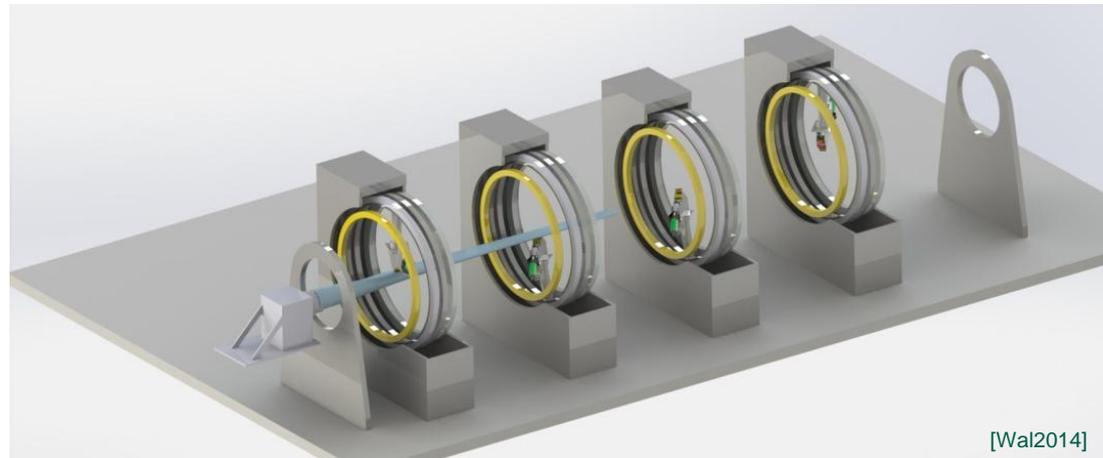


Realisierung einer Demonstratoranlage für die Orbitalwickeltechnologie



Rainer Wallasch, Ramon Tirschmann,

Co-Autoren (TUC/SLK): M. Spieler, W. Nendel, L. Kroll

Co-Autor (CETEX): O. Rohde, S. Nendel, H.-J. Heinrich

Inhalt

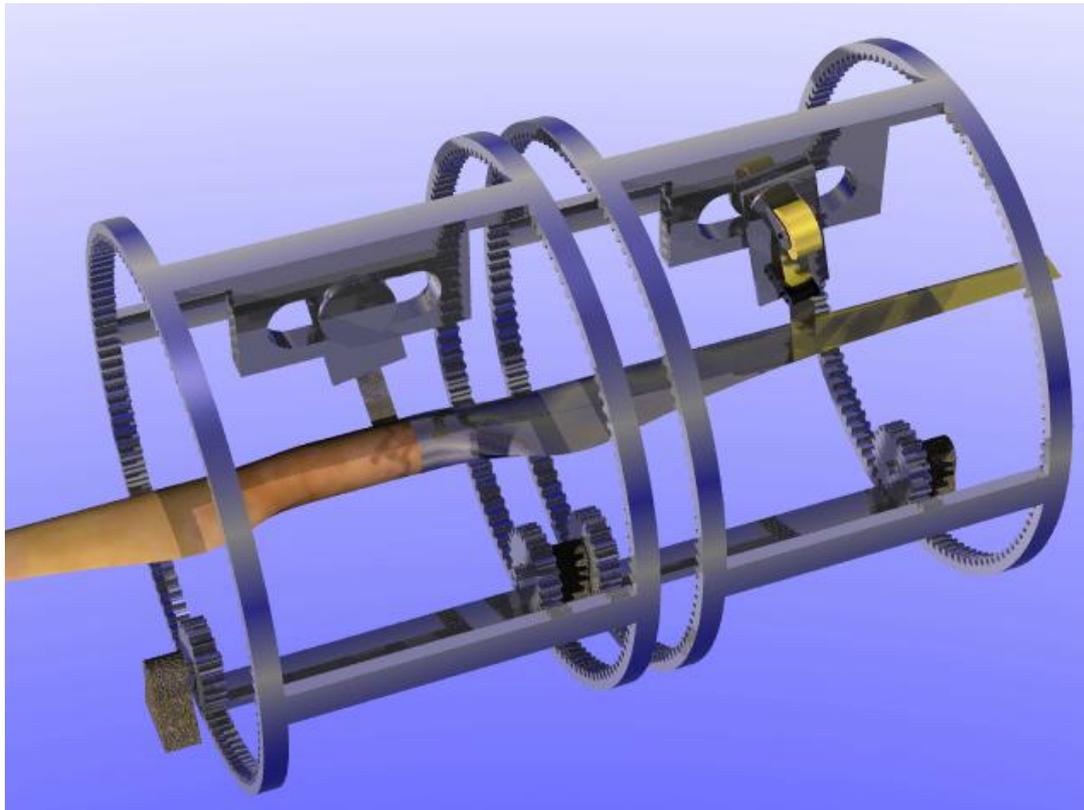
1. Motivation
2. Thermoplastisches Wickeln und Tapelegen
3. Technologiespezifikationen
4. Konzeption der Technologieumsetzung
5. Datenaufbereitung
6. Konstruktiver Entwurf
7. Konstruktive Umsetzung
8. Animation
9. Zusammenfassung und Ausblick
10. Literatur

1 Motivation

- Neuartige Technologie für ein großserientaugliches Verfahren
- Erzeugung von komplexen geschlossenen Strukturbauteilen mit:
 - Konvexen und konkaven Oberflächen
 - Inkonstantem Querschnitt
 - Flexiblen Lagenaufbau
- Verarbeitung Thermoplastischer Halbzeuge
- Sensorintegration in den Lagenaufbau
- Kontinuierlicher Verarbeitungsprozess
- Bereitstellung komplexer Halbzeuge

1 Motivation

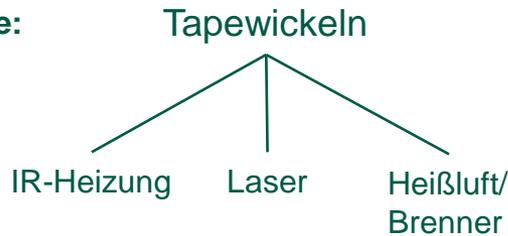
Vision der Technologie



[Professur Verbundwerkstoffe (Wielage, Nestler, Müller 2011)]

2 Thermoplastisches Wickeln und Tapelegen

Technologie:



Automatisiertes Tapelegen



Maschinentyp:

Rotierender Kern + Wickelkopf

Portal (Gantry)

Portal (Gantry)

