

WindCube Nacelle



... Doppler Wind LiDAR

Dipl. Met. Ludwig Wagner
Bonner Ring 9
50374 Erftstadt
www.lidar-world.de
www.gwu-umwelttechnik.de



An aerial photograph of a wind farm. In the foreground, a Vaisala WindCube nacelle is mounted on a metal tripod structure. The nacelle is white with a large circular lens. The background shows several wind turbines in a field of green and brown crops under a clear blue sky.

WindCube Nacelle

System für zuverlässige und anerkannte
Windmessungen vor der WEA Anlage

GWU-Umweltechnik GmbH




VAISALA

Was erwartet Sie heute?


- Kurz-Porträt GWU-Umwelttechnik GmbH
- LiDAR – Messgerät zur atmosphärischen Fernerkundung
- Gondelbasierte LiDAR Systeme (On-Offshore)
- Einsatzmöglichkeiten
- Zusammenfassung

A photograph of the Aurora Borealis (Northern Lights) in shades of green and yellow, glowing over a dark landscape with a body of water in the foreground.

Fernerkundungssysteme
• Aerosol LiDAR • Wind LiDAR

A silhouette of a wind turbine against a vibrant sunset sky with orange and red hues.

Meteorologie & Wind Energie
• Sensoren • Systeme • Lösungen

A close-up photograph of water flowing from a metal tap, with the water splashing and creating droplets.

Analytik & Durchfluss
• Trinkwasser • Prozesswasser • Abwasser

MESSTECHNIK



WIND & WETTER

GWU-UMWELTTECHNIK GMBH

Porträt GWU-Umweltechnik GmbH

➤ GWU-Umweltechnik GmbH (seit 1986)

➤ Geschäftsführer

(Dipl.- Met. Ludwig Wagner, Dipl.- Ing. (FH) Michael Hein)

➤ Mitarbeiteranzahl : 21

3 Meteorologen
6 Techniker

6 Ingenieure
6 Administration & Büroangestellte

(Stand 2022)

