

WINDTURBINEN AM ENDE DER EEG-FÖRDERUNG

Spreewindtage in Linstow, 09. November 2022

Philipp Stukenbrock (8.2 Consulting AG) und
Gerd Töpken (ENGIE Wind 2nd Life GmbH)

8.2 | The Experts in
Renewable Energy



RESTRICTED



INTERNAL



SECRET



Inhalt

Vorstellung 8.2 und Engie	01	Zusammenfassung und Fragen	05
Am Ende der EEG-Förderung – Was nun?	02		
Weiterbetriebsgutachten	03		
Lassen Sie Ihren Windpark weiterleben!	04		

01

Vorstellung 8.2 und ENGIE

8.2 Group als weltweites Expertennetzwerk


65000
Technische
Inspektionen -
Wind


5000
MW
Condition
Monitoring


20000
MW
TDD - Wind
On-/Offshore


6000
MWp
PV - Projekte



1995 gegründet – heute 35 internationale Standorte mit 150 Experten und über 25 Jahre Erfahrung

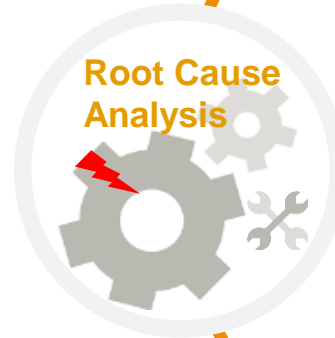
8.2 Expertise – eine Auswahl

- **Bewertung und Prüfung über den Weiterbetrieb (BPW)**
- Bestimmung der Restnutzungsdauer
- Trendanalyse
- Gutachten On- und Offshore



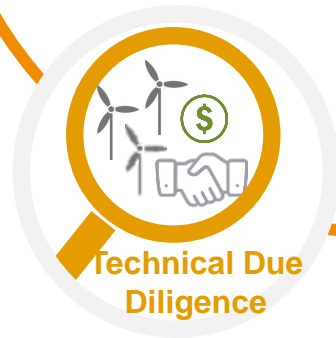
- Technische Beratung entlang des gesamten Lebenszyklus
- Strategische Beratung
- Vertragsunterstützung
- Praxisbasiertes Consulting

- Schadens- und Ursachenanalyse
- Öffentlich bestellte und vereidigte Gutachter
- Handlungsempfehlungen zur Schadensvermeidung



- Unabhängige technische Prüfungen
- IBN, GWE, WKP, ZOP, WWKP

- Detaillierte techno-ökonomische Prüfung aller relevanten Asset-Eigenschaften
- Erfassung technischer Risiken
- Reduktion des wirtschaftlichen Risikos der Investition



- Betriebsaudits und Lieferantenbewertungen
- Fertigungsüberwachung der Hauptkomponenten
- Bewertung von Qualitätskontrollplänen

ENGIE-Gruppe: Unser Beitrag zur Klimaneutralität



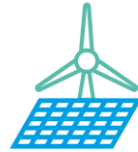
101.504

Mitarbeiter
weltweit



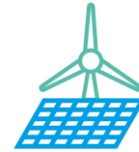
57,9 Mrd €

Umsatz in 2021



34 GW

Erneuerbare Leistung
installiert



+ 4 GW

Erneuerbare
Leistung/ Jahr ab 2022



4,3 Mrd €

Investitionen in Wachstum

Zahlen 31.12.2021 (ohne Equans)

