

# Leichtbau als Enabler für die nachhaltige Mobilität der Zukunft

Interdisziplinäre Leichtbauforschung -  
mehrskalige Untersuchungen in der  
Entwicklung von Faserverbundstrukturen

Dr.-Ing. Carsten Schmidt

Forscherguppe HPCFK - Niedersachsens Forschungs Kooperation  
zur Hochleistungsproduktion von CFK-Strukturen



Bild: MD AIRCRAFT

# Interdisziplinarität

- Vereinte Leichtbauforschung innerhalb Stader Leichtbau-Ökosystem seit 2011
- Gründungsmitglied



## Forschungskooperation HP CFK



**IFW**  
Institut für Fertigungstechnik  
und Werkzeugmaschinen  
Dr.-Ing. C. Schmidt  
Standortleitung



Institut für Flugzeugbau  
und Leichtbau  
IFL  
Prof. Dr.-Ing. S. Heimbs  
TU Braunschweig

## Flugzeugentwurf & Faserverbundstrukturen

## Produktionstechnologien und Automatisierung



**IFW**  
Institut für Fertigungstechnik  
und Werkzeugmaschinen  
Prof. Dr.-Ing. B. Denkena  
Leibniz Universität Hannover

## Faserverstärkte Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik



**PuK**  
Institut für Polymerwerkstoffe  
und Kunststofftechnik  
Dr. sc. nat. Leif Steuernagel  
Verwalter der Professur „Kunststofftechnik“  
TU Clausthal

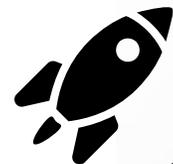
# Bereiche der Forschung

Neben der Hauptanwendung Luftfahrtforschung konnten weitere Anwendungsbereiche in den letzten Jahren entwickelt werden.

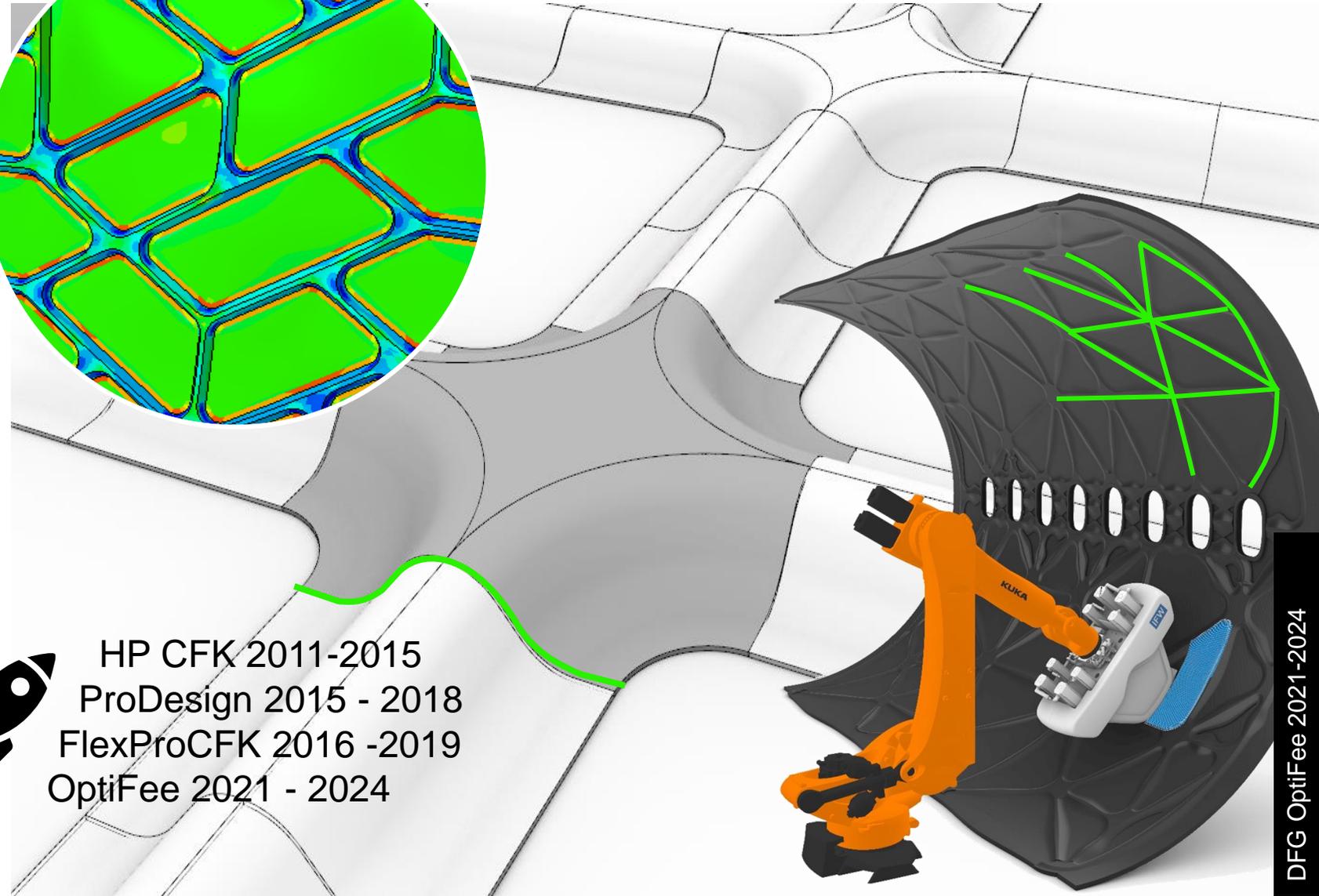
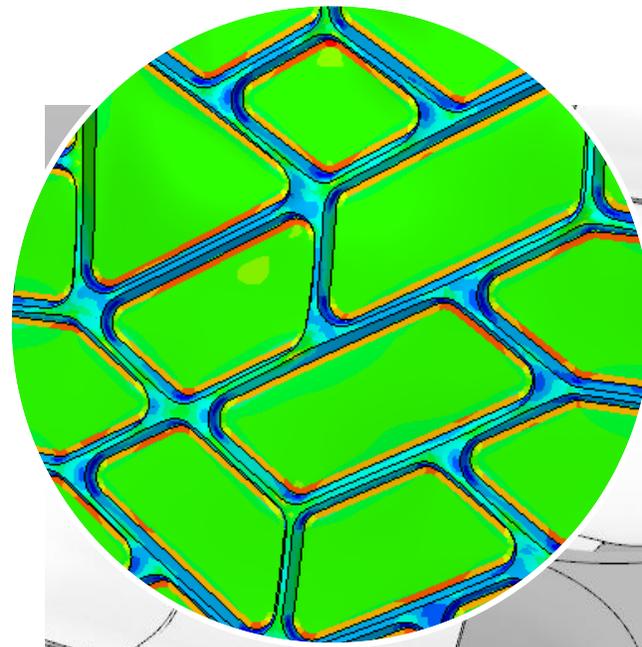


# Von der Natur inspiriert

- Unkonventionelle Strukturlayouts als Ergebnis einer integrierten Struktur- und Prozesskettenentwicklung
- Methodengestützte „Überwindung“ von Kommunikationsbarrieren

