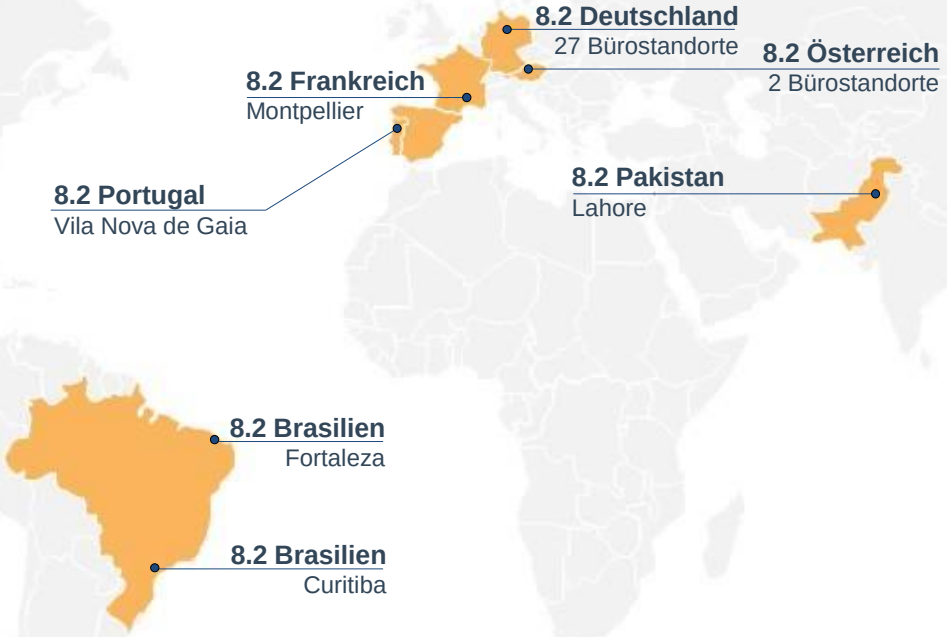
Weiterbetrieb
Materialermüdung
Rechenmodelle
Retrofit
Richtlinien
Strompreis
Marktwert
Lastfälle
Lastkollektive
Komponentenspezifisch
Windgeschwindigkeit
Betriebsfestigkeitsrechnung
Wirtschaftlichkeit
Nutzungsdauer
Inspektion
Betriebskosten
Standsicherheit
Schwachstellenanalyse
Turbulenzen

20 Jahre plus:
Weiterbetrieb aus Sicht eines Gutachters

Windenergietage, Potsdam | Forum 14 | 11.11.2021

Philipp Stukenbrock und Swen-Olaf Teichgräber
8.2 Consulting AG

8.2 Group als weltweites Expertennetzwerk



- Wind Onshore
- Wind Offshore
- Photovoltaik
- Biogas / Biomasse
- Netzintegration
- Condition Monitoring

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**

Die Anlage wird zum Twen – und dann?

Rückbau

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

Repowering

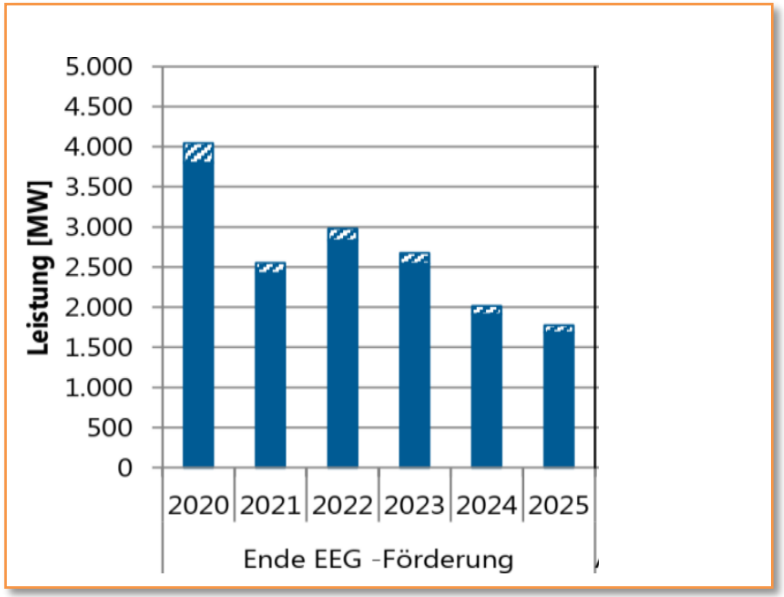
- Wie ist der rechtliche Rahmen (Abstandsregeln, Höhen-begrenzungen)?
- Ist der Standort noch Wind-vorranggebiet?

