

WICO 141SE707/02

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

nach

**FGW-Richtlinie /1/**

**Standort:**

***WP Fehmarn-Mitte  
(Schleswig Holstein)***

**Bargeshagen, 24. Januar 2008**

<b>Standort</b>	<i>Windpark Fehmarn-Mitte WEA 19</i> (Schleswig-Holstein)
<b>Aufgabenstellung</b>	Messungen zum Schalldruckpegel und Bestimmung der Emissionsparameter einer Windenergieanlage (WEA)
<b>Mess-/ Prüfobjekt</b> <b>Art der Messung /</b> <b>Prüfung</b>	ENERCON E-70 E4 2,3 MW, Nabenhöhe 64 m Akustische Vermessung nach FGW-Richtlinie /1/ – Ermittlung des Schallleistungspegels – Ermittlung der Tonhaltigkeit
<b>Auftraggeber</b>	Ing.-Büro Henning Holst Ludwig-Nissen-Str. 39  D-25813 Husum
<b>Auftragserteilung/-</b> <b>bestätigung</b>	30.05.2007/ 11.07.2007
<b>Auftragnehmer</b>	WIND-consult GmbH Reuterstraße 9 D-18211 Bargeschagen Tel. +49 (0) 38203-507 25 Fax +49 (0) 38203-507 23

<b>Bearbeitung</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Freigabe</b>
--------------------	----------------	-----------------



Dipl.-Ing. (FH) H. Reichelt



Dipl.-Ing. W. Wilke



Dipl.-Ing. J. Schwabe

Das PDF-Dokument wurde elektronisch unterschrieben.

Bargeschagen, den 24. Januar 2008

**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**

<b>1</b>	<b>Messmethode</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Messstandort</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Messablauf</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>6</b>
<b>4.1</b>	<b>Meteorologische Verhältnisse</b>	<b>6</b>
<b>4.2</b>	<b>Schallrelevante Betriebsparameter der WEA</b>	<b>6</b>
<b>4.3</b>	<b>Schallleistungspegel</b>	<b>7</b>
<b>4.4</b>	<b>Pegel von Einzelereignissen</b>	<b>10</b>
<b>4.5</b>	<b>Richtwirkung</b>	<b>10</b>
<b>4.6</b>	<b>Impulshaltigkeit</b>	<b>10</b>
<b>4.7</b>	<b>Tonhaltigkeit im Nahbereich</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Abweichungen zur Richtlinie</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>17</b>

**Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen**

**Verzeichnis der verwendeten Literatur**

## **Anlagen**

- Anlage 1: Standort - Kartenauszug**
- Anlage 2: Messaufbau**
- Anlage 3: Geräte / Messtechnik**
- Anlage 4: Herstellerbescheinigung**
- Anlage 5: Leistungskurve**
- Anlage 6: Terzspektrum**
- Anlage 7: Zeitreihe der Urdaten**
- Anlage 8: Auszug aus dem Prüfbericht**

## 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 wird die in Nabenhöhe mittels Gondelanemometer ermittelte und gemäß /2/ korrigierte Windgeschwindigkeit verwendet. Für die Klassifizierung des Fremdgeräusches wird die in 10 m über Grund (ü. G.) gemessene und gemäß /2/ korrigierte Windgeschwindigkeit bestimmt.

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 (WEA 19), die Teil des Windparks *Fehmarn-Mitte* ist, befindet sich ca. 2,1 km südsüdöstlich der Ortschaft *Dänschendorf* im nördlichen Teil des Windparks (vgl. Anlage 1).

Der Standort befindet sich auf einer ebenen Fläche (ca. 7 m ü. NN), die zum Messzeitpunkt keinen Bewuchs aufwies.

## 3 Messablauf

Die Messung wurde am 18.10.2007 in der Zeit von ca. 9<sup>49</sup> bis ca. 16<sup>21</sup> Uhr jeweils bei abgeschalteter (Fremdgeräusch) und laufender (Anlagengeräusch) WEA durchgeführt. Nach Stör- und Pausen- ausblendung ergab sich damit im nach /1/ auszuwertenden Windgeschwindigkeitsbereich eine Messzeit von 207 Minuten für das Anlagengeräusch und 43 Minuten für das Fremdgeräusch.

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 **Tab. 1** hervor.

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

Außergewöhnliche Ereignisse wie Fluglärm und Verkehrsgeräusche 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 benachbarte WEA 20 (siehe Anlage 1), vom Typ ENERCON E-70 E4 2,3 MW war während der Messung abgeschaltet.

Die Geräuschemissionen der weiter entfernt gelegenen WEA hatten keinen relevanten Einfluss auf die Messung und wurden im Rahmen der Hintergrundkorrektur berücksichtigt.

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

**Tab. 1:** Entfernungen und Referenzwerte

Parameter	Symbol	Betrag	Einheit	Bemerkung
<b>1.) Horizontale Entfernung Schallquelle – Messposition</b>				
Messentfernung	$R_{om}$	100,00	m	gemessen auf Turmaußenhaut $h_{N,ges} + d_R/2 \pm 20\%$ nach /1/
Turmdurchmesser am Turmfuß	$b_f$	4,13	m	Herstellerangabe
Abstand Rotationsebene Rotor – Turmmittellinie	$r_e$	4,32	m	Herstellerbescheinigung
<b>2.) Vertikale Entfernung Schallquelle – Messposition</b>				
Nabenhöhe	$h_N$	63,90	m	Herstellerbescheinigung
Offset, Fundamenthöhe	$h_f$	0,10	m	Messung vor Ort, Differenz zwischen schallharter Platte und Turmfuß
Gesamtnabenhöhe	$h_{N,ges}$	64,00	m	Bezug: schallharte Platte
Entfernung Schallquelle - Messposition	$R_i$	124,15	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/

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Meteorologische Verhältnisse

Die meteorologischen Verhältnisse des Messtages waren durch eine sonnige Wetterlage gekennzeichnet. Die meteorologischen Parameter der Messungen sind **Tab. 2** zu entnehmen (jeweils gesamte Messkampagne ohne Berücksichtigung von Stör- und Pausenzeiten).

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

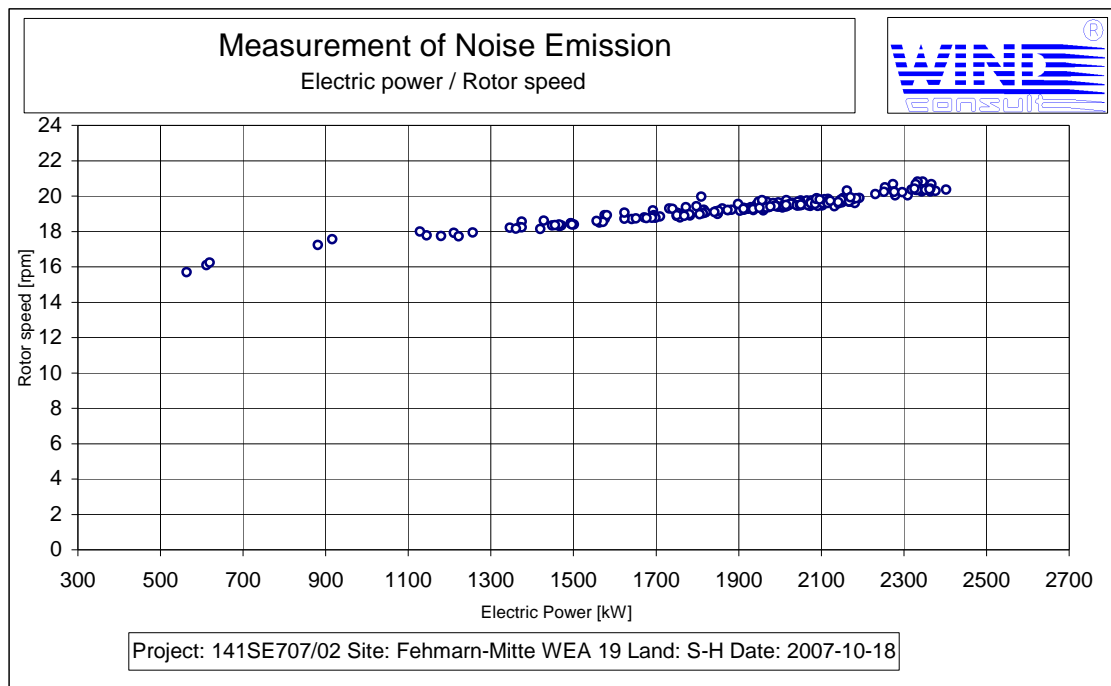
Parameter	WEA in Betrieb			WEA außer Betrieb		
	Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel
Windgeschwindigkeit in 10 m ü.G. $\text{ms}^{-1}$	3,9	12,7	9,3	4,5	11,8	9,2
Windrichtung $^{\circ}$	286	349	301	290	344	304
Lufttemperatur $^{\circ}\text{C}$	8,7	10,9	10,2	8,8	10,6	10,1
Luftfeuchte %	59,2	69,0	63,4	61,0	67,3	63,9
Luftdruck hPa	1008,6	1016,3	1010,1	1008,2	1012,5	1010,1
<b>Gesamtmessung</b>						
	Min		Max		Mittel	
Windgeschwindigkeit in 10 m ü.G. $\text{ms}^{-1}$	3,9		12,7		9,3	
Windrichtung $^{\circ}$	286		349		302	
Lufttemperatur $^{\circ}\text{C}$	8,7		10,9		10,2	
Luftfeuchte %	59,2		69,0		63,5	
Luftdruck hPa	1008,2		1016,3		1010,1	

Die Turbulenzintensität in 10 m ü.G. während der Messkampagne wird bezogen auf 10-Minuten-Intervalle mit 5...25 % abgeschätzt.

### 4.2 Schallrelevante Betriebsparameter der WEA

Nach /1/ sind bei drehzahlvariablen Anlagen neben der elektrischen Leistung der WEA auch die Rotordrehzahl bzw. Generatordrehzahl zu erfassen.

Das drehzahlvariable Verhalten der Anlage zeigt Abb. 1.



**Abb. 1:** Rotordrehzahl in Abhängigkeit der elektrischen Leistung (1-Minuten-Mittelwerte)

### 4.3 Schalleistungspegel

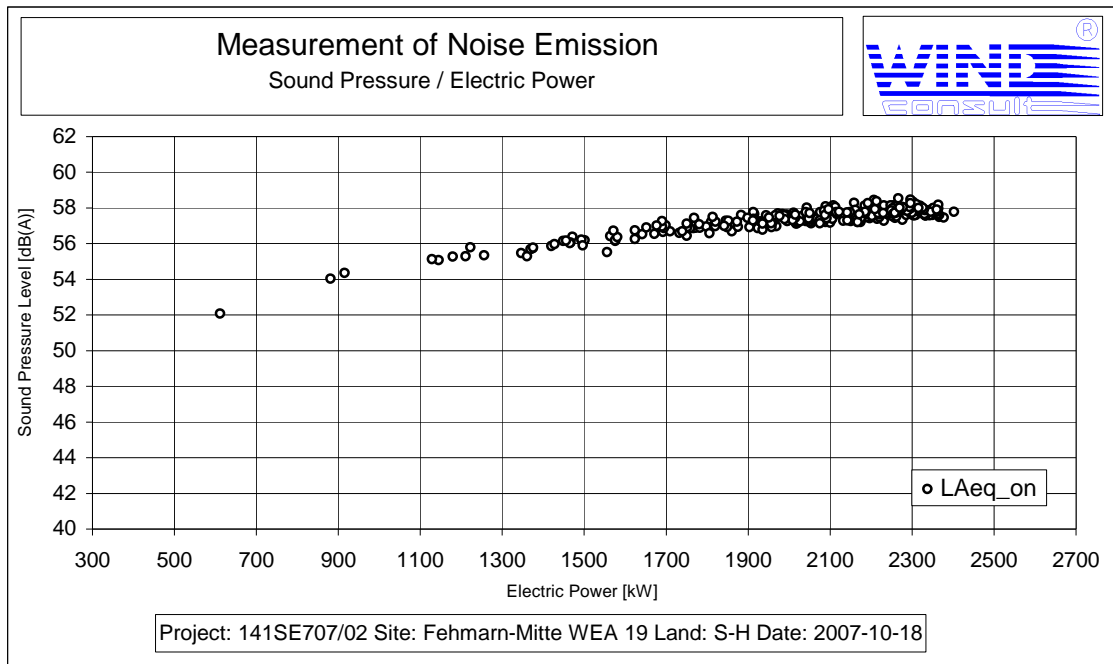
Die Bestimmung des Schalleistungspegels erfolgt auf der Grundlage einer Approximation 4. Ordnung.

Der Korrekturfaktor für die in 10 m Höhe gemessene Windgeschwindigkeit nach /2/ beträgt 0,99. Für die in Nabenhöhe erfasste Gondelwindgeschwindigkeit beträgt der Korrekturfaktor 1,03.

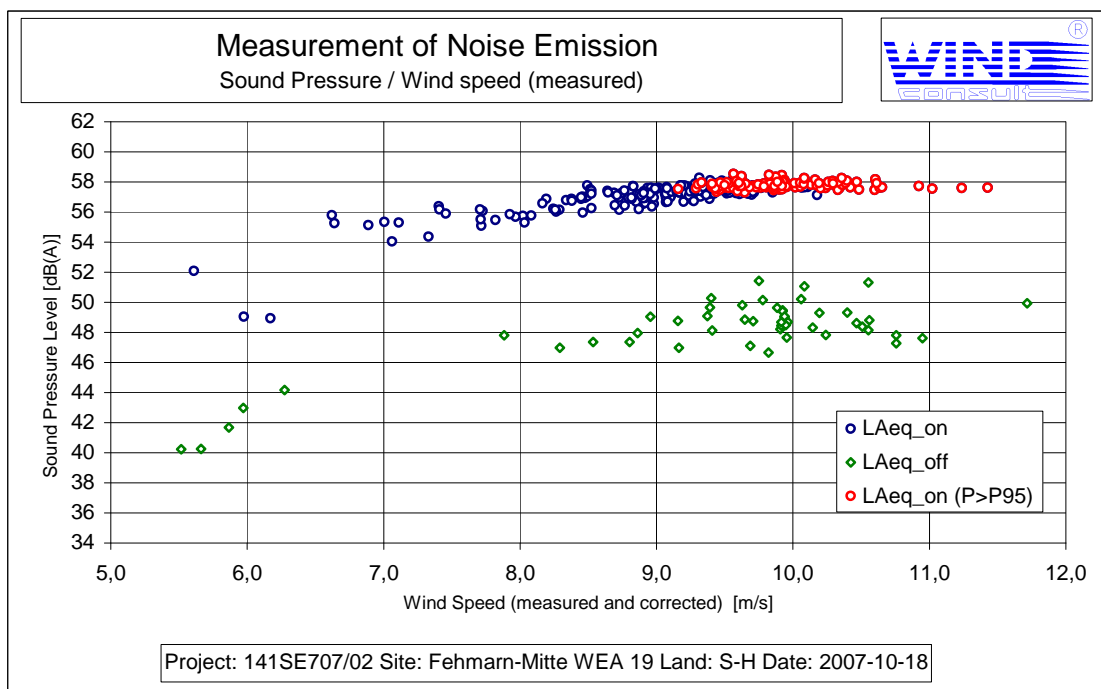
Der Schalleistungspegel der WEA wird mit der Entfernung Schallquelle - Messposition ( $R_i$ , vgl. **Tab. 1**, Abschnitt 3) nach /2/ errechnet:

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

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.

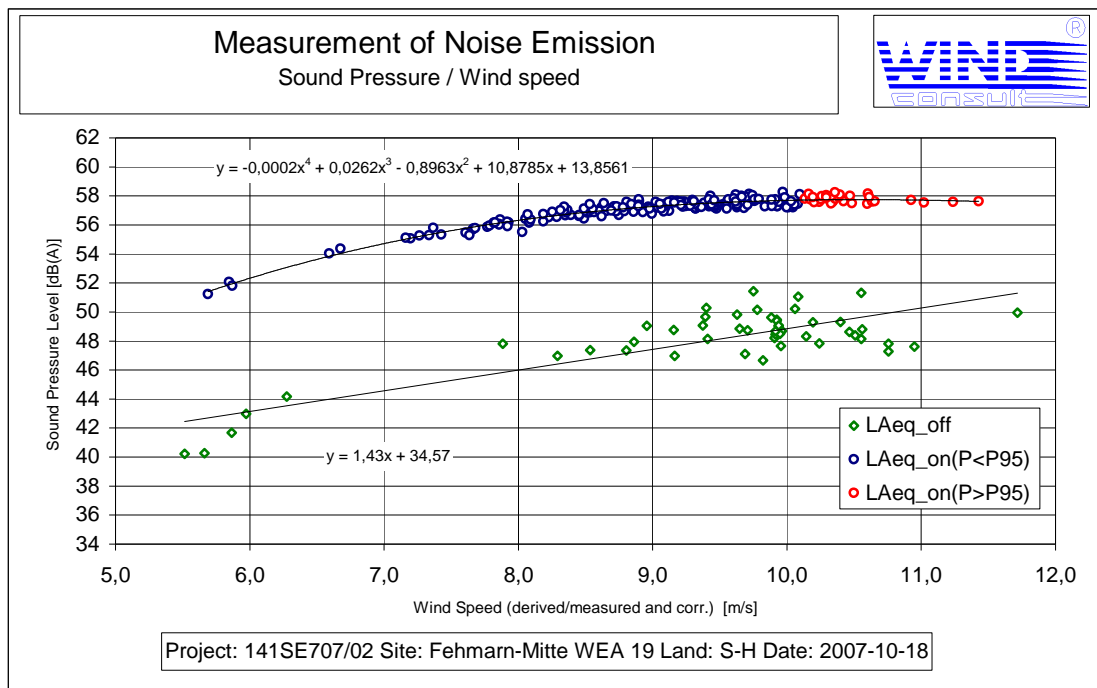


**Abb. 2:** A-bewerteter Schalldruckpegel als Funktion der Wirkleistung (1-Minuten-Mittelwerte)



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





**Abb. 4:** A-bewerteter Schalldruckpegel als Funktion der berechneten/gemessenen und korrigierten Windgeschwindigkeit für 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:

**Tab. 3:** Ergebnisse Schallleistungspegel-Bestimmung

Standardisierte Windgeschwindigkeit	$\text{ms}^{-1}$	6	7	8	9	10
Referenz-Wirkleistung <sup>1)</sup>	kW	663	1056	1536	1938	2165
Rotordrehzahl	$\text{min}^{-1}$	17,0	19,0	20,1	20,5	20,8
Anlagengeräusch						
Anzahl Messwerte (1 Min) je Windklasse		3	8	40	80	76
Mittelwert $L_{A\text{Feq}}$	dB(A)	52,3	54,7	56,3	57,3	57,7
Fremdgeräusch						
Anzahl Messwerte (1 Min) je Windklasse		5	0	2	10	26
Mittelwert $L_{A\text{Feq}}$	dB(A)	43,1	44,6	46,0	47,4	48,8
Schallleistungspegel						
Störabstand	dB	9,2	10,1	10,3	9,9	8,9
Unsicherheit $U_c$		0,79	0,77	0,78	0,78	0,79
Mittelwert $L_{A\text{Feq}, k}$	dB(A)	51,8	54,3	55,9	56,8	57,1
<b>Schallleistungspegel <math>L_{WA, [P]}</math></b>	<b>dB(A)</b>	<b>98,6</b>	<b>101,1</b>	<b>102,8</b>	<b>103,7</b>	<b>104,0</b>

1) Ermittlungsbasis: Leistungskurve, die der Ermittlung des Schallleistungspegels zugrunde liegt (vgl. Anlage 5).

#### 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 mögliche Richtwirkung der Schallquelle wurden nicht durchgeführt.

Subjektiv war eine erhöhte seitliche Abstrahlung nicht feststellbar.

#### 4.6 Impulshaltigkeit

Subjektiv war das Anlagengeräusch nicht impulshaltig. Aufgrund dessen wird hier **kein** Impulszuschlag vergeben. Die erfassten Taktmaximalpegel ( $L_{AFT}$ ) wurden dementsprechend nicht weiter ausgewertet.

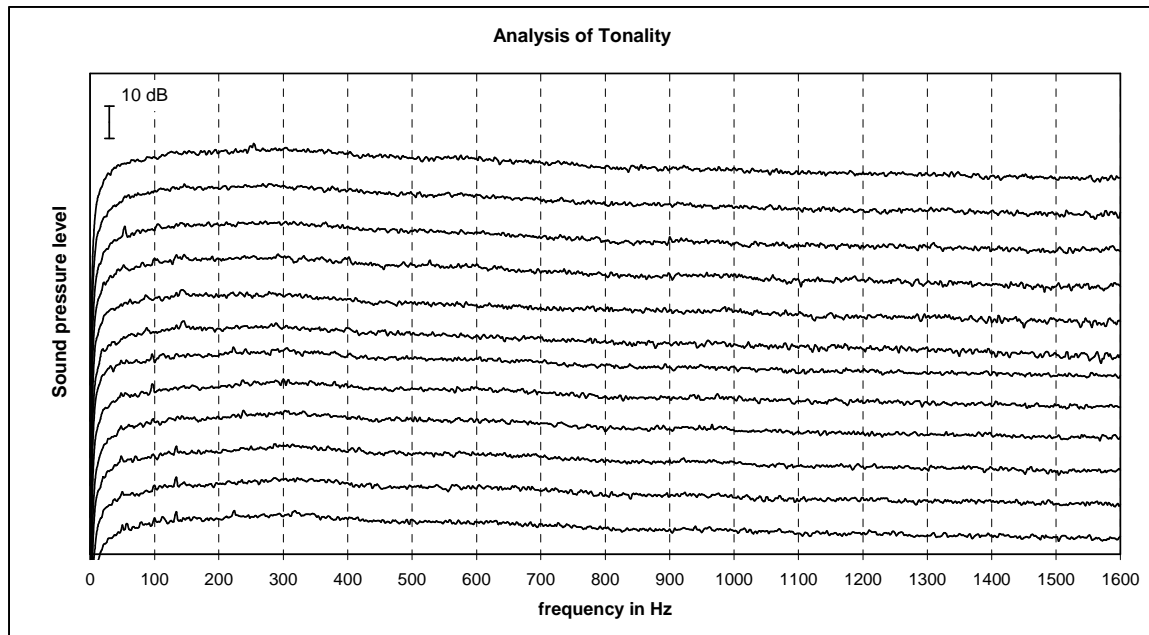
#### 4.7 Tonhaltigkeit im Nahbereich

Die Prüfung und Bewertung der Tonhaltigkeit der Anlagengeräusche erfolgt gemäß /1/. Dabei werden aus den A-bewerteten Spektren die Pegeldifferenzen  $\Delta L$  nach /2/ bestimmt. Aus den ermittelten Pegeldifferenzen  $\Delta L$  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: 141S0E707/02  
 Location: Fehmarn-Mitte  
 WTGS-Type: 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	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134
Effective analysis bandwidth	df	Hz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Critical bandwidth	dfc	Hz	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Lower frequency	f1	Hz	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
Upper frequency	f2	Hz	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185
average of all masking lines	Lpn,avg,c	dB	26,0	26,8	26,8	27,5	26,6	26,3	23,4	23,6	25,5	26,3	29,2	30,5
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,c	dB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Masking noise level	Lpn	dB	41,3	42,1	42,1	42,8	41,9	41,6	38,7	38,8	40,7	41,6	44,4	45,8
Criteria difference	$\Delta L_{tn}$	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	$\Delta L_a$	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  $U_{c,tonality}$  0,0 dB

Energetic average of  $\Delta L_{tn}$  -15,3 dB

Energetic average of  $\Delta L_a$  -13,3 dB

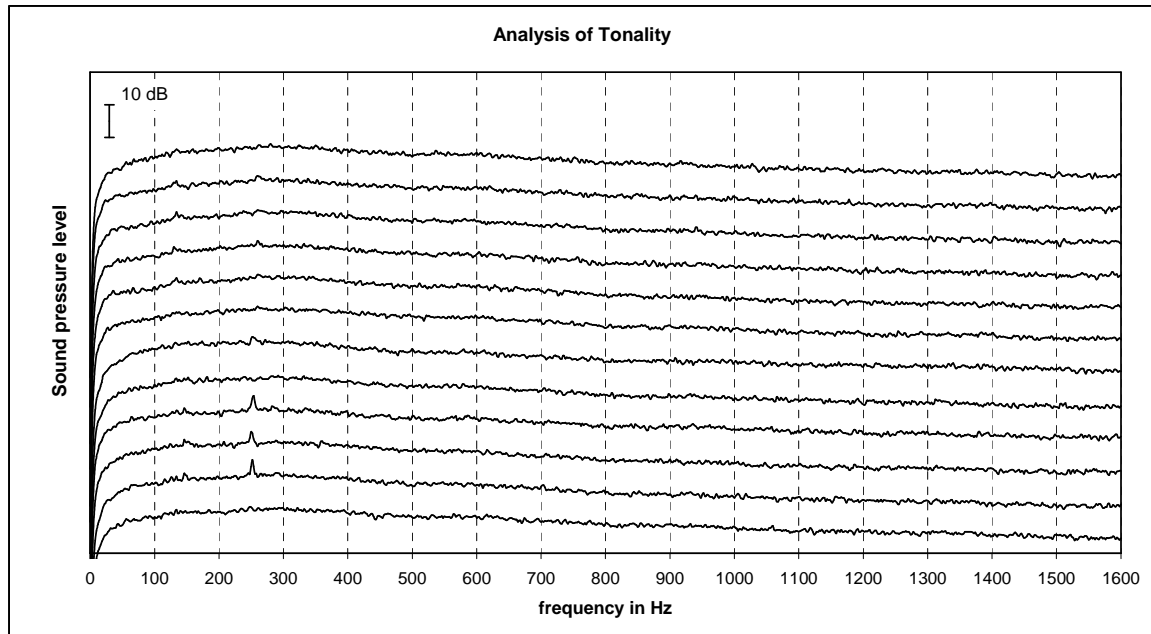
Der Tonzuschlag wird aus den  $\Delta L_a$  nach /2/ gemäß /3/,Tab.1 unter Berücksichtigung der Seitenbänder für den Pegel mit der höchsten Tonenergie bestimmt.

mittleres $\Delta L_a$ der Spektren	$\Delta L_a$	-13,3
Tonzuschlag	KT	0

**Abb. 5:** Berechnung Tonalität für den Referenzpunkt  $v_{10} \approx 6 \text{ ms}^{-1}$  in 10 m ü.G.

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

Project: 141S0E707/02  
 Location: Fehmarn-Mitte  
 WTGS-Type: 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	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252
Effective analysis bandwidth	df	Hz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Critical bandwidth	dfc	Hz	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
Lower frequency	f1	Hz	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Upper frequency	f2	Hz	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305
average of all masking lines	Lpn,avg,c	dB	30,3	31,6	31,6	32,1	31,1	33,8	33,7	32,9	32,5	32,8	32,7	33,0
10log(fc/f)	-	-	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4
Level of tone	Lpt,c	dB	-	43,0	40,2	42,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Masking noise level	Lpn	dB	45,8	47,0	47,1	47,6	46,5	49,2	49,1	48,3	47,9	48,2	48,2	48,4
Criteria difference	$\Delta L_{tn}$	dB	-15,4	-4,0	-6,8	-5,5	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4
Audibility criterion	La	dB	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1
Tonal audibility	$\Delta L_a$	dB	-13,4	-1,9	-4,8	-3,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4
Penalty of tonal audibility /3,Tab.1/	KTi	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

Energetic average of  $\Delta L_{tn}$  -10,2 dB

Energetic average of  $\Delta L_a$  -8,1 dB

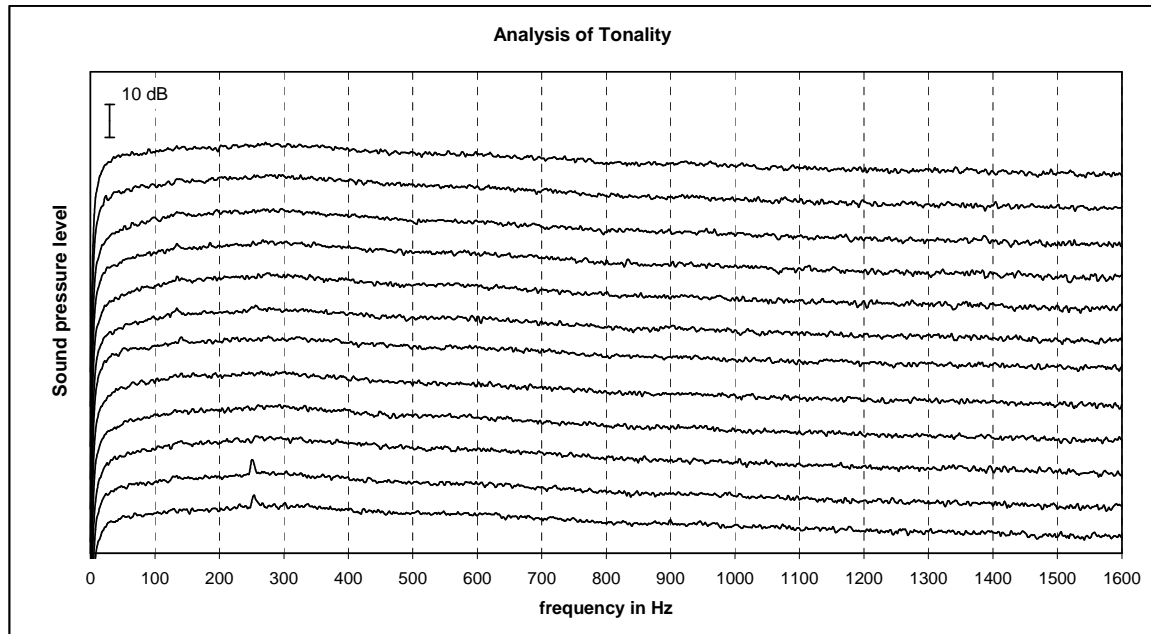
Der Tonzuschlag wird aus den  $\Delta L_a$  nach /2/ gemäß /3/,Tab.1 unter Berücksichtigung der Seitenbänder für den Pegel mit der höchsten Tonenergie bestimmt.

mittleres  $\Delta L_a$  der Spektren  $\Delta L_a$  -8,1  
 Tonzuschlag KT 0

**Abb. 6:** Berechnung Tonalität für den Referenzpunkt  $v_{10} \approx 7 \text{ ms}^{-1}$  in 10 m ü.G.

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

Project: 141S0E707/02  
 Location: Fehmarn-Mitte  
 WTGS-Type: 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	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254
Effective analysis bandwidth	df	Hz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Critical bandwidth	dfc	Hz	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
Lower frequency	f1	Hz	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202
Upper frequency	f2	Hz	307	307	307	307	307	307	307	307	307	307	307	307
average of all masking lines	Lpn,avg,c	dB	33,3	32,8	34,3	33,6	34,3	35,7	33,3	34,2	34,1	34,0	35,1	34,4
10log(fc/f)	-	-	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4
Level of tone	Lpt,c	dB	41,5	44,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Masking noise level	Lpn	dB	48,7	48,2	49,8	49,0	49,8	51,1	48,7	49,6	49,6	49,4	50,5	49,8
Criteria difference	$\Delta L_{tn}$	dB	-7,3	-3,9	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4
Audibility criterion	La	dB	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1
Tonal audibility	$\Delta L_a$	dB	-5,2	-1,9	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4
Penalty of tonal audibility /3,Tab.1/	KTi	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

Energetic average of  $\Delta L_{tn}$  -11,4 dB  
 Energetic average of  $\Delta L_a$  -9,3 dB

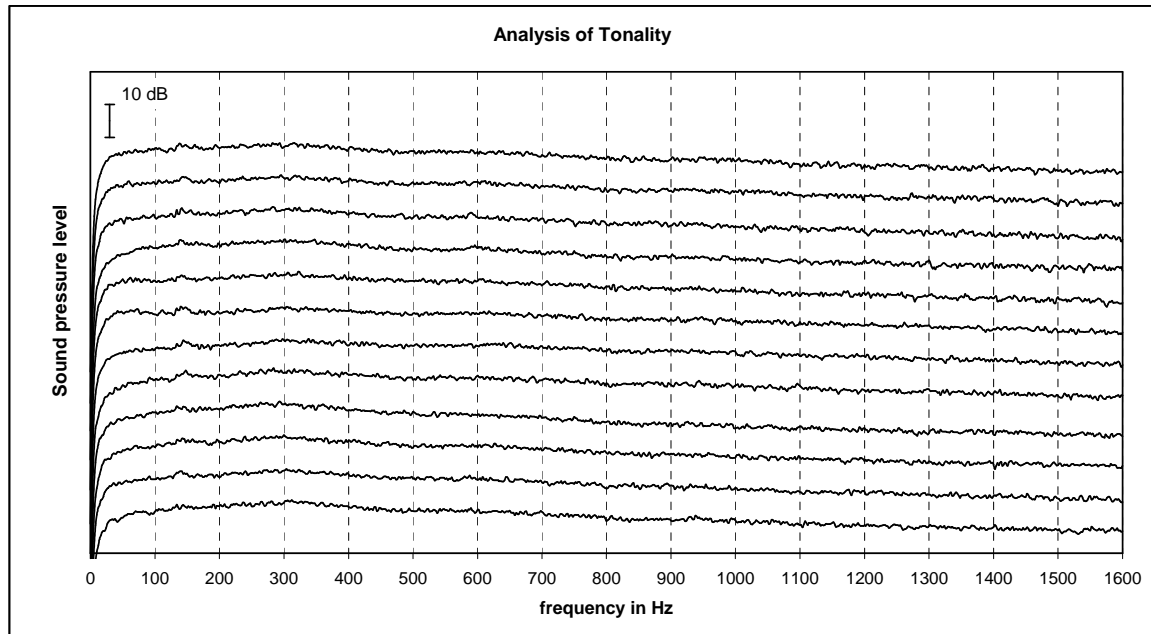
Der Tonzuschlag wird aus den  $\Delta L_a$  nach /2/ gemäß /3/,Tab.1 unter Berücksichtigung der Seitenbänder für den Pegel mit der höchsten Tonenergie bestimmt.

mittleres  $\Delta L_a$  der Spektren  $\Delta L_a$  -9,3  
 Tonzuschlag KT 0

**Abb. 7:** Berechnung Tonhaltigkeit für den Referenzpunkt  $v_{10} \approx 8 \text{ ms}^{-1}$  in 10 m ü.G.

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

Project: 141S0E707/02  
 Location: Fehmarn-Mitte  
 WTGS-Type: 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	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252	252
Effective analysis bandwidth	df	Hz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Critical bandwidth	dfc	Hz	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
Lower frequency	f1	Hz	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Upper frequency	f2	Hz	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305
average of all masking lines	Lpn,avg,c	dB	34,6	33,9	34,6	35,2	33,2	33,2	34,2	34,9	34,3	34,0	34,1	
$10\log(f_c/f)$	-	-	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4
Level of tone	Lpt,c	dB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Masking noise level	Lpn	dB	50,0	49,4	50,0	50,7	50,6	48,6	48,6	49,7	50,4	49,7	49,4	49,5
Criteria difference	$\Delta L_{tn}$	dB	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4	-15,4
Audibility criterion	La	dB	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1
Tonal audibility	$\Delta L_a$	dB	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4	-13,4
Penalty of tonal audibility /3,Tab.1/	KTi	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

Energetic average of $\Delta L_{tn}$	-15,4	dB
Energetic average of $\Delta L_a$	-13,4	dB

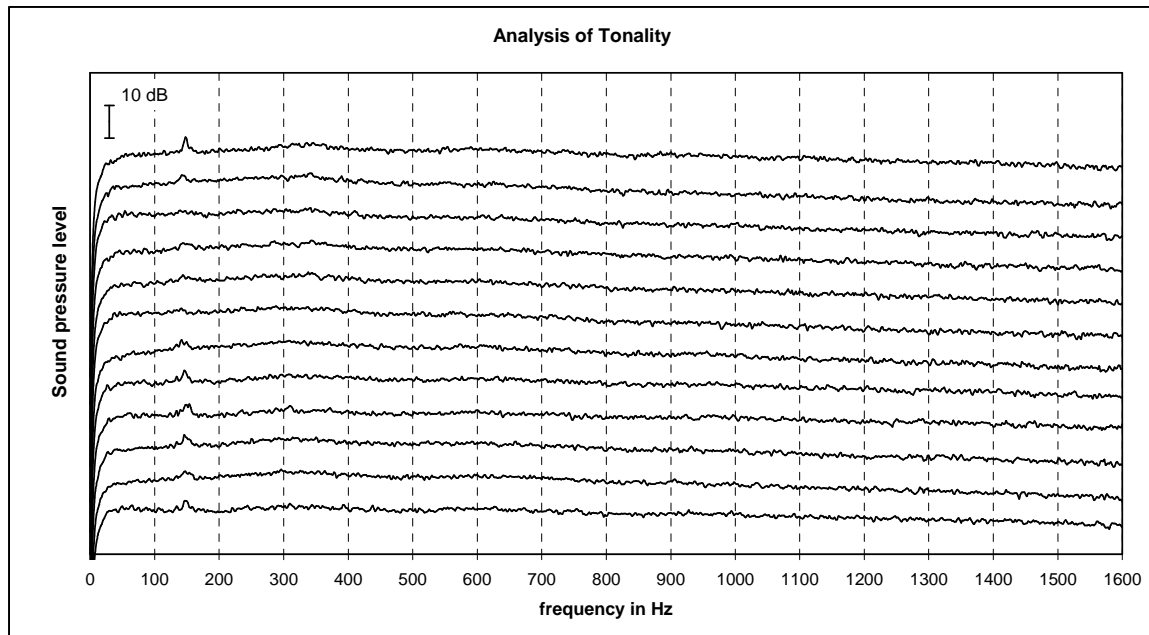
Der Tonzuschlag wird aus den  $\Delta L_a$  nach /2/ gemäß /3/,Tab.1 unter Berücksichtigung der Seitenbänder für den Pegel mit der höchsten Tonenergie bestimmt.

mittleres $\Delta L_a$ der Spektren	$\Delta L_a$	-13,4
<b>Tonzuschlag</b>	<b>KT</b>	<b>0</b>

**Abb. 8:** Berechnung Tonhaltigkeit für den Referenzpunkt  $v_{10} \approx 9 \text{ ms}^{-1}$  in 10 m ü.G.

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

Project: 141S0E707/02  
 Location: Fehmarn-Mitte  
 WTGS-Type: 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	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
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	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
Upper frequency	f2	Hz	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203
average of all masking lines	Lpn,avg,c	dB	31,1	31,1	31,0	29,1	29,7	30,8	32,6	32,1	32,0	32,8	33,0	30,4
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,c	dB	40,7	-	38,1	40,6	38,5	-	-	-	-	-	-	42,3
Masking noise level	Lpn	dB	46,5	46,4	46,3	44,4	45,0	46,1	47,9	47,4	47,3	48,1	48,3	45,7
Criteria difference	$\Delta L_{tn}$	dB	-5,8	-15,3	-8,2	-3,7	-6,4	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-15,3	-3,4
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	$\Delta L_a$	dB	-3,8	-13,3	-6,2	-1,7	-4,4	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-13,3	-1,4
Penalty of tonal audibility /3,Tab.1/	KTi	dB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

Energetic average of  $\Delta L_{tn}$  -8,4 dB

Energetic average of  $\Delta L_a$  -6,4 dB

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

mittleres $\Delta L_a$ der Spektren	$\Delta L_a$	-6,4
Tonzuschlag	KT	0

**Abb. 9:** Berechnung Tonhaltigkeit für den Referenzpunkt  $v_{10} \approx 10$  ms<sup>-1</sup> in 10 m ü.G.

## **5 Abweichungen zur Richtlinie**

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

1. 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.
2. Ein der Wirkleistung proportionales analoges Signal wurde durch den Hersteller bereitgestellt und für die Messung verwendet.
3. Für die Auswertung wurde nach Herstellervorgaben eine berechnete Leistungskurve verwendet (vgl. Anlage 5).



## 6 Zusammenfassung

Am 18.10.2007 wurde die WEA Nr. 19 des Typs ENERCON E-70 E4 mit einer Nennleistung von 2300 kW und einer Nabenhöhe von  $h_N = 64$  m am Standort *Windpark Fehmarn-Mitte (Schleswig-Holstein)* 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.

**Tab. 4:** Ergebnisübersicht

Standardisierte Windgeschwindigkeit	$\text{ms}^{-1}$	6	7	8	9	10
Elektrische Wirkleistung <sup>1)</sup>	kW	663	1056	1536	1938	2165
Tonhaltigkeit (mit $\Delta L$ nach /2/) $K_{TN}$	dB	0	0	0	0	0
Impulshaltigkeit $K_{IN}$	dB	0	0	0	0	0
Unsicherheit $U_c$	dB(A)	0,79	0,77	0,78	0,78	0,79
<b>Schallleistungspegel <math>L_{WA, P}</math></b>	<b>dB(A)</b>	<b>98,6</b>	<b>101,1</b>	<b>102,8</b>	<b>103,7</b>	<b>104,0</b>

1) Ermittlungsbasis: Leistungskurve, die der Ermittlung des Schallleistungspegels zugrunde liegt (vgl. Anlage 5).

Die A-bewerteten Schallleistungsspektren sind in Anlage 6 dargestellt.

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

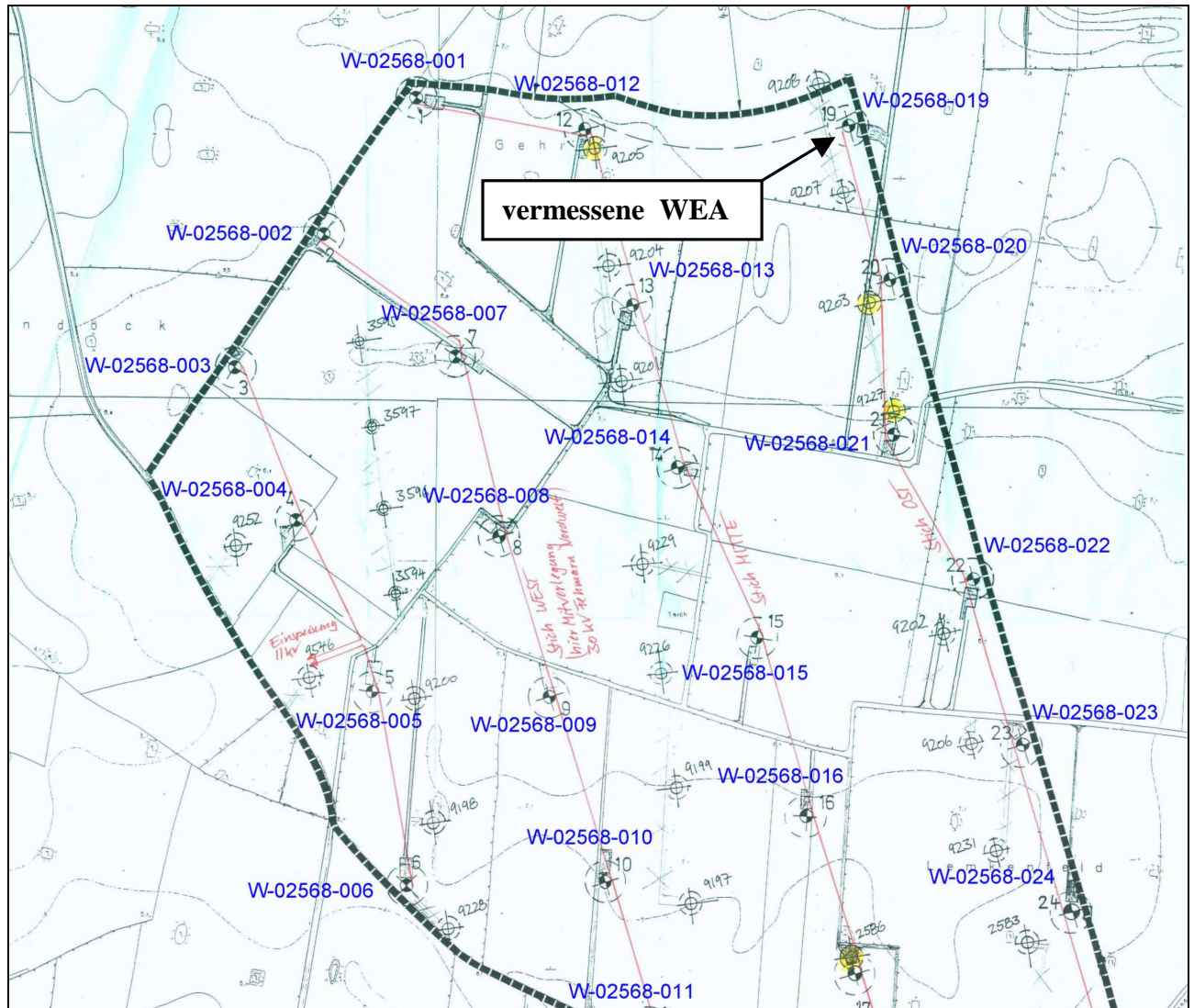
Bezeichnung	Symbol	Einheit
Turmdurchmesser (Turmfuß)	$b_f$	m
Linienabstand	$\Delta f$	Hz
Bandbreite der Frequenzgruppe	$\Delta f_c$	Hz
Tonpegeldifferenz	$\Delta L_a$	dB
Rotordurchmesser	$d_R$	m
relative Luftfeuchte	$F$	%
untere Grenzfrequenz der Gruppe	$f_1$	Hz
obere Grenzfrequenz der Gruppe	$f_2$	Hz
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	$\rho$	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 <sup>-1</sup>
Referenzwindgeschwindigkeit in x m über Grund	$v_{x, ref.}$	ms <sup>-1</sup>

## Verzeichnis der verwendeten Literatur

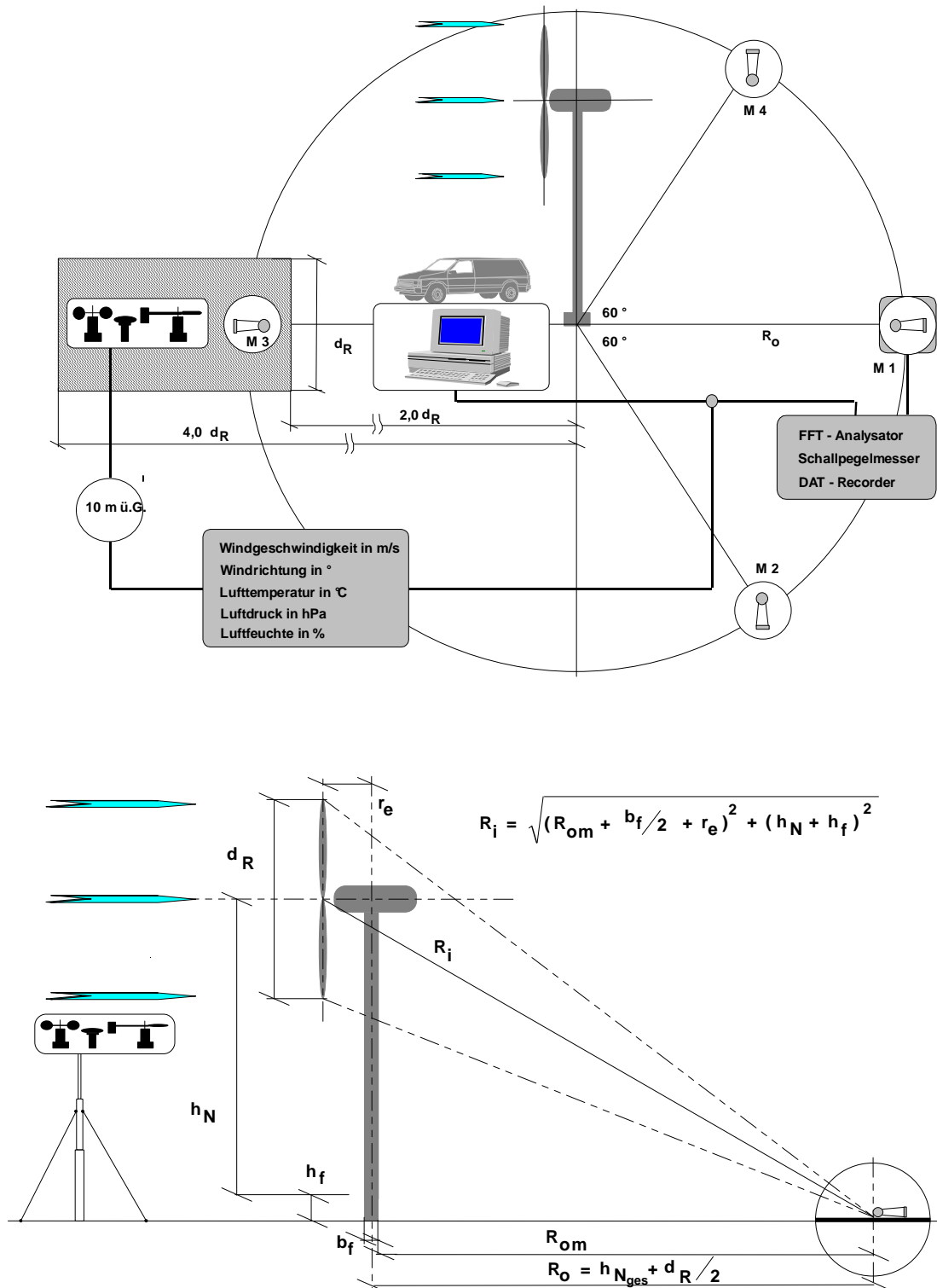
- /1/ FÖRDERGESELLSCHAFT WINDENERGIE E.V. (FGW): *Technische Richtlinien für Windenergieanlagen*. Rev. 17, Stand 01.07.2006. Kiel (D)
- /2/ *Wind turbine generator systems - Part 11 Acoustic noise measurement techniques*. IEC 61400-11 ed. 2, Geneva (CH) : Central Office of the IEC, 2002
- /3/ DEUTSCHES 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, 2005

## **Anlage 1**

### **Standort - Kartenauszug**



## Anlage 2: Messaufbau



### Anlage 3: Geräte / Messtechnik

Gerätebezeichnung	Serien-Nr.	Hersteller	Inv-Nr.
Clark Hydraulikmast QT 12M/HP mit Zubehör	GK40465	TEKSAM GmbH	0034WC94
Windgeber	1295236	Thies GmbH	0012WC95
Windrichtungsgeber Typ 4312910012	0899046	Thies GmbH	0016WC99
LaserMessgerät LEM 300-GEO		ASTECH GmbH	0022WC96
Datenlogger PM-33-A	0294029	Ammonit	0026WC94
HMP 39D Temp.+ Feuchte	P3230011	VAISALA	0003WC95
Barometer PTB 100 A	P3820025	VAISALA	0005WC95
DAT Recorder TCD-D7		Sony	0001WC95
Schallpegelmesser 2236 F	1810679	Brüel & Kjaer	0004WC94
Akustischer Kalibrator Typ 4231	2175734	Brüel & Kjaer	0004WC99
Messmikrofon Typ 4188	1811431	Brüel & Kjaer	0128WC96
Rechner Laptop, 600 MHz	09N1018316	LIFETEC	0028WC00
DIA Dongle	7969	Gfs	
DAGO Diadem Dongle	4256	Gfs	
Frequenzanalysator 2143 mit Software Dig. Filter	1814549	Brüel & Kjaer	0002WC94
Konvertierungssoftware 5306		Brüel & Kjaer	0027WC94
Single Channel FFT Pr.	5179	Brüel & Kjaer	0025WC94
Wirkleistung	-	ENERCON	-
Rotordrehzahl	-	ENERCON	-
Gondelwindgeschwindigkeit	-	ENERCON	-

Letzte Kalibrierung Schallpegelmesser:	01/06
Nächste Kalibrierung Schallpegelmesser:	12/07
Letzte Kalibrierung Akustischer Kalibrator:	01/06
Nächste Kalibrierung Akustischer Kalibrator:	12/07

## **Anlage 4**

**Herstellerbescheinigung  
(Quelle: ENERCON GmbH, 17.10.2007)**



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

Datum / date: 17.10.2007

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	63,9 m	hub height above foundation
Nabenhöhe über Grund	64 m	hub height above ground
Nennwindgeschwindigkeit	13,5 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 <sup>2</sup>	swept area
Anzahl der Blätter	3	number of blades
Nabenart (pendelnd/starr)	starr	kind of hub
Anordnung zum Turm (luv/lee)	luv	relative position to tower (wind-/leeward)
Nennndrehzahl / -bereich	6–21 min <sup>-1</sup> (Betrieb II)	rated speed / speed range
Auslegungsschnellaufzahl	-	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
Profile innen/außen	ENERCON	blade section inside / outside
Material	GFK (Epoxidharz)	material
Blattlänge	33,3 m	blade length
Profiltiefe 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 <sup>-1</sup> (Betrieb II)	rated speed / speed range
Spannung	440 V	voltage
Frequenz	variabel	frequency
Nennschlupf	entfällt	rated slip

Seite 1 von 2  
page 1 of 2

7. Turm		Tower
Hersteller	EWP	manufacturer
Typenbezeichnung	E-70 E4/S/63/3F/02	type
Ausführung (Gitter/Rohr, zyl./kon.)	Rohrturm	design (lattice/tube, cylin./tapered)
Werkstoff	Stahl	material
Länge	62,85 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	ENERCON	- 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	mains protective manufacturer
- Typenbezeichnung	E-70 E4	- type
- Einstellbereiche:		- adjustment range:
Spannungssteigerungsschutz	106,5%, 89 ms	overvoltage protection
Spannungsrückgangsschutz	80%, 89 ms	undervoltage protection
Frequenzsteigerungsschutz	50,5 Hz, 101 ms	overfrequency protection
Frequenzrückgangsschutz	49,5 Hz, 104 ms	underfrequency protection
Oberschwingungsfilter (ja/nein)	ja	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

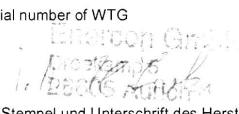
  

11. Typenprüfung		Type approval
Prüfbehörde	TÜV Süddeutschland	testing authority
Aktenzeichen	517 342	reference

12. Informativer Teil		Site Information
Standort der vermessenen WEA	23769 Fehmarn-Mitte	location of measured WTG
Koordinaten des Standortes	GK RW: 44.42.701 GK HW: 60.40.496	coordinate of location
Seriennummer der WEA	78793	serial number of WTG



Stempel und Unterschrift des Herstellers  
stamp and signature of the manufacturer

Der Hersteller der Windenergieanlage bestätigt, dass die WEA, deren elektrische Eigenschaften in dem Prüfbericht Nr. WT5212/06 abgebildet sind, hinsichtlich ihrer technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.  
The manufacturer of the wind turbine generator system confirms that the WTG whose grid compatibility is measured and depicted in the test report WT3982/05 is identical with the above entries with regard to its technical data.

## **Anlage 5**

### **Leistungskurve**

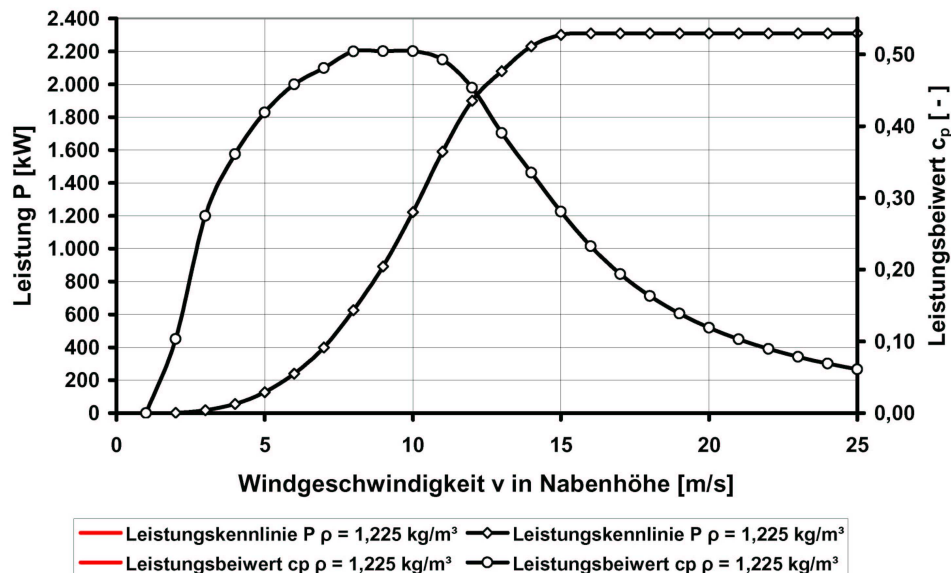
## Leistungskennlinie E-70 E4

(in Abhängigkeit der Luftdichte)



Wind [m/s]	Standardluftdichte $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$		Veränderte Luftdichte $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$	
	Leistungskennlinie P $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$	Leistungsbeiwert $c_p$ $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$	Leistungskennlinie P $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$	Leistungsbeiwert $c_p$ $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$
	[kW]	[-]	[kW]	[-]
1	0,0	0,00	0,0	0,00
2	2,0	0,10	2,0	0,10
3	18,0	0,27	18,0	0,27
4	56,0	0,36	56,0	0,36
5	127,0	0,42	127,0	0,42
6	240,0	0,46	240,0	0,46
7	400,0	0,48	400,0	0,48
8	626,0	0,50	626,0	0,50
9	892,0	0,50	892,0	0,50
10	1.223,0	0,50	1.223,0	0,50
11	1.590,0	0,49	1.590,0	0,49
12	1.900,0	0,45	1.900,0	0,45
13	2.080,0	0,39	2.080,0	0,39
14	2.230,0	0,34	2.230,0	0,34
15	2.300,0	0,28	2.300,0	0,28
16	2.310,0	0,23	2.310,0	0,23
17	2.310,0	0,19	2.310,0	0,19
18	2.310,0	0,16	2.310,0	0,16
19	2.310,0	0,14	2.310,0	0,14
20	2.310,0	0,12	2.310,0	0,12
21	2.310,0	0,10	2.310,0	0,10
22	2.310,0	0,09	2.310,0	0,09
23	2.310,0	0,08	2.310,0	0,08
24	2.310,0	0,07	2.310,0	0,07
25	2.310,0	0,06	2.310,0	0,06

Kennlinien E-70 E4 mit Standardluftdichte



Kennlinie E70 E4 2.3 MW berechnet Rev 1\_2.xls

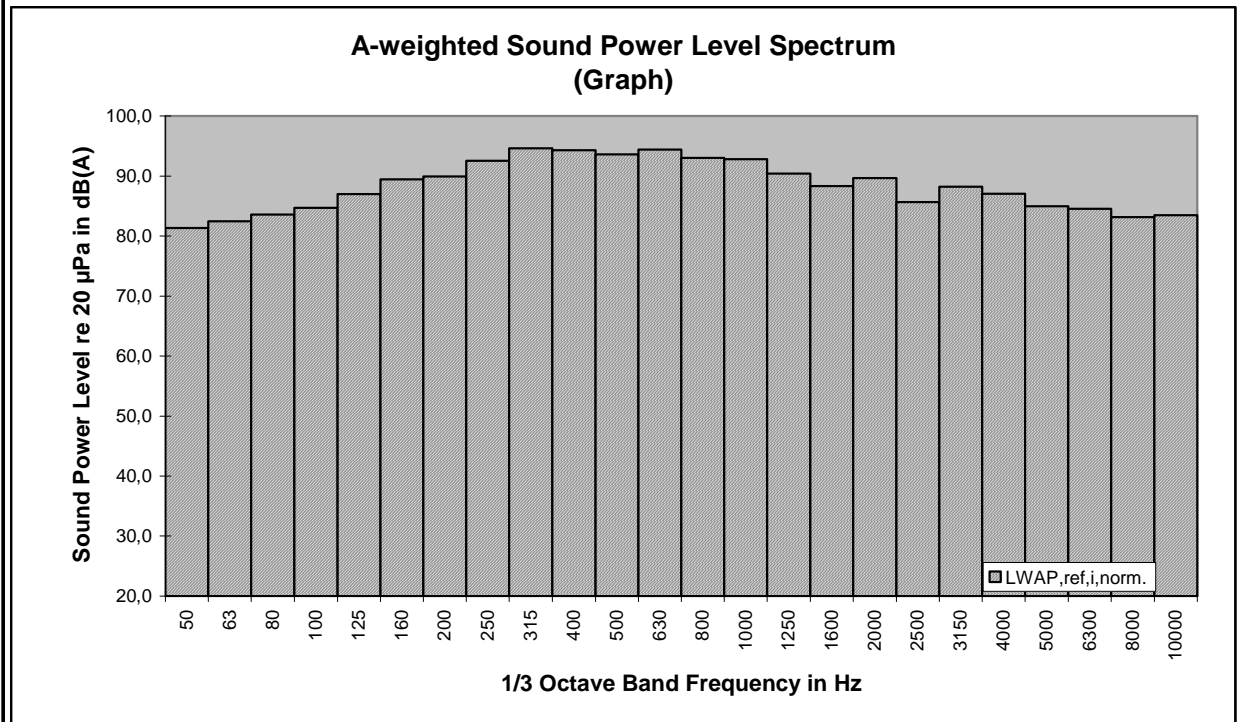
Rev.: 1.2

Gedruckt am: 16.01.2008

## **Anlage 6**

### **Terzspektrum**

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

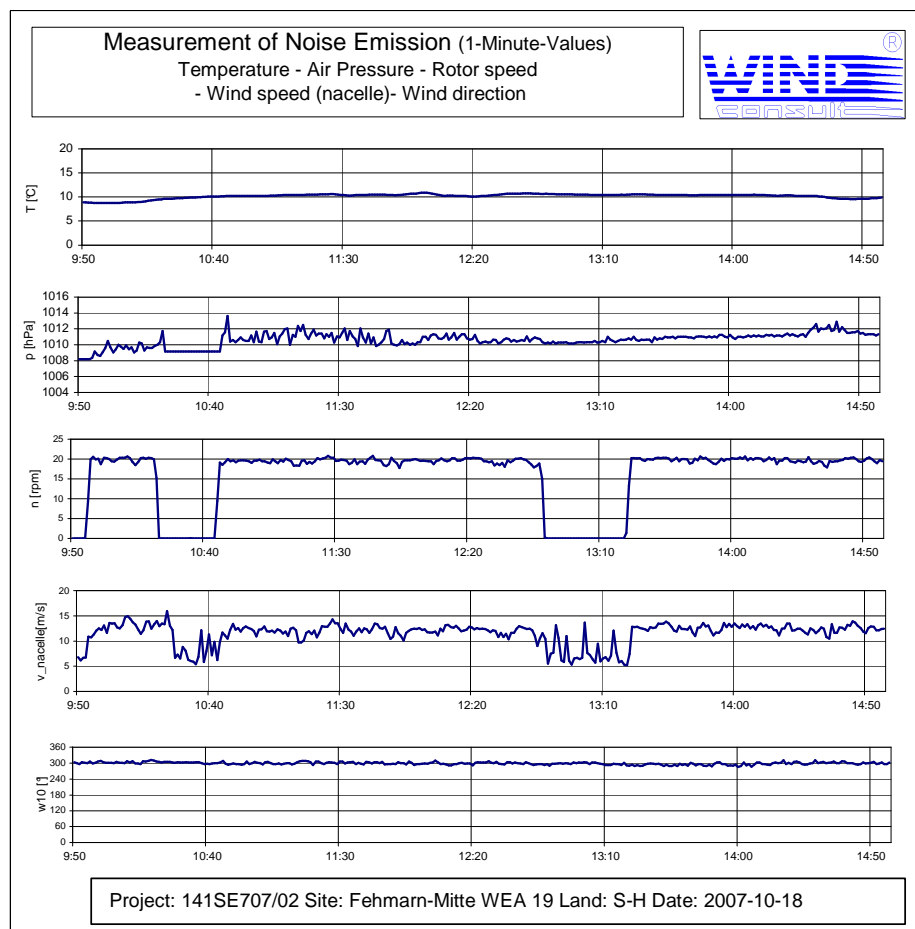
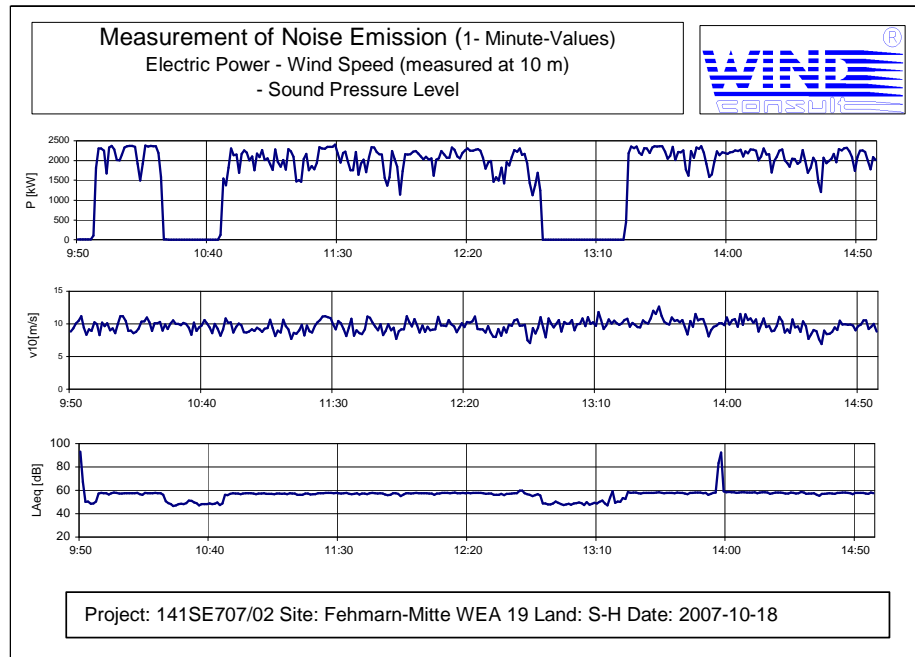


**A-weighted Sound Power Level Spectrum  
(Table)**

1/3 Octave Band Frequency Hz	Sound Power Level dB(A)	1/3 Octave Band Frequency Hz	Sound Power Level dB(A)
50	81,3	800	93,0
63	82,5	1000	92,8
80	83,6	1250	90,4
100	84,7	1600	88,3
125	87,0	2000	89,7
160	89,5	2500	85,7
200	89,9	3150	88,2
250	92,5	4000	87,1
315	94,6	5000	85,0
400	94,3	6300	84,5
500	93,6	8000	83,2
630	94,4	10000	83,5
<b>Total:</b>			<b>104,0</b>

## **Anlage 7**

### **Zeitreihe der Urdaten**



**Abb. 10:** Zeitverlauf der Urdaten im 1-Minuten-Mittel, 18.10.2007



## **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. 17 vom 01. Juli 2006 (Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie e. V., Stresemannplatz. 4, D-24103 Kiel)

Auszug aus dem Prüfbericht WICO 141SE707/02  
zur Schallemission der Windenergieanlage vom Typ ENERCON E-70 E4 2,3 MW

Allgemeine Angaben							Technische Daten (Herstellerangaben)											
Anlagenhersteller:		ENERCON GmbH					Nennleistung (Generator):		2300 kW									
		Dreekamp 5							Rotordurchmesser:					71 m				
		D-26605 AURICH							Nabenhöhe über Grund:					64,00 m				
Seriennummer:		78793					Turmbauart:		kon. Stahlrohrturm									
WEA-Standort (ca.):		RW: 4442701 HW: 6040496					Leistungsregelung:		Pitch/Stall/Aktiv-Stall									
Ergänzende Daten zum Rotor (Herstellerangaben)							Erg. Daten zu Getriebe und Generator (Herstellerangaben)											
Rotorblatthersteller:		ENERCON GmbH					Getriebehersteller:		entfällt									
		Typenbezeichnung Blatt:							70-4									
		Blatteinstellwinkel:							Variabel									
Rotorblattanzahl		3					Typenbezeichnung Generator:		E-70									
Rotornenndrehzahl/-bereich:		6 - 21 U/min (Betrieb II)					Generatorenndrehzahl:		6 - 21 U/min (Betrieb II)									
Leistungskurve: „Leistungskennlinie E-70 E4“ (berechnete Kurve, Herstellerangabe)																		
			Referenzpunkt				Schallemissions-Parameter				Bemerkungen							
			Standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe		Elektrische Wirkleistung													
Schalleistungs-Pegel $L_{WA,P}$			6 ms <sup>-1</sup>		663 kW		98,6 dB(A)											
			7 ms <sup>-1</sup>		1056 kW		101,1 dB(A)											
			8 ms <sup>-1</sup>		1536 kW		102,8 dB(A)											
			9 ms <sup>-1</sup>		1938 kW		103,7 dB(A)											
			10 ms <sup>-1</sup>		2165 kW		104,0 dB(A)											
Tonzuschlag für den Nahbereich $K_{TN}$			6 ms <sup>-1</sup>		663 kW		0 dB bei - Hz											
			7 ms <sup>-1</sup>		1056 kW		0 dB bei - Hz											
			8 ms <sup>-1</sup>		1536 kW		0 dB bei - Hz											
			9 ms <sup>-1</sup>		1938 kW		0 dB bei - Hz											
			10 ms <sup>-1</sup>		2165 kW		0 dB bei - Hz											
Impulszuschlag für den Nahbereich $K_{IN}$			6 ms <sup>-1</sup>		663 kW		0 dB											
			7 ms <sup>-1</sup>		1056 kW		0 dB											
			8 ms <sup>-1</sup>		1536 kW		0 dB											
			9 ms <sup>-1</sup>		1938 kW		0 dB											
			10 ms <sup>-1</sup>		2165 kW		0 dB											
Terz-Schalleistungspegel Referenzpunkt $v_{10} = 10,0 \text{ ms}^{-1}$ in dB(A)																		
Frequenz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630						
$L_{WA,P}$	81,3	82,5	83,6	84,7	87,0	89,5	89,9	92,5	94,6	94,3	93,6	94,4						
Frequenz	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000						
$L_{WA,P}$	93,0	92,8	90,4	88,3	89,7	85,7	88,2	87,1	85,0	84,5	83,2	83,5						
Oktav-Schalleistungspegel Referenzpunkt $v_{10} = 10,0 \text{ ms}^{-1}$ in dB(A)																		
Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000										
$L_{WA,P}$	87,3	92,3	97,5	98,9	97,0	93,0	91,7	88,5										

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht gilt nur in Verbindung mit der Herstellerbescheinigung vom 17.10.2007. Die Angaben ersetzen nicht den o. g. Prüfbericht (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen).  
Bemerkungen:

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



*H. Reichelt*

*W. Wilke*

Datum: 24.01.2008



Unterschrift  
Dipl.-Ing. (FH) H.Reichelt    Unterschrift  
Dipl.-Ing. W.Wilke

Das PDF-Dokument wurde elektronisch unterschrieben.

DAP-PL-2756.00