unabhängiger
Stromerzeuger
weltweit

Nr. 1

Anbieter
von Energie
effizienz-
Dienstleistungen

Nr. 1

Nr. 1

bei
Kältenetzen
weltweit

Nr. 1

Betreiber von
unterirdischen
Gasspeichern
in Europa

Wasserstoff-
projekte
weltweit

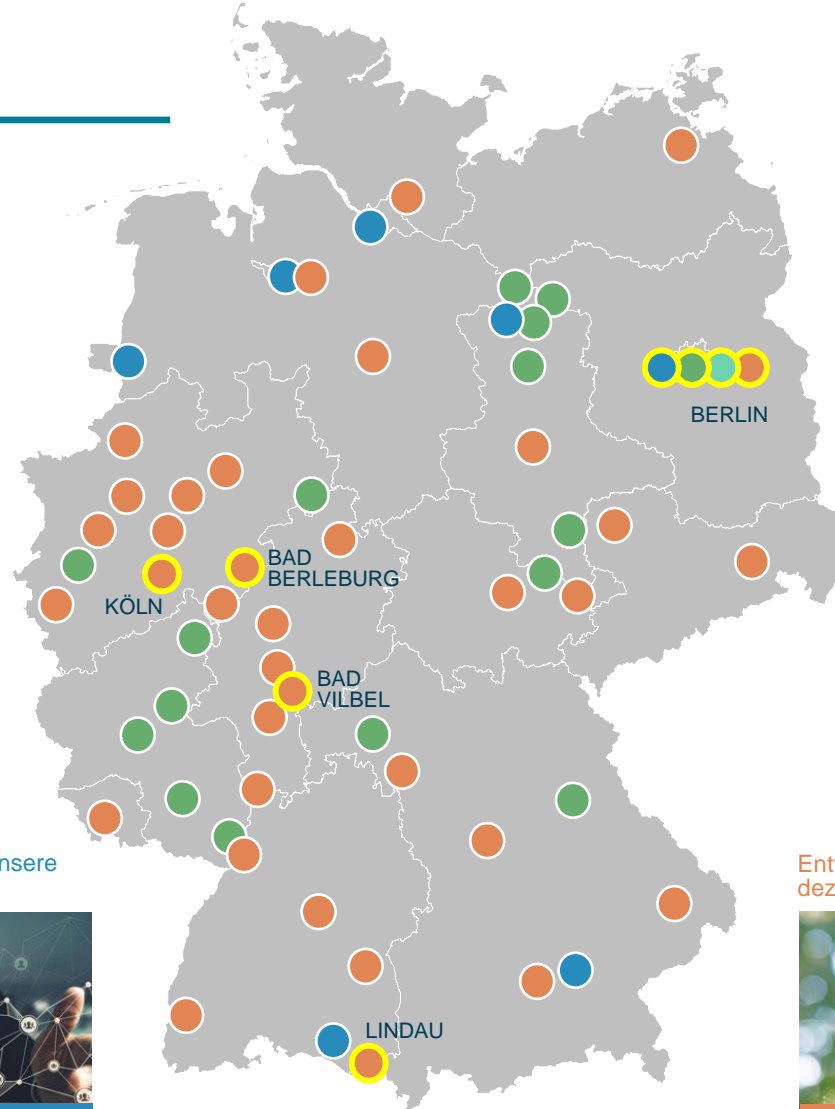
70

Die ENGIE-Gruppe in Deutschland

ENGIE in Deutschland

Mehr als **5.000**
Mitarbeitende

Rund **2** Mrd. Euro
Umsatz in 2021



- **ENGIE Deutschland Gruppe**
Tractebel Engineering GmbH
Strategische Kooperationen
- **ENGIE Deutschland Erneuerbare GmbH**
ENGIE Energy Management Solutions GmbH
- **Storengy Deutschland GmbH**
GRTgaz Deutschland GmbH
- **ENGIE Generation Germany GmbH**
- **Firmenzentralen**

Erzeugung von sauberem Strom



Renewables

Bezahlbare Energie für unsere Kunden



Networks

Entwicklung einer CO2-armen dezentralen Energieinfrastruktur



Energy Solutions

Flexible Stromerzeugungsanlagen



Thermal & Supply

ENGIE: Onshore Wind

Aus einer Hand: Projektentwicklung / Bau / Betrieb / Vermarktung

- 20 Jahre Betriebserfahrung
- Betrieb von 200 Windenergieanlagen (Gesamtleistung rund 300 MW)
- 15 eigene Windparks in fünf Bundesländern
- Betrieb von zwei externen Windparks
- Projektentwicklung
- Diverse Repowering-Projekte
- Netz- und Systemdienstleistungen
- Vermarktung am Strommarkt



**14 Windparks in
5 Bundesländern**



**Betrieb von Windparks
für Dritte**



3 Umspannwerke



02

Am Ende der EEG-Förderung – Was nun?

Am Ende der EEG-Förderung – was nun?

WEA Generation der frühen 2000er Jahre erreichen ihr 20. Betriebsjahr!

→ Auslaufende EEG Förderung!

- Was muss ich bei meiner Anlage beachten?
- Welche Lebensdauer hat meine Anlage?
- Wie will ich meinen Strom vermarkten?
- Passen die bestehende Verträge noch?
- Was steht in meiner Genehmigung?
- Welche Risiken oder Chancen habe ich?
- Möchte ich weiter in der Windkraft engagiert sein?

