

Wissenschaftstag 2016

Funktionsleichtbau für die Windenergie – Anforderungen, Möglichkeiten, Nutzen

Automatisierte Direktfaserablage und sensorgestützte Prozessüberwachung zur effizienten Rotorblattfertigung

Jan Stüve, Niels Stoffers, Yannis Grohmann, Hakan Ucan



Knowledge for Tomorrow



Inhalt

- Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie – Stade
 - Abteilung Verbundprozesstechnologie
- Direktfaserablagetechnologie
 - Motivation
 - Konzept
 - Technologie
- Sensorgestützte Prozessüberwachung
- Ausblick



DLR Stade – Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie (ZLP) im CFK Nord Forschungszentrum



- Fertigungstechnologien
- Virtuelle Produktentwicklung



- Montagetechnologien
- Fügetechnologien



- Grundlagenforschung (z.B. neue Harzsysteme)



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CAROLO-WILHELMINA
ZU BRAUNSCHWEIG



TU Clausthal



Leibniz
Universität
Hannover



Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnology (ZLP) Abteilung Verbundprozesstechnologie



Motivation für die Direktfaserablage

1. Automatisierung

Stand der Technik in der Rotorblattfertigung

- nur in Teilen automatisiert, z.B. Lackierung
- Vakuuminfusionsverfahren
- Separate Fertigung von 2 Formschalen mit anschließender Stegverklebung
- Schalenfertigung erfolgt manuell
- Hohe Legeleistung bei Handablage
Richtgröße: 1000 – 2000 kg/h

Herausforderungen

- Qualitätsschwankungen
- Faserondulationen
- Materialverschnitt von 10-15%



[Quelle: ABB]



[Quelle: Sinoi]



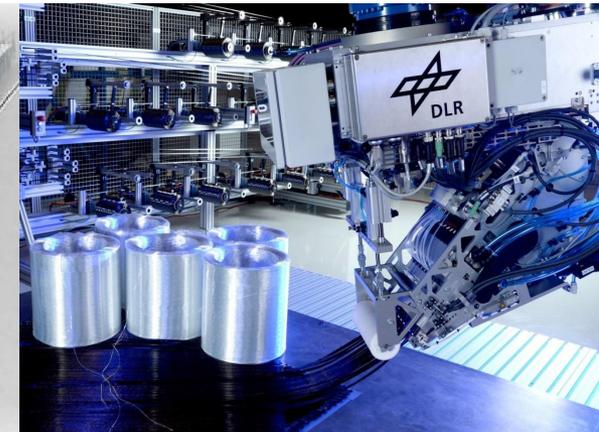
Motivation für die Direktfaserablage

1. Automatisierung

- Hauptanforderungen an Automatisierungslösungen
 - Hohe Produktivität → Legeleistung von mind. 250 kg/h pro Einheit/Legekopf
 - Hohe Flexibilität (verwendbar für unterschiedliche Blätter)
- Verschiedene Automatisierungskonzepte für Schalenablage vorhanden, z.B.



Ablage von MAGs [Fill und Brötje Automation]



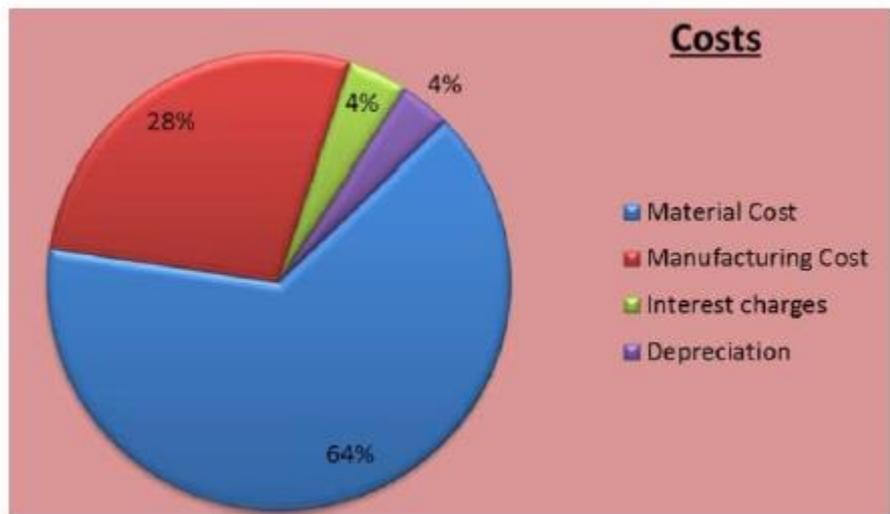
Direktfaserablage [DLR]



