

1. Ausfertigung



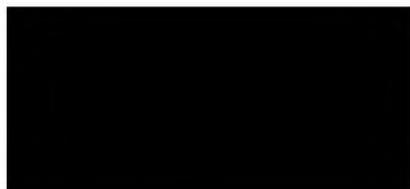
# Schallgutachten

121-02-1111-03.01

**Prognose der Schallimmissionen  
durch eine Windkraftanlage  
am Standort**

**Hallschlag**

**Auftraggeber:**



**Erstellt am:**

**20.12.2002**

**Erstellt von:**

**Planungsbüro SOLvent**

**Lünener Str. 211**

**59174 Kamen**

**Tel 0 23 07 / 24 00 63 Fax 24 00 66**

A handwritten signature in blue ink, located to the right of the contact information.

# Inhalt

<b>INHALT .....</b>	<b>2</b>
<b>1 ERGEBNISÜBERSICHT .....</b>	<b>3</b>
<b>2 ERLÄUTERUNG DER VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>5</b>
2.1 BETRACHTUNGEN ZUM SCHALLFELD.....	5
2.1.1 Schallausschlag und Schallschnelle .....	5
2.1.2 Schalldruck .....	7
2.1.3 Schallpegel .....	8
2.1.4 Addition von Schallpegeln.....	9
2.2 DAS MENSCHLICHE HÖREMPFINDEN.....	10
2.2.1 Mittelungspegel.....	10
2.2.2 Bewertung von Schallereignissen nach ihrer Frequenz.....	10
2.2.3 Schalldruckpegelberechnung nach DIN ISO 9613-2.....	13
2.3 SCHALLEMISSIONEN VON WINDKRAFTANLAGEN UNTER BAUORDNUNGSRECHTLICHEN GESICHTSPUNKTEN.....	14
<b>3 SCHALLGUTACHTEN.....</b>	<b>15</b>
3.1 PROGNOSEVERFAHREN .....	15
3.2 DATEN DER BEURTEILTEN WINDKRAFTANLAGE .....	16
3.3 EINWIRKUNGSBEREICHS-BERECHNUNG.....	16
3.4 DATEN DER BEURTEILTEN IMMISSIONSORTE .....	17
3.5 VORBELASTUNG.....	19
3.6 PROGNOSEERGEBNIS .....	22
3.7 QUALITÄT DER PROGNOSE .....	23
3.7.1 Prognoseverfahren .....	23
3.7.2 Vermessungsberichte .....	24
3.7.3 Auswirkung der Produktionsstreuung.....	27
3.7.4 Gesamtunsicherheit der Prognoseergebnisse.....	28
<b>4 ABSCHLUSSERKLÄRUNG.....</b>	<b>30</b>
<b>5 ANHANG .....</b>	<b>31</b>

# 1 Ergebnisübersicht

Bei der Prognose des Immissionsverhaltens der geplanten Windkraftanlage vom Typ ENERCON E-66 1800 kW, leistungsbegrenzt auf 1200 kW, mit einer Nabenhöhe von 65,0 m auf dem Standort

## Hallschlag

werden die Schallimmissionen auf die nächstgelegene Wohnbebauung untersucht. Zu betrachten sind dabei gemäß TA-Lärm die innerhalb des Einwirkungsbereichs der geplanten Anlage gelegenen Wohngebäude. Diese Immissionsorte sind auf den Karten im Anhang gekennzeichnet und werden im Folgenden aufgeführt:

- Zur Kehr 12
- Zur Kehr 14
- Zur Kehr 13

Die betrachteten Immissionsorte sind einzelne Gehöfte und Wohngebäude im Außenbereich der Verbandsgemeinde Obere Kryll (Landkreis Daun). Dies bedeutet, dass an diesen Aufpunkten nach der TA-Lärm (Stand: 26.08.1998) ein Schallimmissionswert von 45 dB(A) in der Nacht nicht überschritten werden darf.

Anhand der Prognose der Schallimmissionen wird die Einhaltung der in der Nacht geltenden Richtwerte nach der TA-Lärm (Stand: 26.08.98) überprüft, die deutlich niedriger liegen als die am Tag geltenden Richtwerte. Da die von Windkraftanlagen ausgehenden Geräusche tags und nachts gleich laut sind, erübrigt sich somit die Frage, ob auch die Tagrichtwerte eingehalten werden.

Wird an dem geplanten Standort eine Windkraftanlage des Typs

### **ENERCON E-66 1800 KW, leistungsbegrenzt auf 1200 KW,**

mit einer Nabenhöhe von 65,0 m errichtet, und setzt man den für diesen Windkraftanlagentyp vermessenen Schallleistungspegel von 100,5 dB(A) an, so werden für die betrachteten Immissionsorte folgende Gesamtimmissionswerte prognostiziert:

<b>Immissionsort</b>	<b>Richtwert</b>	<b>Schallimmissionswert</b>
<b>Zur Kehr 12</b>	<b>45,0 dB(A)</b>	<b>47,4 dB(A)</b>
<b>Zur Kehr 14</b>	<b>45,0 dB(A)</b>	<b>47,2 dB(A)</b>
<b>Zur Kehr 13</b>	<b>45,0 dB(A)</b>	<b>48,7 dB(A)</b>

Bei der Berechnung dieser Immissionswerte wurde die Vorbelastung durch 22 Windkraftanlagen in der Umgebung berücksichtigt. Dabei handelt es sich um sieben Anlagen des Typs ENERCON E-40 500 kW mit einer Nabenhöhe von 65,0 Metern, sechs Anlagen des Typs DEWIND D6/62 mit einer Nabenhöhe von 68,5 Metern, drei Anlagen des Typs SÜDWIND S-70 mit einer Nabenhöhe von 85,0 Metern, zwei Anlagen des Typs DEWIND D4/46 mit einer Nabenhöhe von 70,0 Metern, eine Anlage des Typs ENERCON E-66 1800 kW mit einer Nabenhöhe von 66,5 Metern, eine Anlage des Typs ENERCON E-40 600 kW mit einer Nabenhöhe von 65,0 Metern, eine Anlage des Typs NEG MICON 1000/60 mit einer Nabenhöhe von 70,0 Metern und eine Anlage des Typs LAGERWEY 18/80 mit einer Nabenhöhe von 40,0 Metern.

Am Aufpunkt *Zur Kehr 12* wird der Richtwert von 45 dB(A) mit einem Schallimmissionswert von 47,4 dB(A) erheblich überschritten. Wie in der Vorbelastungsberechnung dargestellt, liegt hier die Vorbelastung bereits bei 46,8 dB(A). Aus der Einwirkungsbereichs-Berechnung ist ersichtlich, dass die geplante Anlage am Aufpunkt *Zur Kehr 12* eine Schallimmission von 38,0 dB(A) verursacht. Damit liegt die Zusatzbelastung durch die beurteilte Windkraftanlage 7,0 dB(A) unter dem maßgeblichen Richtwert von 45,0 dB(A). Gemäß TA-Lärm, Abschnitt 3.2.1., Abs. 2 ist der Immissionsbeitrag der beurteilten Anlage somit als nicht relevant anzusehen.

Am Aufpunkt *Zur Kehr 14* kommt es mit einem Schallimmissionswert von 47,2 dB(A) zu einer erheblichen Überschreitung des Richtwerts von 45 dB(A). Wie in der Vorbelastungsberechnung dargestellt, liegt hier die Vorbelastung bereits bei 46,7 dB(A). Aus der Einwirkungsbereichs-Berechnung ist ersichtlich, dass die geplante Anlage am Aufpunkt *Zur Kehr 14* eine Schallimmission von 37,5 dB(A) verursacht. Damit liegt die Zusatzbelastung durch die beurteilte Windkraftanlage 7,5 dB(A) unter dem maßgeblichen Richtwert von 45,0 dB(A). Gemäß TA-Lärm, Abschnitt 3.2.1., Abs. 2 ist der Immissionsbeitrag der beurteilten Anlage somit als nicht relevant anzusehen.

Am Aufpunkt *Zur Kehr 13* kommt es mit einem Schallimmissionswert von 48,7 dB(A) zu einer erheblichen Überschreitung des Richtwerts von 45 dB(A). Wie in der Vorbelastungsberechnung dargestellt, liegt hier die Vorbelastung bereits bei 48,4 dB(A). Aus der Einwirkungsbereichs-Berechnung ist ersichtlich, dass die geplante Anlage am Aufpunkt *Zur Kehr 13* eine Schallimmission von 37,3 dB(A) verursacht. Damit liegt die Zusatzbelastung durch die beurteilte Windkraftanlage 7,7 dB(A) unter dem maßgeblichen Richtwert von 45,0 dB(A). Gemäß TA-Lärm, Abschnitt 3.2.1., Abs. 2 ist der Immissionsbeitrag der beurteilten Anlage somit als nicht relevant anzusehen.

## 2 Erläuterung der Vorgehensweise

Neben den bekannten Schadstoffbelastungen der Luft, des Bodens und des Wassers sind wir zunehmend einer erheblichen Gefährdung durch Lärm ausgesetzt. Etwa 10 % der Bundesbürger sind häufig einem Lärmpegel von über 70 dB ausgesetzt, der nachweisbar das Risiko für Herzinfarkt erhöht. Die Lärmschwerhörigkeit ist zur häufigsten anerkannten Berufskrankheit geworden.

Jeder Schall, den wir als störend und unangenehm empfinden, wird als Lärm bezeichnet. Die Lautstärke ist der bedeutendste, aber nicht der einzige Einflussfaktor auf diese Empfindung. Auch die Einwirkungsdauer, die Frequenzzusammensetzung, die Tageszeit und die subjektive Einstellung der Person können maßgeblichen Einfluss auf die Schallempfindungen haben. Das Knattern eines Motorrades oder eines Presslufthammers stört uns, weil es große Schallpegel und damit hohe Lautstärken bewirkt. Das hohe Quietschen einer ungeölten Tür empfinden wir auch dann als unangenehm, wenn es verhältnismäßig leise ist. Auch das schwache, kaum hörbare Ticken einer Uhr oder das Tropfen eines Wasserhahns kann als lästig empfunden werden, wenn wir in aller Stille ein Buch lesen möchten. Laute Unterhaltungsmusik, die den Nachbarn stört, wird vom „Urheber“ als angenehm empfunden.

Vor diesem Hintergrund ist es von besonderer Wichtigkeit, dass eine an sich so umweltfreundliche Technologie, wie sie die Windkraft darstellt, nicht durch zu hohe Schallemissionen von Windkraftanlagen zu sogenannter „akustischer Umweltverschmutzung“ führt und dadurch insbesondere bei Anwohnern in Misskredit gerät. Hierzu wurden von den Herstellern in den letzten Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen, mit dem Erfolg, dass bei gleichzeitiger Vervierfachung der Anlagenleistungen die Schallemissionen etwa halbiert werden konnten.

Darüber hinaus ist eine Analyse der Schallausbreitung von Windkraftanlagen erforderlich, um die Höhe der Schallimmissionen an bestimmten Geländepunkten in verschiedenen Entfernungen von der Anlage zu ermitteln. Hierzu dient das vorliegende Gutachten.

### 2.1 Betrachtungen zum Schallfeld

Für das Verständnis der verhältnismäßig komplexen Thematik der individuellen akustischen Wahrnehmung einer Schallquelle ist eine Kenntnis der physikalischen Grundlagen der Akustik unumgänglich. Die Wahrnehmung des menschlichen Ohrs und deren Intensität, insbesondere aber die Frage, ob eine Schallwahrnehmung als störend empfunden wird ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, die im Folgenden erläutert werden.

#### 2.1.1 Schallausschlag und Schallschnelle

Wird ein Raumgebiet durch eine Schallwelle erfasst, so schwingen die Teilchen des Übertragungsmediums um ihre Ruhelage, sie schlagen aus. Bei der

Ausbreitung einer Schallwelle ändert sich zeitlich und räumlich periodisch der Abstand der Teilchen zur Ruhelage (Schallausschlag), ihre Momentangeschwindigkeit sowie Druck und Dichte des Mediums. Die Momentangeschwindigkeit der Teilchen, die Schallschnelle  $v$ , gibt an, wie schnell sich die Teilchen um ihre Ruhelage bewegen. Sie ist nicht direkt messbar, da sich die akustischen Schwingungen mit den Wärmebewegungen überlagern.

Der Bereich der Schallschnelle ist außerordentlich groß. Während an der Reizschwelle bei einem Normton von 1.000 Hz Maximalwerte von  $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \frac{m}{s}$  erreicht werden können, sind an der Schmerzschwelle Momentangeschwindigkeiten bis zu  $0,25 \frac{m}{s}$  nicht selten. Die Größenordnung der Ausschlagamplitude der Teilchen liegt zwischen 20 pm an der Reizschwelle und etwa 1 nm an der Schmerzschwelle. Sofern die Teilchenschwingungen harmonisch sind, gilt für die zeitliche und räumliche Änderung ihrer *Auslenkung*  $y$  (*Schallausschlag*):

$$y = y_0 \cdot \sin(\omega(t - \frac{x}{c}))$$

Dabei bedeuten:

$y$  = Schallausschlag

$y_0$  = Ausschlagamplitude

$\omega$  =  $2\pi f$

$c$  = Schallgeschwindigkeit

Für die zeitliche Änderung der Schallschnelle  $v$  mit  $v = dy/dt$  gilt

$$v = y_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot (t - \frac{x}{c})) = v_0 \cdot \cos(\omega \cdot (t - \frac{x}{c}))$$

Dabei bedeuten:

$y_0$  = Ausschlagamplitude

$v_0$  = Schallschnellamplitude

Die *Schallschnellamplitude*  $v_0$  ist abhängig von der Ausschlagamplitude  $y_0$  und der Schallfrequenz. Es gilt:

$$v_0 = y_0 \cdot \omega$$

Da die Schallschnelle eine Wechselgröße ist, wird sie als Effektiv- oder Scheitelwert angegeben. Bei *harmonischen* Schwingungen gilt für den *Effektivwert*  $v_{eff}$ :

$$v_{eff} = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$$

## 2.1.2 Schalldruck

Schallwellen breiten sich durch wechselnde Verdichtungen und Verdünnungen aus. Der Druck im Schallfeld schwankt dabei um den Wert des Ruhedruckes. Der Bereich des Schalldruckes ist ebenfalls außerordentlich groß.

An der Reizschwelle beträgt er lediglich 20  $\mu\text{Pa}$ , bei Zimmerlautstärke sind es bereits 20.000  $\mu\text{Pa}$ , und an der Schmerzschwelle werden sogar 60.000.000  $\mu\text{Pa}$  gemessen. Für den *Schalldruck*  $p$  gilt:

$$p = p_0 \cdot \sin(\omega(t - \frac{x}{c}))$$

Dabei bedeutet:

$p_0$  = Schalldruckamplitude

Schalldruck und Schallschnelle sind bei fortschreitenden Wellen phasengleich und verhalten sich proportional zueinander. Mit abnehmendem Schalldruck verringert sich in gleichem Maße die Schallschnelle. Da der Schalldruck eine Wechselgröße ist, wird er ebenfalls als Effektiv- oder Scheitelwert angegeben. Für den *Scheitelwert*  $p_0$  gilt:

$$p_0 = y_0 \cdot \omega \cdot \rho \cdot c = v_0 \cdot \rho \cdot c$$

Dabei bedeuten:

$p_0$  = Schalldruckamplitude

$y_0$  = Ausschlagamplitude

$\rho$  = Dichte des Mediums

$c$  = Schallgeschwindigkeit des Mediums

$v_0$  = Schallschnelleamplitude

Sofern die Druckschwankungen harmonisch sind, gilt für den *Effektivwert*  $p_{\text{eff}}$ :

$$p_{\text{eff}} = \frac{p_0}{\sqrt{2}}$$

### 2.1.3 Schallpegel

Da der Schalldruck durch einen außerordentlich großen Messbereich gekennzeichnet ist, gibt man ihn als Verhältnisgröße, als *Pegel* an. Der Schallpegel ist das Verhältnis aus gemessenem Schalldruck  $p$  zum Minimaldruck  $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$  an der Reizschwelle. Der Quotient beider Größen wird auf eine logarithmische Skala abgebildet und zur besseren Handhabbarkeit mit einem Faktor versehen. Die so erhaltenen dimensionslosen Zahlenwerte werden mit dem Einheitsnamen *Bel*<sup>1</sup> belegt. Die Angabe erfolgt in Dezibel (dB). Der Schallpegel  $L$  ist demnach ein Maß für die (relativen) Druckschwankungen. Für seine quantitative Beschreibung wird die folgende Definitionsgleichung herangezogen:

$$L = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

Dabei bedeuten:

$p$  = gemessener Schalldruck (Effektivwert)

$p_0$  = Bezugsdruck an der Reizschwelle ( $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ )

$I$  = gemessene Schallintensität

$I_0$  = Bezugsintensität an der Reizschwelle ( $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ )

Die obigen Gleichungen tragen in ihrer logarithmischen Form dem *Weber-Fechnerschen* Gesetz Rechnung. Es beinhaltet die Aussage, dass die *Empfindungsstärke*  $E$  proportional zum Logarithmus der *Intensität*  $I$  ansteigt. Die Anwendung der Gleichungen ergibt an der Reizschwelle bei einem *Schalldruck*  $p = 20 \mu\text{Pa}$  bzw. einer *Schallintensität*  $I = 10^{-12} \text{ W/m}^2$  einen *Schallpegel* von  $L = 0 \text{ dB}$ . Bei zehnfacher Schallintensität von  $I_0$  beträgt der Schallpegel  $10 \text{ dB}$ . An der Schmerzschwelle wird bei einem Schalldruck von  $60 \text{ Pa}$  ein Pegel von  $130 \text{ dB}$  gemessen. Die Schallintensität beträgt dabei  $I_{\text{max}} \approx 10 \text{ W/m}^2$ .

Schallpegelwerte werden vielfach den Lautstärkeangaben gleichgesetzt. Das ist nur bedingt möglich, da unser Gehör nicht alle Frequenzen gleich stark empfindet. Die subjektiv empfundene Lautstärke ist abhängig von Amplitude und Frequenz der akustischen Schwingung. Nur für einen Normton  $f_N = 1.000 \text{ Hz}$  sind die Lautstärkeangaben (in Phon) mit den Dezibelwerten identisch. Für alle übrigen Frequenzen lässt sich der Zusammenhang zwischen Lautstärke und Schallpegel nach *Robinson* und *Dadson* (Abbildung 2-1) ermitteln.

<sup>1</sup> benannt nach dem amerikanischen Erfinder des Telefons A. G. Bell

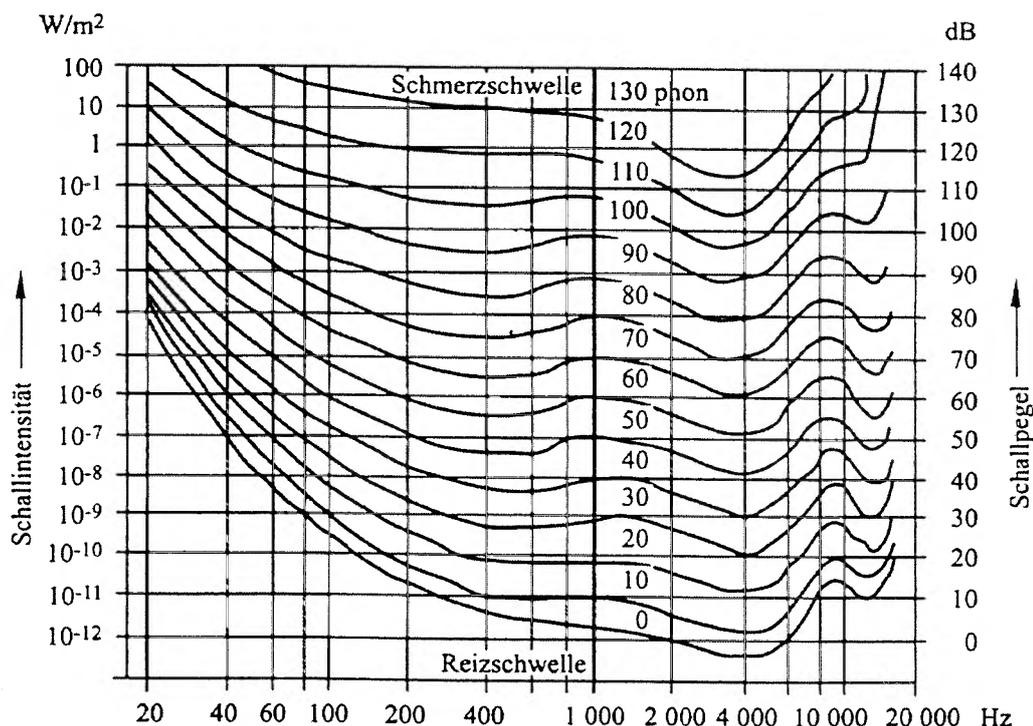


Abbildung 2-1, Kurven gleicher Lautstärke nach Robinson und Dadson

## 2.1.4 Addition von Schallpegeln

Hat man zu Hause „versehentlich“ die Stereoanlage bis an ihre Leistungsgrenze belastet, und die übrige Familie setzt sich durch Abschalten einer Lautsprecherbox zur Wehr, sinkt zwar der Schallpegel, aber Zimmerlautstärke wird dadurch keineswegs erreicht. Man muss sich nach wie vor die Ohren zuhalten.

Die Tatsache, dass sich die Lautstärke nicht proportional zur Anzahl der Schallquellen verhält, entspricht unseren Erfahrungen und lässt sich mit Hilfe des *Weber-Fechnerschen* Gesetzes begründen. Werden mehrere Schallpegel summiert, erhält man den resultierenden Gesamtpegel durch *energetische Addition*. Für den Gesamtpegel  $L_{ges}$  gilt:

$$L_{ges} = 10 \cdot \log\left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_i}\right)$$

Für  $n$  gleichstarke Schallquellen vereinfacht sich die Gleichung zu:

$$L_{ges} = L_1 + 10 \cdot \log(n)$$

Dabei bedeuten

$L_1$  = Schallpegel einer Schallquelle

$n$  = Anzahl der Schallquellen

eine Lautstärkeverdopplung wird somit nicht durch zwei gleichstarke Schallquellen erreicht, sondern erst bei zehnfacher Vergrößerung ihrer Anzahl.

Statt der mathematischen Darstellung werden häufig die folgenden Merkgeregeln verwendet:

1. Die *Halbierung* oder *Verdoppelung* der Anzahl der Schallquellen vermindert oder erhöht den Pegel lediglich um 3 dB.
2. Einen um 10 dB verminderten Pegel empfinden wir als *halb so laut*.

