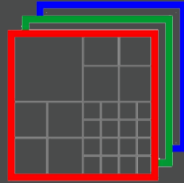


IAPG

Institut für
Angewandte Photogrammetrie
und Geoinformatik



JADE HOCHSCHULE

Wilhelmshaven Oldenburg Emsfleth



Absolventenforum

Kooperatives Promotionsvorhaben “Entwicklung eines Messverfahrens zur Erfassung bewegter Rotorblätter von Windkraftanlagen“

Martina Große-Schwiep

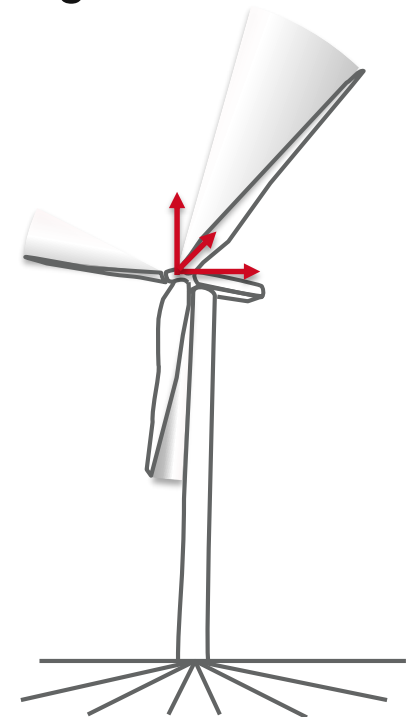


- Studium
 - Geoinformatik B.Sc. (2006 - 2010)
 - Geodäsie und Geoinformatik M.Sc. (2010 - 2011)
- IAPG
 - Forschungsprojekt WindScan (11.2011 - 10.2014)
 - Promotionsprogramm Jade2Pro (11.2014 - 10.2017)
 - Betreuung durch Prof. Thomas Luhmann (IAPG)
 - Betreuung durch Prof. Hans-Gerd Maas (TU Dresden)

Thema

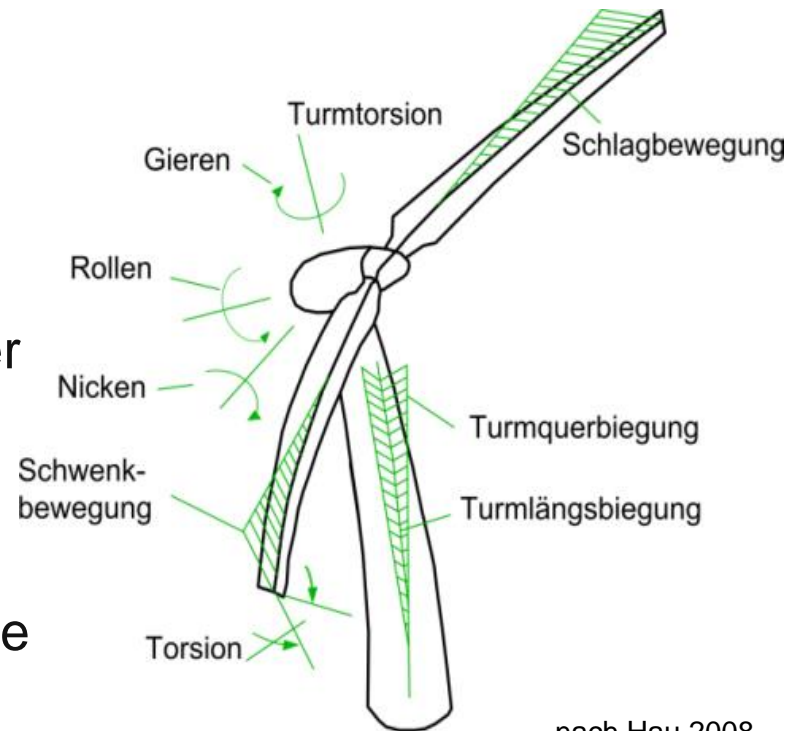
- Entwicklung eines **berührungslosen und markierungsfreien** Messverfahrens zur Erfassung bewegter Rotorblätter von Windkraftanlagen im Labor- und Feldversuch
- Vom Boden aus
- Auf Basis vom Projekt WindScan