Rotierender Kern +
Multiaxial Roboter

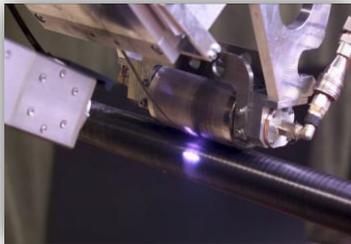
Geometrie:

Rotationssymmetrische
Profile

Flache Platte

Gekrümmte Platte

Komplexe 3D Strukturen



[IPT2006]



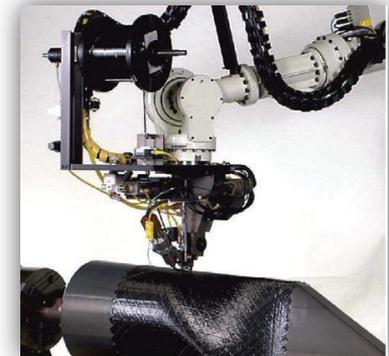
Cetex / TU-Chemnitz



[IPT006]

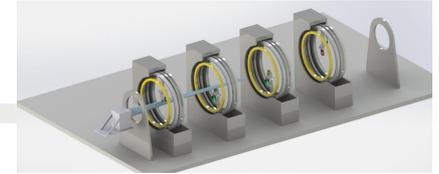


[IPT2006]

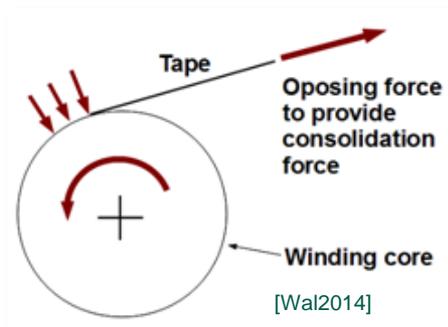


[AUD2014]

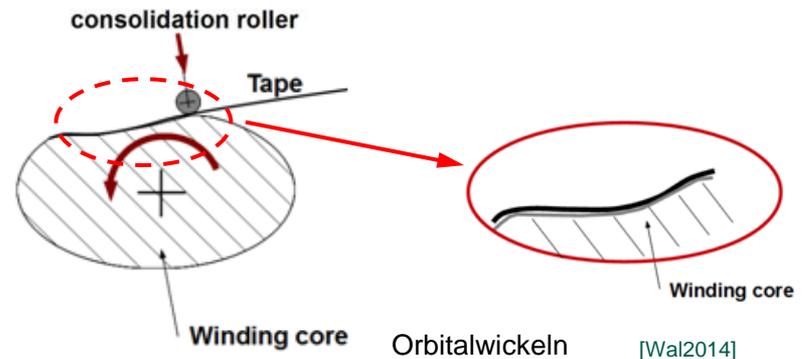
3 Technologiespezifikation



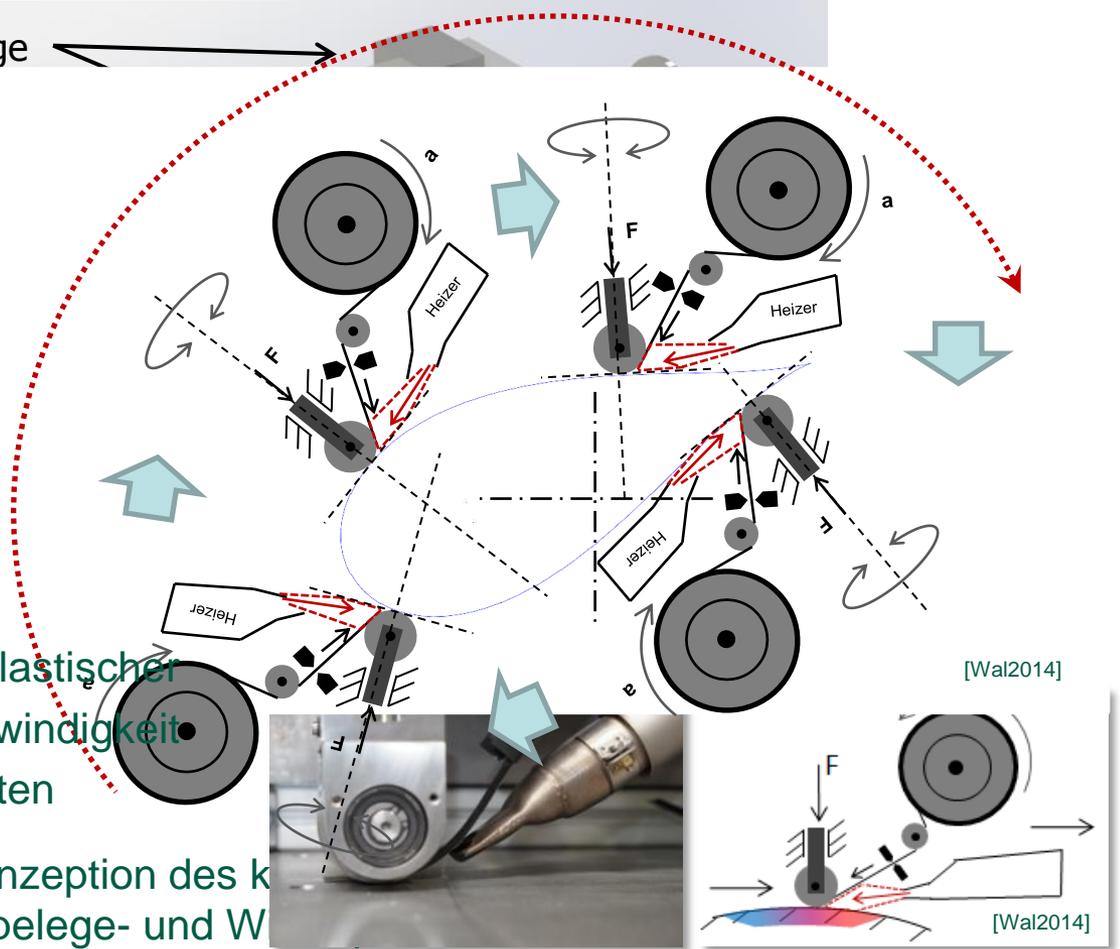
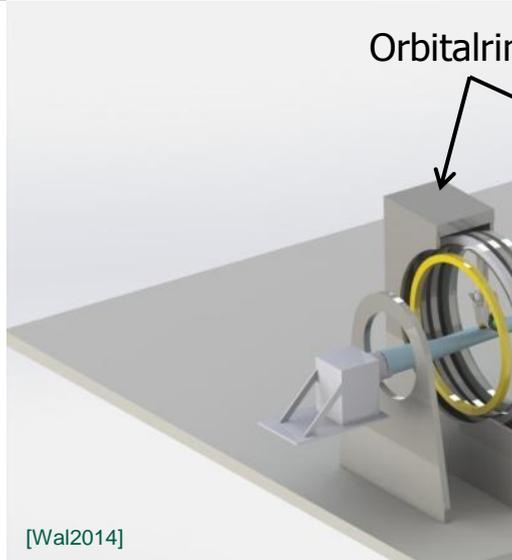
- Kombination des thermoplastischen Tapelegens und Wickeln
- Erzeugung rotationsunsymmetrischer Teile mit inkonstantem Querschnitt
z. Bsp.: Rotorblätter, Strukturbauteile
- Verarbeitung thermoplastischer Pre-preg Tapes durch Ablegen und on-line Konsolidierung
- Kontinuierliche Kerndurchführung
- On-line Sensorapplikation



