

Turbine

e.n.o.114

3,5 MW

e.n.o.vation
for efficiency



**Maximale Wirtschaftlichkeit
im Windpark**

Stefan Bockholt

e.n.o. ENERGY
Success with wind.

Inhalt

- **Vorstellung**
- **e.n.o. 114 Plattform**
- **Turbinenkonzept**
- **Auslegungsphilosophie**
- **e.n.o. up site**
- **Turbulenzproblem**
- **Zusammenfassung / Ergebnis**



Stefan Bockholt
Leiter Konstruktion und Entwicklung

e.n.o. energy systems GmbH
Swienskühlenstraße 5
18147 Rostock
Germany

e.n.o. 114 Plattform

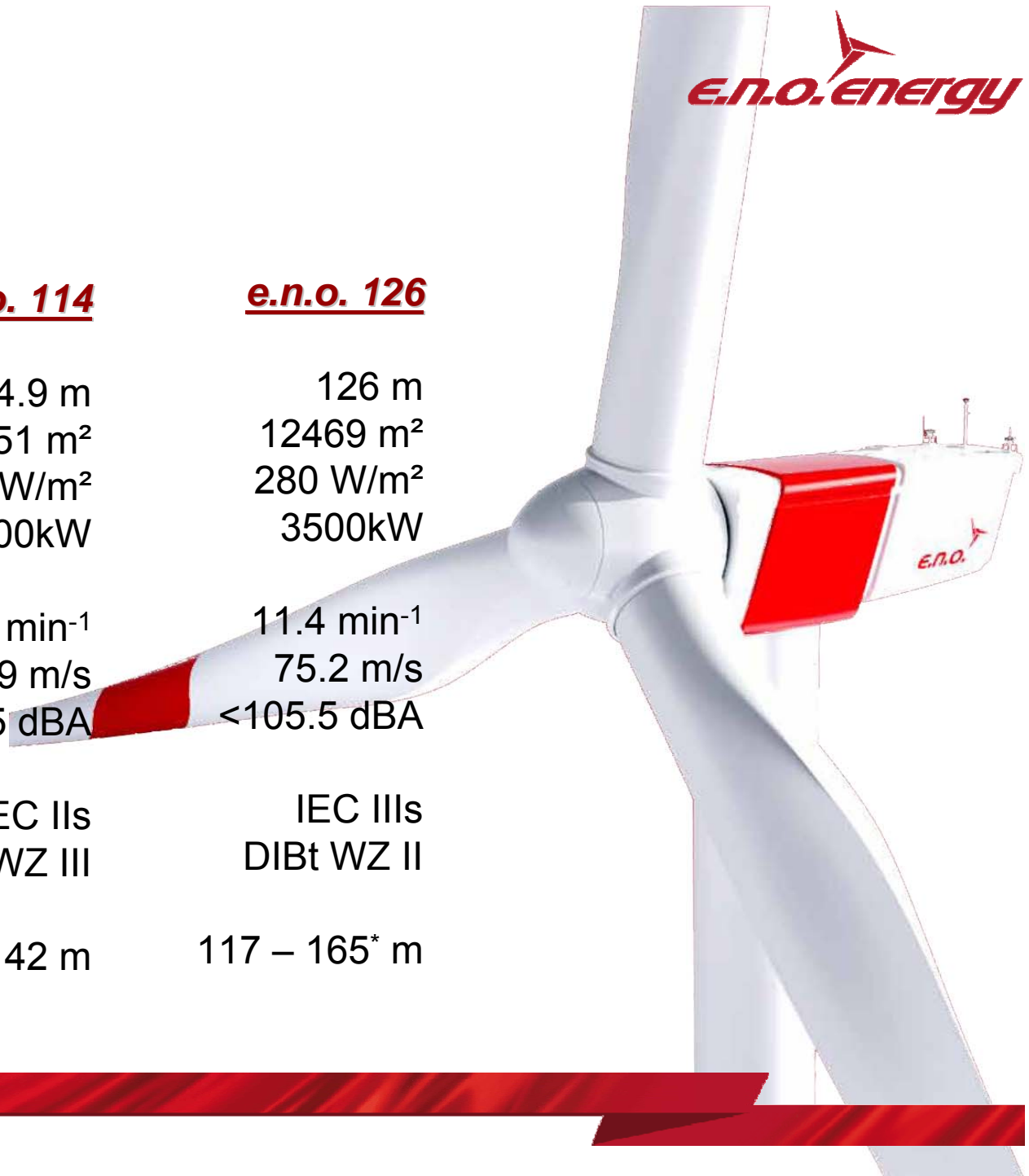


Technische Daten

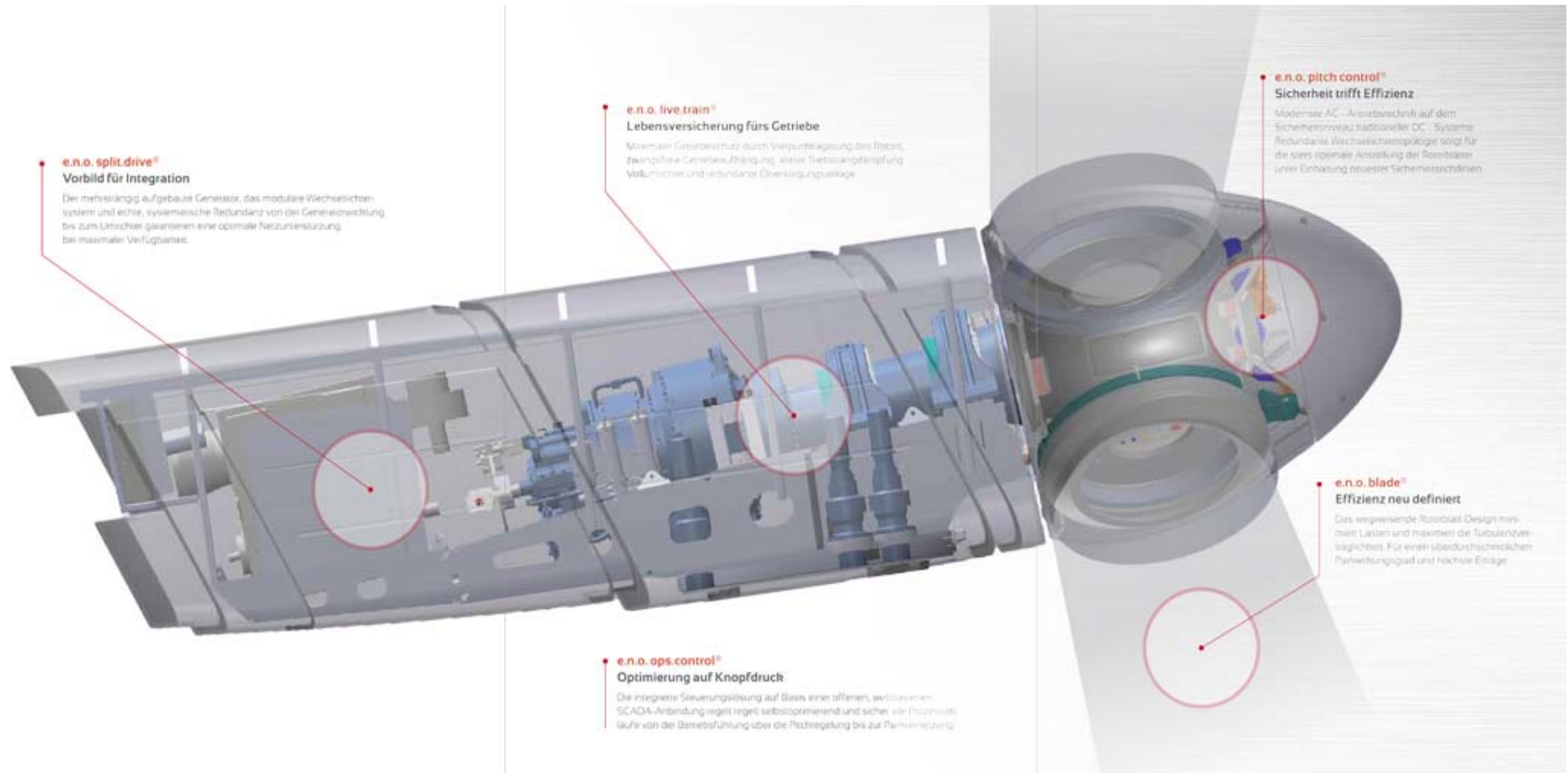
e.n.o. 114

e.n.o. 126

Rotordurchmesser:	114.9 m	126 m
Rotorfläche:	10351 m ²	12469 m ²
Rating:	338 W/m ²	280 W/m ²
Nennleistung:	3500kW	3500kW