Weiterbetrieb

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

Marktübersicht Deutschland / EU / Global

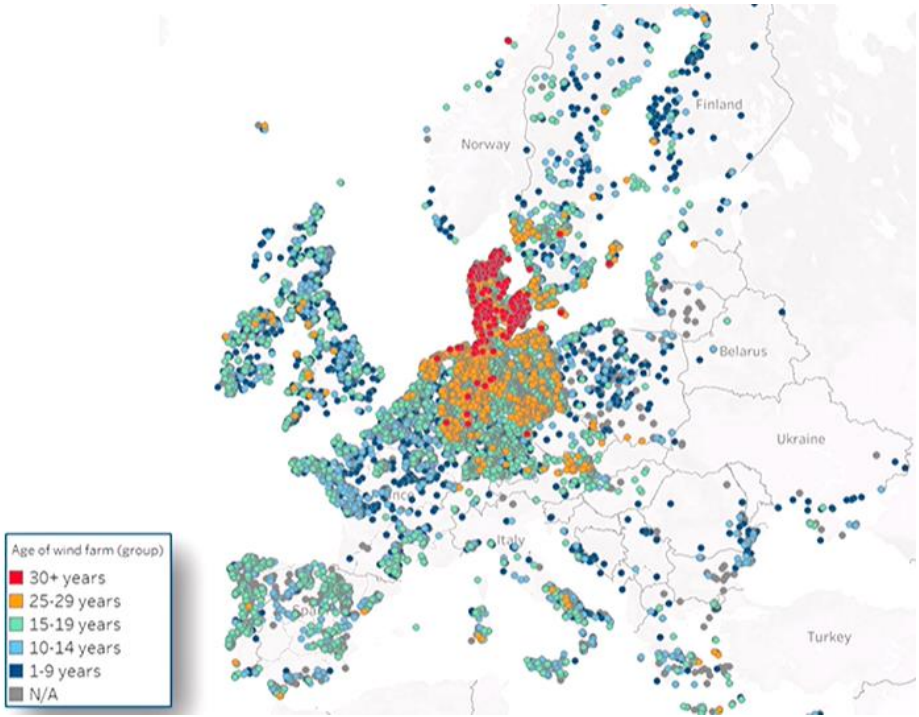
Bestandsanlagenleistung mit auslaufender EEG- Vergütung



- 2.500 MW und 3.000 MW an Post EEG-Anlagen in 2021 und 2022. Danach Rückgang bis 2028
- Die Durchschnittsleistung der Anlagen, die zwischen 2021 und 2024 das EEG verlassen, liegt bei **1,5-2 MW**
  → Wirtschaftlich relevante Größe für den Weiterbetrieb
- 2020 wurden 220 MW (= **200 WEA**) zurückgebaut

