

# Schallprognose

für eine Windkraftanlage des Typs Enercon E53 mit 73 Meter Nabenhöhe und einem Rotordurchmesser von 53 Metern

**Standort:**

**Gemarkung:** Berndroth

**Flur:** 1

**Flurstück:** 29

**Rechtswert:** 3.426.876

**Hochwert:** 5.568.344

**erstellt von:**

**Karl-Heinz Gubernator**



A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'KH Gubernator'.

**Neumagen-Dhron, 11.05.2011**

**Antrag Windpark KEB, Windkraftanlage KEB1, Enercon E53, Nabenhöhe 73m**

Die Windkraftanlage wird nachts in der Zeit von 22:00 bis 6:00 Uhr im schallreduzierten Modus betrieben (reduzierte Nennleistung von  $P_{N,red} = 400 \text{ kW}$ )

Aus dem beiliegenden Bericht (Anlage C) werden die folgenden Werte entnommen:

Enercon E53, Nabenhöhe 73m

$L_{WA} = 98,0 \text{ dB(A)}$ , bei reduzierter Nennleistung  $P_{N,red} = 400 \text{ kW}$

Der Sicherheitszuschlag beträgt entsprechend der Aussagen zur Prognosequalität  $2,6 \text{ dB(A)}$ . Es wird daher in den beiliegenden Berechnungen mit einem immissionsrelevanten Schalleistungspegel von  $100,6 \text{ dB(A)}$  gerechnet.

Aus der beiliegenden Berechnung „Nur neue Windkraftanlage KEB1“ und dazugehörigen Karte mit Isophonen geht hervor, dass unter Hinzuaddieren des Sicherheitszuschlags von  $2,6 \text{ dB(A)}$  lediglich folgender Immissionspunkt im Einwirkungsbereich der neuen Anlage nach TA Lärm 2.2 liegt:

IP-A: Mittelfischbach, Auf dem Wolfskopf

Immissionsrichtwert nachts von  $45 \text{ dB(A)}$

Der Immissionspunkt IP-B mit einem Immissionsrichtwert nachts von  $40 \text{ dB(A)}$  wird zu Kontrollzwecken mitbetrachtet und liegt entsprechende der Berechnung nicht mehr im Einwirkungsbereich der KEB1. Die Ortsdaten ergeben sich aus Anlage A.

Am Standort ergibt sich durch bestehende Windkraftanlagen eine Vorbelastung entsprechend der beiliegenden Berechnung „Vorbelastung“. Die Standortdaten ergeben sich aus Anlage B.

Aus dem entsprechenden Datenblatt (Anlage D) werden die folgenden Werte entnommen:

Fuhrländer FL-1000, Nabenhöhe 70m

$$L_{WA} = 102,1 \text{ dB(A)}$$

Der Sicherheitszuschlag beträgt entsprechend der Aussagen zur Prognosequalität 2,6 dB(A). Es wird daher in den beiliegenden Berechnungen mit einem immissionsrelevanten Schalleistungspegel von 104,7 dB(A) gerechnet.

Der Beurteilungspegel am IP A beträgt 42,3 dB(A). Dies ergibt sich aus der beiliegenden Berechnung „Gesamtbelastung“. Damit wird der zulässige Immissionsrichtwert nachts von 45 dB(A) eingehalten.

Projekt: **Katzenelnbogen**  
 Beschreibung: Katzenelnbogen

Ausdruck/Seite  
 10/05/2011 21:40 / 1

Karl-Heinz Gubernator / WindPro@weag-ag.de  
 Berechnet:  
 10/05/2011 21:36/2.7.486

**DECIBEL - Hauptergebnis**

**Berechnung: Nur neue KEB1**

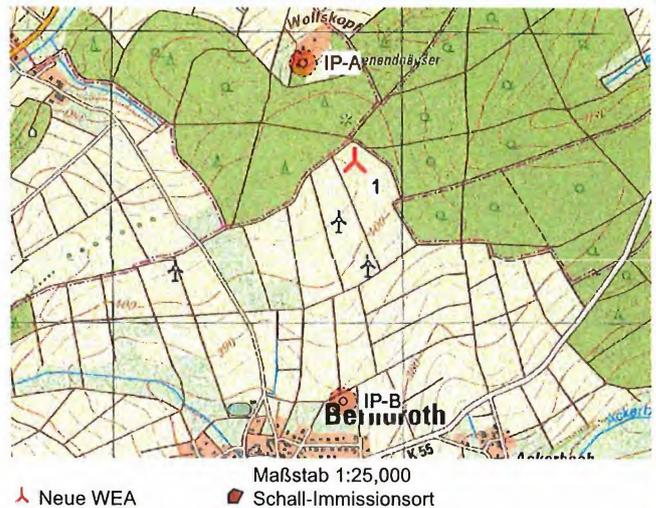
Detaillierte Prognose nach TA-Lärm / DIN ISO 9613-2

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

Lautester Wert bis 95% Nennleistung  
 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, Außenbereich: 45 dB(A)
- Reines Wohngebiet: 35 dB(A)
- Gewerbegebiet: 50 dB(A)
- Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)
- Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)



**WEA**

GK (Bessel) Zone: 3	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ	Aktuell	Hersteller	Generortyp	Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schallwerte	Quelle	Name	Windgeschw. [m/s]	Seilen	Nabenhöhe [m]	LwA,ref [dB(A)]	Einzel-töne
1	3,426,876	5,568,344	405.0 KEB1	Ja	ENERCON	E-53-800	800	53.0	73.3	USER	Runtime input	(95%) Anwenderwert				73.3	100.6	0 dB *)

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

**Berechnungsergebnisse**

**Beurteilungspegel**

Schall-Immissionsort Nr.	Name	GK (Bessel) Zone: 3			Aufpunkthöhe [m]	Anforderungen Schall [dB(A)]	Beurteilungspegel Von WEA [dB(A)]	Anforderungen erfüllt? Schall
		Ost	Nord	Z [m]				
	IP-A Auf dem Wolfskopf	3,426,697	5,568,680	401.0	5.0	45.0	38.5	Ja
	IP-B Neubaugebiet Berndroth	3,426,830	5,567,513	387.0	5.0	45.0	29.4	Ja

**Abstände (m)**

Schall-Immissionsort	WEA
1	
IP-A	381
IP-B	832

Projekt:

Katzeneinbogen

Beschreibung:

Katzeneinbogen

Ausdruck/Seite

10/05/2011 21:40 / 2

Karl-Heinz Gubernator / WindPro@weag-ag.de

Berechnet:

10/05/2011 21:36/2.7.486

**DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse****Berechnung:** Nur neue KEB1 **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-A Auf dem Wolfskopf****WEA****Lautester Wert bis 95% 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]
1	381	389	35.4	Ja	<b>38.47</b>	100.6	2.99	62.81	0.74	1.57	0.00	0.00	65.11	0.00

Summe 38.47

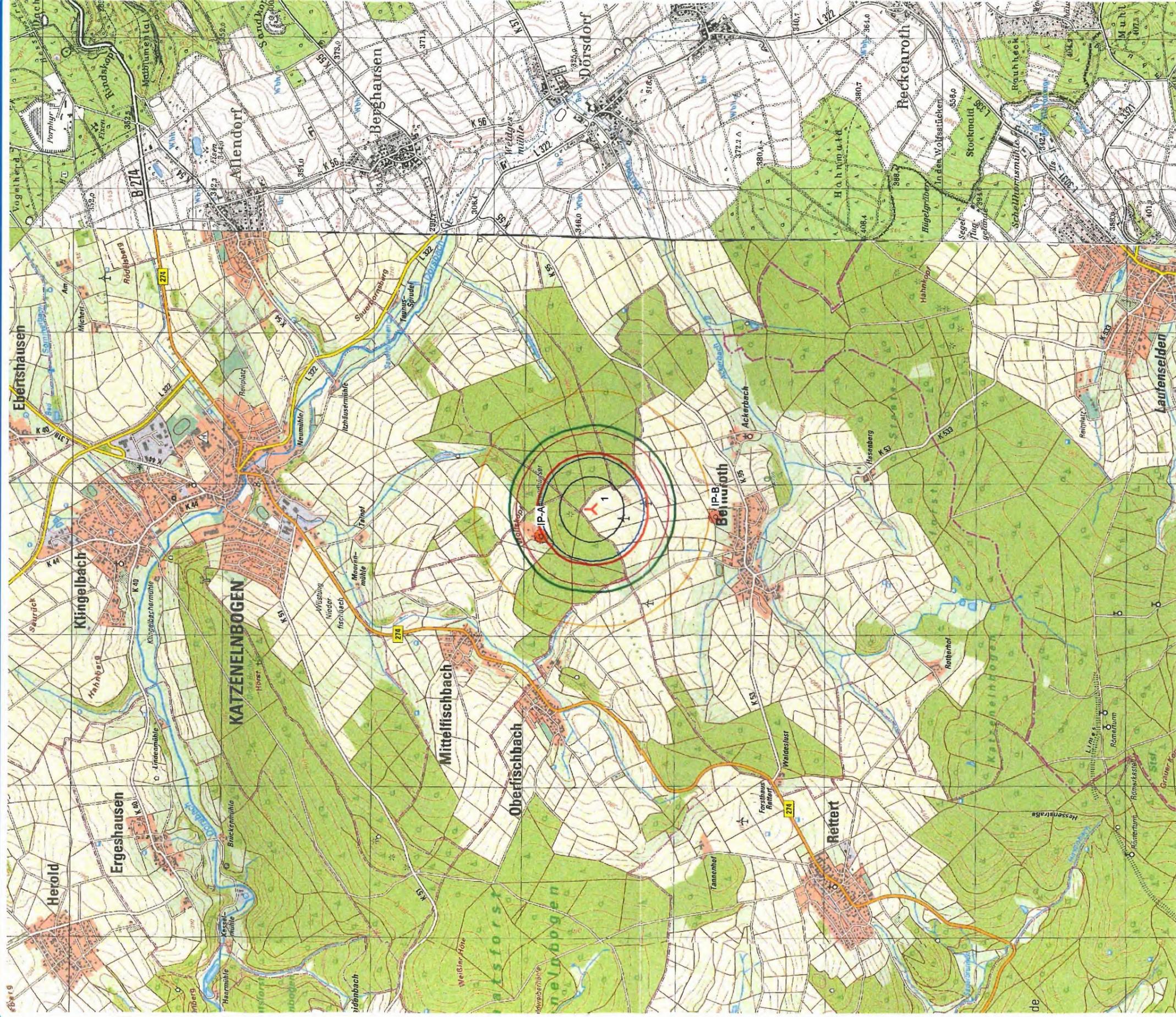
**Schall-Immissionsort: IP-B Neubaugebiet Berndroth****WEA****Lautester Wert bis 95% Nennleistung**