## 2.2 Das menschliche Hörempfinden

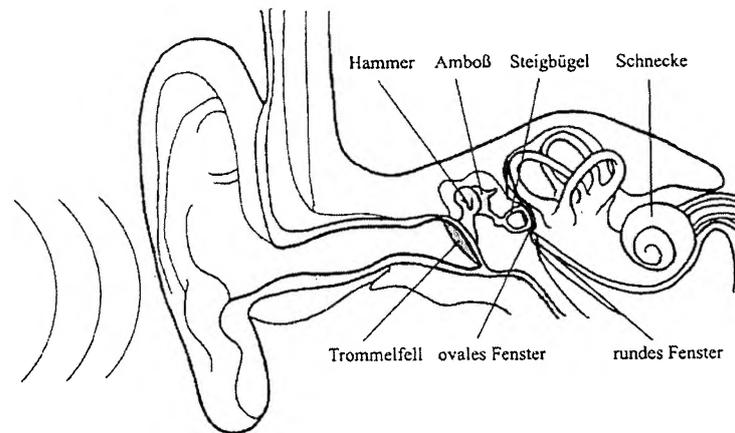


Abbildung 2-2, Aufbau des menschlichen Ohrs

### 2.2.1 Mittelungspegel

Der Schallpegel ist aus der Sicht des Lärmschutzes die bedeutendste Größe zur Beschreibung der Stärke eines Schallvorganges. Die gesundheitlichen Wirkungen von Lärmbelastungen sind allerdings von weiteren Faktoren abhängig. Neben der Stärke hat vor allem die Dauer der Schalleinwirkung eine entscheidende Bedeutung. Für die messtechnische Überprüfung sind einmalige Messungen von Maximalwerten unzureichend. Um Lärmbelastungen abschätzen zu können, erstreckt sich der Beurteilungszeitraum häufig über mehrere Stunden. Innerhalb dieses Zeitraumes ergeben sich zumeist sehr unterschiedliche Belastungen durch Lärm und damit unterschiedliche Schallpegel. Aus diesem Grund muss ein Mittelungspegel bestimmt werden. Da Schallpegel logarithmische Größen sind, ist eine arithmetische Mittelwertbildung unzulässig. Bei geringen Pegelschwankungen bis zu etwa 10 dB(A) innerhalb einer relevanten Zeiteinheit, wie sie bei Windkraftanlagen auftreten, begnügt man sich häufig mit einem einfachen Schätzverfahren: Die Schwankungsbreite wird durch 3 geteilt und vom Maximalpegel subtrahiert. In vielen anderen Fällen liegen die Schwankungen jedoch deutlich höher, so dass auf exakte Mittelungsverfahren zur Ermittlung des Mittelungspegels zurückgegriffen werden muss. Diese werden hier nicht näher erläutert.

### 2.2.2 Bewertung von Schallereignissen nach ihrer Frequenz

Die meisten Schallereignisse sind ihrer Natur nach Geräusche, also Frequenzgemische. Da wir nicht alle Frequenzen gleich laut empfinden,

müssen Geräuschesituationen zur besseren Vergleichbarkeit einer Frequenzbewertung unterzogen werden. Das geschieht, indem ausgewählte Frequenzkomponenten teilweise oder vollständig durch elektronische Filter unterdrückt werden. Sie bleiben unbewertet. Je nach dem, welcher Frequenzbereich analysiert wird, unterscheidet man zwischen A-, B-, und C-Bewertung.

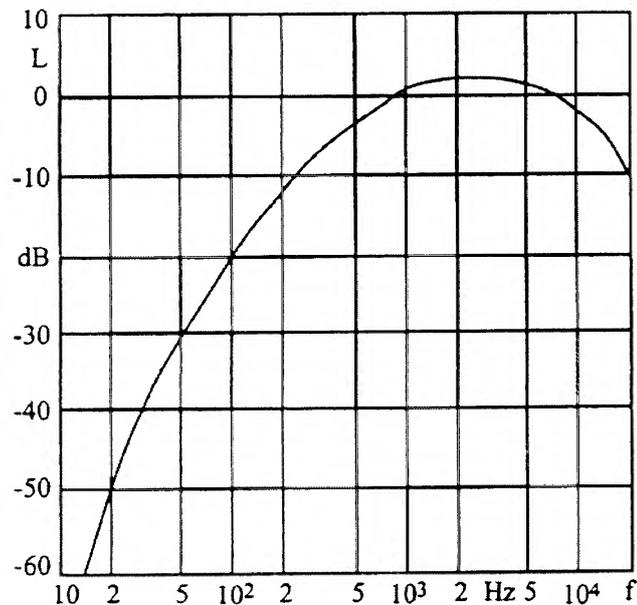


Abbildung 2-3, Dämpfungskurve des A-Filters

In der Praxis ist es üblich, Geräuschesituationen auf der Grundlage der A-Bewertung zu charakterisieren. Dieser Bewertungsmaßstab ist der Besonderheit unseres Gehörs angepasst, das für Frequenzen zwischen 1.000 Hz und 5.000 Hz besonders empfindlich ist. Der Einfluss der Frequenz auf unsere Lautstärkeempfindung ist an der Hörfächenkurve (Abbildung 2-4) ablesbar.

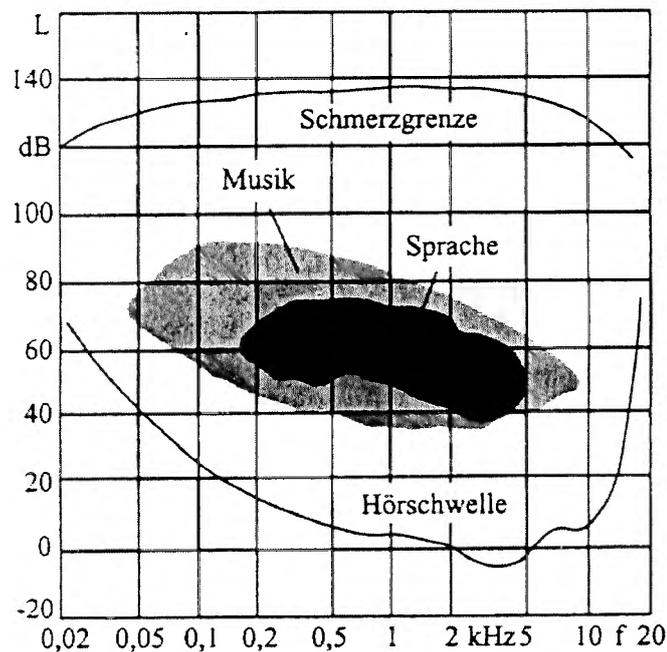


Abbildung 2-4, Hörfläche

Das A-Filter sorgt dafür, dass die mittleren Frequenzen zwischen 1.000 Hz und 5.000 Hz ungehindert passieren können und die höheren und tieferen Anteile unterdrückt werden (Abbildung 2-3). Damit bei Schallpegelangaben erkennbar ist, dass sie gehörrichtig vorgenommen worden sind, wird vielfach der dazugehörige Bewertungsmaßstab angegeben, z.B. 60 dB(A).

Schallquellen	Schalldruck in $\mu\text{Pa}$	Schallpegel in dB(A)	Schallintensität in $\text{W/m}^2$
Reizschwelle	20	0	$10^{-12} = 1 \text{ } l_0$
Flüstern	200	20	$10^{-10} = 10^2 \text{ } l_0$
Zimmerlautstärke	20.000	60	$10^{-6} = 10^6 \text{ } l_0$
Verkehrslärm (stark)	200.000	80	$10^{-4} = 10^8 \text{ } l_0$
Presslufthammer	600.000	90	$10^{-3} = 10^9 \text{ } l_0$
Schmerzschwelle	60.000.000	130	$10^1 = 10^{13} \text{ } l_0$

Tabelle 1, Beispiele für Schalldrücke, Schallpegel und Schallintensitäten

Schallpegelwerte werden mit Hilfe von Schallpegelmessern, die aus Mikrophon, Frequenzfilter, Verstärker und Anzeige bestehen (Abbildung 2-5), ermittelt. Das Mikrophon transformiert die Druckschwankungen in Spannungsschwankungen. Der nachgeschaltete Verstärker erhöht die Spannungswerte, so dass sie analog oder digital angezeigt werden können. Das Filter, zumeist ein A-Filter, realisiert die Frequenzbewertung.

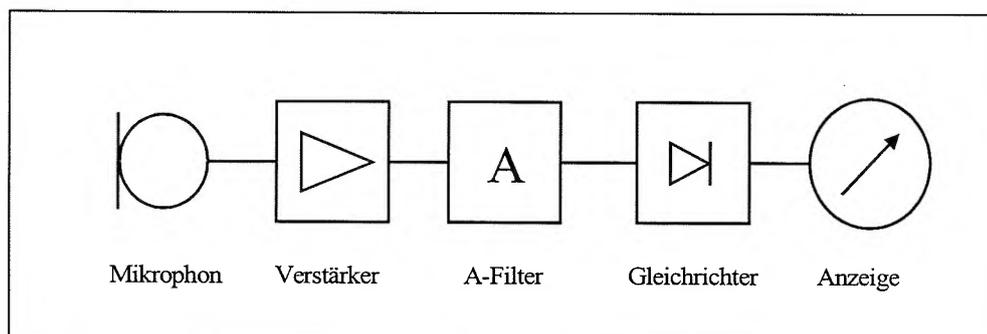


Abbildung 2-5, Blockschaltbild eines Schallpegelmessers

### 2.2.3 Schalldruckpegelberechnung nach DIN ISO 9613-2

Die Berechnungsformel zur Schalldruckpegelberechnung einer Windkraftanlage nach DIN ISO 9613-2 lautet:

$$L_{AT}(DW) = L_{WA} + D_C - A$$

$L_{WA}$ : Schalleistungspegel der Punktschallquelle A-bewertet..

$D_C$ : Richtungskorrektur für die Quelle ohne Richtwirkung (0dB) aber unter Berücksichtigung der Reflexion am Boden  $D_\Omega$ :  $D_C = D_\Omega + 0$   
 Zusätzlich bedingt durch Reflexion am Boden gilt:  
 $D_\Omega = 10 \text{ Lg}(1 + (d_p^2 + (h_s - h_r)^2) / (d_p^2 + (h_s + h_r)^2))$

Mit:

$h_s$ : Höhe der Quelle über dem Grund (Nabenhöhe)  
 $h_r$ : Höhe des Immissionspunktes über Grund  
 $d_p$ : Abstand zwischen Schallquelle und Empfänger projiziert

$A$ : Dämpfung zwischen der Punktquelle (WKA-Gondel) und dem Immissionspunkt, die während der Schallausbreitung vorhanden ist. Sie bestimmt sich aus den folgenden Dämpfungsarten:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

$A_{div}$ : Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung  
 $A_{atm}$ : Dämpfung durch die Luftabsorption  
 $A_{gr}$ : Bodendämpfung  
 $A_{bar}$ : Dämpfung aufgrund der Abschirmung (Schallschutz). In der Regel = 0  
 $A_{misc}$ : Dämpfung aufgrund verschiedener weiterer Effekte (Bewuchs, Bebauung, Industrie). In der Regel = 0

Der Schalleistungspegel von Windkraftanlagen liegt heute im Bereich zwischen 98 dB und 104 dB. Hierbei handelt es sich um einen theoretischen Wert, der sich ergäbe, wenn alle Schallquellen einer Windkraftanlage auf einen Punkt konzentriert würden.

Eine Erläuterung der genauen Vorgehensweise bei der Berechnung des Schallpegels nach der DIN ISO 9613-2 mit Hilfe der Software WINDpro des dänischen Softwareherstellers EMD (Version 2.2.1.12, Modul Decibel) befindet sich im angefügten Auszug aus der Programmdokumentation der Software WINDpro im Anhang.

## 2.3 Schallemissionen von Windkraftanlagen unter bauordnungsrechtlichen Gesichtspunkten<sup>2</sup>

[...] In dem grundrechtrelevanten Bereich des Schutzes vor Lärmemissionen darf nur der Gesetzgeber absolute Grenzwerte festlegen. Die Rechtsqualität demokratisch legitimierter Parlamentsgesetze weisen die technischen Vorschriften augenfällig nicht auf. Somit kommt es auf die Konkretisierung der auch im Baurecht maßgebenden Erheblichkeitsschwelle des § 3 Abs. 1 BImSchG an. Erhebliche Belästigungen oder erhebliche Nachteile liegen danach vor, wenn die Lärmimmissionen einem vernünftigen Dritten anstelle des Lärmbetroffenen nicht zugemutet werden können. Die Bestimmung der Zumutbarkeit beruht dabei auf einer Bewertung der Lärmimmissionen und ihrer Auswirkungen, in die normative als auch faktische Faktoren einzustellen sind.

Bei der Bestimmung von Lärmgrenzwerten für Windkraftanlagen muss dabei eine simple Erkenntnis beachtet werden: Lärmimmissionen solcher Anlagen treten nie in einer unbelasteten (ruhigen) Situation auf, vielmehr lärmt die Anlage nur, wenn der Wind weht - und dieser produziert ebenfalls Geräuschimmissionen. Die Drehgeschwindigkeit des Rotors hängt von der Stärke des Windes ab und somit stehen Geräuschvorbelastung durch den Wind und Lärm der Windkraftanlage in untrennbarem Zusammenhang. Zudem ist festzustellen, dass das Windgeräusch den Lärm des Rotors überdecken kann. Die Lärmimmission durch die aerodynamische Umströmung des Rotors liegt im Grenzbereich von 1.000 Hz und sind als „Zisch“laute dem Windgeräusch ähnlich. [...] Nur soweit mechanische Geräusche des Triebstranges entstehen, können in der natürlichen Umgebung fremde und damit als belästigend empfundene Immissionen auftreten. Damit wird deutlich, dass der sog. Verdeckungseffekt von einer Vielzahl auch konstruktiver Bedingungen abhängt. ein allgemeiner Rechtssatz, dass Lärmimmissionen von Windkraftanlagen wegen des möglichen Verdeckungseffekts grundsätzlich keine den Nachbarn beeinträchtigenden Wirkungen zeitigen können, lässt sich nicht aufstellen.

Soweit eine Verdeckung der Lärmimmissionen durch das Windgeräusch eintritt, ist dies bei der Beurteilung der Zumutbarkeitsgrenze zu berücksichtigen. Hier gilt, dass nicht unzumutbar sein kann, was neben dem natürlichen Geräusch kaum erfahrbar ist.

Im Ergebnis kann im Hinblick auf eine Beeinträchtigung der Nachbarn durch Lärmimmissionen eine Versagung der Baugenehmigung kaum erfolgen. Durch technische Maßnahmen an der Windkraftanlage lassen sich zumeist erhebliche Lärmbeeinträchtigungen vermeiden. Die Verpflichtung, diese durchzuführen, kann dem Betreiber der Windkraftanlage durch Auflagen und sonstige Nebenbestimmungen (§ 36 Abs. 2 VwVfG) auferlegt werden.[...]

---

<sup>2</sup> aus Rechtliche Voraussetzungen und Grenzen der Erteilung von Baugenehmigungen für Windenergieanlagen, Prof. Dr. Albert von Mutius, Ordinarius für öffentliches Recht und Verwaltungslehre sowie Leiter des Lorenz-von-Stein-Instituts für Verwaltungswissenschaften der Universität Kiel

## 3 Schallgutachten

Der Standort

### Hallschlag

befindet sich auf dem Gebiet der Verbandsgemeinde Obere Kryll (Landkreis Daun) auf einer Höhe von ca. 584 m über NN.

Die Umgebung wird überwiegend landwirtschaftlich genutzt.

Bei der Prognose der Schallimmissionen wird die nächstgelegene Wohnbebauung betrachtet. Dies sind mehrere Höfe und Wohngebäude auf dem Gebiet der Verbandsgemeinde Obere Kryll (Landkreis Daun).

Anhand der Prognose der Schallimmissionen wird die Einhaltung der in der Nacht geltenden Richtwerte nach der TA-Lärm (Stand: 26.08.98) überprüft, die deutlich niedriger liegen als die am Tag geltenden Richtwerte. Da die von Windkraftanlagen ausgehenden Geräusche tags und nachts gleich laut sind, erübrigt sich somit die Frage, ob auch die Tagrichtwerte eingehalten werden.

### 3.1 Prognoseverfahren

Die im vorliegenden Gutachten dargestellte Schallimmissionsprognose für eine Windkraftanlage des Typs ENERCON E-66 1800 kW mit einer Nabenhöhe von 65,0 Metern wurde mit Hilfe der Software WINDpro des dänischen Softwareherstellers EMD (Version 2.2.1.12, Modul Decibel) durchgeführt. Diese Software stellt die Implementierung des detaillierten Prognoseverfahrens gemäß TA-Lärm vom 28.08.1998 (A.2.3.1) auf Basis der DIN-ISO 9613-2 dar. Die genaue Beschreibung der implementierten Ausbreitungsrechnung ist dem Auszug aus der Programmdokumentation der Software WINDpro im Anhang zu entnehmen (Berechnung auf Basis von A-bewerteten Schalleistungspegeln und Berechnung auf Basis des Oktavspektrums). Im vorliegenden Fall wurde die Prognoseberechnung auf Basis eines A-bewerteten Schalleistungspegels (keine oktavbezogenen Werte) durchgeführt.

## 3.2 Daten der beurteilten Windkraftanlage

Bei der Prognose des Immissionsverhaltens der geplanten Windkraftanlage des Typs ENERCON E-66 1800 kW, leistungsbegrenzt auf 1200 kW, wurden folgende Berechnungsvoraussetzungen verwendet:

### ENERCON E-66 1800 kW, leistungsbegrenzt auf 1200 kW

- |   |   |
|---|---|
| • <b>Windkraftanlage</b>                        | <b>E-66 1800 kW (ENERCON)<br/>leistungsbegrenzt auf<br/>1200 kW</b> |
| • <b>Rotordurchmesser</b>                       | <b>70 m</b>   |
| • <b>Nabenhöhe:</b>                             | <b>65 m</b>   |
| • <b>Standort (Gauß Krüger):</b>                | <b><sup>25</sup>29969 Rechts<br/><sup>55</sup>79053 Hoch</b>        |
| • <b>Höhenlage des Standorts:</b>               | <b>584 m. ü. NN</b>   |
| • <b>verwendeter Schalleistungspegel</b>        | <b>100,5 dB(A)</b>  |
| • <b>Zuschlag für Ton- und Impulshaltigkeit</b> | <b>0 dB(A)</b>  |

(Schalleistungspegel der ENERCON E-66 1800 kW, leistungsbegrenzt auf 1200 kW, gemäß Kötter, Bericht 25716-1.001 vom 30.11.2001. Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.)

## 3.3 Einwirkungsbereichs-Berechnung

Für die Auswahl der zu betrachtenden Immissionsorte ist der Einwirkungsbereich der geplanten Anlage maßgeblich. D.h. es ist die Wohnbebauung zu beurteilen, die im Einwirkungsbereich der geplanten Anlage liegt.

Gemäß der anzuwendenden TA-Lärm (Stand: 26.08.98) Absatz 2.2 ist der Einwirkungsbereich einer Anlage durch die Fläche bestimmt, in der die von der Anlage ausgehenden Geräusche einen Beurteilungspegel verursachen, der weniger als 10 dB(A) unter dem für die Fläche maßgeblichen Immissionsrichtwert liegt.

Für Dorf- bzw. Mischgebiete sowie für Wohngebäude im Außenbereich gilt der Richtwert von 45 dB(A) in der Nacht. Eine entsprechende Wohnbebauung befindet sich dann im Einwirkungsbereich einer Anlage, wenn die Anlage am Aufpunkt eine Schallimmission von mindestens 35 dB(A) verursacht.

Um festzustellen, welche Immissionsorte im Einwirkungsbereich der geplanten Windkraftanlage liegen, wurde zunächst die Ausbreitung der Schallimmission der geplanten Anlage allein, d.h. ohne Berücksichtigung von Vorbelastungen untersucht.

Die Einwirkungsbereichs-Berechnung ergab folgende durch die geplante Windkraftanlage allein verursachte Schallimmissionen:

Immissionsort	Richtwert	Schallimmissionswert
Zur Kehr 12	45,0 dB(A)	38,0 dB(A)
Siedlung 20	45,0 dB(A)	32,5 dB(A)
Siedlung 10	45,0 dB(A)	32,1 dB(A)
Siedlung 9	45,0 dB(A)	31,2 dB(A)
Zur Kehr 14	45,0 dB(A)	37,5 dB(A)
Zur Kehr 13	45,0 dB(A)	37,3 dB(A)
Zur Kehr 11	45,0 dB(A)	34,3 dB(A)

Die Einwirkungsbereichsberechnung zeigt, dass die Immissionsorte *Siedlung 20*, *Siedlung 10*, *Siedlung 9* und *Zur Kehr 11* **außerhalb des Einwirkungsbereichs** der geplanten Anlage liegt, und daher in diesem Gutachten nicht berücksichtigt werden.

**Im Einwirkungsbereich** der geplanten Windkraftanlage befinden sich die im folgenden näher beschriebenen Aufpunkte:

- Zur Kehr 12
- Zur Kehr 14
- Zur Kehr 13

Alle anderen Wohngebäude in der Umgebung sind weiter vom beurteilten Windkraftanlagenstandort entfernt, so dass die Schallimmissionen, die von der geplanten Anlage verursacht werden, dort im Sinne der TA-Lärm nicht mehr relevant sind.

Die detaillierten Ergebnisse dieser Einwirkungsbereichs-Berechnung sowie eine zugehörige Karte mit Schall-Iso-Linien finden sich im Anhang.

### 3.4 Daten der beurteilten Immissionsorte

Im Folgenden werden die im Einwirkungsbereich der beurteilten Anlage gelegenen Immissionsorte näher beschrieben. Für diese Immissionsorte wird anschließend zunächst die Vorbelastung durch die in der Umgebung bestehenden bzw. weiteren geplanten Windkraftanlagen berechnet und in einem weiteren Schritt die kumulierten Schallimmissionen durch die beurteilte Anlage und die Vorbelastung.

Als maßgeblicher Immissionsort ist laut TA-Lärm (Stand 28.08.1998) Abschnitt 2.3 derjenige Ort zu wählen, an dem eine Überschreitung der Immissionswerte am ehesten zu erwarten ist. Da dieser Punkt eventuell schwierig zu identifizieren ist, wenn mehrere Windkraftanlagen auf ein Gebäude einwirken oder mehrere Gebäude zueinander benachbart sind, bietet das zur Prognose verwendete Programm die Möglichkeit, sogenannte schallkritische Gebiete zu definieren. Für diese Gebiete ermittelt das Programm selbstständig den am stärksten belasteten Punkt und gibt die Koordinaten dieses Punktes in der Berechnungsdokumentation als maßgeblichen Immissionsort an. Aus diesem Grund kann es geschehen, dass für ein schallkritisches Gebiet, in der Einwirkungsbereichsberechnung, der Vorbelastungsrechnung, und der Prognose, je nach Platzierung und Anzahl der auf dieses Gebiet einwirkenden Windkraftanlagen, unterschiedliche Koordinaten angegeben werden. Die in diesem Abschnitt aufgeführten Koordinatenangaben zu den beurteilten Immissionsorten beziehen sich auf das Prognoseergebnis.

Alle betrachteten Immissionsorte liegen im Außenbereich der Verbandsgemeinde Obere Kryll (Landkreis Daun). Dies bedeutet, dass nach der anzuwendenden Norm DIN ISO 9613-2 und der TA-Lärm (Stand: 26.08.1998) ein **Schallimmissionswert von 45 dB(A)** in der Nacht nicht überschritten werden darf.

#### Betrachtete Immissionsorte:

- **Zur Kehr 12**

Der Aufpunkt *Zur Kehr 12* liegt im Südwesten des beurteilten Windkraftanlagenstandortes in einer Entfernung von ca. 396 m auf einer Höhe von ca. 593 m über NN.

