



**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

ABTEILUNG WINDENERGIEANLAGEN

## **Gutachtliche Stellungnahme**

**Datum:** 24.04.2024

**Bericht Nr.:** 3993306-2-d

**Objekt:** **Evaluierung der Standsicherheit**  
Windenergieanlage  
Nordex N163/6.X, 7000 kW  
164 m Nabenhöhe über Geländeoberkante

**Standort:** Lattenberg (BW)

**Grundlage der  
Evaluierung:** DIBt 2012

**Auftraggeber:** Weidbusch GmbH & Co. KG  
Kunibertstr. 9  
59457 Werl  
Deutschland

Unsere Zeichen:  
IS-ESW-MUC

Seite 1 von 11

Die auszugsweise  
Wiedergabe des  
Dokumentes und die  
Verwendung zu  
Werbezwecken bedürfen  
der schriftlichen  
Genehmigung der  
TÜV SÜD Industrie Service  
GmbH.

Die Prüfergebnisse  
beziehen sich  
ausschließlich auf die  
untersuchten  
Prüfgegenstände.



Revision	Datum	Änderungen
0	24.04.2024	Erstfassung

## **Inhaltsverzeichnis**

1	Evaluierte Unterlagen.....	3
1.1	Eingesehene Unterlagen.....	3
2	Grundlage der Evaluierung.....	3
3	Beschreibung.....	4
4	Umfang der Evaluierung.....	7
5	Bemerkungen.....	7
5.1	Betriebsfestigkeitslasten.....	7
5.2	Extremlastfälle.....	7
6	Gutachtliche Stellungnahme.....	8
	Auflage.....	8
	Annex 1: Lastsensoren und zugehörige Koordinatensysteme (KOS).....	9
	Annex 2: Schädigungsäquivalente Lasten.....	11



## 1 Evaluerte Unterlagen

### 1.1 Eingesehene Unterlagen

Folgendes Dokument wurde im Rahmen der Evaluierung herangezogen:

Ref.	Titel	erstellt von	Dokument-Nr.	Rev.	Datum
[1]	„240419_Austauschdokument_I17-SE-2024-114_Lattenberg_20 Jahre.xlsx“	I17-Wind GmbH & Co. KG	C39A0E5E4F31FDE - BC14983C392B5DF3 C		

## 2 Grundlage der Evaluierung

Die Evaluierung erfolgte gemäß folgenden Normen und Richtlinien:

Ref.	Nummer	Titel
/1/	DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, korrigierte Version 2015
/2/	DIN EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen



### 3 **Beschreibung**

Der Auftraggeber plant am Standort „Lattenberg“ die Errichtung der folgenden Windenergieanlagen (WEA):

- 5 WEA des Typs Nordex N163/6.X mit einer Nennleistung von 7000 kW und 164 m Nabenhöhe über Geländeoberkante (WEA W1 - W5 in [1]).

Aus dem Turbulenzgutachten [1] geht hervor, dass die Turbulenzbelastung der folgenden WEA durch den Zubau maßgeblich erhöht würde und die bei der Typenprüfung angesetzte Turbulenzintensität dieser Anlagen überschritten wird:

- 5 WEA des Typs Nordex N163/6.X mit einer Nennleistung von 7000 kW und 164 m Nabenhöhe über Geländeoberkante (WEA W1 - W5 in [1]).

Zur Evaluierung der Standsicherheit der betroffenen WEA soll daher im Folgenden eine standortspezifische Lastberechnung durchgeführt werden.

Die hier behandelten WEA des Typs Nordex N163/6.X bestehen aus einem luvseitig angeordneten Dreiblatt-Rotor und einer über ein Getriebe gekoppelten Generatoreinheit auf einem Hybridturm aus Stahl- und Betonsektionen. Die Anlagen werden mittels Blattwinkelverstellung und mit variabler Rotordrehzahl geregelt.

