



KontiMEA

Entwicklung einer neuen Prozess- und Anlagentechnik zur kontinuierlichen MEA-Fertigung

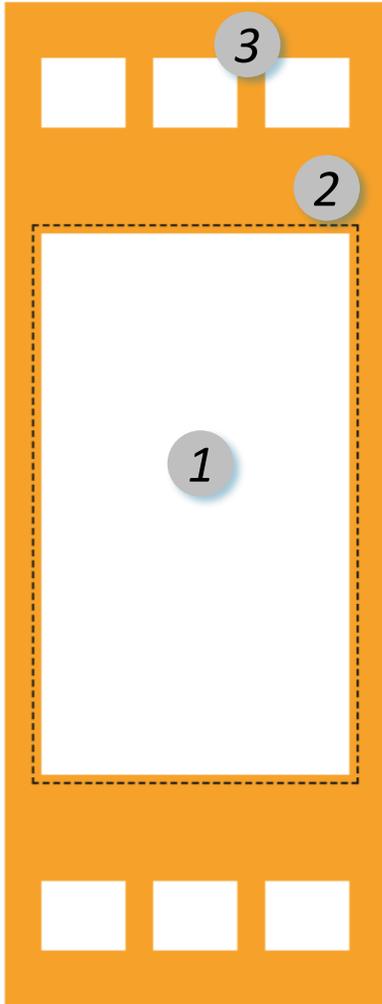
Ling Ma, M.Sc.

KIT – wbk Institut für Produktionstechnik

H2-Kolloquium Baden-Württemberg 04.-05. Juni 2024, Baden-Baden

Motivation und Hintergrund

Konstruktionsmerkmale der 7-Lagen MEA



1 *Aktive Fläche*

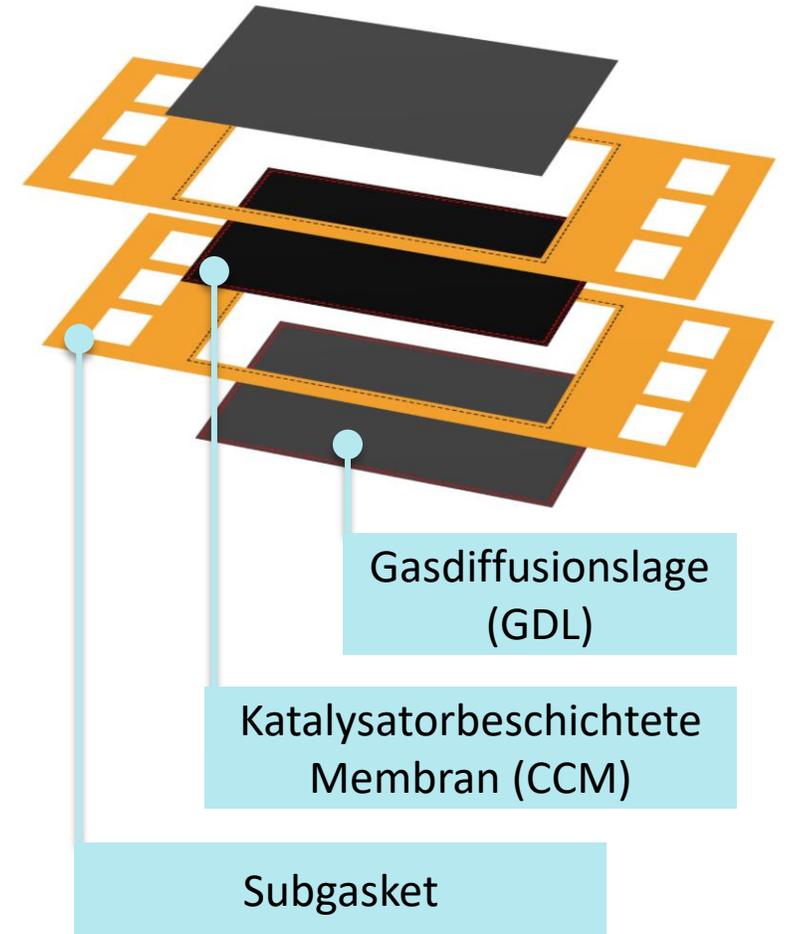
Zentraler Ausschnitt = Aktive Fläche,
In der die elektrochemische Reaktion stattfindet

2 *CCM/GDL - Aufmaß* ^[2]

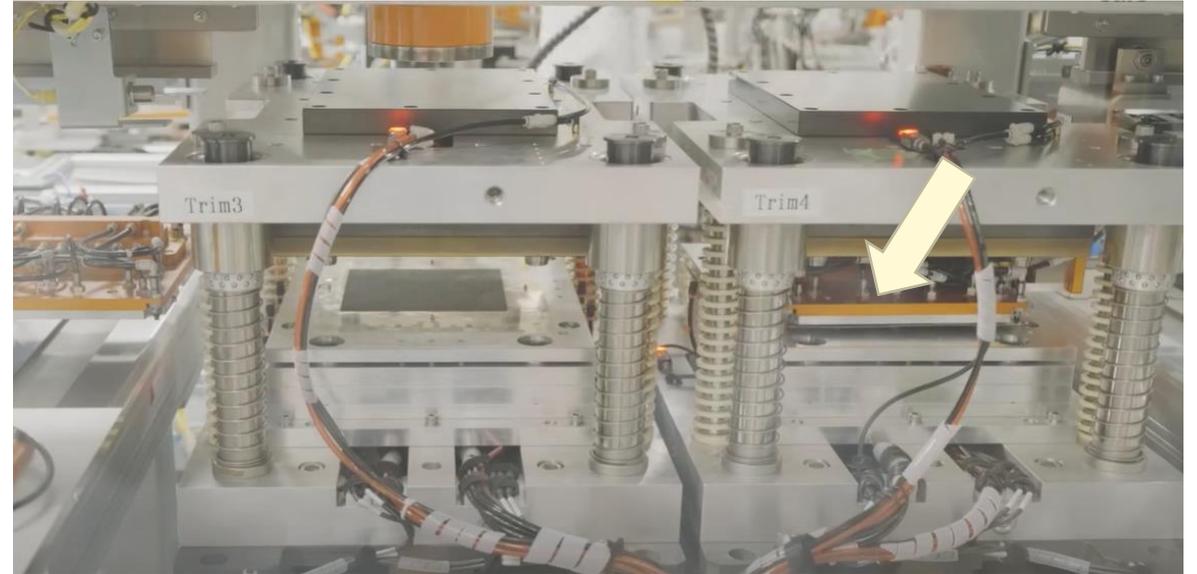
$\epsilon_{CCM+GDL} = 59\% \cdot \epsilon_{Stack}$
Die Größe von CCM und GDL (gestrichelte Linien)
ist oft nur geringfügig größer als die aktive Fläche.