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]
1	832	837	40.6	Ja	<b>29.44</b>	100.6	3.01	69.46	1.59	3.11	0.00	0.00	74.16	0.00

Summe 29.44

**DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung**

Berechnung: Nur neue KEB1

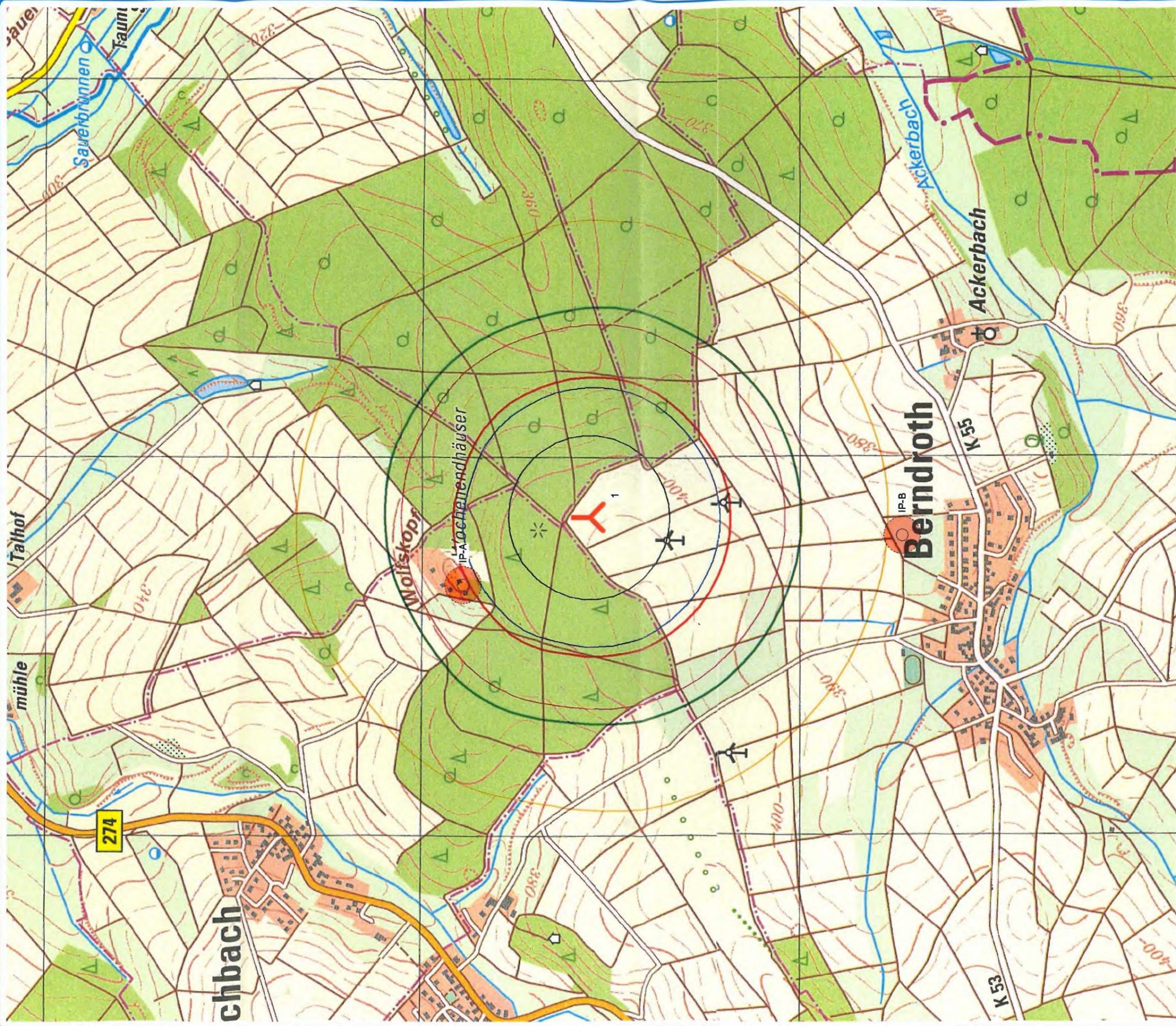


Karte: 20080829\_KEB\_TK25col\_10km , Druckmaßstab 1:25.000, Kartenzentrum Gauss Kruger (Bessel) Zone: 3 Ost: 3.426.880 Nord: 5.568.341  
Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland, Windgeschw.: Lautester Wert bis 95% Nennleistung

- Neue WEA
  - 30.0 dB(A)
  - 34.0 dB(A)
  - 35.0 dB(A)
  - 39.0 dB(A)
  - 40.0 dB(A)
- Höhe über Meeresspiegel: 5.0 m

**DECIBEL - Karte Lautester Wert bis 95% Nennleistung**

Berechnung: Nur neue KEB1



Karte: 20080829\_KEB\_TK25col\_10km\_Druckmaßstab 1:10.000\_Kartenzentrum Gauss Kruger (Bessel) Zone: 3 Ost: 3.426.880 Nord: 5.568.341  
 Schallberechnungs-Modell: ISO 9613-2 Deutschland. Windgeschw.: Lautester Wert bis 95% Nennleistung

- Neue WEA
- 30.0 dB(A)
- 35.0 dB(A)
- 40.0 dB(A)
- Schall-Immissionsort
- 34.0 dB(A)
- 39.0 dB(A)
- 40.0 dB(A)
- Höhe über Meeresspiegel: 5.0 m

Projekt: **Katzenelnbogen**  
 Beschreibung: Katzenelnbogen

Ausdruck/Selle  
 23/03/2011 16:12 / 1

Karl-Heinz Gubernator / WindPro@weag-ag.de  
 Berechnet:  
 23/03/2011 16:11/2.7.486

## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Vorbelastung

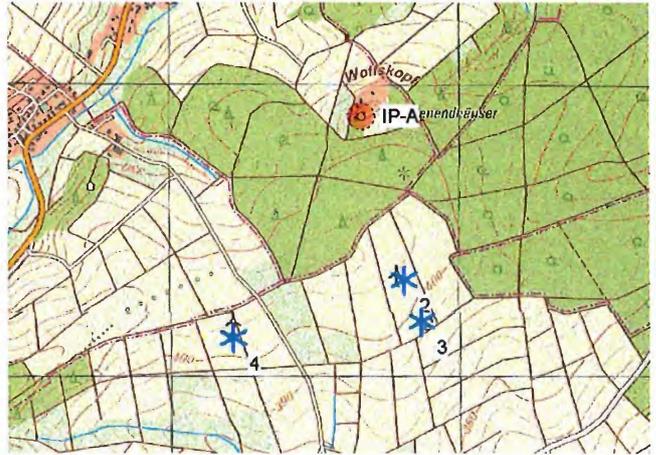
Detaillierte Prognose nach TA-Lärm / DIN ISO 9613-2

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

Lautester Wert bis 95% Nennleistung  
 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, Außenbereich: 45 dB(A)
- Reines Wohngebiet: 35 dB(A)
- Gewerbegebiet: 50 dB(A)
- Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)
- Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)



Maßstab 1:25,000

\* Existierende WEA    ■ Schall-Immissionsort

### WEA

GK (Bessel) Zone: 3 Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Generator typ	Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schallwerte		Windgeschw. [m/s]	Seiten	Nabenhöhe [m]	LwA,ref [dB(A)]	Einzel-töne
				Aktuell	Hersteller					Quelle	Name					
GK (Bessel) Zone: 3																
2	3,426,844	5,568,118	402.5 PV1	Nein	FUHLRLÄNDER	FL 1000-1,000/250	1,000	54.0	70.0	USER	Runtime input	(95%) Anwenderwert		70.0	104.7	0 dB *
3	3,426,905	5,567,975	396.5 PV2	Nein	FUHLRLÄNDER	FL 1000-1,000/250	1,000	54.0	70.0	USER	Runtime input	(95%) Anwenderwert		70.0	104.7	0 dB *
4	3,426,255	5,567,917	401.0 PV3	Nein	FUHLRLÄNDER	FL 1000-1,000/250	1,000	54.0	70.0	USER	Runtime input	(95%) Anwenderwert		70.0	104.7	0 dB *

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

### Berechnungsergebnisse

#### Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort Nr.	Name	GK (Bessel) Zone: 3			Aufpunkthöhe [m]	Anforderungen Schall [dB(A)]	Beurteilungspegel Von WEA [dB(A)]	Anforderungen erfüllt? Schall
		Ost	Nord	Z [m]				
	IP-A Auf dem Wolfskopf	3,426,697	5,568,680	401.0	5.0	45.0	40.0	Ja

#### Abstände (m)

WEA	IP-A
2	581
3	735
4	882

Projekt: **Katzenelnbogen**  
 Beschreibung: Katzenelnbogen

Ausdruck/Setze  
 23/03/2011 16:12 / 2

Karl-Heinz Gubernator / WindPro@weag-ag.de  
 Berechnet:  
 23/03/2011 16:11/2.7.486

**DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse**

**Berechnung:** Vorbelastung **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-A Auf dem Wolfskopf**

WEA Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
					Berechnet [dB(A)]	LWA,ref [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
2	581	585	30.9	Ja	<b>37.29</b>	104.7	3.00	66.35	1.11	2.95	0.00	0.00	70.41	0.00
3	735	738	29.4	Ja	<b>34.53</b>	104.7	3.00	68.36	1.40	3.41	0.00	0.00	73.18	0.00
4	882	885	32.0	Ja	<b>32.55</b>	104.7	3.01	69.93	1.68	3.54	0.00	0.00	75.16	0.00
Summe		40.00												

