

Vibrationsspektrum eines WEA-Rotorblatts.

## Zukünftige Anwendungsmöglichkeiten

- Hochaufgelöste Vibrationsdaten zur Validierung von Simulationsmodellen
- Strukturelle und aerodynamische Optimierung von Rotorblättern
- Bewertung des strukturellen Anlagezustandes – Laufzeitverlängerung oder Repowering?
- Erkennung neuer, noch verdeckter Schäden durch regelmäßige Kontrollmessungen
- Lokalisation und Analyse von Quellen veränderten Vibrationsverhaltens/Schäden
- Identifikation und Quantifizierung von Schallemissionen und ihren Quellen im Betrieb

## Weitere Informationen

[www.iosb.fraunhofer.de/distante-vibrationsmessung](http://www.iosb.fraunhofer.de/distante-vibrationsmessung)

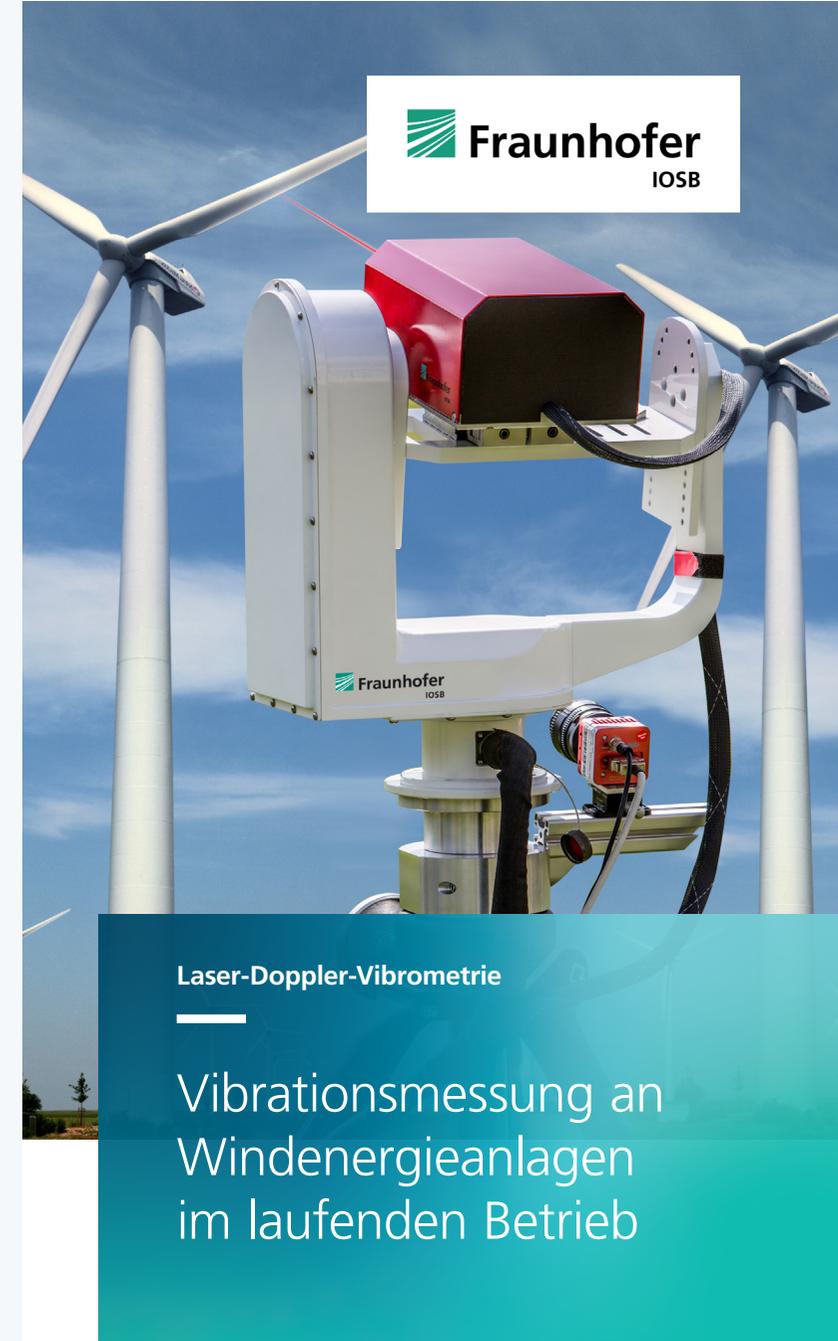
## Kontakt

Dr. Ilja Kaufmann  
 ilja.kaufmann@iosb.fraunhofer.de  
 Tel. +49 7243 992-122  
 Fraunhofer Institut für Optronik,  
 Systemtechnik und Bildauswertung, IOSB  
 Gutleuthausstr. 1  
 76275 Ettlingen  
 www.iosb.fraunhofer.de

## Projektpartner

Nawrocki Alpin GmbH  
 Holger Nawrocki  
 Romain-Rolland-Str. 34  
 13089 Berlin  
 office@nawrockialpin.com  
 Tel. +49 30 443181-6  
 www.nawrockialpin.com

© Fraunhofer IOSB 2022



**Fraunhofer**  
IOSB

Laser-Doppler-Vibrometrie

Vibrationsmessung an  
Windenergieanlagen  
im laufenden Betrieb

**nawrocki alpin**  
GmbH

Gefördert durch:



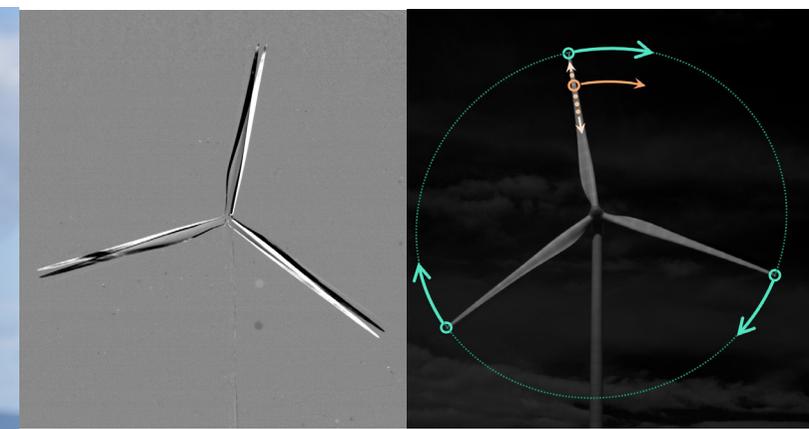
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Innovativer Ansatz zur Untersuchung von Windenergieanlagen (WEA)

Berührungsfrei, aus der Distanz und ohne verbaute Sensoren: Kamerabasiertes Tracking und präzise Nachführung ermöglichen die Laser-Vibrationsmessung an Rotorblättern im laufenden Betrieb.



Laser-Doppler-Vibrometer auf Schwenk-Neige-Plattform.



Links: Differenzbild zweier aufeinanderfolgender Kameraframes.

Rechts: Tracking der Rotorblattspitzen zur Nachführung des Lasermessflecks (Schema).

## Problemstellung und technischer Lösungsansatz

Schon die Alltagserfahrung zeigt, wie viel uns Vibrationen und Geräusche über den Funktionszustand von technischen Geräten wie Auto, Waschmaschine oder Klimaanlage verraten. Daher überwachen Vibrationssensoren das Verhalten großer Maschinen und Installationen wie Windenergieanlagen (WEA) und gewährleisten einen sicheren Betrieb. Ebenso kommen sie bei deren Entwicklung und Optimierung zum Einsatz. Kosten und technische Realisierbarkeit begrenzen die Anzahl der Sensoren, mit der die Komponenten einer Anlage bestückt werden können. Fest integrierte Sensoren lassen sich bei Beschädigung ggf. nicht ersetzen.

Um für Detailuntersuchungen oder die Entwicklung von WEA deren Vibrationen dennoch an beliebiger Stelle erfassen zu können, entwickelt das Fraunhofer IOSB ein distantes Messverfahren. Es basiert auf der Laser-Doppler-Vibrometrie, bei der ein optischer Sensor mittels Laser die Bewegung der Objektoberfläche hochpräzise erfasst. Die Kombination mit einem Trackingsystem erlaubt auch die Vibrationsmessung an Rotorblättern im laufenden Betrieb, indem der Laser dem jeweiligen Messpunkt nachgeführt wird.

## Entwicklungsstand, Ergebnisse und Projektziele

Die Laser-Doppler-Vibrometrie ist eine etablierte Technik zur kontaktfreien Vibrationsmessung an stationären Objekten und Maschinen über kurze Distanzen. In vorangegangenen Projekten konnte das Fraunhofer IOSB sie für Messungen an bewegten Objekten sowie über größere Distanzen weiterentwickeln. Erste Messdaten demonstrierten die Machbarkeit der Nutzung an WEA-Rotorblättern im laufenden Betrieb. Anhand der Erkenntnisse aus früheren Studien wurde im aktuellen Projekt **WEALyR** ein optimiertes System speziell für diese Anwendung aufgebaut. Gemeinsam mit dem Projektpartner, der Firma Nawrocki Alpin GmbH aus Berlin, untersucht das Fraunhofer IOSB daran die Informationen und Aussagen, die sich mit dieser Messmethode über WEA gewinnen lassen und welche Anwendungen darauf aufbauen können.



Schematische Darstellung des Messaufbaus.

## Laser-Doppler-Vibrometrie und Tracking

Im Gegensatz zu handelsüblichen Geräten arbeitet das speziell entwickelte Laser-Doppler-Vibrometer des Fraunhofer IOSB bei einer infraroten Lichtwellenlänge von  $1,5 \mu\text{m}$ . Hierdurch lässt es sich auch mit höheren Laserleistungen augensicher betreiben, die für die Messdistanzen von einigen 100 Metern notwendig sind. Die größte technische Herausforderung stellt die Trennung der gesuchten Vibrationsbewegungen von der bis zu 1000-fach größeren und schnelleren Drehbewegung des Rotors in den Messdaten dar.

Zur Regelung der Nachführung muss die Kamera für das Trackingsystem im Wellenlängenbereich des Lasers arbeiten. Bildverarbeitungsalgorithmen detektieren in diesen Bildern die Rotorblattspitzen und errechnen aus deren Bewegungen ein virtuelles 3D-Modell des drehenden Rotorsterns. Um den stationären Bildhintergrund zu unterdrücken, wird dabei mit Differenzbildern aufeinanderfolgender Frames gearbeitet. Anhand des virtuellen Modells steuert der Computer eine Schwenk-Neige-Plattform, um den Laser einem gewünschten Messpunkt auf dem Rotorblatt nachzuführen. Eine Regelschleife nutzt die detektierte Position des Lasers im Kamerabild zur Stabilisierung.