Motivation für die Direktfaserablage

2. Materialkosten

Rotorblätter machen bis zu 20% der Gesamtkosten einer Windenergieanlage aus



Kostenaufteilung eines 40m Blattes [IWES, Sayer et.al, 2014]

„Neben dem hohen manuellen Aufwand bei der Fertigung eines Rotorblattes werden die Produktionskosten hauptsächlich durch die Materialkosten getrieben (70%)“

[Dr. Bütje, Nordex SE, 4. Innovation Day „Wind Energy“, April 2012]

Automatisierung bestehender Prozesse können nur erfolgreich sein in Kombination mit Einsparungen bei den Materialkosten!

Nordex NR45 Blatt: ca. 10.000 kg / Blatt → ca. 6.000 kg Fasern = Potential



Motivation für die Direktfaserablage

2. Materialkosten



[Quelle: Zünd Systemtechnik AG]

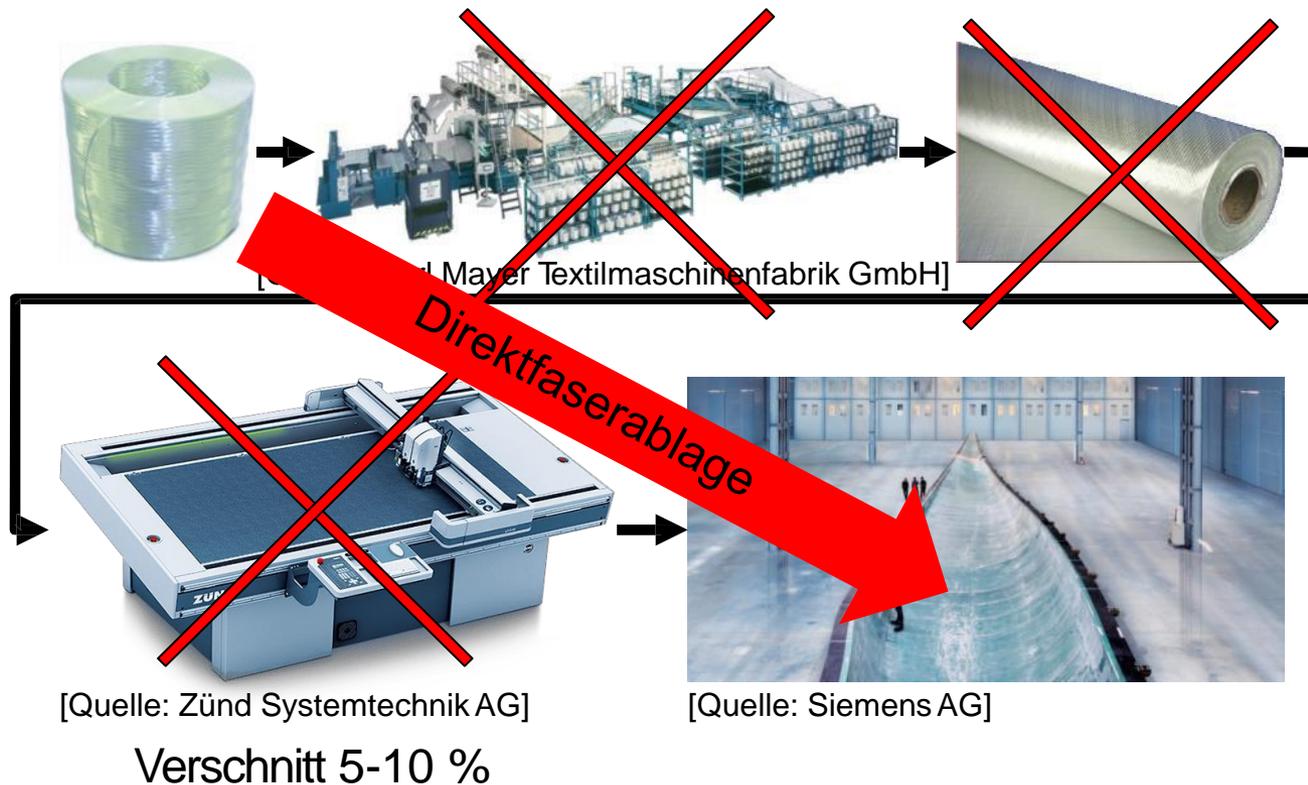
[Quelle: Siemens AG]

