

# 10 x IWES

**Zehn spannende Fakten  
und was dahinter steckt**

## GIGANTISCH GROSS BIS MIKROSKOPISCH KLEIN

Moderne Windenergieanlagen sind die größten rotierenden Maschinen, die die Menschheit je gebaut hat. Visionäre Konzepte, konsequente Weiterentwicklung und systematischer Kompetenzaufbau haben die Grenzen dessen, was technisch möglich scheint, in den letzten Jahren kontinuierlich verschoben. Die Umstellung der Energieversorgung von der zentralen zur dezentralen Erzeugung ist eine der Herkulesaufgabe des 21. Jahrhunderts – mit weitreichenden Auswirkungen auf die Lebensqualität unserer und nachfolgender Generationen.

Weltweit erzeugen Windenergieanlagen heute genug saubere Energie, um 100 Kernkraftwerke zu ersetzen. Im weltweiten Ranking hat Deutschland eine führende Rolle – die dort installierte Leistung von derzeit 6.581 MW macht das Land zum Spitzen-Windstandort Nummer 3 – hinter China und den USA. Nicht nur Exporte, sondern auch die Zahl der durch Windenergie geschaffenen Arbeitsplätze stärken unsere Handelsbilanz: Mehr als 160.000 Menschen waren 2016 in der Windindustrie tätig<sup>1</sup> – viele davon im Norden des Landes.

Wir im Fraunhofer IWES setzen uns leidenschaftlich dafür ein, die Leistungsfähigkeit von Windenergieanlagen weiter zu steigern und damit den Ausbau zu fördern. Eine 6 MW-Offshore-Anlage, wie sie heutzutage zum Beispiel in der Nordsee zu finden ist, erzeugt einen Jahresertrag von 10,9 GWh – damit lassen sich 3.500 durchschnittliche Haushalte ein Jahr lang mit Strom versorgen.

Schon heute ist Windenergie die kostengünstigste Form der Energieerzeugung. Ihre Weiterentwicklung ist in vielen Bereichen eine Pionierleistung – und erfordert ein Denken in neuen Dimensionen. Doch nicht nur die gigantischen Bauteile beeindrucken uns mit ihren Ausmaßen – auch die Bearbeitung kleinster Teile, die nur mithilfe modernster Scanverfahren sichtbar werden, fordert uns heraus. Denn auch dort sind Präzision und ein genaues Verständnis der Eigenschaften erforderlich, um das Beste aus einer Anwendung herauszuholen.

Gern nehmen wir Dich auf den nächsten Seiten mit auf eine Entdeckungstour, die Staunen lässt.

<sup>1</sup> Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung im Auftrag des BMWi (2016) bzw. des BWE, VDMA Power Systems und der Offshore-Wind-Industrie-Allianz (bis 2015).

In Bremerhaven testen wir die Mechanik und Elektronik von Windenergieanlagen. Dabei werden die gewaltigen Kräfte des Windes simuliert, aber auch die Schwankungen auf der Netzseite nachgebildet. Die Prüfungen ermöglichen es Herstellern, neue Anlagen schneller auf den Markt zu bringen – mit dem guten Gefühl, dass sie den Betriebsbelastungen standhalten.“



*Dipl.-Ing. Martin Pilas, Abteilungsleiter Systemvalidierung, DyNaLab und Feldmessung*

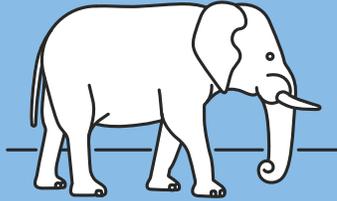
#1

Für die Simulation von Windlasten im Gondelprüfstand nutzen wir eine hydraulische Krafteinleitung mit sechs Servozyllindern.