3 *MEA-Aufmaß*

$A_{MEA} = A_{active\ area} + A_{non-active\ area}$
Der nicht aktive Bereich (ca. 40 %) wird für die
Dichtung und die Ein- und Auslässe für den
Gasfluss und das Kühlmedium benötigt.



Stand der Technik



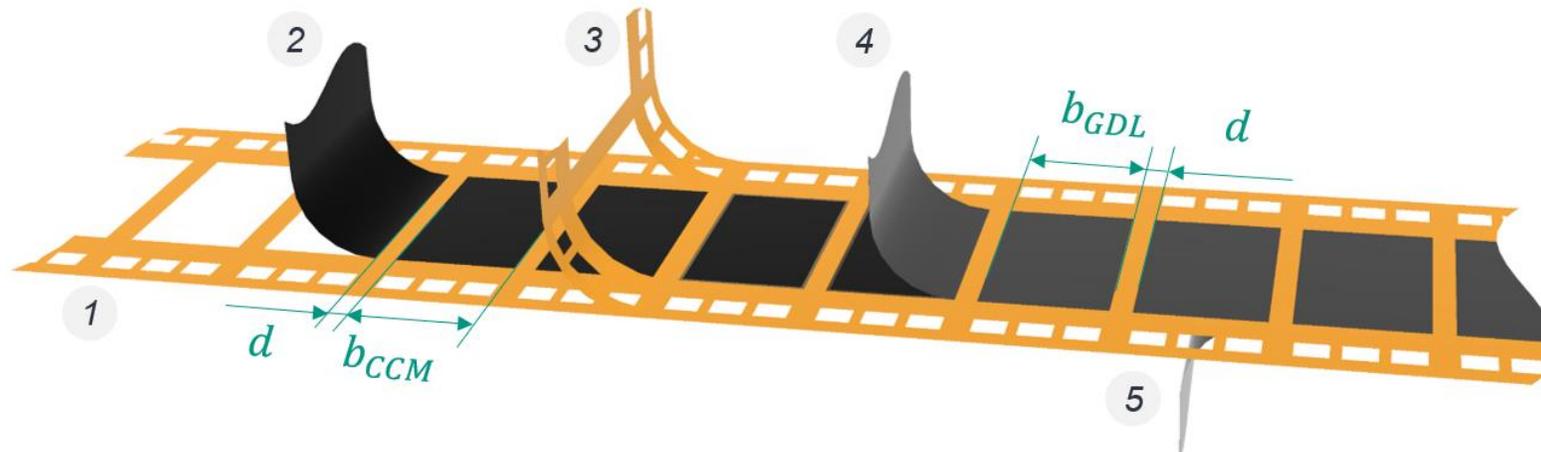
- **Pick-and-Place basierter Ansatz, vor allem für die Handhabung der CCM und GDL**
 - Limitierte Skalierbarkeit der Prozesse durch die Prozessgeschwindigkeit durch die Pick-and-Place Operationen
 - Handhabung (einwandfreies Greifen und präzises Ablegen) der biegeschlaffen Bauteile sehr herausfordernd

<https://www.youtube.com/watch?v=-kfviulCwUo>

<https://www.youtube.com/watch?v=iyg9VqvFK9o>

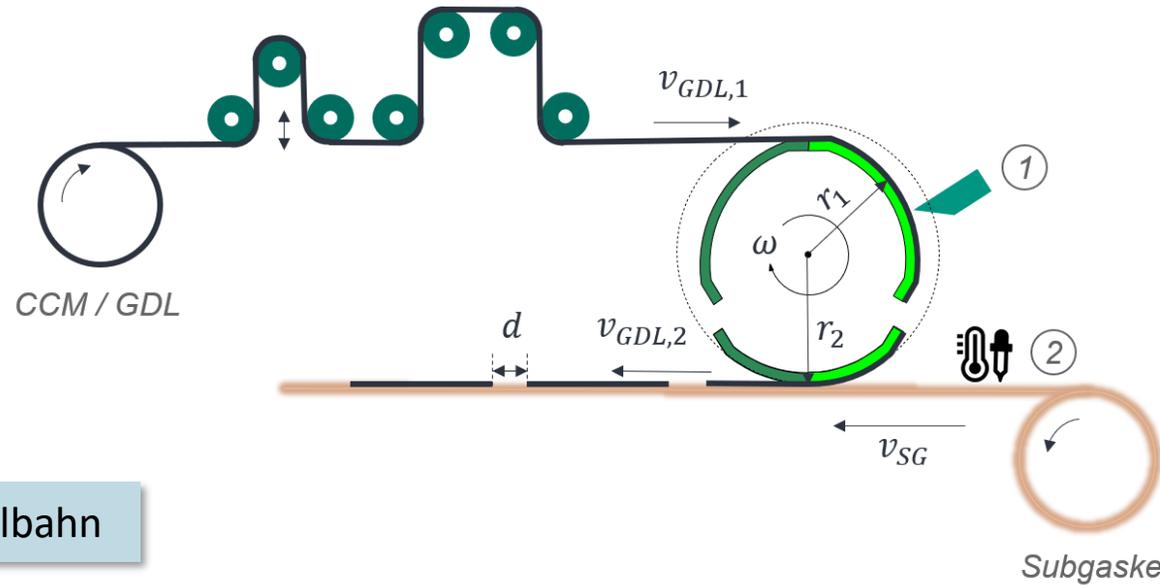
Projektziele

Systematische Untersuchung von MEA-Herstellungsprozessen und Entwicklung eines innovativen Anlagenkonzepts zur **kontinuierlichen MEA-Fertigung (Cut-and-Place)**