Quelle: BWE

Marktübersicht Deutschland / EU / Global

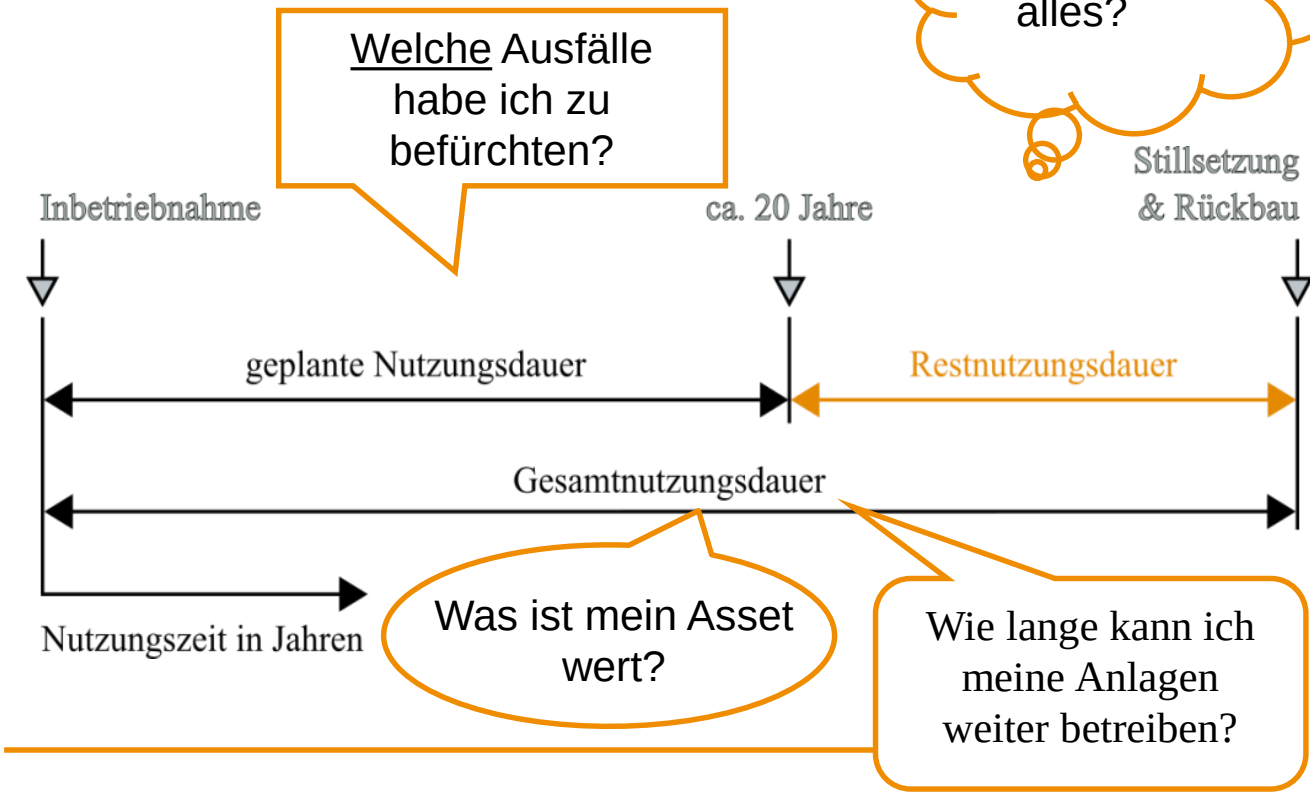


- Mehr als 43 GW **in der EU** sind bereits älter als 15 Jahre
- **Weltweit** erreichen 2021 – 2023 mehr als 20 GW (ca. 26.000 WEA das Ende der Entwurfslebensdauer

