

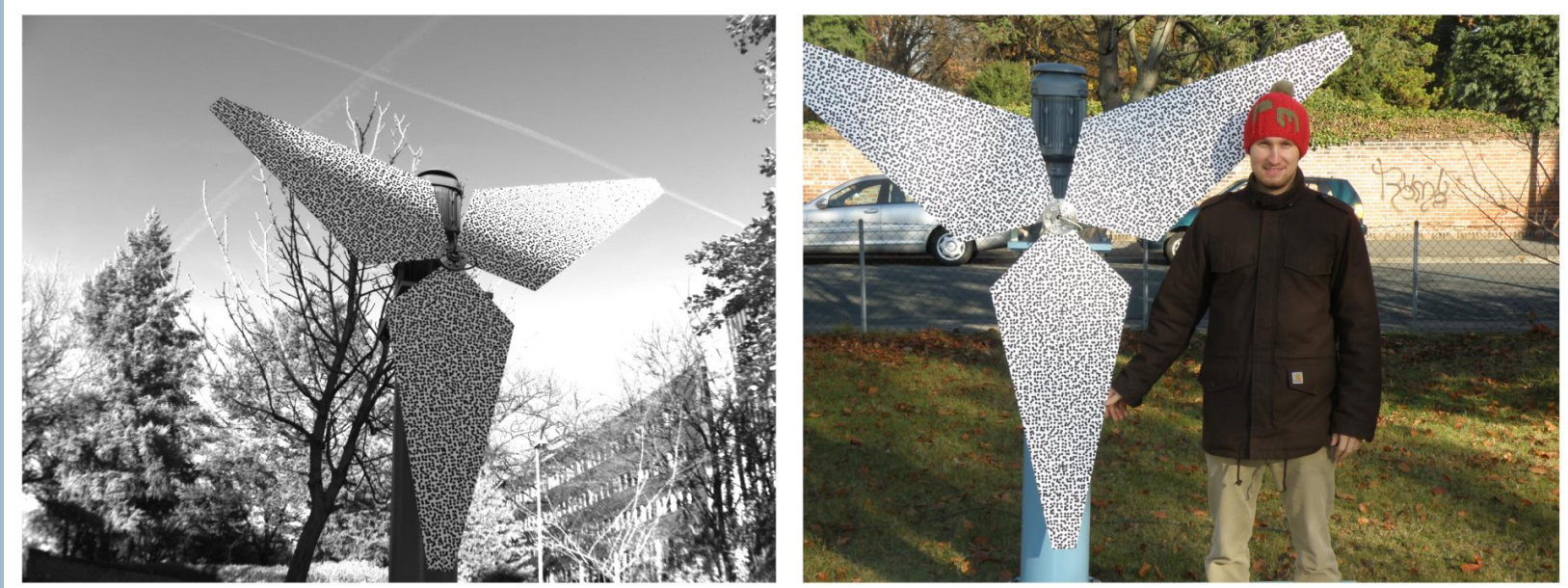
Motivation

In den letzten 30 Jahren hat sich der Rotordurchmesser und die Nennleistung von kommerziellen Windenergieanlage (WEA) am Markt von etwa 10 m und 50 kW, hin zu den modernen Anlagen der Multimegawatt Klasse mit Rotordurchmessern über 150 m und Nennleistungen oberhalb der 6 MW entwickelt. Diese Entwicklung war möglich, da immer leichtere, schlankere und flexiblere Rotorblätter zum Einsatz kommen. Ohne den Einsatz moderner Aeroelastik-Codes wäre die Auslegung dieser neuen Generation von Windenergieanlagen nicht möglich.

Damit ein sicherer und effizienter Betrieb der stetig wachsenden WEA garantiert ist, bedarf es einer intensiven Validierung der eingesetzten Auslegungswerkzeuge anhand aussagekräftiger Messdaten. Die enorme Größe der Anlagen stellt dabei viele der traditionellen Methoden zur Messdatenerfassung vor erhebliche Probleme.

Im Projekt „Optische Feldmessungen von Rotorblattverformungen“ wird daher ein neuer, innovativer, optischer Ansatz, aufbauend auf dem Prinzip der Digital Image Correlation (DIC), untersucht. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Messsystems, mit dem Rotorblattschwingungen im Betrieb, an realen Windenergieanlagen der Multimegawatt Klasse, untersucht werden können.