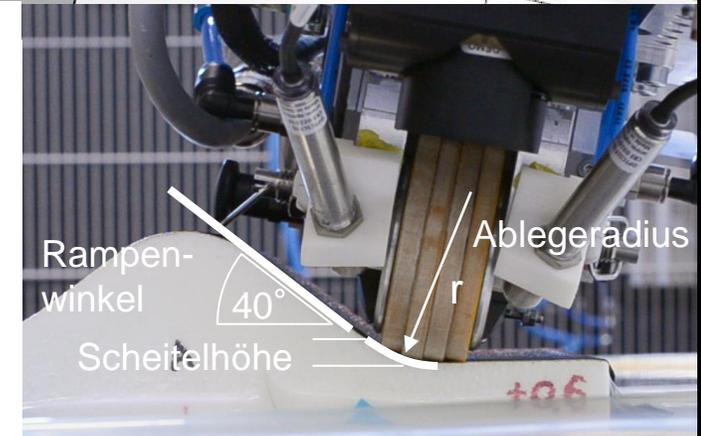
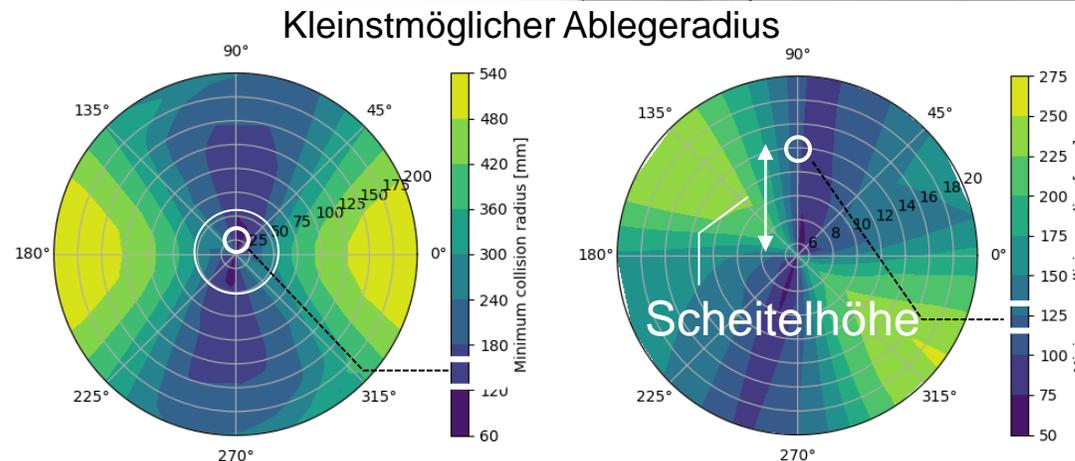
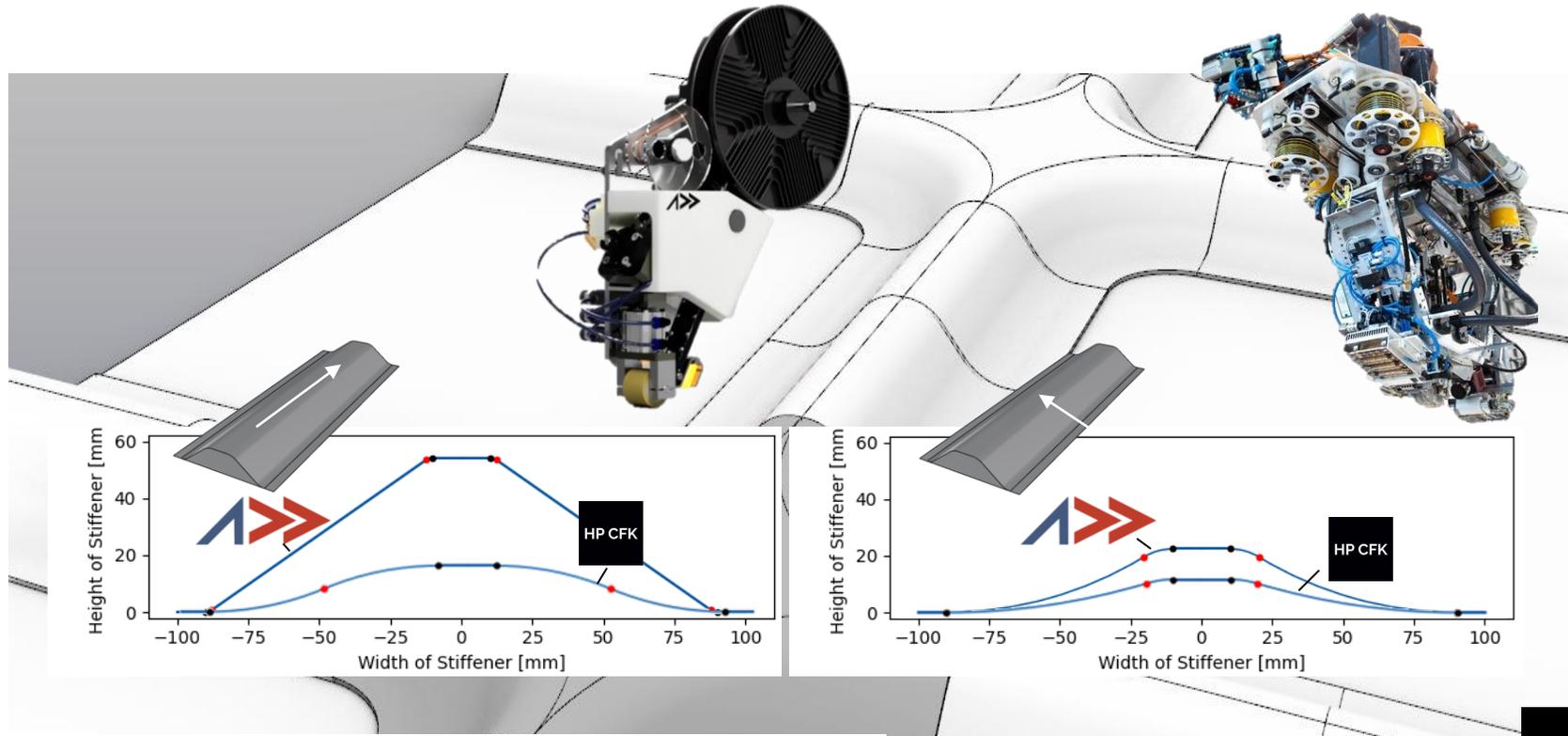


HP CFK 2011-2015  
ProDesign 2015 - 2018  
FlexProCFK 2016 -2019  
OptiFee 2021 - 2024



