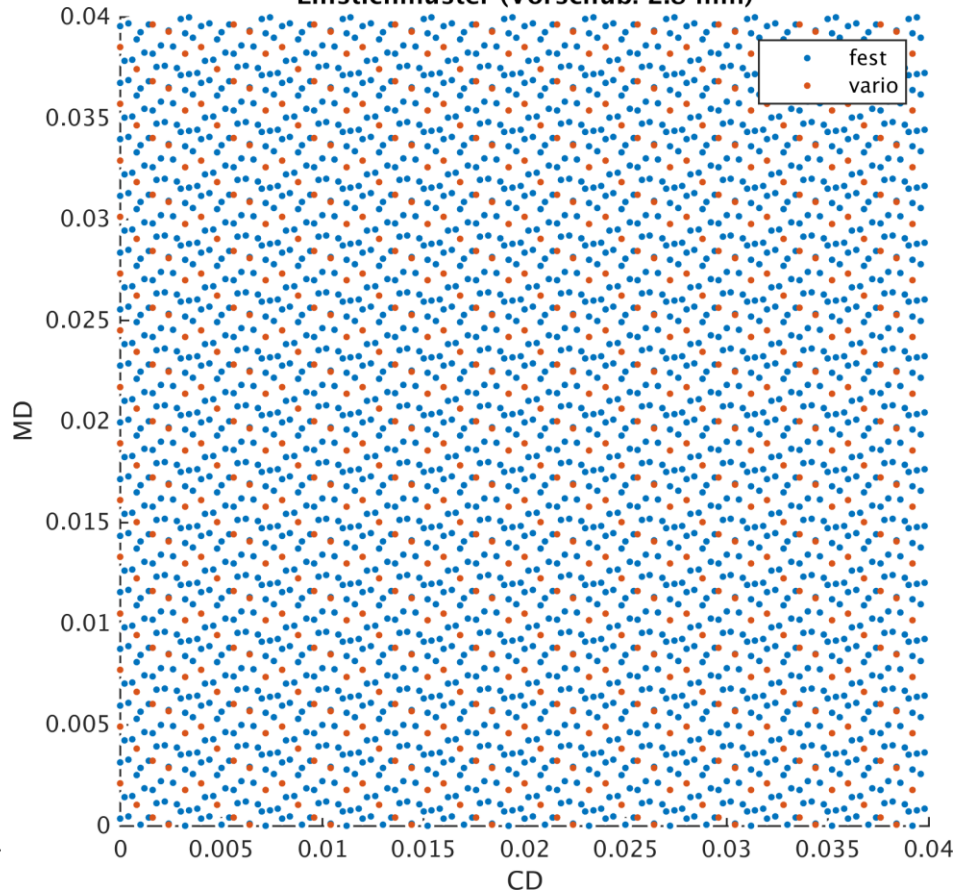
# Einstichmuster (Vorschub: 2.8 mm)

Einstichmuster (Vorschub: 2.8 mm)



Muster: Ohne Variopunch

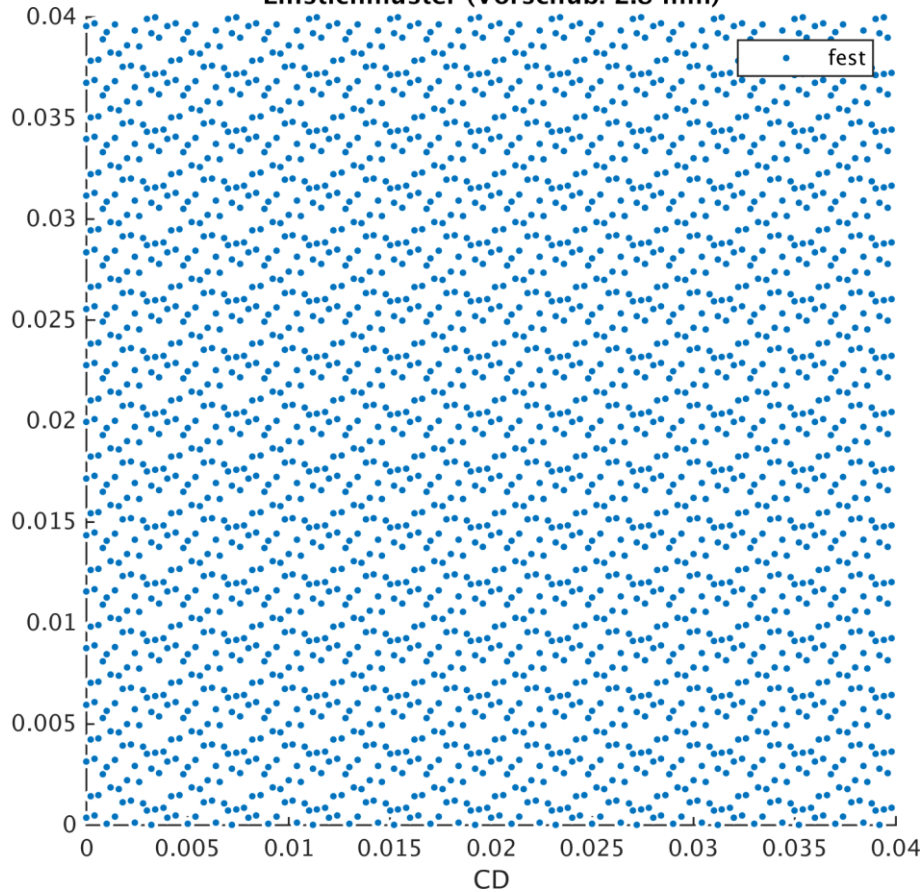
Einstichmuster (Vorschub: 2.8 mm)



Muster: Mit Variopunch

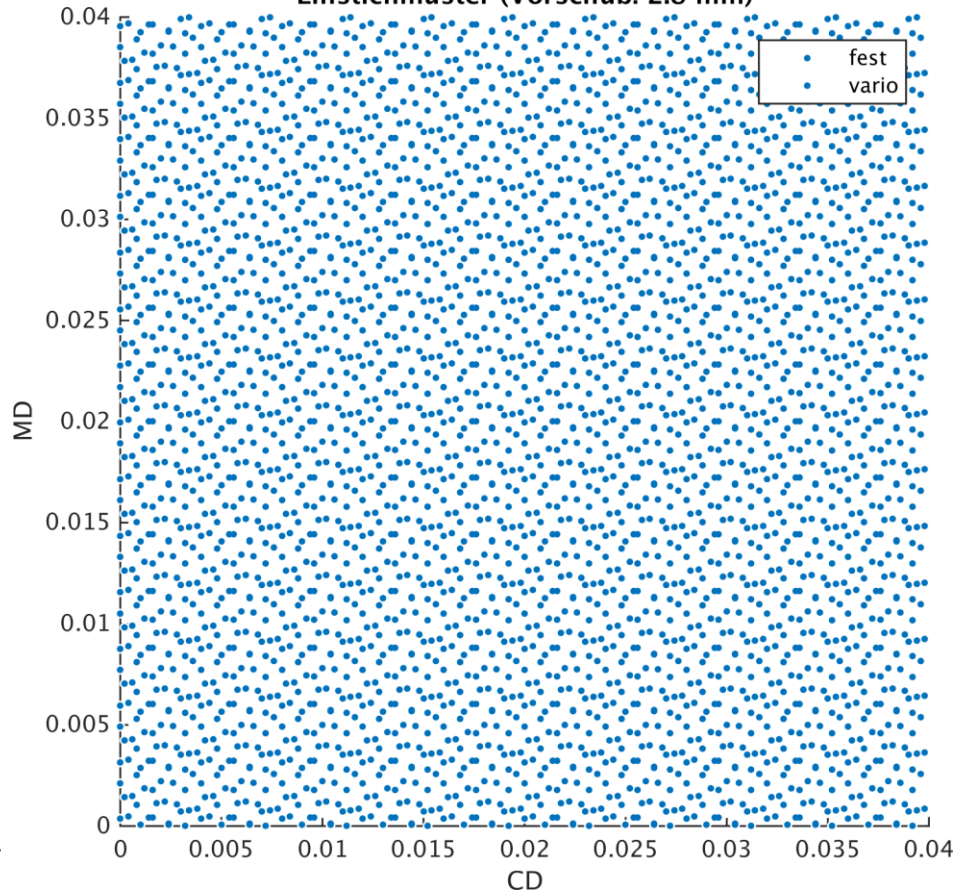
# Einstichmuster (Vorschub: 2.8 mm)

Einstichmuster (Vorschub: 2.8 mm)



Muster: Ohne Variopunch

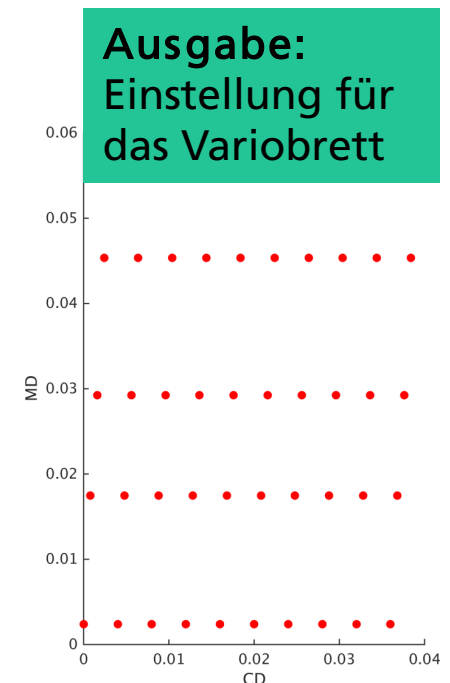
Einstichmuster (Vorschub: 2.8 mm)



