

GWU-Umwelttechnik GmbH

Name : Dipl.- Met. Ludwig Wagner

LiDAR - Allrounder zur Messung von
Wind, Windprofil und
Turbulenzintensität?

GWU-Umwelttechnik



Ludwig Wagner 2019-11-06 Spreewindtage



Gliederung

- Porträt GWU-Umwelttechnik GmbH
- LiDAR – Messgerät zur atmosphärischen Fernerkundung
- Gondelbasierte LiDAR Systeme
- Bodengebundene LiDAR Systeme
- Operationeller Einsatz
- Zusammenfassung



MESSTECHNIK



GWU-UMWELTTECHNIK GMBH




WIND & WETTER

GWU-UMWELTTECHNIK GMBH

POWER CURVE

DOPPLER WIND LIDAR

WIND ENERGY

OFFSHORE

REMOTE-SENSING

LIDAR

CALIBRATION

WIND DIRECTION

FLUCTUATIONS

SCIENCE

INNOVATION

HEAT WAVES

IN-SITU

CLIMATE CHANGE

GLOBAL WARMING

WINDPROFILE

SNOW

NACELLE LIDAR

VISIBILITY

WIND COMPONENTS

SOLAR

RAIN

POLLUTION

CLIMATE

TEMPERATURE

AIR-PRESSURE

WEATHER

GWU-UMWELTTECHNIK GMBH

MEASUREMENT

TURBULENCE

METEOROLOGY

LIGHTNING

CLOUD

ENERGY

AIR

SCIENCE

INNOVATION

HEAT WAVES

IN-SITU

CLIMATE CHANGE

GLOBAL WARMING

AIR QUALITY MONITORING

YAW-MISALIGNMENT

WIND

ATMOSPHERE

WIND COMPONENTS

AEROSOL

VERIFICATION

TEMPERATURE

POLLUTION

CLIMATE

2

Porträt GWU-Umwelttechnik GmbH

➤ GWU-Umwelttechnik GmbH (seit 1986)

- Geschäftsführer
(Dipl.- Met. Ludwig Wagner, Dipl.- Ing. (FH) Michael Hein)
- Mitarbeiteranzahl : 17 (Stand 2019)
 - 4 Meteorologen 5 Ingenieure
 - 4 Techniker 4 Administration & Büroangestellte
- Werksvertretung von führenden Herstellern für Sensor- und Systemmesstechnik
- **Spezialisierung auf Remote Sensing**
- Qualifikation/Mitgliedschaften



Porträt GWU-Umwelttechnik GmbH

Philosophie und Werte:

Als modernes und zukunftsorientiertes Unternehmen sieht die GWU es als wichtigste Aufgabe, seine Kunden hochwertige innovative Technologien zu liefern und sie damit in die Lage zu versetzen unsere Umwelt zu verbessern.

Der Stellenwert der Kundenorientierung wurde in der jüngsten Revision der ISO 9001 noch deutlicher hervorgehoben. Zudem rückten für den Unternehmenserfolg der letzten Jahre entscheidende Aspekte wie langfristige Planung, Risikomanagement und Lieferantenqualität in den Vordergrund.

Unsere umweltbewussten, geschulten und kompetenten Experten mit langjähriger Erfahrung beraten Sie gerne bei der Planung, Durchführung und Inbetriebnahme von Messgeräten bzw. Messsystemen aus unserem Lieferprogramm.



LiDAR → Light Detection And Ranging



LiDAR → Light Detection And Ranging

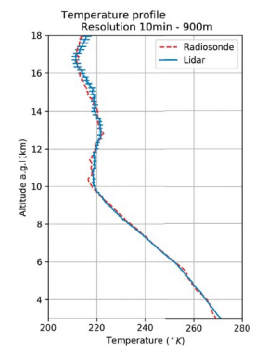
- **Aktives Fernmessgerät** zur Bestimmung der optischen und physikalischen Eigenschaften von Aerosolen und Wolken sowie atmosphärischen Zustandsgröße wie Temp., Feuchte, Wind

- **Plattformen**
 - flugzeuggetragen
 - satellitengetragen
 - gondelbasiert
 - schwimmend
 - bodengebunden

METEOROLOGICAL MEASUREMENTS

Atmospheric LiDARs
Sensors and Systems

...from Science to Industry.
Advanced Aerosol LiDARs!



