Sonne + Wind

Energie mit System

SOLvent

Planungsbüro für regenerative Energietechnik

Mitglied des Planerbeirates im Bundesverband WindEnergie e.V.

SOLvent, Planungsbüro, Lünener Str. 211, 59174 Kamen, Tel.: 02307/2400-63, Fax: 2400-66

BBG Illerich Windkraftanlagen GmbH & Co KG
Trierer Str. 13

56759 Kaisersesch

[Ihre Zeichen/Ihre Nachricht vom]	[Unsere Zeichen/Unsere Nachricht vom]	Telefon	Tag
	JW	240063	30.04.2008

Errichtung einer Windenergieanlage Enercon E-53 NH 73,3 m in Hambuch
hier: Schallimmissionen auf die benachbarte Wohnbebauung im Vergleich zu einer genehmigten Windenergieanlage ENERCON E-40/6.44 NH 78m

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit Datum vom 04.03.2008 ist Ihnen die Errichtung einer Windenergieanlage des Typs Enercon E40/6.44 NH 78m auf dem Standort Hambuch, (Gemarkung Hambuch, Flur 300; FlurSt. 10) genehmigt worden. Innerhalb der Immissons- und arbeitsschutzrechtlichen Nebenbestimmungen dieser Genehmigung, sind Ihnen fünf Auflagen bzgl. Lärm gemacht worden.

Am 26.02.2008 haben Sie mich mit der Untersuchung beauftragt, ob auch eine Windenergieanlage des Typs Enercon E-53 NH 73,3m, an Stelle der genehmigten Enercon E40/6.44 NH 78m, die Nebenbestimmungen erfüllen kann.

Nachfolgend finden Sie hierzu meine Stellungnahme:

Genehmigter Schallleistungspegel 101 dB(A)

Für Windenergieanlagen des Typs Enercon E53 liegt ein Vermessungsbericht der Firma Müller BBM GmbH; Gelsenkirchen (Prüfbericht M69 915/2 vom 10.04.2007) vor. In diesem Prüfbericht wird die lauteste Betriebsweise mit 100,9 dB(A) angegeben.

Dies ist um 0,1 dB(A) leiser als der genehmigte Schallleistungspegel.

Ton und Impulshaltigkeit

Für Windenergieanlagen des Typs Enercon E53 liegt ein Vermessungsbericht der Firma Müller BBM GmbH; Gelsenkirchen (Prüfbericht M69 915/2 vom 10.04.2007) vor. In den Kapiteln 6.7 und 6.8 wird dargestellt, dass die vermessene Windenergieanlage weder tonhaltig noch impulshaltig war.

// 2 //

SOLvent

Planungsbüro für regenerative Energietechnik

Mitglied des Planerbeirates im Bundesverband WindEnergie e.V.

// 2 //

Genehmigte Immissionsanteile (Zusatzbelastung) an den maßgeblichen Immissionsorten

IP 00 Im Hägen 13, Eulgen

Eine Windenergieanlagen des Typs Enercon E-53 NH 73,3m verursacht bei einem Schallleistungspegel von 100,9 dB(A) an diesem Immissionsort eine Zusatzbelastung von 30,8 dB(A). Dieser Wert unterschreitet den genehmigten Wert von 30,9 dB(A) um 0,1 dB(A).

IP 06 Hambucher Str. 9, Eulgem

Eine Windenergieanlagen des Typs Enercon E-53 NH 73,3m verursacht bei einem Schallleistungspegel von 100,9 dB(A) an diesem Immissionsort eine Zusatzbelastung von 30,5 dB(A). Dieser Wert unterschreitet den genehmigten Wert von 30,6 dB(A) um 0,1 dB(A).

IP 08 Hayenbuchenstr. 22, Hambuch

Eine Windenergieanlagen des Typs Enercon E-53 NH 73,3m verursacht bei einem Schallleistungspegel von 100,9 dB(A) an diesem Immissionsort eine Zusatzbelastung von 25,5 dB(A). Dieser Wert unterschreitet den genehmigten Wert von 25,6 dB(A) um 0,1 dB(A).

IP 09 Eulgemer Str. 20, Gamlen

Eine Windenergieanlagen des Typs Enercon E-53 NH 73,3m verursacht bei einem Schallleistungspegel von 100,9 dB(A) an diesem Immissionsort eine Zusatzbelastung von 28,9 dB(A). Dieser Wert unterschreitet den genehmigten Wert von 29,0 dB(A) um 0,1 dB(A).

IP 11 Ackerstr. 16, Zettingen

Eine Windenergieanlagen des Typs Enercon E-53 NH 73,3m verursacht bei einem Schallleistungspegel von 100,9 dB(A) an diesem Immissionsort eine Zusatzbelastung von 29,1 dB(A). Dieser Wert unterschreitet den genehmigten Wert von 29,2 dB(A) um 0,1 dB(A).

IP 12 Schulstr. 11, Hambuch

Eine Windenergieanlagen des Typs Enercon E-53 NH 73,3m verursacht bei einem Schallleistungspegel von 100,9 dB(A) an diesem Immissionsort eine Zusatzbelastung von 30,9 dB(A). Dieser Wert unterschreitet den genehmigten Wert von 31,0 dB(A) um 0,1 dB(A).

Festlegung des Nachtrichtwerts gemäß TA-Lärm 98

Diese Nebenbestimmung ist unabhängig vom genehmigten Windenergieanlagentyp an den maßgeblichen Immissionsorten einzuhalten.

// 3 //

Lünener Str. 211
Tel.: 02307 / 240063
Fax: 02307 / 240066
59174 Kamen

SOLvent
Johannes Waterkamp
http:\\www.solvent.de
email: jw@solvent.de

Hambuch-Schall-E53

Bankverbindung
Städtische Sparkasse Kamen
BLZ: 443 513 80
Kto.-Nr.: 200 22 77

Sonne + Wind

Energie mit System

SOLvent

Planungsbüro für regenerative Energietechnik

Mitglied des Planerbeirates im Bundesverband WindEnergie e.V.

// 3 //

Geräuschspitzen zu Nachtzeit

Die Schallemissionen von Windenergieanlagen des Typs ENERCON E-53 hängen maßgeblich von der Umdrehungszahl des Rotors ab. Diese ändert sich im Normalbetrieb nur kontinuierlich. Geräuschspizen entstehen dabei nicht.

Wird eine Windenergieanlage des Typs ENERCON E-53 abgebremst, werden hierzu die Rotorblätter aus dem Wind gedreht. Der Rotor stoppt aufgrund des entstehende Luftwiderstandes. Besondere Geräuschspitzen entstehen auch hierbei nicht.

Als Fazit ist festzustellen, dass eine Windenergieanlage des Typs Enercon E-53 NH 73,3m die Nebenbestimmungen zum Lärm in der Genehmigung zur Errichtung einer Windenergieanlage des Typs E-40/6.44 NH 78m vom 07.02.2008 für den Standort Hambuch (Gemarkung Hambuch; Flur 3; FlurSt. 10) ebenso erfüllt, wie der genehmigte Anlagentyp. Insbesondere werden die genehmigten Schallimmissionszusatzbelastungen an allen vier angesprochenen Immissionsorten unterschritten.

Um die Belästigung des nächstgelegenen Gebäudes durch bewegtem Schattenwurf zu begrenzen, in der Genehmigung vom 04.03.2008 ist für das Haus **SR 18 Müllerhof, Eulgem** festgelegt worden, dass die genehmigte Windenergieanlage maximal 30 Std. Beschattung pro Jahr bei maximal 30 Minuten pro Tag verursachen darf. Darbüberhinausgehender Schattenwurf ist durch Einbau und Programmierung einer Abschaltautomatik zu verhindern. Diese Auflage kann von einer Windenergieanlage des Typs Enercon E-53 NH 73,3m ebenfalls erfüllt werden, da auch für diesen Typ von der Firma Enercon eine Schattenwurfabschaltung angeboten wird, die in Ihrer Wirkung identisch ist zu derjenigen, die für eine Anlage des Typs Enercon E-40/6.44 angeboten wird..

Mit freundlichen Grüßen

Johannes Waterkamp

Anlage: Zusatzbelastungsberechnung für eine Windenergieanlage Enercon E-53 NH 73,3 m

Prüfberichtbericht Müller BBM GmbH; Gelsenkirchen M69 915/2 vom 10.04.2007

Lünener Str. 211
Tel.: 02307 / 240063
Fax: 02307 / 240066
59174 Kamen

SOLvent
Johannes Waterkamp
http:\\www.solvent.de
email: jw@solvent.de

Hambuch-Schall-E53

Bankverbindung
Städtische Sparkasse Kamen
BLZ: 443 513 80
Kto.-Nr.: 200 22 77

Projekt: **Hambuch**

Beschreibung: 367-03-0215-03.06

Ausdruck/Seite: 30.04.2008 14:07 / 1

Lizenzierter Anwender:
SOLVENT-Planungsbüro für Reg.
Lünener Straße 211
DE-59174 Kamen
+49 2307 240063

Berechnet: 30.04.2008 14:07/2.5.6.79

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Geplante WKA 146 1x E-53 (Zusatzbelastung)

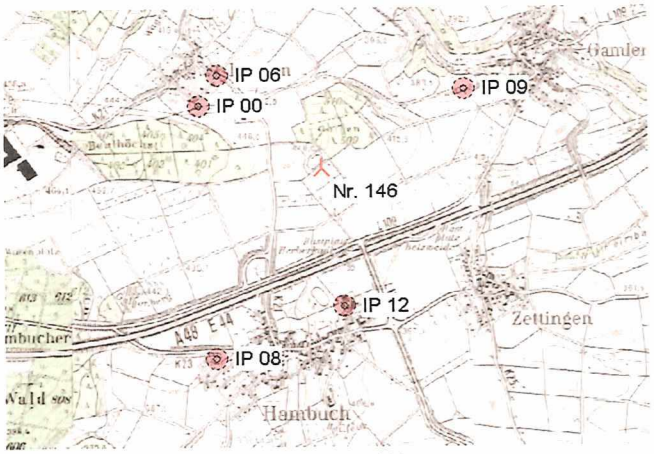
Detaillierte Prognose nach TA-Lärm / DIN ISO 9613-2

Die Berechnung basiert auf der internationalen Norm ISO 9613-2 "Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors"

Windgeschw. in 10 m Höhe: 10,0 m/s
Faktor für Meteorologischen Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die gültigen Nacht-Immissionsrichtwerte sind entsprechend TA-Lärm festgesetzt auf:

Industriegebiet: 70 dB(A)
Dorf- und Mischgebiet: 45 dB(A)
Reines Wohngebiet: 35 dB(A)
Gewerbegebiet: 50 dB(A)
Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)
Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)



Maßstab 1:40.000

Neue WEA

Schall-Immissionsort

WEA

	GK (Bessel) Zone: 2				WEA-Typ						Schallwerte								
	Ost	Nord	Z	Beschreibung	Aktuell	Hersteller	Typ	Leistung	Rotord.	Höhe	Quelle	Name	Windgeschw.	Status	Nabenhöhe	LwA,ref	Einzel-töne	
			[m]					[kW]	[m]	[m]			[m/s]		[m]	[dB(A)]		
Nr. 146	2.584.616	5.567.198	436,6	WKA 25 E-40 6.44	Ja	ENERCON	E-40/6.44	600	44,0	78,0	USER	Runtime input	10,0	Anwenderwert	78,0	100,9	0 dB	*)

*)Anmerkung: Eine oder mehrere Angaben zum Schallleistungspegel dieser WEA ist generisch oder anwenderdefiniert.

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort		GK (Bessel) Zone: 2				Anforderungen	Beurteilungspegel	Anforderungen erfüllt?
Nr.	Name	Ost	Nord	Z	Aufpunkthöhe	Schall	Von WEA	Schall
				[m]	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	
IP 00	Im Hägen 13, Eulgem	2.583.941	5.567.533	438,3	5,0	45,0	30,8	Ja
IP 06	Hambucherstr. 9, Eulgem	2.584.039	5.567.703	424,4	5,0	45,0	30,5	Ja
IP 08	Haynbuchenstr. 22, Hambuch	2.584.054	5.566.144	403,3	5,0	40,0	25,5	Ja
IP 09	Eulgemer Str. 20, Gamlen	2.585.386	5.567.647	377,2	5,0	45,0	28,9	Ja
IP 12	Schulstr. 11, Hambuch	2.584.746	5.566.442	406,1	5,0	45,0	30,9	Ja

Abstände (m)

	WEA
Schall-Immissionsort	Nr. 146
IP 00	753
IP 06	767
IP 08	1194
IP 09	892
IP 12	767

Projekt: **Hambuch**
Beschreibung: 367-03-0215-03.06
Ausdruck/Seite 30.04.2008 14:07 / 2
Lizenzierter Anwender:
SOLVENT-Planungsbüro für Reg.
Lünener Straße 211
DE-59174 Kamen
+49 2307 240063
Berechnet: 30.04.2008 14:07/2.5.6.79

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Geplante WKA 146 1x E-53 (Zusatzbelastung) **Schallberechnungs-Modell:** ISO 9613-2 Deutschland 10,0 m/s

Annahmen

Berechneter L(DW) = LWA,ref + K + Dc - (Adiv + Aatm + Agr + Abar + Amisc) - Cmet
(Wenn mit Bodeneffekt gerechnet ist Dc = Domega)

LWA,ref:	Schalldruckpegel an WEA
K:	Einzeltöne
Dc:	Richtwirkungskorrektur
Adiv:	Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung
Aatm:	Dämpfung aufgrund von Luftabsorption
Agr:	Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts
Abar:	Dämpfung aufgrund von Abschirmung
Amisc:	Dämpfung aufgrund verschiedener anderer Effekte
Cmet:	Meteorologische Korrektur

Berechnungsergebnisse

Schall-Immissionsort: IP 00 Im Hägen 13, Eulgem

WEA					95% der Nennleistung								
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LwA,ref [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
Nr. 146	753	757	37,4	Ja	**30,80**	100,9	3,00	68,58	1,44	3,08	0,00	0,00	73,10	0,00
Summe	30,80													

Schall-Immissionsort: IP 06 Hambucherstr. 9, Eulgem

WEA					95% der Nennleistung								
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LwA,ref [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
Nr. 146	767	772	36,6	Ja	**30,54**	100,9	3,00	68,75	1,47	3,15	0,00	0,00	73,36	0,00
Summe	30,54													

Schall-Immissionsort: IP 08 Haynbuchenstr. 22, Hambuch

WEA					95% der Nennleistung								
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LwA,ref [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
Nr. 146	1.194	1.199	42,7	Ja	**25,48**	100,9	3,01	72,58	2,28	3,57	0,00	0,00	78,43	0,00
Summe	25,48													

Schall-Immissionsort: IP 09 Eulgemer Str. 20, Gamlen

WEA					95% der Nennleistung								
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LwA,ref [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
Nr. 146	892	902	41,3	Ja	**28,88**	100,9	3,01	70,10	1,71	3,21	0,00	0,00	75,02	0,00
Summe	28,88													

Schall-Immissionsort: IP 12 Schulstr. 11, Hambuch

WEA					95% der Nennleistung								
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Berechnet [dB(A)]	LwA,ref [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
Nr. 146	767	774	45,4	Ja	**30,90**	100,9	3,00	68,77	1,47	2,76	0,00	0,00	73,01	0,00
Summe	30,90													

Projekt:
Hambuch

Beschreibung:
367-03-0215-03.06

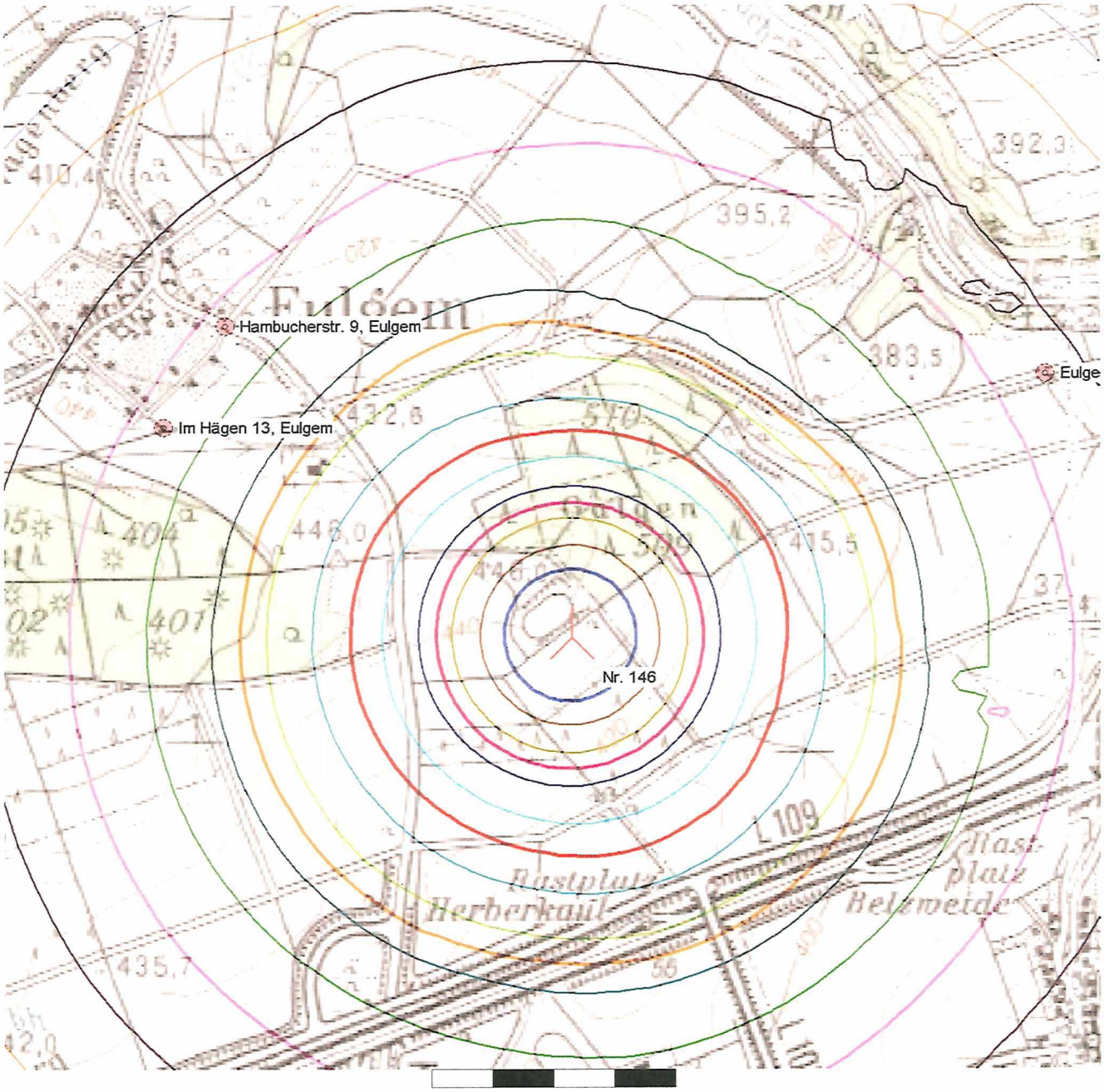
Ausdruck/Seite
30.04.2008 14:07 / 3

Lizenzierter Anwender:
SOLVENT-Planungsbüro für Reg.
Lünener Straße 211
DE-59174 Kamen
+49 2307 240063

Berechnet:
30.04.2008 14:07/2.5.6.79

DECIBEL - Eulgem25000

Berechnung: Geplante WKA 146 1x E-53 (Zusatzbelastung) **Datei:** Eulgem25000.bmi



Karte: Eulgem25000 , Druckmaßstab 1:10.000, Kartenzentrum Gauss Kruger (Bessel) Zone: 2 Ost: 2.584.600 Nord: 5.567.390
Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland. Windgeschw.: 95% der Nennleistung ansonsten 10,0 m/s

Neue WEA
Schall-Immissionsort

Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt

35,0 dB(A)	36,0 dB(A)	38,0 dB(A)	40,0 dB(A)	42,0 dB(A)
44,0 dB(A)	45,0 dB(A)	46,0 dB(A)	48,0 dB(A)	50,0 dB(A)
34,0 dB(A)	32,0 dB(A)	30,0 dB(A)	28,0 dB(A)	26,0 dB(A)
25,0 dB(A)				

MÜLLER-BBM

Niederlassung Gelsenkirchen
Am Bugapark 1
45899 Gelsenkirchen
Tel. +49(209)98308 - 0
Fax +49(209)98308 - 11
www.MuellerBBM.de

Dipl.-Ing. (FH) Dirk Hinkelmann
Tel. +49(209)98308-17
Dirk.Hinkelmann@MuellerBBM.de

M69 915/2 hkm/khl
27. April 2007

Schallemissionsmessung gemäß DIN EN 61400-11 und den Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen (FGW-Richtlinien)

an einer Anlage vom Typ Enercon E-53 am Standort 26409 Wittmund-Eggelingen mit einer Leistung von 800 kW im Betrieb I

Prüfbericht Nr. M69 915/2

Auftraggeber:	Enercon GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich
Bearbeitet von:	Dipl.-Ing. (FH) Dirk Hinkelmann Dipl.-Ing. (FH) Michael Köhl Dipl.-Phys. Wilhelm von Heesen Dipl.-Ing. (FH) Marcus Paewinsky
Berichtsdatum:	27. April 2007
Prüfdatum:	28. Februar und 01. März 2007
Berichtsumfang:	Insgesamt 72 Seiten davon 20 Seiten Textteil, 22 Seiten Anhang A, 23 Seiten Anhang B, 5 Seiten Anhang C und 2 Seiten Anhang D

Zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001
Akkreditiertes Prüflaboratorium nach ISO/IEC 17025

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Gelsenkirchen
45899 Gelsenkirchen, HRB 3275
Geschäftsführer:
Bernd Grözinger,
Edwin Schorer, Norbert Suritsch

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung		**4**
1	**Situation und Aufgabenstellung**	**5**
2	**Zitierte Unterlagen**	**5**
3	**Umgebung des Aufstellungsorts der untersuchten WEA**	**5**
4	**Beschreibung der Windenergieanlage**	**6**
5	**Durchführung der Messungen**	**7**
5.1	Zeitpunkt der Messungen	7
5.2	Prüfpersonal	7
5.3	Beschreibung des Messaufbaues	7
5.4	Verwendete Messgeräte	8
5.5	Erfasste Messgrößen	9
5.6	Ablauf der Messungen	9
6	**Auswertung und Ergebnisse zur Schallemission der WEA**	**11**
6.1	Messung der Windgeschwindigkeit	11
6.1.1	Ermittlung der standardisierten Windgeschwindigkeit aus der gemessenen elektrischen Leistung	12
6.1.2	Ermittlung der standardisierten Windgeschwindigkeit aus den Messungen mit dem Anemometer	13
6.2	Äquivalente Dauerschalldruckpegel bei Betrieb der WEA	14
6.3	Äquivalente Dauerschalldruckpegel bei Stillstand der WEA	14
6.4	Fremdgeräuschkorrigierte äquivalente Dauerschalldruckpegel	15
6.5	Schallleistungspegel der WEA als Funktion der standardisierten Windgeschwindigkeit	15
6.6	Schallleistungspegel der WEA	17
6.7	Ton- und Impulshaltigkeit der WEA-Geräusche	17
6.7.1	Tonhaltigkeit	17
6.7.2	Impulshaltigkeit	18
6.8	Ergebnis: Immissionswirksamer Schallleistungspegel	18
7	**Nabenhöhenumrechnung**	**18**
7.1	Hinweis zur Rechengenauigkeit und zur Rundung	19
8	**Messunsicherheit**	**19**
8.1	Standorteinflüsse	19
8.2	Messunsicherheit Typ A und B	19

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

8.3 Gesamtunsicherheit 20

Anhänge

Anhang A	Lageplan und Fotodokumentation Dokumentation der Messung und Auswertung
Anhang B	Ergebnisse der Auswertung
Anhang C	Berechnete Leistungskurve, Zur Auswertung verwendete Leistungskurve (Linearisiert), Herstellerbescheinigung
Anhang D	Stammblatt Geräusche

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

Zusammenfassung

Für die Firma Enercon wurde eine Schallemissionsmessung an einer Windenergieanlage (WEA) vom Typ ENERCON E-53 mit einer Nabenhöhe von 76 m am Standort 26409 Wittmund-Eggelingen durchgeführt.

Die Schallemissionsmessungen wurden am 28.02.2007 und am 01.03.2007 gemäß DIN EN 61400-11 und den Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen (FGW-Richtlinien), Teil 1 im Betrieb I durchgeführt. Die Nennleistung im Betrieb I beträgt 800 kW bei einem Drehzahlbereich von 12 bis 29 1/min.

Für den Betrieb I wurde ein Schallleistungspegel von L_{WA} = 100,9 dB(A) bestimmt. Dieser Schallleistungspegel wurde in der standardisierten Windklasse, die aus den elektrischen Leistungsdaten der WEA errechnet wurde, von 9 m/s ermittelt.

Zuschläge für Impulshaltigkeit wurden nicht vergeben.

Durch die Auswertungen der Schallemissionsmessdaten nach DIN EN 61400-11 bzw. DIN 45681 ergab sich, dass für den Betrieb I die Vergabe eines Tonhaltigkeitszuschlag K_{TN} im Nahbereich in allen Windklassen nicht gerechtfertigt ist.

Für die Unsicherheit der Schallemissionsangaben wird nach der DIN EN 61400 -11 der Wert von U_C = 0,8 dB ermittelt.

Für den technischen Inhalt verantwortlich:

Dipl.-Ing. (FH) Dirk Hinkelmann

Telefon 0209 / 983 08 – 17

Dipl.-Ing. (FH) Michael Köhl

Telefon 0209 / 983 08 – 21

MÜLLER-BBM

Akkreditiertes Prüflaboratorium
nach ISO/IEC 17025

Deutscher Akkreditierungs Rat

DAP-PL-2465.10

Schallemission FGW 2007 Konformitätssiegel

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

1 Situation und Aufgabenstellung

Für die Firma Enercon GmbH sollte an dem Prototyp der Windenergieanlage (WEA) vom Typ ENERCON E-53 mit einer Nabenhöhe von 76 m am Standort 26409 Wittmund-Eggelingen eine Schallemissionsmessung durchgeführt werden.

Der Messaufbau soll den Anforderungen der DIN EN 61400-11 entsprechen, und die Schallemissionsmessung sollte gemäß den Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen (FGW-Richtlinien), Teil 1 [6] im Betrieb I mit einer Nennleistung von 800 kW und einem Drehzahlbereich von 12 bis 29 1/min durchgeführt werden. Die Abbildung A 1 im Anhang A zeigt einen Lageplan mit dem Standort der WEA.

2 Zitierte Unterlagen

[1] DIN EN 61400-11: Windenergieanlagen. Teil 11: Schallmessverfahren. November 2003

[2] DIN 45681: Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen. März 2005

[3] DIN 45645-1: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen. Teil 1: Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft. Juli 1996

[4] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) vom 26. August 1998, GMBl 1998, Nr. 26, S. 503

[5] DIN ISO 9613-2: Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien. Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren. Entwurf September 1997

[6] Fördergesellschaft Windenergie e.V: Technische Richtlinien für Windenergieanlagen (FGW-Richtlinie) , Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Revision 17, Stand 01.07.2006

[7] Enercon GmbH:
E-Mails von Abteilung Site Assessment mit Herstellerbescheinigung, Leistungskennlinie für den Betrieb I bei 800 kW, Auszüge aus den Betriebsdaten der Anlagenaufzeichnung für beide Messtermine; Aurich, Februar und März 2007

3 Umgebung des Aufstellungsorts der untersuchten WEA

Die Umgebung der untersuchten WEA ist in den Abbildungen A 2 bis A 5 im Anhang A sowie in der Abbildung A 1 dargestellt.

Wie auf den Bildern deutlich wird, ist die Umgebung der WEA landwirtschaftlich geprägt. Das Gelände ist im großen Umkreis der WEA relativ eben.

Am Messtag wurde die benachbarte WEA zur untersuchten Enercon E-53 abgeschaltet, da diese einen Einfluss auf die Schallemissionsmessung hatte.

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

4 Beschreibung der Windenergieanlage

Bei der WEA handelt es sich um eine getriebelose Maschine, die im Teillastbereich mit variabler Drehzahl und Einzelblattverstellung betrieben wird. Hierfür gelten die folgenden Angaben:

Hersteller:	Enercon GmbH, Dreekamp 5, 26605 Aurich
Typ:	ENERCON E-53
Seriennummer:	53001
Daten der WEA:	800 kW Nennleistung, Horizontalachs-Anlage H = 75,6 m, Höhe des Rotormittelpunktes über Grund 2,5 m/s Einschaltwindgeschwindigkeit 12 m/s Nennwindgeschwindigkeit Pitch Leistungsregelung, elektrischer Antrieb Turmmaterial: Stahl
Rotor:	D = 52,9 m Rotordurchmesser, 2.198 m² bestrichene Fläche Luvläufer mit aktiver Blattverstellung, im Teillastbereich variable Drehzahl von 12 - 29 1/min 3 Blätter je 25,25 m Länge aus GFK (Epoxidharz) je Rotorblatt ein autarkes Stellsystem 2,65 m Abstand zwischen Rotorflanschmittelpunkt und Turmmittellinie
Generator:	E-53
Getriebe:	Anlage ist ohne Getriebe ausgeführt

Die Herstellerbescheinigung ist auf den Seiten im 4 und 5 im Anhang C abgebildet.

5 Durchführung der Messungen

5.1 Zeitpunkt der Messungen

Die Messungen wurden am 28.02.2007 in der Zeit von 12:45 Uhr und 20:00 Uhr und am 01.03.2007 in der Zeit von 09:00 Uhr bis 12:00 durchgeführt.

5.2 Prüfpersonal

Die Messungen wurden von Dipl.-Phys. Wilhelm von Heesen und Dipl.-Ing. (FH) Marcus Paewinsky durchgeführt.

5.3 Beschreibung des Messaufbaues

Für die Schallemissionsmessungen wurde das Mikrofon gemäß DIN EN 61400-11 [1] auf einer ebenen schallharten Platte aus Aluminium angebracht. Die Abmessungen der Platte sind

Durchmesser	1,1 m,
Dicke	3,0 mm.

Nach [1] muss der Referenzmesspunkt in Lee der WEA liegen, und zwar innerhalb eines Winkelbereichs von ± 15° bezogen auf die Windrichtung während der Messung. Die Lage wurde eingehalten (vgl. Abbildung A 1 und A 2 im Anhang A).

Die Windrichtung wurde vor jeder Messung kontrolliert und die Mikrofonposition gegebenenfalls entlang des vorbereiteten Abstandsradius neu positioniert.

Das Messmikrofon wurde mit zwei Windschirmen gegen windinduzierte Geräusche geschützt. Als erster Windschirm wurde eine Hälfte des Original B&K-Windschirms mit 90 mm Durchmesser verwendet. Als zweiter Windschirm kam ein von Müller-BBM entwickelter Messaufbau (vgl. Abbildung A 5 im Anhang A) zur Anwendung, dessen Frequenzgang im Müller-BBM Hallraum geprüft wurde. Als Ergebnis dieser Prüfung ist für den ausgewerteten Frequenzbereich eine Frequenzgang-Korrektur erforderlich, die bei den weiteren Auswertungen berücksichtigt wurde.

Der Referenzmesspunkt muss nach [1] den Abstand $R_O = H + D/2$ zu der WEA-Turmmittellinie (zulässige Toleranz ± 20%) aufweisen. Mit der Nabenhöhe H = 76 m und dem Rotordurchmesser D = 52,9 m folgt R_O = 102,1 m. Unter Berücksichtigung der Toleranz muss der Referenzmesspunkt damit in einem Abstand von R_O = 81,6 m bis R_O = 122,5 m angeordnet werden. Mit einem Abstand von R_O = 102 m vom Referenzmesspunkt bis zur WEA-Turmmittellinie wurde die Anforderung aus [1] erfüllt.

Mit dem Abstand zwischen Turmmittellinie und Rotorflanschmittelpunkt von $R_T - R_f$ = 2,65 m und dem vertikalen Höhenunterschied zwischen Referenzmesspunkt und Turmfundament von 0 m ergibt sich bei einem Abstand zwischen Grenzflächenmikrofon und Turmachse von R_0 = 102 m ein Einfallswinkel von ϕ = 35,8°, womit die Anforderungen 25°≤ ϕ ≤ 40° nach [1] erfüllt sind.

Gemäß [1] bzw. [6] ist ein Anemometer in Gegenwindrichtung vor der WEA in einer Höhe zwischen 10 m und Nabenhöhe zu installieren. Der Abstand zur Rotorebene muss dabei zwischen 2 * D und 4 * D liegen.

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

Der Messmast wurde in einem Abstand von ca. 125 m west-südwestlich von der WEA aufgestellt; die Anemometerhöhe betrug 11,5 m über Grund.

Aus diesem Wert und der Nabenhöhe der Anlage ergibt sich nach [1] ein Winkel β zur Definition des erlaubten Bereiches für den Standort des Windmastes von ca. $\beta = 31°$. Die Bedingung aus [1] wurde somit erfüllt.

5.4 Verwendete Messgeräte

Die während den Messungen vor Ort bzw. zur Auswertung im Labor eingesetzten Messgeräte sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1. Mess- und Auswertungsgeräte

Bezeichnung	Hersteller	Typ	Seriennummer
Präzisionsschallanalysator	Brüel & Kjaer	2260	2283373
Mikrofon	Brüel & Kjaer	4189	2275367
Kalibrator	Brüel & Kjaer	4231	2272105
Windschirm, primär	Brüel & Kjaer	UA0237	-
Windschirm, sekundär	Müller-BBM	-	-
Anemometer Windgeschwindigkeitsanzeiger Windrichtungsanzeiger	Lamprecht	00.14522.100060	 710581.0042 710581.0041
Wetterstation	Conrad	BAR 899 HG	1006147
Barometer	Brüel & Kjaer	UZ003	-
Thermometer	-	-	-
Notebook	Dell	Latitude D610	-
Mobiles Messsystem	Müller-BBM Vibro-Akustik Systeme GmbH	PAK-Mobil MKII	-
Mess- und Auswertesoftware	Müller-BBM Vibro-Akustik Systeme GmbH	PAK	Version 5.2
Auswertesoftware	Müller-BBM	WEA_DaV	Version 1.2e
Laser Entfernungsmesser	Leica	LRF 1200 scan	1136324

Der verwendete Präzisionsschallanalysator und das dazu gehörige Mikrofon waren zum Zeitpunkt der Messungen geeicht.

Die akustische Messkette wurde vor den Messungen kalibriert. Die Kalibrierung wurde nach Abschluss der Messungen überprüft und bestätigt.

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

Alle Mess- und Auswertegeräte werden in regelmäßigen Abständen in unserem eigenen Kalibrierlabor geprüft. Sie erfüllen die in [1] genannten Anforderungen an die Mess- und Auswertegeräte.

5.5 Erfasste Messgrößen

Während den Messungen wurden folgende Messgrößen erfasst und von dem PAK-Mehrkanalmesssystem in digitaler Form als Funktion der Zeit gespeichert:

- Schalldruckpegel am Referenzmesspunkt (parallele Erfassung und Speicherung durch geeichten Schallanalysator)
- eigenes Anemometer: Windgeschwindigkeit und -richtung
- Anemometer der WEA: Windgeschwindigkeit
- von der WEA: erzeugte elektrische Leistung P_m und Drehzahl

Ergänzend wurden der Luftdruck p und die Lufttemperatur T_K zu Beginn jeder Messreihe von einer Wetterstation abgelesen und dokumentiert.

5.6 Ablauf der Messungen

Die Enercon E-53 wurde am Messtermin im Betrieb I mit einer Nennleistung von 800 kW betrieben. Die folgenden Messzeiten wurden bei Betrieb und bei Stillstand der WEA realisiert:

- WEA im Betrieb I mit einer Nennleistung von 800 kW
  366 Minuten;
- WEA im Stillstand, d. h. Fremdgeräusch
  120 Minuten.

Die folgende Tabelle 2 gibt einen Überblick über den zeitlichen Ablauf der Messungen und über die Witterungsbedingungen während den Messungen. Die angegebenen Mittelwerte der Windgeschwindigkeit und Windrichtung sind aus den Messdaten des eigenen Windmastes ermittelt worden.

Tabelle 2. Zusammenfassung der Messungen, die zur Auswertung herangezogen wurden, mit den zugehörigen Wetterbedingungen

Mess.-Nr.	Betriebsweise der WEA	Uhrzeit	Wetterstation		Anemometer in 11,5 m Höhe					
			Temp. in °C	Luftdruck in hPa	Windrichtung in °			Windgeschw. in m/s		
					Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel
M_03	Stillstand	14:00-14:30	9	991	207	272	252	5	11	8
M_06	800 kW	16:30 - 17:00	7	991	229	280	252	5	12	8

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

Fortsetzung Tabelle 3

M_07	Stillstand	17:05-17:35	7	991	222	269	248	4	10	7
M_08	Stillstand	17:42 - 17:12	7	991	208	266	239	3	9	5
M_09	800 kW	18:43 - 19:13	8	991	182	238	211	2	6	4
M_10	800 kW	19:16 - 19:46	8	991	177	246	209	2	5	4
M_12	800 kW	09:11 - 09:41	7	985	179	256	255	1	5	3
M_13	800 kW	09:41 - 10:11	7	985	215	276	243	3	8	5
M_14	800 kW	10:16 - 10:46	7	985	222	279	248	2	9	5
M_15	800 kW	10:48 - 10:54	7	985	222	269	249	6	9	7
M_16	Stillstand	11:01 - 11:31	8	986	219	278	248	5	11	7

Die o. g. Messungen sind in den Abbildung A 6 bis A 23 im Anhang A ausführlich dokumentiert. Die von der Auswertung während der Messung ausgeschlossenen Zeitbereiche (Störgeräusche) sind grau hinterlegt. Ggf. wurden bei der Auswertung im Labor weitere Störgeräusche ausgeschnitten.

Von Enercon wurden uns die Betriebsdaten der untersuchten WEA für den Zeitraum von 12:00 Uhr bis 20:00 Uhr für den ersten Messtag und von 09:00 Uhr bis 12:00 Uhr für den zweiten Messtag zur Verfügung gestellt. Diese Daten sind grafisch in den - Abbildungen B 20 und B 21 im Anhang B dargestellt.

Tabelle 3. Anzahl der in den Messungen erfassten 10-Sekundenintervalle, die zur Auswertung verwendet wurden

Mess.-Nr.	**Standardisierte Windklasse, m/s**					
	5	6	7	8	9	10
Stillstand der WEA						
M_03	46	41	8	3	1	0
M_07	18	27	23	10	3	0
M_08	68	21	2	0	0	0
M_16	0	16	38	18	10	3
Summe	**132**	**105**	**71**	**31**	**14**	**3**
Betrieb I (800 kW)						
M_06	0	2	2	3	28	5
M_09	14	132	22	3	0	0
M_10	0	134	15	0	0	0
M_13	75	23	0	0	0	0
M_14	29	25	15	2	0	0
M_15	0	8	11	2	0	0
Summe	**118**	**324**	**65**	**10**	**28**	**5**

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

Nach [1] sollen für die Auswertung in jeder Windgeschwindigkeitsklasse Messdaten mit einer Gesamt-Messzeit von mindestens 180 Sekunden ermittelt werden.

Wie die obige Tabelle 3 verdeutlicht, wurden bei den Messungen im Betrieb I in den Windklassen 5, 6, 7 und 9 m/s eine nach [1] ausreichende Anzahl von 10-Sekunden-Mittelwerten ermittelt. In den Windklassen 8 und 10 m/s wurden weniger als die nach [1] erforderlichen 10-Sekundenmittelwerte ermittelt, was sich jedoch auf die berechneten Schallleistungspegel in diesen Windklassen kaum auswirkt. (vgl. Abbildungen Abbildung B3 und Abbildung B4).

Bei der Fremdgeräuschmessung konnte in den Windklassen 5 bis 8 m/s eine nach [1] ausreichende Anzahl von Mittelwerten erfasst werden. Die fehlenden Mittelwerte in den Windklassen 9 und 10 m/s haben jedoch keinen Einfluss auf die ermittelten Regressionen.

6 Auswertung und Ergebnisse zur Schallemission der WEA

Das wesentliche Ziel der Auswertung besteht darin, die Schallemission der WEA als Funktion der Windgeschwindigkeit zu beschreiben. Nach DIN EN 61400-11 ist dabei die sogenannte „standardisierte Windgeschwindigkeit V_S" als Bezugsgröße zu verwenden. Dies ist die auf Referenzbedingungen (10 m Höhe und 0,05 m Rauhigkeitslänge) umgerechnete Windgeschwindigkeit unter der Annahme eines logarithmischen Windprofils.

Nach [1] ist der messtechnisch erfasste Geschwindigkeitsbereich in Windklassen mit einer Klassenbreite von 1 m/s einzuteilen; diese Windklassen sind nicht überlappend und symmetrisch zu einem ganzzahligen Wert der Windgeschwindigkeit angeordnet.

Der erste Schritt der Auswertung besteht darin, diese standardisierte Windgeschwindigkeit zu bestimmen, die dann im Weiteren mit den anderen Messgrößen zu korrelieren ist.

6.1 Messung der Windgeschwindigkeit

Nach [1] soll die Windgeschwindigkeit entweder

1. aus der Leistungsabgabe und der Leistungskurve der WEA oder
2. aus einer Messung mit einem Anemometer

bestimmt werden.

Das Verfahren 1 ist obligatorisch für Messungen im Rahmen einer Zertifizierung bzw. Deklaration der Geräuschemissionswerte.

Für die Fremdgeräuschmessungen bei Stillstand der WEA wird die Windgeschwindigkeit aus den Messwerten des Anemometers bestimmt.

In den folgenden Kapiteln werden die beiden Messverfahren dargestellt.

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

6.1.1 Ermittlung der standardisierten Windgeschwindigkeit aus der gemessenen elektrischen Leistung

Die Bestimmung der standardisierten Windgeschwindigkeit V_S bei Betrieb der WEA wird nach dem gemäß [1] vorzuziehenden Verfahren aus der gemessenen elektrischen Leistung der WEA und der Leistungskurve der WEA durchgeführt. Die Leistungskurve der WEA gibt die Beziehung zwischen der Windgeschwindigkeit V_Z in der Höhe des Rotormittelpunktes und der von der WEA erzeugten elektrischen Leistung P_n bei atmosphärischen Normbedingungen von 15°C und 101,3 kPa wieder. Die Leistungskurve erhielten wir mit [7] von dem Anlagenhersteller Enercon. Es handelt sich bei der vom Hersteller zur Verfügung gestellten Leistungskurve um eine berechnete und somit um eine garantierte Kurve. Die berechnete Leistungskurve ist grafisch und tabellarisch in der Abbildung C 1 im Anhang C dargestellt. Zur weiteren Auswertung wird die Leistungskurve durch eine Linearisierung zwischen den einzelnen Datenpunkten angenähert. Diese Linearisierung ist Abbildung C 2 im Anhang C dargestellt.

Da es sich bei der untersuchten WEA um eine aktive Pitch-geregelte Anlage handelt, ist bei der Auswertung keine Korrektur der gemessenen elektrischen Leistung P_m auf die atmosphärischen Normbedingungen notwendig. Stattdessen wird nach [1] für die normierte Leistung P_n die gemessene Leistung verwendet:

$$P_n = P_m \tag{1}$$

Für Anlagen mit aktiver Leistungsregelung muss die aus der Leistungskurve ermittelte Windgeschwindigkeit V_D nach Gleichung 5 aus [1] auf die Normalklimabedingungen korrigiert werden.

$$V_H = V_D \cdot \left(\frac{p_{ref} \cdot T_k}{p \cdot T_{ref}} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ in m/s} \tag{2}$$

Dabei ist

V_H normierte Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe in m/s;

V_D Windgeschwindigkeit aus Leistungskurve abgeleitet in m/s;

T_{ref} = 288 K, die Temperatur bei Normbedingungen;

T_k die gemessene Temperatur in K;

p der gemessene Luftdruck in kPa;

p_{ref} = 101,3 kPa, der Luftdruck bei Normbedingungen.

Mit den Wetterdaten während der Messung ergibt sich:

$$V_H = V_D \cdot 0.983.$$

Die Windgeschwindigkeit V_Z in Nabenhöhe, die man für P_n aus der Leistungskurve erhält, ist nach [1] mit der folgenden Beziehung auf die normierte Windgeschwindigkeit V_S umzurechnen:

$$v_S = v_Z \cdot \left[ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0ref}} \right) \cdot ln\left(\frac{H}{z_0} \right) \right] : \left[ln\left(\frac{H}{z_{0ref}} \right) \cdot ln\left(\frac{z}{z_0} \right) \right] \text{ in m/s} \tag{3}$$

Dabei ist:

V_S die auf 10 m Höhe standardisierte Windgeschwindigkeit;

V_Z die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe; in diesem Fall, die auf Normalklimabedingungen korrigierte, aus der Leistungskurve abgeleitete Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe V_H.

z_{ref} die Referenzhöhe 10 m;

z_{0ref} die Referenzrauhigkeitslänge 0,05 m;

H die Nabenhöhe, hier H = 75,6 m über Grund;

z die Höhe des Anemometers, hier z = H

z_0 die Rauhigkeitslänge am Messort, hier z_0 = 0,05 m;

Für die hier vorliegende Geometrie der WEA ergibt sich

$$V_S = V_z \cdot 0{,}71.$$

Die Umrechnungen von V_D über V_H zu V_S ergeben insgesamt folgende Beziehung:

$$V_S = V_D \cdot \approx 0{,}7 \text{ (abhängig von der Temperatur).}$$

Unter Verwendung der Umrechnungsfaktoren für die normierte Windgeschwindigkeit und die normierte Leistung erhält man ein Polynom, das den Zusammenhang zwischen der gemessenen elektrischen Leistung P_m und der standardisierten Windgeschwindigkeit V_S beschreibt.

Die entsprechenden Korrekturen wurden bei der Auswertung berücksichtigt.

6.1.2 Ermittlung der standardisierten Windgeschwindigkeit aus den Messungen mit dem Anemometer

Bei der Bestimmung der Windgeschwindigkeit bei den Fremdgeräuschmessungen und unter Umständen auch bei der WEA-Geräuschmessung sollen nach [1] die Ergebnisse aus der Windmessung mit dem eigenen Anemometer verwendet werden.

Entsprechend dem in Abschnitt 6.1.1 beschrieben Verfahren wurden die mit dem eigenen Anemometer (z = 11,5 m über Grund) erfassten Winddaten V_z nach Gleichung (3) in die standardisierte Windgeschwindigkeit V_S umgerechnet.

$$V_s = V_z \cdot 0.97.$$

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

6.2 Äquivalente Dauerschalldruckpegel bei Betrieb der WEA

Basierend auf [1] und [6] soll das Geräuschverhalten einer Windenergieanlage bei Emissionsmessungen im Bereich der standardisierten Windgeschwindigkeit zwischen 6 m/s und 10 m/s erfasst und dokumentiert werden.

Die Nennleistung einer WEA wird nach [6] als die Auslegungsnennleistung der leistungsoptimierten WEA definiert; im vorliegenden Fall entspricht die Nennleistung 800 kW, d.h. 95 % der Nennleistung werden bei 760 kW erreicht.

Nach [6] sind die Messdaten oberhalb von 95 % der Nennleistung zu korrigieren, falls 95 % der Nennleistung unterhalb der standardisierten Windklasse von 10 m/s erreicht wird. Für diese Korrektur ist nach [6] zwingend die Gondelanemometermethode nach IEC 61400 Ed. 2 vorgeschrieben. Hierbei wird aus allen Messdaten, die zwischen 5% und 95% der WEA-Nennleistung liegen, eine lineare Regression zwischen der mit dem Gondelanemometer erfassten Windgeschwindigkeit V_n und der aus der elektrischen Leistung der WEA bestimmten Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe V_H durchgeführt. Mit der ermittelten Regression werden die Daten des Gondelanemometers V_n, die über 95% der Nennleistung liegen, korrigiert.

Die zur Berechnung der Regression verwendeten Wertepaare der aus der elektrischen Leistung der WEA bestimmten Windgeschwindigkeit V_H und der mit dem Gondelanemometer erfassten Windgeschwindigkeit V_n sind in Abbildung B 1 im Anhang B dargestellt.

In der Abbildung B 2 sind die für die Auswertung der untersuchten WEA verwendeten Messdaten in der Übersicht dargestellt. In der Darstellung der ermittelten Schalldruckpegel über der standardisierten Windgeschwindigkeit (in der Grafik unten links) sind die direkt gemessenen und dann zeitlich über eine Dauer von 10 Sekunden gemittelten Schalldruckpegel abgebildet. Alle dargestellten Schalldruckpegel wurden zur Berechnung der Regression verwendet.

In der Tabelle 4 auf Seite 16 ist der aus den Messungen ermittelte Zusammenhang zwischen der standardisierten Windgeschwindigkeit und der elektrischen Leistung der WEA dargestellt.

Die Ergebnisse in Tabelle 4 verdeutlichen, dass am Messtag während des Nennbetriebs der WEA eine elektrische Leistung von ca. 790 kW in der standardisierten Windklasse von 9 m/s erreicht wurde. Eine Leistung von 760 kW (95%-Nennleistung) wird bei einer standardisierten Windgeschwindigkeit von ca. 8,3 m/s erreicht.

6.3 Äquivalente Dauerschalldruckpegel bei Stillstand der WEA

Bei Stillstand der WEA wird die standardisierte Windgeschwindigkeit aus den Messwerten des eigenen Anemometers ermittelt. Ansonsten erfolgt die Auswertung bei Stillstand der WEA auf die gleiche Art wie diejenige bei Betrieb der WEA. In der Tabelle 4 auf Seite 16 sind die Ergebnisse der Auswertung bei Stillstand der WEA zusammengestellt. Sie beschreiben das windinduzierte Fremdgeräusch und nicht auszublendendes Störgeräusch an dem Referenzmesspunkt.

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

6.4 Fremdgeräuschkorrigierte äquivalente Dauerschalldruckpegel

Zur Bestimmung der Schalldruckpegel, die alleine von der WEA erzeugt werden, sind – gemäß Abschnitt 8.2 von [1] – die Messergebnisse bei Betrieb der WEA mit den Messergebnissen bei Stillstand zu korrigieren.

Diese Fremdgeräuschkorrektur liefert die Werte L_S für die allein von der WEA am Referenzmesspunkt erzeugten energieäquivalenten Dauerschalldruckpegel.

Wenn die äquivalenten Dauerschalldruckpegel des Fremdgeräusches L_n bei den Messungen mehr als 6 dB unter den Pegeln L_{S+n} der WEA einschließlich Fremdgeräusch liegen, erfolgt die Korrektur bezüglich des Fremdgeräusches nach Gleichung (6) aus [1].

Nach [1] dürfen für die Auswertung des WEA-Geräusches nur Schalldruckpegel herangezogen werden, die um mindestens 6 dB über dem Fremdgeräusch liegen. Dies ist bei den hier durchgeführten Messungen in den Windklassen 5 m/s bis 10 m/s der Fall.

In Tabelle 4 sind die entsprechenden Werte zusammengestellt.

6.5 Schallleistungspegel der WEA als Funktion der standardisierten Windgeschwindigkeit

Gemäß [1] wird der Schallleistungspegel $L_{WA,\,k}$ der WEA aus dem fremdgeräuschkorrigierten Schalldruckpegel $L_{Aeq,c,k}$ am Referenzmesspunkt nach der folgenden Beziehung berechnet:

$$L_{WA,\,k} = L_{Aeq,c,k} - 6 + 10\,\lg\left(\frac{4\,\pi\,R_1^2}{S_0}\right) \text{ in dB(A)} \qquad (4)$$

Dabei ist:

$L_{Aeq,\,c,\,k}$ der unter Referenzbedingungen gemessene, bezüglich des Fremdgeräusches korrigierte, A-bewertete Schalldruckpegel bei den ganzzahligen Windgeschwindigkeitswerten; entspricht nach [1] L_S in der Tabelle 4

R_1 der diagonale Abstand vom Rotormittelpunkt zum Mikrofon; R_1 setzt sich zusammen aus dem Abstand des Rotorflanschmittelpunkts zur Turmmittelachse, dem Abstand von der Turmmittelachse zum Referenzmesspunkt, und dem vertikalen Abstand von dem Referenzmesspunkt zum Rotorflanschmittelpunkt

S_0 die Bezugsfläche $S_0 = 1\ m^2$.

Mit den folgenden Abmessungen/Höhenangaben

- 0 m vertikaler Abstand zwischen Referenzmesspunkt und WEA-Fundament
- 2,65 m Abstand zwischen Rotorflanschmittelpunkt und Turmmittelachse [7]
- 102,0 m horizontaler Abstand vom Mikrofon zum Turmfuß, siehe Abschnitt 4.2
- 4,13 m Turmfußdurchmesser

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

ergibt sich für den diagonalen Abstand vom Rotormittelpunkt zum Mikrofon der Wert von

$$R_1 = 129{,}1 \text{ m}$$

und für den Zusammenhang zwischen L_{WA} und $L_{Aeq,c,k}$ die Beziehung

$$L_{WA} = L_{Aeq,c,k} + 47{,}2 \text{ dB(A)}.$$

Hiermit berechnen sich für den Betrieb der WEA die in Tabelle 4 zusammengestellten Schallleistungspegel $L_{WA,k}$.

Tabelle 4. Zusammenfassende Darstellung der Auswertung

Windklasse V_s in m/s	**Normierte Leistung P_n in kW**	**Drehzahl in min^{-1}**	**WEA- und Fremdgeräusch (L_{S+n}) L_{Aeq} in dB(A)**	**Fremdgeräusch (L_n) L_{Aeq} in dB(A)**	**korr. Pegel (L_S) $L_{Aeq,c,k}$ in dB(A)**	**Schallleistungspegel $L_{WA,k}$ in dB(A)**
Betriebszustand: 800 kW (Betrieb I)						
5	220,1	20,9 **	47,1	40,3	46,1	93,3
6	377,9	23,8 **	50,1	41,0	49,5	96,7
7	591,0	26,2 **	52,3	41,6	51,9	99,2
8	746,0	27,5 **	53,6	42,3	53,3	100,5
9	793,1	27,8 **	54,1	43,0	53,7	100,9
10	810,0	28,0 **	53,9	43,6	53,4	100,6
8,3*	760,0	27,6 **	53,5	42,2	53,2	100,7

* Windgeschwindigkeit bei 95% Nennleistung
** Daten aus den eigenen Messungen entnommen (vgl. Abbildungen im Anhang A)

Die Daten in der Tabelle 4 wurden aus den nach [6] geforderten Regressionsanalysen, nämlich:

- Regression vierten Grades für WEA-Geräusch bei Pitch-Anlagen
- Lineare Regression für das Fremdgeräusch

ermittelt.

Die einzelnen Datenpunkte für den Betrieb I und die berechneten Regressionsanalysen sind in der Abbildung B 4 im Anhang B dargestellt. Die Schalldruckpegel, die bei mehr als 95% der Nennleistung ermittelt wurden, sind wie in [6] gefordert in der Darstellung gekennzeichnet.

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

6.6 Schallleistungspegel der WEA

Wie schon in Abschnitt 6.2 beschrieben, ist das Geräuschverhalten einer Windenergieanlage bei Emissionsmessungen im Bereich der standardisierten Windgeschwindigkeit zwischen 6 m/s und 10 m/s zu erfassen.

Im vorliegenden Fall konnten an der untersuchten WEA Schallleistungspegel in den Windklassen 5 bis 10 m/s ermittelt werden. Innerhalb dieser Windklassen konnte die maximale Betriebsleistung erfasst werden.

Basierend auf den durchgeführten Messungen und Auswertungen ergibt sich für die untersuchte WEA im Betrieb I mit 800 kW ein maximaler Schallleistungspegel von

$$L_{WA} = 100{,}9 \text{ dB(A)}.$$

In der Abbildung B 5 ist das dazugehörige Spektrum des Schallleistungspegels in Terzbandbreite von 50 Hz bis 10000 Hz dargestellt. Die Schallleistungspegel in Oktavbandbreite sind tabellarisch neben dem Terzspektrum angegeben.

6.7 Ton- und Impulshaltigkeit der WEA-Geräusche

6.7.1 Tonhaltigkeit

Nach [1] sind zur Bestimmung der Tonhaltigkeit jeweils 12 Schmalband-Spektren des WEA-Geräusches über eine Dauer von jeweils 10 Sekunden auszuwerten. Für jede Windgeschwindigkeitsklasse sind jeweils die beiden 1-Minuten-Mittelwerte, die am nächsten bei dem ganzzahligen Windgeschwindigkeitswert liegen zu analysieren. Die Tonhaltigkeitsanalyse ist für denselben Windgeschwindigkeitsbereich wie die Messungen zur Schallleistungsbestimmung durchzuführen.

Da im vorliegenden Fall 10-Sekunden-Mittelwerte zur Bestimmung des Schallleistungspegels verwendet wurden, sind nicht die beiden 1-Minuten-Mittelwerte, sondern zwölf 10-Sekunden-Mittelwerte zur Bestimmung der Tonhaltigkeit in jeder Windklasse verwendet worden.

Nach [2] sind zur Bestimmung der Tonhaltigkeit jeweils 12 Schmalband-Spektren über eine Dauer von jeweils 10 Sekunden auszuwerten. In der Windklasse 10 m/s konnten nur 5 Schmalband-Spektren ausgewertet werden. Aus diesen 12 bzw. 5 Spektren wird dann die Höhe des Tonzuschlages als arithmetisches Mittel aus den 12 bzw. 5 Einzelwerten bestimmt.

Die ausgewerteten Spektren sind in den Abbildungen B 6 bis B 14 im Anhang B dargestellt. Aufgrund der vorliegenden Messdaten wurde die Tonhaltigkeitsauswertung für die Windklassen 6 bis 10 m/s durchgeführt. Die Ergebnisse der Tonhaltigkeitsanalyse sind in den Abbildungen B 15 bis B 19 im Anhang B dargestellt.

Die Auswertung ergab, dass die WEA-Geräusche nicht tonhaltig sind, was auch dem subjektiven Eindruck vor Ort entspricht.

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

6.7.2 Impulshaltigkeit

Nach [6] kann auf die Auswertung der Impulshaltigkeit verzichtet werden, wenn subjektiv keine Geräusche mit impulshaltigen Anteilen wahrgenommen werden konnten. Dies war bei der untersuchten WEA der Fall, so dass auf eine Auswertung der Impulshaltigkeit verzichtet wurde.

6.8 Ergebnis: Immissionswirksamer Schallleistungspegel

Die Auswertung der Ton- und Impulshaltigkeit ergab, dass

- ein Zuschlag für tonhaltige Geräuschimmissionen nicht erforderlich ist
- ein Impulszuschlag nicht gerechtfertigt ist.

In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Bestimmung der Ton- bzw. Impulshaltigkeit aufgeführt.

Tabelle 5. Ton- und Impulszuschlag für den Betrieb I

Windklasse V_s in m/s	**Leistung P_n in kW**	**Schallleistungspegel L_{WA} in dB(A)**	**Tonzuschlag K_{TN} in dB**	**Impulszuschlag K_{IN} in dB**
5	220,1	93,3	0	0
6	377,9	96,7	0	0
7	591,0	99,2	0	0
8	746,0	100,5	0	0
9	793,1	100,9	0	0
10	810,0	100,6	0	0

Damit beträgt der immissionswirksame maximale Schallleistungspegel der WEA bei einer standardisierten Windgeschwindigkeit von 9 m/s

$$L_{WA} = 100{,}9 \text{ dB(A)}.$$

7 Nabenhöhenumrechnung

In [6] ist eine Rechenmethode beschrieben, mit deren Hilfe die Umrechnung eines durch Messungen ermittelten Schallleistungspegels einer Windenergieanlage (WEA) auf andere Nabenhöhen durchgeführt werden kann. Der funktionale Zusammenhang von Schallleistungspegel und Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund muss hierzu bekannt sein (vgl. Abbildung B 4 im Anhang B).

In der nachfolgenden Tabelle Tabelle 6 sind die Ergebnisse der Nabenhöhenumrechnung für den Betrieb I auf Grundlage der Messergebnisse von der untersuchten WEA aufgeführt.

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

Tabelle 6. Umrechnung des Schallleistungspegels für den Betrieb I auf andere Nabenhöhen

Nabenhöhe	$L_{WA,P}$	Windgeschwindigkeit v10,ref							
		5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	$v_{10,ref,95\%}$	$L_{WA,P,95\%}$
60 m	$L_{WA,P}$ [dB(A)]	92,7	96,2	98,7	100,3	100,9	100,8	8,6 m/s	100,7 dB(A)
73 m	$L_{WA,P}$ [dB(A)]	93,2	96,7	99,1	100,5	100,9	100,6	8,3 m/s	100,7 dB(A)
93 m	$L_{WA,P}$ [dB(A)]	93,9	97,2	99,6	100,7	100,9	100,5	8,1 m/s	100,7 dB(A)

7.1 Hinweis zur Rechengenauigkeit und zur Rundung

In diesem Prüfbericht werden alle Endergebnisse für Pegelgrößen unter Berücksichtigung der Rundungsvorschriften in DIN 1333, Blatt 2 (Febr. 1972) auf eine Nachkommastelle gerundet angegeben. Alle Berechnungen werden jedoch bei EDV-Berechnungen mit der vollen Rechengenauigkeit des verwendeten Rechenprogramms durchgeführt. Hierdurch ist sichergestellt, dass im Rahmen von Berechnungen keine zusätzlichen Rundungsfehler entstehen.

8 Messunsicherheit

8.1 Standorteinflüsse

Die Standorteinflüsse für die Geräuschmessungen im Bereich der Bodenplatte werden aufgrund des direkten Einflussbereiches der WEA und aufgrund des Abstandes zum nächstgelegenen Bewuchses als „sehr gering" eingeschätzt.

8.2 Messunsicherheit Typ A und B

Die Messunsicherheit für den windgeschwindigkeitsabhängigen Schallleistungspegel der WEA wird nach Anhang D von [1] wie folgt berechnet:

- Messunsicherheit U_A für die Messwerte L_{Aeq} bei Betrieb der WEA: Wie aus den durchgeführten Auswertungen (vgl. z. B. Abbildung B 2 im Anhang B) deutlich wird, ergeben sich geringe Abweichungen zwischen den Messwerten und der Regressionsanalyse. Aufgrund dieser Abweichung und der unter Abschnitt 8.1 genannten Gründe wird für die Messunsicherheit U_A ein konservativer Wert von U_A = 0,3 dB angesetzt.
- Die Messunsicherheiten U_{B1} bis U_{B9} werden gemäß Tabelle D.1 in [1] mit den dort genannten typischen Werten angesetzt:
  - Kalibrierung U_{B1} = 0,2 dB
  - Messgerät U_{B2} = 0,2 dB
  - Schallharte Platte U_{B3} = 0,3 dB
  - Messabstand U_{B4} = 0,1 dB
  - Impedanz U_{B5} = 0,1 dB
  - Turbulenz U_{B6} = 0,4 dB

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

- Windgeschwindigkeit U_{B7} = 0,2 dB (aus WEA-Leistung berechnet)
- Richtung U_{B8} = 0,3 dB
- Fremdgeräusch U_{B9} = 0,3 dB (vgl. Tabelle 4).

8.3 Gesamtunsicherheit

Für die kombinierte Gesamtmessunsicherheit U_c gilt nach [1]:

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + ... + U_{B9}^2}$$

Damit ergeben sich für die Schallleistungspegel L_{WA} eine Gesamtmessunsicherheit von **U_C = 0,8 dB**.

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

MÜLLER-BBM

Anhang A

Lageplan und Fotodokumentation

Dokumentation der Messung und Auswertung

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

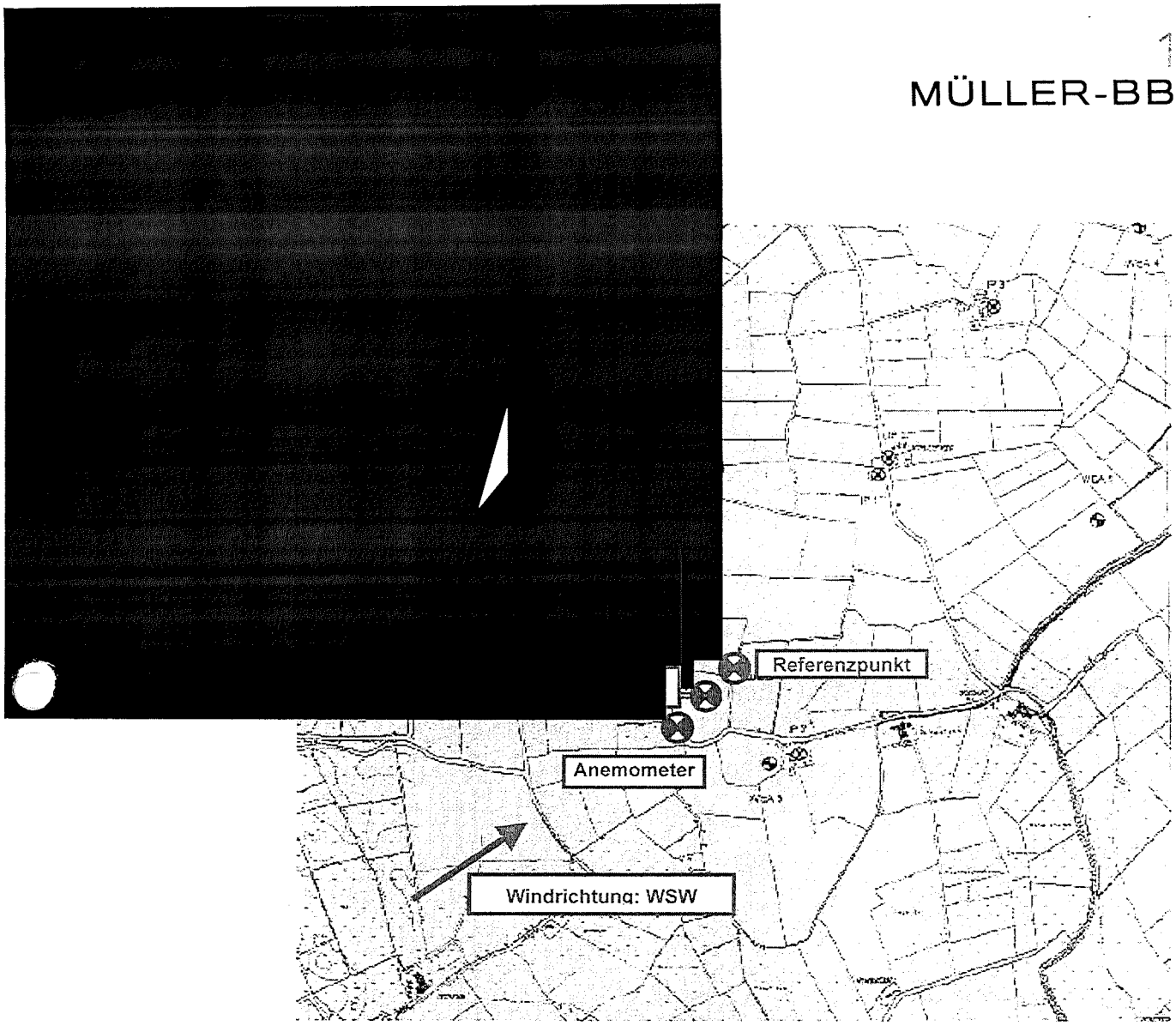


Abbildung A 1. Lageplan der WEA und der Messpunkte (Plan nicht zur Maßentnahme geeignet)

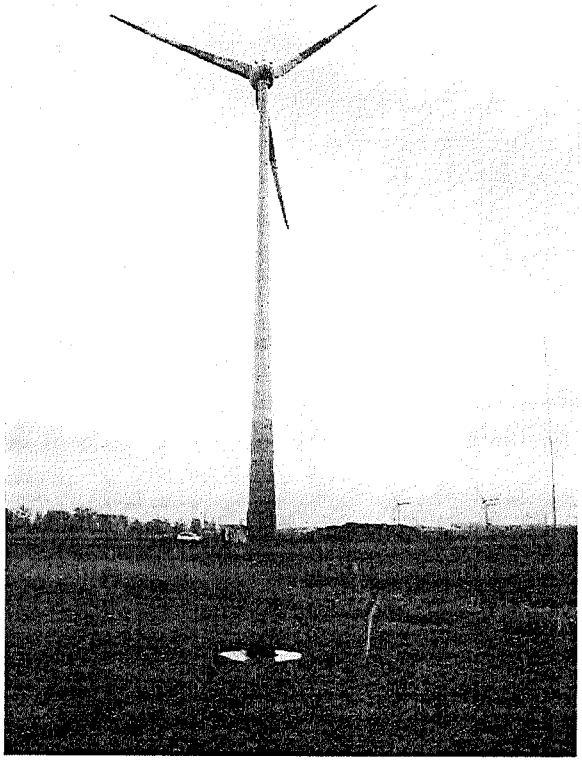


Abbildung A 2. Blick vom Grenzflächenmikrofon zur WEA

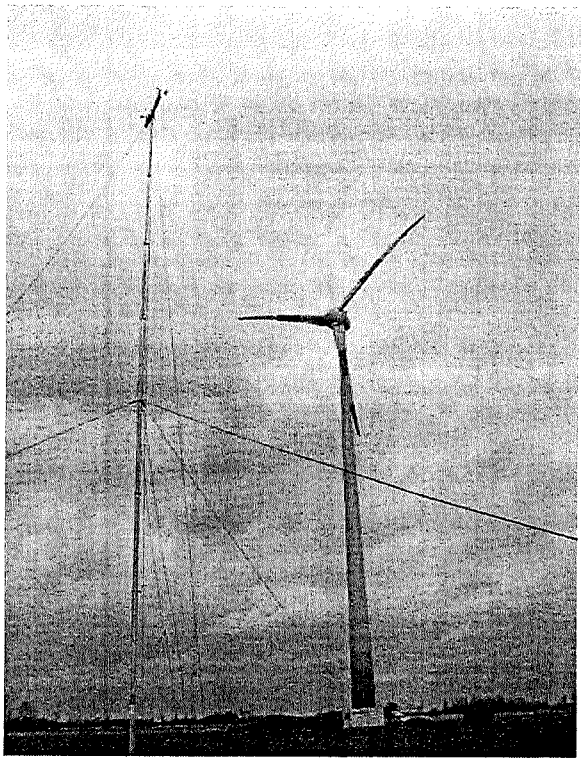


Abbildung A 3. Seitenansicht WEA

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

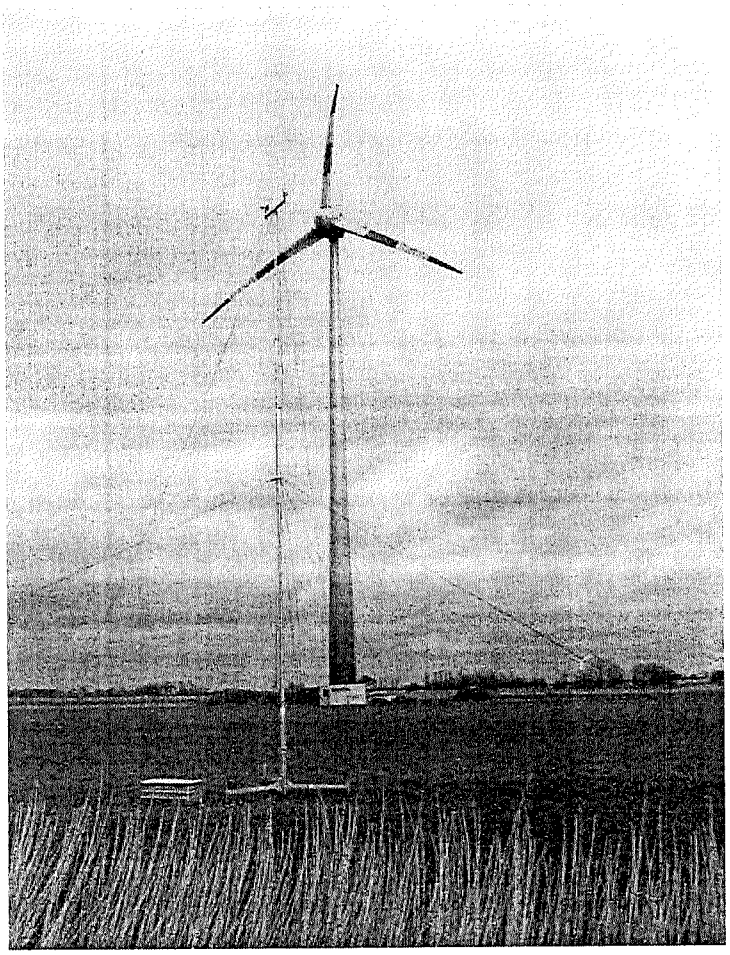


Abbildung A 4. Blick vom Windmesspunkt zur WEA

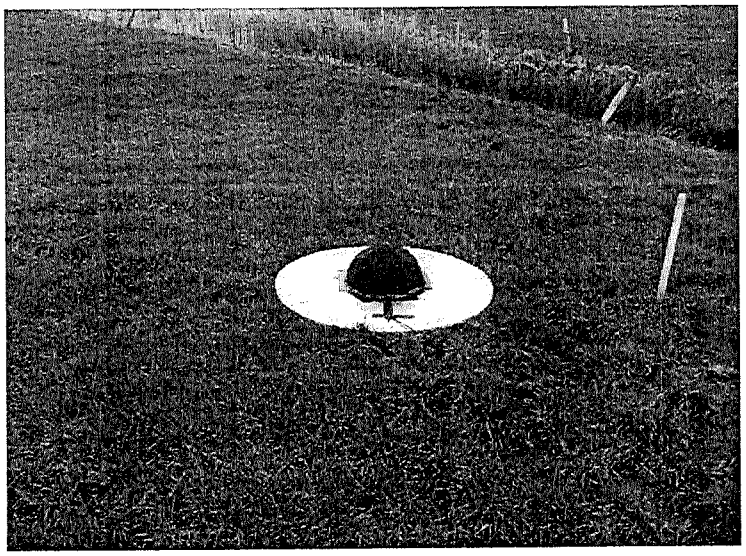


Abbildung A 5. Verwendetes Grenzflächenmikrofon mit Umgebung (Feld)

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

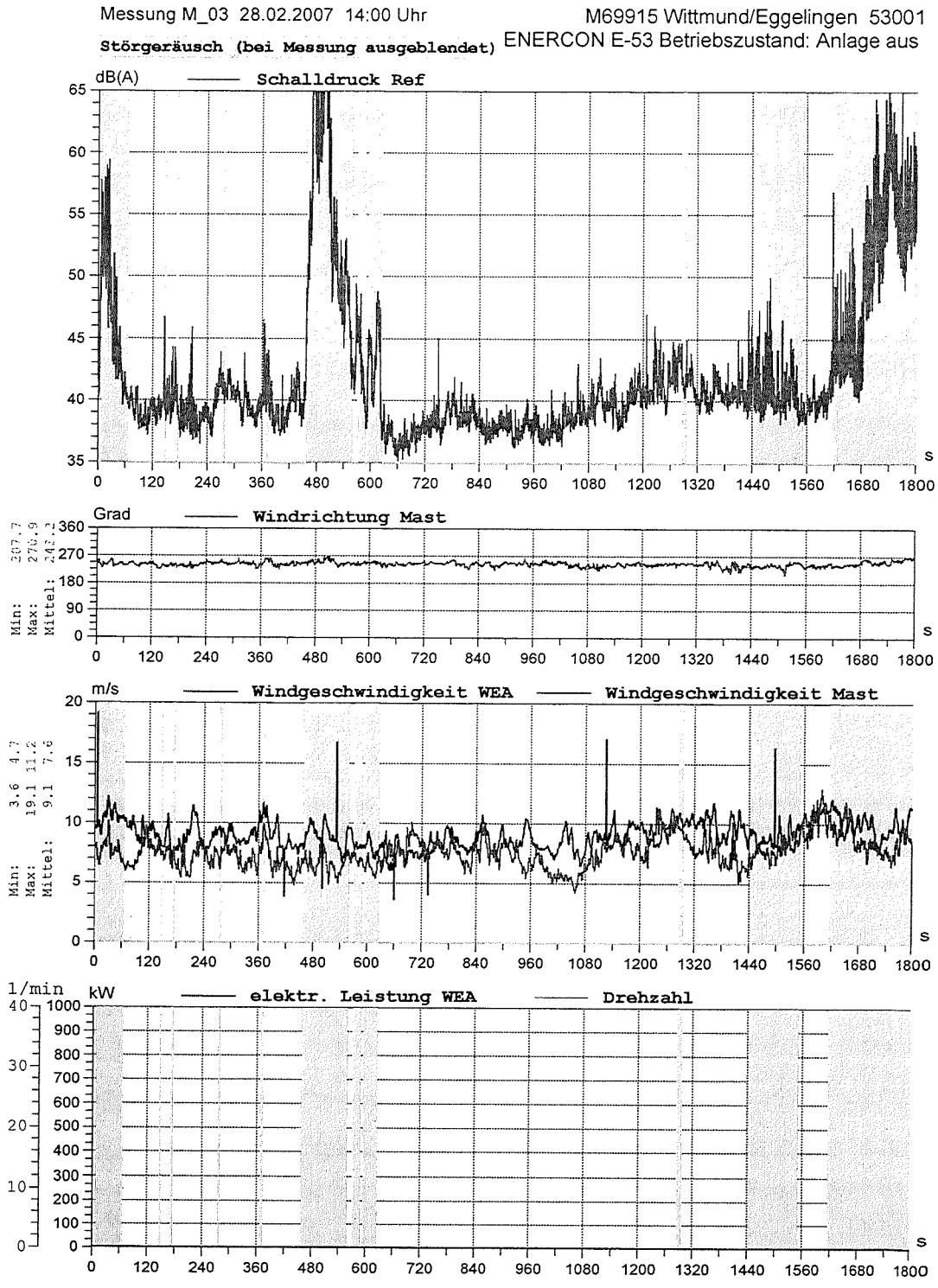


Abbildung A 6. Darstellung aller relevanten Messgrößen der Messung m_03

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

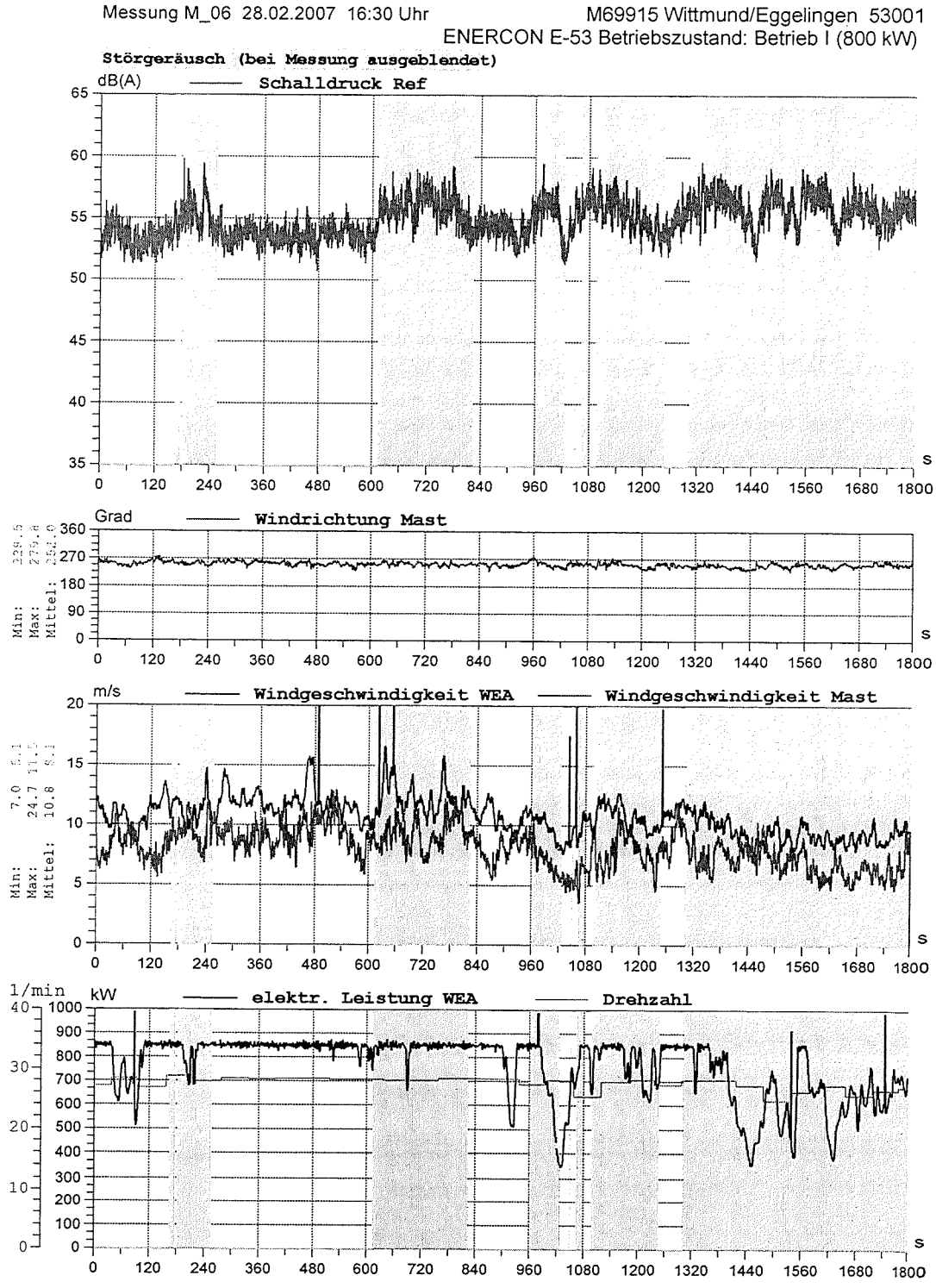


Abbildung A 7. Darstellung aller relevanten Messgrößen der Messung m_06

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

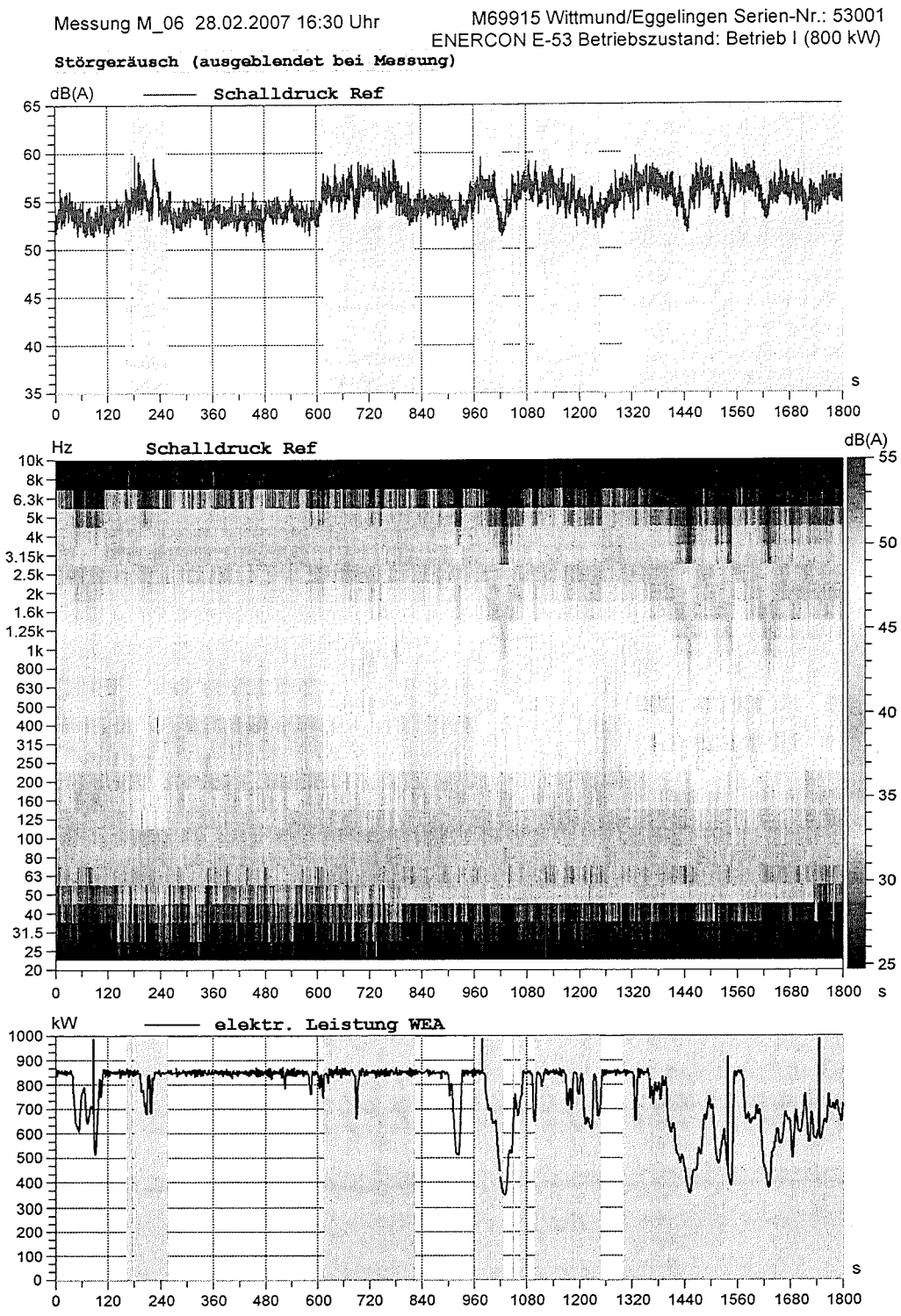


Abbildung A 8. Darstellung Campbell-Diagramm der Messung m_06

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

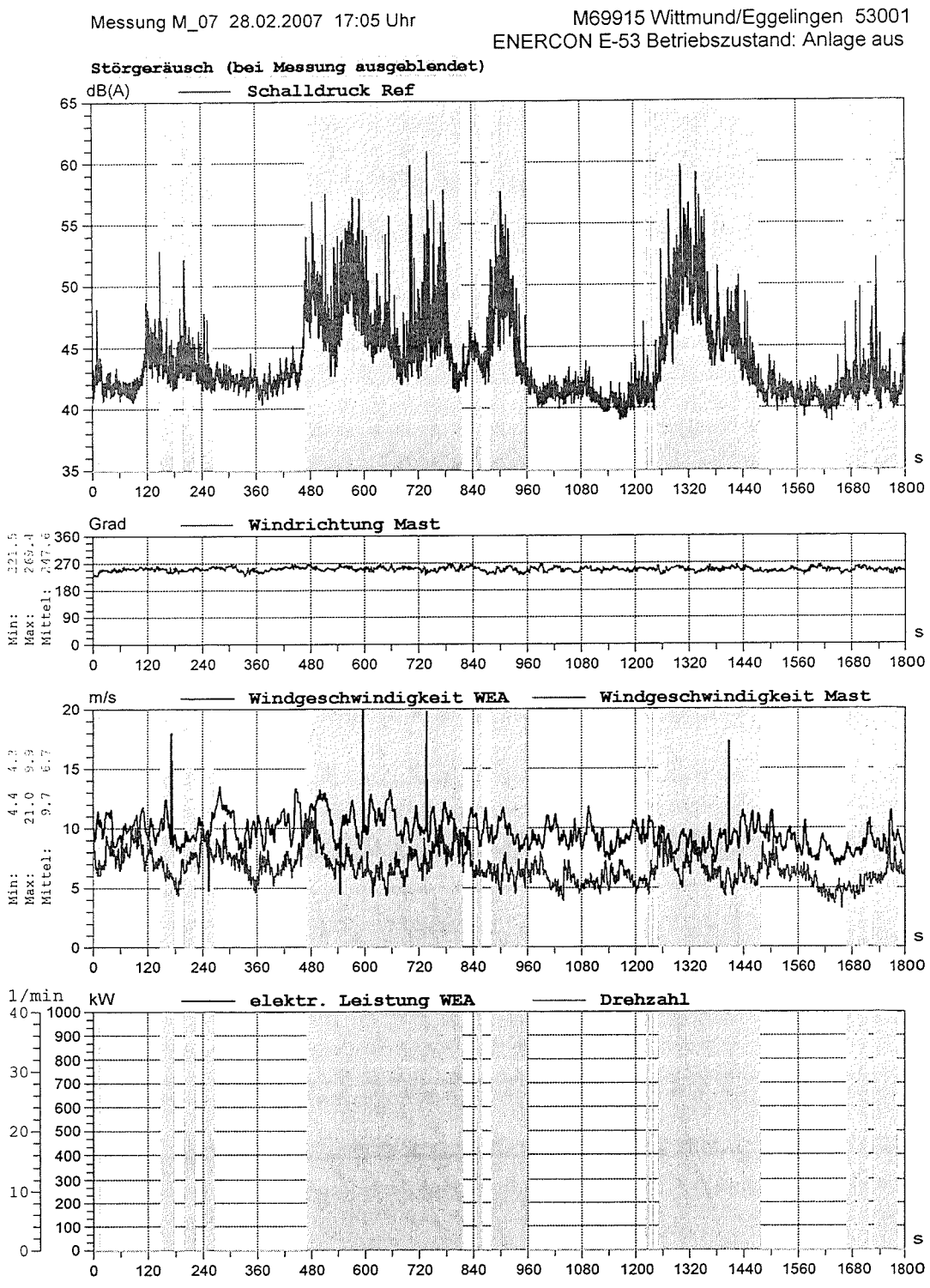


Abbildung A 9. Darstellung aller relevanten Messgrößen der Messung m_07

P:\hkm\69169991502_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

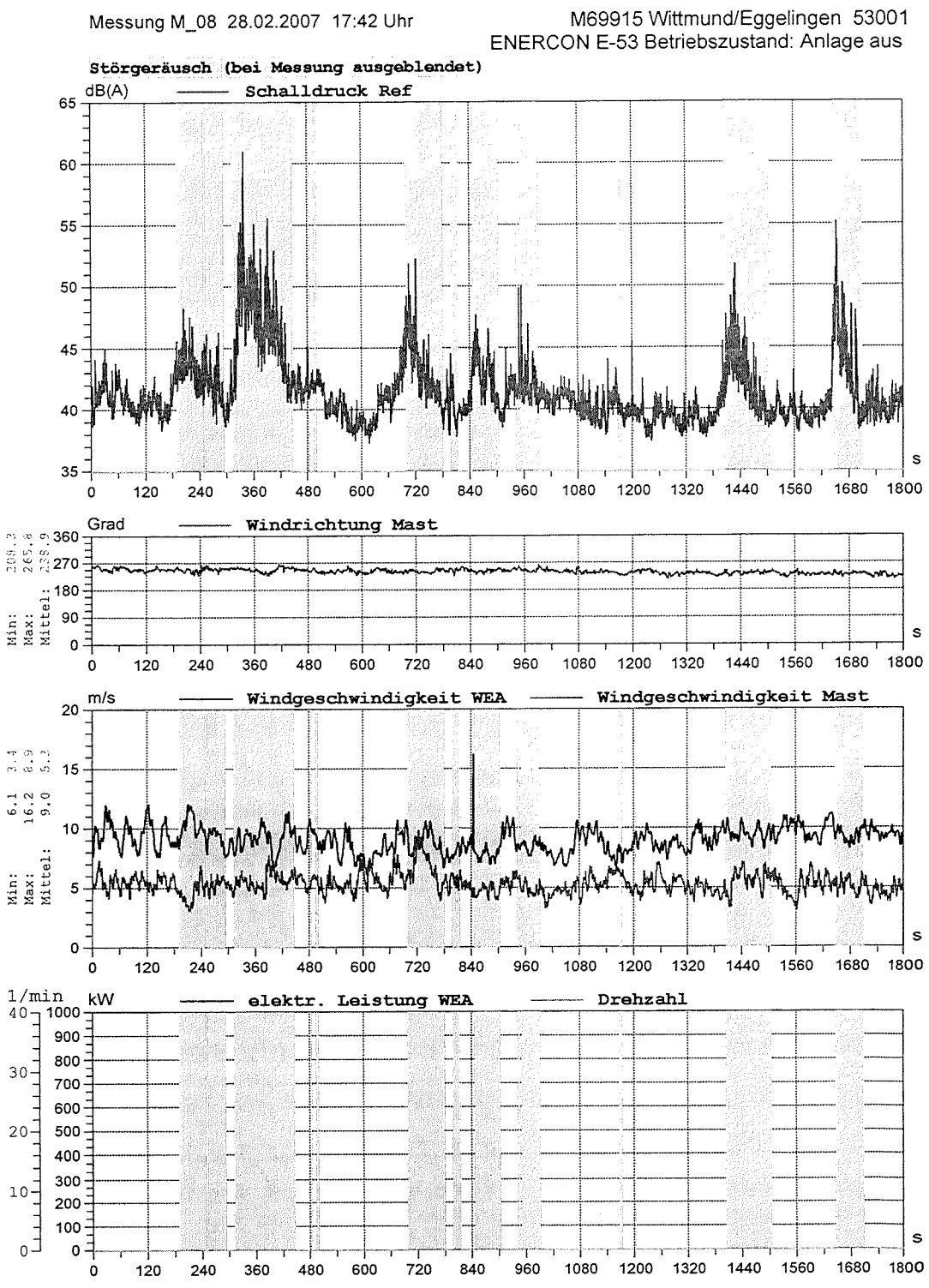


Abbildung A 10. Darstellung aller relevanten Messgrößen der Messung m_08

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

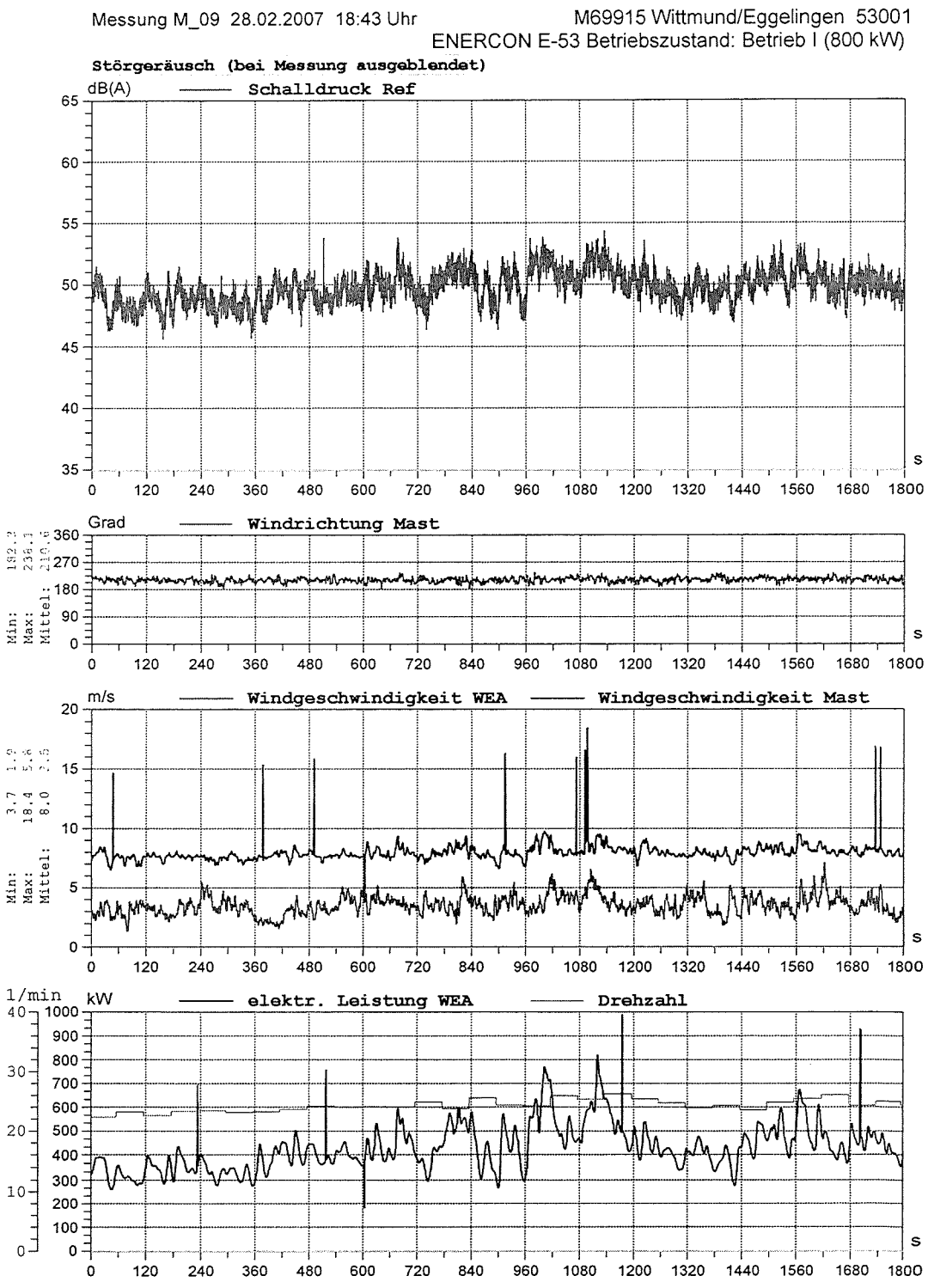


Abbildung A 11. Darstellung aller relevanten Messgrößen der Messung m_09

P:\hkm\M69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

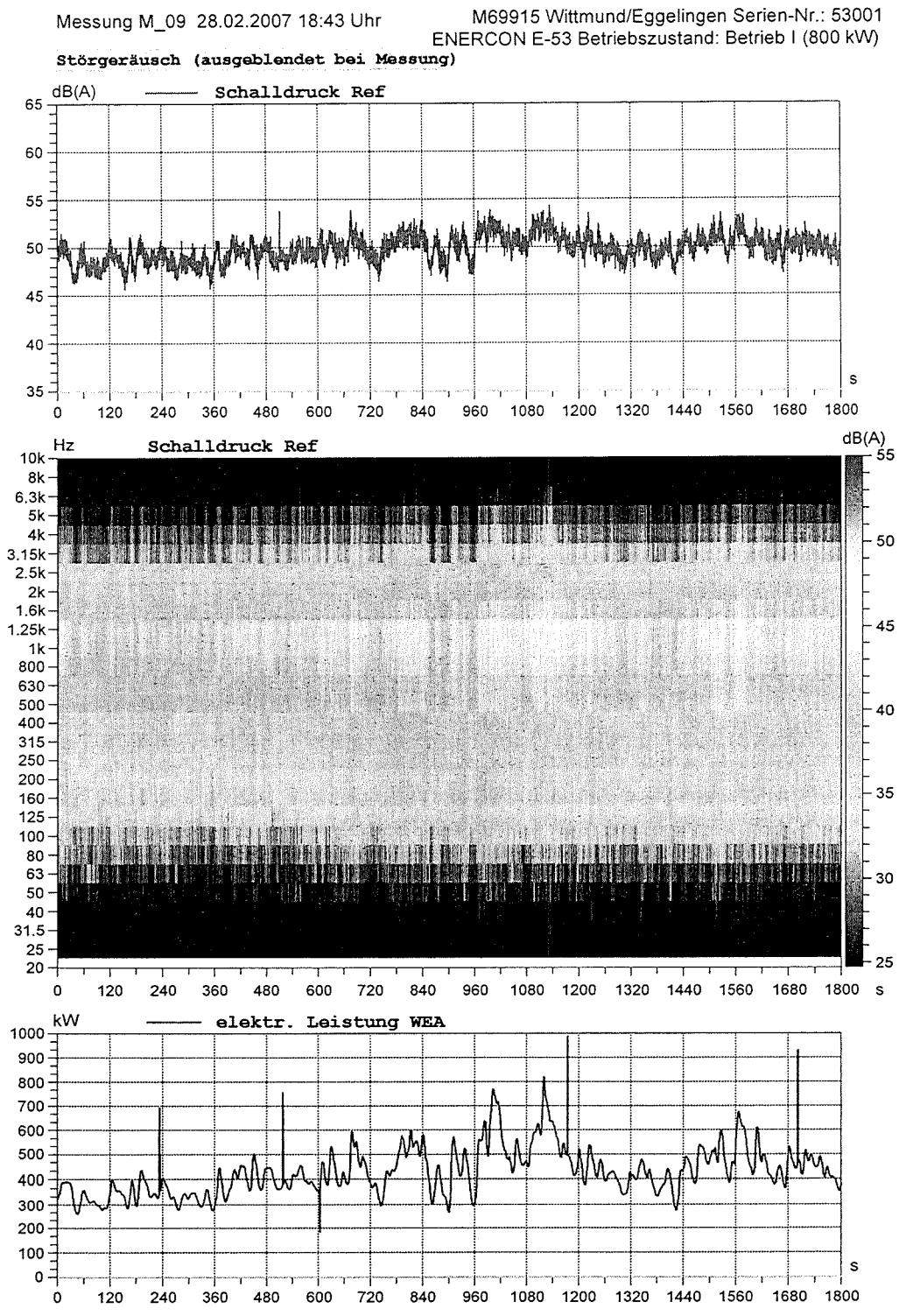


Abbildung A 12. Darstellung Campbell-Diagramm der Messung m_09

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

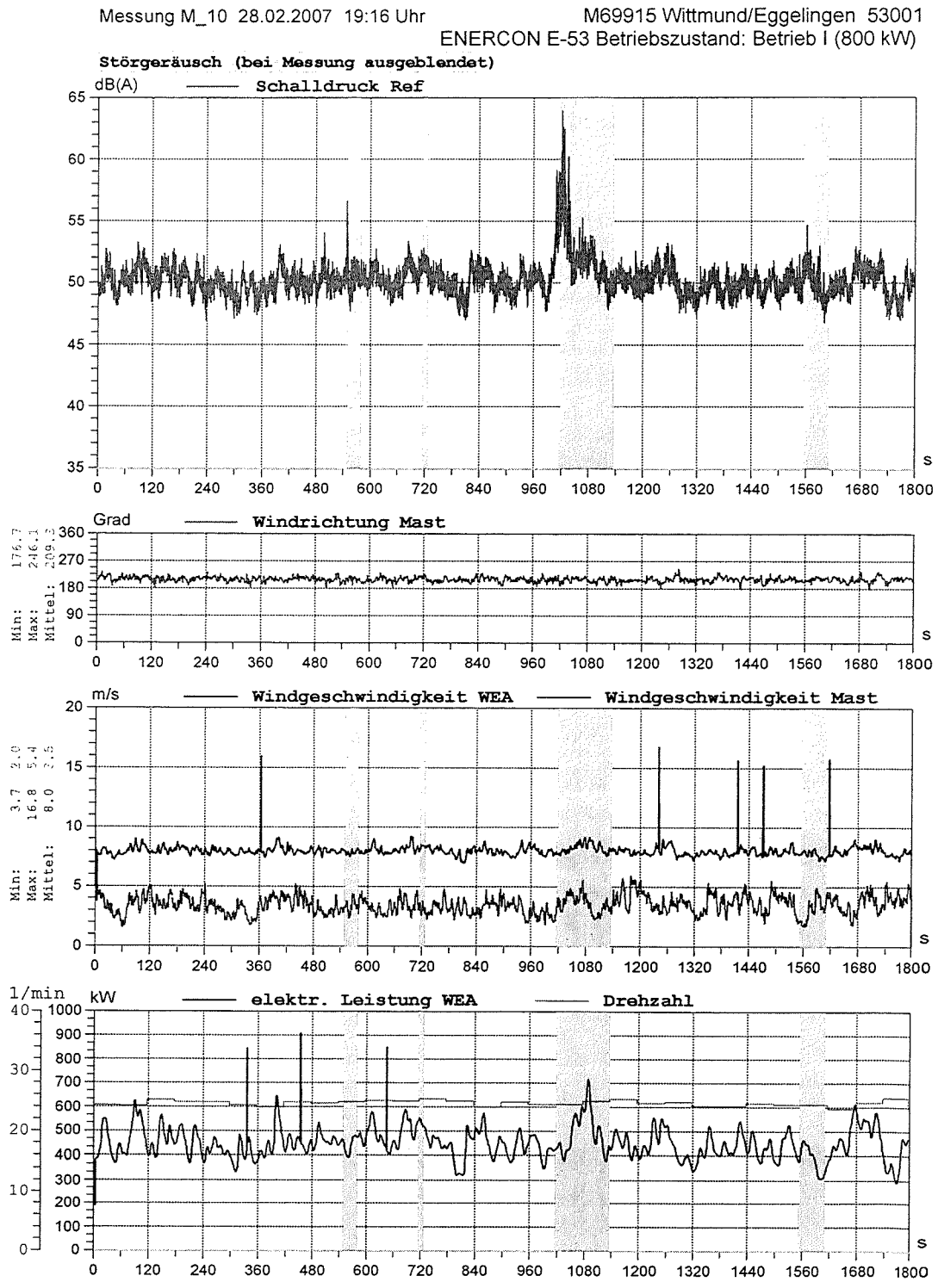


Abbildung A 13. Darstellung aller relevanten Messgrößen der Messung m_10

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

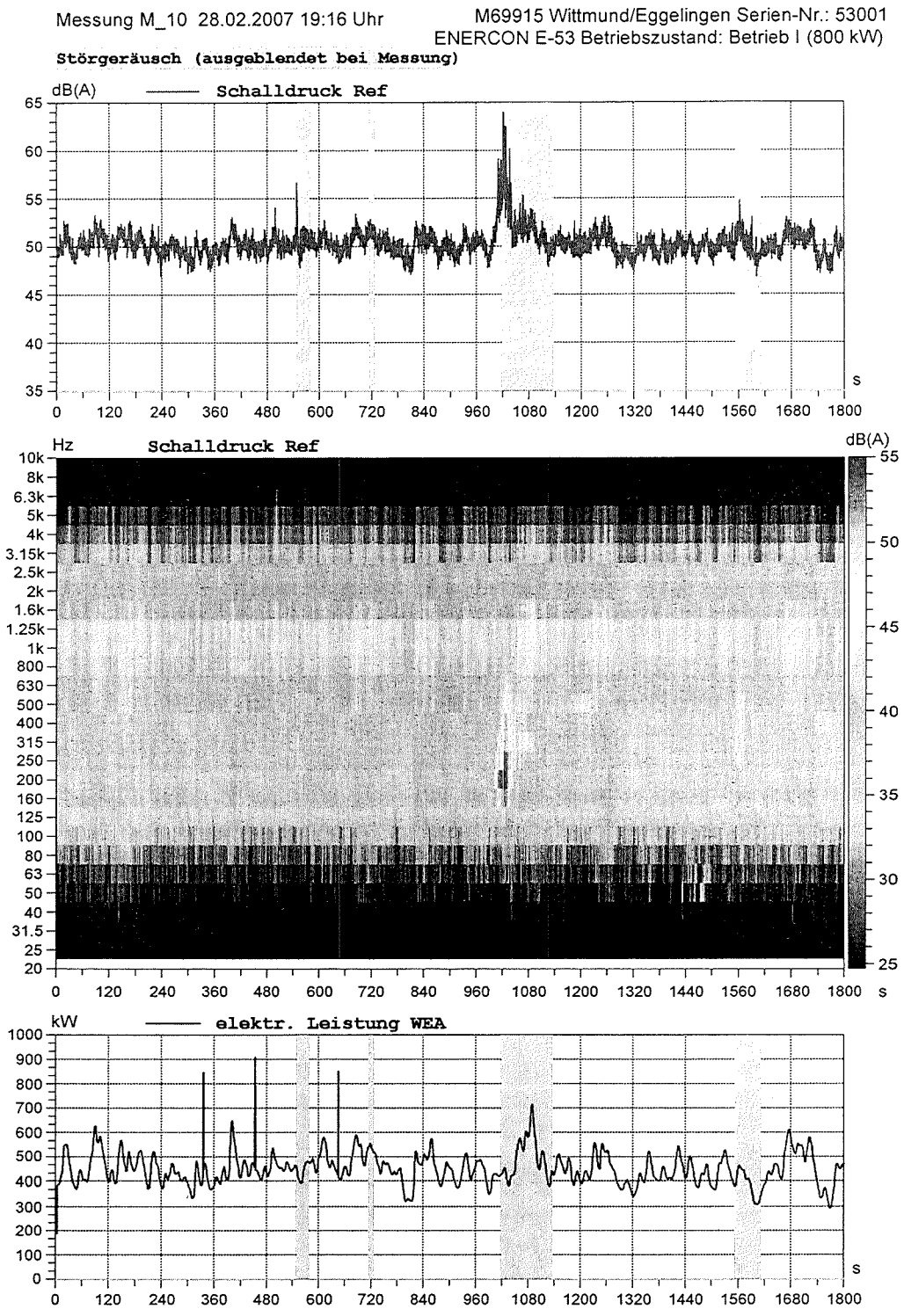


Abbildung A 14. Darstellung Campbell-Diagramm der Messung m_10

P:\hkm\16916991502_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

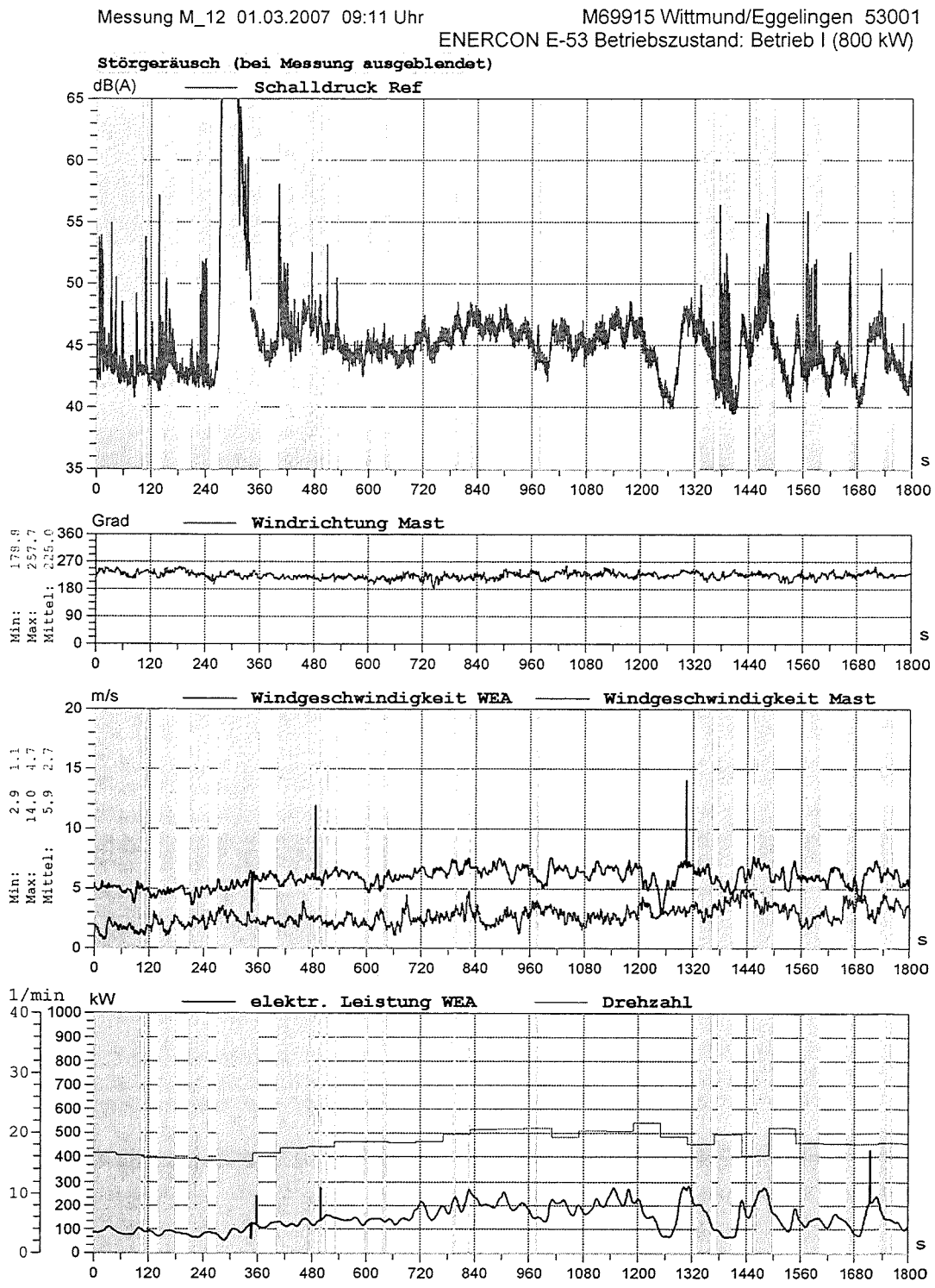


Abbildung A 15. Darstellung aller relevanten Messgrößen der Messung m_12

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

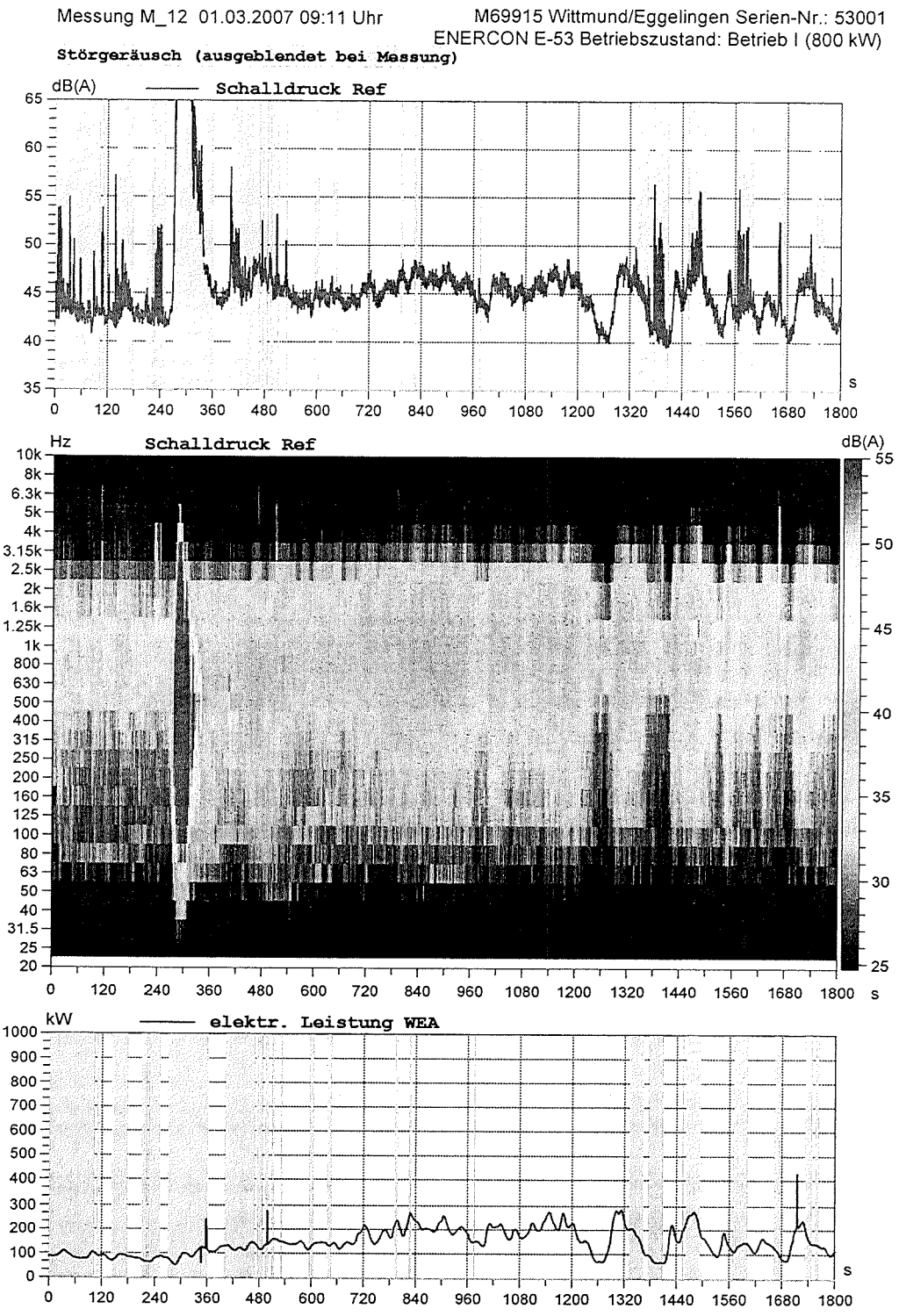


Abbildung A 16. Darstellung Campbell-Diagramm der Messung m_12

P:\hkm\169\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

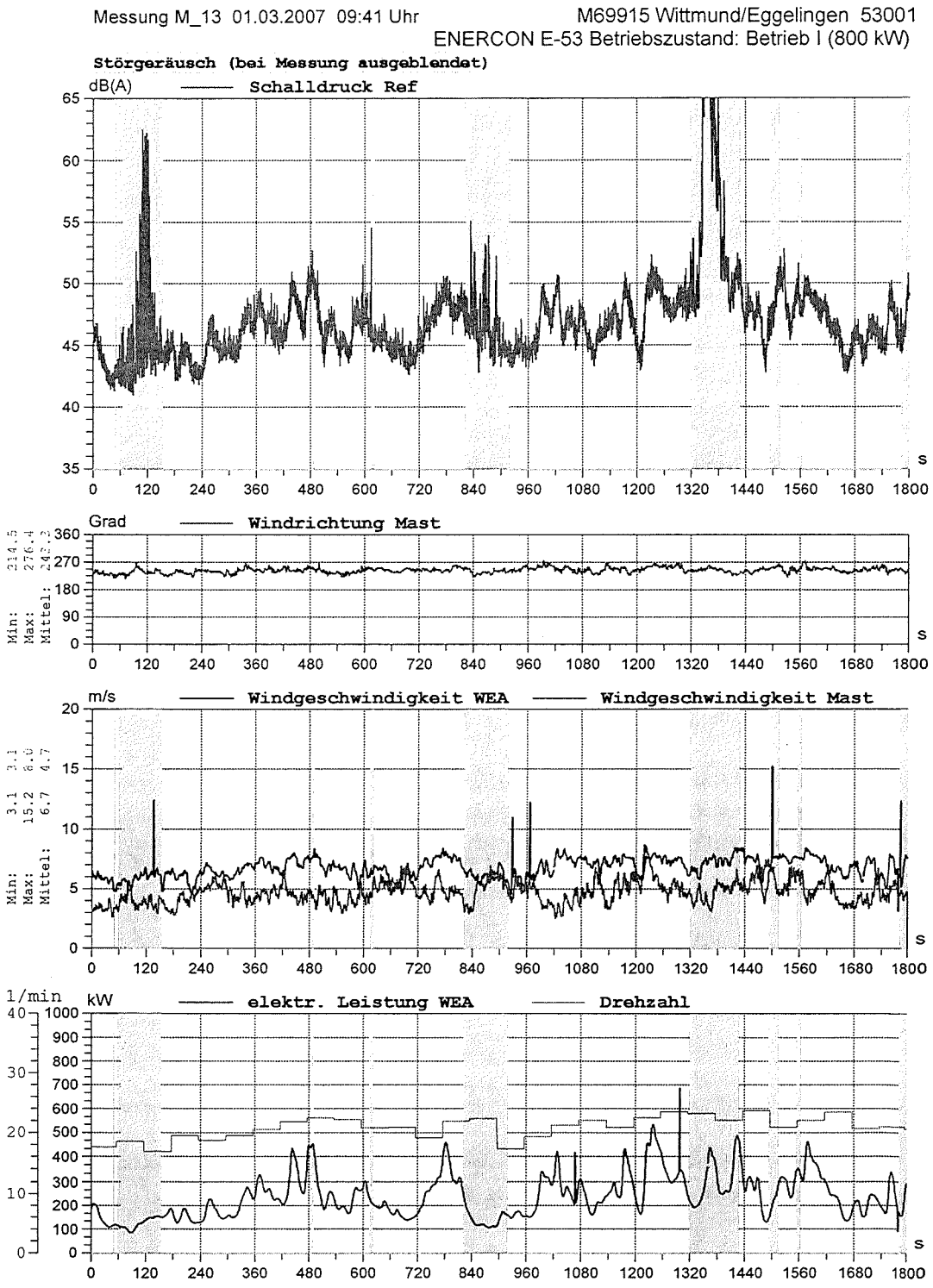


Abbildung A 17. Darstellung aller relevanten Messgrößen der Messung m_13

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

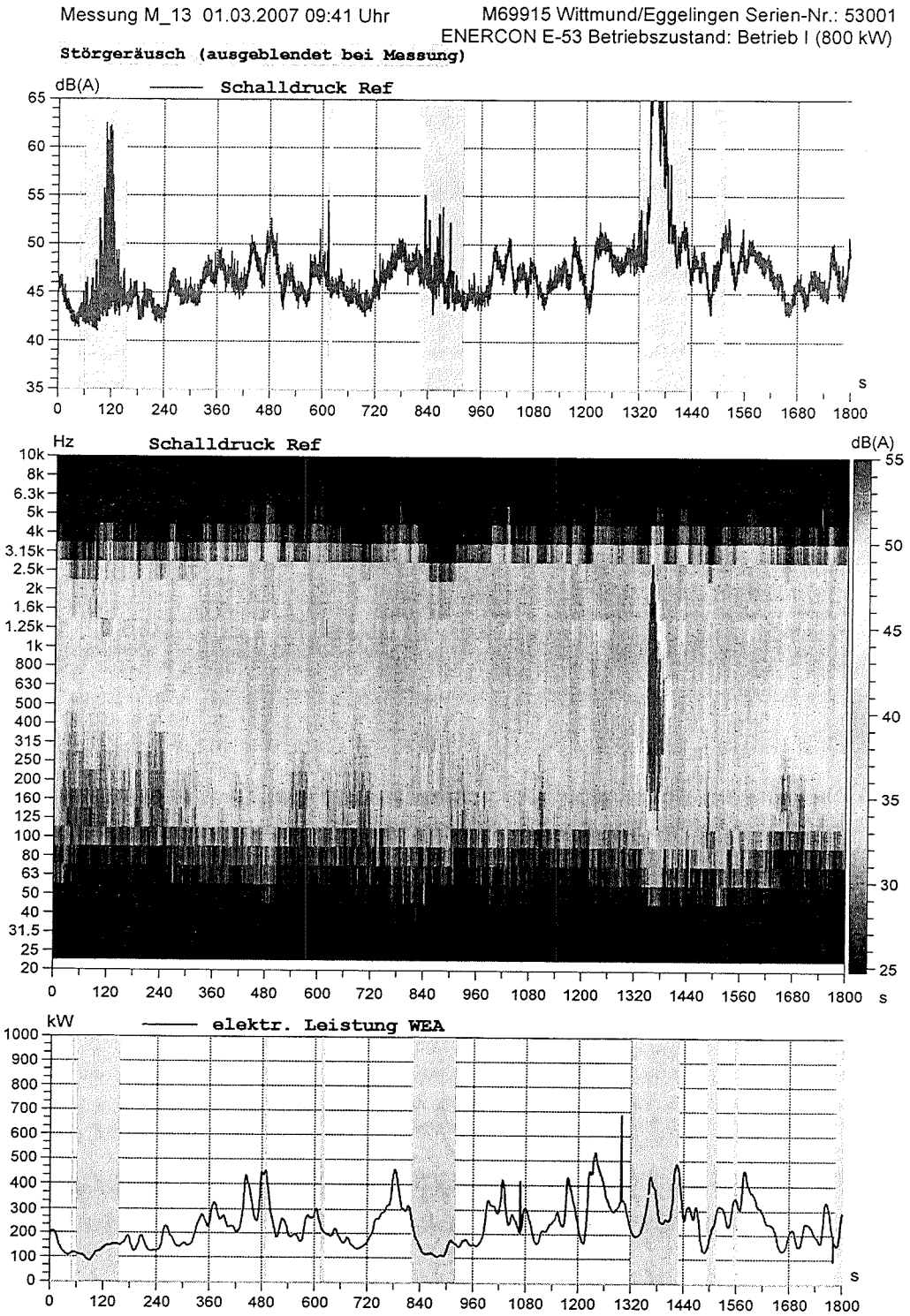


Abbildung A 18. Darstellung Campbell-Diagramm der Messung m_13

P:\hkm\69169915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

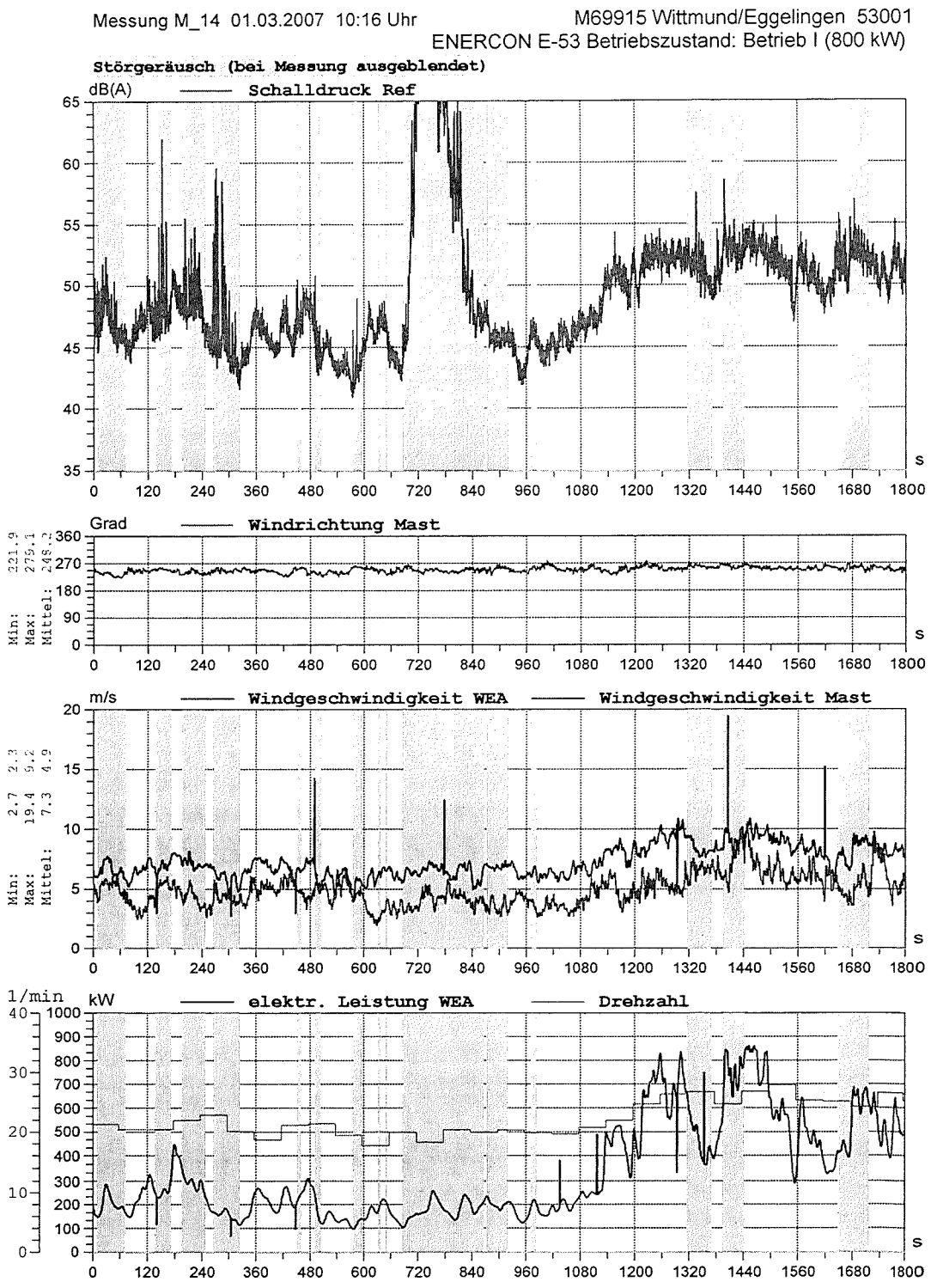


Abbildung A 19. Darstellung aller relevanten Messgrößen der Messung m_14

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

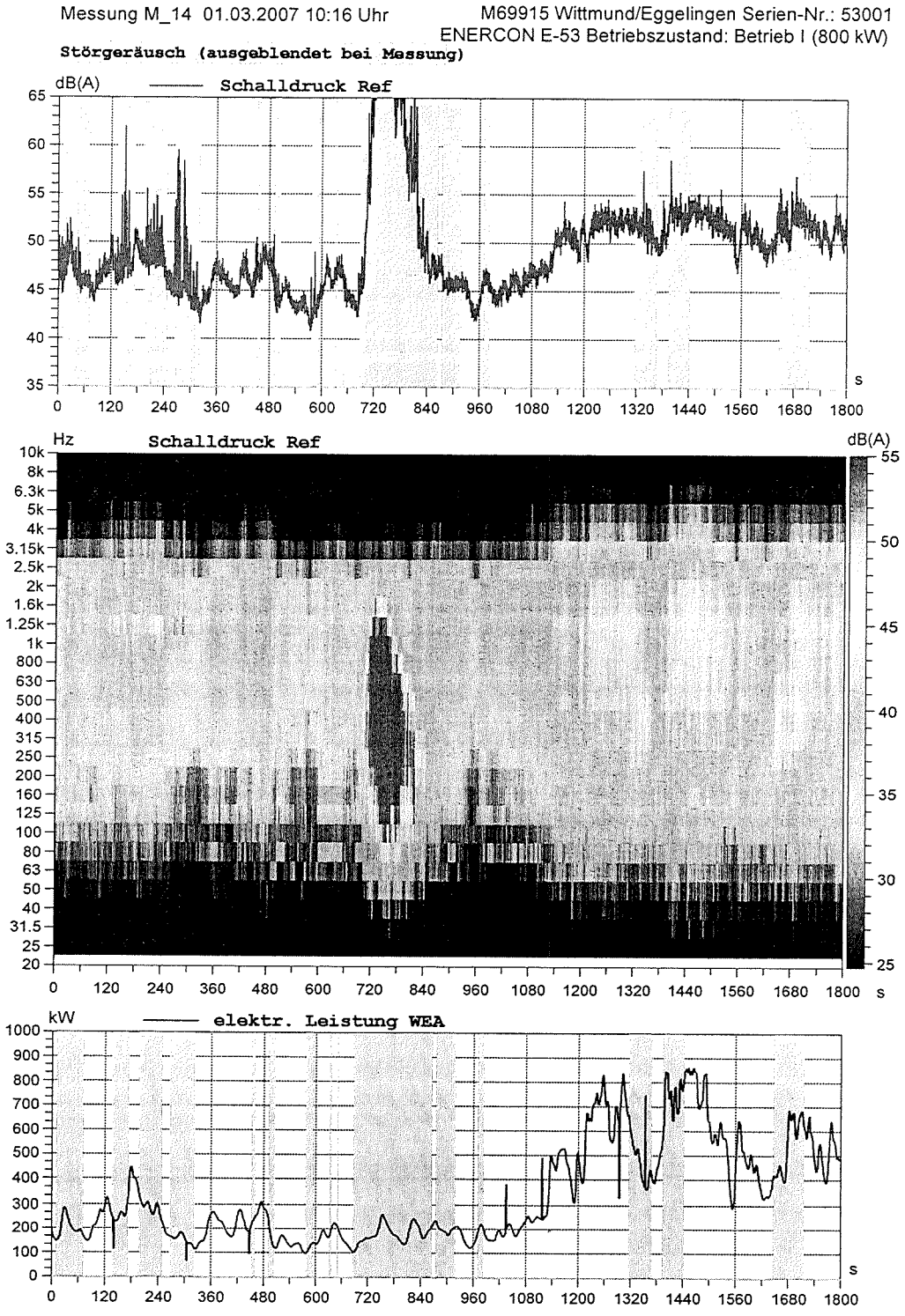


Abbildung A 20. Darstellung Campbell-Diagramm der Messung m_14

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

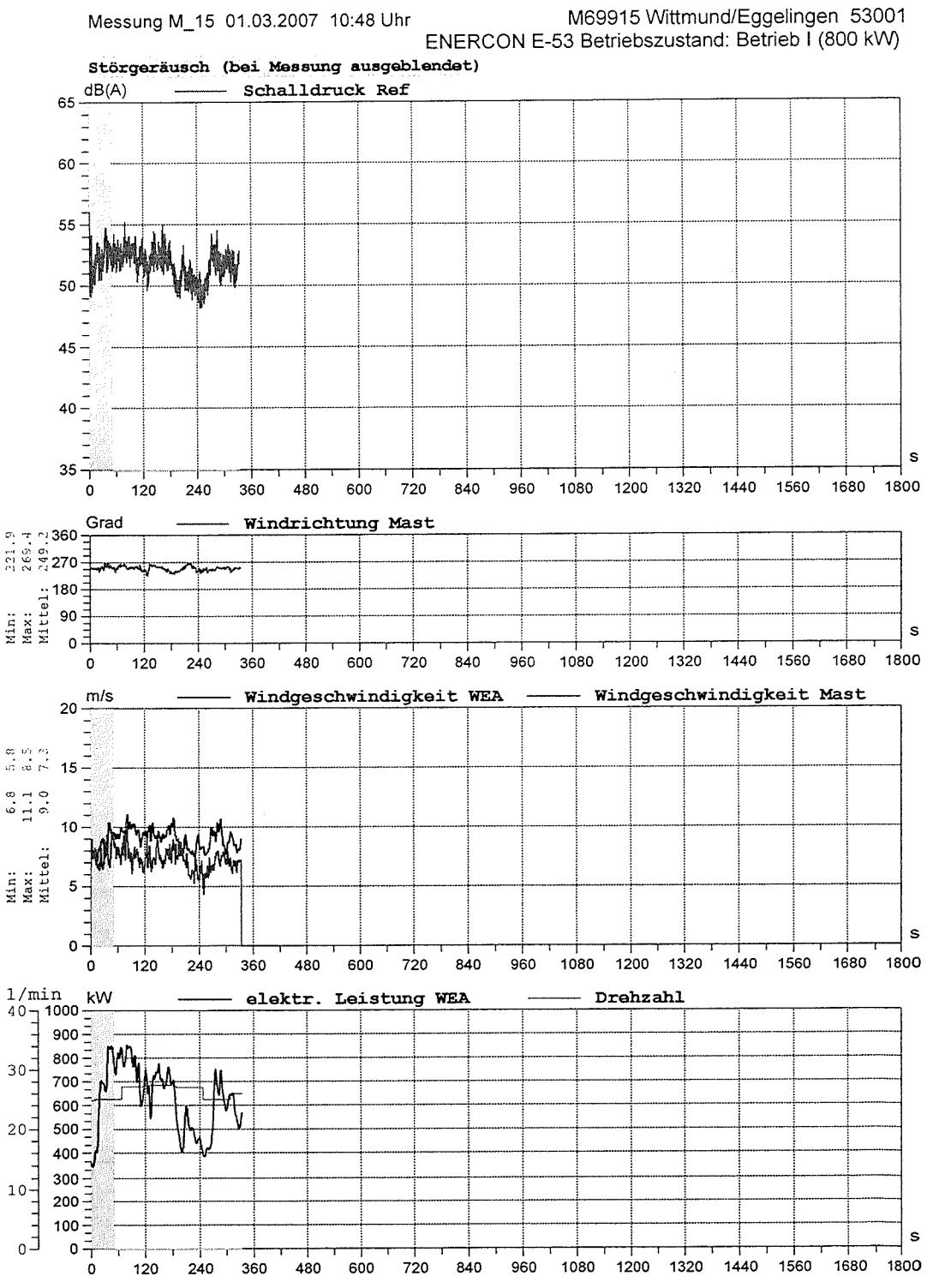


Abbildung A 21. Darstellung aller relevanten Messgrößen der Messung m_15

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

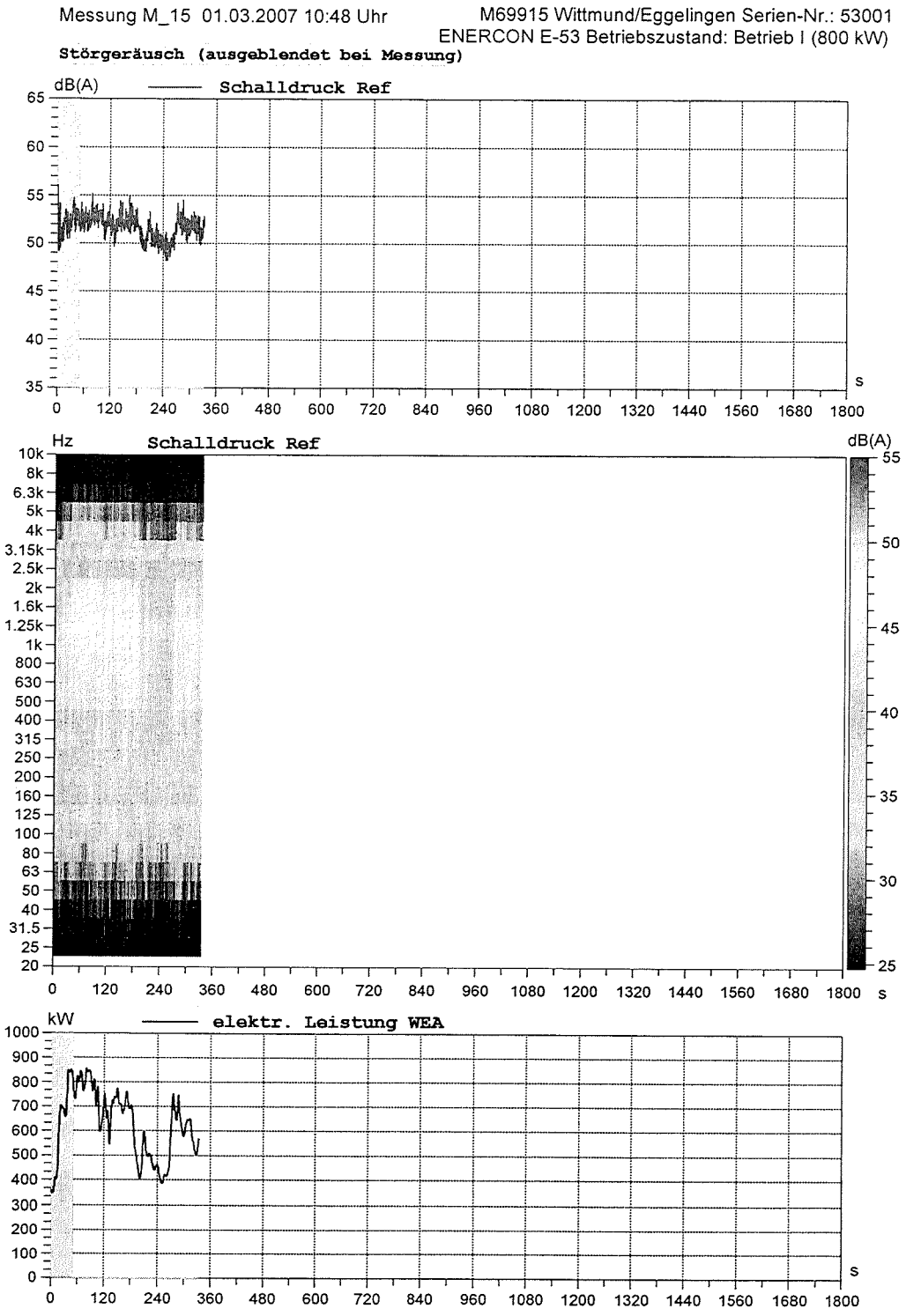


Abbildung A 22. Darstellung Campbell-Diagramm der Messung m_15

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

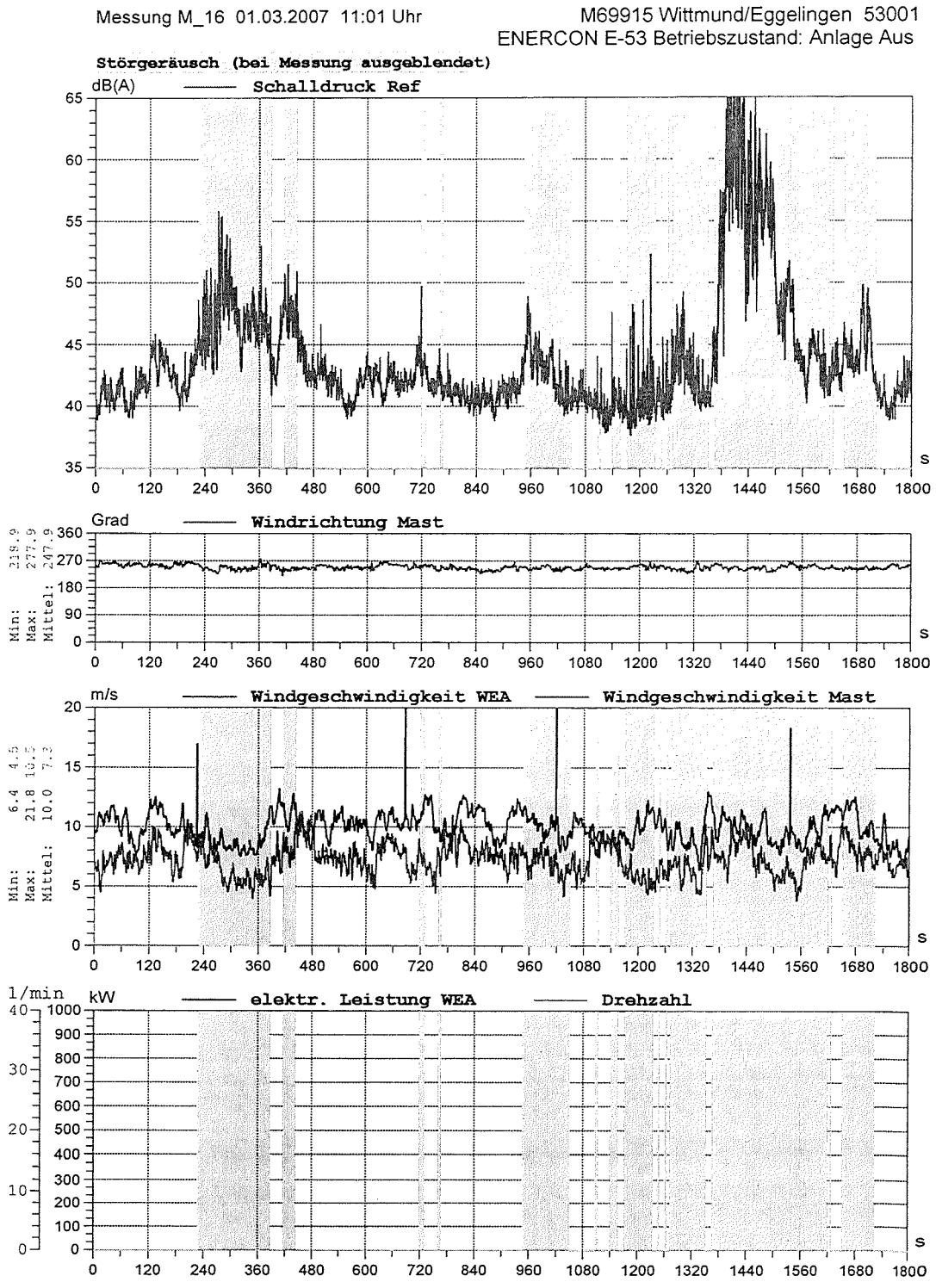


Abbildung A 23. Darstellung Campbell-Diagramm der Messung m_16

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

Anhang B

Ergebnisse der Auswertung

WEA-Typ: ENERCON E-53 53001
WEA-Standort: Wittmund/Eggelingen
Messdatum: 28.02.2007
Betriebszustand: Betrieb I (800 kW)

Wertepaare zur Bestimmung der Regression zwischen VH und Vn (Gondelanemometermethode)

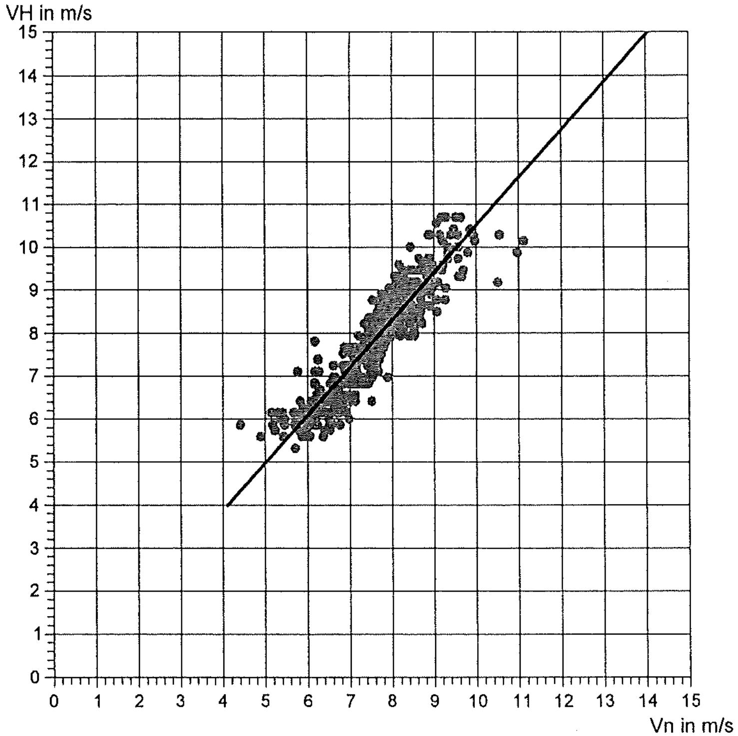


Abbildung B 1. Erfasste Wertepaare zur Bestimmung der Regression zwischen VH und Vn

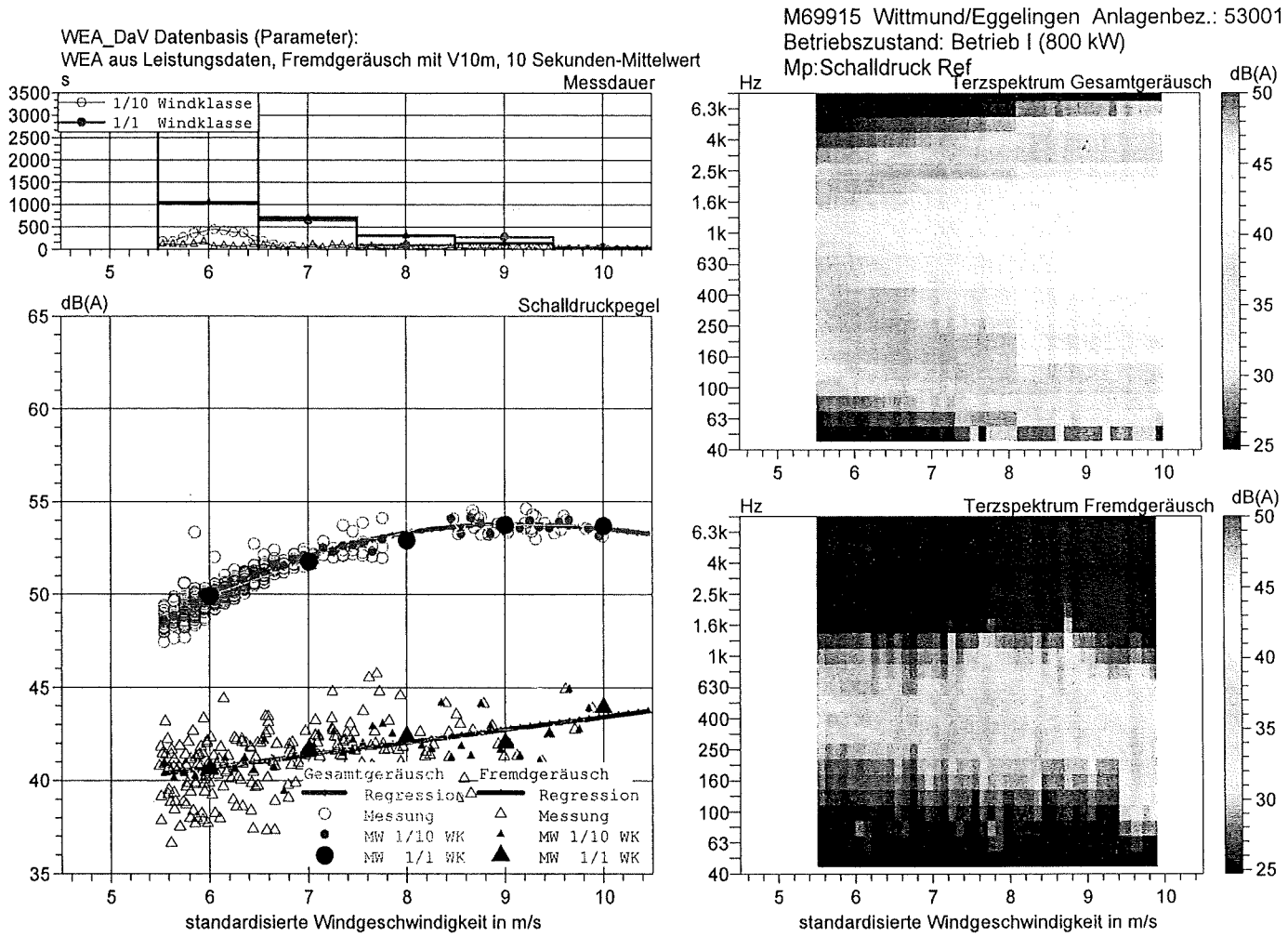


Abbildung B 2. Zusammenfassung der für die Auswertung benutzten Messdaten für den WEA-Betrieb am Referenzmesspunkt, Mittelwerte und Regressionen

WEA-Typ: ENERCON E-53 (Anlagennummer: 53001)
WEA-Standort: Wittmund/Eggelingen
Messdatum: 28.02.2007
Betriebszustand: Betrieb I (800 kW)

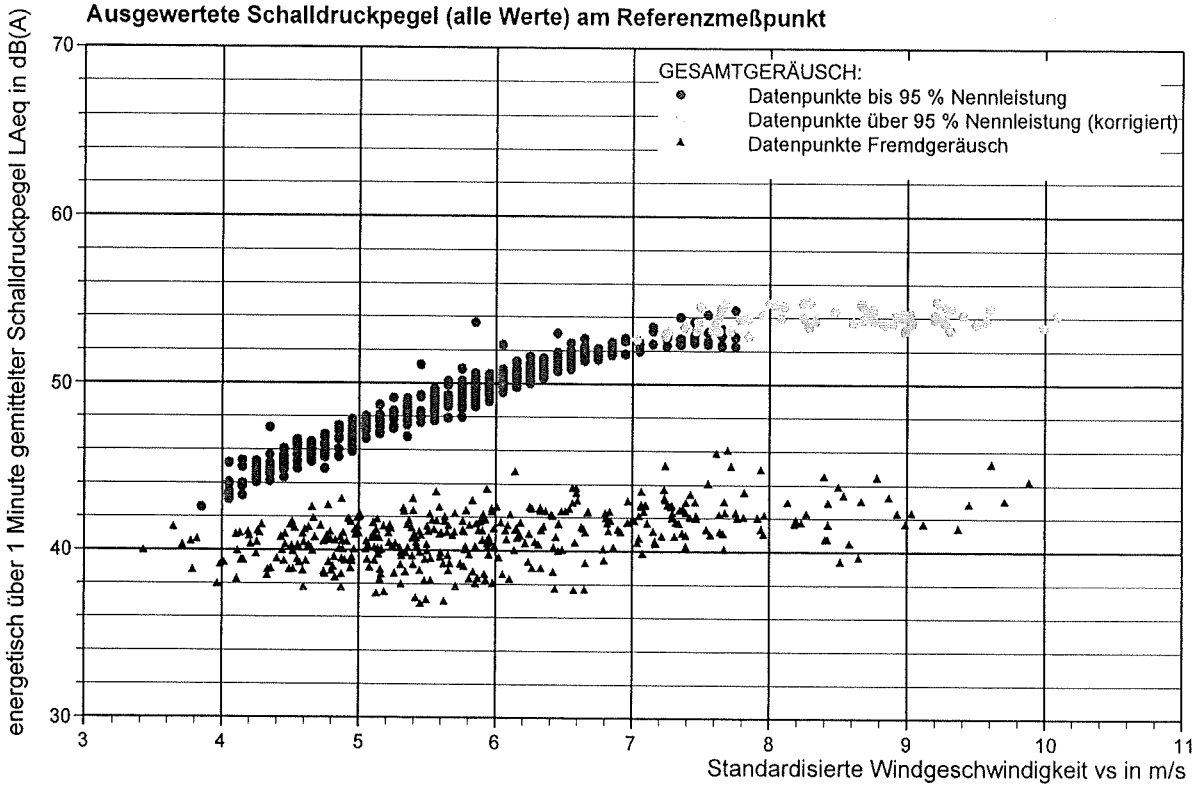
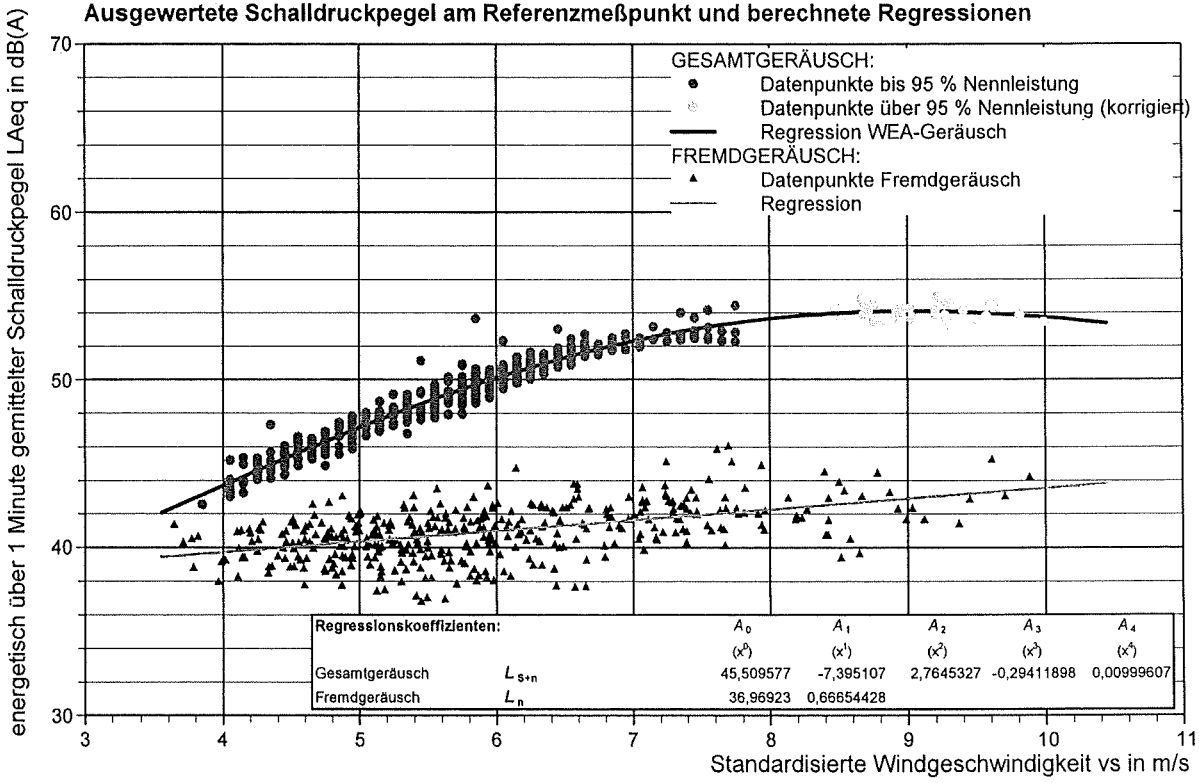


Abbildung B 3. Schalldruckpegel bei Betrieb I über der standardisierten Windgeschwindigkeit für den Referenzmesspunkt (alle Datenpunkte)

WEA-Typ: ENERCON E-53 (Anlagennummer: 53001)
WEA-Standort: Wittmund/Eggelingen
Messdatum: 28.02.2007
Betriebszustand: Betrieb I (800 kW)

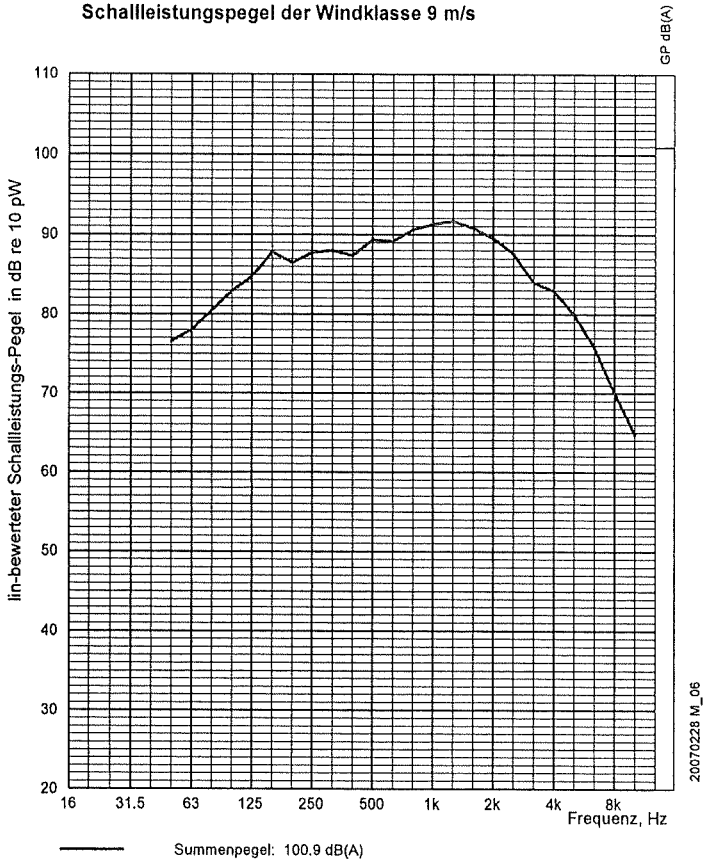


Regressionskoeffizienten:		A_0 (x^0)	A_1 (x^1)	A_2 (x^2)	A_3 (x^3)	A_4 (x^4)
Gesamtgeräusch	L_{s+n}	45,509577	-7,395107	2,7645327	-0,29411898	0,00999607
Fremdgeräusch	L_n	36,96923	0,66654428			

Abbildung B 4. Schalldruckpegel bei Betrieb I über der standardisierten Windgeschwindigkeit und berechnete Regressionen für den Referenzmesspunkt

WEA-Typ: ENERCON E-53 (Anlagennummer: 53001)
WEA-Standort: Wittmund/Eggelingen
Betriebszustand: Betrieb I (800 kW)

Schallleistungspegel der Windklasse 9 m/s



Oktav-Mitten-frequenz	Oktav-Pegel (A)
63	83,4
125	90,4
250	92,3
500	93,5
1k	95,9
2k	94,3
4k	87,3
8k	77,1

Abbildung B 5. Schallleistungspegel der Windklasse 9 m/s in Terzbandbreite (Abbildung) und in Oktavbandbreite (tabellarisch) bei Betrieb I

Auswertung Tonzuschlag Windklasse 6 m/s
WEA-Typ: ENERCON E-53
WEA-Standort: Wittmund/Eggelingen Anlagenbezeichnung: 53001
Betriebszustand: Betrieb I (800 kW)

Messpunkt: Schalldruck Re

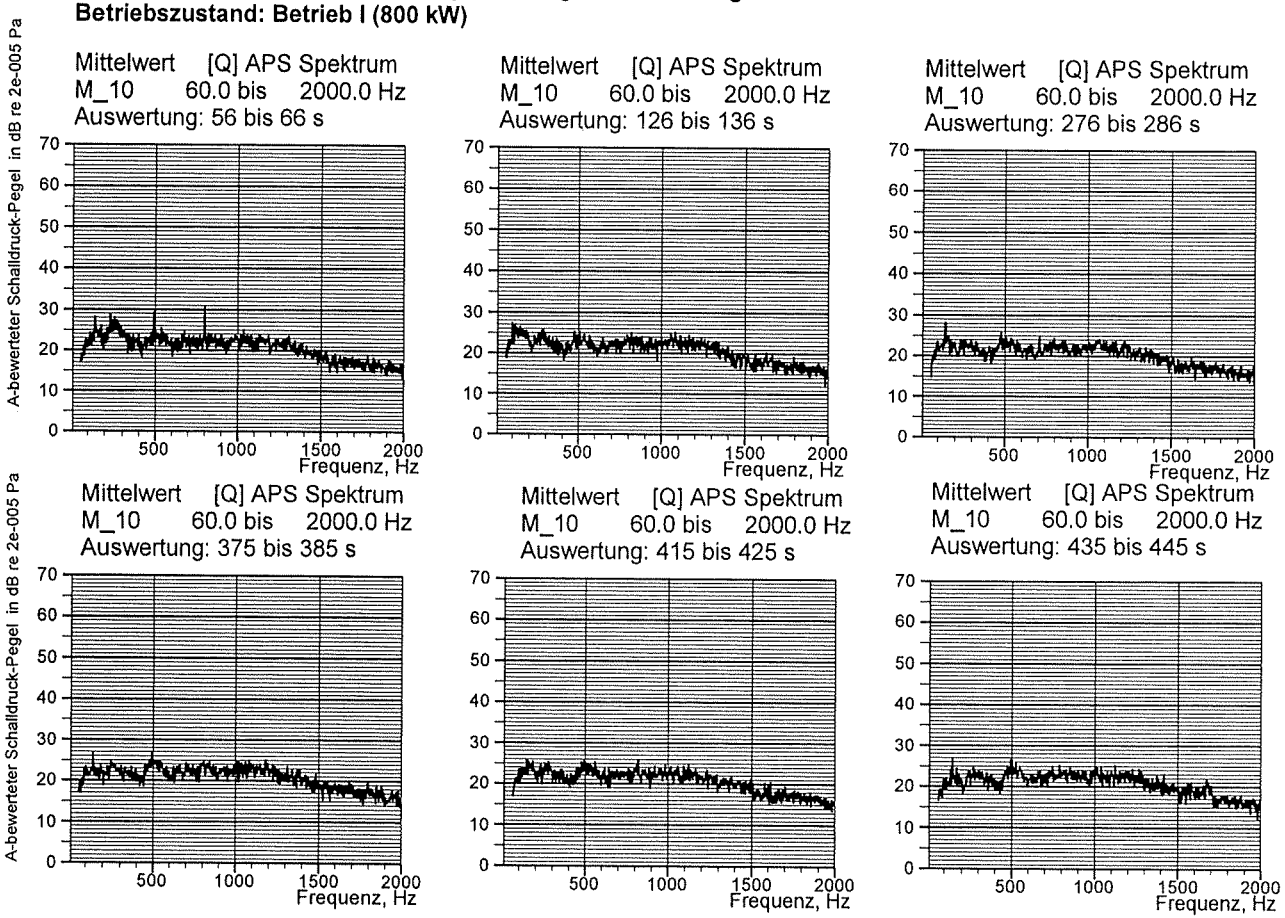


Abbildung B 6. Schmalbandspektren (Δf = 2 Hz) des Betriebsgeräusches bei der standardisierten Windgeschwindigkeit von 6 m/s

Auswertung Tonzuschlag Windklasse 6 m/s
WEA-Typ: ENERCON E-53
WEA-Standort: Wittmund/Eggelingen Anlagenbezeichnung: 53001
Betriebszustand: Betrieb I (800 kW)

Messpunkt: Schalldruck Re

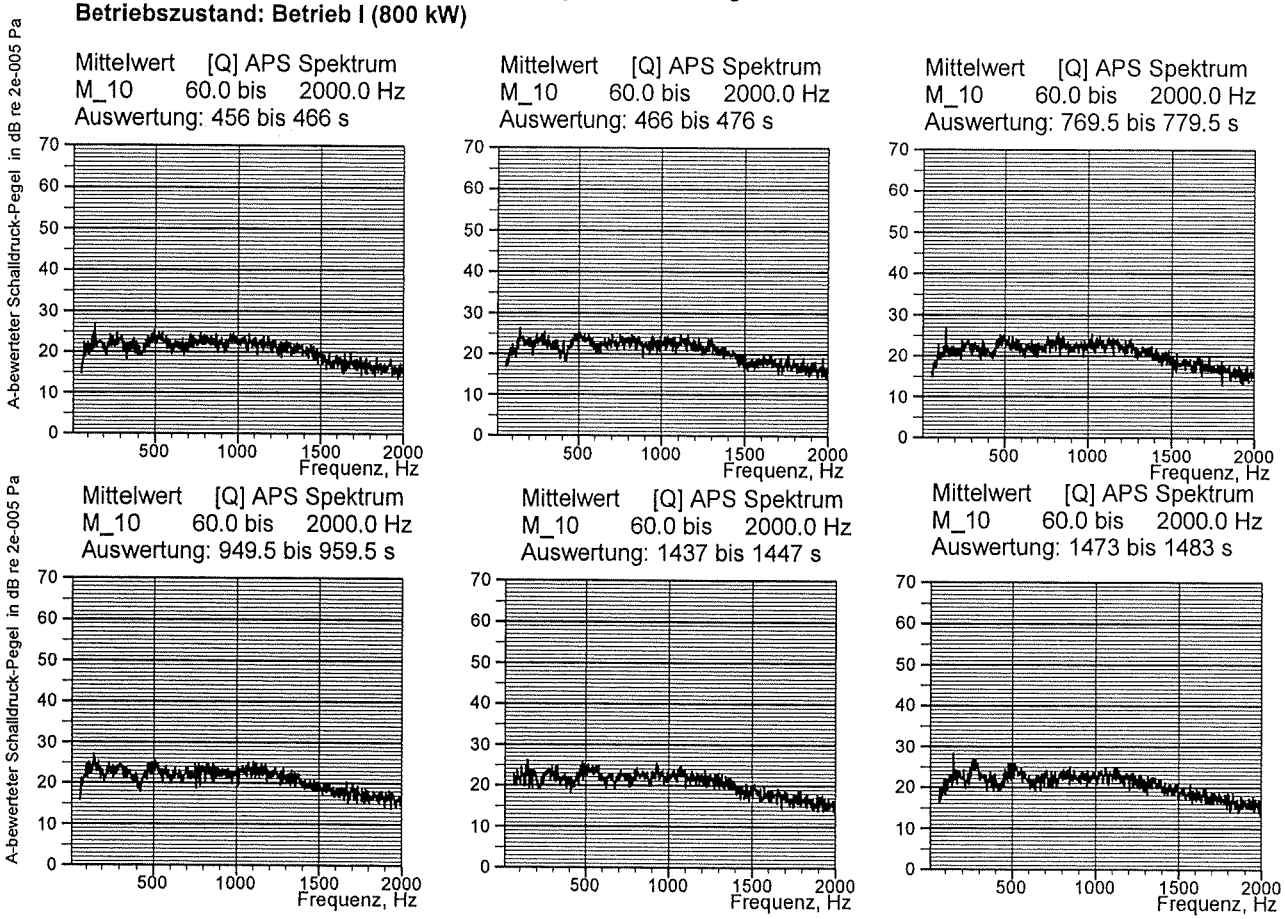


Abbildung B 7. Schmalbandspektren (Δf = 2 Hz) des Betriebsgeräusches bei der standardisierten Windgeschwindigkeit von 7 m/s

Auswertung Tonzuschlag Windklasse 7 m/s
WEA-Typ: ENERCON E-82
WEA-Standort: Simonswolde Seriennummer: 82001
Betriebszustand: 2.000 kW (Betrieb I)

Messpunkt: Schalldruck Ref

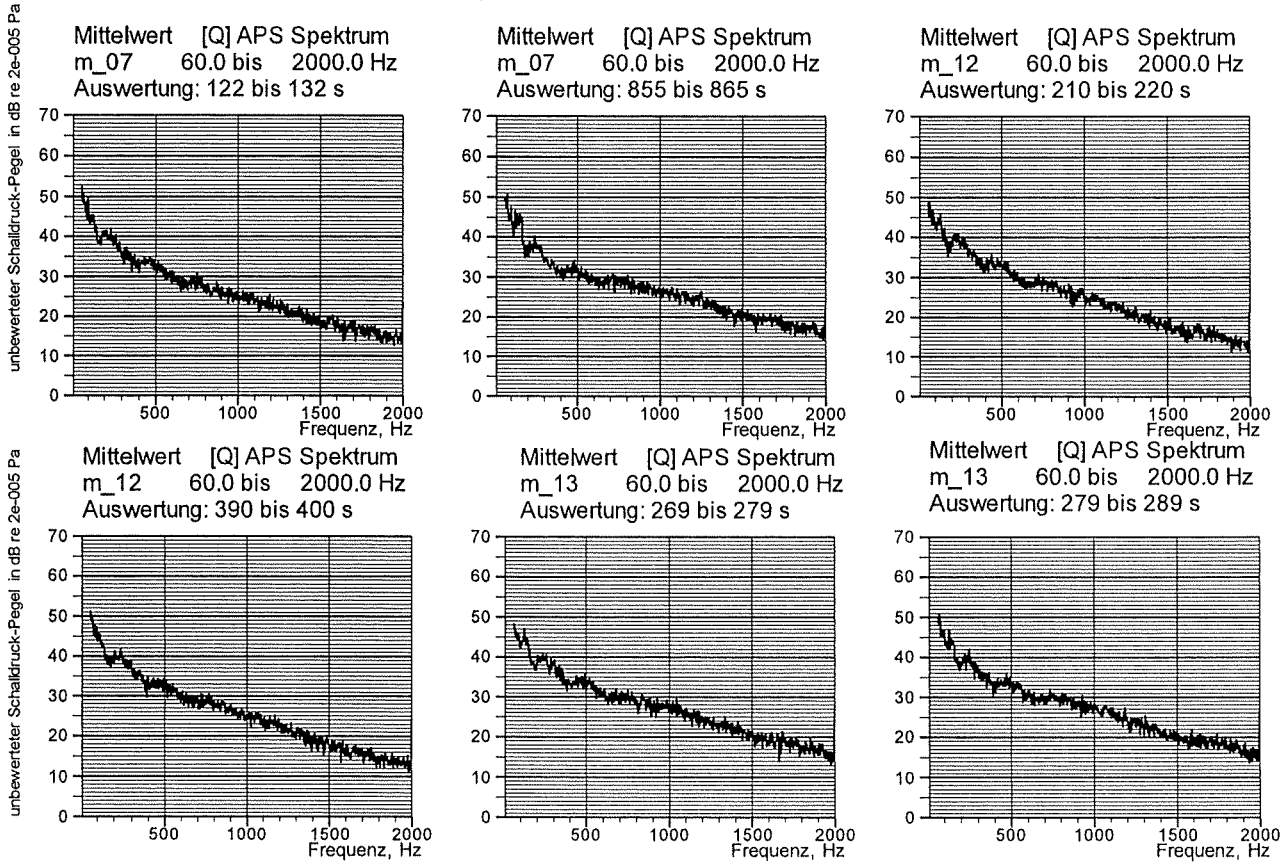


Abbildung B 8. Schmalbandspektren (Δf = 2 Hz) des Betriebsgeräusches bei der standardisierten Windgeschwindigkeit von 7 m/s

Auswertung Tonzuschlag Windklasse 7 m/s
WEA-Typ: ENERCON E-53
WEA-Standort: Wittmund/Eggelingen Anlagenbezeichnung: 53001
Betriebszustand: Betrieb I (800 kW)

Messpunkt: Schalldruck Re

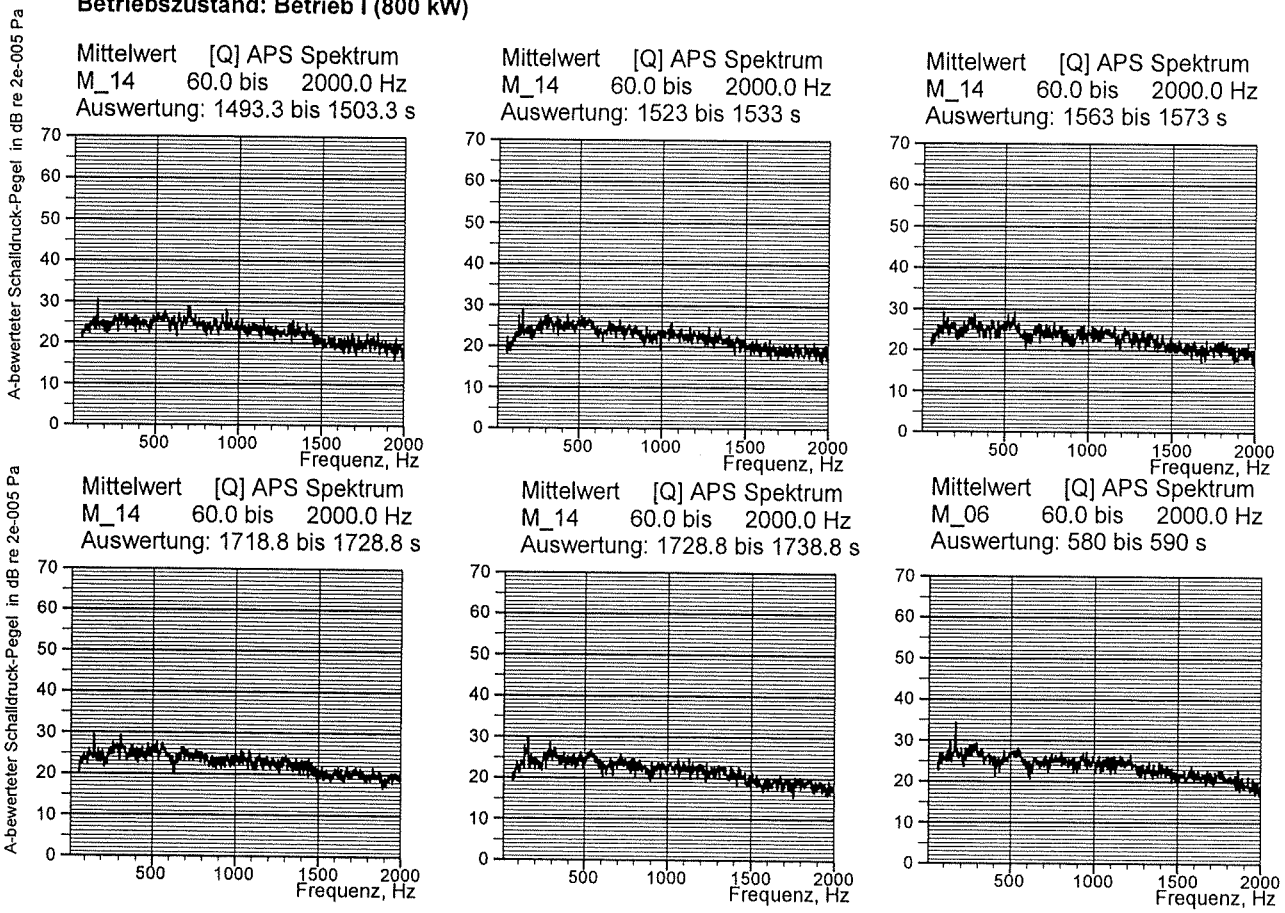


Abbildung B 9. Schmalbandspektren (Δf = 2 Hz) Betriebsgeräusches bei der standardisierten Windgeschwindigkeit von 7 m/s

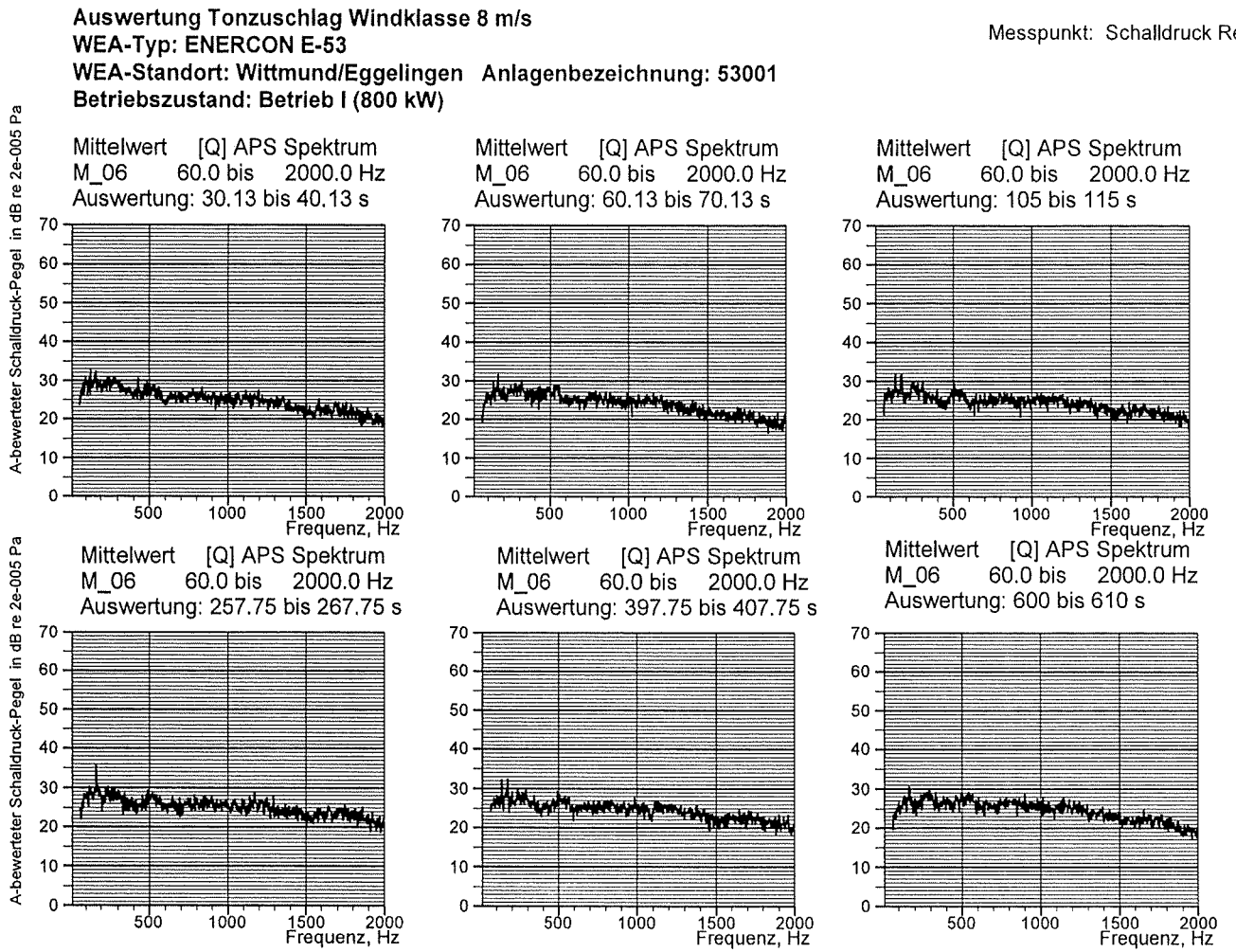


Abbildung B 10. Schmalbandspektren (Δf = 2 Hz) des Betriebsgeräusches bei der standardisierten Windgeschwindigkeit von 8 m/s

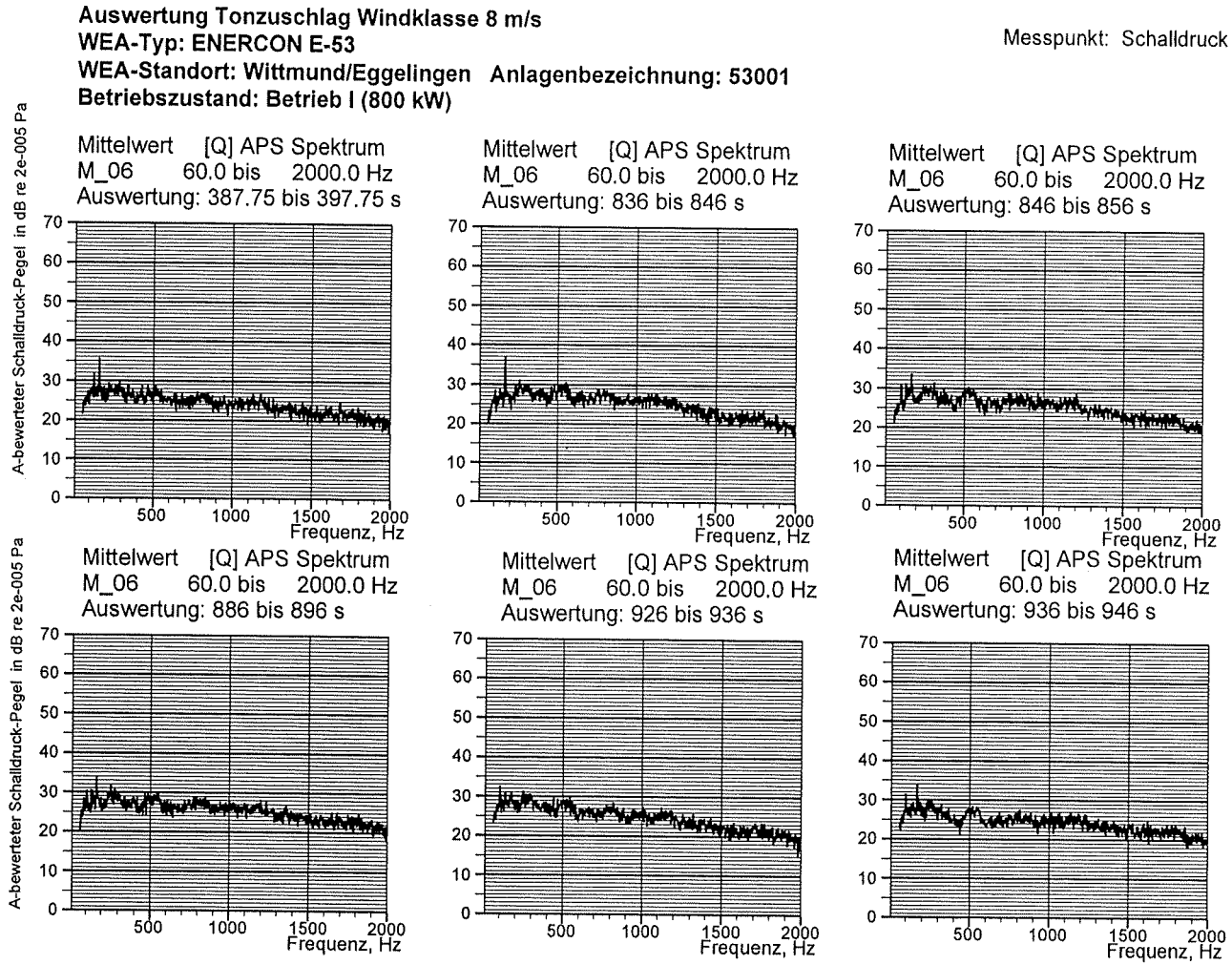


Abbildung B 11. Schmalbandspektren (Δf = 2 Hz) des Betriebsgeräusches bei der standardisierten Windgeschwindigkeit von 8 m/s

Auswertung Tonzuschlag Windklasse 9 m/s
WEA-Typ: ENERCON E-53
WEA-Standort: Wittmund/Eggelingen Anlagenbezeichnung: 53001
Betriebszustand: Betrieb I (800 kW)

Messpunkt: Schalldruck Re

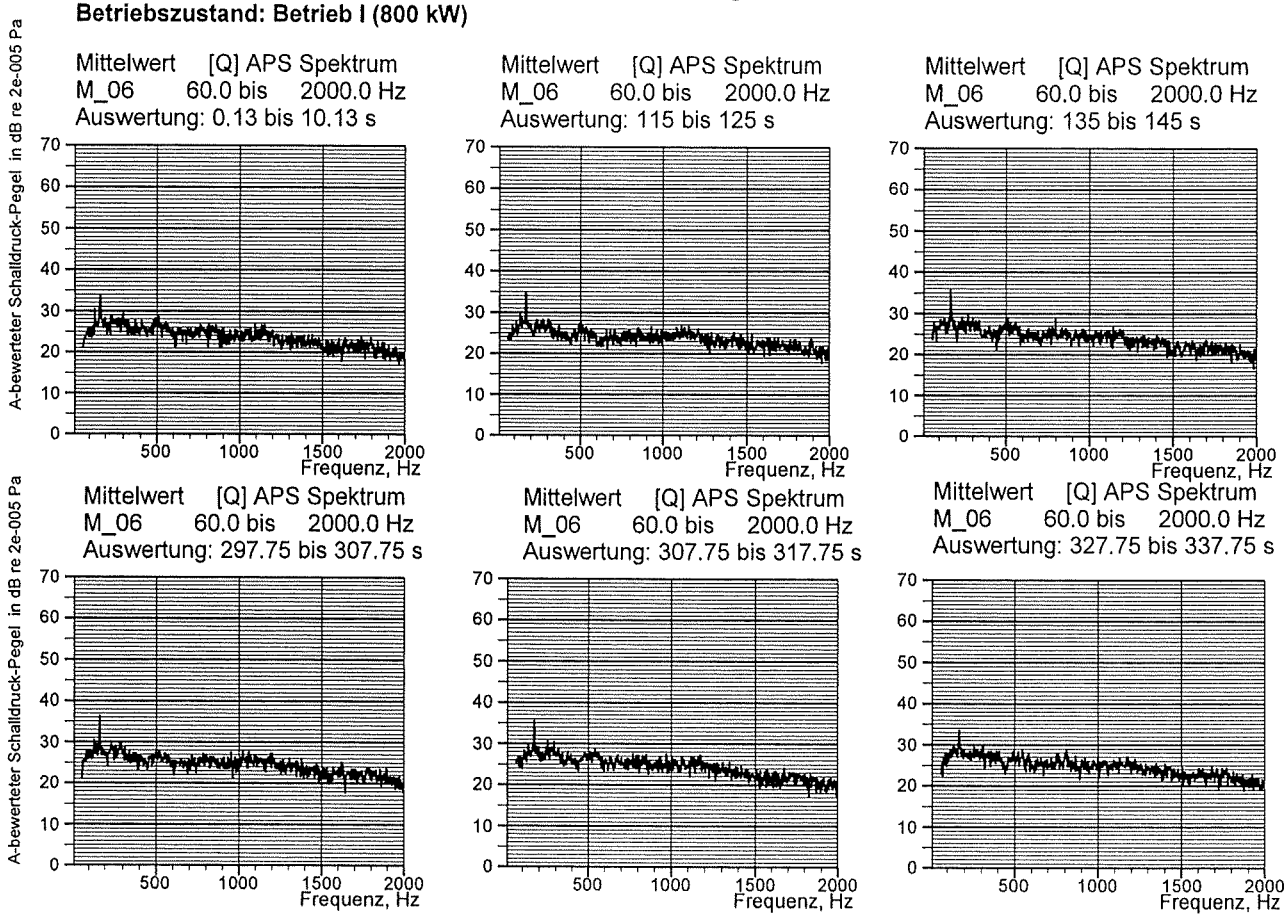


Abbildung B 12. Schmalbandspektren (Δf = 2 Hz) des Betriebsgeräusches bei der standardisierten Windgeschwindigkeit von 9 m/s

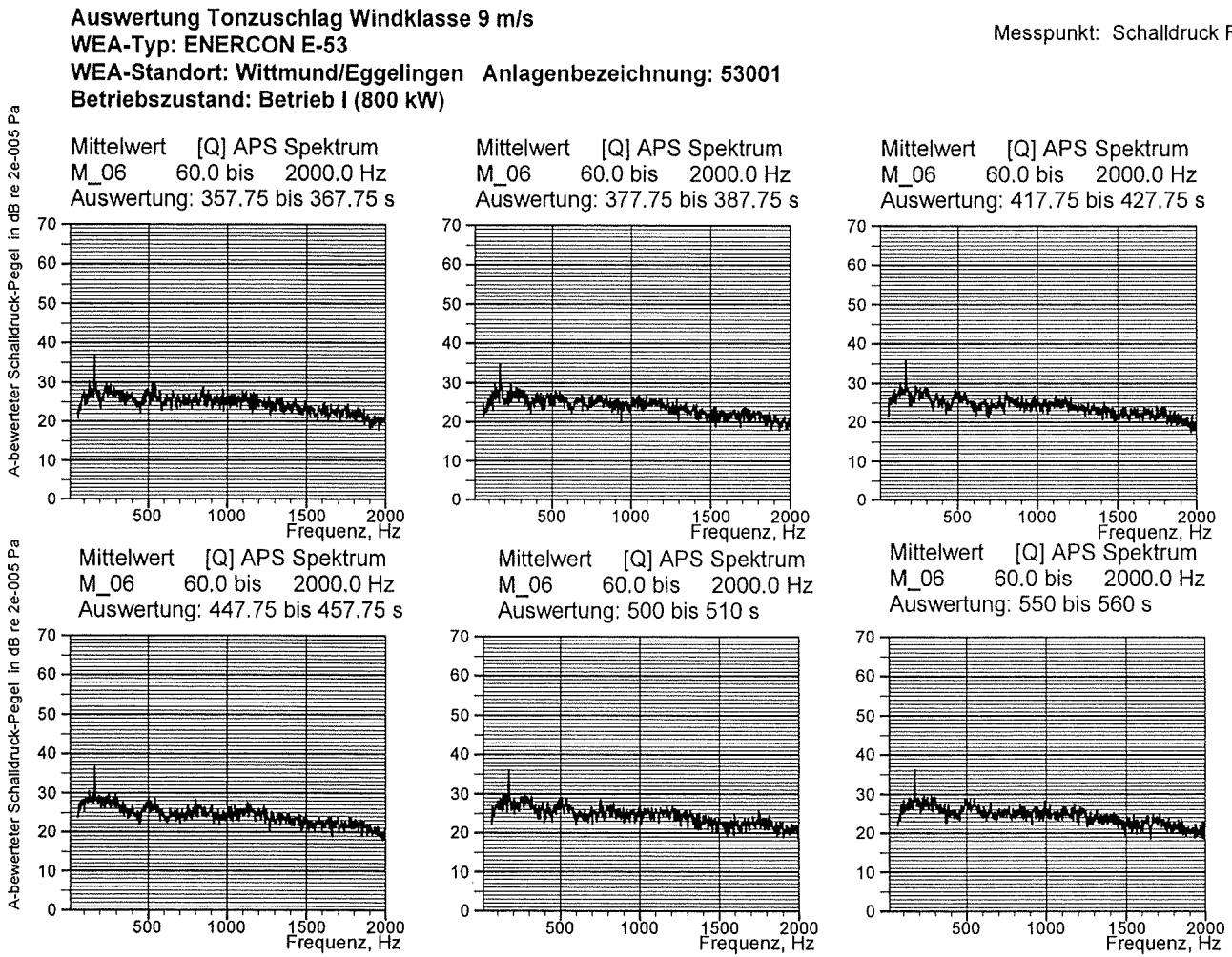


Abbildung B 13. Schmalbandspektren (Δf = 2 Hz) des Betriebsgeräusches bei der standardisierten Windgeschwindigkeit von 9 m/s

Auswertung Tonzuschlag Windklasse 10 m/s
WEA-Typ: ENERCON E-53
WEA-Standort: Wittmund/Eggelingen Anlagenbezeichnung: 53001
Betriebszustand: Betrieb I (800 kW)

Messpunkt: Schalldruck Re

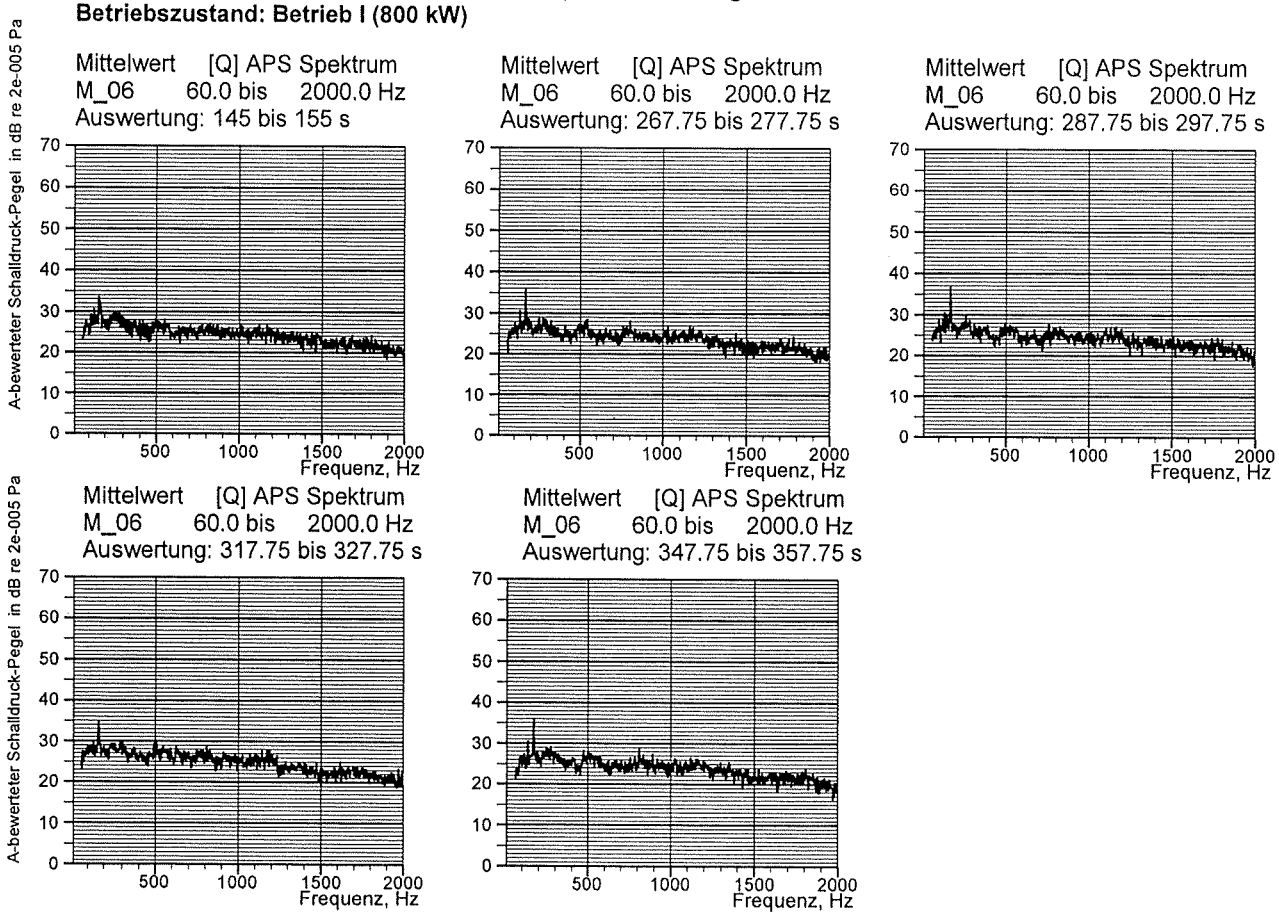


Abbildung B 14. Schmalbandspektren (Δf = 2 Hz) des Betriebsgeräusches bei der standardisierten Windgeschwindigkeit von 10 m/s

Projektnummer	M69 915
Windenergieanlage:	E-53
Standort:	26409 Wittmund-Eggelingen
Nennleistung:	800 kW Betrieb I
Standardisierte Windgeschwindigkeit:	6 m/s

Linienabstand:	2 Hz
Untersuchungsbereich:	90 bis 1856 Hz
Mittleres Delta_L:	-10 dB
Resultierender Tonzuschlag:	0 dB
Unsicherheit:	--

Spektrum	Frequenz [Hz]	delta_L [dB]	Kennung FG	FgAnfang [Hz]	FgEnde [Hz]	Ls [dB(A)]	LT [dB(A)]	LG [dB(A)]	av [dB]	Unsicherheit [dB]
1: 20070228_M_10_56_66_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
2: 20070228_M_10_126_136_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
3: 20070228_M_10_276_286_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
4: 20070228_M_10_375_385_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
5: 20070228_M_10_415_425_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
6: 20070228_M_10_435_445_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
7: 20070228_M_10_456_466_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
8: 20070228_M_10_466_476_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
9: 20070228_M_10_769.5_779.5_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
10: 20070228_M_10_949.5_959.5_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
11: 20070228_M_10_1437_1447_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
12: 20070228_M_10_1473_1483_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--

Abbildung B 15. Ergebnisse der Tonanalyse für eine standardisierte Windgeschwindigkeit von 6 m/s

Projektnummer	M69 915
Windenergieanlage:	E-53
Standort:	26409 Wittmund-Eggelingen
Nennleistung:	800 kW Betrieb I
Standardisierte Windgeschwindigkeit:	7 m/s

Linienabstand:	2 Hz
Untersuchungsbereich:	90 bis 1856 Hz
Mittleres Delta_L:	-10 dB
Resultierender Tonzuschlag:	0 dB
Unsicherheit:	--

Spektrum	Frequenz [Hz]	delta_L [dB]	Kennung FG	FgAnfang [Hz]	FgEnde [Hz]	Ls [dB(A)]	LT [dB(A)]	LG [dB(A)]	av [dB]	Unsicherheit [dB]
1: 20070228_M_06_580_590_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
2: 20070301_M_14_1218_1228_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
3: 20070301_M_14_1228_1238_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
4: 20070301_M_14_1248_1258_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
5: 20070301_M_14_1268_1278_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
6: 20070301_M_14_1278_1288_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
7: 20070301_M_14_1473.5_1483.5_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
8: 20070301_M_14_1493.3_1503.3_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
9: 20070301_M_14_1523_1533_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
10: 20070301_M_14_1563_1573_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
11: 20070301_M_14_1718.8_1728.8_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
12: 20070301_M_14_1728.8_1738.8_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--

Abbildung B 16. Ergebnisse der Tonanalyse für eine standardisierte Windgeschwindigkeit von 7 m/s

Projektnummer	M69 915
Windenergieanlage:	E-53
Standort:	26409 Wittmund-Eggelingen
Nennleistung:	800 kW Betrieb I
Standardisierte Windgeschwindigkeit:	8 m/s

Linienabstand:	2 Hz
Untersuchungsbereich:	90 bis 1856 Hz
Mittleres Delta_L:	-10 dB
Resultierender Tonzuschlag:	0 dB
Unsicherheit:	--

Spektrum	Frequenz [Hz]	delta_L [dB]	Kennung FG	FgAnfang [Hz]	FgEnde [Hz]	Ls [dB(A)]	LT [dB(A)]	LG [dB(A)]	av [dB]	Unsicherheit [dB]
1: 20070228_M_06_30.13_40.13_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–
2: 20070228_M_06_60.13_70.13_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–
3: 20070228_M_06_105_115_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–
4: 20070228_M_06_257.75_267.75_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–
5: 20070228_M_06_387.75_397.75_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–
6: 20070228_M_06_397.75_407.75_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–
7: 20070228_M_06_600_610_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–
8: 20070228_M_06_836_846_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–
9: 20070228_M_06_846_856_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–
10: 20070228_M_06_886_896_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–
11: 20070228_M_06_926_936_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–
12: 20070228_M_06_936_946_PAK	–	--	keine Töne gefunden	–	–	–	–	–	–	–

Abbildung B 17. Ergebnisse der Tonanalyse für eine standardisierte Windgeschwindigkeit von 8 m/s

Projektnummer	M69 915
Windenergieanlage:	E-53
Standort:	26409 Wittmund-Eggelingen
Nennleistung:	800 kW Betrieb I
Standardisierte Windgeschwindigkeit:	9 m/s

Linienabstand:	2 Hz
Untersuchungsbereich:	90 bis 1856 Hz
Mittleres Delta_L:	-10 dB
Resultierender Tonzuschlag:	0 dB
Unsicherheit:	--

Spektrum	Frequenz [Hz]	delta_L [dB]	Kennung FG	FgAnfang [Hz]	FgEnde [Hz]	Ls [dB(A)]	LT [dB(A)]	LG [dB(A)]	av [dB]	Unsicherheit [dB]
1: 20070228_M_06_0.13_10.13_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
2: 20070228_M_06_115_125_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
3: 20070228_M_06_135_145_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
4: 20070228_M_06_297.75_307.75_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
5: 20070228_M_06_307.75_317.75_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
6: 20070228_M_06_327.75_337.75_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
7: 20070228_M_06_357.75_367.75_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
8: 20070228_M_06_377.75_387.75_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
9: 20070228_M_06_417.75_427.75_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
10: 20070228_M_06_447.75_457.75_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
11: 20070228_M_06_500_510_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
12: 20070228_M_06_550_560_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--

Abbildung B 18. Ergebnisse der Tonanalyse für eine standardisierte Windgeschwindigkeit von 9 m/s

Projektnummer	M69 915
Windenergieanlage:	E-53
Standort:	26409 Wittmund-Eggelingen
Nennleistung:	800 kW Betrieb I
Standardisierte Windgeschwindigkeit:	10 m/s

Linienabstand:	2 Hz
Untersuchungsbereich:	90 bis 1856 Hz
Mittleres Delta_L:	-10 dB
Resultierender Tonzuschlag:	0 dB
Unsicherheit:	--

Spektrum	Frequenz [Hz]	delta_L [dB]	Kennung FG	FgAnfang [Hz]	FgEnde [Hz]	Ls [dB(A)]	LT [dB(A)]	LG [dB(A)]	av [dB]	Unsicherheit [dB]
1: 20070228_M_06_145_155_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
2: 20070228_M_06_267.75_277.75_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
3: 20070228_M_06_287.75_297.75_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
4: 20070228_M_06_317.75_327.75_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--
5: 20070228_M_06_347.75_357.75_PAK	--	--	keine Töne gefunden	--	--	--	--	--	--	--

Abbildung B 19. Ergebnisse der Tonanalyse für eine standardisierte Windgeschwindigkeit von 10 m/s

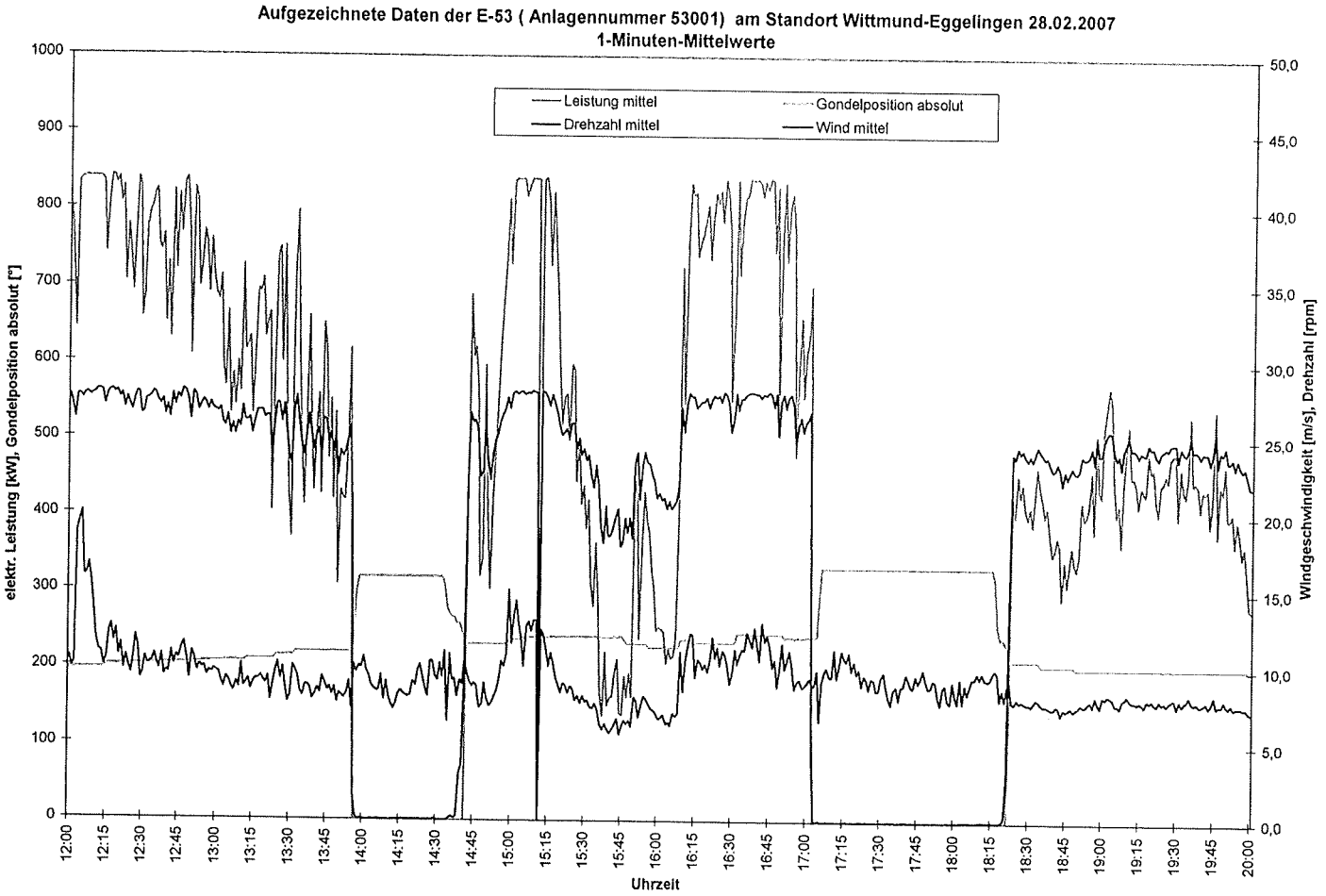


Abbildung B 20. Am 28.02.2007 aufgezeichnete Anlagendaten als 1-Minuten-Mittelwerte

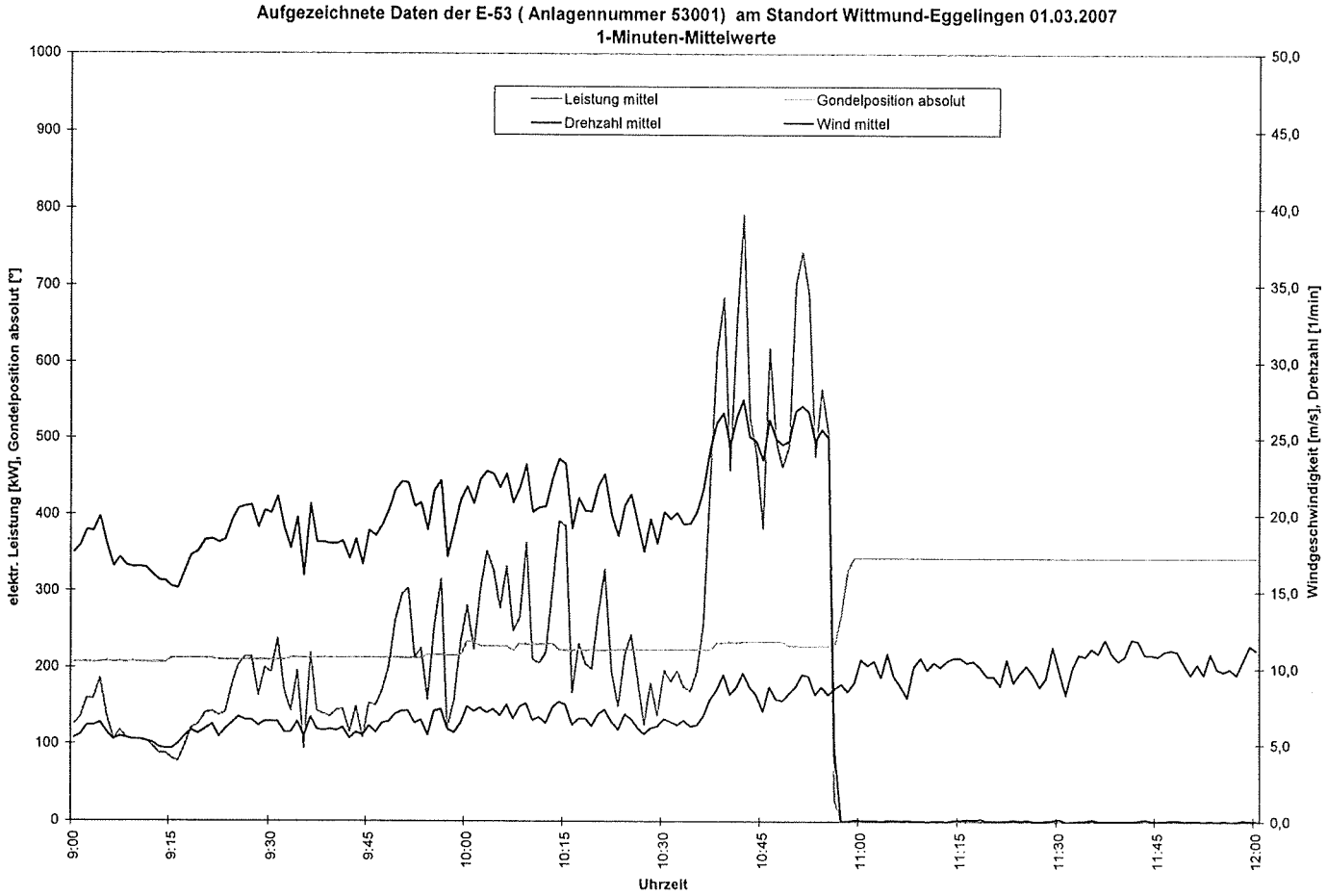


Abbildung B 21. Am 01.03.2007 aufgezeichnete Anlagendaten als 1-Minuten-Mittelwerte

Scatterplot -Drehzahl über Leistung-
Messungen an der Enercon E-53 (Anlagennummer 53001)
am Standort Landesbergen vom 28.02./01.03.2007
Betriebszustand: 800 kW im Betrieb I

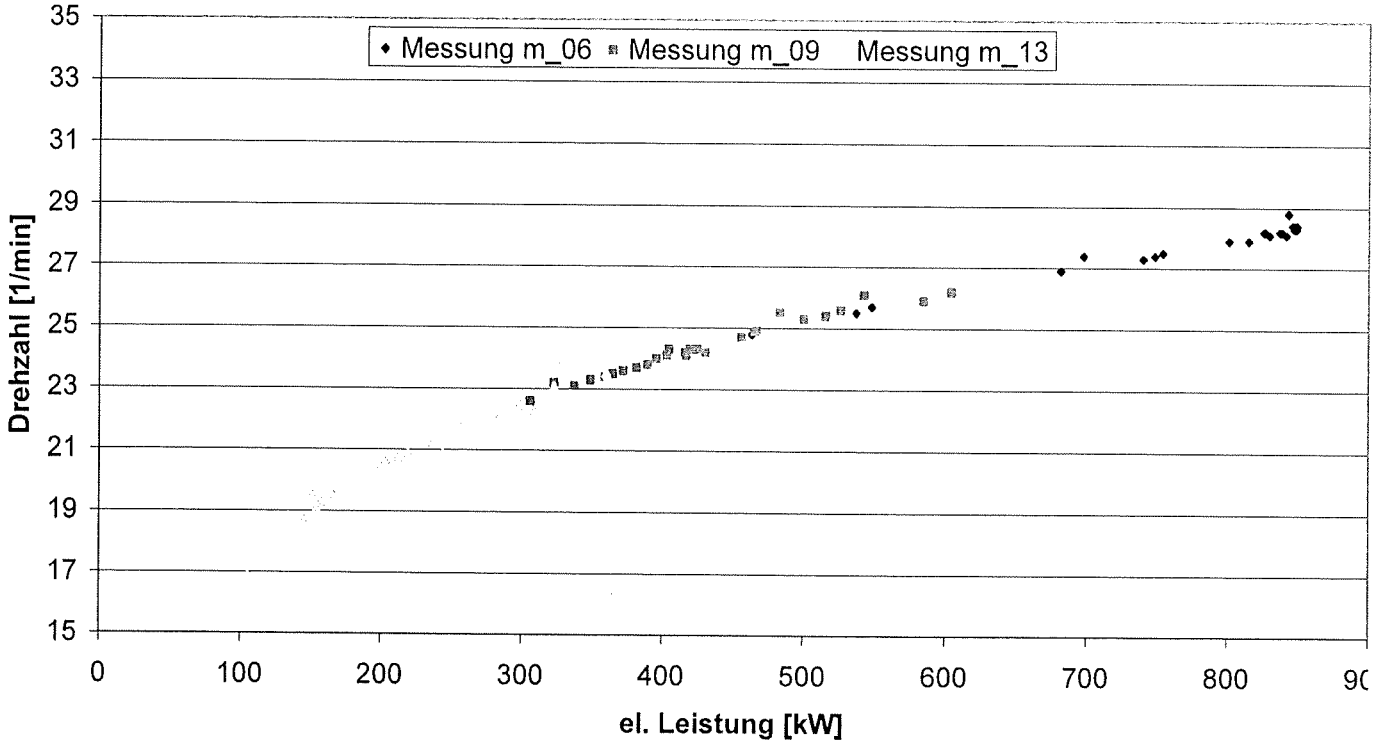


Abbildung B 22. Scatterplot -Drehzahl über Leistung- für die Messungen an der E-53 vom 28.02.2007 und 01.03.2007

Anhang C

Berechnete Leistungskurve,
Zur Auswertung verwendete Leistungskurve (Linearisiert),
Herstellerbescheinigung

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

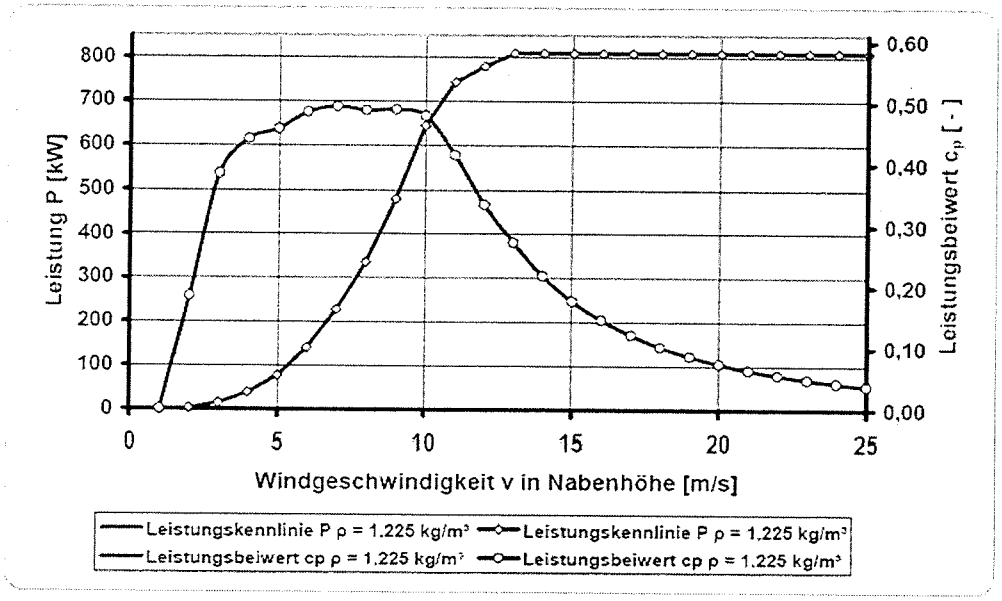
Leistungskennlinie E-53

ENERCON

(in Abhängigkeit der Luftdichte)

Wind [m/s]	Standardluftdichte ρ = 1.225 kg/m³ Leistungskennlinie P ρ = 1.225 kg/m³ [kW]	Standardluftdichte ρ = 1.225 kg/m³ Leistungsbeiwert c_p ρ = 1.225 kg/m³ [-]	Veränderte Luftdichte ρ = 1.225 kg/m³ Leistungskennlinie P ρ = 1.225 kg/m³ [kW]	Veränderte Luftdichte ρ = 1.225 kg/m³ Leistungsbeiwert c_p ρ = 1.225 kg/m³ [-]
1	0.0	0.00	0.0	0.00
2	2.0	0.19	2.0	0.19
3	14.0	0.39	14.0	0.39
4	38.0	0.44	38.0	0.44
5	77.0	0.46	77.0	0.46
6	141.0	0.48	141.0	0.48
7	228.0	0.49	228.0	0.49
8	336.0	0.49	336.0	0.49
9	480.0	0.49	480.0	0.49
10	645.0	0.48	645.0	0.48
11	744.0	0.42	744.0	0.42
12	780.0	0.34	780.0	0.34
13	810.0	0.27	810.0	0.27
14	810.0	0.22	810.0	0.22
15	810.0	0.18	810.0	0.18
16	810.0	0.15	810.0	0.15
17	810.0	0.12	810.0	0.12
18	810.0	0.10	810.0	0.10
19	810.0	0.09	810.0	0.09
20	810.0	0.08	810.0	0.08
21	810.0	0.06	810.0	0.06
22	810.0	0.06	810.0	0.06
23	810.0	0.05	810.0	0.05
24	810.0	0.04	810.0	0.04
25	810.0	0.04	810.0	0.04

Kennlinien E-53 mit Standardluftdichte



Kennlinie E53 800 kW berechnet Rev 1_0.xls Rev. 1.0 Gedruckt am: 22.02.2007

Abbildung C 1. Vom Hersteller berechnete Leistungskurve der E-53 für eine Leistung von 800 kW (erhalten mit [7])

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

WEA-Typ: ENERCON E-53 (Anlagennummer: 53001)
WEA-Standort: Wittmund/Eggelingen
Messdatum: 28.02.2007
Betriebszustand: Betrieb I (800 kW)
Zur Auswertung verwendete Leistungskurve (linearisiert)

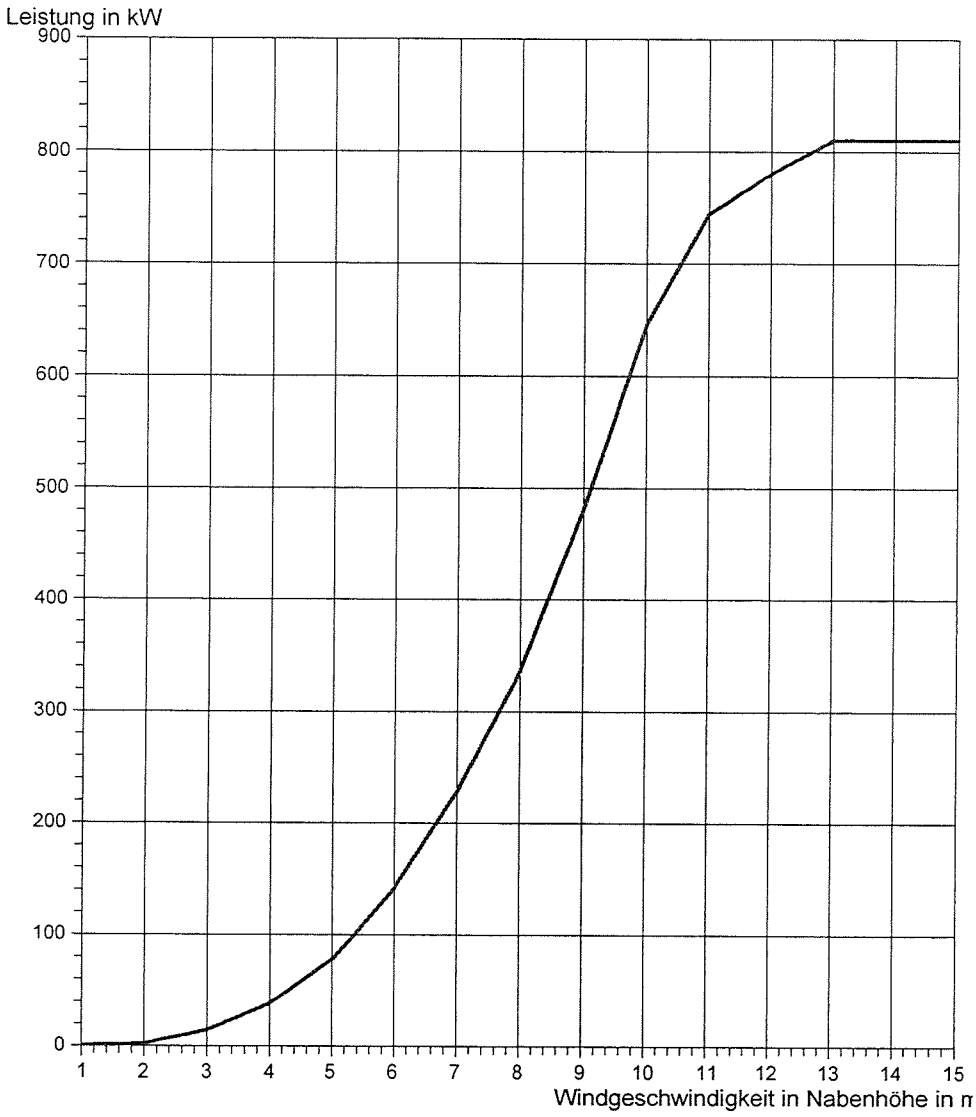


Abbildung C 2. Aus der zur Verfügung gestellten Leistungskurve berechnete Linearisierung für eine Leistung von 800 kW

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten des Anlagentypes: **E-53**
Manufacturer's certificate on specific data of the type of installation:

Datum / date: 2006-03-14

1. Allgemeines		General
Hersteller	Enercon GmbH	manufacturer
Anlagenbezeichnung	E-53	type name
Art (horizontal/vertikal)	horizontal	type (horizontal/vertical)
Nennleistung	800 kW	rated power
Leistungsregelung	pitch	power control
Nabenhöhe über Fundament	75,5 m	hub height above foundation
Nabenhöhe über Grund	75,6 m	hub height above ground
Nennwindgeschwindigkeit	12,0 m/s	rated wind speed
Ein- und Abschaltwindgeschwindigkeit	2,5 m/s / 28-34 m/s	cut-in and cut-out wind speed
Überlebenswindgeschwindigkeit	57 m/s	survival wind speed
Rechnerische Lebensdauer	20 Jahre / years	calculated safe life
Beitrag zum Kurzschlußstrom		contribution to short circuit current

2. Rotor		Rotor
Durchmesser	52,9 m	diameter
Bestrichene Fläche	2198 m²	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 (luv/lee)
Nenndrehzahl / -bereich	12 - 29 min⁻¹ (Betrieb I)	rated speed
Auslegungsschnellaufzahl		design tip speed ratio
Roterblatteinstellwinkel	variabel	rotor blade pitch setting
Konuswinkel	0°	cone angle
Achsneigung	4°	tilt angle
Abstand Rotorflanschmittelpunkt - Turmmittellinie	2,65 m	distance between rotor flange centre - tower centre line

3. Rotorblatt		Rotor blade
Hersteller	ENERCON	manufacturer
Typenbezeichnung	E53/1	type
Profile innen	ENERCON	blade section inside
Profile aussen	ENERCON	blade section outside
Material	GFK (Epoxy)	material
Länge	25,25 m	length
Profiltiefe max/min		chord length (max/min)
Zusatzkomponenten (z.B. stall strips, Vortex-Generatorn, Turbulatoren)	keine/none	additional components (e.g. stall strips, vortex generators, trip strips)
Extenderlänge		Extender length

4. Getriebe		Gear
Hersteller		manufacturer
Typenbezeichnung		type
Ausführung		design
Übersetzungsverhältnis		gear ratio

5. Generator		Generator
Hersteller	ENERCON	manufacturer
Typenbezeichnung	E-53	type
Anzahl	1	numbers
Art	synchron Ringgenerator	design
Nennleistung(en)	800 kW	rated power(s)
Nennscheinleistung	800 kVA	rated apparent power
Nenndrehzahlen oder Drehzahlbereich	12 -29 min⁻¹ (Betrieb I)	rated speed(s) / speed range
Spannung	440 V	voltage
Frequenz	variabel	frequency
Nennschlupf		rated slip

6. Turm		Tower
Hersteller	SAM Magdeburg	manufacturer
Typenbezeichnung	E-48/S/75/3F/01	type
Ausführung (Gitter/Rohr, zyl./kon.)	Rohr, kon.	design (tapered/tube, cylindrical/tube)
Material	Stahl	material
Länge	74,6 m	length

7. 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

Seite 1 von 2
page 1 of 2

Abbildung C 3 Herstellerbescheinigung Seite 1

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

8. Betriebsführung / Regelung		Supervisory system/control
Art der Leistungsregelung	pitch	kind of power control
Antrieb der Leistungsregelung	elektrisch	driver of power control
Automatischer Wiederanlauf		automatic restart
- nach Netzausfall	ja	- following grid-failure
- nach Abschaltung	ja	- following cut-out wind speed
Hersteller der Betriebsführung / Regelung	ENERCON	manufacturer of control system
- Typenbezeichnung	CS53	- type
- Verwendete Steuerungskurve		used control curve

9. Sonstige elektrische Komponenten		Other electric installations
Anzahl der Kompensationsstufen	keine/none	number of compensation stages
Blindleistung Stufe 1		reactive power stage 1
Blindleistung Stufe 2		reactive power stage 2
Blindleistung Stufe 3		reactive power stage 3
Blindleistung Stufe 4		reactive power stage 4
Art der Netzeinspeisung	über Wechselrichter	kind of interconnection
- Hersteller	ENERCON	- manufacturer
- Typenbezeichnung	E-82	- type
Netzschutzhersteller	ENERCON	mains protective manufacturer
- Typenbezeichnung	E-53	- type
- Einstellbereiche		- adjustment range
Spannungssteigerungsschutz	106,5%, 0,1 s	overvoltage protection
Spannungsrückgangsschutz	90%, 0,1s	undervoltage protection
Frequenzsteigerungsschutz	50,4 Hz, 100 ms	overfrequency protection
Frequenzrückgangsschutz	49,5 Hz, 100 ms	underfrequency protection
Typenbezeichnung der Abschalteinheit	E-82	type of contact breaking device
Oberschwingungsfilter (ja/nein)	ja	harmonic filter (yes,no)

10. Bremssystem		Brake system
Bremssystem (primär/sekundär)		brakes (primary-secondary/service)
- Aktivierung	elektrisch	- Activation
- Anordnung	Einzelblatt	- Location
- Bremsenart	aerodynamisch	- Kind
- Betätigung	automatisch	- Operation

11. Typenprüfung		Type test
Prüfbehörde	Einzelprüfung	testing authority
Aktenzeichen		reference

12. Informativer Teil		Site information
Standort der vermessenen WEA	26409 Wittmund-Eggelingen	location of measured WTGs
Koordinaten des Standortes	RW: 34.22.780 HW: 59.40.591	coordinate of the location
Seriennummer der WEA	53001	serial number of WTGs
der Blätter		blades
des Getriebes		gearbox
des Generators		generator

Enercon GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich

Stempel und Unterschrift des Herstellers
stamp and signature of the manufacturer

Der Hersteller der Windenergieanlage bestätigt, dass die WEA, deren Schallemission, Leistungskurve und elektrischen Eigenschaften in den Prüfberichten abgebildet sind, hinsichtlich ihrer technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.

The manufacturer of the wind turbine generator system (WTGs) confirms that the WTGS whose noise level, performance curve and power quality is measured and depicted in the test reports is identical with the above entries with regard to its technical data.

Abbildung C 4 Herstellerbescheinigung Seite 2

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

MÜLLER-BBM

Anhang D

Stammblatt Geräusche

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

Auszug aus dem Prüfbericht

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 M69 915/2
zur Schallemission der Windenergieanlage vom Typ Enercon E-53

Allgemeine Angaben		Technische Daten (Herstellerangaben)	
Anlagenhersteller:	Enercon GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich	Nennleistung (Generator):	800 kW (Betrieb I)
		Rotordurchmesser:	53 m
		Nabenhöhe über Grund:	76 m
Seriennummer:	53001	Turmbauart:	Rohrturm
WEA-Standort (ca.):	RW: 34.22.780 HW: 59.40.691	Material:	Stahl
		Leistungsregelung:	pitch
Ergänzende Daten zum Rotor (Herstellerangaben)		Erg. Daten zu Getriebe und Generator (Herstellerangaben)	
Rotorblatthersteller:	Enercon GmbH	Getriebehersteller:	---
Typenbezeichnung Blatt:	E53/1	Typenbezeichnung Getriebe:	---
Blatteinstellwinkel:	variabel	Generatorhersteller:	Enercon GmbH
Rotorblattanzahl:	3	Typenbezeichnung Generator:	E-53
Rotordrehzahlbereich:	12 - 29 min-1 (Betrieb I)	Generatornenndrehzahl:	12 - 29 min-1 (Betrieb I)

Prüfbericht zur Leistungskurve: Enercon GmbH: Berechnete Leistungskurve der E-53 vom Februar 2007

	Referenzpunkt		Schallemissions-Parameter	Bemerkungen
	Standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	Elektrische Wirkleistung		
Schallleistungs-Pegel $L_{WA,P}$	5 m/s	220,1 kW	93,3 dB(A)	
	6 m/s	377,9 kW	96,7 dB(A)	
	7 m/s	591 kW	99,2 dB(A)	
	8 m/s	746 kW	100,5 dB(A)	
	9 m/s	793,1 kW	100,9 dB(A)	
	10 m/s	810 kW	100,6 dB(A)	
	8,3 m/s	*760,0 kW*	*100,7 dB (A)*	[1]
Tonzuschlag für den Nahbereich K_{TN}	5 m/s	220,1 kW	--- dB	
	6 m/s	377,9 kW	--- dB	
	7 m/s	591 kW	--- dB	
	8 m/s	746 kW	--- dB	
	9 m/s	793,1 kW	--- dB	
	10 m/s	810 kW	--- dB	
	8,3 m/s	*760,0 kW*	--- dB	[1]
Impulszuschlag für den Nahbereich K_{IN}	5 m/s	220,1 kW	---	
	6 m/s	377,9 kW	--- dB	
	7 m/s	591 kW	--- dB	
	8 m/s	746 kW	--- dB	
	9 m/s	793,1 kW	--- dB	
	10 m/s	810 kW	--- dB	
	8,3 m/s	*760,0 kW*	--- dB	[1]

Terz-Schallleistungspegel Referenzpunkt v_{10} = 9 m/s

Frequenz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_{WA,P,Terz}$	76,6	78,0	80,4	83,0	84,7	87,8	86,5	87,8	88,0	87,4	89,4	89,1
Frequenz	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
$L_{WA,P,Terz}$	90,6	91,2	91,6	90,8	89,5	87,6	83,9	82,9	79,9	75,8	70,1	64,8

Oktav-Schallleistungspegel Referenzpunkt v_{10} = 9 m/s

Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{WA,P,Oktav}$	83,4	90,4	92,3	93,5	95,9	94,3	87,3	77,1

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht gilt nur in Verbindung mit der Herstellerbescheinigung vom 14.3.2007.
Die Angaben ersetzen nicht den o. g. Prüfbericht M69 915/2 vom 10.4.2007 (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen).

Bemerkungen:

[1] Der Schallleistungspegel bei 95%iger Nennleistung wurde bei Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen am Messtag, der verwendeten Leistungskurve und der vermessenen Nabenhöhe bei einer stand.Windgeschwindigkeit von 8,3 m/s festgestellt.

Gemessenen von: Müller-BBM GmbH
Niederlassung Gelsenkirchen
Am Bugapark 1
D-45 899 Gelsenkirchen

MÜLLER-BBM GMBH
NIEDERLASSUNG GELSENKIRCHEN
AM BUGAPARK 1
45899 GELSENKIRCHEN
TELEFON (0209) 9 83 08 - 0

Datum: 10.04.2007

Dipl.-Ing. (FH) D. Hinkelmann

Dipl.-Ing. (FH) M. Köhl

Schallemission FGW 2007 Konformitätssiegel

Accredited Test Laboratory
according to ISO/IEC 17025

Deutscher Akkreditierungs Rat DAR

DAP-PL-2465.10

P:\hkm\69\69915\02_PBe_3d_69915.doc:02. 05. 2007

Büro für Freiraumplanung und Landschaftsarchitektur

Dipl.-Ing. REINHOLD LANGEN
Freier Garten- und Landschaftsarchitekt BDLA IFLA

In der Au [illegible]
53424 Remagen-[illegible]
Telefon [illegible]
Fax: 0 26 42 [illegible]
[illegible]
www.[illegible]
Steuernummer DE 147 938 [illegible]
Bank: Kreissparkasse Ahrweiler
BLZ [illegible]

Telefax: 06 51/96 63 79 71
Guido Bost Engineering GmbH & Co. KG
z.H. Herrn Guido Bost
Alkuinstraße 37
54292 Trier

260208 27.02.2008

WEA-STANDORTE IN EULGEM UND HAMBUCH (LANDKREIS COCHEM-ZELL)
BIM-K 0697/2003 UND BIM-K 0961/2003

Sehr geehrter Herr Bost,

per Mail haben Sie uns die aktuelle Planung der beiden von Ihrem Unternehmen projektierten Windkraftanlagen in den Gemarkungen Hambuch und Eulgem übermittelt. Hierzu hatten wir die erforderlichem Planunterlagen nach Naturschutz- und Umweltrecht erarbeitet.

Unter Hinweis auf die zwischenzeitlich herstellerseitig geänderte WEA-Anlagenpalette haben Sie bei uns nachgefragt, ob sich durch die geringfügige Reduzierung der Masthöhen bei gleichzeitiger Vergrößerung des Rotordurchmessers und gleich bleibender Gesamthöhe aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes – einschließlich des Landschaftsbildschutzes – planungsrelevante Änderungen bzw. Auswirkungen ergeben.

Im Vergleich der im Oktober 2003 bzw. März 2005 berücksichtigten Anlagentypen mit den aktuell uns per Mail übersandten Planunterlagen haben wir festgestellt, dass sich infolge der o.a. Modifikationen keine entscheidungsrelevanten Änderungen ergeben.

Die Ihnen vorliegenden Unterlagen und die hierin formulierten Planaussagen bestehen somit unverändert fort. Wir gehen daher davon aus, dass die Projekte auch unter Berücksichtigung der alternativen WEA-Baureihen hinsichtlich der begutachteten Umweltbelange umweltverträglich errichtet und betrieben werden können.

Mit freundlichen Grüßen

DIPL.-ING. REINHOLD LANGEN
FREIER LANDSCHAFTSARCHITEKT BDLA-IFLA
ÖFF. BEST. UND VEREID. SACHVERSTÄNDIGER

Alle ENERCON-Windenergieanlagen der Baureihe E-53 bieten aufgrund ihrer flexiblen Steuerung und der Möglichkeit zur uhrzeitabhängigen Programmierung den entscheidenden Vorteil, mit verschiedenen Betriebskennlinien betrieben werden zu können.

1. Maßnahmen zur Verminderung der Schallemissionen

1.1 Allgemeines

ENERCON Anlagen mit variabler Drehzahl passen ihre Rotordrehzahlen den vorherrschenden Windverhältnissen an und erzeugen standardmäßig, gemäß einer vorgegebenen optimierten Drehzahl-Leistungs-Kennlinie, ihren Energieertrag, wobei sich die Schallemission entsprechend der jeweiligen Drehzahl verhält.

Somit kann gesagt werden, dass alle ENERCON Windenergieanlagen mit einem reduzierten Schallleistungspegel, unter einer einhergehenden Reduzierung der Nennleistung, gefahren werden können.

1.2 Umsetzung

Die Umsetzung einer Reduzierung der Nennleistung wird anlagentechnisch folgendermaßen realisiert:

Zu den gewünschten Zeiten (z. B. nachts von 22 bis 6 Uhr) gibt die Mikroprozessorsteuerung den Befehl zum Wechsel der Betriebsart und fährt die Anlage automatisch herunter, greift dann auf die gespeicherte zweite Kennlinie zurück und steuert somit die Drehzahlen (und Leistung) entsprechend der neu vorgegebenen Werte. Dies bedeutet, dass die Anlage bis zu dem vorgegebenen Wert der Abregelung hochfährt, sofern ausreichend Wind vorhanden ist, und ab dem vorgegebenen Punkt die Drehzahlen über die Pitchregelung (Verstellen der Rotorblätter) konstant hält.

1.3 Überwachung

Sollte es in Zweifelsfällen nötig sein, einen Nachweis über die jeweils eingestellte Betriebsart zu erbringen, ist es jederzeit über das integrierte Fernüberwachungssystem möglich - auch im Nachhinein - festzustellen, mit welcher Drehzahl, bei welcher Windgeschwindigkeit und damit mit welchem Schallleistungspegel die Anlage zu welcher Zeit betrieben wurde. Das Fernüberwachungssystem führt automatisch eine ständige Aufzeichnung der wichtigsten Wind- und Anlagendaten durch, wertet diese aus und speichert sie langfristig.

169

2. Maßnahmen zur Verminderung der Schattenemissionen

2.1 Allgemeines

Periodischer Schattenwurf ist die wiederkehrende Verschattung des direkten Sonnenlichts durch die Rotorblätter einer Windenergieanlage. Der Schattenwurf ist dabei abhängig von den Witterungsverhältnissen, der Windrichtung, dem Sonnenstand und den Betriebszeiten der Anlage.

Ziel einer Schattenabschaltung ist es, Immissionen durch periodischen Schattenwurf an Immissionsorten, wie Wohnräume, Schlafräume, Schulen, Terrassen usw. sicher zu vermeiden. Um dies zu gewährleisten, wurde für ENERCON Windenergieanlagen eine Schattenabschaltung entwickelt, die in den Zeiträumen, in denen es zu Schattenwurf an einem Immissionsort kommen kann, unter Berücksichtigung der Witterungsverhältnisse, die Möglichkeit von periodischem Schattenwurf erkennt und die Windenergieanlage abschaltet.

2.2 Umsetzung

Die Schattenabschaltung wird bei Bedarf in Form eines Programms in die Steuerung der Windenergieanlage integriert. Da die Steuerung der Windenergieanlagen über eine begrenzte Rechenkapazität verfügt, werden die Zeiten des astronomisch möglichen Schattenwurfs für die betreffenden Immissionsorte vorab mit einer kommerziellen Software berechnet. Die berechneten Zeiten werden anschließend in Form eines Kalenders in das Display der Windenergieanlage programmiert.

Zur Messung der Beleuchtungsstärke werden drei Sensoren im Winkel von 120° in einer Höhe von drei bis vier Meter am Turm der Windenergieanlage montiert, so dass sich stets mindestens ein Sensor an der Sonnenseite und ein Sensor an der Schattenseite des Turmes befindet. Die Steuerung ermittelt aus den drei gemessenen Beleuchtungsstärken die höchste Beleuchtungsstärke, die als Lichtintensität bezeichnet wird, und die niedrigste Beleuchtungsstärke, die als Schattenintensität bezeichnet wird.

Die Abschaltautomatik der Anlagensteuerung sorgt dafür, dass bei Unterschreitung eines Referenzwertes für das Verhältnis von Schatten- zu Lichtintensität in den programmierten Zeiträumen, die Anlage gestoppt wird. Die Abschaltautomatik reagiert auch bei einer kurzzeitigen Unterschreitung des Referenzwertes.

Nach Ablauf des programmierten Zeitfensters oder bei Veränderung der Lichtverhältnisse, so dass Schattenwurf nicht mehr möglich ist, nimmt die Anlage den Betrieb wieder auf.

2.3 Überwachung

Sobald die Windenergieanlage durch die Schattenabschaltung gestoppt wird, generiert sie eine Statusmeldung, die von der Datenfernübertragung mit Datum und Uhrzeit protokolliert und über mehrere Jahre gespeichert wird.

Die Zeiten für die Schattenabschaltung sind jederzeit - auch im Nachhinein - über die integrierte Fernüberwachung abrufbar, so dass ein Nachweis zur Einhaltung der Abschaltzeiten geführt werden kann. Das Fernüberwachungssystem führt automatisch eine ständige Aufzeichnung der wichtigsten Wind- und Anlagendaten durch (Drehzahl, Leistung, Windgeschwindigkeit etc.), wertet diese aus und speichert sie langfristig. Die Datenarchivierung findet hausintern bei ENERCON statt.

ENERCON ENERGY FOR THE WORLD	Schallleistungspegel E-53	Seite 1 von 1

Garantierte Werte des Schallleistungspegels für die E-53 mit 800 kW Nennleistung			
Naben-höhe / V_{Wind} in 10m Höhe		73 m	
4 m/s		92,5 dB(A)	
5 m/s		94,2 dB(A)	
6 m/s		97,7 dB(A)	
7 m/s		100,1 dB(A)	
8 m/s		102,5 dB(A)	
95% Nennleistung		102,5 dB(A)	

Vermessener Wert bei 95% Nennleistung		100,9 dB(A) MBBM 69915/2	

1. Über den gesamten Leistungsbereich wird eine Tonhaltigkeit K_{TN} von 0-1 dB garantiert (gilt für den Nahbereich gemäß aktueller FGW Richtlinie und DIN 45 681).
2. Über den gesamten Leistungsbereich wird eine Impulshaltigkeit K_{IN} von 0 dB garantiert (gilt für den Nahbereich gemäß aktueller FGW Richtlinie und DIN 45 645-1).
3. Die oben angegebenen Schallleistungspegelwerte gelten für den **Betriebsmodus I**, (definiert durch eine Betriebskennlinie mit dem Drehzahlbereich 12 – 29 U/min). Die zugehörige Leistungskennlinie ist die berechnete Kennlinie E-53 vom Juni 2005 (Rev. 1.x).
4. Die garantierten Werte werden auf Basis offizieller und interner Vermessungen des Schallleistungspegels ermittelt. Die offiziell vermessenen Werte sind auf diesem Dokument als Referenz angegeben. Die Schalldatenblätter und Messberichte der offiziellen Vermessungen stehen zur Verfügung und gelten in Verbindung mit diesem Dokument. Die Vermessungen werden gemäß den national und international empfohlenen Richtlinien und Normen durchgeführt (jeweils auf dem Schalldatenblatt und im Messbericht vermerkt).
5. Um den Mess- und Prognoseunsicherheiten Rechnung zu tragen, die Planungssicherheit und Akzeptanz bei Genehmigungsbehörden zu erhöhen und ggf. geforderte Nachvermessungen zu vermeiden, empfiehlt ENERCON für Schallausbreitungsrechnungen einen Sicherheitszuschlag von 1 dB(A) auf die garantierten Werte. Für Bundesländer, in denen ohnehin Sicherheitszuschläge vorgeschrieben sind, entfällt diese Empfehlung.

   Sollte aus planungstechnischen oder anderen Gründen diese Empfehlung vernachlässigt werden, wird ausdrücklich auf Punkt 6 verwiesen.
6. Aufgrund der Messunsicherheiten bei Schallvermessungen gilt der Nachweis der Einhaltung der garantierten Werte als erbracht, wenn bei einer nach gängigen Richtlinien durchgeführten Vermessung das Messergebnis dem jeweiligen garantierten Wert +/-1 dB(A) entspricht. [Garantie erfüllt, wenn Messwert = Garantiewert +/- 1dB(A)].
7. Für schallkritische Standorte besteht die Möglichkeit, die E-53 nachts mit reduzierter Drehzahl und Leistung zu betreiben (Nachtbetrieb). Die reduzierten Schallleistungspegel können bei Bedarf angefordert werden.