Muster: Mit Variopunch

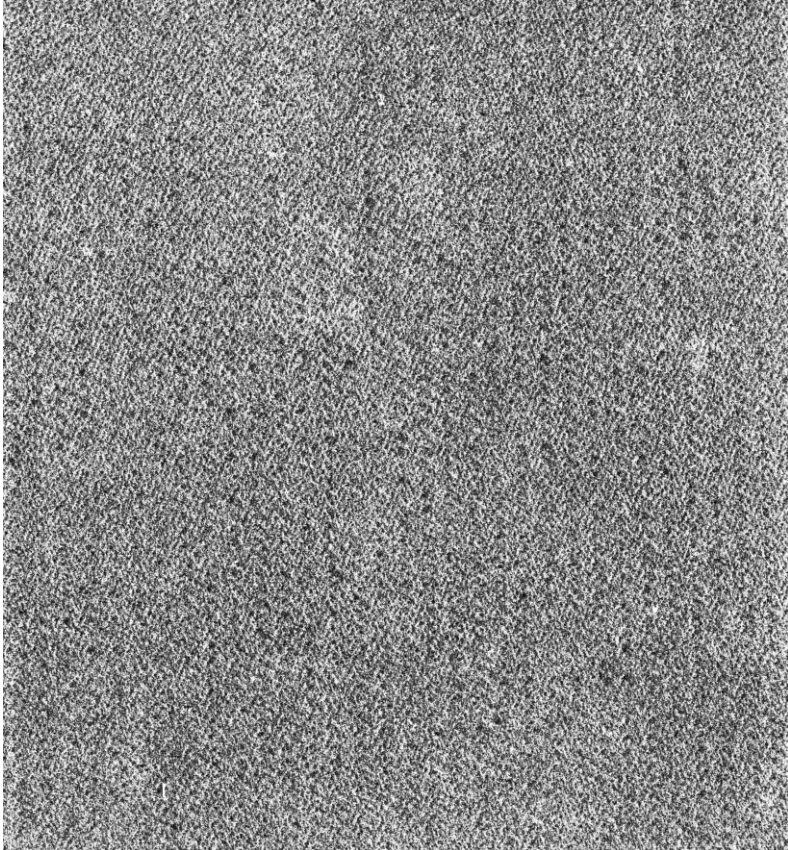
# Algorithmische Herausforderungen auf dem Weg zur Umsetzung

- **Bildauswertung von Mustern:** Als Eingabe für Algorithmus
- **Simulation:** Wie verändert sich das Muster durch das Variobrett?
- **Bewertung:** Welche Muster sind schön?
- **Optimierung:** Wie müssen die Varionadeln angeordnet werden?



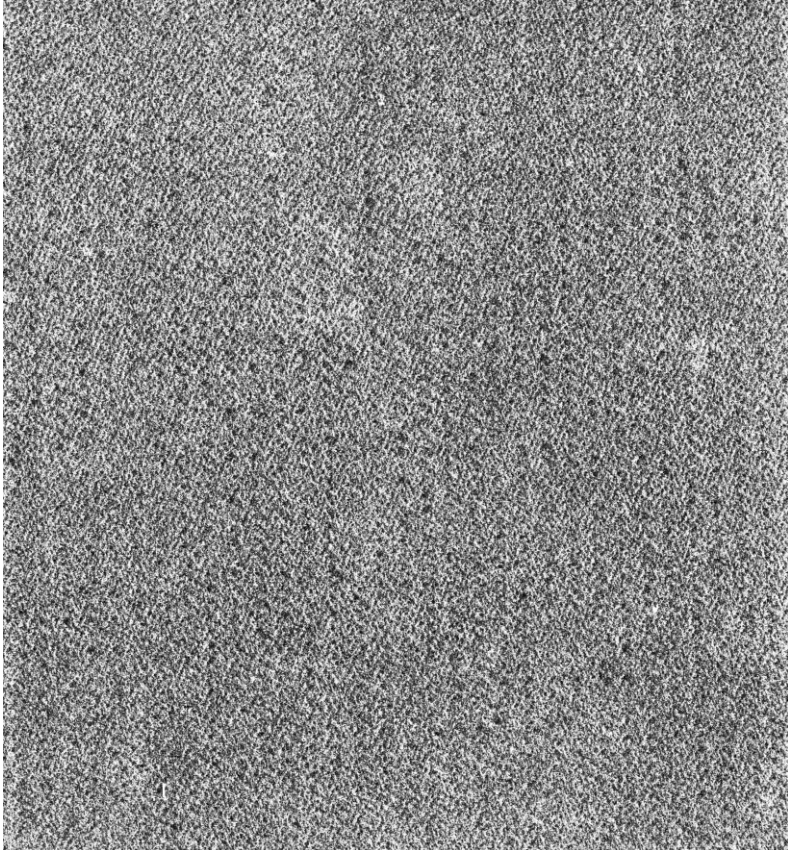


# Bildauswertung von Mustern

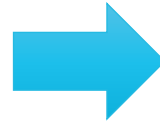


Muster 1: Foto

# Bildauswertung von Mustern



Muster 1: Foto

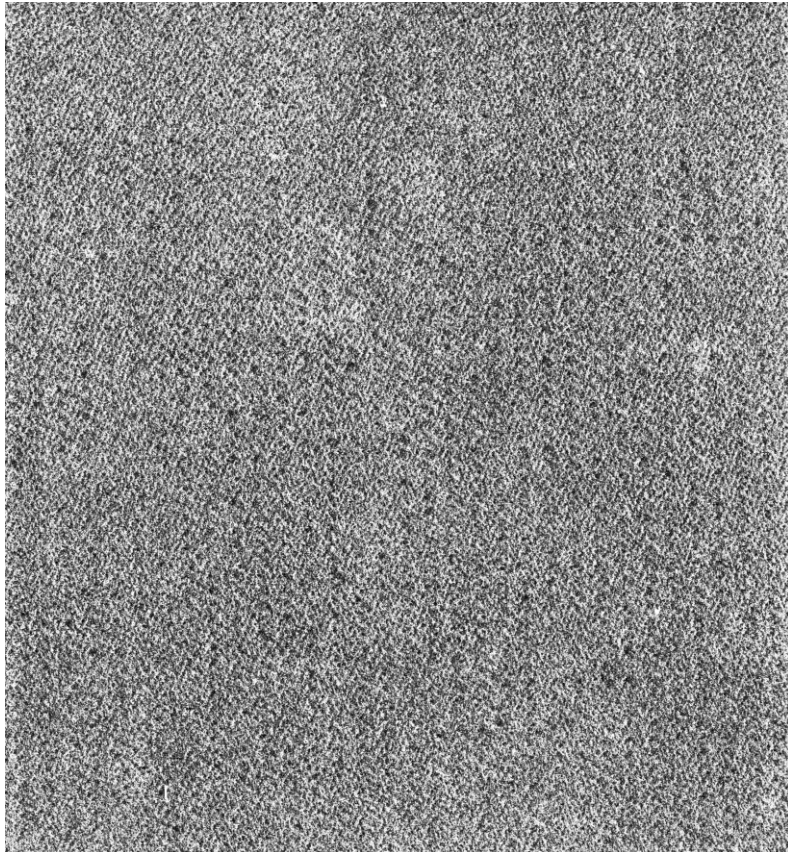


Bestimmung von:

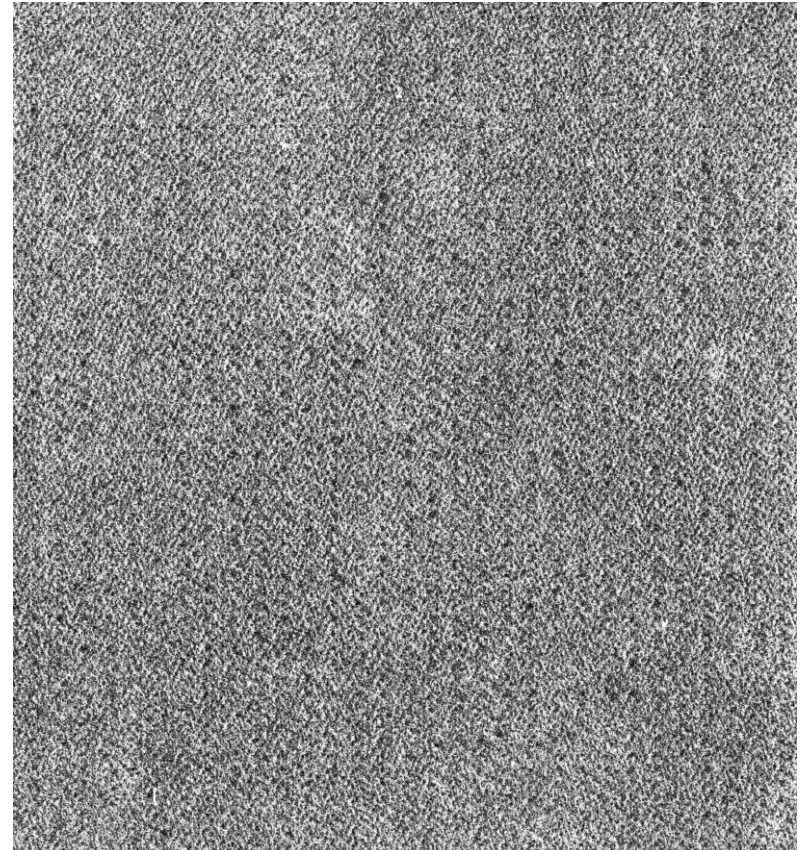
- Korrekturwinkel
- Vorschub pro Hub
- Teilungswiederholung