Ein einziger Zylinder überträgt dabei

**3000 Kilonewton Kraft.**

Das reicht aus, um **100 Elefanten** anzuheben.



x 100



*Die Einleitung der Kräfte, die auf eine Windenergieanlage im Feld einwirken, erfolgt im Labor über riesige Hydraulikzylinder (rechts).*

„Unsere Grundbauversuchsgrube ist die weltweit größte ihrer Art. Hier erforschen wir in Zusammenarbeit mit der Leibniz Universität Hannover den sicheren Stand von Windenergieanlagen und vergleichen die Auswirkungen verschiedener Installationsmethoden. Für die Tests füllen wir die Grube mit wassergesättigtem Spezialsand, bringen die Fundamente ein und simulieren die harschen Bedingungen auf offener See. Die Ergebnisse tragen zu erhöhter Standsicherheit, schallarmer Installation und kosteneffizientem Betrieb bei.“



*Tullio Quiroz, M.Sc., Wiss. Mitarbeiter Abteilung Tragstrukturen*

# #2

**1.260.000 Liter**  
fasst die Versuchsgrube für  
Offshore-Tragstrukturen.  
Das entspricht in etwa  
**90 LKW-Ladungen Sand.**



x 90



*In Hannover wird der sichere Stand von Stahlpfählen für Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen erforscht.*

„Wir testen, was Rotorblätter aushalten können: Dabei wird das Blatt auf dem Prüfstand unter anderem 1.000.000 Mal auf und ab sowie 2.000.000 Mal hin und her geschwungen. Diese Tests sind wichtig, weil das Blatt im Laufe seines Betriebslebens an einer Windenergieanlage wechselnde Anströmungen und viele Millionen Lastzyklen erfährt. Mit unseren Prüfungen unterstützen wir Hersteller dabei, die Belastbarkeit neuer Rotorblattdesigns vor dem Start der Massenproduktion experimentell sicherzustellen.“



*Brigette Palleske, M.Sc., Wiss. Mitarbeiterin Abteilung Rotorblätter*

#3

**50.000 Kilometer**  
legt eine Blattspitze während eines Rotorblatttests zurück. Diese Strecke übertrifft den Umfang der Erdkugel um **10.000 Kilometer**.



+10.000



*Beim Extremelasttest werden über die blauen Lastscheren Kräfte auf das Rotorblatt aufgebracht, die eine Durchbiegung bewirken.*

„Wie weht der Wind? Und wieviel Strom lässt sich mit ihm gewinnen? Unsere LiDAR-Messboje liefert Antworten auf diese Fragen. In Gebieten, in denen Windparks entstehen sollen, wird mittels Laser der Wind in bis zu 200 Meter Höhe gemessen. Dabei wird die Boje durch die Wellen stark bewegt, was die Messung verfälscht. Um diesen Einfluss rechnerisch aufzuheben, haben wir einen Korrekturalgorithmus entwickelt. Mit dessen Hilfe erhalten wir exakte, aussagekräftige Messergebnisse.“