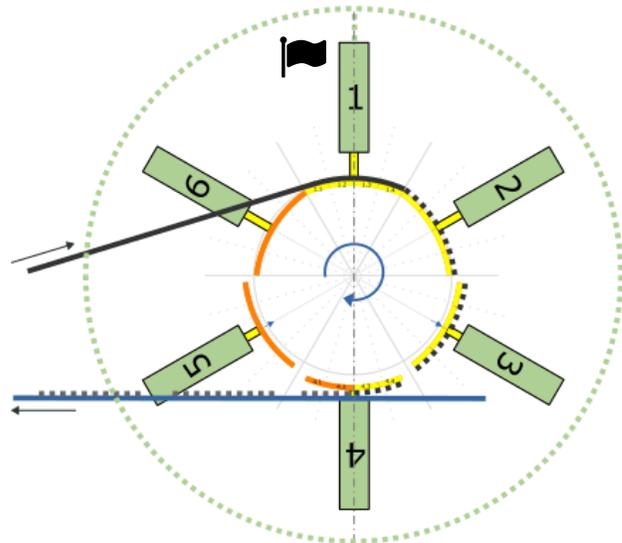


- Reduzierung der Gesamtprozesszeit und zugleich Einsparung des Intralogistik- und Platzbedarfes
- Erhöhung der Nutzung von Kernmaterialien und Reduzierung der Endproduktkosten
- Erkenntnisgewinn über Wirkzusammenhänge zwischen den Materialeigenschaften und Prozessparametern bei der MEA-Herstellung

Lösungsansatz

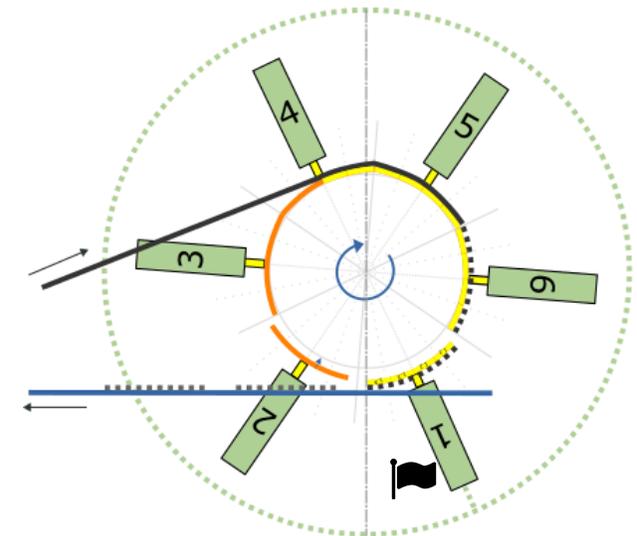


Bei r_1 : Greifen der Materialbahn



Materialbahn wird abgelängt

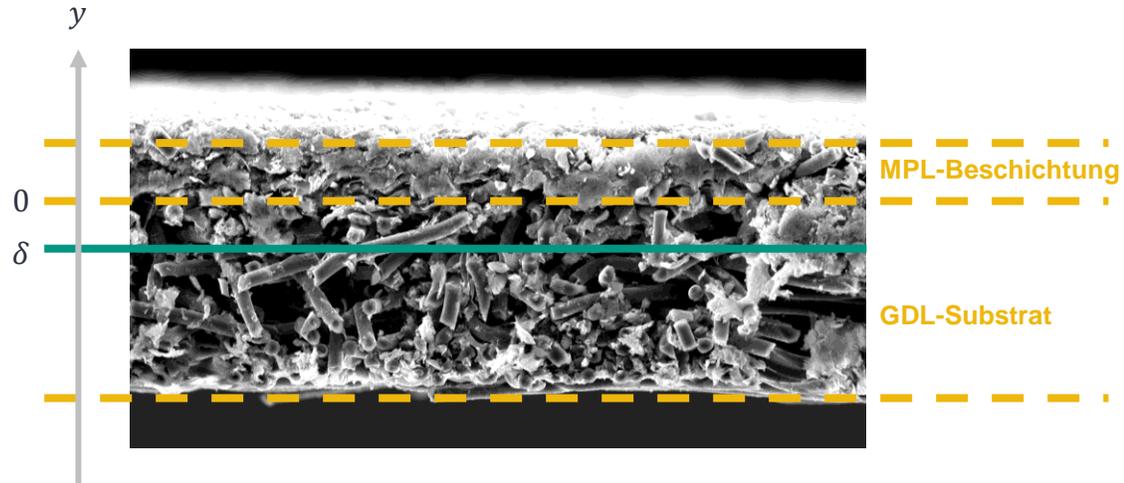
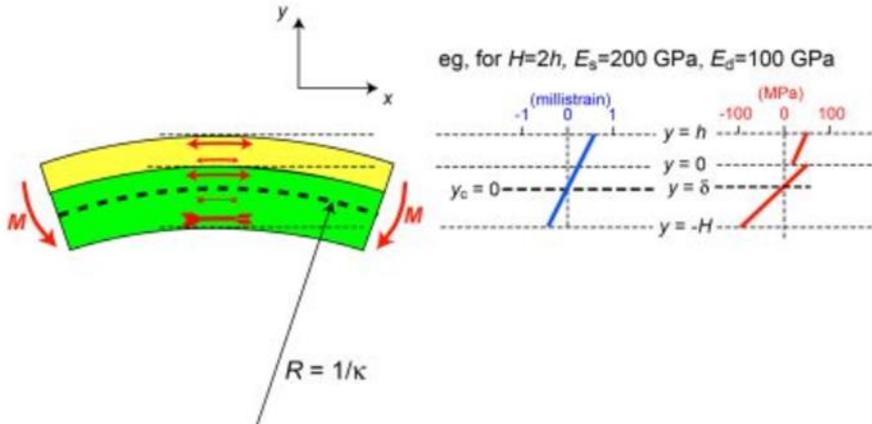
Bei r_2 : Ablegen des Einzelsheets



AP 1 Bauteilspezifisches Konstruktionsmerkmal - Umlenkwalze

Analytisches Modell

GDL Substrat mit MPL-Beschichtung



Neutrale Faser

$$\delta = \frac{(E_c D_c^2 - E_s D_s^2)}{2(E_c D_c + E_s D_s)} = -22 \mu\text{m}$$

