

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Gelsenkirchen
Am Bugapark 1
45899 Gelsenkirchen

Telefon +49(209)98308 0
Telefax +49(209)98308 11

Dipl.-Ing. Michael Köhl
Telefon +49(209)98308 21
Michael.Koehl@mbbm.com

29. August 2013
M91181/05 KHL/RSB

Windpark "Illerich I" Betrieb von zwei Windenergieanlagen Typ Fuhrländer MD 77

**Immissionsmessung nach TA Lärm
zur Überprüfung der Einhaltung
der immissionsschutzrechtlichen
Nebenbestimmungen**

Bericht Nr. M91181/05

Auftraggeber:	Theolia Naturenergien GmbH Ulmer Str. 4 70771 Leinfelden-Echterdingen
Bearbeitet von:	Dipl.-Ing. Michael Köhl Dipl.-Ing. (FH) Marcus Paewinsky
Berichtsumfang:	Insgesamt 27 Seiten, davon 14 Seiten Textteil, 5 Seiten Anhang A, 3 Seiten Anhang B, 2 Seiten Anhang C und 3 Seiten Anhang D

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

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Gelsenkirchen
HRB München 86143
UST-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer: Horst Christian Gass,
Dr. Carl-Christian Hantschk, Stefan Schierer
Dr. Edwin Schorer, Norbert Suritsch

Inhaltsverzeichnis

	Zusammenfassung	3
1	Situation und Aufgabenstellung	4
2	Zitierte und verwendete Unterlagen	7
3	Geräuschmessungen	8
3.1	Messtermin und Messzeiten	8
3.2	Messdurchführung	8
3.3	Messgrößen	8
3.4	Messgeräte	8
3.5	Meteorologische Bedingungen	9
3.6	Aufgezeichnete Betriebsparameter der WEA	9
3.7	Subjektive Eindrücke am EMO	10
4	Auswertung der Messungen	10
5	Messergebnisse	10
5.1	Impulszuschlag	10
5.2	Tonzuschlag	11
5.3	Beurteilungspegel am Ersatzmessort	11
6	Bestimmung der Beurteilungspegel an den Immissionsorten	12
6.1	Vorgehensweise	12
6.2	Schallausbreitungsberechnungen	12
6.3	Berechnungsergebnisse	13
7	Beurteilung	14

Anhänge

A	Lageplan und Fotodokumentation
B	Pegelzeitverlauf und Ergebnisse der Tonanalyse an der WEA 170
C	Aufgezeichnete Betriebsdaten der WEA
D	EDV-Eingabedaten und Berechnungsergebnisse

Zusammenfassung

In der Windfarm „Illerich I“ werden von der Windfarm Illerich GmbH & Co. KG zwei Windenergieanlagen (WEA) vom Typ MD 77 des Herstellers Fuhrländer mit einer jeweiligen Nabenhöhe von 111,5 m betrieben. Neben diesen beiden WEA werden am Standort Illerich u. a. zwei WEA vom Typ Enercon E-82 betrieben (Illerich II). Die WEA vom Typ MD77 bestimmen an den maßgeblichen Immissionsorten IP A und IP E die Geräuschsituation.

In dem Genehmigungsbescheid für die Errichtung und den Betrieb der 2 WEA vom Typ MD 77 wird in den Nebenbestimmungen gefordert, dass die Einhaltung des in der Nachtzeit gültigen Immissionsrichtwertes in Höhe von 45 dB(A) gemäß Genehmigungsbescheid [9] an den maßgeblichen Immissionsorten zu überprüfen ist. Die Einhaltung dieser Nebenbestimmungen ist durch eine Schallmessung nachzuweisen.

Nach Absprachen mit der zuständigen Überwachungsbehörde sollten hierzu Schallemissionsmessungen und Messungen an einem Ersatzmessort in Richtung IP E Suhrhof (Hambuch) durchgeführt werden (vgl. Messkonzept M91181/01 [12]).

Die geforderten Schallimmissionsmessungen wurden am 25.11.2012 bei sehr starkem Wind (Durchzug eines Sturmtiefs) aus westsüdwestlicher Richtung an einem Ersatzmessort (EMO) in Richtung des IP E Suhrhof durchgeführt. Somit befand sich der Immissionsort IP E in Mitwindrichtung zu den beiden WEA vom Typ MD 77.

Die Messdatenauswertung führte schließlich zu den folgenden Ergebnissen:

- Am IP E Suhrhof ergibt sich unter Berücksichtigung einer Schallausbreitungs- und einer Abstandskorrektur eine obere Vertrauensbereichsgrenze des Beurteilungspegels in Höhe von 45 dB(A). Der laut Genehmigungsbescheid im Nachtzeitraum festgelegte Immissionsrichtwert von 45 dB(A) wird daher gerade eingehalten.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass der Betrieb der zwei Fuhrländer MD 77 am Standort Illerich den schalltechnischen Anforderungen des Genehmigungsbescheides entspricht. Aus akustischer Sicht ist daher ein Betrieb der WEA am Standort Illerich mit den genehmigten Nennleistungen weiterhin möglich.



Dipl.-Ing. (FH) Michael Köhl

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Windfarm Illerich GmbH & Co. KG betreibt am Standort in Rheinland-Pfalz zwei Windenergieanlagen (WEA) zwei WEA vom Typ Fuhrländer MD77. Die Anlagen vom Typ MD 77 haben jeweils eine Nennleistung von 1500 kW und eine Nabenhöhe von 111,5 m. Die Anlagen- und Standortdaten dieser WEA sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1. Anlagendaten.

WEA Nr.	Typ	Nabenhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]	Betreiber	Gauß-Krüger-Koordinaten aus [10]	
					Rechtswert	Hochwert
170	MD77	111,5	77	Windfarm Illerich GmbH & Co. KG	2.582.811	5.564.762
171	MD77	111,5	77	Windfarm Illerich GmbH & Co. KG	2.583.233	5.564.789

In den immissions- und arbeitsschutzrechtlichen Nebenbestimmungen der Kreisverwaltung Cochem-Zell heißt es in dem Genehmigungsbescheid mit Aktenzeichen BIM-K 0774/2003 vom 26.02.2008 [9] für die beiden MD 77:

»...

