

WICO 314SEA05/01

Messung der Schallemission der Windenergieanlage (WEA) des Typs ENERCON E-70 E4 2.3 MW (Betrieb II)

nach

FGW-Richtlinie /1/

Standort: ***Holtriem
(Niedersachsen)***

Bargeshagen, 21. November 2005

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. J. Schwabe
Dipl.-Ing. D. Wüstenberg

Nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAP
Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen
GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium.
Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde
aufgeführten Prüfverfahren.

The logo for DAP (Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen) consists of a blue square with a white cross inside. To the right of the square, the text "Deutscher Akkreditierungs Rat" is written in a small, blue, sans-serif font. Below the square, the text "DAP-PL-2756.00" is written in a blue, sans-serif font.

Deutscher
Akkreditierungs
Rat
DAP-PL-2756.00

Commerzbank AG Rostock
BLZ 130 400 00, Kto. 1035 245
USI-Id.-Nr. DE 137478368

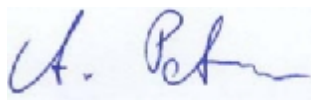
HR B 4221 beim Amtsgericht Rostock

Standort	Holtriem WEA Nr. 702320 (Niedersachsen)
Aufgabenstellung	Messungen zum Schalldruckpegel und Bestimmung der Emissionsparameter einer Windenergieanlage (WEA)
Mess-/ Prüfobjekt	ENERCON E-70 E4 2.3 MW, Nabenhöhe 99,0 m
Art der Messung / Prüfung	Akustische Vermessung nach FGW-Richtlinie /1/ - Ermittlung des Schallleistungspegels - Ermittlung der Tonhaltigkeit
Auftraggeber	ENERCON GmbH Dreekamp 5 D-26605 Aurich
Auftragserteilung/-bestätigung	19.10.2005/ 19.10.2005
Auftragnehmer	WIND-consult GmbH Reuterstraße 9 D-18211 Bargeschlagen Tel. +49 (0) 38203-507 25 Fax +49 (0) 38203-507 23

Bearbeitung

Prüfung

- pdf- Dokument wurde elektronisch unterschrieben -



Dipl.-Ing. A. Petersen



Dipl.-Ing. J. Schwabe

Dieser Bericht darf - mit Ausnahme der Anlage 8 - nur mit schriftlicher Zustimmung der WIND-consult GmbH auszugsweise vervielfältigt und genutzt werden. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf das Mess- / Prüfobjekt.

Inhalt

1	Messmethode	4
2	Messstandort	4
3	Messablauf	4
4	Ergebnisse	6
4.1	Meteorologische Verhältnisse	6
4.2	Schallrelevante Betriebsparameter der WEA	6
4.3	Schallleistungspegel	7
4.4	Pegel von Einzelereignissen	10
4.5	Richtwirkung	10
4.6	Impulshaltigkeit	11
4.7	Tonhaltigkeit im Nahbereich	11
5	Umrechnung auf andere Nabenhöhen	17
6	Abweichungen zur Richtlinie	18
7	Zusammenfassung	19
	Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen	20
	Verzeichnis der verwendeten Literatur	21

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Standort - Kartenauszug	22
Anlage 2: Messaufbau	24
Anlage 3: Geräte / Messtechnik	25
Anlage 4: Herstellerbescheinigung	26
Anlage 5: Leistungskurve	29
Anlage 6: Terzspektrum	31
Anlage 7: Zeitreihe der Urdaten	33
Anlage 8: Auszug aus dem Prüfbericht	35

1 Messmethode

Die akustische Vermessung wird nach /1/ durchgeführt. Damit erfolgt die schalltechnische Vermessung auf Grundlage des Messverfahrens nach /2/. Grundlage der Ermittlung der akustischen Daten bildet die über die gemessene Wirkleistung aus der Leistungskurve ermittelte Windgeschwindigkeit für das Anlagengeräusch bis zu einem Windgeschwindigkeitswert der der 95%-igen Nennleistung entspricht, darüber hinaus bis $v_{10}=10\text{ ms}^{-1}$, sowie die für die Bestimmung des Fremdgeräusches in 10 m über Grund (ü. G.) gemessene und gemäß /2/ korrigierte Windgeschwindigkeit.

Methodische Abweichungen von der Messmethode nach /1/ bzw. ergänzende Hinweise sind in Abschnitt 5 aufgeführt.

2 Messstandort

Der Standort der zu vermessenden WEA ENERCON E-70 E4 2.3 MW (Nr. 702320), die Teil des Windparks *Holtriem* ist, befindet sich ca. 2 km südwestlich von *Dornum* und ca. 4 km nordöstlich der Ortschaft *Arle* (vgl. Anlage 1).

Das Gelände im Standortgebiet ist eben. Der Standort befindet sich zwischen umzäunten Weideflächen, die von Wirtschaftswegen durchzogen sind.

3 Messablauf

Die Messung wurde am 20.10.2005 in der Zeit von ca. 10³⁰ bis ca. 17³⁰ Uhr jeweils bei abgeschalteter (Fremdgeräusch) und laufender (Anlagengeräusch) WEA durchgeführt. Nach Stör- und Pausenausblendung ergab sich im nach /1/ auszuwertenden Windgeschwindigkeitsbereich eine Messzeit von 53 Minuten für das Anlagengeräusch und 142 Minuten für das Fremdgeräusch.

Während der Messung waren die umliegenden sechs WEA mit den Nummern 66020, 66025, 70587, 702319, 48086 und 66023 abgeschaltet. Die im Windpark *Holtriem* weiter entfernt liegenden WEA mit den Nummern 66030 und 70588 waren wegen Wartungsarbeiten abgeschaltet worden.

Der Messaufbau, die messtechnische Ausstattung und die Durchführung erfolgte gemäß /2/ (vgl. Anlage 2, 3).

Die Messentfernungen für die meteorologischen Daten im Luv der WEA und für die akustischen Daten im Lee der WEA an der Messposition M1 (vgl. Anlage 2) gehen aus Tabelle 1, Abschnitt 3 hervor.

Die Schalldruckmessungen wurden für nachträgliche Analysen mit Hilfe eines DAT-Recorders archiviert.

Außergewöhnliche Ereignisse wie Fluglärm, Verkehrsgeräusche, Regen etc. wurden für nachträgliche Beurteilungen protokolliert.

Bei dem von der WEA abgestrahlten Geräusch (Anlagengeräusch) dominiert eindeutig das breitbandige, aerodynamische Rauschen der Rotorblätter. Auffällige Einzelereignisse traten **nicht** auf.

Das Fremdgeräusch setzte sich maßgeblich aus windinduzierten Geräuschen, Fluglärm und aus Verkehrsgeräuschen zusammen. Für die Auswertung wurden die durch Störungen beeinflussten Messzeiträume nicht berücksichtigt.

Die Zeitreihen der Urdaten der aufgenommenen Messergebnisse sind in Anlage 7 dargestellt.

Parameter	Symbol	Betrag	Einheit	Bemerkung
1.) Horizontale Entfernung Schallquelle – Messposition				
Messentfernung	R_{om}	110,77	m	gemessen auf Turmaußenhaut $h_{N,ges} + d_R/2 \pm 20\%$ nach /1/
Turmdurchmesser am Turmfuß	b_f	4,98	m	Herstellerinformation
Abstand Rotationsebene Rotor – Turmmittellinie	r_e	4,32	m	Herstellerbescheinigung
2.) Vertikale Entfernung Schallquelle – Messposition				
Nabenhöhe	h_N	99,0	m	Herstellerbescheinigung
Offset, Fundamenthöhe	h_f	0,00	m	Messung vor Ort, Differenz zwischen schallharter Platte und Turmfuß
Gesamtnabenhöhe	$h_{N,ges}$	99,0	m	Bezug: schallharte Platte
Entfernung Schallquelle - Messposition	R_i	153,71	m	aus 1.) und 2.) bestimmt
Referenzhöhe	$h_{ref.}$	10,0	m	Messhöhe Windgeschwindigkeit / -richtung
Referenzwindgeschwindigkeit	$v_{10, ref.}$	6...10	ms^{-1}	/1/
Rauhigkeitslänge	$z_{o, ref.}$	0,05	m	/2/

Tab. 1: Entfernungen und Referenzwerte

4 Ergebnisse

4.1 Meteorologische Verhältnisse

Die meteorologischen Verhältnisse des Messtages waren durch Bewölkung und zeitweise längere Regenperioden gekennzeichnet. Die meteorologischen Parameter der Messungen sind Kapitel 4.1, Tabelle 2 zu entnehmen (jeweils gesamte Messkampagne ohne Berücksichtigung von Stör- und Pausenzeiten).

Parameter	WEA in Betrieb			WEA außer Betrieb		
	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel
Windgeschwindigkeit in 10 m ü.G. ms^{-1}	5,3	11,3	7,9	4,6	11,4	7,8
Windrichtung $^{\circ}$	176	231	208	162	234	198
Lufttemperatur $^{\circ}\text{C}$	12,8	15,5	14,2	11,0	15,2	13,7
Luftfeuchte %	70	85	76	72	86	81
Luftdruck hPa	994	995	994	994	996	994
Gesamtmessung						
	Min	Max	Mittel			
Windgeschwindigkeit in 10 m ü.G. ms^{-1}	4,6	11,4	7,9			
Windrichtung $^{\circ}$	162	234	202			
Lufttemperatur $^{\circ}\text{C}$	11,0	15,5	13,9			
Luftfeuchte %	70	86	79			
Luftdruck hPa	993	996	994			

Tab. 2: Meteorologische Parameter während der Messung (1-Minuten-Mittelwerte)

Die Turbulenzintensität in 10 m ü.G. während der Messkampagne wird bezogen auf 10-Minuten-Intervalle mit 6% ... 20 % abgeschätzt.

4.2 Schallrelevante Betriebsparameter der WEA

Nach /1/ sind bei drehzahlveränderlichen Anlagen neben der elektrischen Leistung der WEA auch die Drehzahl zu erfassen.

Das drehzahlvariable Verhalten der Anlage zeigt Abb.1.

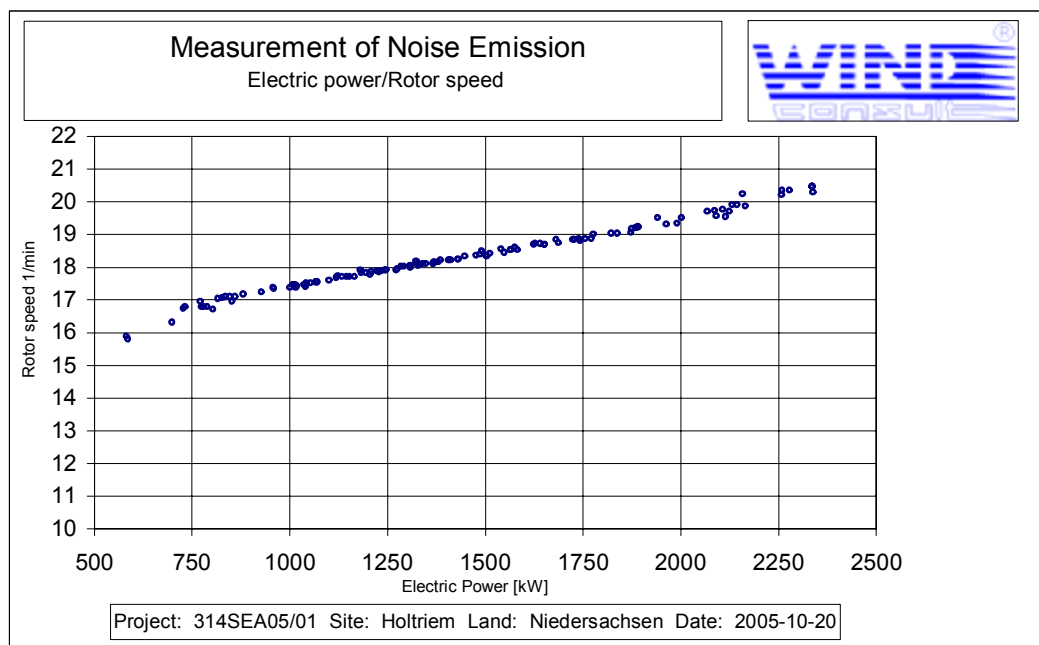


Abb. 1: Rotordrehzahl in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung

4.3 Schallleistungspegel

Die Bestimmung des Schallleistungspegels erfolgt auf der Grundlage einer Approximation 4. Ordnung.

Der Korrekturfaktor für die gemessene Windgeschwindigkeit nach /2/ beträgt 0,97. Eine Übersicht über den Zusammenhang des Schalldruckpegels und der elektrischen Wirkleistung über den Messzeitraum (Rohdaten) ist in Anlage 7 gegeben.

Der Schallleistungspegel der WEA wird mit der Entfernung Schallquelle - Messposition (R_i , vgl. Kapitel 3 Tabelle 1) nach /2/ errechnet:

$$L_{WA,P} = L_{AFeq,ref,k} + 10 \log(4\pi R_i^2 / S_0) - 6 \quad (1)$$

Die Abhängigkeit des in Mitwindrichtung an der Messposition gemessenen A-bewerteten Schalldruckpegels von der elektrischen Wirkleistung sowie der gemessenen bzw. der errechneten Windgeschwindigkeit in 10 m ü.G. ergibt sich nach Abb. 2 bis Abb. 4.

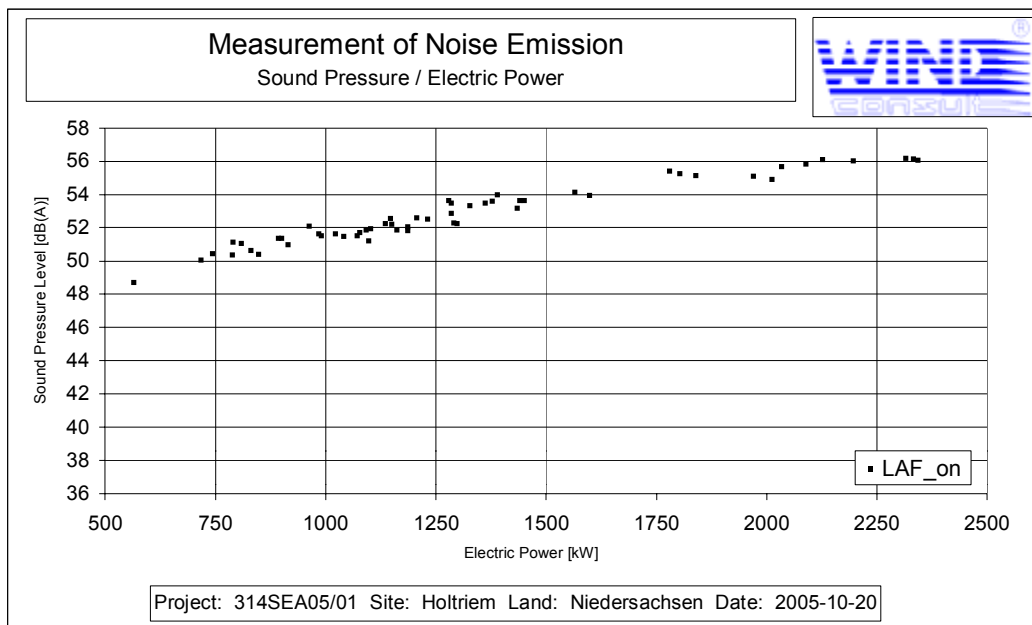


Abb. 2: A-bewerteter Schalldruckpegel als Funktion der Wirkleistung (1-Minuten-Mittelwerte)

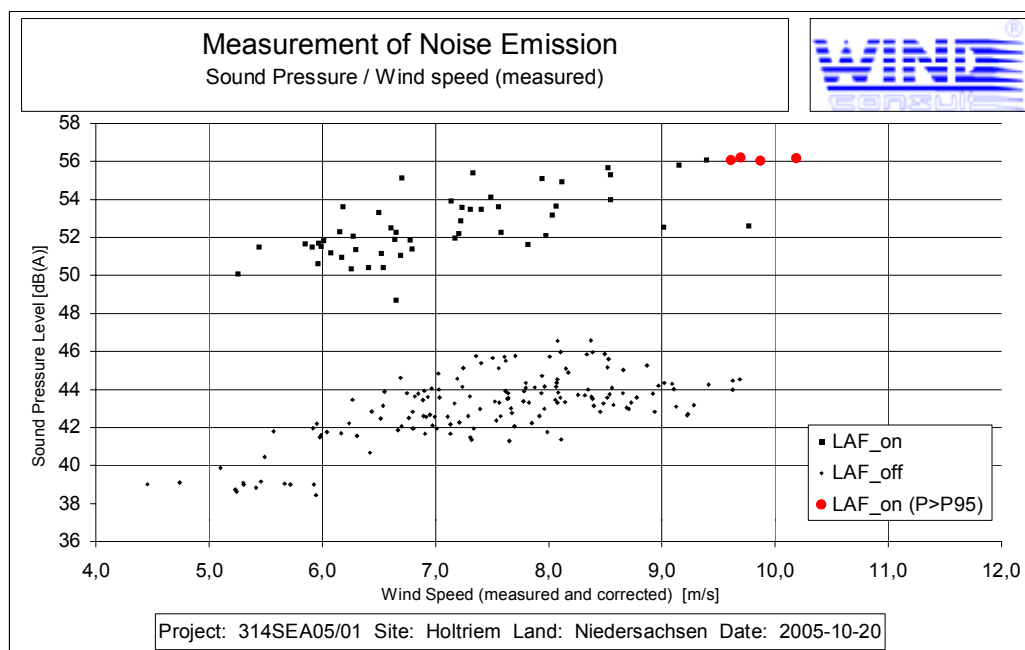


Abb. 3: A-bewerteter Schalldruckpegel als Funktion der gemessenen und nach /2/ korrigierten Windgeschwindigkeit für Anlagenbetrieb und Fremdgeräusch (1-Minuten-Mittelwerte)

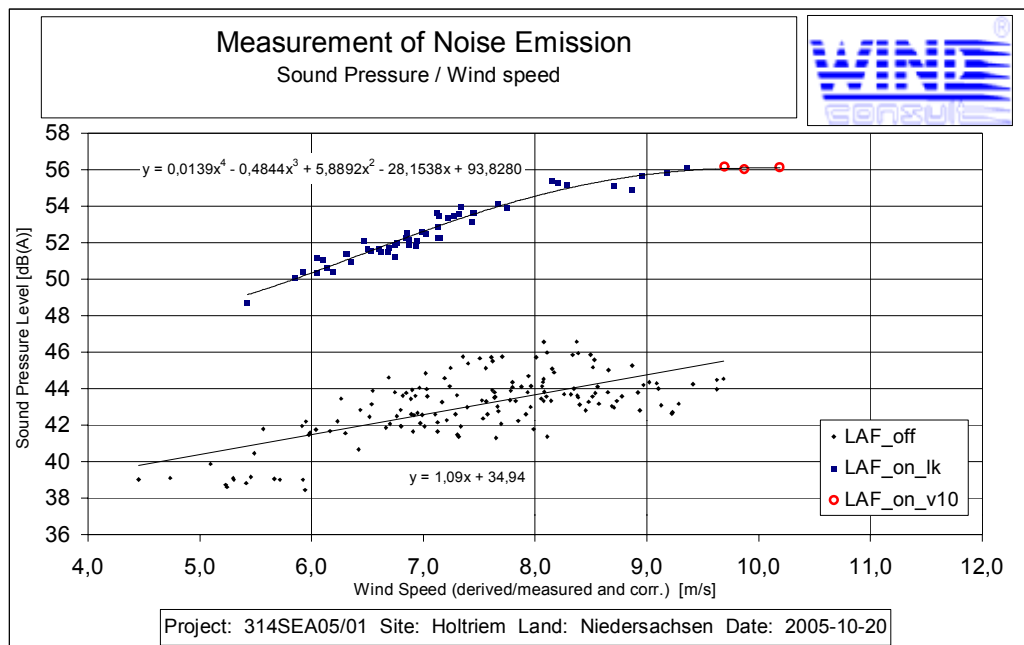


Abb. 4: A-bewerteter Schalldruckpegel als Funktion der berechneten/gemessenen und korrigierten Windgeschwindigkeit für das Anlagen- und Fremdgeräusch (1-Minuten-Mittelwerte)

Die Auswertung auf der Grundlage der Approximation für die Referenzpunkte $v_{10} = 6 \dots 10 \text{ ms}^{-1}$ in 10 m ü.G. führt zu folgenden Ergebnissen:

Standardisierte Windgeschwindigkeit	ms^{-1}	6	7	8	9	10	9,6 ²⁾	10,5
Referenz-Wirkleistung ¹⁾	kW	772	1215	1714	2048	2247	2185	2300
Rotordrehzahl	min^{-1}	16,8	17,8	18,9	19,7	20,1	20,0	20,2
Anlagengeräusch								
Anzahl Messwerte je Windklasse	-	12	28	5	5	3		
Mittelwert $L_{A\text{feq}}$	dB(A)	50,3	52,6	54,6	55,7	56,1	56,0	56,1
Fremdgeräusch								
Anzahl Messwerte je Windklasse	-	16	43	56	24	3		
Mittelwert $L_{A\text{feq}}$	dB(A)	41,5	42,6	43,7	44,7	45,8	45,4	46,4
Schallleistungspegel								
Störabstand	dB	8,8	10,0	10,9	11,0	10,3	10,6	9,7
Unsicherheit U_c		0,85	0,84	0,84	0,90	0,90 ³⁾		
Mittelwert $L_{A\text{feq}, k}$	dB(A)	49,7	52,2	54,2	55,4	55,7	55,7	55,6
Schallleistungspegel $L_{WA, [P]}$	dB(A)	98,5	100,9	102,9	104,1	104,4	104,4	104,3⁴⁾

Tab. 3: Ergebnisse Schallleistungspegel-Bestimmung

- 1) Ermittlungsbasis: Leistungskurve, die der Ermittlung des Schallleistungspegels zugrunde liegt (vgl. Anlage 5).
- 2) Der Betriebspunkt der 95%igen Nennleistung, für den der Schallleistungspegel informativ anzugeben ist, liegt unter Berücksichtigung der verwendeten Leistungskurve und der Nabenhöhe der vermessenen WEA sowie der meteorologischen Bedingungen am Messtag bei $v_{10} = 9,6 \text{ ms}^{-1}$ in 10 m ü.G.
- 3) Für die Bestimmung der Unsicherheit des Schallleistungspegels bei 95% - der Nennleistung werden die Messwerte, die über die berechnete Windgeschwindigkeit dem Wind - Bin der 95%-Nennleistung zu geordnet sind, verwendet.
- 4) Der Schallleistungspegel wurde abweichend zu /1/ auf Wunsch des Auftraggebers zusätzlich für die Auslegungsnennleistung der WEA extrapoliert. Dem Gutachter vorliegende 10-sec. Mittelungsdaten über $v_{10} = 10 \text{ ms}^{-1}$ bis ca. $v_{10} = 12 \text{ ms}^{-1}$ bestätigen den Regressionsverlauf der Minutenmittelwerte.

4.4 Pegel von Einzelereignissen

Nach /1/ sind auffällige Einzelereignisse – wie z.B. auffällige Geräusche bei der Windrichtungsnachführung zu dokumentieren.

Während der Messung traten im gesamten vermessenen Windgeschwindigkeitsbereich keine auffälligen Einzelereignisse auf.

4.5 Richtwirkung

Übersichtsmessungen auf Stativ (Höhe ü.G.: 1,2 m) an den Messpositionen M2-M4 (vgl. Anlage 2) zur Erfassung einer möglichen Richtwirkung der Schallquelle wurden nicht durchgeführt.

Subjektiv war eine erhöhte seitliche Abstrahlung nicht feststellbar.

4.6 Impulshaltigkeit

Während der Messung wurde im gesamten vermessenen Windgeschwindigkeitsbereich subjektiv keine Impulshaltigkeit festgestellt, so dass nach /1/ kein Impulszuschlag zu vergeben ist. Die während der Messung erfassten Taktmaximalpegel werden dementsprechend nicht weiter ausgewertet.

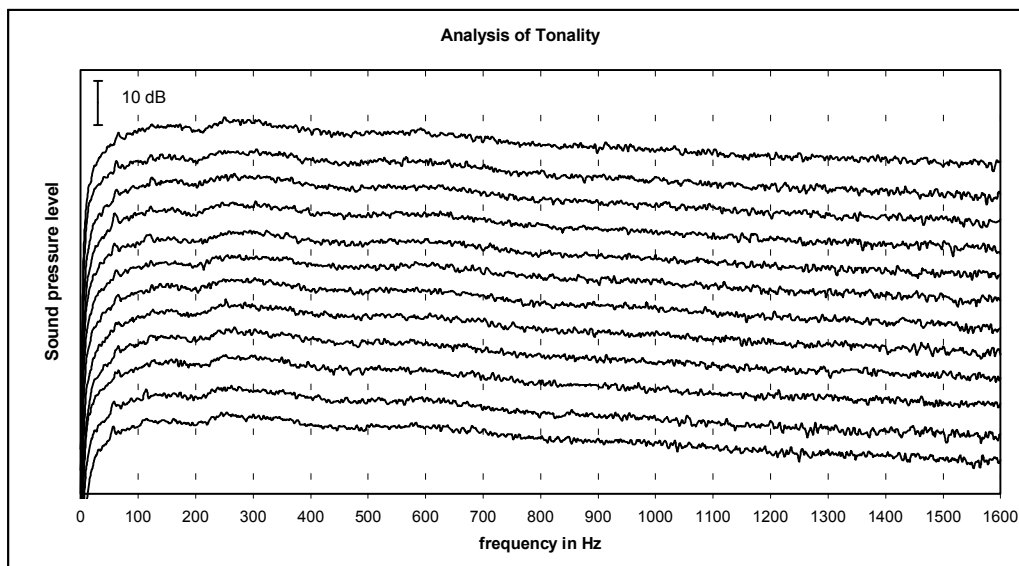
4.7 Tonhaltigkeit im Nahbereich

Die Prüfung und Bewertung der Tonhaltigkeit der Anlagengeräusche erfolgt gemäß /1/. Dabei werden aus den A-bewerteten Spektren die Pegeldifferenzen ΔL nach /2/ bestimmt. Aus den ermittelten Pegeldifferenzen ΔL sind nach /3/ die Tonzuschläge für den Nahbereich K_{TN} zu bestimmen.

Da als Messort die Messposition M1 (vgl. Anlage 2) gewählt wurde, beschreiben die Ergebnisse der Untersuchung ausschließlich die tonalen Besonderheiten im Nahfeld der WEA und sind nicht unmittelbar auf immissionsrelevante Entfernungen von einigen hundert Metern zu übertragen.

Tonality at wind speed $v_{10} = 6 \text{ m/s}$

Project: 314SEA05/01
Location: Holtriem WEA 702320
WTGS-Type: ENERCON E-70 E4 2.3 MW



Determination of Tonality according to IEC 61400-11/ Ed.2

Spectrum number (j = 1 ... 12)			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tone frequency	ft	Hz	56	58	66	66	62	66	62	58	58	62	62	66
Effective analysis bandwidth	df	Hz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Critical bandwidth	dfc	Hz	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Lower frequency	f1	Hz	6	8	16	16	12	16	12	8	8	12	12	16
Upper frequency	f2	Hz	106	108	116	116	112	116	112	108	108	112	112	116
average of all masking lines	Lpn,avg	dB	31,7	31,6	35,2	34,3	32,7	34,4	33,5	32,6	32,5	33,7	34,9	36,3
10log(fc/f)	-	-	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2
Level of tone	Lpt	dB	-	-	-	-	41,8	-	-	-	-	-	-	-
Masking noise level	Lpn	dB	47,0	46,8	50,5	49,6	47,9	49,6	48,7	47,8	47,7	48,9	50,1	51,5
Criteria difference	ΔL_{tn}	dB	-15,2	-15,2	-15,2	-15,2	-6,1	-15,2	-15,2	-15,2	-15,2	-15,2	-15,2	-15,2
Audibility criterion	La	dB	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
Tonal audibility	ΔL_a	dB	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2	-4,1	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2
Penalty of tonal audibility /3,Tab.1/	KTi	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Uncertainty U_c , tonality 1,8 dB

Energetic average of ΔL_{tn} -13,2 dB
Energetic average of ΔL_a -11,2 dB

Der Tonzuschlag wird aus den ΔL_a nach /3/ gemäß /2/,Tab.1 unter Berücksichtigung der Seitenbänder für den Pegel mit der höchsten Tonenergie bestimmt.

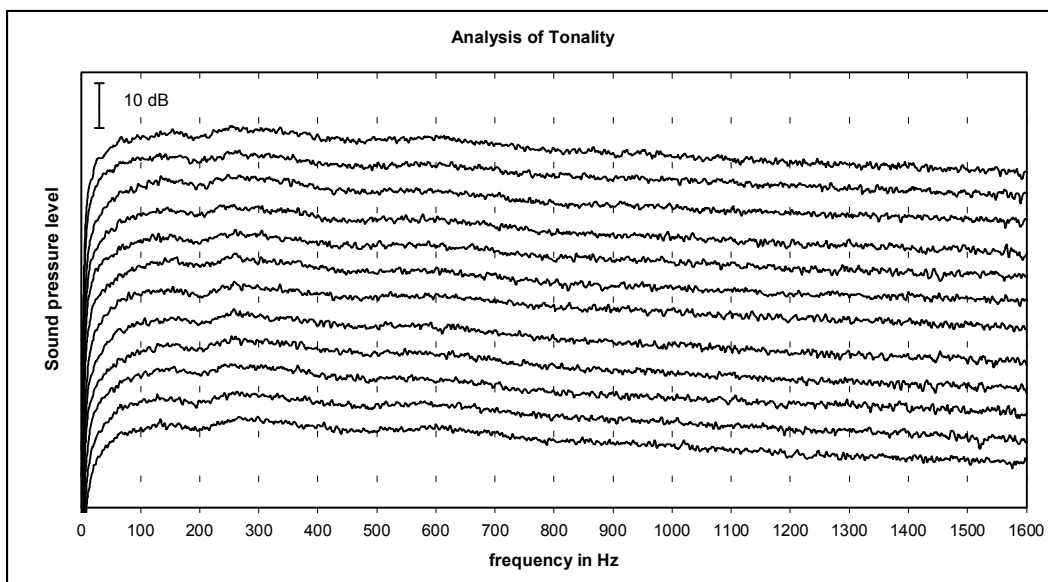
mittleres ΔL_a der Spektren ΔL_a -11,2
Tonzuschlag KT 0

Tab. 4: Berechnung der Tonhaltigkeit für den Referenzpunkt $v_{10} \approx 6 \text{ ms}^{-1}$ in 10 m ü.G.

Der Tonzuschlag für den Nahbereich bei $v_{10} = 6 \text{ ms}^{-1}$ ergibt sich zu $K_{TN} = 0 \text{ dB}$.

Tonality at wind speed $v_{10} = 7 \text{ m/s}$

Project: 314SEA05/01
Location: Holtriem WEA 702320
WTGS-Type: ENERCON E-70 E4 2.3 MW



Determination of Tonality according to IEC 61400-11/ Ed.2

Spectrum number (j = 1 ... 12)			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tone frequency	ft	Hz	134	128	156	130	164	154	142	130	146	134	132	154
Effective analysis bandwidth	df	Hz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Critical bandwidth	dfc	Hz	101	101	102	101	102	102	101	101	102	101	101	102
Lower frequency	f1	Hz	84	78	105	80	113	103	92	80	95	84	82	103
Upper frequency	f2	Hz	185	179	207	181	215	205	193	181	197	185	183	205
average of all masking lines	Lpn,avg	dB	41,2	40,8	42,0	40,4	40,7	41,6	42,5	41,2	41,3	42,5	41,8	39,9
10log(fc/f)	-	-	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
Level of tone	Lpt	dB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Masking noise level	Lpn	dB	56,5	56,1	57,3	55,7	56,0	56,9	57,8	56,5	56,6	57,8	57,0	55,2
Criteria difference	ΔL_{tn}	dB	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3
Audibility criterion	La	dB	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
Tonal audibility	ΔLa	dB	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3
Penalty of tonal audibility /3,Tab.1/	KTi	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Uncertainty $U_{c,tonality}$ 1,1 dB

Energetic average of ΔL_{tn} -15,3 dB
Energetic average of ΔLa -13,3 dB

Der Tonzuschlag wird aus den ΔLa nach /3/ gemäß /2/,Tab.1 unter Berücksichtigung der Seitenbänder für den Pegel mit der höchsten Tonenergie bestimmt.

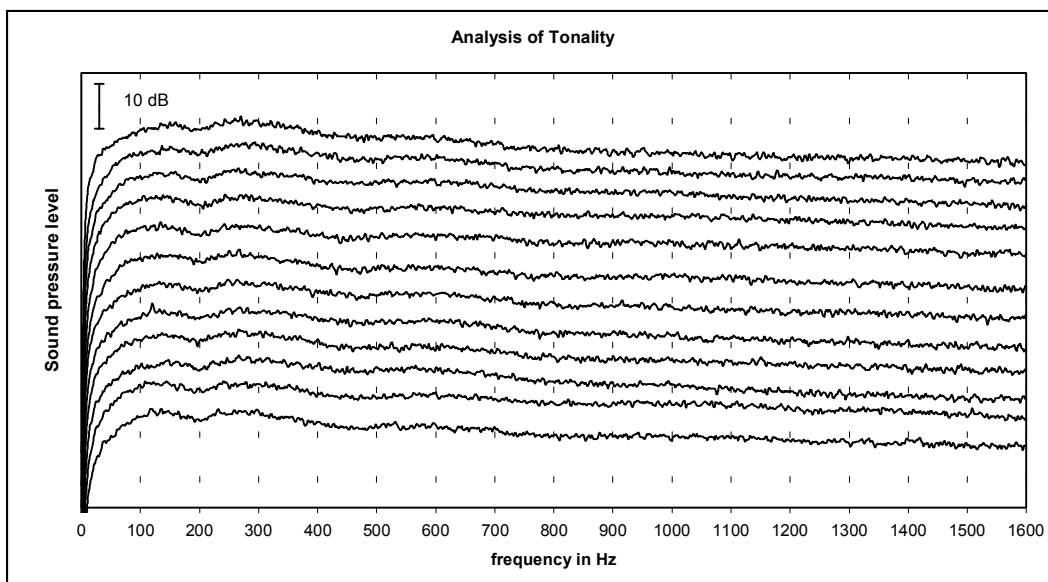
mittleres ΔLa der Spektren ΔLa -13,3
Tonzuschlag KT 0

Tab. 5: Berechnung der Tonhaltigkeit für den Referenzpunkt $v_{10} \approx 7 \text{ ms}^{-1}$ in 10 m ü.G.

Der Tonzuschlag für den Nahbereich bei $v_{10} = 7 \text{ ms}^{-1}$ ergibt sich zu $K_{TN} = 0 \text{ dB}$.

Tonality at wind speed $v_{10} = 8 \text{ m/s}$

Project: 314SEA05/01
Location: Holtriem WEA 702320
WTGS-Type: ENERCON E-70 E4 2.3MW



Determination of Tonality according to IEC 61400-11/ Ed.2

Spectrum number (j = 1 ... 12)			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tone frequency	ft	Hz	134	144	146	136	132	132	128	134	126	160	136	150
Effective analysis bandwidth	df	Hz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Critical bandwidth	dfc	Hz	101	101	102	101	101	101	101	101	101	102	101	102
Lower frequency	f1	Hz	84	94	95	86	82	82	78	84	76	109	86	99
Upper frequency	f2	Hz	185	195	197	187	183	183	179	185	177	211	187	201
average of all masking lines	Lpn,avg	dB	46,8	47,7	44,9	45,3	44,0	44,2	45,2	46,2	47,2	45,7	44,8	43,5
10log(fc/f)	-	-	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
Level of tone	Lpt	dB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Masking noise level	Lpn	dB	62,1	63,0	60,2	60,6	59,3	59,5	60,5	61,5	62,5	61,0	60,1	58,8
Criteria difference	ΔL_{tn}	dB	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3
Audibility criterion	La	dB	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
Tonal audibility	ΔL_a	dB	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3
Penalty of tonal audibility /3,Tab.1/	KTi	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Uncertainty $U_{c,tonality}$ 1,1 dB

Energetic average of ΔL_{tn} -15,3 dB
Energetic average of ΔL_a -13,3 dB

Der Tonzuschlag wird aus den ΔL_a nach /3/ gemäß /2/,Tab.1 unter Berücksichtigung der Seitenbänder für den Pegel mit der höchsten Tonenergie bestimmt.

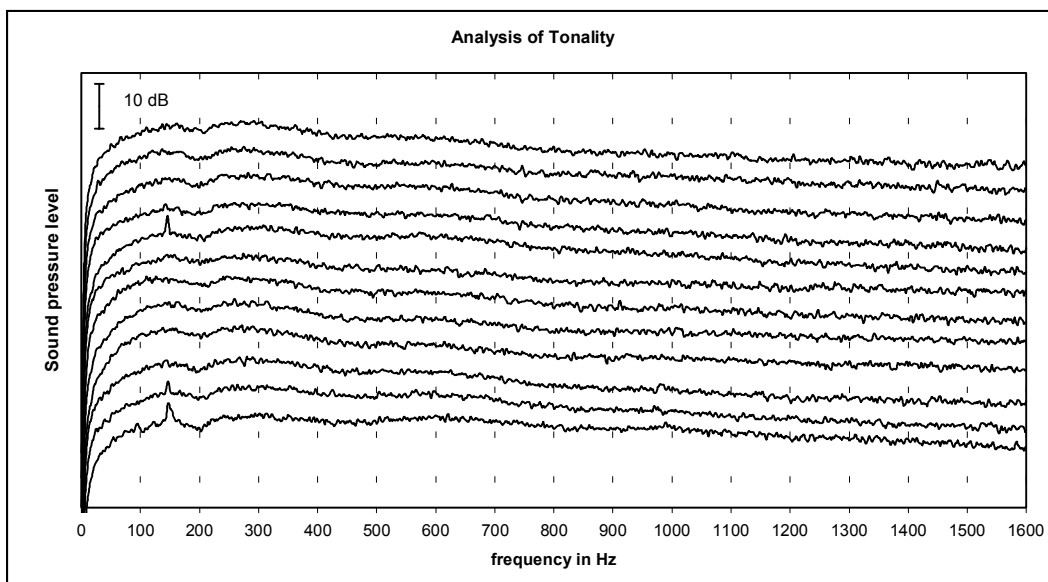
mittleres ΔL_a der Spektren ΔL_a -13,3
Tonzuschlag KT 0

Tab. 6: Berechnung der Tonhaltigkeit für den Referenzpunkt $v_{10} \approx 8 \text{ ms}^{-1}$ in 10 m ü.G.

Der Tonzuschlag für den Nahbereich bei $v_{10} = 8 \text{ ms}^{-1}$ ergibt sich zu $K_{TN} = 0 \text{ dB}$.

Tonality at wind speed $v_{10} = 9 \text{ m/s}$

Project: 314SEA05/01
Location: Holtriem WEA 702320
WTGS-Type: ENERCON E-70 E4 2.3 MW



Determination of Tonality according to IEC 61400-11/ Ed.2

Spectrum number (j = 1 ... 12)			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tone frequency	ft	Hz	148	146	144	138	148	126	144	146	142	142	136	160
Effective analysis bandwidth	df	Hz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Critical bandwidth	dfc	Hz	102	102	101	101	102	101	101	102	101	101	101	102
Lower frequency	f1	Hz	97	95	94	88	97	76	94	95	92	92	86	109
Upper frequency	f2	Hz	199	197	195	189	199	177	195	197	193	193	187	211
average of all masking lines	Lpn,avg	dB	42,4	43,6	44,4	47,5	47,2	46,5	44,1	43,1	41,8	42,9	43,5	43,1
10log(fc/f)	-	-	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
Level of tone	Lpt	dB	54,9	-	-	-	-	-	-	52,0	-	-	-	-
Masking noise level	Lpn	dB	57,7	58,9	59,7	62,8	62,5	61,8	59,4	58,4	57,1	58,2	58,8	58,4
Criteria difference	ΔL_{tn}	dB	-2,8	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-6,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3
Audibility criterion	La	dB	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
Tonal audibility	ΔL_a	dB	-0,8	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-4,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3
Penalty of tonal audibility /3, Tab.1/	KTi	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Uncertainty $U_{c,tonality}$ 2,0 dB

Energetic average of ΔL_{tn} -10,6 dB
Energetic average of ΔL_a -8,5 dB

Der Tonzuschlag wird aus den ΔL_a nach /3/ gemäß /2/, Tab.1 unter Berücksichtigung der Seitenbänder für den Pegel mit der höchsten Tonenergie bestimmt.

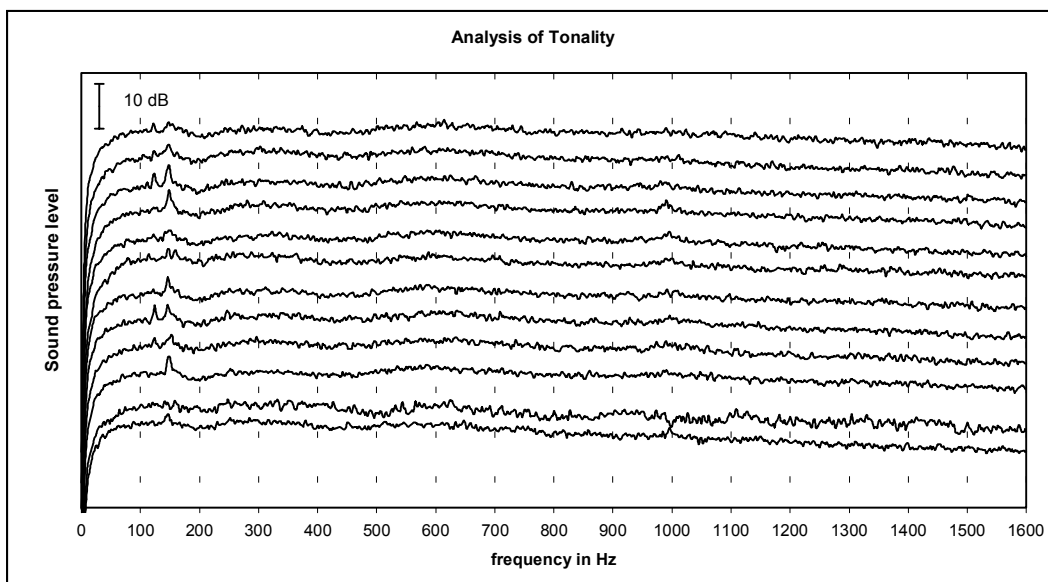
mittleres ΔL_a der Spektren ΔL_a -8,5
Tonzuschlag KT 0

Tab. 7: Berechnung der Tonhaltigkeit für den Referenzpunkt $v_{10} \approx 9 \text{ ms}^{-1}$ in 10 m ü.G.

Der Tonzuschlag für den Nahbereich bei $v_{10} = 9 \text{ ms}^{-1}$ ergibt sich zu $K_{TN} = 0 \text{ dB}$.

Tonality at wind speed $v_{10} = 10$ m/s

Project: 314SEA05/01
Location: Holtriem WEA 702320
WTGS-Type: ENERCON E-70 E4 2.3 MW



Determination of Tonality according to IEC 61400-11/ Ed.2

Spectrum number (j = 1 ... 12)			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tone frequency	ft	Hz	146	158	148	152	146	146	148	150	148	148	148	148
Effective analysis bandwidth	df	Hz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Critical bandwidth	dfc	Hz	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
Lower frequency	f1	Hz	95	107	97	101	95	95	97	99	97	97	97	97
Upper frequency	f2	Hz	197	209	199	203	197	197	199	201	199	199	199	199
average of all masking lines	Lpn,avg	dB	42,7	38,3	41,0	42,0	41,8	41,1	45,0	41,8	42,5	41,9	43,0	42,4
10log(fc/f)	-	-	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
Level of tone	Lpt	dB	-	-	51,5	-	47,9	48,1	-	-	52,0	52,7	-	-
Masking noise level	Lpn	dB	58,0	53,6	56,3	57,3	57,1	56,4	60,3	57,1	57,8	57,2	58,3	57,7
Criteria difference	ΔL_{tn}	dB	-15,3	-15,3	-4,9	-15,3	-9,2	-8,4	-15,3	-15,3	-5,8	-4,5	-15,3	-15,3
Audibility criterion	La	dB	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
Tonal audibility	ΔL_a	dB	-13,3	-13,3	-2,9	-13,3	-7,2	-6,3	-13,3	-13,3	-3,8	-2,4	-13,3	-13,3
Penalty of tonal audibility /3, Tab.1/	KTi	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Uncertainty $U_{c,tonality}$ 1,6 dB

Energetic average of ΔL_{tn} -9,3 dB
Energetic average of ΔL_a -7,3 dB

Der Tonzuschlag wird aus den ΔL_a nach /3/ gemäß /2/, Tab.1 unter Berücksichtigung der Seitenbänder für den Pegel mit der höchsten Tonenergie bestimmt.

mittleres ΔL_a der Spektren ΔL_a -7,3
Tonzuschlag KT 0

Tab. 8: Berechnung der Tonhaltigkeit für den Referenzpunkt $v_{10} \approx 10$ ms⁻¹ in 10 m ü.G.

Der Tonzuschlag für den Nahbereich bei $v_{10} = 10$ ms⁻¹ ergibt sich zu $K_{TN} = 0$ dB.

5 Umrechnung auf andere Nabenhöhen

Eine Umrechnung der Schallleistungspegel auf andere Nabenhöhen ist nach /1/ möglich, wenn die Regressionsparameter für den Zusammenhang des Schallleistungspegels über die Windgeschwindigkeit bekannt ist.

Kenngröße	Elektrische Leistung	Referenzpunkt in 10 m ü.G.	$h_N = 58 \text{ m}$
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	614 kW ¹⁾	6 ms ⁻¹	97,5 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	982 kW ¹⁾	7 ms ⁻¹	99,7 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	1441 kW ¹⁾	8 ms ⁻¹	101,9 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	1876 kW ¹⁾	9 ms ⁻¹	103,5 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	2117 kW ¹⁾	10 ms ⁻¹	104,3 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	2185 kW	10,3 ms ^{-1 2)}	104,4 dB(A)

Tab. 9: Umrechnung des Schallleistungspegels L_{WA} auf die Nabenhöhe 58 m

Kenngröße	Elektrische Leistung	Referenzpunkt in 10 m ü.G.	$h_N = 64 \text{ m}$
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	642 kW ¹⁾	6 ms ⁻¹	97,7 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	1025 kW ¹⁾	7 ms ⁻¹	99,9 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	1496 kW ¹⁾	8 ms ⁻¹	102,1 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	1916 kW ¹⁾	9 ms ⁻¹	103,6 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	2145 kW ¹⁾	10 ms ⁻¹	104,3 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	2185 kW	10,2 ms ^{-1 2)}	104,4 dB(A)

Tab. 10: Umrechnung des Schallleistungspegels L_{WA} auf die Nabenhöhe 64 m

Kenngröße	Elektrische Leistung	Referenzpunkt in 10 m ü.G.	$h_N = 70 \text{ m}$
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	668 kW ¹⁾	6 ms ⁻¹	97,8 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	1064 kW ¹⁾	7 ms ⁻¹	100,1 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	1546 kW ¹⁾	8 ms ⁻¹	102,3 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	1943 kW ¹⁾	9 ms ⁻¹	103,7 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	2170 kW ¹⁾	10 ms ⁻¹	104,4 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	2185 kW	10,1 ms ^{-1 2)}	104,4 dB(A)

Tab. 11: Umrechnung des Schallleistungspegels L_{WA} auf die Nabenhöhe 70 m

Kenngröße	Elektrische Leistung	Referenzpunkt in 10 m ü.G.	$h_N = 85 \text{ m}$
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	727 kW ¹⁾	6 ms ⁻¹	98,2 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	1148 kW ¹⁾	7 ms ⁻¹	100,6 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	1643 kW ¹⁾	8 ms ⁻¹	102,6 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	2002 kW ¹⁾	9 ms ⁻¹	104,0 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	2224 kW ¹⁾	10 ms ⁻¹	104,4 dB(A)
$L_{WA,P}$ [dB(A)]	2185 kW	9,8 ms ^{-1 2)}	104,4 dB(A)

Tab. 12: Umrechnung des Schallleistungspegels L_{WA} auf die Nabenhöhe 85 m

Kenngröße	Elektrische Leistung	Referenzpunkt in 10 m ü.G.	$h_N = 113 \text{ m}$
$L_{WA,P} \text{ [dB(A)]}$	813 kW ¹⁾	6 ms ⁻¹	98,7 dB(A)
$L_{WA,P} \text{ [dB(A)]}$	1280 kW ¹⁾	7 ms ⁻¹	101,2 dB(A)
$L_{WA,P} \text{ [dB(A)]}$	1777 kW ¹⁾	8 ms ⁻¹	103,1 dB(A)
$L_{WA,P} \text{ [dB(A)]}$	2088 kW ¹⁾	9 ms ⁻¹	104,2 dB(A)
$L_{WA,P} \text{ [dB(A)]}$	2265 kW ¹⁾	10 ms ⁻¹	104,4 dB(A)
$L_{WA,P} \text{ [dB(A)]}$	2185 kW	9,4 ms ^{-1 2)}	104,4 dB(A)

Tab. 13: Umrechnung des Schallleistungspegels L_{WA} auf die Nabenhöhe 113 m

- 1) Die Leistungswerte werden berechnet unter Berücksichtigung der meteorologischen Bedingungen am Messtag.
- 2) die Windgeschwindigkeit für 95% der Nennleistung wird unter Berücksichtigung der meteorologischen Bedingungen am Messtag berechnet.

6 Abweichungen zur Richtlinie

Zu Abweichungen mit Bezug auf die Vermessungsrichtlinie /1/ werden die folgenden Hinweise gegeben:

1. Informationen, die die Herstellerbescheinigung (vgl. Anlage 4) ergänzen:
(1) Turmfußdurchmesser: 4980 mm
2. Es sind keine Fotos vom Messstandort vorhanden. Die Situation am Standort kann aus der Beschreibung im Abschnitt 2 sowie dem Lageplan (Anlage 1) entnommen werden.
3. Die Daten der Kalibrierung vor und nach der Messkampagne können dem Messprotokoll entnommen werden. Die Messkette wurde vor und nach der Messung kalibriert.
4. Für die Ermittlung der Terzspektren wird keine Unsicherheit ausgewiesen. Auftragsgemäß wird der Schallleistungspegel bei Nennleistung ausgewiesen.
5. Auftragsgemäß wird neben dem Schallleistungspegel bei der Umrechnung in andere Nabenhöhen die unter den meteorologischen Bedingungen am Messtag berechnete elektrische Leistung angegeben. Zusätzlich wird der Schallleistungspegel für die 95% der Nennleistung entsprechende elektrische Leistung ausgewiesen sowie für die elektrische Leistung die am Messtag bei der vermessenen Nabenhöhe bei $v_{10} = 10 \text{ ms}^{-1}$ auftrat.

7 Zusammenfassung

Am 20.10.2005 wurde die WEA Nr. 702320 des Typs ENERCON E-70 E4 2.3 MW mit einer Nabenhöhe von $h_N = 99,0$ m am Standort *Holtriem (Niedersachsen)* akustisch vermessen. Die Datenauswertung erfolgte nach /1/.

Die vermessene WEA zeigte während der Messkampagne dem subjektiven Eindruck nach im auszuwertenden Windgeschwindigkeitsbereich keine Auffälligkeiten des Geräusches. Die subjektive Bewertung des Anlagengeräusches wird durch die objektive Geräuschbewertung nach /1/ gestützt.

Die Ergebnisse der akustischen Vermessung werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst dargestellt.

Standardisierte Windgeschwindigkeit	ms^{-1}	6	7	8	9	10	9,6 ²⁾	10,5
Elektrische Wirkleistung ¹⁾	kW	772	1215	1714	2048	2247	2185	2300
Rotordrehzahl	min^{-1}	16,8	17,8	18,9	19,7	20,1	20,0	20,2
Tonhaltigkeit K_{TN}	dB	0	0	0	0	0	0	0
Impulshaltigkeit K_{IN}	dB	0	0	0	0	0	0	0
Unsicherheit U_c	dB(A)	0,85	0,84	0,84	0,90			0,90 ³⁾
Schallleistungspegel $L_{\text{WA}, P}$	dB(A)	98,5	100,9	102,9	104,1	104,4	104,4	104,3 ⁴⁾

Tab. 14: Ergebnisübersicht

- 1) Ermittlungsbasis: Leistungskurve, die der Ermittlung des Schallleistungspegels zugrunde liegt (vgl. Anlage 5).
- 2) Schallleistungspegel bei 95% der Nennleistung der WEA.
- 3) Für die Bestimmung der Unsicherheit des Schallleistungspegels bei 95% - der Nennleistung werden die Messwerte, die über die berechnete Windgeschwindigkeit dem Wind - Bin der 95%-Nennleistung zu geordnet sind, verwendet.
- 4) In Abweichung zu /1/ wird hier der extrapolierte Schallleistungspegel bei Auslegungsnennleistung angegeben. Dem Gutachter vorliegende 10-sec. Mittelungsdaten über $v_{10} = 10 \text{ ms}^{-1}$ bis ca. $v_{10} = 12 \text{ ms}^{-1}$ bestätigen den Regressionsverlauf der Minutenmittelwerte.

Die vorliegende Untersuchung wurde von der WIND-consult GmbH gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik nach bestem Wissen und Gewissen unparteiisch erstellt.

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen

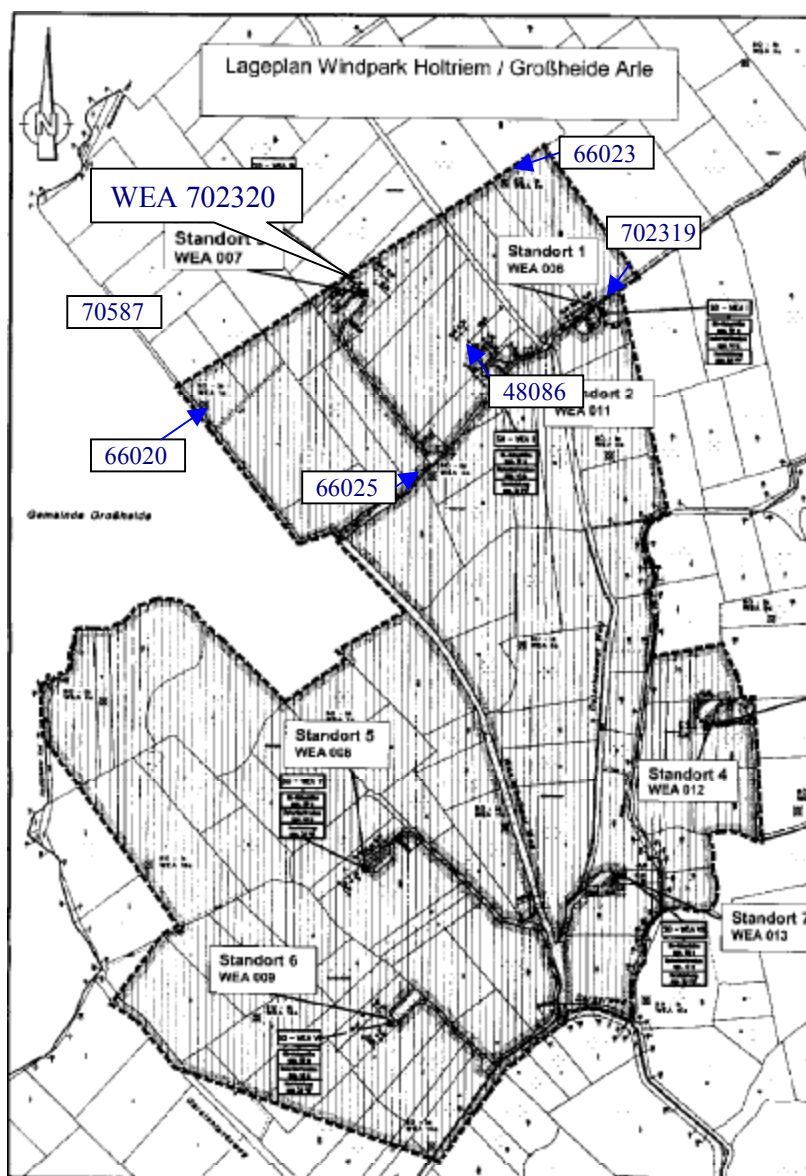
Bezeichnung	Symbol	Einheit
Turmdurchmesser (Turmfuß)	b_f	m
Linienabstand	Δf	Hz
Bandbreite der Frequenzgruppe	Δf_c	Hz
Tonpegeldifferenz	ΔL_a	dB
Rotordurchmesser	d_R	m
relative Luftfeuchte	F	%
untere Grenzfrequenz der Gruppe	f_1	Hz
obere Grenzfrequenz der Gruppe	f_2	Hz
Akustisch beanspruchte Fläche	F_{aku}	ha
Tonfrequenz	f_T	Hz
Fundamenthöhe	h_f	m
Nabenhöhe ü.G.	h_N	m
Gesamtnabenhöhe (ü.G.)	$h_{N, ges.}$	m
Referenzhöhe	$h_{ref.}$	m
Impulszuschlag nach DIN 45645 („N“ f. Nahbereich)	K_{IN}	dB
Tonzuschlag nach DIN 45681 („N“ für Nahbereich)	K_{TN}	dB
Verdeckungsmaß	L_a	dB
AF-bewerteter Schalldruckpegel	L_{AF}	dB(A)
AF-bewerteter Schalldruckpegel (Hintergrund)	$L_{AF, off}$	dB(A)
AF-bewerteter Schalldruckpegel (Anlagenbetrieb)	$L_{AF, on}$	dB(A)
äquivalenter Dauerschallpegel	$L_{AFeq.}$	dB(A)
äquivalenter Dauerschallpegel (für Referenz)	$L_{AFeq, ref.}$	dB(A)
äquivalenter Dauerschallpegel (für Referenz korrigiert)	$L_{AFeq, ref., k}$	dB(A)
Frequenzgruppenpegel des verdeckten Geräusches	L_{pn}	dB
Tonpegel	L_{tn}	dB
Schallleistungspegel bezogen auf $v_{10, ref.}$	L_{WA}	dB(A)
Schallleistungspegel bezogen auf $P_{ref.}$	$L_{WA, P}$	dB(A)
Wirkleistung [95%]	P_{95}	kW
Wirkleistung, korrigiert auf Normalatmosphäre	P_k	kW
Referenzwirkleistung	$P_{ref.}$	kW
Luftdruck	ρ	hPa
Abstand Rotationsebene-Gondeldrehachse	r_e	m
Abstand Schallquellenmitte - Aufpunkt	R_i	m
Messentfernung (Messpunkt - Turmaußenhaut)	R_{om}	m
Lufttemperatur	T	°C
kombinierte Messunsicherheit	U_c	dB
Windgeschwindigkeit in 10 m ü.G.	v_{10}	ms ⁻¹
Referenzwindgeschwindigkeit in x m über Grund	$v_{x, ref.}$	ms ⁻¹

Verzeichnis der verwendeten Literatur

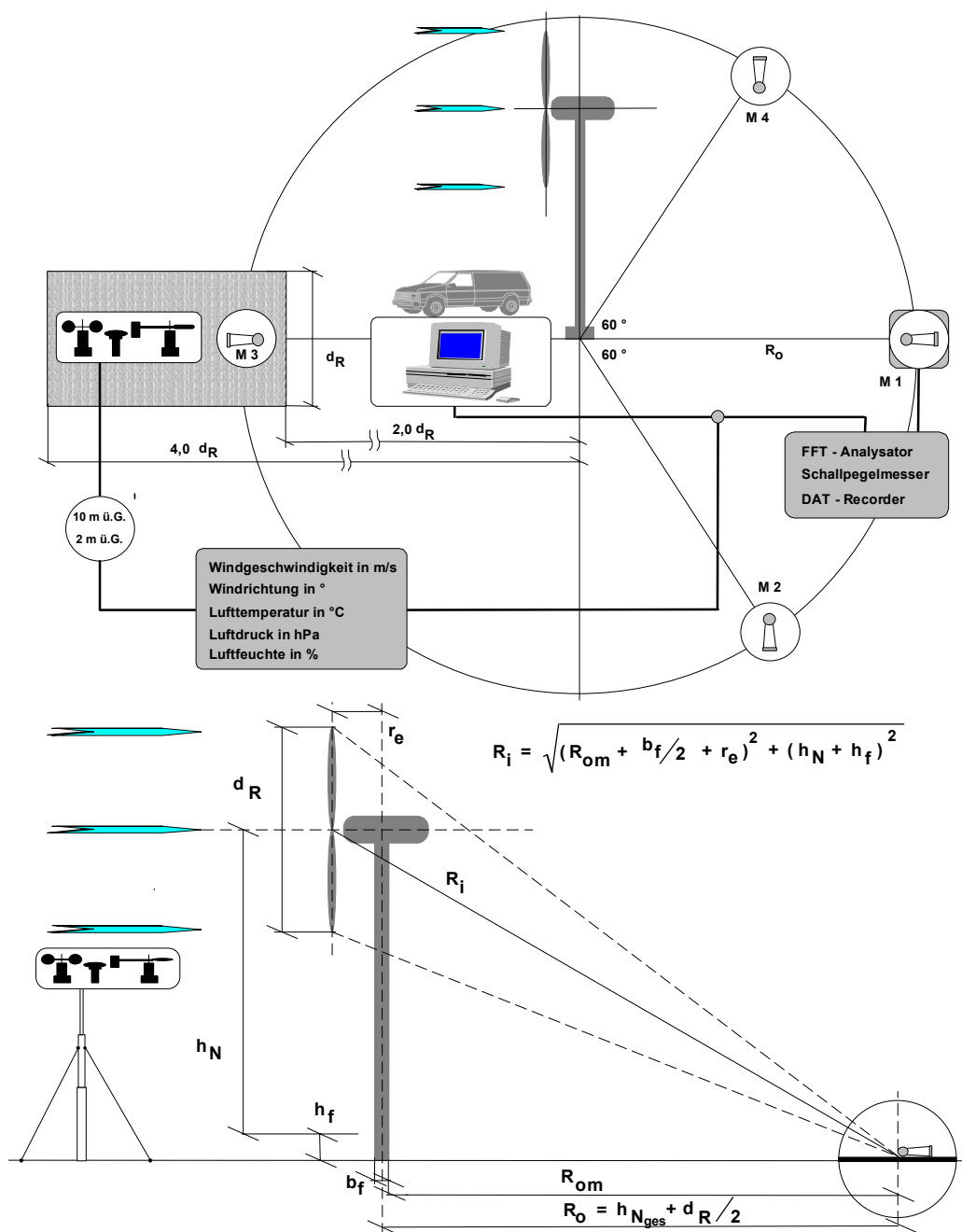
- /1/ FÖRDERGESELLSCHAFT WINDENERGIE E.V. (FGW): *Technische Richtlinien für Windenergieanlagen*. Rev. 16, Stand 01.07.2005. Kiel (D)
- /2/ *Wind turbine generator systems - Part 11 Acoustic noise measurement techniques*. IEC 61400-11 ed. 2, Geneva (CH) : Central Office of the IEC, 2002
- /3/ DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN) : *Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen*. DIN 45681, Entwurf, Berlin (D): Beuth-Verlag GmbH, 2002-11

Anlage 1:
Standort - Kartenauszug

Quelle: Auftraggeber



Anlage 2: Messaufbau



Anlage 3: Geräte / Messtechnik

Gerätebezeichnung	Serien - Nr.	Hersteller
Akustischer Kalibrator Typ 4231	02175734	Brüel & Kjaer
Barometer	U4110011	VAISALA
Clark Pneumatikmast QT 12M/HP mit Zubehör	GK46718	TEKSAM GmbH
DAT Recorder TCD-D 7		Sony
Datenlogger PM-33-A		Ammonit
DIA DAGO Software		Gfs
Frequenzanalysator 2143 mit Software Dig. Filter	1814549	Brüel & Kjaer
HMP 39D Temp.+ Feuchte	R1040025	VAISALA
Konvertierungssoftware 5306		Brüel & Kjaer
Lasermessgerät LEM 300-GEO		ASTECH GmbH
Rechner Portable PCIII	0010WC96	
Schallpegelmesser 2236 F	1810679	Brüel & Kjaer
Single Channel FFT Pr.	5179	Brüel & Kjaer
Windrichtungsgeber	4312910012	Thies GmbH
Ampflex A100 3 Stück		Chauvin Arnoux
Wirkleistungsmessumformer Pdr-MU	919G00143	Müller Ziegler
Drehzahlerfassung ENERCON Schnittstelle		

Letzte Kalibrierung Schallpegelmesser:	12/03
Nächste Kalibrierung Schallpegelmesser:	12/05
Letzte Kalibrierung Akustischer Kalibrator:	12/03
Nächste Kalibrierung Akustischer Kalibrator:	12/05

Anlage 4:
Herstellerbescheinigung

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten des Anlagentyps: ENERCON E-70 E4 2,3 MW
Manufacturer's certificate on specific data of the type of installation: ENERCON E-70 E4 2,3 MW

Datum / date: 07.11.2005

1. Allgemeines		General
Hersteller	ENERCON GmbH	manufacturer
Anlagenbezeichnung	ENERCON E-70 E4	type name
Art (horizontal/vertikal)	horizontal	type (horizontal / vertical)
Nennleistung	2.300 kW	rated power
Leistungsregelung	pitch	power control
Nabenhöhe über Fundament	98,65 m	hub height above foundation
Nabenhöhe über Grund	99 m	hub height above ground
Nennwindgeschwindigkeit	14,0 m/s	rated wind speed
Einschaltwindgeschwindigkeit	2,5 m/s	cut-in wind speed
Abschaltwindgeschwindigkeit	28-34 m/s	cut-out wind speed
Überlebenswindgeschwindigkeit	70 m/s	survival wind speed
Rechnerische Lebensdauer	20 Jahre / years	calculated safe life
2. Rotor		Rotor
Durchmesser	71 m	diameter
Bestrichene Fläche	3.959 m ²	swept area
Anzahl der Blätter	3	number of blades
Nabenart (pendelnd/starr)	starr	kind of hub
Anordnung zum Turm (luw/lee)	luw	relative position to tower (wind-/leeward)
Nennndrehzahl / -bereich	6-21 min ⁻¹ (Betrieb II)	rated speed / speed range
Auslegungsgeschwindigkeit	-	designed tip speed ratio
Rotorblatteinstellwinkel	variabel	rotor blade pitch angle
Konuswinkel	0°	cone angle
Rotorachsneigung	4°	rotor tilt
Abstand Rotorflanschmittelpunkt - Turmmittellinie	4,32 m	distance between rotor flange centre - tower centre line
3. Blatt		Blade
Hersteller	ENERCON	manufacturer
Typenbezeichnung	70-4	type
Profil innen/außen	ENERCON	blade section inside / outside
Material	GFK (Epoxidharz)	material
Blattlänge	33,1 m	blade length
Profiliefe außen, max./Blattende	-	blade section depth outside, max./end
Zusatzkomponenten (z.B. stall strips)	keine/none	additional components (e.g. stall strips)
Blattextender	entfällt	blade extender
4. Getriebe		Gear
Hersteller	entfällt	manufacturer
Typenbezeichnung	entfällt	type
Ausführung	entfällt	design
Übersetzungsverhältnis	entfällt	speed ratio
5. Windrichtungsnachführung		Yaw orientation drive
Ausführung (aktiv/passiv)	aktiv	design (active/passive)
Antriebsart (el./mech./hydr.)	elektrisch	drive (electr./mech./hydr.)
Dämpfungssystem während des Betriebs	Reibung	damping system during operation
6. Generator		Generator
Hersteller	ENERCON GmbH	manufacturer
Typenbezeichnung	E-70	type
Anzahl	1	numbers
Art	synchron, Ringgener.	design
Nennleistung	2.300 kW	rated power
Nennscheinleistung	2.300 kVA	rated apparent power
Nennndrehzahl / -bereich	6-21 min ⁻¹ (Betrieb II)	rated speed / speed range
Spannung	440 V	voltage
Frequenz	variabel	frequency
Nennschlupf	entfällt	rated slip

7. Turm		Tower
Hersteller	GSD	manufacturer
Typenbezeichnung	E-70 E4/S/98/6F/01	type
Ausführung (Gitter/Rohr, zyl./kon.)	Rohrturm	design (lattice/tube, cylin./tapered)
Werkstoff	Stahl	material
Länge	97,85 m	length


8. Betriebsführung / Regelung		Supervisory system / control
Art der Leistungsregelung	Pitch	kind of power control
Antrieb der Leistungsregelung	elektrisch	drive of power control
Automatischer Wiederanlauf		automatic restart
- nach Netzausfall	ja	- following grid-failure
- nach Abschaltwind	ja	- following cut-out wind speed
Hersteller der Betriebsführung / Regelung	ENERCON	manufacturer of control system
- Typenbezeichnung	E-70 E4	- type
- Verwendete Steuerungskurve	Betrieb II	- used control curve

9. Sonstige elektrische Komponenten		Other electric installations
Anzahl der Kompensationsstufen	entfällt	number of compensation stages
Blindleistung Stufe 1	entfällt	reactive power stage 1
Blindleistung Stufe 2	entfällt	reactive power stage 2
Blindleistung Stufe x	entfällt	reactive power stage x
Blindleistung Stufe x	entfällt	reactive power stage x
Art der Netzkopplung	über Wechselrichter	kind of interconnection
- Hersteller	ENERCON	- manufacturer
- Typenbezeichnung	E-70 E4	- type
Netzschutzhersteller	ENERCON	main protective manufacturer
- Typenbezeichnung	E-70 E4	- type
- Einstellbereiche:		- adjustment range:
Spannungssteigerungsschutz	108,5%, 0,1s	overvoltage protection
Spannungsrückgangsschutz	90%, 0,1s	undervoltage protection
Frequenzsteigerungsschutz	50,4 Hz, 100 ms	overfrequency protection
Frequenzrückgangsschutz	49,5 Hz, 100 ms	underfrequency protection
Oberschwingungsfilter (ja/nein)	ja / yes	harmonic filter (yes/no)

10. Art der Bremsen		Kind of brakes
Bremssystem (primär/sekundär)	Einzelblattverstellung	brakes (primary/secondary)
- Aktivierung	elektrisch	- activation
- Anordnung	Einzelblatt	- arrangement
- Bremsenart	aerodynamisch	- kind
- Betätigung	automatisch	- operation

11. Typenprüfung		Type approval
Prüfbehörde	TÜV Süd	testing authority
Aktenzeichen	441 233	reference

12. Informativer Teil		Site information
Standort der vermessenen WEA	26556 Holttrien	location of measured WTG
Koordinaten des Standortes	GK RW: 25.94.632 GK HW: 59.43.726	coordinate of location
Seriennummer der WEA	702320	serial number of WTG

Enercon GmbH
Dreßkamp 5
26605 Aurich

Stempel und Unterschrift des Herstellers
stamp and signature of the manufacturer

Der Hersteller der Windenergieanlage bestätigt, daß die WEA, deren elektrischen Eigenschaften und Leistungskurve in den Datenblättern Nr. WT4273/05 (elektr. Eigenschaften) und Leistungskurve E70E4/2,3MW berechnet Rev1.0 (Leistungskurve) abgebildet sind, hinsichtlich ihrer technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.
The manufacturer of the wind turbine generator system confirms that the WTGs whose power curve and grid compatibility is measured and depicted in the data sheets WT4273/05 (grid compatibility) and PowerCurve E70E4/2,3MW calculated Rev1.0 (power curve) is identical with the above entries with regard to its technical data.

Anlage 5:

Leistungskurve

WINDENERGIEANLAGE (WEA) - LEISTUNGSKURVE

ENERCON E-70 E4 2.3 MW

Herst./Vertrieb : ENERCON GmbH
 Straße : Dreekamp 5
 Plz. Ort : 26605 Aurich
 Telefon : 04941/9270
 Telefax : 04941-927109
 e-mail / internet : vertrieb@enercon.de / www.enercon.de

WIND-consult GmbH
 Reuterstraße 9
 D-18211 Bargeschagen
 Tel.: 038203 - 507 25
 Fax: 038203 - 507 23

Daten WEA

Nennleistung : 2300 kW
 Rotordurchmesser : 71 m
 Rotorkreisfläche : 3959 m²
 Blattzahl : 3
 Leistungsregelung : pitch
 Nabenhöhe (Standard) : 64/85/99/113,5 m
 Quelle : Angaben des Herstellers

Randbedingung

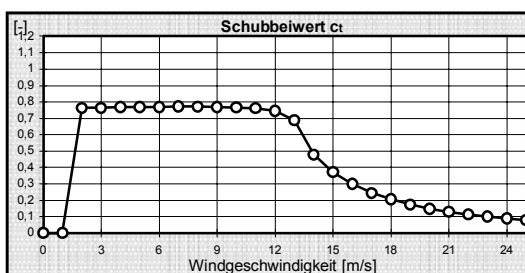
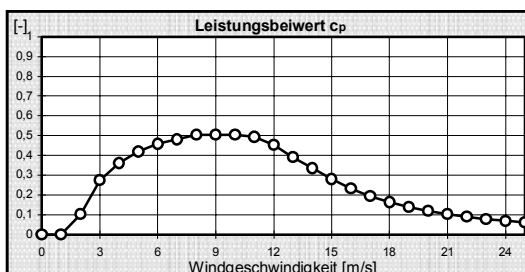
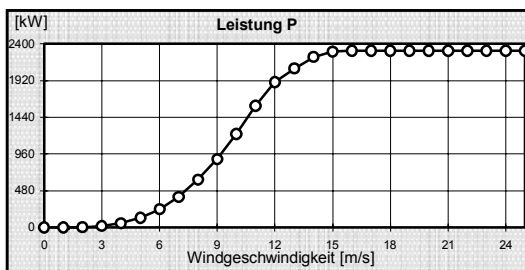
Dichte Leistungskurve : 1,2250 kg/m³
 (Normatmosphäre)

Leistungsparameter			Schubparameter	
v [m/s]	P [kW]	c _p [-]	v [m/s]	c _t [-]
0,00	0,00	0,000	0,00	0,000
1,00	0,00	0,000	1,00	0,000
2,00	2,00	0,103	2,00	0,764
3,00	18,00	0,275	3,00	0,763
4,00	56,00	0,361	4,00	0,768
5,00	127,00	0,419	5,00	0,767
6,00	240,00	0,458	6,00	0,768
7,00	400,00	0,481	7,00	0,772
8,00	626,00	0,504	8,00	0,771
9,00	892,00	0,505	9,00	0,767
10,00	1223,00	0,504	10,00	0,766
11,00	1590,00	0,493	11,00	0,760
12,00	1900,00	0,453	12,00	0,744
13,00	2080,00	0,390	13,00	0,688
14,00	2230,00	0,335	14,00	0,479
15,00	2300,00	0,281	15,00	0,371
16,00	2310,00	0,233	16,00	0,299
17,00	2310,00	0,194	17,00	0,245
18,00	2310,00	0,163	18,00	0,205
19,00	2310,00	0,139	19,00	0,173
20,00	2310,00	0,119	20,00	0,148
21,00	2310,00	0,103	21,00	0,129
22,00	2310,00	0,089	22,00	0,113
23,00	2310,00	0,078	23,00	0,100
24,00	2310,00	0,069	24,00	0,089
25,00	2310,00	0,061	25,00	0,080

Leistungskurve (LK)

Quelle : Angaben des Herstellers
 Art der Ermittlung : berechnete Kurve
 Kennlinie E70 E4 2.3MW Rev.1_0
 Datum Leistungskurve : 2005-05-23
 Datum DB-Aufnahme : 2005-08-08
 Kennung/Datei : EC23071A
 Unsicherheit LK (AEP) : nicht angegeben, Ersatzwerte WIND-consult
 Schubbeiwerte : angegeben