wenn GDL in Kontakt mit Rolle,

$$\text{obere Schicht: } \varepsilon_o = \frac{D_c - \delta}{R + D_s + \delta}$$

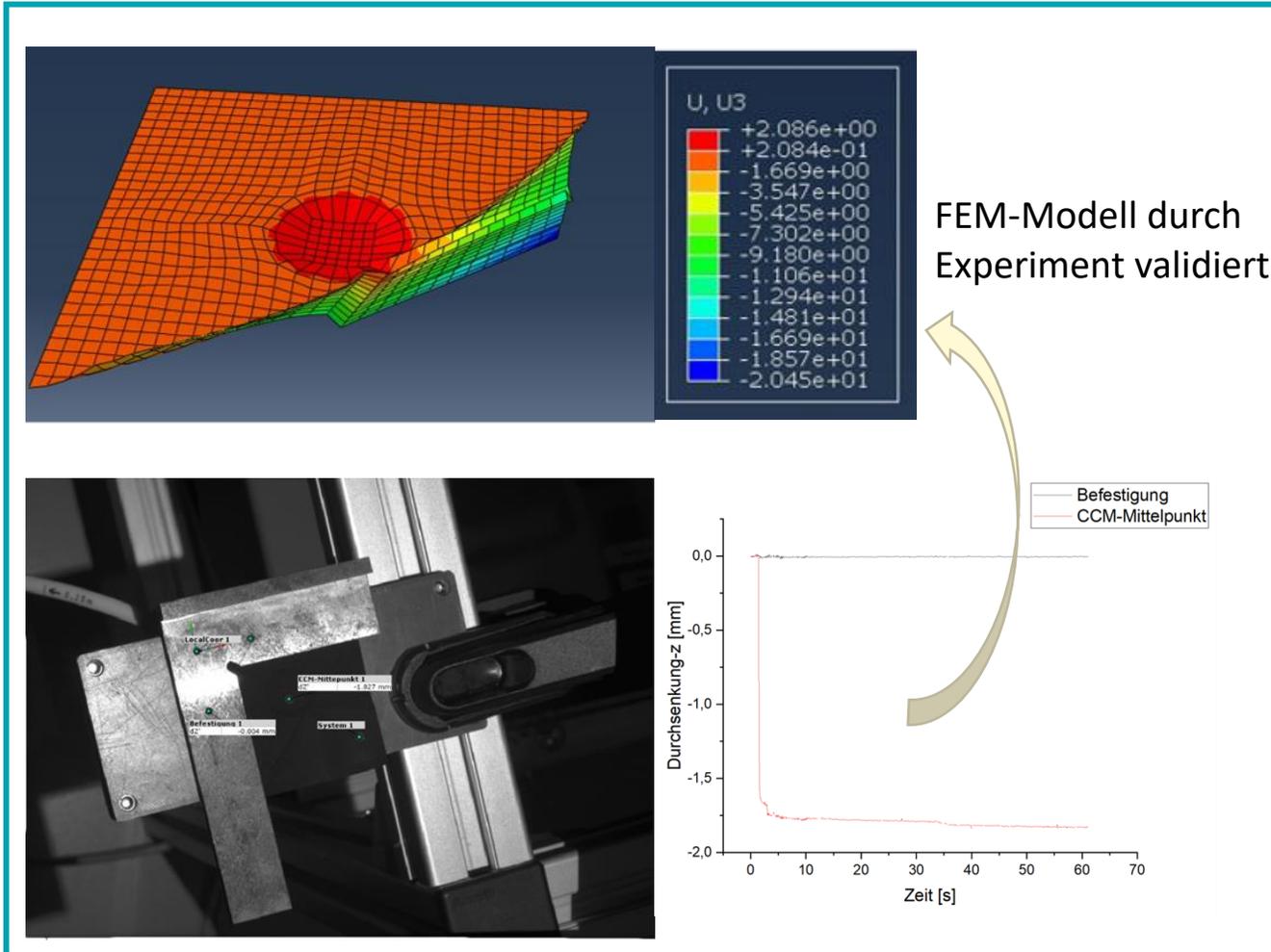
$$\text{untere Schicht: } \varepsilon_u = \frac{-D_s - \delta}{R + D_s + \delta}$$

Radius (mm)	GDL-Substrat in Kontakt mit Rolle		MPL-Beschichtung in Kontakt mit Rolle	
	Dehnung Oben(%)	Dehnung Unten(%)	Dehnung Oben(%)	Dehnung Unten(%)
30	0,190	-0,424	0,425	-0,191
40	0,143	-0,318	0,319	-0,143
45	0,127	-0,283	0,283	-0,127
60	0,095	-0,212	0,213	-0,095
90	0,064	-0,142	0,142	-0,064
120	0,048	-0,106	0,106	-0,048

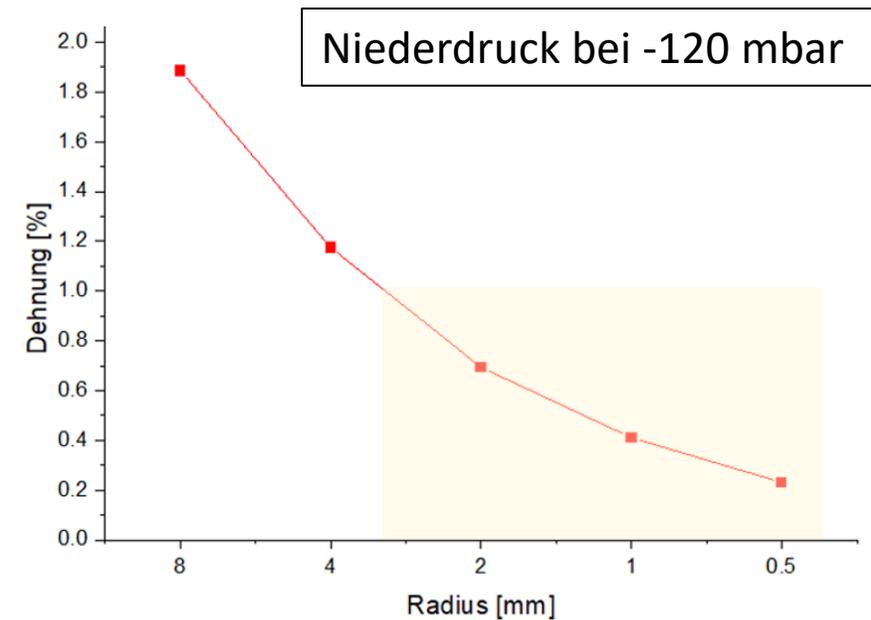
- c = coating (MPL-Beschichtung); s = substrate (GDL-Substrat)
- Geplante Veröffentlichung

AP 1 Bauteilspezifisches Konstruktionsmerkmal - Sauggreifer

Numerisches Modell



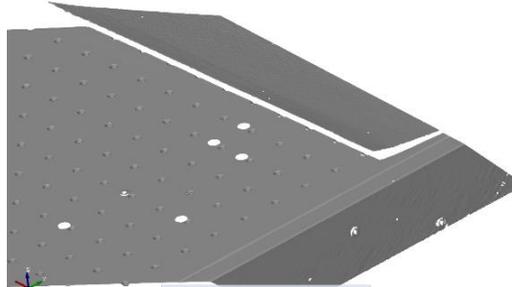
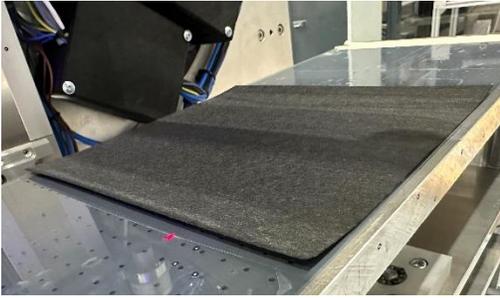
Abdrücke bei zu stark angesaugter CCM



