



# Verwendung einer Multi-Lidar-Messung aus Herstellersicht (tuLip)

06. November 2019

# Agenda

1. tuLip Projektvorhaben
2. Windparklayout Optimierung
3. Windturbinen Optimierung
4. Fazit

# tuLip Projektvorhaben

## tuLip Projektziele

1. Entwicklung eines Verfahrens zur Ableitung von Designwindbedingungen aus Multi-Lidar-Messdaten, mit einem Schwerpunkt auf der Turbulenzintensität.
2. Erarbeitung von Empfehlungen für die Messung von Designwindbedingungen (insbesondere der Turbulenz) mit Multi-Lidar-Systemen.
3. Beitrag zur Anpassung von WEA (Rotor, Turmdimensionierung, Turmhöhe und Generator) an die standortspezifischen Wind- und Klimabedingungen.
4. Entwicklung eines Verfahrens zur Optimierung des Windfarmlayouts (Erhöhung der Anzahl der WEA pro Fläche und Findung optimaler WEA-Standorte) auf Basis der Multi-Lidar-Messung.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## tuLip Zeitplan

### AP 2: Multi-Lidar-Messkampagnen

Vorbereitung + Messung  
Prototypenstandort

Vorbereitung + Messung komplexer Standort

Datenmanagement und Datenaufbereitung

### AP 3: Methodenentwicklung

Methodenentwicklung Turbulenz

Verbesserung Methode Turbulenz

Andere Designwindbedingungen

### AP 4: WEA-Optimierung

2018

2019

2020

2021

# Windparklayout Optimierung

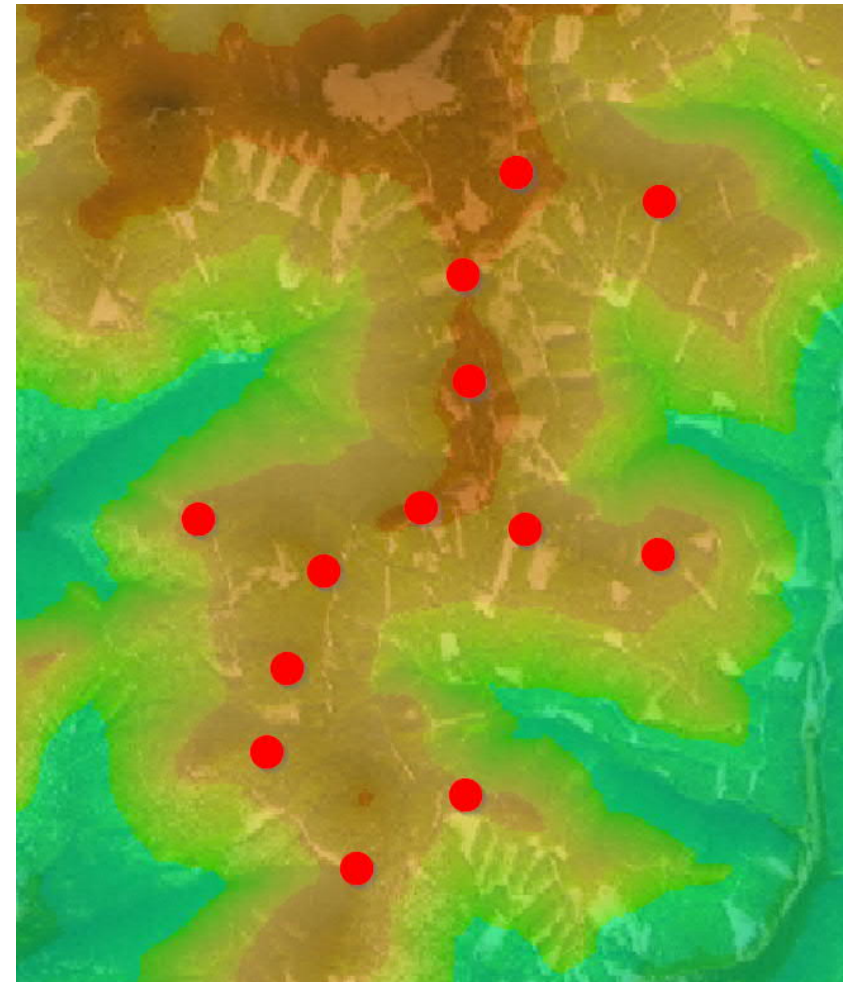
## Identifikation kritischer Zonen

Was sind kritische Zonen? Bereiche mit:

- Hoher Turbulenz (u.a. Rezirkulationszonen)
- Negativer Windscherung
- Starker Windrichtungsänderung (mit der Höhe und/oder zeitlich) aufgrund von Umströmung von Hindernissen
- Schräganströmung

Ohne Multi-Lidar Messung:

- CDF Modellierung mit geringer Möglichkeit der Verifikation.
- Stabilitätseffekte können nur mit hohem Aufwand untersucht werden.



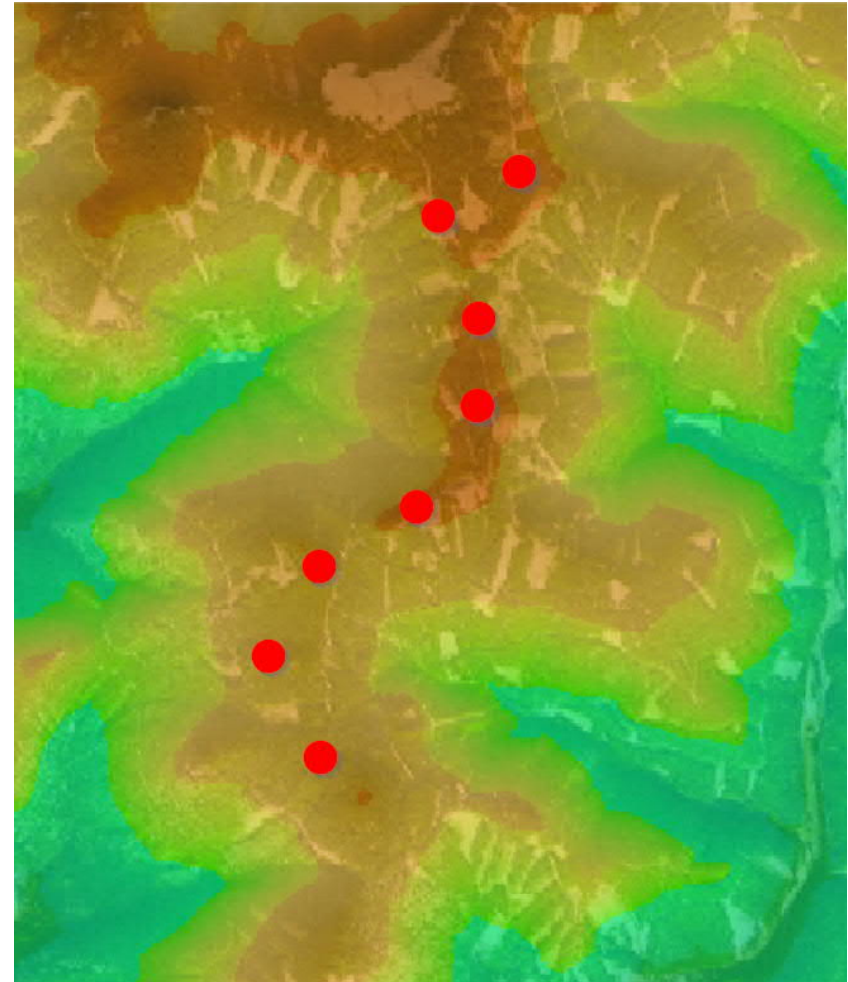
## Identifikation kritischer Zonen

Was sind kritische Zonen? Bereiche mit:

- Hoher Turbulenz (u.a. Rezirkulationszonen)
- Negativer Windscherung
- Starker Windrichtungsänderung (mit der Höhe und/oder zeitlich) aufgrund von Umströmung von Hindernissen
- Schräganströmung

