

Wirtschaftlichkeit  
Nutzungsdauer  
Weiterbetrieb  
Materialermüdung  
Rechenmodelle  
Retrofit  
Richtlinien  
Inspektion  
Strompreis  
Marktwert  
Lastfälle  
Betriebskosten  
Lastkollektive  
Standicherheit  
Komponentenspezifisch  
Windgeschwindigkeit  
Schwachstellenanalyse  
Turbulenzen  
Betriebsfestigkeitsrechnung

# Daten, Daten, Daten – Weiterbetrieb von WEA

## *Die Frage nach dem Leben, dem Universum und dem ganzen Rest*

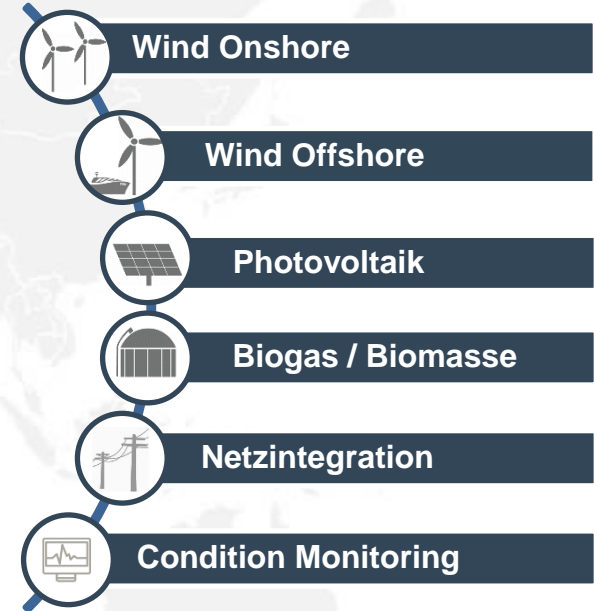
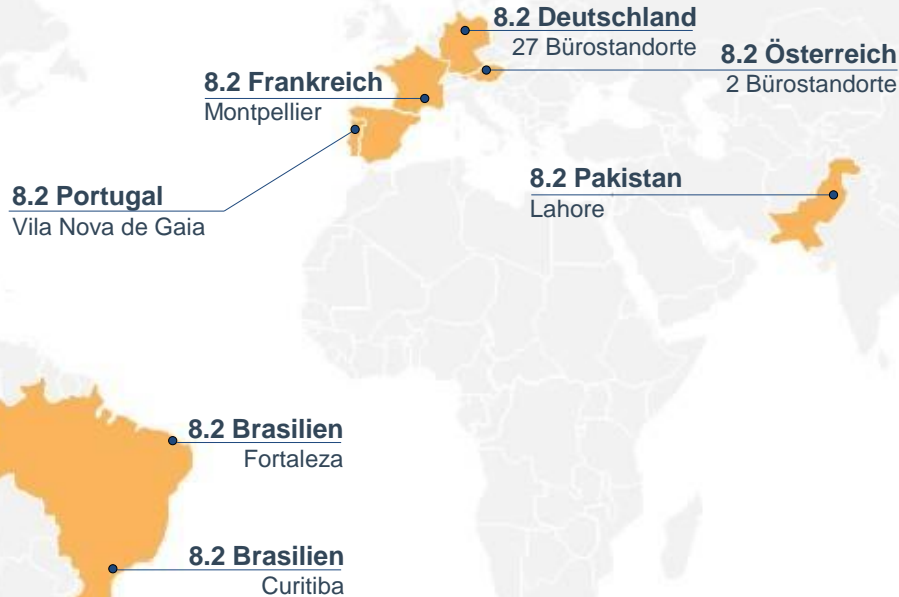
Windenergietage, Potsdam | Forum 14 | 11.11.2021

Philipp Stukenbrock

8.2 Consulting AG



# 8.2 Group als weltweites Expertennetzwerk



1995 gegründet – heute 34 internationale Standorte und über 25 Jahre Erfahrung

# 8.2 Group Expertise – eine Auswahl



Fundierte Kenntnisse aller Turbinentypen  
> **65.000** geprüfte Turbinen



Mehr als 25 Jahre Erfahrung im Bereich  
der BHKW-Technik mit Biomasse und  
Biogas



Mehr als 4 GWp PV Projekte



Due Diligence für über 20 GW On- und  
Offshore weltweit



Risikoorientierte Design Reviews für  
diverse Turbinentypen (On-/ Offshore)