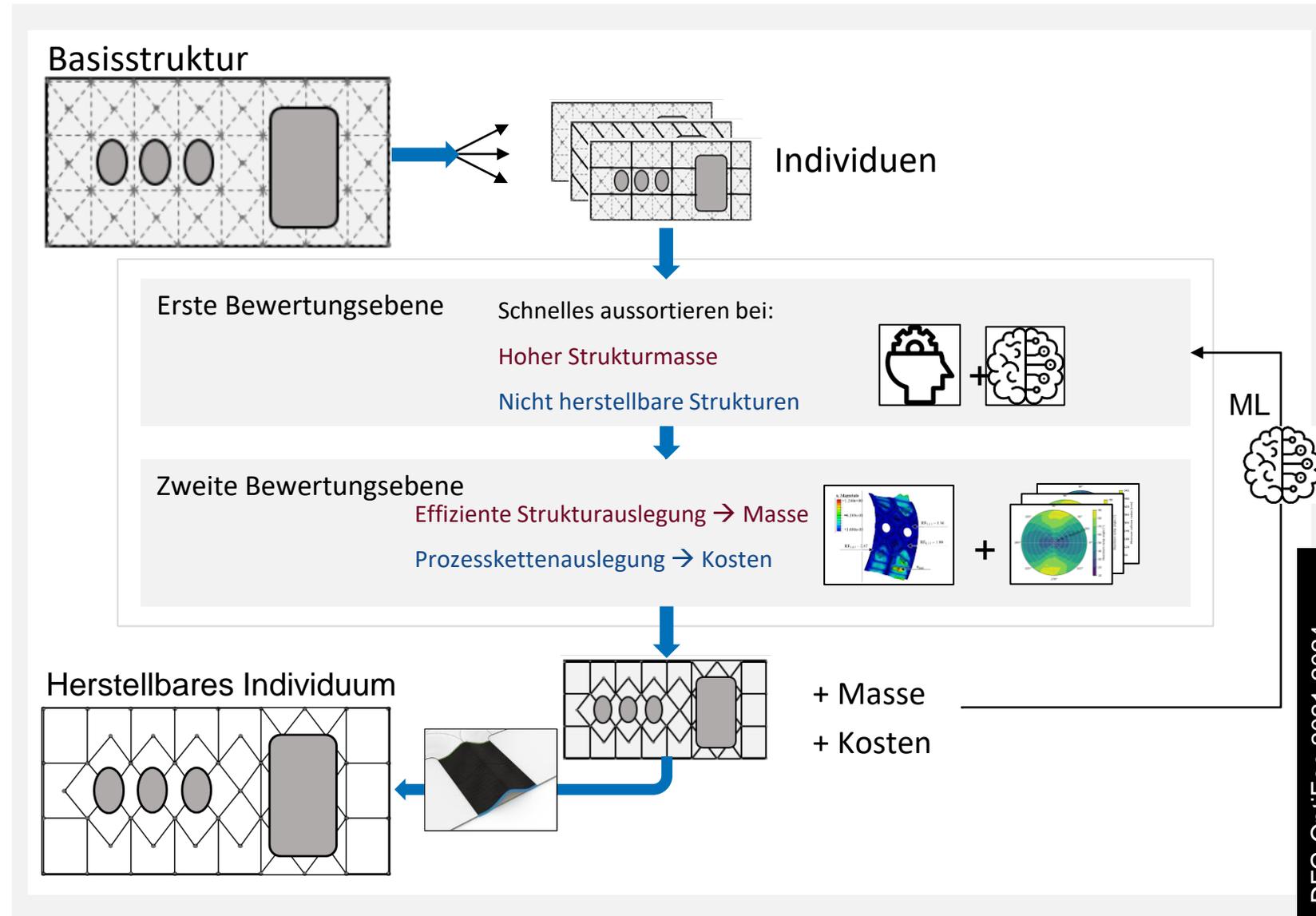
# Restriktion der Fertigung

- Die Geometrie des Legekopfes, der Andruckrolle Andruckrollenhärte entscheiden über die fertigen Bauteilparameter.
- Kombinierte Abbildung von restriktiven Kopfparametern in einem Netzdiagramm.

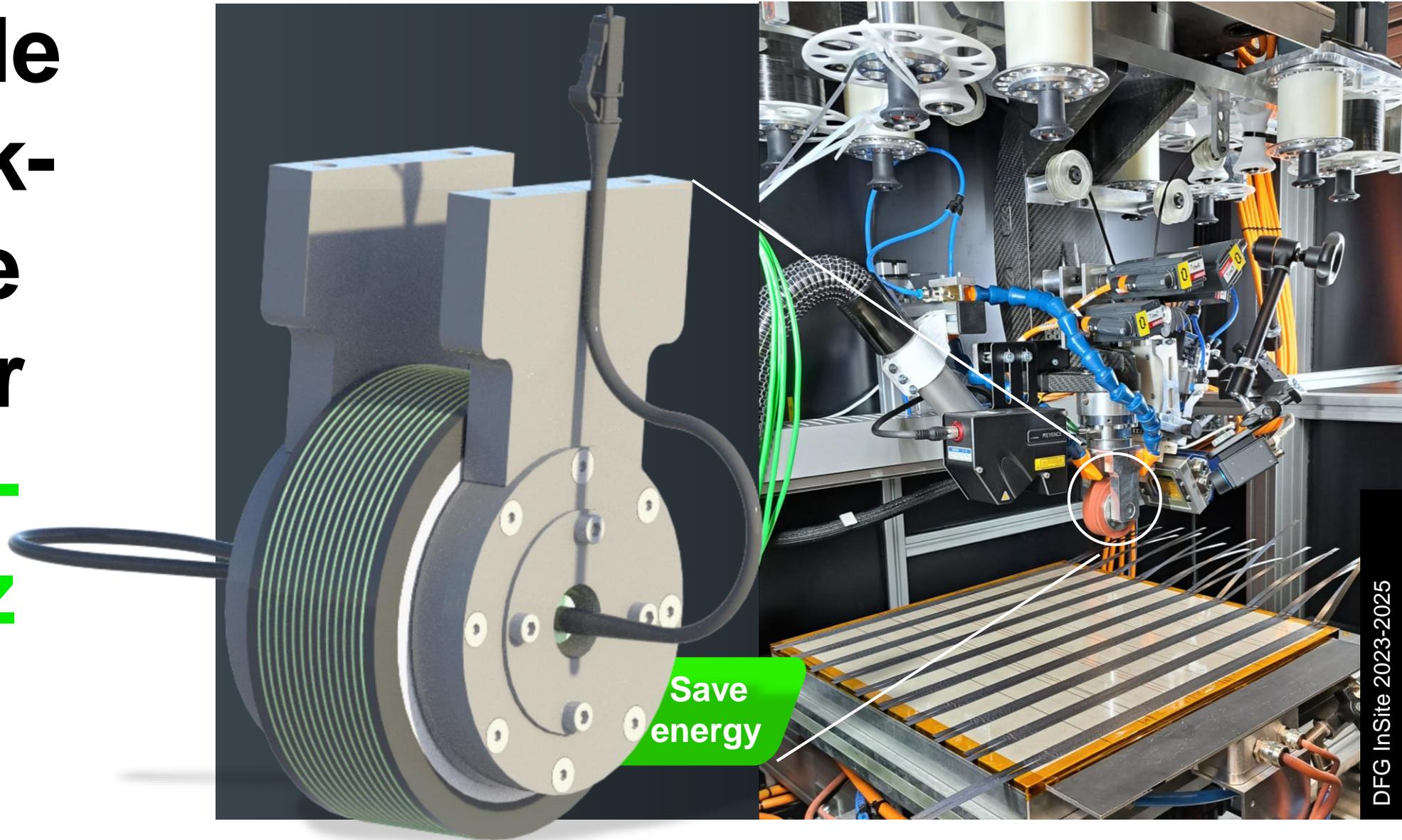


# Layout- Topologie- optimierung

- Berücksichtigung der Herstellbarkeitskriterien im frühen Vorentwurf innerhalb einer zweistufigen, integrierten Bewertungsmethode.
- Kommunikationsschnittstelle zwischen Design und Fertigung.

