GONDEL-LIDAR FÜR BESTANDSPARKS ZUR VERBESSERUNG DER WINDMESSUNG

29. Windenergietage | Forum 9 | 11. November 2021

Tabea Hildebrand, Paul Kühn, Tobias Klaas-Witt, Dennis Peupelmann, Fraunhofer IEE | Julia Gottschall, Fraunhofer IWES

© Fraunhofer

Fraunhofer

AGENDA

- Motivation
- Messprinzip Gondel-Lidar
- Anwendungen Gondel-Lidar – Offshore & Onshore?
- Projektvorstellung GoLidar
- Aufbau Kompetenzzentrum Gondel-Lidar

offen
© Fraunhofer

MOTIVATION

- Gondel-Lidar auch Onshore?
  - Messung mit herkömmlichen Sensoren **hinter** Rotorblatt
  - anströmende Wind in x*100 m Entfernung mit Lidar-Technik messbar
  - bislang überwiegend Offshore im Einsatz
  - FDIS: IEC 61400-50-3

- Zusammenarbeit:
  - Fraunhofer IEE
  - Fraunhofer IWES

  } Forschungscluster Gondel-Lidar

© Fraunhofer

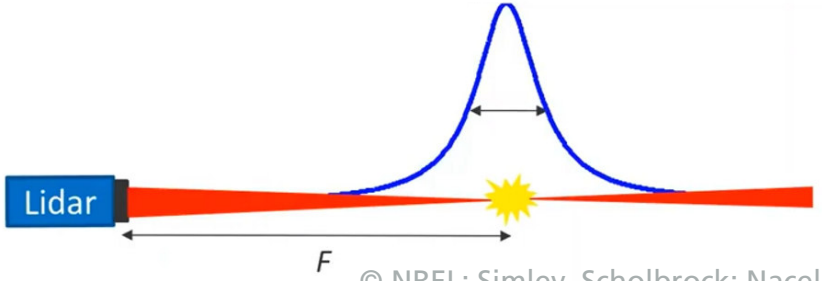
MESSPRINZIP
Gondel-Lidar

- Lidar / LiDAR = Light Detection And Ranging
- Doppler Lidar
  - Frequenzverschiebung → Information wohin Aerosole sich bewegen
  - Ableitung der Windgeschwindigkeit
- CNR (carrier-to-noise-ratio)
  - Maß für die Güte des Signals
- Gondel-Lidar spezifisch:
  - Blade Blockage → einfach zu erkennen, da CNR-Werte sehr hoch sind

intern
© Fraunhofer

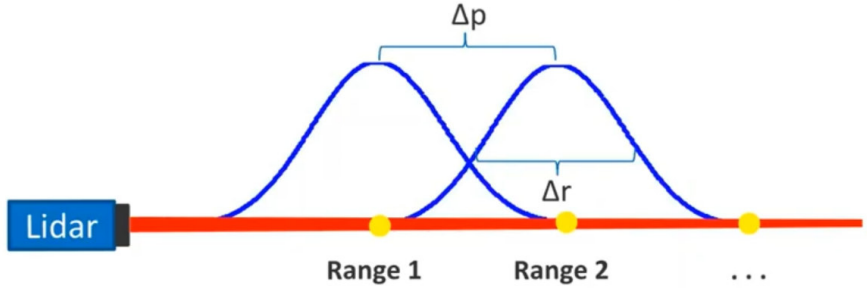
MESSPRINZIP
Continuous Wave vs. Pulsed Lidar

- Continuous Wave (CW) Lidar:
  - Fokussiert Laserstrahl in der Atmosphäre, um ein Volumen zu messen



© NREL; Simley, Scholbrock; Nacelle-Mounted LiDAR for Wind Energy Applications, 23.012020

- Pulsed Lidar:
  - ein kohärentes Lichtsignal, verwendet „time of flight“ zur Bestimmung, wo Messung gemacht wurde