# Bildauswertung von Mustern



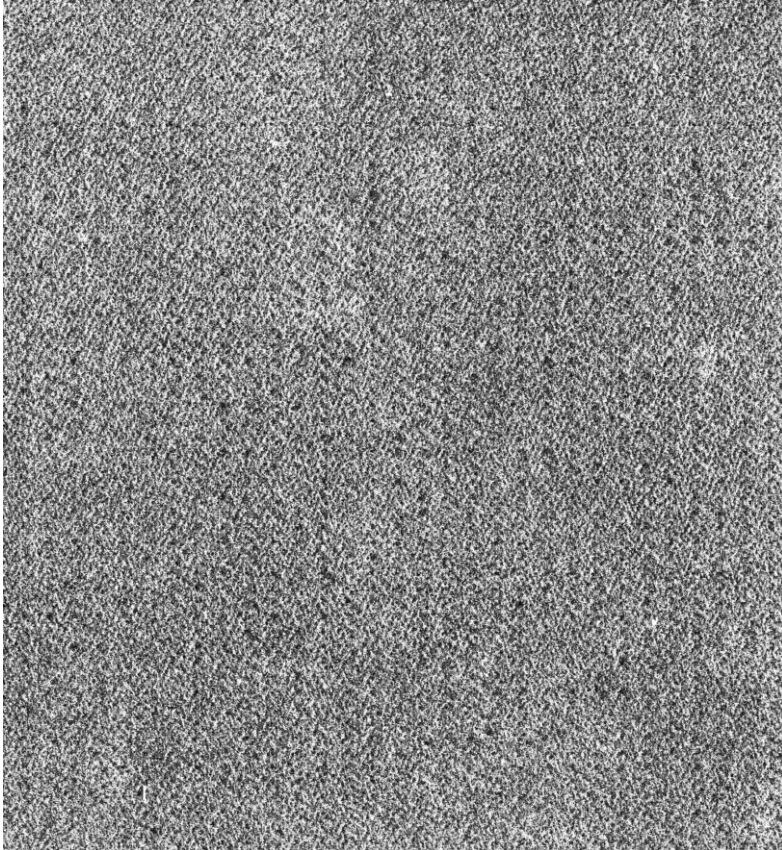
Muster 1: Foto



Muster 1: Winkelkorrektur

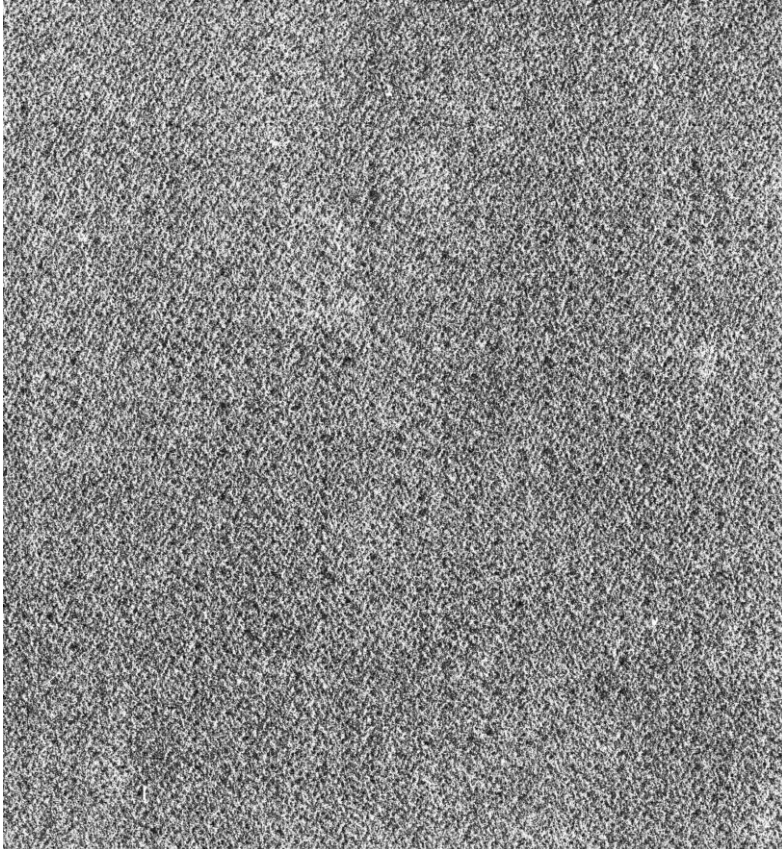


# Bildauswertung von Mustern

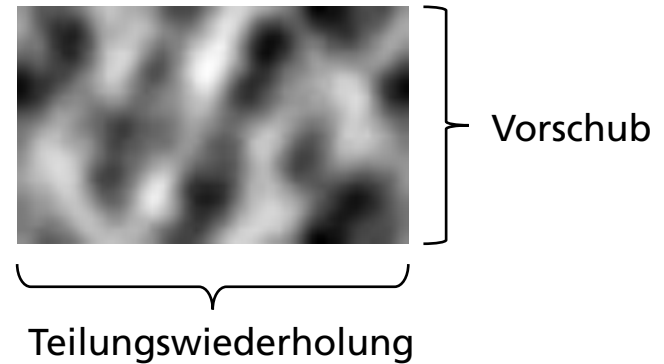


Muster 1: Winkelkorrektur

# Bildauswertung von Mustern



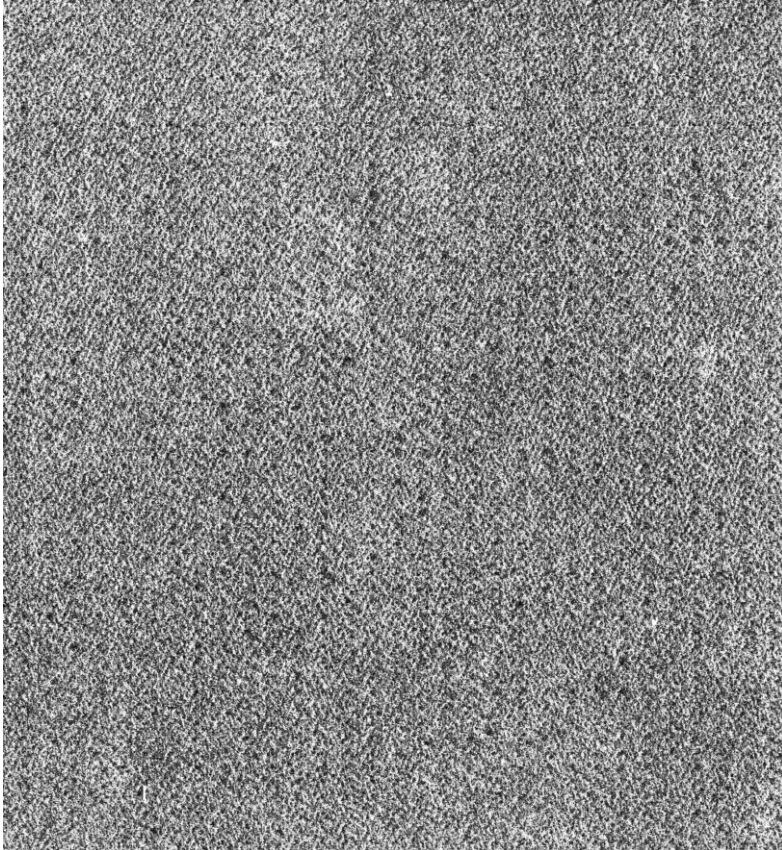
Muster 1: Winkelkorrektur



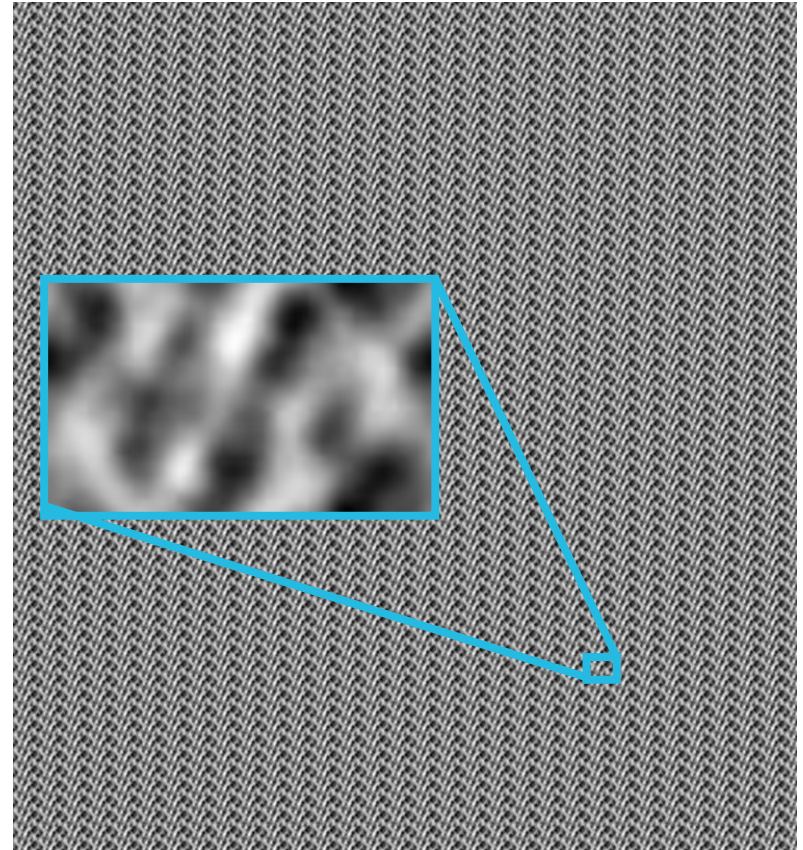
Muster 1: Superposition auf eine Zelle



# Bildauswertung von Mustern



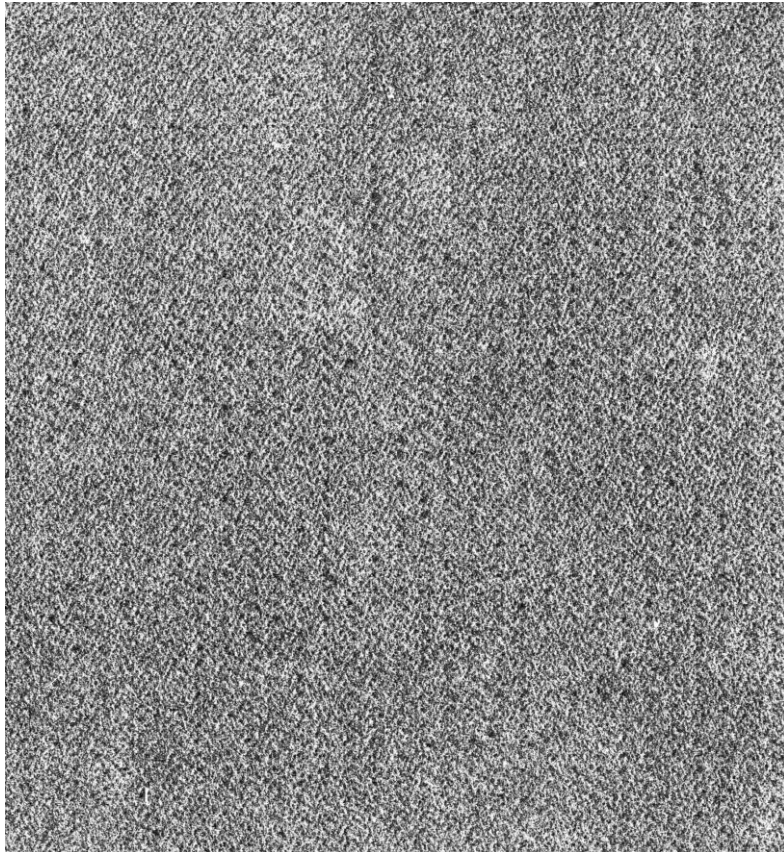
Muster 1: Winkelkorrektur



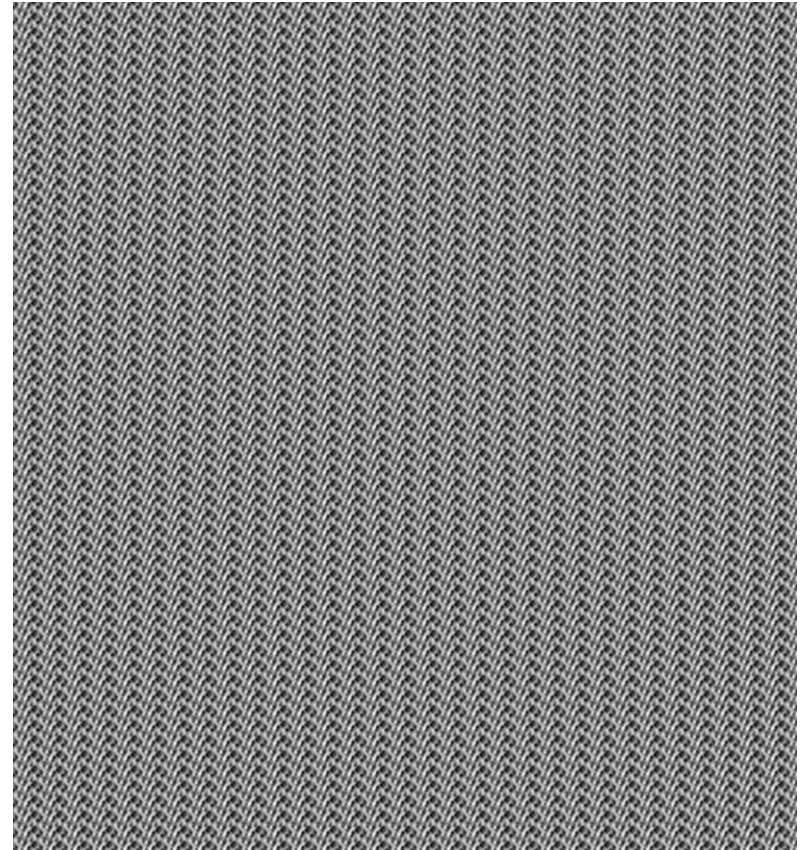
