

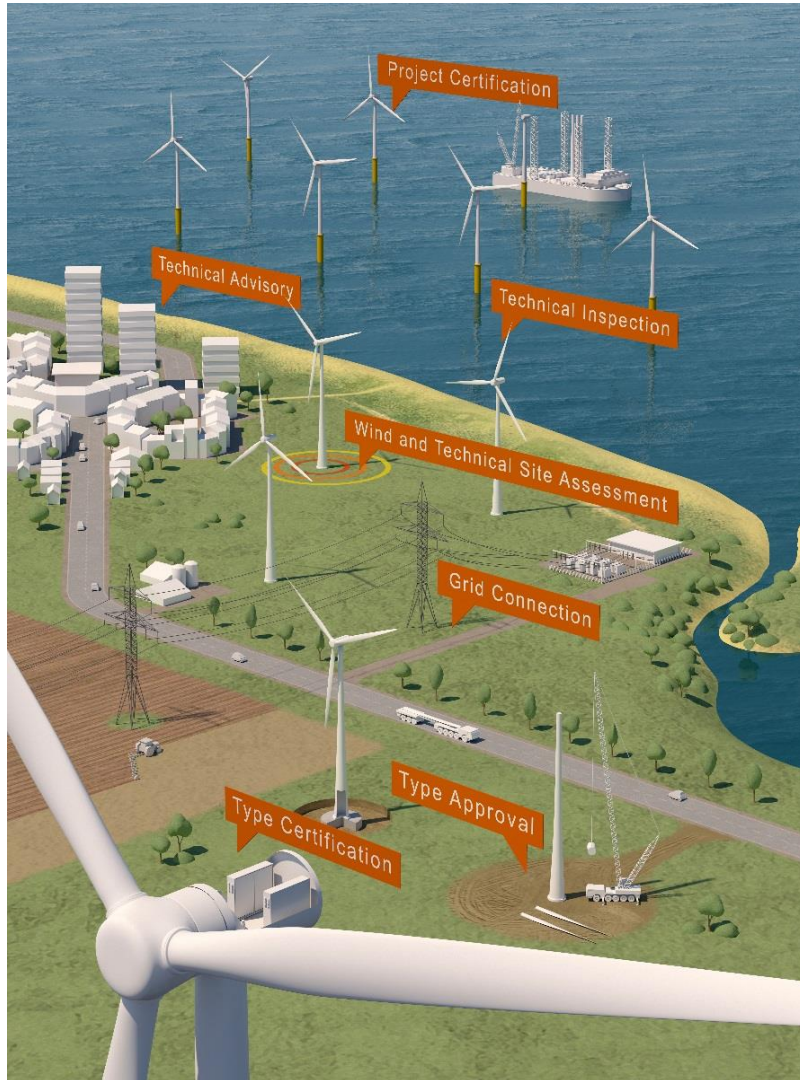


STANDORTEIGNUNG VON WEA – WAS GIBT ES NEUES?

Oliver Röglin

TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG, Hamburg

SERVICE PORTFOLIO WIND ENERGY



- Full service provider
- +20 years experience in wind
- Ca. 80 engineers + TN Group
- Subsidiaries in over 70 countries

Certification:

- Type & Project Certification for On-/Offshore
- Design Assessment, Component Certification, Type Approval

Site-Assessment:

- Wind Resource Assessment, AEP, etc.
- Environmental Impact, Risk Assessment, CFD
- Technical Advisory/ Technical Due Diligence
- Lifetime Extension

Inspection:

- 2nd and 3rd Party Inspections such as Manufacturing Inspections, Shop Approvals, Commissioning/Periodic/EoW Inspections, Service Lifts Inspections

BEWERTUNG DER STANDORTEIGNUNG VON WEA (NACH DIBT-RICHTLINIE 2012*)

- Durchführung einer Standortbesichtigung (nicht älter als zwei Jahre).
- Bewertung der Komplexität des Geländes an WEA-Standorten.
- Ermittlung weiterer Windparameter neben der effektiven Turbulenzintensität:
 - mittlere Jahreswindgeschwindigkeit v_m
 - WZ nach DIN EN 1991-4-1 NA bzw. 50-Jahres-Windgeschwindigkeit v_{50}
- Nachweis bestehender WEA mit Typenprüfung nach DIBt 1995 bzw. 2004 darf weiterhin nach Verfahren der DIBt-Richtlinie 2004 geführt werden.
- Standsicherheitsnachweis ggf. durch standortspezifische Lastvergleiche möglich.
- Bei komplexem Gelände muss der Nachweis der Standorteignung nach DIN EN 61400-1:2011 erfolgen (standortspezifischer Lastvergleich).

*) Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Richtlinie für Windenergieanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Oktober 2012; Berlin; 2012

IEC 61400-1, ED.4*

- Voraussichtlich gültig ab April 2018.
- Gemäß der DIBt-Richtlinie 2012 hat die Bestimmung der effektiven Turbulenzintensität stets nach der jeweils neuesten Ausgabe zu erfolgen.

*) International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1; Wind energy generation systems - Part 1: Design requirements; Fourth Edition (DRAFT)

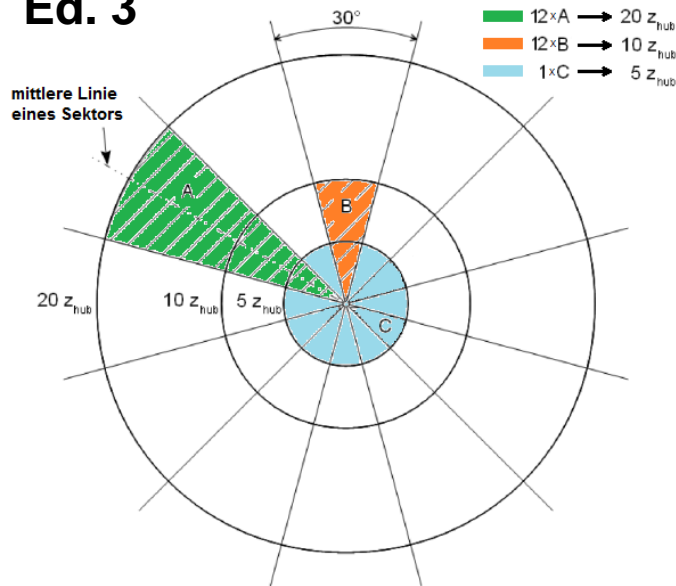
IEC 61400-1, ED.4 – BEWERTUNG DER KOMPLEXITÄT DES GELÄNDES

- In komplexem Gelände ändern sich im Wesentlichen die folgenden Anströmungsparameter:
 - Windgeschwindigkeit und Windprofil
 - Inklinationswinkel (aufwärts und auch seitwärts)
 - Turbulenzintensität (in allen drei Richtungen)
- Komplexität des Standortes wird durch Turbulenzstrukturparameter C_{CT} beschrieben welcher als Multiplikationsfaktor zur Erhöhung der longitudinalen Umgebungsturbulenzintensität dient. Er liegt zwischen 1,0 (nicht komplex) und max. 1,15 (stark komplex).
- Zur Ermittlung von C_{CT} sind Neigungen von zahlreichen an das Gelände (Orografie) angepasster Ausgleichsebenen zu ermitteln.
- Als weiteres Kriterium müssen Abweichungen (Höhendifferenzen) zwischen Geländeoroografie und Ausgleichsebenen bestimmt werden.