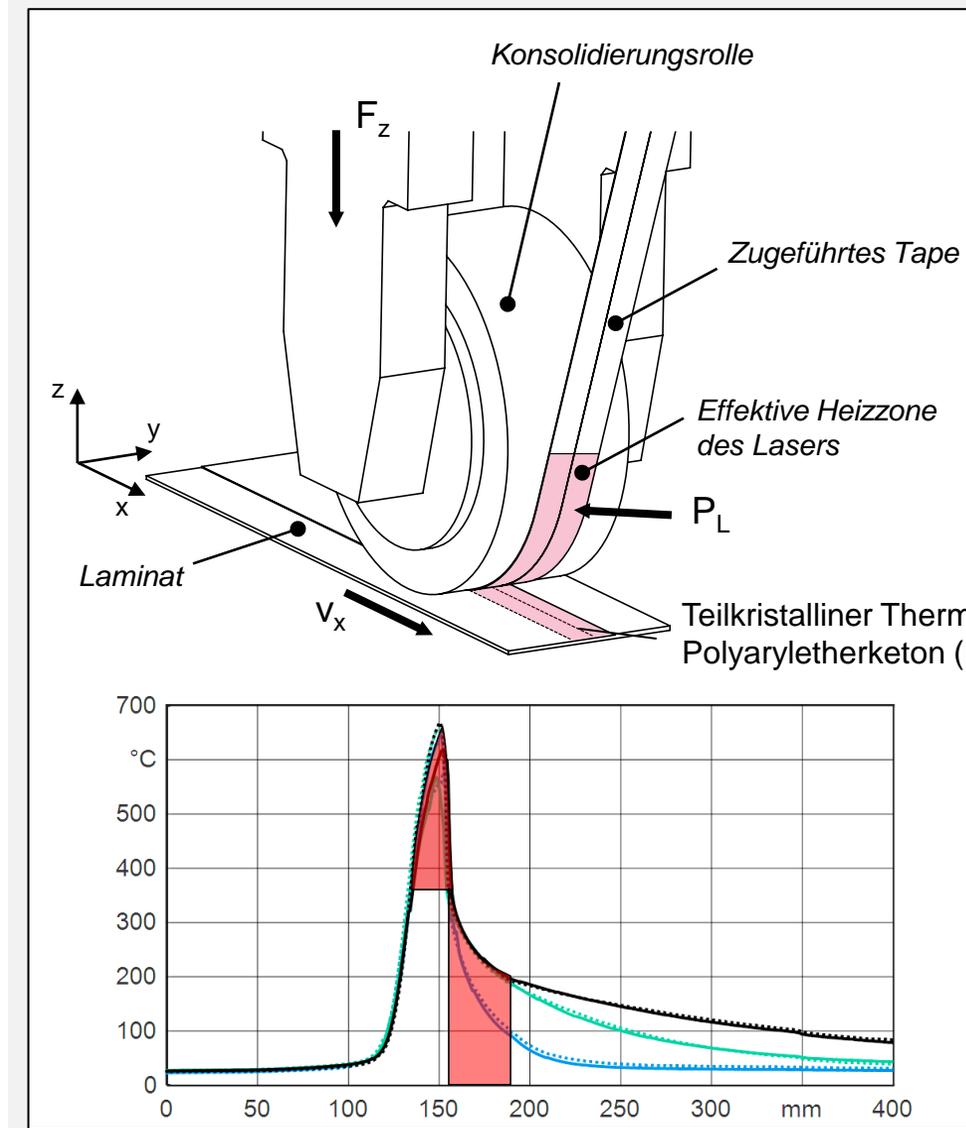


# Fühlende Andruck- systeme für mehr Energie- effizienz

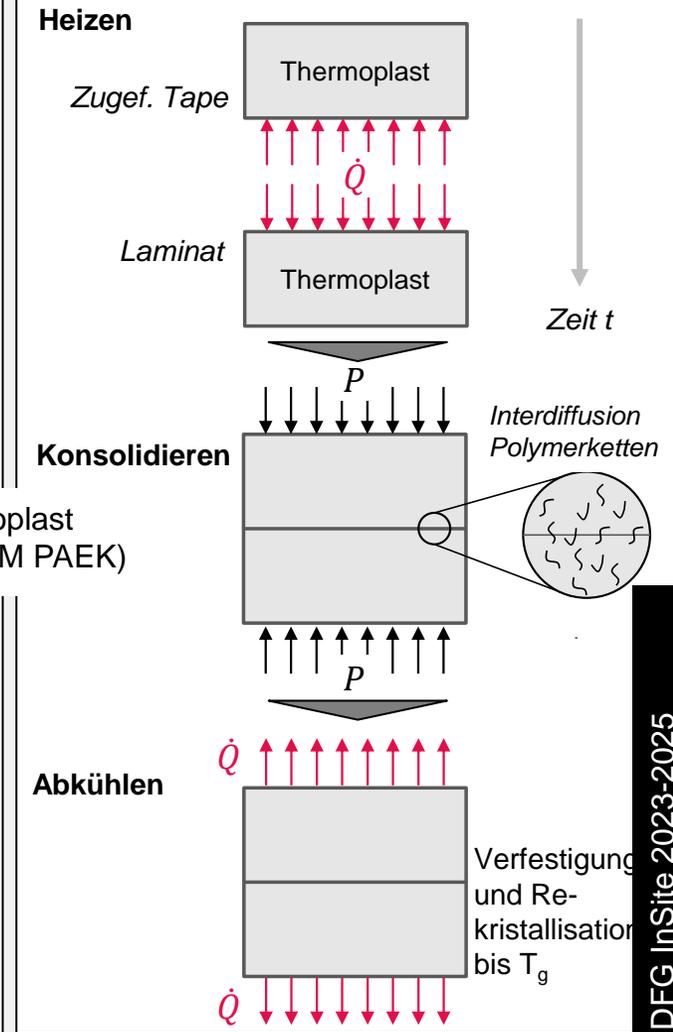


# In-situ Konsolidierung

- Mikro- und makroskopische Lamineigenschaften und deren Wechselwirkung: Resultat von Prozessführung und zeitabhängigen thermomechanischen Belastungen.
- Verbesserung der Regelungsgüte durch Temperaturmessung im Konsolidierungspunkt

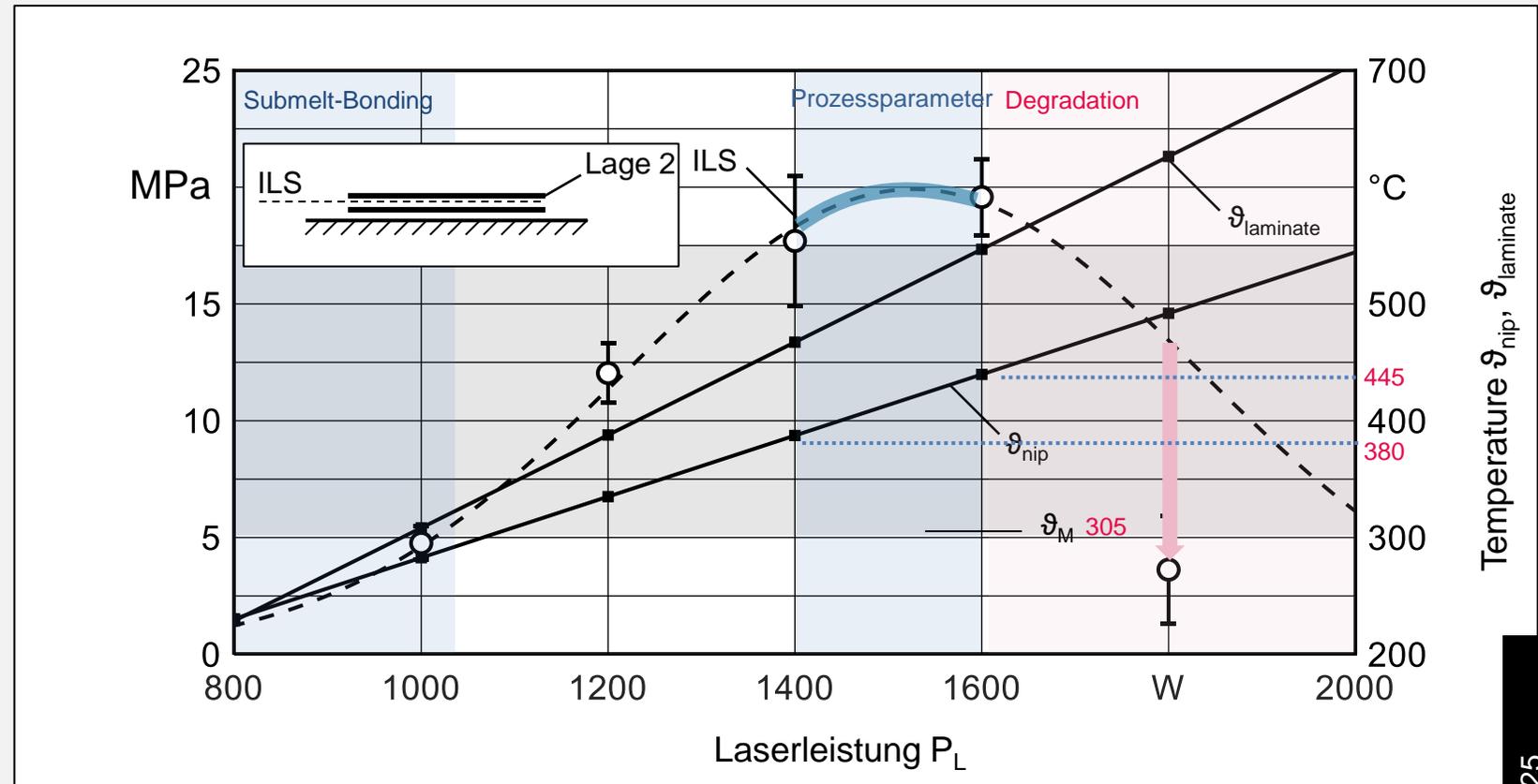


## Mechanismus des Konsolidierens



# Einfluss der Laserleistung

- Höchste Qualität bei  $P_L$  1400-1600 W,  $\vartheta_{nip}$  380-450°C
- Überhizen erforderlich für Polmerkettendifusion
- Amorpher Anteil teilkristalliner Thermoplaste bindet unterhalb 305°C schwach an