Lärm:

1. *Der Schallleistungspegel jeder einzelnen beantragten Windkraftanlage, Typ Repower MD 77, darf unter Berücksichtigung des Sicherheitszuschlags 105 dB(A) nicht überschreiten.*
2. *Die beantragten Windkraftanlagen, Typ Repower MD 77, dürfen keine Ton- und Impulshaltigkeit aufweisen.*
3. *Für die nachstehend genannten maßgeblichen Immissionsorte darf der von den beantragten Windkraftanlagen erzeugte Immissionsanteil (unter Berücksichtigung des Sicherheitszuschlages) an Geräuschen die nachfolgenden Richtwerte zur Nachtzeit zwischen 22:00 und 06:00 Uhr nicht überschreiten.*

Illerich	Waldhof	(IP A)	nachts:	41 dB(A)
Illerich	Rosenhof	(IP B)	nachts:	39 dB(A)

Mess- und Beurteilungsgrundlage ist die Sechste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm 98).

4. *Für die nachstehend genannten maßgeblichen Immissionsorte dürfen unter Berücksichtigung der Gesamtbelastung folgende Immissionsrichtwerte für Geräusche zur Nachtzeit zwischen 22:00 und 06:00 Uhr nicht überschritten werden:*

Illerich	Waldhof	(IP A)	nachts:	45 dB(A)
Hambuch	Suhrhof	(IP E)	nachts:	45 dB(A)

Mess- und Beurteilungsgrundlage ist die Sechste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm 98).

5. Durch eine nach § 26 BImSchG benannte Stelle ist nach Inbetriebnahme der Windkraftanlagen:
 - der Schallleistungspegel der Einzelanlagen gemäß FGW-Richtlinie
 - der Immissionsrichtwert am Immissionsort „Suhrhof“ in Hambuch (IP E) entsprechend der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm 98)

ermitteln zu lassen.

Die Messung muss während ungünstigsten Bedingungen durchgeführt werden (Mit-Wind-Situation, Windgeschwindigkeiten von ca. 10 m/s in 10 m Höhe bzw. 95 % der Nennleistung). Spätestens 14 Tage nach Inbetriebnahme der Windkraftanlagen ist der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Regionalstelle Gewerbeaufsicht Koblenz, eine Kopie der Auftragsbestätigung des Messinstituts zu übersenden. Der Messbericht ist der v. g. Stelle unverzüglich zweifach vorzulegen.

6. Wird anhand der vorgenannten Messung nach Ziffer 5 eine Lärmrichtwertüberschreitung nach der TA Lärm 98 am Immissionsort „Suhrhof“ in Hambuch gemäß Ziffer 4 ermittelt, so sind an den Windkraftanlagen für die Nachtzeit (22:00 – 06:00 Uhr) schallreduzierende Maßnahmen durchzuführen. Diese sind mit der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Regionalstelle Gewerbeaufsicht Koblenz, abzustimmen. Ist eine schallreduzierte Betriebsweise nicht möglich, so sind die Windkraftanlagen zur Nachtzeit abzuschalten.
 ...“

Auf Grundlage der oben zitierten Festlegungen soll von Müller-BBM in Auftrag der Theolia Naturenergien GmbH die Nachweismessung am Standort Illerich I unter vorheriger Abstimmung mit der zuständigen Überwachungsbehörde durchgeführt werden.

In einem Telefonat zwischen Herrn Köhl (Müller-BBM) und Herrn Schäfer (Regionalstelle Gewerbeaufsicht Koblenz) wurde am 25.01.2011 über eine Abnahmemessung zur Überprüfung der oben zitierten Nebenbestimmungen gesprochen. In diesem Gespräch wurde mit der zuständigen Überwachungsbehörde vereinbart, dass zur Feststellung der Messmethodik eine Ortsbesichtigung am Standort Illerich hilfreich sein könnte.

Am 27.01.2011 wurde der Standort Illerich von Müller-BBM besichtigt. Aufgrund der ersten Einschätzungen vor Ort hatte Müller-BBM vorgeschlagen, die Einhaltung der o. g. Immissionsrichtwerte auf Basis von Schallimmissionsmessungen zu überprüfen.

Zur Bewertung der Messmöglichkeiten in Illerich hat Herr Henn von der zuständigen Überwachungsbehörde (Regionalstelle Gewerbeaufsicht Koblenz) ebenfalls eine Ortsbesichtigung am 17.02.2011 durchgeführt. Als Ergebnis hat Herr Henn festgestellt und festgelegt, dass an der WEA mit der Nr. 170 (vgl. Tabelle 1) eine Schall-emissionsmessung und eine Schallimmissionsmessung an einem Ersatzmessort durchgeführt werden soll.

Im Auftrag der Theolia Naturenergien GmbH soll die Abnahmemessung (Schallimmissionsmessung an einem EMO in Richtung IP E Suhrhof) gemäß dem o. g. Messkonzept [12] durchgeführt werden.

2 Zitierte und verwendete Unterlagen

- [1] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) vom 26. August 1998, GMBI 1998, Nr. 26, S. 503.
- [2] DIN EN 61400-11: Windenergieanlagen. Teil 11: Schallmessverfahren. März 2007
- [3] DIN ISO 9613-2: Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien. Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren. Entwurf September 1997.
- [4] DIN 45645-1: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen. Teil 1: Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft. Juli 1996.
- [5] DIN 45681: Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen. März 2005.
- [6] DIN EN 61672 - 1 (IEC 61672-1:2002): Elektroakustik - Schallpegelmesser Teil 1: Anforderungen. Oktober 2003.
- [7] DIN EN 60942 (IEC 60942:2003): Elektroakustik - Schallkalibratoren. Mai 2004.
- [8] Royal Institute of Technology Stockholm: Recommended practices for wind-turbine testing. 10. Measurement of Noise Immission from Wind Turbine at Noise Receptor Locations. 1. Edition 1997.
- [9] Kreisverwaltung Cochem-Zell:
Genehmigungsbescheid (Az.: BIM-K 0774/2003) zur Errichtung und Betrieb von zwei Windkraftanlagen des Typs Repower MD 77, Nabenhöhe 112 m, Rotor-durchmesser 77 m, in der Gemarkung Illerich, Flur 15, Flurstücke 3, 4, 23, 24, 25, 26 vom 26.02.2008.
- [10] ENP Erneuerbare Energien Projektentwicklungsgesellschaft mbH:
Schallimmissionsprognose für den Standort Illerich I vom 01.07.2004.
- [11] Müller-BBM GmbH:
Messkonzept für eine schalltechnische Nachvermessung am Standort 56814 Illerich (Projekt: Illerich I). Notiz M91 181/1 vom 02.02.2011.
- [12] Müller-BBM GmbH:
Messkonzept für eine schalltechnische Nachvermessung am Standort 56814 Illerich (Projekt: Illerich I). Notiz M91 181/1 vom 01.03.2011
- [13] Theolia Naturenergien GmbH: Aufgezeichnete Betriebsdaten der WEA vom Typ MD 77 für die Messungen am 25.11.2012; per E-Mail übermittelt am 26.11.2012.
- [14] Müller-BBM GmbH:
Schallemissionsmessungen gemäß DIN EN 61400-11 und den Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen (FGW-Richtlinien) an einer Anlage vom Typ Fuhrländer MD 77 mit einer Nennleistung von 1500 kW am Standort Illerich. Prüfbericht M91 182/02 vom 29.07.2013.