Muster 1: Superposition auf eine Zelle



# Bildauswertung von Mustern



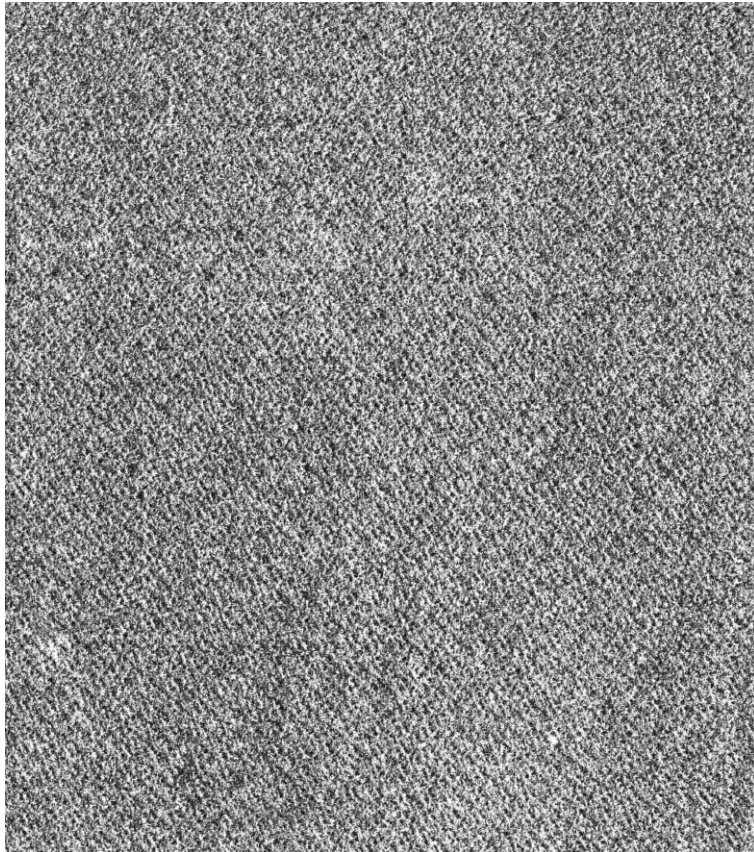
Muster 1: Winkelkorrektur



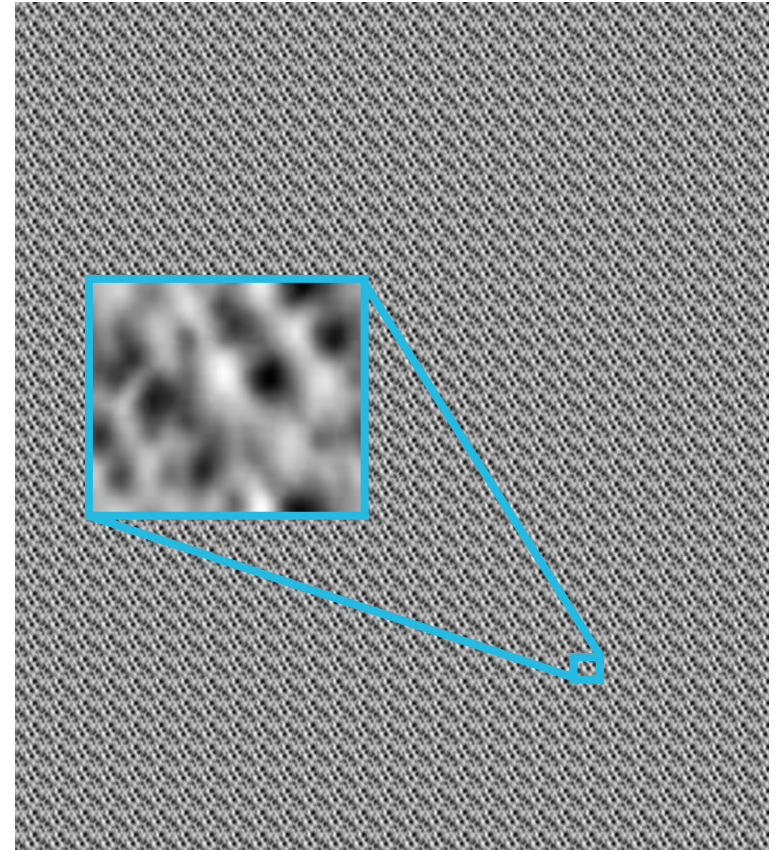
Muster 1: Superposition auf eine Zelle



# Bildauswertung von Mustern



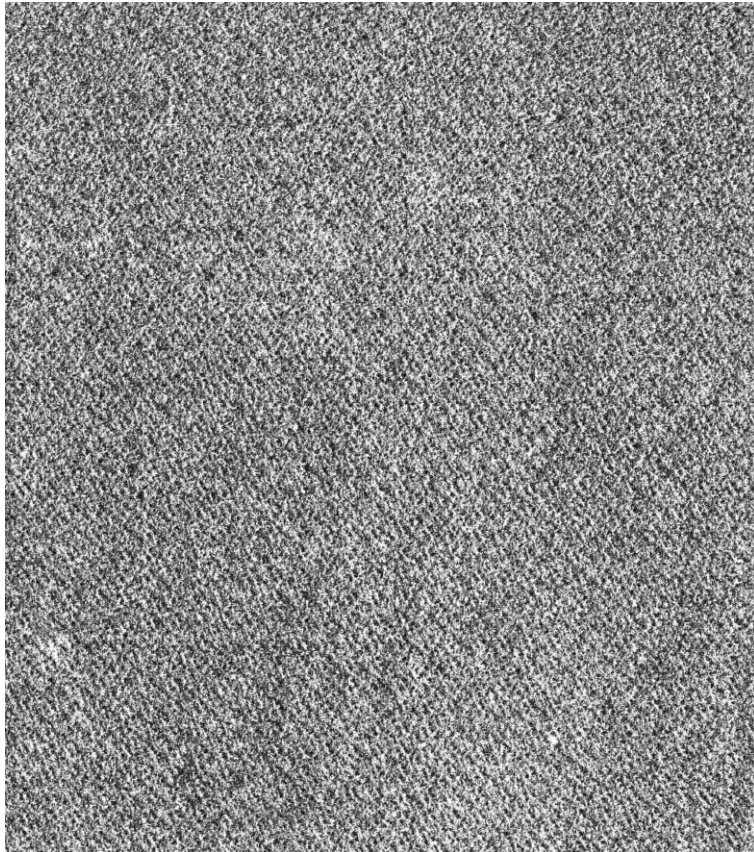
Muster 2: Winkelkorrektur



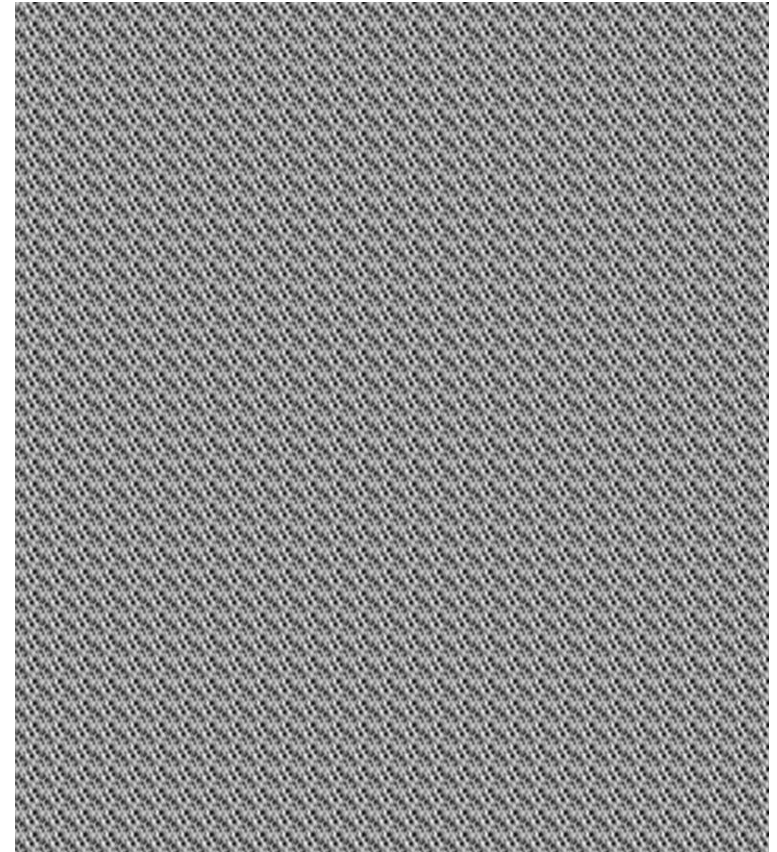
Muster 2: Superposition auf eine Zelle



# Bildauswertung von Mustern



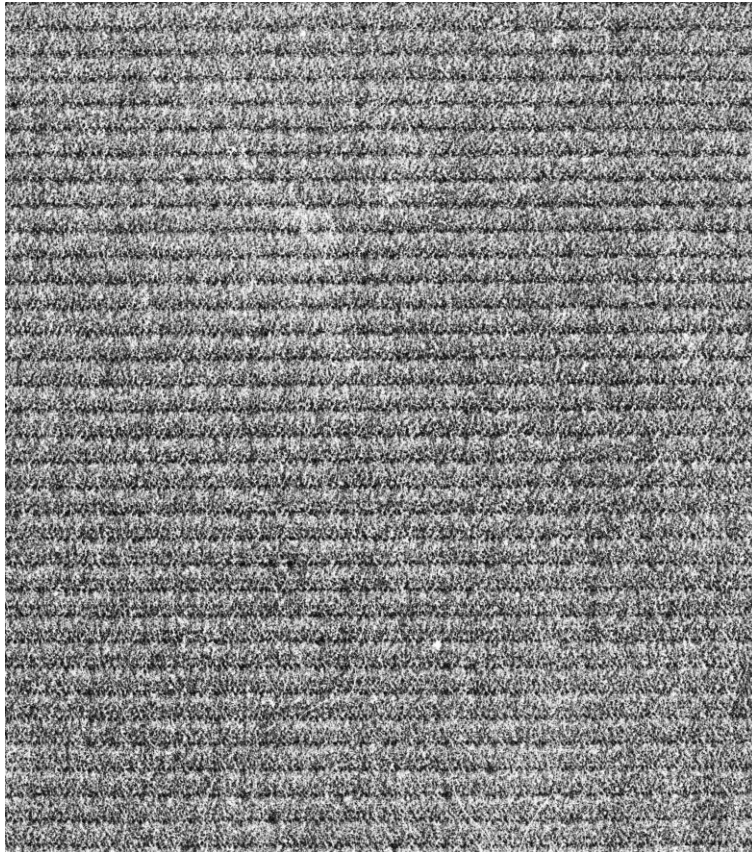
Muster 2: Winkelkorrektur



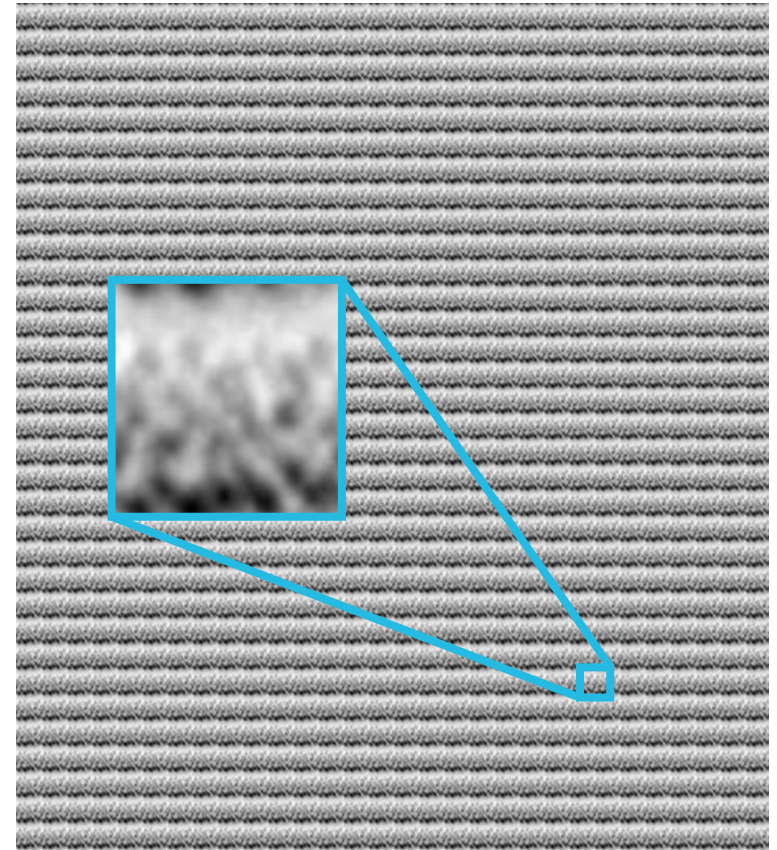
Muster 2: Superposition auf eine Zelle



