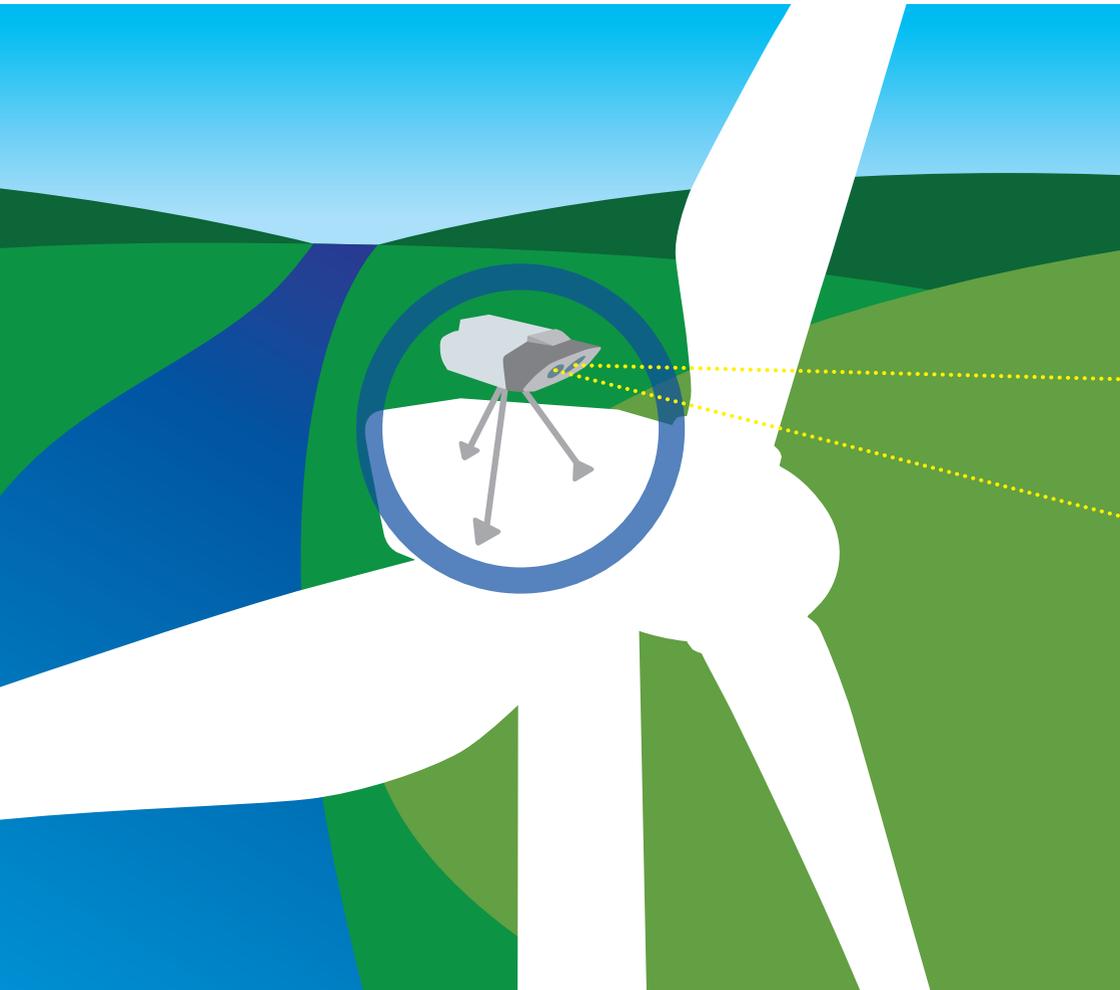


LiDAR-SYSTEM

VERMESSUNG DER WINDENERGIEANLAGE
MEASUREMENTS OF THE WIND TURBINE





ÜBER UNS

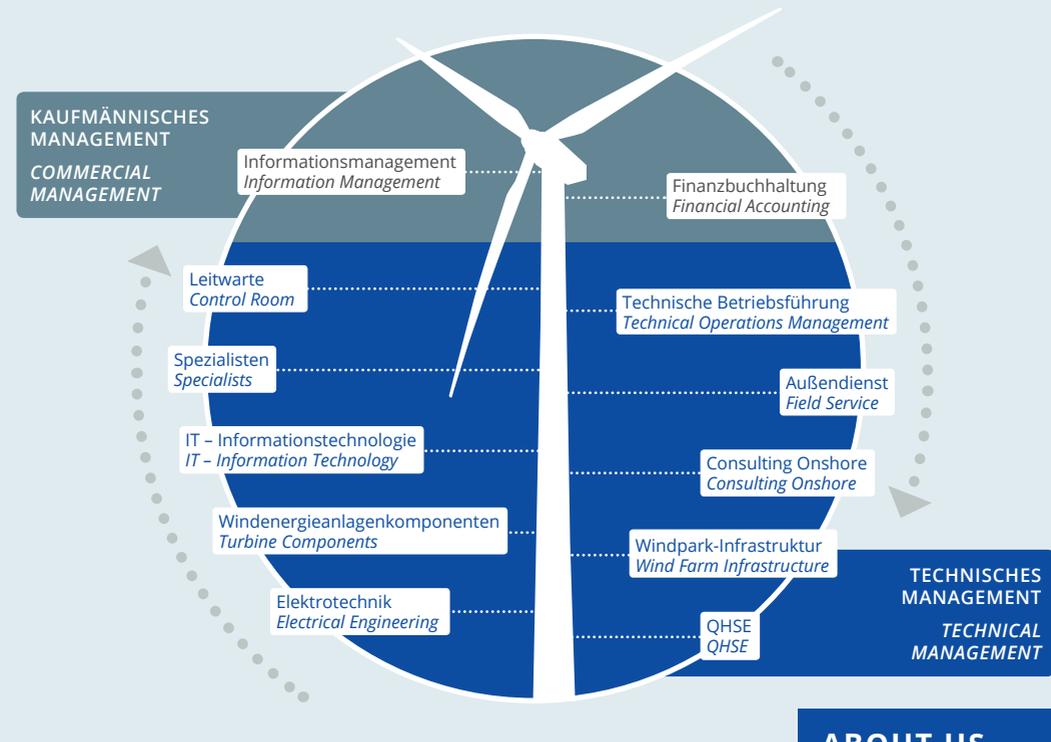
Aus allen Einzelleistungen der kaufmännischen und technischen Betriebsführung von Windparks, die für den gewinnorientierten Betrieb nötig sind, stellen wir den idealen Service für unsere Kunden zusammen.

Kaufmännisches Management

Wir besitzen umfangreiches Know-how in den Bereichen Steuern, Recht und Finanzbuchhaltung. Unser umfassendes Informationsmanagement mit zentralen Ansprechpartnern bietet unseren Kunden schnelle, individuell zugeschnittene Informationen. Wir überwachen Termine und Fristen und erstellen Geschäftsberichte.

Technisches Management

Wir bieten die technische Komplettbetreuung von Windparks an, deren Kern eine Rund-um-die-Uhr-Überwachung ist. Diese wird von unserer Leitwarte sichergestellt, denn: kurze Reaktionszeiten minimieren Ertragsverluste. Die technische Betriebsführung von Windparks ist unter anderem für die Betriebsüberwachung, die Dokumentation sowie das Vertrags- und Gewährleistungsmanagement zuständig. Für alle weiteren technischen Themen rund um den Windpark sind unsere ausgewiesenen Spezialisten im Einsatz. An den Anlagen vor Ort gewährleistet der erfahrene wpd windmanager Außendienst den optimalen Betrieb und die Durchführung aller notwendigen Maßnahmen.



ABOUT US

Out of all individual services of the commercial and technical management of wind farms, which are necessary for a profit-oriented operation, we will compile the ideal service for our clients.

Commercial Management

We have extensive know how in the areas of taxes, legal matters and accounting. Our comprehensive information management with key contacts offers fast and tailor-made information for our clients, monitors dates and deadlines and prepares business reports.