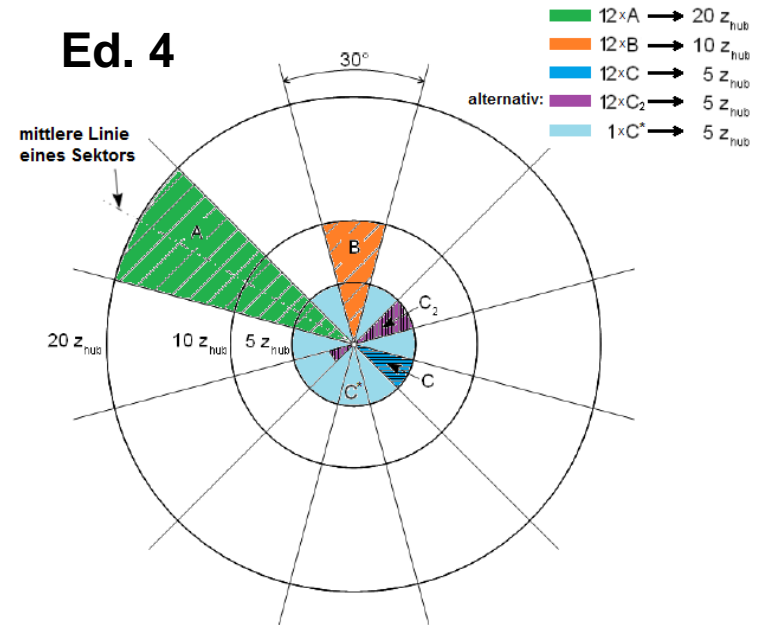
IEC 61400-1, ED.4 – BEWERTUNG DER KOMPLEXITÄT DES GELÄNDES

- Änderungen mit Einführung der Ed. 4

Ed. 3



Ed. 4

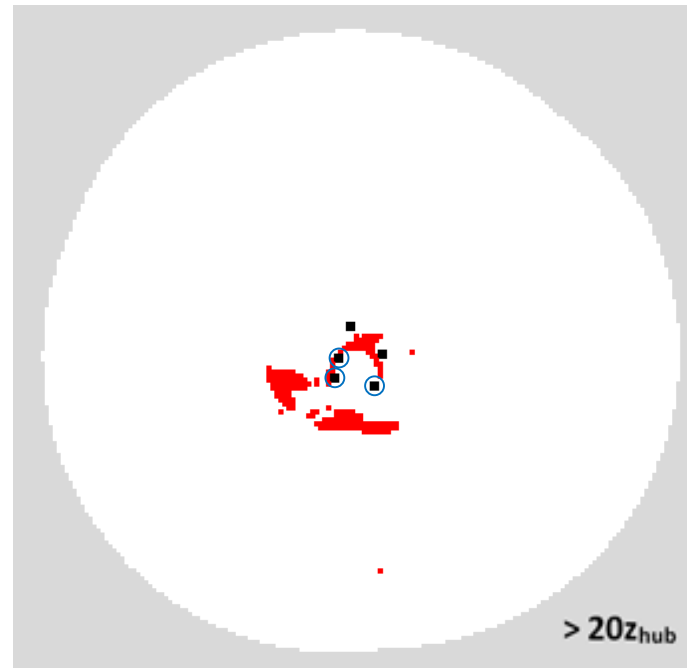
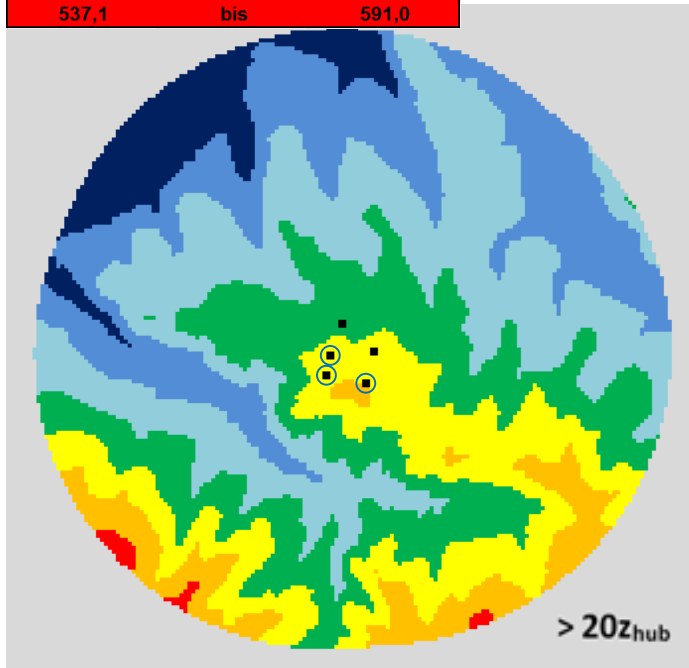


- 12 weitere sektorielle Ebenen mit einem Radius von 5 z_{hub} (zwei Alternativen).
- Ausgleichsebenen müssen nicht mehr durch Fußpunkt des Turmes verlaufen.
- Änderungen der Bewertungskriterien zur Ermittlung der Komplexität.
- Einteilung in drei Komplexitätskategorien: L, M, H (1,05 / 1,10 / 1,15).