*Erik Patschke, M.Sc., Gruppenleiter Offshore-Standortbewertung Wind und See*

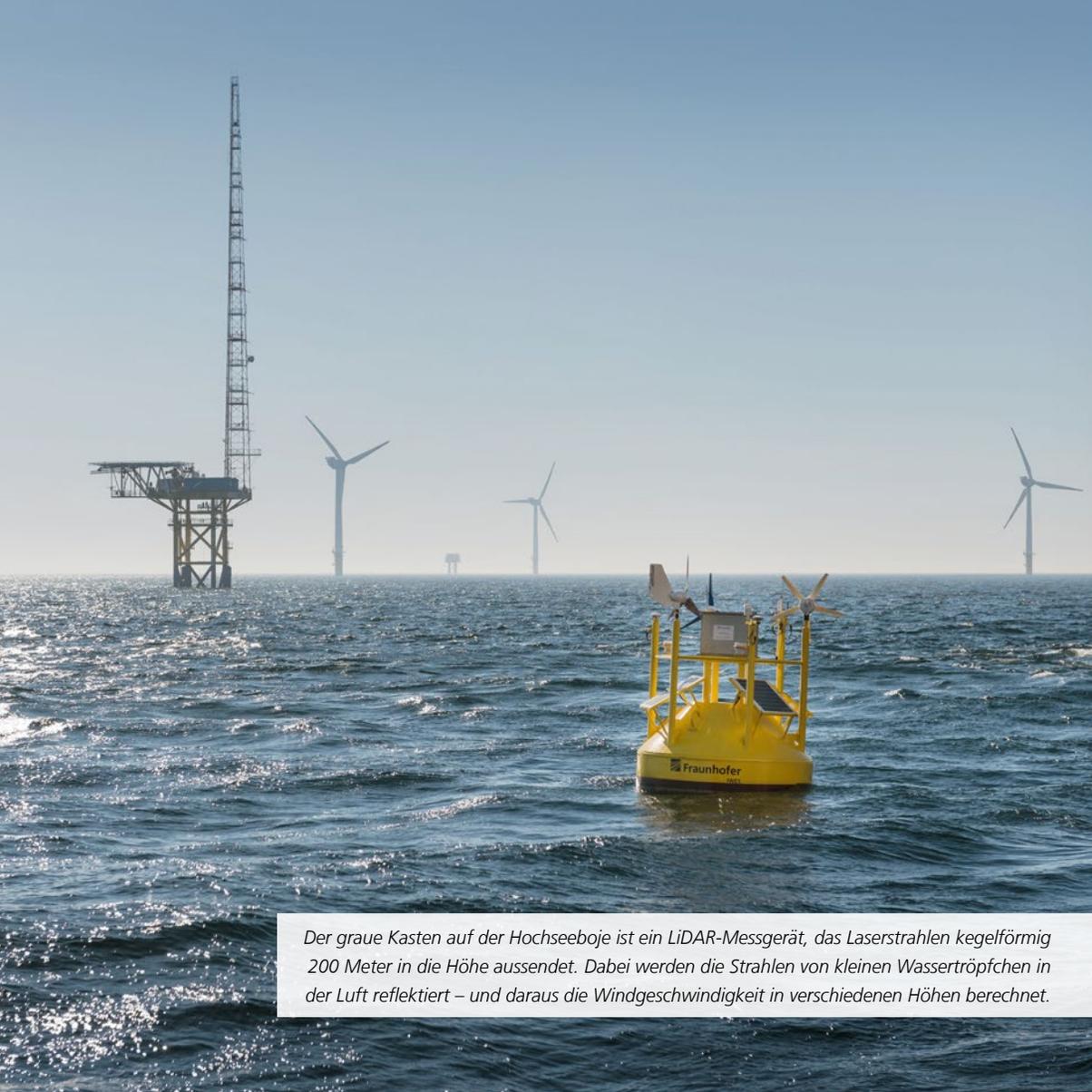
# #4

Unsere LiDAR-Messboje  
bewegt sich durch Wellengang  
jährlich etwa

**60.000 Kilometer**  
auf und ab.

Innerhalb von sechs Jahren legt die  
Boje somit die Distanz zurück,  
die zwischen Erde und Mond liegt:  
**384.000 Kilometer.**





*Der graue Kasten auf der Hochseeboje ist ein LiDAR-Messgerät, das Laserstrahlen kegelförmig 200 Meter in die Höhe aussendet. Dabei werden die Strahlen von kleinen Wassertröpfchen in der Luft reflektiert – und daraus die Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen berechnet.*

„Unser Einsatzgebiet ist die Feld-Vermessung von Windenergieanlagen-Prototypen und Bestandsanlagen. Zur Installation der Messtechnik arbeiten wir direkt in den Blättern, der Gondel und dem Turm der oft riesigen Anlagen. Die über Monate gesammelten Daten werten wir aus und geben die Ergebnisse an unsere Auftraggeber weiter. Entwickler, Hersteller, Betreiber, technische Dienstleister, Banken und Versicherungen benötigen diese Aussagen über auftretende Lasten, Effizienz, Funktionstüchtigkeit und zu erwartende Lebensdauer von Anlagen.“



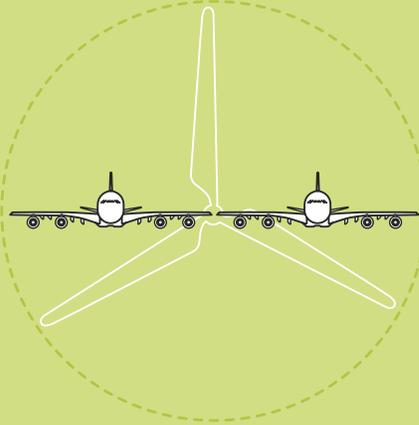
*Dipl.-Phys. Nora Denecke, Gruppenleiterin Anwendungszentrum Windenergie-Feldmessungen*

# #5

Die Rotordurchmesser der von uns vermessenen Windenergieanlagen beträgt schon heute bis zu

## 180 Meter.

Zum Vergleich: zwei A380-Flugzeuge, die im Formationsflug nebeneinander durch den Rotorkreis der Anlage fliegen, hätten dieselbe Abmessung.