LiDAR → Light Detection And Ranging

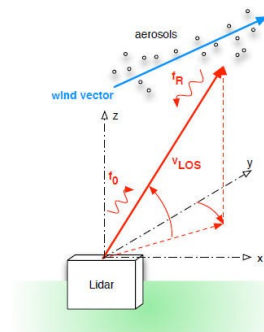
- > **Aktives Fernmessgerät** zur Bestimmung der optischen und physikalischen Eigenschaften von Aerosolen und Wolken sowie atmosphärischen Zustandsgrößen wie Temp., Feuchte, Wind
- > **Plattformen**
 - flugzeuggetragen
 - satellitengetragen
 - gondelbasiert
 - schwimmend
 - bodengebunden
- > Fokus auf **Doppler Wind LiDAR** → Wellenlänge $\lambda = 1,54 \mu\text{m}$



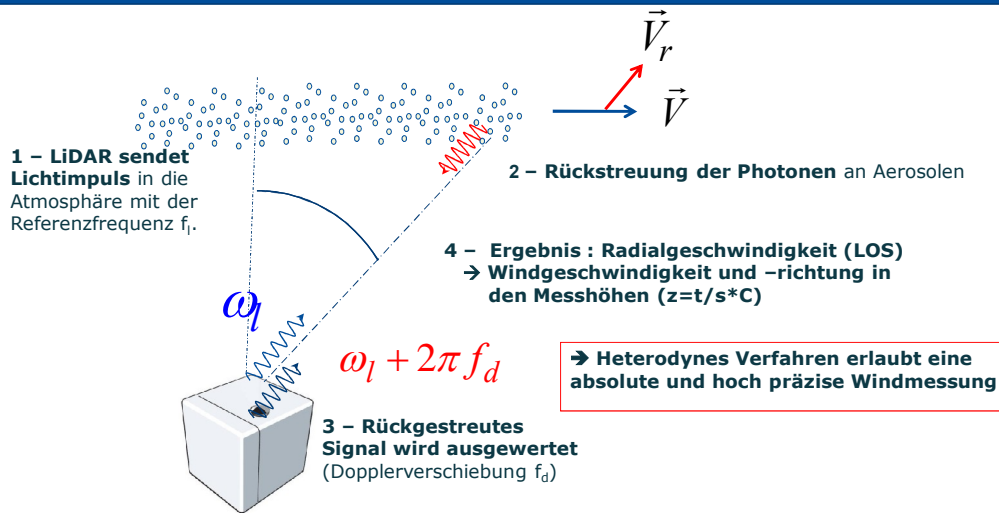
LiDAR → Light Detection And Ranging

Dauerstrichlaser (Continuous Wave) vs gepulste Laserquelle

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



LiDAR → Light Detection And Ranging



LiDAR → Light Detection And Ranging

	Dauerstrich (CW) LiDAR	Gepulstes System
Bestimmung der Entfernung	Fokussierung	Laufzeit des Signal $Z = t/2 * c$
Messvolumen / räumliche Auflösung	Variabel über Messbereich Abhängig von Detektorfläche, Wellenlänge und Abstand proportional R^2	Konstant bis Ende Messbereich, jedoch abhängig von Pulslänge und Abtastrate (typisch 100 bis 800 ns bzw. 20 bis 150 m)
Messvolumen / zeitliche Auflösung	50 Hz	0,1 bis 15 Hz
Trennung zwischen den Messvolumen	Sensitivität auf entfernte Ziele, wie z.B. Wolken	Sehr gut -> Konstantes Messvolumen
Messvolumen / Messung	1	> 300
Min Messbereich	10 m	40 – 400 m
Max Messbereich	$Z_{max} \sim 200m$ für 75mm Empfangsoptik; Limitierter Messbereich	250m → 14km Abhängig vom Laser - Leistung/Energie