S:\MIP\Proj\091M91181\05_Ber_3D.DOC;29.08.2013

3 Geräuschmessungen

3.1 Messtermin und Messzeiten

Die Schallmessungen wurden am 25.11.2012 in der Zeit von 09:30 Uhr bis 14:40 Uhr bei sehr starkem Wind (Durchzug eines Sturmtiefs) aus westsüdwestlicher Richtung an einem Ersatzmessort (EMO) in Richtung des IP E Suhrhof bei Betrieb und bei Stillstand der vier relevanten WEA nach dem Messkonzept [12] durchgeführt. Sturmbedingt kam es zu zeitweisen Abschaltungen der E-82.

Der EMO befand sich in Mitwindrichtung zu den beiden WEA vom Typ MD 77.

3.2 Messdurchführung

Die Schallmessungen wurden in einer Höhe von ca. 2 m durchgeführt. Diese Höhe wurde deshalb gewählt, weil nach [8] in einer geringen Höhe mit weniger windinduzierten Geräuschen zu rechnen ist. Aufgrund der hochliegenden Geräuschquellen sind bei dieser Mikrofonposition nach [8] keine Auswirkungen auf die erfassten Schalldruckpegel zu erwarten.

3.3 Messgrößen

Am EMO wurde während der Messung kontinuierlich ein Schalldruckpegelzeitverlauf aufgezeichnet. Hierbei wurden folgende Pegelgrößen erfasst:

- energieäquivalenter A-bewerteter Dauerschalldruckpegel L_{Aeq}
- A-bewerteter 95-%-Überschreitungspegel $L_{AF95\%}$
- energieäquivalenter A-bewerteter Taktmaximalpegel L_{AFTeq}
- A-bewerteter Maximalpegel L_{AFmax}
- A-bewerteter Minimalpegel L_{AFmin}

3.4 Messgeräte

In der folgenden Tabelle ist das am Messtag eingesetzte Equipment aufgeführt.

Tabelle 2. Verwendete Messgeräte.

Messgerät	Hersteller	Typ	Serien-Nummer
Präzisionsschallpegelanalysatoren	Brüel&Kjaer	2260 2270	2131750 * 2644595
Mikrofone	Brüel&Kjaer	4189	2097077 * 2638479
akustischer Kalibrator	Brüel&Kjaer	4231	1821239 * 2685642
Windschirme, primär	Brüel & Kjaer	UA0237	--
Windschirme, sekundär	Müller-BBM	--	--
Laser Entfernungsmesser	Leica LRF	1200 scan	1136324

Die eingesetzten Schallpegelanalysatoren erfüllen die Anforderungen der Klasse 1 nach DIN EN 61672-1 [6] und die verwendeten Kalibratoren die Anforderungen der Klasse 1 nach DIN EN 60942 [7]. Die in der Tabelle mit einem „*“ gekennzeichneten Geräte waren zur Zeit der Messungen amtlich geeicht. Die Kalibrierungen der Schallpegelanalysatoren wurde vor und nach den Messungen mit Hilfe der Kalibratoren überprüft, Abweichungen wurden nicht festgestellt.

Im Rahmen des hauseigenen Qualitätssicherungssystems werden die Geräte zusätzlich in regelmäßigen Abständen überwacht und kontrolliert.

Der Frequenzgang des verwendeten sekundären Windschirms wurde in Müller-BBM-Prüfräumen (Hallraum und reflexionsarmer Raum) geprüft. Als Ergebnis dieser Prüfungen ist für die ausgewerteten Frequenzbereiche eine Frequenzgangkorrektur notwendig. Diese Korrektur wurde bei der Auswertung berücksichtigt. Der Sekundärwindschirm ist in der Abbildung A 4 im Anhang A dargestellt.

3.5 Meteorologische Bedingungen

Am Messtag war es bewölkt mit zeitweise leichtem Regen. In Tabelle 3 sind die am Messtag aufgezeichneten meteorologischen Werte zusammengestellt.

Tabelle 3. Mit der Wetterstation bzw. in Nabenhöhe gemessene meteorologische Werte.

Meteorologische Größen	Mittelwerte über die gesamte Messdauer
Windrichtung	237° (WSW)
Windgeschwindigkeitsbereich (in Nabenhöhe, ca. 111,5 m Höhe)	5 m/s bis 23 m/s
Temperatur	10 °C
Luftdruck	962 hPa

3.6 Aufgezeichnete Betriebsparameter der WEA

Von der Theolia Naturenergien GmbH wurden während der Messung die Messdaten der elektrischen Leistung und der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe aufgezeichnet. Diese Daten wurden uns als Mittelwerte über jeweils zehn Minuten mit [13] zur Verfügung gestellt. Sie sind in der Abbildung C 1 und Abbildung C 2 im Anhang C grafisch dargestellt.

Bei Betrachten dieser Abbildungen wird deutlich, dass die beiden WEA vom Typ MD 77 während der Messzeit zeitweise mit der jeweils eingestellten Nennleistung betrieben wurden.

Für die Enercon-Anlagen liegen uns keine Betriebsdaten vor.

3.7 Subjektive Eindrücke am EMO

Am EMO waren nur die Geräuschmissionen der beiden WEA vom Typ MD 77 deutlich wahrzunehmen und bestimmten in störgeräuschfreien Zeiten den Pegel. Die Geräuschmissionen der beiden E-82 waren zu keinem Zeitpunkt während der Messungen hörbar. Es machte keinen Unterschied, ob die beiden E-82 betrieben wurden oder nicht. Einzelton- sowie impulshaltige Geräuschanteile ausgehend von den vier WEA wurden nicht festgestellt.

Zeitweise waren die Messungen am EMO durch Windgeräusche aufgrund von Böen am Mikrofon, Blätterrauschen im Feldbewuchs, durch Pkw-Vorbeifahrten im Nahbereich oder durch Flugzeugüberflüge beeinflusst.

4 Auswertung der Messungen

Am EMO wurde über die gesamte Messzeit ein Schalldruckpegelzeitverlauf aufgezeichnet. Dieser Pegelzeitverlauf ist in der Abbildung B 1 im Anhang B dargestellt.

