

20+

Weiterbetrieb 20+

Windenergietage RECASE Forum

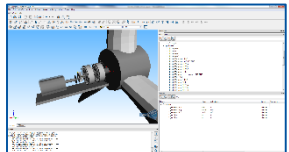
Florian Stache



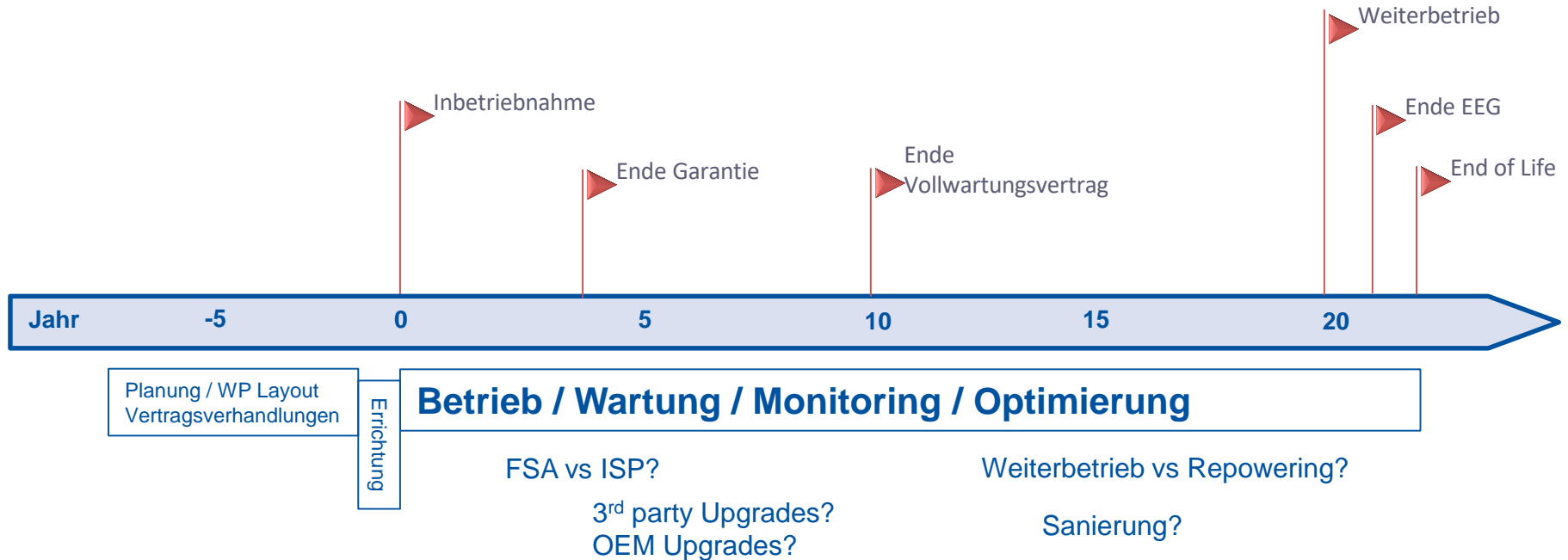
morewind
engineering solutions



| Turbine Engineering | Wind Farm Optimisation | Consulting and Training |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Concept Studies | Performance Analysis | Trainings / Workshops |
| Aeroelastic Load Simulation | Life Time Extension | Consulting |
| Control System Design | Measurements & Data Analytics | |
| Load Simulation Software mwLoADS | | |