### Machine and process parameters

Laser power:	$P_L = \text{var.}$
Consolidation force:	$F_z = 500 \text{ N}$
Lay-up speed:	$v_x = 50 \text{ mm/s}$
Number of tape:	$n_B = 2$
Number of layers :	$n_L = 2$

### Material

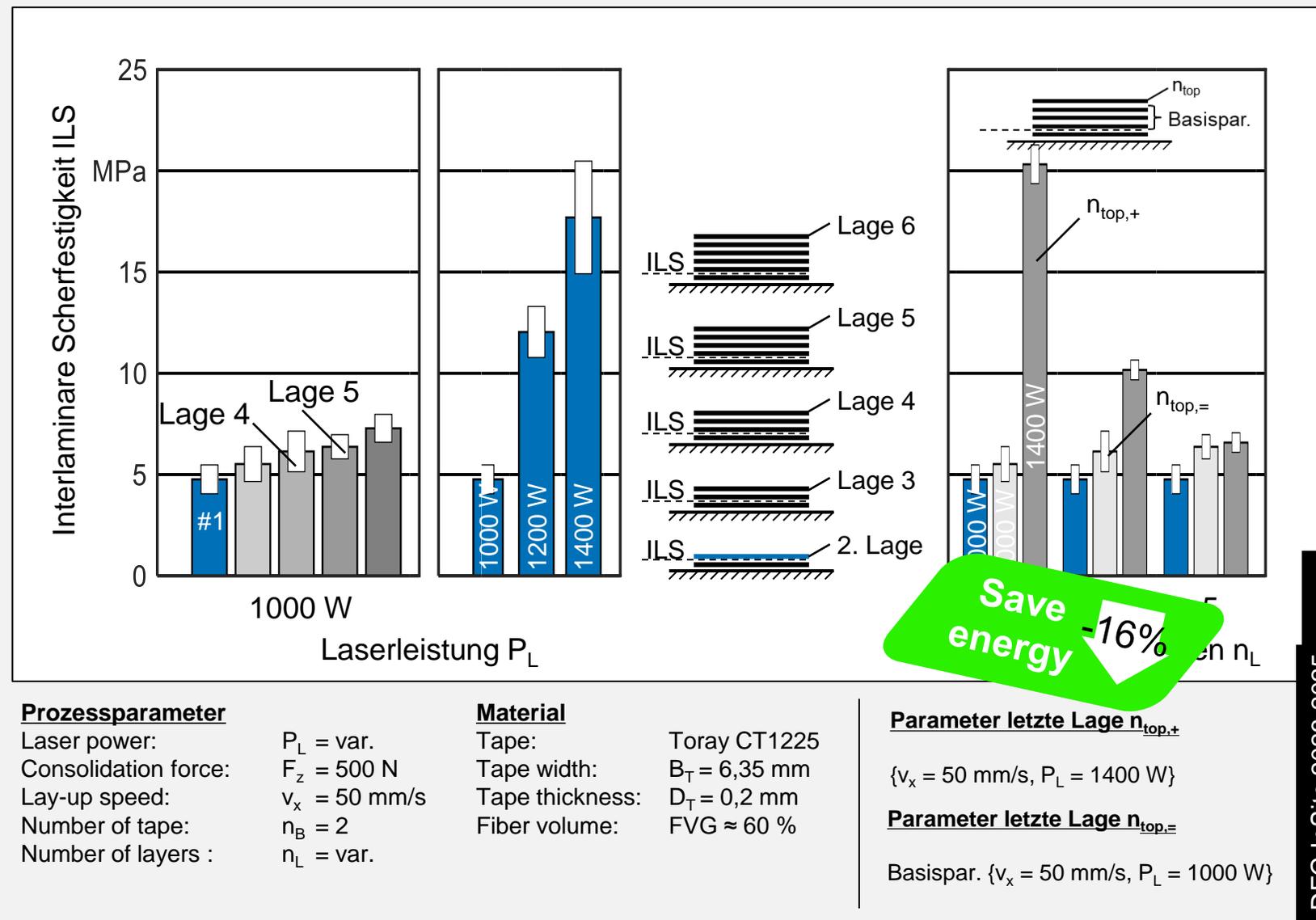
Tape:	Toray CT1225 LM PAEK
Tape width:	$B_T = 6,35 \text{ mm}$
Tape thickness:	$D_T = 0,2 \text{ mm}$
Fiber volume:	$FVG \approx 60 \%$

### Measuring and testing technology

Thermocouple (-Ø):	Typ K ( $D_{TE} = 0,05$ )
Measuring device:	Beckhoff EL3314
Thermal camera:	FLIR A35
Testing machine:	Zwick Z2.5
Fracture surface:	$L_L \cdot B'_T$
3D profilometer:	Keyence VK-X100

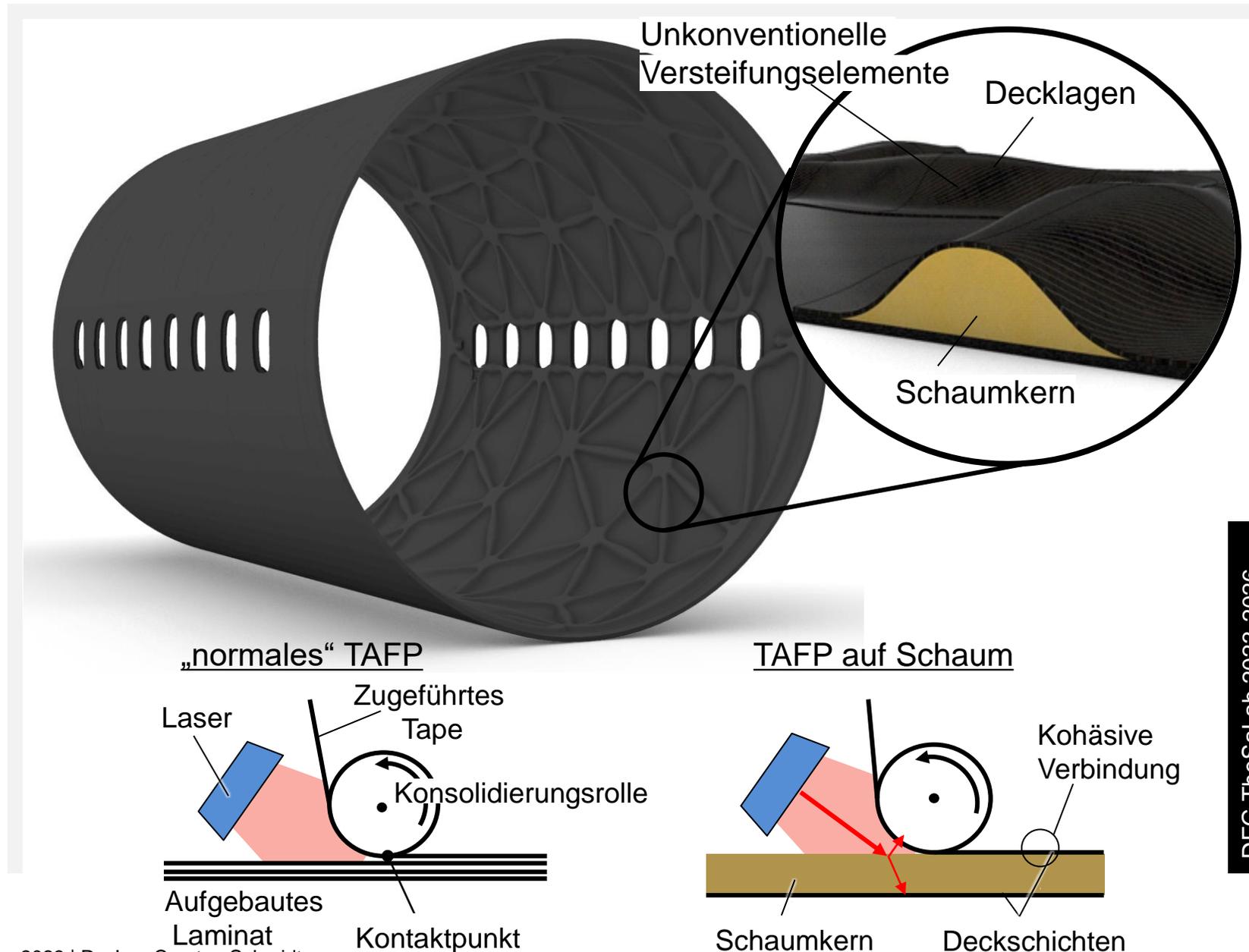
# Lagenindividuelle Leistungsparameter

- Reduzierte Laserleistung bei gleicher Produktivität spart 16% der Energiekosten.
- Temperaturhistorie hat wesentlichen Einfluss auf Qualität.