Auf Basis dieser Pegelzeitverläufe werden die Schalldruckpegel für das WEA-Geräusch und das Fremdgeräusch bestimmt. Hierbei werden nur Zeitbereiche ausgewertet, die während der beobachteten Messung bei minimalem Störgeräuscheinfluss als Abschnitte mit deutlich wahrnehmbaren Geräuschanteilen der WEA oder beim WEA-Stillstand als entsprechende Fremdgeräuschanteile identifizierbar sind.

Die zur Auswertung herangezogenen Zeitbereiche, entweder WEA-Geräusche oder Fremdgeräusche, sind am oberen Rand der o. g. Abbildung unterschiedlich farblich gekennzeichnet.

5 Messergebnisse

In Tabelle 4 sind die an den EMO ermittelten Schalldruckpegel L_{AFeq} bei Betrieb und bei Stillstand der betreffenden WEA aufgeführt.

Tabelle 4. Ermittelte Schalldruckpegel L_{Aeq} für die ausgewerteten Zeitabschnitte.

Messort	Messzeiten	Betriebszustand	L_{AFeq} in dB(A)
EMO	ca. 03:09 h bis 03:28 h	Alle WEA in Betrieb	49,1
	ca. 03:28 h bis 03:42 h	Alle WEA außer Betrieb	46,0

5.1 Impulszuschlag

Am Messtermin wurden keine impulshaltigen Geräuschereignisse ausgehend von den WEA festgestellt, so dass eine weitere Betrachtung hierzu entfallen kann.

5.2 Tonzuschlag

Während der Messung am 25.11.2012 wurden nach Gehöreindruck keine einzeltonhaltigen Geräuschimmissionen am EMO ausgehend von den WEA festgestellt. Zur Bestätigung dieses subjektiven Höreindrucks sind die für die im Nahbereich der WEA 170 (MD 77, FL 694) ermittelten Ergebnisse der Tonanalyse aus dem Prüfbericht M91181/02 vom 18.12.2012 in Abbildung B 2 bis Abbildung B 4 im Anhang B dargestellt.

Bei Betrachten dieser Ergebnisse wird deutlich, dass keine signifikanten Einzeltöne im WEA-Geräusch enthalten sind. Die Vergabe eines Tonzuschlages ist am EMO und an den Immissionsorten nicht erforderlich.

5.3 Beurteilungspegel am Ersatzmessort

Der Beurteilungspegel am Ersatzmessort wird nach TA Lärm [1] und [4] mit folgender Gleichung berechnet:

$$L_{r \text{ Messung}} = L_{eq} - C_{met} + K_I + K_T + K_R$$

L_{eq} äquivalenter Dauerschalldruckpegel, fremdgeräuschkorrigiert

C_{met} meteorologische Korrektur, $C_{met} = 0$ dB

K_I Impulszuschlag, $K_I = 0$ dB

K_T Tonzuschlag, $K_T = 0$ dB

K_R Zuschlag für Ruhezeiten, $K_R = 0$ dB, da der Nachzeitraum zu beurteilen ist.

Aus der energetischen Differenz der gemessenen energieäquivalenten Dauerschallpegel bei Betrieb und bei Stillstand der betreffenden WEA werden die Geräuschimmissionen durch diese WEA am Ersatzmessort ermittelt. Die Fremdgeräuschkorrektur wird in diesem Zusammenhang mit der folgenden Beziehung berechnet:

$$L_{AFeq, WEA} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{AFeq, Betrieb}}{10}} - 10^{\frac{L_{AFeq, Stillstand}}{10}} \right)$$

Die Ermittlung des Beurteilungspegels ist in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 5. Berechnung der Beurteilungspegel an den EMO.

Beschreibung	Schalldruckpegel am EMO
Gesamtgeräuschimmissionen, alle vier WEA ein mittlerer gemessener $L_{eq, WEA\ ein}$ in dB(A)	49,1
Fremdgeräuschimmissionen, alle vier WEA aus mittlerer gemessener $L_{eq, WEA\ aus}$ in dB(A)	46,0
Geräuschimmissionen der vier WEA $L_{eq, WEA}$ in dB(A), fremdgeräuschkorrigiert,	46,2
Impulzzuschlag K_I und Tonzuschlag K_T in dB	0
meteorologische Korrektur C_{met}	0
Beurteilungspegel $L_{r, EMO}$ in dB(A)	46,2

Die Messunsicherheit wird gemäß [4] in Verbindung mit [14] mit $\pm 0,7$ dB abgeschätzt.

6 Bestimmung der Beurteilungspegel an den Immissionsorten

6.1 Vorgehensweise

Die Beurteilungspegel an den Immissionsorten ergeben sich aus dem am EMO festgestellten Beurteilungspegel abzüglich einer per Schallausbreitungsberechnung ermittelten Pegelkorrektur (ohne Sicherheitszuschläge) für die Differenz zwischen dem Mess- und Berechnungsergebnis sowie der Abstandskorrektur für die Distanz zwischen EMO und den Immissionsorten (im Folgenden als Gesamtkorrektur ΔL bezeichnet).

6.2 Schallausbreitungsberechnungen

Die Schallausbreitungsberechnungen werden mit dem Programm Cadna/A der Firma DataKustik GmbH in der aktuellen Version 4.3.144 durchgeführt. Hierbei werden die am EMO einwirkenden Geräuschimmissionen durch die zwei MD 77 (Nr.: 170 und 171) bestimmt.

In ein dreidimensionales digitales Geländemodell werden die Koordinaten aller schalltechnisch relevanten Elemente eingegeben. Hierbei werden die WEA als Punktschallquellen modelliert, wobei als Schallquelle für die einzelne WEA der in Nabenhöhe liegende Mittelpunkt der Rotorfläche definiert ist. Die Schalleistungspegel der WEA 170 und 171 werden mit jeweils 103,8 dB(A) (vgl. Prüfbericht [14]) angesetzt.

Die Ausbreitungsberechnungen werden nach TA Lärm [1] in Verbindung mit der E-DIN ISO 9613-2 (Entwurf Ausgabe September 1997) [3] unter folgenden Randbedingungen durchgeführt:

- Der Bodeneffekt wird nach Kap. 7.3.2. der DIN ISO 9613-2 („Alternatives Verfahren“) [3] berechnet.
- Die meteorologische Korrektur C_{met} wird mit 0 dB berücksichtigt (Betrachtung auf der sicheren Seite).
- Die Berechnung erfolgt mit A-bewerteten Schallleistungspegeln bei Berücksichtigung einer Mittenfrequenz von 500 Hz.
- Die zu betrachtenden Immissionsorte (IO) werden mit einer Höhe von 5,0 m über Grund angesetzt.