Projekt: **Katzenelnbogen**  
 Beschreibung: Katzenelnbogen

Ausdruck/Selle  
 10/05/2011 22:09 / 1

Karl-Heinz Gubernator / WindPro@weag-ag.de  
 Berechnet:  
 10/05/2011 22:04/2.7.486

## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Gesamtbelastung

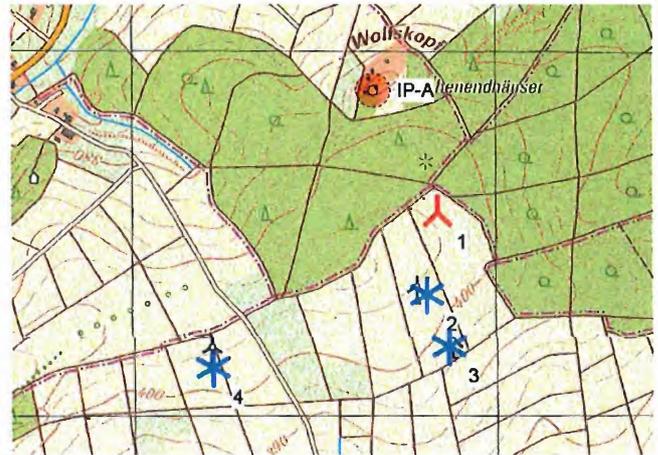
Detaillierte Prognose nach TA-Lärm / DIN ISO 9613-2

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

Lautester Wert bis 95% Nennleistung  
 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, Außenbereich: 45 dB(A)
- Reines Wohngebiet: 35 dB(A)
- Gewerbegebiet: 50 dB(A)
- Allgemeines Wohngebiet: 40 dB(A)
- Kur- und Feriengebiet: 35 dB(A)



Maßstab 1:20,000

- ▲ Neue WEA
- ★ Existierende WEA
- Schall-Immissionsort

### WEA

GK (Bessel) Zone: 3 Ost	Nord	Z	Beschreibung	WEA-Typ		Generatortyp	Nennleistung [kW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]	Schallwerte		Windgeschw. [m/s]	Seiten	Nabenhöhe [m]	LwA.ref [dB(A)]	Einzel-töne
				Aktuell	Hersteller					Quelle	Name					
1	3,426,876	5,568,344	405.0	KEB1	Ja	ENERCON	E-53-800	800	53.0	73.3	USER Runtime input	(95%) Anwenderwert		73.3	100.6	0 dB *)
2	3,426,844	5,568,118	402.5	PV1	Nein	FUHLÄNDER	FL 1000-1,000/250	1,000	54.0	70.0	USER Runtime input	(95%) Anwenderwert		70.0	104.7	0 dB *)
3	3,426,905	5,567,975	396.5	PV2	Nein	FUHLÄNDER	FL 1000-1,000/250	1,000	54.0	70.0	USER Runtime input	(95%) Anwenderwert		70.0	104.7	0 dB *)
4	3,426,255	5,567,917	401.0	PV3	Nein	FUHLÄNDER	FL 1000-1,000/250	1,000	54.0	70.0	USER Runtime input	(95%) Anwenderwert		70.0	104.7	0 dB *)

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

### Berechnungsergebnisse

#### Beurteilungspegel

Schall-Immissionsort Nr.	Name	GK (Bessel) Zone: 3			Aufpunkthöhe [m]	Anforderungen Schall [dB(A)]	Beurteilungspegel Von WEA [dB(A)]	Anforderungen erfüllt? Schall
		Ost	Nord	Z [m]				
	IP-A Auf dem Wolfskopf	3,426,697	5,568,680	401.0	5.0	45.0	42.3	Ja

#### Abstände (m)

WEA	IP-A
1	381
2	581
3	735
4	882

Projekt: **Katzenelnbogen**  
 Beschreibung: Katzenelnbogen

Ausdruck/Seite  
 10/05/2011 22:09 / 2

Karl-Heinz Gubernator / WindPro@weag-ag.de  
 Berechnet:  
 10/05/2011 22:04/2.7.486

## DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

**Berechnung:** Gesamtbelastung **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-A Auf dem Wolfskopf

##### WEA

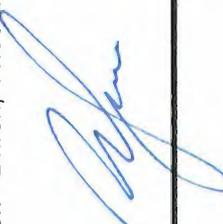
Nr.	Abstand [m]	Schallweg [m]	Mittlere Höhe [m]	Sichtbar	Lautester Wert bis 95% Nennleistung									
					Berechnet [dB(A)]	LWA,ref [dB(A)]	Dc [dB]	Adiv [dB]	Aatm [dB]	Agr [dB]	Abar [dB]	Amisc [dB]	A [dB]	Cmet [dB]
1	381	389	35.4	Ja	<b>38.47</b>	100.6	2.99	62.81	0.74	1.57	0.00	0.00	65.11	0.00
2	581	585	30.9	Ja	<b>37.29</b>	104.7	3.00	66.35	1.11	2.95	0.00	0.00	70.41	0.00
3	735	738	29.4	Ja	<b>34.53</b>	104.7	3.00	68.36	1.40	3.41	0.00	0.00	73.18	0.00
4	882	885	32.0	Ja	<b>32.55</b>	104.7	3.01	69.93	1.68	3.54	0.00	0.00	75.16	0.00

Summe 42.31

**Immissionsaufpunkte ( Nachweis Gebiets- und Flächenausweisungen )**

Eintragung Antragsteller		Eintragung in Abstimmung mit der zuständigen Bauleitungsbehörde								
IP	Ort	Straße/Hausnummer	Flur	Flurstück	Gemarkung	Rechtswert	Hochwert	Immissionsrichtwert nachts	Ausweisung nach BauNVO	Bebauungsplan, wenn vorhanden, ansonsten Flächennutzungsplan
A	Mittelfischbach	Auf dem Wolfskopf	2	38	Mittelfischbach	3.426.697	5.568.680	45		
B	Berndroth	Neubaubereich	2	5/17	Berndroth	3.426.830	5.567.513	40		
C										
D										
E										
F										
G										
H										
I										
J										
K										
L										

Wichtig: Die Immissionsaufpunkte sind analog in den Schall- und Schattenprognosen vorzusehen und im Lageplan zu vermerken !!!!

**Ort und Datum:** Neumagen - Dhron, 11.05.2011  


**Unterschrift Antragsteller:**

Hat vorgelegen

Bauleitungsbehörde

Datum, Unterschrift und Stempel der zuständigen Bauleitungsbehörde

**Anhang:**  
 Lageplan Maßstab 1:5000 mit Darstellung der Abstände WKA zu den Immissionsaufpunkten

**Aktenzeichen:** 6/61 - 1 - 203/10  
**Vorhaben:** Windpark KEB  
**Ort:** 56370 Berndroth  
**Gemarkung:** Berndroth  
**Antragsteller:** 



## Aussagen zu den Schallemissionsparameter und Prognosequalität für die vorliegenden Prognose

**Anlagentyp: Enercon E53, Nabenhöhe 73m**

Folgende Werte können aus dem Datenblatt Schalleistungspegel E-53 (reduzierte Nennleistung 400 kW) entnommen werden:

**$L_{WA} = 98,0 \text{ dB(A)}$  bei  $P_{N,red} = 400 \text{ kW}$**

**$K_T = 0$ , da  $K_{TN} = 0$**

**$K_I = 0$ , da  $K_{IN} = 0$**

Die Qualität einer Schallimmissionsprognose nach DIN ISO 9613-2, Alternatives Verfahren, wird bestimmt durch:

- Unsicherheit der Emissionsdaten
- Unsicherheit der Serienstreuung
- Unsicherheit des Prognosemodells

Entsprechend der einschlägigen Literatur ergibt sich die Gesamtprognosequalität zu:

$$\delta_{ges} = \sqrt{\delta_R^2 + \delta_P^2 + \delta_{Progn}^2}$$

wobei:

$\delta_R$ : Standardabweichung der Meßergebnisse

$\delta_P$ : Produktionsstandardabweichung

$\delta_{Progn}$ : Kennzeichnende Standardabweichung des Prognoseverfahrens

Für die vorliegende Prognose ergeben sich die folgenden Werte:

$$\delta_R = 0,5 ; \text{Einfachvermessung nach DIN 61400-11}$$

$$\delta_p = 1,2 ; \text{folgt aus Sicherheitszuschlag von 2 dB, [1]}$$

$$\delta_{\text{Progn}} = 1,5 ; \text{DIN ISO 9613-2, [1]}$$

$$\delta_{\text{ges}} = \sqrt{0,5^2 + 1,2^2 + 1,5^2} = 2,0$$

Die obere Vertrauensbereichsgrenze  $L_0$  bei 90% ermittelt sich zu:

$$L_0 = L_m + 1,28 \cdot \delta_{\text{ges}} [\text{dB(A)}]$$

bei:

$L_m$ : prognostizierter Immissionswert

$$L_0 = L_m + 1,28 \cdot 2,0 [\text{dB(A)}]$$

$$L_0 = L_m + 2,6 [\text{dB(A)}]$$

Nach TA Lärm muß

$$L_0 \leq \text{Immissionsrichtwert sein,}$$

also

$$L_m + 2,6 [\text{dB(A)}] \leq \text{Immissionsrichtwert}$$

sein.

Der Sicherheitszuschlag beträgt somit 2,6 dB(A).

Literatur:

[1]: Piorr, Detlef: Zeitschrift für Lärmbekämpfung 2001; Band 48,5; Seite 172-175

## **SCHALLTECHNISCHER BERICHT NR. 209075-01**

über die Ermittlung der Schallemissionen der Windenergieanlage  
Nr. 02 des Typs Enercon E-53 am Standort 45731 Waltrop

**Datum:**

10.11.2009

**Auftraggeber:**



**Bearbeiter:**

Dipl.-Ing. Oliver Bunk

Dipl.-Ing. Frank Henkemeier

## 1.) Zusammenfassung

Am 16.10.2009 wurden bei 45731 Waltrop die Schallemissionen einer Windenergieanlage (WEA) Nr. 02 des Typs Enercon E-53 gemessen. Es wurde der Windgeschwindigkeitsbereich von  $v_s = 6$  m/s bis 10 m/s im Betrieb mit der reduzierten Nennleistung von  $P_{\text{Nenn}} = 400$  kW untersucht.