Technical Management

We offer comprehensive support of wind farms with around-the-clock monitoring at its center, provided by our control room – because: fast response helps to minimize yield losses. The technical management of wind farms comprises – among other things – operation monitoring, documentation as well as contract and warranty management. Our specialists are at your service for any other technical matter around the subject of wind farms. On site at the turbines, the experienced wpd windmanager field service ensures optimal operations and execution of all necessary measures.

LiDAR-SYSTEM

OPTIMALE AUSNUTZUNG DES WINDAUFKOMMENS

Windenergieanlagen werden nicht gleichmäßig vom Wind angeströmt. Unterschiedliche Geschwindigkeiten, Richtungen, Scherungen und Turbulenzen des Windes erfordern eine ständige Reaktion der Wind-energieanlage. Dazu dienen unter anderem das Anemometer/ die Windfahne, das Windnachführungssystem (Azimut) und die Blattwinkelverstellung (Pitch). Wird trotz dieser Hilfsmittel nicht die volle Performance erreicht, müssen die Gründe dafür analysiert werden. Hierzu setzen wir unser LiDAR-System ein.

OPTIMAL UTILIZATION OF WIND SUPPLY

Wind does not stream evenly to wind turbines. Different wind speeds, directions, shear and turbulences call for continuous reaction of the wind turbine. The anemometer/wind vane, yaw system and pitch system are used to achieve this. If the full potential is not reached in spite of these tools, the reasons must be analyzed. This is where we utilize our LiDAR system.





Leosphere ©

ANLAGENPERFORMANCE

Kontrolle und Analyse

Das LiDAR-System dient der Ursachenforschung bei vermuteter Minderperformance der Windenergieanlage. Durch den Einsatz können folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

Windgeschwindigkeit/Windrichtung

Zur Evaluierung der bestehenden Windmessung auf der Windenergieanlage werden mit dem LiDAR-System Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen vor dem Rotor in einer Distanz zwischen 80 und 440 Meter gemessen.

Azimut-Fehlstellung

Durch die Ausrichtung des LiDAR-Systems entlang der Rotorachse, die Erfassung der Windrichtung und dem Abgleich mit den Rohdaten der Windenergieanlage kann eine mögliche Azimut-Fehlstellung festgestellt werden.

Überprüfung der Leistungskennlinie

Durch die Kombination der Daten des LiDAR-Systems mit den Rohdaten – insbesondere der Leistung – aus der Windenergieanlage steht eine umfassende Datenbasis zur Verfügung, um die Leistungskennlinie zu überprüfen.



Leosphere ©

TURBINE PERFORMANCE

Monitoring and Analysis

The LiDAR system serves in the cause research for assumed reduced output of the wind turbine. The application helps to obtain the following insights:

Wind Speed/Wind Direction

To evaluate the present wind measurements on the wind turbine, wind speed and wind direction are measured with the LiDAR system at a distance between 80 and 440 meters in front of the rotor.

Azimuth Misalignment

By aligning the LiDAR system along the rotor axis, registering the wind direction and comparison with the raw data of the wind turbine a possible yaw error will be detected.

Evaluation of the Power Curve

By combining the data from the LiDAR system with the raw data from the wind turbine – especially the power – there is an extensive data basis for the evaluation of the power curve.