Verschnitt 5-10 %



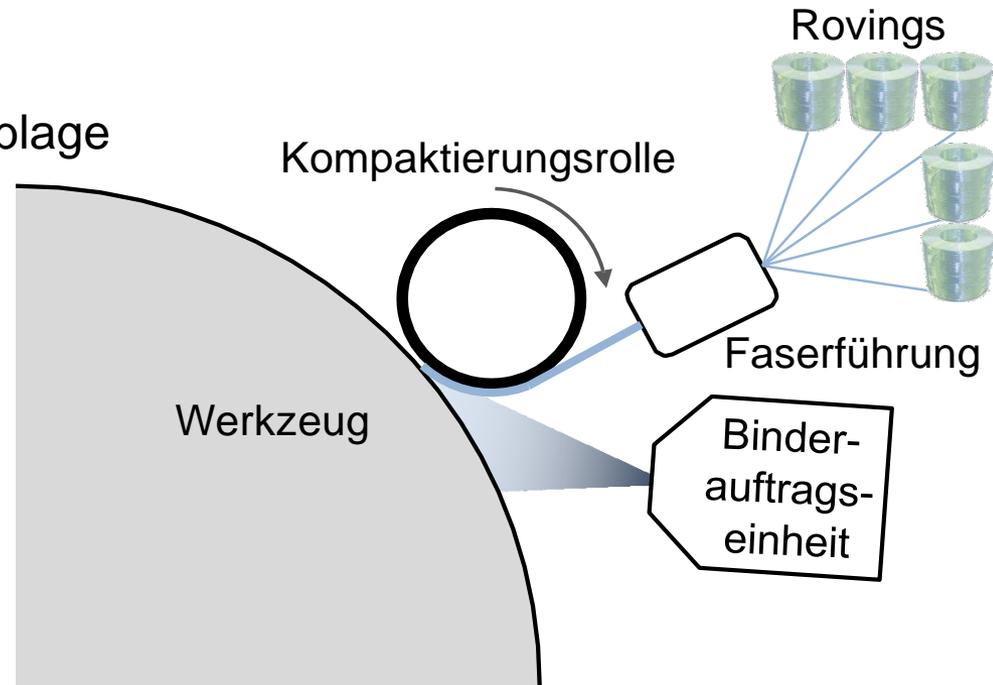
Motivation für die Direktfaserablage

2. Materialkosten



Direktfaserablage / Direct Roving Placement (DRP) Konzept

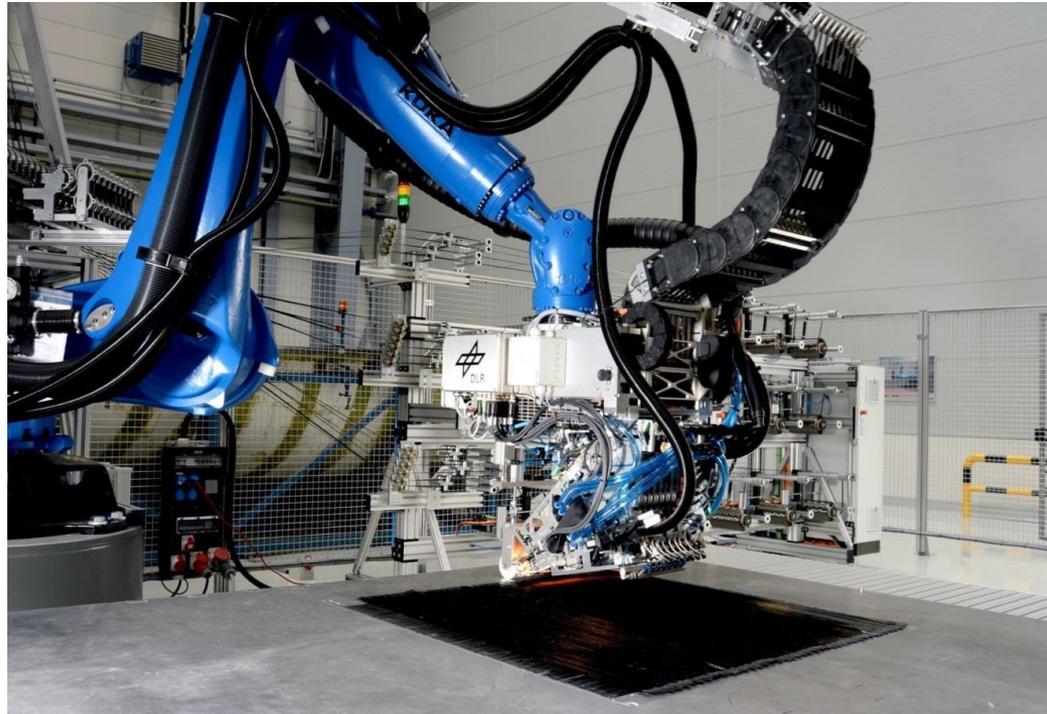
- Verarbeitung von unbehandelten Fasern (Rovings) direkt von der Spule
→ kein Gelege
- Parallele Ablage mehrerer Rovings
→ größere Ablegebreite → höhere Legeleistung
- Variable Legebreite
- Verschnittarmer Prozess
- Online Binderauftrag kurz vor der Ablage
- Keine Binderaktivierung notwendig
- Fixierung und Kompaktierung der abgelegten Fasern mittels Kompaktierungsrolle
- Große Freiheit bei der Faserorientierung