Messgeräte



Windenergieanlagen

- Größe der Anlagen
 - 100m Nabenhöhe
 - 80m Rotorblattlänge
- Rotorblätter
 - Außengeschwindigkeit der Rotorblätter bei 80m/s
 - Verformung in Windrichtung 10% der Rotorblattlänge
 - Rotorblätter sind Schlüsselkomponente für Performance
- Vielzahl an Kräften → Verformungen



Aktueller Stand

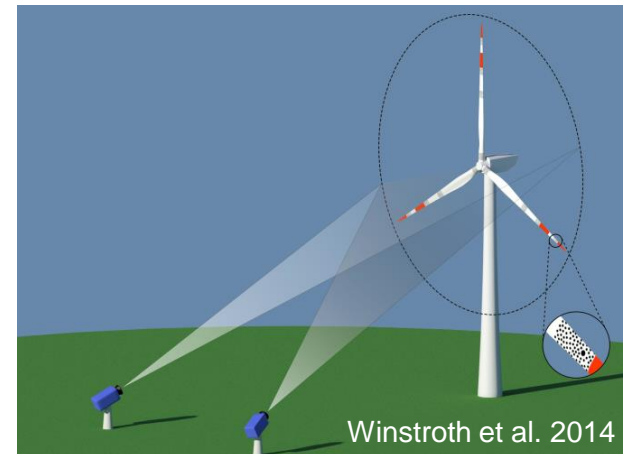
- Simulationen
- Feldversuche
 - Dehnungsmessstreifen
 - Photogrammetrisch