VORTEILE

Im Vergleich zum Messmast

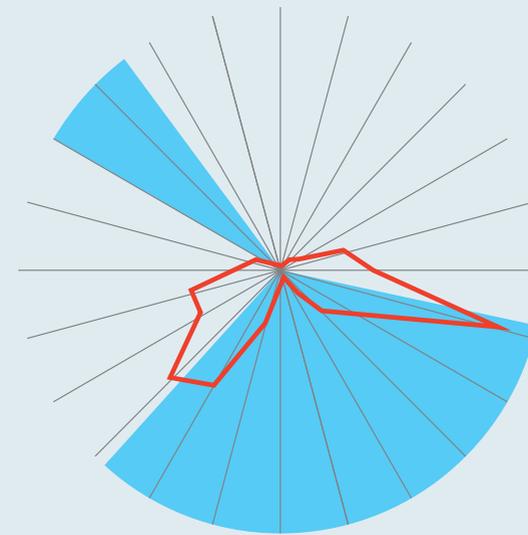
Mit dem LiDAR-System lässt sich eine IEC*-konforme Messung realisieren. Gegenüber einem Messmast besteht der Vorteil, dass die Messungen in alle Himmelsrichtungen und nicht statisch erfolgen, weil das Messgerät mit der Gondel in den Wind dreht. Das Messgerät ist in der Regel ohne großen Aufwand auf der Gondel installierbar, ohne dass dafür – wie bei einem Messmast – eine Baugenehmigung erforderlich ist.

Die Installation eines Messmastes bedeutet für den Betreiber ein erhebliches und schwer einschätzbare Risiko. Die Kosten erreichen bei den aktuellen Nabenhöhen schnell einen sechsstelligen Betrag und die Erfolgsaussichten sind aufgrund der Datenbasis (Anlagendaten mit Korrekturfaktor) unklar.

Mit Hilfe des LiDAR-Gerätes lässt sich die Datenbasis signifikant verbessern und der Erfolg einer (gemäß der meisten Vertragsbestimmungen notwendigen) Messmastkampagne realistisch einschätzen.

Das finanzielle Risiko einer LiDAR-Kampagne beträgt dabei nur den Bruchteil einer Messmastkampagne.

*IEC = Internationale Elektrotechnische Kommission, kurz: IEC (von englisch International Electrotechnical Commission)



Anzahl Werte nach Windsektor (ohne Filter)

Number of values according to wind sector (no filter)

Berücksichtigte Sektoren
Sectors used

ADVANTAGES

Compared to Measuring Mast

The LiDAR system enables a measurement in conformity with IEC* regulations. As opposed to a measuring mast, the LiDAR system allows measurements to be executed in all directions and not statically, since it turns into the wind with the nacelle. Usually, the measuring device is implemented onto the nacelle without high effort. In contrast to the installation of a measurement mast, a building permit is not necessary.

Unlike the LiDAR System, the installation of a measuring mast poses a substantial risk to operators that is difficult to estimate. Due to the current hub heights, costs quickly reach six-figure sums and because of the data basis (turbine data with correction factor) the prospects remain uncertain.

With the LiDAR system, the data basis can be improved significantly and the success of the measuring campaign (necessary according to most contract provisions) can be assessed realistically. The financial risk of a LiDAR campaign makes up only a fraction amount of a campaign with a measuring mast.

*IEC = International Electrotechnical Commission



VORTEILE

Im Vergleich zu anderen Systemen

Der Wind im direkten Umfeld einer Anlage wird durch die Anlage selbst beeinflusst. Daher schreibt die IEC-Norm für die Aufnahme von Messdaten einen Abstand des zwei- bis vierfachen Rotordurchmessers vor.

Dies gewährleisten nur ein Messmast oder ein hochwertiges LiDAR-System ohne Korrekturfaktor. Korrekturfaktoren werden in der Regel an einem verfügbaren Standort ermittelt. Da die Windbedingungen allerdings sehr standortspezifisch sind, wird ein Korrekturfaktor den meisten anderen Standorten nicht gerecht.

Mit einer Reichweite von 80 bis 440 Metern misst das LiDAR-System in zehn Distanzen vor dem Rotor. Turbulente Sektoren werden für die Verifizierung der Leistungskennlinie nicht berücksichtigt. Je nach Anlagentyp und Rotordurchmesser ist die Anzahl der auszuwertenden Messdistanzen frei wählbar.

Effekte an turbulenten Standorten lassen sich mit dem LiDAR-System deutlich besser analysieren. Im Gegensatz zu anderen Anwendungen ist beim LiDAR-System keine Korrektur oder Interpolation notwendig. Nur so sind exakte Messdaten möglich.