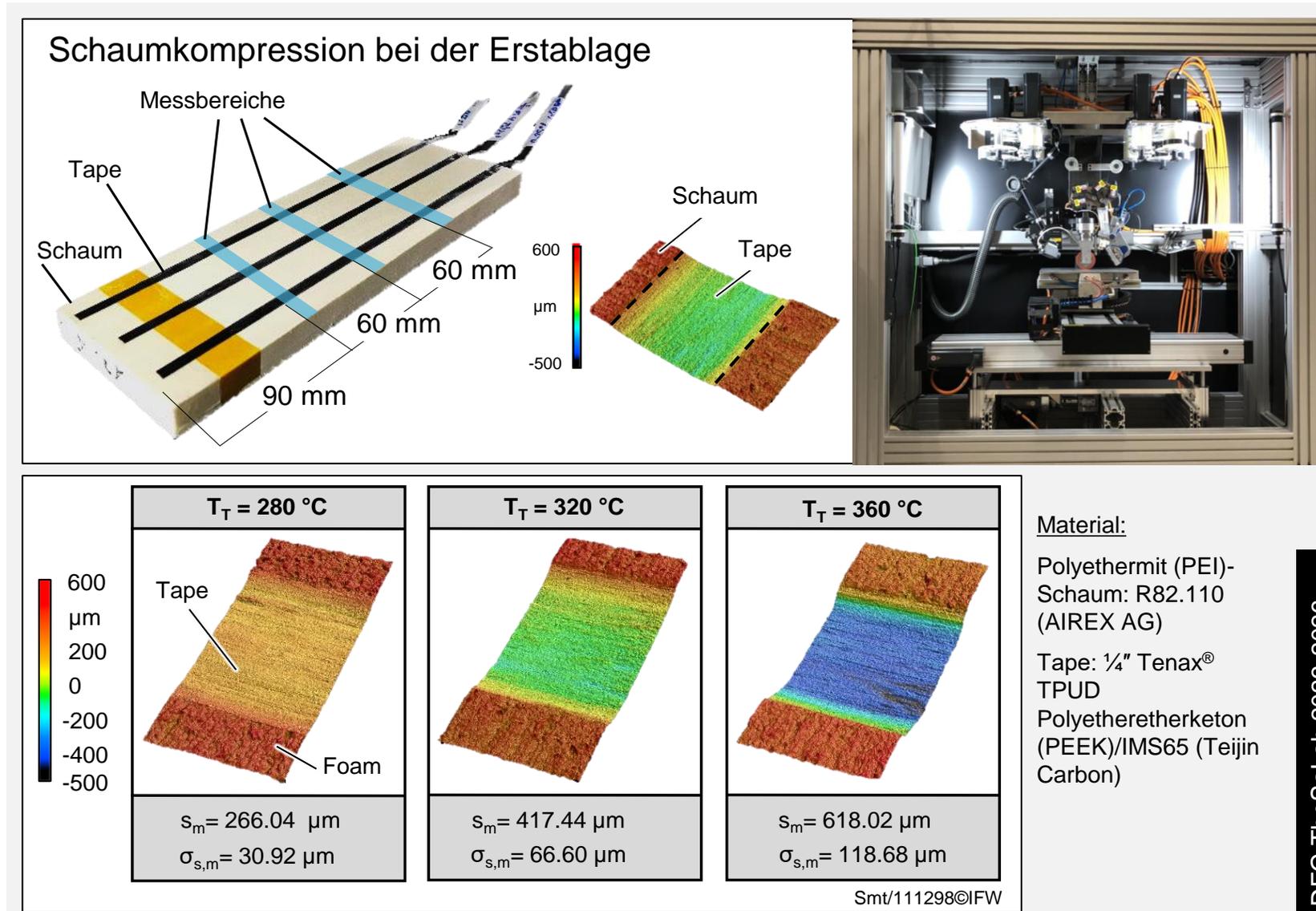
# Sandwich-Strukturen in-situ gefertigt

- Fertigen von Sandwichstrukturen nur im Pressverfahren wirtschaftlich und geometrisch limitiert.
- Bauteile mit hoher Formkomplexität sehr aufwändig und kostenintensiv.



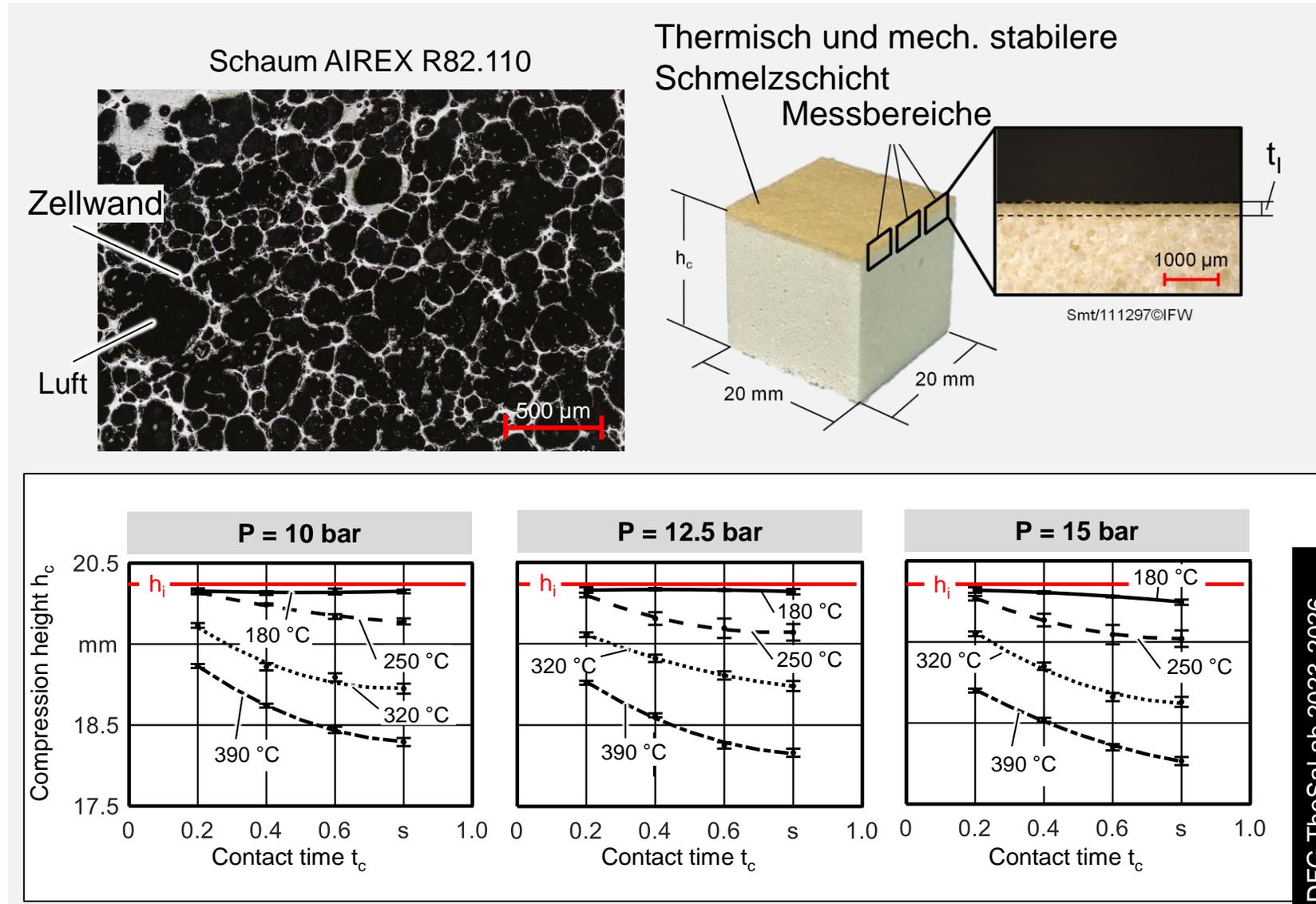
# Sandwich-Strukturen in-situ gefertigt

- Schaum erwärmt sich deutlich weniger aufgrund hoher Transmission als das Tape.
- Mit zunehmender Temperatur steigt die resultierende Einpresstiefe der Tapes an.