Turbineneigenschaften	
Windenergieanlage	Nordex N163/6.X
Bezeichnung im Windpark	WEA W1 - W5
Rotordurchmesser	163 m
Nennleistung	7000 kW
Nabenhöhe über Geländeoberkante	164 m

**Tabelle 1: Turbineneigenschaften Nordex N163/6.X**

Im vorgelegten Dokument [1] werden die effektiven Turbulenzintensitäten für die im Bereich des Standortes „Lattenberg“ geplanten WEA für die Situation nach Zubau der geplanten WEA ausgewiesen. Die weiteren Windbedingungen am Standort können dem Dokument [1] entnommen werden. Die Evaluierung erfolgte im Vergleich zu Lasten, die sich nach Windbedingungen gemäß der folgenden Richtlinie ergeben:

- DIBt 2012, Windzone S (Nordex N163/6.X).

Die folgenden Bedingungen wurden für WEA W1 - W5 berücksichtigt.

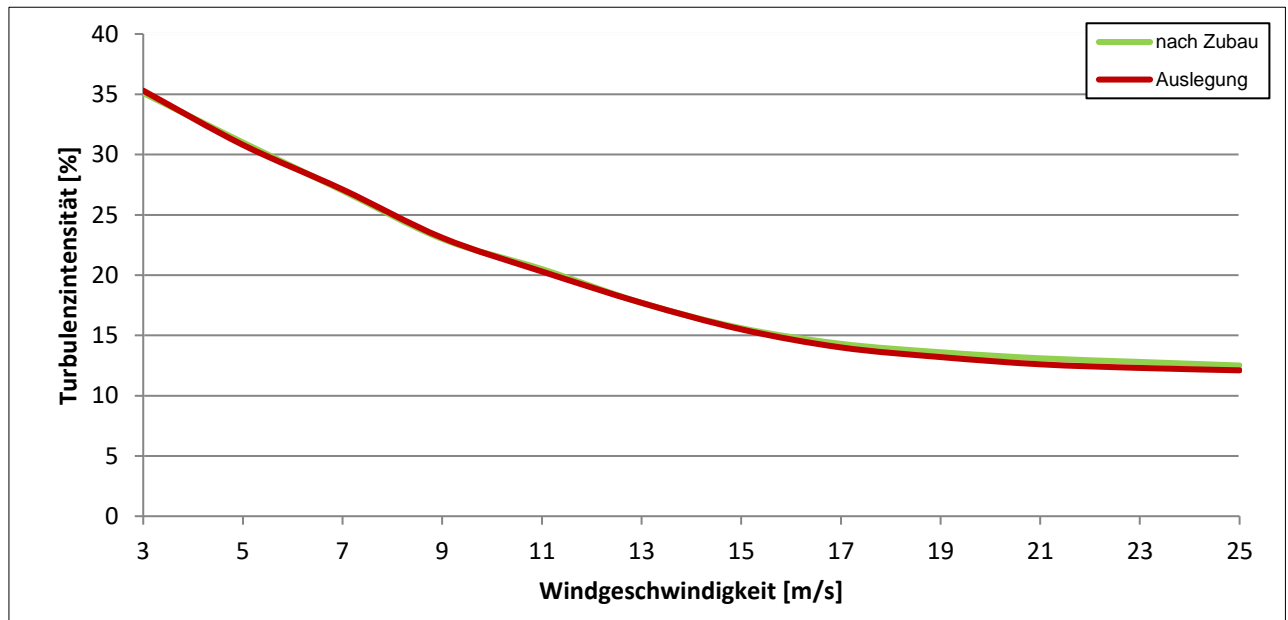
	Nordex N163/6.X „Lattenberg“	DIBt 2012, Windzone S (Auslegung)
Jährliche mittlere Windgeschwindigkeit	6,88 m/s	7,5 m/s
Vertikale Schräganströmung	4,8°	8°
Windgradient	0,178	0,25
Weibull Faktor (k)	2,25	2,4
Luftdichte	1,175 kg/m <sup>3</sup>	1,237 kg/m <sup>3</sup>

**Tabelle 2: Windbedingungen WEA W1 - W5**

Im Folgenden sind die in [1] ermittelten Turbulenzintensitäten für die in Tabelle 1 aufgelistete WEA im Bereich Lattenberg aufgeführt. Für die WEA W1 - W5 des Typs Nordex N163/6.X werden die Turbulenzintensitäten im Zustand nach Zubau für die gesamte Entwurfslebensdauer angesetzt. Dabei werden effektive Turbulenzintensitäten auf Basis von  $m = 14$  berücksichtigt.

Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Effektive Turbulenzintensität [%]		
	vor Zubau	nach Zubau	Auslegung
3	-	35.1	35.3
5	-	31.0	30.8
7	-	27.0	27.1
9	-	23.0	23.1
11	-	20.5	20.3
13	-	17.7	17.7
15	-	15.6	15.5
17	-	14.3	14.0
19	-	13.6	13.2
21	-	13.1	12.6
23	-	12.8	12.3
25	-	12.5	12.1

**Tabelle 3: Turbulenzintensitäten WEA W1 - W5**



**Abbildung 1: Turbulenzintensitäten grafisch WEA W1 - W5**

Die Berechnungen für die in Tabelle 1 aufgelisteten WEA wurden gemäß standortspezifischen Windbedingungen und gemäß in Tabelle 2 angegebenen Auslegungsbedingungen anhand eines generischen aeroelastischen Simulationsmodells durchgeführt. Dabei wurden die Anforderungen der Richtlinien /1/ und /2/ zur Durchführung von Lastberechnungen berücksichtigt. Es handelt sich hierbei um einen "Lastvergleich der Betriebsfestigkeitslasten" im Sinne der DIBt-Richtlinie (Fassung März 2015), Kapitel 16.2.c. Der Umstand, dass der Vergleich nicht anhand des Originalmodells des Herstellers durchgeführt wurde, sondern anhand eines generischen Modells, wurde durch die Verwendung von Sicherheitsaufschlägen auf die Standortlasten berücksichtigt. Dadurch ergibt sich ein konservatives Ergebnis der Evaluierung im Vergleich zum Nachweis durch den Hersteller.



#### **4 Umfang der Evaluierung**

Die Ergebnisse der durchgeführten Lastberechnungen für Windbedingungen gemäß Auslegung (siehe Auflage) und gemäß standortspezifischen Windbedingungen wurden miteinander verglichen. Die Windbedingungen inklusive der Windparkeffekte (Nachlaufturbulenz) am Standort „Lattenberg“ wurden [1] entnommen und als richtig angenommen. Eine erneute Prüfung dieser Werte fand im Rahmen der vorliegenden Evaluierung nicht statt.

#### **5 Bemerkungen**

Für die Evaluierung der Standsicherheit wurde davon ausgegangen, dass die zu evaluierenden Anlagen über die gesamte Entwurfslebensdauer mit den Turbulenzintensitäten im Zustand nach Zubau betrieben werden. Der genaue Zeitpunkt der Inbetriebnahme dieser zu evaluierenden WEA ist daher unerheblich für die Aussage der vorliegenden Evaluierung.

##### **5.1 Betriebsfestigkeitslasten**

Die Betriebsfestigkeitslasten wurden gemäß den Vorgaben aus /1/ und /2/ ermittelt. Dabei wurden materialabhängig inverse Wöhlerliniensteigungen von 4, 7, 10 und 14 berücksichtigt.

Die relative Änderung der Lasten auf Grund der gegenüber der Auslegung unterschiedlichen Windbedingungen wurden durch den Vergleich von Schädigungsäquivalenten ermittelt.

Die Ergebnisse der Lastvergleiche finden sich in tabellarischer Form in Anhang 2.

##### **5.2 Extremlastfälle**

Die vorliegende Evaluierung umfasst nur den Vergleich der Betriebsfestigkeitslasten. Gemäß [1] liegen keine Überschreitungen der für die Extremlasten relevanten Auslegungsparameter am Standort vor.



## 6 Gutachtliche Stellungnahme

Im Rahmen der vorliegenden Evaluierung wurde für die folgenden WEA unter Verwendung der in [1] dargestellten Turbulenzintensitäten und weiteren Windbedingungen Lastberechnungen durchgeführt:

- 5 WEA des Typs Nordex N163/6.X mit einer Nennleistung von 7000 kW und 164 m Nabenhöhe über Geländeoberkante (WEA W1 - W5 in [1]).

Dabei wurden die Anforderungen der Richtlinien /1/ bis /2/ berücksichtigt.