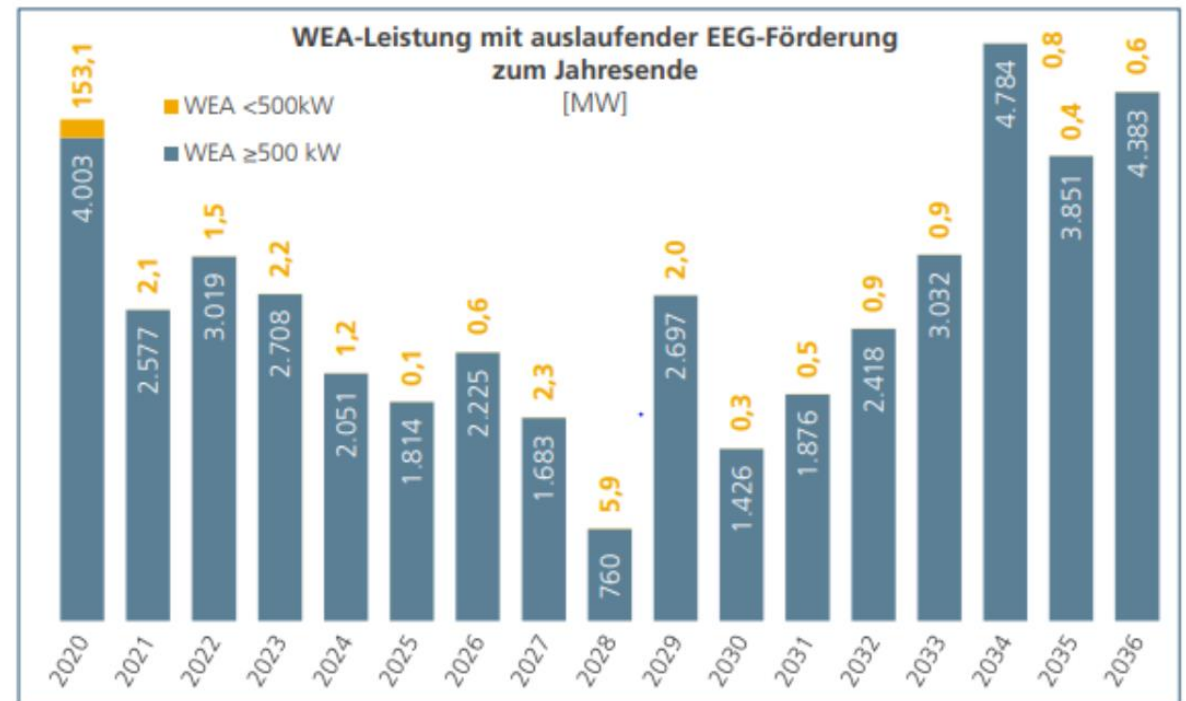


Abbildung 6: Windenergieleistung mit auslaufender EEG-Förderung zwischen Ende 2020 und 2036; Quelle: ÜNB, Auswertung & Grafik: FA Wind

Lebensdauer-Instandhaltung-Vermarktung

Welche Lebensdauer hat meine Anlage?

- Technisch → Weiterbetriebsgutachten
- Wirtschaftlich → Erlöse und Kosten
- Welche Kosten für die Ertüchtigung ergeben sich für meine Anlage?
- Wie sieht meine Betriebs- und Instandhaltungsstrategie aus?

Wie will ich meinen Strom vermarkten?

- Windkraftanlage geht nach 20 Jahren aus dem EEG raus!
- PPA
- Marktzugang
- sonstiges



Vertragssituation

Passen die bestehende Verträge noch und wie sind die Laufzeiten?

Flächennutzungsverträge

Sind die Laufzeiten ausreichend?

Wie sind die zukünftigen Preisanpassungen?

Sind die Flächen bereits verplant?

Betriebsführungsvertrag

Am Ende der Bath Tube Curve

Anlagen-Serviceverträge - was macht Sinn?

WEA-Vollwartungsvertrag

WEA-Basiswartung

Parkinfrastruktur

Wiederkehrende Prüfungen

Versicherungen

Rund-um-Sorglospaket

Betriebs- und Umwelthaftpflichtversicherung

Genehmigung-Chancen und Risiken



Was steht in meiner Genehmigung?

- Zeitliche Begrenzung?
- Rückbauverpflichtung?
- Ist am Standort ein Repowering möglich?



Welche Risiken oder Chancen habe ich?

- Zunehmende Alterung der Anlage
- Entwicklung der Strompreise
- Rückbauauflagen und-kosten
- Das „Goldene Ende“ einer abgeschriebenen Anlage
- Betreiberpflichten und -verantwortung



Möchte ich weiter im Windpark engagiert sein?

- Passt das Chancen- und Risiko-Profil zu meiner Lebensplanung
 - Selber weitermachen
 - Verkauf der Anlage um sie lange weiterleben zu lassen

→ Rechtzeitig die Überlegungen starten!

03

Weiterbetriebsgutachten

Die Frage nach dem Leben dem Universum und dem ganzen Rest



Die E-66 fragt:

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



12

Weiterbetrieb @ 8.2

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....