Weiterbetrieb von Windenergieanlagen  
> **1.000** Gutachten erstellt

## Technische Leistungen

- Inspektionen entlang des gesamten Lebenszyklus
- Audits & Fertigungsüberwachung
- Bauüberwachung
- Condition Monitoring (Online/Offline)

## Beratungsleistungen

- Technische Due Diligence
- Schadens- und Wertgutachten
- Betriebsoptimierung
- Netzintegration
- **Gutachten zum Weiterbetrieb**

# Das Team beantwortet...

*Die Frage nach dem Leben dem Universum und dem ganzen Rest*



# 42

## *Die Frage nach dem Leben dem Universum und dem ganzen Rest*

### WEA

- » Geburtsurkunde - Typenprüfung inkl. aller Stellungnahmen und Lastannahmen
- » WEA Logbuch (Tagebuch) Daten (Typ, Seriennr., IBN Datum, NH, Rotor, Turm, ...)
- » Schwachstellenanalyse
- » Typenspezifische Risiken, Zustandsbewertungen
- » Kritikalität usw....

### Umgebung

- » Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe
- » Windverteilung (A-Faktor und k-Faktor)
- » Turbulenzgutachten
- » Nachbaranlagen im Radius von 10D inkl. Koordinaten IBN, NH etc.
- » ...

### „Rest“

- » Liste ausgetauschter, sicherheitsrelevanter Komponenten
- » Durchgeführte WKP
- » Baugrundgutachten
- » Verfügbarkeitsstatistik
- » Technische Dokumentation, Typenbezeichnung RB
- » ...

# Das Leben geht zu Ende, oder...?

## Rückbau

- Wie hoch liegen die Kosten?
- Wohin mit der Altanlage?
- Zweitmarkt?

## Repowering

- Wie ist der rechtliche Rahmen (Abstandsregeln, Höhenbegrenzungen)?
- Ist der Standort noch Windvorranggebiet?

## Weiterbetrieb

- Wann lohnt sich der Weiterbetrieb?
- Welche technischen Voraussetzungen müssen erfüllt werden?
- Welche wirtschaftlichen Aspekte müssen berücksichtigt werden?