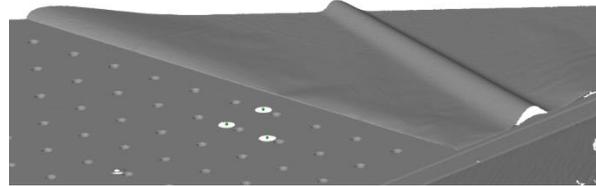
Geplante Veröffentlichung

AP 1 & 5.1 Entwicklung des Handhabungselements

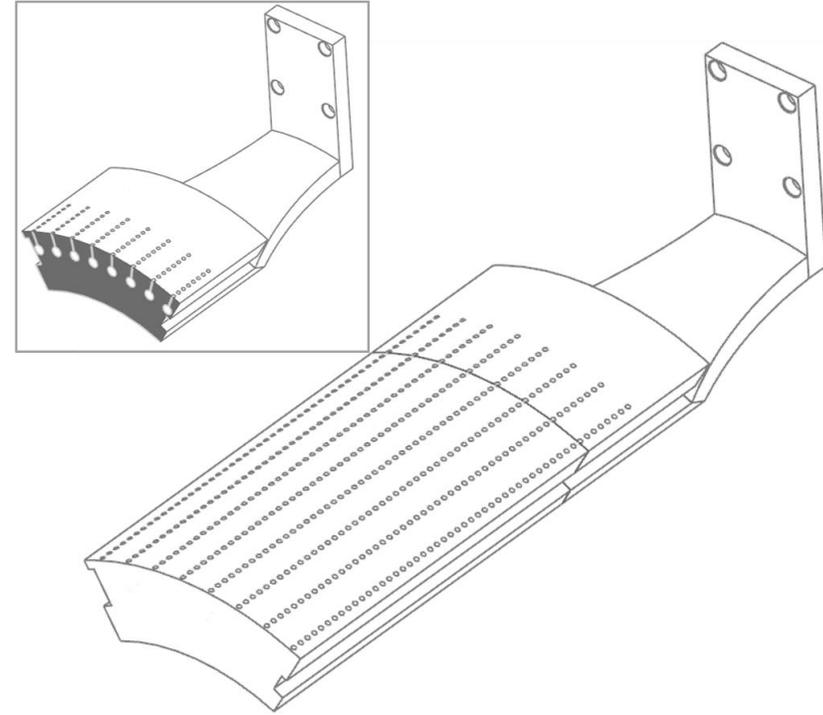
Lesson learned von der Vorgänger-Maschine



- Kleiner Radius der Greifer führt zur plastischen Verformung der GDL und verworfenen Kanten



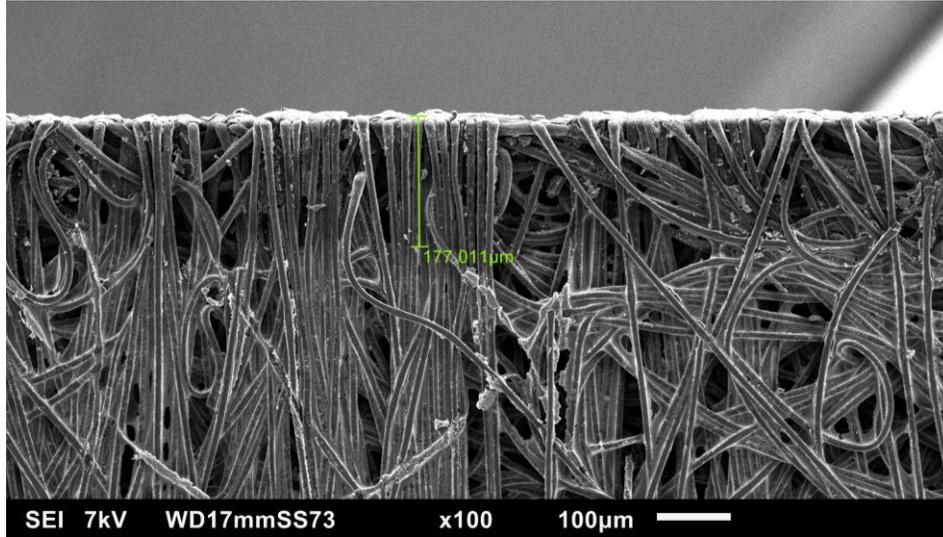
- Lösen der CCM im „freien Fall“ führt zu Faltenbildung



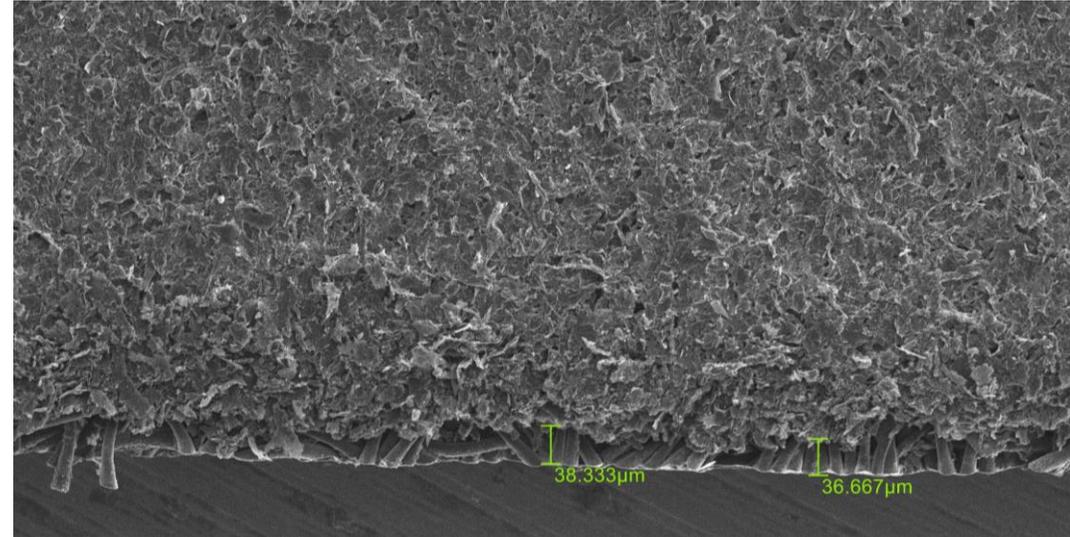
- Greifersegment mit Krümmungsradius größer als Mindestbiegeradius der GDL
- Ablegen der Einzelsheets durch Linienkontakt
- Sequentielles Ablösen durch Steuerung des jeweiligen Saugkanals