Nenndrehzahl:	11.8 min ⁻¹	11.4 min ⁻¹
Tip Speed:	70.9 m/s	75.2 m/s
Schalleistungspegel:	<105 dBA	<105.5 dBA
Windklassifizierung:	IEC II _s	IEC III _s
Windzone:	DIBt WZ III	DIBt WZ II
Nabenhöhe:	92 – 142 m	117 – 165* m



Turbinenkonzept



Auslegungsphilosophie



Grundgedanke

Turbinen werden selten als Solitäre betrieben,
sondern im Verbund als Windkraftwerk

Idee

Auslegung der Turbine auf optimalen Windparkbetrieb für
maximale Performance am NAP; nicht an Generatorklemmen

Umsetzung im Design e.n.o. 114

Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit durch Redundanzen

Auslegung des Einspeisekonzeptes auf Performance am NAP

Maschinenauslegung für Windparkbetrieb → e.n.o. up site

Was ist e.n.o. up site ?

**Begriff für ganzheitliche Auslegungsphilosophie
mit Schwerpunkt auf Windturbinenbetrieb im Windpark**

Was umfasst e.n.o. up site ?

**Betriebsparameter, Rotorblattdesign,
Lastannahmen, Maschinenbaudesign,
Elektrische Auslegung, Turbinenregelung**

Was soll das ?

**Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit = Einspeisebereitschaft Park
Verringerung von Netzanschlusskosten bei voller Netzregelbarkeit**

Primär: Erhöhung des Flächennutzungspotenzials !

Flächennutzungspotenzial

Grundgedanke / Problem

Für Windkraft nutzbare Flächen sind begrenzt = knapp

Schlussfolgerung

Maximierung der Ausnutzung des Wirtschaftsgutes Fläche
in Bezug auf Energieausbeute pro Flächeneinheit

Flächenertrag:
$$\sigma_{wf} = \frac{W_{wf}}{A_{wf}} = \frac{\text{Ertrag}}{\text{Fläche}}$$