Konventionelles Thermoplastisches Wickeln



3 Technologiespezifikation



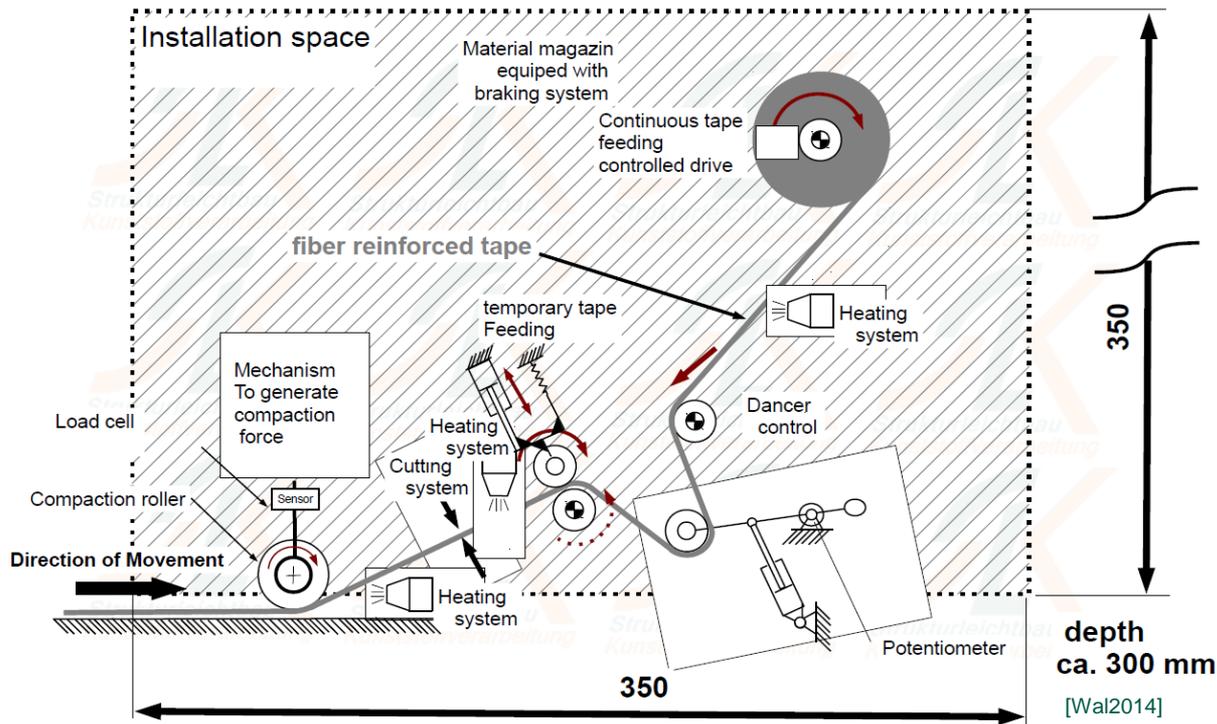
Konzeption des k
Tapelege- und W

Forschungsschwerpunkte:

- Kontinuierliche Verarbeitung thermoplastischer Pre-pregs → konstante Ablegegeschwindigkeit
- Integration von In-situ Sensorelementen
- Modularer Aufbau
- Großserientauglichkeit

3 Technologiespezifikation

- Aufbau eines thermoplastischen Tapelegekopfes



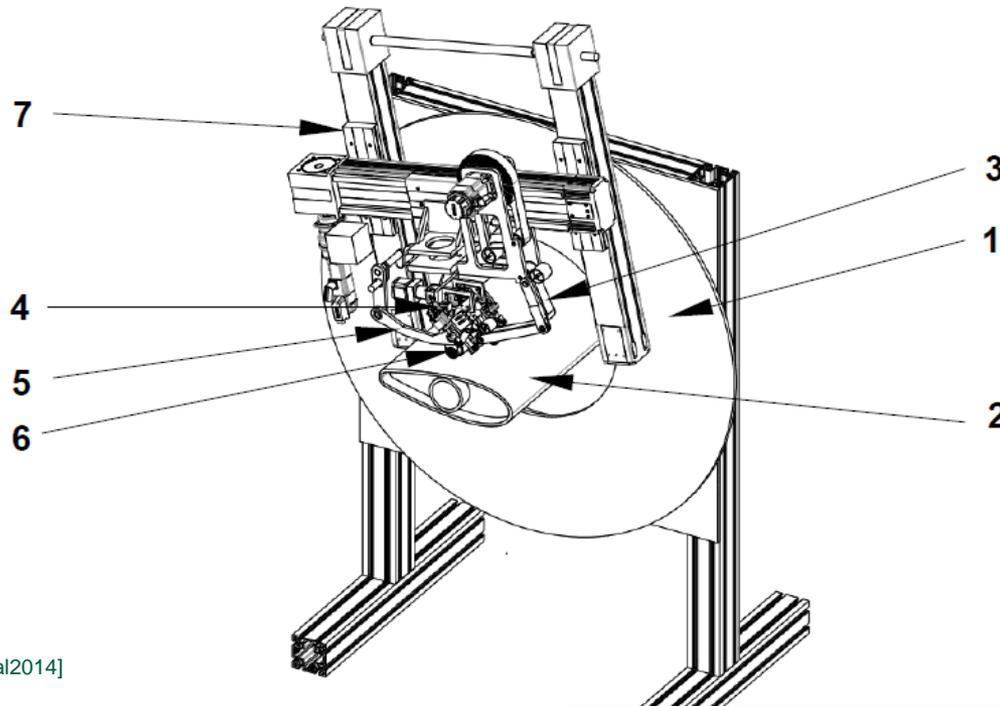
- Technologie erfordert Entwicklung eines neuartigen Anlagenkonzeptes und Tapelegekopfes (beachte Verzicht auf pneumatische Antriebe)