# Die E-66 fragt:

„Wie lange lebe ich noch, hat das alles einen Sinn?“

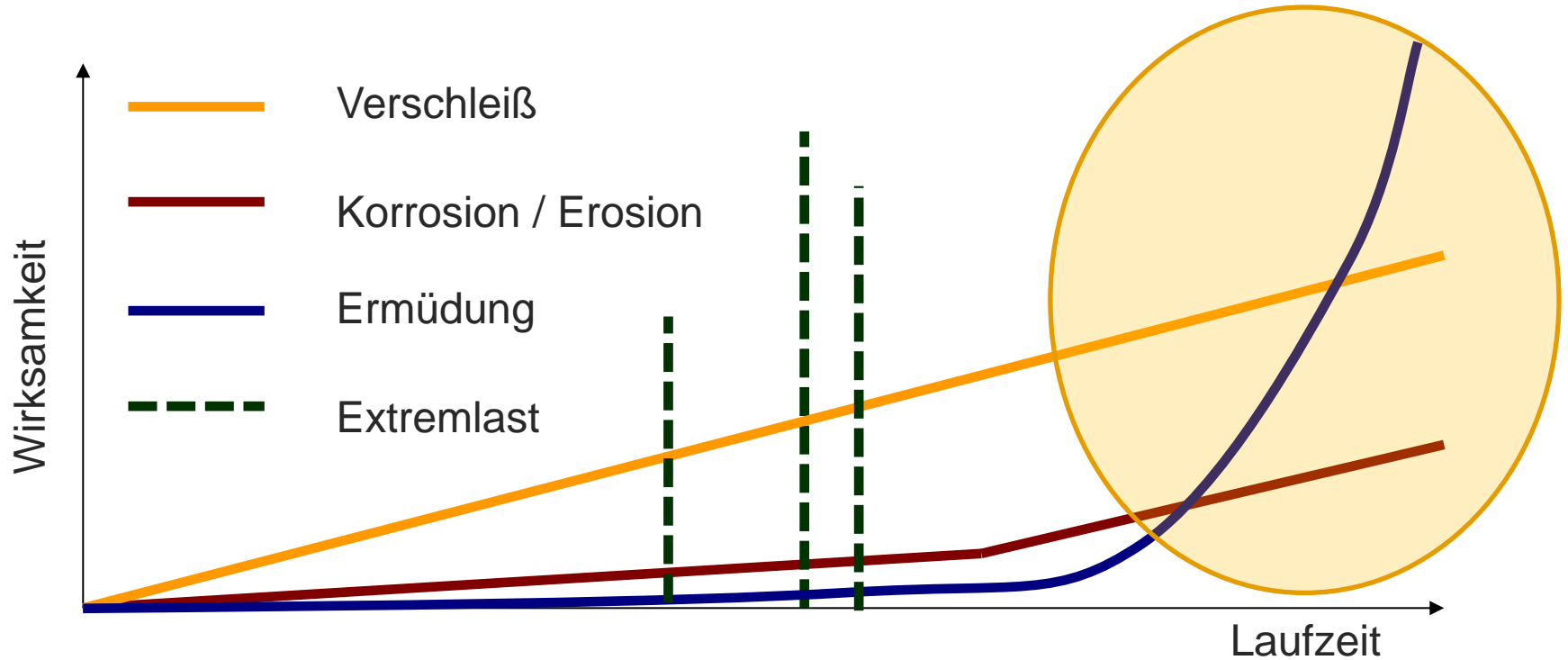
Leben  
Universum  
Rest



12

Wie macht der das?  
Was bringt mir diese Zahl? ...

# Alterungsmechanismen von Werkstoffen



# Das Gutachten (BPW) 8.2

## Inhaltsverzeichnis

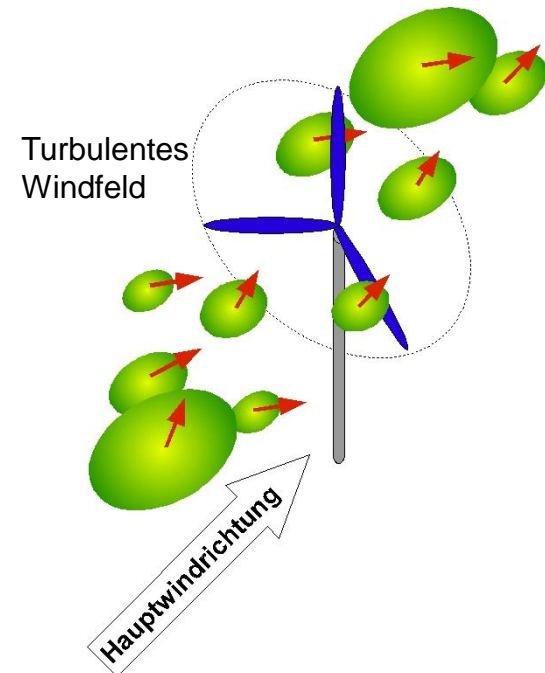
0. Bewertungsergebnis.....	2
1. Allgemeiner Teil.....	4
1.1 Aufgabenstellung.....	4
1.2 Daten der Windenergieanlage.....	4
1.3 Informationen und Richtlinien.....	5
1.4 Daten des Standortes.....	6
1.5 Panoramaübersicht.....	7
2. Verfahren zur Bestimmung der Gesamtnutzungsdauer.....	8
2.1 Definition Nutzungsdauer.....	8
2.2 Analytische und praktische Methode.....	9
2.3 Prüfkriterien – BPW.....	10
3. Bewertung der Anlage mit der analytischen Methode.....	11
3.1 Erläuterung analytischer Nachweis der Gesamtnutzungsdauer.....	11
3.2 Würdigung analytischer Nachweis.....	12
3.3 Ergebnis analytischer Nachweis.....	15
4. Prüfung der Anlage – praktischer Teil.....	16
4.1 Risiko- bzw. Fehleranalyse.....	16
4.2 Konformität zur Baugenehmigung.....	16
4.3 Informationen zur Instandhaltung.....	16
4.4 Prüfung bzw. Inspektion der Anlage.....	17
4.5 Ergebnis der praktischen Prüfung.....	18
5. Auflagen für den Weiterbetrieb.....	19
A. Anhang: Analytischer Teil	
A.1 Ermittlung Nutzungsdauer/Simulationsergebnisse	
A.2 Windverhältnisse am Standort	
B. Anhang: Praktische Prüfung	
B.1 Prüfbericht zur technischen Prüfung der Anlage	