- **Zur Kehr 14**

Der Aufpunkt *Zur Kehr 14* liegt im Südwesten des beurteilten Windkraftanlagenstandortes in einer Entfernung von ca. 413 m auf einer Höhe von ca. 595 m über NN.

- **Zur Kehr 13**

Der Aufpunkt *Zur Kehr 13* liegt im Südwesten des beurteilten Windkraftanlagenstandortes in einer Entfernung von ca. 417 m auf einer Höhe von ca. 582 m über NN.

Die folgende Tabelle gibt die Gauß-Krüger-Koordinaten der betrachteten Immissionsorte wieder:

Immissionsort	Gauß-Krüger-Koordinaten		Entfernung vom WKA-Standort in m
	Rechtswert	Hochwert	
Zur Kehr 12	<sup>25</sup> 29801	<sup>55</sup> 78695	396
Zur Kehr 14	<sup>25</sup> 29787	<sup>55</sup> 78682	413
Zur Kehr 13	<sup>25</sup> 29886	<sup>55</sup> 78644	417

### 3.5 Vorbelastung

In der Nähe des Standortes befinden sich 22 weitere geplante, bzw. bereits bestehende Windkraftanlagen. Die von diesen Anlagen verursachten Schallimmissionen werden bei der Beurteilung der Immissionswerte mit berücksichtigt. Es handelt sich um folgende Anlagen:

Bez.	Anlagentyp	Naben höhe (m)	Gauß-Krüger- Koordinaten		Höhe über NN (m)	Schall- leistungs- pegel (dB(A))
			Rechtswert	Hochwert		
WKA 1	SÜDWIND S-70	85,0	<sup>25</sup> 28523	<sup>55</sup> 78998	586	103,7
WKA 2	SÜDWIND S-70	85,0	<sup>25</sup> 28733	<sup>55</sup> 78575	610	103,7
WKA 3	SÜDWIND S-70	85,0	<sup>25</sup> 28648	<sup>55</sup> 78778	599	103,7
WKA 4	DEWIND D6/62	68,5	<sup>25</sup> 28837	<sup>55</sup> 79649	576	98,8
WKA 5	DEWIND D6/62	68,5	<sup>25</sup> 28848	<sup>55</sup> 79018	590	98,8
WKA 6	DEWIND D6/62	68,5	<sup>25</sup> 28856	<sup>55</sup> 79290	580	98,8
WKA 7	DEWIND D6/62	68,5	<sup>25</sup> 29418	<sup>55</sup> 79595	560	98,8
WKA 8	DEWIND D6/62	68,5	<sup>25</sup> 29890	<sup>55</sup> 78980	590	98,8
WKA 9	DEWIND D6/62	68,5	<sup>25</sup> 30294	<sup>55</sup> 77994	601	98,8
WKA 10	ENERCON E-40 500 kW	65,0	<sup>25</sup> 30125	<sup>55</sup> 78140	613	101,0
WKA 11	ENERCON E-40 500 kW	65,0	<sup>25</sup> 30035	<sup>55</sup> 78290	608	101,0
WKA 12	ENERCON E-40 500 kW	65,0	<sup>25</sup> 30165	<sup>55</sup> 79095	580	101,0
WKA 13	ENERCON E-40 500 kW	65,0	<sup>25</sup> 30200	<sup>55</sup> 78885	581	101,0
WKA 14	ENERCON E-40 500 kW	65,0	<sup>25</sup> 29990	<sup>55</sup> 78425	602	101,0
WKA 15	ENERCON E-66 1800 kW	66,5	<sup>25</sup> 29700	<sup>55</sup> 78035	619	103,0
WKA 16	LAGERWEY 18/80	40,0	<sup>25</sup> 29230	<sup>55</sup> 78025	619	101,7
WKA 17	ENERCON E-40 500 kW	65,0	<sup>25</sup> 30715	<sup>55</sup> 78320	596	101,0
WKA 18	DEWIND D4/46	70,0	<sup>25</sup> 30630	<sup>55</sup> 78575	591	98,0
WKA 19	DEWIND D4/46	70,0	<sup>25</sup> 30615	<sup>55</sup> 78790	580	98,0

Bez.	Anlagentyp	Naben höhe (m)	Gauß-Krüger- Koordinaten		Höhe über NN (m)	Schall- leistungs- pegel (dB(A))
			Rechtswert	Hochwert		
WKA 20	NEG MICON 1000/60	70,0	<sup>25</sup> 30991	<sup>55</sup> 78622	581	100,7
WKA 21	ENERCON E-40 600 kW	65,0	<sup>25</sup> 30809	<sup>55</sup> 78742	580	101,0
WKA 22	ENERCON E-40 500 kW	65,0	<sup>25</sup> 30445	<sup>55</sup> 78320	600	101,0

Schalleistungspegel der **SÜDWIND S-70** gemäß, WINDTEST, WT 2055/01 vom 19.12.2001 und WINDTEST SE01009B3 vom 19.09.2001.

Schalleistungspegel der **DEWIND D6/62** gemäß RWTÜV Gutachten 3.3/908/1999 DB 60037 vom 10.11.2000, RWTÜV Gutachten 3.3/908/1999 DB 60036 vom 05.12.2000 und RWTÜV Gutachten 3.3/908/1999 DB 60026 vom 20.11.2001.

Schalleistungspegel der **ENERCON E-40 500 kW** gemäß Kötter, Bericht 23554-2.002 vom 3.3.1998.

Schalleistungspegel der **ENERCON E-66 1800 kW** gemäß WINDTEST, Prüfbericht WT 1618/00 vom 21.12.2000 und die Zusammenfassung der Meßergebnisse WT 1629/01 vom 5.1.2001, Kötter, Bericht 25716-1.001 vom 30.11.2001 und Kötter, Bericht 26207-1.001 vom 28.05.2002.

Schalleistungspegel der **LAGERWEY 18/80** auf Basis einer Vermessung durch DEWI, Auszug aus DEWI Datenblatt Nr.:07/06/01 vom 23.10.1995, für eine Windgeschwindigkeit von 8 m/s in einer Höhe von 10 Metern über Grund. Da der Anlagentyp LAGERWEY 18/80 eine ältere Entwicklung ist, die aktuell nicht mehr zum Lieferprogramm des Herstellers gehört, ist es nicht möglich gewesen, eine Vermessung des Schalleistungspegels für diesen Anlagentyp zu erhalten, die den aktuellen Anforderungen (10 m/s) genügt. Der verwendete Wert von 101,7 dB(A) setzt sich zusammen aus dem **vermessenen Schalleistungspegel von 95,7 dB(A)**, einem **Aufschlag von 3 dB(A)**, zum Ausgleich des Unterschieds der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund zwischen 8 m/s und 10 m/s sowie einem **Zuschlag von weiteren 3 dB(A)**, um eventuelle Ungenauigkeiten zu kompensieren. Der daraus resultierende, verwendete Schalleistungspegel von 101,7 dB(A) ist für eine Windkraftanlage dieser Größenordnung als recht hoch anzusehen, er ist aber gewählt worden, um den von dieser Anlage verursachten Anteil an den zu prognostizierenden Immissionen eher zu überschätzen als zu unterschätzen.

Schalleistungspegel der **DEWIND D4/46** gemäß RWTÜV Gutachten 5.0.3/369/99 vom 27.05.1999.

Schalleistungspegel der **NEG MICON 1000/60** gemäß WINDconsult Berichts-Nr. WICO 01602299 vom 3.5.1999, Windtest Bericht WT 1495/00 vom 9.10.2000 und Windtest Bericht WT 1328/00 vom 18.1.2000.

Schalleistungspegel der **ENERCON E-40 600 kW** gemäß WINDTEST, Prüfbericht WT 1740/01 vom 11.04.2001 bzw. die Zusammenfassung WT 1706/01 vom 21.3.2001, WINDconsult, Bericht WICO 207SE899 vom 13.3.2000 bzw. dessen Nachtrag WICO 207SE899/01 vom 24.8.2000 und WINDconsult, Bericht WICO 287SEA01/01 vom 5.12.2001.

Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.

An den betrachteten Aufpunkten wurde die Vorbelastung durch diese weiteren geplanten bzw. bestehenden Windkraftanlagen berechnet.

Es ergeben sich folgende Schallimmissionen:

<b>Immissionsort</b>	<b>Richtwert</b>	<b>Schallimmissionswert</b>
Zur Kehr 12	45,0 dB(A)	46,8 dB(A)
Zur Kehr 14	45,0 dB(A)	46,7 dB(A)
Zur Kehr 13	45,0 dB(A)	48,4 dB(A)

An den Aufpunkten *Zur Kehr 12*, *Zur Kehr 14* und *Zur Kehr 13* überschreiten die Vorbelastungen den einzuhaltenden Richtwert von 45 dB(A) bereits deutlich.

Der genaue Berechnungsbericht der Vorbelastungsuntersuchung mit zugehöriger Karte mit Schall-Iso-Linien findet sich im Anhang.

In der weiteren Umgebung der beurteilten Windkraftanlage befinden sich - über die Vorbelastung hinaus - weitere 22 Windkraftanlagen. Da die beurteilten Immissionsorte jedoch außerhalb des Einwirkungsbereichs dieser Anlagen liegen, sind diese nicht als Vorbelastung zu berücksichtigen. Das Ergebnis einer Berechnung, welche diesen Umstand belegt, befindet sich im Anhang.

Da die Standortumgebung überwiegend landwirtschaftlich genutzt wird, sind keine weiteren Vorbelastungen durch andere Schallquellen gegeben.

### 3.6 Prognoseergebnis

Es wurde die kumulierte Schallbelastung durch die beurteilte Windkraftanlage und die Vorbelastung berechnet. Unter den genannten Voraussetzungen werden, gemäß der Norm DIN ISO 9613-2 und mit Hilfe der Software WINDpro (Version 2.2.1.12) des dänischen Softwareherstellers EMD, folgende Schalldruckpegel prognostiziert:

Immissionsort	Richtwert	Schallimmissionswert
Zur Kehr 12	45,0 dB(A)	47,4
Zur Kehr 14	45,0 dB(A)	47,2
Zur Kehr 13	45,0 dB(A)	48,7

Am Aufpunkt *Zur Kehr 12* wird der Richtwert von 45 dB(A) mit einem Schallimmissionswert von 47,4 dB(A) erheblich überschritten. Wie in der Vorbelastungsberechnung dargestellt, liegt hier die Vorbelastung bereits bei 46,8 dB(A). Aus der Einwirkungsbereichs-Berechnung ist ersichtlich, dass die geplante Anlage am Aufpunkt *Zur Kehr 12* eine Schallimmission von 38,0 dB(A) verursacht. Damit liegt die Zusatzbelastung durch die beurteilte Windkraftanlage 7,0 dB(A) unter dem maßgeblichen Richtwert von 45,0 dB(A). Gemäß TA-Lärm, Abschnitt 3.2.1., Abs. 2 ist der Immissionsbeitrag der beurteilten Anlage somit als nicht relevant anzusehen.

Am Aufpunkt *Zur Kehr 14* kommt es mit einem Schallimmissionswert von 47,2 dB(A) zu einer Überschreitung des Richtwerts von 45 dB(A). Wie in der Vorbelastungsberechnung dargestellt, liegt hier die Vorbelastung bereits bei 46,7 dB(A). Aus der Einwirkungsbereichs-Berechnung ist ersichtlich, dass die geplante Anlage am Aufpunkt *Zur Kehr 14* eine Schallimmission von 37,5 dB(A) verursacht. Damit liegt die Zusatzbelastung durch die beurteilte Windkraftanlage 7,5 dB(A) unter dem maßgeblichen Richtwert von 45,0 dB(A). Gemäß TA-Lärm, Abschnitt 3.2.1., Abs. 2 ist der Immissionsbeitrag der beurteilten Anlage somit als nicht relevant anzusehen.

Am Aufpunkt *Zur Kehr 13* kommt es mit einem Schallimmissionswert von 48,7 dB(A) zu einer erheblichen Überschreitung des Richtwerts von 45 dB(A). Wie in der Vorbelastungsberechnung dargestellt, liegt hier die Vorbelastung bereits bei 48,4 dB(A). Aus der Einwirkungsbereichs-Berechnung ist ersichtlich, dass die geplante Anlage am Aufpunkt *Zur Kehr 13* eine Schallimmission von 37,3 dB(A) verursacht. Damit liegt die Zusatzbelastung durch die beurteilte Windkraftanlage 7,7 dB(A) unter dem maßgeblichen Richtwert von 45,0 dB(A). Gemäß TA-Lärm, Abschnitt 3.2.1., Abs. 2 ist der Immissionsbeitrag der beurteilten Anlage somit als nicht relevant anzusehen.

Der genaue Berechnungsbericht der Prognose und eine zugehörige Karte mit Schall-Iso-Linien findet sich im Anhang.

## 3.7 Qualität der Prognose

### 3.7.1 Prognoseverfahren

Die Prognose wurde gemäß der Norm DIN ISO 9613-2 mit Hilfe der Software WINDpro (Version 2.2.1.12) erstellt. Diese Berechnung basiert auf vermessenen oder berechneten Schallleistungspegeln, die den FGW-Richtlinien (Technischer Richtlinie zur Bestimmung der Leistungskurve, des Schallleistungspegels und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen, Rev. 13, Stand 01.01.2000, Fördergesellschaft Windenergie e.V., Brunsbüttel) entsprechen.

Bezüglich der Genauigkeit des Prognoseverfahrens gibt die DIN-ISO 9613-2 einen Wert von +/- 3 dB als Maß für die geschätzte Genauigkeit an. Unter der Annahme, dass dieses Maß für die geschätzte Genauigkeit etwa einem Bereich von +/- 2 Standardabweichungen entspricht, ergibt sich eine geschätzte Standardabweichung des Prognosemodells von  $\sigma_{\text{Progn}} = 1,5 \text{ dB}$ .

Die Berechnungsvorschrift zur Bestimmung des Schalldruckpegels einer Windkraftanlage (siehe auch Kapitel 2.2.3 in diesem Bericht) gemäß der Norm DIN ISO 9613-2 enthält in ihrer allgemeinen Form Bestandteile, die als Dämpfungsmaße bezeichnet werden. Diese Dämpfungsmaße beschreiben die Reduzierung der Schallemissionen zwischen dem Emissionsort und dem Immissionsort. Diese Dämpfung ergibt sich aufgrund der geometrischen Ausbreitung, der Luftabsorption und der Bodendämpfung. Diese Dämpfungsmaße ( $A_{\text{div}}$ ,  $A_{\text{atm}}$ , und  $A_{\text{gr}}$ ) wurden, wie in Kapitel 2.2.3 dieser Ausarbeitung beschrieben, in der hier durchgeführten Prognose berücksichtigt.

Darüber hinaus gibt es eine Dämpfung durch den Bewuchs (Bewuchsdämpfung) und die Bebauung (Bebauungsdämpfung), die sich zwischen dem bewerteten Aufpunkt und der Schallquelle am Boden befinden sowie eine Dämpfung aufgrund von Abschirmung. Bei der hier durchgeführten Prognose sind diese Dämpfungsmaße ( $A_{\text{bar}}$  und  $A_{\text{misc}}$ ) unberücksichtigt geblieben (s. Kapitel 2.2.3 dieser Ausarbeitung sowie Auszug aus der Programmdokumentation der Software WINDpro, S. 333 ff.). D.h. es wird angenommen, dass keine Dämpfung durch Bewuchs, Bebauung oder Abschirmung vorhanden ist.

Aufgrund dieser Nicht-Berücksichtigung der genannten Dämpfungsmaße ist davon auszugehen, dass die in diesem Gutachten prognostizierten Werte höher liegen als die an den Aufpunkten tatsächlich auftretenden Immissionen.

Der Haupteinflussfaktor bei der Berechnungsvorschrift zur Bestimmung des Schalldruckpegels einer Windkraftanlage an einem Immissionsort ist der verwendete Schallleistungspegel der Windkraftanlage. Dieser Wert wird durch Vermessung einer bestehenden Windkraftanlage bestimmt. Während der Messung muss eine Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 Metern Höhe über Grund herrschen.

### 3.7.2 Vermessungsberichte

Für die geplante Windkraftanlage des Typs **ENERCON E-66 1800 kW**, **leistungsbegrenzt auf 1200 kW**, liegt das Ergebnis folgender Vermessung gemäß FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie zur Bestimmung der Leistungskurve, des Schallleistungspegels und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen, Rev. 13, Stand 01.01.2000, Brunsbüttel, Fördergesellschaft Windenergie e.V.) vor:

- Kötter, Bericht 25716-1.001 vom 30.11.2001. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage einen Schallleistungspegel von 100,5 dB(A). Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.

Für die geplante Windkraftanlage des Typs **SÜDWIND S-70** mit einer Nabhöhe von 85,0 m liegen die Ergebnisse zweier Vermessungen gemäß FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie zur Bestimmung der Leistungskurve, des Schallleistungspegels und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen, Rev. 13, Stand 01.01.2000, Brunsbüttel, Fördergesellschaft Windenergie e.V.) vor:

- WINDTEST, WT 2055/01 vom 19.12.2001. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage einen Schallleistungspegel von 103,6 dB(A). Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.
- WINDTEST SE01009B3 vom 19.09.2001. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage einen Schallleistungspegel von 103,7 dB(A). Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.

Für die Windkraftanlagen des Typs **DEWIND D6/62** mit einer Nabhöhe von 68,5 Metern liegen die Ergebnisse dreier Vermessungen vor:

- RWTÜV Gutachten 3.3/908/1999 DB 60037 vom 10.11.2000. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage einen Schallleistungspegel von 98,1 dB(A). Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.
- RWTÜV Gutachten 3.3/908/1999 DB 60036 vom 05.12.2000. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage einen Schallleistungspegel von 98,2 dB(A). Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.
- RWTÜV Gutachten 3.3/908/1999 DB 60026 vom 20.11.2001. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage einen Schallleistungspegel von 99,8 dB(A). Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.

Es wird davon ausgegangen, dass sich der Schallleistungspegel bei einer anderen Nabhöhe der Windkraftanlage nur geringfügig ändert.

Für die Windkraftanlage des Typs **ENERCON E-40 500 kW** mit einer Nabenhöhe von 65,0 liegt das Ergebnis einer Vermessung vor:

- Kötter Consulting Engineers, Rheine, Schalltechnischer Bericht Nr. 23554-2.002 vom 03.03.1998. Dieser Bericht ergibt für eine Nabenhöhe von 65 m einen Schalleistungspegel von 100,2 dB(A). Es ist kein Ton- oder Impulshaltigkeitszuschlag anzusetzen.

Auf Grund dieser Vermessung garantiert der Hersteller der Windkraftanlage einen Schalleistungspegel von 101,0 dB(A). Da der garantierte Schalleistungspegel über dem vermessenen Schalleistungspegel liegt, wurde in diesem Gutachten der garantierte Wert zu Grunde gelegt.

Für Windkraftanlagen des Typs **ENERCON E-66 1800 kW** liegen die Ergebnisse der folgenden drei Vermessungen gemäß FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie zur Bestimmung der Leistungskurve, des Schalleistungspegels und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen, Rev. 13, Stand 01.01.2000, Brunsbüttel, Fördergesellschaft Windenergie e.V.) vor:

- WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, Prüfbericht WT 1618/00 vom 25.10.2000 sowie die Zusammenfassung der Messergebnisse WT 1629/01 vom 05.01.2001. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage mit einer Nabenhöhe von 98,0 m einen Schalleistungspegel von 102,7 dB(A).
- KÖTTER Consulting Engineers, Rheine, Prüfbericht 25716-1.001 vom 30.11.2001. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage bei einer Nabenhöhe von 98,0 m einen Schalleistungspegel von 103,0 dB(A).
- KÖTTER Consulting Engineers, Rheine, Prüfbericht 26207-1.001 vom 28.05.2002. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage bei einer Nabenhöhe von 98,0 m einen Schalleistungspegel von 103,0 dB(A).

Auf Grund dieser Vermessungen garantiert der Hersteller der Windkraftanlage einen Schalleistungspegel von 103,0 dB(A). Es ist kein Ton- oder Impulshaltigkeitszuschlag anzusetzen.

Für die bestehende Windkraftanlage des Typs **LAGERWEY 18/80** liegt das Ergebnis folgender Vermessung vor:

- DEWI, Auszug aus DEWI Datenblatt Nr.:07/06/01 vom 23.10.1995, für eine Windgeschwindigkeit von 8 m/s in einer Höhe von 10 Metern über Grund. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage einen Schalleistungspegel von 95,7 dB(A). Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.

Da der Anlagentyp LAGERWEY 18/80 eine ältere Entwicklung ist, die aktuell nicht mehr zum Lieferprogramm des Herstellers gehört, ist es nicht möglich gewesen, eine Vermessung des Schalleistungspegels für diesen Anlagentyp zu erhalten, die den aktuellen Anforderungen (10 m/s) genügt. Der verwendete Wert von 101,7 dB(A) setzt sich zusammen aus dem vermessenen Schalleistungspegel von 95,7 dB(A), einem Aufschlag von 3 dB(A), zum Ausgleich des Unterschieds der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund

zwischen 8 m/s und 10 m/s sowie einem Zuschlag von weiteren 3 dB(A), um eventuelle Ungenauigkeiten zu kompensieren.

Der daraus resultierende, verwendete Schallleistungspegel von 101,7 dB(A) ist für eine Windkraftanlage dieser Größenordnung als recht hoch anzusehen, er ist aber gewählt worden, um den von dieser Anlage verursachten Anteil an den zu prognostizierenden Immissionen eher zu überschätzen als zu unterschätzen.

Für die geplante Windkraftanlage des Typs **DEWIND D4/46** mit einer Nabenhöhe von 70,0 m liegt das Ergebnis einer Vermessung gemäß FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie zur Bestimmung der Leistungskurve, des Schallleistungspegels und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen, Rev. 13, Stand 01.01.2000, Brunsbüttel, Fördergesellschaft Windenergie e.V.) vor:

- RWTÜV Gutachten 5.0.3/369/99 vom 27.05.1999. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage einen maximalen Schallleistungspegel von 98,0 dB(A). Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.

Für die Windkraftanlagen des Typs **ENERCON E-40 600 kW** liegen die Ergebnisse folgender drei Vermessungen gemäß FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie zur Bestimmung der Leistungskurve, des Schallleistungspegels und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen, Rev. 13, Stand 01.01.2000, Brunsbüttel, Fördergesellschaft Windenergie e.V.) vor:

- WIND-consult, Bargeshagen, Schalltechnischer Bericht WICO 207SE899 vom 27.3.2000. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage mit einer Nabenhöhe von 78,0 m einen Schallleistungspegel von 100,8 dB(A). Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.
- WINDTEST, Kaiser-Wilhelm-Koog, Schalltechnischer Bericht WT 1740/01 vom 11.04.2001. Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage mit einer Nabenhöhe von 78,0 m einen Schallleistungspegel von 100,8 dB(A). Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.
- WIND-consult, Bargeshagen, Schalltechnischer Bericht WICO 287SEA01/01 vom 05.12.2001 Gemäß dieser Vermessung hat die Anlage mit einer Nabenhöhe von 78,0 m einen Schallleistungspegel von 100,1 dB(A). Es sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.