Ohne Multi-Lidar Messung:

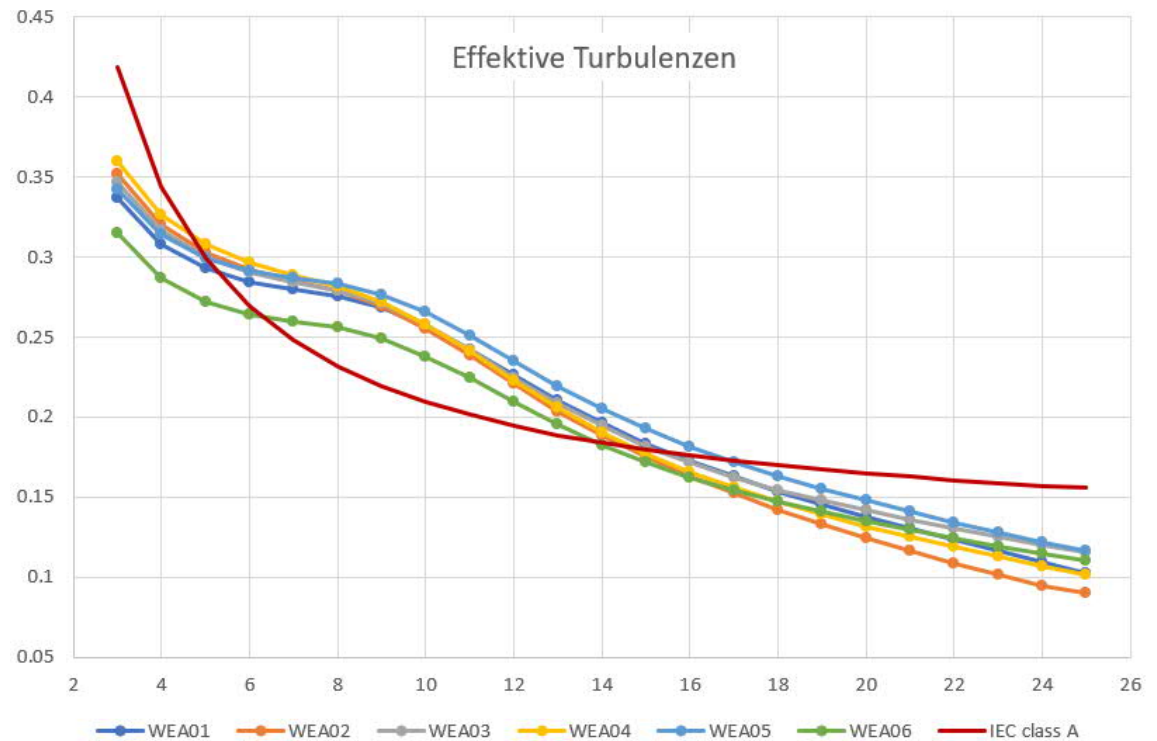
- CDF Modellierung mit geringer Möglichkeit der Verifikation.
- Stabilitätseffekte können nur mit hohem Aufwand untersucht werden.





## An die Design-Grenzen gehen...

- Die effektive Turbulenz ist in zunehmendem Maße ein das Layout des Parks bestimmender Parameter
- Daher ist eine genauere Bestimmung der Eingangsturbulenz und der Windrose von hoher Bedeutung
- Ziel: Abstandsoptimiertes Layout

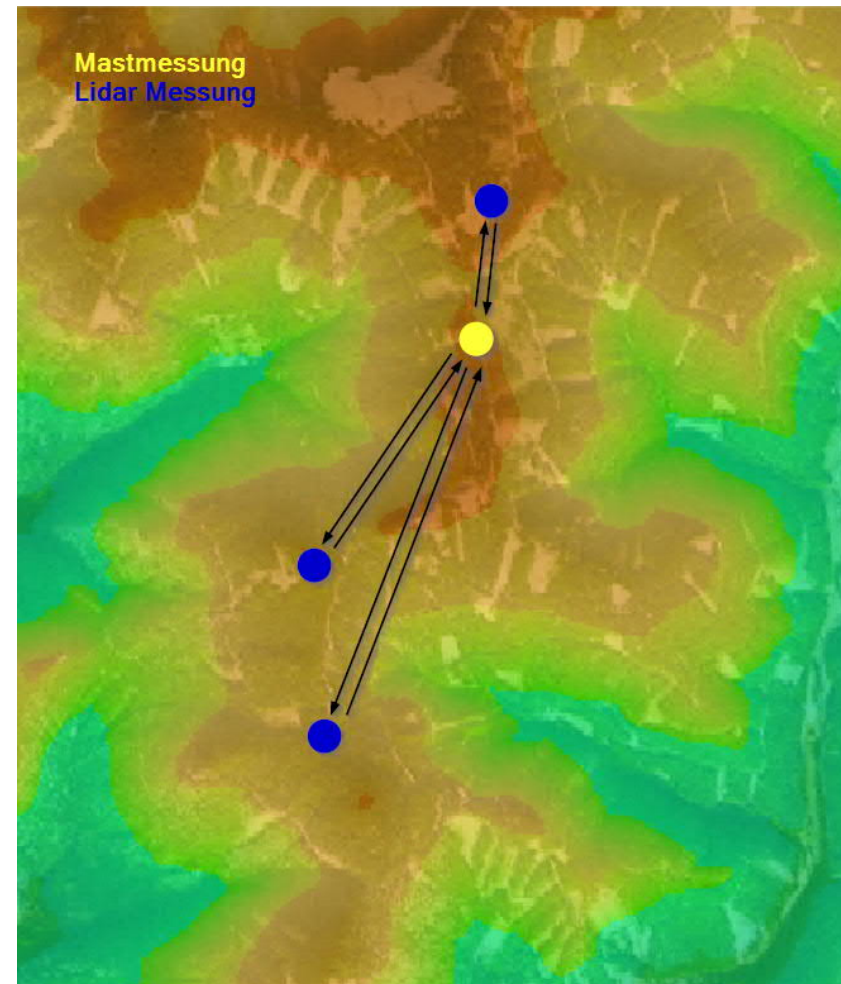


Multi-Lidar Messung lohnt auch an flachen und semi-komplexen Waldstandorten!

## Reduktion von Unsicherheit

Vorteil von mehreren Messpunkten im Windpark:

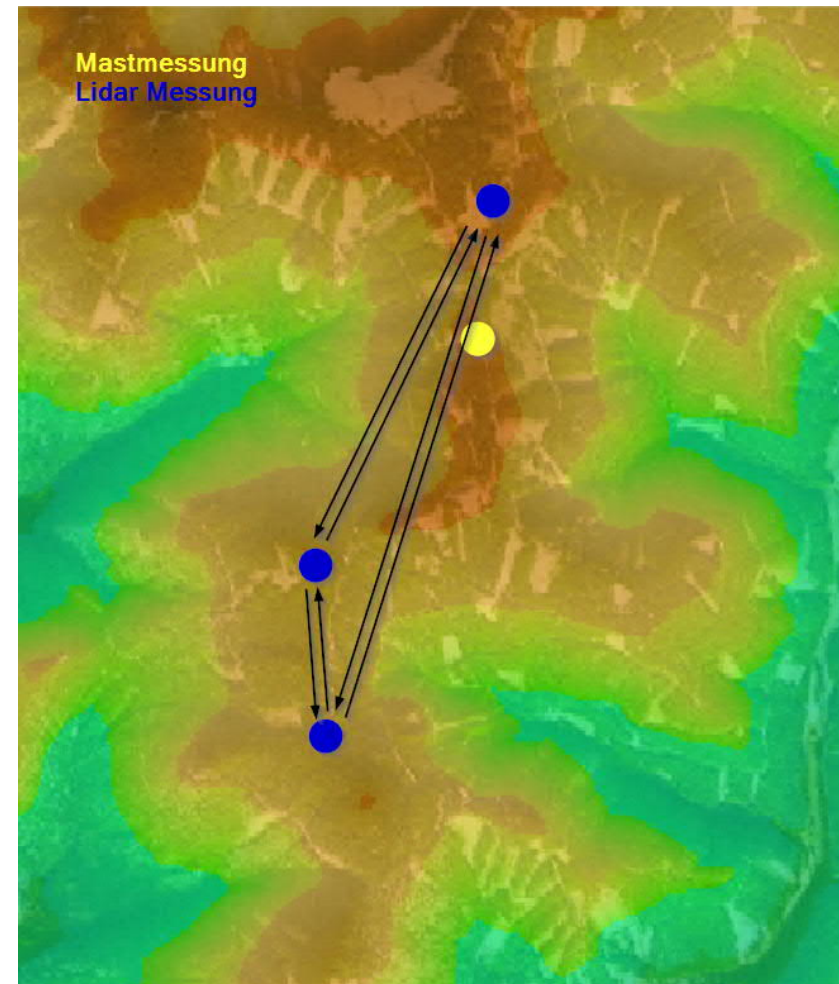
- Modellvalidierung durch Kreuzvorhersage
- Reduktion der Unsicherheit in der Bestimmung von lastrelevanten Umgebungsbedingungen (Windrose, Turbulenz, Windscherung)
- Reduktion der Unsicherheit in der Wind- und Ertragsprognose