Die maximale Schalleistung von  $L_{\text{WA}} = 98,0$  dB(A) wurde für die normierte Windgeschwindigkeit  $v_s = 7$  m/s bestimmt.

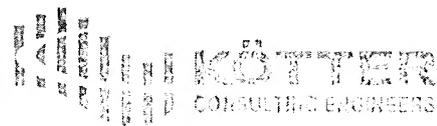
Die WEA-Geräusche sind in den FGW-konformen Windgeschwindigkeitsbereichen weder gemäß des subjektiven Höreindrucks noch rechnerisch tonhaltig. Bei geringer Windgeschwindigkeit ( $v_s < 6$  m/s) wird am gewählten Referenzmesspunkt allerdings ein Einzelton bei einer Frequenz von  $f = 3.942$  Hz wahrgenommen, der zu einem Tonzuschlag von  $K_{\text{TN}} = 3$  dB im Nahbereich führt. Gemäß dem subjektiven Höreindruck bei einer Ortsbegehung am Messtag sind die Geräuschimmissionen im Fernfeld, im Bereich des maßgeblichen Immissionsortes nicht tonhaltig ( $K_{\text{T}} = 0$  dB).

Nach dem subjektiven Höreindruck waren die Anlagengeräusche nicht impulshaltig. Weitere immissionsrelevante, akustische Auffälligkeiten (Azimutverstellung, Lüftergeräusche usw.) lagen im Zeitraum der Messung nicht vor.

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

Dieser Bericht enthält 26 Seiten und 6 Anlagen.

Rheine, 10.11.2009 FH / Be  
KÖTTER Consulting Engineers KG



Bönnichsstraße 400 • 48712 Rheine  
Telefon 0591 37111-40, 5 • Fax 0591 37111-49



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

## Auszug aus dem Prüfbericht

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

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

Auszug aus dem Prüfbericht 209075-01												
zur Schallemission der Windenergieanlage vom Typ Enercon E-53												
Allgemeine Angaben		Technische Daten (Herstellerangaben)										
Anlagen-Hersteller:	Enercon GmbH	Nennleistung (Generator):	400 kW (reduziert)									
Seriennummer:	53787	Rotordurchmesser:	53 m									
WEA-Standort (ca.):	45731 Waltrop	Nabenhöhe über Grund:	73 m									
Standortkoordinaten:	RW: 2.596.200 HW: 5.718.861	Turmbauart:	Stahl-Rohr-Turm									
		Leistungsregelung:	Pitch									
Ergänzende Daten zum Rotor (Herstellerangaben)		Erg. Daten zu Getriebe und Generator (Herstellerangaben)										
Rotorblatt-Hersteller:	Enercon GmbH	Getriebe-Hersteller:	entfällt									
Typenbezeichnung Blatt:	E53/1	Typenbezeichnung Getriebe:	entfällt									
Blatteinstellwinkel:	Variabel	Generator-Hersteller:	Enercon GmbH									
Rotorblattanzahl:	Drei	Typenbezeichnung Generator:	E-53									
Rotordrehzahlbereich:	12 - 24 U/min (reduziert)	Generatordrehzahl:	12 - 24 U/min (reduziert)									
Berechnete Leistungskurve von der Enercon GmbH zur E-53 für den Betriebszustand mit einer reduzierten Leistung von 400 kW												
	Referenzpunkt		Schallemissions-Parameter	Bemerkungen								
	Normierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	Elektrische Wirkleistung										
Schalleistungs-Pegel $L_{WA,P}$	6 $ms^{-1}$	339 kW	97,6 dB(A) *	(1)								
	7 $ms^{-1}$	384 kW	98,0 dB(A) *									
	8 $ms^{-1}$	400 kW	97,9 dB(A) *									
	9 $ms^{-1}$	400 kW	97,7 dB(A) *									
	10 $ms^{-1}$	400 kW	97,6 dB(A) *									
	6,9 $ms^{-1}$	380 kW	98,0 dB(A) *									
Tonzuschlag für den Nahbereich $K_{TN}$	6 $ms^{-1}$	339 kW	0 dB	(1)								
	7 $ms^{-1}$	384 kW	0 dB									
	8 $ms^{-1}$	400 kW	0 dB									
	9 $ms^{-1}$	400 kW	0 dB									
	10 $ms^{-1}$	400 kW	0 dB									
	6,9 $ms^{-1}$	380 kW	0 dB									
Impulszuschlag für den Nahbereich $K_{IN}$	6 $ms^{-1}$	339 kW	0 dB	(1)								
	7 $ms^{-1}$	384 kW	0 dB									
	8 $ms^{-1}$	400 kW	0 dB									
	9 $ms^{-1}$	400 kW	0 dB									
	10 $ms^{-1}$	400 kW	0 dB									
	6,9 $ms^{-1}$	380 kW	0 dB									
<b>Terz-Schalleistungspegel</b> für $v_s = 7 ms^{-1}$ in dB(A) entsprechend dem maximalen Schalleistungspegel												
Frequenz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
$L_{WA,P,max}$	77,3**	74,9*	77,7*	80,7*	81,9*	83,1	82,9	83,9	85,6	86,3	86,7*	88,6*
Frequenz	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000	6.300	8.000	10.000
$L_{WA,P,max}$	89,3*	88,5*	88,0*	87,0	84,3	82,7	78,9	75,7	72,2*	69,2**	68,1**	67,2**
<b>Oktav-Schalleistungspegel</b> für $v_s = 7 ms^{-1}$ in dB(A) entsprechend dem maximalen Schalleistungspegel												
Frequenz	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000				
$L_{WA,P,max}$	81,6*	86,8*	89,1	92,1*	93,4*	89,8	81,2	73,0**				

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht gilt nur in Verbindung mit der Herstellerbescheinigung vom 03.11.2009. Die Angaben ersetzen nicht den o. g. Prüfbericht (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen).

- Bemerkungen:
- (1) Die normierte Windgeschwindigkeit von  $v_s = 6,9 ms^{-1}$  entspricht 95 % der Nennleistung.
  - \* Abstand zwischen Anlagengeräusch und Fremdgeräusch < 6 dB, Pegelkorrektur um 1,3 dB
  - \*\* Abstand zwischen Anlagengeräusch und Fremdgeräusch < 3 dB, keine Pegelkorrektur

Gemessen durch: **KÖTTER Consulting Engineers KG**  
- Rheine

Datum: 10.11.2009

**KÖTTER**  
CONSULTING ENGINEERS  
Börsenstraße 4/9 • 49411 Rheine  
Tel. 0591 97 01 30 • Fax 0591 97 01 31

**Aussagen zu den Schallemissionsparameter und Prognosequalität für die vorliegenden Prognose**

**Anlagentyp: Fuhrländer FL-1000**

**Rotordurchmesser 54 Meter, Nabenhöhe 70 Meter**

Folgende Werte können aus dem Meßbericht des TÜV entnommen werden:

**L<sub>WA,10m/s</sub> = 102,1 dB(A)**

**K<sub>T</sub> = 0, da K<sub>TN</sub> = 0**

**K<sub>I</sub> = 0, da K<sub>IN</sub> = 0**

Die Qualität einer Schallimmissionsprognose nach DIN ISO 9613-2, Alternatives Verfahren, wird bestimmt durch:

- Unsicherheit der Emissionsdaten
- Unsicherheit der Serienstreuung
- Unsicherheit des Prognosemodells

Entsprechend der einschlägigen Literatur ergibt sich die Gesamtprognosequalität zu:

$$\delta_{\text{ges}} = \sqrt{\delta_{\text{R}}^2 + \delta_{\text{P}}^2 + \delta_{\text{Progn}}^2}$$

wobei:

$\delta_{\text{R}}$ : Standardabweichung der Meßergebnisse

$\delta_{\text{P}}$ : Produktionsstandardabweichung

$\delta_{\text{Progn}}$ : Kennzeichnende Standardabweichung des Prognoseverfahrens

Für die vorliegende Prognose ergeben sich die folgenden Werte:

$$\delta_R = 0,5 ; \text{Einfachvermessung nach DIN 61400-11}$$

$$\delta_p = 1,2 ; \text{folgt aus Sicherheitszuschlag von 2 dB, [1]}$$

$$\delta_{\text{Progn}} = 1,5 ; \text{DIN ISO 9613-2, [1]}$$

$$\delta_{\text{ges}} = \sqrt{0,5^2 + 1,2^2 + 1,5^2} = 2,0$$

Die obere Vertrauensbereichsgrenze  $L_0$  bei 90% ermittelt sich zu:

$$L_0 = L_m + 1,28 \cdot \delta_{\text{ges}} \text{ [dB(A)]}$$

bei:

$L_m$  : prognostizierter Immissionswert

$$L_0 = L_m + 1,28 \cdot 2,0 \text{ [dB(A)]}$$

$$L_0 = L_m + 2,6 \text{ [dB(A)]}$$

Nach TA Lärm muß

$$L_0 \leq \text{Immissionsrichtwert sein,}$$

also

$$L_m + 2,6 \text{ [dB(A)]} \leq \text{Immissionsrichtwert}$$

sein.

Der Sicherheitszuschlag beträgt somit 2,6 dB(A).