### **Nordex N163/6.X „Lattenberg“ (WEA W1 - W5)**

Die aus dem geplanten Parklayout resultierende Turbulenzerhöhung wird in der Gesamtbetrachtung über 20 Jahre durch das im Vergleich zur Auslegung niedrigere Jahreswindmittel am Standort kompensiert. An den für die Standsicherheit der WEA maßgeblichen Laststationen ergeben sich durch die zusätzlichen Turbulenzen über einen Gesamtzeitraum von 20 Jahren **keine Erhöhungen der Ermüdungslasten** gegenüber den Windbedingungen gemäß der Richtlinie DIBt 2012, Windzone S, welche für die Auslegung zu Grunde gelegt wurde (siehe Auflage).

Die Standsicherheiten über den Betriebszeitraum von 20 Jahren der im vorliegenden Bericht betrachteten WEA des Typs Nordex N163/6.X werden durch die Errichtung im geplanten Parklayout und die damit verbundene Turbulenzintensität (untersucht in [1]) in Bezug auf die Ermüdungslasten nicht gefährdet. Die WEA W1 - W5 können ohne eine sektorische Einschränkung betrieben werden.

Die nachfolgende Auflage ist zu beachten:

### **Auflage**

1. Die Aussage der vorliegenden Stellungnahme gilt unter der Voraussetzung, dass der Genehmigung der betrachteten WEA W1 - W5 des Typs Nordex N163/6.X mit einer Nabenhöhe von 164 m eine Typenprüfung mit einer jährlichen mittleren Windgeschwindigkeit gemäß DIBt 2012, Windzone S zugrunde lag (siehe Tabelle 2).