IEC 61400-1, ED.4 – BEWERTUNG DER KOMPLEXITÄT DES GELÄNDES

- Praktisches Beispiel zwischen Ed. 3 und Ed. 4:

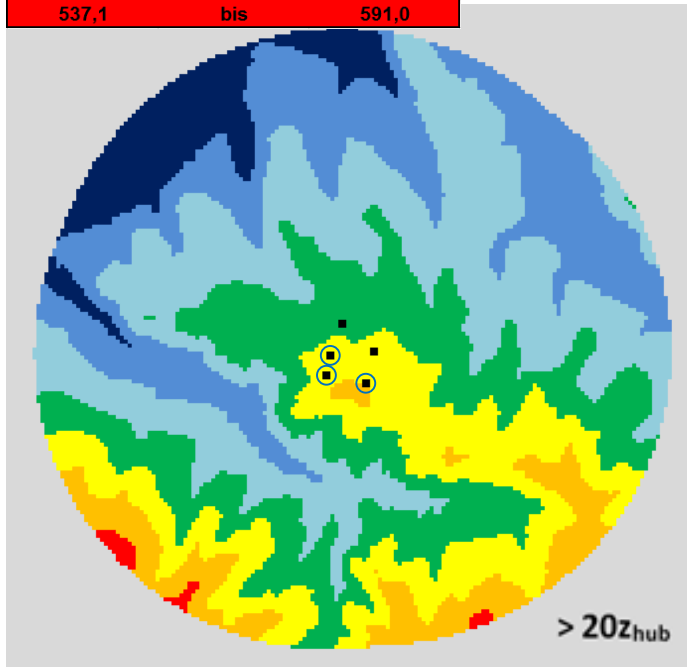
Höhe (min. bis max.)		
214,0	bis	267,9
267,9	bis	321,7
321,7	bis	375,6
375,6	bis	429,4
429,4	bis	483,3
483,3	bis	537,1
537,1	bis	591,0



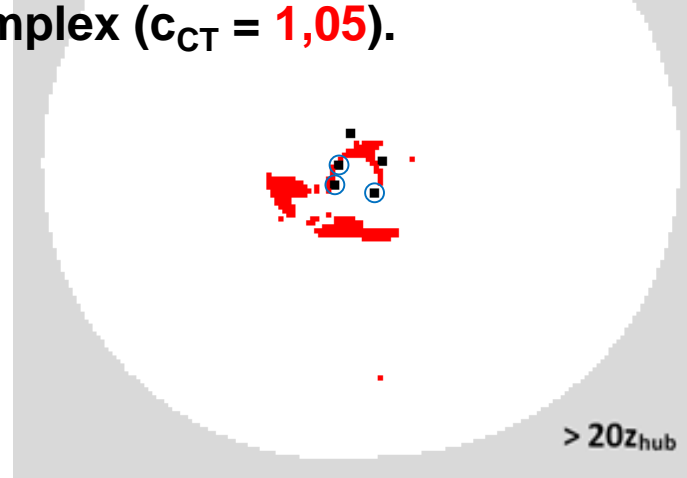
IEC 61400-1, ED.4 – BEWERTUNG DER KOMPLEXITÄT DES GELÄNDES

- Praktisches Beispiel zwischen Ed. 3 und Ed. 4:

Höhe (min. bis max.)		
214,0	bis	267,9
267,9	bis	321,7
321,7	bis	375,6
375,6	bis	429,4
429,4	bis	483,3
483,3	bis	537,1
537,1	bis	591,0



→ Nach dem Verfahren gemäß IEC, Ed. 3 ist das Kriterium der vertikalen Höhendifferenz an der omnidirektionalen 5 z_{hub}-Ebene gegenüber allen anderen Ebenen zu konservativ (für drei von fünf WEA beträgt c_{CT} = **1,15**). Nach dem Verfahren gemäß IEC, Ed. 4 ist hingegen nur noch der Standort einer WEA komplex (c_{CT} = **1,05**).