Literatur:

[1]: Piorr, Detlef: Zeitschrift für Lärmbekämpfung 2001; Band 48,5; Seite 172-175



**TÜV IMMISSIONSSCHUTZ UND  
ENERGIESYSTEME**

**Immissionsschutz / Lärmschutz**

Akkreditierung der Zentralstelle  
der Länder für Sicherheitstechnik

**ZLS**

DAR-Reg.-Nr.: ZLS - P - 349/01

**Schalleistungsbestimmung einer Windenergie-  
anlage Fuhrländer Typ FL 1000 am Standort  
Laubach im Hunsrück**

TÜV-Bericht Nr.: 933/301103/01  
Köln, 24. April 2001

[www.umwelt-tuv.de](http://www.umwelt-tuv.de)



[Laerm@de.tuv.com](mailto:Laerm@de.tuv.com)

Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung.  
TÜV Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH,  
Unternehmensgruppe TÜV Rheinland/Berlin-Brandenburg  
D - 51105 Köln, Am Grauen Stein 1, Tel.-Nr.: 02 21 / 8 06 - 24 06, Fax-Nr.: 02 21 / 80 6-17 25

**Schalleistungsbestimmung einer Windenergieanlage Fuhrländer Typ FL 1000 am Standort Laubach im Hunsrück**

---

AUFTRAGGEBER: Fuhrländer Aktiengesellschaft  
Auf der Höhe 4  
56477 Waigandshain

TÜV-AUFTRAGS-NR.: 933/301103/01

TÜV-KUNDEN-NR.: 266603

AUFTRAG VOM: 25.01.2001

BEARBEITER: Dipl.-Ing. Ilja Richter  
Tel.: 0221/806-2435

ANSCHRIFT: TÜV Immissionsschutz  
und Energiesysteme GmbH  
Abteilung  
Immissionsschutz / Lärmschutz  
D-51101 Köln

SEITENZAHL: 16

BERICHT VOM: 24. April 2001

## Inhaltsverzeichnis

	<u>Blatt</u>
1 Aufgabenstellung	3
2 Messort und verwendete Messgeräte	3
3 Technische Daten der Fuhrländer FL 1000	7
4 Geräuschemessungen	7
5 Datenauswertung	8
5.1 Windgeschwindigkeit	8
5.2 Korrekturen bezüglich des Fremdgeräusches	9
5.3 Immissionsrelevanter Schalleistungspegel	9
5.3.1 <i>Immissionsrelevanter Schalleistungspegel der Fuhrländer FL 1000 bei einer Nennleistung von 1000 kW</i>	10
5.3.2 <i>Immissionsrelevanter Schalleistungspegel der Fuhrländer FL 1000 bei einer Nennleistung von 200 kW</i>	12
5.4 Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit	13
5.4.1 <i>BIN Klassierung bei einer Nennleistung von 1000 kW</i>	14
5.4.2 <i>BIN Klassierung bei einer Nennleistung von 200 kW</i>	14
5.5 Richtcharakteristik	15
5.6 Tonhaltigkeit	16
 Anhang 1	 17

## 1 Aufgabenstellung

Der TÜV Rheinland wurde beauftragt, Schallpegelmessungen an der Windenergieanlage Fuhrländer FL 1000 am Standort Laubach im Hunsrück durchzuführen. Aus den Ergebnissen der Schalldruckpegelmessungen soll der immissionsrelevante Schallleistungspegel der Windenergieanlage (WEA) als Kennwert der Schallemission nach der DIN EN 61400-11 [1] sowie der Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen der Fördergesellschaft Windenergie [2, 3] ermittelt werden (nach DIN EN 61400-11 [1] ist der o. g. Kennwert der Schallemission insbesondere bei einer Referenzwindgeschwindigkeit von 8 m/s in 10 m Höhe zu bestimmen).

## 2 Messort und verwendete Messgeräte

Die WEA befindet sich auf ebenem Ackerland und ist eine von sechs Anlagen gleichen Typs des Windparks Laubach. Die umliegenden Ackerflächen waren zum Zeitpunkt der Messungen teilweise gepflügt und teilweise bestellt. Außerhalb eines Umkreises von ca. 750 m befinden sich dichte Waldflächen. Nördlich der zu vermessenen Anlage verläuft die Verbindungsstraße von Laubach nach Ebschied und südlich der WEA der Rhein-Weg. In dem hüggeligen Gelände ist der Standort der WEA mit einer Höhe von ca. 488 Meter ü. NN die größte Erhebung. Weitere Einzelheiten können dem Übersichtsplan auf Seite 6 und den Bildern auf der Seite 7 entnommen werden.

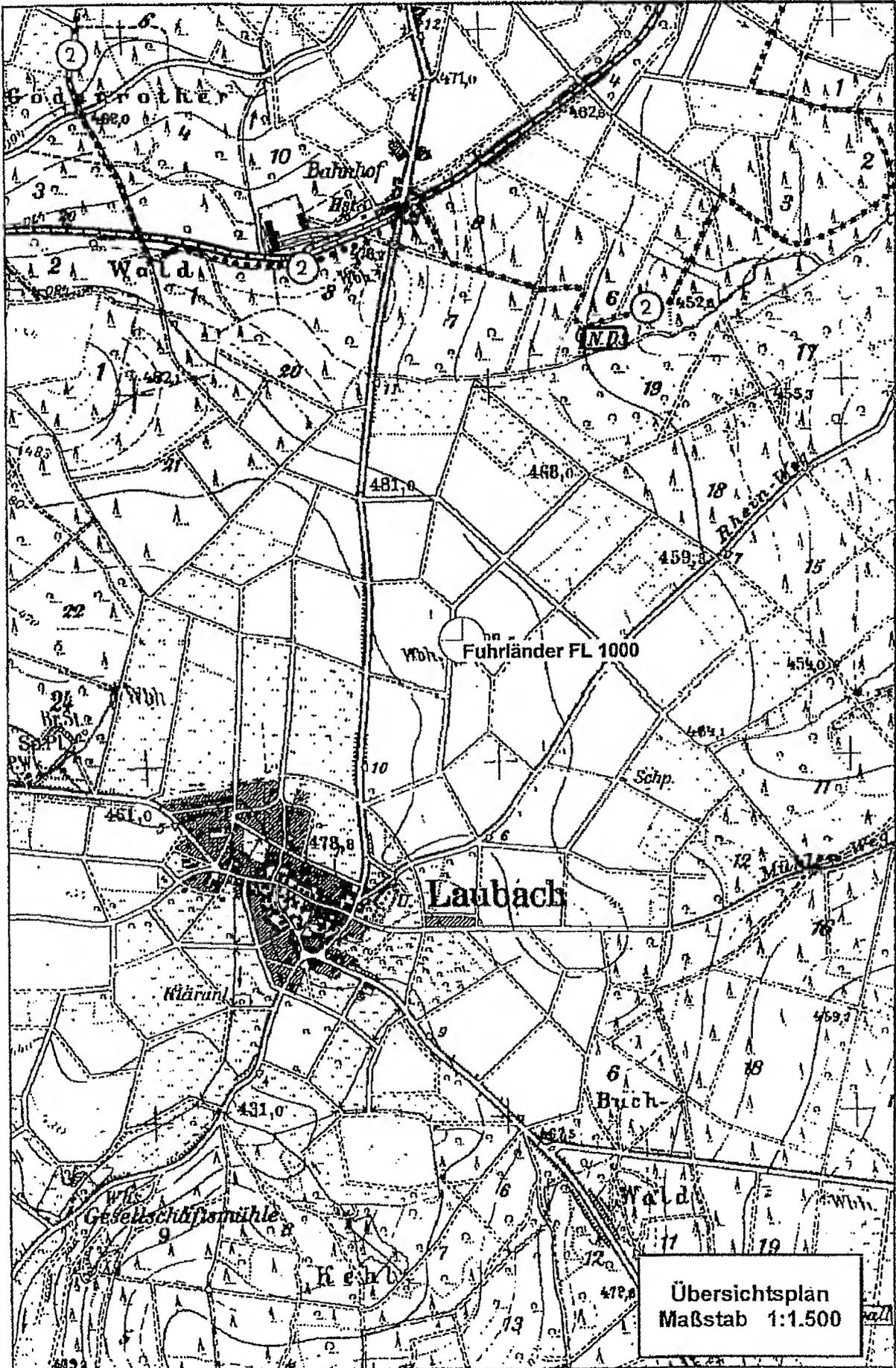
Entsprechend der DIN EN 61400-11 [1] wurde im Abstand von  $R_0 = 97$  m in Mitwindrichtung mit Mikrofon auf schallharter Unterlage (runde Holzplatte, Durchmesser 110 cm, Dicke 1,2 cm) am Boden gemessen. Zusätzlich wurden entsprechend [1] Schallpegelmessungen an den Messpunkten 2, 3 und 4 durchgeführt, um eine entsprechende Richtcharakteristik der WEA festzustellen. Die Anordnung der Messpunkte kann der Anlage 1 entnommen werden.

Tabelle 2.1: Messgeräte

<u>Gerätebezeichnung</u>	<u>Typ</u>	<u>Hersteller</u>	<u>Serien-Nr.:</u>
Integrierender Schallpegelmesser	2236	Brüel & Kjær	1810681
Kalibrator	4231	Brüel u. Kjær	1859209
Integrierender Schallpegelmesser	2236	Brüel & Kjær	1897330
Kalibrator	4231	Brüel u. Kjær	1883663
Integrierender Schallpegelmesser	2236	Brüel & Kjær	1764092
Kalibrator	4230	Brüel u. Kjær	1745558
Integrierender Schallpegelmesser	SA 110	Norsonic	13831
Integrierender Schallpegelmesser	SA 110	Norsonic	19586
DAT-Recorder	TCD-D7	Sony	
Anemometer	Adlas	Lambrecht	600805.0005

Zeitgleich mit den Schallpegelmessungen erfolgten durch den Hersteller Messungen der von der WEA erzeugten elektrischen Leistung. Die Leistungsdaten wurden als 1-Minutenmittelwerte zur Verfügung gestellt.

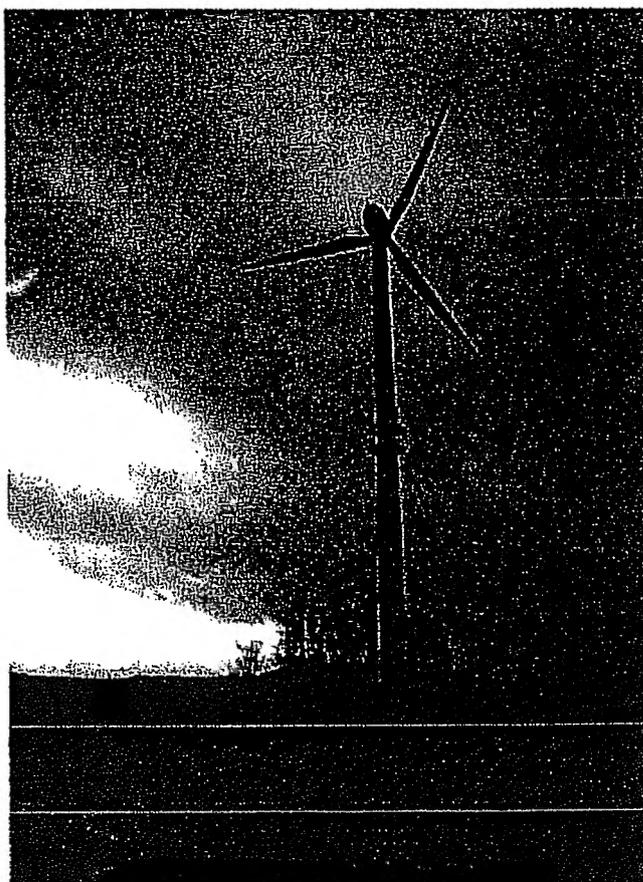
Die Leistungskurve der WEA liegt nur berechnet vor. Eine direkte Messung der abgegebenen elektrischen Leistung in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe ist bisher nicht ausgeführt worden.