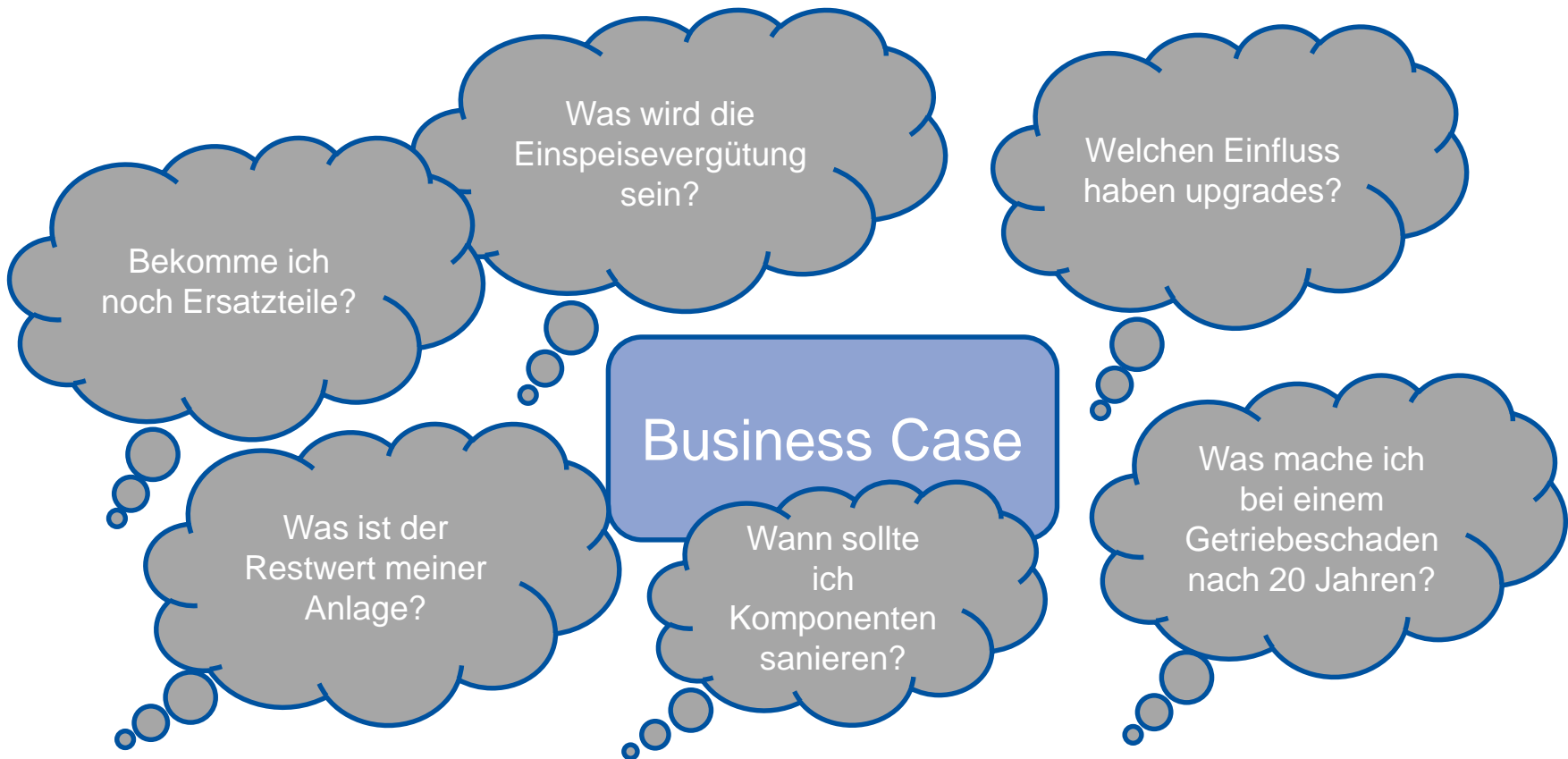
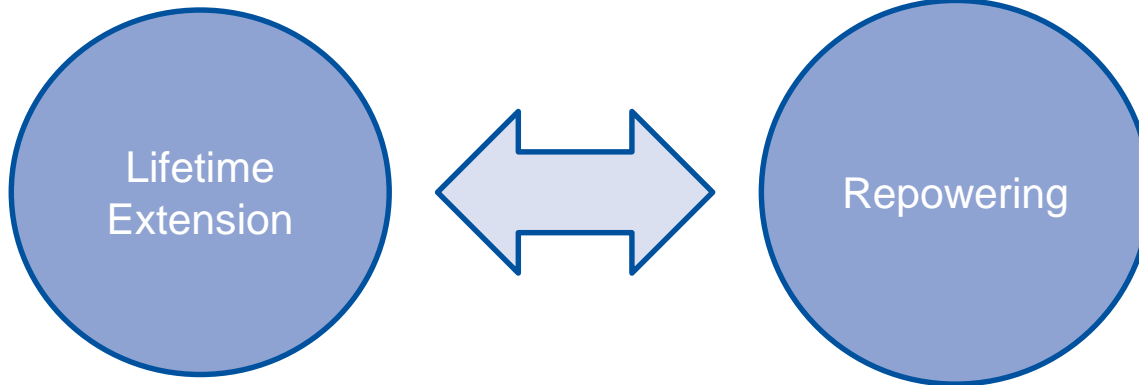


Einleitung



Alle Entscheidungen sollten die gesamten *Lifecycle*-Kosten in Betracht ziehen

Welche Strategie?



Datenbasierte Analyse

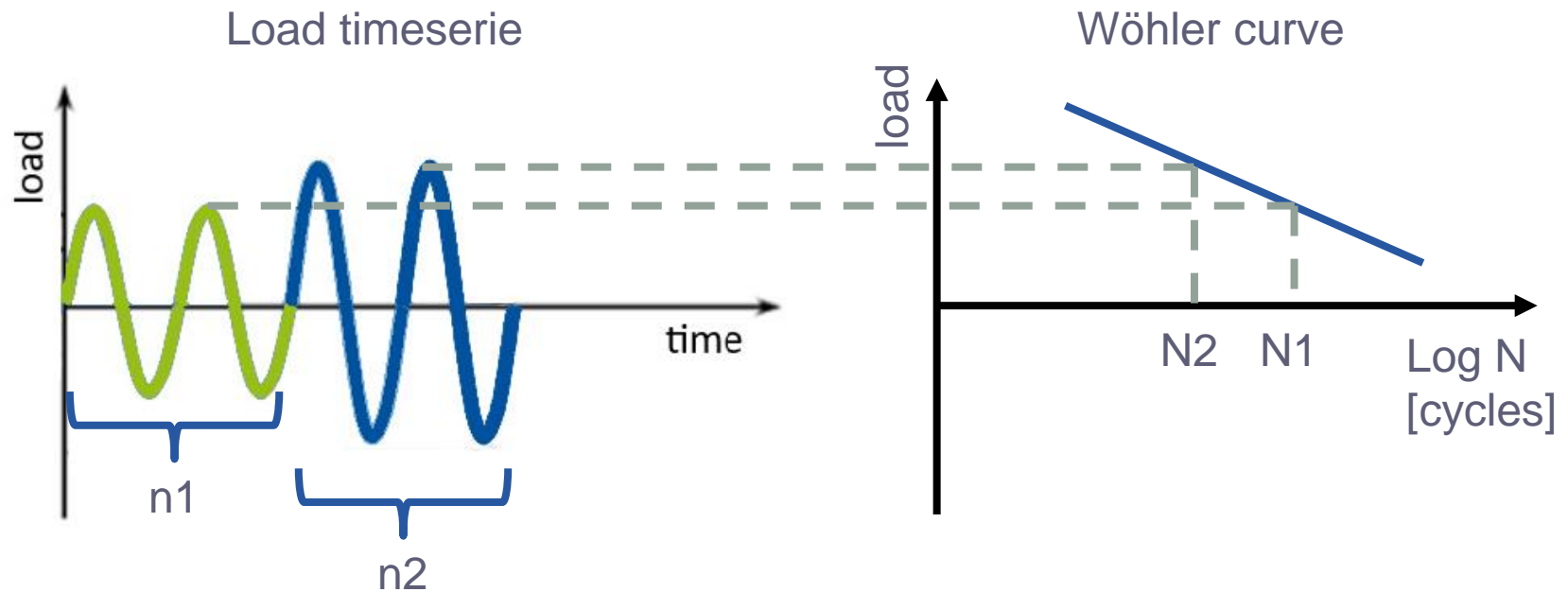


- Pre-Construction Unterlagen
- Daten aus dem Betrieb in hohe Qualität
- Gut dokumentierte Wartung und Reparaturen

