

BESTIMMUNG DER SCHALLLEISTUNGSPEGEL EINER WEA DES TYPUS VESTAS V117-3.3MW IEC2A 50HZ (MODE 2) AUS MEHREREN EINZELMESSUNGEN FÜR DIE NABENHÖHEN 91,5 M, 116,5 M UND 141,5 M ÜBER GRUND

Ergebniszusammenfassung aus mehreren Einzelmessungen

Vestas Wind Systems A/S

Berichtsnummer: GLGH-4286 15 13028 293-A-0002-B

Berichtsdatum: 2015-08-19



WICHTIGER HINWEIS UND AUSSCHLUSSERKLÄRUNG

1. Dieses Dokument ist ausschließlich zur Verwendung durch den auf der ersten Seite dieses Dokuments genannten Kunden bestimmt, an den dieses Dokument gerichtet ist und der eine schriftliche Vereinbarung mit der DNV GL-Einheit geschlossen hat, die dieses Dokument ausstellt (im Folgenden „DNV GL“). Soweit dies rechtlich zulässig ist, übernimmt DNV GL oder ein anderes Unternehmen der Gruppe (im Folgenden „die Gruppe“) gegenüber Dritten (anderen Personen als dem Kunden) keinerlei Vertrags- oder Deliktshaftung, auch nicht auf Grund von Fahrlässigkeit, noch sonst eine Haftung, und kein Unternehmen der Gruppe außer DNV GL haftet für einen wie auch immer gearteten Verlust oder Schaden, der aufgrund einer Handlung, einer Unterlassung oder eines Versäumnisses (sei es aus Fahrlässigkeit oder aus einem anderen Grund) von DNV GL, der Gruppe oder einem seiner oder ihrer Mitarbeiter, Subunternehmer oder Bevollmächtigten eintritt. Dieses Dokument muss in seiner Gesamtheit betrachtet werden und unterliegt allen darin oder in einer anderen damit verbundenen maßgeblichen Mitteilung zum Ausdruck gebrachten Annahmen und Voraussetzungen. Dieses Dokument kann genaue technische Daten enthalten, die nur zur Verwendung durch Personen bestimmt sind, die über das erforderliche Know-how auf dem entsprechenden Fachgebiet verfügen.
2. Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt und darf nur entsprechend den Bestimmungen der Dokumentenklassifizierung sowie sonstiger daran geknüpfter Bedingungen vervielfältigt oder weitergegeben werden, die in diesem Dokument und/oder in der schriftlichen Vereinbarung zwischen DNV GL und dem Kunden enthalten sind bzw. auf die darin verwiesen wird. Kein Teil dieses Dokuments darf ohne die ausdrückliche vorherige schriftliche Zustimmung von DNV GL in einer Emissionserklärung, einem Zeichnungsprospekt oder einer Börsennotierung, einem Rundbrief oder einer ähnlichen sonstigen Bekanntmachung erscheinen. Eine Einstufung in der Dokumentenklassifizierung, die es dem Kunden erlaubt, dieses Dokument weiterzugeben, bedeutet dadurch nicht, dass DNV GL gegenüber einem anderen Empfänger als dem Kunden in irgendeiner Weise haftbar ist.
3. Dieses Dokument wurde auf der Grundlage von Informationen zu Daten und Fristen erstellt, auf die in diesem Dokument verwiesen wird. Dieses Dokument schließt nicht aus, dass sich Informationen ändern können. Sofern und in dem Maße wie die Kontrolle und Überprüfung von Informationen oder Daten nicht ausdrücklich in dem schriftlich festgehaltenen Leistungsumfang vereinbart wurde, ist DNV GL weder für vom Kunden oder einem Dritten an DNV GL gegebene fehlerhafte Informationen oder Daten noch für die Folgen solcher fehlerhafter Informationen oder Daten in irgendeiner Weise verantwortlich, gleichgültig, ob diese Informationen oder Daten in diesem Dokument enthalten sind bzw. darauf verwiesen wird oder nicht.
4. Alle Schätzungen und Vorhersagen in Bezug auf Wind und Energie unterliegen Faktoren, die nicht alle im Rahmen der Wahrscheinlichkeit liegen, und beinhalten Unsicherheiten, die in diesem Dokument genannt sind bzw. auf die in diesem Dokument verwiesen wird, und nichts in diesem Dokument gewährleistet eine bestimmte Windgeschwindigkeit oder Energieleistung.