Quelle: WindEurope

Quelle: Global Wind Energy Council

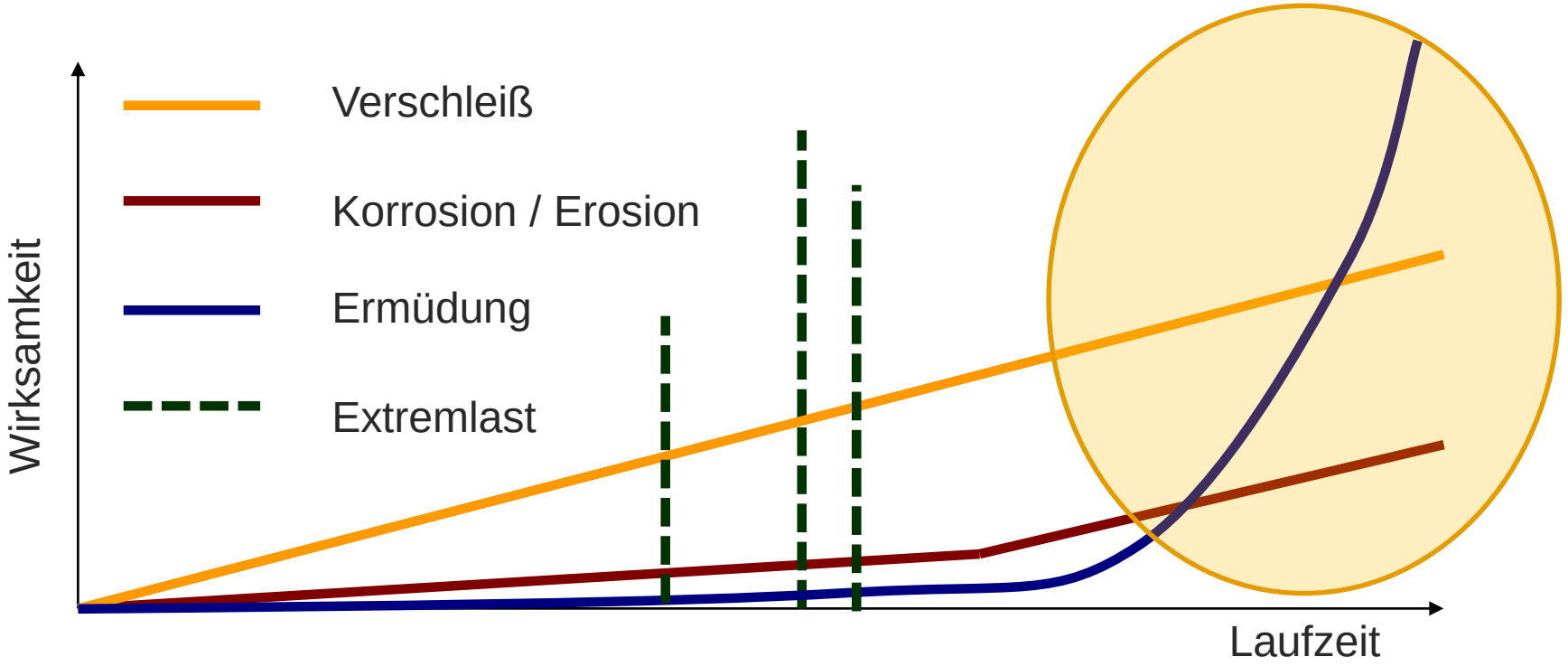
Weiterbetrieb @8.2



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

Alterungsmechanismen von Werkstoffen



Ermüdung an Hauptwelle (Stahl)

