



ZUNEHMENDE HERAUSFORDERUNGEN BEI DER BEWERTUNG DER STANDORTEIGNUNG BENACHBARTER WEA IM RAHMEN VON NEUPLANUNGEN

Oliver Röglin

TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG, Hamburg

INHALT

- TÜV NORD Windenergie
- Nachweis der Standorteignung von WEA (Bewertung der Standsicherheit)
- Standortspezifische Lastvergleiche
- Unterschied in der Bewertung zwischen älteren Bestands-WEA mit einer Typenprüfung nach DIBt 1995 (1993) oder DIBt 2004 und neueren Bestands-WEA mit einer Typenprüfung nach DIBt 2012
- Bewertung von WEA, die sich bereits im Weiterbetrieb befinden
- Aktuelle Entwicklungen bei Auslegungswerten und WEA-Abständen
- Zusammenfassung

TÜV NORD WINDENERGIE



Eine der führenden Zertifizierungsstellen im Bereich der erneuerbaren Energien

- Ca. 90 Ingenieure unterschiedlichster Fachrichtungen (weltweit aktiv)
- Zertifizierung
- Technical Site Assessment
- Inspections / Wiederkehrende Prüfungen (WKP)
- **Wind Site Assessment**
 - Windpotenzial und Energieertragsprognose sowie Standortgütenachweis
 - Standorteignung einschließlich generischer Lastvergleiche
 - Schallimmissions- und Schattenwurfprognose
 - Risikobeurteilung (z.B. Eisabwurf/Eisabfall)
 - Geotechnische Standorterkundung und Gründungsberatung
 - Weiterbetrieb von Windenergieanlagen

NACHWEIS DER STANDORTEIGNUNG VON WEA (BEWERTUNG DER STANDSICHERHEIT)

- Zubau von WEA in einem bestehenden Windpark erfordert gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) eine Turbulenz-Immissionsprognose, da sich an den benachbarten WEA die Turbulenzbelastung erhöhen kann.
- Dies erfolgt durch Bewertung der Standsicherheit (bzw. Standorteignung) der zu betrachtenden WEA nach jeweiliger DIBt-Richtlinie der jeweils zu Grunde zu legenden Typenprüfung.
- Für WEA mit Typenprüfung nach DIBt 1995¹ (1993) und DIBt 2004² ist standortspezifisch zu untersuchen, ob die Auslegungswerte der Turbulenzintensität überschritten werden (insb. durch lokale Turbulenzerhöhungen infolge der Einflüsse benachbarter WEA im Nachlauf).
- Für Bewertung der Standorteignung von neuen WEA mit Typenprüfung nach DIBt 2012³ müssen neben der Turbulenzintensität mindestens zusätzlich die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit v_m sowie die Windzone bzw. die 50-Jahreswindgeschwindigkeit v_{50} mit den entsprechenden Auslegungswerten verglichen werden.






1) Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Richtlinie für Windkraftanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Juni 1993; DIBt, Berlin; 2. Aufl. 1995

2) Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Richtlinie für Windenergieanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung März 2004; DIBt, Berlin; 2004

3) Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Richtlinie für Windenergieanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Oktober 2012 (Korrigierte Fassung März 2015); DIBt, Berlin; 2012

NACHWEIS DER STANDORTEIGNUNG VON WEA (BEWERTUNG DER STANDSICHERHEIT)

Interpretation der Berechnungsergebnisse für effektive Turbulenzintensitäten (I_{eff}) auf Nabenhöhe anhand eines Beispiels:

Windgeschwindigkeit [m/s]	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20
Auslegungswert [%] IEC, Ed. 3 (Kurve A)	29,9	24,8	22,0	20,1	18,9	18,0	17,3	16,7
Auslegungswert [%] IEC, Ed. 3 (Kurve B)	26,2	21,7	19,2	17,6	16,5	15,7	15,1	14,6
Lfd. WEA-Nr.	Ergebnisse [%] auf NH der WEA							
vor dem Zubau der WEA 3								
 1	26,0	23,1	21,5	19,0	17,2	15,4	14,1	12,0
 2	26,4	23,4	21,1	19,7	17,9	15,4	13,7	12,7
nach dem Zubau der WEA 3								
 1	28,4	24,7	23,1	20,5	18,0	15,6	14,1	12,0
 2	28,6	25,2	22,2	20,0	18,3	15,7	13,8	12,8
 3	27,2	23,4	20,8	19,9	17,1	15,0	13,4	12,6

Überschreitungen der Auslegungswerte der Turbulenzintensität, die bei der jeweiligen Typen- bzw. Einzelprüfung der WEA zugrunde zu legen sind, sind jeweils **fett und kursiv** gedruckt

WEA-Hersteller können seit baurechtlicher Einführung der DIBt 2012 ihre WEA gesondert mit individuellen (in der Regel niedrigeren) Auslegungswerten auslegen und sind nicht mehr an das Einhalten der A-Kurve gebunden.