➤ Werksvertretung von führenden Herstellern für Sensor- und Systemmesstechnik

➤ Spezialisierung auf Remote Sensing

➤ Qualifikation/Mitgliedschaften



MEASUREMENT TURBULENCE

METEOROLOGY

CLOUD

OFFSHORE

REMOTE-SENSING

LiDAR

CALIBRATION

WIND DIRECTION

FLUCTUATIONS

ENERGY

AIR

SCIENCE

INNOVATION

HEAT WAVES

IN-SITU

CLIMATE CHANGE

GLOBAL WARMING

ICING

GUIDELINES

THUNDERSTORM

AIR QUALITY MONITORING

YAW-MISALIGNMENT

WIND

ATMOSPHERE

WIND COMPONENTS

AEROSOL

RAIN

SOLAR

VERIFICATION

TEMPERATURE

POLLUTION

CLIMATE

AIR-PRESSURE

WEATHER

WINDPROFILE

SNOW

NACELLE LiDAR

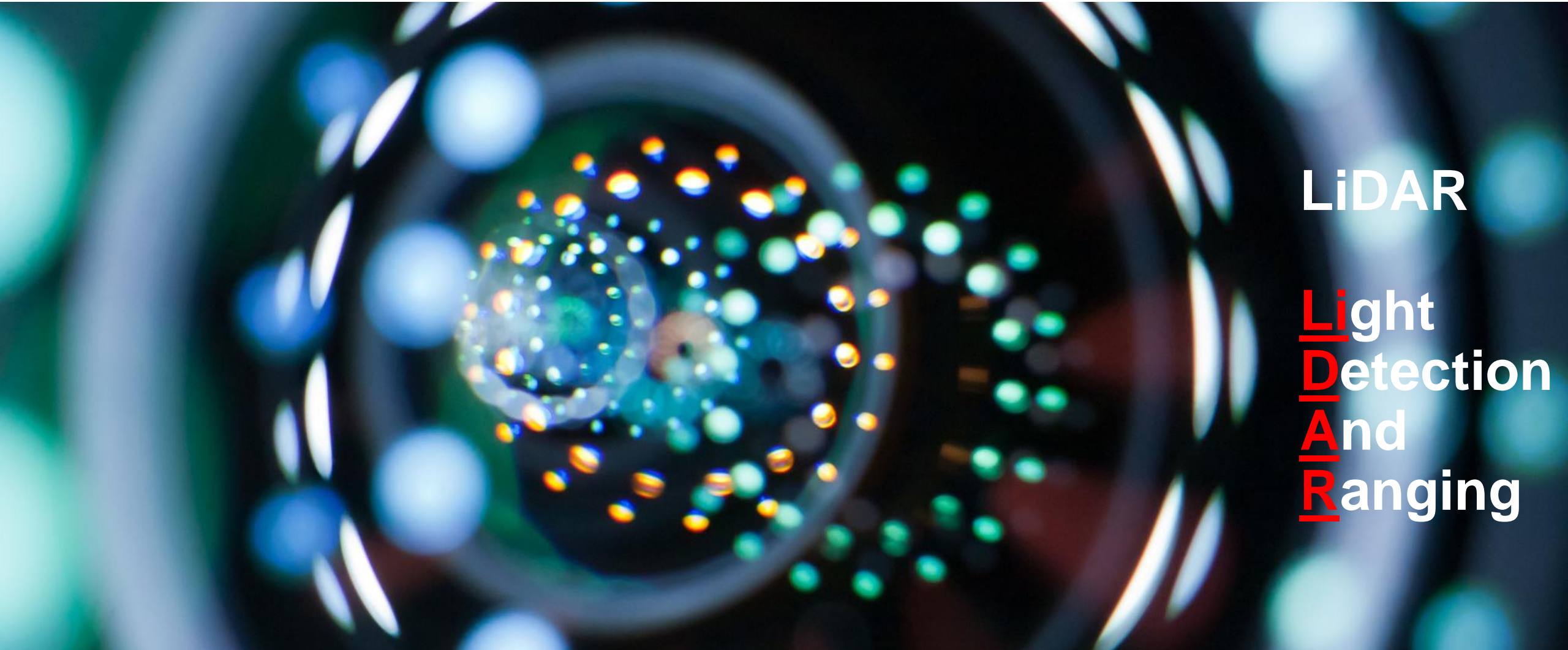
VISIBILITY

DOPPLER WIND LiDAR

POWER CURVE

WIND ENERGY

LiDAR– Messprinzip



LiDAR

Light
Detection
And
Ranging

LiDAR– Messprinzip

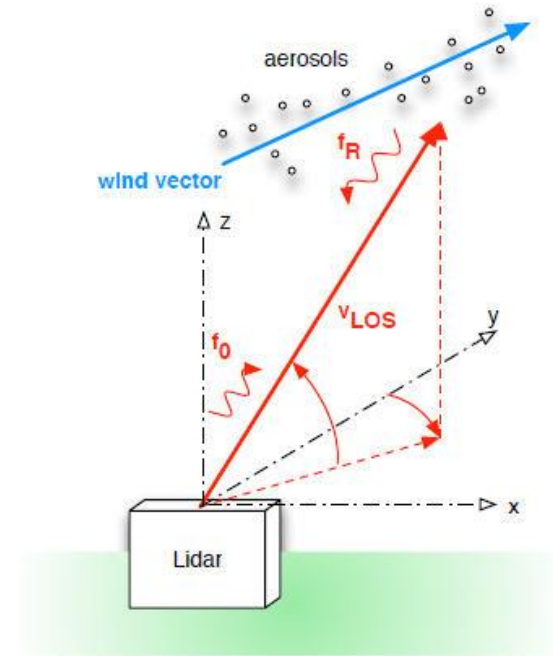
- **Aktives Fernmessgerät** zur Bestimmung der optischen und physikalischen Eigenschaften von Aerosolen und Wolken sowie atmosphärischen Zustandsgrößen wie Temp., Feuchte, Wind
- **Plattformen**
 - flugzeuggetragen
 - satellitengenommen
 - schwimmend
 - bodengebunden
 - **gondelbasiert**



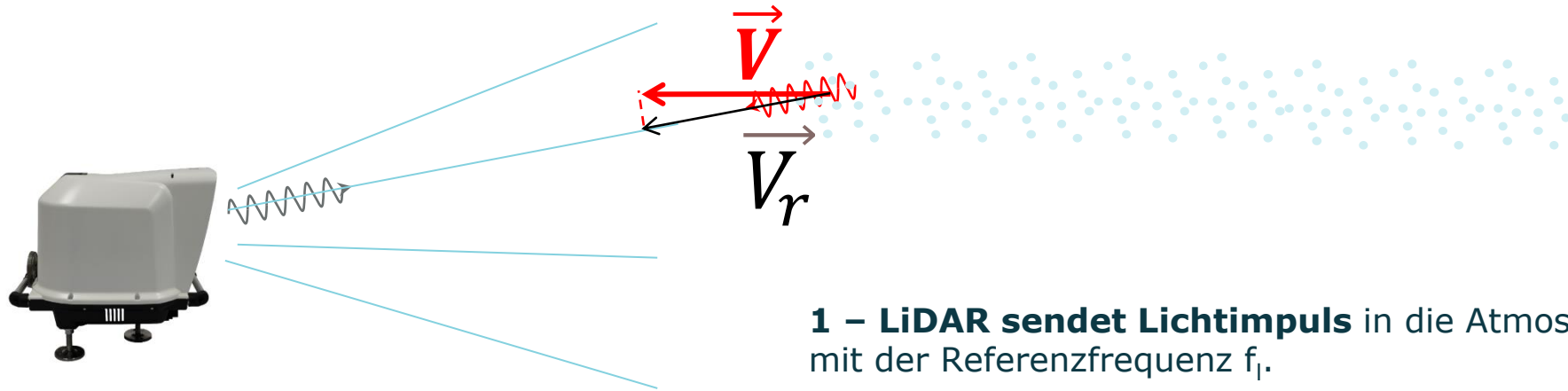
LiDAR– Messprinzip

Dauerstrichlaser (Continuous Wave) vs gepulste Laserquelle

- Zwei verschiedene LiDAR Varianten basierend auf:
 - Dauerstrichlaser
 - Gepulste Laserquelle
- **Hauptunterschied:** Bestimmung der Entfernungsinformation/Messpunkte (Fokussierung vs Zeitmessung)
- **Merke:** LiDAR = Volumenmessung
keine in situ Punktmessung
homogenes Windfeld



LiDAR– Messprinzip



1 – LiDAR sendet Lichtimpuls in die Atmosphäre mit der Referenzfrequenz f_i .