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

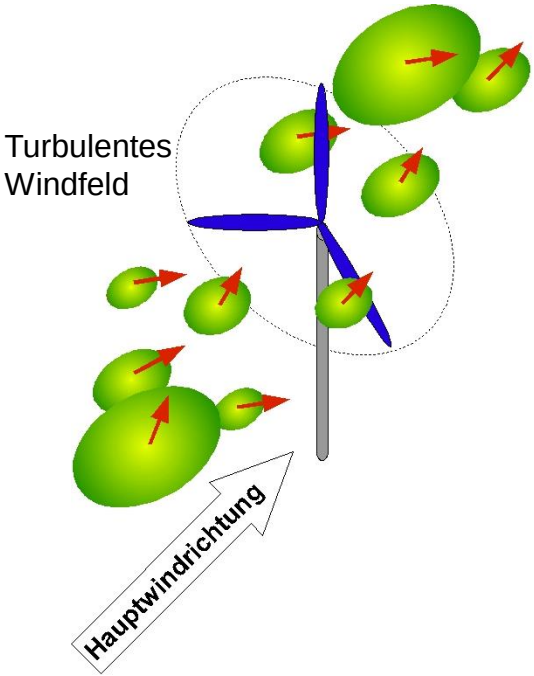
A. Anhang: Analytischer Teil
A.1 Ermittlung Nutzungsdauer/Simulationsergebnisse
A.2 Windverhältnisse am Standort
B. Anhang: Praktische Prüfung
B.1 Prüfbericht zur technischen Prüfung der Anlage

DATEN,
DATEN,
DATEN

Methodik

WEA
Inspektion
Schwachstelleanalyse

Unter welchen Randbedingungen darf es weitergehen



Das Gutachten (BPW) 8.2

Inhaltsverzeichnis

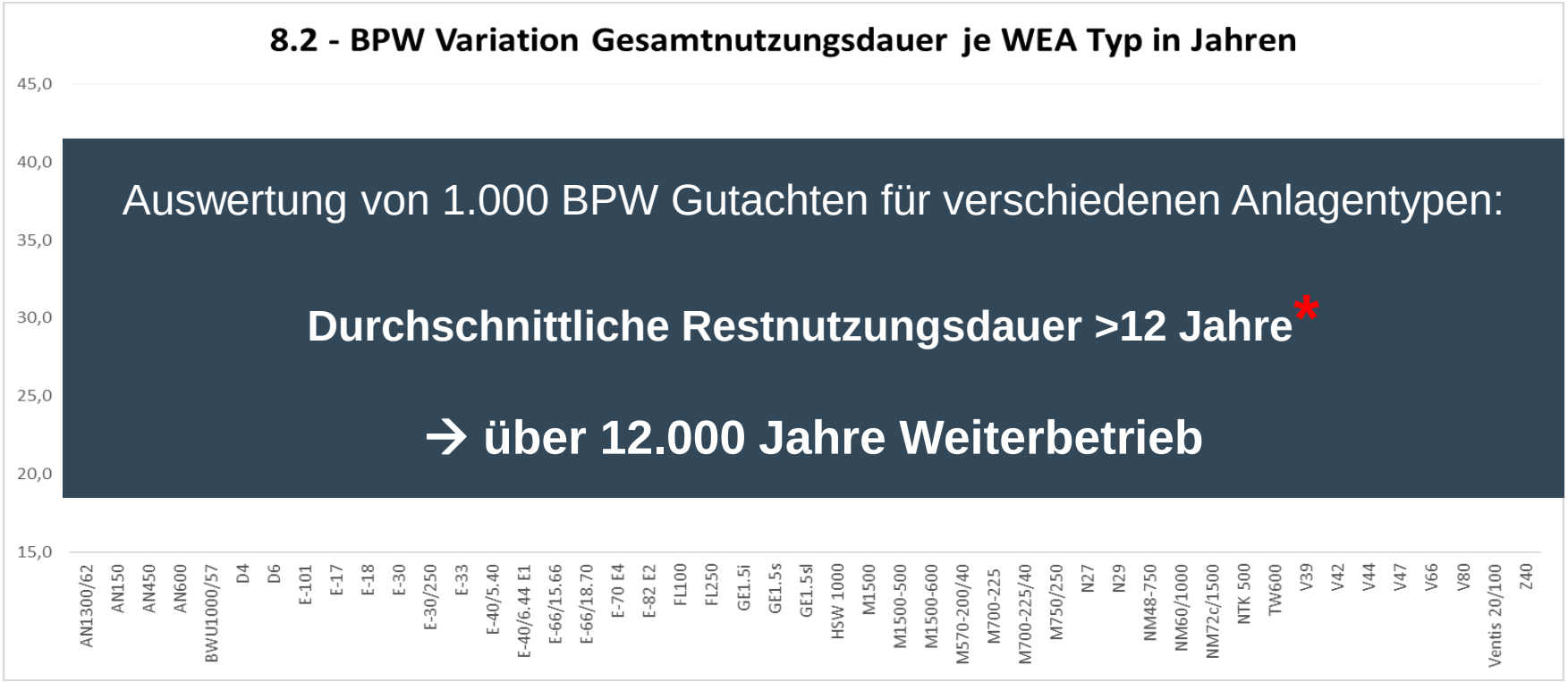
0. Bewertungsergebnis ... 2
1. Allgemeiner Teil ... 4
   1.1 Aufgabenstellung ... 4
   1.2 Daten der Windenergieanlage ... 4
   1.3 Informationen und Richtlinien ... 5
   1.4 Daten des Standortes ... 6
   1.5 Panoramaübersicht ... 7
2. Verfahren zur Bestimmung der Gesamtnutzungsdauer ... 8
   2.1 Definition 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
- Nicht alles kann bei einer Sichtprüfungen entdeckt werden – Unsicherheit
- Vielfalt der Akteure und fehlende Standards
- Behörden