# Bildauswertung von Mustern



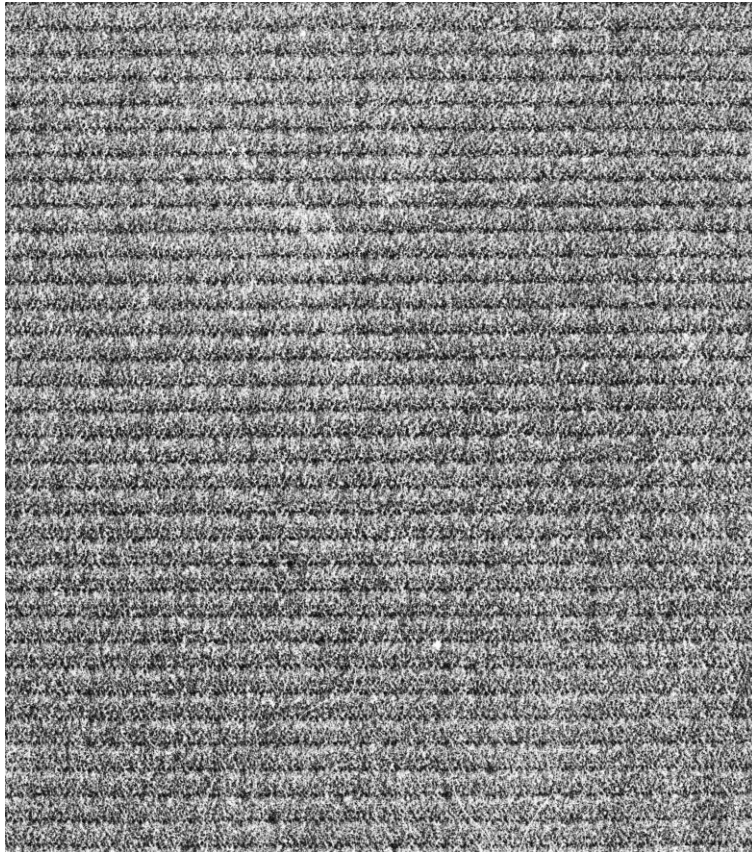
Muster 3: Winkelkorrektur



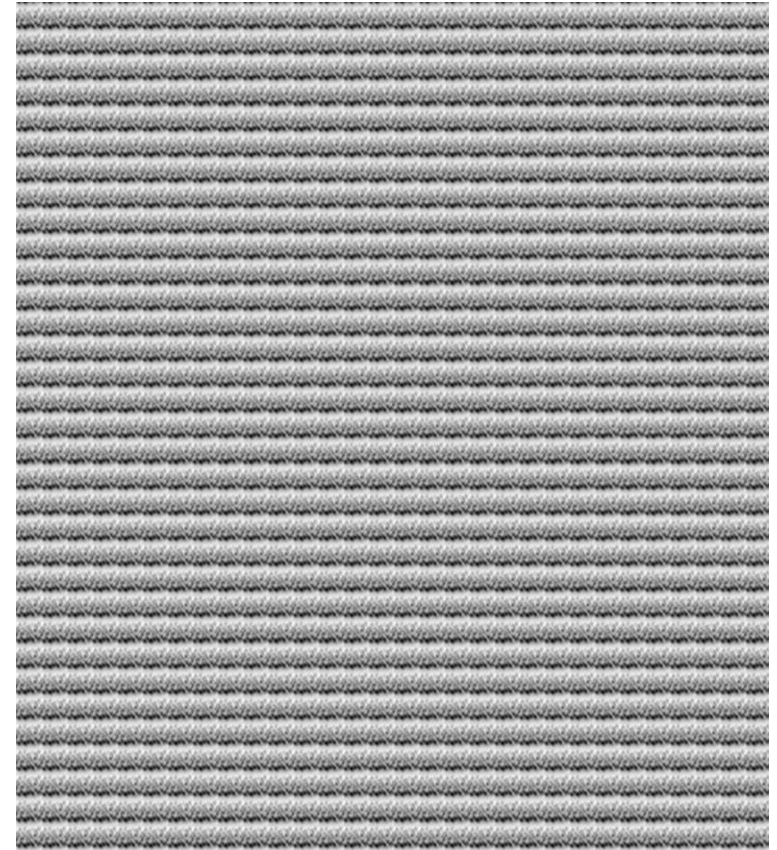
Muster 3: Superposition auf eine Zelle



# Bildauswertung von Mustern



Muster 3: Winkelkorrektur



Muster 3: Superposition auf eine Zelle

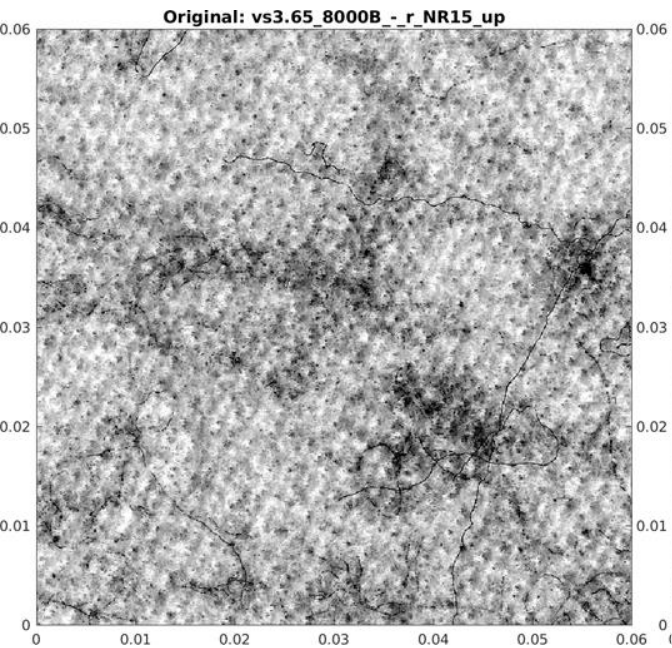
# Simulation: Wie verändert sich das Muster durch das Variobrett?

- Kernstück des Algorithmus ist das Simulationsmodell.
- Für jede mögliche Einstellung des Variobrettes kann das resultierende Muster berechnet werden.

