



Industrie Service

**Mehr Sicherheit.  
Mehr Wert.**

# Ausweisung der Standortgüte

für den Standort

## LANGENBRANDER HÖHE (BADEN-WÜRTTEMBERG)

**Bericht Nr.: MS-1403-048-BW-REF**

**Revision 0**

**Datum: 19.12.2018**

Datum: 19.12.2018  
Revision: 0

Unsere Zeichen:  
IS-ESW-RGB/MU

Das Dokument besteht aus  
13 Seiten.  
Seite 1 von 13

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.



Sitz: München  
Amtsgericht München HRB 96 869  
USt-IdNr. DE129484218  
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV  
unter [www.tuev-sued.de/impressum](http://www.tuev-sued.de/impressum)

Aufsichtsrat:  
Reiner Block (Vors.)  
Geschäftsführer:  
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),  
Christian Bauerschmidt, Thomas Kainz

Telefon: +49 941 460212-0  
Telefax: +49 941 460212-29  
[www.tuev-sued.de/is](http://www.tuev-sued.de/is)

**TÜV**®

TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Windenergieanlagen - Wind Cert Services  
Ludwig-Eckert-Str. 8  
93049 Regensburg  
Deutschland



Industrie Service

**Auftraggeber:**

**BayWa r.e. Wind GmbH**

Arabellastraße 4

D-81925 München

**Auftragnehmer:**

**TÜV SÜD Industrie Service GmbH**

**Abteilung Wind Cert Services**

Ludwig-Eckert-Str. 8

93049 Regensburg

**Angebot Nr.:**

**AN-WG-1810-237-BW Rev.1**

**Berichtart:**

**Nachweis der Standortgüte**

**Standortbezeichnung:**

**Langenbrander Höhe**

**Land:**

**Baden-Württemberg / Deutschland**

**Bericht Nr.:**

**MS-1403-048-BW-REF-de**

**Revision:**

**0**

**Ausstellungsdatum:**

**19.12.2018**

**Status:**

**Endbericht**

**Vertraulichkeitsstufe:**

A  B  C

**Bericht verfasst von:**

---

**Dipl. Geogr. Martin Unger**  
**(Abteilung Wind Cert Services)**

**Bericht geprüft von:**

---

**Dipl. Geogr. Florian Weber**  
**(Abteilung Wind Cert Services)**



## **Haftungsausschluss**

Der vorliegende Bericht wurde sorgfältig und fachgerecht nach bestem Wissen und Gewissen und nach allgemeinen Regeln der Technik angefertigt. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass das durch den Auftraggeber bzw. Dritte zur Verfügung gestellte Material (Daten, Schriften, Aufzeichnungen, Diagramme, etc.) zur Erstellung der Dienstleistung nicht vollständig auf Richtigkeit geprüft werden kann. Es kann daher keine Fehlerfreiheit der dargestellten Ergebnisse garantiert und keine Haftung übernommen werden. Die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse sind nur im Kontext mit dem gesamten Gutachten und unter besonderer Berücksichtigung der Hinweise und der berechneten Unsicherheiten zu den Ergebnissen zu verstehen.



### **Ausgehändigte Berichte**

<b>Revision</b>	<b>Datum</b>	<b>Titel des Berichts</b>
0	19.12.2018	Nachweis der Standortgüte

### **Änderungsverzeichnis**

<b>Revision</b>	<b>Datum</b>	<b>Zusammenfassung der Änderungen</b>
0	19.12.2018	Vollständiger Endbericht



## 1 Standortgüte für den Windparkstandort Langenbrander Höhe

Mit diesem Bericht wird ein Nachweis der Standortgüte, wie er nach dem EEG 2017 gefordert wird, für den im Bericht MS-1403-048-BW-WG-de, Rev. 4 [6] untersuchten Windpark beschrieben. Der Bericht MS-1403-048-BW-WG-de, Rev. 4 [6] befindet sich aktuell noch in Bearbeitung, jedoch sind die im vorliegenden Bericht eingehenden Daten final geprüft. Die Feststellung der Standortgüte, erfolgt nach dem Vorgehen, wie es in der technischen Richtlinie FGW TR6 Rev. 10 [2] Anhang C beschrieben ist.

Für den Standort liegt kein nach Vorgaben des EEG 2017 und der TR5 Rev. 7 [1] zertifizierter Referenzertrag für eine vermessene Leistungskennlinie des Anlagentyps Nordex N149 mit 4.5 MW und einer Nabenhöhe von 164 m vor. Es wurde daher eine Ersatzleistungskennlinie und ein Ersatz-Referenzertrag für den Anlagentypen nach der technischen Richtlinie TR6 der FGW Rev. 10 Anhang C.2.3 [3] bestimmt.

### 1.1 Abschätzung der Verlustfaktoren

Nach der technischen Richtlinie TR6 der FGW Rev. 10 [2] Anhang C und dem EEG 2017 sind vom ermittelten Brutto-Energieertrag zur Bestimmung der Standortgüte folgende Verlustfaktoren abzuziehen.

#### a) Abschattungsverluste

Als Abschattung bezeichnet man die gegenseitige Beeinflussung von Windkraftanlagen, die entsprechend der Windparkkonfiguration und der Windrichtungsverteilung am Standort Ertragsverluste nach sich zieht. Diese Verluste werden im Rahmen des Windgutachtens auf Basis eines analytischen Modells berechnet und sind dem Windgutachten MS-1403-048-WG-BW-de, Rev. 4 [6] zu entnehmen.

#### b) Technische Verfügbarkeit

Jede Windkraftanlage erfährt Stillstandszeiten aus verschiedensten Gründen. Zu hohe oder unzureichende Windgeschwindigkeit, standardmäßig sind regelmäßige Wartungen und Inspektion durchzuführen, Defekte müssen behoben und Komponenten evtl. getauscht werden, die Betriebsparameter der Anlage sind nicht eingehalten, Vereisung, vollständige Stilllegung u.v.m.

Für den geplanten Standort Langenbrander Höhe wird für den Verlust durch die technische nicht-Verfügbarkeit der Windkraftanlagen im langfristigen Mittel der gemäß FGW TR6 Rev. 10 Anhang C Wert von 3.0% herangezogen. Für den Verlust durch Vereisung wurde gemäß der Vereisungskarte der FGW TR6 Rev. 10 ein Verlust von 2.5% ermittelt.

Dieser Wert wurde abgeschätzt, da durch den Kunden zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch keine projektspezifischen Angaben gemacht werden konnten.

#### c) Elektrische Verluste

Elektrische Verluste sind diejenigen Verluste, die aufgrund des Stromtransportes vom Generator bis zum Netzeinspeisepunkt auftreten. Diese sind u.a. von der Windverteilung am Standort, den Kabeldimensionierungen, Umspannverlusten, Bodenparametern und Netzzrückkopplungen abhängig.

Für den geplanten Standort Langenbrander Höhe wurden die elektrischen Verluste mit 2.0% gemäß FGW TR6 Rev. 10 Anhang C herangezogen.



#### d) Genehmigungsrechtliche Auflagen

Umweltbedingte Leistungsreduktionen beziehen sich in erster Linie auf den leistungsreduzierten Betrieb, um beispielsweise Schallemissionen zu reduzieren. Sollten bei der Planung des Windparks gewissen Anlagenabstände unterschritten sein, so kann es zur Reduzierung des negativen Einflusses der Windkraftanlagen untereinander nötig sein, dass ein Sektormanagement implementiert wird. Dabei werden bestimmte Anlagen bei gewissen Windrichtungen und -geschwindigkeiten, die sich als kritisch herausstellen, reduziert betrieben oder stillgesetzt. Auch Schattenwurf, Naturschutz oder der Schutz des Flugbetriebs zählt in diese Kategorie von Verlusten.

Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung sind bislang Verluste durch Schattenwurf von 0.2% für WEA02, 0.3% für WEA04 und WEA05 und 0.4% für WEA 03 sowie durch Schall von 4.7% für WEA01, 4.4% je für WEA02 und WEA03 sowie 2.2 % für WEA04 und 2.3% für WEA05 bekannt. Verluste in Höhe von 2.1% bzgl. Fledermausschutz wurden für WEA01 ermittelt, 2.2% für WEA02 und WEA03, 2.3% für WEA04 und 2.4% für WEA05.

### 1.2 Berechnung des Referenzertrages

Der Referenzertrag einer WEA am Referenzstandort berechnet sich nach FGW TR 5 Rev. 7 [1] wie folgt:

$$R = 5 * AEP \quad [1.1]$$

Der Jahresenergieertrag (AEP) in kWh wird folgendermaßen berechnet:

$$AEP = \sum_{i=1}^n AEP(v_i) \quad [1.2]$$

Der Jahresenergieertrag pro Windgeschwindigkeits-BIN ergibt sich aus:

$$AEP(v_i) = 8760h * (F(v_i) - F(v_{i-1})) * \left( \frac{P_{i-1} + P_i}{2} \right) \quad [1.3]$$

Die Rayleigh-Summenhäufigkeit der Windgeschwindigkeit berechnet sich aus:

$$F(v_i) = 1 - \exp \left[ -\frac{\pi}{4} \left( \frac{v_i}{v_{Na}} \right)^2 \right] \quad [1.4]$$

Darin sind:

$v_i$ : Windgeschwindigkeit in m/s im BIN i

$P_i$ : Wirkleistung in kW im BIN i

$v_{Na}$ : mittlere Jahreswindgeschwindigkeit in Nabenhöhe der WEA in m/s



### 1.2.1 WEA gemäß EEG 2017, § 22 (2) mit einer Inbetriebnahme bis zum 31.12.2018

Die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit in Nabenhöhe der WEA am Referenzstandort berechnet sich nach FGW TR5 Rev. 7 [1] bzw. EEG 2014 Anlage 2 wie folgt:

$$v_{Na} = v_{ref} * \frac{\ln\left(\frac{h_{Na}}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_{ref}}{z_0}\right)} \quad [1.5]$$

$z_0$ : Rauigkeitslänge 0.1 m

$h_{ref}$ : Referenzhöhe 30 m

$v_{ref}$ : Referenzwindgeschwindigkeit 5.5 m/s

$h_{Na}$ : Nabenhöhe entsprechend der Herstellerangabe

### 1.2.2 WEA gemäß EEG 2017, § 22 (1) oder mit einer Inbetriebnahme nach dem 31.12.2018

Die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit in Nabenhöhe der WEA am Referenzstandort berechnet sich nach FGW TR5 Rev. 7 [1] bzw. EEG 2017 Anlage 2 wie folgt:

$$v_{Na} = v_{ref} * \left(\frac{h_{Na}}{h_{ref}}\right)^\alpha \quad [1.6]$$

$\alpha$ : Hellmannexponent 0.25

$h_{ref}$ : Referenzhöhe 100 m

$v_{ref}$ : Referenzwindgeschwindigkeit 6.45 m/s

$h_{Na}$ : Nabenhöhe entsprechend der Herstellerangabe



## 2 Verfahren zur Berechnung des Referenzertrags mit einer Ersatzkennlinie

Gemäß EEG 2017, Anlage 2, ist für die Berechnung des Referenzertrages einer WEA eine Leistungskurve zu verwenden, die nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik vermessen wurde. Sollte noch kein Referenzertrag vorliegen wird eine Ersatzleistungskennlinie mit zugehörigem Ersatz-Referenzertrag ermittelt. Hierbei wird die vom Hersteller bereitgestellte und für die Energieertragsberechnung verwendete Leistungskennlinie herangezogen. Bei Leistungskennlinien mit einer Bin-Weite größer 0.5 m/s wird zwischen den Werten linear interpoliert so dass eine Bin-Weite von 0.5 m/s entsteht. Es wird nach [3] die berechnete Leistungskennlinie die Standardluftdichte verwendet.

Für diese Leistungskurve wird nach Formeln 1.1 bis 1.4 sowie 1.6 der Referenzertrag  $R_{\text{Ersatz}}$  berechnet. Es wurde folgender Referenzertrag ermittelt.

Referenzertrag	
Anlagentyp	Nordex N149
Nennleistung:	4.5 MW
Nabenhöhe:	164 m
Referenzertrag:	89'400.0 MWh

Tabelle 1: Berechneter Referenzertrag mit Ersatz-Leistungskennlinie.





### 3 Berechnung der Standortgüte

Der für die Berechnung der Standortgüte herangezogene Referenzertrag wurde wie oben beschrieben berechnet.

Der Standortgüte liegen stets die Erträge nach Abzug der Verlustfaktoren zugrunde. Weitere Abzüge wurden nicht angebracht.

Zur Berechnung der Standortgüte ist nach folgender Gleichung zu verfahren:

$$SG = \frac{5 * E_{St0}}{R} * 100\% \quad [3.1]$$

Darin sind

- SG: Standortgüte (Verhältnis zwischen Standortertrag und Referenzertrag), anzugeben als ganzzahliger, gerundeter Prozentwert,
- E<sub>St0</sub>: Energieertrag, der für die WEA am Standort bestimmt wurde, abzüglich Energieverlustfaktoren,
- R: Referenzertrag des WEA Typs gemäß Zertifikat im Anhang.



#### 4 Ergebnis der Berechnung

Die Standortgüte wurde nach Formel [3.1] berechnet wobei ein Ersatz-Referenzertrag mit Berechnungsgrundlage der TR 5 Rev. 7 [1] zugrunde gelegt wurde. Dieser Ersatz-Referenzertrag wurde auf Basis der im Windgutachten [6] verwendeten Leistungskennlinie berechnet [2]. Desweiteren findet sich ein Auszug aus dem Prüfbericht als Zusammenfassung im Anhang.

Standortgüte - Konfiguration IV										
WEA Nr.	Gauß-Krüger Zone 3, DHDN		Ertrag Brutto [MWh/a]	a) Parkwirkungsgrad [-]	b) techn. Verfügbarkeit [-]	c) elektr. Effizienz [-]	d) Effizienz genehmigungsrechtl. Auflagen [-]	Gesamt [-]	Ertrag $E_{sto}$ MWh/a	Verhältnis Standortgüte [-]
	RW	HW								
WEA01	3'471'465	5'407'839	15'225.1	98.3%	94.5%	98.0%	93.3%	84.9%	12'930	72.3%
WEA02	3'471'100	5'408'106	14'577	96.5%	94.5%	98.0%	93.2%	83.3%	12'144	67.9%
WEA03	3'470'751	5'408'381	14'184	96.9%	94.5%	98.0%	93.0%	83.4%	11'835	66.2%
WEA04	3'470'811	5'408'853	13'678	94.6%	94.5%	98.0%	95.2%	83.4%	11'413	63.8%
WEA05	3'470'441	5'409'138	13'548	97.1%	94.5%	98.0%	95.0%	85.4%	11'568	64.7%

**Tabelle 2: Berechnete Energieerträge und Verlustfaktoren nach EEG 2017 und daraus resultierende Standortgüte – Konfiguration IV.**



## 5 Ausweisung der Standortgüte

Standortgüte	
<b>Akkreditiertes Prüfinstitut:</b>	TÜV SÜD Industrie Service GmbH Abteilung Wind Cert Services Ludwig-Eckert-Str. 8 D-93049 Regensburg
<b>Eignungsnachweis:</b>	Akk.-Nr.: D-PL-14153-02-05
<b>Auftraggeber:</b>	BayWa r.e. Wind GmbH Arabellastraße 4 D-81925 München
<b>Standort:</b>	Langenbrander Höhe
<b>Windpark</b>	Langenbrander Höhe
<b>Bericht-Nr.:</b>	MS-1403-048-BW-REF-de Rev.0 19.12.2018
<b>Bericht-Nr Ertagsberechnung:</b>	MS-1403-048-BW-WG-de Rev.4; FGW-konformes Windgutachten - Bericht in Bearbeitung - Ergebnisse bereits geprüft
<b>Konfiguration:</b>	IV
<b>Herstellerfirma:</b>	Nordex
<b>Rotorkreisfläche:</b>	17436.6 m <sup>2</sup>
<b>Nennleistung:</b>	4.5 MW
<b>Nabenhöhe:</b>	165 m
<b>Leistungskurve:</b>	F008_270_A12_DE, Revision 03 vom 29.03.2018, Luftdichte 1.225 kg/m <sup>3</sup>
<b>Referenzertrag:</b>	89400 MWh
<b>Herkunft Referenzertrag:</b>	Ersatzwert berechnet
<b>WEA Nr.</b>	WEA01
<b>Standortgüte</b>	72.3%
<b>WEA Nr.</b>	WEA02
<b>Standortgüte</b>	67.9%
<b>WEA Nr.</b>	WEA03
<b>Standortgüte</b>	66.2%
<b>WEA Nr.</b>	WEA04
<b>Standortgüte</b>	63.8%
<b>WEA Nr.</b>	WEA05
<b>Standortgüte</b>	64.7%