Lösung

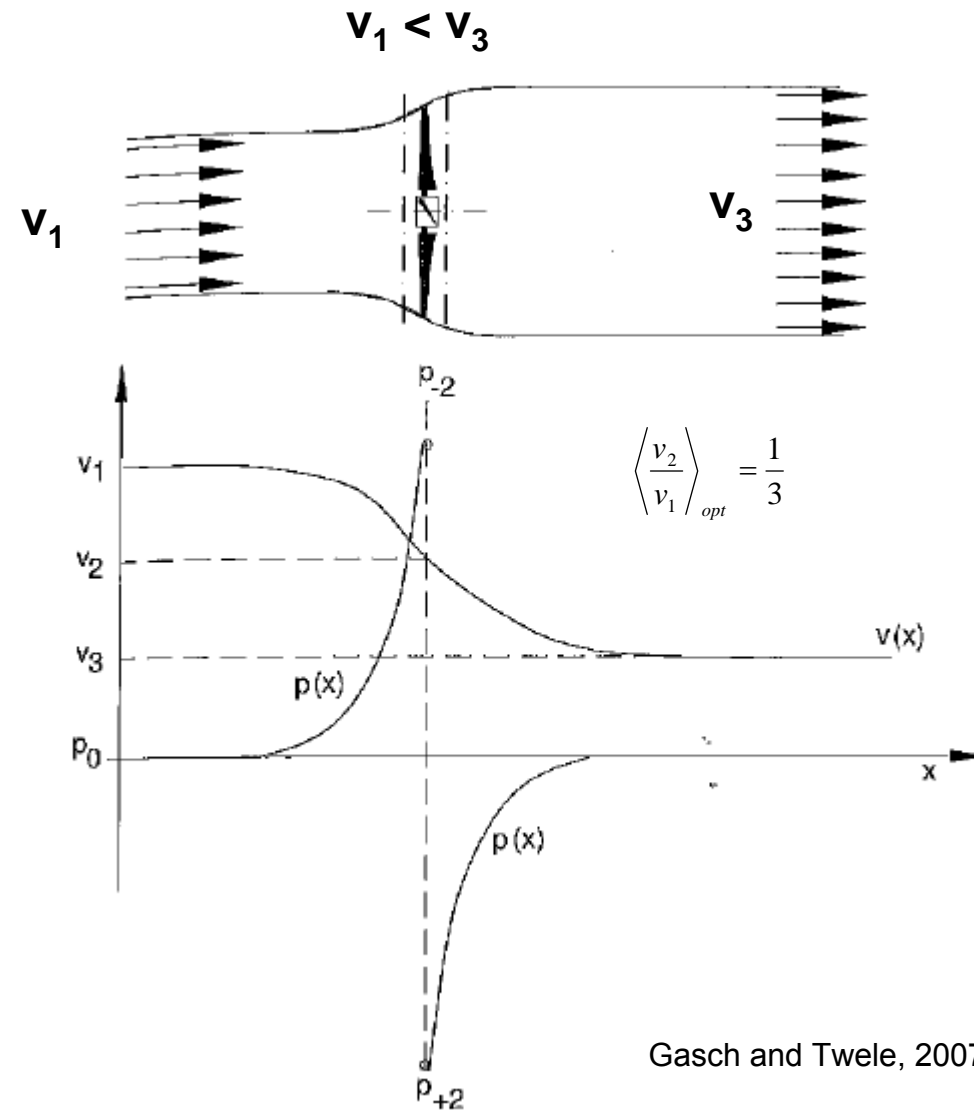
Auslegung der Gesamtmaschine auf nichtsolitären Betrieb durch
Verbesserung der Turbulenzeigenschaften

Turbulenzproblem

- Durchströmung des Rotors zur Energieentnahme nötig
- Energieentnahme erzeugt Druckgradienten in Rotorebene
- Auflösung der Druckgradienten führt zu Minderung der Windgeschwindigkeit und Aufweitung des Nachlaufs



- Entstehung komplexer Turbulenz und Windgeschwindigkeitsdefizit hinter dem Rotor



Gasch and Tvele, 2007

Turbulenzproblem

Einflussgrößen auf induzierte Turbulenz (Modellparameter)

Vorbelastung = Umgebungsturbulenz	nicht beeinflussbar
Windscherung	nicht beeinflussbar
Atmosphärische Einflüsse (z.B. Schichtung)	nicht beeinflussbar
Anströmrichtung Ψ	bedingt beeinflussbar
Tip Speed Ratio λ	beeinflussbar
Schubbeiwert des Rotors c_t	beeinflussbar