*Hoch hinaus geht es für MitarbeiterInnen bei der Feldmessung. Sie bringen Messtechnik an verschiedenen Teilen der Windenergieanlage an.*

„Blattlager verbinden in einer Windenergieanlage die Nabe mit dem Rotorblatt. Mit ihrer Hilfe lassen sich die Blätter verstellen, wenn der Wind zu stark ist und die Anlage kaputtgehen könnte. Sie müssen extrem viel aushalten und zählen zu den sensiblen Bauteilen einer Anlage. Störungen an dieser Stelle verursachen lange Ausfallzeiten und damit hohe Kosten. Um die anwendungsorientierte Forschung in diesem Bereich voranzubringen, betreiben wir in Hamburg einen einzigartigen Großprüfstand für Blattlager.“



*Dipl.-Ing. Matthias Stammler, Senior Engineer Abteilung Validierung & Zuverlässigkeit*

# #6

**20 MN Kraft**  
bringen die Hydraulikzylinder  
unseres Blattlagerprüfstands auf.  
Das genügt, um  
**drei vollbesetzte ICE-Züge**  
anzuheben.



x 3



*Der Lagerprüfstand in Hamburg verfügt über sechs leistungsstarke Hydraulikzylinder. Ein Lager ist jeweils oben im runden Ausschnitt, ein zweites unten im Fuß des Prüfstandes eingespannt.*

„Nur wo genug Wind weht, lässt sich ein Windpark wirtschaftlich betreiben. Um verlässliche Aussagen über den potentiellen Ertrag treffen zu können, nutzen wir numerische Strömungssimulationen. Mit dieser Methode berechnen wir außerdem, wie sich Windparks optimieren lassen – zum Beispiel durch eine verbesserte Anordnung der Anlagen.“