ADVANTAGES

Compared to Other Systems

In the direct environment of the wind turbine the wind is influenced by the turbine itself. Therefore the IEC norm requires a measuring distance of two to four times the size of the rotor diameter. Only a measuring mast or a high quality LiDAR system is able to achieve this without the use of a correction factor. A correction factor is usually determined at an available site. As wind conditions are very site-specific, correction factors mostly cannot meet the challenges of any other site.

With a scope of 80 to 440 meters the LiDAR system measures ten distances in front of the rotor. Turbulent sectors are excluded from the verification of the power curve. The number of evaluable measuring distances is freely selectable – depending on the type of turbine and the rotor diameter.

The LiDAR system enables to analyze effects on turbulent sites distinctly better than other systems. In contrast to other techniques the LiDAR system requires no correction or interpolation. Only this method guarantees exact measuring data.



FUNKTIONSWEISE

Reflexion der Laserstrahlen

Vom LiDAR-Gerät werden zwei horizontale Laserstrahlen ausgesendet (+/- 15° zur Rotorachse).

Es werden zehn Messpunkte im Abstand von jeweils 40 Metern gemessen. Die kürzeste Distanz liegt bei 80 Metern vor dem LiDAR.

Die Laserstrahlen werden von sich bewegenden Luftpartikeln reflektiert; durch den Versatz der Frequenz kann die Windgeschwindigkeit und -richtung ermittelt werden. Aus den Werten pro optischer Achse werden verschiedene Werte rechnerisch ermittelt, wie zum Beispiel:

- Windgeschwindigkeit
- Windrichtung
- Turbulenzintensität

OPERATION

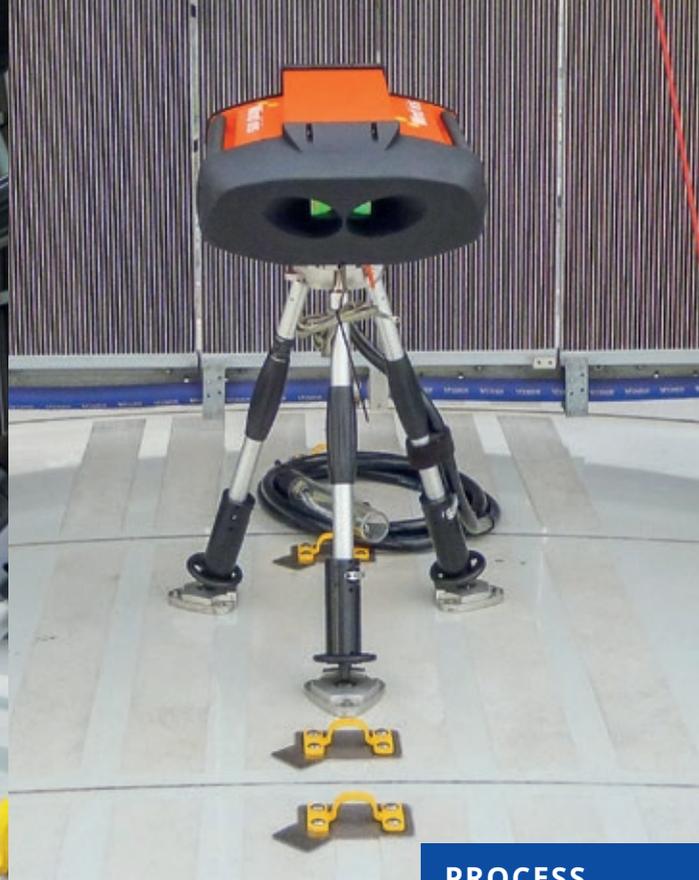
Reflection of Laser Beams

Two horizontal laser beams are being projected from the LiDAR device (+/- 15° to the rotor axis).

At a distance of 40 meters to each other ten measuring points are measured. The shortest distance is at 80 meters in front of the LiDAR.