Kalpoe et al. 2011



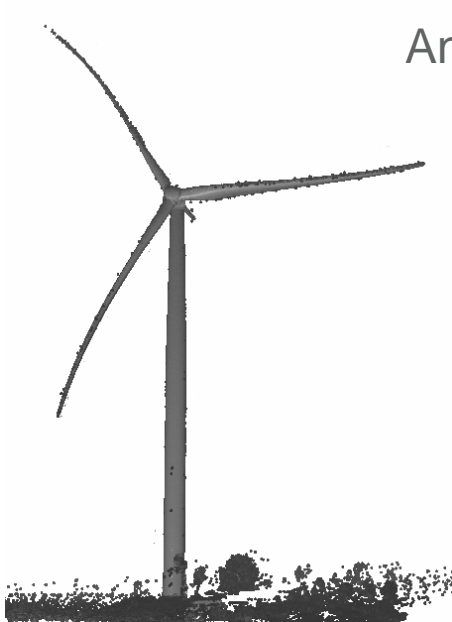
Schmidt Paulsen et al. 2009



Winstroth et al. 2014

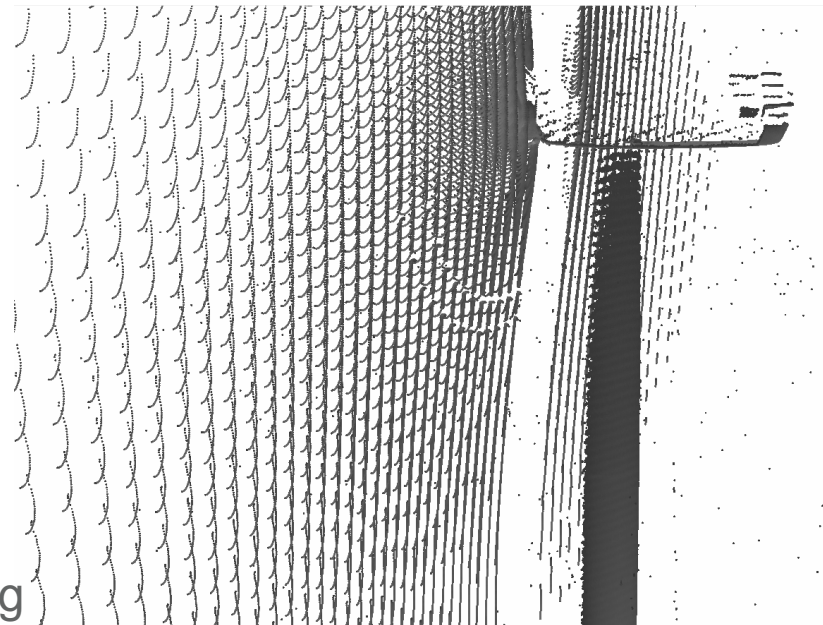
Einsatz von Laserscannern

- Winkel- & Streckenmessung
- 1 Mio. Punkte/Sekunde
- Standard 3D-Modus



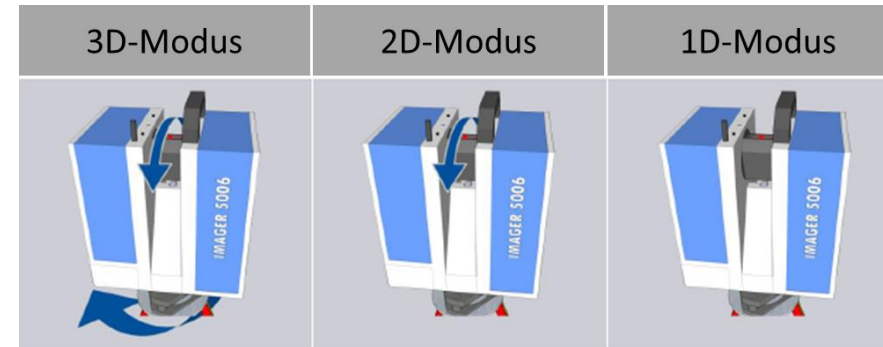
Anlage stehend

Anlage in Bewegung



Verschiedene Modi

- 3D für statische Objekte
- 2D für Mobile Mapping
- 1D für sich bewegende Objekte



Kutterer 2009

Laserscanner an WEA

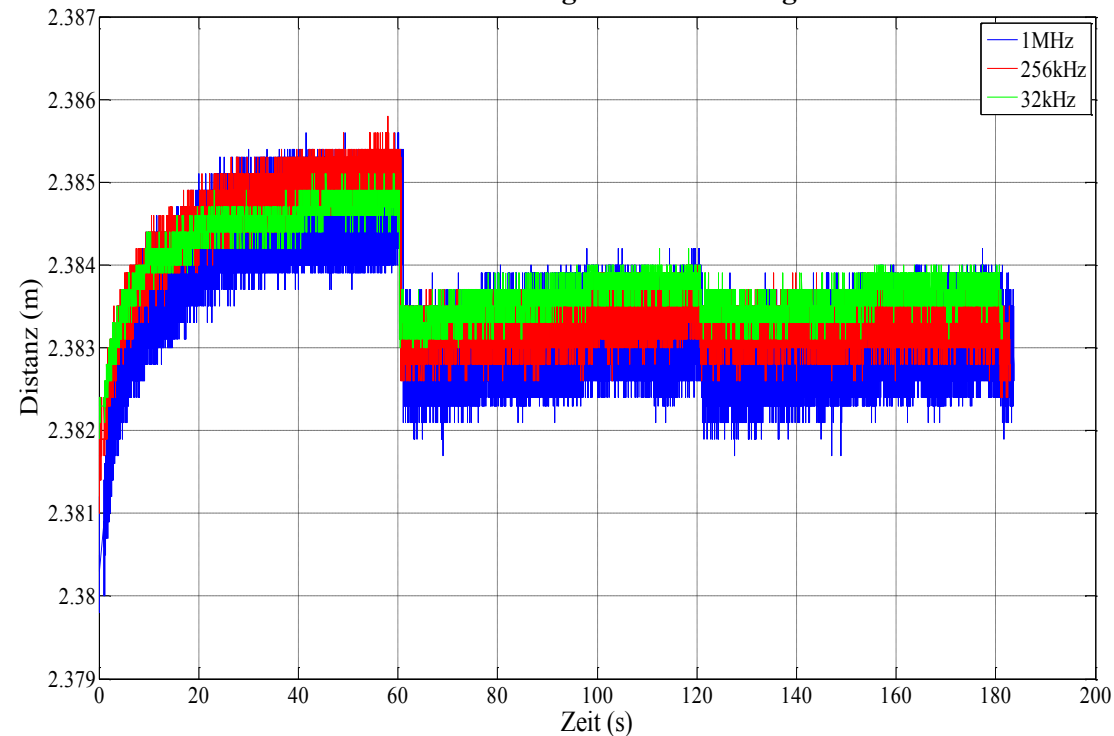
- 3D-Scan für Orientierung
 - Scanner zum Nabensystem
- 1D-Scan für Profile
 - Rotorblatt geht durch den Laserstrahl
 - Distanzen in Abhängigkeit von der Zeit



1D-Messung im Labor

- Aufwärmphase
 - 5mm
- Sprünge
 - 2mm
 - Temperatur-Kalibrierung
- Spanne bei Messung
 - 1MHz bei $\pm 1,3\text{mm}$
 - 32kHz bei $\pm 0,5\text{mm}$
- Änderungen immer gleich