→ Wirtschaftlichkeits-Betrachtung

→ Sicherheitsbetrachtung

Fatigue - Accumulated damage acc. to Palmgreen-Miner

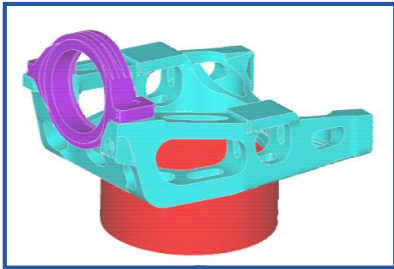


$$D = \frac{n1}{N1} + \frac{n2}{N2} + \dots < 1$$

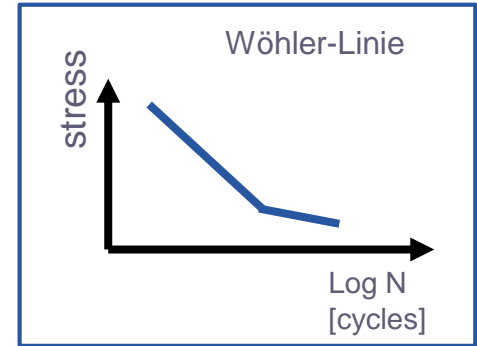
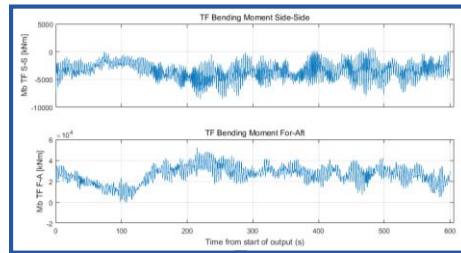
Komponenten Nachweis mit Simulation



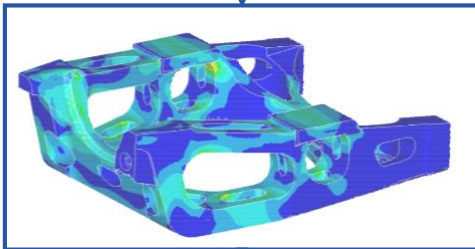
FE Modell



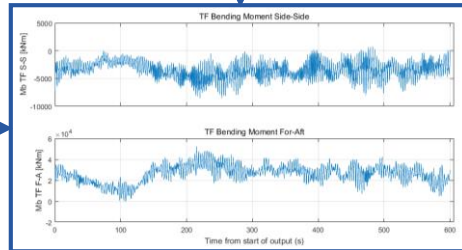
Simulierte Lastzeitreihe



Einheitsspannungen



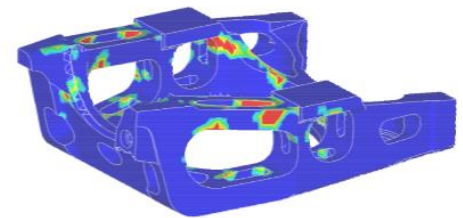
Weibull
 A, k



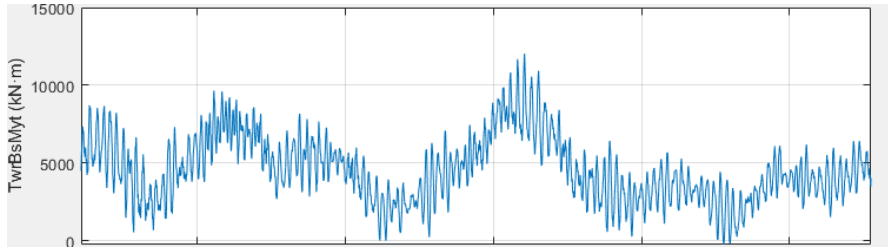
Spannungszeitreihe

Rainflow und
Skalierung
auf 20 Jahre

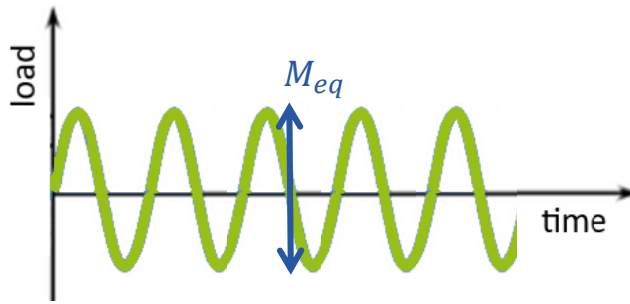
Schädigung




Schädigungsäquivalente Last Damage Equivalent Load (DEL)