4 Konzeption der Technologieumsetzung

Patentsicherung der Technologie sowie deren Umsetzung



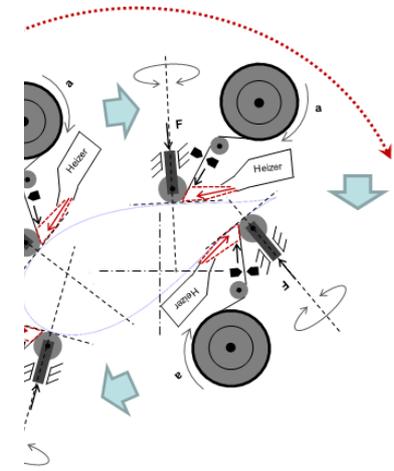
Fig. 1



Kern
Orbital Rin
Externer Ori

[Wal2014]

DE 10 2014 010 629.2

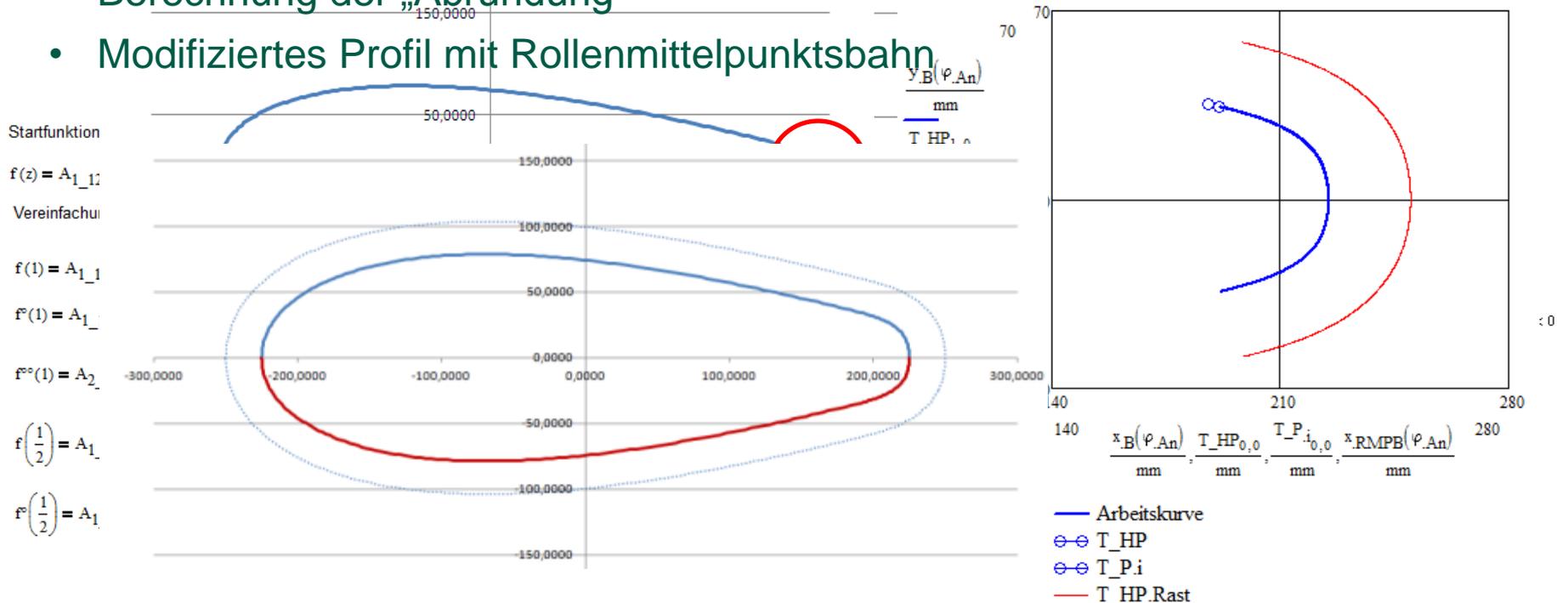


[Wal2014]

Spezielles Achsensystem

5 Datenaufbereitung

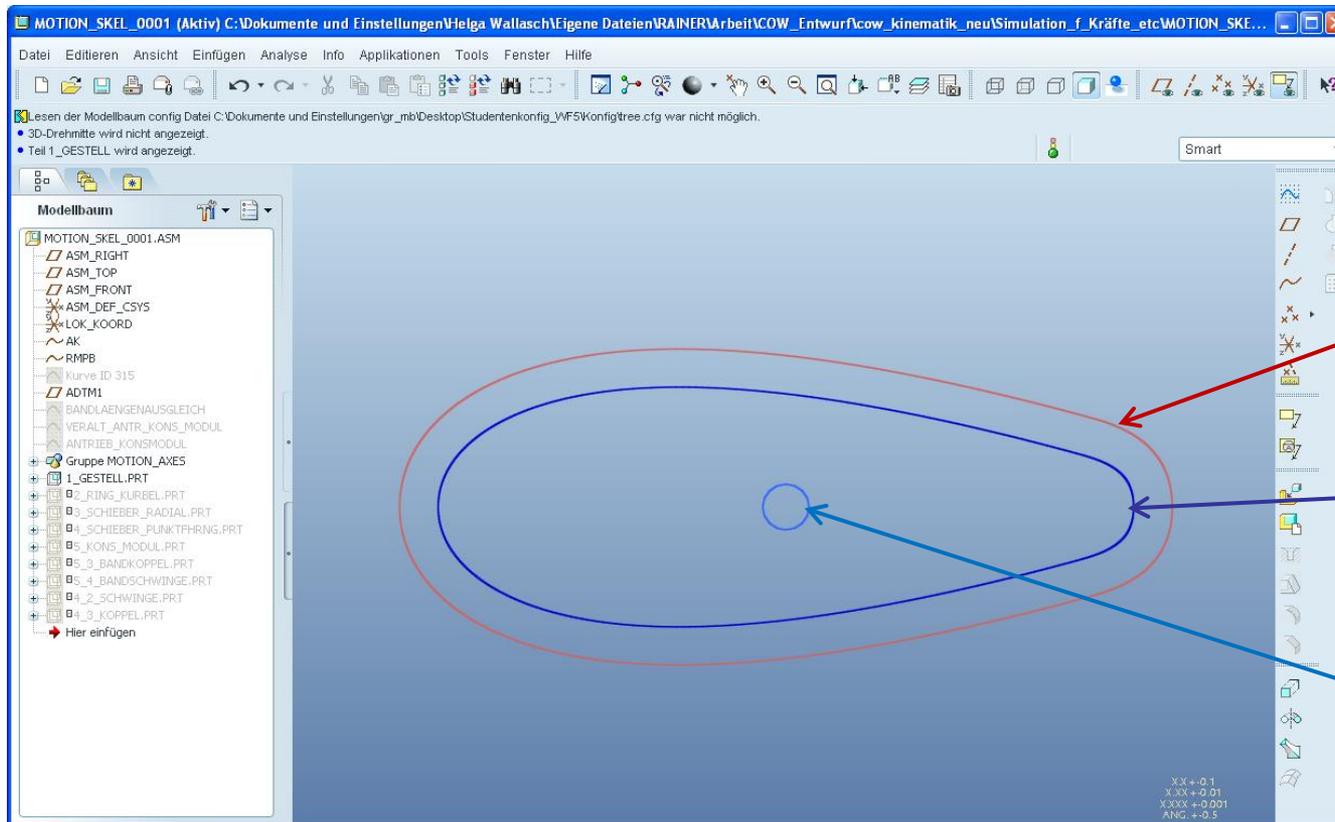
- Auswahl eines spezifischen Querschnitts zur Anlagendimensionierung
- Erstellung eines kinematisch stetigen Profils
- Berechnung der „Abrundung“
- Modifiziertes Profil mit Rollenmittelpunktsbahn