Aufgrund dieser Vermessungen garantiert der Hersteller einen Schallleistungspegel von 101,0 dB(A). Da der vom Hersteller garantierte Wert höher liegt als die vermessenen, ist dieser im Gutachten verwendet worden.

Sämtliche genannten Messungen wurden unter typischen Bedingungen, entsprechend dem Messverfahren der DIN-EN61400-11 und unter Berücksichtigung der Randbedingungen der FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie zur Bestimmung der Leistungskurve, der Schallemissionswerte und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen, Brunsbüttel,

01.10.1998) durchgeführt. Das Messverfahren ist somit durch eine Standardabweichung von  $\sigma_R = 0,5 \text{ dB(A)}$  gekennzeichnet.

### 3.7.3 Auswirkung der Produktionsstreuung

Für die Anlagentypen **ENERCON E-66 1800 kW, leistungsbegrenzt auf 1200 kW, SÜDWIND S-70, LAGERWEY 18/80, ENERCON E-40 500 kW** und **DEWIND D4/46** wird die *Unsicherheit der Produktionsstreuung* gemäß der Empfehlung „Schallimmissionsschutz in Genehmigungsverfahren von Windenergieanlagen – Empfehlung des Arbeitskreises Geräusche von Windenergieanlagen, Oktober 1999“ mit 2 dB(A) angegeben, da derzeit eine bzw. zwei Vermessungen gemäß FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie zur Bestimmung der Leistungskurve, des Schalleistungspegels und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen, Rev. 13, Stand 01.01.2000, Brunsbüttel, Fördergesellschaft Windenergie e.V.) vorliegen.

Unter dieser Voraussetzung und unter Annahme eines 95% Konfidenzintervalls ergibt sich die Standardabweichung, welche die Serienstreuung der Emissionsdaten beschreibt mit:  $\sigma_P = 1,2 \text{ dB}$ .

Wie in Kapitel 3.7.2 ausgeführt, liegen für die Anlagentypen **DEWIND D6/62, ENERCON E-66 1800 kW, NEG MICON 1000/60** und **ENERCON E-40 600 kW** jeweils drei Vermessungen gemäß FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie zur Bestimmung der Leistungskurve, des Schalleistungspegels und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen, Rev. 13, Stand 01.01.2000, Brunsbüttel, Fördergesellschaft Windenergie e.V.) vor.

Zur Bestimmung des Sicherheitszuschlages für die Serienstreuung einer 3fach vermessenen Windenergieanlage wird der Arbeitsentwurf der EN 50376 *Declaration of sound power level and tonality values of wind turbines* herangezogen. Gemäß dieser Norm berechnet sich die Standardabweichung  $\sigma_P = s$  wie folgt:

$$\bar{L}_w = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L}_w)^2}$$

Unter Verwendung der in Kapitel 3.7.2 genannten Vermessungswerte ergibt sich somit für den Anlagentyp **DEWIND D6/62** eine *Unsicherheit der Produktionsstreuung* von  $\sigma_P = 0,95 \text{ dB(A)}$ .

Unter Verwendung der in Kapitel 3.7.2 genannten Vermessungswerte ergibt sich somit für den Anlagentyp **ENERCON E-66 1800 kW** eine *Unsicherheit der Produktionsstreuung* von  $\sigma_P = 0,17 \text{ dB(A)}$ .

Unter Verwendung der in Kapitel 3.7.2 genannten Vermessungswerte ergibt sich somit für den Anlagentyp **NEG MICON 1000/60** eine *Unsicherheit der Produktionsstreuung* von  $\sigma_P = 0,17 \text{ dB(A)}$ .

Unter Verwendung der in Kapitel 3.7.2 genannten Vermessungswerte ergibt sich somit für den Anlagentyp **ENERCON E-40 600 kW** eine *Unsicherheit der Produktionsstreuung* von  $\sigma_P = 0,41 \text{ dB(A)}$ .

### 3.7.4 Gesamtunsicherheit der Prognoseergebnisse

Bezüglich der Genauigkeit des Prognoseverfahrens gibt die DIN-ISO 9613-2 einen Wert von  $\pm 3 \text{ dB}$  als Maß für die geschätzte Genauigkeit an. Unter der Annahme, dass dieses Maß für die geschätzte Genauigkeit etwa einem Bereich von  $\pm 2$  Standardabweichungen entspricht, ergibt sich eine geschätzte Standardabweichung des Prognosemodells von  $\sigma_{\text{Progn}} = 1,5 \text{ dB}$ .

Wie in Kapitel 3.7.2 dieses Gutachtens dargestellt, wird in Bezug auf die geplanten Anlagen des Typs **ENERCON E-66 1800 kW, leistungsbegrenzt auf 1200 kW, SÜDWIND S-70, LAGERWEY 18/80, ENERCON E-40 500 kW, DEWIND D4/46, DEWIND D6/62, ENERCON E-66 1800 kW, NEG MICON 1000/60 und ENERCON E-40 600 kW** die Messunsicherheit mit  $\sigma_R = 0,5 \text{ dB}$  angegeben.

Wie in Kapitel 3.7.3 dieses Gutachtens ausgeführt, wird in Bezug auf die Anlagentypen **ENERCON E-66 1800 kW, leistungsbegrenzt auf 1200 kW, SÜDWIND S-70, LAGERWEY 18/80, ENERCON E-40 500 kW und DEWIND D4/46** die Unsicherheit durch die Produktionsstreuung mit  $2 \text{ dB(A)}$  angenommen. Unter dieser Voraussetzung und unter der Annahme eines 95% Konfidenzintervalls ergibt sich die Standardabweichung, welche die Serienstreuung der Emissionsdaten beschreibt, mit:  $\sigma_P = 1,2 \text{ dB}$ .

Es ergeben sich folgende Werte, die zur Berechnung der Gesamtunsicherheit der Prognose in diesem Gutachten zu berücksichtigen sind:

Variable	Beschreibung	Wert
$\sigma_R$	Messungengenauigkeit	<b>0,5 dB</b>
$\sigma_P$	Ungenauigkeit durch Serienstreuung	<b>1,2 dB</b>
$\sigma_{\text{Progn}}$	Unsicherheit des Prognoseverfahrens	<b>1,5 dB</b>

Die Unsicherheit der gesamten Prognose wird unter den genannten Voraussetzungen durch folgende Standardabweichung beschrieben:

$$\sigma_{\text{ges}} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2 + \sigma_{\text{Progn}}^2} = \sqrt{0,5^2 + 1,2^2 + 1,5^2} = 1,98 \text{ dB}$$

Die obere Vertrauensbereichsgrenze der Prognosewerte kann durch folgende Gleichung bestimmt werden:

$$L_0 = L_m + z * \sigma_{\text{ges}}$$

$L_m$  : prognostizierter Immissionswert

$z$  : Standardnormalvariable

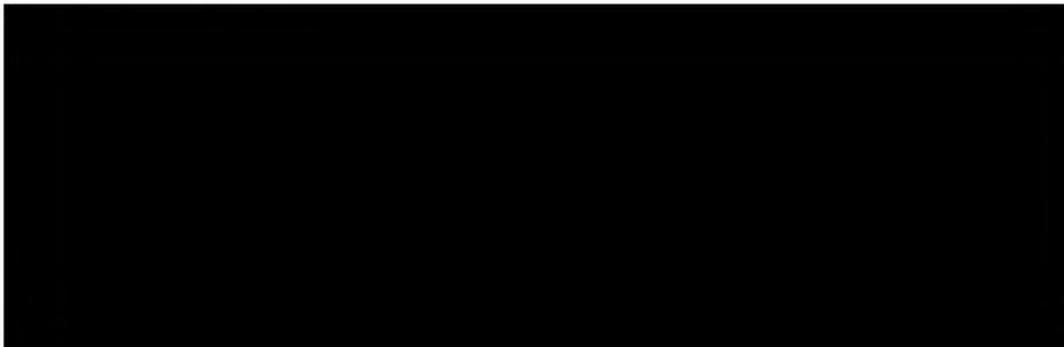
Wird bei dieser Berechnung von normalverteilten Prognosefehlern und einem Konfidenzintervall von 90% ausgegangen (Standardnormalvariable  $z = 1,28$ ), so wird der Schallimmissionswert dann sicher eingehalten, wenn der prognostizierte Immissionswert  $1,28 * 1,98 \text{ dB} = 2,5 \text{ dB}$  unter dem maßgeblichen Richtwert der TA-Lärm liegt.

## 4 Abschlusserklärung

Es wird versichert, dass die vorliegenden Ermittlungen unparteiisch, gemäß dem Stand der Technik und nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt wurden. Die Datenerfassung, die zu diesem Gutachten geführt hat, wurde mit größtmöglicher Sorgfalt vorgenommen, alle Berechnungen mehrfach kontrolliert.

Die Berechnungen wurden gemäß der deutschen Norm DIN-ISO 9613-2 und der TA-Lärm vom 26.08.99 mit der Software WINDpro (Version 2.2.1.12, Modul Decibel) durchgeführt.

20. Dezember 2002



## 5 Anhang

Es folgen:

- Die detaillierten Berechnungsberichte für die Einwirkungsbereichs-Berechnung, die Vorbela-stungsuntersuchung und die Prognose sowie die Einwirkungsbereichs-Berechnung für die weiteren nicht als Vorbelastung zu beurteilenden Windkraftanlagen
- Karten mit ISO-Schalllinien für die Einwirkungsbereichs-Berechnung, die Vorbela-stungsuntersuchung und die Prognose sowie die Einwirkungsbereichs-Berechnung für die weiteren nicht als Vorbelastung zu beurteilenden Windkraftanlagen
- Kopien der Unterlagen, die zur Bestimmung der Schalleistungspegel der bestehenden und geplanten Windkraftanlagen benutzt worden sind. Es handelt sich um folgende Typen:
  - ENERCON E-66 1800 kW  
leistungsbegrenzt auf 1200 kW
  - SÜDWIND S-70
  - DEWIND D6/62
  - ENERCON E-40 500 kW
  - ENERCON E-66 1800 kW
  - LAGERWEY 18/80
  - DEWIND D4/46
  - NEG MICON 1000/60
  - ENERCON E-40 600 kW
- Auszug aus der Programmdokumentation der Software WINDpro

Projekt: **Hallschlag**  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 11:57 / 1  
 Lizenzierter Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063  
 Berechnet:  
 16.12.02 11:03/2.2.1.12

**DECIBEL - Hauptergebnis**

**Berechnung: Einwirkungsbereich 1 x E-66 (reduziert auf 1200 kW)**

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

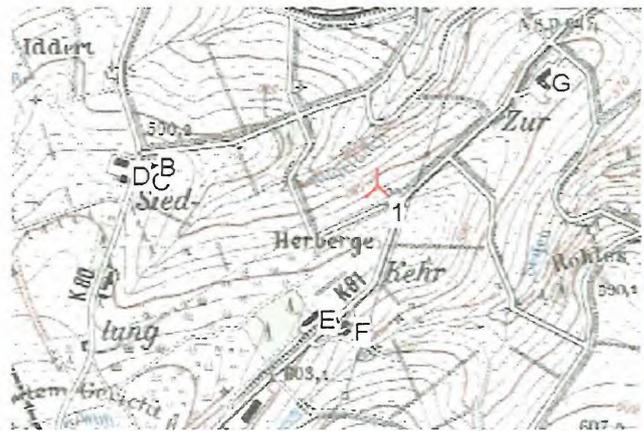
Die Berechnung basiert auf der internationalen Norm "ISO 9613-2 Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors"

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe: 10,0 m/s  
 Faktor für Meteorologischer Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die derzeit gültigen Immissionsrichtwerte richten sich nach der TA-Lärm jeweils für die entsprechenden Nachtwerte:

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

Liegen Einzeltöne (Ton-/Impulshaltigkeit) bei einzelnen WKA vor, wird für die WKA ein Zuschlag je nach Auffälligkeit von 0 dB, 3 dB oder 6 dB angesetzt.



Maßstab 1:20.000  
 Neue WKA  
 Schallkritisches Gebiet

**WKA**

GK Zone: 2		WKA Typ				Schallwerte				LWA, Ref. Einzeltöne Oktavbandabh. Daten			
Ost	Nord	Z	Reihendaten/ Beschreibung	Aktuell Hersteller Typ	Leistung Rotord.	Höhe	Erzeuger Name						
[m]			[m]		[kW]	[m]	[m]	USER	Benutzerdefiniert	[dB(A)]	Nein	Nein	
1 2.529.969	5.579.053	584	E-66, Klein	Ja ENERCON E-66	1200 kW	1.800	70,0	65,0	USER	Benutzerdefiniert	100,5	Nein	Nein

**Berechnungsergebnisse**

**Beurteilungspegel**

Schallkritisches Gebiet GK Zone: 2			Anforderungen Beurteilungspegel Anforderungen erfüllt?				
Bez.	Name	Ost	Nord	Z	Schall [dB(A)]	Berechnet [dB(A)]	Schall
		[m]					
A	Zur Kehr 12	2.529.801	5.578.695	593	45,0	38,0	Ja
B	Siedlung 20	2.529.343	5.579.101	588	45,0	32,5	Ja
C	Siedlung 10	2.529.324	5.579.059	589	45,0	32,1	Ja
D	Siedlung 9	2.529.268	5.579.074	593	45,0	31,2	Ja
E	Zur Kehr 14	2.529.787	5.578.682	595	45,0	37,5	Ja
F	Zur Kehr 13	2.529.886	5.578.644	582	45,0	37,3	Ja
G	Zur Kehr 11	2.530.417	5.579.350	580	45,0	34,3	Ja

**Abstände (m)**

SKG	WKA
1	1
A	396
B	627
C	645
D	701
E	413
F	417
G	538

Projekt: Hallschlag  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 11:57 / 2  
 Lizensierter Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063

Berechnet:  
 16.12.02 11:03/2.2.1.12

## DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

**Berechnung:** Einwirkungsbereich 1 x E-66 (reduziert auf 1200 kW)

### Voraussetzungen

Beurteilungspegel  $L(DW) = LWA_{ref} + K + Dc - (Adiv + Aatm + Agr + Abar + Amisc) - Cmet$   
 (wenn mit Bodendämpfung gerechnet wird, dann ist  $Dc = Domega$ )

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

### Berechnungsergebnisse

#### Schallkritisches Gebiet: Zur Kehr 12

##### WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	396	399	38,03	100,5	2,99	63,02	0,76	1,69	0,00	0,00	65,46	0,00

Summe 38,03

#### Schallkritisches Gebiet: Siedlung 20

##### WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	627	630	32,46	100,5	3,00	66,99	1,20	2,86	0,00	0,00	71,04	0,00

Summe 32,46

#### Schallkritisches Gebiet: Siedlung 10

##### WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	645	647	32,14	100,5	3,00	67,22	1,23	2,91	0,00	0,00	71,36	0,00

Summe 32,14

#### Schallkritisches Gebiet: Siedlung 9

##### WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	701	703	31,16	100,5	3,00	67,94	1,34	3,07	0,00	0,00	72,34	0,00

Summe 31,16

#### Schallkritisches Gebiet: Zur Kehr 14

##### WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	413	416	37,51	100,5	2,99	63,38	0,79	1,82	0,00	0,00	65,98	0,00

Projekt: Hallschlag  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 11:57 / 3  
 Lizensierter Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063

Berechnet:  
 16.12.02 11:03/2.2.1.12

**DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse**

**Berechnung:** Einwirkungsbereich 1 x E-66 (reduziert auf 1200 kW)

Summe 37,51

**Schallkritisches Gebiet: Zur Kehr 13**

**WKA**

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet	
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	
1	417	422	37,33	100,5	2,99	63,50	0,80	1,86	0,00	0,00	66,17	0,00

Summe 37,33

**Schallkritisches Gebiet: Zur Kehr 11**

**WKA**

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet	
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	
1	538	541	34,27	100,5	3,00	65,67	1,03	2,53	0,00	0,00	69,23	0,00

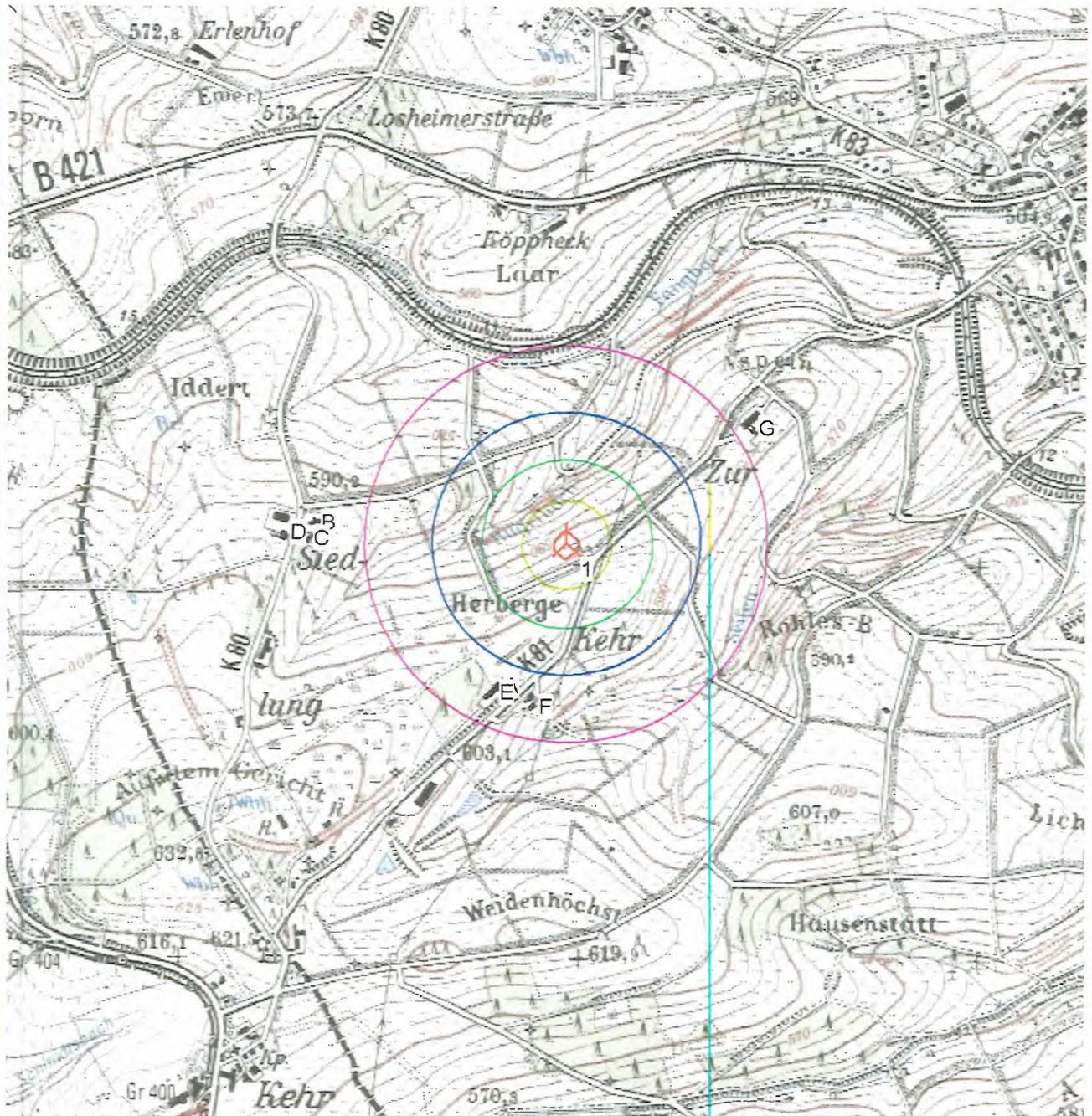
Summe 34,27

Projekt: Hallschlag  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 11:57 / 4  
 Lizenziertes Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063  
 Berechnet:  
 16.12.02 11:03/2.2.1.12

**DECIBEL - Losheim\_25000**

Berechnung: Einwirkungsbereich 1 x E-66 (reduziert auf 1200 kW) Datei: Losheim\_25000.bmi



0 250 500 750 1000m  
 Karte: Losheim\_25000 , Druckmaßstab 1:15.000, Kartenzentrum GK Zone: 2 Ost: 2.529.965 Nord: 5.579.054  
 ▲ Neue WKA      ▣ Schallkritisches Gebiet  
 Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt  
 — 35 dB(A)      — 40 dB(A)      — 45 dB(A)      — 50 dB(A)      — 55 dB(A)

Projekt: **Hallschlag**  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 12:01 / 1

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

Berechnet:  
 16.12.02 10:50/2.2.1.12

## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Vorbelastung

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

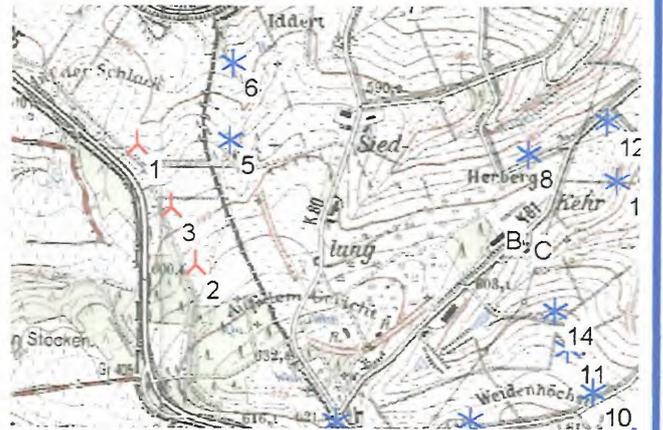
Die Berechnung basiert auf der internationalen Norm "ISO 9613-2 Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors"

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe: 10,0 m/s  
 Faktor für Meteorologischer Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die derzeit gültigen Immissionsrichtwerte richten sich nach der TA-Lärm jeweils für die entsprechenden Nachtwerte:

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

Liegen Einzeltöne (Ton-/Impulshaltigkeit) bei einzelnen WKA vor, wird für die WKA ein Zuschlag je nach Auffälligkeit von 0 dB, 3 dB oder 6 dB angesetzt.