The laser beams are being reflected by moving particles within the air; through the frequency offset, the wind speed and wind direction can be calculated. From the data per optical axis various data can be assessed, such as:

- Wind speed
- Wind direction
- Turbulence intensity



ABLAUF

In 3 Schritten zum Erfolg

1. Prüfung und Planung der Umsetzbarkeit auf der Windenergieanlage, wobei die Installation auf nahezu allen Gondeln möglich ist.
2. Installation des LiDAR-Systems auf und in der Windenergieanlage. Das Messgerät wird mit Schrauben auf dem Maschinenhaus fixiert. Im Anschluss an die Messkampagne werden die Bohrungen wieder abgedichtet. Neben der optischen Einheit auf der Gondel steht im Maschinenhaus eine per Kabel verbundene Rechereinheit, mit der die Verarbeitung der Daten erfolgt.
3. Die für die Datenübertragung notwendige Kommunikation erfolgt per Fernzugriff, so dass die Daten von überall abgerufen werden können.

PROCESS

3 Steps to Success

1. Review and planning of feasibility on the wind turbine, whereas installation is possible on basically any kind of nacelle.
2. Installation of the LiDAR system onto and in the wind turbine. The device is fixed on the nacelle with screws. Following the measuring campaign, the drill holes are sealed off again. In addition to the optical unit on top of the nacelle there is a computer unit in the machine room, connected via cable, to process the data.
3. Communication necessary for data transmission will be via remote access, so that data may be retrieved from anywhere.



DATEN UND AUSWERTUNG

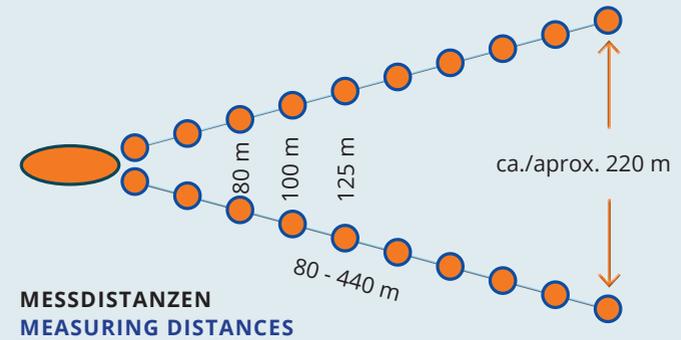
Vorgehensweise bei der Messkampagne

Damit der gesamte Rotordurchmesser durch die Messkampagne abgedeckt wird, muss eine entsprechende Anzahl von Messdistanzen gewählt werden (siehe oben). Windgeschwindigkeit und -richtung, Turbulenzintensität und Datenverfügbarkeit werden analysiert.

Folgende Ereignisse/Datensätze werden unter anderem aus den Messdaten herausgefiltert, damit keine Ergebnisverfälschung entsteht*:

Unterhalb der Anlaufgeschwindigkeit	> Rotor steht und blockiert ggf. Laser
Oberhalb der Nennlast	> Azimut-Fehler fällt weniger ins Gewicht
Zu hohe Standardabweichung	> beim Anlaufen oder Stopp der Anlage
Zu starke Azimut-Abweichung	> bspw. bei Wartung/Stillstand der Anlage
Sektoren mit Störeinflüssen	> Wind wird beeinflusst
Geringe Datenqualität	> 10-Minuten-Mittelwert basiert auf zu wenigen Realdaten
Geringe Produktion	> Anlage war während 10-Minuten-Mittelwert nicht in Betrieb