Tabelle 3: Ausweisung der Standortgüte gemäß FGW TR6 Rev 10, Anlage C.

Die Angaben entsprechen den Anforderungen des EEG 2017 und der TR 6 Rev. 10 Anlage C: "Bestimmung der Standortgüte zur Inbetriebnahme gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2017)".



## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Fördergesellschaft Windenergie e.V.: Teil 5: Bestimmung und Anwendung des Referenzertrages, Rev.7, Berlin (D), 01.01.2017
- [2] Fördergesellschaft Windenergie e.V.: Teil 6: Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen, Kiel (D), Rev. 10, 26.10.2017
- [3] Fördergesellschaft Windenergie e.V., Bente Klose: Teil 6: Änderung FGW TR 6 „Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen“ Revision 10 / Alteration FGW Part 6 Revision 10, per Mail vom 17.12.2018
- [4] Fördergesellschaft Windenergie e.V.: [www.wind-fgw.de](http://www.wind-fgw.de)
- [5] AAWCS-003: Referenzertragsnachweis. QM Arbeitsanweisung der Abteilung Wind Cert Services
- [6] TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Unabhängiges Windgutachten Standort Langenbrander Höhe, MS-1403-048-BW-WG-de, Rev.4, Bericht noch in Bearbeitung – berechnete Wind- und Ertragsdaten bereits final geprüft



## 7 Auszug der verwendeten Leistungskennlinie

**Dokumentbezeichnung:** F008\_270\_A12\_DE, Revision 03 vom 29.03.2018,  
Luftdichte 1.225 kg/m<sup>3</sup>

v [m/s]	Leistung [kW]	ct [-]
3.0	31.0	0.827
3.5	122.0	0.826
4.0	247.0	0.817
4.5	400.0	0.808
5.0	584.0	0.800
5.5	800.0	0.794
6.0	1054.0	0.791
6.5	1349.0	0.789
7.0	1691.0	0.788
7.5	2083.0	0.786
8.0	2527.0	0.774
8.5	3016.0	0.741
9.0	3506.0	0.696
9.5	3894.0	0.646
10.0	4177.0	0.594
10.5	4367.0	0.542
11.0	4470.0	0.490
11.5	4500.0	0.440
12.0	4500.0	0.392
12.5	4500.0	0.346
13.0	4500.0	0.303
13.5	4500.0	0.266
14.0	4500.0	0.234
14.5	4500.0	0.209
15.0	4500.0	0.188
15.5	4500.0	0.170
16.0	4500.0	0.154
16.5	4500.0	0.141
17.0	4500.0	0.129
17.5	4500.0	0.120
18.0	4500.0	0.112
18.5	4500.0	0.105
19.0	4500.0	0.099
19.5	4500.0	0.094
20.0	4500.0	0.090
20.5	4455.0	0.083
21.0	4307.0	0.076
21.5	4131.0	0.068
22.0	3951.0	0.061
22.5	3776.0	0.055
23.0	3600.0	0.049
23.5	3420.0	0.044
24.0	3245.0	0.040
24.5	3065.0	0.036
25.0	2885.0	0.032
25.5	2705.0	0.029
26.0	2529.0	0.027