Ergebnisse aus über 50 versch. Anlagentypen



Auswertung von 1.000 BPW Gutachten für verschiedenen Anlagentypen:

Durchschnittliche Restnutzungsdauer >12 Jahre*

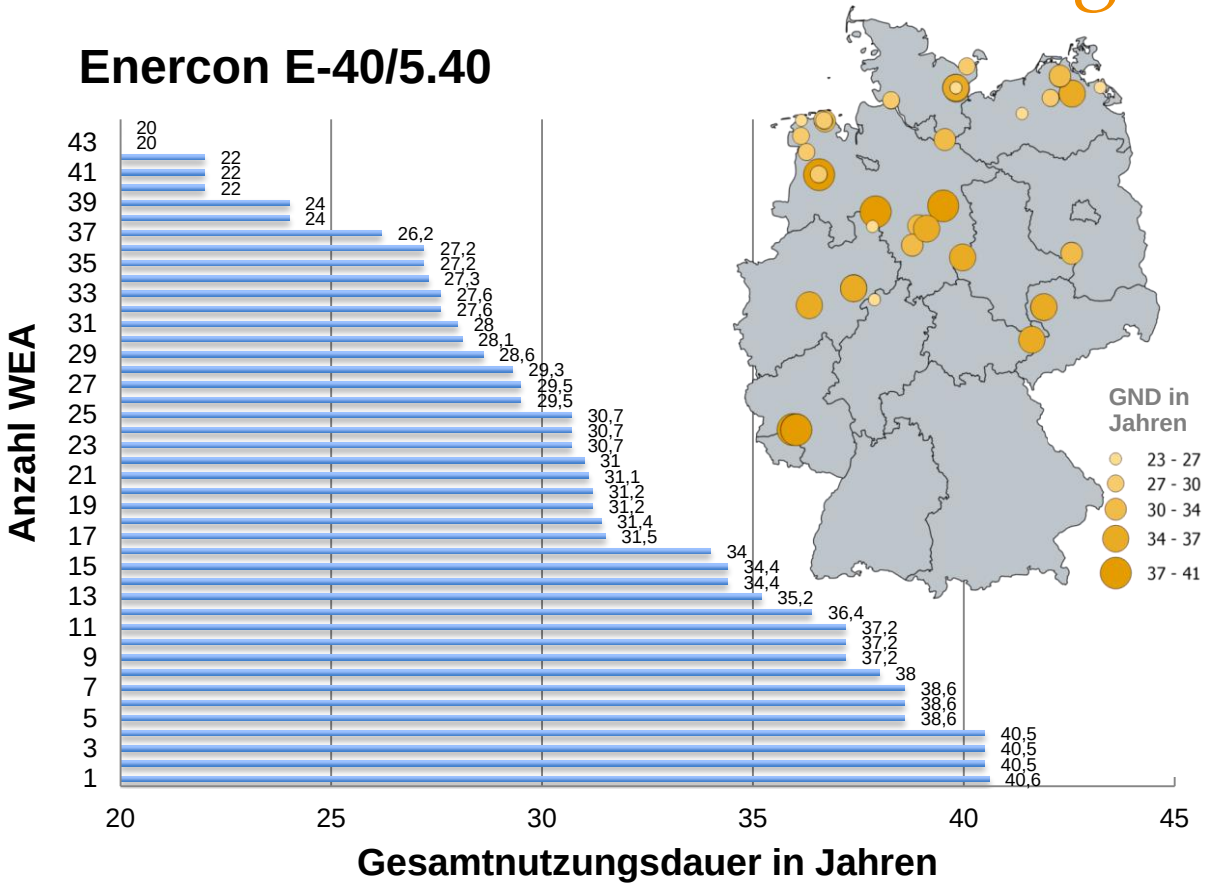