$$D = \sum_i \frac{n_i}{N_i}$$



$$D_{eq} = \frac{n_{ref}}{N_{ref}}$$


$$M_{eq} = \left(\frac{\sum_i n_i M_i^m}{n_{ref}} \right)^{1/m}$$

Nachweis für den Weiterbetrieb

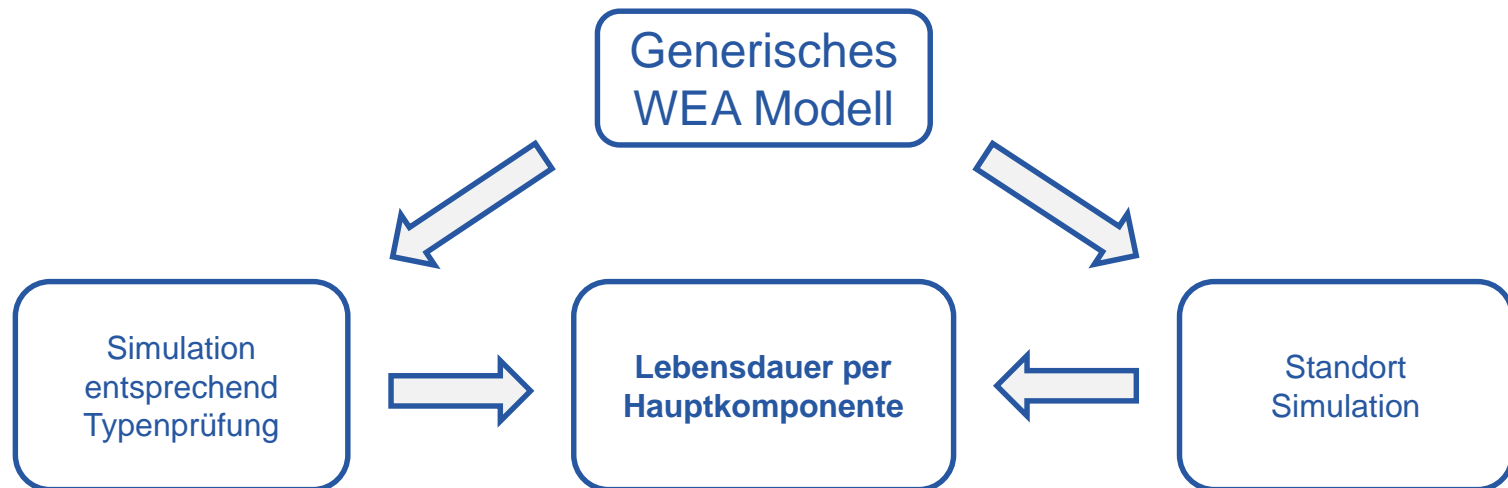


- Annahme:

Komponentennachweis hatte $D=1$ nach 20 Jahre (keine Restsicherheit im Nachweis)

→ Der Weiterbetriebsnachweis wird durch Vergleich der DEL durchgeführt:

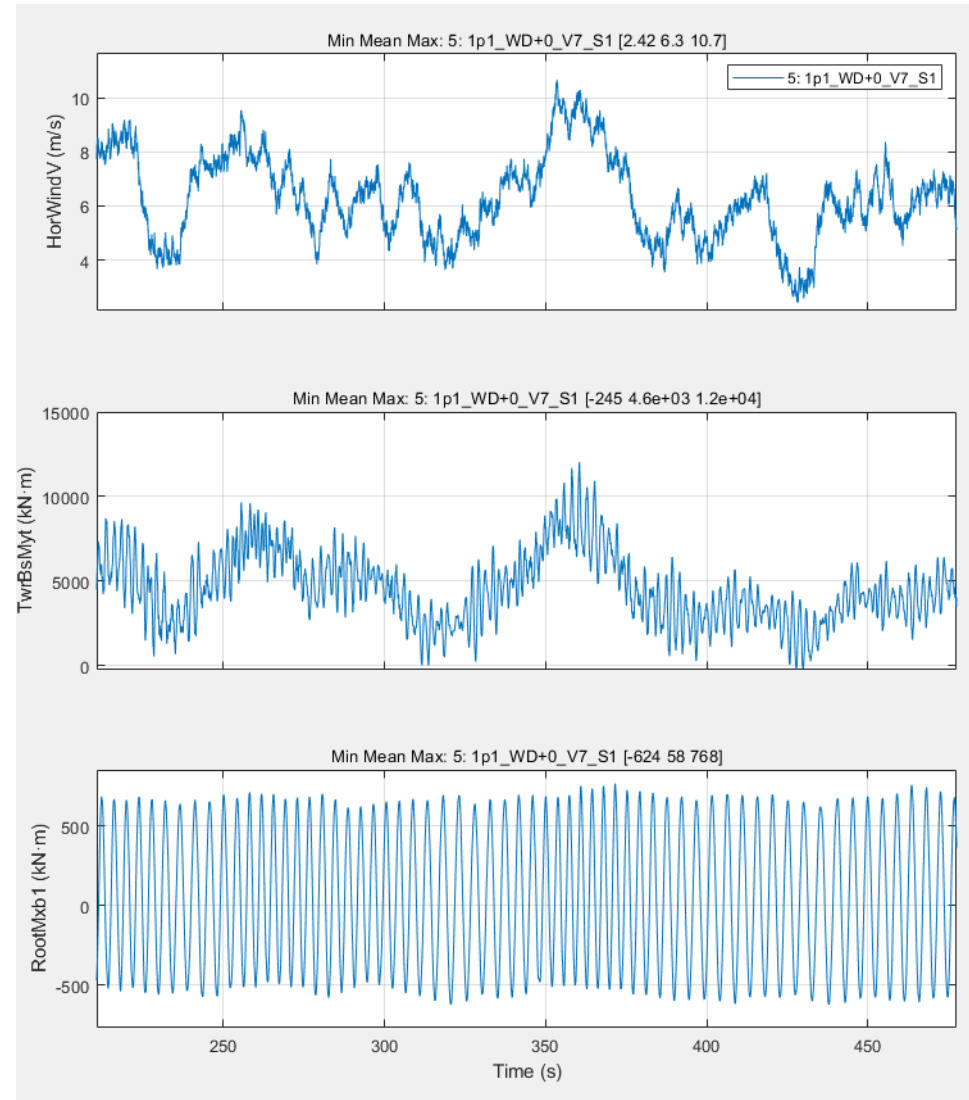
DEL Standort für XX Jahre < DEL Design



Was beeinflusst die Lebensdauer?