2 – Rückstreuung der Photonen an Aerosolen

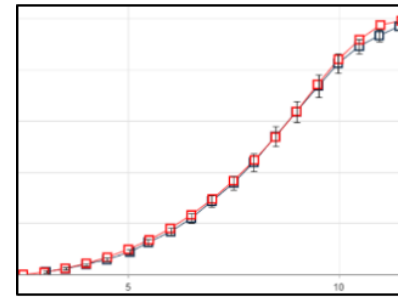
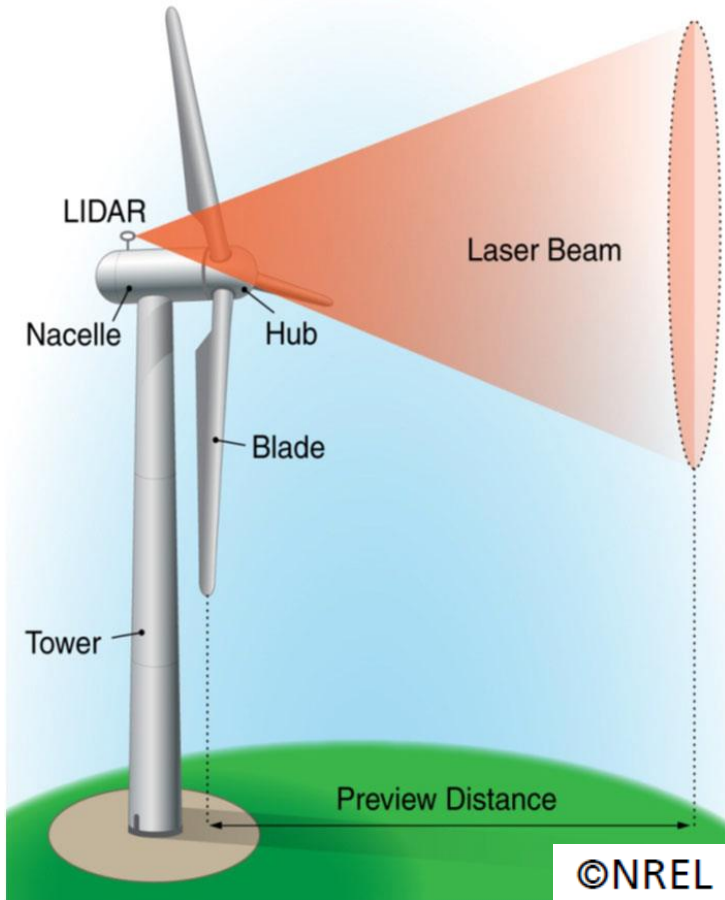
3 – Rückgestreutes Signal wird ausgewertet (Dopplerverschiebung f_d)

4 – Ergebnis : Radialgeschwindigkeit (LOS)
→ **Windgeschwindigkeit und –richtung in den Messhöhen**

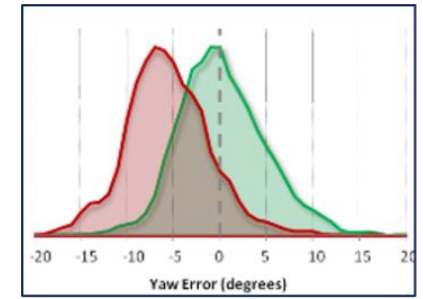
Voraussetzungen:

- Aerosole
- Aerosole bewegen sich entsprechend der Windgeschwindigkeit

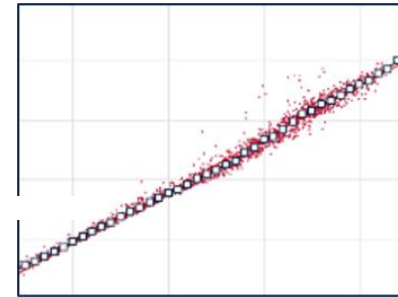
WindCube Nacelle Anwendungen



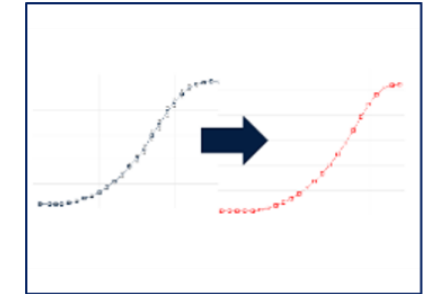
Leistungskurvenvermessung (PPT)



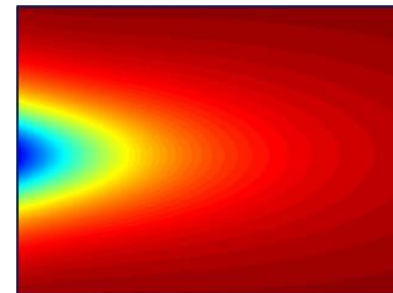
YAW-Fehlstellung der Turbine



Charakterisierung der Übertragungsfunktion (NTF)



Analyse von erfolgten Turbinen-Upgrades und -Reparaturen



Forschungsprojekte



Regellung der Turbine



Produktgeschichte von gondelbasierten LiDAR-Systemen

2011



Wind Iris 2-beam
1st dediziertes Produkt

2015



Wind Iris 4-beam
Erweiterung
3D Funktionalität

2020



WindCube Nacelle
Onshore und Offshore
Erfüllung Industrieanforderungen

Grundlage zur professionellen Durchführung von kommerziellen PPT's mit dem gondelbasierten LiDAR

2013: EUDP Projekt "Gondel-LiDAR zur Leistungsmessung"

DTU, Siemens, Orsted, Vaisala; Etablierung von **2-Strahl-Gondel-LiDAR** zur Kalibrierungs- und Leistungskurven-Messung

2017: Aktive Teilnahme am DTU UniTTe Projekt

Verfahrensentwicklung zur Leistungskurven-Vermessung für Windkraftanlagen unter Verwendung der neuen Generation von NML