AP 2 Schneiden der GDL

Laserschneiden



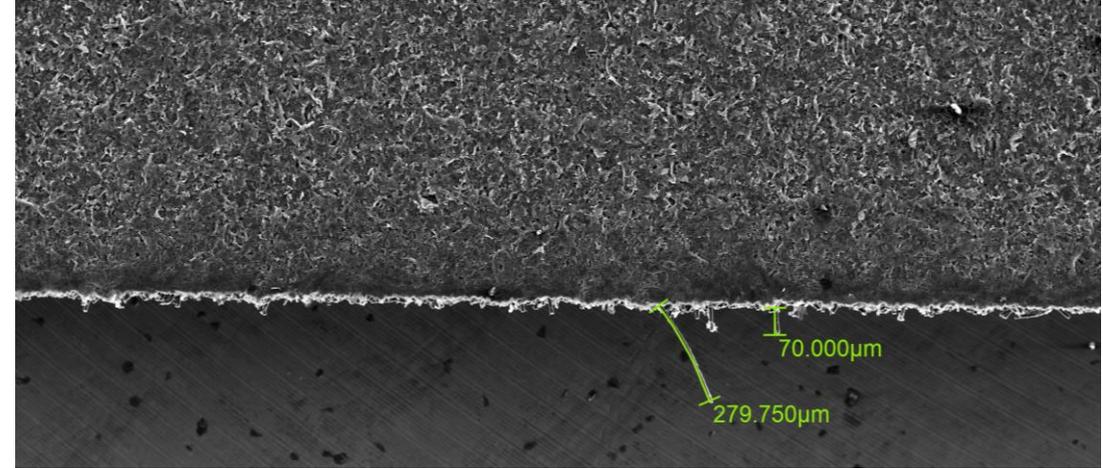
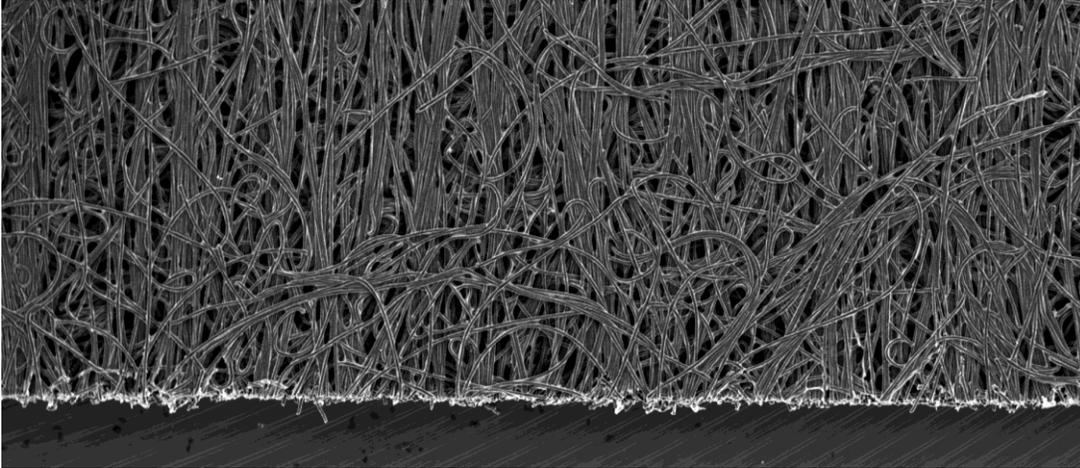
- ✓ sehr saubere Schnittkante
- ✓ schnelle Prozessgeschwindigkeit (1000 mm/s) mit Potential nach oben



- × Kontinuierlicher Materialabtrag entlang der Schnittkante durch Wärmeeintrag
- × Partikelabsaugung aufgrund der Auslösung des Materials erforderlich
- × Aufwendige Spiegeltechnik erforderlich, da der Fokuspunkt sich in alle x-, y- und z-Achsen ändert.

AP 2 Schneiden der GDL

Feinstanzschneiden

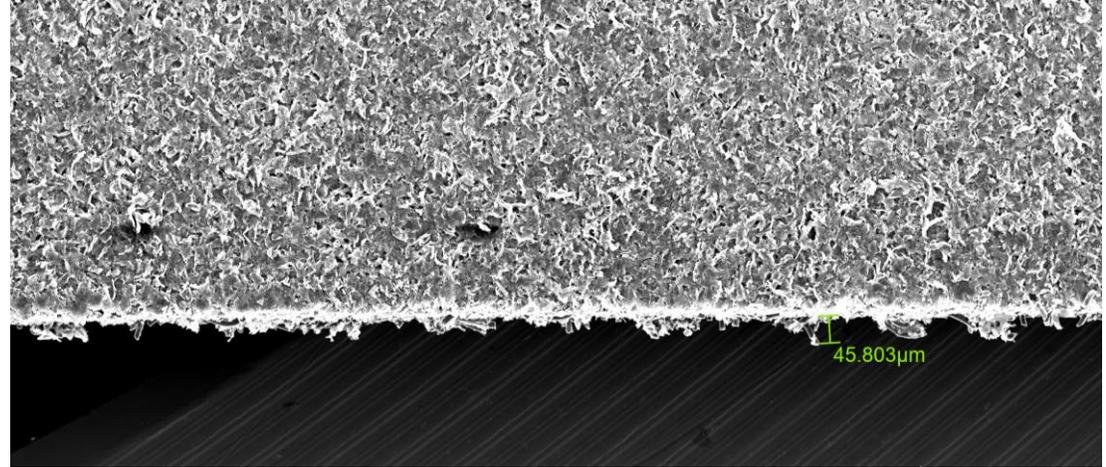
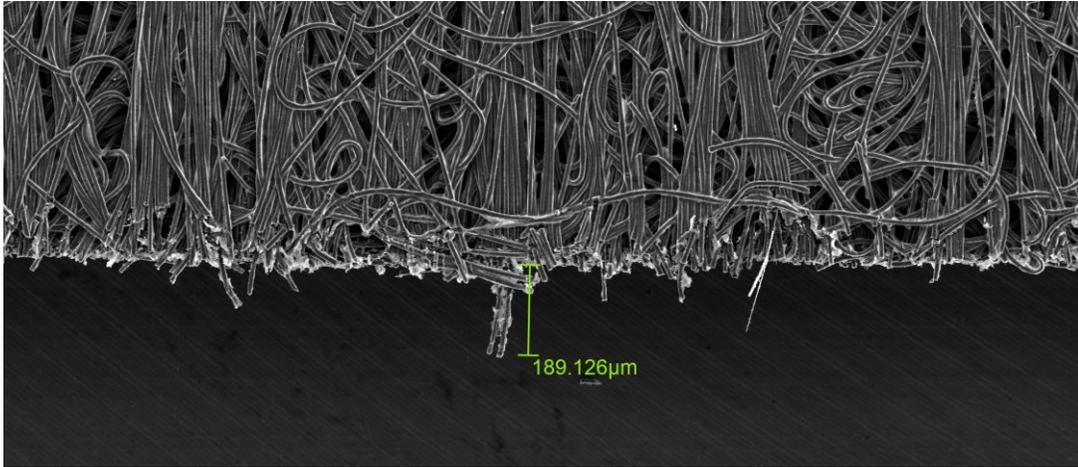


