

**Projekt: Plasma-Wind**  
**AGIP Forschungsschwerpunkt**

**Antragsteller:** Prof. Leck, Prof. Dr. Bussmann, Prof. Dr. Kärst, Prof. Dr. Ohms, Prof. Dr. Viöl

**Sprecher:** Prof. Leck

**Förderung:** AGIP, EFRE

**Laufzeit:** 2009 - 2014

**Partner:** apl. Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Maus-Friedrichs,  
TU-Clausthal, Institut für Energieforschung und Physikalische Technologien

TIGRES Dr. Gerstenberg GmbH



▲ Abb. 1: Windenergie

Die Nutzung der Windenergie bietet derzeit die höchsten ökologischen als auch ökonomischen Potenziale beim Einsatz regenerativer Energien.

Die Rotorblätter für die Windenergieanlagen (WEA) werden nahezu ausnahmslos in Faserverbundtechnik hergestellt. Problemzone bei allen Faserverbundwerkstoffen ist der Adhäsionsbereich zwischen Faser und Matrixharz. Ist dieser nicht optimal, kann es bei Belastung vorzeitig zu Delamination, Rissbildung und somit zu Materialversagen kommen. Aufgrund ihrer Größe von bis zu 60 m sind Rotorblätter extremen dynamischen Belastungen ausgesetzt, sodass ein nicht optimaler Faser-Matrix-Verbund einen entscheidenden Einfluss auf die Lebensdauer der gesamten WEA haben kann.

Ziel des Gesamtvorhabens ist es, den Faser-Matrix-Verbund durch den Einsatz von Plasmatechnologien zu optimieren. Zusätzliche Festigkeitsreserven beim Bau von Rotoren sollen geschaffen werden, um so deren Lebensdauer zu verlängern. Realisiert werden soll dies dadurch, dass die Fasern innerhalb der Gelege/Gewebestruktur vor der Tränkung mit dem Harz mittels eines atmosphärischen Plasmas vorbehandelt werden. Hierdurch werden die bei der

Produktion bereits applizierten Schichten aktiviert bzw. funktionalisiert und gegebenenfalls vorhandene Fehlstellen geheilt. Denkbar sind auch eine vollständige Entschlichtung und eine Aktivierung der Glasfaser selbst. Durch die Plasmabehandlung lässt sich zudem eine Optimierung der Tränkbarkeit mit dem Matrixharz erreichen. Dies verbessert den Werkstoffverbund verkürzt die Produktionszyklen.

Ziel des Gesamtvorhabens ist es, den Faser-Matrix-Verbund durch den Einsatz von Plasmatechnologien zu optimieren. Es soll gezeigt werden, dass sich dadurch zusätzliche Festigkeitsreserven beim Bau von Rotoren schaffen lassen, um so deren Lebensdauer zu verlängern. Realisiert werden soll dies dadurch, dass die Fasern innerhalb der Gelege/Gewebestruktur vor der Tränkung mit dem Harz mittels eines atmosphärischen Plasmas vorbehandelt werden. Hierdurch werden die herstellerseits bereits applizierten Schichten aktiviert bzw. funktionalisiert und gegebenenfalls vorhandene Fehlstellen geheilt.

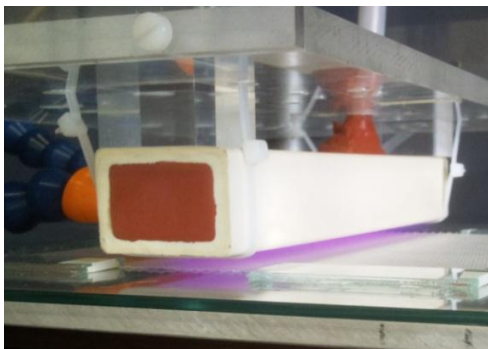
Denkbar sind auch eine vollständige Entschlichtung und eine Aktivierung der Glasfaser selbst. Durch die Plasmabehandlung lässt sich zudem eine Optimierung der Tränkbarkeit mit dem

Matrixharz erreichen. Dies verbessert den Werkstoffverbund verkürzt die Produktionszyklen. Am Ende der Projektlaufzeit soll ein funktionsfähiges Verfahren zur Plasmabehandlung von Fasergeweben existieren. Eine Herausforderung ist hierbei insbesondere die Realisierung einer homogenen Behandlung auch zwischen den einzelnen Filamenten oder in tieferen Gewebelagen. Erwartet wird eine signifikante Verbesserung der mechanischen Eigenschaften - insbesondere der Langzeiteigenschaften - der Faserverbundwerkstoffe.

Neben der technologischen Umsetzung stellt die Aufklärung der Wechselwirkungsmechanismen des Plasmas mit der Schlichte bzw. den Glasfasern einen weiteren wesentlichen Aspekt des Projektes dar. Hier kommen sowohl elektronenoptische Verfahren als auch spezielle spektroskopische Methoden zum Einsatz.

### Arbeitsfelder / Teilprojekte

Das Vorhaben ist thematisch in mehrere Teilprojekte gegliedert, die in enger Kooperation bearbeitet werden. Diese Teilprojekte werden nachfolgend – geordnet nach Projektgruppen – kurz vorgestellt. Die jeweiligen Ansprechpartner stehen gern für Fragen zur Verfügung.