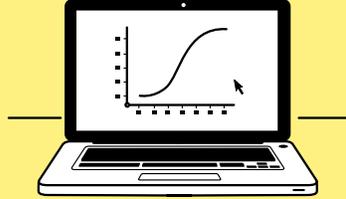


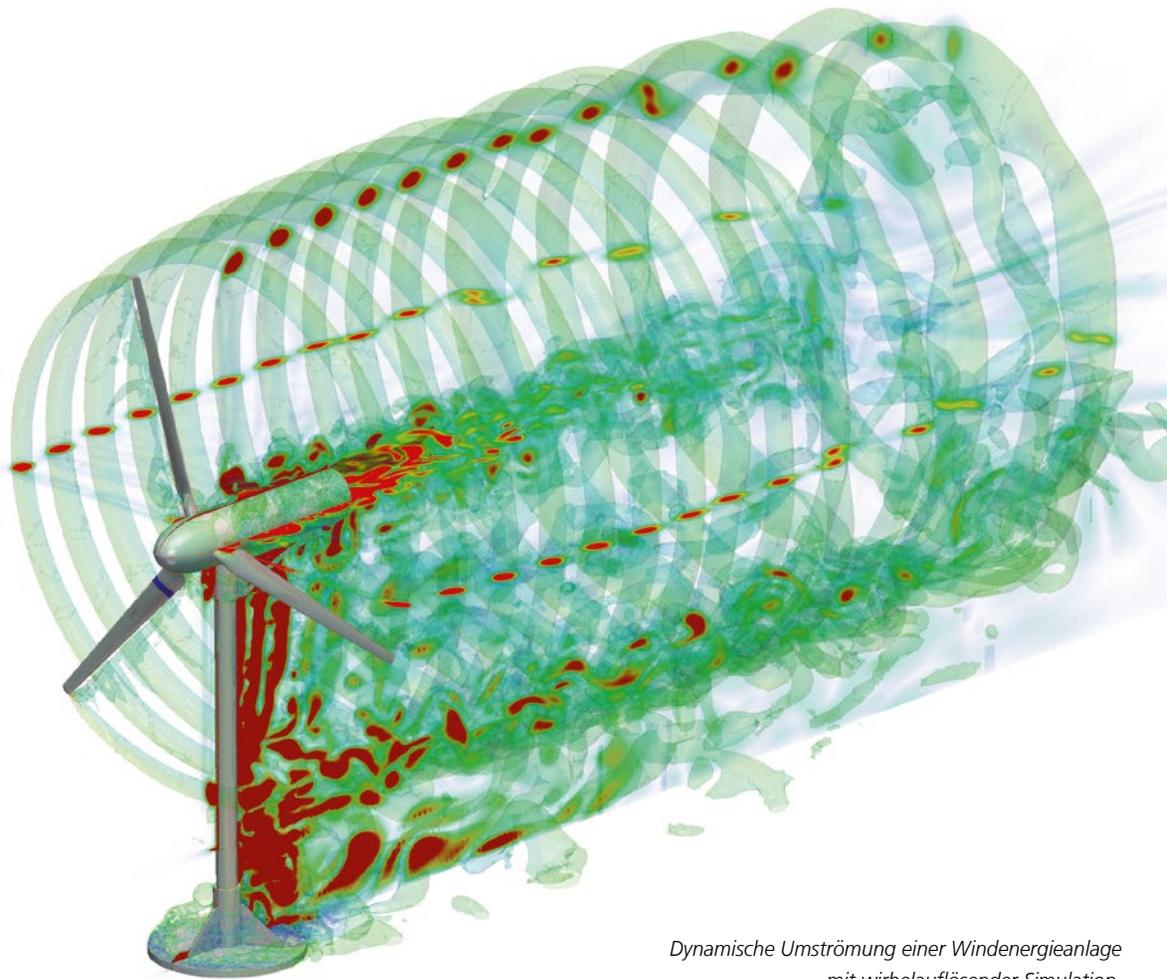
*Dr. Bernhard Stoevesandt, Abteilungsleiter Aerodynamik, CFD und stochastische Dynamik*

Das birgt enormes Potenzial: Durch eine Ertragssteigerung eines Offshore-Parks um 5 Prozent könnten zum Beispiel 20.000 Haushalte zusätzlich mit Strom versorgt werden.“

# #7

Für die Simulationen von  
Wind und Aerodynamik nutzen wir bis zu  
**5980 Einzelprozessoren**  
– sogenannte Kerne – zum Rechnen.  
Das entspricht in etwa der Prozessorleistung von **1495 Laptops.**





*Dynamische Umströmung einer Windenergieanlage  
mit wirbelaflösender Simulation.*

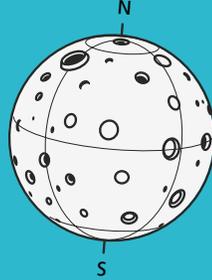
„Generatoren für große Windenergieanlagen wiegen heute oft mehr als 200 Tonnen, was Transport und Aufbau schwierig macht. Im EU-Projekt „EcoSwing“ wurde erstmals ein besonders kompakter, supraleitender Generator gebaut, der deutlich leichter und damit auch besser transportabel ist. In Bremerhaven haben wir das System auf dem Prüfstand erfolgreich getestet, bevor er an einer Forschungsanlage erprobt wurde.“



*Dipl.-Ing. Hans Kylling, Gruppenleiter Prüfsysteme*

#8

**Minus 240 °C**  
herrschten im supraleitenden Generator  
während der Prüfung im Rahmen  
des EcoSwing-Projektes. Das ist  
auch die Temperatur, die am  
Südpol des Mondes zu messen ist.