## Kernidee des Simulationsmodells

- **Eingabe:** Aufbereitetes Bild aus der Vorvernadelung
- Die Einstiche werden nacheinander in der richtigen zeitlichen Reihenfolge durchgeführt.
- Jeder Einstich markiert in einem Bereich um die Einstichposition.
- Dabei werden vorherige Einstiche wieder abgeschwächt.
- Das Modell hängt von verschiedenen Parametern ab und kann durch Versuchsdaten trainiert werden. So können auch verschiedene Nadeltypen oder Einstichtiefen berücksichtigt werden.
- **Ausgabe:** Finales Nadelmuster

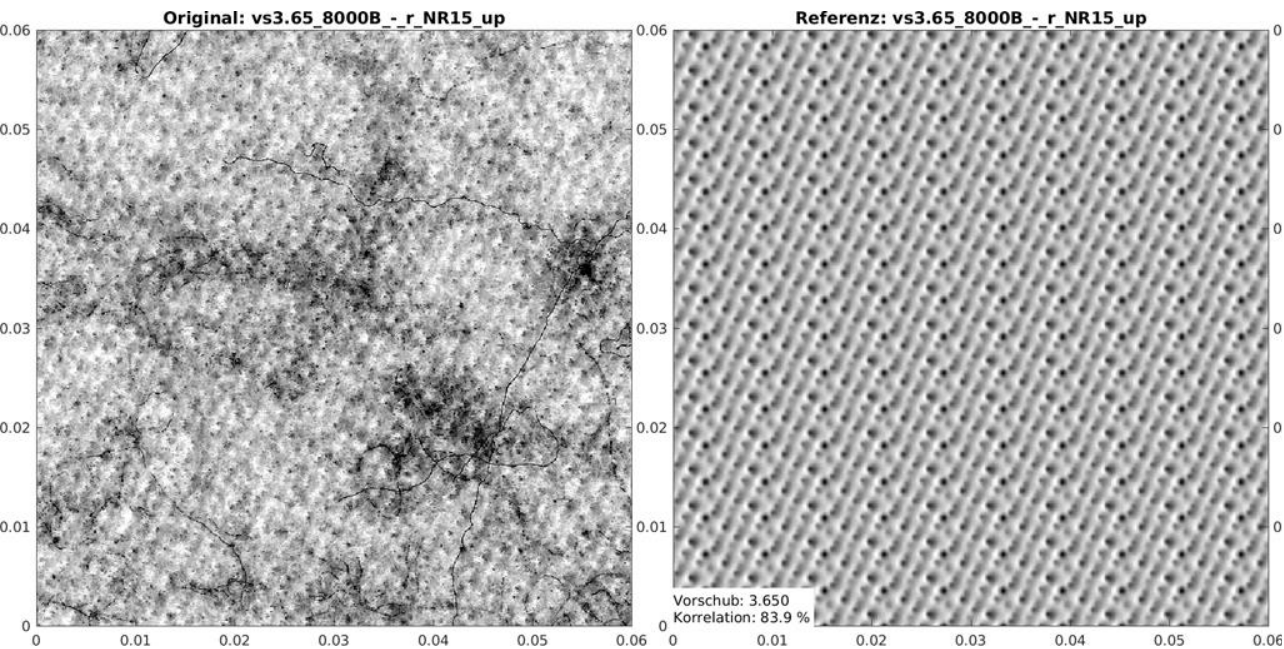
# Versuche mit DILO-Nadelbrett - Vergleich mit simuliertem Nadelmuster