Der Neubau der WEA 3 führt zu **Überschreitungen** an der WEA 2 im Windgeschwindigkeitsbereich zwischen 6 und 10m/s und an der WEA 1 zu **zusätzlichen Erhöhungen der eff. Turbulenzintensität** bis 16m/s. Die WEA 3 ist hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität standsicher.

STANDORTSPEZIFISCHE LASTVERGLEICHE

- Werden ein oder mehrere standortspezifische Windparameter nicht durch die Windparameter der Typenprüfung (Auslegungswerte) abgedeckt, so lässt sich der Nachweis der Standorteignung ggf. lastseitig über standortspezifische Lastvergleiche unter Berücksichtigung aller Windparameter erbringen.
- Sofern Gelände am WEA-Standort als orografisch komplex bewertet wird, lässt sich der Nachweis der Standorteignung praktisch meist nur noch über einen standortspezifischen Lastvergleich erbringen.
- Sofern standortspezifische Lasten unterhalb oder auf dem Niveau der Auslegungslasten liegen, ist die Standorteignung der WEA trotz Überschreitungen einiger Auslegungswerte lastseitig gewährleistet.
- Standortspezifische Lastvergleiche sind relativ aufwändig und werden meist durch den WEA-Hersteller selbst unter Verwendung eines detaillierten Lastrechnungsmodell für den WEA-Typ durchgeführt.
- Auch wenn dem Lastrechner nicht das detaillierte Lastrechnungsmodell vorliegt, so sind mittlerweile generische Modelle unter Berücksichtigung konservativer Annahmen anerkannte Praxis.
- Werden standortspezifische Lasten nicht durch Auslegungslasten abgedeckt, müssen mehr oder weniger ertragsmindernde sektorielle Betriebsbeschränkungen definiert werden (Blattwinkelverstellung, anderer Betriebsmodus oder Abschaltung der geplanten WEA, alternativ sektorielle Abschaltung der betroffenen benachbarten WEA). Unter Umständen kann dies zum Projektabbruch führen.

UNTERSCHIED IN DER BEWERTUNG ZWISCHEN BESTANDS-WEA MIT TYPENPRÜFUNG NACH DIBT 1995 (1993), DIBT 2004 ODER NACH DIBT 2012

- Bei Bestands-WEA mit einer Typenprüfung nach DIBt 2004 oder älter genügt im Rahmen eine Neuplanung der Vergleich der Werte der effektiven Turbulenzintensität (I_{eff}) mit den jeweiligen Auslegungswerten.
- Da bei WEA mit einer Typenprüfung nach DIBt 2012 für den Nachweis der Standorteignung hinsichtlich der Betriebsfestigkeitslasten mindestens zusätzlich auch die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit v_m mit dem Auslegungswert verglichen werden muss, reicht der Vergleich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität meist nicht aus.
- Keine signifikante Änderung der Werte der effektiven Turbulenzintensität (I_{eff}) durch Zubau:

DIBt 1995/2004/2012: Da sich die Betriebsfestigkeitslasten nicht ändern, kann die Standorteignung betrachteter Bestands-WEA weiterhin als gegeben angesehen werden.

Diese Aussage gilt unabhängig von der Komplexität des Geländes und auch unabhängig davon, ob Auslegungswerte der Turbulenzintensität überschritten werden oder nicht.

UNTERSCHIED IN DER BEWERTUNG ZWISCHEN BESTANDS-WEA MIT TYPENPRÜFUNG NACH DIBT 1995 (1993), DIBT 2004 ODER NACH DIBT 2012

- Werte der effektiven Turbulenzintensität (I_{eff}) ändern sich durch Zubau signifikant, die Auslegungswerte der Turbulenzintensität werden aber weiterhin eingehalten:

DIBt 1995/2004: Standorteignung betrachteter Bestands-WEA ist nachgewiesen

DIBt 2012: **Auslegungswert v_m wird nicht überschritten**: Standorteignung betrachteter Bestands-WEA ist nachgewiesen

Auslegungswert v_m wird überschritten: Nachweis der Standorteignung betrachteter Bestands-WEA erfordert standortspezifischen Lastvergleich oder sektorische Betriebsbeschränkungen zur Reduzierung der effektiven Turbulenzintensitäten auf das Niveau vor Zubau der geplanten WEA