LEGENDE ZUR DOKUMENTENKLASSIFIZIERUNG

Streng vertraulich	:	Zur Herausgabe nur an namentlich genannte Einzelpersonen in der Organisation des Kunden.
Persönlich und vertraulich	:	Zur Herausgabe nur an Einzelpersonen in der Organisation des Kunden, die direkt von dem im Dokument behandelten Sachverhalt betroffen sind.
Vertrauliche Geschäftsinformationen	:	Nicht zur Herausgabe an Personen außerhalb der Organisation des Kunden.
Ausschließlich für DNV GL	:	Nicht zur Herausgabe an Personen, die keine DNV GL-Mitarbeiter sind.
Nach Ermessen des Kunden	:	Weitergabe zu Informationszwecken ist nur nach Ermessen des Kunden gestattet (vorbehaltlich des oben stehenden „Wichtiger Hinweis und Ausschlussklärung“ sowie der Bestimmungen der schriftlichen Vereinbarung zwischen DNV GL und dem Kunden).
Veröffentlicht	:	Nur der allgemeinen Öffentlichkeit zu Informationszwecken zugänglich (vorbehaltlich des oben stehenden „Wichtiger Hinweis und Ausschlussklärung“).

Projekt:	Bestimmung der Schalleistungspegel einer WEA des Typs Vestas V117-3.3MW IEC2A 50Hz (Mode 2) aus mehreren Einzelmessungen für die Nabenhöhen 91,5 m, 116,5 m und 141,5 m über Grund	DNV GL - Energy Renewables Advisory GL Garrad Hassan Deutschland GmbH Sommerdeich 14b 25709 Kaiser-Wilhelm-Koog Deutschland Tel: 04856 901 0 HR B 636 ME
Berichtstitel:	Ergebniszusammenfassung aus mehreren Einzelmessungen	
Kunde:	Vestas Wind Systems A/S Hedeager 42 8200 Aarhus, Dänemark	
Kontaktperson:	Lars Behrendt	
Auftragsdatum:	2015-03-23	
Projektnummer:	4286 15 13028 293	
Berichtsnummer:	GLGH-4286 15 13028 293-A-0002-B	

Auftrag: Bestimmung der Schalleistungspegel einer WEA des Typs Vestas V117-3.3MW IEC2A 50Hz (Mode 2) aus mehreren Einzelmessungen für die Nabenhöhen 91,5 m, 116,5 m und 141,5 m über Grund

Berichtsersteller:	Prüfer:	Freigabe erteilt durch:
--------------------	---------	-------------------------

Dipl.-Ing. (FH) Arne Jensen

Dipl.-Ing. (FH) Ulf Kock
Messstellenleiter §29b BImSchG

Dipl.-Ing. (FH) Ulf Kock
Messstellenleiter §29b BImSchG

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Streng vertraulich
<input type="checkbox"/> Persönlich und vertraulich
<input type="checkbox"/> Vertrauliche Geschäftsinformationen
<input type="checkbox"/> Ausschließlich für DNV GL
<input checked="" type="checkbox"/> Nach Ermessen des Kunden
<input type="checkbox"/> Veröffentlicht | Schlüsselwörter:
Windenergieanlage
Schallemissionsmessung
FGW Technische Richtlinie 1, Revision 18 |
|--|--|

Revision	Datum	Ausgabe	Berichtsersteller	Prüfer	Freigabe erteilt durch
A	2015-04-21	Erstausgabe	Arne Jensen	Ulf Kock	Ulf Kock
B	2015-08-19	Zweitausgabe	Arne Jensen	Ulf Kock	Ulf Kock



Dieser Bericht darf auszugsweise nur mit schriftlicher Zustimmung der GL Garrad Hassan Deutschland GmbH vervielfältigt werden und umfasst insgesamt 13 Seiten.

GL Garrad Hassan Deutschland GmbH
 Registriert in Deutschland, Amtsgericht Pinneberg, Nr. HR B 636 ME. Sitz: Sommerdeich 14 b, 25709 Kaiser-Wilhelm-Koog.
 Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Hamburg. Geschäftsführer: Dr. Andreas Schröter, Tim Bakx, Volker Köhne.
 Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der GL Garrad Hassan Deutschland GmbH in ihrer jeweils neuesten Fassung. Es gilt deutsches Recht.

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFTRAG	2
2	UMRECHNUNGSMETHODE	2
3	FEHLERBETRACHTUNG	3
4	NABENHÖHENUMRECHNUNGEN	4
4.1	Messung 1 in Kikkenborg an der WEA Nr. V201299	4
4.2	Messung 2 in Kikkenborg an der WEA Nr. V201300	5
4.3	Messung 3 in Kikkenborg an der WEA Nr. V201303	6
5	ZUSAMMENFASSUNGEN AUS MEHREREN EINZELMESSUNGEN	7
5.1	Vestas V117-3.3 MW, Mode 2, $H_n = 91,5$ m	7
5.2	Vestas V117-3.3 MW, Mode 2, $H_n = 116,5$ m	9
5.3	Vestas V117-3.3 MW, Mode 2, $H_n = 141,5$ m	11
6	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	13
7	REFERENZEN	13

1 AUFTRAG

Die GL Garrad Hassan Deutschland GmbH (GH-D) wurde am 2015-03-23 von der Vestas Wind Systems A/S beauftragt, aus den messtechnisch ermittelten Schalleistungspegeln der drei unten aufgeführten Einzelmessungen verschiedener Messinstitute eine Ergebniszusammenfassung gemäß FGW Richtlinie Revision 18 /FGW18/ anzufertigen.