Foto



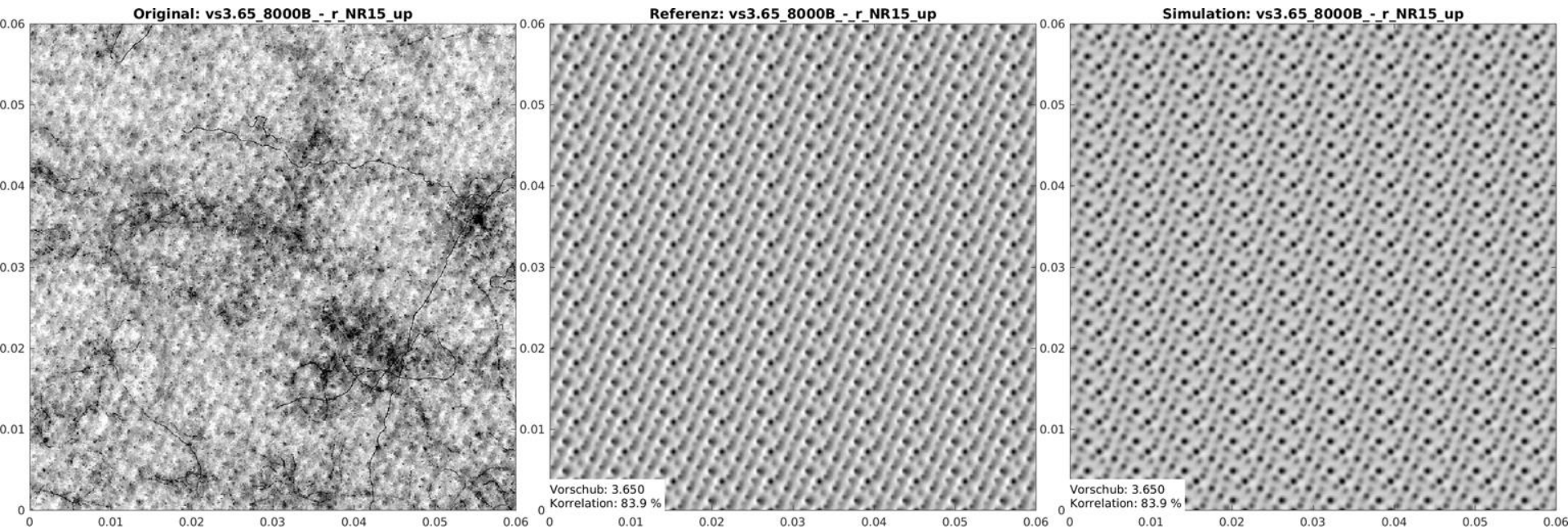
# Versuche mit DILO-Nadelbrett - Vergleich mit simuliertem Nadelmuster



Foto

Foto (aufbereitet)

# Versuche mit DILO-Nadelbrett - Vergleich mit simuliertem Nadelmuster



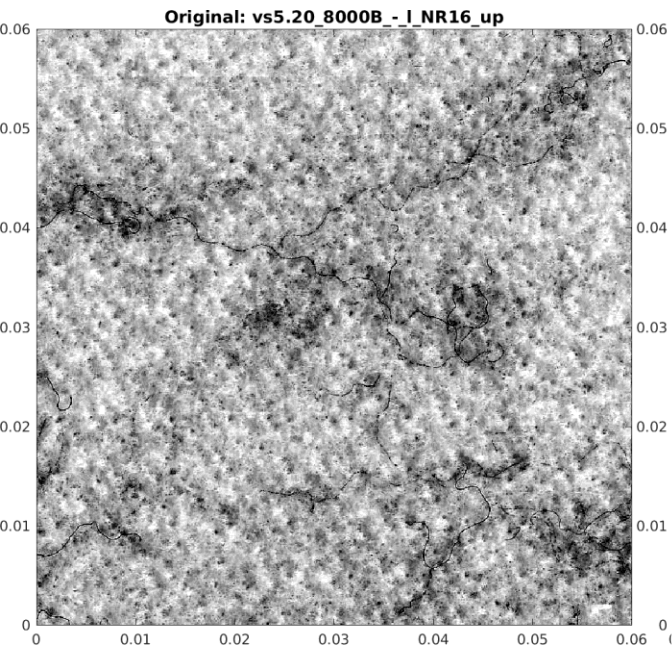
Foto

Foto (aufbereitet)

Simulation

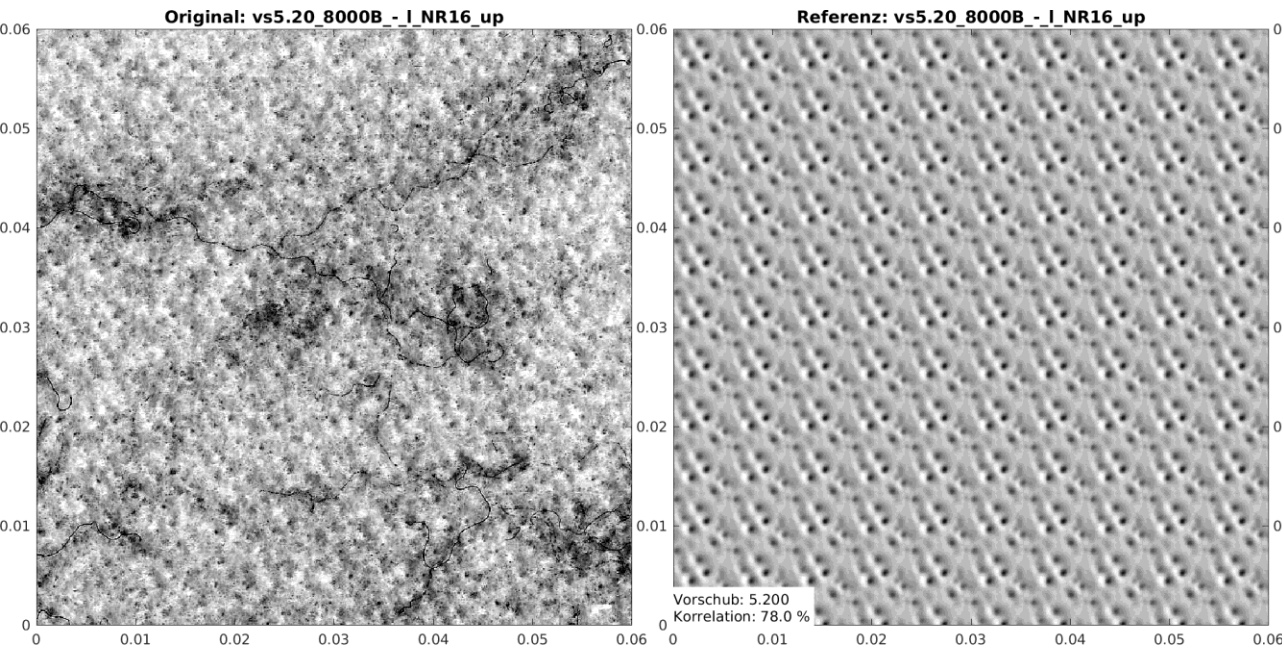


# Versuche mit DILO-Nadelbrett - Vergleich mit simuliertem Nadelmuster



Foto

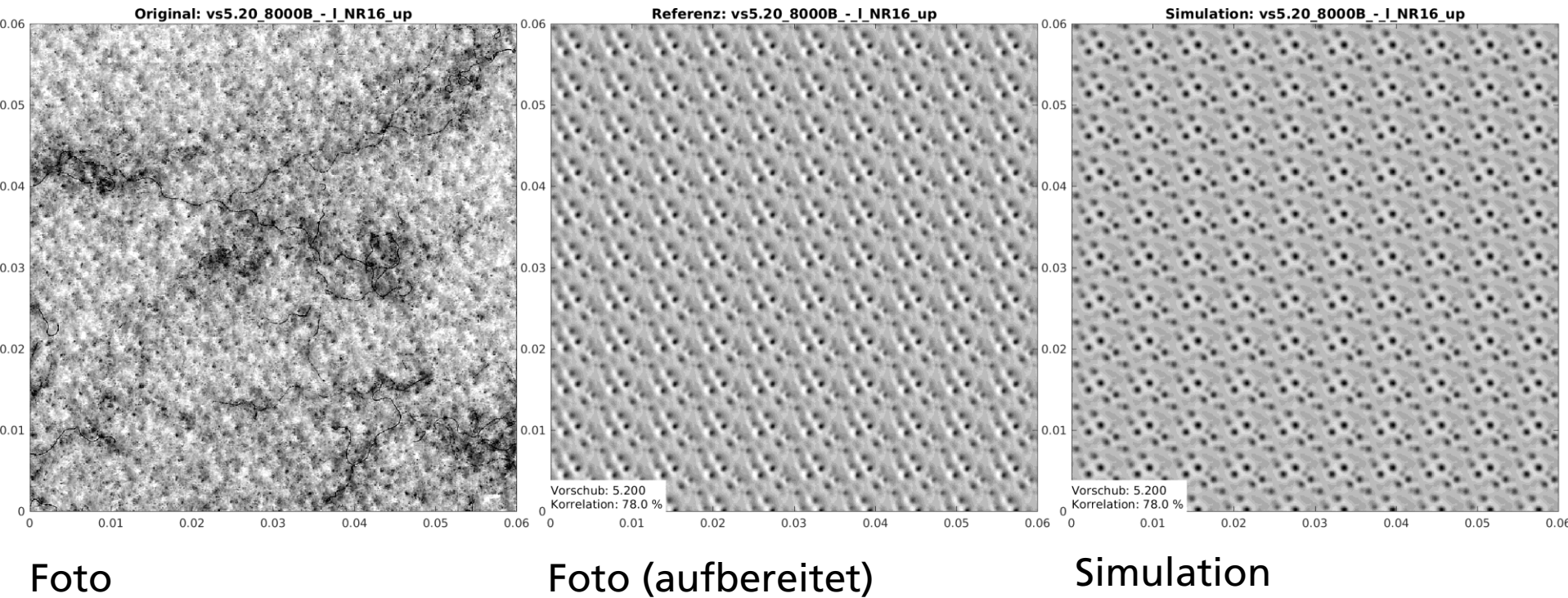
# Versuche mit DILO-Nadelbrett - Vergleich mit simuliertem Nadelmuster