*Filter variieren je nach Zielsetzung der Kampagne



DATA AND EVALUATION

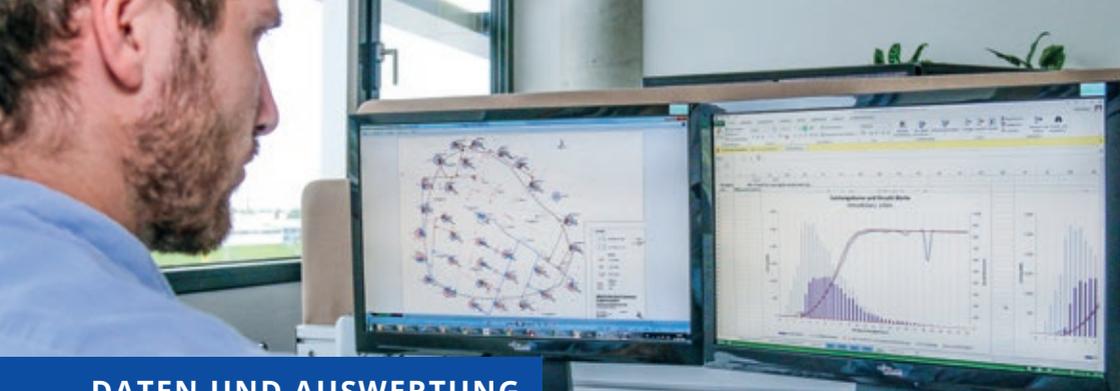
Approach to the Measuring Campaign

In order to cover the full rotor diameter, an adequate number of measuring ranges has to be selected (see above). Wind speed and direction, turbulence intensity and data availability will be analyzed.

The following occurrences/data sets are eliminated among others from the measuring data so that there will be no false results*:

Below start-up speed	> rotor is stopped and possibly blocks the laser beam
Above nominal load	> yaw error is less pronounced
Excessive standard deviation	> when starting or stopping the turbine
Excessive yaw deviation	> e.g. when the turbine is in maintenance/stall
Sectors with interference factors	> wind is influenced
Low data quality	> ten minute mean value is based on insufficient real data
Low production	> turbine was not in operation during ten minute mean value

*Filters vary depending on campaign goal



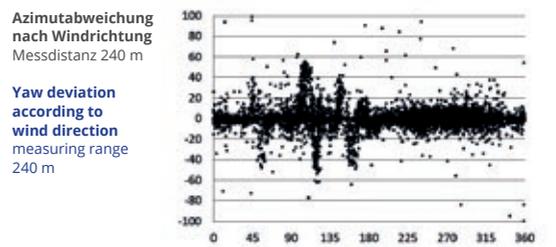
DATEN UND AUSWERTUNG

Ergebnis der Messkampagne

Abweichungen der Leistungskennlinie können mit IEC-konformer Vermessung überprüft werden.

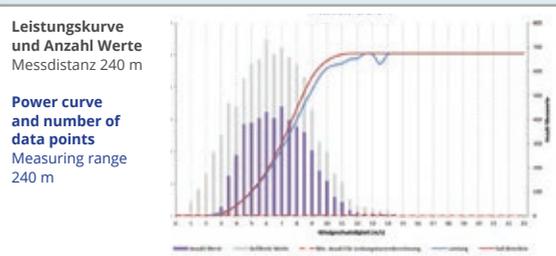
Analyse der Azimut-Abweichung

Statische Auswertung sowie Analyse nach Windrichtung



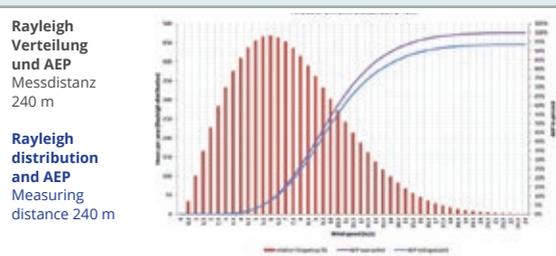
Überprüfung der Leistungskennlinie

Nach Ausschluss turbulenzintensiver Sektoren sowie gestörter Datensätze



Berechnung des AEP

Gegenüberstellung der gemessenen Leistungskennlinie mit der vom Hersteller garantierten Leistungskennlinie



DATA AND EVALUATION

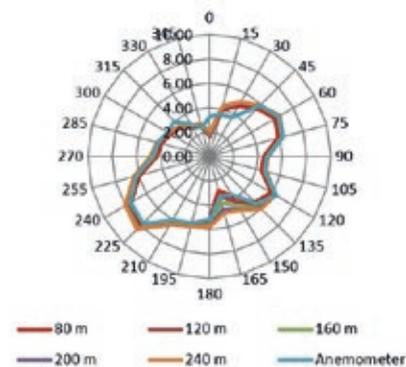
Outcome of Measuring Campaign

Deviations from the power curve may be verified in detail by measuring in conformity to IEC standards.