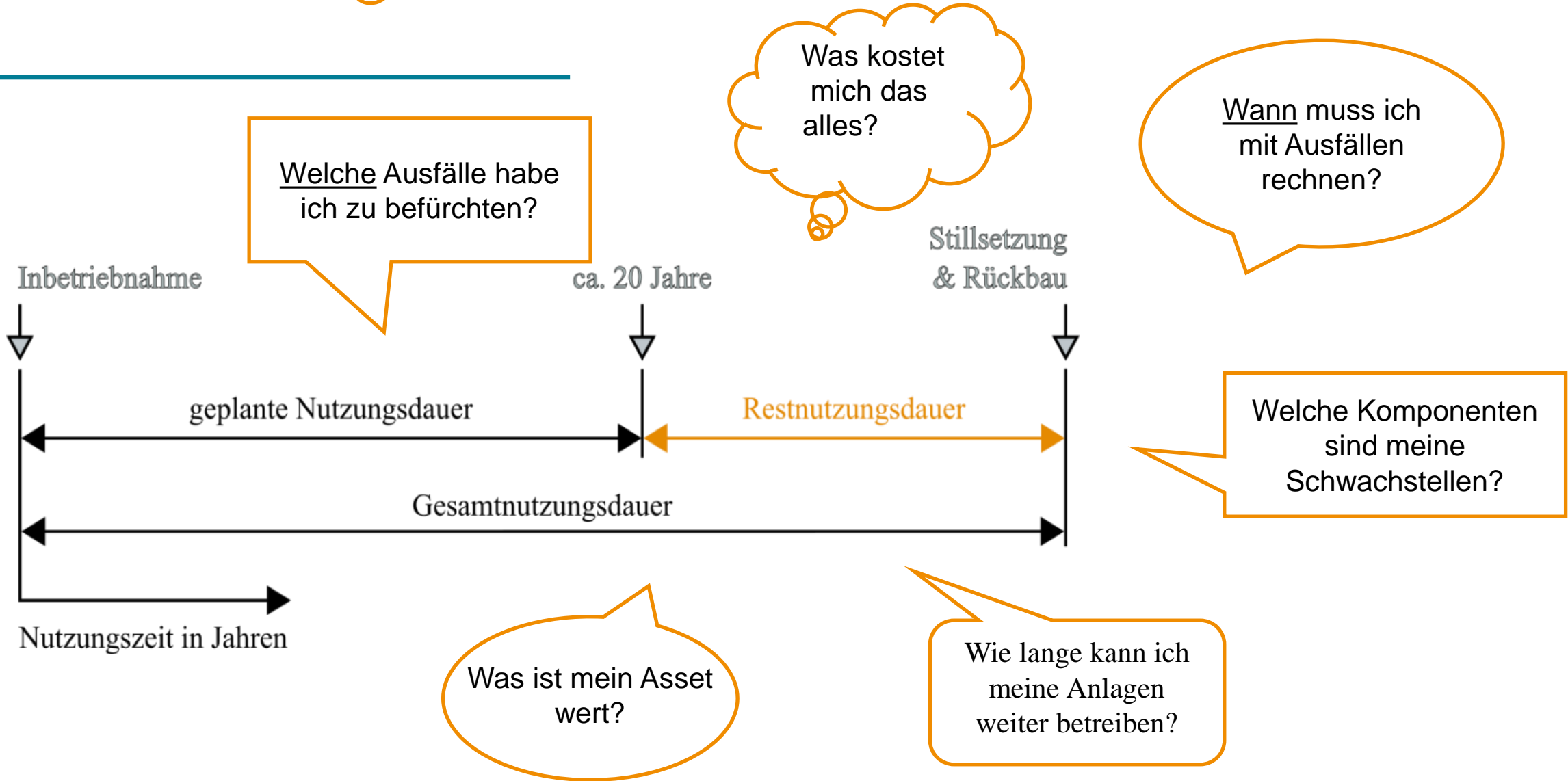
Umgebung

- » 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
- » ...