Untersuchung zur 1D-Messung

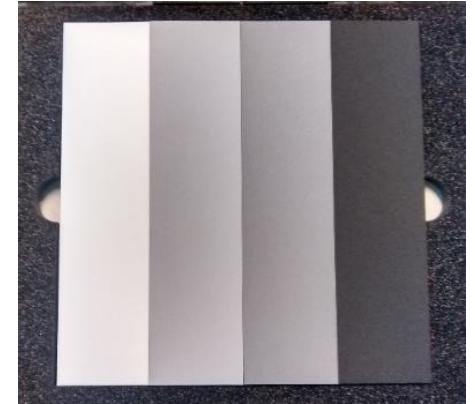
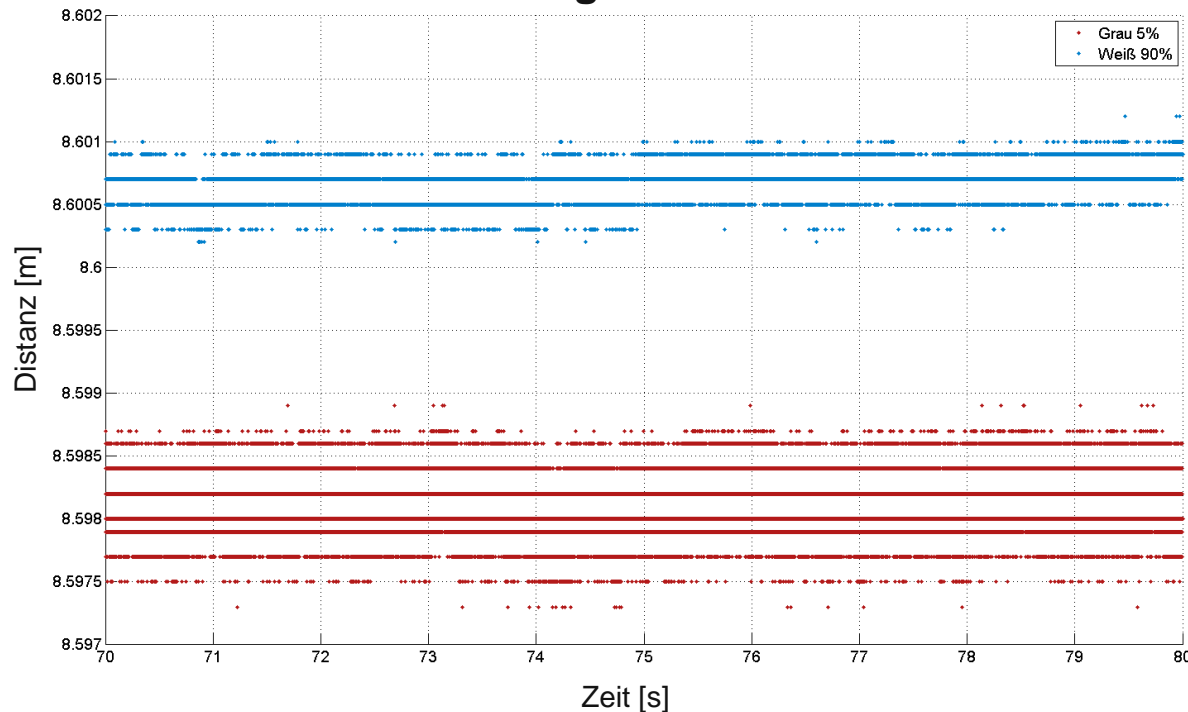


- Nicht für den 3D-Modus relevant!!
- Temperatur-Kalibrierung alle 10 Sekunden durchführen
- Messfrequenz möglichst niedrig → 32kHz