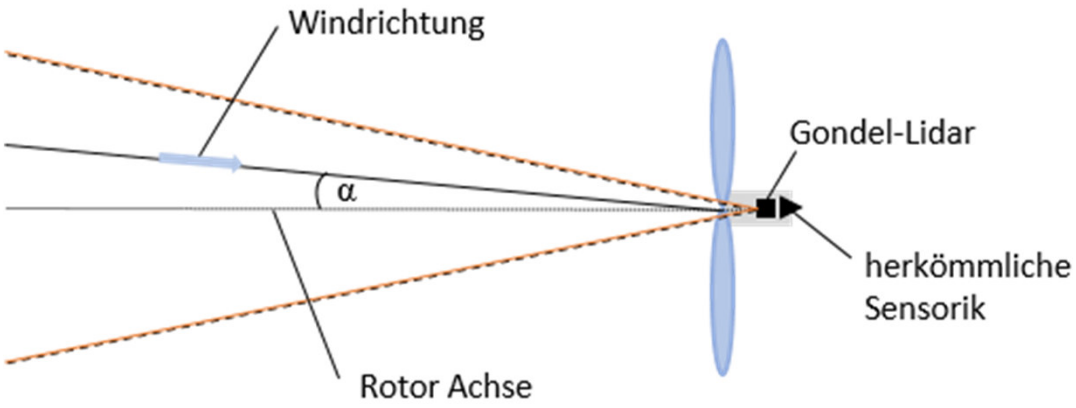


© NREL; Simley, Scholbrock; Nacelle-Mounted LiDAR for Wind Energy Applications, 23.012020

© Fraunhofer

ANWENDUNGEN
Ersatz für herkömmliche Verfahren

- Bestimmung Ausrichtungsfehler der WEA
  engl. Yaw Misalignment
- Vermessung der Leistungskennlinie
- Nacelle Transfer Function Verifizierung



© GWU-Umwelttechnik

© Fraunhofer

ANWENDUNGEN
Lidar-Assisted Control (LAC)

- Hochfrequente Daten zur Analyse des Windfeldes

  → Steuerung der WEA
- Ziel: verbesserte Performanz der WEA

- Windrichtungsnachführung – engl. Yaw Alignment Calibration
- Steuerung der Blatteinstellwinkel
- Wake Steering

  → Mean Fit Residual Roses

© ZX Lidar Product Guide

offen
© Fraunhofer

PROJEKT GOLIDAR
KMU-akut-Cluster

- Ziel: mit teilnehmenden KMU Gondel-Lidar für die Windenergienutzung an Land flächendeckend in die Anwendung zu bringen

- Partner:
  - Ammonit Measurement GmbH
  - eno energy systems GmbH
  - GWU-Umwelttechnik
  - ProfEC Ventus GmbH
  - RES Deutschland GmbH
  - Windkraft Thüringen GmbH & Co. KG
  - Windpark Söhrewald/Niestatal GmbH Co. KG
  - Windpark Stiftswald GmbH & Co. KG
  - Windpark Kreuzstein GmbH & Co. KG

© Fraunhofer

PROJEKT GOLIDAR
Projekt #1 Machbarkeitsstudie

- Studie Technologieüberblick
  - Stand der Technik, Modelle
  - Aufzeigen des Potenzials von Gondel-Lidar im WEA-Betrieb
  - Akzeptanz und Kosten

Inhalt

1 Einleitung und Motivation

2 Stand der Technik
2.1 Funktionsweise (Gondel-) Lidar
2.1.1 Doppler Effekt
2.1.2 Continuous Wave, Pulsed Lidar und das Messvolumen
2.1.3 Vektorfeldrekonstruktion
2.1.4 Scangeometrie und Scanmuster
2.2 Übersichtliche Tabellen der Hersteller
2.2.1 Leosphere – Windcube Nacelle PPO
2.2.2 Leosphere – Windcube Nacelle TC
2.2.3 ZX Lidars – TM
2.2.4 EPSILINE – WindEagle
2.2.5 Optic Sense – Whirlwind 1
2.2.6 Leice Lidar – WindHorizon H400
2.2.7 Sgrurr Energy – Galion G4000

3 Anwendungen von Gondel-Lidar
3.1 Herkömmliche Anwendungen
3.1.1 Vermessung der Leistungskurve
3.1.2 Nacelle Transfer Function Verifizierung
3.1.3 Standort Kalibrierung
3.1.4 Bestimmung des Ausrichtungsfehlers der Windturbine
3.2 Lidar-Assisted Control (LAC)
3.2.1 Windrichtungsnachführung
3.2.2 Steuerung der Blatteinstellwinkel
3.2.3 Wake Steering