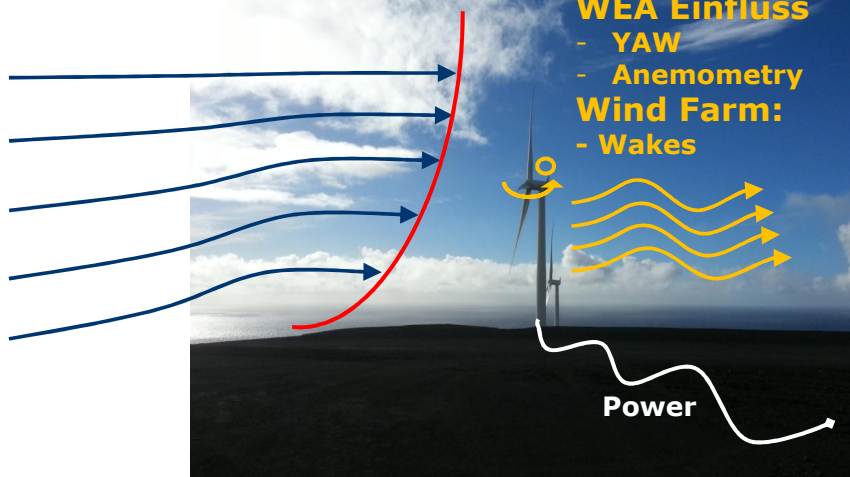
Gondelbasierte LiDAR Systeme



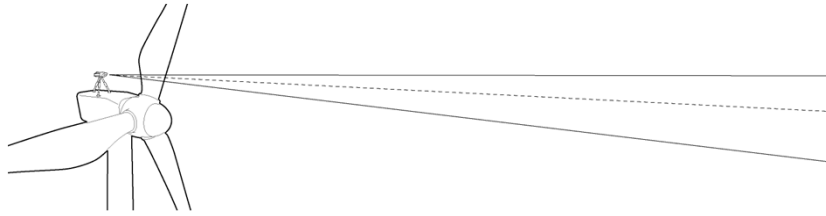
Gondelbasierte LiDAR Systeme

Wind:

- Speed
- Direction
- Turbulence
- Shear
- etc.



Gondelbasierte LiDAR Systeme



➤ YAW Misalignment

Fehlausrichtungen von WEA's führen z.T. zu erheblichen Leistungsverlusten (p.a.)

➤ Leistungskennlinienvermessung

Messung erfolgt in Nabenhöhe
(IEC 61400-50-3 in Arbeit)

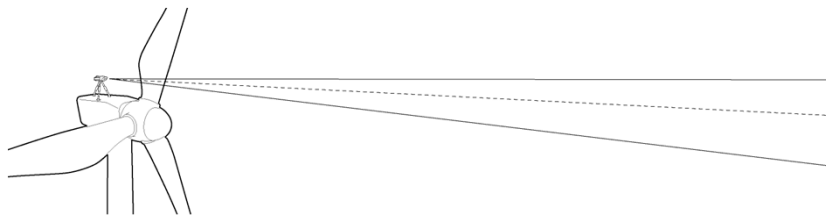
➤ NTF (Nacelle Transfer Function)

Transferfunktion zwischen ungestörter Anströmung und Gondelanemometer; Transferfunktion für verschiedene Terrainklassen

➤ Windparkoptimierung

Untersuchung der Vor- und Nachlaufströmung Lasten auf WEA's

Gondelbasierte LiDAR Systeme



➤ 360° Sektor Management

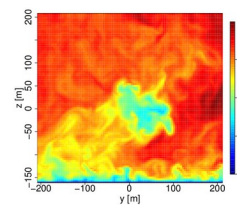
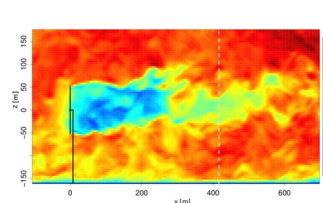
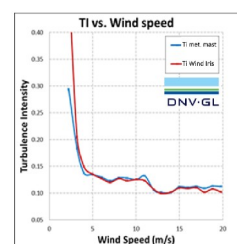
Starke Korrelation mit AEP
Turbulenz- und Nachlaufuntersuchung