Einfluss vom Reflexionswert

- Kalibrierte diffus reflektierende Tafel
- Unterschiede in der Distanz

Messung Reflexionstafel



Weiß 90%
Spanne $\pm 0,5\text{mm}$

Grau 5%
Spanne $\pm 0,8\text{mm}$

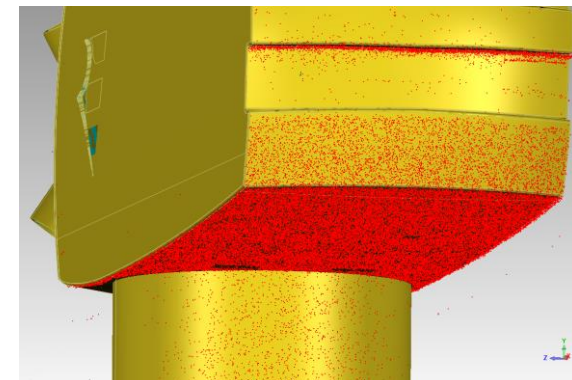
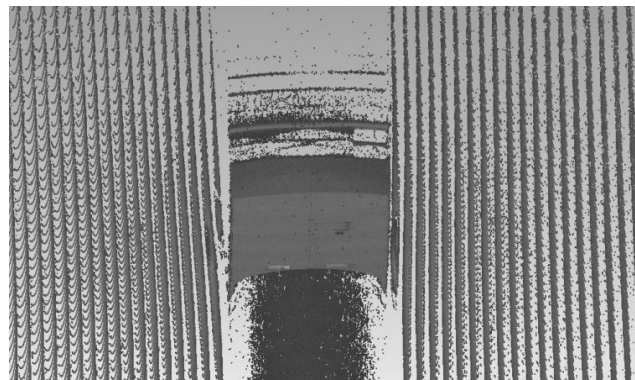
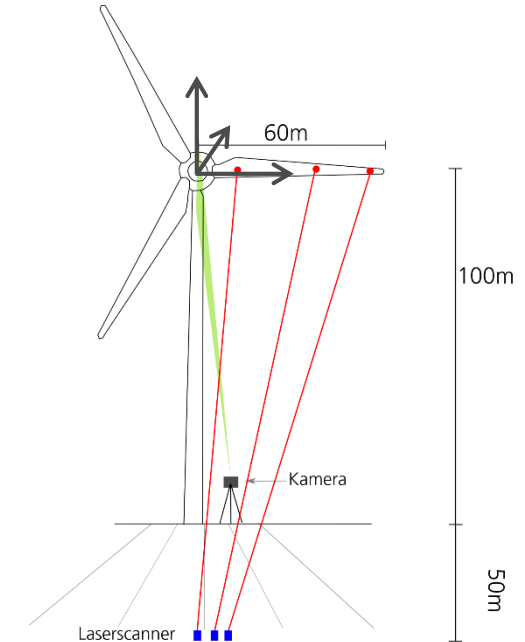
3 mm

Messaufbau

- Mehrere Laserscanner (Z+F Imager 5010)
- 1 Kamera
 - Beobachtet die Gondelbewegung
- Synchronisation über GPS-Module (Zeitstempel)

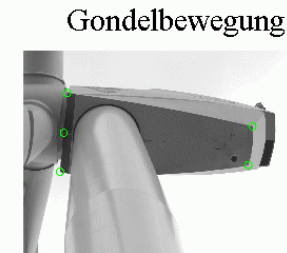
Gemeinsames Koordinatensystem

- Bekanntes CAD-Modell der Gondel



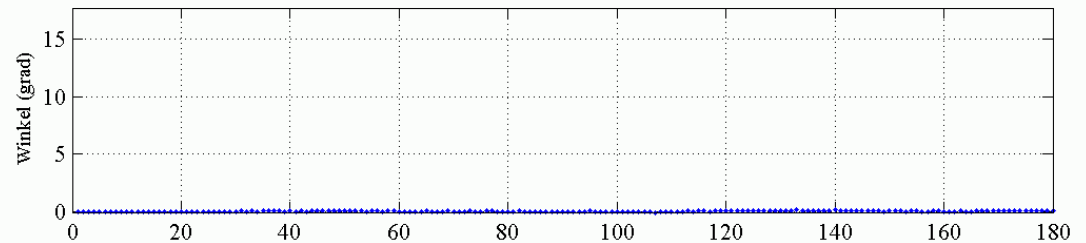
Auswirkung Gondeldrehung in den Messdaten