- ✓ relativ saubere Schnittkante
- ✓ Kein Materialabtrag auf der MPL-Seite

- × Flachbettstanzen erfordert Anhalten der Materialbahn → diskontinuierliches Verfahren
- × Rotationsstanze
 - doppelseitige Lagerung
 - hohe Anforderung an die Gegenwalze
 - beide Voraussetzungen können durch das Konzept nicht realisiert werden

AP 2 Schneiden der GDL

Scherschneiden mit Rundmesser



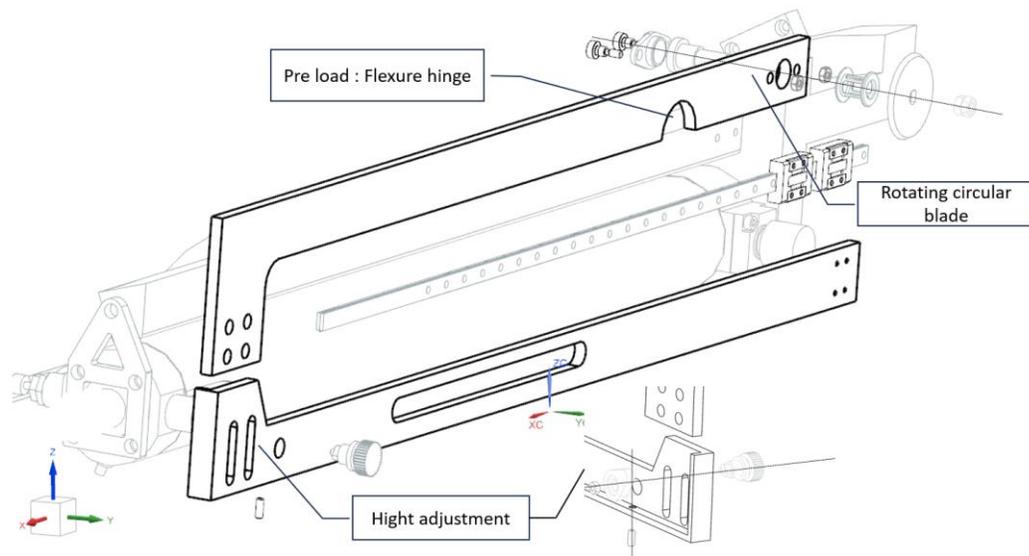
- ✓ Kein Materialabtrag auf der MPL-Seite
- ✓ Einfache Integrierbarkeit in das Maschinenkonzept
- ✓ Hohe Flexibilität
- ✓ Verbesserungspotential der Schnittkantenqualität besteht durch Optimierung der Prozessparameter

× liefert nicht die beste Schnittkantenqualität im ersten Versuch

AP 2 & 5.1 Entwicklung der Schneideinheit

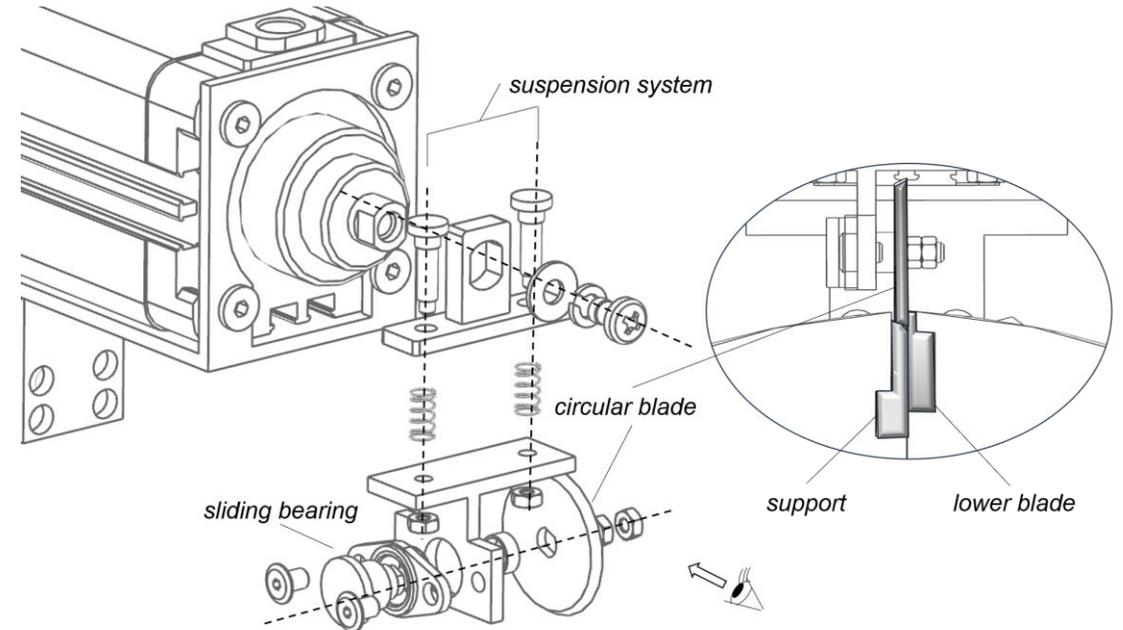
Lösung 1

- Pneumatikzylinder mit U-förmigen Anschlusssteil und Linearführung
- 1x zusätzlicher Platzbedarf für die Hublänge, damit keine Kollisionsgefahr beim Ablegen besteht