➤ Aerodynamik & WEA Design

Untersuchung der Vor- und Nachlaufströmung

➤ Validierung von numerischen Strömungsmodellen

➤ Regelung von WEA's => TC

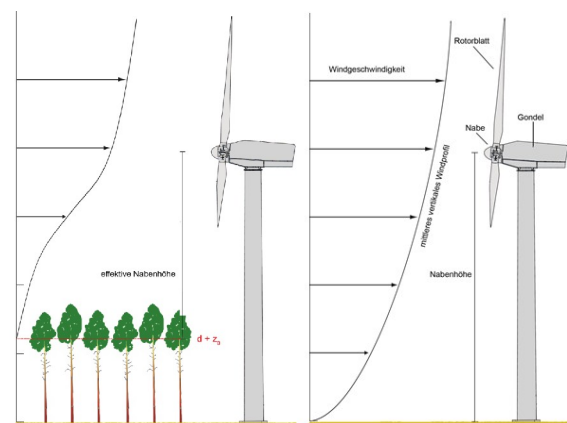


Bodengebundene LiDAR Systeme



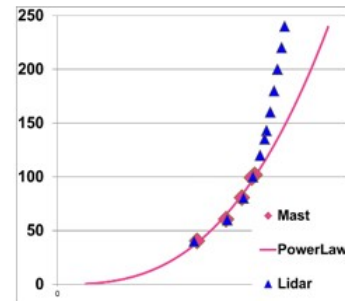
Bodengebundene LiDAR Systeme

- **Windprofil und Shear** deren Kenntnis enorm wichtig ist für Planung und Optimierung von Windparks (Nabenhöhen, Scherung über die Rotorfläche....)
- **Windverhältnisse** über komplexem Gelände mit variierender Landnutzung und Orographie sind nicht einfach analytisch beschreibbar. Die Windprofile entsprechen oft **nicht** der Theorie!
- **LiDAR** bietet die Möglichkeit das Windprofil auch oberhalb eines Messmastes, sowie zusätzlichen Modifikationen des Profils im komplexen Terrain zu bestimmen.



Bodengebundene LiDAR Systeme

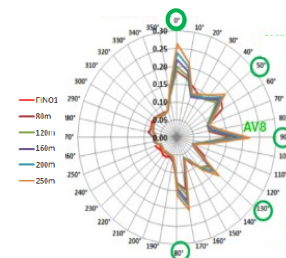
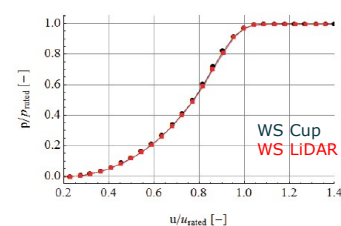
- **Windprofil und Shear** deren Kenntnis enorm wichtig ist für Planung und Optimierung von Windparks (Nabenhöhen, Scherung über die Rotorfläche....)
- **Windverhältnisse** über komplexem Gelände mit variierender Landnutzung und Orographie sind nicht einfach analytisch beschreibbar. Die Windprofile entsprechen oft **nicht** der Theorie!
- **LiDAR** bietet die Möglichkeit das Windprofil auch oberhalb eines Messmastes, sowie zusätzlichen Modifikationen des Profils im komplexen und bewaldeten Gelände zu bestimmen.



- Im komplexen und bewaldeten Gelände wird die Zunahme mit der Höhe durch theoretische Profilkfunktionen oft **überschätzt**.