Bilddaten –
Tracking von Punkten



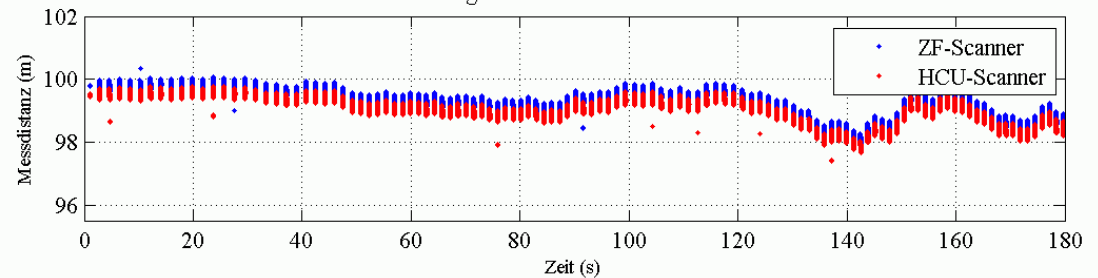
Bilddaten –
Berechnete Gondeldrehung

Bilddaten - Winkeländerung



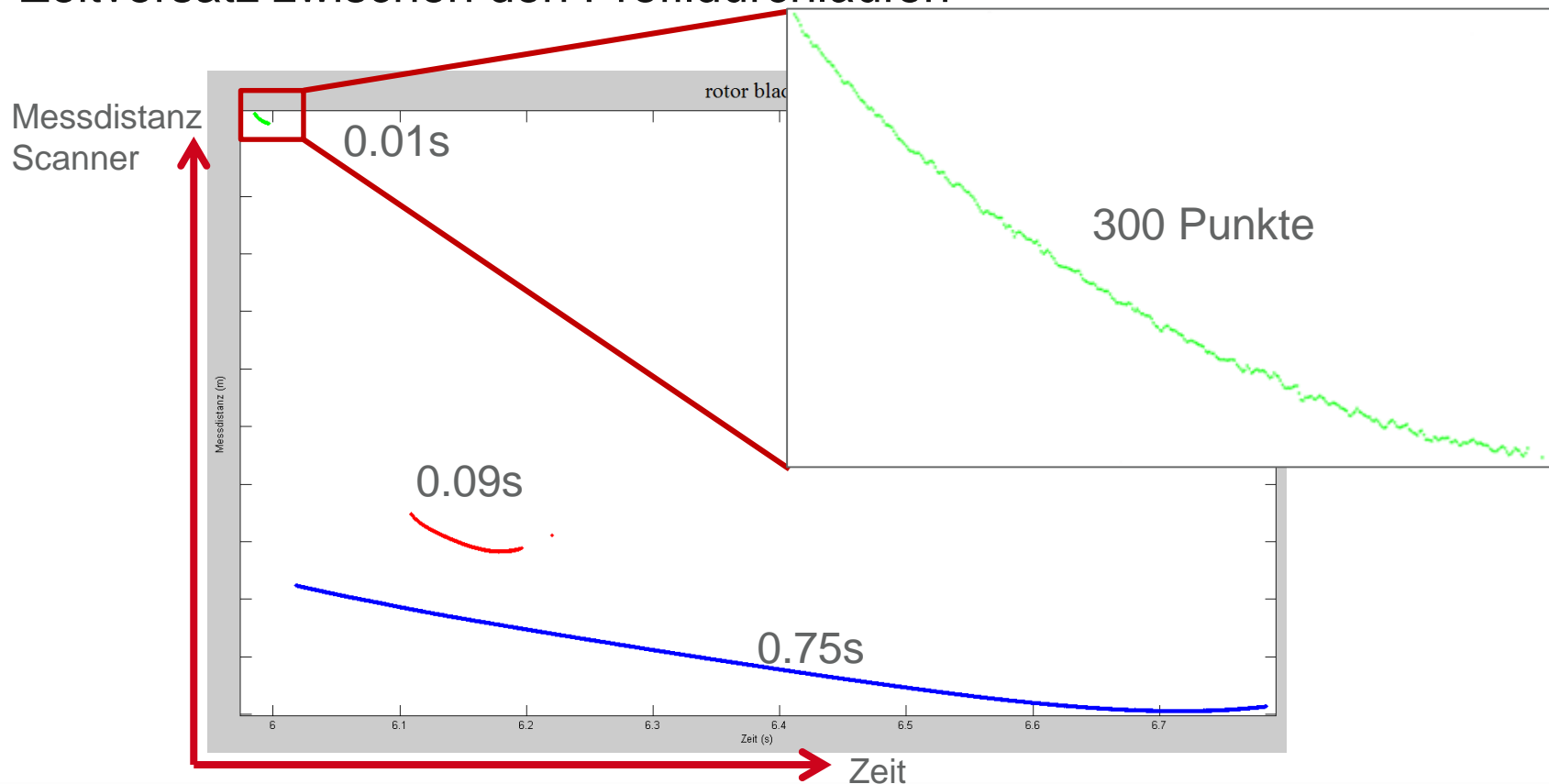
Scanner –
gemessenen Distanzen

Laserscanning-Daten - Rotorblatt bei 125.000 Hz