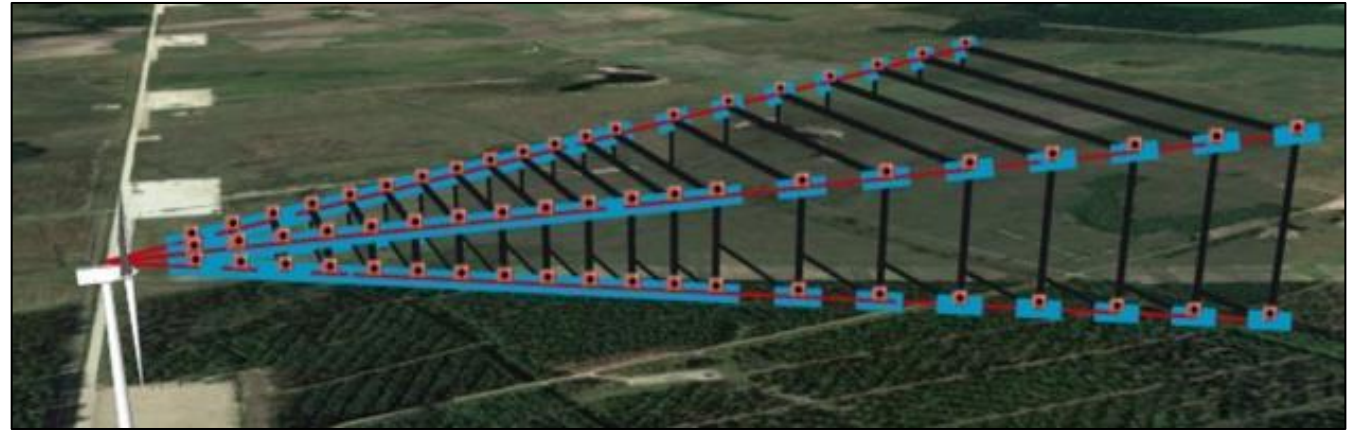
IEC 61400-50-3

Aktive Mitarbeit vom R&D Vaisala Team in der Arbeitsgruppe IEC 61400-50-3

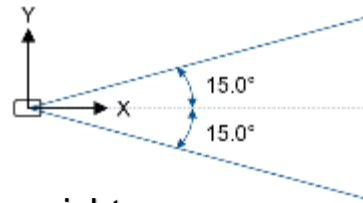
Umfassende Pilotprojekte mit Branchenführern

DNV, GE, Engie, UL, SGRE, und mehr

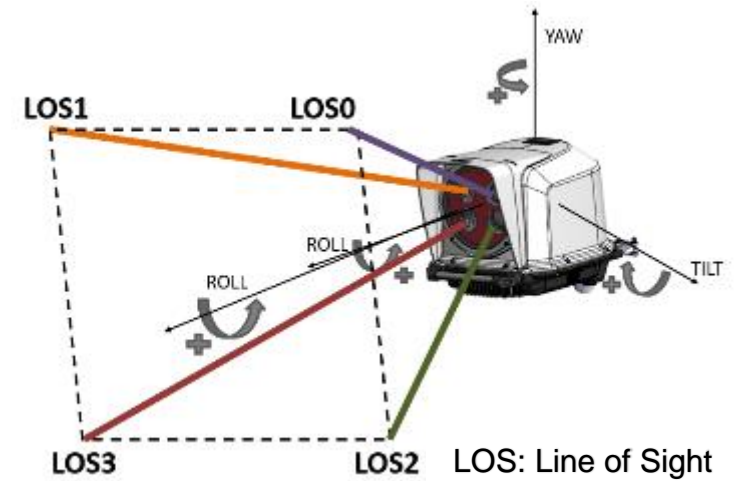
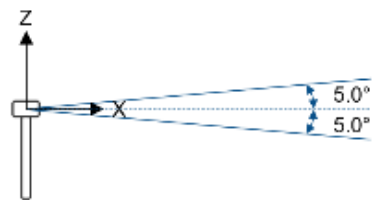
WindCube Nacelle



Draufsicht



Seitenansicht



LOS: Line of Sight

WindCube Nacelle Standard und Long Range Version



WindCube Nacelle

50 m bis 450 m Reichweite, 10 Messvolumen

Angepasst an die Messanforderungen von
Onshore Windkraftanlagen



WindCube Nacelle Long-Range

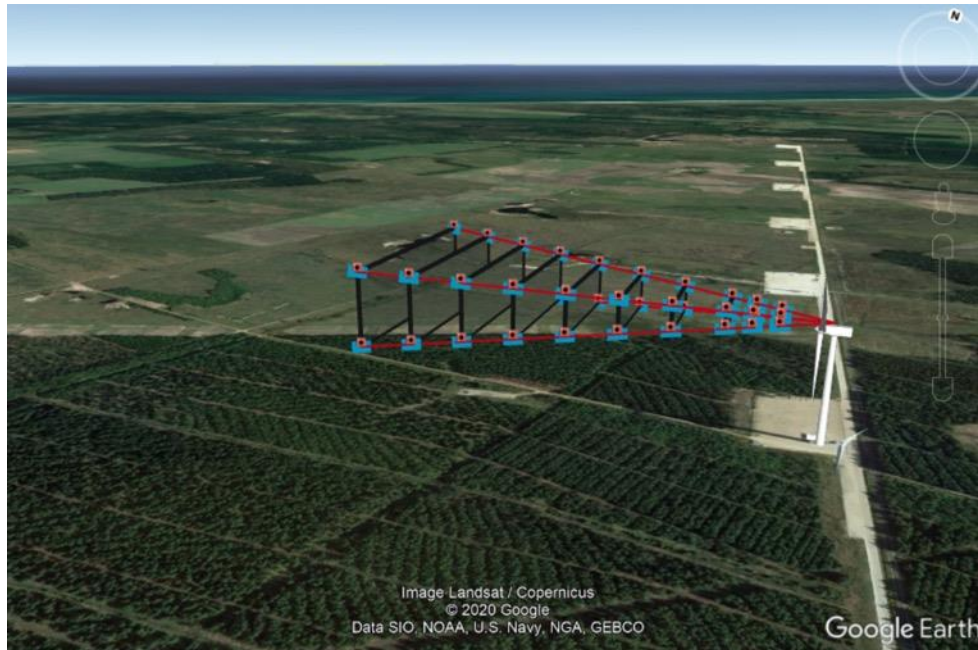
50 m bis 700 m Reichweite, 20 Messvolumen