Weiterbetrieb @ 8.2



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

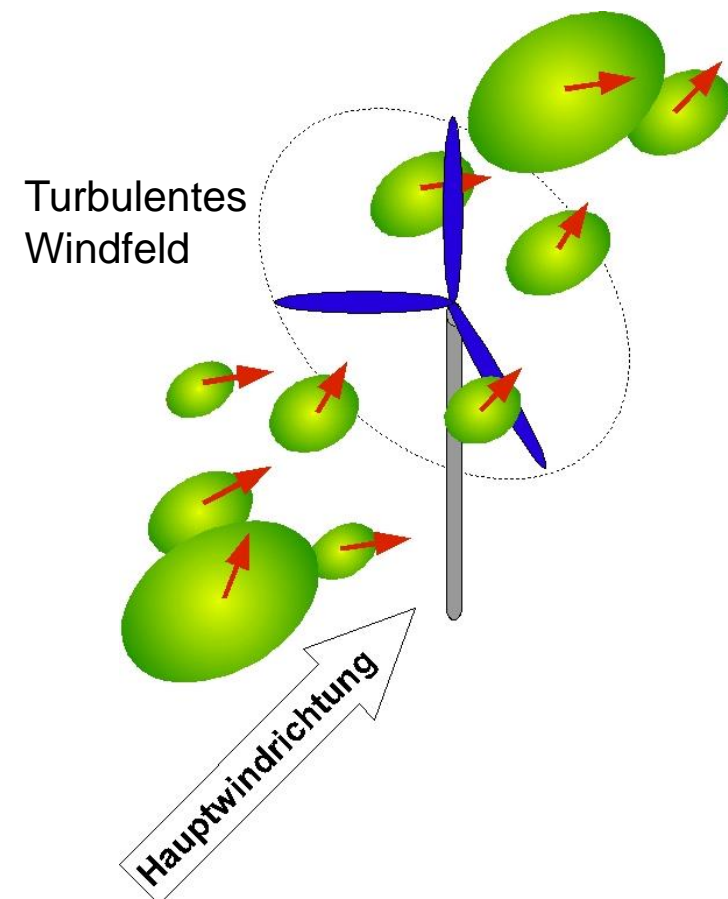
Methodik

WEA

Inspektion

Schwachstelleanalyse

Unter welchen Randbedingungen
darf es weitergehen



Ermüdungsdefekt der Rotorwelle



Ergebnisse aus über 75 versch. Anlagentypen

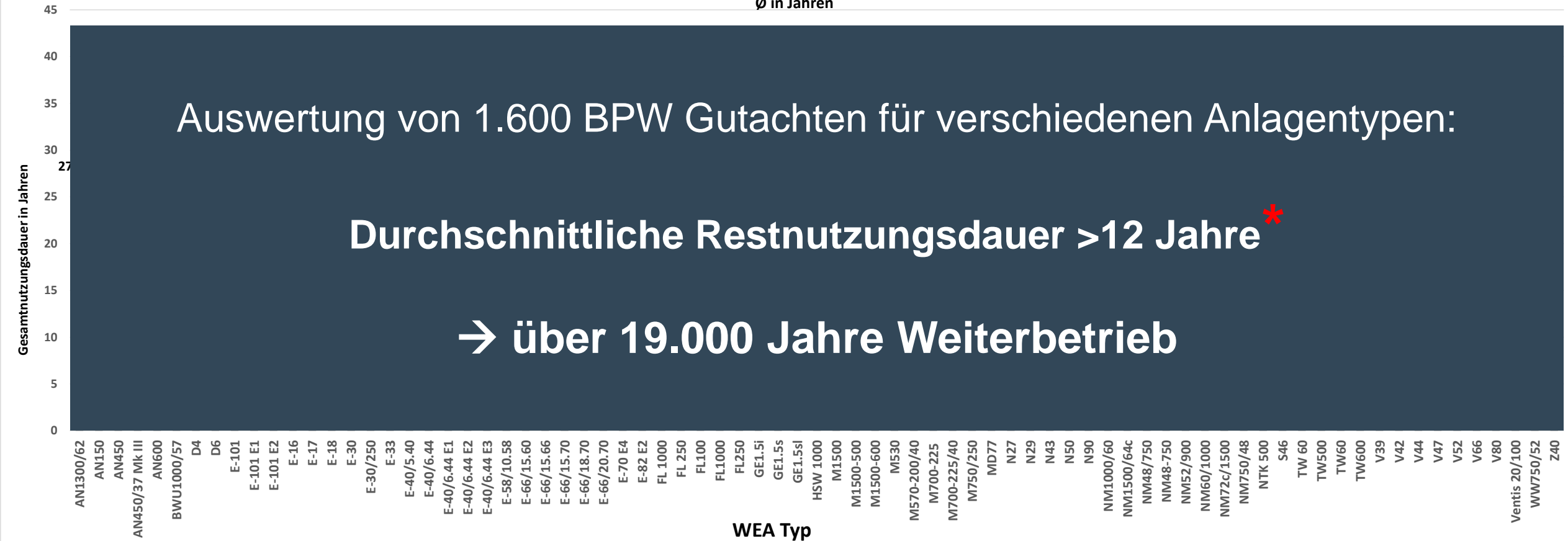
8.2 - BPW Gesamtnutzungsdauer je WEA Typ

Ø in Jahren

Auswertung von 1.600 BPW Gutachten für verschiedenen Anlagentypen:

Durchschnittliche Restnutzungsdauer >12 Jahre *

→ über 19.000 Jahre Weiterbetrieb

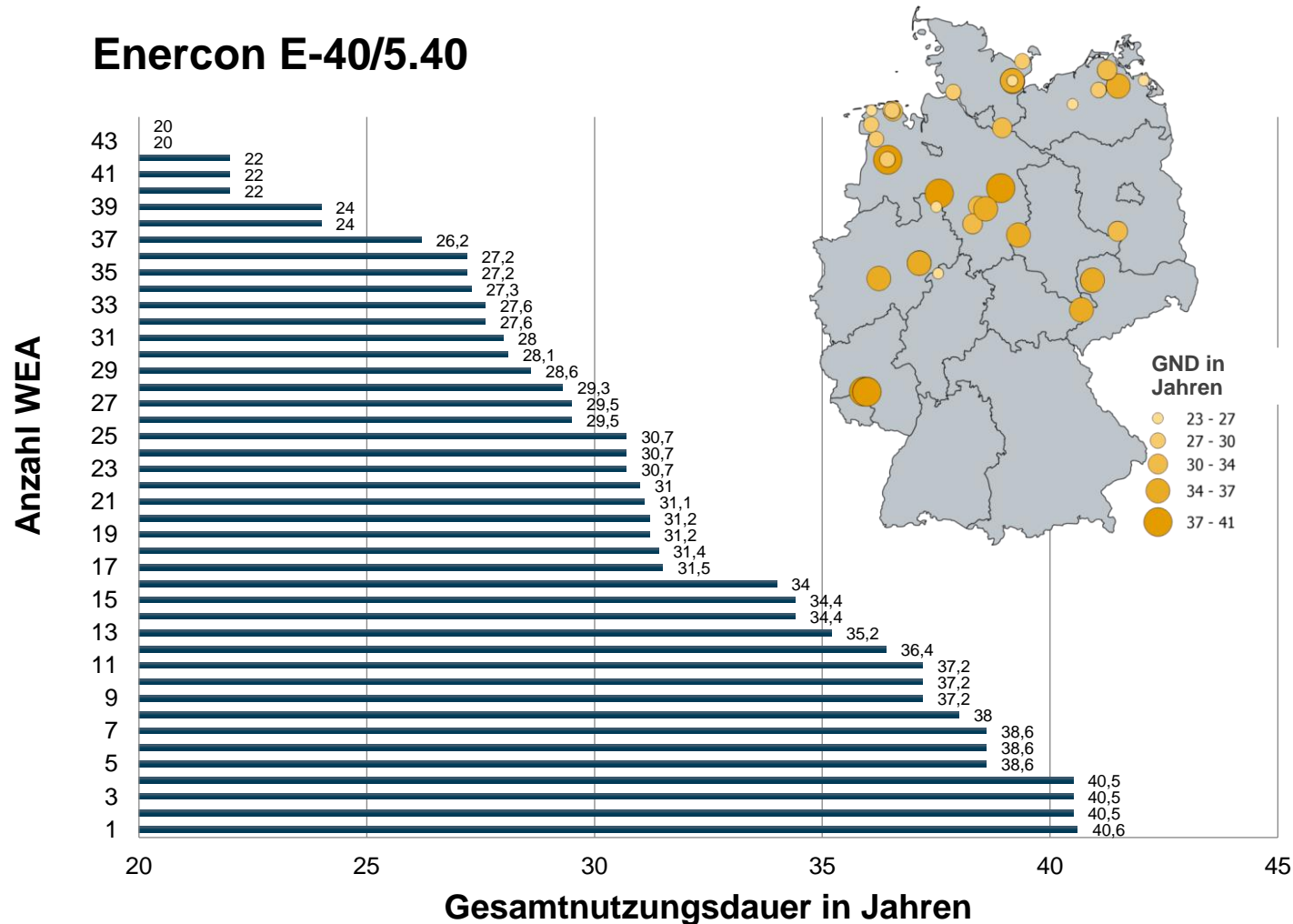


* Jede Gutachtliche Stellungnahme ist individuell!

■ Einflussfaktoren auf die Restnutzungsdauer

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

Bericht aus der Praxis – Ergebnisse



- Jede Anlage hat eine **individuelle** Gesamtnutzungsdauer (GND)
- **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
- **Richtlinien, Normen und Grundsätze** zum Thema „Weiterbetrieb“ liegen vor

Beispielresultate für verschiedene Projekte

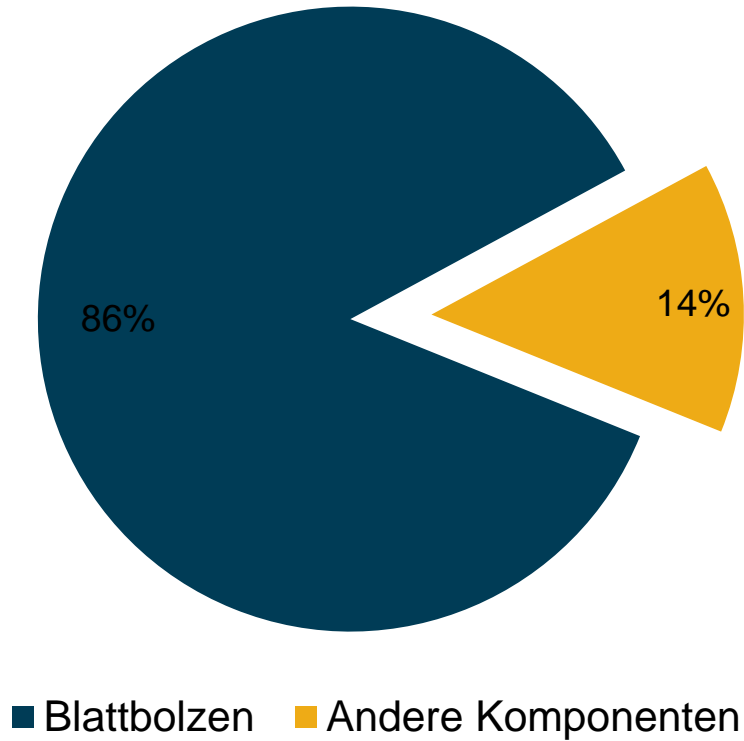
Beispiele für die Gesamtnutzungsdauer in Jahren pro Komponente für verschiedene WEA-Typen