[Wal2014]

5 Datenaufbereitung

- Umwandlung und Erstellung eines IBL-Files (Associative Topology Bus)
- Creo Elements Pro 5.0 ®: IBL Import



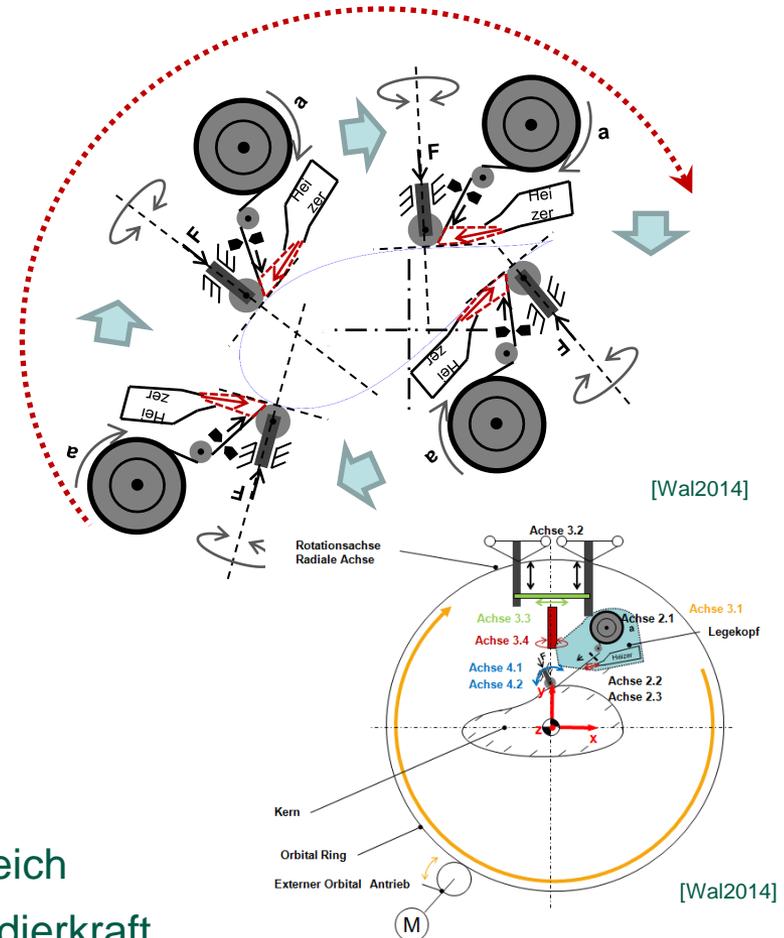
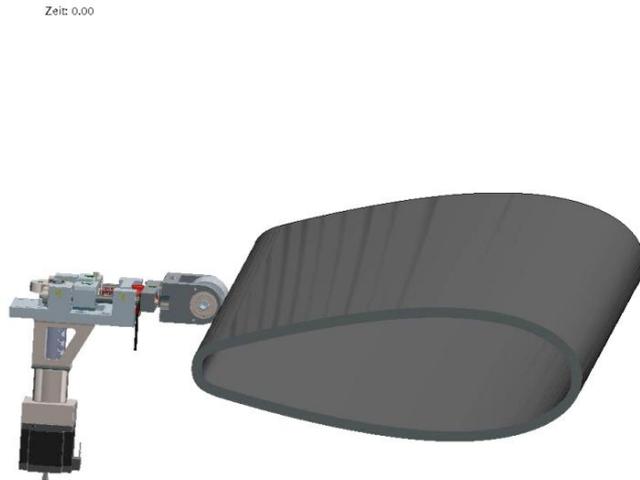
Rollenmittelpunktsbahn/
Führungsbahn