Maßstab 1:25.000  
 ▲ Neue WKA    ★ Existierende WKA    ◻ Schallkritisches Gebiet

### WKA

GK Zone: 2	GK Zone: 2			Reihendaten/ Beschreibung	WKA Typ		Typ	Leistung	Schallwerte		Name	LWA, Ref.	Einzeltöne	Oktavbandabh. Daten	
	Ost	Nord	Z		Aktuell	Hersteller			Rotord.	Höhe					Erzeuger
1	2.528.523	5.578.998	586	WKA 4	Ja	SÜDWIND	S-70	1.500	70,0	85,0	USER	Benutzerdefiniert	103,7	Nein	Nein
2	2.528.733	5.578.575	610	WKA 6	Ja	SÜDWIND	S-70	1.500	70,0	85,0	USER	Benutzerdefiniert	103,7	Nein	Nein
3	2.528.648	5.578.778	599	WKA 5	Ja	SÜDWIND	S-70	1.500	70,0	85,0	USER	Benutzerdefiniert	103,7	Nein	Nein
4	2.528.837	5.579.649	576	WEA 1	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
5	2.528.848	5.579.018	590	WEA 10	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
6	2.528.856	5.579.290	580	WEA 11	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
7	2.529.418	5.579.595	560	WEA 12	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
8	2.529.890	5.578.980	590	WEA 13	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
9	2.530.294	5.577.994	601	WEA 14	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
10	2.530.125	5.578.140	613	WEA 15	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
11	2.530.035	5.578.290	608	WEA 16	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
12	2.530.165	5.579.095	580	WEA 17	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
13	2.530.200	5.578.885	581	WEA 18	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
14	2.529.990	5.578.425	602	WEA 19	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
15	2.529.700	5.578.035	619	WEA 21	Ja	ENERCON	E-66/18.70	1.800	70,0	66,5	USER	Benutzerdefiniert	103,0	Nein	Nein
16	2.529.230	5.578.025	619	WEA 22	Nein	LAGERWEY		80	18,0	40,0	USER	Benutzerdefiniert	101,7	Nein	Nein
17	2.530.715	5.578.320	596	WEA 23	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
18	2.530.630	5.578.575	591	WEA 24	Ja	DEWIND	D4/46	600	46,0	70,0	USER	Benutzerdefiniert	98,0	Nein	Nein
19	2.530.615	5.578.790	580	WEA 25	Ja	DEWIND	D4/46	600	46,0	70,0	USER	Benutzerdefiniert	98,0	Nein	Nein
20	2.530.991	5.578.622	581	WEA 31	Ja	NEG MICON	NM1000-60	1.000/250	60,0	70,0	USER	Benutzerdefiniert	100,7	Nein	Nein
21	2.530.809	5.578.742	580	WEA 35	Ja	ENERCON	E-40/6.44	600	44,0	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
22	2.530.445	5.578.320	600	WEA 36	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein

### Berechnungsergebnisse

#### Beurteilungspegel

Bez.	Name	GK Zone: 2			Anforderungen Beurteilungspegel Anforderungen erfüllt?		
		Ost	Nord	Z	Schall [dB(A)]	Berechnet [dB(A)]	Schall
	A Zur Kehr 12	2.529.807	5.578.688	593	45,0	46,8	Nein
	B Zur Kehr 14	2.529.794	5.578.673	595	45,0	46,7	Nein
	C Zur Kehr 13	2.529.882	5.578.628	582	45,0	48,4	Nein

#### Abstände (m)

WKA	Schallkritisches Gebiet		
	A	B	C
1	1307	1284	1402
2	1066	1033	1146
3	1148	1120	1237
4	1354	1353	1452

Projekt:

Hallschlag

Beschreibung:

121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite

16.12.02 12:01 / 2

Lizenzierter Anwender:

SOLVENT-Planungsbüro für Reg.

Lünener Straße 211

D-59174 Kamen

+49 2307 240063

Berechnet:

16.12.02 10:50/2.2.1.12

**DECIBEL - Hauptergebnis**

Berechnung: Vorbelastung

## Schallkritisches Gebiet

WKA	A	B	C
5	1000	981	1098
6	1113	1103	1213
7	978	984	1060
8	299	315	336
9	847	843	756
10	632	626	545
11	457	451	371
12	541	559	530
13	440	458	395
14	320	316	230
15	655	623	620
16	870	828	888
17	980	986	882
18	831	842	740
19	815	829	739
20	1186	1198	1099
21	1004	1017	923
22	737	741	637

Projekt: **Hallschlag**  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 12:01 / 3  
 Lizenziertes Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063

Berechnet:  
 16.12.02 10:50/2.2.1.12

**DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse**

**Berechnung:** Vorbelastung

**Voraussetzungen**

Beurteilungspegel L(DW) = LWA,ref + K + Dc - (Adiv + Aatm + Agr + Abar + Amisc) - Cmet  
 (wenn mit Bodendämpfung gerechnet wird, dann ist Dc = Domega)

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

**Berechnungsergebnisse**

**Schallkritisches Gebiet: Zurkehr 12**

**WKA**

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	1.320	1.322	27,14	103,7	3,01	73,43	2,51	3,63	0,00	0,00	79,57	0,00
2	1.079	1.084	29,58	103,7	3,01	71,70	2,06	3,37	0,00	0,00	77,12	0,00
3	1.162	1.165	28,70	103,7	3,01	72,33	2,21	3,47	0,00	0,00	78,01	0,00
4	1.365	1.366	21,63	98,8	3,01	73,71	2,60	3,87	0,00	0,00	80,18	0,00
5	1.014	1.016	25,20	98,8	3,01	71,13	1,93	3,55	0,00	0,00	76,61	0,00
6	1.125	1.126	23,96	98,8	3,01	72,03	2,14	3,67	0,00	0,00	77,85	0,00
7	987	987	25,53	98,8	3,01	70,89	1,88	3,51	0,00	0,00	76,27	0,00
8	304	310	39,84	98,8	2,98	60,82	0,59	0,53	0,00	0,00	61,94	0,00
9	848	851	27,29	98,8	3,01	69,60	1,62	3,30	0,00	0,00	74,52	0,00
10	634	639	32,79	101,0	3,00	67,11	1,21	2,89	0,00	0,00	71,21	0,00
11	459	465	36,62	101,0	3,00	64,35	0,88	2,14	0,00	0,00	67,38	0,00
12	542	544	34,71	101,0	3,00	65,72	1,03	2,54	0,00	0,00	69,29	0,00
13	440	443	37,23	101,0	3,00	63,92	0,84	2,00	0,00	0,00	66,77	0,00
14	321	328	41,06	101,0	2,98	61,32	0,62	0,98	0,00	0,00	62,92	0,00
15	662	668	34,32	103,0	3,00	67,49	1,27	2,93	0,00	0,00	71,69	0,00
16	879	881	29,22	101,7	3,01	69,90	1,67	3,91	0,00	0,00	75,49	0,00
17	980	982	27,73	101,0	3,01	70,84	1,87	3,57	0,00	0,00	76,28	0,00
18	831	834	26,77	98,0	3,01	69,42	1,58	3,24	0,00	0,00	74,24	0,00
19	815	817	27,01	98,0	3,01	69,24	1,55	3,20	0,00	0,00	74,00	0,00
20	1.186	1.187	25,25	100,7	3,01	72,49	2,26	3,71	0,00	0,00	78,46	0,00
21	1.004	1.005	27,46	101,0	3,01	71,04	1,91	3,60	0,00	0,00	76,55	0,00
22	737	740	31,06	101,0	3,01	68,38	1,41	3,15	0,00	0,00	72,94	0,00

Summe 46,83

**Schallkritisches Gebiet: Zurkehr 14**

**WKA**

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	1.312	1.314	27,22	103,7	3,01	73,37	2,50	3,62	0,00	0,00	79,49	0,00
2	1.065	1.070	29,74	103,7	3,01	71,58	2,03	3,35	0,00	0,00	76,96	0,00
3	1.151	1.154	28,82	103,7	3,01	72,24	2,19	3,45	0,00	0,00	77,89	0,00
4	1.367	1.367	21,62	98,8	3,01	73,72	2,60	3,87	0,00	0,00	80,19	0,00
5	1.007	1.008	25,28	98,8	3,01	71,07	1,92	3,54	0,00	0,00	76,53	0,00
6	1.123	1.124	23,99	98,8	3,01	72,01	2,13	3,67	0,00	0,00	77,82	0,00
7	996	996	25,43	98,8	3,01	70,96	1,89	3,52	0,00	0,00	76,38	0,00
8	322	327	39,10	98,8	2,98	61,29	0,62	0,77	0,00	0,00	62,68	0,00
9	843	846	27,36	98,8	3,01	69,55	1,61	3,29	0,00	0,00	74,45	0,00
10	628	632	32,92	101,0	3,00	67,02	1,20	2,87	0,00	0,00	71,09	0,00
11	453	459	36,79	101,0	3,00	64,23	0,87	2,11	0,00	0,00	67,20	0,00

Projekt: **Hallschlag**  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 12:01 / 4  
 Lizenziertes Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063

Berechnet:  
 16.12.02 10:50/2.2.1.12

**DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse**

**Berechnung: Vorbelastung**

**WKA**

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
12	562	564	34,29	101,0	3,00	66,02	1,07	2,62	0,00	0,00	69,71	0,00
13	458	460	36,74	101,0	3,00	64,26	0,87	2,12	0,00	0,00	67,25	0,00
14	316	323	41,26	101,0	2,98	61,19	0,61	0,92	0,00	0,00	62,72	0,00
15	645	651	34,62	103,0	3,00	67,27	1,24	2,88	0,00	0,00	71,38	0,00
16	859	861	29,48	101,7	3,01	69,70	1,64	3,89	0,00	0,00	75,23	0,00
17	986	988	27,66	101,0	3,01	70,90	1,88	3,57	0,00	0,00	76,35	0,00
18	842	844	26,62	98,0	3,01	69,53	1,60	3,26	0,00	0,00	74,39	0,00
19	829	831	26,80	98,0	3,01	69,39	1,58	3,23	0,00	0,00	74,20	0,00
20	1.198	1.199	25,13	100,7	3,01	72,58	2,28	3,72	0,00	0,00	78,58	0,00
21	1.017	1.018	27,30	101,0	3,01	71,16	1,94	3,61	0,00	0,00	76,71	0,00
22	741	744	31,00	101,0	3,01	68,43	1,41	3,16	0,00	0,00	73,00	0,00

Summe 46,71

**Schallkritisches Gebiet: Zur Kehr 13**

**WKA**

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	1.409	1.411	26,33	103,7	3,01	73,99	2,68	3,70	0,00	0,00	80,38	0,00
2	1.151	1.156	28,80	103,7	3,01	72,26	2,20	3,46	0,00	0,00	77,91	0,00
3	1.243	1.247	27,86	103,7	3,01	72,92	2,37	3,56	0,00	0,00	78,84	0,00
4	1.461	1.462	20,79	98,8	3,01	74,30	2,78	3,94	0,00	0,00	81,02	0,00
5	1.105	1.108	24,16	98,8	3,01	71,89	2,10	3,65	0,00	0,00	77,65	0,00
6	1.221	1.223	22,97	98,8	3,01	72,75	2,32	3,76	0,00	0,00	78,84	0,00
7	1.073	1.074	24,53	98,8	3,01	71,62	2,04	3,62	0,00	0,00	77,27	0,00
8	352	360	37,84	98,8	2,99	62,11	0,68	1,15	0,00	0,00	63,95	0,00
9	756	760	28,62	98,8	3,01	68,62	1,44	3,12	0,00	0,00	73,18	0,00
10	545	553	34,53	101,0	3,00	65,85	1,05	2,58	0,00	0,00	69,47	0,00
11	371	381	39,12	101,0	2,99	62,61	0,72	1,53	0,00	0,00	64,87	0,00
12	546	549	34,60	101,0	3,00	65,79	1,04	2,56	0,00	0,00	69,40	0,00
13	409	413	38,09	101,0	2,99	63,32	0,78	1,80	0,00	0,00	65,90	0,00
14	230	243	44,78	101,0	2,96	58,72	0,46	0,00	0,00	0,00	59,18	0,00
15	620	628	35,04	103,0	3,00	66,96	1,19	2,81	0,00	0,00	70,96	0,00
16	888	891	29,09	101,7	3,01	70,00	1,69	3,92	0,00	0,00	75,62	0,00
17	888	891	28,88	101,0	3,01	70,00	1,69	3,44	0,00	0,00	75,13	0,00
18	750	753	27,97	98,0	3,00	68,54	1,43	3,07	0,00	0,00	73,04	0,00
19	750	753	27,97	98,0	3,00	68,54	1,43	3,07	0,00	0,00	73,03	0,00
20	1.109	1.111	26,05	100,7	3,01	71,91	2,11	3,63	0,00	0,00	77,65	0,00
21	934	936	28,30	101,0	3,01	70,42	1,78	3,50	0,00	0,00	75,70	0,00
22	641	646	32,66	101,0	3,00	67,21	1,23	2,91	0,00	0,00	71,34	0,00

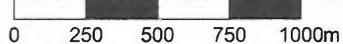
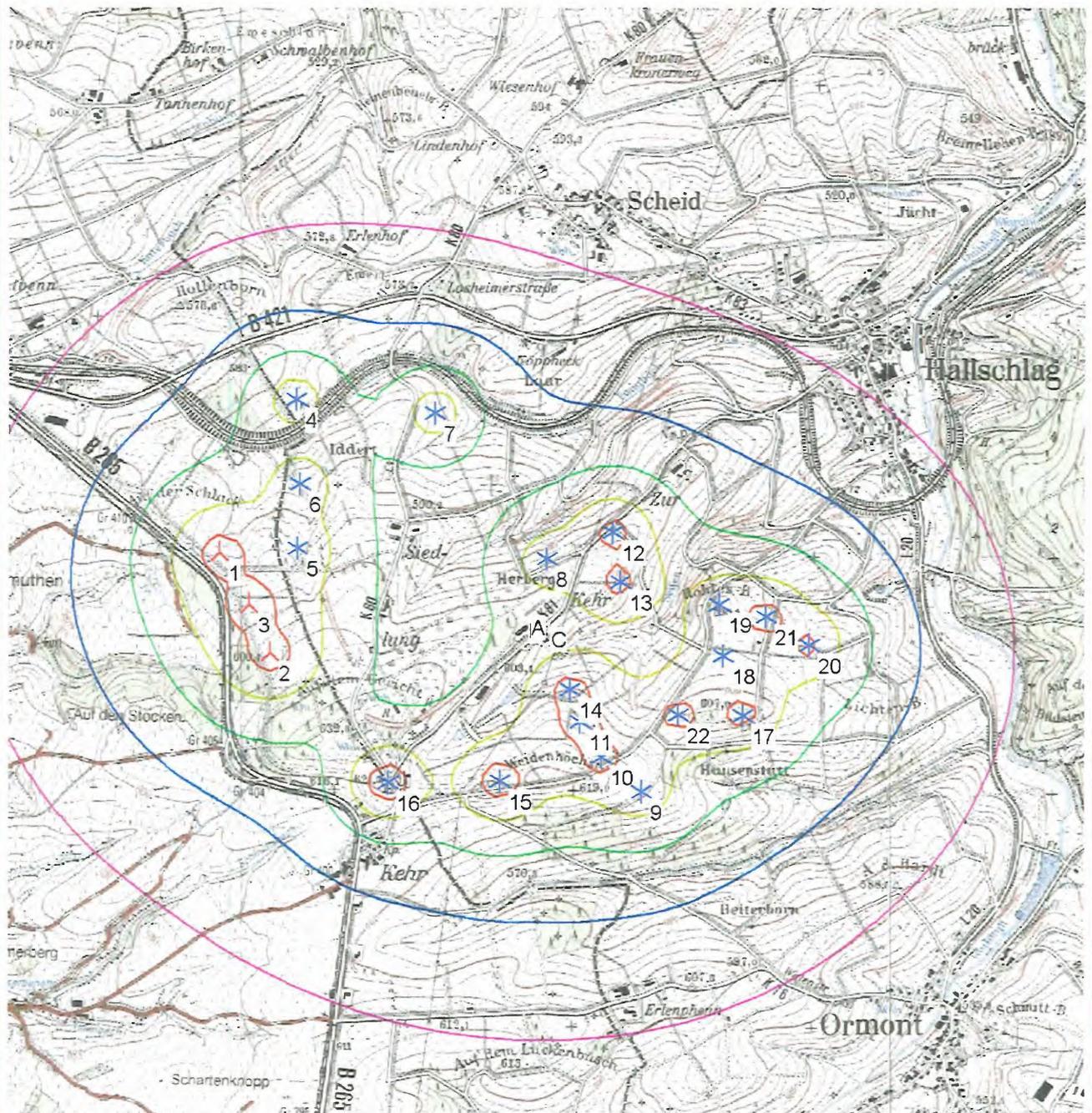
Summe 48,38

Projekt: Hallschlag  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite: 16.12.02 12:01 / 5  
 Lizensierter Anwender: SOLVENT-Planungsbüro für Reg. Lünener Straße 211 D-59174 Kamen +49 2307 240063  
 Berechnet: 16.12.02 10:50/2.2.1.12

**DECIBEL - Losheim\_25000**

Berechnung: Vorbelastung Datei: Losheim\_25000.bmi



Karte: Losheim\_25000 , Druckmaßstab 1:25.000, Kartenzentrum GK Zone: 2 Ost: 5.529.965 Nord: 5.579.054

- ▲ Neue WKA      ★ Existierende WKA        Schallkritisches Gebiet
- Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt
- 35 dB(A)     
 — 40 dB(A)     
 — 45 dB(A)     
 — 50 dB(A)     
 — 55 dB(A)

Projekt: **Hallschlag**  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 12:06 / 1  
 Lizensierter Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063

Berechnet:  
 16.12.02 11:02/2.2.1.12

## DECIBEL - Hauptergebnis

### Berechnung: Prognose

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

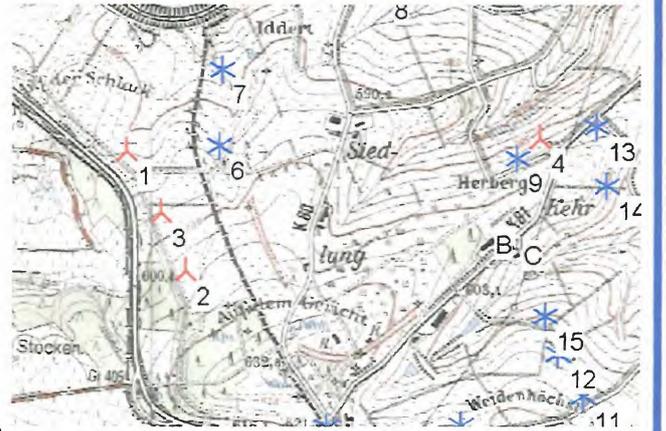
Die Berechnung basiert auf der internationalen Norm "ISO 9613-2 Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors"

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe: 10,0 m/s  
 Faktor für Meteorologischer Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die derzeit gültigen Immissionsrichtwerte richten sich nach der TA-Lärm jeweils für die entsprechenden Nachtwerte:

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

Liegen Einzeltöne (Ton-/Impulshaltigkeit) bei einzelnen WKA vor, wird für die WKA ein Zuschlag je nach Auffälligkeit von 0 dB, 3 dB oder 6 dB angesetzt.



Maßstab 1:25.000  
 ▲ Neue WKA    ★ Existierende WKA    ▨ Schallkritisches Gebiet

### WKA

GK Zone: 2	Ost	Nord	Z	Reihendaten/ Beschreibung	WKA Typ			Leistung	Schallwerte				LWA,Ref.	Einzeltöne	Oktavbandabh. Daten
					Aktuell	Hersteller	Typ		Rotord.	Höhe	Erzeuger	Name			
1	2.528.523	5.578.998	586	WKA 4	Ja	SÜDWIND	S-70	1.500	70,0	85,0	USER	Benutzerdefiniert	103,7	Nein	Nein
2	2.528.733	5.578.575	610	WKA 6	Ja	SÜDWIND	S-70	1.500	70,0	85,0	USER	Benutzerdefiniert	103,7	Nein	Nein
3	2.528.648	5.578.778	599	WKA 5	Ja	SÜDWIND	S-70	1.500	70,0	85,0	USER	Benutzerdefiniert	103,7	Nein	Nein
4	2.529.969	5.579.053	584	E-66, Klein	Ja	ENERCON	E-66 1200 kW	1.800	70,0	65,0	USER	Benutzerdefiniert	100,5	Nein	Nein
5	2.528.837	5.579.649	576	WEA 1	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
6	2.528.848	5.579.018	590	WEA 10	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
7	2.528.856	5.579.290	580	WEA 11	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
8	2.529.418	5.579.595	560	WEA 12	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
9	2.529.890	5.578.980	590	WEA 13	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
10	2.530.294	5.577.994	601	WEA 14	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
11	2.530.125	5.578.140	613	WEA 15	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
12	2.530.035	5.578.290	608	WEA 16	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
13	2.530.165	5.579.095	580	WEA 17	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
14	2.530.200	5.578.885	581	WEA 18	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
15	2.529.990	5.578.425	602	WEA 19	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
16	2.529.700	5.578.035	619	WEA 21	Ja	ENERCON	E-66/18.70	1.800	70,0	66,5	USER	Benutzerdefiniert	103,0	Nein	Nein
17	2.529.230	5.578.025	619	WEA 22	Nein	LAGERWEY		80	18,0	40,0	USER	Benutzerdefiniert	101,7	Nein	Nein
18	2.530.715	5.578.320	596	WEA 23	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
19	2.530.630	5.578.575	591	WEA 24	Ja	DEWIND	D4/46	600	46,0	70,0	USER	Benutzerdefiniert	98,0	Nein	Nein
20	2.530.615	5.578.790	580	WEA 25	Ja	DEWIND	D4/46	600	46,0	70,0	USER	Benutzerdefiniert	98,0	Nein	Nein
21	2.530.991	5.578.622	581	WEA 31	Ja	NEG MICON	NM1000-60	1.000/250	60,0	70,0	USER	Benutzerdefiniert	100,7	Nein	Nein
22	2.530.809	5.578.742	580	WEA 35	Ja	ENERCON	E-40/6.44	600	44,0	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
23	2.530.445	5.578.320	600	WEA 36	Nein	ENERCON	E-40/5.40	500	40,3	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein

### Berechnungsergebnisse

#### Beurteilungspegel

Schallkritisches Gebiet	GK Zone: 2	Anforderungen			Beurteilungspegel	Anforderungen erfüllt?	
		Bez.	Name	Ost		Nord	Z
A	Zur Kehr 12	2.529.807	5.578.688	593	45,0	47,4	Nein
B	Zur Kehr 14	2.529.794	5.578.673	595	45,0	47,2	Nein
C	Zur Kehr 13	2.529.892	5.578.637	582	45,0	48,7	Nein

#### Abstände (m)

WKA	Schallkritisches Gebiet		
	A	B	C
1	1307	1284	1402
2	1066	1033	1146
3	1148	1120	1237

Projekt: Hallschlag  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 12:06 / 2  
 Lizensierter Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063

Berechnet:  
 16.12.02 11:02/2.2.1.12

## DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: Prognose

### Schallkritisches Gebiet

WKA	A	B	C
4	396	413	417
5	1354	1353	1452
6	1000	981	1098
7	1113	1103	1213
8	978	984	1060
9	299	315	336
10	847	843	756
11	632	626	545
12	457	451	371
13	541	559	530
14	440	458	395
15	320	316	230
16	655	623	620
17	870	828	888
18	980	986	882
19	831	842	740
20	815	829	739
21	1186	1198	1099
22	1004	1017	923
23	737	741	637

Projekt: Hallschlag  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Selte  
 16.12.02 12:06 / 3  
 Lizensierter Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063  
 Berechnet:  
 16.12.02 11:02/2.2.1.12

**DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse**

Berechnung: Prognose

Voraussetzungen

Beurteilungspegel L(DW) = LWA,ref + K + Dc - (Adiv + Aatm + Agr + Abar + Amisc) - Cmet  
 (wenn mit Bodendämpfung gerechnet wird, dann ist Dc = Domega)