DATEN,  
DATEN,  
DATEN

Methodik

WEA  
Inspektion  
Schwachstelleanalyse

Unter welchen Randbedingungen  
darf es weitergehen



# Das Gutachten (BPW) 8.2

## Inhaltsverzeichnis

0. Bewertungsergebnis.....	2
1. Allgemeiner Teil.....	4
1.1 Aufgabenstellung.....	4
1.2 Daten der Windenergieanlage.....	4
1.3 Informationen und Richtlinien.....	5
1.4 Daten des Standortes.....	6
1.5 Panoramaübersicht.....	7
2. Verfahren zur Bestimmung der Gesamtnutzungsdauer.....	8
2.1 Definition Nutzungsdauer.....	8
2.2 Analytische und praktische Methode.....	9
2.3 Prüfkriterien – BPW.....	10
3. Bewertung der Anlage mit der analytischen Methode.....	11
3.1 Erläuterung analytischer Nachweis der Gesamtnutzungsdauer.....	11
3.2 Würdigung analytischer Nachweis.....	12
3.3 Ergebnis analytischer Nachweis.....	15
4. Prüfung der Anlage – praktischer Teil.....	16
4.1 Risiko- bzw. Fehleranalyse.....	16
4.2 Konformität zur Baugenehmigung.....	16
4.3 Informationen zur Instandhaltung.....	16
4.4 Prüfung bzw. Inspektion der Anlage.....	17
4.5 Ergebnis der praktischen Prüfung.....	18
5. Auflagen für den Weiterbetrieb.....	19
A. Anhang: Analytischer Teil	
A.1 Ermittlung Nutzungsdauer/Simulationsergebnisse	
A.2 Windverhältnisse am Standort	
B. Anhang: Praktische Prüfung	
B.1 Prüfbericht zur technischen Prüfung der Anlage	

# Herausforderungen

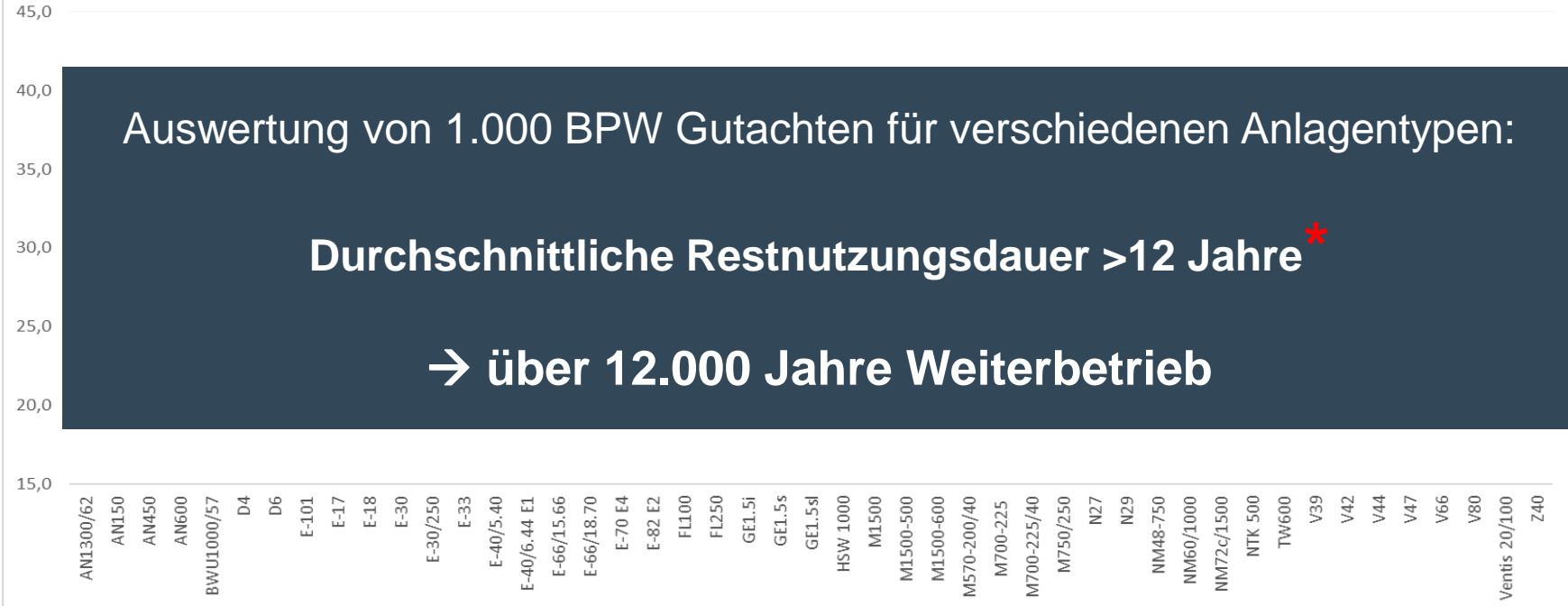
- Preisdruck Inspektionen (TP MA und speziell TP RB)
- Datenbeschaffung
- Qualität vs. Marktpreise – „Über den Tellerrand“ wird nicht mehr bezahlt
- Weniger ist mehr...? Anerkennung von Prüfberichten...
- Neue Richtlinien / Gesetze ...
- Erklärungsbedürftige Dienstleistungen  
→ Black Box
- Vielfalt der Akteure und fehlende Standards
- Behörden
- Nicht alles kann bei einer Sichtprüfungen entdeckt werden – Unsicherheit