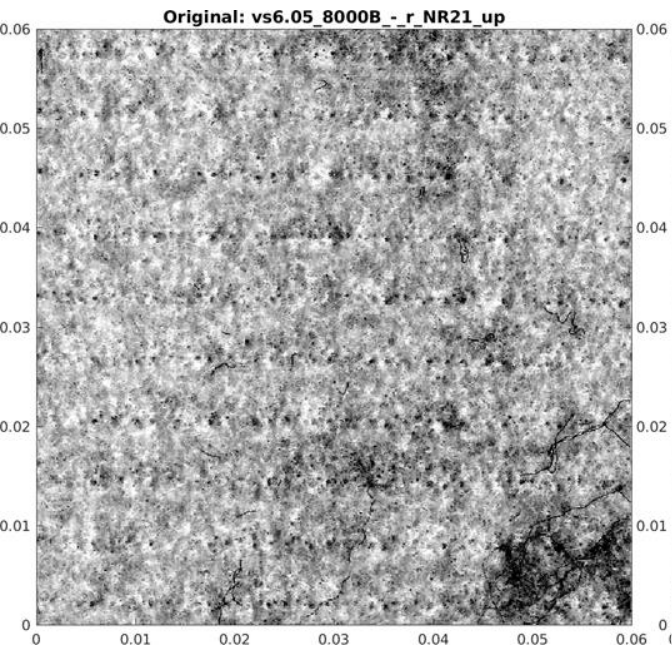
Foto

Foto (aufbereitet)

# Versuche mit DILO-Nadelbrett - Vergleich mit simuliertem Nadelmuster



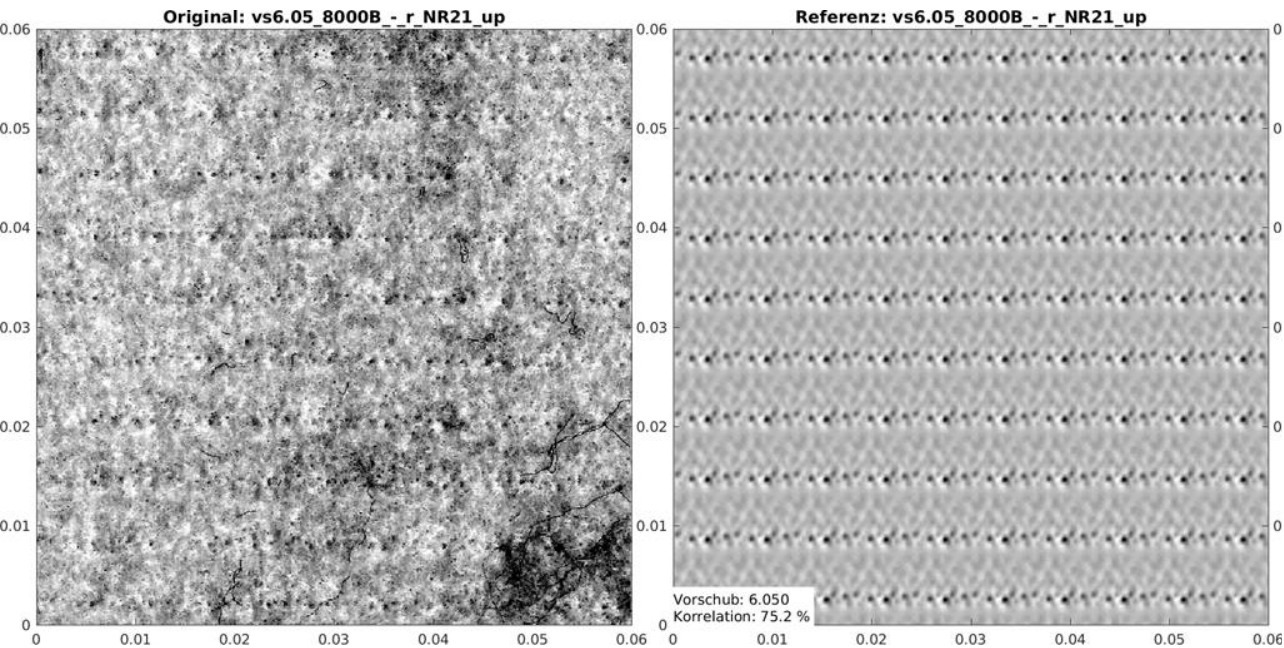
# Versuche mit DILO-Nadelbrett - Vergleich mit simuliertem Nadelmuster



Foto



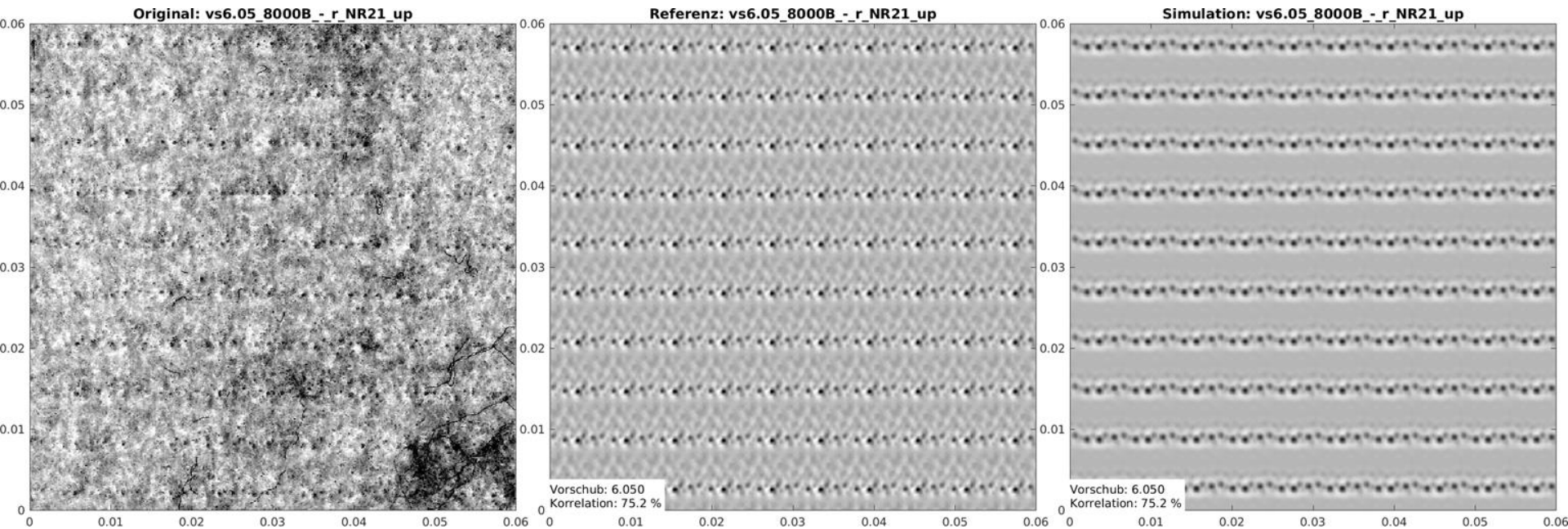
# Versuche mit DILO-Nadelbrett - Vergleich mit simuliertem Nadelmuster



Foto

Foto (aufbereitet)

# Versuche mit DILO-Nadelbrett - Vergleich mit simuliertem Nadelmuster



Foto

Foto (aufbereitet)

Simulation

# Fazit: Algorithmische Herausforderungen

- **Bildauswertung von Mustern:** Als Eingabe für Algorithmus
  - Durch Superpositionsprinzip lässt sich die Einstichstruktur extrahieren.
- **Simulation:** Wie verändert sich das Muster durch das Variobrett?
  - Simulationsmodell liefert sehr gute Prognose.
- **Bewertung:** Welche Muster sind schön?
  - Bewertungskriterien hinsichtlich Gleichmäßigkeit und Strukturierung wurden erarbeitet und müssen im weiteren Verlauf verfeinert werden.
- **Optimierung:** Wie müssen die Varionadeln angeordnet werden?
  - Abstiegsverfahren zur Optimierung zeigen vielversprechende Ergebnisse.