Übersichtsplan  
Maßstab 1:1.500



Blick von der WEA auf den Referenzmesspunkt



Blick vom Messpunkt 4 auf die WEA

### 3 Technische Daten der Fuhrländer FL 1000

Messgegenstand ist die Windenergieanlage Fuhrländer FL 1000 mit den folgenden technischen Daten:

Hersteller:	Fuhrländer
Modellnummer:	FL 1000
Seriennummer:	FUH 61 C1 S 1000
Anlagenaufbau:	Horizontal-Achs-Maschine Luvläufer 70 m Nabenhöhe 54 m Rotordurchmesser
Leistungsregelung:	stallgeregelte Anlage
Rotorblatthersteller:	LM Glasfiber, Dänemark
Typbezeichnung Blatt:	LM 26.2
Blatteinstellwinkel:	- 1°
Rotorblattanzahl:	3
Rotordrehzahl:	14,5 1/min bei 200 kW
Rotordrehzahl:	21,5 1/min bei 1000 kW
Getriebehersteller:	Dorstener Maschinenfabrik AG
Typ:	PZ3 WF 112
Generatorhersteller:	ELIN
Typ:	IM1001 (B3)
Nennleistung:	1000 / 200 kW
Drehzahl:	1014 / 1515 1/min

### 4 Geräuschemessungen

Die 1. Messung wurde am 26.01.2001 in der Zeit von 13<sup>00</sup> Uhr bis 16<sup>00</sup> Uhr durchgeführt. Der Wind wehte aus südlicher Richtung mit Windgeschwindigkeiten von 4,3 m/s bis 8,5 m/s in 10 m über Geländeniveau (1-Minutenmittelwerte). Der Himmel war meistens vollständig bedeckt mit nur gelegentlichen Auflockerungen, die Lufttemperatur betrug 3 °C und für den Luftdruck wurde ein Wert von 910 mbar gemessen. Im Messzeitraum lieferte die WEA in das Netz eine elektrische Wirkleistung von 23 kW bis 342 kW (1-Minutenmittelwerte).

Bei der 2. Messung am 19.03.2001 wurde in der Zeit von 13<sup>30</sup> Uhr bis 18<sup>15</sup> Uhr gemessen. Dabei wehte der Wind aus westlichen Richtungen mit Windgeschwindigkeiten von 4,8 m/s bis 9,5 m/s in 10 m über Geländeniveau (1-Minutenmittelwerte). Der Himmel war meistens vollständig bedeckt mit nur gelegentlichen Auflockerungen, die Lufttemperatur betrug 3 °C und für den Luftdruck wurde ein Wert von 1013 mbar gemessen. Im Messzeitraum lieferte die WEA in das Netz eine elektrische Wirkleistung von 187 kW bis 1377 kW (1-Minutenmittelwerte).

Für die Ermittlung des Hintergrundpegels am Messort wurde die WEA abgeschaltet und die Schalldruckpegel sowie die entsprechenden Windgeschwindigkeiten in 10 m über Geländeniveau gemessen. Fremdgeräusche durch Autos oder Flugzeuge wurden gekennzeichnet und für die Auswertung nicht berücksichtigt.

## 5 Datenauswertung

### 5.1 Windgeschwindigkeit

Die in der Höhe  $z = 10$  m über Geländeniveau am Messort gemessene Windgeschwindigkeit ist gemäß [1] auf die Windgeschwindigkeit  $v_s$  unter Referenzbedingungen zu korrigieren, wobei ein Windprofil entsprechend der folgenden Gleichung angenommen wird:

$$v_s = v_z * \left[ \frac{\ln(z_{ref} / z_{0ref}) * \ln(H / z_0)}{\ln(H / z_{0ref}) * \ln(z / z_0)} \right]$$

Dabei ist:

- $v_s$  die standardisierte Windgeschwindigkeit
- $v_z$  die in der Anemometerhöhe  $z = 10$  m gemessene Windgeschwindigkeit
- $z_{0ref}$  die Referenzrauhigkeitslänge von  $z_{0ref} = 0,05$  m
- $z_0$  die Rauigkeitslänge am Messort,  $z_0 = 0,01$  (s. unten)
- $H$  die Höhe des Rotormittelpunktes,  $H = 70$  m
- $z_{ref}$  die Referenzhöhe 10 m
- $z$  die Höhe des Anemometers,  $z = 10$  m über Geländeniveau

Entsprechend Tabelle 2 aus [1] wird für die Rauigkeitslänge am Messort  $z_0 = 0,01$  (offenes, flaches Land, gemähtes Gras, nackter Boden) gewählt.

## 5.2 Korrekturen bezüglich des Fremdgeräusches

Alle gemessenen Schalldruckpegel sind in bezug auf den Einfluss des Fremdgeräusches zu korrigieren. Der fremdgeräuschkorrigierte Schalldruckpegel der WEA kann durch die folgende Gleichung bestimmt werden:

$$L_s = 10 \log [10^{(0,1 L_s + n)} - 10^{(0,1 L_n)}]$$

Dabei ist:

- $L_s$  der allein von der WEA erzeugte äquivalente Dauerschalldruckpegel in dB
- $L_{s+n}$  der äquivalente Dauerschalldruckpegel von WEA plus Fremdgeräusch in dB
- $L_n$  der äquivalente Dauerschalldruckpegel des Fremdgeräusches in dB

## 5.3 Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Die simultan ermittelten 1-Minutenmittelwerte der Windgeschwindigkeit und der 1-Minutenmittelungspegel am Referenzmesspunkt 1 bilden Wertepaare, die mit Hilfe einer linearen Regressionsanalyse weiter ausgewertet werden. Dabei werden getrennte Auswertungen für die Wertepaare mit WEA Betrieb und ohne WEA Betrieb durchgeführt (vgl. [1]). Aus der Analyse der Wertepaare mit WEA Betrieb wird der Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  bei der akustischen Referenzwindgeschwindigkeit bestimmt.

Eine weitere lineare Regressionsanalyse wird unter Verwendung der Wertepaare der Fremdgeräuschklassifizierung erstellt. Der Wert für  $L_{Aeq}$  bei der akustischen Referenzwindgeschwindigkeit muss mit dem Fremdgeräusch bei der akustischen Referenzwindgeschwindigkeit korrigiert werden und wird als  $L_{Aeq,c}$  bezeichnet.

Der immissionsrelevante Schalleistungspegel  $L_{WA}$  wird aus dem fremdgeräuschkorrigierten Schalldruckpegel  $L_{Aeq,c}$  bei der akustischen Referenzwindgeschwindigkeit am Referenzmesspunkt wie folgt berechnet:

$$L_{WA} = L_{Aeq,c} - 6 + 10 \log [4 \pi R^2 / S_0]$$

Dabei ist:

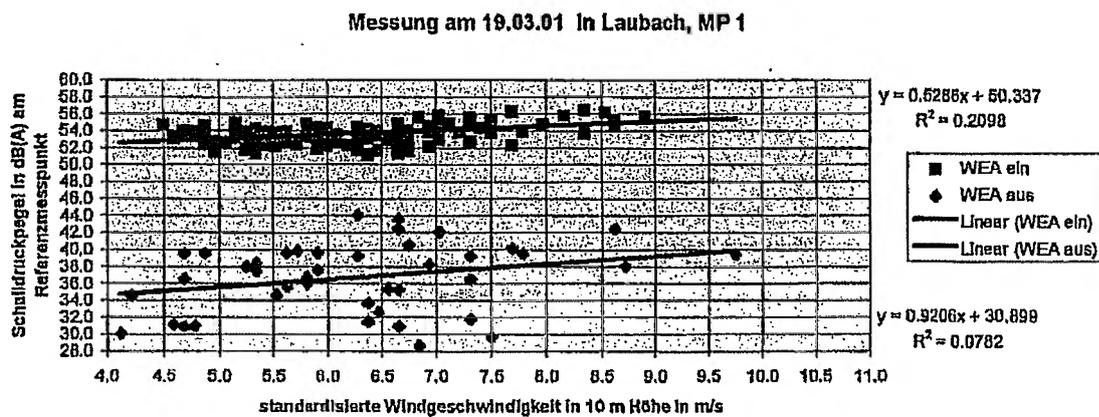
- $L_{Aeq,6}$  der unter Referenzbedingungen gemessene, fremdgeräuschkorrigierte, A-bewertete Schalldruckpegel bei der akustischen Referenzwindgeschwindigkeit
- R der schräge Abstand vom Rotormittelpunkt zum Mikrofon
- $S_0$  die Bezugsfläche  $S_0 = 1 \text{ m}^2$

Die Konstante von 6 dB in der Gleichung trägt der ungefähren Schalldruckverdopplung Rechnung, die bei Schallmessung auf einer Platte am Boden auftritt.

### 5.3.1 Immissionsrelevanter Schalleistungspegel der Fuhrländer FL 1000 bei einer Nennleistung von 1000 kW

Bild 1 a zeigt die gemessenen Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der standardisierten Windgeschwindigkeit bei Betrieb der WEA und ohne WEA Betrieb (Hintergrundgeräusch) entsprechend der Messung am 19.03.2001 im Leistungsbereich von 187 kW bis 1377 kW.