Angepasst an die Messanforderungen von
Offshore-Windkraftanlagen

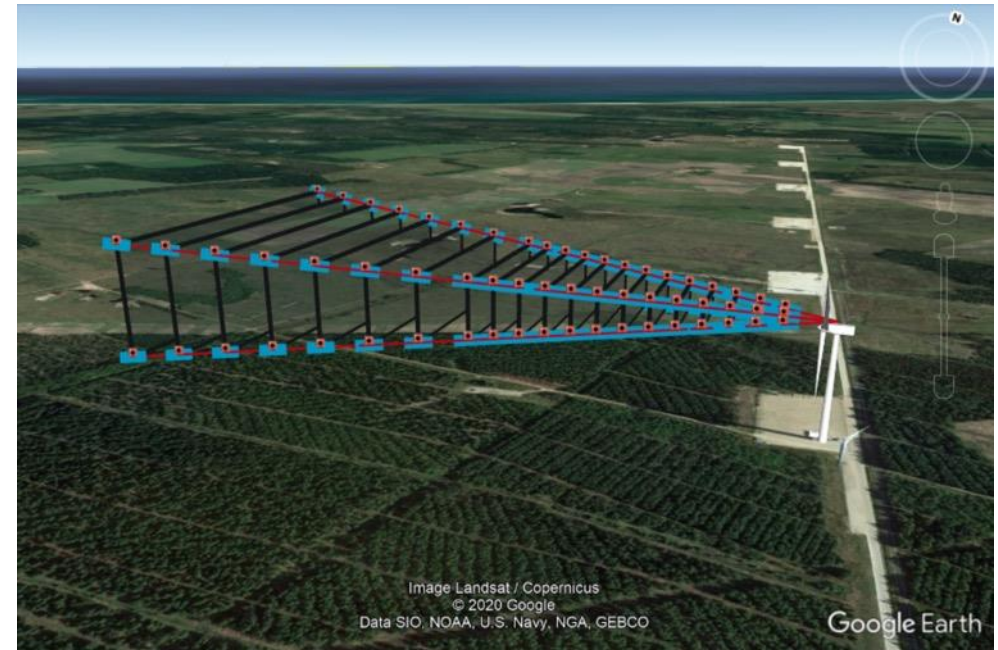
WindCube Nacelle – Anwendungen

Messaufgaben werden durch den Markt neu definiert!

höher # weiter # komplexer # schneller



Source: www.leosphere.com



WindCube Nacelle – Anwendungen



260m Tip Höhe
150m Nabenhöhe
90m Flügellänge

Source: www.ge.com/renewableenergy



238m Tip Höhe
164m Nabenhöhe
163m Rotordurchmesser

Source: [www.https://www.nordex-online.com](https://www.nordex-online.com)

Marktanforderungen

- 1** PPT @ 2.5 D Entfernung und mehr werden/sind jetzt gefordert
- 2** Messung Winddaten über die gesamte Rotorspanne ist erforderlich (REWS)
- 3** Plausibilisierung/Visualisierung der Winddaten (z. B. Windgeschwindigkeit, Scherung, Veer, TI, relative Windrichtung)

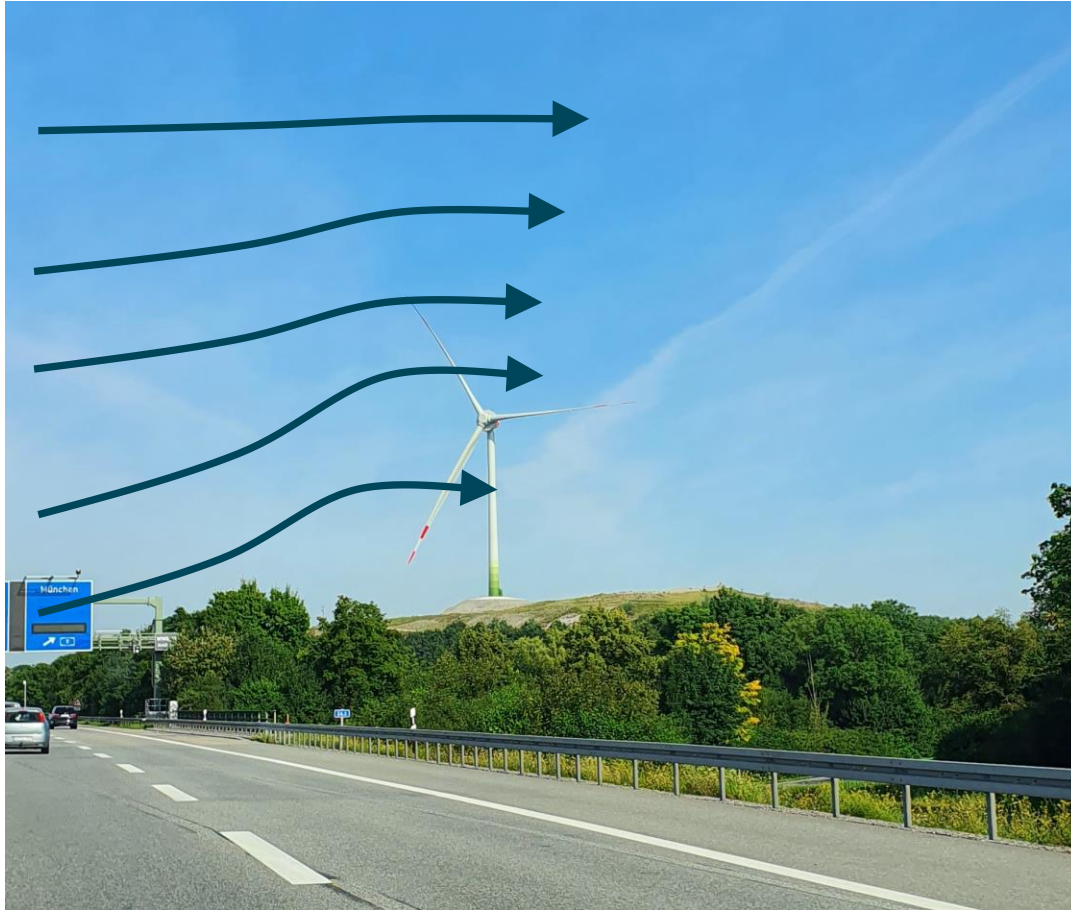
Systemanforderungen

Erweiterter Messbereich bis 700 m

Mehr Messfenster 20 Stück, 4 LOS, 12000 Messwerte je 10 min

New Software YAW, PPT, NTF, ...

WindCube Nacelle – Anwendungen



Windenergieanlagen vom Typ
ENERCON E-138 EP3 (3.5 MW)

Rotordurchmesser von 138 m
Turmhöhe von 80 m
Flügelänge 69 m

WindCube Nacelle

Bereits ein gängiges Instrument?