▲ Abb.2: Flächige DBE-Plasmazone

### Plasmaquellenentwicklung, Plasmaphysik (W. Viöl)

- Entwicklung und Bau flächiger (DBE-Quelle mit Verfahr-Einheit, Plasma-UV-Kombiquelle) und tiefenwirksamer (DBE-Plasmajet) Plasmaquellen für die Oberflächenaktivierung unterschiedlicher Faserstrukturen: Gewebe und Gelege.
- Parameterfindung für bestmögliche Wechselwirkungen zwischen Schlichte, Faser und Matrix-harz.
- Erzeugen von unterschiedlichen Funktionsschichten auf flächigen Fasergebilden mittels Plasmasintertechnik.

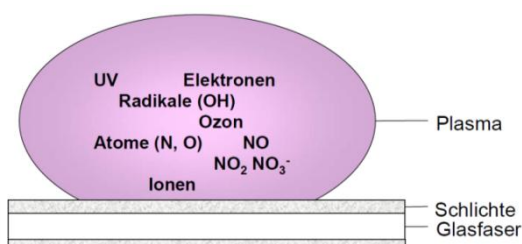


◀ Abb.3: Short-Beam-Test zur Untersuchung des Verbundverhaltens

### Mechanismenaufklärung / Analytik / Strukturmechanik (G. Ohms, M. Leck)

- Aufklärung der chemischen und physikalischen Mechanismen bei der Wechselwirkung von Plasmen mit beschichteten und unbeschichteten Glasfasern.
- Definition und Durchführung statischer und dynamischer Beanspruchungstests.
- Darstellung der Wirksamkeit und Nachhaltigkeit der plasmatechnisch erzielten Veränderungen durch Ermittlung mechanischer Langzeitkennwerte.

▼ Abb. 4: Plasma-reaktionszone



## Verbundwerkstoffe / Simulation

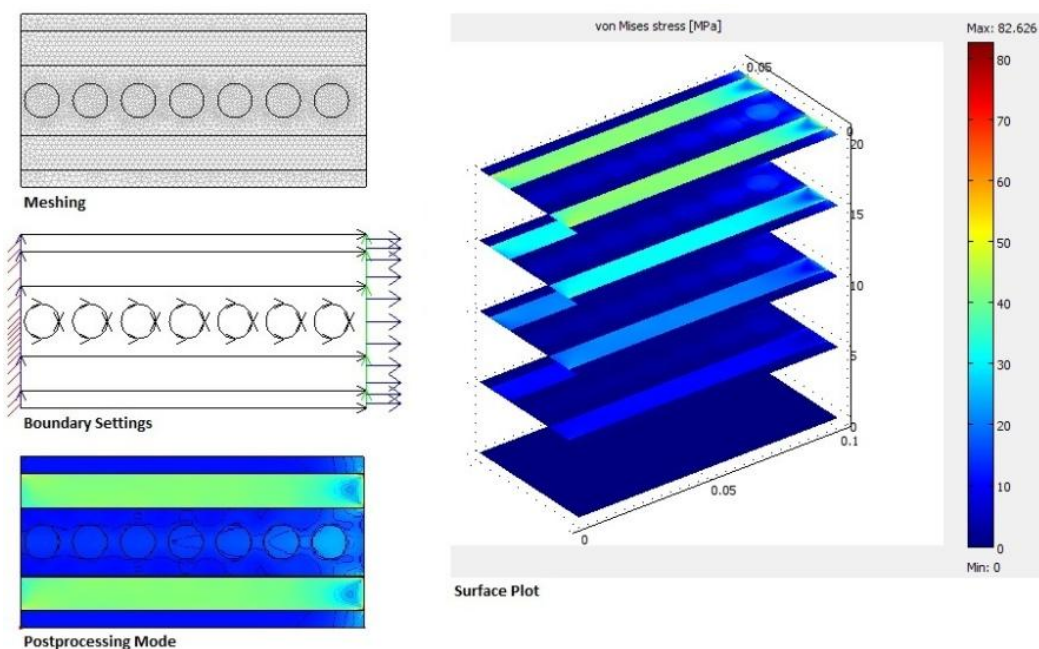
(M. Bußmann)

Beschreibung der einzelnen Komponenten des Faserverbundwerkstoffes in einem ganzheitlichen, wissensbasierten Modell.

Durch Einsatz der Software "COMSOL-MULTIPHYSICS" lassen sich gekoppelte Multiphysik-Phänomene und traditionelle Strukturmechanik in einem einzigen Modell simulieren und untersuchen.

- Integration der Plasmaaktivierung als Systemkomponente.
- Simulation von Belastungsprofilen zur Erfassung der Einsatzgrenzen.
- Darstellung der Fertigungsprozesse und deren Einfluss auf den Faserverbundwerkstoff.

▼ *Abb.5: Simulation der Faserbelastung im Mesomaßstab*



## Messtechnik / Monitoring

(J. P. Kärst)

- Entwicklung eines alternativen Messverfahrens zur integralen Dehnungsmessung innerhalb von Rotorblättern basierend auf TEM-Wellenleitern.
- Systemintegration in Glasfaserverbundwerkstoffe während der Herstellungsphase.
- Aufbau und Verifikation eines kontaktlosen Energie- und Datenübertragungsverfahrens