→ über 12.000 Jahre Weiterbetrieb

* 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



- 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

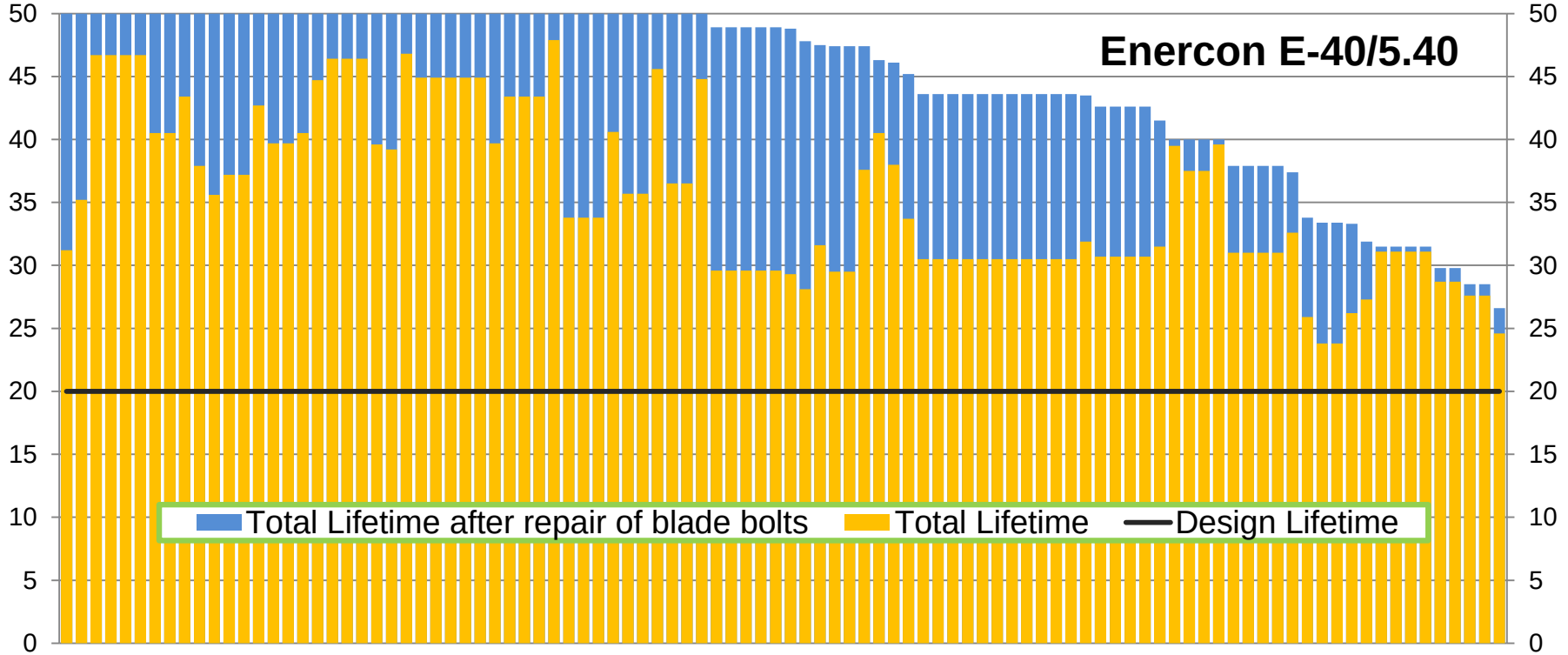
Variationen durch lastarme Betriebsweise