(ist WEA-Standort orografisch komplex, gilt praktisch meist die gleiche Aussage)

UNTERSCHIED IN DER BEWERTUNG ZWISCHEN BESTANDS-WEA MIT TYPENPRÜFUNG NACH DIBT 1995 (1993), DIBT 2004 ODER NACH DIBT 2012

- Werte der effektiven Turbulenzintensität (I_{eff}) ändern sich durch Zubau signifikant, die Auslegungswerte der Turbulenzintensität werden erstmals überschritten:

DIBt 1995/2004: Nachweis der Standorteignung betrachteter Bestands-WEA erfordert standortspezifischen Lastvergleich oder sektorielle Betriebsbeschränkungen zur Einhaltung der Auslegungswerte der Turbulenzintensität im betroffenen Windgeschwindigkeitsbereich

DIBt 2012: **Auslegungswert v_m wird nicht überschritten:** Nachweis der Standorteignung betrachteter Bestands-WEA erfordert standortspezifischen Lastvergleich oder sektorielle Betriebsbeschränkungen zur Einhaltung der Auslegungswerte der Turbulenzintensität im betroffenen Windgeschwindigkeitsbereich (wie DIBt 1995/2004)

Auslegungswert v_m wird überschritten: Nachweis der Standorteignung betrachteter Bestands-WEA erfordert standortspezifischen Lastvergleich oder sektorielle Betriebsbeschränkungen zur Reduzierung der effektiven Turbulenzintensitäten auf das Niveau vor Zubau der geplanten WEA

(ist WEA-Standort orografisch komplex, gilt praktisch meist die gleiche Aussage)

UNTERSCHIED IN DER BEWERTUNG ZWISCHEN BESTANDS-WEA MIT TYPENPRÜFUNG NACH DIBT 1995 (1993), DIBT 2004 ODER NACH DIBT 2012

- Werte der effektiven Turbulenzintensität (I_{eff}) ändern sich durch Zubau signifikant, die Auslegungswerte der Turbulenzintensität waren bereits überschritten:

DIBt 1995/2004/2012: Nachweis der Standorteignung betrachteter Bestands-WEA erfordert standortspezifischen Lastvergleich oder sektorielle Betriebsbeschränkungen zur Reduzierung der effektiven Turbulenzintensitäten auf das Niveau vor Zubau der geplanten WEA.

Diese Aussage gilt unabhängig von der Komplexität des Geländes

BEWERTUNG VON WEA, DIE SICH BEREITS IM WEITERBETRIEB BEFINDEN

- Weiterbetrieb bedeutet Betrieb der WEA über die Entwurfslebensdauer hinaus (in der Regel 20 Jahre).
- Anzahl bestehender WEA, die über die Auslegungsdauer hinaus weiterbetrieben werden, hat in den vergangenen Jahren zugenommen.
- Neben der Bewertung des Ist-Zustandes der Gesamtanlage vor Ort und erweiterten wiederkehrenden Prüfungen ist für den analytischen Nachweis eine detaillierte Berechnung der bereits erfahrenen und zukünftig erwarteten standortspezifischen Lasten für die Feststellung des Potenzials zum Weiterbetrieb einer WEA (Dauer der Laufzeitverlängerung) notwendig.
- Die Weiterbetriebsdauer kann umso höher ausfallen, je deutlicher die standortspezifischen Windparameter (insb. die effektive Turbulenzintensität) unterhalb der jeweiligen Auslegungswerte liegen.

BEWERTUNG VON WEA, DIE SICH BEREITS IM WEITERBETRIEB BEFINDEN

- Auslegungswerte und Auslegungslasten beziehen sich auf Entwurfslebensdauer (in der Regel 20 Jahre).
- Nach Überschreitung der Entwurfslebensdauer kann Nachweis der Standorteignung daher weder durch Vergleich mit den Auslegungswerten noch durch Vergleich mit den Auslegungslasten erfolgen.
- Bei weiterhin herkömmlicher Bewertung bereits weiterbetriebener WEA ist es somit möglich, dass die vollständige Erschöpfung an bestimmten Bauteilen bereits früher als erwartet eintritt.
- Nachweis für weiterbetriebene WEA kann daher nur durch detaillierte Berechnung der standortspezifischen Lasten erfolgen.
- Bei genehmigtem Weiterbetrieb (mit oder ohne definierte Laufzeitverlängerung), dürfte deren Turbulenzbelastung durch den Zubau einer weiteren WEA nicht zunehmen, denn jede signifikante Erhöhung der Werte der effektiven Turbulenzintensität erhöht die Betriebsfestigkeitslasten und verringert die Laufzeitverlängerung.
- Ohne Durchführung detaillierter Berechnungen der standortspezifischen Lasten müsste somit jede signifikante Erhöhung der Turbulenzbelastung unterbunden werden (z.B. durch sektorielle Betriebsbeschränkungen).