Für die Nabhöhen von 116,5 m und 141,5 m wird zuvor eine Umrechnung auf diese neuen Nabhöhen gemäß /FGW18/ Anhang C „Umrechnung der Schalleistungspegel auf andere Nabhöhen“ durchgeführt. Die relevanten Basisdaten sowie die zugehörigen Prüfberichte sind den Ergebniszusammenfassungen zu entnehmen.

Im Folgenden wird zunächst die Nabhöhenumrechnung für jede Einzelmessung aufgeführt. Die Ergebnisse dienen im Anschluss als Basisdaten für die statistische Ergebniszusammenfassung aus mehreren Einzelmessungen.

2 UMRECHNUNGSMETHODE

Die Umrechnung wird auftragsgemäß nach Anhang C: „Umrechnung der Schalleistungspegel auf andere Nabhöhen“ der „Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Revision 18“ vom 2008-02-01 /FGW18/ durchgeführt.

Der Windgeschwindigkeitswert $v_{10,i}$ in 10 m Höhe, welcher bei der vermessenen WEA die gleiche Leistung hervorruft wie diejenige WEA mit hypothetischer Nabenhöhe H_{hyp} bei gewählter Windgeschwindigkeit $v_{10,ref}$ in 10 m Höhe ergibt sich aus

$$v_{10,i} = v_{10,ref} \cdot \left(\frac{\ln\left(\frac{H_{hyp}}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_0}\right)} \right) \quad (1)$$

- mit
- $v_{10,ref}$: Referenzwindgeschwindigkeit in 10 m Höhe
 - H : Nabenhöhe über Grund der vermessenen Anlage
 - H_{hyp} : Hypothetische Nabenhöhe über Grund
 - z_0 : Referenzrauigkeitslänge = 0,05 m

Der Schalleistungspegel bei diesem hypothetischen Windgeschwindigkeitswert $v_{10,i}$ ist gegeben durch

$$L_{WA}(v_{10,i}) = 10 \cdot \lg\left(10^{0,1 \cdot L_{Aeq,vermessen}(v_{10,i})} - 10^{0,1 \cdot L_{n,vermessen}(v_{10,i})}\right) - 6 + 10 \cdot \lg\left(\frac{4\pi R_1^2}{S_0}\right) \quad (2)$$

mit $L_{Aeq,vermessen}(v_{10,i})$ gemessener Schalldruckpegel des Gesamtgeräusches bei der Windgeschwindigkeit $v_{10,i}$ anhand der in der Regressionsgrafik enthaltenen Regressionsparameter „ar.factor oper.“

$L_{n,vermessen}(v_{10,i})$ gemessener Schalldruckpegel des Fremdgeräusches bei der Windgeschwindigkeit $v_{10,i}$ anhand der in der Regressionsgrafik enthaltenen Regressionsparameter „ar.factor backgr.“

R_1 der schräge Abstand vom Rotormittelpunkt zum Mikrofon

S_0 die Bezugsfläche $S_0 = 1 \text{ m}^2$

3 FEHLERBETRACHTUNG

Unter Bezugnahme auf die erste Gleichung in Anhang C von /FGW18/ ist der Fehler $\sigma_{v_{10,i}}$ bei der Berechnung der hypothetischen Windgeschwindigkeit von der gewählten Windgeschwindigkeit $v_{10,ref}$ und

der Differenz des Faktors $\left(\frac{\ln\left(\frac{H_{hyp}}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_0}\right)} \right)$ zum Wert 1 abhängig. Beispielhaft betrachtet für den Fall

$v_{10,ref} = 10$ m/s, $H = 50$ m und $H_{hyp} = 100$ m ergibt sich unter Verwendung der Beziehung

$$\sigma_{v_{10,i}} = v_{10,ref} \cdot \left| \left(\frac{\ln\left(\frac{H_{hyp}}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_0}\right)} \right) - 1 \right| \quad (3)$$

mit den o.a. Parametern für $\sigma_{v_{10,i}}$ ein Wert von 1 m/s. Dieser Wert ist, basierend auf dem Vergleich von Erfahrungswerten, in seiner Größenordnung als plausibel einzustufen.

Die Gleichung (3) wird daher für die weitere Fehlerbetrachtung eingesetzt. Der von der Steigung der L_{Aeq} -Funktion bei der Windgeschwindigkeit $v_{10,i}$ abhängige Fehler der Umrechnung $\sigma_{Umrechnung}$ ist gegeben durch

$$\sigma_{Umrechnung} = \left| \frac{dL_{Aeq}(v_{10,i})}{dv_{10}} \right| \cdot \sigma_{v_{10,i}} \quad (4)$$

Der Gesamtfehler σ_{Gesamt} aus Berechnungs- und Messfehlerkomponenten $\sigma_{Umrechnung}$ und U_C ergibt sich aus

$$\sigma_{Gesamt} = \sqrt{\sigma_{Umrechnung}^2 + U_C^2} \quad (5)$$

oder

$$\sigma_{Gesamt} = \sqrt{\left(\left| \frac{dL_{Aeq}(v_{10,i})}{dv_{10}} \right| \cdot v_{10,ref} \cdot \left(\frac{\ln\left(\frac{H_{hyp}}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_0}\right)} \right) - 1 \right)^2 + U_C^2} \quad (6)$$

4 NABENHÖHENUMRECHNUNGEN

4.1 Messung 1 in Kikkenborg an der WEA Nr. V201299

Auf Basis der Messung von GH-D an dieser WEA mit einer Nabenhöhe von 91,5 m ergeben sich die in der Tabelle 4-1 dargestellten Schallleistungspegel für Nabenhöhen von 116,5 m und 141,5 m.

Tabelle 4-1 Schallleistungspegel in dB bei den hypothetischen Nabenhöhen sowie bei der Ausgangsnabenhöhe

	H [m]	L _{WA} [dB] bei WG in 10 m Höhe, v ₁₀ [m/s]					L _{WA} bei 95% P _{Nenn}	v ₁₀ bei 95% P _{Nenn} [m/s]
		6	7	8	9	10		
Messung	91,5	102,1	103,0	103,2	103,3	103,5	103,2	8,44
Berechnung	116,5	102,3	103,1	103,2	103,3	103,6	103,2	8,18
Berechnung	141,5	102,5	103,1	103,2	103,4	103,6	103,2	7,98

Die mit Hilfe der Gleichung (4) ermittelten Berechnungsfehler für die Umrechnung auf die hypothetischen Nabenhöhen sind der Tabelle 4-2 zu entnehmen.

Tabelle 4-2 Berechnungsfehler in dB für die hypothetischen Nabenhöhen

H [m]	Berechnungsfehler [dB] bei Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe, v ₁₀ [m/s]				
	6	7	8	9	10
116,5	0,3	0,1	0,0	0,1	0,1
141,5	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2

Die mit Hilfe der Gleichung (6) berechneten Gesamtfehler angesichts der Gesamtmessunsicherheit U_C für die hypothetischen Nabenhöhen H_{Hyp} sind der Tabelle 4-3 zu entnehmen.

Tabelle 4-3 Gesamtfehler in dB für die hypothetischen Nabenhöhen

H [m]	Gesamtfehler [dB] bei Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe, v ₁₀ [m/s]				
	6	7	8	9	10
116,5	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
141,5	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8

4.2 Messung 2 in Kikkenborg an der WEA Nr. V201300

Auf Basis der Messung von GH-D an dieser WEA mit einer Nabenhöhe von 91,5 m ergeben sich die in Tabelle 4-4 dargestellten Schalleistungspegel für Nabenhöhen von 116,5 m und 141,5 m.

Tabelle 4-4 Schalleistungspegel in dB bei den hypothetischen Nabenhöhen sowie bei der Ausgangsnabenhöhe

	H [m]	L _{WA} [dB] bei WG in 10 m Höhe, v ₁₀ [m/s]					L _{WA} bei 95% P _{Nenn}	v ₁₀ bei 95% P _{Nenn} [m/s]
		6	7	8	9	10		
Messung	91,5	102,3	103,3	103,8	104,2	104,5	104,0	8,44
Berechnung	116,5	102,6	103,4	103,9	104,3	104,5	104,0	8,18
Berechnung	141,5	102,7	103,5	104,0	104,4	104,5	104,0	7,98

Die mit Hilfe der Gleichung (4) ermittelten Berechnungsfehler für die Umrechnung auf die hypothetischen Nabenhöhen sind der Tabelle 4-5 zu entnehmen.

Tabelle 4-5 Berechnungsfehler in dB für die hypothetischen Nabenhöhen

H [m]	Berechnungsfehler [dB] bei Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe, v ₁₀ [m/s]				
	6	7	8	9	10
116,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
141,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1

Die mit Hilfe der Gleichung (6) berechneten Gesamtfehler angesichts der Gesamtmessunsicherheit U_C für die hypothetischen Nabenhöhen H_{Hyp} sind der Tabelle 4-6 zu entnehmen.

Tabelle 4-6 Gesamtfehler in dB für die hypothetischen Nabenhöhen

H [m]	Gesamtfehler [dB] bei Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe, v ₁₀ [m/s]				
	6	7	8	9	10
116,5	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7
141,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7

4.3 Messung 3 in Kikkenborg an der WEA Nr. V201303

Auf Basis der Messung von Windtest Grevenbroich GmbH an dieser WEA mit einer Nabenhöhe von 91,5 m ergeben sich die in Tabelle 4-7 dargestellten Schalleistungspegel für Nabenhöhen von 116,5 m und 141,5 m.

Tabelle 4-7 Schalleistungspegel in dB bei den hypothetischen Nabenhöhen sowie bei der Ausgangsnabenhöhe

	H [m]	L _{WA} [dB] bei WG in 10 m Höhe, v ₁₀ [m/s]					L _{WA} bei 95% P _{Nenn} [dB]	v ₁₀ bei 95% P _{Nenn} [m/s]
		6	7	8	9	10		
Messung	91,5	102,4	103,4	103,5	103,4	103,4	103,4	8,44
Berechnung	116,5	102,7	103,4	103,5	103,4	103,5	103,4	8,18
Berechnung	141,5	102,9	103,5	103,4	103,4	103,5	103,4	7,98

Die mit Hilfe der Gleichung (4) ermittelten Berechnungsfehler für die Umrechnung auf die hypothetischen Nabenhöhen sind der Tabelle 4-8 zu entnehmen.

Tabelle 4-8 Berechnungsfehler in dB für die hypothetischen Nabenhöhen

H [m]	Berechnungsfehler [dB] bei Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe, v ₁₀ [m/s]				
	6	7	8	9	10
116,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1
141,5	0,4	0,1	0,0	0,1	0,2

Die mit Hilfe der Gleichung (6) berechneten Gesamtfehler angesichts der Gesamtmessunsicherheit U_C für die hypothetischen Nabenhöhen H_{Hyp} sind der Tabelle 4-9 zu entnehmen.

Tabelle 4-9 Gesamtfehler in dB für die hypothetischen Nabenhöhen

H [m]	Gesamtfehler [dB] bei Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe, v ₁₀ [m/s]				
	6	7	8	9	10
116,5	0,8	0,7	0,7	0,7	0,9
141,5	0,8	0,7	0,7	0,7	0,9

5 ZUSAMMENFASSUNGEN AUS MEHREREN EINZELMESSUNGEN

5.1 Vestas V117-3.3 MW, Mode 2, $H_n = 91,5$ m

Bestimmung der Schalleistungspegel aus mehreren Einzelmessungen für eine Nabenhöhe von 91,5 m

Auf der Basis von mindestens drei Messungen nach der /FGW18/ besteht die Möglichkeit die Schallemissionswerte eines Anlagentyps gemäß /FGW18/ Anhang D anzugeben, um die schalltechnische Planungssicherheit zu erhöhen.

Anlagendaten			
Hersteller	Vestas Wind Systems A/S Hedeager 42 8200 Aarhus N, Dänemark	Anlagenbezeichnung Nennleistung Rotordurchmesser	Vestas V117-3.3MW IEC2A 3300 kW 117 m
Angaben zur Einzelmessung	Messung-Nr.		
	1	2	
Seriennummer	V201299	V201300	
Standort	Kikkenborg (DK)	Kikkenborg (DK)	
Vermessene Nabenhöhe	91,5 m	91,5 m	
Messinstitut	GH-D	GH-D	
Prüfbericht	GLGH-4286 14 12328 293-A-0013-A	GLGH-4286 14 12328 293-A-0003-A	
Datum	2015-01-26	2014-12-15	
Getriebetyp	Winergy 3.3MW / PZAB 3530,1	Winergy 3.3MW / PZAB 3530,1	
Generatortyp	Siemens JGWA-560LM-06A	Siemens JGWA-560LM-06A	
Rotorblatttyp	Vestas 57m	Vestas 57m	
Angaben zur Einzelmessung	Messung-Nr.		
	3	... n	
Seriennummer	V201303	-	
Standort	Kikkenborg (DK)	-	
Vermessene Nabenhöhe	91,5 m	-	
Messinstitut	Windtest Grevenbroich GmbH	-	
Prüfbericht	SE14033B3	-	
Datum	2015-01-07	-	
Getriebetyp	Winergy 3.3MW / PZAB 3530,1	-	
Generatortyp	Siemens JGWA-560LM-06A	-	
Rotorblatttyp	Vestas 57m	-	

Leistungskurve: vom Hersteller berechnet

Messzeitraum: - / -

Schalleistungspegel $L_{WA,k}$ [dB]

Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe				
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
1	102,1	103,0	103,2	103,3	103,5
2	102,3	103,3	103,8	104,2	104,5
3	102,4	103,4	103,5	103,4	103,4
Mittelwert \bar{L}_W [dB(A)]	102,3	103,2	103,5	103,6	103,8
Standard-Abweichung] s [dB]	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6
K nach /2/ $\sigma_R = 0,5$ dB /3/ [dB]	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5

Bei einer 91,5 m hohen Anlage beträgt die der 95%-igen Nennleistung (3135 kW) entsprechende Windgeschwindigkeit 8,44 m/s.

Bestimmung der Schalleistungspegel aus mehreren Einzelmessungen für eine Nabenhöhe von 91,5 m

Tonzuschlag K_{TN} bei der vermessenen Nabenhöhe in dB											
Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe										
	6 m/s		7 m/s		8 m/s		9 m/s		10 m/s		
1	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	
2	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	
3	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	

Impulszuschlag K_{IN} bei der vermessenen Nabenhöhe in dB					
Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe				
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0

Aufgrund der baulichen Änderungen für WEA unterschiedlicher Nabenhöhen kann das akustische Verhalten in Bezug auf die Ton- und Impulshaltigkeit nicht durch Umrechnung bestimmt werden. Es treten jedoch im Allgemeinen keine erheblichen Änderungen auf. Die gemachten Angaben zur Ton- und Impulshaltigkeit sind den o. g. Prüfberichten entnommen.

Terz-Schalleistungspegel												
$L_{WA,max}$ (Mittel aus 3 Messungen), Referenzpunkt $v_{10} = 10$ m/s in dB												
Frequenz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_{WA,max}$	81,2	84,1	86,7	88,4	90,0	90,4	90,2	91,7	91,8	91,9	93,0	92,9
Frequenz	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
$L_{WA,max}$	93,5	92,3	92,7	92,4	90,5	89,4	88,0	86,8	81,5	76,6	69,9	59,0

Oktav-Schalleistungspegel								
$L_{WA,max}$ (Mittel aus 3 Messungen), Referenzpunkt $v_{10} = 10$ m/s in dB								
Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{WA,max}$	89,3	94,5	96,1	97,4	97,6	95,8	91,0	77,6

Die Angaben ersetzen nicht die o. g. Prüfberichte (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen)

5.2 Vestas V117-3.3 MW, Mode 2, H_n = 116,5 m

Bestimmung der Schalleistungspegel aus mehreren Einzelmessungen für eine Nabenhöhe von 116,5 m

Auf der Basis von mindestens drei Messungen nach der /FGW18/ besteht die Möglichkeit die Schallemissionswerte eines Anlagentyps gemäß /FGW18/ Anhang D anzugeben, um die schalltechnische Planungssicherheit zu erhöhen.

Anlagendaten			
Hersteller	Vestas Wind Systems A/S Hedeager 42 8200 Aarhus N, Dänemark	Anlagenbezeichnung Nennleistung Rotordurchmesser	Vestas V117-3.3MW IEC2A 3300 kW 117 m
Angaben zur Einzelmessung	Messung-Nr.		
	1	2	
Seriennummer	V201299	V201300	
Standort	Kikkenborg (DK)	Kikkenborg (DK)	
Vermessene Nabenhöhe	91,5 m	91,5 m	
Messinstitut	GH-D	GH-D	
Prüfbericht	GLGH-4286 14 12328 293-A-0013-A	GLGH-4286 14 12328 293-A-0003-A	
Datum	2015-01-26	2014-12-15	
Getriebetyp	Winergy 3.3MW / PZAB 3530,1	Winergy 3.3MW / PZAB 3530,1	
Generatortyp	Siemens JGWA-560LM-06A	Siemens JGWA-560LM-06A	
Rotorblatttyp	Vestas 57m	Vestas 57m	
Angaben zur Einzelmessung	Messung-Nr.		
	3	... n	
Seriennummer	V201303	-	
Standort	Kikkenborg (DK)	-	
Vermessene Nabenhöhe	91,5 m	-	
Messinstitut	Windtest Grevenbroich GmbH	-	
Prüfbericht	SE14033B3	-	
Datum	2015-01-07	-	
Getriebetyp	Winergy 3.3MW / PZAB 3530,1	-	
Generatortyp	Siemens JGWA-560LM-06A	-	
Rotorblatttyp	Vestas 57m	-	

Leistungskurve: vom Hersteller berechnet

Messzeitraum: - / -

Schalleistungspegel L_{WA,k} [dB]

Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe				
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
1	102,3	103,1	103,2	103,3	103,6
2	102,6	103,4	103,9	104,3	104,5
3	102,7	103,4	103,5	103,4	103,5
Mittelwert \bar{L}_W [dB(A)]	102,5	103,3	103,5	103,7	103,9
Standard-Abweichung] s [dB]	0,2	0,2	0,4	0,6	0,6
K nach /2/ $\sigma_R = 0,5$ dB /3/ [dB]	1,0	1,0	1,2	1,4	1,4

Bei einer 116,5 m hohen Anlage beträgt die der 95%-igen Nennleistung (3135 kW) entsprechende Windgeschwindigkeit 8,18 m/s.

Bestimmung der Schalleistungspegel aus mehreren Einzelmessungen für eine Nabenhöhe von 116,5 m

Tonzuschlag K_{TN} bei der vermessenen Nabenhöhe in dB

Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe									
	6 m/s		7 m/s		8 m/s		9 m/s		10 m/s	
1	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz
2	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz
3	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz

Impulzzuschlag K_{IN} bei der vermessenen Nabenhöhe in dB

Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe				
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0

Aufgrund der baulichen Änderungen für WEA unterschiedlicher Nabenhöhen kann das akustische Verhalten in Bezug auf die Ton- und Impulshaltigkeit nicht durch Umrechnung bestimmt werden. Es treten jedoch im Allgemeinen keine erheblichen Änderungen auf. Die gemachten Angaben zur Ton- und Impulshaltigkeit sind den o. g. Prüfberichten entnommen.

Terz-Schalleistungspegel

$L_{WA,max}$ (Mittel aus 3 Messungen), Referenzpunkt $v_{10} = 10$ m/s in dB

Frequenz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_{WA,max}$	81,3	84,2	86,8	88,5	90,1	90,5	90,3	91,7	91,9	92,0	93,0	93,0
Frequenz	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
$L_{WA,max}$	93,6	92,4	92,7	92,5	90,6	89,5	88,1	86,9	81,6	76,7	70,0	59,0

Oktav-Schalleistungspegel

$L_{WA,max}$ (Mittel aus 3 Messungen), Referenzpunkt $v_{10} = 10$ m/s in dB

Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{WA,max}$	89,4	94,6	96,2	97,5	97,7	95,8	91,1	77,7

Die Angaben ersetzen nicht die o. g. Prüfberichte (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen).

5.3 Vestas V117-3.3 MW, Mode 2, H_n = 141,5 m

Bestimmung der Schalleistungspegel aus mehreren Einzelmessungen für eine Nabenhöhe von 141,5 m

Auf der Basis von mindestens drei Messungen nach der /FGW18/ besteht die Möglichkeit die Schallemissionswerte eines Anlagentyps gemäß /FGW18/ Anhang D anzugeben, um die schalltechnische Planungssicherheit zu erhöhen.

Anlagendaten			
Hersteller	Vestas Wind Systems A/S Hedeager 42 8200 Aarhus N, Dänemark	Anlagenbezeichnung Nennleistung Rotordurchmesser	Vestas V117-3.3MW IEC2A 3300 kW 117 m
Angaben zur Einzelmessung	Messung-Nr.		
	1	2	
Seriennummer	V201299	V201300	
Standort	Kikkenborg (DK)	Kikkenborg (DK)	
Vermessene Nabenhöhe	91,5 m	91,5 m	
Messinstitut	GH-D	GH-D	
Prüfbericht	GLGH-4286 14 12328 293-A-0013-A	GLGH-4286 14 12328 293-A-0003-A	
Datum	2015-01-26	2014-12-15	
Getriebetyp	Winergy 3.3MW / PZAB 3530,1	Winergy 3.3MW / PZAB 3530,1	
Generatortyp	Siemens JGWA-560LM-06A	Siemens JGWA-560LM-06A	
Rotorblatttyp	Vestas 57m	Vestas 57m	
Angaben zur Einzelmessung	Messung-Nr.		
	3	...	n
Seriennummer	V201303	-	
Standort	Kikkenborg (DK)	-	
Vermessene Nabenhöhe	91,5 m	-	
Messinstitut	Windtest Grevenbroich GmbH	-	
Prüfbericht	SE14033B3	-	
Datum	2015-01-07	-	
Getriebetyp	Winergy 3.3MW / PZAB 3530,1	-	
Generatortyp	Siemens JGWA-560LM-06A	-	
Rotorblatttyp	Vestas 57m	-	

Leistungskurve: vom Hersteller berechnet

Messzeitraum: - / -

Schalleistungspegel L_{WA,k} [dB]

Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe				
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
1	102,5	103,1	103,2	103,4	103,6
2	102,7	103,5	104,0	104,4	104,5
3	102,9	103,5	103,4	103,4	103,5
Mittelwert \bar{L}_W [dB(A)]	102,7	103,4	103,5	103,7	103,9
Standard-Abweichung] s [dB]	0,2	0,2	0,4	0,6	0,6
K nach /2/ $\sigma_R = 0,5$ dB /3/ [dB]	1,0	1,0	1,2	1,5	1,4

Bei einer 141,5 m hohen Anlage beträgt die der 95%-igen Nennleistung (3135 kW) entsprechende Windgeschwindigkeit 7,98 m/s.