- Einfache Installation und Anwendung
- Großflächige Erfassung von Verformungen
- Zeitliche Auflösung von Frequenzen < 10 Hz
- Auswertung im Zeit- und Frequenzbereich
- Isolation von Blatt- und Turmbewegung
- Genauigkeit im Millimeterbereich



Links: Prüfstand bei Experimenten mit direktem Sonnenlicht im Freien. Rechts: Windenergieanlage mit Punktemustern

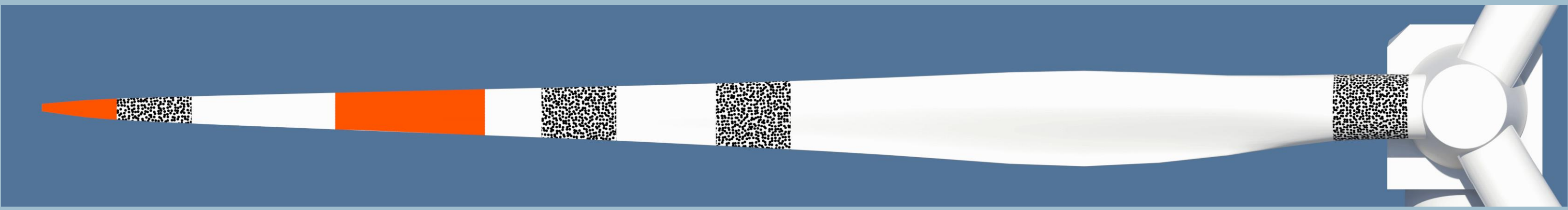


Prinzip

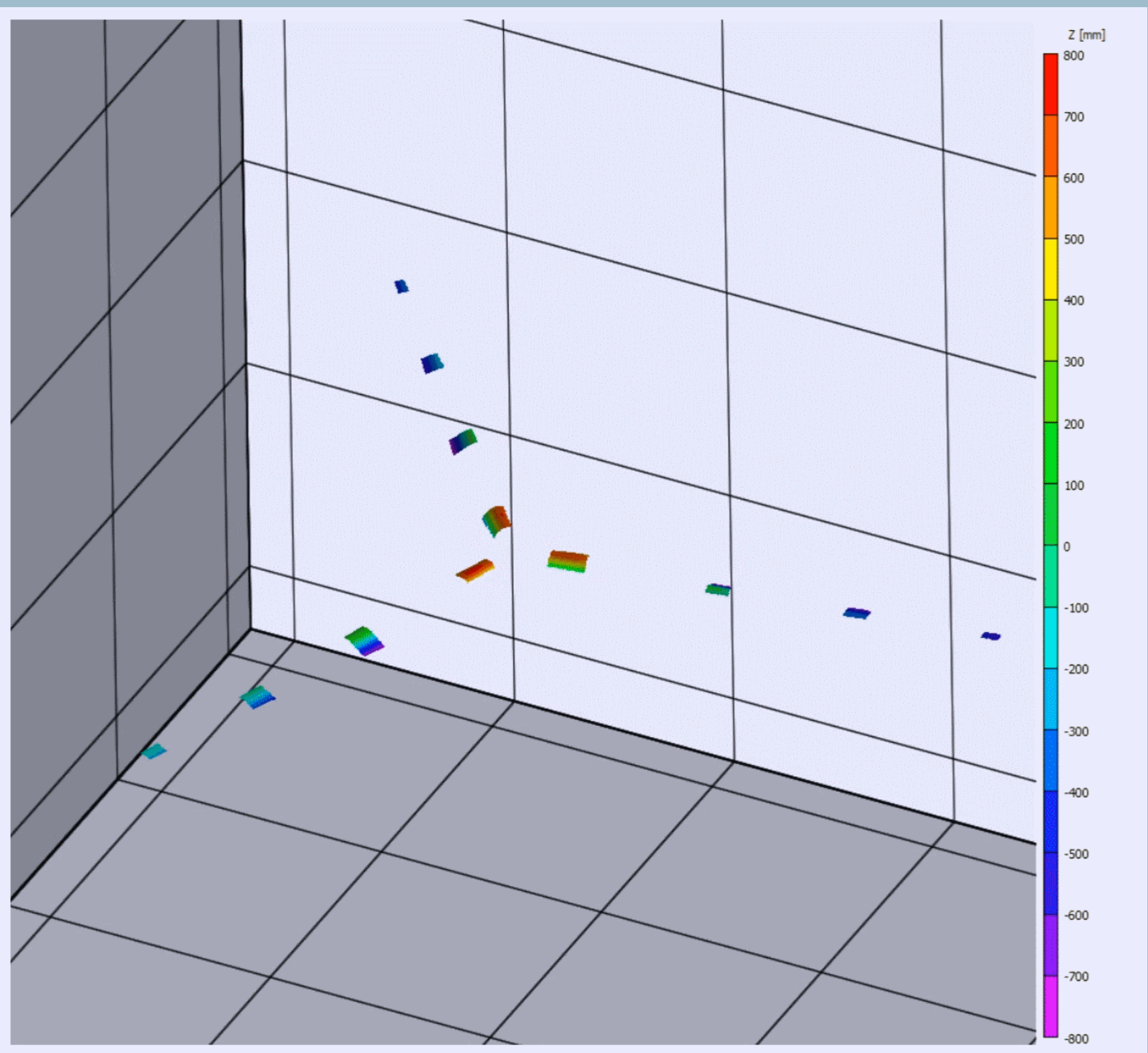
Das Messsystem basiert auf zwei Kameras, die im sichtbaren Spektrum des Lichtes arbeiten und stereoskopisch vor der Windenergieanlage angeordnet sind. Beide Kameras sind auf den Rotor der Windenergieanlage fokussiert und beobachten aufgeklebte Punktemuster auf der Rotorblattoberfläche. Einzige Anforderung an das Punktemuster ist eine zufällige Anordnung der einzelnen Punkte ohne Periodizität und ein möglichst hoher Kontrast.