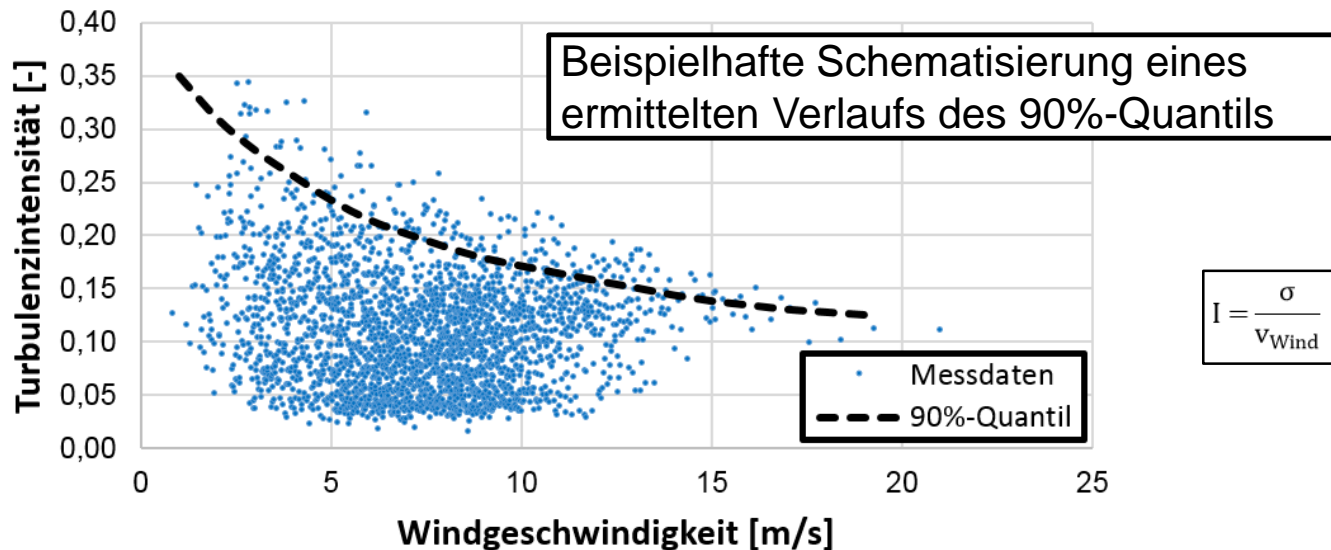


IEC 61400-1, ED.4 – BEWERTUNG DER KOMPLEXITÄT DES GELÄNDES

- Das Verfahren zur Bewertung des Geländes hinsichtlich Komplexität nach IEC, Ed. 4 ist gegenüber der IEC, Ed. 3 tendenziell weniger konservativ (weniger WEA sind komplex).
- Das Kriterium für die omnidirektionale 5 z_{hub} -Ebene aus IEC, Ed. 3 ist nun deutlich weniger dominierend.
- Deutlich häufigere Werte für C_{CT} zwischen 1,0 und 1,15.

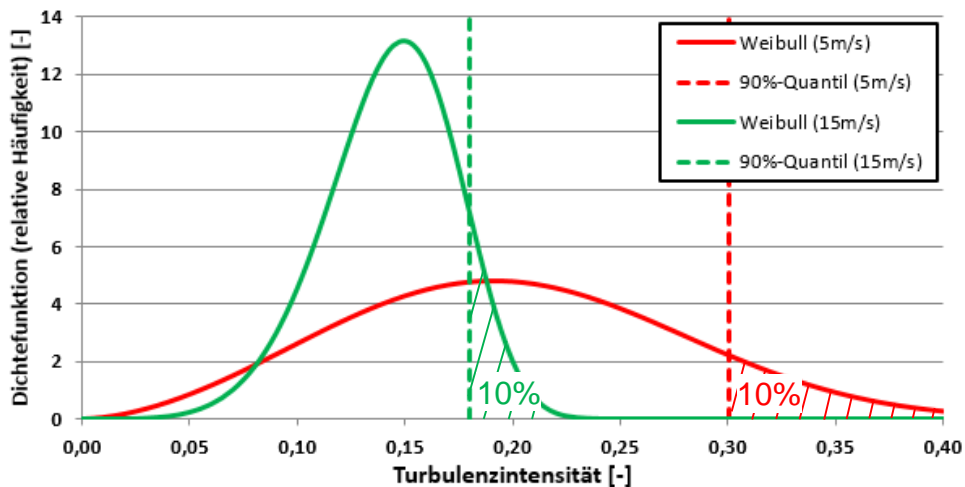
IEC 61400-1, ED.4 – STANDARDABWEICHUNG DER TURBULENZ

- Gemäß IEC 61400-1 (IEC, Ed. 3 oder Ed. 4) ist das 90%-Quantil der Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität anzusetzen (siehe Abbildung unten).
- Die Verwendung eines 90%-Quantils ist gegenüber der Verwendung einer Verteilung der Umgebungsturbulenzintensität in aller Regel konservativ.
- Alternativ kann die Umgebungsturbulenzintensität gemäß IEC, Ed. 3 durch eine logarithmische Normalverteilung angenähert werden.