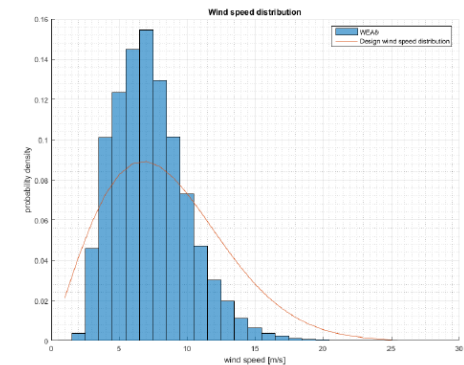
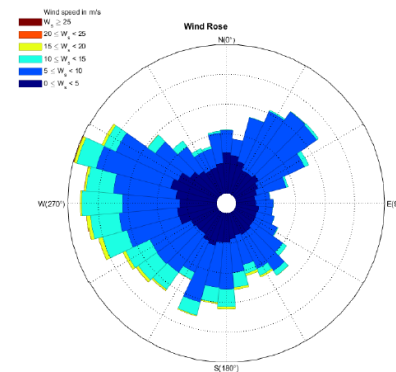
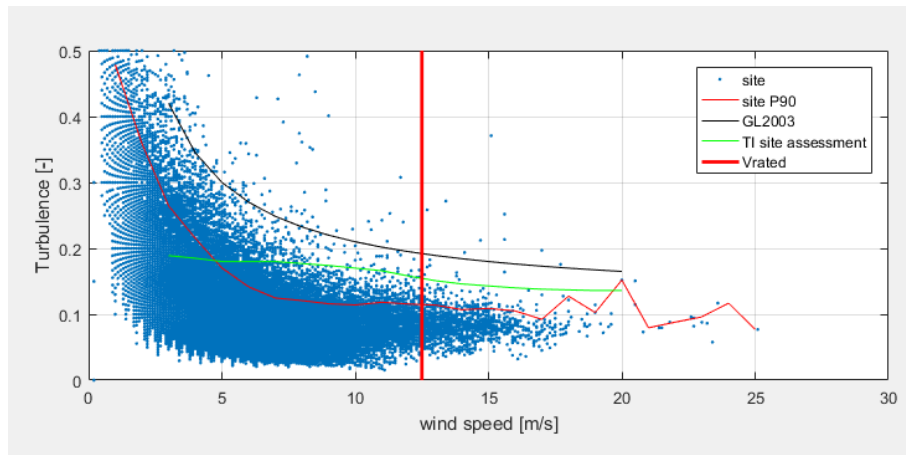
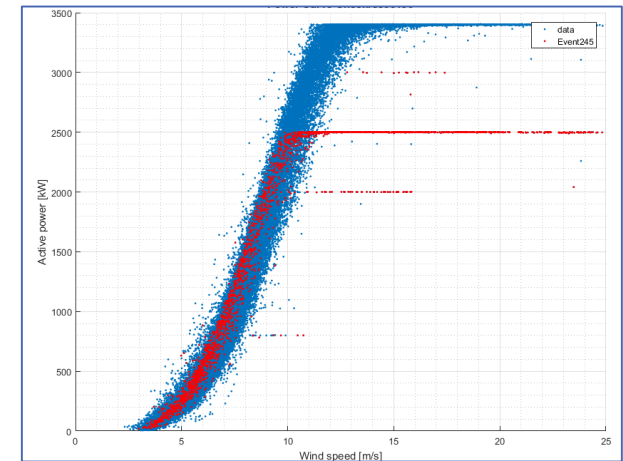
- Turbulenz getriebene Last
 - Z.B. Turm
 - Beeinflusst durch
 - **Turbulenzintensität**
 - **Windgeschwindigkeitsverteilung**
 - Luftdichte
- Schwerkraft getriebene Last
 - Z.B. Blattbolzen, Blattlager, Hauptwelle
 - Beeinflusst durch:
 - **Anzahl der Betriebsstunden**
 - Drehzahl
 - Abweichungen in der Blattmasse



Was beeinflusst die Lebensdauer?



- Luftdichte
- Turbulenz
- Wind-Verteilung
- Leistungsreduktion
- Abschaltungen (z.B. Einspeisemanagement)