Ausgehend von einem Referenzbild findet der Auswertungsalgorithmus in jedem nachfolgenden Bild das Auswertungsfenster des Referenzbildes wieder. Für jedes Auswertungsfenster können anschließend die Position im Raum bzw. die Verschiebung relativ zum Referenzbild angegeben werden. Somit ist es möglich alle Bereiche des Rotors, die mit einem Punktemuster beklebt sind, zeitlich hochaufgelöst, im dreidimensionalen Raum zu verfolgen.

Anhand von drei Registrierungspunkten im Nabenbereich der Windenergieanlage kann darüberhinaus die Festkörperrotation des Rotors eliminiert werden. Folglich ist eine isolierte Betrachtung von Rotorblatt- und Turmschwingungen möglich.

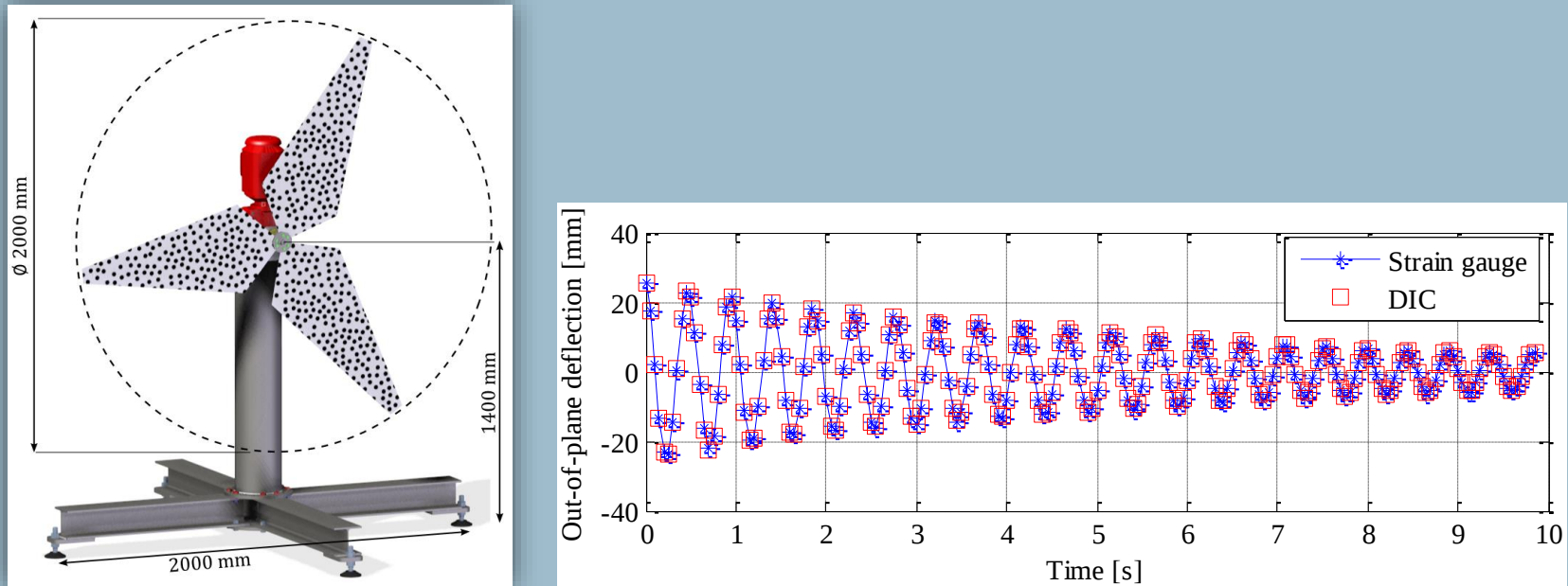


Oben: Detailansicht eines Rotorblattes mit Punktemuster.
Links: Windenergieanlage mit aufgeklebtem Punktemuster an einem Rotorblatt.
Rechts: Darstellung der Messergebnisse im dreidimensionalen Raum.



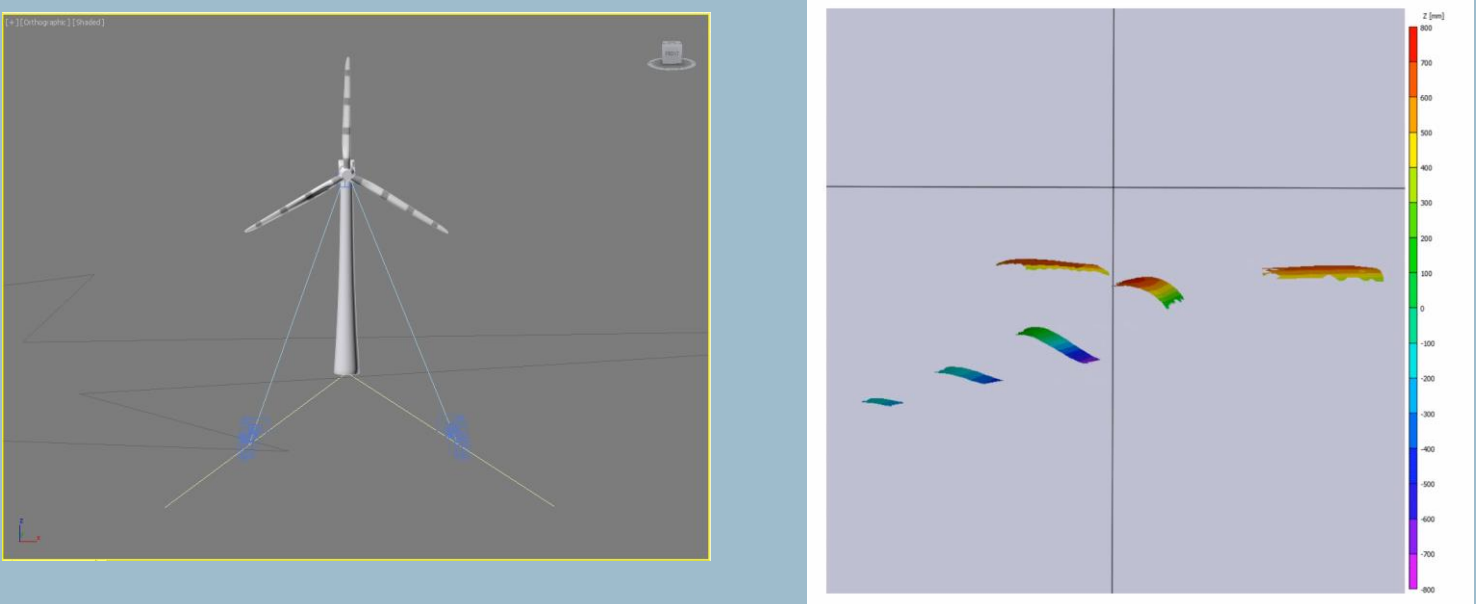
Vorgehen

Im ersten Schritt wird das Messsystem unter kontrollierbaren Bedingungen im Labor eingesetzt. Anschließend werden sukzessive potentielle Störeinflüsse hinzugefügt. Eine Validierung der Genauigkeit geschieht anhand Vergleichsmessungen von DIC, DMS, Messuhren und einem Laservibrometer.