Bei den Ausbreitungsberechnungen werden die Pegelminderungen durch

- Abstand und Luftabsorption
- Bodendämpfung und Abschirmungen

berücksichtigt.

Die EDV-Eingabedaten und die Berechnungsergebnisse sind in Anhang B auszugsweise aufgelistet.

6.3 Berechnungsergebnisse

In der folgenden Tabelle 6 sind die berechneten der Beurteilungspegel L_r für die vier relevanten WEA im Nahbereich des EMO und die Pegelkorrektur ΔL aufgeführt (siehe auch Seite 3 im Anhang B).

Tabelle 6. Immissionsorte, zulässige Schallimmissionspegel $L_{p, \text{zulässig}}$ und berechnete anteilige Beurteilungspegel $L_{r, \text{MD 77}}$ der WEA Nr. 170 und 171 und Pegelkorrektur ΔL für die Nachtzeit.

Immissionsort	$L_{p, \text{zulässig}}$ nachts in dB(A)	Berechnete $L_{r, \text{MD 77}}$ nachts in dB(A)	Pegelkorrektur ΔL nachts in dB(A)
EMO	--	46,1	--
IP E Suhrhof, Hambuch	45	44,1	2,0

Mit den Werten in Tabelle 6 ergibt sich am Immissionsort IP E der folgende aus den Messungen abgeleitete anteilige Beurteilungspegel für die vier WEA (zwei MD77 und zwei E-82):

- $L_{r, \text{IP E}} = 44,2 \text{ dB(A)}$.

7 Beurteilung

Zur Beurteilung der Geräuschsituation an dem maßgeblichen Immissionsort IP E erfolgt eine Bildung des oberen Vertrauensbereichs des Beurteilungspegels am IP E unter Berücksichtigung der Messunsicherheit und der anteiligen Schallimmissionen der in der Prognose [10] erfassten weiteren acht WEA (Nr.: 03 bis 10).

Tabelle 7. Immissionsort, zulässiger Schallimmissionspegel L_p , zulässig und obere Vertrauensbereichsgrenze des Beurteilungspegels L_o für die Nachtzeit.

Immissionsort	L_p , zulässig aus [9] nachts in dB(A)	L_o nachts in dB(A)		
		WEA 170, 171	WEA 03 bis 10 aus [10]	WEA 170, 171 und WEA 03 bis WEA 10
IP E Suhrhof, Hambuch	45	44,9 *	35,5	45,4

*) dieser Wert ergibt sich aus dem Beurteilungspegel zuzüglich der Messunsicherheit von $\pm 0,7$ dB

Die durchgeführten Abnahmemessungen und ergänzenden Berechnungen zeigen somit, dass am IP E Suhrhof eine obere Vertrauensbereichsgrenze des Beurteilungspegels von gerundet 45 dB(A) festzustellen ist. Am IP E Suhrhof wird somit der zulässige Schallimmissionspegel gemäß des Genehmigungsbescheids [9] gerade eingehalten.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die zwei MD 77 am Standort Illerich den schalltechnischen Anforderungen des Genehmigungsbescheides [9] entsprechen. Aus akustischer Sicht ist daher ein Betrieb der WEA am Standort Illerich mit den genehmigten Nennleistungen weiterhin möglich.

Anhang A

Lageplan und Fotodokumentation

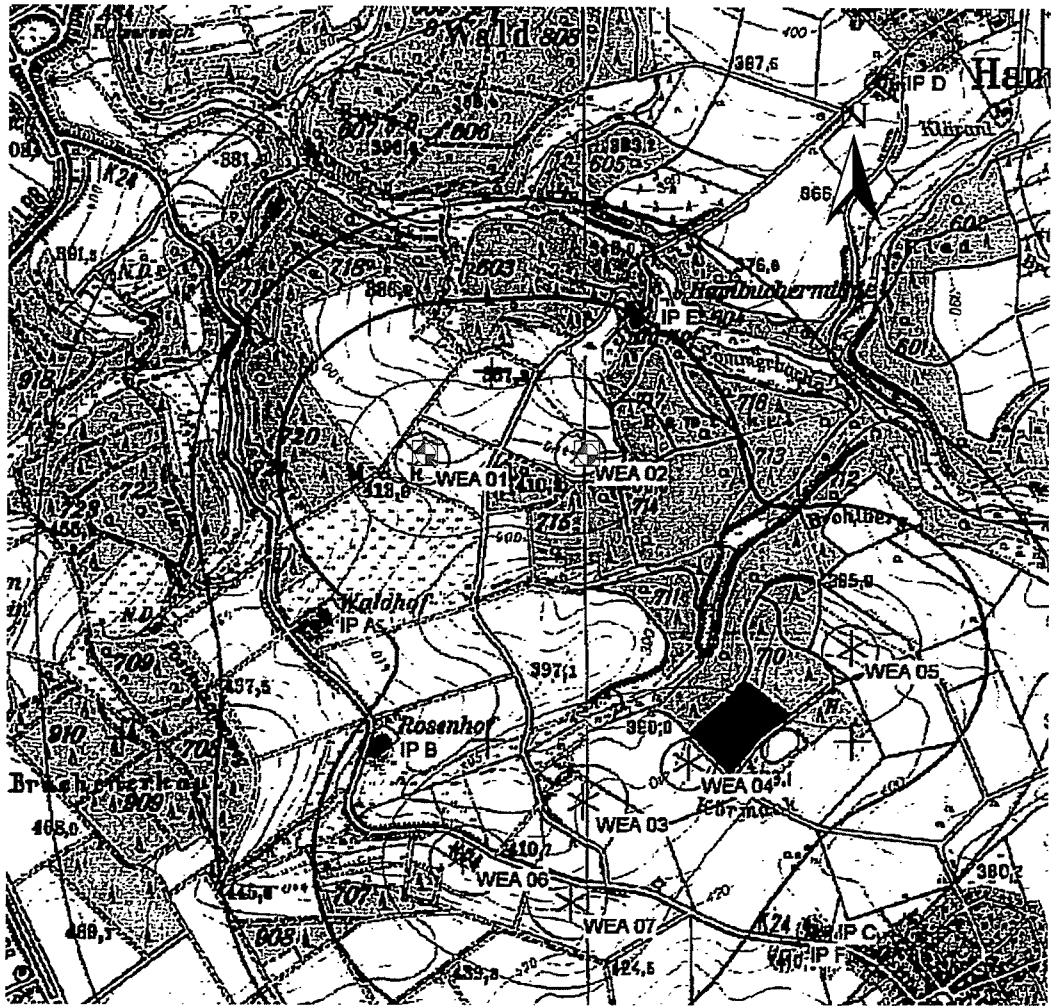


Abbildung A 1. Lageplan mit den zu untersuchenden WEA (pink markiert), den Fremdanlagen und den maßgeblichen Immissionsorten; der Lageplan ist zur Maßentnahme nicht geeignet (Quelle: [10]).