**-240 °C**



*Der EcoSwing-Generator wird für die Testkampagne  
am IWES-Prüfstand angedockt.*

„Das IWES verfügt in Bremerhaven über eine eigene Fertigungshalle mit Bauformen für Rotorblattsegmente, die bis zu 40 Meter lang sind, knapp 6 Tonnen wiegen und aus fast 2 Milliarden einzelnen Glasfasern bestehen. Hier testen wir Materialien und Verfahren, um die Abläufe in der Produktion zu vereinfachen, zu beschleunigen, und die Fertigungsqualität deutlich zu steigern.“

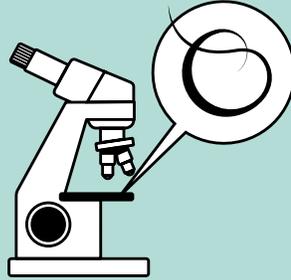


*Dipl.-Ing. Ingo Gebauer, Wiss. Mitarbeiter Abteilung Rotorblätter*

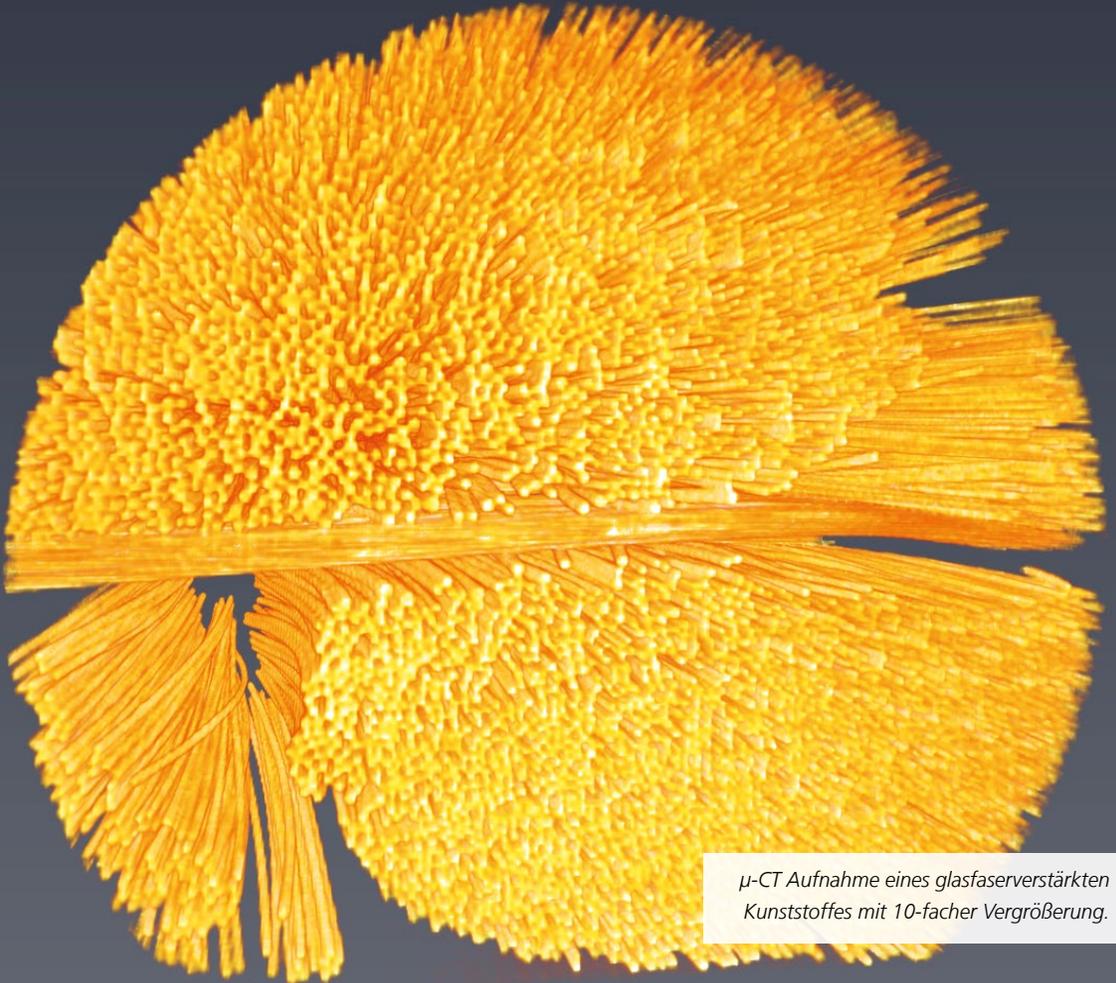
#9

## 17 Mikrometer.

So dünn sind die in unserer Rotorblattfertigung genutzten Glasfasern. Ein menschliches Haar ist mehr als **5 Mal so dick.**



x 5



*$\mu$ -CT Aufnahme eines glasfaserverstärkten Kunststoffes mit 10-facher Vergrößerung.*