- 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

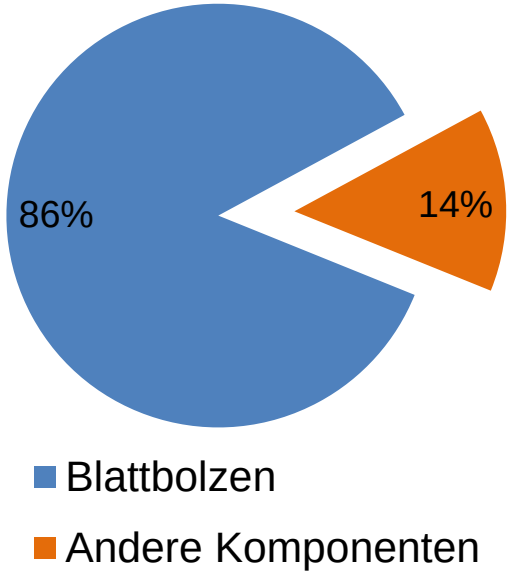
- Entwicklung Strompreise & Onshore Marktwerte

Lebensdauer nach Reparatur der Blattbolzen

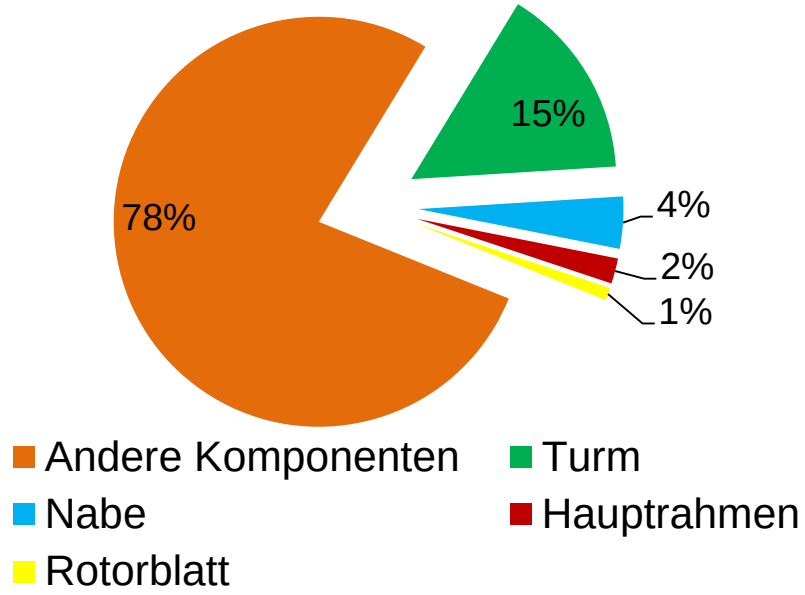


Analyse der Schwachstellen je Komponente

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



Zweitschwächste Komponente
(WEA-Typ E-40)



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?

8.2 | The Experts in Renewable Energy

8.2 Consulting AG
Burchardstraße 17
20095 Hamburg
T +49 40 380 72 53 0
buero-consulting@8p2.de