**TÜV SÜD Industrie Service GmbH**

**Abteilung Windenergieanlagen**

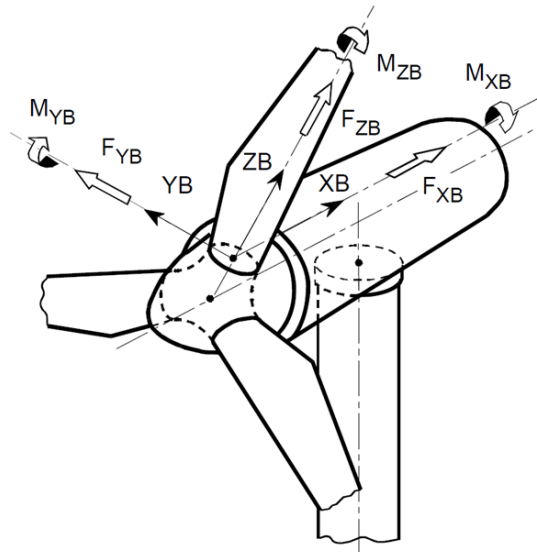
Bewertung

Evaluierung

J. Stauber

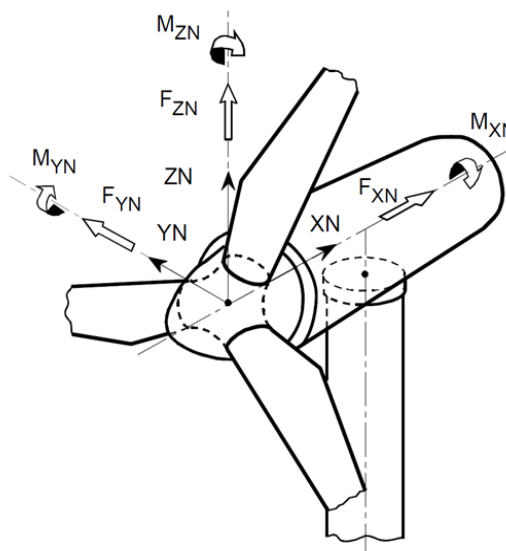
C. Schumacher

## Annex 1: Lastsensoren und zugehörige Koordinatensysteme (KOS)



**Abbildung 2: Koordinatensysteme Blattlasten, nach GL:2010**

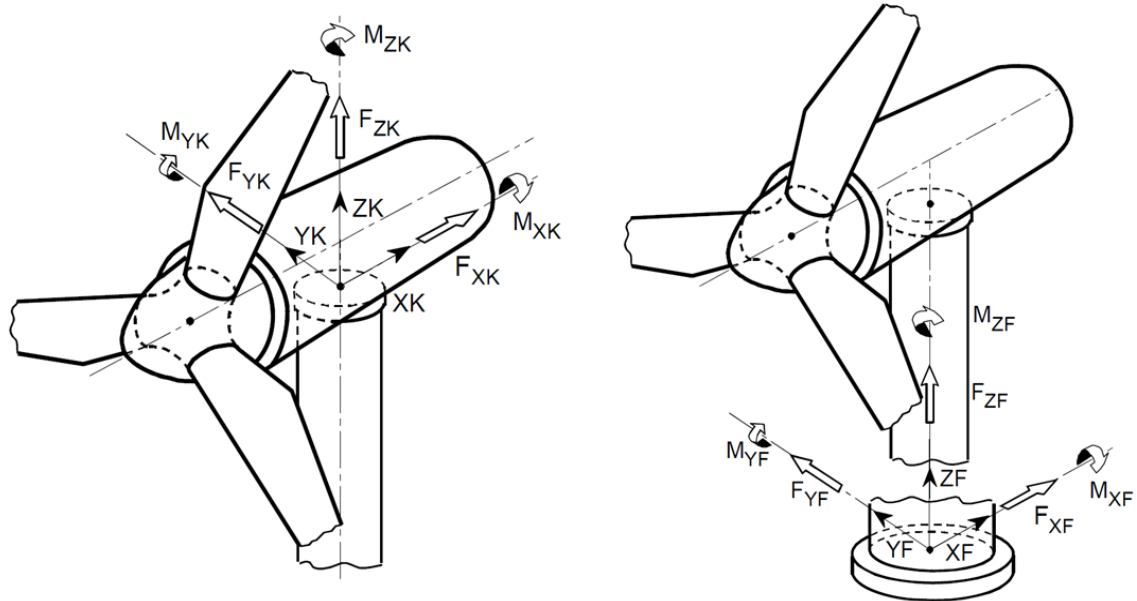
Die Blattlasten werden an der Anschlussstelle zur Nabe in Form der Momente in Richtung der Rotorachse ( $M_{XB}$ ), in Richtung der Pitch-Achse ( $M_{ZB}$ ) und senkrecht zu den beiden erstgenannten ( $M_{YB}$ ) ausgewertet. Die Auswertung geschieht im nabenfesten Koordinatensystem (Abbildung 2).



**Abbildung 3: Koordinatensysteme Nabe, nach GL:2010**

Die Nabenlasten werden an der Schnittstelle zwischen Blatt- und Rotorachse in Form der Momente in Richtung der Turm-Achse ( $M_{ZN}$ ) und in der Rotorebene, senkrecht zur Turmachse ( $M_{YN}$ ) ausgewertet. Die Auswertung geschieht im feststehenden Koordinatensystem (Abbildung 3).





**Abbildung 4: Koordinatensysteme Turmkopf (links) und Turmfuß (rechts), nach GL:2010**

Die Turmlasten werden im Zentrum des obersten und untersten Querschnitts des Turmes in Form der Momente in Richtung der Turm-Achse ( $M_{ZK}$ ) und in der Rotorebene, senkrecht zur Turmachse ( $M_{YK}$ ,  $M_{YF}$ ) ausgewertet. Die entsprechenden Koordinatensysteme sind für Turmkopf (links) und Turmfuß (rechts) in Abbildung 4 dargestellt.



## **Annex 2: Schädigungsäquivalente Lasten**

Im Folgenden sind die Werte der schädigungsäquivalenten Lasten an den für die Beurteilung der Standsicherheit der Windenergieanlagen maßgeblichen Laststationen angegeben. Die ermittelten Werte wurden normiert und beziehen sich auf diejenigen Lasten, die sich gemäß Auslegungsbedingungen ergeben. Damit zeigt ein Wert größer als 1 ein Überschreiten der Last im Vergleich zur Auslegung an der jeweiligen Laststation an.

### **Nordex N163/6.X (WEA W1 - W5)**

Gesamtbetrachtung über Betriebszeitraum von 20 Jahren:

Prognose DEL 20a								
	Blattwurzel, nabenfest			Nabe, fix		Turmkopf		Turmfuß
Wöhler-linie [-]	Mx [-]	My [-]	Mz [-]	My [-]	Mz [-]	My [-]	Mz [-]	My [-]
4	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
7			≤1		≤1	≤1	≤1	≤1
10	≤1	≤1		≤1				
14	≤1	≤1						