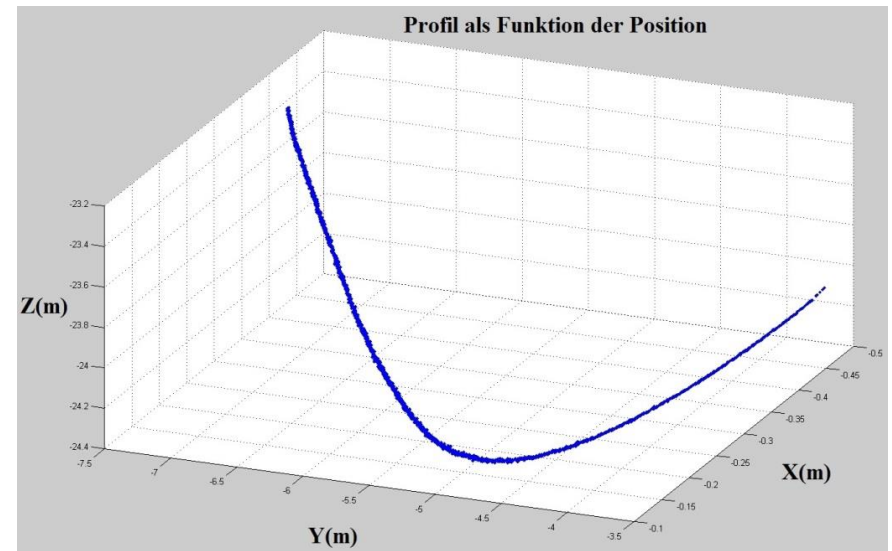
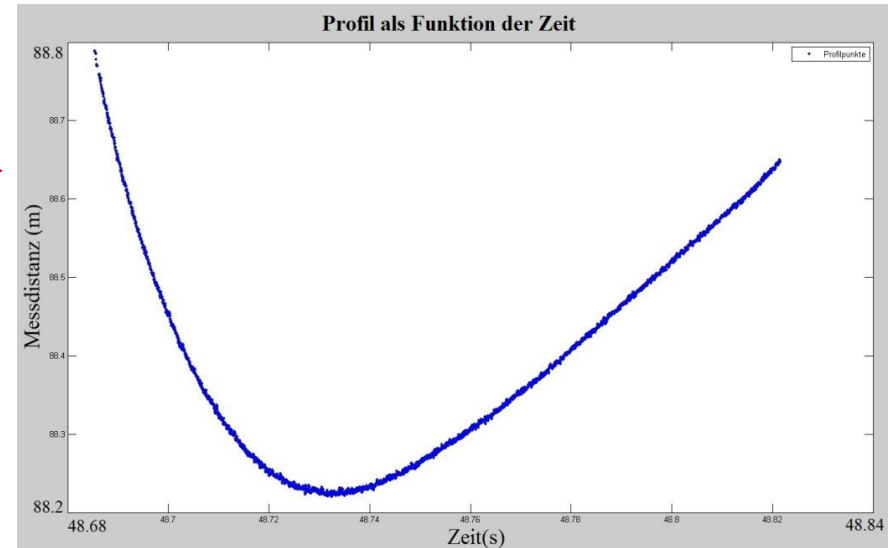
Durchlaufzeit – 1 Rotorblatt – 3 Laserscanner

- Am Ende ist das Rotorblatt schmaler und schneller
- Zeitversatz zwischen den Profildurchläufen