4 Akzeptanz
4.1 Richtlinien und Normen
4.2 Kalibrierverfahren

5 Kosten / Aufwand und Nutzen

6 Zusammenfassung

7 Literaturverzeichnis

© Fraunhofer

Fraunhofer

PROJEKT GOLIDAR
Projekt #2 Machbarkeitsstudie

- Vergleichsstudie Gondel-Lidar Messprinzipien

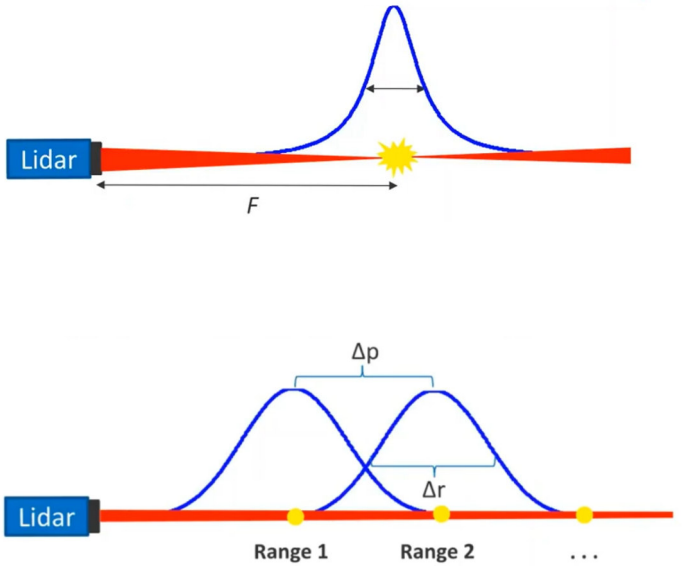
Motivation / Ziel	Da verschiedene Gondel-Lidar-Typen (mit zum Teil sehr unterschiedlichen Messprinzipien) auf dem Markt verfügbar sind, stellt sich die Frage, welches Messprinzip für welche Anwendung am besten geeignet ist.
Methode/ Vorgehen	Detailbetrachtung der Messprinzipien, Unsicherheitsquantifizierung und Anwendung für Leistungskurventest nach IEC 61400-50-3, Verwendung von Messdaten von Testfeld BHV (AD8-180)

© Fraunhofer

PROJEKT GOLIDAR
Projekt #2 Machbarkeitsstudie

- Vergleichsstudie Gondel-Lidar Messprinzipien

© Fraunhofer IWES

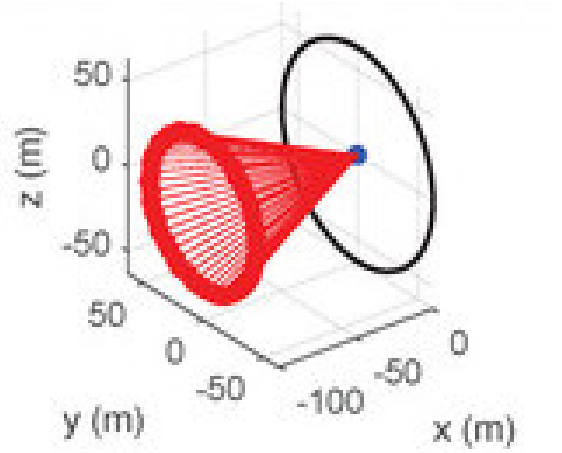


© NREL; Simley, Scholbrock; Nacelle-Mounted LiDAR for Wind Energy Applications, 23.012020

PROJEKT GOLIDAR

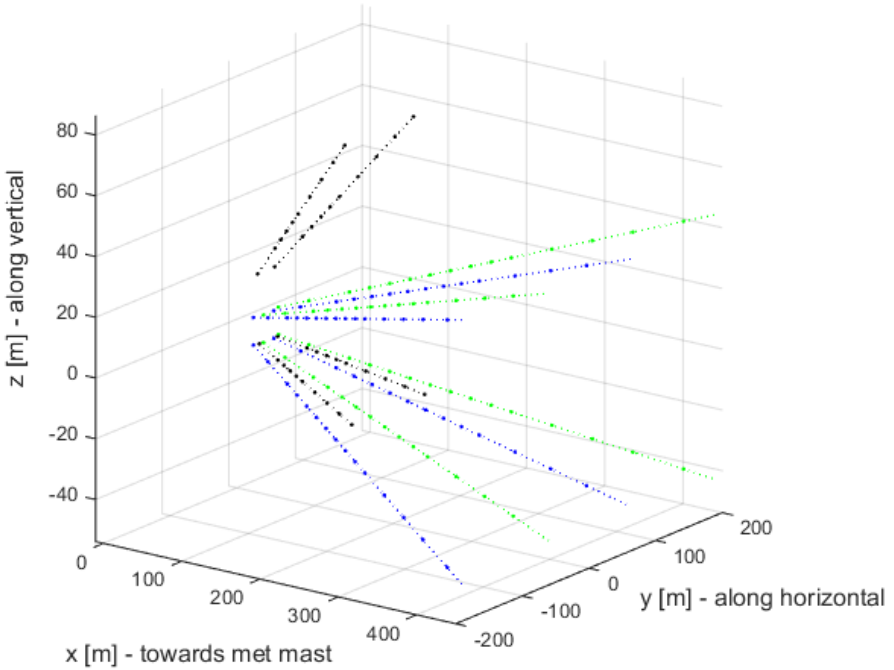
Projekt #2 Machbarkeitsstudie

- Vergleichsstudie Gondel-Lidar Messprinzipien



© Simley et al. 2018 Optimizing Lidars for Wind Turbine Control Applications—Results from the IEA Wind Task 32 Workshop