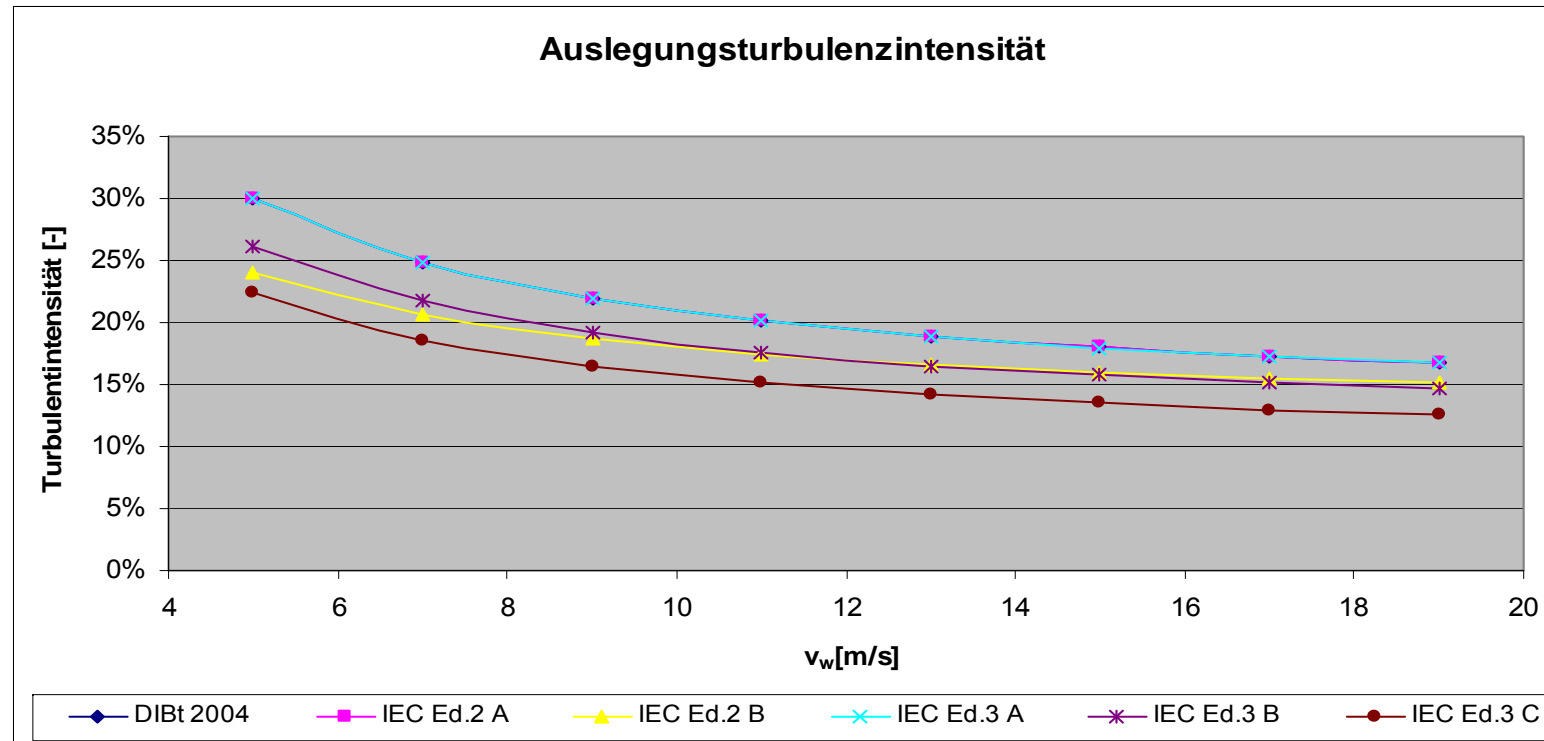
- Auslegung der Turbine auf turbulenzarmen Betrieb durch Wahl von λ und c_t
- Auslegung der Blattprofilgeometrie auf geminderte Turbulenzanfälligkeit
- Auslegung auf erhöhte Turbulenzfestigkeit (18% nach IEC 61400-1 ed.3)



e.n.o. up site

Turbulenzproblem

- Effektive Turbulenz an der Maschine setzt sich zusammen aus Umgebungsturbulenz und induzierter Turbulenz