## Reduktion von Unsicherheit

Vorteil von mehreren Messpunkten im Windpark:

- Modellvalidierung durch Kreuzvorhersage
- Reduktion der Unsicherheit in der Bestimmung von lastrelevanten Umgebungsbedingungen (Windrose, Turbulenz, Windscherung)
- Reduktion der Unsicherheit in der Wind- und Ertragsprognose



# Windturbinen Optimierung

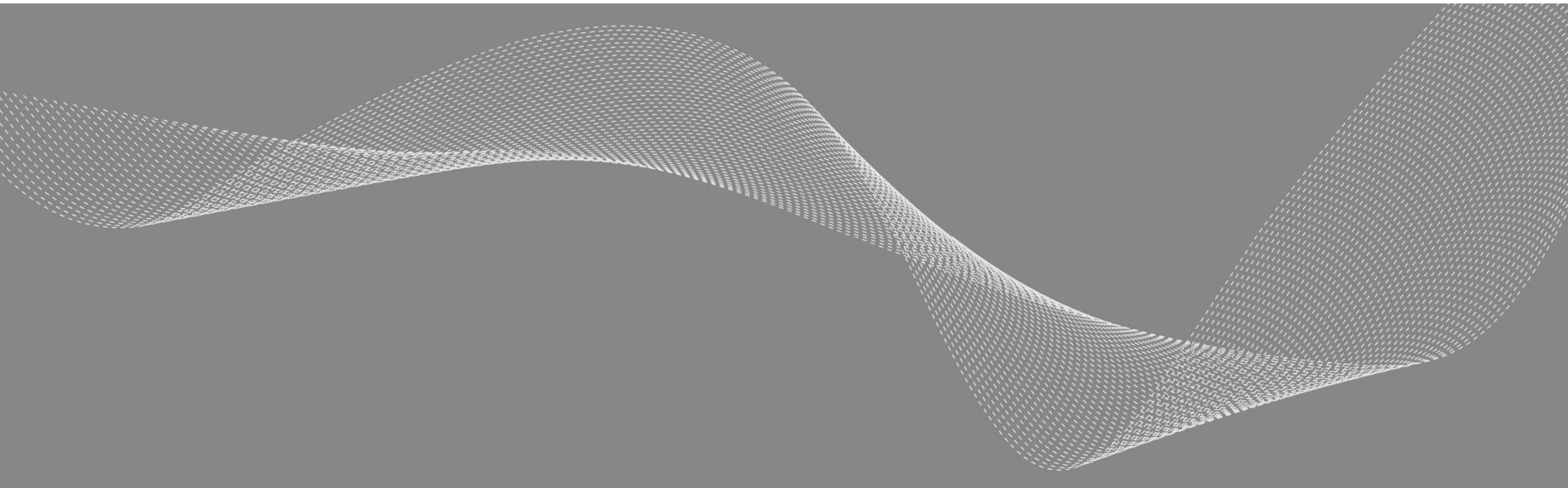
## Optimierung durch Flexibilität

- Variable Nennleistung
  - Verschiedene Application Modes (AM)
- ACS – Adaptive Control Strategy
  - Echtzeit-Überwachung der Lasten unter Nutzung von Standard Sensoren (z.B. Pitch, Drehzahl, Leistung)
  - Stufenweise Lastreduktion durch Pitch- und Drehzahlregelung
  - nur aktiv, wenn Umgebungsbedingungen die Designgrenzen überschreiten.