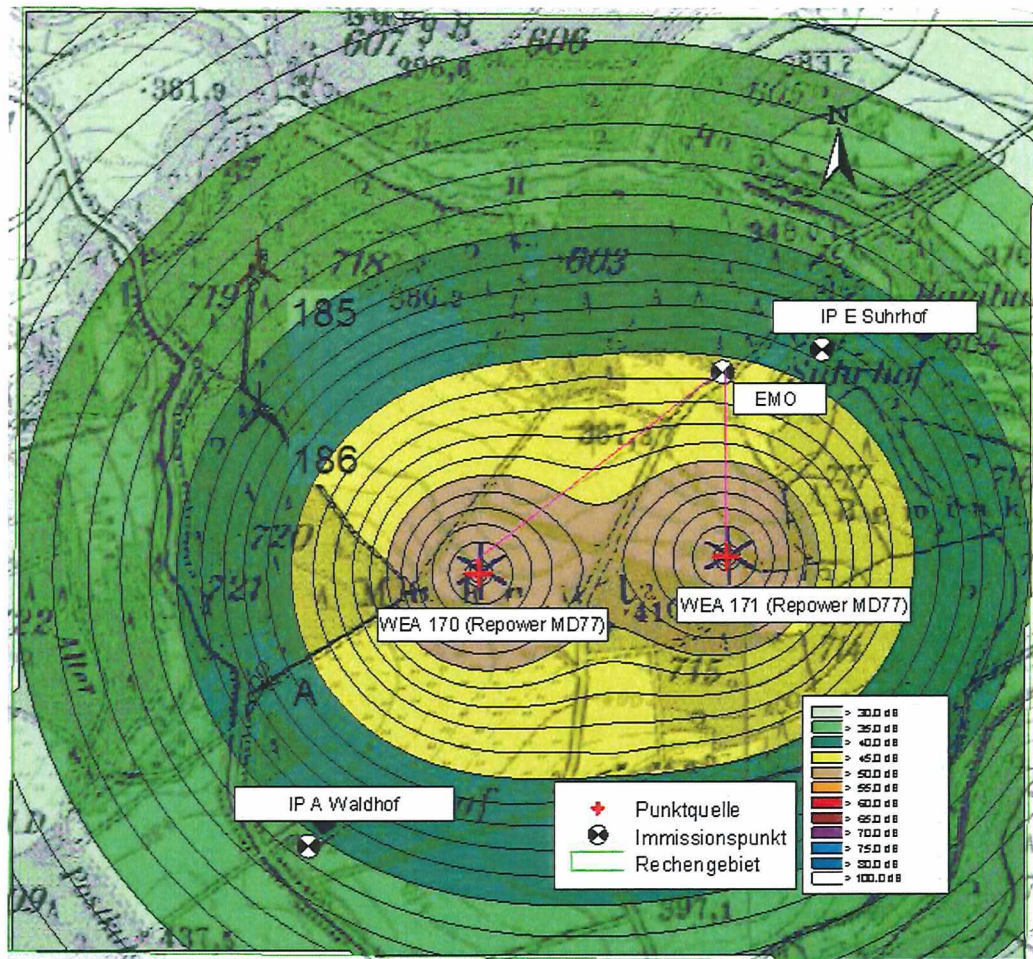


Abbildung A 2. Lageplan mit den Immissionsorten, dem Ersatzmessort (jeweils schwarz markiert) und den WEA (rot markiert); der Lageplan ist zur Maßentnahme nicht geeignet).



Abbildung A 3. Lage des WEA-Standortes (blau umrandet) in der Nähe von Illerich und der ungefähren Standorte der WEA 170 und WEA 171; der Lageplan ist zur Maßentnahme nicht geeignet (Quelle: Google Earth).



Abbildung A 4. Blick vom Bereich des EMO in Richtung WEA.



Abbildung A 5. Blick vom Bereich des EMO in Richtung IP E Suhrhof.

Anhang B

Pegelzeitverlauf und Ergebnisse der Tonanalyse an der WEA 170

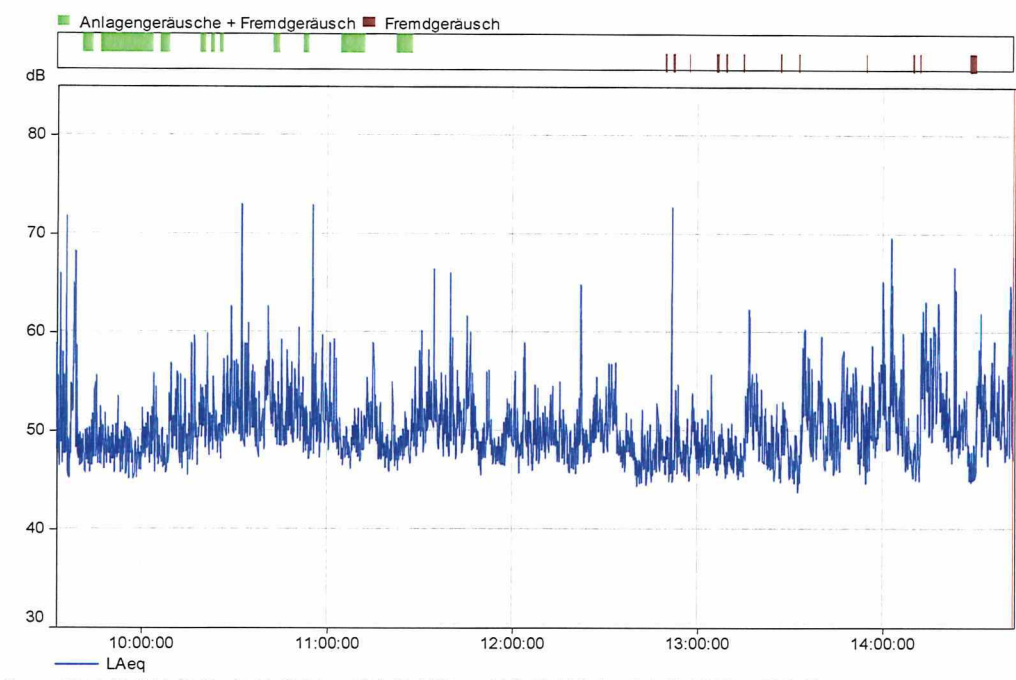


Abbildung B 1. Schalldruckpegelzeitverlauf am EMO bei Betrieb und Stillstand der vier WEA.