# Sandwich-Strukturen in-situ gefertigt

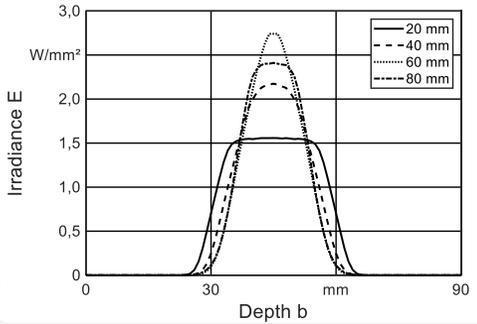
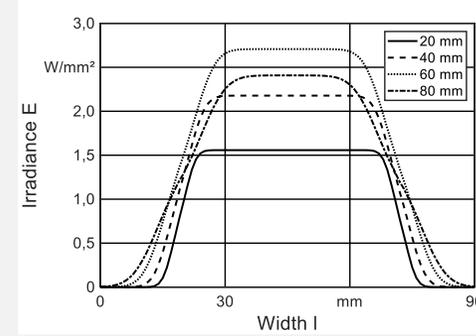
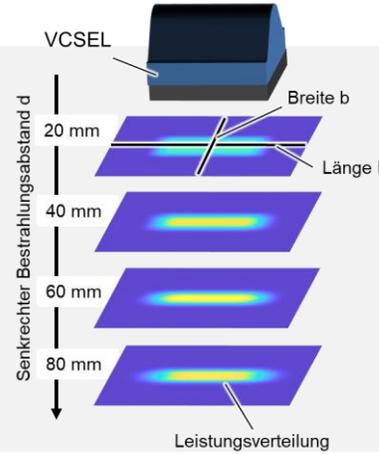
- Zunehmende Schmelzschicht bei steigender Temperatur, Druck, Kontaktzeit
- Kohäsive Anbindung zwischen Schaum und Kern möglich!
- Schmelzschicht als Wärmeisolator schützt vor weiterem Kollabieren



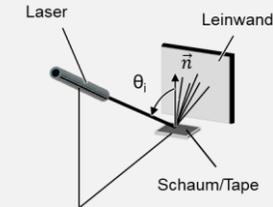
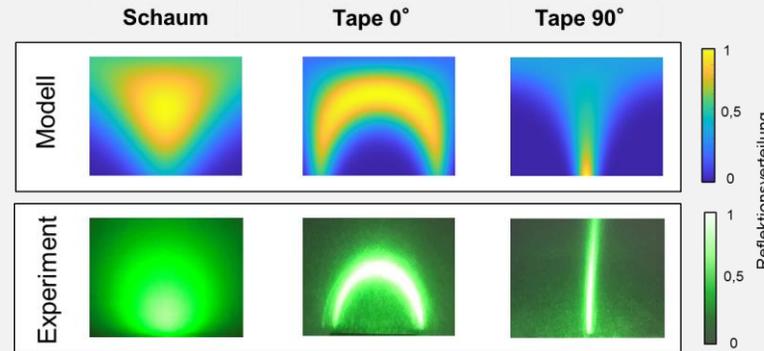
# Optische Prozesssimulation

- Optisches Prozessmodell bestehend aus Teilmodellen für VCSEL Modell wird mit den Oberflächenmodellen zu einem optischen Prozessmodell zusammengeführt

VCSEL Ray-Tracing Modell für 3D Leistungsverteilung



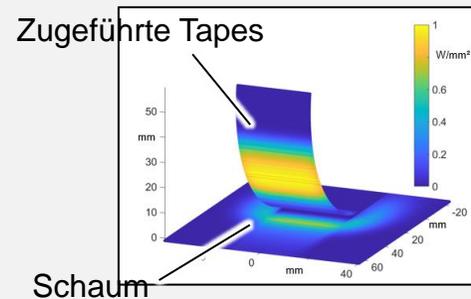
Optische Wechselwirkung Schaum/Tape über BRDF



**Versuchsparameter**  
Einfallswinkel :  $\theta_i = 35^\circ$   
Wellenlänge Punkt laser:  $\lambda = 522-542 \text{ nm}$

**Material**  
Tape: Toray CT1225  
Schaum: AIREX R82.110

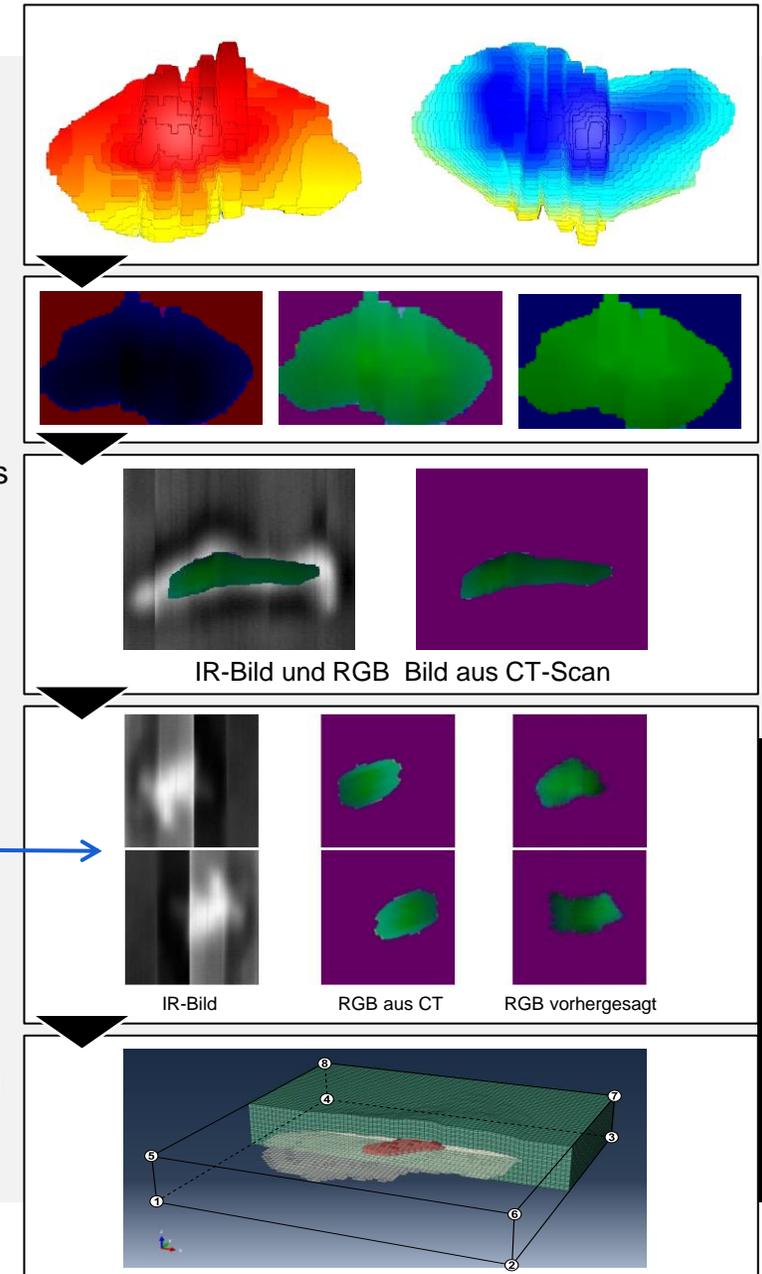
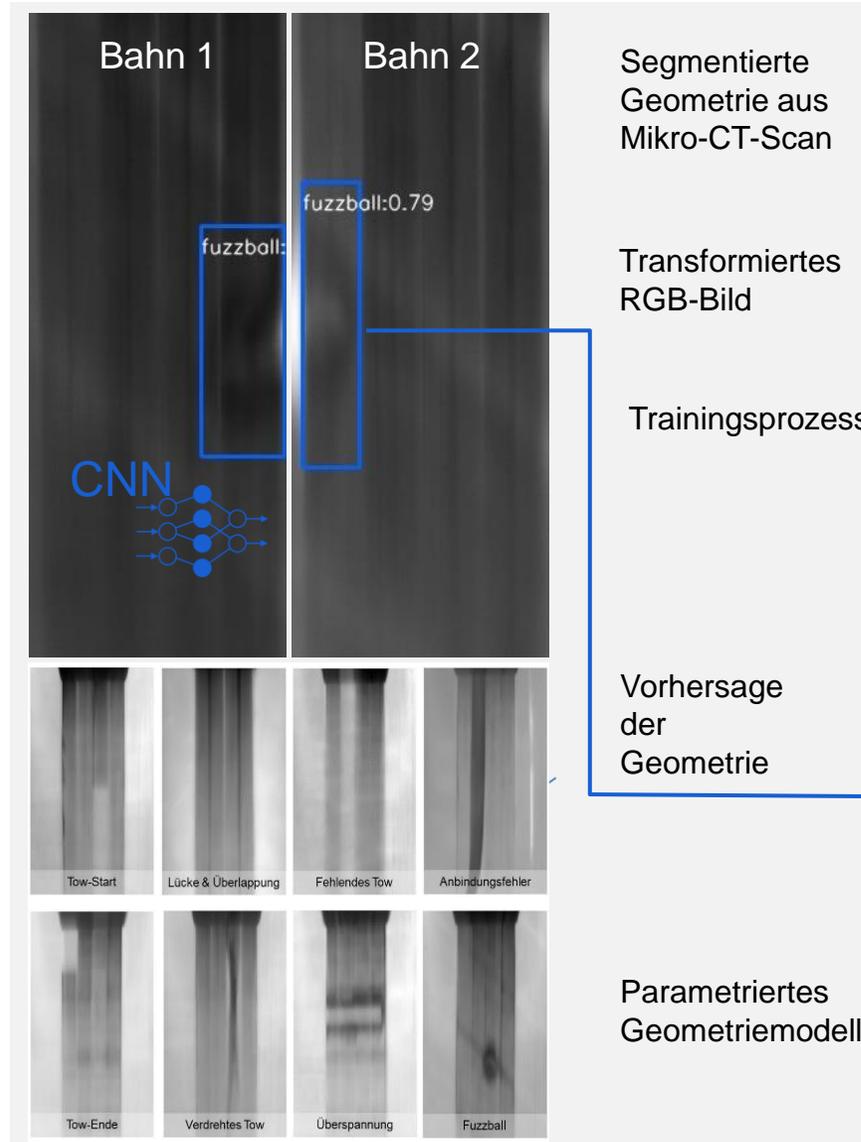
Optisches Prozessmodell