Beispiel

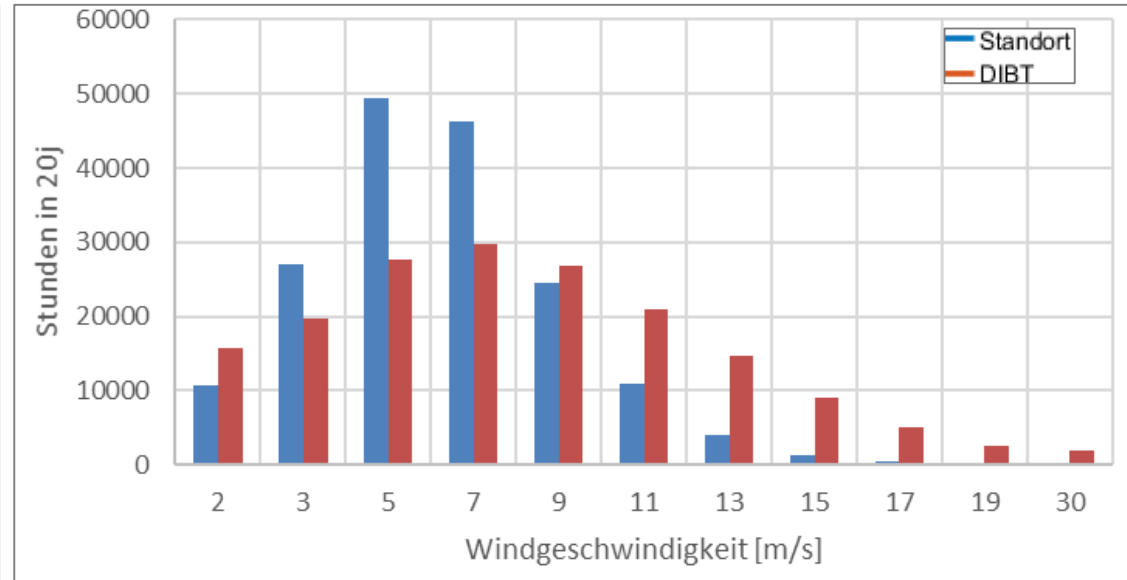
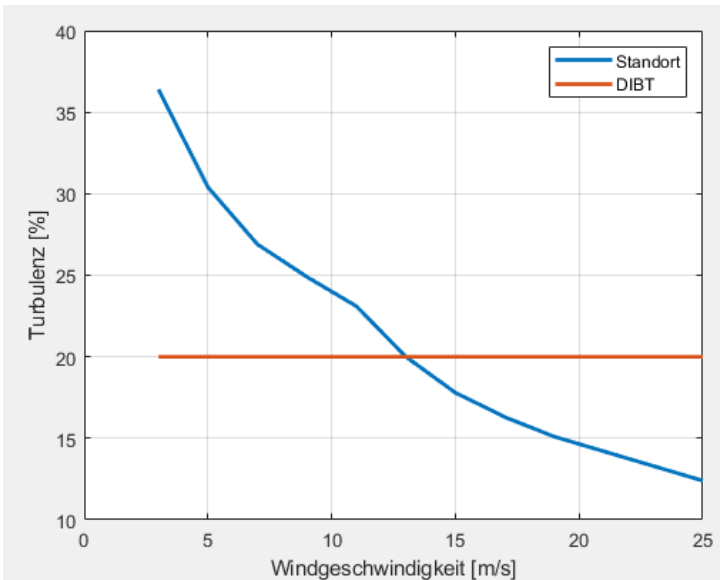


Typenprüfung nach DIBt WZ3

- Luftdichte = 1.25 kg/m³
- Windscherung = 0.16
- Verfügbarkeit 100%

Standort

- Luftdichte = 1.245 kg/m³
- Windscherung = 0.1464
- Verfügbarkeit 97%



Ermittlung der Turbulenz



Die Turbulenz wird ermittelt aus:

- Orographie bestimmt anhand von Standort-Begehung und Rauigkeitsatlas
- Nachlauf von den Umliegenden WEA
- Windrichtungs- und Geschwindigkeitsverteilung



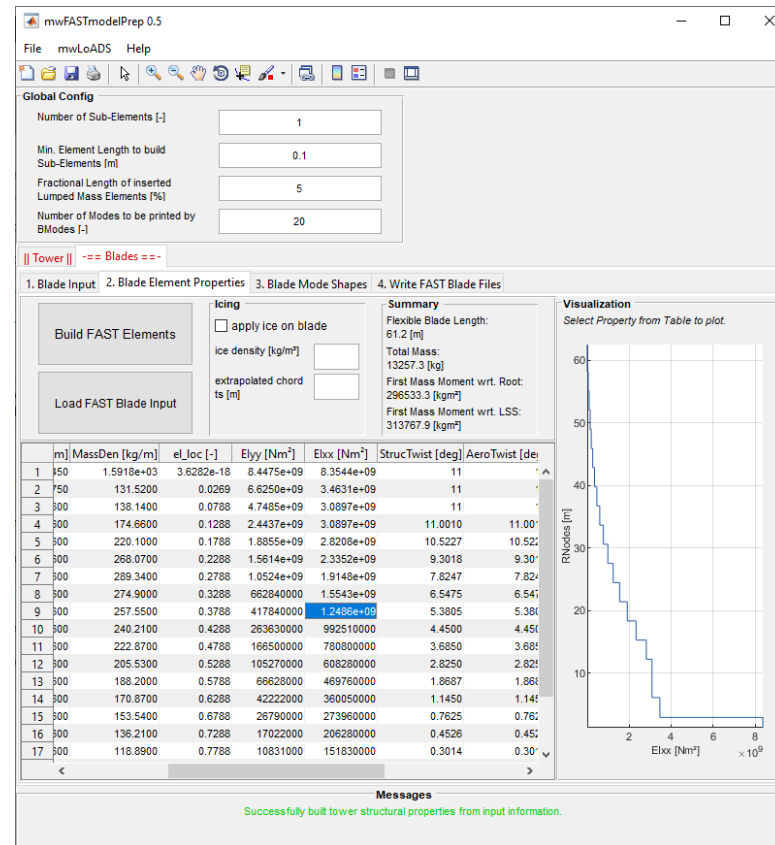
Generisches Turbinenmodell



- Aero-elastische Simulation mit FAST und Pre- und Postprocessing mit mwLoADS

- Modell wird erstellt anhand von Informationen aus:

- Typenprüfungsunterlagen
- Spezifikationen
- Vor-Ort Messungen
- Bestandsaufnahmen



Global Config

Number of Sub-Elements [-]: 1

Min. Element Length to build Sub-Elements [m]: 0.1

Fractional Length of inserted Lumped Mass Elements [%]: 5

Number of Modes to be printed by BModes [-]: 20

|| Tower || -== Blades ==-

1. Blade Input 2. Blade Element Properties 3. Blade Mode Shapes 4. Write FAST Blade Files

apply ice on blade

ice density [kg/m³]:

extrapolated chords [m]:

Summary

Flexible Blade Length: 61.2 [m]

Total Mass: 13257.3 [kg]

First Mass Moment wrt. Root: 296533.3 [kgm²]