IEC 61400-1, ED.4 – STANDARDABWEICHUNG DER TURBULENZ

- Als Alternative zum 90%-Quantil stellt die IEC, Ed. 4 nun die Annäherung über eine Weibull-Verteilung vor. Gegenüber der log-normal Verteilung (IEC, Ed. 3) ist in aller Regel eine repräsentativere Abbildung der Verteilung der Umgebungsturbulenzintensität an Standorten möglich.
- Hierdurch lassen sich in aller Regel geringere Turbulenzintensitäten erzielen.
- Die Herausforderung liegt in der Ermittlung der, für die Ermittlung der effektiven Turbulenzintensität, abdeckenden standortspezifischen Parameter der Weibullverteilung.



Die Abweichung der Turbulenzintensität zum 90%-Quantil hängt u.a. auch vom materialspezifischen Exponenten der Wöhlerlinie m ab. Abnehmende Werte von m wirken sich dabei mindern auf die effektive Turbulenzintensität aus.

QUALITÄT DER VERWENDETEN WINDDATEN

- Beispiele, in welchen Bereichen standortspezifische Winddaten Eingang finden:
 - Windpotentialstudie / Ertragsgutachten / Standortgüthenachweis
 - Standorteignungsgutachten („Turbulenzgutachten“)
 - Standortspezifische Lastrechnungen / Lastvergleiche
(detailliert, generisch, EqLR)
 - Weiterbetrieb von WEA
(Vortrag von TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG,
Peter Baulig, Forum 12 ab 12:20 Uhr)
 - Risikobeurteilung

QUALITÄT DER VERWENDETEN WINDDATEN

- Welche Qualität können die uns zur Verfügung gestellten Winddaten haben? (einige Beispiele)

- zu alt
- zu großer Unterschied zur zu betrachtenden Nabenhöhe
- Zu große Entfernung zum WEA-Standort
- Quelle der Winddaten und Vorgehen zur Ermittlung (völlig) unklar

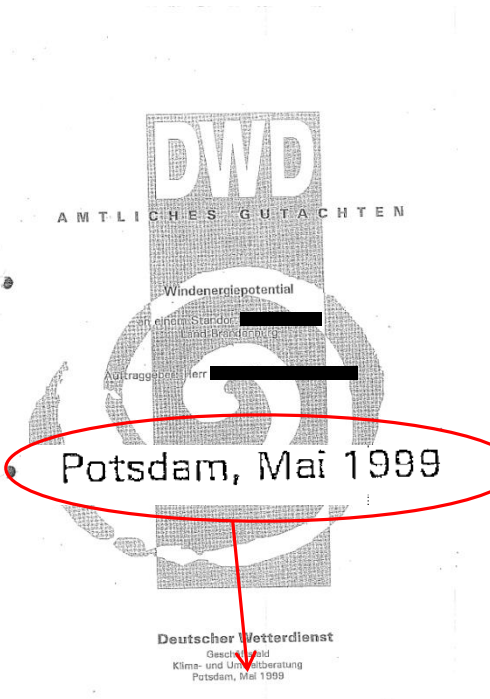
Relative Häufigkeitsverteilung der Windrichtung, richtungsabhängige Weibull-Parameter (A, k) und Windenergiepotential (E) am Standort bei [redacted] für 70,5 m über Grund

Sektormitte Grad	Rel. Häuf. %	A m/s	k	E W/m²	% der Ges.-E.
0					1.8
30					1.4
60					1.5
90					1.8
120					1.5
150					1.5
180					3.6
210	11.6	7.1	2.19	31.6	12.3
240					
270					
300					
330					
Summe	100.0	-	-	257.0	100.0

Planung NH 140,0m



Abstand: mehrere km



Potsdam, Mai 1999

Deutscher Wetterdienst
Geschäftsbereich
Klima- und Umweltberatung
Potsdam, Mai 1999