- Windparkspezifische Lebensdauer (> 20 Jahre)

## Fazit

- Multi-Lidar sind flexibel und bieten viele Vorteile:
  - Reduzierter Fehler im komplexen Gelände
  - Verbesserte Messung der Turbulenz
  - Möglichkeit flexibel und zeitgleich an mehreren Standorten zu messen
- Projekt tuLip: Optimierungsmöglichkeiten durch den Hersteller
  - Windparklayout (Vermeidung kritischer Positionen, Abstandsoptimierung)
  - Anlagenkonfiguration (Nennleistung, Turmdesign, Anlagensteuerung)

**Mehr Sicherheit und ein bezüglich Design und Ertrag optimierter Windpark!**



# Vielen Dank!

Karin Görner  
Siting Engineer

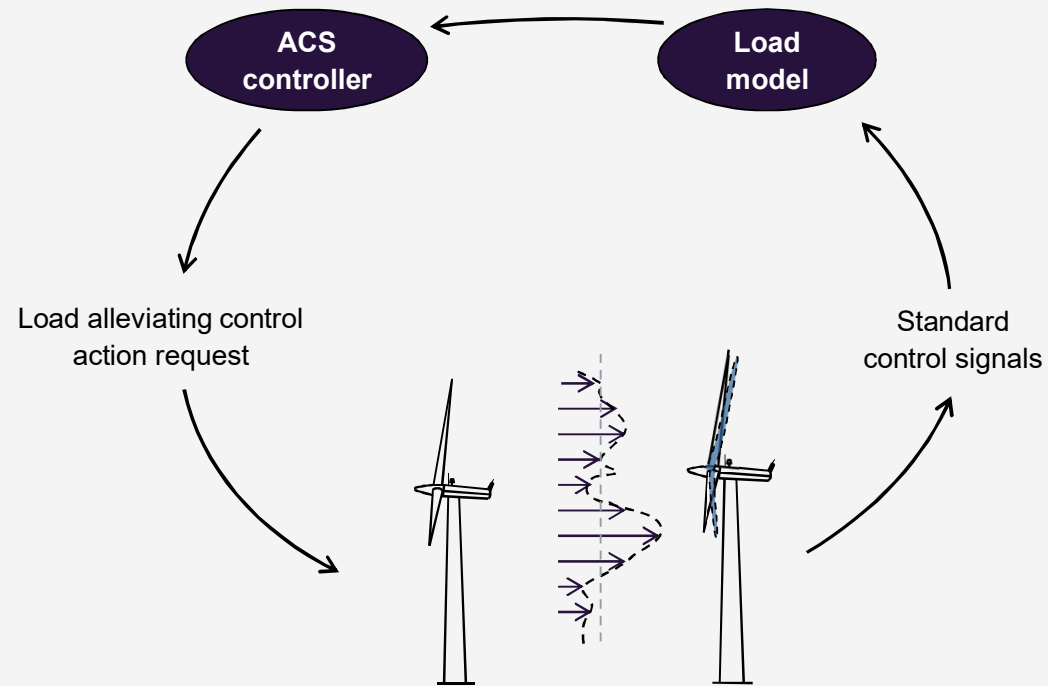
Mobiltelefon +49 152 08167149  
[karin.goerner@siemensgamesa.com](mailto:karin.goerner@siemensgamesa.com)