Kernkontur/
Arbeitskurve

Drehpunkt des
Rotors

6 Konstruktiver Entwurf

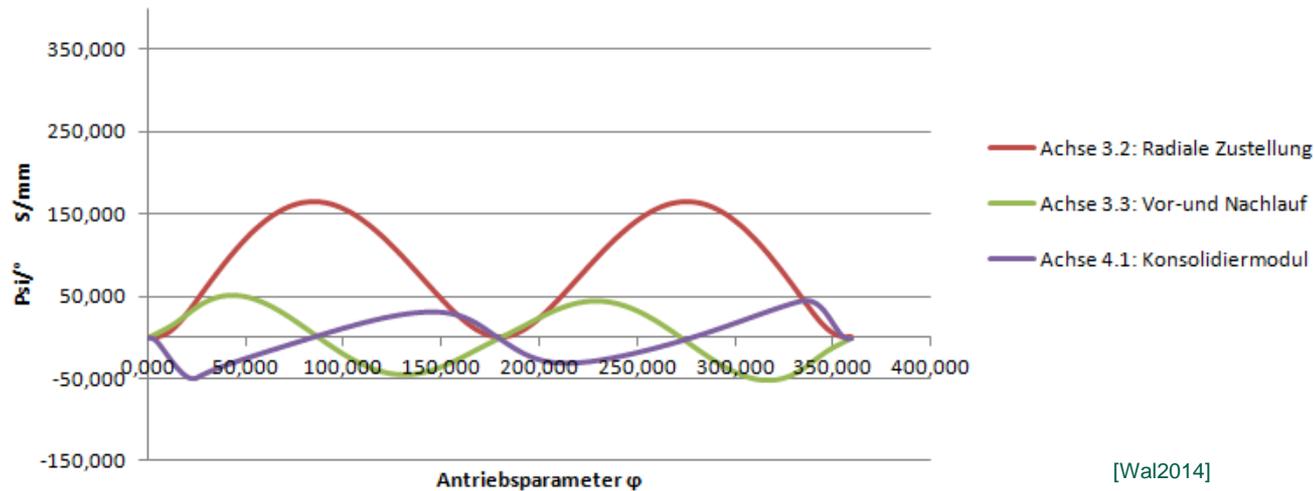
Bewegung des Endeffektors



- Realisierung des kinematischen Systems:
 - Beschreibung der Führungsbahn
 - Überbestimmung für Geschwindigkeitsausgleich
 - Überbestimmung zur Erzeugung der Konsolidierkraft

6 Konstruktiver Entwurf

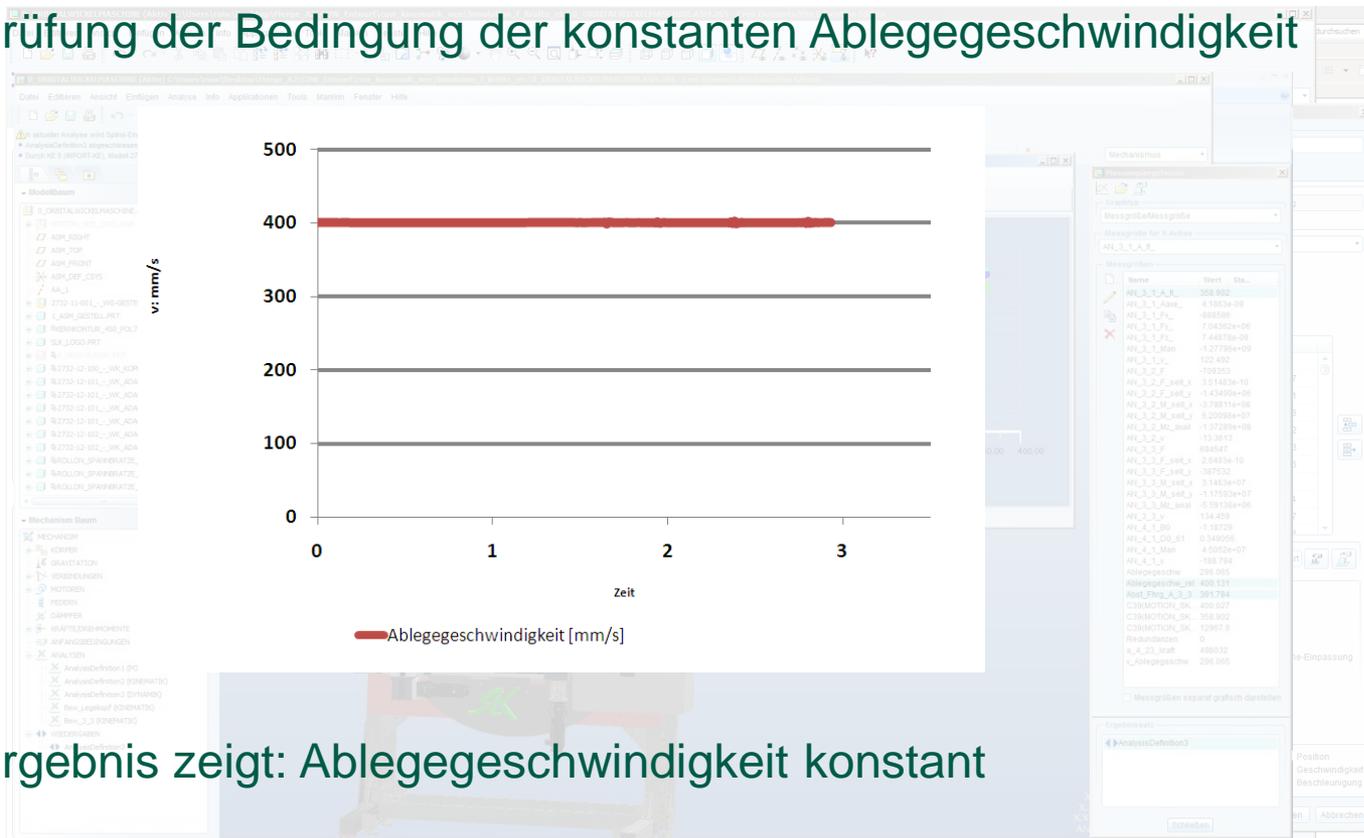
Umkehr des kinematischen Systems zur Bestimmung der Antriebsparameter



3.1 Antrieb		3.2 Radiale Zustellung		3.3 Vor und Nachlauf		4.1 Konsolidiermodul	
Ax_12_fl_w (deg)		Ax_23_s_rad_Zustellung (mm)		Ax_34_s_Schieber (mm)		Ax_45_s_Konsmodul (deg)	
Zeit	[s]	Radiale Zustellung	Absoluthub	Bewegung	Absoluthub	Bewegung	Absoluthub
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
	[°]	[-80,000	[mm]	[-72,016	[mm]	[-49,326	[°]
0	0,000	-79,991	0,000	-20,000	0,000	0,444	0,000
0,2	0,582	-79,999	-0,008	-19,309	0,691	0,138	-0,306
0,4	1,164	-79,996	-0,005	-18,618	1,382	0,262	-0,183
0,6	1,746	-79,992	-0,001	-17,926	2,073	0,258	-0,186
0,8	2,327	-79,984	0,008	-17,235	2,765	-0,033	-0,478
1	2,909	-79,962	0,029	-16,544	3,456	-0,670	-1,114
1,2	3,491	-79,914	0,078	-15,854	4,146	-1,620	-2,065
1,4	4,073	-79,826	0,165	-15,163	4,837	-2,828	-3,273