© Fraunhofer IWES



© Fraunhofer IWES

© Fraunhofer

PROJEKT GOLIDAR
Projekt #2 Machbarkeitsstudie

- Vergleichsstudie Gondel-Lidar Messprinzipien

Erwarteter Projekt-Output	- Methodik zum Vergleich der zwei Messprinzipien (continuous-wave versus pulsed) bestehend aus
	  - Analytisches Modell zur Vorhersage der Unsicherheiten
	  - Line-of-Sight Kalibrierung („white box“)
	  - Kalibrierung Windgeschwindigkeit („black box“ #1)
	  - Kalibrierung Windparameter („black box“ #2)
	  - Vollständige Unsicherheitsquantifizierung basierend auf Modell

© Fraunhofer

PROJEKT GOLIDAR
Projekt #3 Validierungsprojekt

- Gondel-Lidar auf WEA im komplexen Gelände

Motivation / Ziel	Mögliche Verwendung von Gondel-Lidar-Messungen zur Optimierung des WEA-Betriebs, Vgl. zu Gondelanemometer-Messungen, Fokus auf Anwendung im komplexen Gelände
Methode/ Vorgehen	Installation von Gondel-Lidar auf WEA, Analyse der Messdaten zusammen mit Betriebsdaten (SCADA) in enger Abstimmung mit Betreiber / Betriebsführer

offen
© Fraunhofer

PROJEKT GOLIDAR

Projekt #3 Validierungsprojekt

© Fraunhofer IWES

© Fraunhofer IWES

© Fraunhofer IWES

E-115 (3 MW)

© Fraunhofer

Fraunhofer

PROJEKT GOLIDAR

Projekt #3 Validierungsprojekt

© Fraunhofer IWES

© Fraunhofer IWES

© Fraunhofer

offen

PROJEKT GOLIDAR
Projekt #3 Validierungsprojekt

- Gondel-Lidar auf WEA im komplexen Gelände

Erwarteter Projekt-Output	- Dokumentation Installation (Best Practices) - Datenauswertung Vgl. Gondelanemometer - Evaluierung Gondel-Lidar-Messung, insbesondere Inflow-Charakterisierung durch Messungen in mehreren Abständen zu Anlage

offen
© Fraunhofer

PROJEKT GOLIDAR
Projekt #4 Validierungsprojekt

- Performance-Monitoring mit Gondel-Lidar

Motivation / Ziel	Validierung des Nutzens von Gondel-Lidar-Messungen zur Überwachung der Performance von WEA im laufenden Betrieb eines Windparks, Vgl. zu Gondelanemometer-Messungen und zu Profiling-Lidar am Windpark
Methode/ Vorgehen	Installation von Gondel-Lidar auf WEA, Analyse der Messdaten zusammen mit Betriebs- und Leistungsdaten (SCADA) in enger Abstimmung mit Betreiber / Betriebsführer. Vergleich der Messungen mit Profiling-Lidar-Daten und Ableitung von Leistungskennlinien zur Performance-Überwachung inkl. Abschätzung der Unsicherheiten

© Fraunhofer

PROJEKT GOLIDAR

Projekt #4 Validierungsprojekt

- Performance-Monitoring mit Gondel-Lidar

Windpark „Söhrewald“ der Stadtwerke Kassel

© Stadtwerke Kassel

© Fraunhofer

Fraunhofer

KOMPETENZZENTRUM GONDEL-LIDAR

- Fraunhofer-Programm KMU-akut für Vorlaufforschung
- Aufzeigen des Potenzials für Gondel-Lidar im WEA-Betrieb Onshore großes Potenzial
- rege Beteiligung an Clusterprojekten durch KMU
- noch keine Standardwindmesskampagnen (erfordert Koordination und Vorbereitung)
- Identifizierung und Entwicklung neuer Anwendungen und Dienstleistungen

offen
© Fraunhofer

GONDEL-LIDAR FÜR BESTANDSPARKS ZUR VERBESSERUNG DER WINDMESSUNG

Fraunhofer
IEE

Dipl.-Ing. Tabea Hildebrand

Wissenschaftliche Mitarbeiterin Standortbewertung Wind
Bereich Energiemeteorologie und Geoinformationssysteme

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und
Energiesystemtechnik IEE

Königstor 59 | 34119 Kassel
+49 (0) 561 / 7294 – 1747
tabea.hildebrand@iee.fraunhofer.de
www.iee.fraunhofer.de

offen
© Fraunhofer