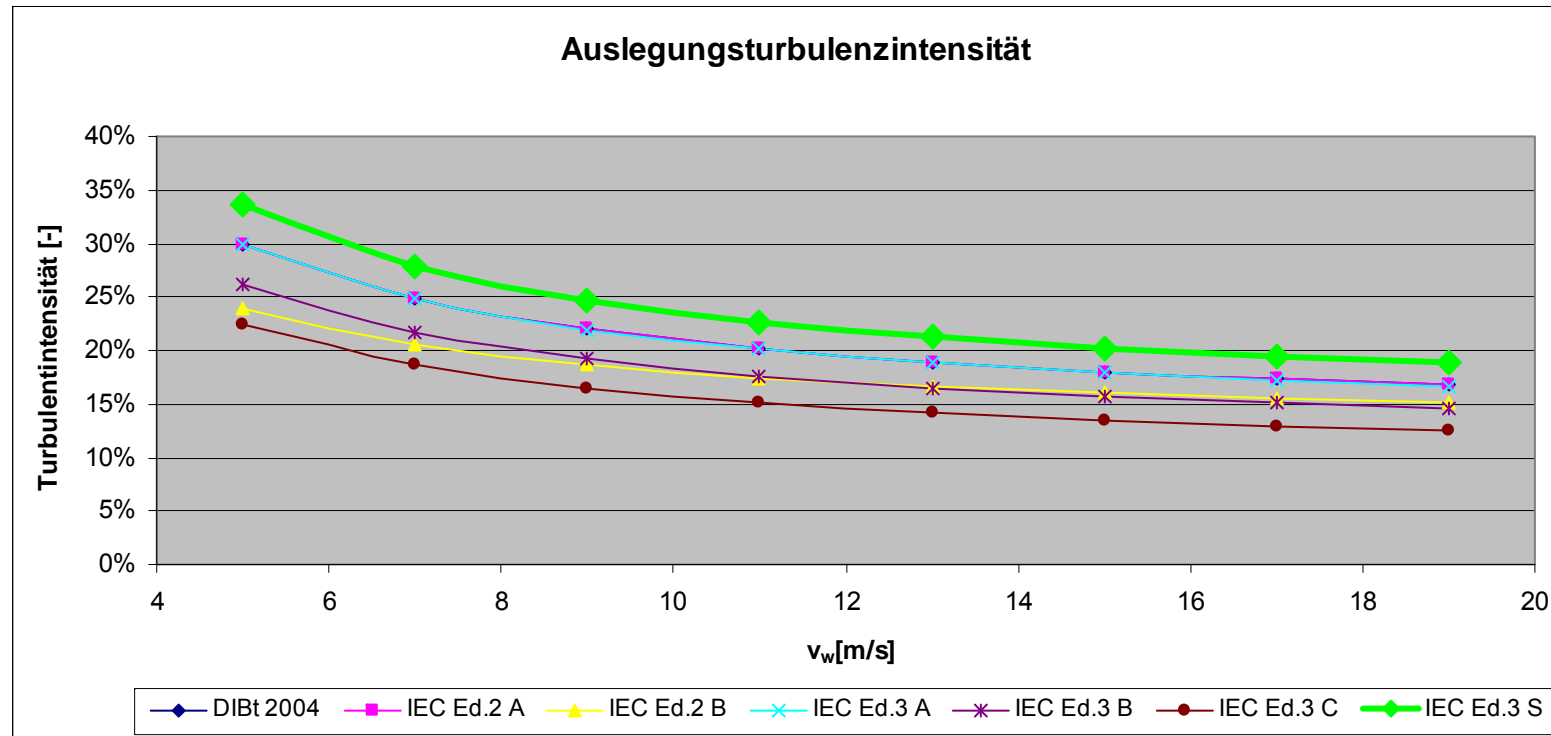


- Bei Überschreitung der Auslegungsturbulenz ist Standort ungeeignet

Turbulenzproblem



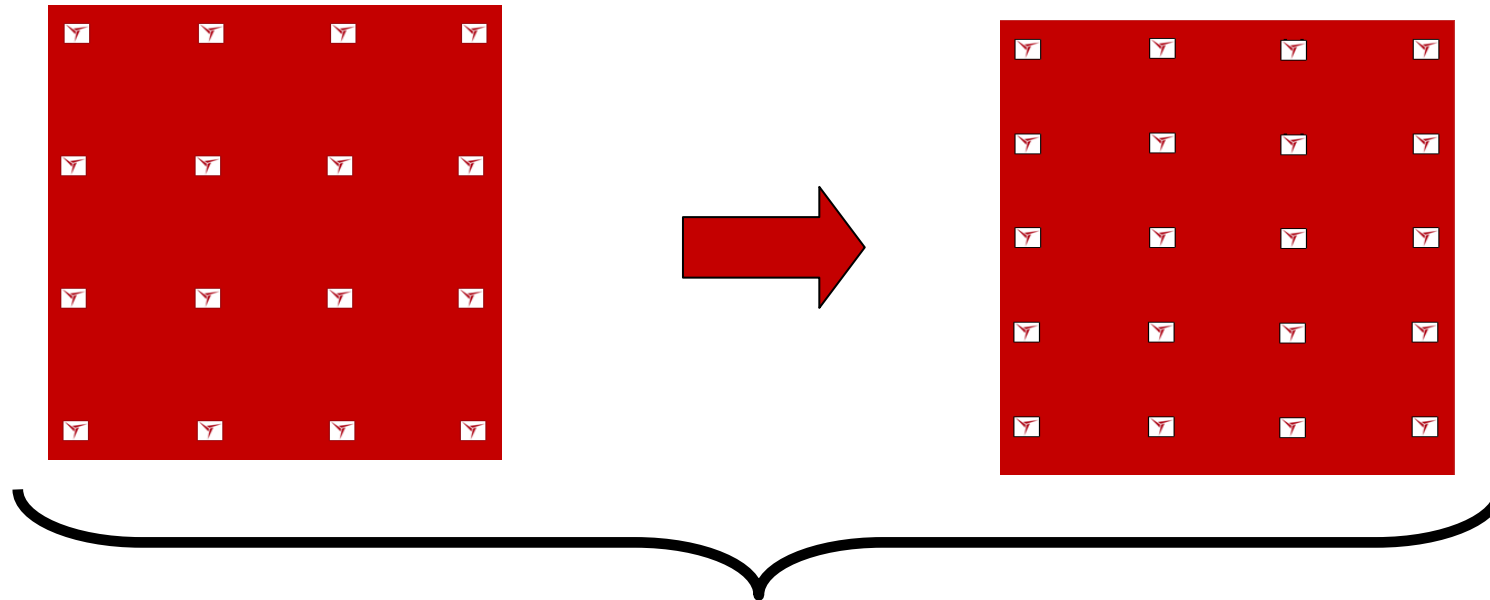
- Auslegungsturbulenz entscheidet über Standortwahl



- Hohe Auslegungsturbulenz = Turbulenzfestigkeit erhöht Freiheitsgrad beim Parklayout
- Wirtschaftliches Optimum weniger Begrenzt von Abstands- / Turbulenzkriterien

Ergebnis

Größere Turbulenzfestigkeit führt auf höhere, mögliche Packungsdichte im WP



$$\frac{\text{Gewinn}}{\text{Fläche}} \left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right] \quad \uparrow$$

Steigerung des Gewinns pro Flächeneinheit

A photograph of a white wind turbine with three blades, one of which has a red tip, standing on a grassy hill. The foreground is a large, flat field of dry, golden-brown grass. The sky is a pale, overcast grey.

**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit**