

SCHALLTECHNISCHER BERICHT NR. 212237-02.04

über die Ermittlung der Schallemissionen einer Windenergieanlage des Typs Enercon E-82 E2 mit TES, Nr. 4 im Windpark Schöppinger Berg, bei 48624 Schöppingen im schallreduzierten 1.600 kW Betrieb

Dieser Bericht ersetzt die Berichte Nr. 212237-02.01 und Nr. 212237-02.02

Datum:

13.11.2014

Auftraggeber:

Windkraftanlagen Schöppingen-
Haverbeck GmbH & Co.KG
Postfach 1260
48621 Schöppingen

Bearbeiter:

Markus Niehues
Dipl.-Ing. Oliver Bunk

1.) Zusammenfassung

Am 20.02.2014 wurden bei 48624 Schöppingen die Schallemissionen einer Windenergieanlage (WEA) des Typs Enercon E-82 E2 mit TES mit der Seriennummer 825643 gemessen. Dies ist die WEA Nr. 4 im Windpark Schöppinger Berg. Es wird der Windgeschwindigkeitsbereich von $v_s = 6$ m/s bis 8,9 m/s im schallreduzierten Betrieb mit der reduzierten Nennleistung von $P_{\text{Nenn}} = 1.600$ kW untersucht.

Die maximale Schalleistung von $L_{\text{WA}} = 97,2$ dB(A) wird für die normierte Windgeschwindigkeit $v_s = 8$ m/s bestimmt.

Die WEA-Geräusche waren in den untersuchten Windgeschwindigkeitsbereichen weder subjektiv noch rechnerisch tonhaltig. Nach dem subjektiven Höreindruck waren die Anlagengeräusche nicht impulshaltig.

Vorliegender Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen mit größter Sorgfalt erstellt.

Dieser Bericht enthält 30 Seiten und sechs Anlagen.

Rheine, 13.11.2014 MN / BB



Bonifatiusstraße 400 · 48432 Rheine
Tel. 0 59 71 - 97 10.0 · Fax 0 59 71 - 97 10.43

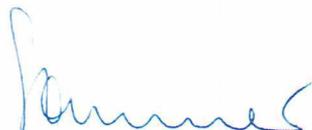
KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG



i. V. Dipl.-Ing. Oliver Bunk



i. A. Markus Niehues



i. V. Dipl.-Ing. Kerstin Sommer (stellvertr. Messstellenleiterin)

Vom Ministerium MURL benannte
Messstelle nach § 25 BImSchG
Bundesimmissionschutzgesetz

* Die Weitergabe von Daten oder Informationen ist dem Auftraggeber gestattet. Authentisch ist dieses Dokument nur mit Originalunterschrift. Bezüglich der Urheberrechte verweisen wir auf die jeweils gültigen KCE-Beratungsbedingungen.

INHALTSVERZEICHNIS

1.)	Zusammenfassung	2
2.)	Situation und Aufgabenstellung	4
3.)	Bearbeitungsgrundlagen	5
4.)	Messprotokoll	7
5.)	Ergebnis der Luftschallmessung	11
5.1.	Schalldruckpegel am Referenzmesspunkt	11
5.2.	Tonhaltigkeit im Nahbereich	19
5.3.	Impulshaltigkeit	21
5.4.	Richtcharakteristik	21
5.5.	Tieffrequente Geräusche und Infraschall	22
5.6.	Schalleistungspegel	22
6.)	Messunsicherheit	25
7.)	Abkürzungen und Formelzeichen	27
8.)	Anlagen	30

2.) Situation und Aufgabenstellung

Im Windpark Schöppinger Berg bei 48624 Schöppingen befindet sich neben mehreren Windenergieanlagen unterschiedlichen Typs eine Windenergieanlage vom Typ Enercon E-82 E2 mit TES und einem Rotordurchmesser von 82 m und einer Nabenhöhe von 98,4 m. TES (= Trailing Edge Serrations) dienen der Schalloptimierung der Rotorblätter.

Im Auftrag der Windkraftanlagen Schöppingen-Haverbeck GmbH & Co.KG soll der Schalleistungspegel für die Windenergieanlage mit der Seriennummer 825643, Nr. 4 des Windparks, im schallreduzierten Betrieb mit der reduzierten Nennleistung $P_{\text{Nenn}} = 1.600 \text{ kW}$ nach der Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen [7] ermittelt werden, welche auf die DIN EN 61400-11, Edition 2, [1] als anzuwendende Norm verweist. Weiterhin soll die WEA auf Ton- und Impulshaltigkeit im Nahbereich überprüft werden.

Die Ergebnisse sind in Form eines schalltechnischen Berichtes zu dokumentieren.

3.) Bearbeitungsgrundlagen

Für die Ermittlung der Geräuschemissionen werden folgende Normen, Vorschriften und Unterlagen herangezogen:

- [1] DIN EN 61400-11, Windenergieanlagen - Teil 11: Schallmessverfahren; Ausgabe März 2007
- [2] DIN EN 61400-12-1, Windenergieanlagen, Teil 12-1: Messung des Leistungsverhaltens einer Windenergieanlage; Ausgabe Februar 2007
- [3] DIN 45645-1, Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen, Teil 1: Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft; Ausgabe Juli 1996
- [4] DIN 45680, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, Ausgabe März 1997
- [5] DIN 45681, Akustik - Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen; Ausgabe März 2005
- [6] DIN 45681 Berichtigung 2, August 2006: Akustik – Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen, Berichtigungen zu DIN 45681: 2005-03
- [7] Fördergesellschaft Windenergie e. V.: Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Revision 18, Stand 01.02.2008, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte
- [8] Leistungskennlinie der WEA des Typs E-82 E2, berechnet von der Enercon GmbH vom 25.02.2010 und Herstellerbescheinigung vom 02.04.2014 zu spezifischen Daten der vermessenen Anlage des Typs E-82 E2, zur Verfügung gestellt von der Enercon GmbH
- [9] Luftaufnahme aus Google Earth © von dem Gebiet der vermessenen WEA und der Messpunkte am Standort Schöppingen

- [10] Akustische Ringversuche des LANUV NRW (ehemals LUA NRW) in Essen, Herr Dipl.-Ing. D. Piorr, zur Geräuschemissionsmessung an Windenergieanlagen, November 2000 (KÖTTER Consulting Engineers (KCE) war Teilnehmer der Ringversuche)
- [11] Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windenergieanlagen, Empfehlungen des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI), März 2005
- [12] Infraschallmessungen an Windenergieanlagen, Vortrag zum 5. Rheiner Windenergie-Forum 2009 am 11./12. März, Dipl.-Ing. Oliver Bunk, KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG

4.) Messprotokoll

Aufgabenstellung: Messung der anlagenbezogenen Geräuschemissionen einer Windenergieanlage des Typs E-82 E2 mit TES bei 48624 Schöppingen. Messung bei schallreduziertem Betrieb mit der reduzierten Nennleistung $P_{\text{Nenn}} = 1.600 \text{ kW}$.

Schallmesspunkt: Referenzmesspunkt in 130,6 m Abstand zur Rotorebene auf einer schallharten ebenerdigen Holzplatte von 1 m Durchmesser in Mitwindrichtung, freie Ausbreitungsbedingungen. Bodenbeschaffenheit um die Platte: Ackerfläche mit ca. 40 cm hohem Bewuchs.

Umgebung: Landwirtschaftliche Nutzflächen mit Hecken und kleinen Wäldern. Zusätzlich befindet sich in unmittelbarer Nähe eine Biogasanlage.

Die Lage des Schallmesspunktes ist dem Lageplan in Anlage A zu entnehmen.

Windmesspunkt: In 125 m Abstand von der vermessenen WEA, seitlich leicht im Luv (Position und Abstand abweichend zu [1], zulässig nach [7]). Die Lage des Windmesspunktes ist dem Lageplan in Anlage A zu entnehmen.

Datum/Uhrzeit: 20.02.2014, 10:06 bis 15:03 Uhr
Die Messgerätezeit wurde mit der WEA-Zeit synchronisiert.

Messpersonal: Matthias Humpohl, B. Sc. (KCE)
Tim Brüggemann, M.Sc. (KCE)

<u>Anlagenbeschreibung:</u>	Typ:	E-82 E2 mit TES
	Serien-Nr.:	825643
	Hersteller:	Enercon GmbH
	Nabenhöhe über Grund:	98,4 m
	Rotordurchmesser:	82 m
	Abstand Rotorflanschmittel-	
	punkt - Turmmittellinie:	4,62 m
	Installierte Nennleistung:	2.300 kW
	Vermessene Nennleistung:	1.600 kW
	Rotornenndrehzahl:	16,1 U/min
	Leistungsregelung:	Pitch
	Weitere spezifische Daten der WEA sind der Herstellerbescheinigung zu entnehmen (siehe Anlage F).	

Standort: Die Windenergieanlage befindet sich bei 48624 Schöppingen im Windpark Schöppinger Berg, Landkreis Borken, Nordrhein-Westfalen. In der Umgebung stehen weitere WEA.

Koordinaten des Standortes:

DHDN / Gauss-Krüger Zone 2: R: 2.585.537

DHDN / Gauss-Krüger Zone 2: H: 5.775.752

Betriebsweisen: Messgerätezeiten und Betriebsweisen:
10:48 Uhr bis 11:24 Uhr: WEA abgeschaltet
11:50 Uhr bis 12:09 Uhr: WEA abgeschaltet
12:14 Uhr bis 12:57 Uhr: 1.600 kW-Betrieb
12:59 Uhr bis 13:12 Uhr: WEA abgeschaltet
13:15 Uhr bis 13:21 Uhr: 1.600 kW-Betrieb
14:03 Uhr bis 14:29 Uhr: WEA abgeschaltet

Der Verlauf der Betriebs- und Abschaltzeiten der WEA über der Messgerätezeit ist einem Diagramm in Anlage B zu entnehmen.

Die Auswahl der zu vermessenden Kennlinien und die Einstellung der Betriebsparameter erfolgte durch den WEA-Hersteller.

Die nächstgelegenen WEA waren im Messzeitraum nicht in Betrieb. Die übrigen WEA im Abstand > 500 m waren in Betrieb.

Witterungsbedingungen:

Temperatur (Mittelwert):	9,5 °C (Bodenwert für Luftdichtekorrektur)
Luftdruck (Mittelwert):	990 hPa (Bodenwert für Luftdichtekorrektur)
Relative Luftfeuchte (Mittelwert):	70 %
Windgeschwindigkeit v_{10} :	3,9 bis 13,2 m/s aus südwestlicher Richtung (Sekundenwerte, Anemometer 10 m Höhe)
Bewölkung/Niederschlag:	6/8 Bewölkung, kein Niederschlag

Fremdgeräusche:

Messwerte mit zeitlich begrenzten Fremdgeräuschen (Fahrzeuge, Flugzeuge, etc.) wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Messwerte mit ständig herrschenden Fremdgeräuschen (z. B. windinduzierte Geräusche durch Bewuchs) wurden berücksichtigt.

Messgeräte:

Der Aufbau der Messgeräte ist in Anlage E schematisch dargestellt. Der Schallpegelmesser wurde mittels des in der Geräteliste aufgeführten Kalibrators vor der Messung mit einem Kalibrierpegel von $L_{\text{kal}1} = 114$ dB und nach der Messung mit $L_{\text{kal}2} = 114$ dB kalibriert. Der Sollwert liegt bei $L_{\text{kal, soll}} = 113,8$ dB. Die Abweichungen liegen im üblichen Rahmen.

Gerät	Hersteller	Typ	Serien-Nr.	Eichung (E) Kalibrierung (K) Geräteprüfung (G)
Präzisionsschallpegelmesser	Norsonic	Nor140	140 3828	(E) bis inkl. 2014
Kondensatormikrofon mit Kugelcharakteristik	Norsonic	1225	107037	(E) bis inkl. 2014
Vorverstärker	Norsonic	1209	12747	(E) bis inkl. 2014
Kalibrator	Norsonic	1251	32568	(E) bis inkl. 2014
Galvanische Trennstufe	KCE	--	--	(G) in 2014
Messsystem (8-Kanal)	IMC	Cronos-PL3	120671	(G) in 2014
Halber primärer Windschirm	Brüel & Kjaer	UA 0237	--	(G) in 2014
Sekundärer Windschirm (halbrund)	KCE	--	--	(G) in 2014
Entfernungsmesser	Leica	LRF 800	--	(G) in 2014
Anemometer	Thies	Ultrasonic 2D Compact 4.3875.01.3 11	01140031	(G) in 2014
Klimamessgerät	Airflow	THB4130	07900148	(G) in 2014
Messsoftware	IMC	imc Devices, V 2.6	--	--
Signalanalysesoftware	IMC	Famos Sig- nalanalyse, Version 6.0 Rev. 6	--	--

Erfassung der elektrischen Leistung, der Rotordrehzahl und der Gondelwindgeschwindigkeit sowie des Azimutwinkels	
Schnittstelle	Schnittstelle der Enercon GmbH mit Gleichspannungssignalen von Leistung, Rotordrehzahl, Gondelwindgeschwindigkeit.

5.) Ergebnis der Luftschallmessung

5.1. Schalldruckpegel am Referenzmesspunkt

Die nachstehende Vorgehensweise entspricht den Regelungen der DIN EN 61400-11 [1] zusammen mit der Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen [7].

Zur Ermittlung der Schalldruckpegel wurde das Mikrofon nach [1] auf einer schallharten Platte befestigt. Die Position des Mikrofons, genannt Referenzmesspunkt RMP, in Bezug auf die Windenergieanlage veranschaulicht die folgende Prinzipskizze.

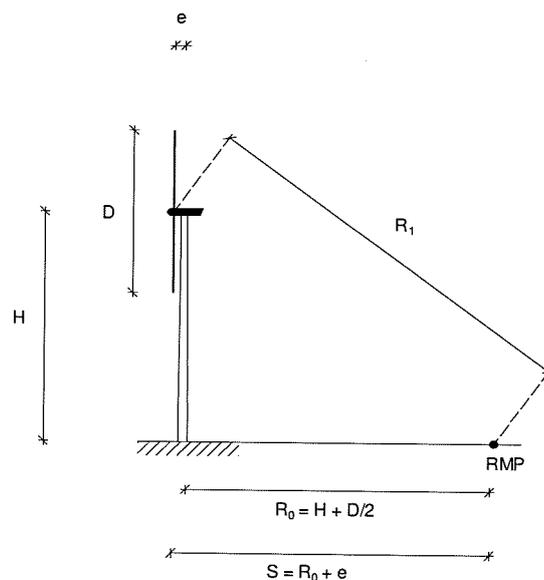


Abbildung 1: Prinzipskizze zur Position des Referenzmesspunktes

- D = Rotordurchmesser ($D = 82 \text{ m}$)
- H = Nabenhöhe ($H = 98,4 \text{ m}$)
- e = Abstand Rotorflanschmittelpunkt – Turmmittellinie ($e = 4,62 \text{ m}$)
- RMP = Referenzmesspunkt (Mikrofon)
- R_0 = horizontaler Abstand von der Turmmittellinie zum RMP ($R_0 = 126 \text{ m}$)
- S = horizontaler Abstand vom Rotorflanschmittelpunkt zum RMP ($S = 130,6 \text{ m}$)
- R_1 = schräger Abstand vom Rotorflanschmittelpunkt zum RMP ($R_1 = 164,1 \text{ m}$)

Die horizontale Entfernung S von der Rotorebene zum Referenzmesspunkt RMP setzt sich zusammen aus dem Abstand R_0 der Turmmittellinie zum RMP und dem Rotorabstand e zur Turmmittellinie. R_0 berechnet sich standardmäßig aus der Nabenhöhe H und dem Rotorradius $D/2$. Der Wert von R_0 darf von diesem Standardmaß um bis zu 20 % abweichen, d. h. verlängert oder verkürzt werden. Er wurde bei dieser Untersuchung um 10 % verkürzt, um den Störabstand zu erhöhen. Ferner wird ein Höhenunterschied des Referenzmesspunktes zum Turmfuß von $\Delta h = -1$ m bei der Berechnung des schrägen Abstandes R_1 berücksichtigt.

Der RMP soll in Mitwindrichtung positioniert werden, wie es die Prinzipskizze zeigt. Ändert sich die Windrichtung, d. h. die Gondelposition, während der Messung des WEA-Betriebs, soll der RMP in einem Toleranzbereich von $\pm 15^\circ$ zur Mitwindrichtung liegen. Dies war während des Messzeitraumes gegeben.

Während der Messung wurden die Mittelungspegel L_{AFeq} und die Taktmaximal-Mittelungspegel L_{AFTeq} (Taktzeit: 5 s) aufgezeichnet. Aus den gemessenen Pegel-, Leistungs- und Windgeschwindigkeitswerten werden Mittelwerte gebildet und ausgewertet, die gemäß [1] und [7] aus Zeitintervallen zwischen einer Minute und zehn Sekunden bestehen können. In dieser Auswertung werden 10-Sekunden-Mittelwerte gewählt. Minutenmittelwerte sind zwar bevorzugt, jedoch ergibt eine Vorauswertung, dass der geforderte Bereich der normierten Windgeschwindigkeit von $v_s = 6$ m/s bis zu $v_s = 10$ m/s nicht vollständig abgedeckt wird. Bei einem kürzeren Zeitintervall als einer Minute wird dies hingegen eher erreicht. Zudem wird durch ein kürzeres Zeitintervall ein größerer Teil der Messzeit auswertbar als bei Minutenmittelwerten (geringerer Ausschuss wegen Fremdgeräuschen, WEA-Ab- und -Einschaltung und anderer Unterbrechungen).

In einem ersten Auswerteschritt ist in Abbildung 2 der Schalldruckpegel L_{Aeq} am Referenzmesspunkt in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung P_m der WEA dargestellt.

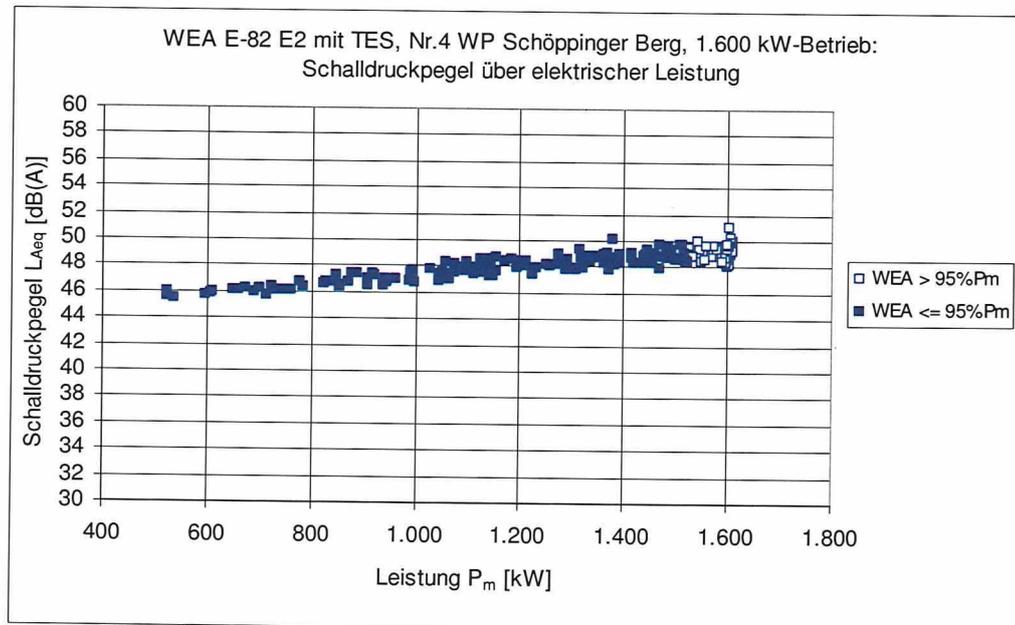


Abbildung 2: Schalldruckpegel am Referenzmesspunkt über elektrischer Leistung (10-Sekunden-Mittelwerte)

Das Diagramm zeigt, dass die Maximalleistung laut Kennlinie mit $P_{el} = 1.600$ kW erreicht worden ist.

Nach [7] sollen die Schalldruckpegel ab einer normierten Windgeschwindigkeit von $v_s = 6$ m/s bis zu $v_s = 10$ m/s in 10 m Höhe berücksichtigt werden. Zur Erfüllung der Anforderungen nach [7] sind in jedem BIN (= Windklasse) je drei Minuten Messzeit bei Anlagenbetrieb und Anlagenabschaltung erforderlich. Die normierte Windgeschwindigkeit v_s in 10 m Höhe wird nach [7] bei Anlagenbetrieb bis 95 % der Nennleistung (hier $P_{95\%} = 1.520$ kW) aus der elektrischen Wirkleistung bestimmt. 95 % der Nennleistung werden mit der zugehörigen Leistungskurve bei der Referenzwindgeschwindigkeit von $v_s = 8,2$ m/s erzeugt.

Mit Hilfe der bereitgestellten Leistungskurve werden aus den aufgezeichneten Daten der elektrischen Wirkleistung die Windgeschwindigkeiten in Nabenhöhe ermittelt. Diese Werte werden bezüglich der Luftdichte nach [1] korrigiert und unter Annahme eines logarithmischen Windprofils mit einer Rauigkeitslänge von $z_0 = 0,05$ m wie folgt auf eine Referenzhöhe von 10 m umgerechnet:

$$v_s = v_H \cdot \frac{\ln\left(\frac{10}{z_{0ref}}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0ref}}\right)}$$

v_s $\hat{=}$ normierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe

v_H $\hat{=}$ Windgeschwindigkeit in Höhe des Rotormittelpunktes

z_{0ref} $\hat{=}$ Referenzrauigkeitslänge von 0,05 m

H $\hat{=}$ Höhe des Rotormittelpunktes (hier: $H = 98,4$ m)

Da 95 % der Nennleistung unterhalb $v_s = 10$ m/s überschritten werden, wird die normierte Windgeschwindigkeit oberhalb $v_{s,95\%}$ aus einer direkt gemessenen Windgeschwindigkeit ermittelt. Dies ist entweder die mit dem Korrekturfaktor κ zu korrigierende, in 10 m Höhe gemessene Windgeschwindigkeit v_{10} oder die mit dem Gondelanemometer der WEA gemessene, zu korrigierende Windgeschwindigkeit v_n . Hier ist wegen des kurzen Mittelungszeitraumes von 10 Sekunden zwingend die Gondelanemometer-Windgeschwindigkeit v_n zu verwenden. Dazu wird aus der bei WEA-Betrieb und Leistungswerten zwischen 5 % und 95 % der Nennleistung gemessenen Windgeschwindigkeit des Gondelanemometers v_n und der korrigierten, aus der Leistung gewonnenen Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe v_H eine lineare Regression erzeugt (s. Abbildung 3).

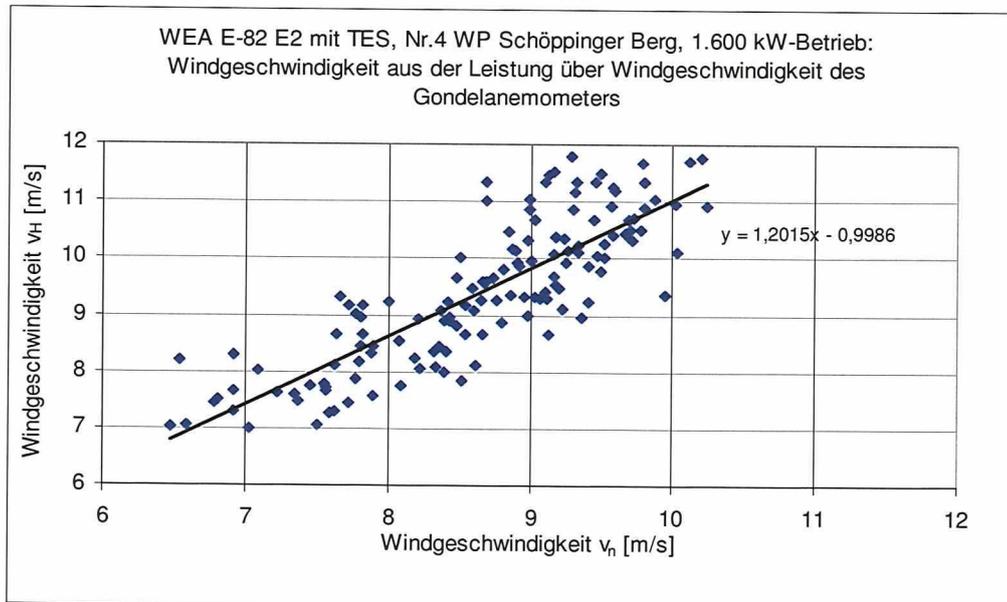


Abbildung 3: Lineare Regression aus den Werten des Gondelanemometers v_n und den Windgeschwindigkeiten in Nabenhöhe v_H (10-Sekunden-Mittelwerte)

Aus der Regression ergeben sich zwei Koeffizienten c_1 und c_2 . Bei der untersuchten WEA lautet die Geradengleichung:

$$\begin{aligned} v_H &= c_1 \cdot v_n + c_2 \\ &= 1,2015 \cdot v_n - 0,9986 \end{aligned}$$

v_n \triangleq Windgeschwindigkeit des Gondelanemometers

v_H \triangleq aus der Leistung berechnete und korrigierte Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (= Höhe des Rotormittelpunktes)

Entsprechend der Geradengleichung werden aus den Gondelanemometerwerten normierte Werte berechnet und zur Auswertung herangezogen.

Zur Ermittlung der normierten Windgeschwindigkeit ohne Anlagenbetrieb (Fremdgeräuschmessung) werden die mit dem Anemometer in 10 m Höhe gemessenen Werte herangezogen und über den Korrekturfaktor κ korrigiert.

Bei der untersuchten WEA ergibt sich der Wert:

$$\kappa = \bar{v}_s / \bar{v}_{10} = 0,9$$

\bar{v}_s \triangleq mittlere normierte Windgeschwindigkeit bis zu 95 % der Nennleistung

\bar{v}_{10} \triangleq mittlere, mit dem Anemometer in 10 m Höhe gemessene Windgeschwindigkeit bis zu 95 % der Nennleistung

Beide Mittelwerte (\bar{v}_s, \bar{v}_{10}) gehen aus den gleichen Messzeiträumen hervor. Der Unterschied zwischen den mittleren v_s und v_{10} (aus 10-Sekunden-Mittelwerten) von -10 % ist durch Abweichung der angenommenen von der tatsächlichen Bodenrauigkeit bedingt.

Die folgende Abbildung 4 zeigt den Schalldruckpegel L_{Aeq} am Referenzmesspunkt in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit v_s . Die entsprechenden Regressionskurven mit ihren Gleichungen sind ebenfalls enthalten.

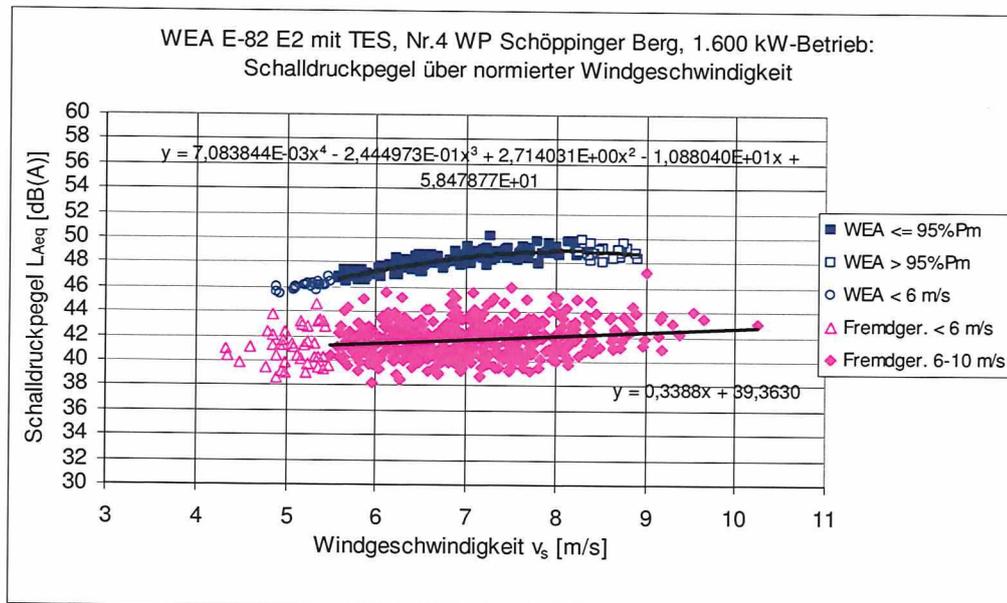


Abbildung 4: Schalldruckpegel am Referenzmesspunkt über normierter Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe für WEA-Betrieb und Fremdgeräusch (10-Sekunden-Mittelwerte)

Für die Datenpunkte bei Anlagenbetrieb wird eine polynomische Regression 4. Ordnung gewählt. Dies entspricht bei dem hier vermessenen Anlagentyp einer Pitchanlage einer Empfehlung in [7]. Die Regression erfolgt für normierte Windgeschwindigkeiten von $v_s = 6$ m/s bis $v_s = 8,9$ m/s. Datenpunkte mit Anlagenleistungen über 95 % der Nennleistung sind in Abbildung 4 extra gekennzeichnet.

Ergänzend sind in Abbildung 5 die gemessenen Schalldruckpegel bei WEA-Betrieb über der gemessenen und korrigierten Windgeschwindigkeit des Gondelanemometers und bei WEA-Abschaltung über der seitlich leicht im Luv zur WEA gemessenen und korrigierten Windgeschwindigkeit des 10-m-Anemometers aufgetragen. In dieser Abbildung sind auch die Datenpunkte enthalten, die in Abbildung 4 herausfallen, weil zwar der 95 %-Wert $v_{s,95\%} = 8,2$ m/s von der normierten Windgeschwindigkeit überschritten, aber von der gemessenen und korrigierten Windgeschwindigkeit des Gondelanemometers unterschritten wird.

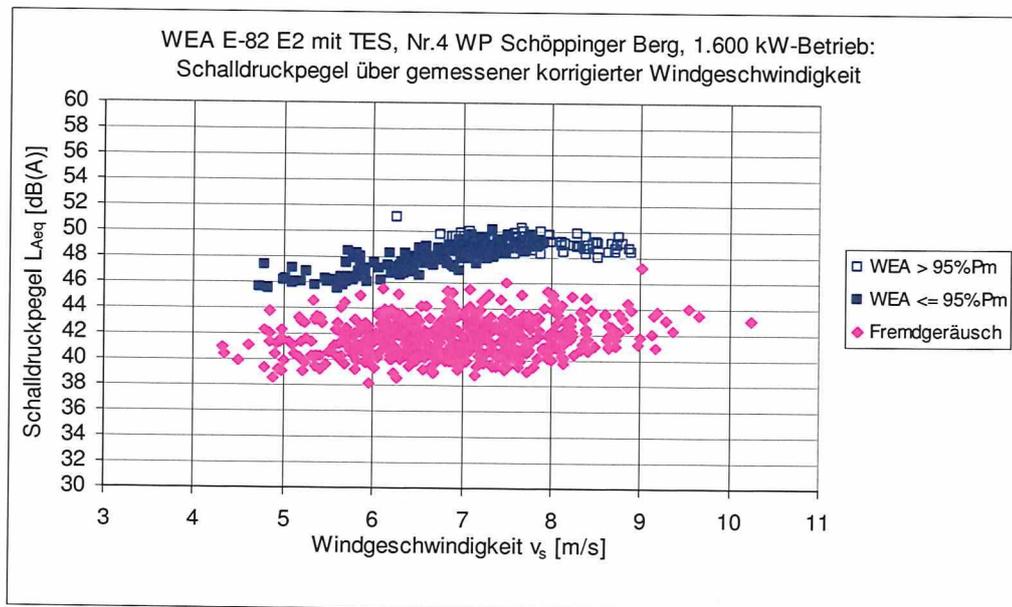


Abbildung 5: Schalldruckpegel am Referenzmesspunkt über gemessener korrigierter Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe für WEA-Betrieb und Fremdgeräusch (10-Sekunden-Mittelwerte)

Die Streuung der Pegelwerte bei Anlagenbetrieb ist etwa gleich hoch wie in Abbildung 4, obwohl der Schalldruckpegel mit der direkt gemessenen Windgeschwindigkeit im allgemeinen weniger korreliert als mit der über die Anlagenleistung gemessenen normierten Windgeschwindigkeit. Als Basis für die Ermittlung des Schalleistungspegels dient Abbildung 4 mit ihren Regressionsfunktionen.

In Tabelle 1 sind die aus der Regression 4. Ordnung bei WEA-Betrieb (L_{s+n}) und aus der linearen Regression bei den Fremdgeräuschen (L_n) ermittelten Schalldruckpegel aufgelistet. Zudem sind die Abstände $\Delta L_{s+n,n}$ zwischen WEA- und Fremdgeräusch sowie die fremdgeräuschkorrigierten Pegel $L_{Aeq,c}$ aufgeführt.

v_s [m/s]	6 ⁵⁾	7	8	9 ^{3,4)}	10 ²⁾	8,2 ¹⁾
Anzahl Werte: WEA an / aus	46 / 131	46 / 180	34 / 114	12 / 26	-- / 3	--
L_{s+n} [dB(A)]	47,2	48,4	48,9	48,7	--	48,9
L_n [dB(A)]	41,6	41,9	42,2	42,5	42,9	42,3
$\Delta L_{s+n,n}$ [dB]	5,7	6,5	6,7	6,1	--	6,6
$L_{Aeq,c}$ [dB(A)]	45,9	47,3	47,9	47,5	--	47,9

1) Entspricht 95 % der Nennleistung, hier $P_{95\%} = 1.520$ kW

2) Witterungsbedingt keine Daten für WEA-Betrieb vorhanden

3) Höchste gemessene normierte Windgeschwindigkeit für WEA Betrieb $v_s = 8,9$ m/s

4) Weniger als 18 Werte entsprechend 3 min Messzeit bei WEA-Betrieb, abweichend von [1]. $L_{Aeq,c}$ ist ein Anhaltswert.

5) Abstand zwischen Anlagengeräusch und Fremdgeräusch < 6 dB, Pegelkorrektur um 1,3 dB

Tabelle 1: Emissionsdaten der WEA vom Typ E-82 E2 mit TES aus der Regression 4. Ordnung (WEA-Betrieb) und der Regression 1. Ordnung (Fremdgeräusch)

In der Anlage B befinden sich die Zeitverläufe des Schalldruckpegels, der elektrischen Leistung, der Rotordrehzahl, der Gondelanemometer-Windgeschwindigkeit, der Anemometer-Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe. Weiterhin ist dort ein Scatterplot der 10-Sekunden-Mittelwerte der Rotordrehzahl über der elektrischen Leistung dargestellt. Aus einer polynomischen Regression 5. Ordnung berechnete Mittelwerte der Rotordrehzahl zu jedem Windgeschwindigkeits-BIN befinden sich in Tabelle 4.

Die Turbulenzintensität wird aus drei Intervallen der Messung der Windgeschwindigkeit von je zehn Minuten ermittelt. Sie beträgt für alle gemessenen Windklassen durchschnittlich 15 %.

5.2. Tonhaltigkeit im Nahbereich

Eine Tonhaltigkeitsanalyse für den Nahbereich der WEA erfolgt mit dem während der Messung aufgezeichneten Rohsignal des Schalldruckes am Referenzmesspunkt. Mit der Signalanalysesoftware Famos, Version 6.0, werden Schmalbandfrequenzspektren mit einer Linienbreite von $\Delta f = 2$ Hz unter Anwendung eines Hanning-Fensters für das WEA- und das Fremdgeräusch erzeugt.

Angewendet wird das Auswerteverfahren nach [1]. Es wird der gesamte Frequenzbereich in 10s-Schmalbandfrequenzspektren untersucht, in dem gegebenenfalls Tonfrequenzen der WEA während der Messung aufgetreten sind, in jedem Falle aber ein Frequenzbereich von mindestens 0 bis 1.600 Hz. Je BIN sind zwölf Frequenzspektren (entsprechend zwei Minuten) des WEA-Betriebes und der WEA-Abschaltung zu untersuchen, welche am nächsten an dem ganzzahligen BIN-Wert der normierten Windgeschwindigkeit liegen.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Tonhaltigkeitsanalyse zusammengefasst. Angegeben werden dort die Frequenzen, bei denen sich Werte der tonalen Wahrnehmbarkeit $\Delta L_{a,k} \geq -3,0$ dB ergeben. Tonfrequenzen werden auch dann angegeben, wenn aufgrund zu geringen Störabstandes < 3 dB kein $\Delta L_{a,k}$ berechnet werden kann. Die in der letzten Zeile stehenden K_{TN} -Werte, die gemäß der DIN 45681 [5], Tabelle 1, aus den Werten von $\Delta L_{a,k}$ bestimmt werden bzw. gleich Null zu setzen sind, wenn kein Ton gefunden wird, sind die resultierenden Tonzuschläge der WEA.

v_s [m/s]	6	7	8	9 ³⁾	10 ²⁾	8,2 ¹⁾
f_T [Hz]	--	--	--	--	--	--
$\Delta L_{a,k}$ [dB]	--	--	--	--	--	--
K_{TN} [dB]	0	0	0	0	--	0

1) Entspricht 95 % der Nennleistung, hier $P_{95\%} = 1.520$ kW

2) Witterungsbedingt keine Daten vorhanden

3) Höchste gemessene normierte Windgeschwindigkeit für WEA Betrieb $v_s = 8,9$ m/s

Tabelle 2: Tonhaltigkeit im Nahbereich

Die rechnerische Auswertung nach [1] ergibt keinen Zuschlag für Tonhaltigkeit im Nahbereich. Es wird $K_{TN} = 0$ dB für alle gemessenen Windklassen vergeben.

Die einzelnen Spektren des Frequenzbereichs 0 bis 4.000 Hz sowie detaillierte Berechnungsergebnisse können der Anlage C entnommen werden. Dort sind zur Information auch Ergebnisse mit $\Delta L_{a,k} < -3,0$ dB aufgeführt, die gemäß [1] nicht dokumentiert werden müssen.

Nach der subjektiven Wahrnehmung während des Messzeitraums ist die WEA im Nahbereich und im Fernbereich (Ortsbegehung am Messtag mit ca. 300 m Abstand) nicht tonhaltig.

5.3. Impulshaltigkeit

Nach dem subjektiven Höreindruck während des Messzeitraums liegt keine Impulshaltigkeit im Nahbereich vor. Eine Hörprobe während einer Ortsbegehung am Messtag im Fernbereich ergab ebenfalls keine Impulshaltigkeit. Die Blattdurchgangsfrequenz war nicht auffällig. Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse zur Impulshaltigkeit.

v_s [m/s]	6	7	8	9 ³⁾	10 ²⁾	8,2 ¹⁾
K_{IN} [dB]	0	0	0	0	--	0

1) Entspricht 95 % der Nennleistung, hier $P_{95\%} = 1.520$ kW

2) Witterungsbedingt keine Daten vorhanden

3) Höchste gemessene normierte Windgeschwindigkeit für WEA Betrieb $v_s = 8,9$ m/s

Tabelle 3: Impulshaltigkeit im Nahbereich

Es wird $K_{IN} = 0$ dB für alle gemessenen Windklassen vergeben.

5.4. Richtcharakteristik

Durch eine Ortsbegehung im Nahbereich und Fernbereich (ca. 300 m Abstand) während des WEA-Betriebes wurde mittels des subjektiven Hörempfindens die Schallemission der WEA in unterschiedlicher Richtung untersucht.

Eine auffällige Richtcharakteristik liegt nicht vor.

5.5. Tieffrequente Geräusche und Infraschall

Tieffrequente Geräusche und Infraschall sind akustische Immissionen im Frequenzbereich unter $f = 100$ Hz bzw. unter $f = 20$ Hz. Diese Immissionen werden in erster Linie durch Schallmessungen in Wohnhäusern untersucht [4]. Nach eigenen messtechnischen Untersuchungen [12] an anderen Standorten mit ca. 300 m bis 500 m von den WEA entfernten Wohngebäuden konnten keine kritischen Immissionen von tieffrequenten Geräuschen / Infraschall durch den Betrieb festgestellt werden. Die Untersuchungen umfassen ein großes Leistungsspektrum von 500 kW bis zu 5 MW Nennleistung.

Die vermessene WEA weist im Frequenzbereich unter $f = 100$ Hz keine akustische Auffälligkeit der Schallemission auf.

5.6. Schalleistungspegel

Aus dem fremdgeräuschkorrigierten Schalldruckpegel $L_{Aeq,c}$ am Referenzmesspunkt wird der immissionsrelevante Schalleistungspegel L_{WA} nach [1] wie folgt bestimmt:

$$L_{WA} = L_{Aeq,c} - 6 + 10 \lg \left(4\pi \cdot \frac{R_1^2}{S_0} \right)$$

R_1 \triangleq Abstand zwischen Rotormittelpunkt und Mikrofon (s. Grafik am Beginn des Kapitels 5.), ermittelt aus:

$$R_1 = \sqrt{S^2 + H^2} \quad \text{mit} \quad S \triangleq \text{Abstand des Mikrofons zur Rotorebene}$$

$$H \triangleq \text{Nabenhöhe}$$

$$(\text{hier: } R_1 = 164,1 \text{ m})$$

S_0 \triangleq Bezugsfläche ($S_0 = 1 \text{ m}^2$)

Die Konstante von 6 dB in obiger Gleichung trägt der Schalldruckpegelerhöhung auf einer schallharten Platte Rechnung.

In Tabelle 4 sind zusammenfassend nicht akustische Parameter (P_m = elektrische Leistung, n_{Rot} = Rotordrehzahl) sowie Schalldruckpegel L_{s+n} , L_n , $L_{Aeq,c}$, Tonzuschläge K_{TN} , Impulzzuschläge K_{IN} und Schalleistungspegel L_{WA} für die vorliegenden normierten Windgeschwindigkeiten v_s angegeben.

v_s [m/s]	6 ⁵⁾	7	8	9 ^{3) 4)}	10 ²⁾	8,2 ¹⁾
P_m [kW], Mittel Grenzen von - bis	980 (792 - 1.148)	1.311 (1.149 - 1.426)	1.495 (1.427 - 1.547)	1.600	--	1.520
n_{Rot} [min ⁻¹]	14,5	15,1	15,6	16,0	--	15,7
L_{s+n} [dB(A)]	47,2	48,4	48,9	48,7	--	48,9
L_n [dB(A)]	41,6	41,9	42,2	42,5	42,9	42,3
$\Delta L_{s+n,n}$ [dB]	5,7	6,5	6,7	6,1	--	6,6
$L_{Aeq,c}$ [dB(A)]	45,9	47,3	47,9	47,5	--	47,9
K_{TN} [dB]	0	0	0	0	--	0
K_{IN} [dB]	0	0	0	0	--	0
L_{WA} [dB(A)]	95,2*	96,6	97,2	96,8	--	97,2

- 1) Entspricht 95 % der Nennleistung, hier $P_{95\%} = 1.520$ kW
- 2) Witterungsbedingt keine Daten für WEA-Betrieb vorhanden
- 3) Höchste gemessene normierte Windgeschwindigkeit $v_s = 8,9$ m/s
- 4) Weniger als 18 Werte entsprechend 3 min Messzeit bei WEA-Betrieb, abweichend von [1]. Ergebnisse sind Anhaltswerte.
- 5) Abstand zwischen Anlagengeräusch und Fremdgeräusch < 6 dB, Pegelkorrektur um 1,3 dB

Tabelle 4: Nicht akustische und akustische Parameter der WEA E-82 E2 mit TES Nr. 4 im Windpark Schöppinger Berg bei 48624 Schöppingen

Die maximale Schalleistung wird für die normierte Windgeschwindigkeit $v_s = 8$ m/s mit $L_{WA} = 97,2$ dB(A) bestimmt. Die WEA-Geräusche waren weder relevant ton- noch impulshaltig.

Die Messung ist zwar hinsichtlich des gemessenen Windgeschwindigkeitsbereiches in Bezug auf die Vorgabe der Richtlinie nicht vollständig. Jedoch wurde der Betriebspunkt der maximalen Schallemission mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit erfasst. Die Messung ist deswegen aussagekräftig und im Wesentlichen konform zu den Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen [7].

Alle Auswerteergebnisse beziehen sich auf die vermessene Anlage unter Zugrundelegung der in Anlage F angegebenen berechneten Leistungskurve. Die Leistungskurve wurde vom Anlagenhersteller speziell für die vermessene WEA und Betriebsweise zur Verfügung gestellt. Eine vermessene Leistungskurve lag für diese Betriebsweise nicht vor.

6.) Messunsicherheit

Die Messgenauigkeit wird neben der Genauigkeit der verwendeten Messgeräte von den Witterungs- und Ausbreitungsbedingungen sowie der angegebenen Leistungskurve bestimmt. Die Messunsicherheit wird nach [7] ermittelt. Als Gesamt-Messunsicherheit ergibt sich auf diese Weise:

$$U_C = \sqrt{U_{A,s}^2 + U_{B1}^2 + \dots + U_{B8}^2}$$

aus den einzelnen Messunsicherheiten. Sie entspricht der Messunsicherheit für die Ermittlung des Schalleistungspegels.

Gesucht ist die Messunsicherheit der maßgeblichen, d. h. der maximalen Schalleistung. Sie tritt in dem Windgeschwindigkeits-BIN von $v_s = 8$ m/s auf. Hierfür werden zunächst Standardabweichungen der Regressionswerte aus Abbildung 4 mit und ohne WEA-Betrieb berechnet. Die beiden Standardabweichungen werden $U_{A, s+n}$ und $U_{A, n}$ genannt, die jeweilige Anzahl der Messwerte N . Die Formel dazu entspricht jeweils:

$$U_A = \sqrt{\frac{\sum (y - y_{est})^2}{N(N-2)}}$$

$$U_{A, s+n} = 0,1 \text{ dB mit } N = 34,$$

$$U_{A, n} = 0,1 \text{ dB mit } N = 114.$$

Mit den Standardabweichungen $U_{A, s+n}$ und $U_{A, n}$ sowie dem Schalldruckpegel des Gesamtgeräusches $L_{s+n} = 48,9$ dB(A), des Fremdgeräusches $L_n = 42,2$ dB(A) und dem fremdgeräuschkorrigierten Pegel $L_s = 47,9$ dB(A), s. Tabelle 4, errechnet sich eine Unsicherheit des fremdgeräuschbereinigten Anlagenpegels $U_{A, s}$. Sie wird ermittelt als

$$U_{A,s} = \frac{\sqrt{(U_{A,s+n} \cdot 10^{0,1L_{s+n}})^2 + (U_{A,n} \cdot 10^{0,1L_n})^2}}{10^{0,1L_s}}$$

$$= 0,1 \text{ dB.}$$

Die weiteren Messunsicherheiten werden mit den in Tabelle 5 angegebenen Werten abgeschätzt. Hierbei geht die Unsicherheit der Leistungsmessung in die Bestimmung der normierten Windgeschwindigkeit ein.

Fehlerquellen	Bezeichnung	Messunsicherheit [dB]
Akustischer Kalibrator	U_{B1}	0,2
Schallpegelmesser	U_{B2}	0,2
Schallharte Platte	U_{B3}	0,3
Messabstand	U_{B4}	0,1
Luftimpedanz	U_{B5}	0,1
Turbulenz	U_{B6}	0,4
Windgeschwindigkeit	U_{B7}	0,4
Richtung	U_{B8}	0,3

Tabelle 5: Geschätzte Messunsicherheiten U_B

Die Gesamt-Messunsicherheit beträgt damit $U_C = +/- 0,8$ dB.

7.) Abkürzungen und Formelzeichen

D	=	Rotordurchmesser [m]
DAT	=	Digital Audio Tape
Δf	=	Linienbreite im FFT-Frequenzspektrum [Hz]
Δf_c	=	kritische Bandbreite einer Tonanalyse [Hz]
Δh	=	Höhendifferenz [m]
$\Delta L_{a, k}$	=	tonale Wahrnehmbarkeit [dB]
$\Delta L_{s+n, n}$	=	Pegeldifferenz zwischen Gesamt- und Fremdgeräusch [dB]
ΔL_{tn}	=	Pegeldifferenz zwischen L_{pt} und L_{pn} [dB]
e	=	Abstand Rotorflanschmittelpunkt – Turmmittellinie [m]
f	=	Frequenz [Hz]
FFT	=	Fast Fourier Transformation
Fremdger.	=	Fremdgeräusch
f_T	=	Tonfrequenz [Hz]
H	=	Höhe des Rotormittelpunktes über Grund [m]
H_{korr}	=	Relative Höhe des Rotormittelpunktes bzgl. des Mikrofons [m]
HW	=	Hochwert bei Geo-Koordinaten
κ	=	Kappa-Faktor
K_{IN}	=	Impulshaltigkeitszuschlag für den Nahbereich [dB]
K_T	=	Tonhaltigkeitszuschlag für den Fernbereich [dB]
K_{TN}	=	Tonhaltigkeitszuschlag für den Nahbereich [dB]
L_A	=	frequenzabhängige Bemessungskurve der Wahrnehmbarkeit eines Tones [dB]
$L_{Aeq,c}$	=	fremdgeräuschkorrigierter Pegel [dB(A)]
L_{AFeq}	=	Mittelungspegel [dB(A)]
L_{AFTeq}	=	Taktmaximal-Mittelungspegel [dB(A)]
L_{hint}	=	Mittlerer Schalldruckpegel der Frequenzlinien des Fremdgeräusches [dB]
$L_{kal, soll}$	=	Soll-Kalibrierpegel [dB]
L_{kal1}	=	Kalibrierpegel zum Messbeginn [dB]
L_{kal2}	=	Kalibrierpegel zum Messende [dB]
L_n	=	Fremdgeräuschpegel [dB(A)]
L_{pn}	=	Schalldruckpegel des maskierenden Geräusches [dB]

$L_{pn, avg}$	=	Mittlerer Schalldruckpegel der maskierenden Frequenzlinien [dB]
$L_{pn, avg, korr}$	=	Mittlerer fremdgeräuschkorrigierter Schalldruckpegel der maskierenden Frequenzlinien [dB]
L_{pt}	=	Schalldruckpegel eines Tones [dB]
L_s	=	Anlagengeräuschpegel [dB(A)]
L_{s+n}	=	Gesamtgeräuschpegel [dB(A)]
L_{WA}	=	Schalleistungspegel [dB(A)]
$L_{WA, P}$	=	Schalleistungspegel im Auszug aus dem Prüfbericht [dB(A)]
N	=	Anzahl der Werte einer Stichprobe
n_{Rot}	=	Rotordrehzahl [U/min]
$P_{95\%}$	=	95 % der Nennleistung [kW]
P_m	=	gemessene Leistung [kW]
P_{max}	=	Maximalwert der Leistungskennlinie [kW]
P_{Nenn}	=	Nennleistung [kW]
R_0	=	horizontaler Abstand von der Turmmittellinie zum RMP [m]
R_1	=	schräger Abstand vom Rotorflanschmittelpunkt zum RMP [m]
RMP	=	Referenzmesspunkt des Schalldrucks
RW	=	Rechtswert bei Geo-Koordinaten
S	=	horizontaler Abstand vom Rotorflanschmittelpunkt zum RMP [m]
S_0	=	Bezugsfläche ($S_0 = 1 \text{ m}^2$)
$U_A (\Delta L_{tn})$	=	Standardabweichung der Pegeldifferenz zwischen L_{pt} und L_{pn} [dB]
$U_{A, n}$	=	Standardabweichung des Regressionswertes des Fremdgeräuschpegels, Typ A [dB]
$U_{A, s}$	=	Standardabweichung des Regressionswertes des Anlagengeräuschpegels, Typ A [dB]
$U_{A, s+n}$	=	Standardabweichung des Regressionswertes des Gesamtgeräuschpegels, Typ A [dB]
U_{Bx}	=	Standardabweichung des Typs B, Art Nr. x (x von 1 bis 8) [dB]
U_C	=	kombinierte Gesamtstandardabweichung aus Typ A und Typ B [dB]
v_{10}	=	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe [m/s]
v_H	=	Windgeschwindigkeit in Höhe des Rotormittelpunktes [m/s]
$v_{H, 95\%}$	=	Windgeschwindigkeit in Höhe des Rotormittelpunktes, die 95 % der Nennleistung entspricht [m/s]
v_n	=	Windgeschwindigkeit des Gondelanemometers [m/s]
v_s	=	normierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe [m/s]

WEA	=	Windenergieanlage
WP	=	Windpark
y	=	Einzelwert einer Stichprobe
y_{est}	=	Schätzwert des Erwartungswertes der Stichprobe
z_0	=	Rauhigkeitslänge eines Geländes [m]
z_{0ref}	=	Referenzrauhigkeitslänge ($z_{0ref} = 0,05$ m)

8.) Anlagen

Anlage A: Fotos und Lageplan

Anlage B: Diagramme der Zeitverläufe

Anlage C: Frequenzspektren und Tonhaltigkeit

Anlage D: Weitere Messergebnisse

Anlage E: Technische Daten und schematische Darstellung des Messaufbaus

Anlage F: Leistungskennlinie und Herstellerbescheinigung zur E-82 E2 am Standort Schöppingen

Anlage G: Auszug aus dem Prüfbericht

Anlage A: Fotos und Lageplan



Bild 1: Mikrofon am Referenzmesspunkt zur E-82 E2 hin (Standort Schöppingen)

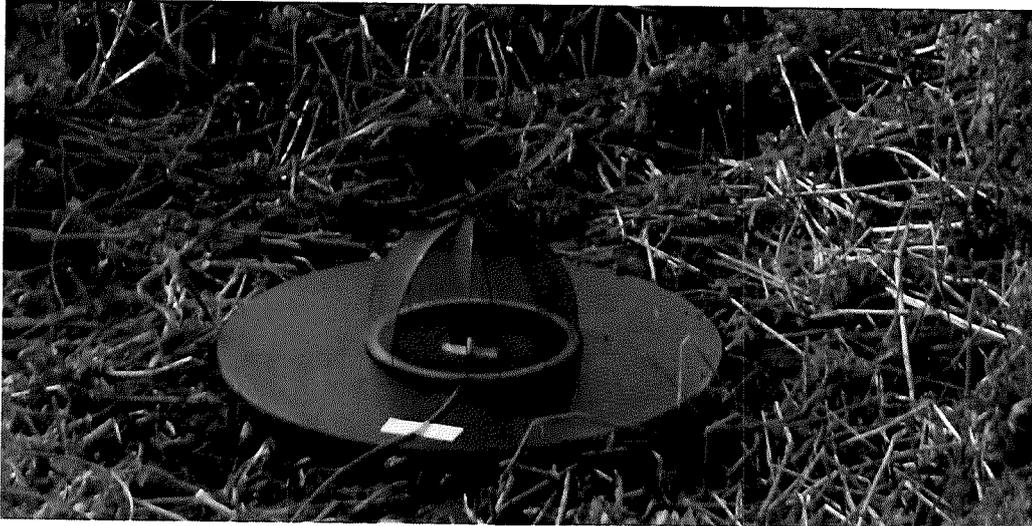


Bild 2: Mikrofon am Referenzmesspunkt (Standort Schöppingen)



Bild 3: E-82 E2 vom Ultraschall-Anemometer aus (Standort Schöppingen)



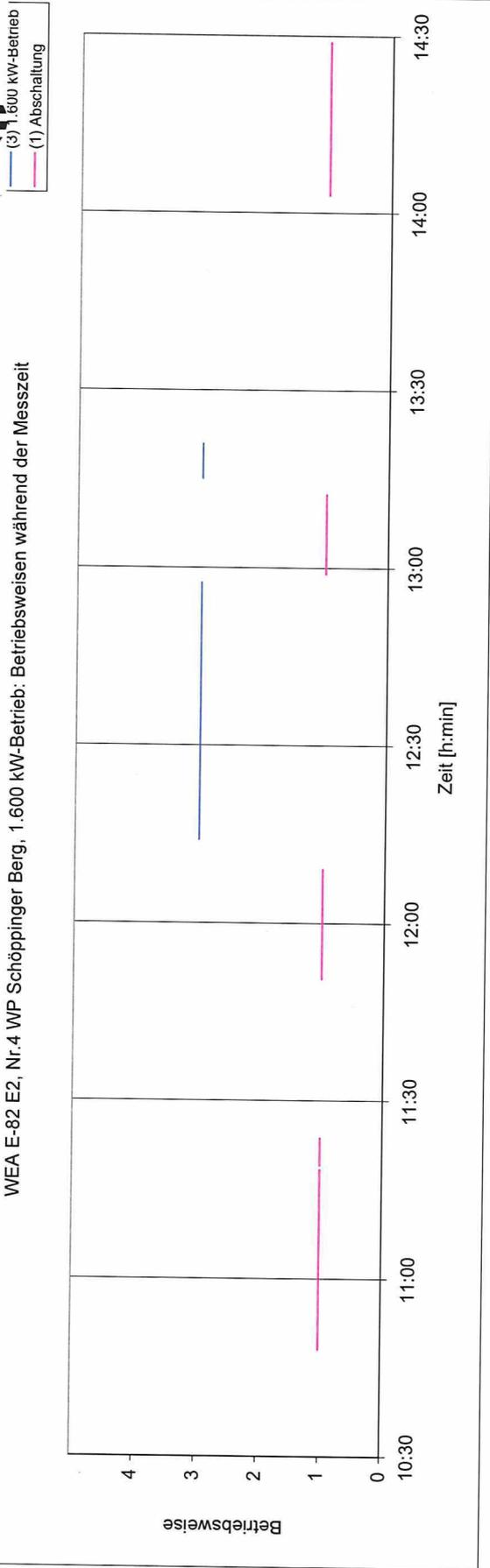
Bild 4: E-82 E2 vom Hörort im Fernbereich aus (Standort Schöppingen), Abstand ca. 300 m



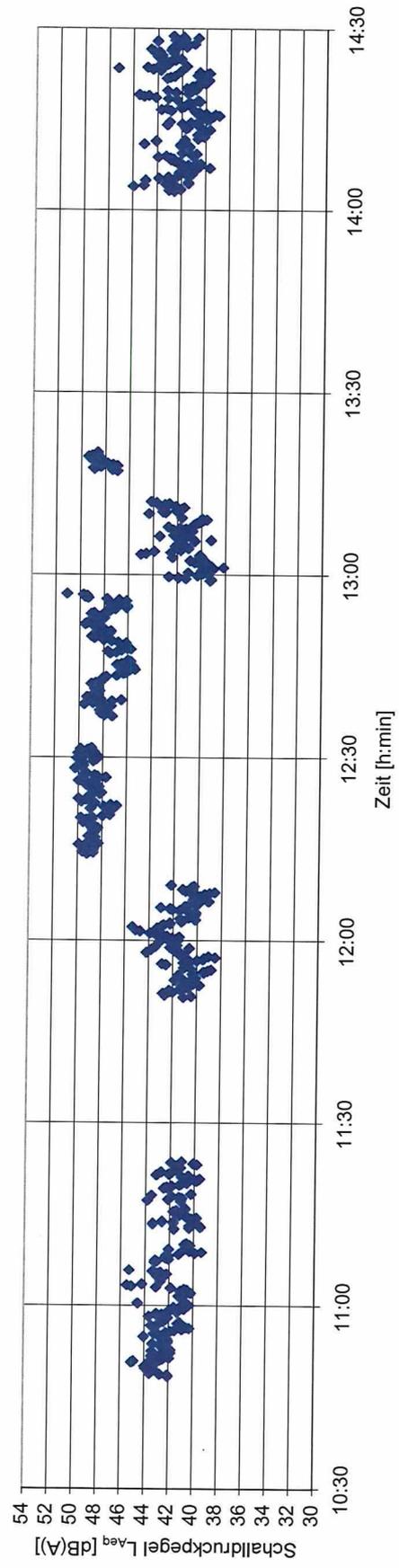
Abbildung 6: Lageplan der vermessenen WEA und der Messpunkte am Standort Schöppingen, Luftaufnahme aus Google Earth ©

Anlage B: Diagramme der Zeitverläufe

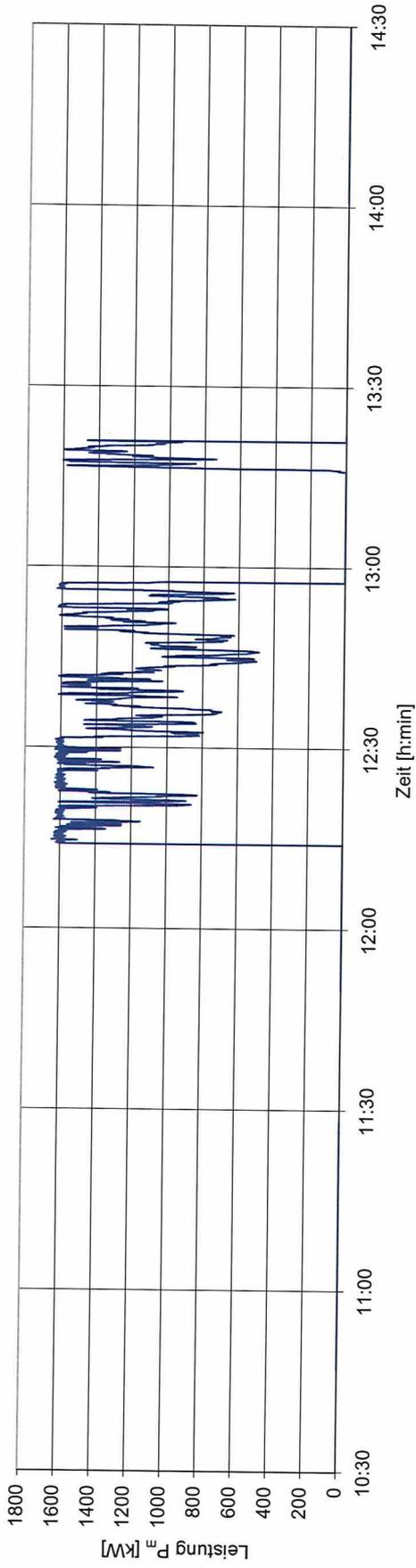
WEA E-82 E2, Nr.4 WP Schöppinger Berg, 1.600 kW-Betrieb: Betriebsweisen während der Messzeit



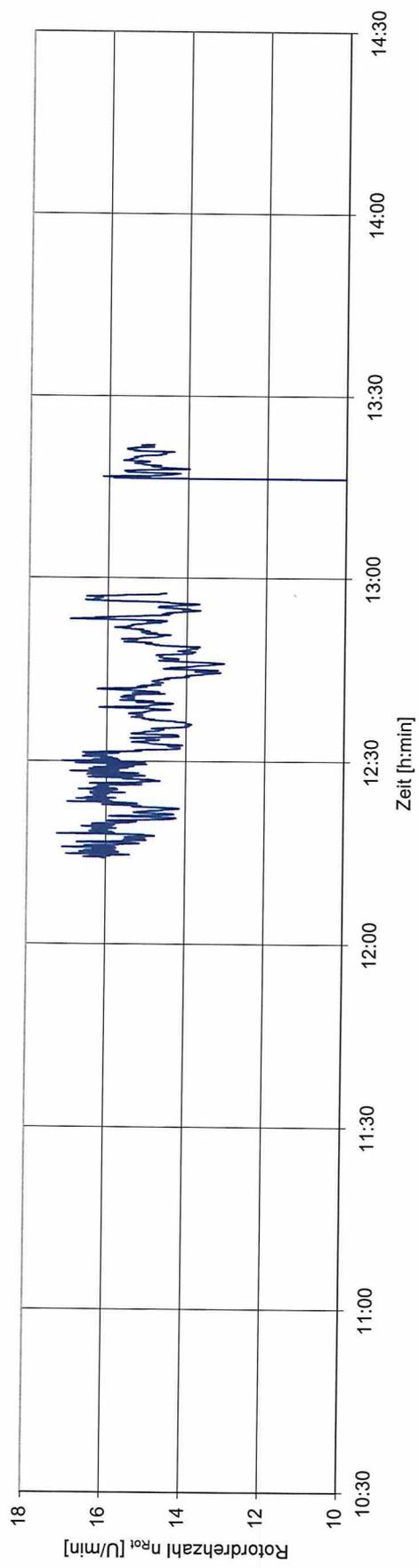
WEA E-82 E2, Nr.4 WP Schöppinger Berg, 1.600 kW-Betrieb: Schalldruckpegel in Abhängigkeit der Zeit (10-Sekunden-Mittelwerte ohne vorübergehende Fremdgeräusche)



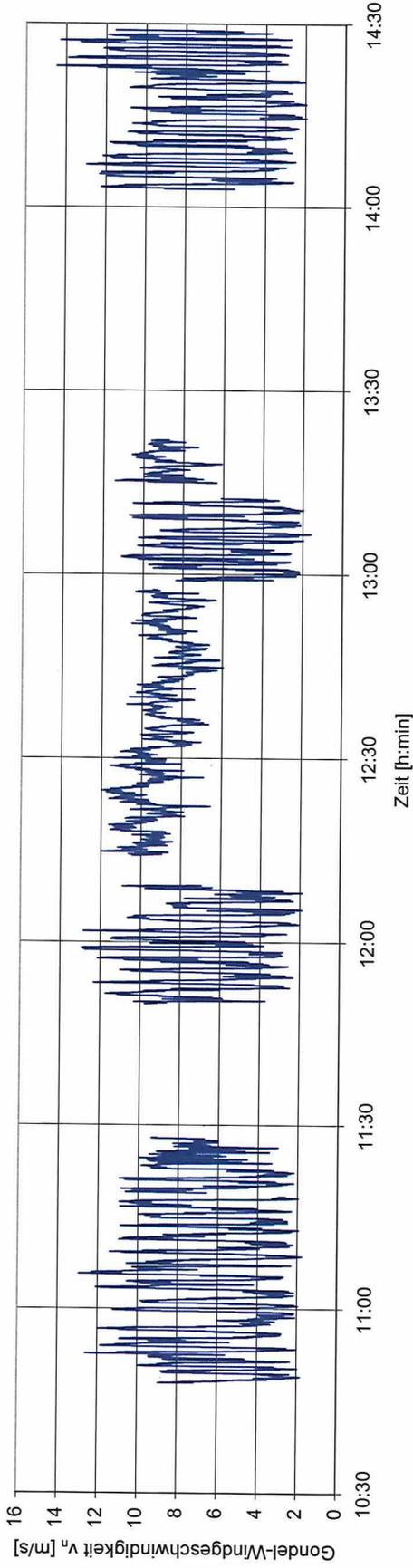
WEA E-82 E2, Nr.4 WP Schöppinger Berg, 1.600 kW-Betrieb: Elektrische Leistung über der Zeit (Sekundenmittelwerte)



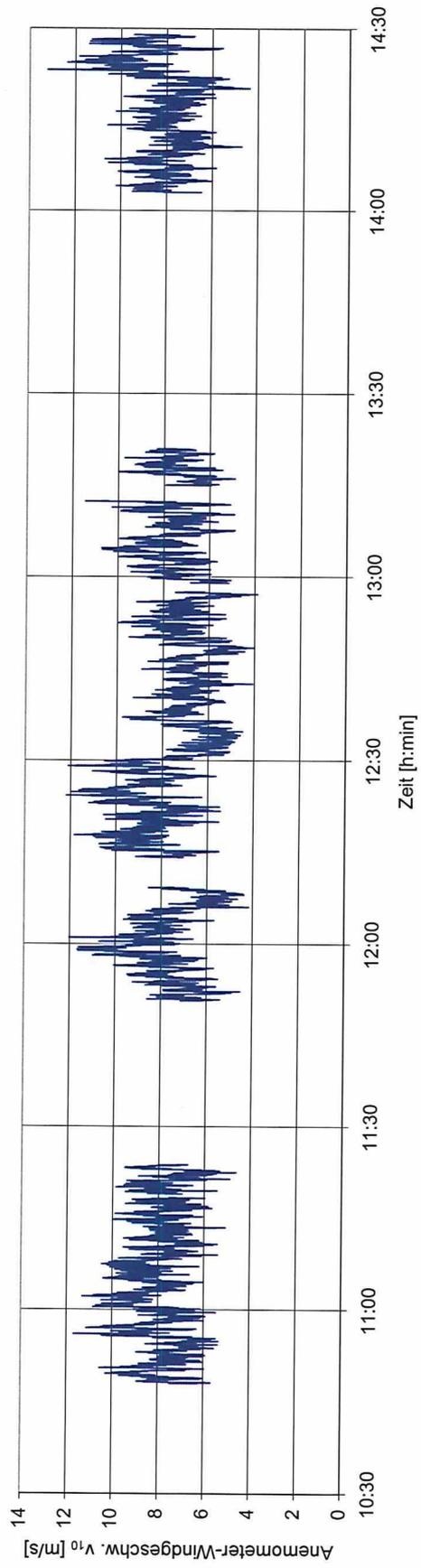
WEA E-82 E2, Nr.4 WP Schöppinger Berg, 1.600 kW-Betrieb: Rotordrehzahl über der Zeit (Sekundenmittelwerte)



WEA E-82 E2, Nr.4 WP Schöppinger Berg, 1.600 kW-Betrieb: Gondelanemometer-Windgeschwindigkeit über der Zeit (Sekundenmittelwerte)



Windmesspunkt nahe WEA in 10 m Höhe: Anemometer-Windgeschwindigkeit über der Zeit (Sekundenmittelwerte)

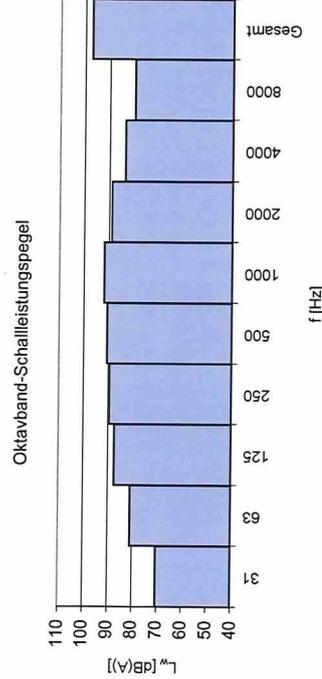
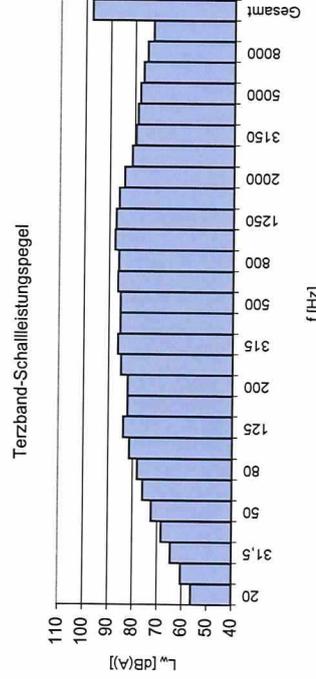


Anlage C: Frequenzspektren und Tonhaltigkeit

Schallemissionsmessung an E-82 E2, Schöppinger Berg, Ser.-Nr. 825643,

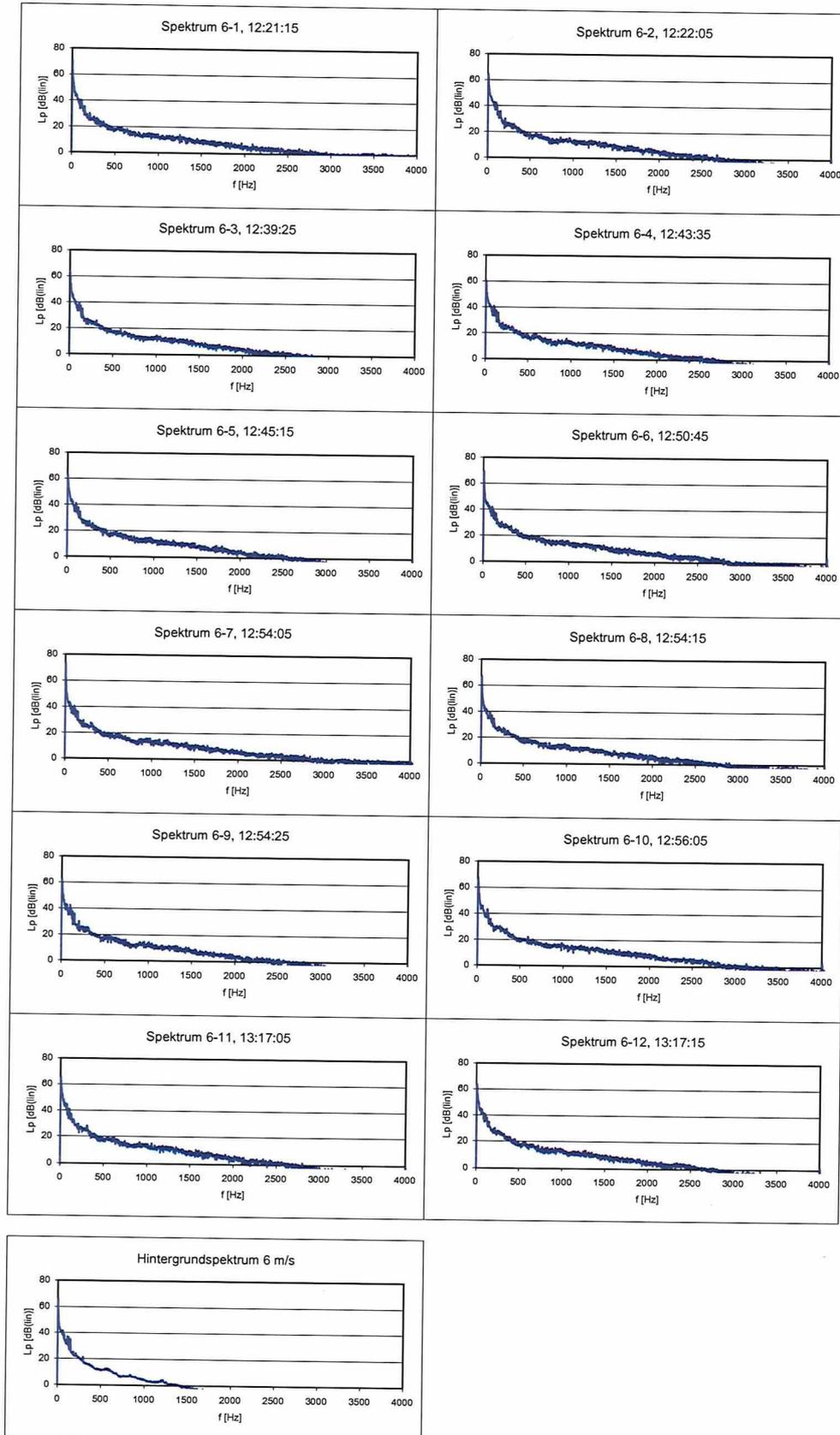
Terzband-Schalleistungspegel für $v_a = 8$ m/s entsprechend der maximalen Schalleistung:

f [Hz]	$L_{W,TER}$ [dB(A)]	$L_{W,OK}$ [dB(A)]
20	56,2	
25	60,4*	
31,5	64,6*	70,4*
40	68,4*	
50	72,4*	
63	75,9*	80,8*
80	78,1*	
100	81,3*	
125	83,8*	87,3*
160	82,1*	
200	82,1*	
250	84,9*	89,4*
315	86,1	
400	85,2	
500	86,3*	90,4
630	86,4	
800	86,0	
1000	87,6	91,8
1250	87,2	
1600	86,0	
2000	84,0	88,9
2500	81,0*	
3150	79,5**	
4000	78,7**	83,5**
5000	77,8**	
6300	76,5**	
8000	75,0**	79,7**
10000	72,7**	
Gesamt	97,2	

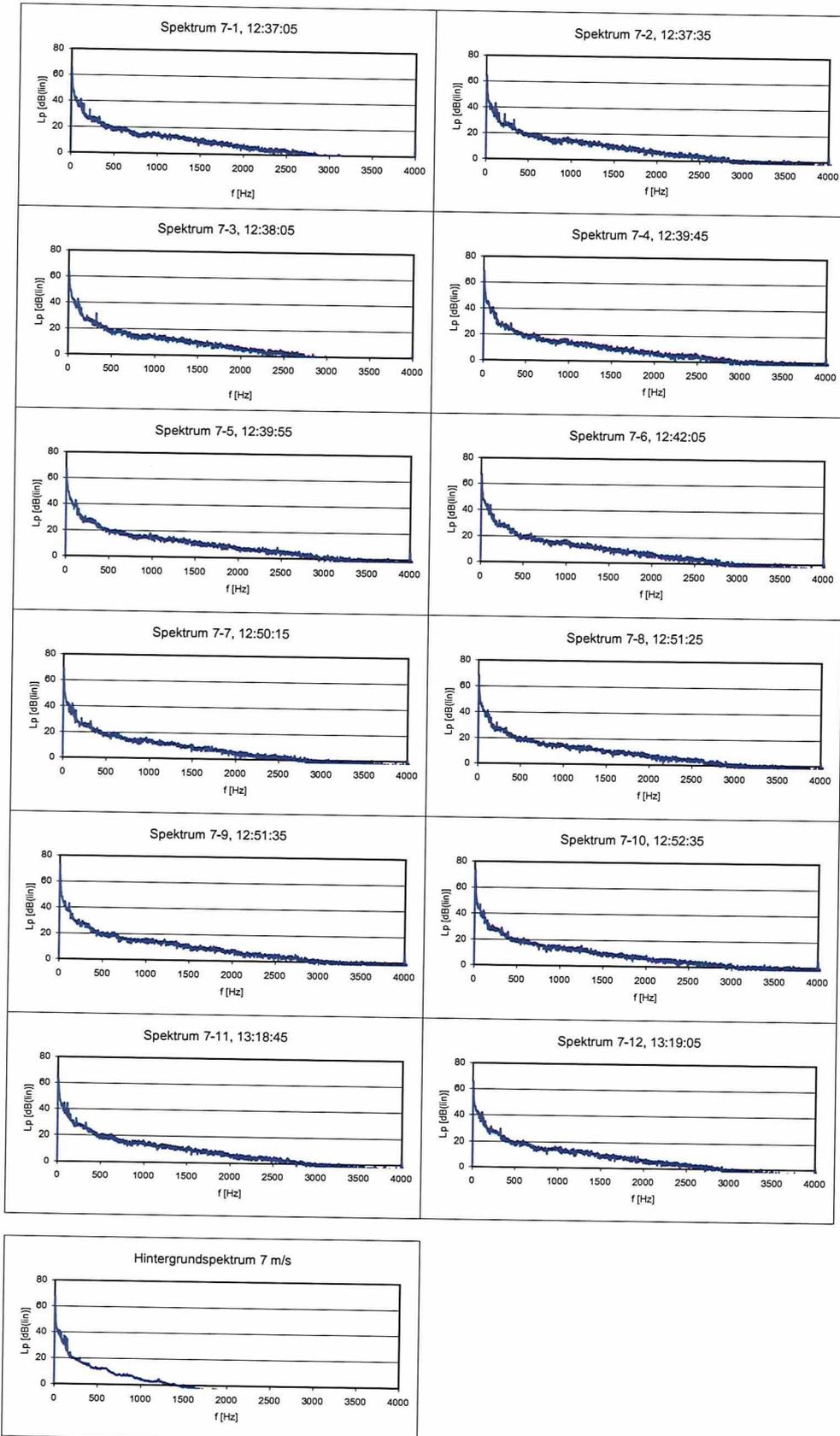


* Abstand zwischen Anlagengeräusch und Fremdgeräusch < 6 dB, Pegelkorrektur um 1,3 dB
 ** Abstand zwischen Anlagengeräusch und Fremdgeräusch < 3 dB, keine Pegelkorrektur

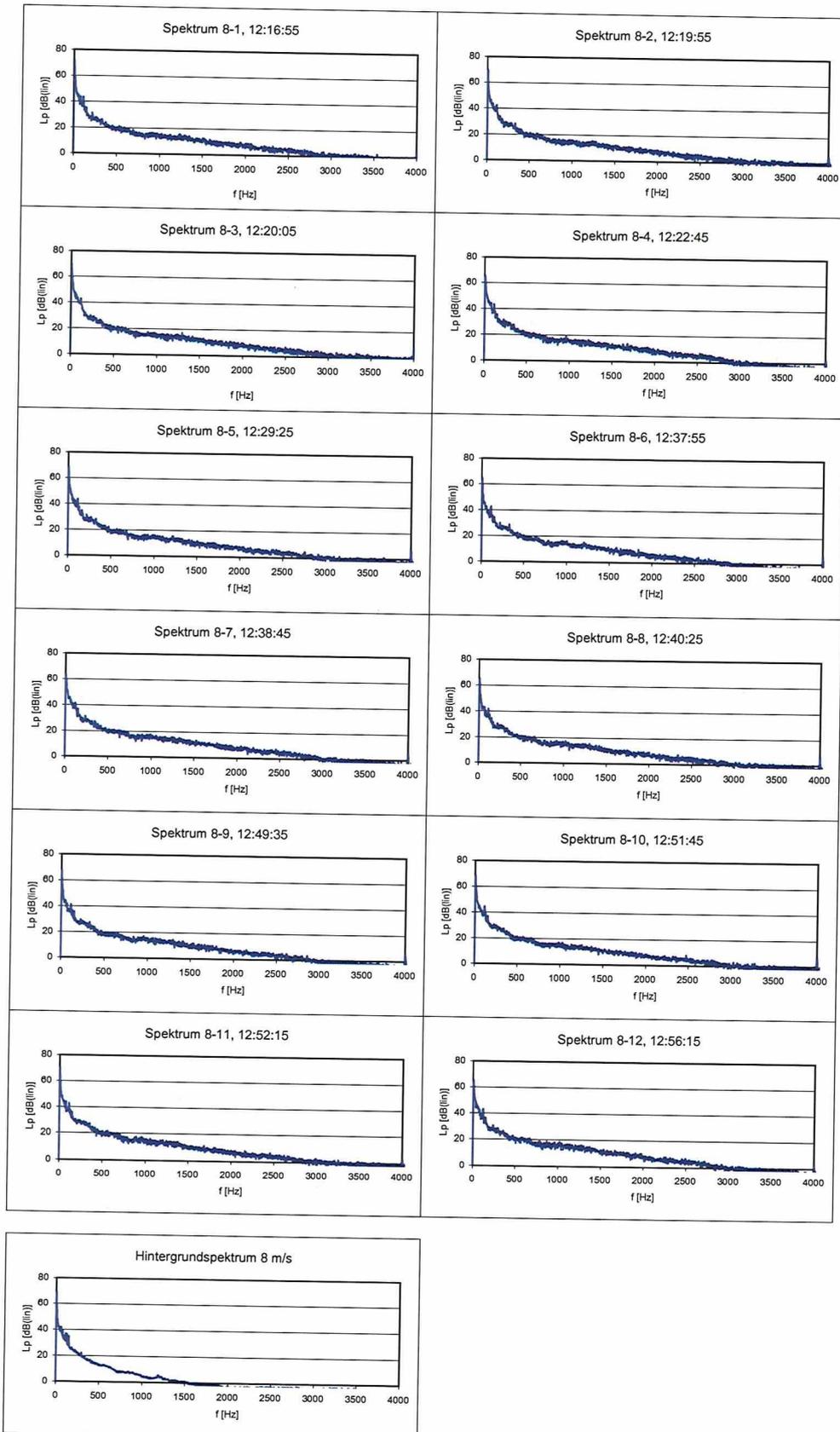
WEA E-82 E2, Ser.-Nr. 825643, WP Schöppingen Berg, 1.600 kW-Betrieb
 Spektren, $v_s = 6$ m/s



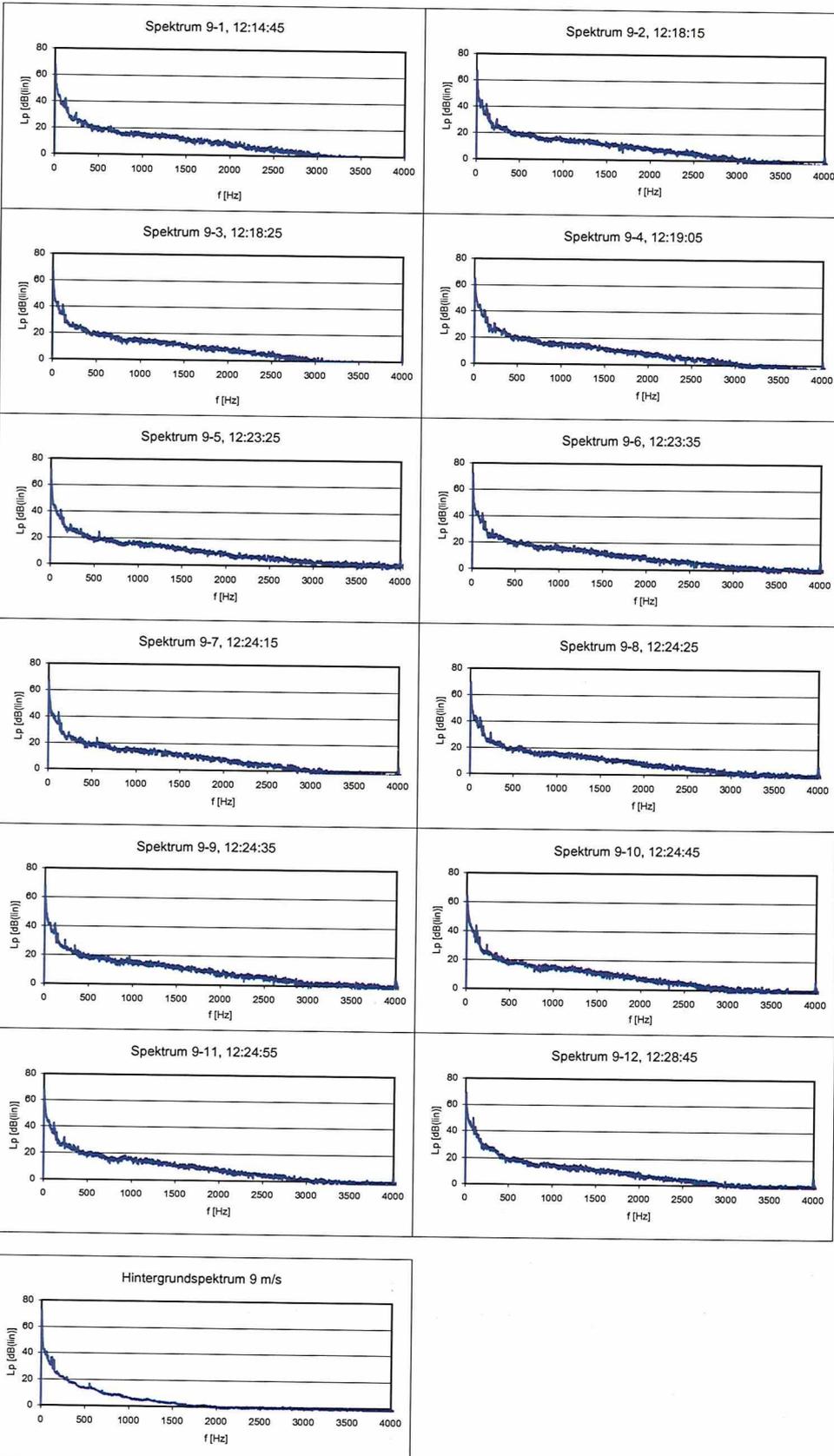
WEA E-82 E2, Ser.-Nr. 825643, WP Schöppingen Berg, 1.600 kW-Betrieb
 Spektren, $v_s = 7$ m/s



WEA E-82 E2, Ser.-Nr. 825643, WP Schöppinger Berg, 1.600 kW-Betrieb
 Spektren, $v_s = 8$ m/s



WEA E-82 E2, Ser.-Nr. 825643, WP Schöppinger Berg, 1.600 kW-Betrieb
 Spektren, $v_s = 9$ m/s



Tonhaltigkeitsbestimmung nach IEC 61400-11

Standort: WP Schöppinger Berg
WEA-Typ: E-82 E2
Ser.-Nr.: 825643
Betriebsweise: 1.600 KW-Betrieb
Proj.-Nr.: 212237-02
Datum:

1. Tonfrequenz													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mittelwert
Spektrum													
f_1 [Hz]	4.000,0	4.000,0	4.000,0	4.000,0	3.998,0	3.998,0	4.000,0	4.000,0	4.000,0	4.000,0	4.002,0	4.000,0	3.999,8
Δf_c [Hz]	685,4	685,4	685,4	685,4	685,0	685,0	685,4	685,4	685,4	685,4	685,9	685,4	685,4
f_1 [Hz]	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.655,5	3.655,5	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.659,1	3.657,3	3.657,1
f_2 [Hz]	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.340,5	4.340,5	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.344,9	4.342,7	4.342,5
L_{p1} [dB]	-	3,2	1,9	1,6	3,9	7,8	-	-	-	8,1	-0,2	4,7	7,9
$L_{p,avg}$ [dB]	-	-5,7	-5,3	-6,9	-7,1	-2,8	-	-	-	-2,7	-6,2	-6,4	-2,7
$L_{p,hinter}$ [dB]	-	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-	-	-	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0
$L_{p,avg} - L_{p,hinter}$ [dB]	-	0,4	0,7	-0,9	-1,1	3,2	-	-	-	3,4	-0,2	-0,4	3,3
$L_{p,avg,korr}$ [dB]	-	-	-	-	-	-5,7	-	-	-	-5,4	-	-	-5,5
L_{pn} [dB]	-	-	-	-	-	17,9	-	-	-	18,2	-	-	18,1
ΔL_{in} [dB]	-23,6	-	-	-	-	-10,1	-23,6	-23,6	-23,6	-10,1	-	-	-14,5
$U_A(\Delta L_{in})$ [dB]	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_a [dB]	-4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta L_{a,k}$ [dB]	-10,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K_{TN} [dB]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Es gibt einen Ton in einem FFT-Frequenzspektrum mit Störabstand < 3 dB, in den übrigen Spektren keinen Ton. Die Höhe der Tonhaltigkeit kann nicht bestimmt werden.

2. Tonfrequenz													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mittelwert
Spektrum													
f_1 [Hz]	4.000,0	4.000,0	4.000,0	4.000,0	3.998,0	3.998,0	4.000,0	4.000,0	4.000,0	4.000,0	4.002,0	4.000,0	3.999,8
Δf_c [Hz]	685,4	685,4	685,4	685,4	685,0	685,0	685,4	685,4	685,4	685,4	685,9	685,4	685,4
f_1 [Hz]	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.655,5	3.655,5	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.659,1	3.657,3	3.657,1
f_2 [Hz]	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.340,5	4.340,5	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.344,9	4.342,7	4.342,5
L_{p1} [dB]	-	3,2	1,9	1,6	3,9	7,8	-	-	-	8,1	-0,2	4,7	7,9
$L_{p,avg}$ [dB]	-	-5,7	-5,3	-6,9	-7,1	-2,8	-	-	-	-2,7	-6,2	-6,4	-2,7
$L_{p,hinter}$ [dB]	-	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-	-	-	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0
$L_{p,avg} - L_{p,hinter}$ [dB]	-	0,4	0,7	-0,9	-1,1	3,2	-	-	-	3,4	-0,2	-0,4	3,3
$L_{p,avg,korr}$ [dB]	-	-	-	-	-	-5,7	-	-	-	-5,4	-	-	-5,5
L_{pn} [dB]	-	-	-	-	-	17,9	-	-	-	18,2	-	-	18,1
ΔL_{in} [dB]	-23,6	-	-	-	-	-10,1	-23,6	-23,6	-23,6	-10,1	-	-	-14,5
$U_A(\Delta L_{in})$ [dB]	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_a [dB]	-4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta L_{a,k}$ [dB]	-10,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K_{TN} [dB]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bei 2 FFT-Frequenzspektren ist der Störabstand < 6 dB. Das maskierende Geräusch ist vom Fremdgeräusch beeinflusst.
Es gibt 6 tonhaltige FFT-Frequenzspektren mit Störabstand < 3 dB. Für diese kann die Höhe der Tonhaltigkeit nicht bestimmt werden.
Das Ergebnis ist ein Anhaltswert.

Tonhaltigkeitsbestimmung nach IEC 61400-11

Standort: WP Schöppinger Berg
WEA-Typ: E-82 E2
Ser.-Nr.:
Betriebsweise:

825643
1.600 kW-Betrieb

Proj.-Nr.: 212237-02
Datum:

$v_s = 7 \text{ m/s}$		1. Tonfrequenz											
Spektrum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mittelwert
f_1 [Hz]	110,0	110,0	108,0	100,0	112,0	110,0	106,0	110,0	112,0	110,0	110,0	112,0	110,0
Δf_c [Hz]	100,9	100,9	100,8	100,9	100,9	100,9	100,8	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9
f_1 [Hz]	59,6	59,6	57,6	59,6	61,5	59,6	55,6	59,6	61,5	59,6	59,6	61,5	59,6
f_2 [Hz]	160,4	160,4	158,4	160,4	162,5	160,4	156,4	160,4	162,5	160,4	160,4	162,5	160,4
L_{pl} [dB]	27,9	27,7	25,7	-	25,5	25,9	28,0	-	25,7	-	28,6	26,8	26,5
$L_{p,avg}$ [dB]	16,3	15,7	17,5	-	19,4	19,1	16,4	-	18,7	-	17,9	17,4	18,4
L_{hinter} [dB]	14,3	14,3	14,3	-	14,3	14,3	14,3	-	14,3	-	14,3	14,3	14,3
$L_{p,avg} - L_{hinter}$ [dB]	2,1	1,5	3,2	-	5,1	4,8	2,1	-	4,4	-	3,6	3,1	4,1
$L_{p,avg,korr}$ [dB]	-	-	14,7	-	17,8	17,3	-	-	16,8	-	15,4	14,5	16,3
L_{pn} [dB]	-	-	30,0	-	33,1	32,6	-	-	32,0	-	30,7	29,7	31,5
ΔL_{in} [dB]	-	-	-4,2	-15,3	-7,6	-6,7	-	-15,3	-6,3	-15,3	-2,1	-2,9	-6,1
$U_A(\Delta L_{in})$ [dB]	5,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_a [dB]	-2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta L_{a,k}$ [dB]	-4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K_{TN} [dB]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bei 6 FFT-Frequenzspektr ist der Störabstand < 6 dB. Das maskierende Geräusch ist vom Fremdgeräusch beeinflusst.
Es gibt 3 tonhaltige FFT-Frequenzspektr mit Störabstand < 3 dB. Für diese kann die Höhe der Tonhaltigkeit nicht bestimmt werden.
Das Ergebnis ist ein Anhaltswert.

		2. Tonfrequenz											
Spektrum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mittelwert
f_1 [Hz]	3.998,0	3.998,0	3.998,0	-	3.998,0	4.000,0	-	-	4.000,0	4.000,0	4.000,0	4.000,0	3.999,1
Δf_c [Hz]	685,0	685,0	685,0	-	685,0	685,4	-	-	685,4	685,4	685,4	685,4	685,2
f_1 [Hz]	3.655,5	3.655,5	3.655,5	-	3.655,5	3.657,3	-	-	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.656,5
f_2 [Hz]	4.340,5	4.340,5	4.340,5	-	4.340,5	4.342,7	-	-	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.341,7
L_{pl} [dB]	12,1	7,3	6,8	-	10,9	8,2	-	-	9,0	6,2	5,2	3,5	8,4
$L_{p,avg}$ [dB]	-2,8	-2,1	-5,2	-	-1,3	-3,1	-	-	-1,1	-0,8	-3,3	-4,3	-2,5
L_{hinter} [dB]	-3,8	-3,8	-3,8	-	-3,8	-3,8	-	-	-3,8	-3,8	-3,8	-3,8	-3,8
$L_{p,avg} - L_{hinter}$ [dB]	1,0	1,7	-1,4	-	2,4	0,7	-	-	2,6	3,0	0,5	-0,5	1,3
$L_{p,avg,korr}$ [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_{pn} [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΔL_{in} [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$U_A(\Delta L_{in})$ [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_a [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta L_{a,k}$ [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K_{TN} [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Es gibt einen Ton in 9 FFT-Frequenzspektr mit Störabstand < 3 dB. In den übrigen Spektr kein Ton. Die Höhe der Tonhaltigkeit kann nicht bestimmt werden.

Tonhaltigkeitsbestimmung nach IEC 61400-11

Standort: WP Schöppinger Berg
WEA-Typ: E-82 E2
Ser.-Nr.: 825643
Betriebsweise: 1.600 kW-Betrieb
Proj.-Nr.: 212237-02
Datum:

Spektrum	1. Tonfrequenz												Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
f_1 [Hz]	110,0	110,0	110,0	112,0	110,0	110,0	110,0	112,0	112,0	114,0	112,0	110,0	111,0
Δf_c [Hz]	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9	100,9
f_1 [Hz]	59,6	59,6	59,6	61,5	59,6	59,6	59,6	61,5	61,5	63,5	61,5	59,6	60,6
f_2 [Hz]	160,4	160,4	160,4	162,5	160,4	160,4	160,4	162,5	162,5	164,5	162,5	160,4	161,4
L_{p1} [dB]	28,2	24,7	-	27,2	28,6	25,7	-	24,3	24,9	28,4	25,3	-	27,3
$L_{p,avg}$ [dB]	18,2	18,3	-	19,3	18,8	16,8	-	17,8	17,2	19,5	18,4	-	18,8
L_{hinter} [dB]	15,0	15,0	-	15,0	15,0	15,0	-	15,0	15,0	15,0	15,0	-	15,0
$L_{p,avg} - L_{hinter}$ [dB]	3,2	3,3	-	4,3	3,8	1,8	-	2,8	2,1	4,5	3,3	-	3,8
$L_{p,avg,korr}$ [dB]	15,3	15,5	-	17,3	16,5	-	-	-	-	17,6	15,7	-	16,4
L_{pn} [dB]	30,8	30,8	-	32,5	31,8	-	-	-	-	32,9	31,0	-	31,7
ΔL_{in} [dB]	-2,4	-6,1	-15,3	-5,4	-3,2	-	-15,3	-	-	-4,5	-5,6	-	-15,3
$U_A(\Delta L_{in})$ [dB]	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-5,9
L_a [dB]	-2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta L_{a,k}$ [dB]	-3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K_{TN} [dB]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bei 6 FFT-Frequenzspektralen ist der Störabstand < 6 dB. Das maskierende Geräusch ist vom Fremdgeräusch beeinflusst.
Es gibt 3 tonhaltige FFT-Frequenzspektrale mit Störabstand < 3 dB. Für diese kann die Höhe der Tonhaltigkeit nicht bestimmt werden.
Das Ergebnis ist ein Anhaltswert.

Spektrum	2. Tonfrequenz												Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
f_1 [Hz]	4.000,0	4.000,0	4.000,0	4.000,0	4.000,0	3.998,0	3.998,0	4.000,0	4.000,0	4.000,0	4.000,0	3.998,0	3.999,5
Δf_c [Hz]	685,4	685,4	685,4	685,4	685,4	685,0	685,0	685,4	685,4	685,4	685,4	685,0	685,3
f_1 [Hz]	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.655,5	3.655,5	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.657,3	3.655,5	3.656,8
f_2 [Hz]	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.340,5	4.340,5	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.342,7	4.340,5	4.342,2
L_{p1} [dB]	-	5,5	9,2	7,6	11,6	9,8	8,3	8,3	8,5	9,9	-	3,8	9,2
$L_{p,avg}$ [dB]	-	-0,7	0,4	-3,5	-1,9	-4,1	-2,6	-1,5	-3,1	-1,3	-	-2,8	0,4
L_{hinter} [dB]	-	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-	-3,2	-3,2
$L_{p,avg} - L_{hinter}$ [dB]	-	2,5	3,7	-0,3	1,4	-0,9	0,6	1,7	0,1	2,0	-	0,5	3,7
$L_{p,avg,korr}$ [dB]	-	-	-2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-2,0
L_{pn} [dB]	-	-	21,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΔL_{in} [dB]	-23,6	-	-12,4	-	-	-	-	-	-	-	-23,6	-	-16,6
$U_A(\Delta L_{in})$ [dB]	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_a [dB]	-4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta L_{a,k}$ [dB]	-12,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K_{TN} [dB]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bei einem FFT-Frequenzspektrum ist der Störabstand < 6 dB. Das maskierende Geräusch ist vom Fremdgeräusch beeinflusst.
Es gibt 9 tonhaltige FFT-Frequenzspektrale mit Störabstand < 3 dB. Für diese kann die Höhe der Tonhaltigkeit nicht bestimmt werden.
Das Ergebnis ist ein Anhaltswert.

Tonhaltigkeitsbestimmung nach IEC 61400-11

Standort: WP Schöppinger Berg
WEA-Typ: E-82 E2
Ser.-Nr.:
Betriebsweise:
825643
1.600 kW-Betrieb
Proj.-Nr.: 212237-02
Datum:

Spektrum	1. Tonfrequenz												Mittelwert	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
f_1 [Hz]	122,0	114,0	116,0	116,0	118,0	116,0	116,0	116,0	116,0	116,0	116,0	116,0	116,0	116,5
Δf_c [Hz]	101,1	100,9	107,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0
f_1 [Hz]	71,5	63,5	65,5	65,5	67,5	65,5	65,5	65,5	65,5	65,5	65,5	65,5	65,5	66,0
f_2 [Hz]	172,5	164,5	166,5	166,5	168,5	166,5	166,5	166,5	166,5	166,5	166,5	166,5	166,5	167,0
L_{pt} [dB]	29,6	26,4	26,4	-	26,6	25,7	27,7	29,5	28,2	-	27,9	-	29,1	-
$L_{p,avg}$ [dB]	18,3	16,2	16,1	-	16,7	16,3	15,7	17,5	16,2	-	17,5	-	17,8	-
L_{hinter} [dB]	14,4	14,4	14,4	-	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	-	14,4	-	14,4	-
$L_{p,avg} - L_{hinter}$ [dB]	3,9	1,8	1,7	-	2,3	1,9	1,3	3,1	1,7	-	3,1	-	3,4	-
$L_{p,avg,korr}$ [dB]	16,0	-	-	-	-	-	-	14,5	-	-	14,6	-	15,1	-
L_{pn} [dB]	31,3	-	-	-	-	-	-	29,8	-	-	29,9	-	30,4	-
ΔL_{-in} [dB]	-1,7	-	-	-	-	-	-	-0,3	-	-	-2,0	-	-15,3	-
$U_A(\Delta L_{-in})$ [dB]	7,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_s [dB]	-2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta L_{s,k}$ [dB]	-2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K_{TM} [dB]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bei 3 FFT-Frequenzspektralen ist der Störabstand < 6 dB. Das maskierende Geräusch ist vom Fremdgeräusch beeinflusst.
Es gibt 6 tonhaltige FFT-Frequenzspektralen mit Störabstand < 3 dB. Für diese kann die Höhe der Tonhaltigkeit nicht bestimmt werden.
Das Ergebnis ist ein Anhaltswert.

Spektrum	2. Tonfrequenz												Mittelwert	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
f_1 [Hz]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Δf_c [Hz]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
f_1 [Hz]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
f_2 [Hz]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_{pt} [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$L_{p,avg}$ [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_{hinter} [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$L_{p,avg} - L_{hinter}$ [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$L_{p,avg,korr}$ [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_{pn} [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΔL_{-in} [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$U_A(\Delta L_{-in})$ [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_s [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta L_{s,k}$ [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K_{TM} [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Es gibt einen Ton in einem FFT-Frequenzspektrum mit Störabstand < 3 dB, in den übrigen Spektren keinen Ton. Die Höhe der Tonhaltigkeit kann nicht bestimmt werden.

Tonhaltigkeitsbestimmung nach IEC 61400-11

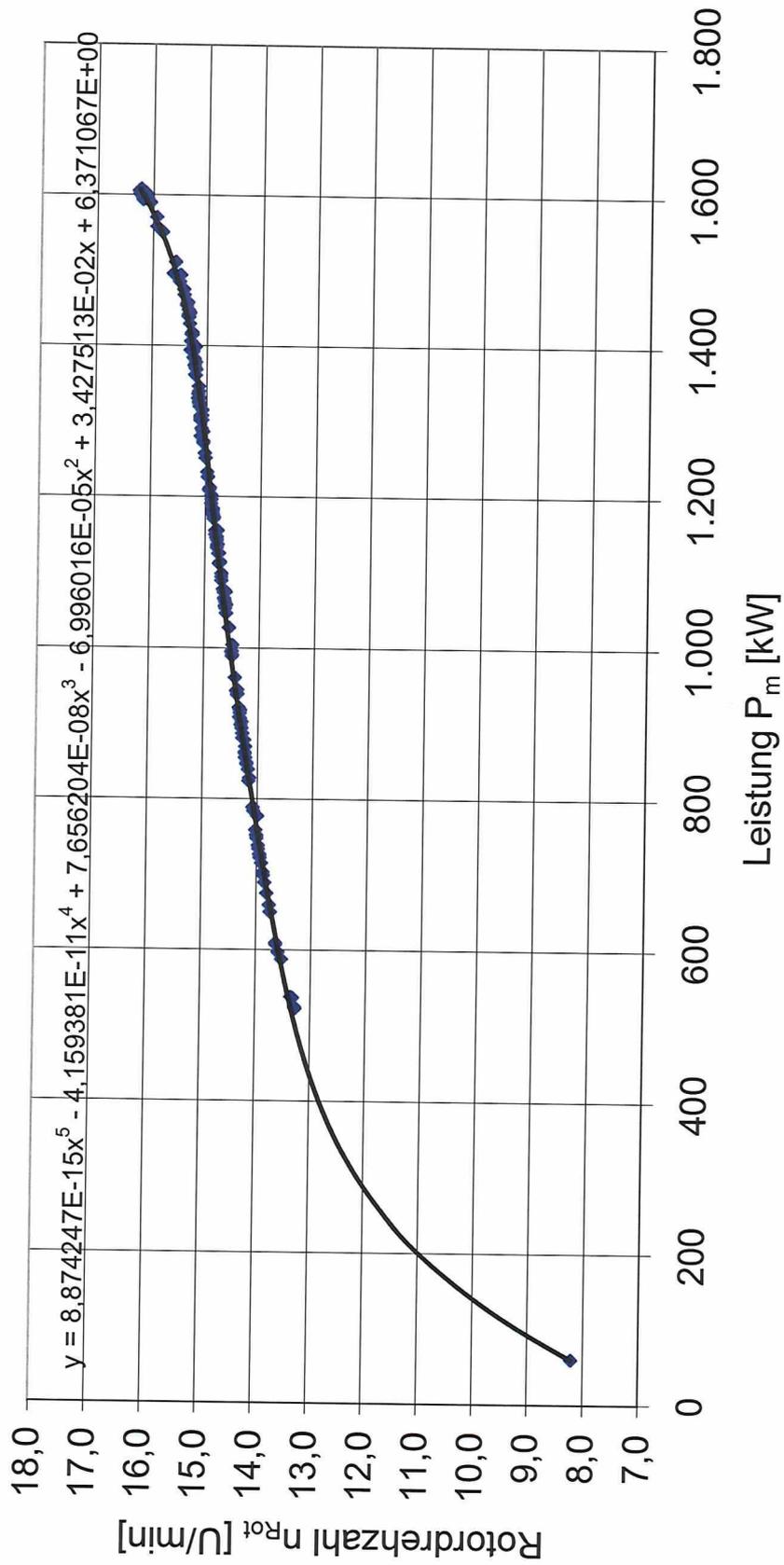
Standort: WP Schöppinger Berg
WEA-Typ: E-82 E2
Ser.-Nr.: 825643
Betriebsweise: 1.600 kW-Betrieb
Proj.-Nr.: 212237-02
Datum:

$V_e = 9 \text{ m/s}$		3. Tonfrequenz											
Spektrum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mittelwert
f_1 [Hz]	4.004,0	4.000,0	4.004,0	4.000,0	-	4.000,0	4.004,0	4.002,0	3.996,0	3.996,0	-	4.002,0	4.000,8
Δf_c [Hz]	686,3	685,4	686,3	685,4	-	685,4	686,3	685,9	684,5	684,5	-	685,9	685,6
f_1 [Hz]	3.660,9	3.657,3	3.660,9	3.657,3	-	3.657,3	3.660,9	3.659,1	3.653,7	3.653,7	-	3.659,1	3.658,0
f_2 [Hz]	4.347,1	4.342,7	4.347,1	4.342,7	-	4.342,7	4.347,1	4.344,9	4.338,3	4.338,3	-	4.344,9	4.343,6
L_{pt} [dB]	8,2	5,7	10,0	4,3	-	8,5	5,5	11,8	7,8	8,0	-	10,3	8,5
$L_{p,avg}$ [dB]	-2,5	-2,4	-2,0	-2,1	-	0,8	-2,1	0,0	0,7	-0,6	-	-0,4	-0,9
L_{hinter} [dB]	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-	-0,6	-0,6
$L_{p,avg} - L_{hinter}$ [dB]	-1,9	-1,9	-1,4	-1,5	-	1,4	-1,5	0,5	1,3	0,0	-	0,2	-0,3
$L_{p,avg,ker}$ [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_{pn} [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΔL_{in} [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$U_A(\Delta L_{in})$ [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L_a [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Delta L_{a,k}$ [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K_{TN} [dB]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Es gibt einen Ton in 10 FFT-Frequenzspektren mit Störabstand < 3 dB, in den übrigen Spektren keinen Ton. Die Höhe der Tonhaltigkeit kann nicht bestimmt werden.

Anlage D: Weitere Messergebnisse

WEA E-82 E2, Schöppinger Berg, Ser.-Nr. 825643, 1.600 kW-Betrieb:
 Rotordrehzahl über elektrischer Leistung (10-Sekunden-Mittelwerte)



Anlage E: Technische Daten und schematische Darstellung des Messaufbaus

Emissionsmessung

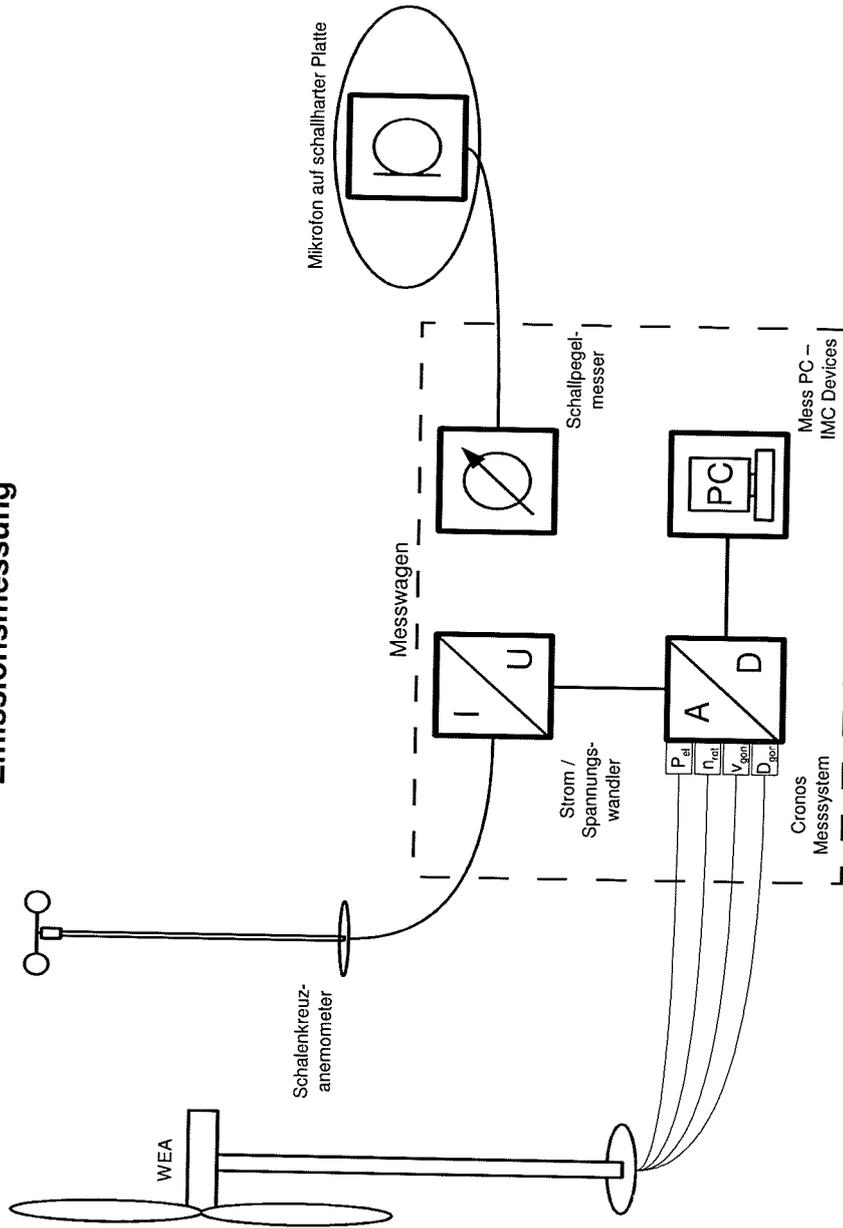
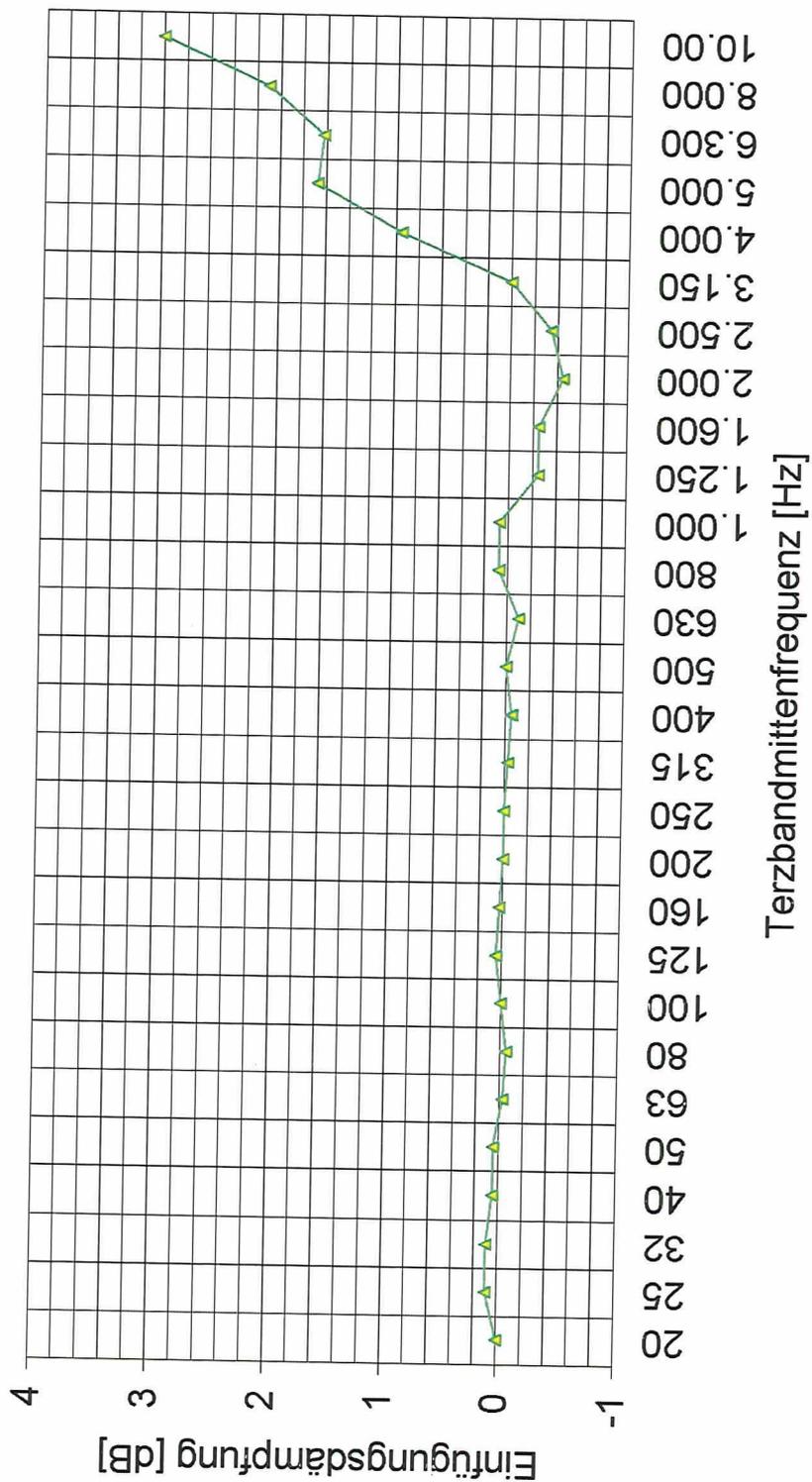


Abbildung 7: Schematische Darstellung des Messaufbaus

Einfügungsdämpfung durch primären und sekundären Windschirm

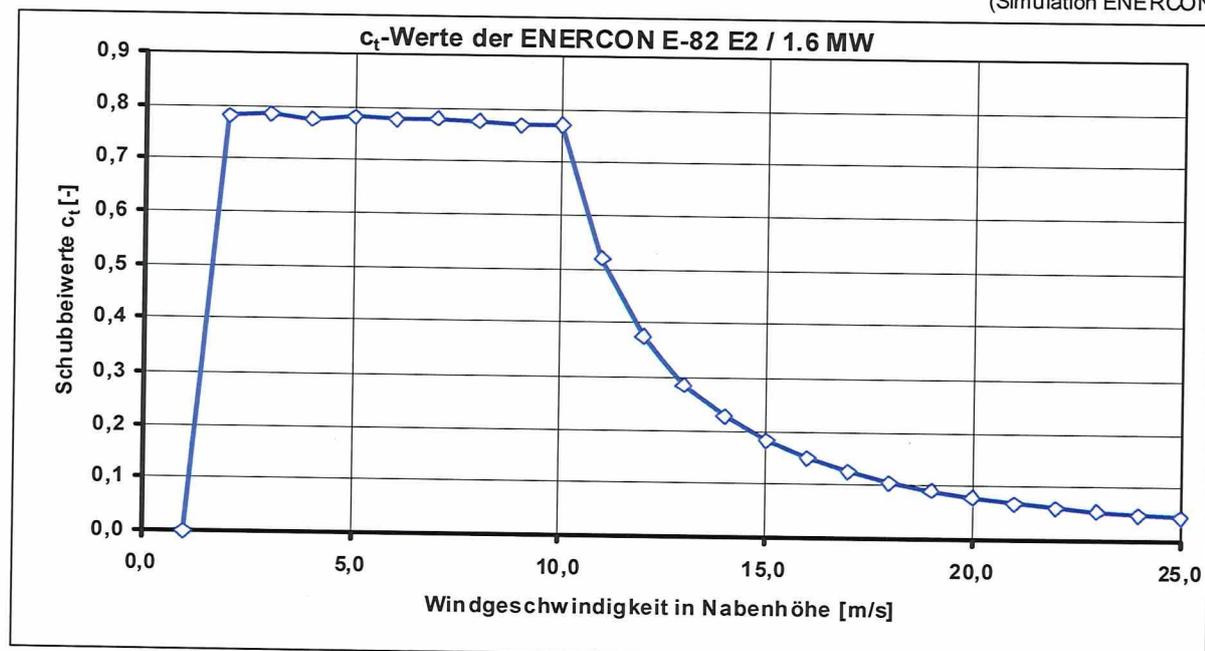


Anlage F: Leistungskennlinie und Herstellerbescheinigung zur E-82 E2

Nennleistung: 1.600 kW
 Leistungskurve: berechnete Leistungskurve für reduzierten Betrieb (August 2005)
 Standardluftdichte: 1,225 kg/m³

Windgeschwindigkeit [m/s]	Leistung [kW]	c_t [-]
1,0	0	0,000
2,0	3	0,781
3,0	25	0,785
4,0	82	0,774
5,0	174	0,781
6,0	321	0,777
7,0	532	0,778
8,0	815	0,775
9,0	1090	0,769
10,0	1300	0,770
11,0	1450	0,520
12,0	1540	0,374
13,0	1580	0,286
14,0	1600	0,226
15,0	1600	0,182
16,0	1600	0,149
17,0	1600	0,124
18,0	1600	0,105
19,0	1600	0,090
20,0	1600	0,078
21,0	1600	0,069
22,0	1600	0,061
23,0	1600	0,054
24,0	1600	0,049
25,0	1600	0,044

(Simulation ENERCON)


Document information:

Author/date: DR/ 25.02.2010
 Department: SIAS
 Approved/date: TG/ 25.02.2010

© Copyright ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Translator/date: -
 Revisor/date: -
 Reference: SIAS-001-ct_E82_E2_1.6MWred.-Vers.3.1ger-ger.doc

Anlage G: Auszug aus dem Prüfbericht

Auszug aus dem Prüfbericht

Stammblatt "Geräusche", entsprechend den "Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte"

Rev. 18 vom 01. Februar 2008 (Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie e.V. Stresemannplatz 4, D-24103 Kiel)

Auszug aus dem Prüfbericht 212237-02.04
zur Schallemission einer Windenergieanlage vom Typ E-82 E2 mit TES

Allgemeine Angaben		Technische Daten (Herstellerangaben)										
Anlagenhersteller	Enercon GmbH	Nennleistung (reduziert):	1.600 kW									
Seriennummer:	825643	Rotordurchmesser:	82 m									
WEA-Standort (ca.):	48624 Schöppingen	Nabenhöhe über Grund:	98,4 m									
Standortkoordinaten:	R: 2.585.537 H: 5.775.752	Turmbauart:	Konisches									
		Leistungsregelung:	Pitch									
Ergänzende Daten zum Rotor (Herstellerangaben)		Ergänzende Daten zu Getriebe und Generator (Herstellerangaben)										
Rotorblatthersteller	ENERCON	Getriebehersteller	entfällt									
Typenbezeichnung Blatt:	E-82-2	Typenbezeichnung Getriebe:	entfällt									
Blatteinstellwinkel:	variabel	Generatorhersteller	ENERCON									
Rotorblattanzahl:	3	Typenbezeichnung Generator:	E-82 E2									
Rotordrehzahlbereich:	6 – 16,1 U/min	Generatormendrehzahl:	16,1 U/min									
Leistungskurve: SIAS-001-ct_E82_E2_1.6MWred_Vers.3.1ger-ger												
	Referenzpunkt		Schallemissions-Parameter	Bemerkungen								
	Normierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	Elektrische Wirkleistung										
Schalleistungs-Pegel $L_{WA,P}$	6 ms^{-1}	980 kW	95,2 dB(A)*									
	7 ms^{-1}	1.311 kW	96,6 dB(A)									
	8 ms^{-1}	1.495 kW	97,2 dB(A)									
	9 ms^{-1}	1.600 kW	96,8 dB(A)	(3, 4)								
	10 ms^{-1}	--	--	(2)								
	8,2 ms^{-1}	1.520 kW	97,2 dB(A)	(1)								
Tonzuschlag für den Nahbereich K_{TN}	6 ms^{-1}	980 kW	0 dB									
	7 ms^{-1}	1.311 kW	0 dB									
	8 ms^{-1}	1.495 kW	0 dB									
	9 ms^{-1}	1.600 kW	0 dB	(3)								
	10 ms^{-1}	--	--	(2)								
	8,2 ms^{-1}	1.520 kW	0 dB	(1)								
Impulszuschlag für den Nahbereich K_{IN}	6 ms^{-1}	980 kW	0 dB									
	7 ms^{-1}	1.311 kW	0 dB									
	8 ms^{-1}	1.495 kW	0 dB									
	9 ms^{-1}	1.600 kW	0 dB	(3)								
	10 ms^{-1}	--	--	(2)								
	8,2 ms^{-1}	1.520 kW	0 dB	(1)								
Terz-Schalleistungspegel für $v_s = 8 ms^{-1}$ in dB(A) entsprechend dem maximalen Schalleistungspegel												
Frequenz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_{WA,P}$	72,4*	75,9*	78,1*	81,3*	83,8*	82,1*	82,1*	84,9*	86,1	85,2	85,3*	86,4
Frequenz	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000	6.300	8.000	10.000
$L_{WA,P}$	86,0	87,6	87,2	86,0	84,0	81,0*	79,5**	78,7**	77,8**	76,5**	75,0**	72,7**
Oktav-Schalleistungspegel für $v_s = 8 ms^{-1}$ in dB(A) entsprechend dem maximalen Schalleistungspegel												
Frequenz	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000				
$L_{WA,P}$	80,8*	87,3*	89,4*	90,4	91,8	88,9	83,5**	79,7**				

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht gilt nur in Verbindung mit der Herstellerbescheinigung vom 21.03.2014.

Die Angaben ersetzen nicht den o. g. Prüfbericht (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen).

Bemerkungen:

- (1) Die normierte Windgeschwindigkeit von $v_s = 8 ms^{-1}$ entspricht 95 % der Nennleistung.
- (2) Witterungsbedingt keine Daten für WEA-Betrieb vorhanden
- (3) Höchste gemessene normierte Windgeschwindigkeit $v_s = 8,9 m/s$
- (4) Weniger als 18 Werte entsprechend 3 min Messzeit bei WEA-Betrieb, abweichend von [1]. Ergebnisse sind Anhaltswerte

* Abstand zwischen Anlagengeräusch und Fremdgeräusch < 6 dB, Pegelkorrektur um 1,3 dB

** Abstand zwischen Anlagengeräusch und Fremdgeräusch < 3 dB, keine Pegelkorrektur

Gemessen durch: KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co. KG

Datum: 13.11.2014

i. V. Dipl.-Ing. Oliver Bunk

i. A. Markus Niehues