→ Lastpfadgerechte Ablage möglich



Direktfaserablage

Technologiegrundlage

- Carbonfaser-legeanlage der Compositence GmbH, Leonberg
- Zuggeregelte Materialzuführung
- Direkte, dreidimensionale, endkonturnahe Faserablage
- Fixierung der Rovings an den Werkzeugkanten



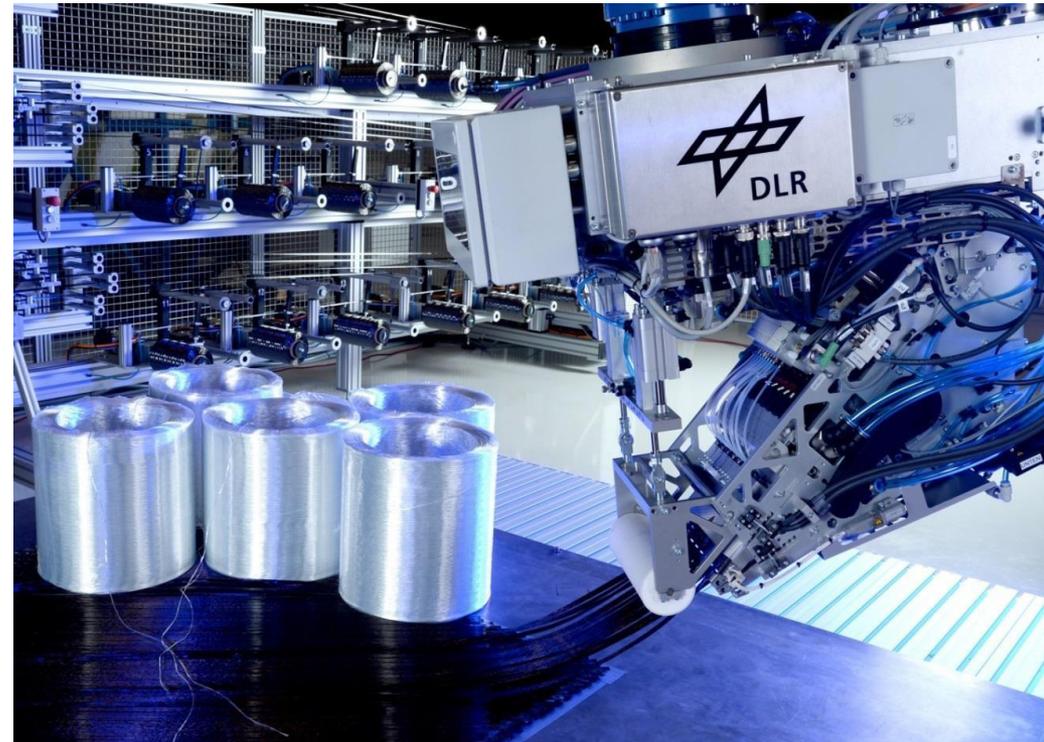
Compositence



Direktfaserablage

Technologie zur Rotorblattfertigung

- Modifikation des Materialgatters und der Materialzuführung zur Verarbeitung von unbehandelten Glasfaserrovings
- Modifikationen des Endeffektors zur Verarbeitung von unbehandelten Glasfaserrovings
- Installation einer online Binderauftragseinheit zur kontinuierlichen Faserfixierung