Ermüdung  
an Hauptwelle  
(Stahl)

# Ergebnisse aus über 50 versch. Anlagentypen

## 8.2 - BPW Variation Gesamtnutzungsdauer je WEA Typ in Jahren



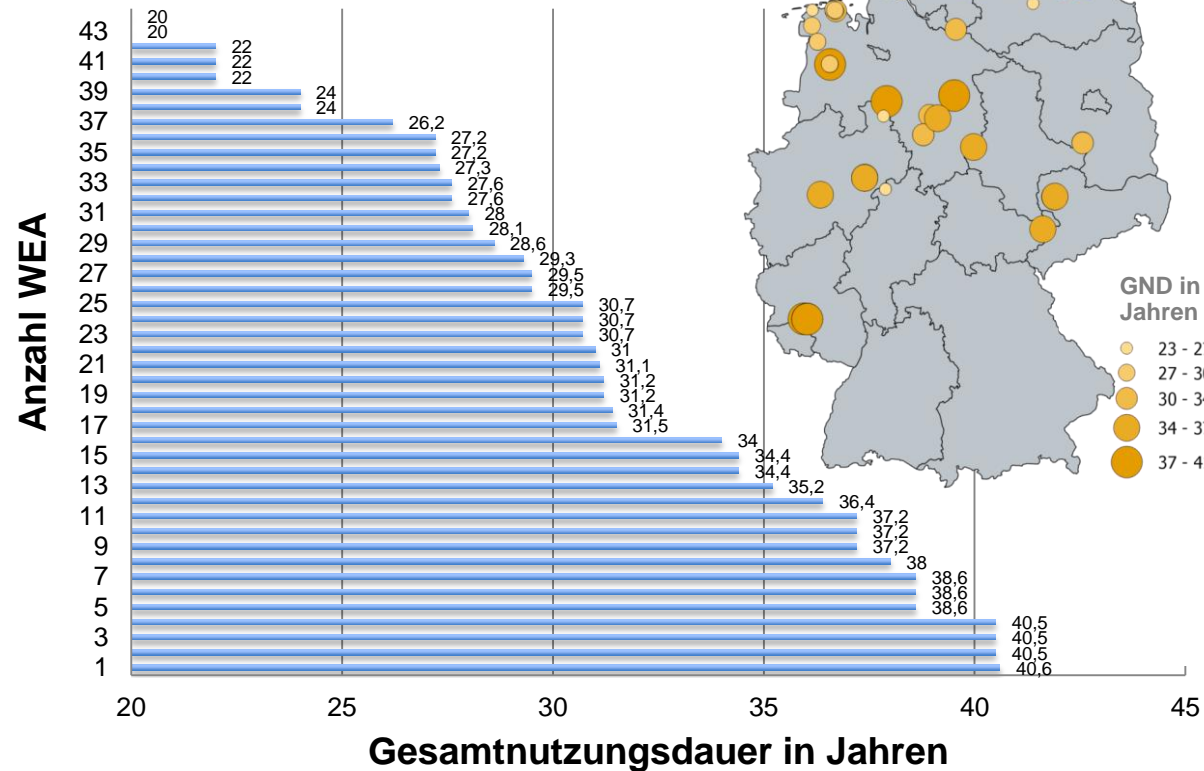
# \* Jede Gutachtliche Stellungnahme ist individuell

## Einflussfaktoren (Informationsbedarf)

- Mittlere Jahreswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe
- Windprofil
- Windrichtungsverteilung (beim Tragwerk)
- Turbulenzen (natürliche und effektive)
- Temporäre Abschaltungen
- Instandhaltung (Erneuerung von Hauptkomponenten)
- Änderung der Betriebsbedingungen der Anlage
- Änderung der Belastungssituation Umgebung (Zu-, Rückbau)

# Bericht aus der Praxis – Ergebnisse

## Enercon E-40/5.40



- » Jede Anlage hat eine **individuelle** Gesamtnutzungsdauer
- » **Analytische Methoden** zur Berechnung der GND stehen zur Verfügung
- » Simulation und Berechnung der Nutzungsdauer – **Exakt und Komponentenspezifisch**
- » **Praktische Prüfungen und Schwachstellanalyse** sichern das analytische Ergebnis ab
- » Die **Richtlinien, Normen, Grundsätze** zum Thema „Weiterbetrieb“ liegen vor