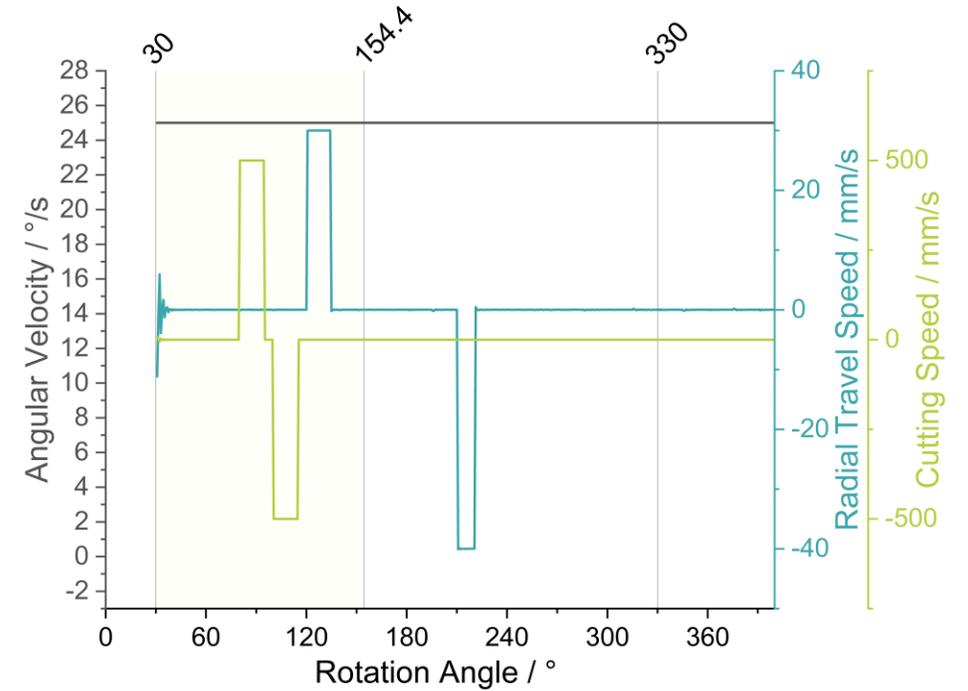
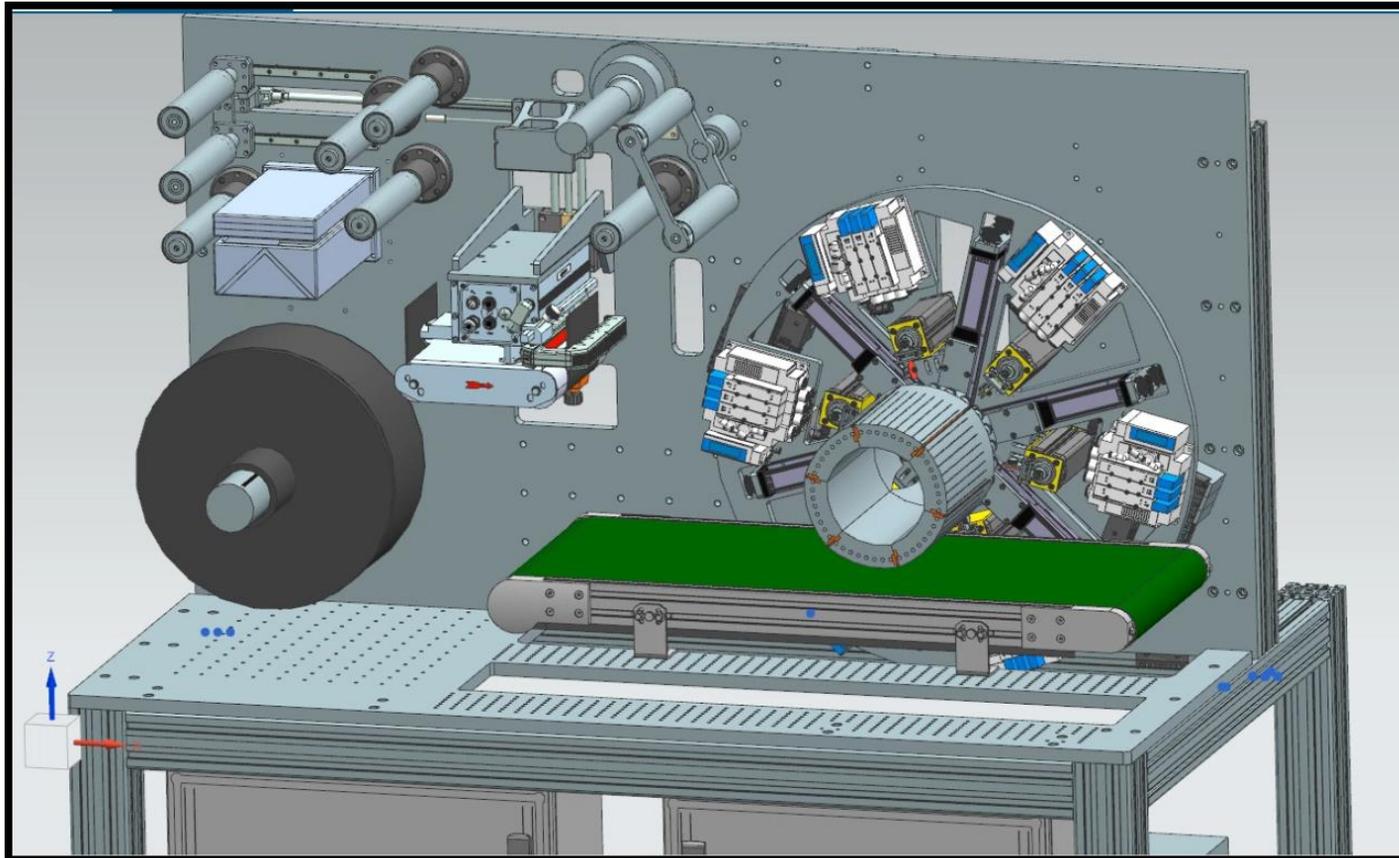


Lösung 2

- ✓ Teleskopzylinder mit direkter Verbindung zum Kreismesser
- ✓ Homeposition ist gleich die kürzeste Stellung



AP 5.1 – Gesamtanlagenkonzept



Demonstrator befindet sich derzeit im Aufbau

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer
Institutsleiter
Tel.: +49 721 608-44009
E-Mail: Juergen.Fleischer@kit.edu

Ling Ma, M.Sc.
Akademische Mitarbeiterin
Tel.: + 49 173 421 6331
E-Mail: ling.ma@kit.edu