First Mass Moment wrt. LSS: 313767.9 [kgm²]

| | [m] | MassDen [kg/m] | e_Loc [-] | Elyy [Nm³] | Elxx [Nm³] | StrucTwist [deg] | AeroTwist [deg] |
|----|-----|----------------|------------|------------|------------|------------------|-----------------|
| 1 | 50 | 1.5916e+03 | 3.6282e-18 | 8.4475e+09 | 8.3544e+09 | 11 | |
| 2 | 750 | 131.5200 | 0.0269 | 6.6250e+09 | 3.4631e+09 | 11 | |
| 3 | 300 | 138.1400 | 0.0788 | 4.7485e+09 | 3.0897e+09 | 11 | |
| 4 | 300 | 174.6600 | 0.1288 | 2.4437e+09 | 3.0897e+09 | 11.0010 | 11.0010 |
| 5 | 300 | 220.1000 | 0.1788 | 1.8855e+09 | 2.8208e+09 | 10.5227 | 10.5227 |
| 6 | 300 | 268.0700 | 0.2288 | 1.5614e+09 | 2.3352e+09 | 9.3018 | 9.3018 |
| 7 | 300 | 289.3400 | 0.2788 | 1.0524e+09 | 1.9148e+09 | 7.8247 | 7.8247 |
| 8 | 300 | 274.9000 | 0.3288 | 662840000 | 1.5543e+09 | 6.5475 | 6.5475 |
| 9 | 300 | 257.5500 | 0.3788 | 417840000 | 1.2488e+09 | 5.3805 | 5.3805 |
| 10 | 300 | 240.2100 | 0.4288 | 263630000 | 992510000 | 4.4500 | 4.4500 |
| 11 | 300 | 222.8700 | 0.4788 | 166500000 | 780800000 | 3.6850 | 3.6850 |
| 12 | 300 | 205.5300 | 0.5288 | 105270000 | 608280000 | 2.8250 | 2.8250 |
| 13 | 300 | 188.2000 | 0.5788 | 666280000 | 469760000 | 1.8687 | 1.8687 |
| 14 | 300 | 170.8700 | 0.6288 | 422220000 | 360050000 | 1.1450 | 1.1450 |
| 15 | 300 | 153.5400 | 0.6788 | 267900000 | 273960000 | 0.7625 | 0.7625 |
| 16 | 300 | 136.2100 | 0.7288 | 170220000 | 206280000 | 0.4526 | 0.4526 |
| 17 | 300 | 118.8900 | 0.7788 | 108310000 | 151830000 | 0.3014 | 0.3014 |

Visualization

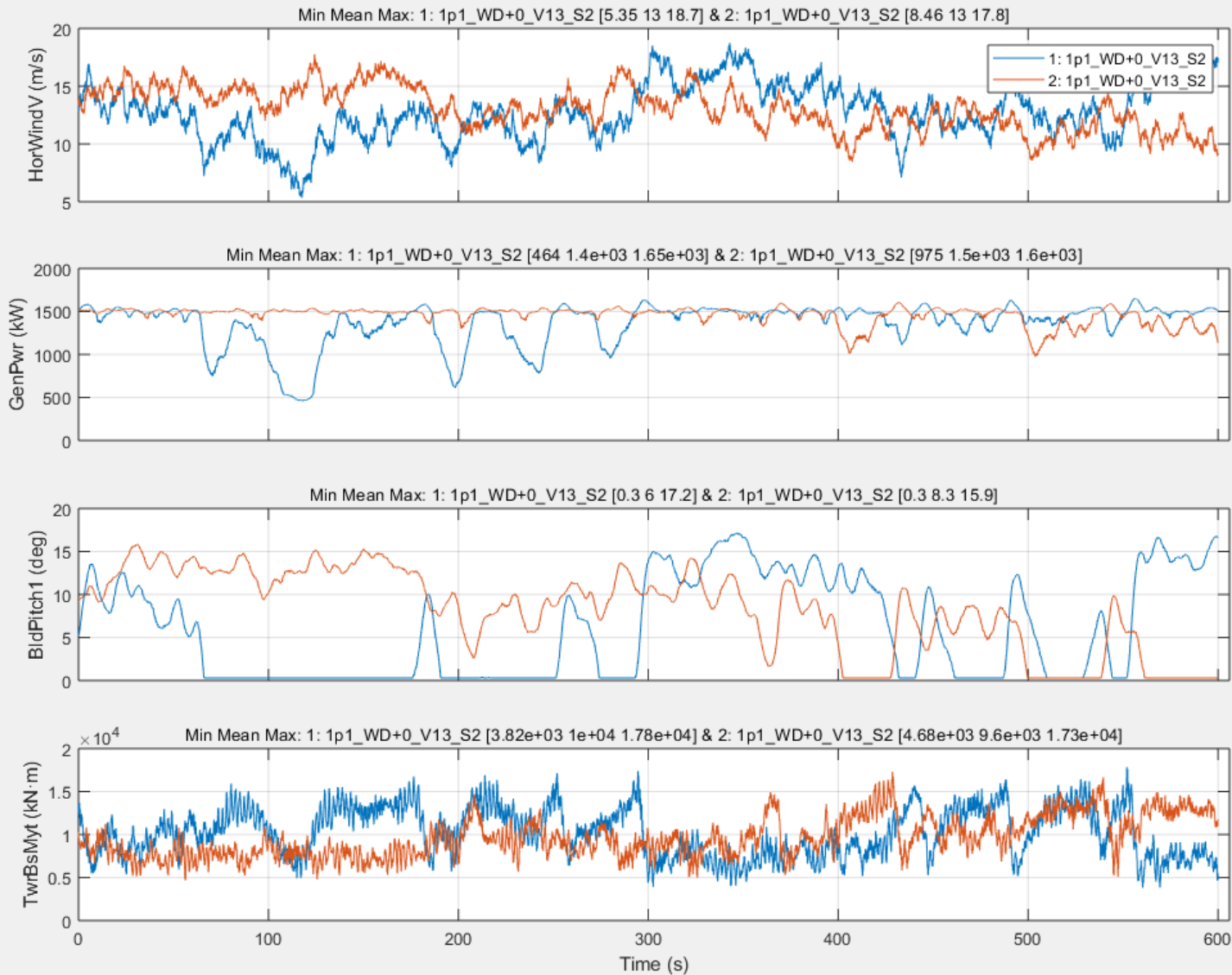
Select Property from Table to plot.