# Ergebnisse Praxisbeispiel GE1,5s, NH:65m

Komponente	Material	Steigung Wöhlerkennlinie	Angenommene Lebensdauer Standort	Gesamtnutzungs- dauer GE1.5s am Standort XXX
Blattwurzel	GFK (Polyester)	10	20a	> 40 Jahre
Verschraubungen Blattlager	Stahl	4	20a	32,5 Jahre
Nabe	Guss	8	20a	37,8 Jahre
Rotorwelle	Stahl	4	20a	> 40 Jahre
Grundrahmen	Stahl	4	20a	> 40 Jahre
Grundrahmen (optional)	Guss	8	20a	> 40 Jahre
Stahlrohrturm	Stahl	4	20a	> 40 Jahre
Verbindung Turm-Fundament	Stahl	4	20a	> 40 Jahre
Fundament	Stahl	4	20a	> 40 Jahre

# Variationen durch lastarme Betriebsweise

- Windpark mit GE1.5s auf 65m Stahlrohrturm
- Abschalten der Anlage ab Windgeschwindigkeiten >10m/s

Komponente	Material	Steigung Wöhler- kennlinie	Gesamtnutzungs- dauer GE1.5s am Standort XXX	Faktor bei 10m/s Abschalt- Windgeschwindig- keit	Erweiterte Gesamtnutzungs- dauer GE1.5s
Verschraubungen Blattlager	Stahl	4	32,5 Jahre	1,25	40,6 Jahre
Nabe	Guss	8	37,8 Jahre	2,24	84,6 Jahre

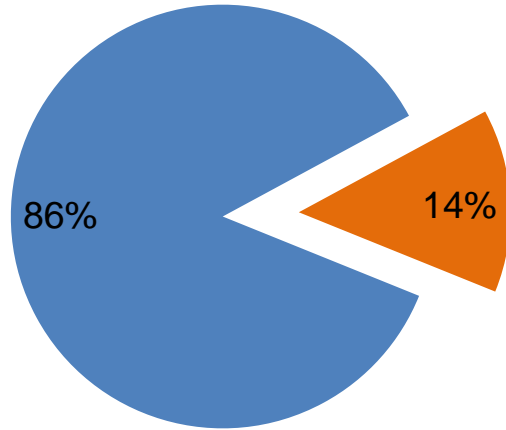


- Entwicklung Strompreise & Onshore Marktwerte

# Analyse der Schwachstellen je Komponente

## Schwächste Komponente

(Auswertung von 200 BPW-Berichten, versch. WEA-Typen)

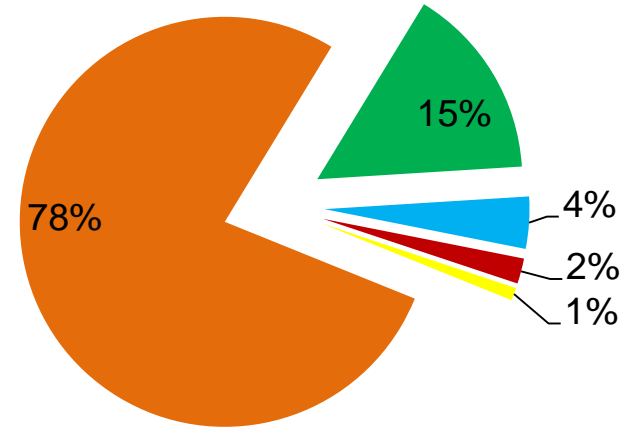


■ Blattbolzen

■ Andere Komponenten

## Zweitschwächste Komponente

(WEA-Typ E-40)