© Siemens Gamesa Renewable Energy GmbH & Co. KG

Karin Görner | ON NE&ME TE SAS

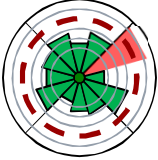
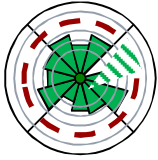
**SIEMENS Gamesa**  
RENEWABLE ENERGY

## ACS load management intelligently reduces loads





## Intelligently activates necessary curtailment measures only

Traditional Sector Management	Adaptive Control Strategy
 <p><b>Description</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Predefined load regulation based on past observations.</li><li>• Shut-down of the turbine in critical sectors.</li><li>• Significant energy losses possible.</li></ul> <p><b>What is the effect?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Turbulence exceeding limit</b> in one sector and consequent predefined <b>shut-down</b>.</li></ul>	 <p><b>Description</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Real time monitoring of main turbine loads.</li><li>• Several load reduction handles:<ul style="list-style-type: none"><li>• Switch the optimum pitch settings.</li><li>• Reduce speed and power references.</li><li>• Increase the sideways damping.</li></ul></li><li>• Limited production losses.</li></ul> <p><b>What is the effect?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Turbine <b>maintained in operation</b> with minimal reduced energy output.</li></ul>

## Maximizing energy production on complex sites



- Operate under **complex climatic conditions**, keeping the **loads within the design envelope**, and **minimizing the losses**.
- **Positive impact** on the **annual energy production** compared to normal load reduction techniques.
- ACS can be used to **extend the lifetime of the turbine** under site-specific conditions.

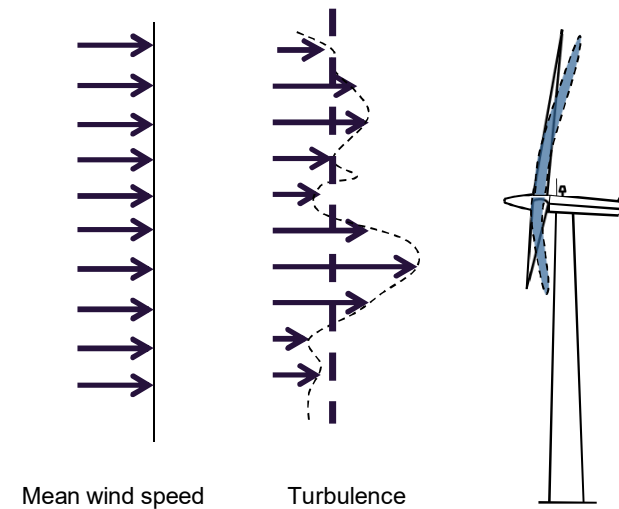
## Real-time load management

### Load management

- Avoid turbine overloading and excessive fatigue.
- Provides different load-mitigating control actions.

### Energy production

- Limit turbine complete shut-downs to prevent overloading.
- Control actions are prioritized such that the least production costly action is applied first.



## Intelligent software feature



- Software functionality that can be **installed remotely** on each turbine in the wind farm, and **operated and controlled at turbine level**.
- Uses only **standard turbine sensor** information to estimate loads (e.g. pitch, power, rpm, nacelle acceleration).
- Provides different **load-alleviating control** actions depending on the loads.
- Control actions are prioritized such that the least production costly action is applied first.
- A site specific evaluation measuring **wind speed, turbulence, wind shear, air density, and inflow angle** is required to determine the suitability of the functionality and the possible increase in turbine availability.
- **SGRE warrants** simulated losses and performance of ACS.