Analysis of Yaw Deviations

Static evaluation and analysis according to wind direction

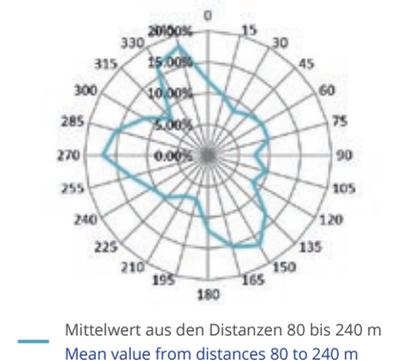
Windgeschwindigkeit nach Windsektor
Wind Speed According to Wind Sector



Verification of the Power Curve

After exclusion of turbulent sectors and incorrect data sets

Turbulenzintensität nach Windsektor
Turbulence Intensity According to Wind Sector





Der Einsatz eines LiDAR-Systems gibt Aufschluss über die Performance einer Windenergieanlage. Die fundierten Daten dienen Herstellern und Serviceunternehmen als Basis zur technischen Optimierung und signifikanten Ertragsteigerung.

Use of the LiDAR system contributes to the assessment of the performance of a wind turbine. Sound data are a basis for manufacturers and service companies for technical optimization and considerable yield gain.

ZUSAMMENFASSUNG

SUMMARY

Auf einen Blick

At a Glance

Das LiDAR-System ermöglicht eine schnelle und flexible Vermessung der Windenergieanlage in Anlehnung an die IEC-Norm. Die Dauer der Messkampagne beträgt in der Regel maximal zehn Wochen. Der Aufbau der Messungen und das Prinzip der Auswertungen sind für Hersteller und Serviceunternehmen nachvollziehbar. Eine Plausibilitätsprüfung wird dadurch vereinfacht.

Der Aufwand ist im Vergleich zu anderen Messverfahren deutlich niedriger. Das System kann mit geringem Aufwand auf der Gondel der Windenergieanlage installiert werden. Die für einen Messmast notwendige Baugenehmigung, anfallende Pacht für den Standort sowie Miete und Aufbau entfallen.

Die Datenerfassung kann über 360 Grad erfolgen, wobei auch die Auswertung nur bestimmter Sektoren möglich ist. Es gibt keine störenden Einflüsse (Turbulenzen oder Abschattungen) auf die Messergebnisse.

With the LiDAR system, a fast and flexible evaluation of the wind turbine in accordance with the IEC standards is possible. The measuring campaign usually lasts for a maximum of ten weeks. The setup of the measurements and the evaluation principles are comprehensible for manufacturers and service companies, making it easier to review plausibility.

As opposed to other measuring procedures, the effort is considerably less. The device can be installed easily on the turbine nacelle. A building permit, lease for the site as well as for rental fee and erection, which would be necessary for a measuring mast, are obsolete.

Data can be gathered over 360 degrees, while it is also possible to evaluate certain sectors only. There are no interfering influences on the measurement results, such as turbulences or shadowing.



ANSPRECHPARTNER

Profitieren Sie von unserem Know-how im Bereich LiDAR-Messung.

Als Ansprechpartner steht Ihnen unser Experte gerne zur Verfügung.



Felix Busse

Tel: +49 421 897660 0

E-Mail: windmanager@wpd.de

CONTACT

Benefit from our know how in the field of LiDAR measurements.

Our expert is at your disposal for further questions.

www.windmanager.de

wpd windmanager GmbH & Co. KG
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)
D-28217 Bremen
T + 49 421 897 660 0
F + 49 421 897 660 99
windmanager@wpd.de