Bestimmung der Schalleistungspegel aus mehreren Einzelmessungen für eine Nabenhöhe von 141,5 m

Tonzuschlag K_{TN} bei der vermessenen Nabenhöhe in dB

Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe									
	6 m/s		7 m/s		8 m/s		9 m/s		10 m/s	
1	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz
2	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz
3	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz	0	- Hz

Impulszuschlag K_{IN} bei der vermessenen Nabenhöhe in dB

Messung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe				
	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0

Aufgrund der baulichen Änderungen für WEA unterschiedlicher Nabenhöhen kann das akustische Verhalten in Bezug auf die Ton- und Impulshaltigkeit nicht durch Umrechnung bestimmt werden. Es treten jedoch im Allgemeinen keine erheblichen Änderungen auf. Die gemachten Angaben zur Ton- und Impulshaltigkeit sind den o. g. Prüfberichten entnommen.

Terz-Schalleistungspegel

$L_{WA,max}$ (Mittel aus 3 Messungen), Referenzpunkt $v_{10} = 10$ m/s in dB

Frequenz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_{WA,max}$	81,3	84,2	86,8	88,5	90,1	90,5	90,3	91,8	91,9	92,0	93,1	93,0
Frequenz	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
$L_{WA,max}$	93,6	92,4	92,8	92,5	90,6	89,5	88,1	86,9	81,6	76,7	70,0	59,0

Oktav-Schalleistungspegel

$L_{WA,max}$ (Mittel aus 3 Messungen), Referenzpunkt $v_{10} = 10$ m/s in dB

Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{WA,max}$	89,4	94,6	96,2	97,5	97,7	95,9	91,1	77,7

Die Angaben ersetzen nicht die o. g. Prüfberichte (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen).

Es wird versichert, dass das Gutachten gemäß dem Stand der Technik unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen erstellt wurde.

6 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

$v_{10, \text{ref}}$	Referenzwindgeschwindigkeit in 10 m Höhe	[m/s]
$v_{10, i}$	ermittelte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe bei der die vermessene WEA die gleiche Leistung produziert wie die WEA mit neuer Nabenhöhe bei der Referenzwindgeschwindigkeit $v_{10, \text{ref}}$ in 10 m Höhe produzieren würde	[m/s]
$L_{\text{WA}, \text{P}, \text{neu}}(v_{10, \text{ref}})$	umgerechneter Schallleistungspegel bei $v_{10, \text{ref}}$ und neuer Nabenhöhe	[dB]
$L_{\text{WA}, \text{P}, \text{vermessen}}(v_{10, i})$	Schallleistungspegel bezogen auf die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (vermessene WEA)	[dB]
$L_{\text{Aeq}, \text{vermessen}}(v_{10, i})$	Schalldruckpegel des Betriebsgeräusches bezogen auf die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (vermessene WEA)	[dB]
$L_{\text{backg.}, \text{vermessen}}(v_{10, i})$	Schalldruckpegel des Hintergrundgeräusches bezogen auf die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (vermessene WEA)	[dB]
$L_{\text{Aeq}, \text{C}, \text{vermessen}}(v_{10, i})$	hintergrundkorrigierter Schalldruckpegel des Anlagengeräusches bezogen auf die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (vermessene WEA)	[dB]
h_{hyp}	neue Nabenhöhe der WEA	[m]
h	Nabenhöhe der akustisch vermessenen WEA	[m]
z_0	Referenzrauigkeitslänge	[m]
S_0	die Bezugsfläche $S_0 = 1 \text{ m}^2$	[m ²]
R_1	der Abstand vom Rotormittelpunkt zum Mikrofon	[m]
$\sigma_{v_{10, i}}$	Fehler bei der Berechnung der hypothetischen Windgeschwindigkeit von der gewählten Windgeschwindigkeit $v_{10, \text{ref}}$	[m]
$\sigma_{\text{Umrechnung}}$	Fehler von der Steigung der L_{Aeq} -Funktion bei der Windgeschwindigkeit $v_{10, i}$	[dB]
σ_{Gesamt}	Fehler aus Berechnungs- und Messfehlerkomponenten $\sigma_{\text{Umrechnung}}$ und U_C	[dB]

7 REFERENZEN

/FGW18/	Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 1, Rev. 18, Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie e. V., Stresemannplatz 4, 24103 Kiel, 2008-02-01
/2/	IEC 61400-14 TS ed. 1, Declaration of Sound Power Level and Tonality Values of Wind Turbines, 2005-03
/3/	Empfehlung des Arbeitskreises „Geräusche von Windenergieanlagen“ 2001-11-07