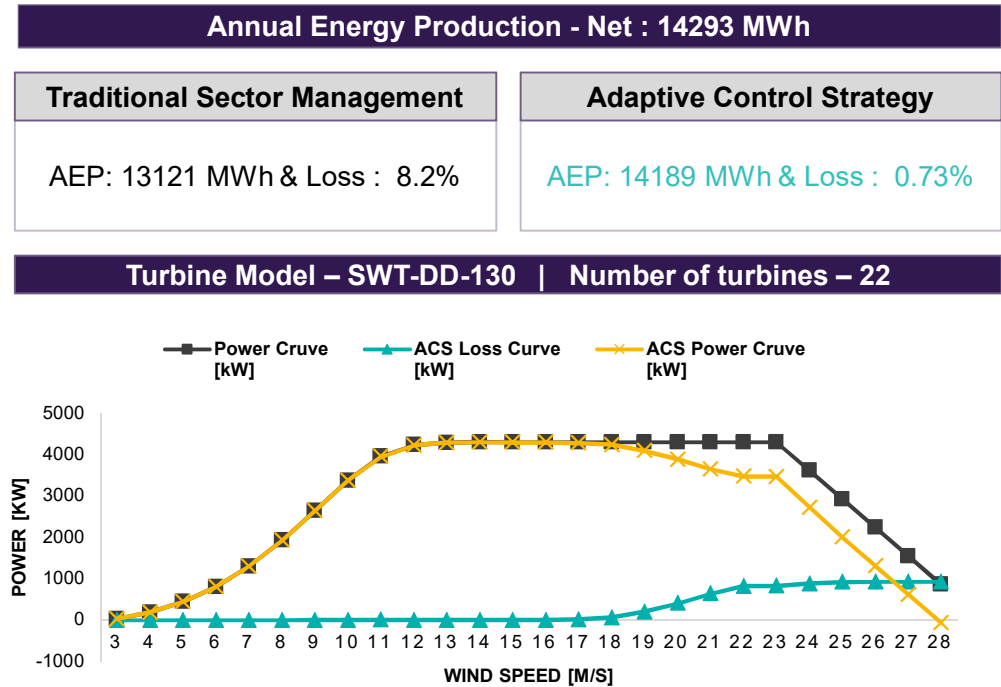


ACS intelligently minimizes the energy production loss on complex sites

## Example: ACS Power curve

- ACS loss curve being estimated during site assessment.
- The ACS reduction in a given moment will depend on the loads (as deducted from the accelerations) and the loads in turn depend on the wind speed, TI, shear, veer etc. in that particular moment.
- In practice this will mean different reductions for a specific wind speed e.g. depending on wind direction.
- The loss curve(s) express the long term average power reduction at the different wind speeds.

~7.5%  
Customer  
Gain Using  
ACS



## Production losses due to ACS are being warranted based on detailed site-assessments

- SGRE warrants that the **measured average ACS production loss (MAAPL)** for the wind turbines in the project shall not exceed the **warranted average ACS production loss (WAAPL)**.
- **Warranted average ACS production loss (WAAPL)** is based on **estimated ACS loss curves** to be defined during the site-assessment, estimated averaged ACS production loss (EAAPL) and multiplied with factor of 1.25.

$$EAAPL = \frac{\sum_{i=1}^{WTN} ACS \text{ Production Loss from Estimated ACS Loss Curve } (i)}{\sum_{i=1}^{WTN} GrossAEP (i)} \times 100\%$$

- **Measured average ACS production loss** is the measured production loss resulting from the activation of the ACS system. The losses of all turbines are averaged over the complete wind farm.

$$MAAPL = \frac{\sum_{i=1}^{WTN} ACS \text{ Production Loss from Measured ACS Loss Curve } (i)}{\sum_{i=1}^{WTN} GrossAEP (i)} \times 100\%$$






# Alignment with certification bodies and consultants

- Certified according IEC 61400 by DNV GL.
- Concept has been presented towards leading certification bodies and consultants (DNV GL, TÜV Nord, TÜV SÜD....).  
→ General acceptance with respect to site-suitability, performance and warranty.



## Conclusions

-  ACS will assess turbine loads and can provide load alleviation in all wind directions.
-  ACS will only be active if conditions are exceeding design limits. Otherwise, an ACS equipped turbine will operate according to the standard power curve.
-  ACS will lead to a lower curtailment level compared to the standard fixed curtailment, hence less production loss.



**Adaptive Control Strategy is the answer to structural stresses  
and excessive loads on complex sites**