Bodengebundene LiDAR Systeme

- **Offshore/Onshore Ressource und Site Assessment**
- **Reduzierung der Unsicherheiten**
- **Mobile und stationäre Systeme**
- **Leistungskennlinienvermessung**
Stichwort IEC 61400-12-1
- **Windparkoptimierung**
Wind Sektor Management
- **Wind Monitoring**
während WEA Installationen





Operationeller Einsatz

Operationeller Einsatz

➤ Vertikales Windprofil

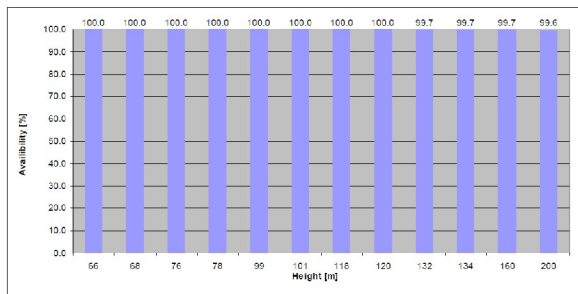
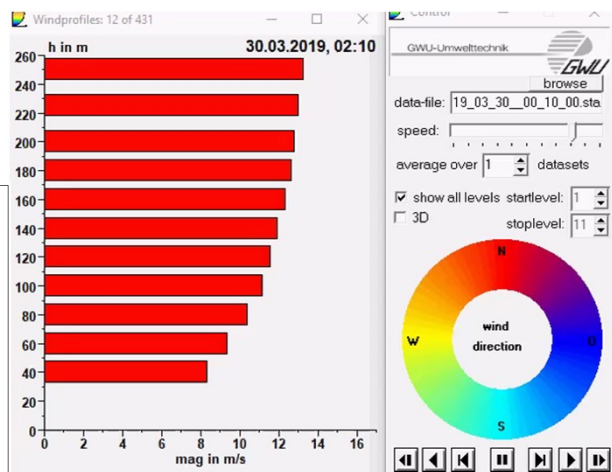


Chart 1: RSD data availability for each configured measurement height (10 min data)



Operationeller Einsatz

➤ Proofs

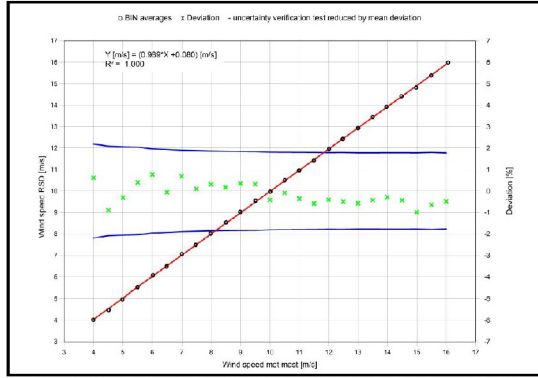
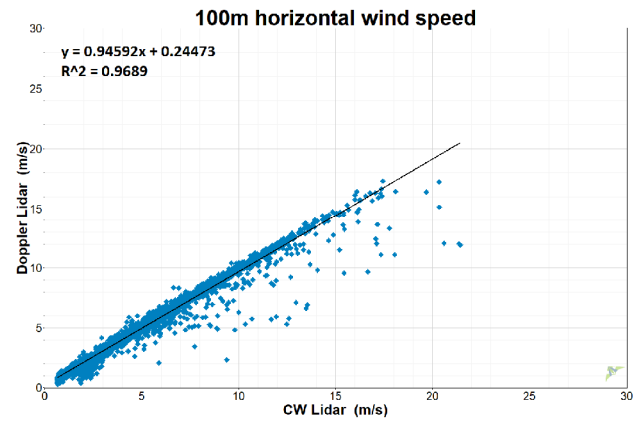


Chart 11: Wind speed RSD vs. met mast bin method 101.0 m (including non-significant values)