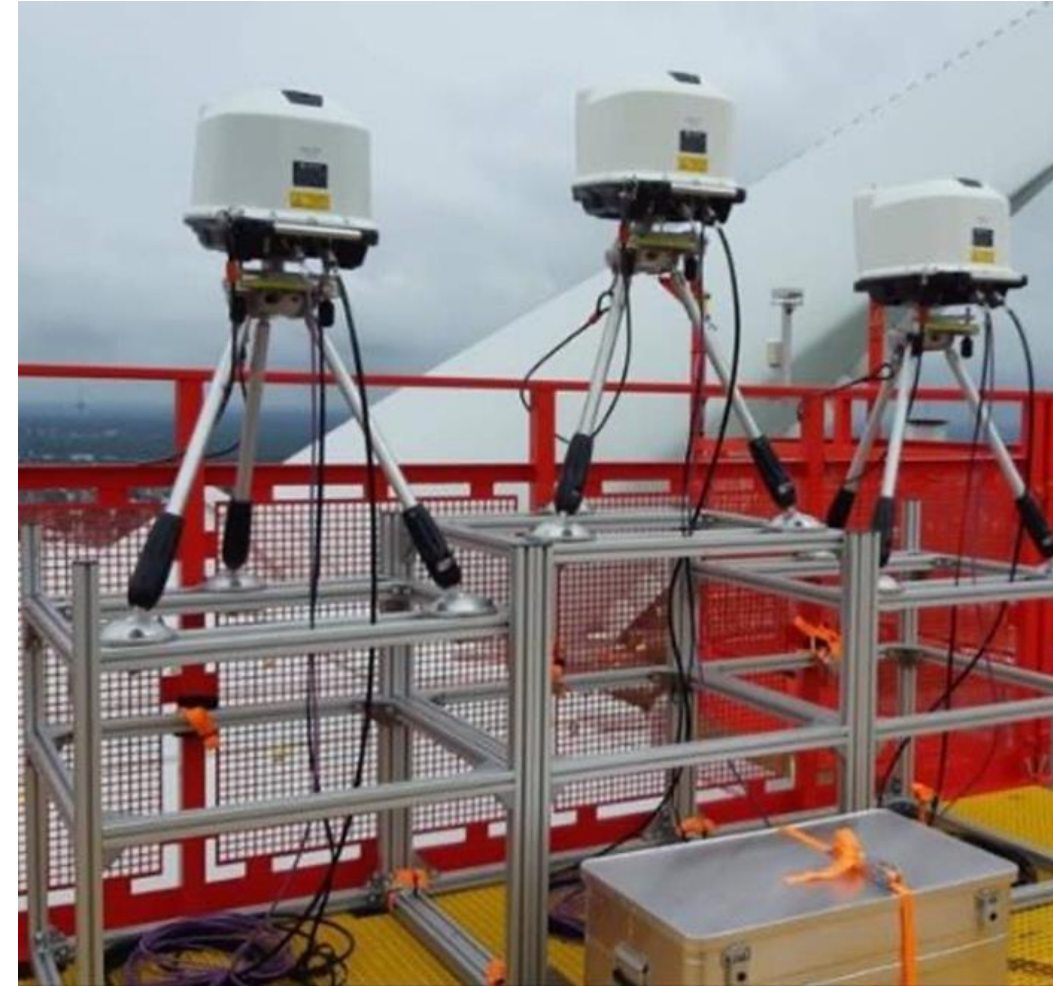
Offshore

- Die meisten Offshore-Entwickler und OEMs nehmen heute gondelbasierte LiDAR in ihre Turbinenlieferverträge (TSAs) auf. Akzeptanz ist gegeben!

Onshore

- Komfortabler und einfacher Aufbau im Vergleich zu IEC konformen Messmasten
- Geringere Kosten:
PPT mit LiDAR vs. PPT mit Messmast
- Die Praxis entwickelt sich Dank der neuen IEC-Norm

Unabhängige Experten unterstützen eine erfolgreiche Integration von Gondel-LiDAR's in Messprojekte



Offshore Messungen von SGRE

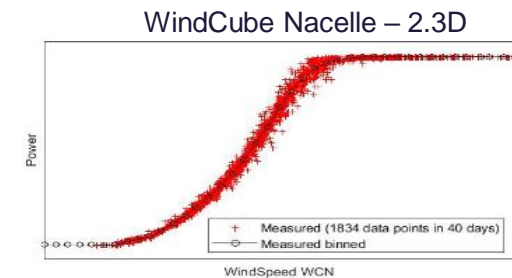
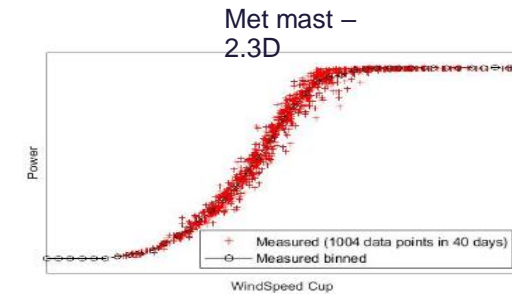
Vergleich der Leistungskurve mit IEC-Messmast und WindCube Nacelle Long Range

Die wichtigsten Vorteile von WCN:

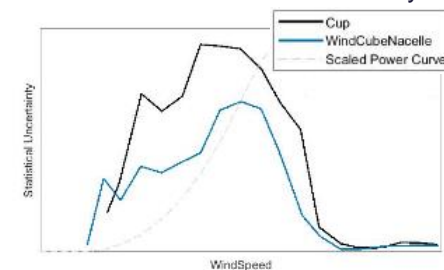
- Betrachtung größerer Messsektor
- Höhere Anzahl von Datenpunkten für denselben Zeitraum, ohne Verlust der Korrelation
- Schnellere Erstellung/Überprüfung der Leistungskurve
- Konstante Ausrichtung auf den Wind, was eine geringere statistische Unsicherheit ermöglicht
- Schnelle, einfache Einsatzmöglichkeiten
- Kostensenkung für Kampagnen und Messausrüstung
- Kann an verschiedene Rotorgrößen angepasst werden

"Das WCN Long Range wurde von SGRE für Leistungskurvenmessungen an aktuellen und zukünftigen Windenergieanlagen für Offshore und Onshore Windkraftanlagen in einfachem Gelände validiert und wird akzeptiert".