Hersteller	Vestas	NEG Micon	NEG Micon	Enercon	Enercon	Enercon	Enercon	
WEA-Typ	V39	NM48-750	NM1000/60	E-40/5.40	E-66/18.70	E-70 E4	WE-82 E2	
Anzahl	3	>100	2	3	2	1	4	
Standort	Deutschland	Spanien	Deutschland	Deutschland	Litauen	Niederlande	Deutschland	
Komponente	Rotorblätter	>50	47,7	22,4	>50	28,1	48,4	31,7
	Blattbolzen Verbindung	30,3	27,8	22,9	30,7	24	28,3	23,2
	Nabe	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50
	Achsbolzen / Hauptwelle	29	>50	23	>50	>50	>50	>50
	Hauptrahmen	29	>50	23	42,6	30,7	>50	>50
	Turm	29,8	>50	23,3	46,4	30,8	>50	43
	Verbindung Fundament - Turm	28,4	38,4	22,7	46,5	30,8	49,2	39,2

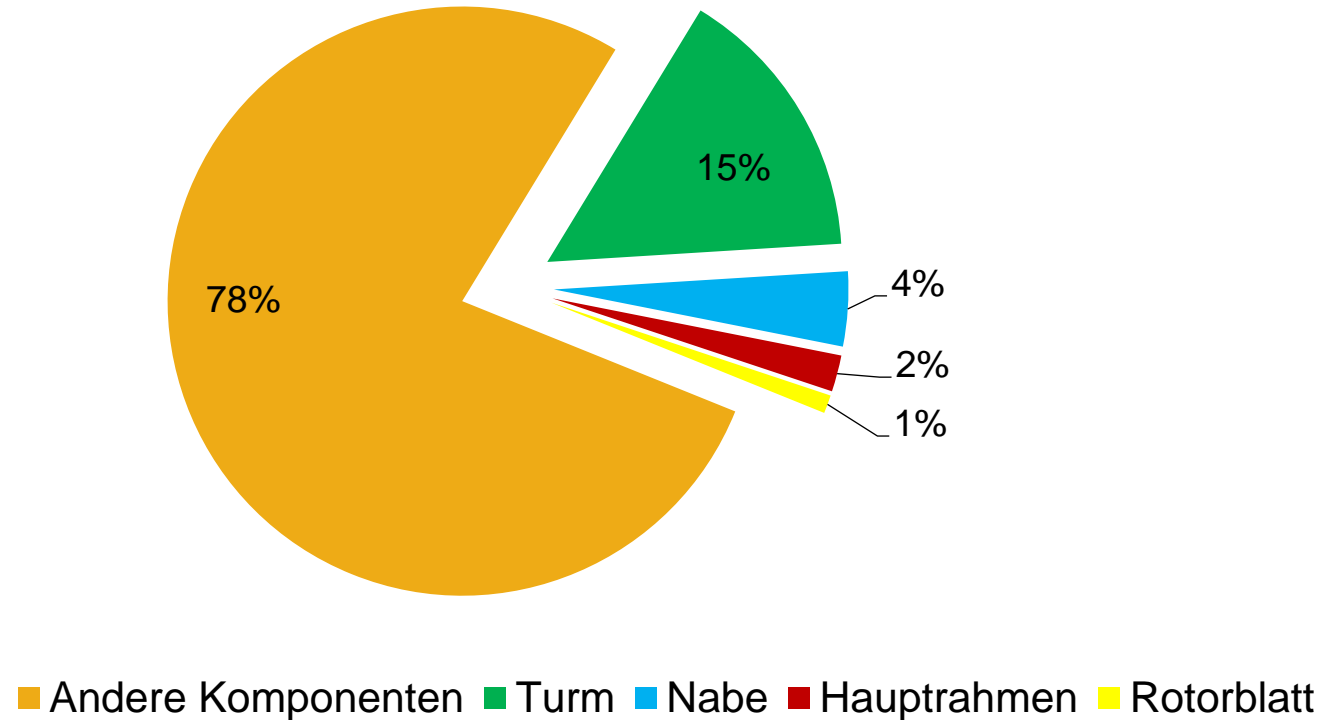
- Verschiedene Komponenten definieren die minimale Lebensdauer einer WEA
- Wichtige Abwägung nach Reparaturen / Retrofits
- Die Kenntnis der “schwächsten” Komponente ist notwendiger Teil eines nachhaltigen Asset Managements

Analyse der Schwachstellen je Komponente

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



Zweitschwächste Komponente
(WEA-Typ E-40)




Ergebniss Praxisbeispiel GE 1,5s, Nabhöhe 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

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 bei der Erstellung von PPA
- Monetäre Bewertung der Ausfälle

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?