Bemerkung : -



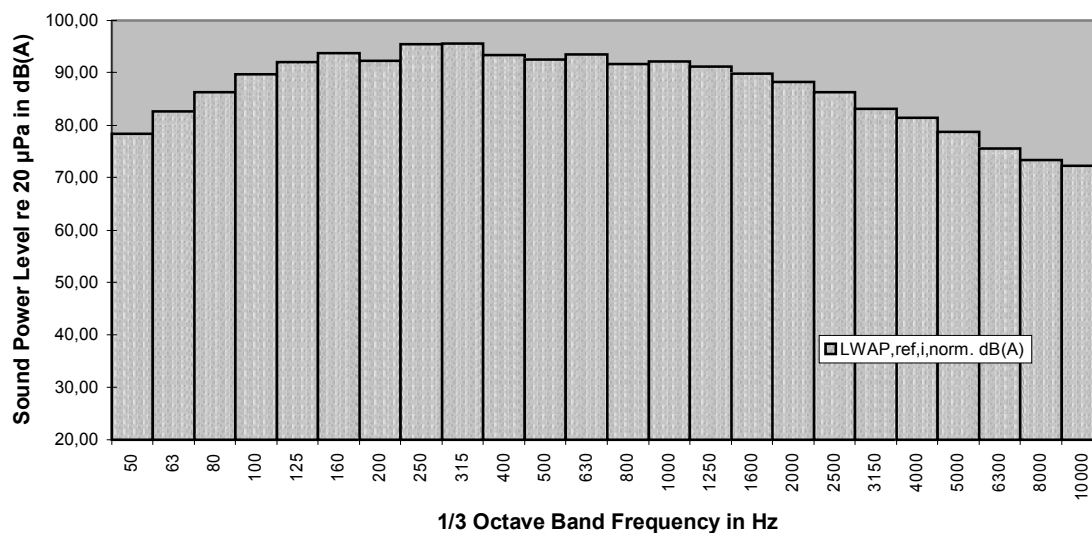
Unsicherheit der Leistungskurve (Ersatzwerte)		
mittl. jährl. v [m/s]	U bsp [%]	U ersatz [%]
4	27,0	29,7
5	17,0	18,7
6	12,0	13,2
7	10,0	11,0
8	8,0	8,8
9	7,0	7,7
10	6,0	6,6
11	6,0	6,6

Anlage 6:

Terzspektrum

**1/3 Octave Band Spectrum of the WTGS Noise
corrected for background noise
standardized at 10,0 m/s at 10 m a.g.l.**

**A-weighted Sound Power Level Spectrum
(Graph)**



**A-weighted Sound Power Level Spectrum
(Table)**

1/3 Octave Band Frequency Hz	Sound Power Level dB(A)	1/3 Octave Band Frequency Hz	Sound Power Level dB(A)
50	78,4	800	91,7
63	82,7	1000	92,1
80	86,3	1250	91,2
100	89,7	1600	89,9
125	92,0	2000	88,3
160	93,7	2500	86,2
200	92,2	3150	83,2
250	95,4	4000	81,4
315	95,6	5000	78,8
400	93,4	6300	75,6
500	92,6	8000	73,4
630	93,5	10000	72,2

Total: 104,4 dB(A)

Anlage 7:
Zeitreihe der Urdaten

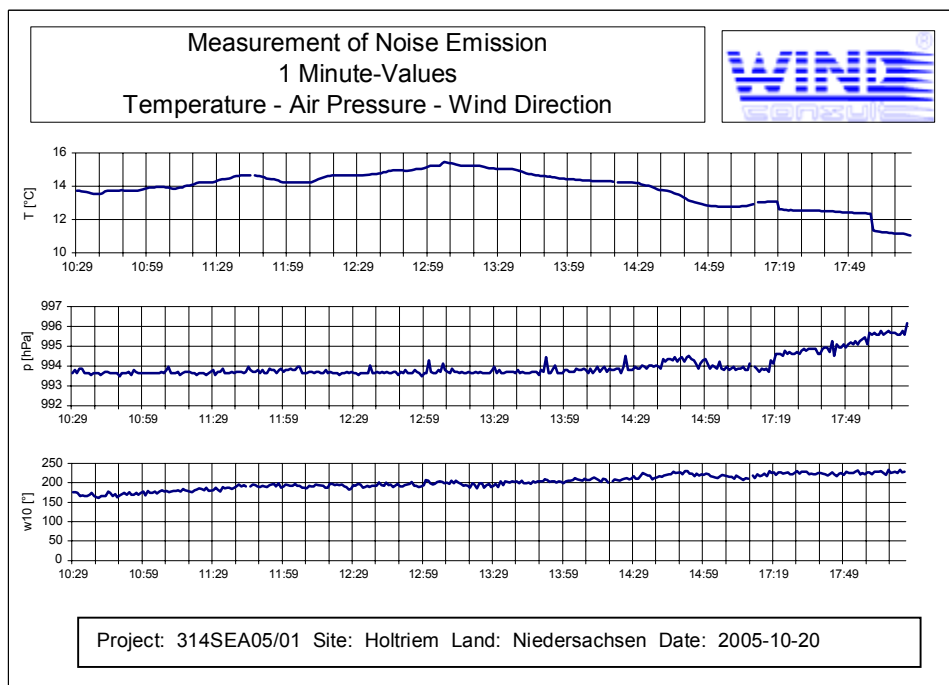
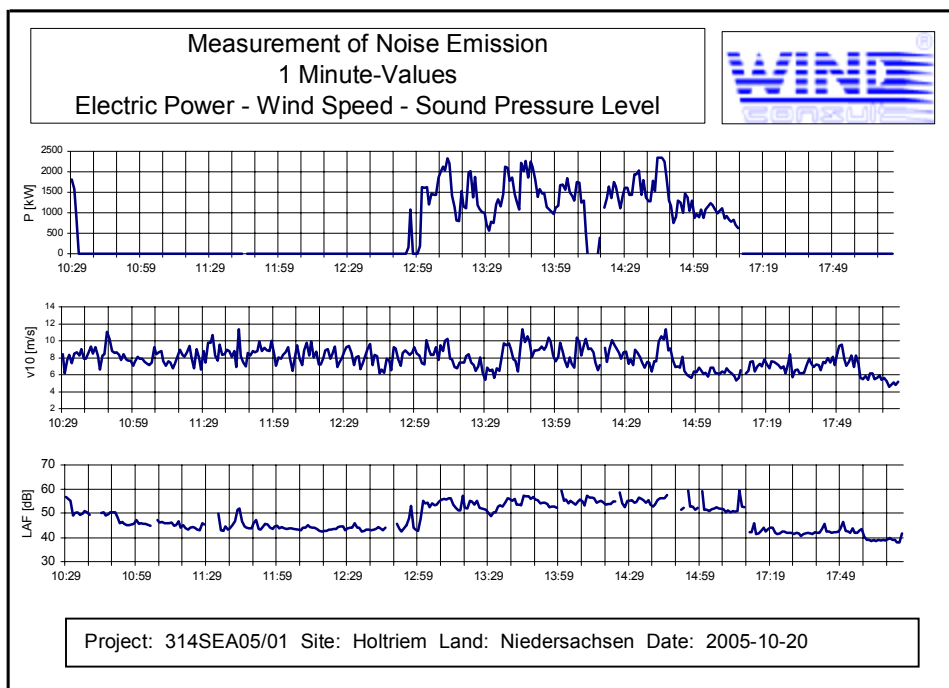


Abb. 5: Zeitverlauf der Urdaten im 1-Minuten-Mittel, 20.10.2005

Anlage 8:
Auszug aus dem Prüfbericht

Auszug aus dem Prüfbericht

Seite 1/1

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

Rev. 16 vom 01. Juli 2005 (Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie e. V. Stresemannplatz. 4, D-24103 Kiel)

Auszug aus dem Prüfbericht WICO 314SEA05/01
zur Schallemission der Windenergieanlage vom Typ ENERCON E-70 E4 2.3 MW (Betrieb II)

Allgemeine Angaben			Technische Daten (Herstellerangaben)	
Anlagenhersteller:	ENERCON GmbH Dreerkamp 5 D-26605 AURICH		Nennleistung (Generator):	2300 kW
Seriennummer:	702320	RW 25.94.632	Rotordurchmesser:	71,0 m
WEA-Standort (ca.):	WP Holtriem	HW 59.43.726	Nabenhöhe über Grund:	99,0 m
			Turmbauart:	Kon. Stahlrohr
			Leistungsregelung:	Pitch
Ergänzende Daten zum Rotor (Herstellerangaben)			Erg. Daten zu Getriebe und Generator (Herstellerangaben)	
Rotorblatthersteller:	ENERCON GmbH		Getriebehersteller:	entfällt
Typenbezeichnung Blatt:	70-4		Typenbezeichnung Getriebe:	entfällt
Blatteinstellwinkel:	variabel		Generatorhersteller:	ENERCON GmbH
Rotorblattanzahl	3		Typenbezeichnung Generator:	E-70
Rotornenndrehzahl/-bereich:	6 – 21 min ⁻¹ (Betrieb II)		Generatorenndrehzahl:	6 – 21 min ⁻¹ (Betrieb II)

Prüfbericht zur Leistungskurve: berechnete Kurve v. 23.05.2005

	Referenzpunkt		Schallemissions-Parameter	Bemerkungen
	Standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	Elektrische Wirkleistung		
Schallleistungs-Pegel $L_{WA,P}$	6 ms ⁻¹	772 kW	98,5 dB(A)	(1)
	7 ms ⁻¹	1215 kW	100,9 dB(A)	
	8 ms ⁻¹	1714 kW	102,9 dB(A)	
	9 ms ⁻¹	2048 kW	104,1 dB(A)	
	10 ms ⁻¹	2247 kW	104,4 dB(A)	
	9,6 ms ⁻¹	2185 kW	104,4 dB(A)	
Tonzuschlag für den Nahbereich K_{TN}	6 ms ⁻¹	772 kW	0 dB bei - Hz	(1)
	7 ms ⁻¹	1215 kW	0 dB bei - Hz	
	8 ms ⁻¹	1714 kW	0 dB bei - Hz	
	9 ms ⁻¹	2048 kW	0 dB bei - Hz	
	10 ms ⁻¹	2247 kW	0 dB bei - Hz	
	9,6 ms ⁻¹	2185 kW	0 dB bei - Hz	
Impulszuschlag für den Nahbereich K_{IN}	6 ms ⁻¹	772 kW	0 dB	(1)
	7 ms ⁻¹	1215 kW	0 dB	
	8 ms ⁻¹	1714 kW	0 dB	
	9 ms ⁻¹	2048 kW	0 dB	
	10 ms ⁻¹	2247 kW	0 dB	
	9,6 ms ⁻¹	2185 kW	0 dB	

Terz-Schallleistungspegel Referenzpunkt $v_{10} = 10 \text{ ms}^{-1}$ in dB(A)

Frequenz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_{WA,P}$	78,4	82,7	86,3	89,7	92,0	93,7	92,2	95,4	95,6	93,4	92,6	93,5
Frequenz	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
$L_{WA,P}$	91,7	92,1	91,2	89,9	88,3	86,2	83,2	81,4	78,8	75,6	73,4	72,2

Oktav-Schallleistungspegel Referenzpunkt $v_{10} = 10 \text{ ms}^{-1}$ in dB(A)

Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{WA,P}$	88,3	96,9	99,4	98,0	96,5	93,2	86,3	78,7

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht gilt nur in Verbindung mit der Herstellerbescheinigung vom 07.11.2005. Die Angaben ersetzen nicht den o. g. Prüfbericht (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen).

Bemerkungen:

(1) Schallleistungspegel bei 95% der Nennleistung der WEA.

- PDF-Dokument wurde elektronisch unterschrieben -

Gemessen durch: WIND-consult GmbH
Reuterstraße 9
D-18211 Bargeshagen

Datum: 21.11.2005



Unterschrift
Dipl.-Ing. A. Petersen

Unterschrift
Dipl.-Ing. J. Schwabe