- Verteilung der absorbierten Laserintensität auf Schaum und zugeführten Tapes in Abhängigkeit von VCSEL-Parametern (Leistung, Orientierung)

# KI-Detektion und Prognose von Fehlern

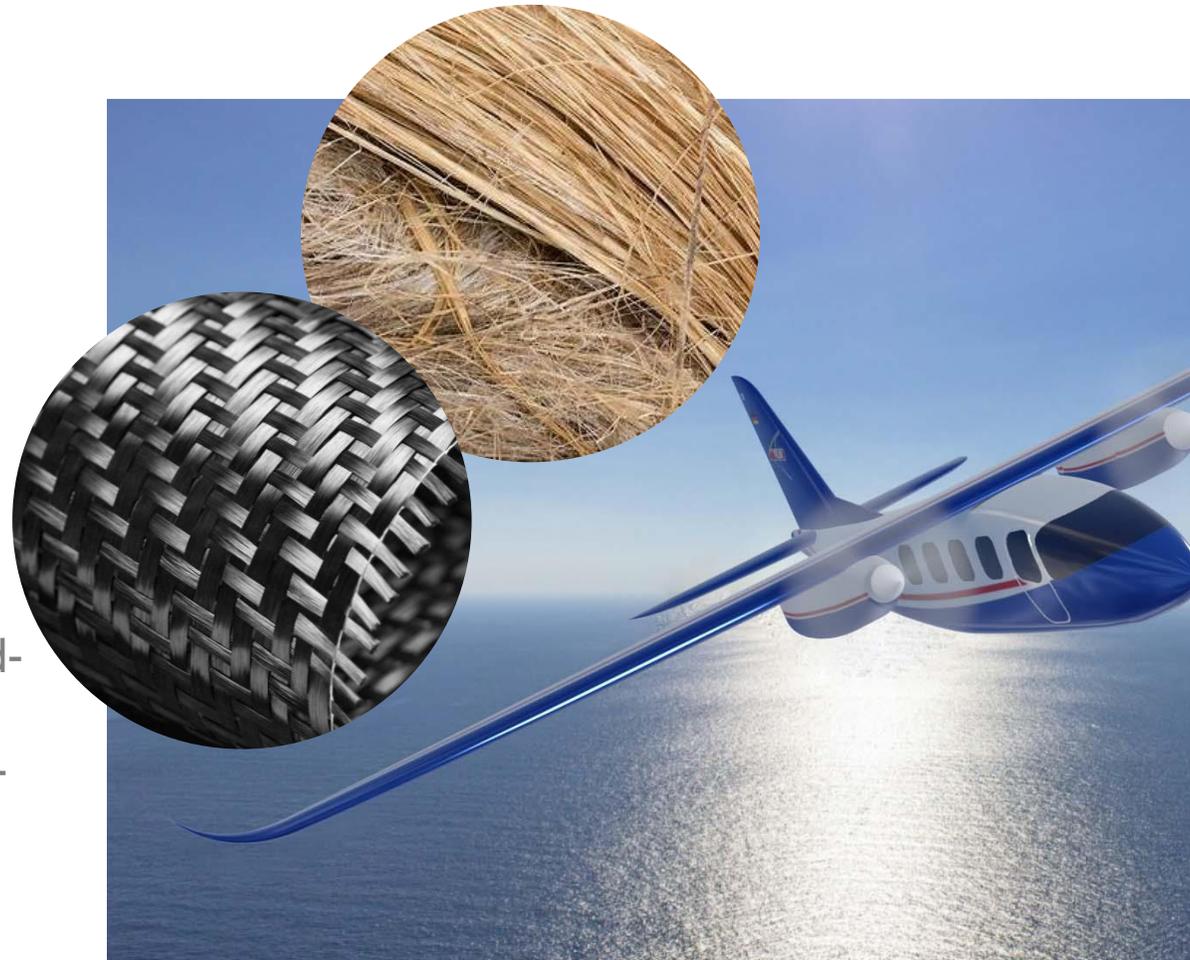
- Detektions- und Klassifikationsrate: >95% (CNN) bis 99% (DN-201)
- Transformationsgenauigkeit  
Volumenfehler: 5-20%,  
Oberflächenfehler: 0,1-15%  
bei Verwendung von Perceptual Adversarial Networks





# Ausblick nachhaltig Fliegen

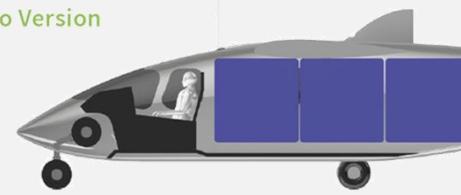
- Klimaneutrales Faserverbund-Flugzeug mit robusten aerodynamischen und STOL-Eigenschaften
- Einsatz als Multi-Purpose-Commuter in küstennahen Regionen.



Passenger Version 9+1



Cargo Version



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

# Kontakt



**Dr.-Ing. Carsten Schmidt**

Tel.: +49 4141 77638-11

E-Mail: schmidtc@ifw.uni-hannover.de

Ottenbecker Damm 12

Gebäude 55

21684 Stade

*ihre Partner in Forschung und Entwicklung*