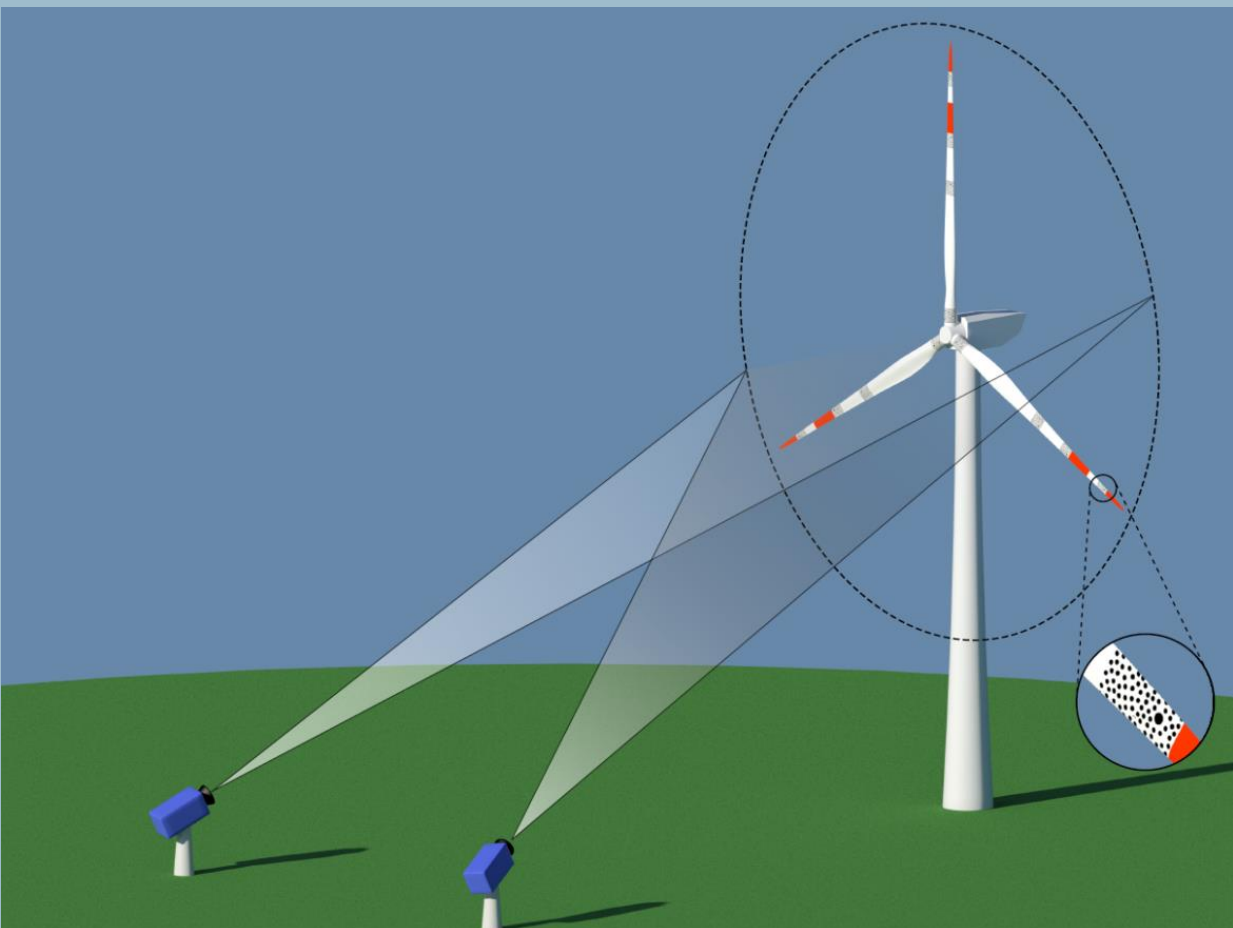
Links: CAD-Modell vom Prüfstand mit Größenangaben
Rechts: Messtechnikvergleich zwischen DMS und DIC

Links: Simulationsmodell mit Stereokamerasystem
Rechts: Auswertung der simulierten Bilder im 3D-Raum



Die Simulation des Feldversuches erlaubt eine a priori Evaluation potentieller Punktemuster und deren Anordnung auf dem Rotorblatt. Unterschiedliche Kameras können untersucht und ihre räumliche Anordnung im Voraus geplant und optimiert werden.

Gegen Ende der Projektphase wird das Potential des Messsystems an einer kommerziellen Windenergieanlage der Multimegawatt Klasse demonstriert. Im Anschluss sind weitere Messungen geplant.



Prinzipskizze für den Feldversuch an einer kommerziellen WEA

Modellversuch

Simulation

Feldversuch