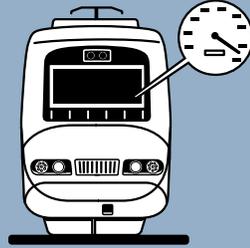
„Rotorblätter bewegen sich mit großer Geschwindigkeit durch die Luft. Dabei wirken aufprallende Regentropfen wie Geschosse und verursachen Schäden an den Blattspitzen. In unserem Regenerosionsprüfstand testen wir daher neuentwickelte Schutzbeschichtungen. Ein Wolkenbruch auf Knopfdruck ist jederzeit möglich – sogar die Tröpfchengröße ist regulierbar.“

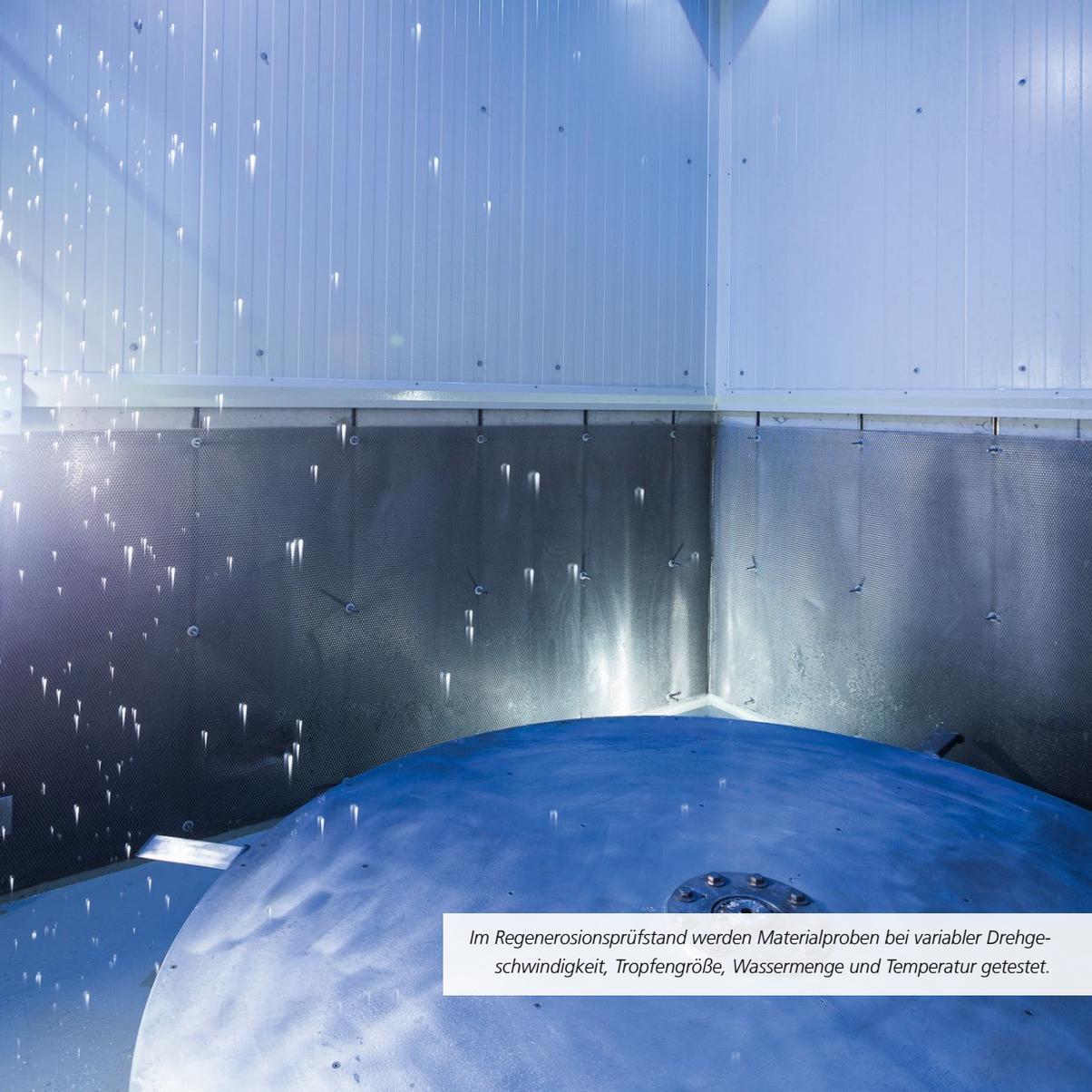


*Lisa Schudack, M.Sc., Wiss. Mitarbeiterin Abteilung Rotorblätter*

# #10

Die Vorderkante eines Rotorblattprofils dreht sich im Regenerosionsprüfstand mit einer Geschwindigkeit von **550 km/h** – und ist damit **fast so schnell wie ein TGV**, der mit **574 km/h** den Geschwindigkeitsrekord für Schienenfahrzeuge hält.





*Im Regenerationsprüfstand werden Materialproben bei variabler Drehgeschwindigkeit, Tropfengröße, Wassermenge und Temperatur getestet.*

## ÜBER UNS

Das Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme, kurz IWES, beschäftigt 170 Wissenschaftler/-innen und Angestellte sowie 70 Studierende an fünf Standorten im Norden: in Bremerhaven, Hannover, Bremen, Hamburg und Oldenburg. Wir arbeiten eng mit der Industrie zusammen, um konkrete Lösungen zu entwickeln: zum Beispiel für

- die beschleunigte Markteinführung neuer Anlagendesigns
- die schallarme Installation von Offshore-Anlagen
- die Verhinderung von gegenseitiger Abschirmung in Windparks
- die Erhöhung der Fertigungsqualität von Rotorblättern
- die exakte Berechnung des Windpotentials einzelner Standorte.