Operationeller Einsatz

➤ Grundlagenforschung in der unteren Atmosphäre

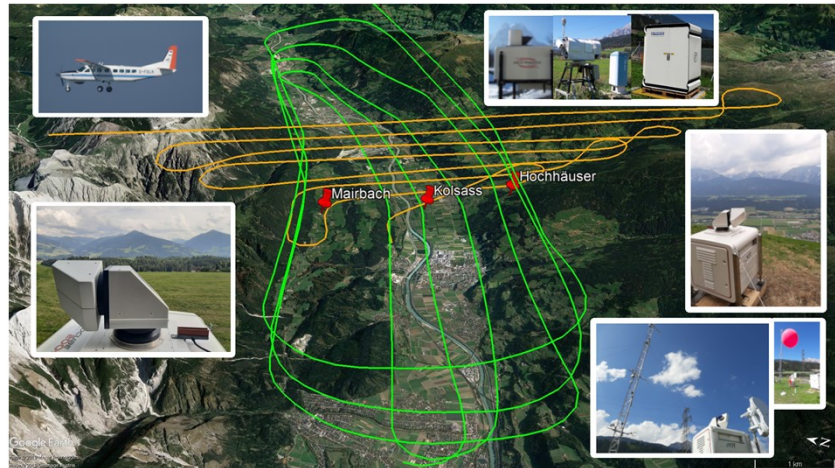


Quelle: Bianca Adler et al., CROSSINN (2019)

Operationeller Einsatz

➤ Komplexes Windfeld

Rekonstruktion des Windfeldes durch Kombination der Radialgeschwindigkeiten aus zwei bzw. drei Blickrichtungen

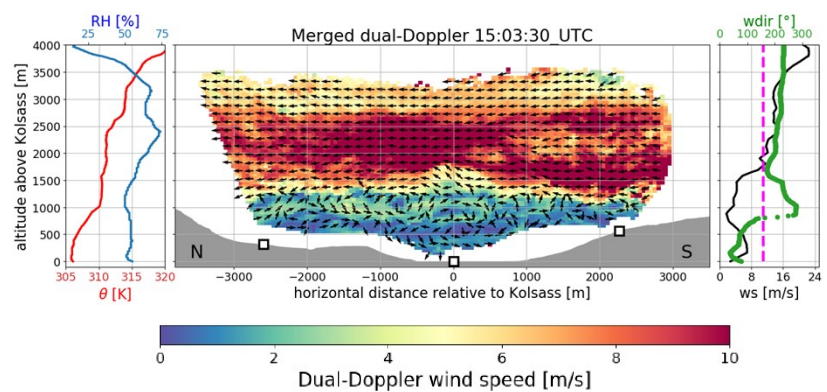


Quelle: Bianca Adler et al., CROSSINN (2019)

Operationeller Einsatz

➤ Komplexes Windfeld

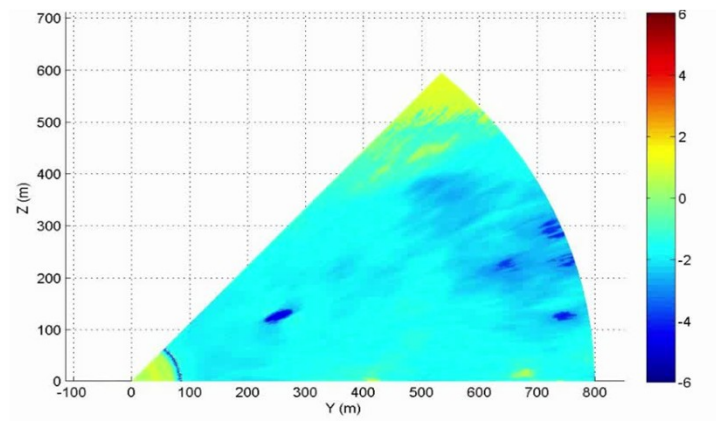
Rekonstruktion des Windfeldes durch Kombination der Radialgeschwindigkeiten aus zwei bzw. drei Blickrichtungen



Quelle: Bianca Adler et al., CROSSINN (2019)

Operationeller Einsatz

- **Hochauflösende Messungen an einem Flughafen**



Zusammenfassung

- Ziel von Doppler Wind LiDAR Messungen ist die Charakterisierung der räumlichen und zeitlichen Variabilität des Windfeldes
- Messverfahren und deren Unterschiede
- Einsatzgebiete und Plattformen
- Operationeller Einsatz und Datenvisualisierung
- Zukunftsorientierte und innovative Messtechnik

GWU-Umwelttechnik GmbH

LiDAR - Allrounder zur Messung von
Wind, Windprofil und
Turbulenzintensität?

GWU-Umwelttechnik



Ludwig Wagner 2019-11-06 Spreewindtage



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

GWU-Umwelttechnik



Ludwig Wagner 2019-11-06 Spreewindtage