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

Berechnungsergebnisse

**Schallkritisches Gebiet: Zur Kehr 12**

WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	1.320	1.322	27,14	103,7	3,01	73,43	2,51	3,63	0,00	0,00	79,57	0,00
2	1.079	1.084	29,58	103,7	3,01	71,70	2,06	3,37	0,00	0,00	77,12	0,00
3	1.162	1.165	28,70	103,7	3,01	72,33	2,21	3,47	0,00	0,00	78,01	0,00
4	399	403	37,91	100,5	2,99	63,10	0,77	1,72	0,00	0,00	65,58	0,00
5	1.365	1.366	21,63	98,8	3,01	73,71	2,60	3,87	0,00	0,00	80,18	0,00
6	1.014	1.016	25,20	98,8	3,01	71,13	1,93	3,55	0,00	0,00	76,61	0,00
7	1.125	1.126	23,96	98,8	3,01	72,03	2,14	3,67	0,00	0,00	77,85	0,00
8	987	987	25,53	98,8	3,01	70,89	1,88	3,51	0,00	0,00	76,27	0,00
9	304	310	39,84	98,8	2,98	60,82	0,59	0,53	0,00	0,00	61,94	0,00
10	848	851	27,29	98,8	3,01	69,60	1,62	3,30	0,00	0,00	74,52	0,00
11	634	639	32,79	101,0	3,00	67,11	1,21	2,89	0,00	0,00	71,21	0,00
12	459	465	36,62	101,0	3,00	64,35	0,88	2,14	0,00	0,00	67,38	0,00
13	542	544	34,71	101,0	3,00	65,72	1,03	2,54	0,00	0,00	69,29	0,00
14	440	443	37,23	101,0	3,00	63,92	0,84	2,00	0,00	0,00	66,77	0,00
15	321	328	41,06	101,0	2,98	61,32	0,62	0,98	0,00	0,00	62,92	0,00
16	662	668	34,32	103,0	3,00	67,49	1,27	2,93	0,00	0,00	71,69	0,00
17	879	881	29,22	101,7	3,01	69,90	1,67	3,91	0,00	0,00	75,49	0,00
18	980	982	27,73	101,0	3,01	70,84	1,87	3,57	0,00	0,00	76,28	0,00
19	831	834	26,77	98,0	3,01	69,42	1,58	3,24	0,00	0,00	74,24	0,00
20	815	817	27,01	98,0	3,01	69,24	1,55	3,20	0,00	0,00	74,00	0,00
21	1.186	1.187	25,25	100,7	3,01	72,49	2,26	3,71	0,00	0,00	78,46	0,00
22	1.004	1.005	27,46	101,0	3,01	71,04	1,91	3,60	0,00	0,00	76,55	0,00
23	737	740	31,06	101,0	3,01	68,38	1,41	3,15	0,00	0,00	72,94	0,00
Summe			47,36									

**Schallkritisches Gebiet: Zur Kehr 14**

WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	1.312	1.314	27,22	103,7	3,01	73,37	2,50	3,62	0,00	0,00	79,49	0,00
2	1.065	1.070	29,74	103,7	3,01	71,58	2,03	3,35	0,00	0,00	76,96	0,00
3	1.151	1.154	28,82	103,7	3,01	72,24	2,19	3,45	0,00	0,00	77,89	0,00
4	418	421	37,35	100,5	2,99	63,49	0,80	1,86	0,00	0,00	66,14	0,00
5	1.367	1.367	21,62	98,8	3,01	73,72	2,60	3,87	0,00	0,00	80,19	0,00
6	1.007	1.008	25,28	98,8	3,01	71,07	1,92	3,54	0,00	0,00	76,53	0,00
7	1.123	1.124	23,99	98,8	3,01	72,01	2,13	3,67	0,00	0,00	77,82	0,00
8	996	996	25,43	98,8	3,01	70,96	1,89	3,52	0,00	0,00	76,38	0,00
9	322	327	39,10	98,8	2,98	61,29	0,62	0,77	0,00	0,00	62,68	0,00
10	843	846	27,36	98,8	3,01	69,55	1,61	3,29	0,00	0,00	74,45	0,00

Projekt: **Hallschlag**  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 12:06 / 4  
 Lizensierter Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063

Berechnet:  
 16.12.02 11:02/2.2.1.12

## DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Prognose

### WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
11	628	632	32,92	101,0	3,00	67,02	1,20	2,87	0,00	0,00	71,09	0,00
12	453	459	36,79	101,0	3,00	64,23	0,87	2,11	0,00	0,00	67,20	0,00
13	562	564	34,29	101,0	3,00	66,02	1,07	2,62	0,00	0,00	69,71	0,00
14	458	460	36,74	101,0	3,00	64,26	0,87	2,12	0,00	0,00	67,25	0,00
15	316	323	41,26	101,0	2,98	61,19	0,61	0,92	0,00	0,00	62,72	0,00
16	645	651	34,62	103,0	3,00	67,27	1,24	2,88	0,00	0,00	71,38	0,00
17	859	861	29,48	101,7	3,01	69,70	1,64	3,89	0,00	0,00	75,23	0,00
18	986	988	27,66	101,0	3,01	70,90	1,88	3,57	0,00	0,00	76,35	0,00
19	842	844	26,62	98,0	3,01	69,53	1,60	3,26	0,00	0,00	74,39	0,00
20	829	831	26,80	98,0	3,01	69,39	1,58	3,23	0,00	0,00	74,20	0,00
21	1.198	1.199	25,13	100,7	3,01	72,58	2,28	3,72	0,00	0,00	78,58	0,00
22	1.017	1.018	27,30	101,0	3,01	71,16	1,94	3,61	0,00	0,00	76,71	0,00
23	741	744	31,00	101,0	3,01	68,43	1,41	3,16	0,00	0,00	73,00	0,00

Summe 47,19

### Schallkritisches Gebiet: Zur Kehr 13

#### WKA

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	1.416	1.419	26,27	103,7	3,01	74,04	2,70	3,71	0,00	0,00	80,44	0,00
2	1.161	1.166	28,69	103,7	3,01	72,33	2,22	3,47	0,00	0,00	78,02	0,00
3	1.252	1.256	27,78	103,7	3,01	72,98	2,39	3,56	0,00	0,00	78,93	0,00
4	423	427	37,17	100,5	2,99	63,62	0,81	1,90	0,00	0,00	66,33	0,00
5	1.462	1.463	20,79	98,8	3,01	74,31	2,78	3,94	0,00	0,00	81,02	0,00
6	1.112	1.114	24,09	98,8	3,01	71,94	2,12	3,66	0,00	0,00	77,71	0,00
7	1.225	1.226	22,94	98,8	3,01	72,77	2,33	3,77	0,00	0,00	78,87	0,00
8	1.069	1.070	24,58	98,8	3,01	71,58	2,03	3,61	0,00	0,00	77,23	0,00
9	343	350	38,18	98,8	2,99	61,89	0,67	1,05	0,00	0,00	63,61	0,00
10	758	763	28,58	98,8	3,01	68,65	1,45	3,12	0,00	0,00	73,22	0,00
11	549	557	34,44	101,0	3,00	65,91	1,06	2,59	0,00	0,00	69,56	0,00
12	375	385	38,98	101,0	2,99	62,71	0,73	1,57	0,00	0,00	65,02	0,00
13	533	536	34,89	101,0	3,00	65,58	1,02	2,51	0,00	0,00	69,11	0,00
14	395	399	38,51	101,0	2,99	63,03	0,76	1,69	0,00	0,00	65,48	0,00
15	234	247	44,64	101,0	2,96	58,85	0,47	0,00	0,00	0,00	59,32	0,00
16	632	640	34,82	103,0	3,00	67,12	1,22	2,85	0,00	0,00	71,19	0,00
17	902	905	28,92	101,7	3,01	70,13	1,72	3,94	0,00	0,00	75,79	0,00
18	882	885	28,96	101,0	3,01	69,94	1,68	3,43	0,00	0,00	75,05	0,00
19	740	744	28,11	98,0	3,00	68,43	1,41	3,05	0,00	0,00	72,89	0,00
20	739	741	28,16	98,0	3,00	68,40	1,41	3,04	0,00	0,00	72,85	0,00
21	1.099	1.101	26,16	100,7	3,01	71,83	2,09	3,62	0,00	0,00	77,55	0,00
22	923	924	28,44	101,0	3,01	70,32	1,76	3,49	0,00	0,00	75,56	0,00
23	637	642	32,74	101,0	3,00	67,15	1,22	2,90	0,00	0,00	71,27	0,00

Summe 48,69

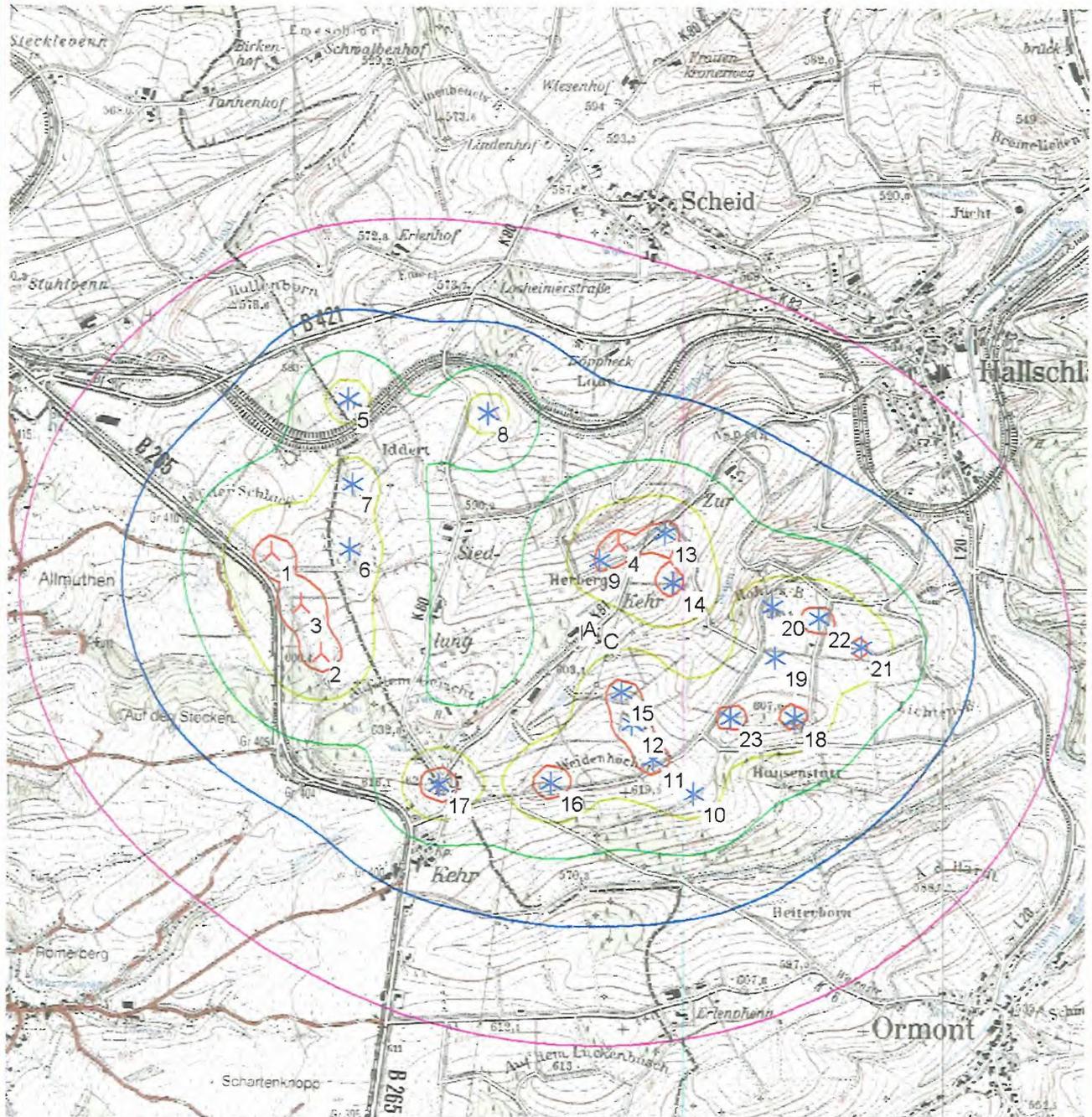
Projekt: Hallschlag  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite: 16.12.02 12:06 / 5  
 Lizenzierter Anwender: SOLVENT-Planungsbüro für Reg.  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063

Berechnet: 16.12.02 11:02/2.2.1.12

**DECIBEL - Losheim\_25000**

Berechnung: Prognose Date: Losheim\_25000.bmi



Karte: Losheim\_25000 , Druckmaßstab 1:25.000, Kartenzentrum GK Zone: 2 Ost: 2.529.750 Nord: 5.579.054  
 ▲ Neue WKA    \* Existierende WKA    ▣ Schallkritisches Gebiet  
 Höhe über Meeresspiegel von aktivem Höhenlinien-Objekt  
 — 35 dB(A)    — 40 dB(A)    — 45 dB(A)    — 50 dB(A)    — 55 dB(A)

Projekt: **Hallschlag**  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 11:58 / 1  
 Lizenzierter Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063

Berechnet:  
 16.12.02 10:47/2.2.1.12

**DECIBEL - Hauptergebnis**

**Berechnung: Einwirkungsbereich weitere Anlagen**

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"

Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe: 10,0 m/s  
 Faktor für Meteorologischer Dämpfungskoeffizient, C0: 0,0 dB

Die derzeit gültigen Immissionsrichtwerte richten sich nach der TA-Lärm jeweils für die entsprechenden Nachtwerte:

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

Liegen Einzeltöne (Ton-/Impulshaltigkeit) bei einzelnen WKA vor, wird für die WKA ein Zuschlag je nach Auffälligkeit von 0 dB, 3 dB oder 6 dB angesetzt.



Maßstab 1:25.000  
 \* Neue WKA    \* Existierende WKA    \* Schallkritisches Gebiet

**WKA**

GK Zone: 2	Ost	Nord	Z	Relhendaten/ Beschreibung	WKA Typ		Typ	Leistung	Rotord.	Höhe	Schallwerte		LWA,Ref.	Einzeltöne	Oktavbandabh. Daten
					Aktuell	Hersteller					Erzeuger	Name			
1	2.528.446	5.580.585	541	WKA 1	Ja	NEG MICON	NM1000-60	1.000/250	60,0	80,0	USER	Benutzerdefiniert	100,7	Nein	Nein
2	2.528.338	5.580.056	570	WKA 2	Ja	SÜDWIND	S-70	1.500	70,0	85,0	USER	Benutzerdefiniert	103,7	Nein	Nein
3	2.528.347	5.579.143	580	WKA 3	Ja	SÜDWIND	S-70	1.500	70,0	85,0	USER	Benutzerdefiniert	103,7	Nein	Nein
4	2.531.298	5.578.689	543	WKA 37	Ja	ENERCON	E-58/10.58	1.000	58,6	70,5	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
5	2.531.432	5.578.320	547	WKA 38	Ja	ENERCON	E-58/10.58	1.000	58,6	70,5	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
6	2.528.790	5.579.870	578	WEA 2	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	66,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
7	2.528.580	5.579.976	577	WEA 3	Nein	NEG MICON	NM1500/64	1.500/400	64,0	70,0	USER	Benutzerdefiniert	102,2	Nein	Nein
8	2.528.600	5.580.255	563	WEA 4	Ja	DEWIND	D4/48	600	48,0	70,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
9	2.528.995	5.580.555	569	WEA 5	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
10	2.529.232	5.581.242	546	WEA 6	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
11	2.529.284	5.580.958	560	WEA 7	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
12	2.529.802	5.581.422	564	WEA 8	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
13	2.529.582	5.581.559	560	WEA 9	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
14	2.529.936	5.581.284	579	WEA 20	Ja	DEWIND	D6/62-1MW	1.000	62,0	68,5	USER	Benutzerdefiniert	98,8	Nein	Nein
15	2.530.974	5.578.258	579	WEA 26	Ja	NEG MICON	NM1000-60	1.000/250	60,0	70,0	USER	Benutzerdefiniert	100,7	Nein	Nein
16	2.530.968	5.578.448	585	WEA 27	Ja	NEG MICON	NM1000-60	1.000/250	60,0	70,0	USER	Benutzerdefiniert	100,7	Nein	Nein
17	2.531.133	5.578.197	569	WEA 28	Ja	ENERCON	E-58/10.58	1.000	58,0	70,5	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
18	2.531.292	5.578.401	564	WEA 29	Ja	ENERCON	E-40/6.44	600	44,0	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
19	2.531.177	5.578.690	561	WEA 30	Ja	ENERCON	E-40/6.44	600	44,0	65,0	USER	Benutzerdefiniert	101,0	Nein	Nein
20	2.529.079	5.576.616	600	WEA 32	Ja	ENERCON	E-66/15.66	1.500	66,0	85,0	USER	Benutzerdefiniert	102,0	Nein	Nein
21	2.529.736	5.576.716	595	WEA 33	Ja	ENERCON	E-66/15.66	1.500	66,0	85,0	USER	Benutzerdefiniert	102,0	Nein	Nein
22	2.530.079	5.576.616	580	WEA 34	Ja	ENERCON	E-66/15.66	1.500	66,0	85,0	USER	Benutzerdefiniert	102,0	Nein	Nein

**Berechnungsergebnisse**

**Beurteilungspegel**

Schallkritisches Gebiet	GK Zone: 2	Anforderungen			Beurteilungspegel	Anforderungen erfüllt?	
		Bez.	Name	Z			Schall [dB(A)]
A	Zur Kehr 12	2.529.807	5.578.688	593	45,0	34,6	Ja
B	Zur Kehr 14	2.529.794	5.578.673	595	45,0	34,6	Ja
C	Zur Kehr 13	2.529.892	5.578.637	582	45,0	34,9	Ja

**Abstände (m)**

WKA	Schallkritisches Gebiet		
	A	B	C
1	2325	2328	2417
2	1996	1993	2095
3	1515	1495	1612
4	1492	1504	1407

Projekt: Hallschlag  
Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
16.12.02 11:58 / 2  
Lizenzierter Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
Lünener Straße 211  
D-59174 Kamen  
+49 2307 240063

Berechnet:  
16.12.02 10:47/2.2.1.12

## DECIBEL - Hauptergebnis

**Berechnung:** Einwirkungsbereich weitere Anlagen

### Schallkritisches Gebiet

WKA	A	B	C
5	1666	1675	1572
6	1549	1551	1645
7	1768	1768	1865
8	1968	1970	2062
9	2027	2033	2109
10	2610	2619	2679
11	2321	2331	2391
12	2727	2740	2779
13	2873	2884	2931
14	2593	2606	2641
15	1244	1251	1146
16	1186	1196	1092
17	1414	1421	1316
18	1513	1523	1419
19	1370	1383	1286
20	2188	2152	2166
21	1967	1939	1917
22	2085	2062	2021

Projekt: **Hallschlag**  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite  
 16.12.02 11:58 / 3  
 Lizensierter Anwender:  
**SOLVENT-Planungsbüro für Reg.**  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063

Berechnet:  
 16.12.02 10:47/2.2.1.12

**DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse**

**Berechnung:** Einwirkungsbereich weitere Anlagen

**Voraussetzungen**

Beurteilungspegel L(DW) = LWA,ref + K + Dc - (Adiv + Aatm + Agr + Abar + Amisc) - Cmet  
 (wenn mit Bodendämpfung gerechnet wird, dann ist Dc = Domega)

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

**Berechnungsergebnisse**

**Schallkritisches Gebiet: Zurkehr 12**

**WKA**

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	2.334	2.335	16,73	100,7	3,01	78,36	4,44	4,18	0,00	0,00	86,98	0,00
2	2.007	2.008	21,81	103,7	3,01	77,05	3,81	4,03	0,00	0,00	84,90	0,00
3	1.529	1.530	25,32	103,7	3,01	74,70	2,91	3,79	0,00	0,00	81,39	0,00
4	1.492	1.492	22,77	101,0	3,01	74,47	2,83	3,93	0,00	0,00	81,24	0,00
5	1.666	1.666	21,39	101,0	3,01	75,44	3,17	4,02	0,00	0,00	82,62	0,00
6	1.559	1.560	19,97	98,8	3,01	74,86	2,96	4,01	0,00	0,00	81,84	0,00
7	1.779	1.779	21,75	102,2	3,01	76,00	3,38	4,08	0,00	0,00	83,46	0,00
8	1.978	1.978	19,18	101,0	3,01	76,92	3,76	4,15	0,00	0,00	84,83	0,00
9	2.036	2.036	16,58	98,8	3,01	77,18	3,87	4,18	0,00	0,00	85,23	0,00
10	2.618	2.618	13,16	98,8	3,01	79,36	4,97	4,32	0,00	0,00	88,65	0,00
11	2.329	2.329	14,78	98,8	3,01	78,35	4,43	4,26	0,00	0,00	87,03	0,00
12	2.734	2.734	12,54	98,8	3,01	79,74	5,19	4,34	0,00	0,00	89,27	0,00
13	2.880	2.880	11,79	98,8	3,01	80,19	5,47	4,36	0,00	0,00	90,02	0,00
14	2.599	2.600	13,26	98,8	3,01	79,30	4,94	4,32	0,00	0,00	88,55	0,00
15	1.244	1.245	24,68	100,7	3,01	72,90	2,37	3,76	0,00	0,00	79,03	0,00
16	1.186	1.187	25,25	100,7	3,01	72,49	2,26	3,71	0,00	0,00	78,46	0,00
17	1.414	1.415	23,42	101,0	3,01	74,02	2,69	3,88	0,00	0,00	80,59	0,00
18	1.513	1.513	22,53	101,0	3,01	74,60	2,88	4,00	0,00	0,00	81,48	0,00
19	1.370	1.371	23,74	101,0	3,01	73,74	2,60	3,92	0,00	0,00	80,26	0,00
20	2.196	2.198	18,90	102,0	3,01	77,84	4,18	4,10	0,00	0,00	86,11	0,00
21	1.973	1.975	20,33	102,0	3,01	76,91	3,75	4,02	0,00	0,00	84,68	0,00
22	2.090	2.091	19,57	102,0	3,01	77,41	3,97	4,06	0,00	0,00	85,44	0,00

Summe 34,61

**Schallkritisches Gebiet: Zurkehr 14**

**WKA**

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	2.339	2.339	16,71	100,7	3,01	78,38	4,44	4,18	0,00	0,00	87,00	0,00
2	2.008	2.009	21,80	103,7	3,01	77,06	3,82	4,03	0,00	0,00	84,91	0,00
3	1.521	1.523	25,38	103,7	3,01	74,65	2,89	3,78	0,00	0,00	81,33	0,00
4	1.504	1.504	22,67	101,0	3,01	74,55	2,86	3,94	0,00	0,00	81,34	0,00
5	1.675	1.675	21,32	101,0	3,01	75,48	3,18	4,03	0,00	0,00	82,69	0,00
6	1.562	1.563	19,95	98,8	3,01	74,88	2,97	4,01	0,00	0,00	81,86	0,00
7	1.781	1.781	21,73	102,2	3,01	76,01	3,38	4,08	0,00	0,00	83,48	0,00
8	1.982	1.982	19,15	101,0	3,01	76,94	3,77	4,15	0,00	0,00	84,86	0,00
9	2.044	2.045	16,53	98,8	3,01	77,21	3,89	4,18	0,00	0,00	85,28	0,00
10	2.630	2.630	13,09	98,8	3,01	79,40	5,00	4,32	0,00	0,00	88,72	0,00
11	2.341	2.341	14,71	98,8	3,01	78,39	4,45	4,26	0,00	0,00	87,10	0,00

Projekt:

Hallschlag

Beschreibung:

121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite

16.12.02 11:58 / 4

Lizenzierter Anwender:

SOLVENT-Planungsbüro für Reg.