Projektnummer	M91 181
Windenergieanlage:	MD 77
Standort:	Illerich
Nennleistung:	1500 kW
Standardisierte Windgeschwindigkeit:	7 m/s

Linienabstand:	2 Hz
Untersuchungsbereich:	90 bis 2772 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: 91181_20121125_m_02_1434_1444_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
2: 91181_20121125_m_01_210_220_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
3: 91181_20121125_m_01_1080_1090_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
4: 91181_20121125_m_01_1330_1340_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
5: 91181_20121125_m_01_1480_1490_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
6: 91181_20121125_m_01_1740_1750_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
7: 91181_20121125_m_02_70_80_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
8: 91181_20121125_m_02_524_534_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
9: 91181_20121125_m_02_824_834_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
10: 91181_20121125_m_02_894_904_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
11: 91181_20121125_m_02_1034_1044_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
12: 91181_20121125_m_02_1314_1324_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–

Abbildung B 2. Ergebnisse der Tonanalyse für die WEA 170 (MD 77) im Bin 7 m/s (aus [14]).

Windenergieanlage: MD 77
Standort: Illerich
Nennleistung: 1500 kW
Standardisierte Windgeschwindigkeit: 8 m/s

Linienabstand:	2 Hz
Untersuchungsbereich:	90 bis 2772 Hz
Mittleres Delta_L:	-10 dB
Resultierender Tonzuschlag:	0 dB
Unsicherheit:	–

Spektrum	Frequenz	delta_L	Kennung FG	FgAnfang	FgEnde	Ls	LT	LG	av	Unsicherheit
	[Hz]	[dB]		[Hz]	[Hz]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]
1: 91181_20121125_m_02_1544_1554_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
2: 91181_20121125_m_02_344_354_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
3: 91181_20121125_m_02_564_594_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
4: 91181_20121125_m_02_624_634_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
5: 91181_20121125_m_02_644_654_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
6: 91181_20121125_m_02_744_754_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
7: 91181_20121125_m_02_884_894_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
8: 91181_20121125_m_02_1154_1164_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
9: 91181_20121125_m_02_1194_1204_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
10: 91181_20121125_m_02_1344_1354_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
11: 91181_20121125_m_02_1454_1464_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
12: 91181_20121125_m_02_1524_1534_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–

Abbildung B 3. Ergebnisse der Tonanalyse für die WEA 170 (MD 77) im Bin 8 m/s (aus [14]).

Projektnummer: M91 181
Windenergieanlage: MD 77
Standort: Illerich
Nennleistung: 1500 kW
Standardisierte Windgeschwindigkeit: 9 m/s

Linienabstand:	2 Hz
Untersuchungsbereich:	90 bis 2772 Hz
Mittleres Delta_L:	-10 dB
Resultierender Tonzuschlag:	0 dB
Unsicherheit:	--

Spektrum	Frequenz	delta_L	Kennung FG	FgAnfang	FgEnde	Ls	LT	LG	av	Unsicherheit
	[Hz]	[dB]		[Hz]	[Hz]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]
1: 91181_20121125_m_02_1784_1794_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
2: 91181_20121125_m_01_80_90_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
3: 91181_20121125_m_01_150_160_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
4: 91181_20121125_m_01_170_180_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
5: 91181_20121125_m_01_640_650_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
6: 91181_20121125_m_01_900_910_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
7: 91181_20121125_m_01_1200_1210_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
8: 91181_20121125_m_01_1210_1220_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
9: 91181_20121125_m_02_1624_1634_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
10: 91181_20121125_m_02_1694_1704_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
11: 91181_20121125_m_02_1754_1764_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–
12: 91181_20121125_m_02_1774_1784_PAK	–	–	keine Tone gefunden	–	–	–	–	–	–	–

Abbildung B 4. Ergebnisse der Tonanalyse für die WEA 170 (MD 77) im Bin 9 m/s (aus [14]).

Anhang C

Betriebsdaten der WEA

Aufgezeichnete Daten der MD 77 (Anlagennummer: FL 694)
am Standort Illerich vom 25.11.2012
10-Minuten-Mittelwerte

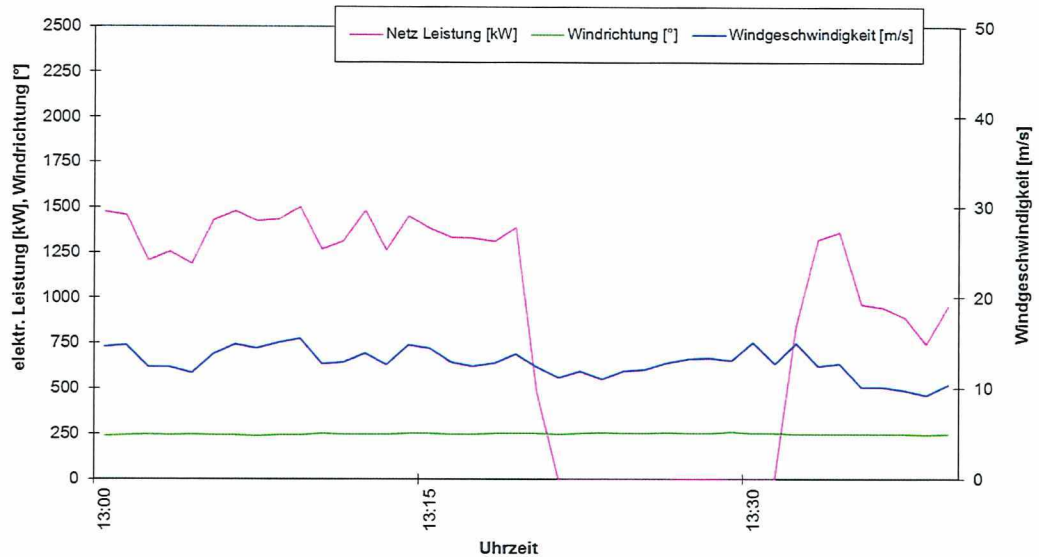


Abbildung C 1. Am Messtermin aufgezeichnete Anlagendaten (FL 694) als 10-Minuten-Mittelwerte.