Compositence



Direktfaserablage

Technologie zur Rotorblattfertigung

- Anlage in Aktion...



Direktfaserablage

Anlagenkonzept



Portalanlage für automatisierte Faserablage



Direktfaserablage

Anlagenkonzept und Arbeitsstand

Abgeschlossene Arbeiten:

- Binder/Harz Kompatibilitätsuntersuchungen
- Verarbeitbarkeit unterschiedlicher Glasfasern (Titer und Schlichte)
- Vorversuche zum Binderauftrag

Aktuelle Arbeiten:

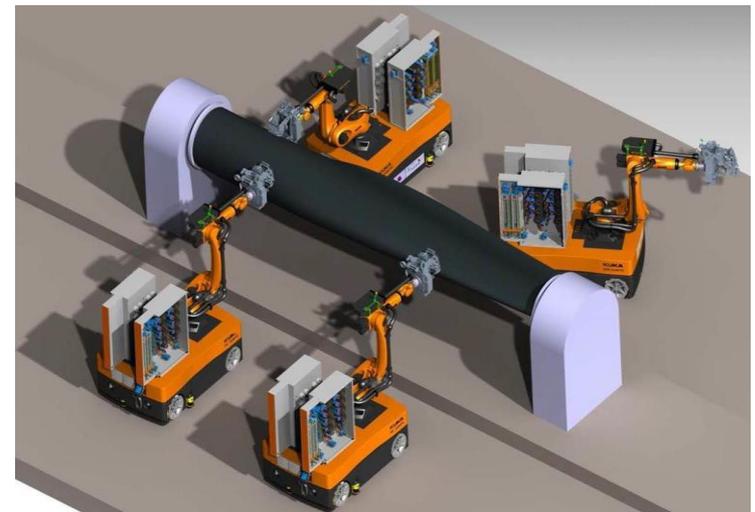
- Inbetriebnahme und Steuerungseinbindung Binderauftragseinheit
- Aufbau Prozessdatenerfassung

Nächste Schritte:

- Binderauftragsversuche (Auftragsmenge, Auftragsmuster, etc.)
- Untersuchung der Materialkennwerte
- Ablage von 2D und 3D Versuchslaminaten
- Permeabilitäts- und Infusionsversuche



Mobile Robotereinheit



Konzept einer Fertigungszelle mit mobilen Robotereinheiten



Sensorgestützte Prozessüberwachung

Ziele

- Ziele für die Fertigung
 - Adaption des Wissens aus der Luftfahrt in die Windenergie
 - Aufbau eines validierten Sensoriknetzwerkes für die Herstellung von Rotorblättern
 - Abgesicherte Bauteilqualität und Reproduzierbarkeit künftiger Rotorblätter