"Das WCN Long Range ist in den Garantieverträgen zwischen SGRE und seinen Kunden als zulässiges Messgerät spezifiziert".



Statistical uncertainty



WindCube Nacelle – Allgemeine Spezifikationen



WindCube Nacelle

- **Gepulste LiDAR-Technologie**
- Flexibler Messbereich, angepasst an Onshore und Offshore Anwendungen (Versionen 50 m – 450 m und 50 m – 700 m)
- Gleichzeitige Messung in mehreren benutzerdefinierten Messentfernungen (20 Stk. a 30 m)
- 4 Strahlen (LOS)
versetzte Öffnungswinkel $\pm 15^\circ$ und $\pm 5^\circ$
- Erstes Gondel-LiDAR, das nach der Norm IEC 61400-50-3 klassifiziert ist
- 1 Hz beam swap frequency
- **WindCube Insights** - Datenanalysesoftware für erweiterte Berichterstellung



WindCube Nacelle

Ermöglicht PPT in 2.5 D für alle bestehenden und zukünftigen Windkraftanlagen

Hohe Genauigkeit und geringe Unsicherheit im Vergleich zum IEC-Messmasten

Datenausgabe:

- Windgeschwindigkeit und –richtung auf Nabenhöhe
- Windscherung (shear)
- Winddrehung (veer)
- Turbulenzintensität (TI)
- Rotor Equivalent Wind Speed (REWS)
- Optional: Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Regen und Hagel (mit optionalem PTH-Sensor)



WindCube Nacelle

Erfahrungswerte aus über 500 Feldeinsätzen + vollständige Labortests

- Nachgewiesene Zuverlässigkeit
- 3 Jahre Standard Garantie
- Hohe betriebliche Kontinuität

Einfache Installation des optischen Kopfes und der Rechereinheit

- Geringe Größe und Gewicht erleichtern die Montage auf jeder Windkraftanlage
- Ggfls. kleines Engineering und technische Unterstützung ist für die turbinenspezifische Integration notwendig

3-jähriger Wartungszyklus

- Niedrige OPEX (35% OPEX-Reduktion im Vergleich zur Vorgängerversion)



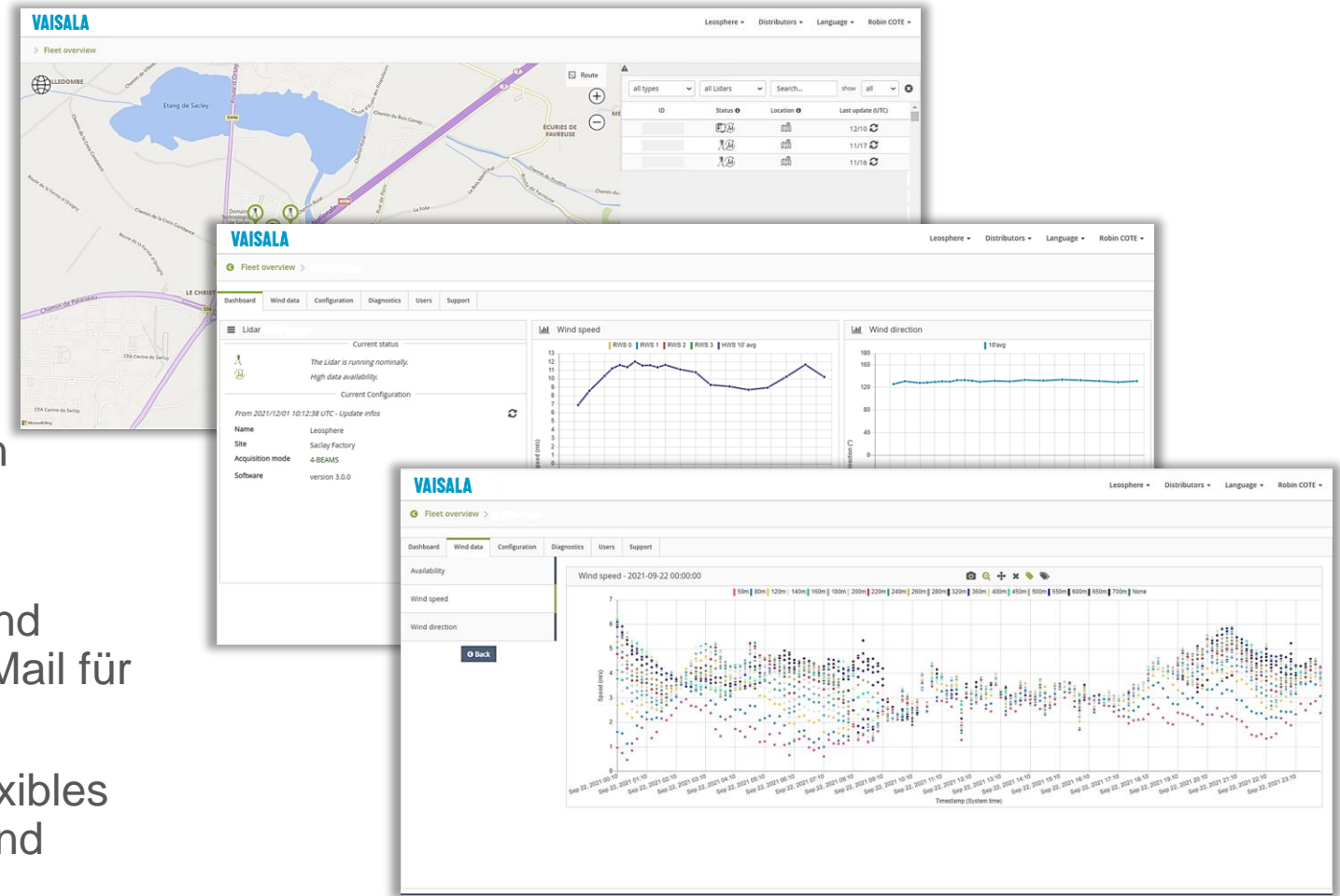
Software WindCube Insights — Flottenmanagement