BEWERTUNG VON WEA, DIE SICH BEREITS IM WEITERBETRIEB BEFINDEN

- Aktuelle Diskussion zum Thema Weiterbetrieb:
 - Ist eine Genehmigung für den Weiterbetrieb einer WEA aus Sicht der Behörde überhaupt erforderlich oder ist dies evtl. nur abhängig von Wartungsintervallen? Genehmigungen erfolgen teils mit, teils auch ohne rechnerischen Nachweis.
 - Darf der Zubau von WEA die zusätzliche Lebensdauer der weiterbetriebenen WEA verkürzen oder nicht? Wie wird dies oder wird dies überhaupt im Genehmigungsverfahren erkannt und ggf. berücksichtigt?
 - Besteht das Recht auf (geplanten) Weiterbetrieb (muss der Einfluss durch den Zubau von WEA in relevanter Nähe generell vermieden werden)?
- Dem Gutachter sind Informationen zum Weiterbetrieb zu berücksichtigender benachbarter WEA in aller Regel nicht bekannt. Es wird daher unterstellt, dass die jeweilige Entwurfslebensdauer aller zu bewertenden WEA noch nicht überschritten ist.
- Aus fachlicher Sicht sind Kenntnisse der Inbetriebnahme oder des aktuellen Genehmigungsstatus zur richtigen Bewertung weiterbetriebener WEA jedoch wichtig, um ggf. ein vorzeitiges Erreichen des Versagens der Standorteignung zu verhindern.

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN BEI AUSLEGUNGSWERTEN UND WEA-ABSTÄNDEN

- Die Auslegungswerte, die im Rahmen des Nachweises der Standorteignung mit den standortspezifischen Werten verglichen werden müssen, haben in den vergangenen Jahren tendenziell abgenommen (z.B. mittlere Jahreswindgeschwindigkeit v_m , B-Kurve oder S-Class).
- Geringere WEA-Abstände führen eher zu Überschreitungen hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität.
- Bei zunehmend dichteren WEA-Abständen und geringeren Auslegungswerten wird daher die Anzahl vorbelasteter WEA weiter ansteigen. Der Nachweis solcher WEA im Rahmen einer Neuplanung kann in den meisten Fällen dann nur noch über standortspezifische Lastvergleiche oder über sektorielle Betriebsbeschränkungen zur Reduzierung auf das Niveau vor Zubau der geplanten WEA erfolgen.
- Derzeitige Entwicklungen, die den Nachweis der Standorteignung künftiger Bestands-WEA nur noch durch standortspezifische Lastvergleiche ermöglichen:
 - Berücksichtigung der Windverteilung bzw. sekt. Turbulenzintensitäten zur Reduzierung der Turmlasten
 - Verteilungsfunktion von Auslegungswerten (z.B. Turbulenzintensität und Windscherung)
 - Ermittlung der zu erwartenden verlängerten Lebensdauer bereits kurz nach der Genehmigungsphase (dies hängt allerdings von den rechtlichen Randbedingungen ab)

ZUSAMMENFASSUNG

- Die Planung neuer WEA wird anspruchsvoller durch:
 - Benachbarte WEA, die nach DIBt 2012 zu bewerten sind (v_m -Vergleich, Komplexität)
 - Benachbarte WEA, die sich im Weiterbetrieb befinden (Bewertung, Information, rechtliche Fragen)
 - Zunehmend vorbelastete Bestands-WEA (Überschreitungen von Auslegungswerten) aufgrund geringerer Auslegungswerte und/oder dichter WEA-Abstände untereinander
- Vereinfacht ausgedrückt: Erhöhen sich die Werte der effektiven Turbulenzintensität an einer Bestands-WEA durch den Zubau geplanter WEA signifikant und konnte deren Standorteignung bereits damals nur über standortspezifische Lastvergleiche oder sektorielle Betriebsbeschränkungen nachgewiesen werden, so ist eine weitere Berechnung der standortspezifischen Lasten erforderlich oder es müssen sektorielle Betriebsbeschränkungen zur Reduzierung auf das Niveau vor Zubau der geplanten WEA definiert werden.
- Derzeitige Entwicklungen im Rahmen der Auslegung werden beim weiteren Zubau geplanter WEA zunehmend den Nachweis durch standortspezifische Lastvergleiche erfordern, um auf sektorielle Betriebsbeschränkungen verzichten zu können.

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