Wir betreiben Prüfstände für Rotorblätter, Grosslager, Tragstrukturen, Gondeln sowie Materialtestlabore, um „im Zeitraffer“ neue Designs experimentell zu testen und mit Computermodellen abzugleichen. Außerdem führen wir Messungen an Anlagen im Betrieb durch und erfassen Wind, Wellen und Strömung mit innovativen Verfahren. Durch technologischen Fortschritt Zukunft gestalten – wir packen es an. Das Fraunhofer IWES steht für eine nachhaltige Entwicklung zum Wohle der Gesellschaft.

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten mehr als 25 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in 72 Instituten und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland.

## Förderer



## Herausgeber

Fraunhofer IWES  
Am Seedeich 45  
27572 Bremerhaven  
Tel. +49 471/14 290-100  
info@iwes.fraunhofer.de  
www.iwes.fraunhofer.de

Das Fraunhofer-Institut für Wind-energiesysteme IWES ist eine rechtlich nicht selbstständige Einrichtung der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

Fraunhofer Gesellschaft  
zur Förderung der angewandten  
Forschung e.V.  
Hansastraße 27 c  
80686 München  
Tel. +49 891205-0  
www.fraunhofer.de

## Redaktionsteam

Moritz Bätge, Roman Braun,  
Benjamin Buchholz,  
Beata Cece (Koordination),  
Nora Denecke, Ingo Gebauer,  
Hans Kyling, Brigette Palleske,  
Erik Patschke, Martin Pilas,  
Tulio Quiroz, Britta Rollert,  
Lisa Schudack, Matthias Stammler,  
Bernhard Stoesesand

Bei Abdruck ist die Einwilligung  
der Redaktion erforderlich.  
© Fraunhofer IWES, Bremerhaven 2018

## Gestaltung

designagl  
Bettina Nagl-Wutschke

## Illustrationen

Pascal Behning

## Bildnachweise

- #1: Martina Buchholz
- #2: Martin Kohlmeier
- #3: Pascal Hancz
- #4: Caspar Sessler
- #5: Jan Meier
- #6: Jan Brandes
- #7: Martina Buchholz,  
Fraunhofer IWES
- #8: Jan Meier
- #9: Leibniz-Universität Hannover
- #10: Sven Jachens, Jan Meier

## Druck

müllerditzten<sup>AG</sup>  
Druckmanufaktur am Meer



**Stand: November 2018**