04

Lassen Sie ihren Windpark weiterleben

Lassen Sie Ihren Windpark weiterleben!

Verkauf des Windparks!

Wie sieht möglicher Verkaufsprozess aus?

- Verkaufsarten
 - Share Deal
 - Asset Deal
 - Vor- und Nachteile
- Strukturierter Verkaufsprozess
 - Welches Transaktionshaus
 - Gebühren
- Individueller Verkauf
 - Pro und Cons



Verkaufsprozess mit

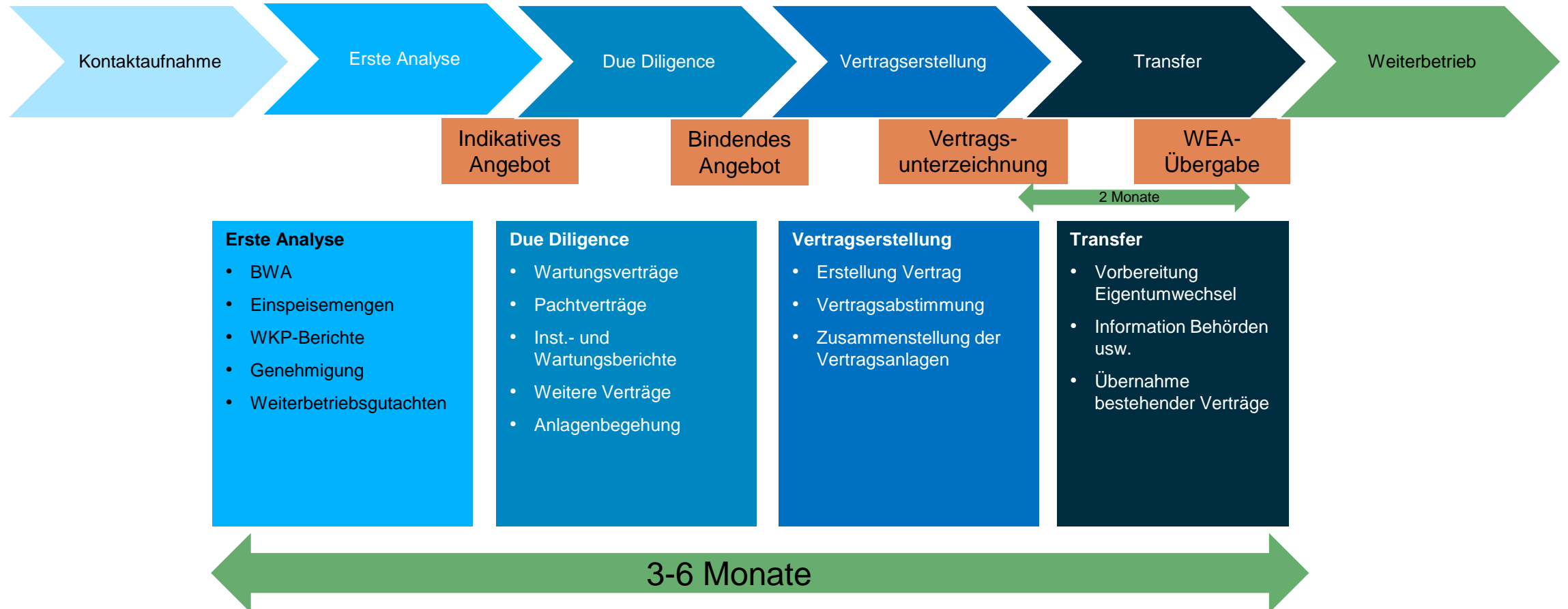
- Anlagenbetreiber mit Synergieeffekten
- Betriebsführungskompetenz
- Eigene Stromvermarktung
- Deutschlandweit aktiv

Optionsvereinbarungen im Rahmen eines Verkauf

- z.B. Repowering

Lassen sie ihren Windpark weiterleben!

Verkaufsprozess



05

Zusammenfassung und Fragen

Zusammenfassung und Fragen



- Starten sie frühzeitig mit ihren Überlegungen
- Jede WEA hat eine individuelle Lebensdauer
- Zur Berechnung der Lebensdauer von Komponenten stehen analytische Methoden zur Verfügung
- Verwenden Sie eine Trendanalyse, um die richtigen Entscheidungen zu treffen
- Prüfen Sie Ihr Chancen/Risiko Appetit
- Geben sie Ihrem Windpark ein zweites Leben!

8.2 | The Experts in
Renewable Energy

Wir sind
Visionäre und Denker,
Zuhörer und Fragensteller,
Prüfer und Partner,
Techniker und Berater.

Wir sind Viele.

Wir sind 8.2

Kontakt

Gerd Töpken | gerd.toepken@engie.com

Philip Stukkenbrok | philipp.stukenbrock@8p2.de



8.2 | The Experts in
Renewable Energy