**Bild 1 a:** Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit, Rotordrehzahl 21,5 1/min bei Nennleistung 1000 kW



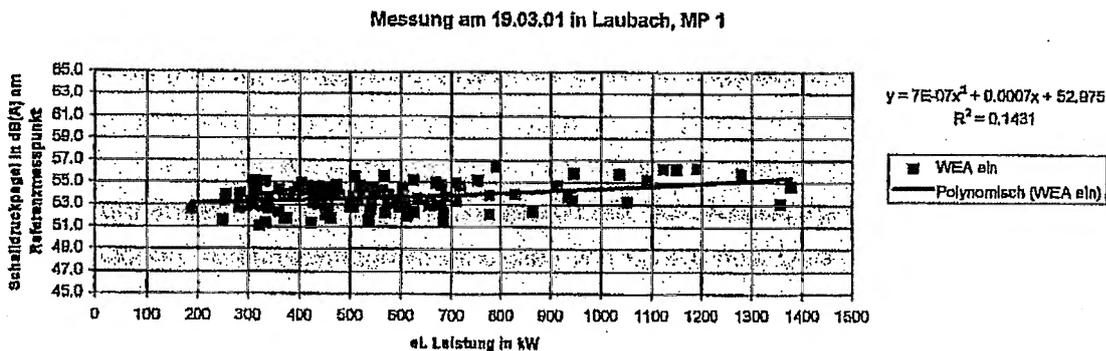
Aufgrund der Differenz von ca. 15 dB zwischen den Werten mit WEA in Betrieb und WEA außer Betrieb (Hintergrundgeräusch) kann auf eine Fremdgeräuschkorrektur verzichtet werden.

Für die Fuhrländer FL 1000 ergibt sich danach ein Schalldruckpegel  $L_{Aeq} = 54,6$  dB(A) bei der akustischen Referenzwindgeschwindigkeit von  $v_{10} = 8$  m/s. Entsprechend einem schrägen Abstand vom Rotormittelpunkt zum Mikrofon  $R = 119,62$  m ergibt sich ein immissionsrelevanter Schallleistungspegel am Referenzmesspunkt von  $L_{WA, 8\text{ m/s}} = 101,2$  dB(A). Der Vertrauensbereich des Mittelwertes beträgt  $\pm 0,5$  dB(A).

Entsprechend [2, 3] kann auch der immissionsrelevante Schallleistungspegel bei einer Windgeschwindigkeit von  $v_{10} = 9$  m/s angegeben werden, dies entspricht Nennlast. Für die Fuhrländer FL 1000 ergibt sich danach ein Schalldruckpegel  $L_{Aeq} = 55,5$  dB(A). Entsprechend einem schrägen Abstand vom Rotormittelpunkt zum Mikrofon  $R = 119,62$  m ergibt sich ein immissionsrelevanter Schallleistungspegel am Referenzmesspunkt von  $L_{WA, 10\text{ m/s}} = 102,1$  dB(A). Der Vertrauensbereich des Mittelwertes beträgt  $\pm 0,5$  dB(A).

Das Bild 1 b zeigt die Abhängigkeit der Schalldruckpegel am Referenzmesspunkt 1 von der elektrischen Leistung, die die WEA während des Messzeitraumes in das öffentliche Netz eingespeist hat.

**Bild 1 b:** *Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung*



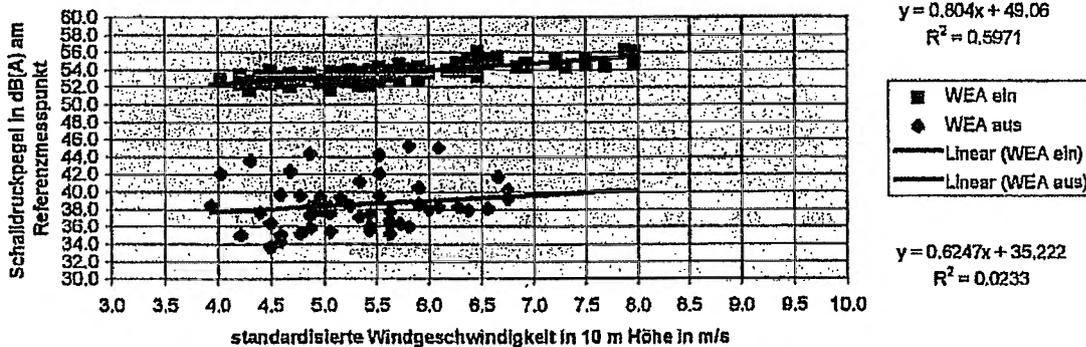
Geräuschpegel von auffälligen Einzelereignissen, die den momentanen Wert des Schallleistungspegels um mehr als 10 dB überschreiten, traten während der Messung beim Abbremsen der Anlage durch die Tipspitzenbremse auf. Es wurde ein Schalldruckpegel von 64,8 dB(A) am Referenzmesspunkt für diesen Vorgang gemessen. Hieraus resultiert ein Spitzenschallleistungspegel von 111,4 dB(A).

5.3.2 Immissionsrelevanter Schallleistungspegel der Fuhrländer FL 1000 bei einer Nennleistung von 200 kW

Bild 2 a zeigt die gemessenen Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der standardisierten Windgeschwindigkeit bei Betrieb der WEA und ohne WEA Betrieb (Hintergrundgeräusch) entsprechend der Messungen am 26.01.2001 im Leistungsbereich von 23 kW bis 342 kW.

Bild 2 a: Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit, Rotordrehzahl 14,5 1/min bei Nennleistung 200 kW

Messung am 26.01.01 in Laubach, MP 1

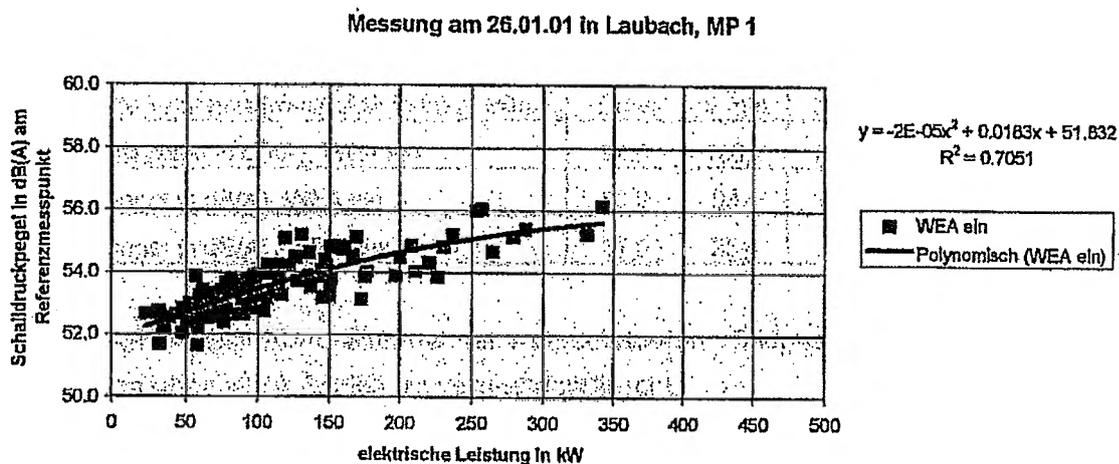


Aufgrund der Differenz von ca. 14 dB zwischen den Werten mit WEA in Betrieb und WEA außer Betrieb (Hintergrundgeräusch) kann auf eine Fremdgeräuschkorrektur verzichtet werden.

Für die Fuhrländer FL 1000 ergibt sich danach ein Schalldruckpegel  $L_{Aeq} = 55,5$  dB(A) bei der akustischen Referenzwindgeschwindigkeit von  $v_{10} = 8$  m/s. Dies entspricht Nennlast der WEA. Entsprechend einem schrägen Abstand vom Rotormittelpunkt zum Mikrophon  $R = 119,62$  m ergibt sich ein Immissionsrelevanter Schallleistungspegel am Referenzmesspunkt von  $L_{WA, 8 \text{ m/s}} = 102,1$  dB(A). Der Vertrauensbereich des Mittelwertes beträgt  $\pm 0,5$  dB(A).

Das Bild 2 b zeigt die Abhängigkeit der Schalldruckpegel am Referenzmesspunkt 1 von der elektrischen Leistung, die die WEA während des Messzeitraumes in das öffentliche Netz eingespeist hat.

**Bild 2 b:** *Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung*



#### 5.4 Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit

Die Wertepaare von Windgeschwindigkeit und A-bewertetem, äquivalentem Dauerschall-druckpegel, gemessen am Referenzmesspunkt, werden in Windklassen (BINS) sortiert. Diese Windklassen sind 1 m/s breit, nicht überlappend und symmetrisch zu einem ganzzahligen Wert der Windgeschwindigkeit unter Referenzbedingungen angeordnet. Der arithmetische Mittelwert der Windgeschwindigkeiten und das energetische Mittel der Schalldruckpegel in jeder Klasse wird berechnet. Wenn eine Klasse weniger als 3 Datenpaare enthält, werden die Mittelwerte als Näherungen betrachtet und mit dem Symbol \* gekennzeichnet.

Eine ähnliche Analyse wird mit den Fremdgeräusch- und Windgeschwindigkeitsdaten, die unmittelbar nach den Schallmessungen an der WEA, aber bei abgeschalteter Anlage, gemessen wurden, durchgeführt. Das auf diese Weise bei der entsprechenden Windgeschwindigkeit ermittelte Ergebnis für das Fremdgeräusch wird für die Fremdgeräuschkorrektur verwendet.

5.4.1 BIN Klassierung bei einer Nennleistung von 1000 kW

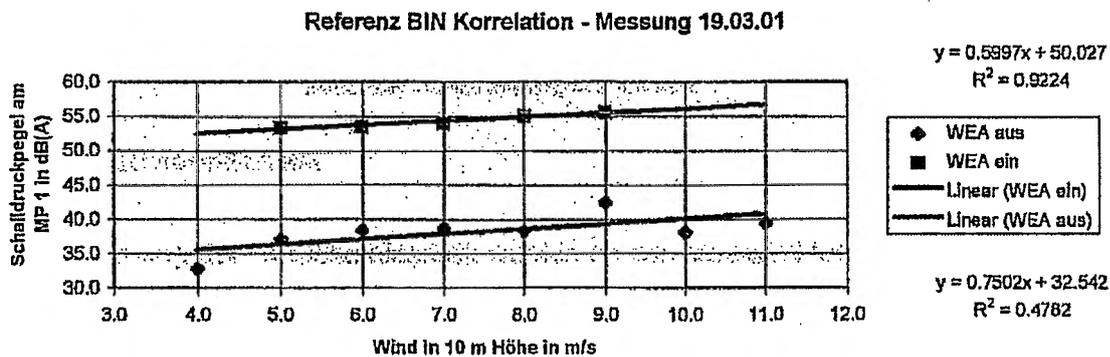
Die Tabelle 5.1 zeigt die ermittelte Abhängigkeit des Schalldruck- und des Schalleistungspegels von der Windgeschwindigkeit bei der Messung am 19.03.2001. In Bild 3 a sind die Werte der Tabelle 5.1 grafisch dargestellt.