Planung im Jahr 2016

QUALITÄT DER VERWENDETEN WINDDATEN

- Neues EEG fordert TR6-konformes Windgutachten für Nachweis der Standortgüte sowie bei Bürgerwindparks bereits für Teilnahme an der Ausschreibung.
- Für belastbare, repräsentative Winddaten werden gemäß FGW TR6* Validierungen / Abgleiche der detaillierten Modelldaten mit vorhandenen Daten (Windmessungen am Standort, Produktionsdaten geeigneter, bestehender WEA, z.B. 2/3 x Nabenhöhe) durchgeführt sowie Unsicherheiten untersucht und bewertet.
- Wir empfehlen die Verwendung belastbarer und einheitlicher Winddaten, um konsistente Ergebnisse zu erzielen.
- Genaue Kenntnis des Windpotenzials erlaubt die Wahl des für den Standort optimal geeigneten WEA-Typs.
 - Daher bietet es sich an, bereits zu Projektbeginn **belastbare, repräsentative, standortspezifische Winddaten** für relevante Untersuchungen bzw. gutachtliche Stellungnahmen bereitzustellen.

*) FGW e.V.; Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 6 (TR 6) Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen; Revision 10; Berlin; 26.10.2017

STANDORTSPEZIFISCHE LASTVERGLEICHE

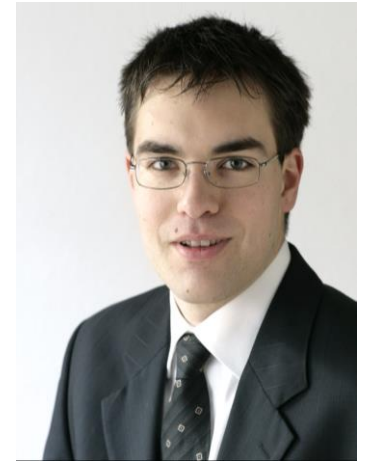
- Trotz Überschreitungen der Auslegungswerte der Turbulenzintensität an WEA kann die Standorteignung ggf. durch einen standortspezifischen Lastvergleich nachgewiesen werden.
- Das Ergebnis der Lastvergleichs hängt neben der Turbulenzbelastung auch von den übrigen Windparametern am Standort ab:
 - mittlere Jahreswindgeschwindigkeit sowie mittlerer Formparameter k der Windverteilung,
 - Windgradient bzw. Höhenprofil (α),
 - Neigung der Anströmung,
 - mittlere Luftdichte.
- Ggf. sind herstellerunabhängige standortspezifische Lastvergleiche möglich (generische Lastvergleiche).
- Andernfalls lassen sich sektorielle Abschaltregelungen evtl. durch sektorielle Leistungsreduzierungen vermeiden. Hersteller bieten dabei vermehrt eine Vielzahl unterschiedlicher Betriebsmodi an.

STANDORTSPEZIFISCHE LASTVERGLEICHE

- WEA werden zunehmend nach S-Class in WZ und/oder TK ausgelegt.
- Vergleich der 50-Jahreswindgeschwindigkeit kann dann nur noch direkt durch Bestimmung der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit v_{50} am Standort erfolgen.
- Die Ermittlung von v_{50} auf Basis von Reanalysedaten oder auf Basis von Messdaten führt dabei in aller Regel zu deutlich geringeren Windgeschwindigkeiten als nach DIN EN 1991-4-1 NA. Standortsspezifische Lastvergleiche der Extremlasten können somit umgangen werden.
- Die tendenzielle Verringerung der Auslegungswerte der Turbulenzintensität sowie die wachsende Anzahl von WEA-Typen mit CFK-Rotorblättern führt zu einer deutlich höherer Anzahl an erforderlichen Lastvergleichen durch den Hersteller.
 - Standortsspezifische Lastvergleiche für den Standorteignungsnachweis sind zunehmend bereits für die Wahl des WEA-Typs erforderlich.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Fragen und Rückmeldungen gerne an:



TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG

Oliver Röglin

Sachverständiger Wind Site Assessment Renewables

Große Bahnstraße 31

22525 Hamburg, Germany

Phone +49 40 8557 2390

Email: renewables@tuev-nord.de