Aufgezeichnete Daten der MD 77 (Anlagennummer: FL 695)
am Standort Illerich vom 25.11.2012
10-Minuten-Mittelwerte

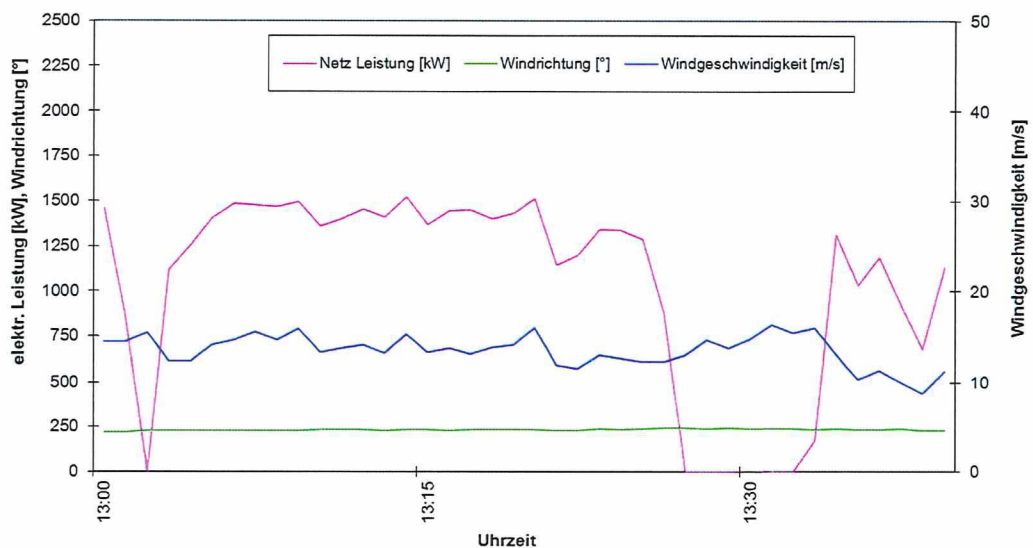


Abbildung C 2. Am Messtermin aufgezeichnete Anlagendaten (FL 695) als 10-Minuten-Mittelwerte.

Anhang D

EDV-Eingabedaten und Berechnungsergebnisse

Projekt (M91181_20130729.cna)

Variante: (V01 - (ohne Namen))

Projektname : Abnahmemessung an zwei MD 77 in Illerich
 Auftraggeber : Theolia Naturenergien GmbH
 Sachbearbeiter : khl
 Zeitpunkt der Berechnung : Juli 2013
 Cadna/A : Version 4.3.144 (32 Bit)

Berechnungsprotokoll

Berechnungskonfiguration	
Parameter	Wert
Allgemein	
Land	(benutzerdefiniert)
Max. Fehler (dB)	0.00
Max. Suchradius (m)	2000.00
Mindestabst. Qu-Imm	0.00
Aufteilung	
Rasterfaktor	0.50
Max. Abschnittslänge (m)	1000.00
Min. Abschnittslänge (m)	1.00
Min. Abschnittslänge (%)	0.00
Proj. Linienguellen	An
Proj. Flächenquellen	An
Bezugszeit	
Bezugszeit Tag (min)	960.00
Bezugszeit Nacht (min)	60.00
Zuschlag Tag (dB)	0.00
Zuschlag Ruhezeit (dB)	6.00
Zuschlag Nacht (dB)	0.00
Zuschlag Ruhezeit nur für	Kurgebiet
	reines Wohngebiet
	allg. Wohngebiet
DGM	
Standardhöhe (m)	0.00
Geländemodell	Triangulation
Reflexion	
max. Reflexionsordnung	3
Reflektor-Suchradius um Qu	100.00
Reflektor-Suchradius um Imm	100.00
Max. Abstand Quelle - Immpkt	1000.00 1000.00
Min. Abstand Immpkt - Reflektor	1.00 1.00
Min. Abstand Quelle - Reflektor	0.50
Industrie (ISO 9613)	
Seitenbeugung	mehrere Obj
Hin. in FQ schirmen diese nicht ab	Aus
Abschirmung	ohne Bodendämpf. über Schirm
	Dz mit Begrenzung (20/25)
Schirmberechnungskoeffizienten C1,2,3	3.0 20.0 0.0
Temperatur (°C)	10
rel. Feuchte (%)	70
Windgeschw. für Kaminrw. (m/s)	3.0
SCC_C0	2.0 2.0
Straße (RLS-90)	
Streng nach RLS-90	
Schiene (Schall 03)	
Streng nach Schall 03 / Schall-Transrapid	
Fluglärm (???)	
Streng nach AzB	

S:\WPProj\091\W91181\W91181_05_Ber_3D.DOC.29.08.2013

Emissionen WEA

Punktquellen

Bezeichnung	M	ID	Schallleistung Lw			Lw / Li			Korrektur			K0	Freq	Richtw.	Höhe		Koordinaten		
			Tag	Abend	Nacht	Typ	Wert	norm.	Tag	Abend	Nacht				(dB	(Hz)	(m)	(m)	X
			(dB(A)	(dB(A)	(dB(A)				(dB(A)	(dB(A)	(dB(A)	(dB				(m)	(m)	(m)	(m)
WEA 170 (Repower MD77)			103,8	103,8	103,8	Lw	103,8		0,0	0,0	0,0	0,0	500	(keine)	111,50	r	2582811,00	5564762,00	111,50
WEA 171 (Repower MD77)			103,8	103,8	103,8	Lw	103,8		0,0	0,0	0,0	0,0	500	(keine)	111,50	r	2583233,00	5564789,00	111,50

Immissionen

Immissionspunkte - Beurteilungspegel

Bezeichnung	M.	ID	Pegel Lr		Richtwert		Nutzungsart			Höhe		Koordinaten		
			Tag	Nacht	Tag	Nacht	Gebiet	Auto	Lärmart			X	Y	Z
			(dB(A))	(dB(A))	(dB(A))	(dB(A))				(m)		(m)	(m)	(m)
EMO			46,1	46,1	0,0	0,0		x	Gesamt	2,00	r	2583226,55	5565105,58	2,00
IP E Suhrhof			44,1	44,1	0,0	0,0		x	Gesamt	4,00	r	2583395,00	5565144,00	4,00

Teilpegel Nacht der Quellen an den Immissionspunkten

Quelle			Teilpegel Nacht	
Bezeichnung	M.	ID	EMO	IP E Suhrhof
WEA 170 (Repower MD77)			38,7	35,5
WEA 171 (Repower MD77)			44,6	42,9