Lünener Straße 211

D-59174 Kamen

+49 2307 240063

Berechnet:

16.12.02 10:47/2.2.1.12

**DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse****Berechnung: Einwirkungsbereich weitere Anlagen****WKA**

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
12	2.749	2.749	12,46	98,8	3,01	79,78	5,22	4,34	0,00	0,00	89,35	0,00
13	2.894	2.894	11,72	98,8	3,01	80,23	5,50	4,37	0,00	0,00	90,09	0,00
14	2.615	2.615	13,17	98,8	3,01	79,35	4,97	4,32	0,00	0,00	88,64	0,00
15	1.251	1.252	24,61	100,7	3,01	72,95	2,38	3,77	0,00	0,00	79,10	0,00
16	1.196	1.197	25,16	100,7	3,01	72,56	2,27	3,72	0,00	0,00	78,55	0,00
17	1.421	1.422	23,36	101,0	3,01	74,06	2,70	3,89	0,00	0,00	80,64	0,00
18	1.523	1.523	22,45	101,0	3,01	74,65	2,89	4,01	0,00	0,00	81,56	0,00
19	1.383	1.383	23,63	101,0	3,01	73,82	2,63	3,93	0,00	0,00	80,38	0,00
20	2.178	2.179	19,01	102,0	3,01	77,77	4,14	4,09	0,00	0,00	86,00	0,00
21	1.958	1.960	20,43	102,0	3,01	76,84	3,72	4,01	0,00	0,00	84,58	0,00
22	2.077	2.078	19,65	102,0	3,01	77,35	3,95	4,06	0,00	0,00	85,36	0,00

Summe 34,57

**Schallkritisches Gebiet: Zur Kehr 13****WKA**

Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	2.426	2.426	16,20	100,7	3,01	78,70	4,61	4,20	0,00	0,00	87,51	0,00
2	2.105	2.106	21,17	103,7	3,01	77,47	4,00	4,07	0,00	0,00	85,54	0,00
3	1.626	1.628	24,53	103,7	3,01	75,23	3,09	3,85	0,00	0,00	82,18	0,00
4	1.407	1.407	23,49	101,0	3,01	73,97	2,67	3,88	0,00	0,00	80,52	0,00
5	1.572	1.572	22,12	101,0	3,01	74,93	2,99	3,97	0,00	0,00	81,89	0,00
6	1.654	1.655	19,23	98,8	3,01	75,37	3,14	4,06	0,00	0,00	82,58	0,00
7	1.875	1.876	21,07	102,2	3,01	76,46	3,56	4,11	0,00	0,00	84,14	0,00
8	2.071	2.071	18,57	101,0	3,01	77,32	3,94	4,18	0,00	0,00	85,44	0,00
9	2.117	2.118	16,06	98,8	3,01	77,52	4,02	4,21	0,00	0,00	85,75	0,00
10	2.687	2.687	12,79	98,8	3,01	79,59	5,11	4,33	0,00	0,00	89,02	0,00
11	2.399	2.400	14,37	98,8	3,01	78,60	4,56	4,28	0,00	0,00	87,44	0,00
12	2.786	2.787	12,26	98,8	3,01	79,90	5,29	4,35	0,00	0,00	89,55	0,00
13	2.938	2.939	11,49	98,8	3,01	80,36	5,58	4,37	0,00	0,00	90,32	0,00
14	2.647	2.648	13,00	98,8	3,01	79,46	5,03	4,32	0,00	0,00	88,81	0,00
15	1.146	1.148	25,66	100,7	3,01	72,20	2,18	3,67	0,00	0,00	78,05	0,00
16	1.092	1.094	26,23	100,7	3,01	71,78	2,08	3,62	0,00	0,00	77,48	0,00
17	1.316	1.317	24,30	101,0	3,01	73,39	2,50	3,81	0,00	0,00	79,71	0,00
18	1.419	1.420	23,31	101,0	3,01	74,05	2,70	3,95	0,00	0,00	80,70	0,00
19	1.286	1.286	24,52	101,0	3,01	73,19	2,44	3,86	0,00	0,00	79,49	0,00
20	2.179	2.181	19,00	102,0	3,01	77,77	4,14	4,09	0,00	0,00	86,01	0,00
21	1.928	1.930	20,63	102,0	3,01	76,71	3,67	4,00	0,00	0,00	84,38	0,00
22	2.030	2.031	19,95	102,0	3,01	77,16	3,86	4,04	0,00	0,00	85,06	0,00

Summe 34,93

Projekt: Hallschlag  
 Beschreibung: 121-02-1111-03.01

Ausdruck/Seite: 16.12.02 11:58 / 5  
 Lizenzierter Anwender: SOLVENT-Planungsbüro für Reg.  
 Lünener Straße 211  
 D-59174 Kamen  
 +49 2307 240063  
 Berechnet: 16.12.02 10:47/2.2.1.12

**DECIBEL - Losheim\_25000**

Berechnung: Einwirkungsbereich weitere Anlagen Datei: Losheim\_25000.bmi



0 250 500 750 1000m

Karte: Losheim\_25000, Druckmaßstab 1:25.000, Kartenzentrum GK Zone: 2 Ost: 2.529.965 Nord: 5.579.054

- ▲ Neue WKA
- ★ Existierende WKA
- Schallkritisches Gebiet
- 35 dB(A)
- 40 dB(A)
- 45 dB(A)
- 50 dB(A)
- 55 dB(A)

# **ENERCON E-66 1800 kW, leistungsbegrenzt auf 1200kW**

Schallvermessungsberichte

Kötter, Bericht 25716-1.001 vom 30.11.2001

**SCHALLTECHNISCHER BERICHT NR. 25716-1.001**

über die Ermittlung der Schallemissionen der Windenergieanlage Nr. 2  
Typ Enercon E-66/18.70 im Windpark Wilsum

---

Auftraggeber:

Enercon GmbH  
Dreekamp 8

26605 Aurich

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. Arno Schällig  
Frank Wenzel

Datum:

30.11.2001

#### 4.2.2 Impulshaltigkeit

Nach dem subjektiven Höreindruck lag keine Impulshaltigkeit vor. Die Blattdurchgangsfrequenz war nicht auffällig.

Auffällige Geräusche während Betrieb der Azimutverstellung wurden nicht festgestellt. Die Ergebnisse der Impulshaltigkeit sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

Windgeschwindigkeit $v_{10}$ /m/s	1000 kW	1200 kW
$L_{AFTeq} - L_{Aeq}$ / dB	< 2	< 2
$K_{IN}$ / dB	0	0

Tabelle 7: Impulshaltigkeit im Nahbereich

#### 4.2.3 Schalleistungspegel bei Leistungsbegrenzung der WEA

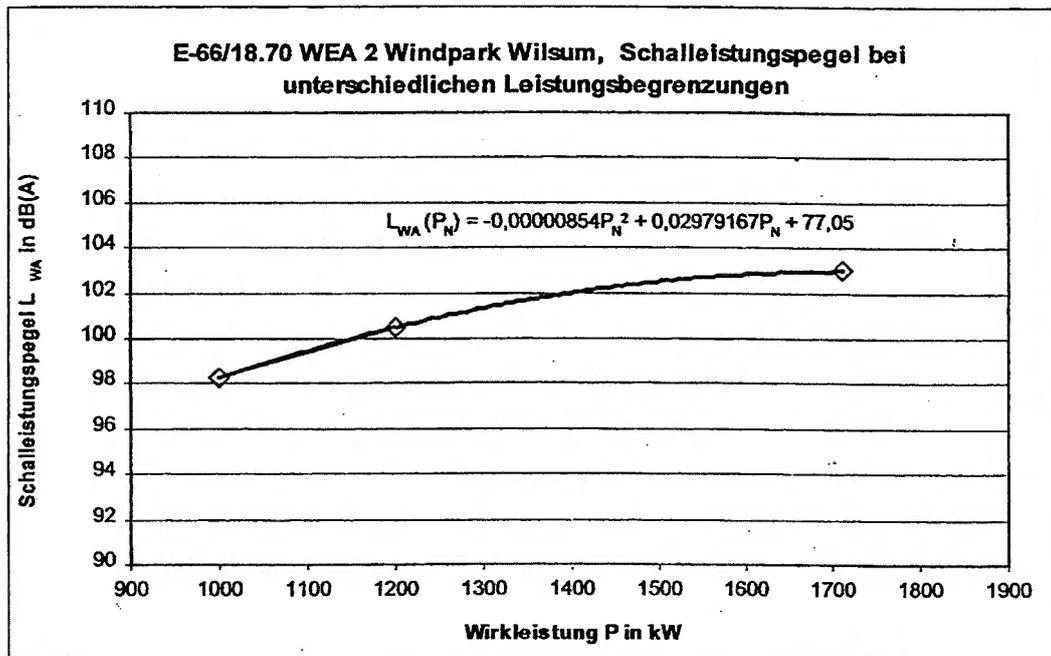
Leistung P / kW	1000 kW	1200 kW
$L_{Aeq}$ / dB(A), Betrieb	50,5	52,1
$L_{Aeq}$ / dB(A), Hintergr.	45,2	45,4
$L_{Aeq,C}$ / dB(A)	49,0	51,1
$K_{IN}$ / dB	0	0
$K_{TN}$ / dB	0	0
$L_{WA}$ / dB(A)	98,3	100,5

Tabelle 8: Emissionsdaten der E-66/18.70 mit einer Nabenhöhe von 98m mit 1000kW und 1200kW Leistungsbegrenzung

Terzpegelfrequenzspektren der Schalleistungspegel befinden sich in der Anlage.

Alle Auswerteergebnisse beziehen sich auf die vermessene Anlage unter Zugrundelegung der in Anlage D angegebenen Leistungskurve.

In der folgenden Abbildung 10 sind die Schalleistungspegel bei den Leistungsbegrenzungen von 1000 kW, 1200kW und 95% der Nennleistung (1710kW) dargestellt.



**Abb. 10:** Schalleistungspegel bei den Leistungsbegrenzungen von 1000 kW, 1200 kW und 95 % der Nennleistung (1710kW) aus der Regression 2. Ordnung

Aus der Regression lassen sich die Schalleistungspegel für weitere Leistungsbegrenzungen durch Interpolation errechnen (gültiger Leistungsbereich von P = 1000 kW bis 1710 kW). Mit dem ermittelten Polynom sind folgende Schalleistungspegel berechnet worden:

$P_N$ / kW	$L_{WA}$ / dB
1000	98,3
1200	100,5
1400	102,0
1600	102,9
1710	103,0

**Tabelle 9:** Berechnete Schalleistungspegel

Meßgenauigkeit:

Die Meßgenauigkeit wird neben der Genauigkeit der verwendeten Meßgeräte von den Witterungs- und Ausbreitungsbedingungen sowie der angegebenen Leistungskurve bestimmt.

Da ein geeichter und geprüfter Schallpegelmessers verwendet wurde (im Rahmen von Schallschutzvergleichsmessungen beim MPA in Dortmund hat KCE Toleranzen von  $< 0,3$  dB durch die Meßkette ermittelt), wird die Meßgenauigkeit überwiegend durch die Ausbreitungsbedingungen und die Berechnung der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über die Leistungskurve bestimmt. KCE hat am Ringversuch [7] zur Bestimmung der Emissionen an WEA teilgenommen.

Die Meßgenauigkeit wird nach [7] auf  $\pm 0,5$  dB abgeschätzt.

Für Windgeschwindigkeiten von ca.  $v_{10} < 6,5$  m/s liegen aufgrund der Witterung und der Fremdgeräuschsituation wenig Daten vor.

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

Rheine, 30.11.2001 Wz/De

KÖTTER Consulting Engineers



Bonifatiusstraße 400 · 48432 Rheine  
Tel. 0 59 71 - 97 10.0 · Fax 0 59 71 - 97 10.43



i.V.

*Arno Schällig*  
Dipl.-Ing. Arno Schällig

i.A.

*Frank Wenzel*  
Frank Wenzel

# SÜDWIND S-70

Schallvermessungsbericht:

WINDTEST	WT 2055/01	vom 19.12.2001 (SÜDWIND)
WINDTEST	SE01009B3	vom 19.09.2001 (SÜDWIND)

# **WINDTEST**

**Kaiser-Wilhelm-Koog-GmbH**

**Zusammenfassung der  
Messergebnisse zur  
Schallmessung Owschlag  
(Schleswig-Holstein)**

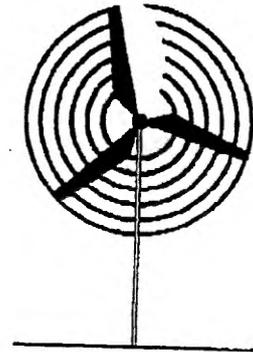
**Meßdatum: 19.12.2001**

**Kurzbericht WT 2055 / 01**



# WINDTEST

Kaiser-Wilhelm-Koog-GmbH



## Zusammenfassung der Messergebnisse zur Schallmessung Owschlag (Schleswig-Holstein)

Kurzbericht WT 2055 / 01

<b>Standort bzw. Meßort:</b>	Owschlag (Schleswig-Holstein)
------------------------------	-------------------------------

<b>Auftraggeber:</b>	Südwind Energy GmbH Centroallee 265 46047 Oberhausen
----------------------	--

<b>Auftragnehmer:</b>	WINDTEST KWK GmbH Sommerdeich 14 b 25709 Kaiser-Wilhelm-Koog
-----------------------	--

<b>Datum der Auftragserteilung:</b>	2001-12-17	<b>Auftragsnummer:</b>	6020 01 01523 06
-------------------------------------	------------	------------------------	------------------

**Bearbeiter:**

Dipl.-Ing. Joerg Neubert  
(Leiter Gruppe Akustik)

**Geprüft:**

Dipl.-Ing. Arno Trautsch

Kaiser-Wilhelm-Koog, 2001-12-27

Dieser Bericht darf auszugsweise nur mit schriftlicher Zustimmung der WINDTEST KWK vervielfältigt werden.  
Er umfaßt insgesamt 4 Seiten incl. des Anhanges.



## 1 Aufgabenstellung

Die WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH (WINDTEST) wurde am 2001-12-17 von der Firma Südwind Energy GmbH, 46047 Oberhausen, beauftragt, Schallmessungen an einer Windenergieanlage (WEA) des Typs Südwind S70-1500 kW WEA 70037 durchzuführen. Aus den Ergebnissen der Schalldruckpegelmessungen sollen die Schallleistung und, sofern vorhanden, eventuell vorhandene Auffälligkeiten bestimmt werden.

Die in diesem Kurzericht dargestellten Ergebnisse beziehen sich nur auf diese Messkampagne an der vermessenen Anlage.

## 2 Messort und Messverfahren

Die Messung an der WEA Südwind S70-1500 kW WEA 70037 - gelegen in der von Owschlag (Schleswig-Holstein) - wurde am 19.12.2001 in der Zeit von 2001-12-19 11:00 Uhr bis 2001-12-19 18:00 Uhr durchgeführt. Als Grundlage für Messung und Auswertung dienten die "Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen, Revision 13, Stand: 1.1.2000, Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie e. V." [FGW13].

## 3 Ergebnisse

Es wurden folgende Ergebnisse der Messungen festgestellt:

1. Der Schallleistungspegel für die Windgeschwindigkeit von 8,8 m/s (10 m Höhe), die laut vorliegender, vermessener Leistungskurve einer Leistung von 1425 kW (95 % der Nennleistung) entspricht, liegt bei  $L_{WA} = 103,6$  dB (s. Anhang).
2. Es liegt über den gesamten, vermessenen Arbeitsbereich keine Impulshaftigkeit gemäß [FGW13] vor.

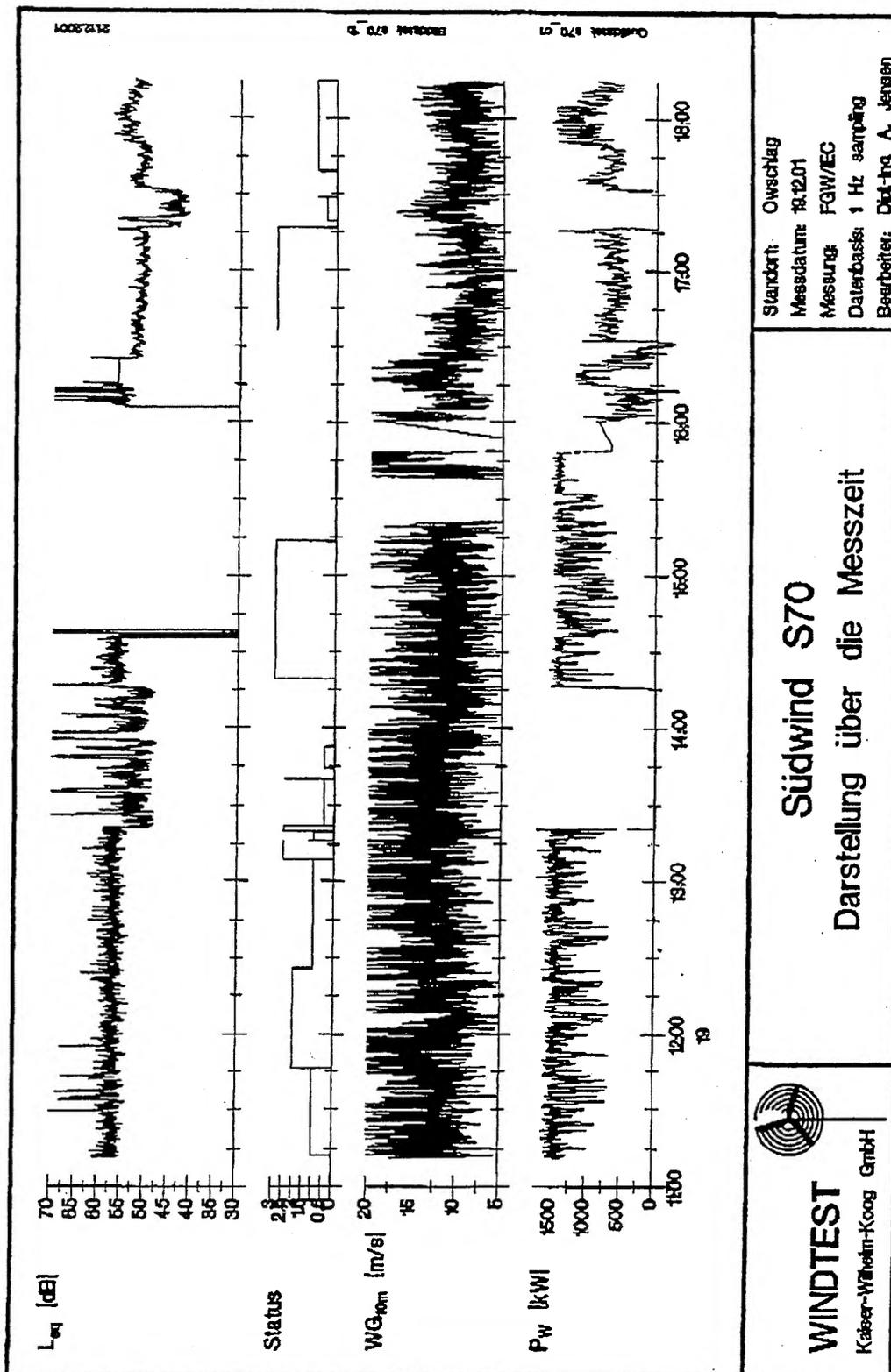
## 4 Hinweise

Es ist auf folgendes hinzuweisen:

1. Aufgrund der vorherrschenden Witterungslage während der Messungen wurden nur bezüglich des Fremdgeräusches nicht alle Windgeschwindigkeitsbereiche ausreichend erfasst, da im 7-m/s-BIN und im 8-m/s-BIN jeweils zwei Minutenmittelwerte fehlen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die vorliegenden Daten das Fremdgeräusch repräsentativ wiedergeben.
2. Es kann bis dato keine Aussage zu einer eventuell vorhandenen Tonhaltigkeit getroffen werden, da die Ergebnisse dieser Auswertungen noch nicht vorliegen. Es lag während der Messungen aber gemäß der nach [FGW13] durchzuführenden, subjektiven Geräuschbeurteilung keine auffällige Tonhaltigkeit im Nahfeld der WEA vor.