■ Andere Komponenten

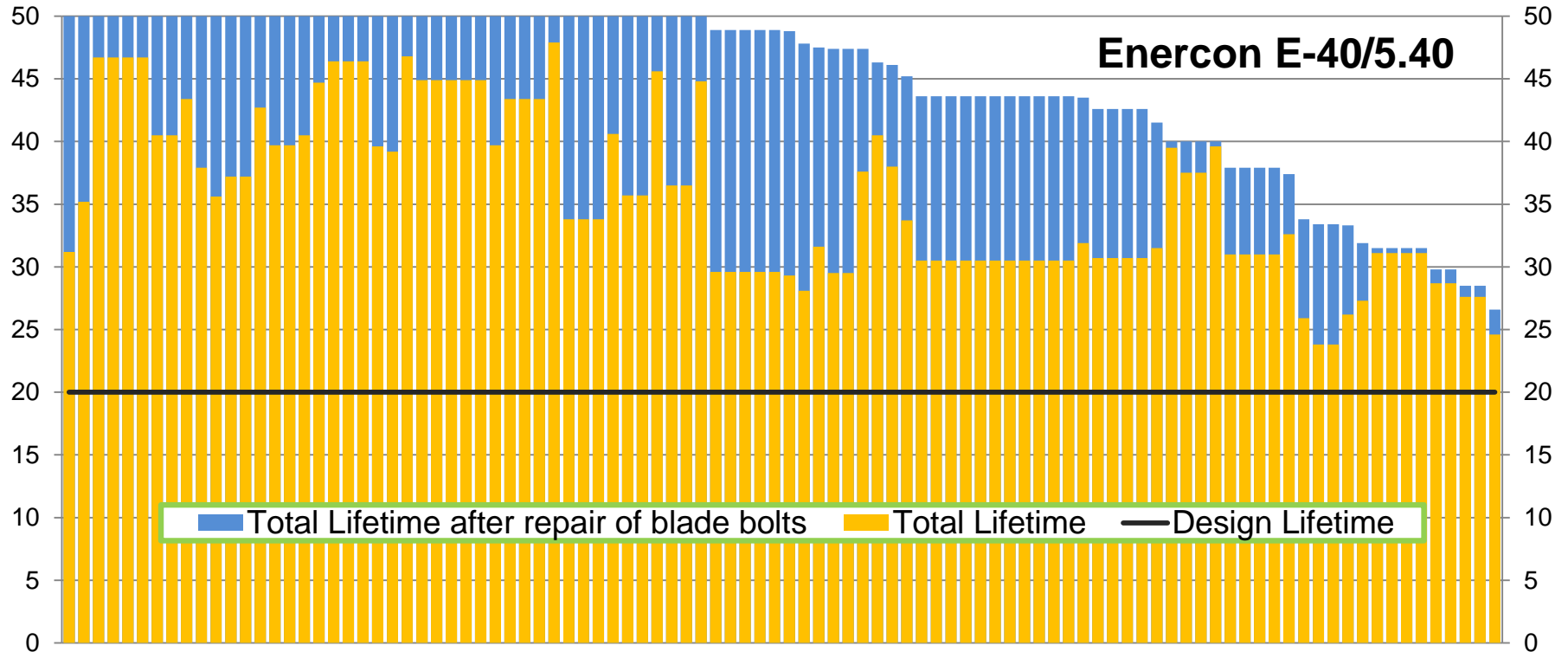
■ Nabe

■ Rotorblatt

■ Turm

■ Hauptrahmen

# Lebensdauer nach Reparatur der Blattbolzen



# Prognose Ausfallwahrscheinlichkeit post EEG

WEA Z2		Likelihood of event resp. Failure (P50)									
Critical Component	Component data	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Rotor blades	LA31	3,1%	4,2%	5,3%	6,4%	7,5%	8,6%	9,7%	10,8%	11,9%	13,0%
Rotor blades	ML35	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%
Pitch system (Hydraulic)	Version without Update	20,0%	25,0%	30,0%	35,0%	40,0%	45,0%	50,0%	55,0%	60,0%	65,0%
Pitch system (Hydraulic)	Version with Update	1,0%	2,0%	3,0%	4,0%	5,0%	6,0%	7,0%	8,0%	9,0%	10,0%
Main bearing	all types	2,5%	3,5%	4,5%	5,5%	6,5%	7,5%	8,5%	9,5%	10,5%	11,5%
Gearbox	PEAY 43xx,y	8,6%	9,5%	10,5%	11,4%	12,4%	13,3%	14,3%	15,2%	16,2%	17,1%
Gearbox	PEAY 43xx,z	7,0%	7,8%	8,6%	9,4%	10,2%	11,0%	11,8%	12,6%	13,4%	14,2%
Gearbox	all other types	3,2%	3,8%	4,4%	5,0%	5,6%	6,2%	6,8%	7,4%	8,0%	8,6%
Generator winding failure	all types	4,0%	5,0%	6,0%	7,0%	8,0%	9,0%	10,0%	11,0%	12,0%	13,0%

- Bestimmung der kritischen Komponenten / Bessere Risikoabwägung PPA

# Kurzanalyse

Prinzipiell gleiches Vorgehen im analytischen Teil

- » Eingeschränkte, nicht richtlinienkonforme Anzahl von Simulationen
- » Ausweis der Restnutzungsdauer nicht auf WEA-Komponentenbasis
- » Nicht zur Vorlage bei den Prüfbehörden / Bauämtern geeignet