Software WindCube Insights — Flottenmanagement

Einfacher Datenzugriff und Projektmanagement

- Sichere, cloudbasierte Plattform
- Verwalten Sie ein System oder eine Flotte von WindCube Nacelle / WindCube vertical profiler
- Benutzerfreundliche Dashboards auf allen Geräten für schnelle Überwachung und effektives Management
- Benutzerdefinierte Echtzeit Warnungen und automatische Benachrichtigungen per E-Mail für schnelle Diagnosen
- Mehrstufige Benutzerzugriffsrechte für flexibles und nachvollziehbares System-, Daten- und Kampagnenmanagement



Software WindCube Insights — Analytics Apps

Software zur Datenanalyse

- Einfach zu bedienende, cloudbasierte Software
- Kombiniert WindCube Nacelle und Turbinendaten
- Einfache Zeitsynchronisation der Datensätze
- Ermöglicht PPT-Berechnung auf aktueller IEC-Norm 61400-50-3 und bewährten Verfahren, Anzeige, Datenfilterung, Berechnung von Unsicherheiten
- Sektoranalyse
- YAW OFFSET
- NTF – Nacelle Transferfunktion

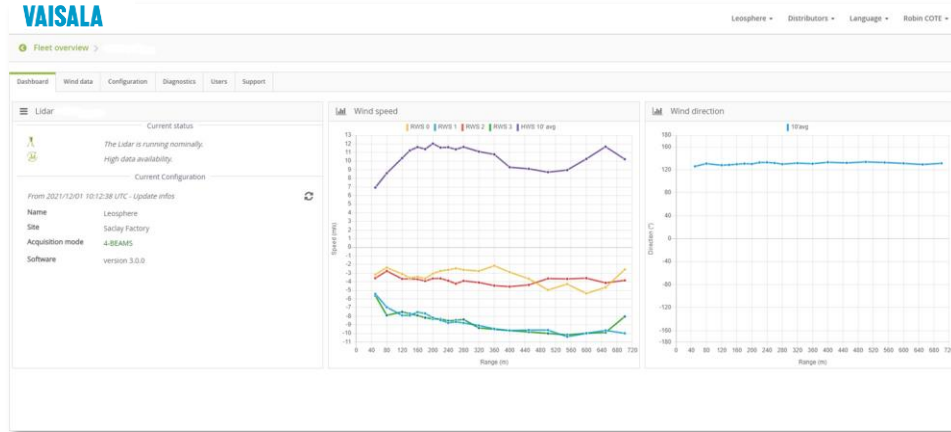


Software WindCube Insights — Analytics Apps

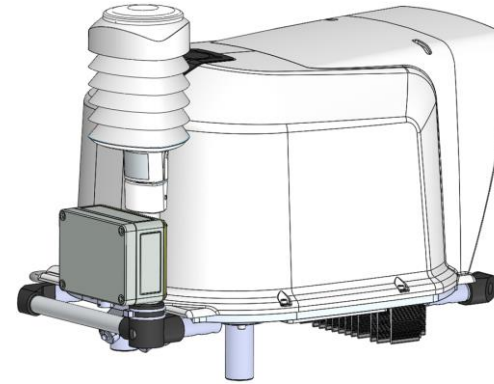


WindCube Nacelle Überblick

WCN in WindCube Insights — Fleet Management



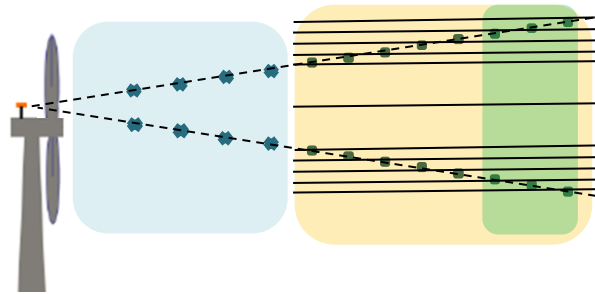
PTH Option



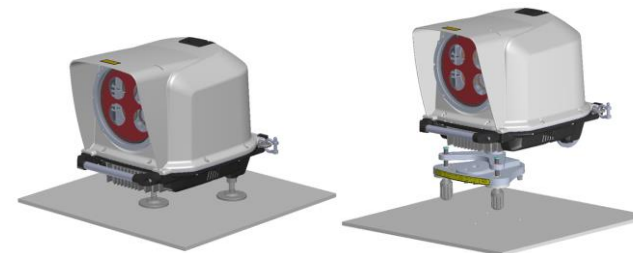
IEC 61400-50-3
Klassifizierung



Rotor-äquivalenten Windgeschwindigkeiten (REWS)



Neue
Befestigungsoption



Neue
Kabeldurchführung



Zusammenfassung



Große Akzeptanz

Regelmäßig als Windinstrument für vertragliche PPT in TSAs bestimmt



Universelle Messmöglichkeiten

Einzigartiges Gondel-Lidar, das PPT für jede Windturbinengröße und jeden Windturbinentyp ermöglicht (Onshore und Offshore-Anlagen)



Einzigartige Windmessmöglichkeiten

Von 50 bis 450 m /700 m, 10/ 20 Entfernungen gleichzeitig pro Sekunde, 4 Strahlen liefern 12.000 nützliche Winddaten pro 10 min Mittelwert



Perfekt ergänzt durch WCN Insights & Analytics Software

Ermöglicht schnelle & einfache Konfiguration, IEC-konforme, vollständige und transparente Berechnung von Leistungskurven



Robust und bedienungsfreundlich

3 Jahre Garantie- und Servicezeit, einfachste Installation, automatische Systemdiagnose

GWU-Umwelttechnik GmbH



Windindustrie
in Deutschland
Eine Marke des BWE

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

FirmenWebinar:
WindCube Nacelle - Gondelbasiertes LiDAR-System
Erfüllt die Realität die Erwartungen in der Windenergiebranche?

DELL