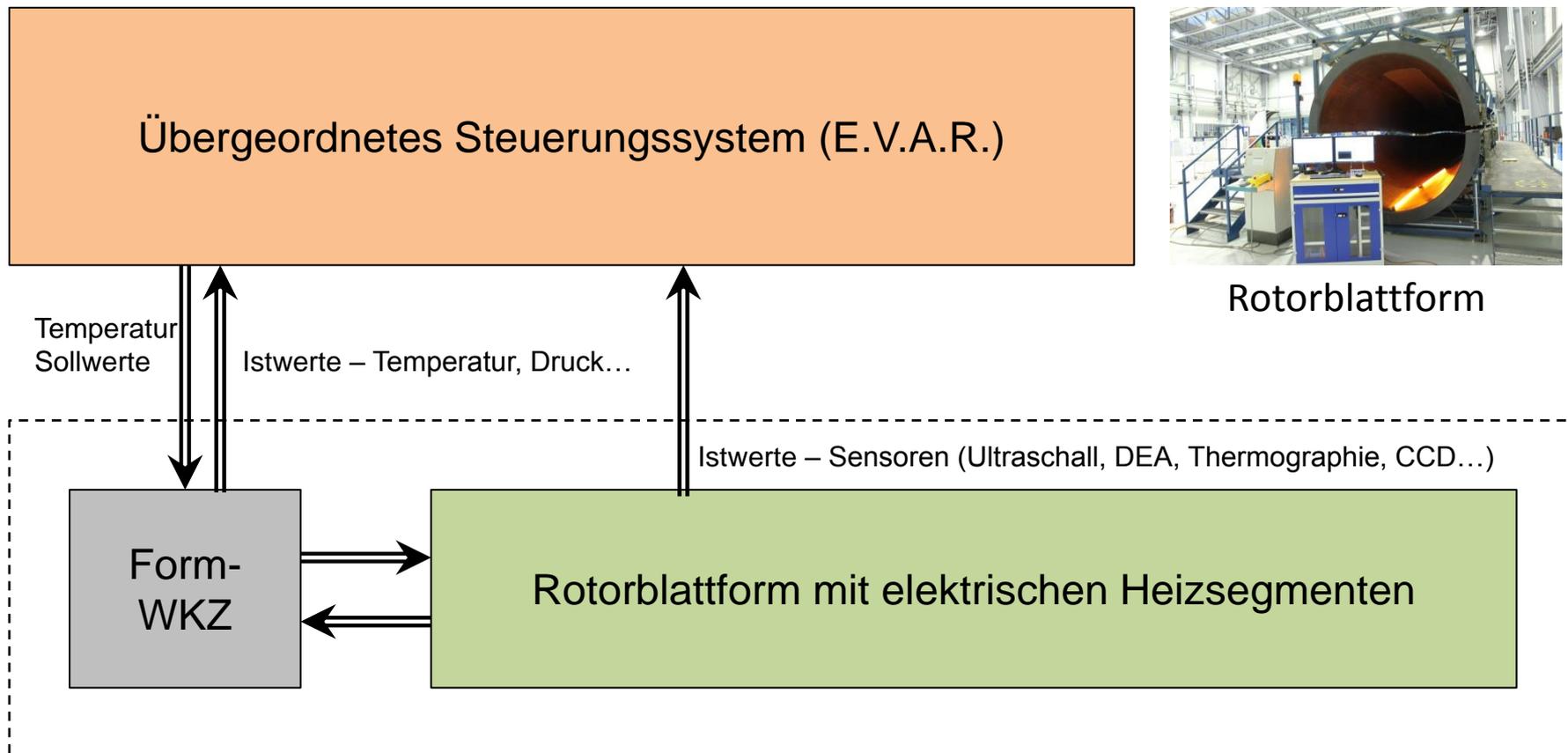
(Weiter-)Entwicklung des Datenerfassungssystems
auf Grundlage bisheriger Erfahrungen aus der Luft- und Raumfahrt

E.V.A.R. – Erfassen, Verarbeiten, Analysieren, Reagieren
= Mobiles Datenerfassungssystem