6 Konstruktiver Entwurf

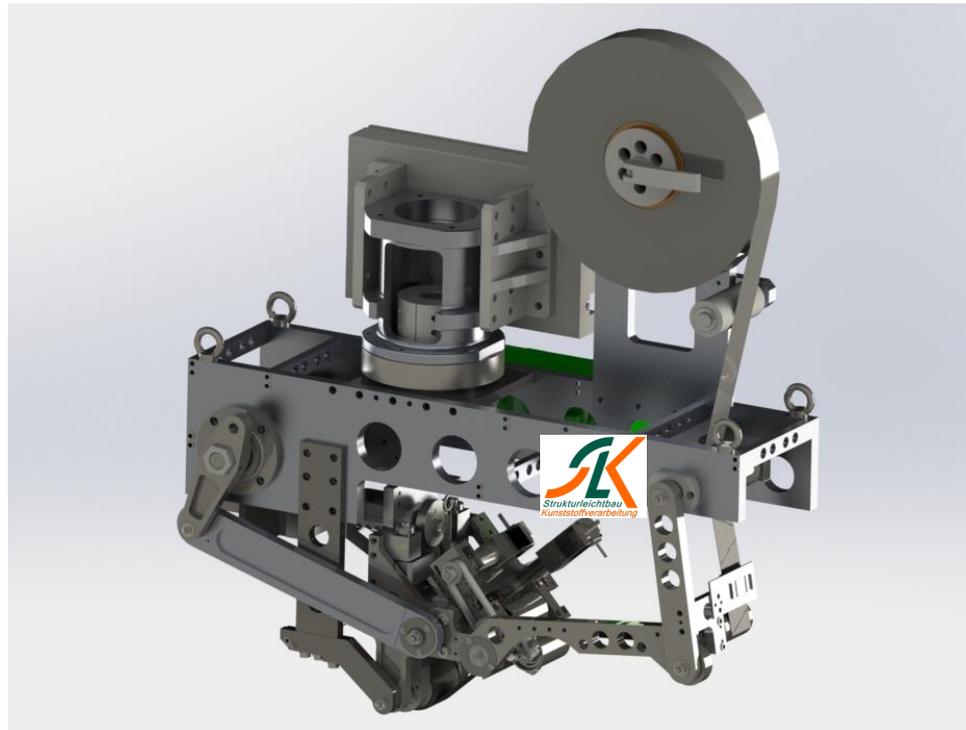
- Einlesen der Verfahrenswege in das System und simulative Validierung der Verfahrenswege
- Prüfung der Bedingung der konstanten Ablegegeschwindigkeit



- Ergebnis zeigt: Ablegegeschwindigkeit konstant

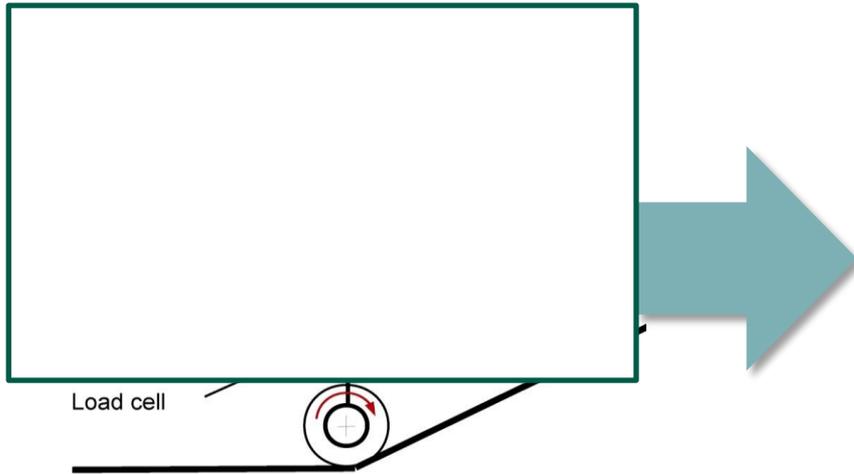
7 Konstruktive Umsetzung

Orbitallegekopf



7 Konstruktive Umsetzung

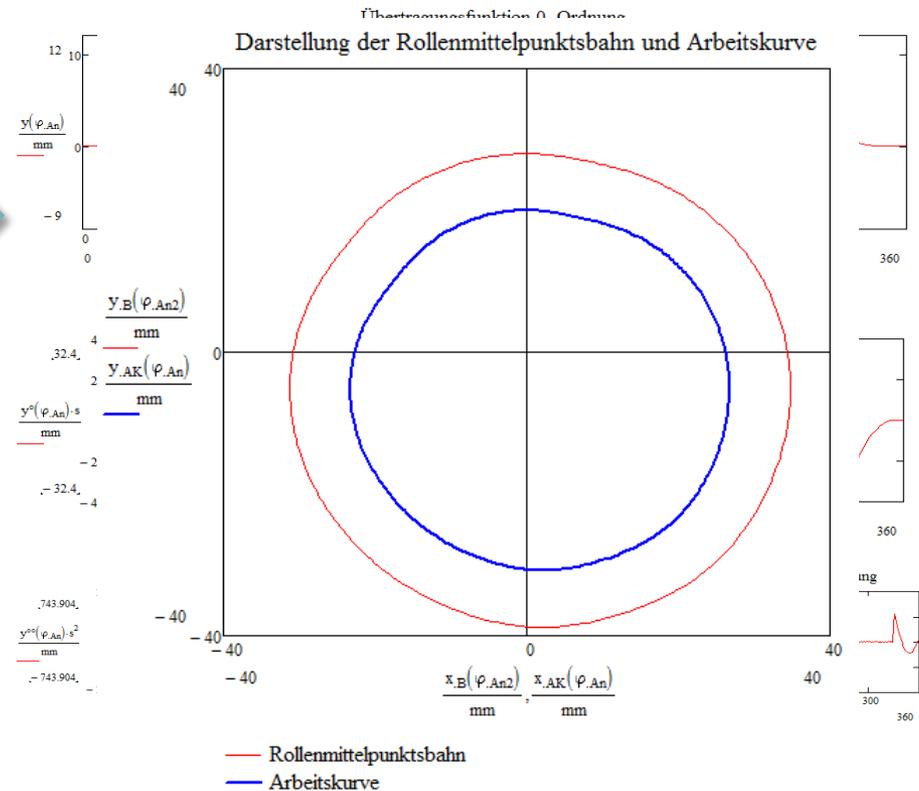
Elektromechanisches Prinzip zur Erzeugung der Konsolidierkraft