## Kombination aus Simulation und über 33-jähriger Erfahrung im WEA-Design und Lastberechnung

### Nutzen

- » Hochwertige globale Aussage über Restnutzungsdauer
- » Schnelle Entscheidungshilfe für Betreiber, Käufer, Verkäufer
- » Kein finanzielles Risiko, da einfaches Upgrade auf vollständige Analyse

*100% Anrechnung  
der Kosten der Kurzanalyse  
auf vollständige Analyse*

# Das Weiterbetriebsgutachten – und jetzt?

Weiterbetriebsgutachten ist erst ein Teil der Entscheidungsfindung, ob ein Weiterbetrieb angestrebt wird.

Nach Erhalt der Weiterbetriebsgenehmigung stellen sich weitere Fragen:

- Können meine Risiken abgesichert werden?
- Soll ich für zusätzliche Messverfahren Geld bezahlen?
- Wer versichert mir kritische Komponenten
- Kann ich bei den Marktpreisen auch in den nächsten Jahren mithalten?

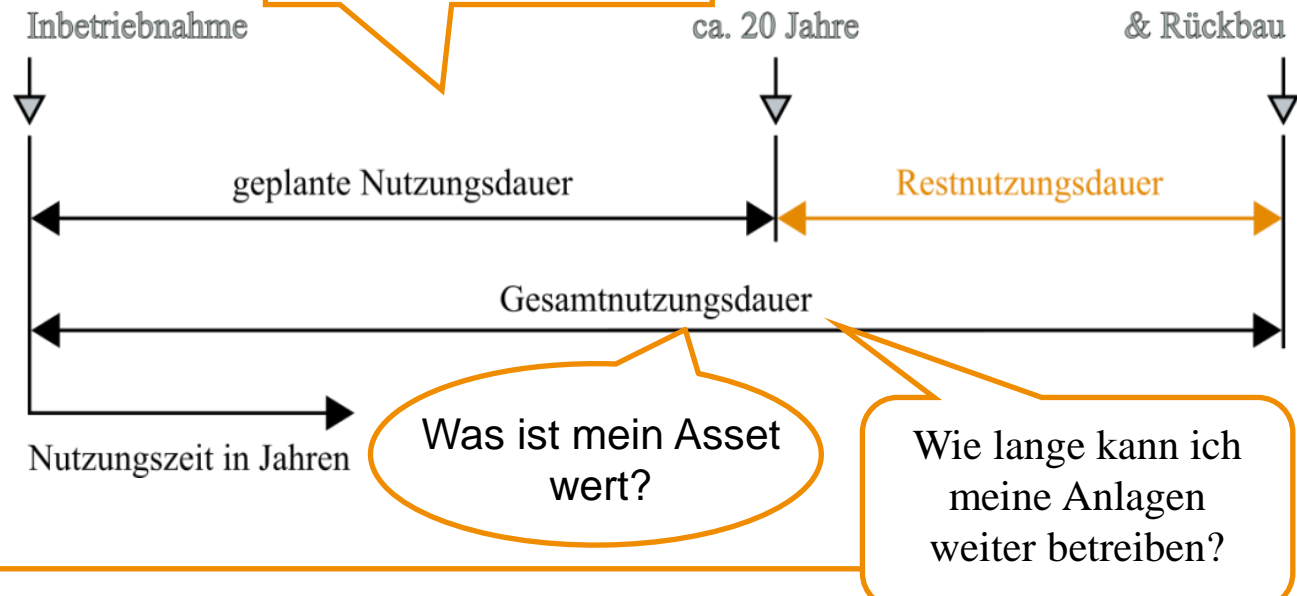


# Weiterbetrieb @8.2

Was kostet mich das alles?

Wann muss ich mit Ausfällen rechnen?

Welche Ausfälle habe ich zu befürchten?



Weitere Leistungen rund um den Weiterbetrieb:

- Zuverlässigkeitsanalyse
- FMEA
- Betriebskosten von Anlagen Post EGG (MCS)
- Trendanalyse
- Studien zum Weiterbetrieb
- Leitfaden zum Kauf von Alt-Anlagen
- Kurzanalyse



Wenn  
Weiterbetrieb  
gelingen soll,  
ist gemein-  
sames  
Handeln  
gefragt !



# 8.2 | The Experts in Renewable Energy



8.2 Consulting AG

Burchardstraße 17

20095 Hamburg

T +49 40 380 72 53 0

[buero-consulting-ag@8p2.de](mailto:buero-consulting-ag@8p2.de)