Umrechnung der Profile

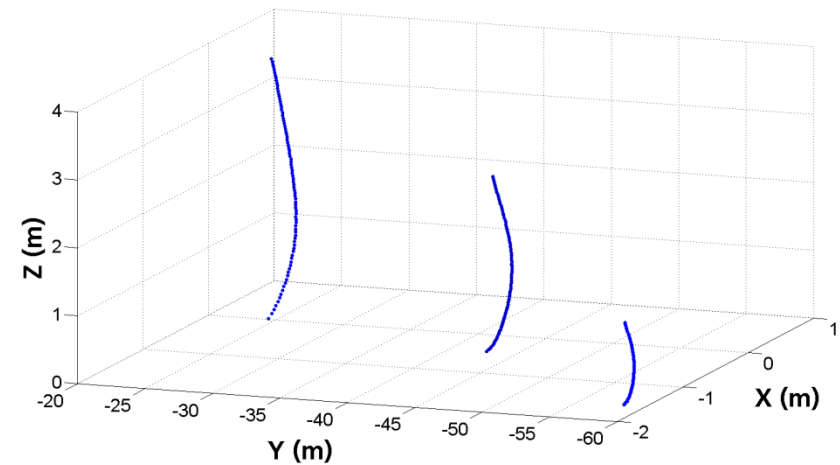
- 1D-Scan
 - Zeit
 - Distanzen
- Berechnung
 - 3D-Scan
 - CAD-Modell
 - Gondelbewegung
 - Profil im Nabensystem



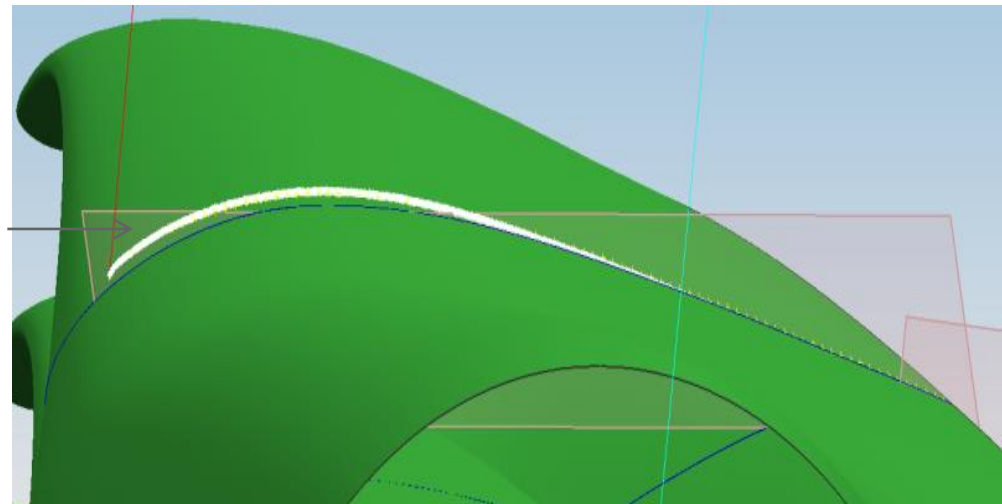
Ergebnis

- Profile im Nabensystem
- CAD-Modell vom Rotorblatt
- Durchgeführt von Senvion SE

Profiles as function of position



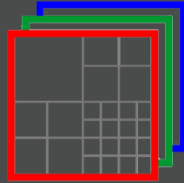
Measured profile



- Hau, E. 2008. *Windkraftanlagen - Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit*, Springer, Berlin, pp. 233 & 437, ISBN: 978-3-540-72150-5.
- Kutterer, H., Paffenholz, J.-A. & Vennegeerts, H. 2009: *Kinematisches terrestrisches Laserscanning*. Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (zfv), 2/2009, 134. Jahrgang, Wißner-Verlag, Augsburg.
- Schmidt Paulsen, U., Erne O., Schmidt, T., 2009. Wind Turbine Operational and Emergency Stop Measurements Using Point Tracking Videogrammetry, Proceedings of the SEM Annual Conference, Albuquerque, New Mexico, USA.
- Windpower 2001. http://ifs.mv.fh-duesseldorf.de/Vorlesung/windpower_dk/windweb/de/tour/manu/bladtest.htm
- Winstroth, J., Schoen, L., Erst, B., Seume, J.R., 2014. *Wind turbine rotor blade monitoring using digital image correlation: a comparison to aeroelastic simulations of a multi-megawatt wind turbine*, Journal of Physics: Conference Series 524 (2014) 012064

IAPG

Institut für
Angewandte Photogrammetrie
und Geoinformatik



JADE HOCHSCHULE

Wilhelmshaven Oldenburg Emsfleth



Absolventenforum

Kooperatives Promotionsvorhaben “Entwicklung eines Messverfahrens zur Erfassung bewegter Rotorblätter von Windkraftanlagen“

Martina Große-Schwiep