Sensorgestützte Prozessüberwachung

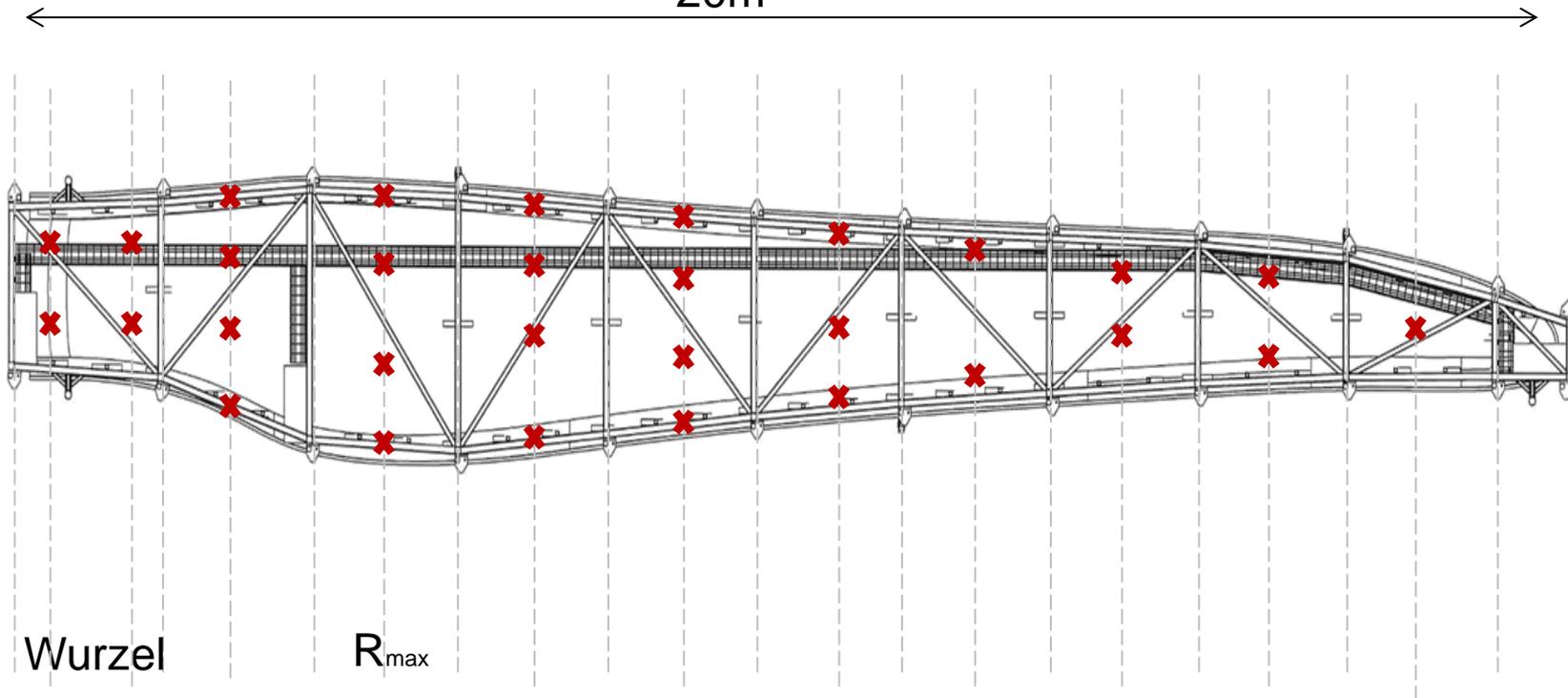
QS - Konzept



Sensorgestützte Prozessüberwachung

Sensornetzwerk - Bestückung Thermoelemente - Piezokeramiken

20m



Sensorgestützte Prozessüberwachung

Aktueller Arbeitstand

- Aktuelle Arbeiten:
 - Erprobung von Sensoren und deren Integration in Rotorblattformen
 - Entwurf und Abstimmung des Kommunikationskonzepts mit Anlagensteuerung
 - Anpassung der Messsoftware auf Netzwerkkommunikation, Weiterentwicklung der automatisierten Auswertung
- Nächste Schritte:
 - Weiterentwicklung Software, Erprobung der Kommunikation, Einsatz des Systems in den Prototypenfertigung (DFWind, Smart Blades 2)
 - Kontinuierliche Weiterentwicklung
 - Hardware (Sensoren, u.a. optische Messzelle)
 - Software



Sensor (Piezokeramik)
in Rotorblattform



Zusammenfassung und Ausblick

- Direktfaserablage auf mobilen Roboterplattformen als Ansatz für eine wirtschaftliche automatisierte Rotorblattfertigung
- Enabler für strukturelle Biege-Torsionskopplung
- Sensorgestützte Prozessüberwachung des Infusions- und Aushärteprozesses zur Online-Qualitätssicherung in der Rotorblattfertigung

- Weitere Verbesserungen der Direktfaserablage zur Steigerung der Zuverlässigkeit, Produktivität und Ablagequalität
- Fortlaufende Binderuntersuchungen
- Entwicklung von mobilen Legeeinheiten
- Entwicklung von Algorithmen für die koordinierte Ablage mit mehreren Legeeinheiten
- Fertigung von 20 m-Testblättern in SmartBlades 2
- Funktionsnachweis der Sensorgestützten Prozessüberwachung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Vielen Dank an unsere Partner und Förderer:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Compositence

Knowledge for Tomorrow