RNodes [m] vs Elcx [Nm²] × 10⁹

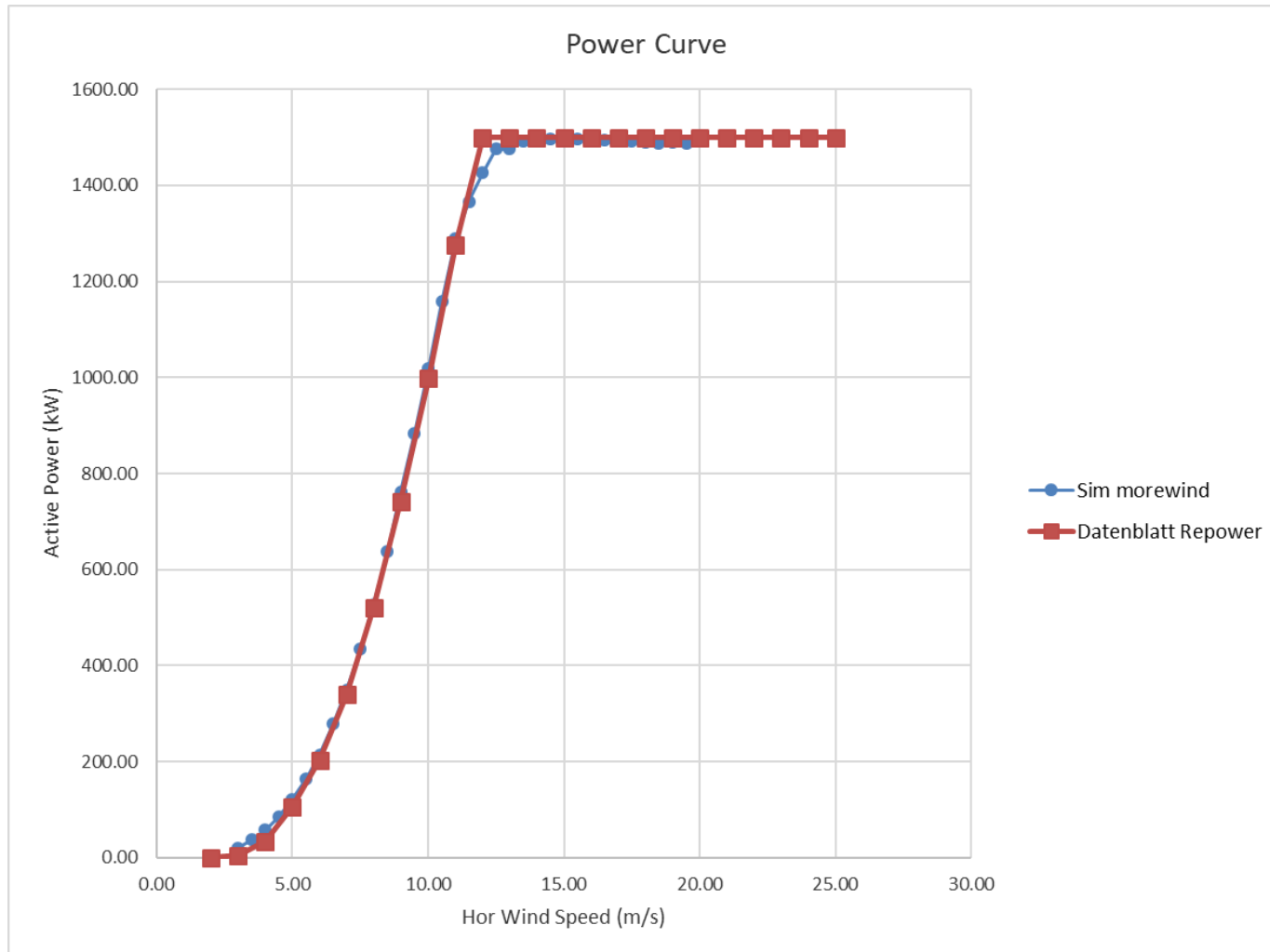
Messages

Successfully built tower structural properties from input information.

Beispiel Zeitreihe @13m/s



Modell Plausibilisierung



Lebensdauer



| Komponente | Restlebensdauer [Jahre] |
|--|--------------------------------------|
| Rotorblatt | 10 (6+4 aufgrund des Blattwechsels)) |
| Blattlagerringe | 5 |
| Schraubenverbindungen Blatt/Blattlager/Nabe | 4 |
| Nabe (Guß) | 5 |
| Schraubenverbindung Nabe/Hauptwelle | 6 |
| Hauptwelle (geschmiedet oder Guß) | 10 |
| Hauptlagergehäuse (Guß) | >20 |
| Drehmomentstütze und Planetenträger (Guß) | 6 |
| Schrauben Drehmomentstütze | 13 |
| Maschinenträger (geschweißt oder Guß) | >20 |
| Turmkopf | 8 |
| Turmfuss | 6 |
| Fundament | >20 |

Die kürzeste Lebensdauer tritt an rotierenden Komponenten, wo die Gewichtskraft zur wechselnden Belastung wird (z.B. Blattbolzen)

Fragen?



Sachverstand mit Weitblick
AUCTORITEC

20+

 **RECASE**[®]
REGENERATIVE ENERGIEN

 **morewind**
engineering solutions

Kontakt




morewind engineering solutions GmbH

Neuer Markt 12

D-18055 Rostock

Tel: +49 (0) 381 377 97 692

E-Mail: info@morewind-engineering.de



make **more** out of your **wind** solutions