Analytische Funktionen

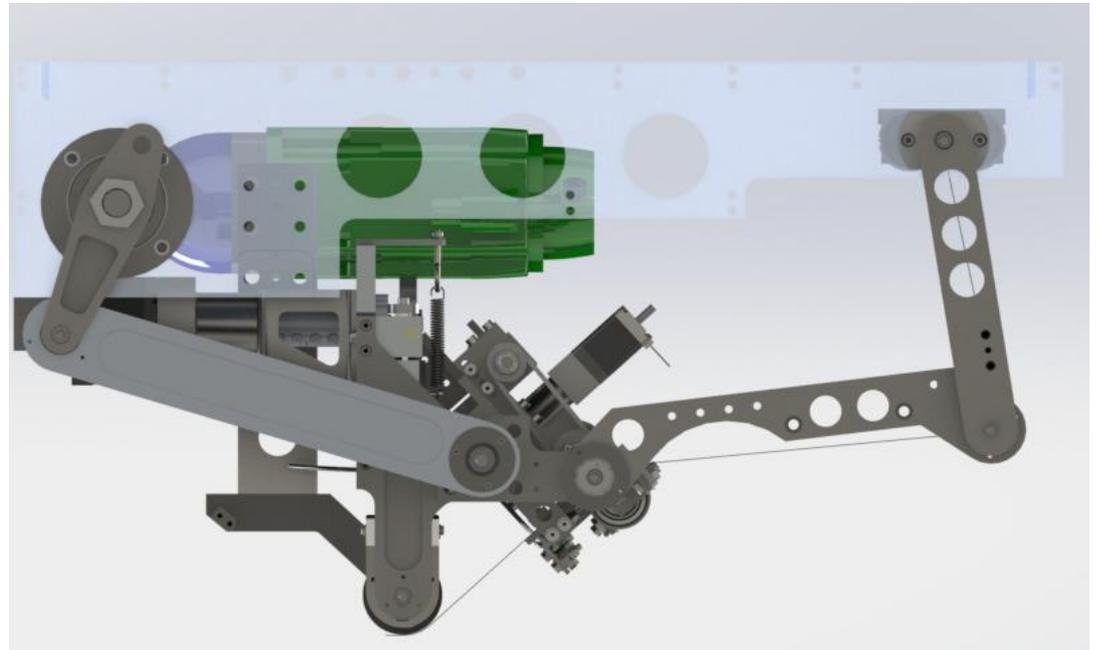
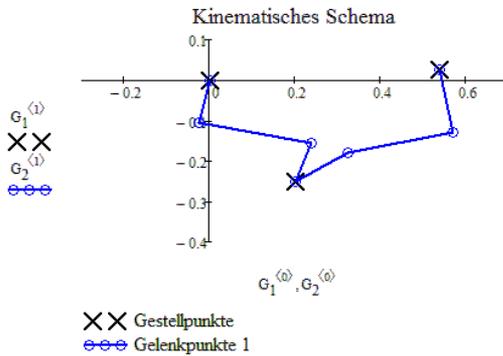
$$s(\varphi_{An}) = s(\varphi_0) + \Delta s \cdot f(z) = s(\varphi_0) + \Delta s \cdot f\left[\frac{(\varphi_{An} - \varphi_0)}{\Delta\varphi}\right]$$

$$s(\varphi_{An}) = s(\varphi_0) + \Delta s \cdot ((1 - f(z))) = s(\varphi_0) + \Delta s \cdot \left[1 - f\left[\frac{(\varphi_{An} - \varphi_0)}{\Delta\varphi}\right]\right]$$

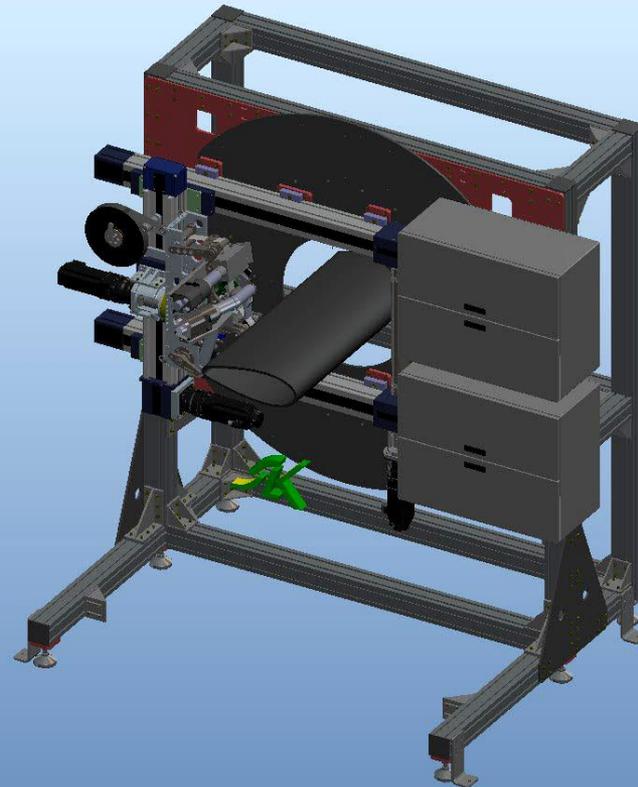


7 Konstruktive Umsetzung

Antriebskonzept für Auslenkung des Konsolidiermoduls



8 Animation



9 Zusammenfassung und Ausblick

- Entwicklung eines neuartigen Verfahrens
- Erarbeitung der Verfahrensgrundlagen
- Umsetzung des Anlagenkonzepts

- **Ausblick:**
- Validierung der Technologie
- Spezifikation des Verarbeitungsspektrums
- Umsetzung Komplettsystem mit automatisierter Kerndurchführung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Literatur

- | | | |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [IPT2006] | M. Emonts | Herstellung von belastungsoptimierten UD endlosfaserverstärkten Thermoplast-Bauteilen |
| [Dai2002] | S.C. Dai, L. Ye | Characteristics of CF PEI tape winding process with on-line consolidation |
| [DBU1990] | Iffland et. al. | Entwicklung und Erprobung eines neuen Fertigungsverfahrens von Rotorblättern für Windkraftanlagen |
| [AUD2014] | N.N. | Automated Dynamics [http://www.automateddynamics.com/automation-equipment] |
| [Hei2009] | A. Heine | Kinematische Analyse ebener und räumlicher Getriebestrukturen mit Hilfe von Motion-Skeletten, SAXSIM, Chemnitz, 2009 |
| [Wal2014] | R. Wallasch, R. Tirschmann, M. Spieler, W. Nendel, L. Kroll, O. Rohde, J. Grünert, S. Nendel, H.-J. Heinrich | Die Orbitalwickeltechnologie – Technologie zur kontinuierlichen Herstellung endlosfaserverstärkter thermoplastischer Verbundbauteile |

DFG Deutsche
Forschungsgemeinschaft



Diese Arbeit entstand im Rahmen des Bundesexzellenzcluster EXC 1075 „Technologiefusion für multifunktionale Leichtbaustrukturen“ und wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Die Autoren danken für die finanzielle Unterstützung.