Tabelle 5.1: BIN Klassierung (Windklassen), Nennleistung 1000 kW

standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Schalleistungspegel in dB(A), WEA ein	99,6	100,2	100,8	101,4	102,0
Schalldruckpegel in dB(A), WEA ein	53,3	53,4	53,4	54,7	55,3
Hintergrundpegel in dB(A), WEA aus	37,0	38,4	38,7	38,3	42,4*

Bild 3 a zeigt die BIN Korrelation bei der standardisierten Windgeschwindigkeit bei Betrieb der WEA und ohne WEA Betrieb (Hintergrundgeräusch).

Bild 3 a: Windklassen, Rotordrehzahl 21,5 1/min bei Nennleistung 1000 kW



5.4.2 BIN Klassierung bei einer Nennleistung von 200 kW

Die Tabelle 5.2 zeigt die ermittelte Abhängigkeit des Schalldruck- und des Schalleistungspegels von der Windgeschwindigkeit bei der Messung am 26.01.2001. In Bild 3 b sind die Werte der Tabelle 5.2 grafisch dargestellt.

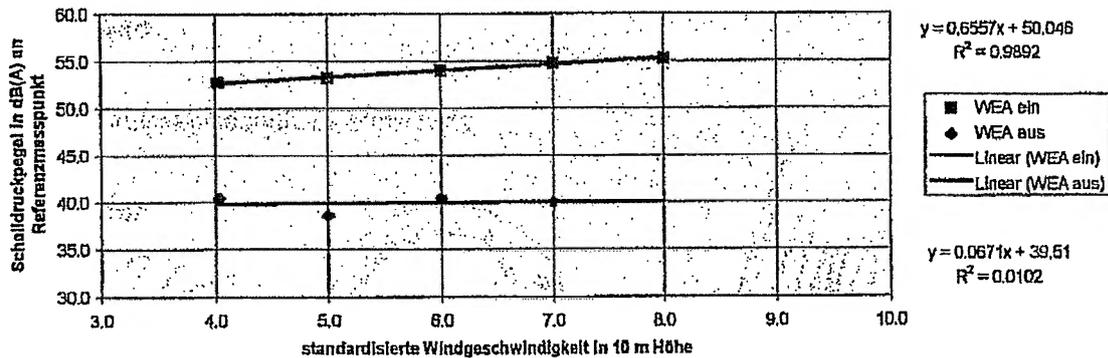
Tabelle 5.2: BIN Klassierung (Windklassen), Nennleistung 200 kW

standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s
Schalleistungspegel in dB(A), WEA ein	99,3	99,9	100,6	101,2	101,9
Schalldruckpegel in dB(A), WEA ein	52,7	53,2	54,0	54,8	55,2
Hintergrundpegel in dB(A), WEA aus	40,4	38,6	40,4	40,0	-

Bild 3 b zeigt die BIN Korrelation bei der standardisierten Windgeschwindigkeit bei Betrieb der WEA und ohne WEA Betrieb (Hintergrundgeräusch).

Bild 2 b: Windklassen, Rotordrehzahl 14,5 1/min bei Nennleistung 200 kW

BIN Korrelation - Messung 26.01.01, MP 1



## 5.5 Richtcharakteristik

Zur Bestimmung der Richtcharakteristik wurden an den Messpunkten 2, 3 und 4 gemäß [1] die Schalldruckpegel in einer Höhe von 1,6 m über Geländeniveau als 1-Sekundenmesswerte zeitgleich zur Messung am Referenzmesspunkt gemessen. Nach [2, 3] ist diese Messung nicht zwingend erforderlich. Jedoch sollte sichergestellt werden, dass nicht in anderen Richtungen als der Mitwindrichtung höhere Schallpegel auftreten.

Die Messergebnisse lassen keine ungewöhnlich ausgeprägte Richtcharakteristik in der Geräuschabstrahlung der WEA erkennen.

## 5.6 Tonhaltigkeit

Das Vorhandensein von Einzeltönen in dem Betriebsgeräusch der WEA ist auf der Grundlage von Schmalbandanalysen zu überprüfen.

Im vorliegenden Fall kann aufgrund eines Ausfalles des bei der Messung verwendeten DAT-Recorders keine messtechnische Auswertung nach der DIN 45 681 [4] erfolgen.

Am 26.01.01 wurden mit dem Messgerät SA 110 stichprobenweise Übersichtsmessungen an den Messpunkten 1 - 4 durchgeführt und ausgewertet. Das Messgerät führt eine Einzeltonuntersuchung in den Frequenzen 100 Hz bis 16 kHz durch. Eine durch die WEA verursachte Tonhaltigkeit konnte in dem o. g. Frequenzbereich nicht ermittelt werden. Diese Überprüfung stützt den subjektiven Eindruck während der Messung, dass kein Einzelton durch die Anlage verursacht wird.

Abteilung Immissionsschutz / Lärmschutz

Der Bearbeiter:



Dipl.-Ing. Ilja Richter



Dr. Sergio Martinez

Köln, 24. April 2001  
933/301103/01 ri

## Anhang 1

### **Gesetze, Normen, Regelwerke und verwendete Unterlagen**

- [1] DIN EN 61400-11 vom Februar 2000, Deutsche Fassung, Windenergieanlagen, Teil 11: Schallmessverfahren (IEC 61400-11:1998)
- [2] Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Revision 13, Stand 01.01.2000, Teil 0: Allgemeine Anforderungen, Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie e. V., Flotowstraße 41 - 43, 22083 Hamburg
- [3] Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Revision 13, Stand 01.01.2000, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie e. V., Flotowstraße 41 - 43, 22083 Hamburg
- [4] DIN 45681 „Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen“ (Entwurf Januar 1992)

### Anlage 1

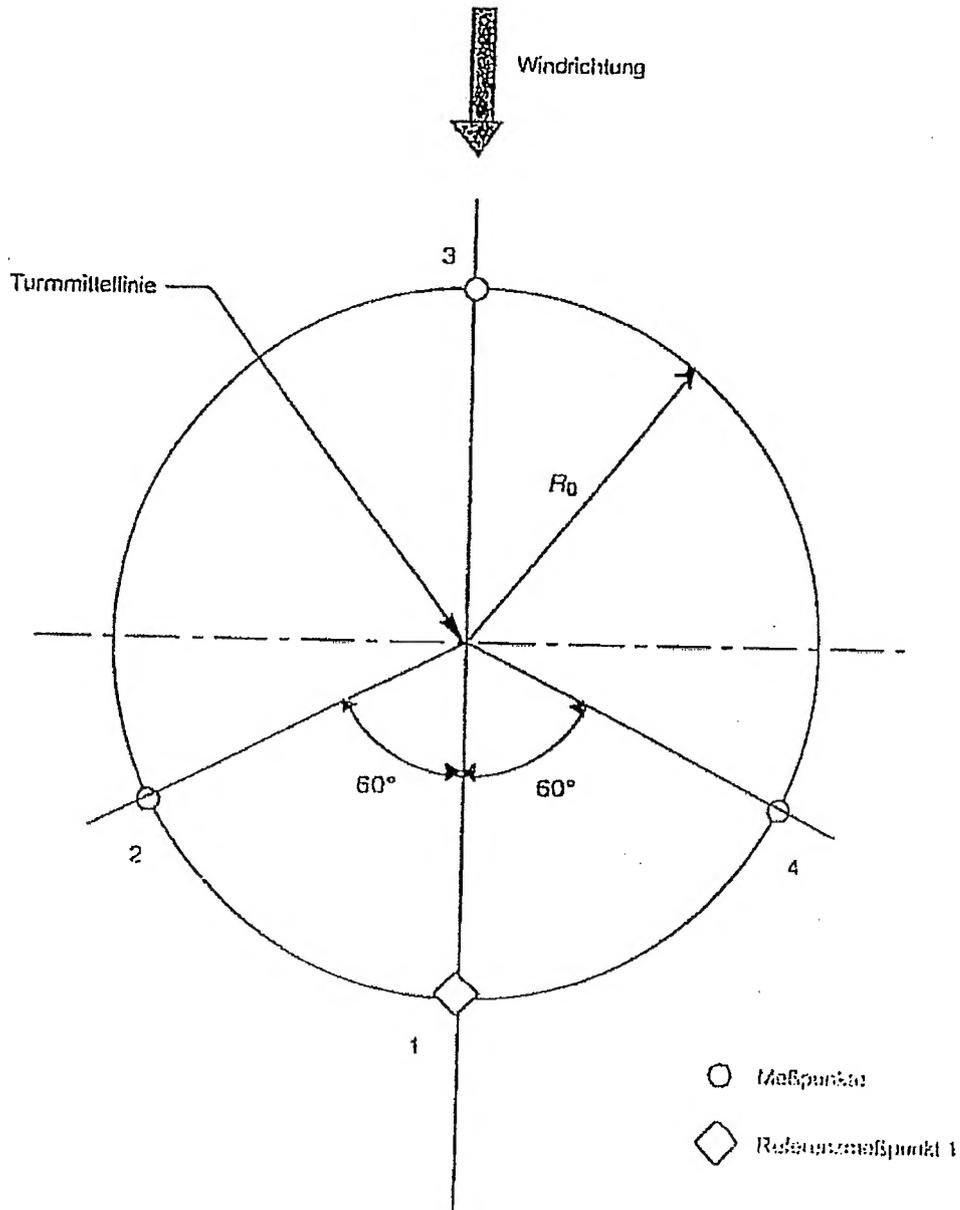


Bild 3: Anordnung der Mikrofon-Meßpunkte – Draufsicht