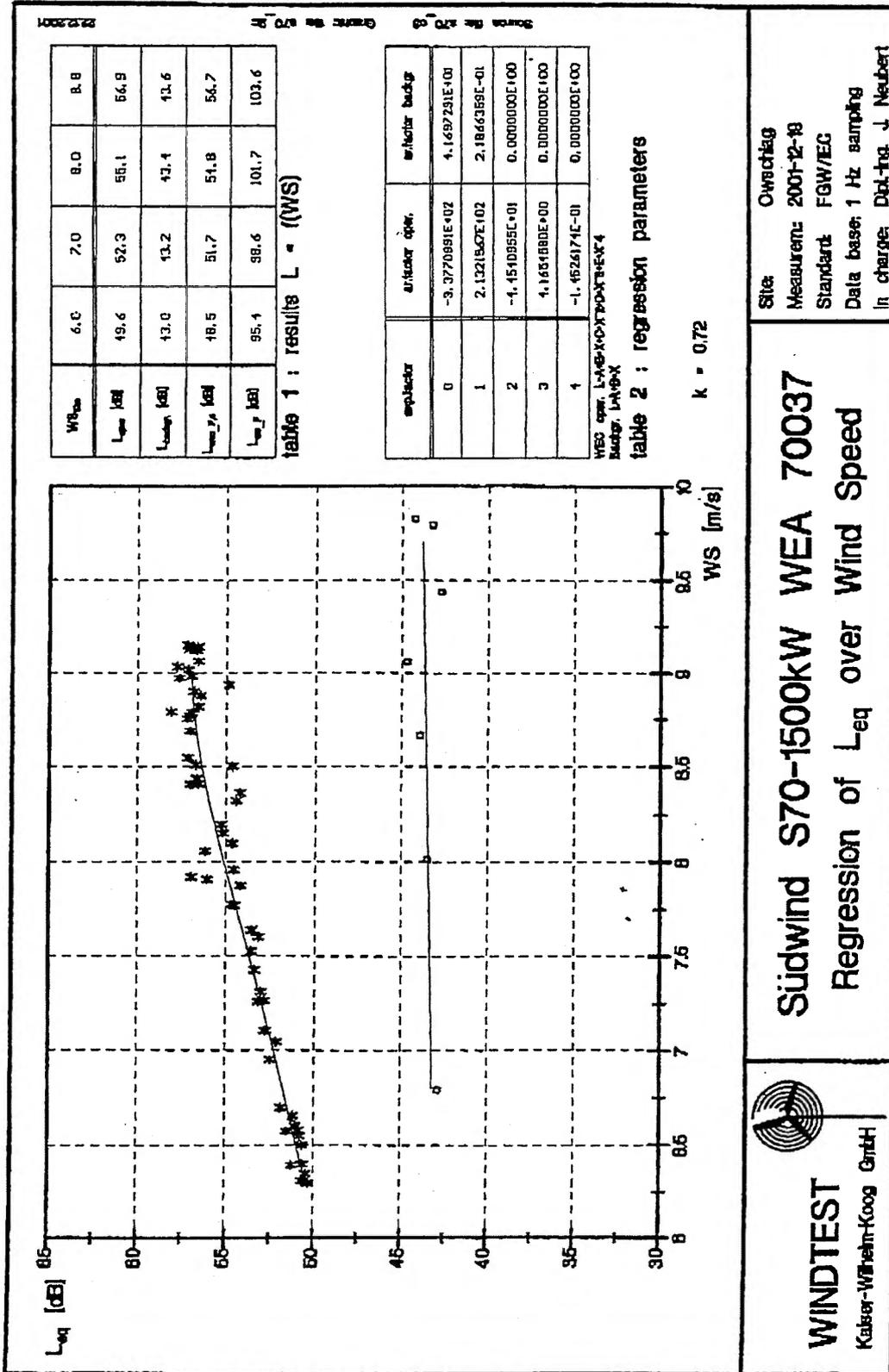


Anhang 1: Zeitverlauf der Messdaten





Anhang 2: Regressionsanalyse Schalldruckpegel über berechnete WG



WS <sub>max</sub>	6.0	7.0	8.0	8.8
L <sub>eq</sub> [dB]	49.6	52.3	56.1	54.9
L <sub>max</sub> [dB]	43.0	43.2	43.4	43.6
L <sub>max,1/3</sub> [dB]	48.5	51.7	54.8	54.7
L <sub>max,1/10</sub> [dB]	95.4	98.6	101.7	103.6

table 1 : results L<sub>eq</sub> (WS)

coefficient	a/coefficient	b/coefficient
0	-3.3770981E+02	4.1697291E+00
1	2.1321567E+02	2.1866359E-01
2	-1.4510855E+01	0.0000000E+00
3	4.1654680E+00	0.0000000E+00
4	-1.4626171E-01	0.0000000E+00

WS eqm. L<sub>eq</sub> = a + b \* WS<sup>k</sup>  
k = 0.72

table 2 : regression parameters

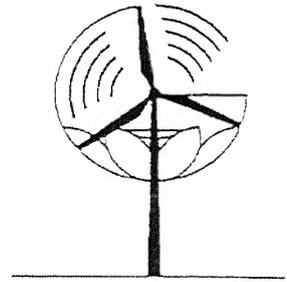
Südwind S70-1500kW WEA 70037  
Regression of L<sub>eq</sub> over Wind Speed



WINDTEST

Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH

Site: Owschlag  
Measurements: 2007-12-18  
Standard: FGW/EG  
Data base: 1 Hz sampling  
In charge: Dipl.-Ing. J. Neubert



Zusammenfassung der Messergebnisse zur  
Schallemissionsmessung der  
Windenergieanlage vom Typ S 70  
Nabenhöhe 85 m

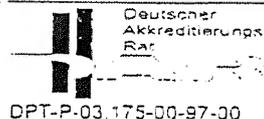
Messung 13.09.01

19.09.01

SE01009B3

Durch das DAP Deutsches Akkreditierungssystem  
Prüfwesen GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium.

Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde  
aufgeführten Prüfverfahren.



# WINDTEST

## Grevenbroich GmbH

### Zusammenfassung der Messergebnisse zur Schallemissionsmessung der Windenergieanlage vom Typ S 70 Nabenhöhe 85 m

SE01009B3

<b>Standort bzw. Meßort:</b>	Windpark Helenenberg bei Trier, Anlage S70 021
------------------------------	--

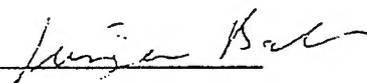
<b>Auftraggeber:</b>	Südwind Energy GmbH, Centroallee 265, 46047 Oberhausen
----------------------	--

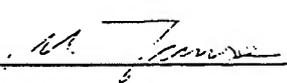
<b>Auftragnehmer:</b>	WINDTEST Grevenbroich GmbH Frimmersdorfer Str. 73 41517 Grevenbroich
-----------------------	--

<b>Datum der Auftragserteilung:</b>	01.08.2001	<b>Auftragsnummer:</b>	01004306
-------------------------------------	------------	------------------------	----------

<b>Bearbeiter</b>
-------------------

<b>Geprüft:</b>
-----------------

  
i. A. Dipl.-Ing. Jürgen Bahr

  
i. V. Dipl.-Ing. Markus Jansen

Grevenbroich, 19. September 2001

Dieser Bericht darf teilweise oder ganz nur mit schriftlicher Zustimmung der Windtest Grevenbroich GmbH vervielfältigt werden. Er umfaßt insgesamt 12 Seiten.

Zusammenfassung der Messergebnisse für die Schallemissionsmessung an der Windenergieanlage:

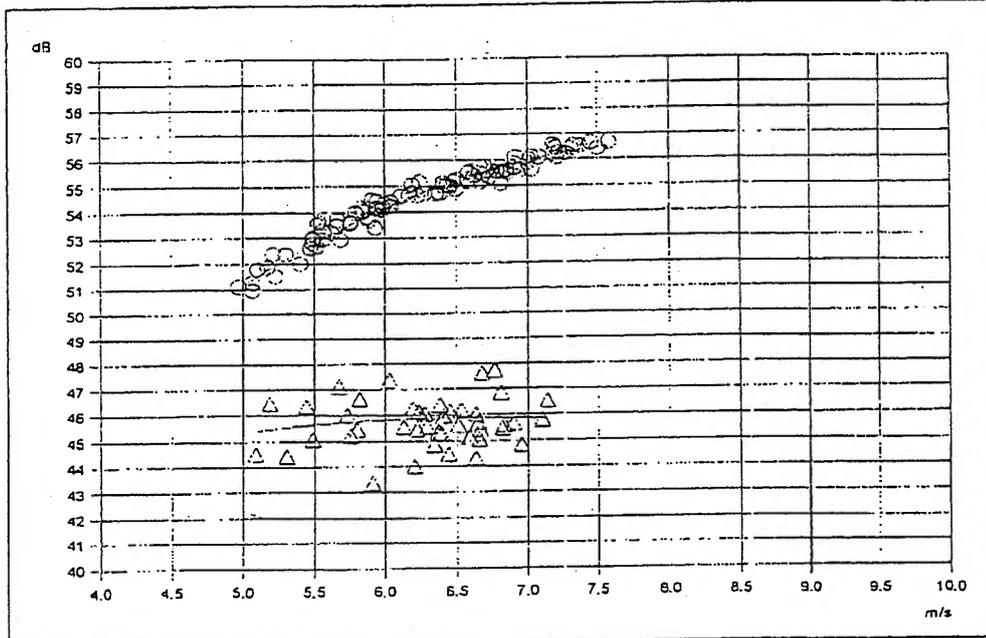
**Südwind S70**

Technische Daten der Windenergieanlage	
WEA-Hersteller	Südwind Energy GmbH
WEA-Typ	Südwind S 70
Standort	WP Helenberg S 70021
Nennleistung [kW]	1500
Leistungsregelung	pitch
Nabenhöhe [m]	85
Nabenhöhe inkl. Fundamenthöhe	85
Turmbauart	Stahlrohr
Anordnung Rotorblätter zum Turm	Luv
Anzahl der Rotorblätter	3
Rotordurchmesser [m]	70
Rotorblatthersteller	LM/AS
Drehzahl klein/groß	1030 - 1800
Getriebehersteller	
Getriebetyp	Stirnrad/Planeten
Generatortyp	DASG

Messgeometrie	
Messentfernung	100
Fundamenthöhe	0 m
Mikrofonhöhe	0 m
Rotationsebene-Turmmittelpunkt	ca. 3 m

Messbedingungen	
Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe, 1-min Mittel	5 - 10 m/s
Windrichtung	NW
Elektrische Wirkleistung	200 - 1200 kW
Luftdruck	1000 hPa
Lufttemperatur	14,5°
Luftfeuchte	83 %

**Bestimmung der Schalleistung nach FGW-Richtlinie (wg aus Leistungskurve berechnet)**



Betrieb ( O ):  
 Regression:  
 $18.4 + 9.493 \cdot X$   
 $-0.5889 \cdot X^2$   
 X: wg / (dB(A)/ms)

Hintergrund ( Δ ):  
 Regression:  
 $36.7 + 2.775 \cdot X$   
 $-0.2098 \cdot X^2$   
 X: wg / (dB(A)/ms)  
 k=0.84

Bearbeiter:  
 Dipl.-Ing. J. Bahr  
 Messung: M010913  
 Auswertung: A010918

	BIN 6 5.5 - 6.5 m/s	BIN 7 6.5 - 7.5 m/s	BIN 8 * 7.5 - 8.5 m/s	8.6 m/s <sup>(1), **</sup>
Betrieb (BG, L <sub>Aeq</sub> /dB(A))	54,2	56,0	56,6	56,5
Hintergrund (HG, L <sub>Aeq</sub> /dB(A))	45,8	45,8	45,5	45,0
Abstand (ΔL, L <sub>Aeq</sub> /dB(A))	8,36	10,15	11,18	11,43
L <sub>Aeq,c</sub> /dB(A)	53,5	55,5	56,3	56,2
L <sub>WA</sub> /dB(A)	101,0	103,1	103,8	103,7
P / kW	610	960	1314	1425

(1) = 95% Nennleistung. (\*) Es liegt nur ein 1 min Messwert vor. (\*\*) Es liegen keine Messwerte vor

# **DEWIND D6/62 1000 kW**

RWTÜV Gutachten 3.3/908/1999 DB 60037 vom 10.11.2000

RWTÜV Gutachten 3.3/908/1999 DB 60036 vom 05.12.2000

RWTÜV Gutachten 3.3/908/1999 DB 60026 vom 20.11.2001

## Bestimmung der Schallemissionsparameter aus mehreren Einzelmessungen

Auf der-Basis vom mindestens 3 Messungen nach der FGW-Richtlinie besteht die Möglichkeit, die Schallemissionswerte eines Anlagentyps gemäß

[1] CENELEC / BTTF83-2-WG5,4. Draft Declaration of Sound Power Level and Tonality Values of Wind Turbines-1999-11

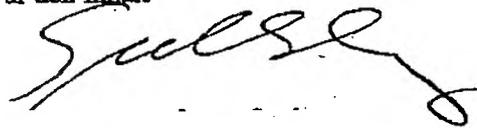
anzugeben, um die schalltechnische Planungssicherheit zu erhöhen.

		Windgeschwindigkeit in 10m Höhe	Schalleistungspegel $L_{WA}$	Tonzuschlag $K_{TN}$	Impulszuschlag $K_{IN}$
1. Messung	RWTÜV AT 3.3/908/1999-DB 60037 11.10.2000	6 m/s	96,0	0 dB	0 dB
		7 m/s	97,2	0 dB	0 dB
		8 m/s	97,9	0 dB	0 dB
		9 m/s	98,1	0 dB	0 dB
2. Messung	RWTÜV AT 3.3/908/1999-DB 60036 11.10.2000	6 m/s	95,2	0 dB	0 dB
		7 m/s	96,3	0 dB	0 dB
		8 m/s	97,4	0 dB	0 dB
		9 m/s	98,2	0 dB	0 dB
3. Messung	RWTÜV AT 3.3/908/1999-DB 60026 10.10.2001	6 m/s	97,5	2 dB	0 dB
		7 m/s	98,5	2 dB	0 dB
		8 m/s	99,3	1 dB	0 dB
		9 m/s	99,8	1 dB	0 dB
Energetischer Mittelwert		6 m/s	96,3	0,8	0 dB
		7 m/s	97,4	0,8	0 dB
		8 m/s	98,3	0,4	0 dB
		9 m/s	98,8	0,4	0 dB
Standardabweichungs		6 m/s	1,2	1,2	
		7 m/s	1,1	1,2	
		8 m/s	1,0	0,6	
		9 m/s	1,0	0,6	
K nach [1] $\sigma_R=0,9$ dB		6 m/s	2,2	2,2	
		7 m/s	2,1	2,2	
		8 m/s	1,9	1,1	
		9 m/s	1,8	1,1	

Diese Angaben ersetzen nicht die o.g. Prüfberichte (insbesondere bei Schallimmissionsprognosen).

Ausgestellt durch: RWTÜV Anlagentechnik GmbH  
Abt. Bautechnik, Lärm- und  
Erschütterungsschutz  
Langemarckstraße 20  
45141 Essen

Für den Inhalt



Datum: 01.03.2002

i.A. Dipl.-Phys. Ing. G. Spellerberg

Die Windgeschwindigkeit im 9 m/s-BIN beträgt 8,8 m/s (95% der Nennleistung)

## 6 Zusammenfassung und Bewertung

Im Auftrag der DeWind AG Lübeck haben wir die Geräuschemissionen einer WEA D6-1000 in Schwarme (WEA 2) ermittelt. Als Grundlage für die Messung und Beurteilung wurden die „Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen, Revision 13, Stand 1.1.2000“ in Verbindung mit der DIN EN 61400-11, der DIN 45645, Teil 1 sowie der DIN 45681 E herangezogen.

Die Tonhaltigkeitsanalyse nach DIN 45681 E ergab keine auffälligen Werte, was auch durch den subjektiven Eindruck bestätigt wurde.

Die Impulshaltigkeit wurde nach DIN 45645, Teil 1 bestimmt.

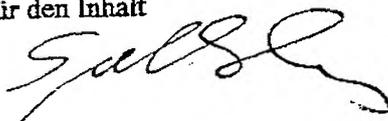
Die Geräuschemissionen der WEA weisen keine ausgeprägte Richtcharakteristik auf.

Einzelereignisse, die den Mittelungspegel bei 8m/s Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe um mehr als 10 dB(A) überschreiten, wurden nicht festgestellt.

Die folgende Aufstellung zeigt die ermittelten Schallleistungspegel, Tonhaltigkeitszuschläge und Impulshaltigkeitszuschläge für die Windgeschwindigkeits-BINs 6 m/s .. 10 m/s, bezogen auf 10 m Höhe:

Windgeschw. in 10 m Höhe [m/s]	6	7	8	9	10 <sup>1</sup>
Schallleistungspegel $L_{WA}$ [dB(A)]	94,9	96,0	97,7	98,9	99,5
Impulshaltigkeitszuschlag $K_I$ [dB]	1,1	0,7	0,7	0,7	1,4
Tonhaltigkeitszuschlag $K_T$ [dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Messunsicherheit $U_C$ [dB]	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
Elektrische Wirkleistung [kW]	540	670	740	880	950

Für den Inhalt



Dipl.-Phys. Ing. Georg Spellerberg

<sup>1</sup> bzw. 95% der Nennleistung entsprechend 950 kW

## 6 Zusammenfassung und Bewertung

Im Auftrag der DeWind AG Lübeck haben wir die Geräuschemissionen einer WEA D6-1000 in Schwarme (WEA 1) ermittelt. Als Grundlage für die Messung und Beurteilung wurden die „Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen, Revision 13, Stand 1.1.2000“ in Verbindung mit der DIN EN 61400-11, der DIN 45645, Teil 1 sowie der DIN 45681 E herangezogen.

Die Tonhaltigkeitsanalyse nach DIN 45681 E ergab keine auffälligen Werte, was auch durch den subjektiven Eindruck bestätigt wurde.

Die Impulshaltigkeit wurde nach DIN 45645, Teil 1 bestimmt.

Die Geräuschemissionen der WEA weisen keine ausgeprägte Richtcharakteristik auf.

Einzelereignisse, die den Mittelungspegel bei 8m/s Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe um mehr als 10 dB(A) überschreiten, wurden nicht festgestellt.

Die folgende Aufstellung zeigt die ermittelten Schalleistungspegel, Tonhaltigkeitszuschläge und Impulshaltigkeitszuschläge für die Windgeschwindigkeits-BINs 6 m/s .. 10 m/s, bezogen auf 10 m Höhe:

Windgeschw. in 10 m Höhe [m/s]	6	7	8	8,8 <sup>2</sup>
Schalleistungspegel $L_{WA}$ [dB(A)]	97,5	98,5	99,3	99,8
Impulshaltigkeitszuschlag $K_I$ [dB]	0,0	0,0	0,0	0,0
Tonhaltigkeitszuschlag $K_T$ [dB]	2	2	1	1
Messunsicherheit $U_C$ [dB]	1,14	1,14	1,14	1,14
Elektrische Wirkleistung [kW]	490	660	815	950

Für den Inhalt



Dipl.-Phys.Ing. Georg Spellerberg

<sup>2</sup> entspricht 95% der Nennleistung

# **ENERCON E-40 500kW**

Schallvermessungsbericht

Kötter, Bericht 23554-2.002 vom 3.3.1998



Die Schalleistungspegel der ENERCON E-40 mit 500 kW Nennleistung und 40m Rotordurchmesser werden wie folgt angegeben:

Nabenhöhe	gemessener Schalleistungspegel und Tonhaltigkeitszuschlag für 8 m/s in 10 m Höhe KÖTTER		ENERCON Garantie	gemessener Schalleistungspegel und Tonhaltigkeitszuschlag für 10 m/s in 10 m Höhe KÖTTER		ENERCON Garantie
44 m	98,9 dB(A)	0 dB	98,3 dB(A) 0-1 dB	100,2 dB(A)	0 dB	101 dB(A) 0-1 dB
50 m	99,1 dB(A)	0 dB	98,5 dB(A) 0-1 dB	100,4 dB(A)	0 dB	101 dB(A) 0-1 dB
55 m	99,2 dB(A)	0 dB	99,0 dB(A) 0-1 dB	100,5 dB(A)	0 dB	101 dB(A) 0-1 dB
65 m	99,5 dB(A)	0 dB	99,0 dB(A) 0-1 dB	100,8 dB(A)	0 dB	101 dB(A) 0-1 dB

1. Diese Angaben beziehen sich auf die Schalleistungspegelvermessungen der E-40 mit 500kW Nennleistung und einem Rotordurchmesser von 40m durch das Ingenieurbüro Kötter Beratende Ingenieure, Rheine entsprechend dem neuesten Meßbericht 23554-2.002 vom 03.03.1998 und gelten für 8 m/s und 10 m/s in 10 m Höhe, wobei eine Meßgenauigkeit von < 2 dB(A) im o.g. Bericht bestätigt wird.
2. Die Schalleistungspegelvermessungen wurden entsprechend dem Entwurf DIN IEC 88/48/CDV ("Klassifikation VDE 0127, Teil 10 - Windenergieanlagen, Teil 10: Schallmeßverfahren - Ausgabe März 1996"), der IEA-Empfehlung ("Recommended Practices For Wind Turbine Testing, 4. Acoustics: Measurements of Noise Emission From Wind Turbines" 3. Ausgabe 1994), sowie dem DIN Entwurf 45681 ("Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen" Ausgabe Januar 1992) durchgeführt.
3. Aufgrund einer geänderten Betriebsweise, sowie im Hinblick auf die angegebene Meßgenauigkeit garantiert die Firma ENERCON geringere Schalleistungspegelwerte, als die vom Ingenieurbüro Kötter zertifizierten.
4. ENERCON Anlagen gewährleisten mit ihrer variablen Betriebsführung, daß vorgegebene Schallgrenzwerte während der gesamten Lebensdauer der Anlagen eingehalten werden.
5. Die konstruktive Bauweise der ENERCON Anlagen (keine schnelldrehenden Teile - somit kein mechanischer Verschleiß) gewährleistet, daß eine Erhöhung des Maschinengeräusches während der gesamten Anlagenlebensdauer ausgeschlossen werden kann.

# **ENERCON E-66 1800 kW**

Schallvermessungsberichte

WINDTEST, Prüfbericht WT 1618/00 vom 21.12.2000 und die Zusammenfassung der  
Meßergebnisse WT 1629/01 vom 5.1.2001  
(Ersetzt Zusammenfassung WT 1569/00 vom 15.11.2000)

Kötter, Bericht 25716-1.001 vom 30.11.2001

Kötter, Bericht 26207-1.001 vom 28.05.2002



Die Schalleistungspegel der ENERCON E-66 mit 1.800kW Nennleistung und 70m Rotordurchmesser werden wie folgt angegeben:

Anzahl	<u>Vermessener</u> Schalleistungspegel und Tonhaltigkeitszuschlag für 95% Nennleistung nach FGW-Richtlinie			<u>ENERCON</u> <u>Garantie</u>
	1. Vermessung	2. Vermessung	3. Vermessung	
WEA	E-66/18.70 mit 65m NH	E-66/18.70 mit 98m NH	E-66/18.70 mit 86m NH	<b>Garantierter Schalleistungspegel und Tonhaltigkeitszuschlag für 95% Nennleistung nach FGW-Richtlinie</b>
Institut	WINDTEST KWK	KÖTTER Consulting Engineers	KÖTTER Consulting Engineers	
Bericht	WT1618/00 vom 21.12.2000	KÖTTER 25716 -1.001 vom 30.11.2001	KÖTTER 26207 -1.001 vom 28.05.2002	
65m NH	<b>102,7 dB(A)</b> 0 dB	<b>103,0 dB(A)</b> 0 dB	<b>103,0 dB(A)</b> 0 dB	
86m NH	<b>102,7 dB(A)</b> 0 dB	<b>103,0 dB(A)</b> 0 dB	<b>103,0 dB(A)</b> 0 dB	<b>103,0 dB(A)</b> 0-1 dB
98m NH	<b>102,7 dB(A)</b> 0 dB	<b>103,0 dB(A)</b> 0 dB	<b>103,0 dB(A)</b> 0 dB	<b>103,0 dB(A)</b> 0-1 dB
114m NH	<b>102,7 dB(A)</b> 0 dB	<b>103,0 dB(A)</b> 0 dB	<b>103,0 dB(A)</b> 0 dB	<b>103,0 dB(A)</b> 0-1 dB

- Die Schalleistungspegelvermessungen, sowie die Ermittlung der Tonhaltigkeit und der Impulshaltigkeit, wurden entsprechend den FGW-Richtlinien (Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Revision 13, Stand 01.01.2000, Hamburg, Fördergesellschaft Windenergie e.V., Teil1: Bestimmung der Schallemissionswerte), basierend auf der DIN EN61400-11 (Windenergieanlagen, Teil 11: Geräuschimmissionen) mit Stand Februar 2000 durchgeführt. Die Bestimmung der Impulshaltigkeit entspricht DIN 45645 (T1, „Einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschimmissionen“, Stand Juli 1996). Zur Feststellung der Tonhaltigkeit wurde entsprechend der Technischen Richtlinie nach DIN 45681 (Entwurf, „Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen“, Stand Januar 1992) verfahren.
- Der Schalleistungspegel für 95% der Nennleistung bezieht sich nach FGW-Richtlinie auf die Referenzwindgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe.
- Aus den drei vorliegenden Meßberichten (WT1618/00, KCE 25716-1.001 und KCE 26207-1.001) lassen sich folgende energetische Mittelwerte bilden: Für den Schalleistungspegel ergibt sich ein Wert von  $L_{WA, 95\% \text{ Nennleistung, Mittel}} = 102,9\text{dB(A)}$ . In bezug auf die Standardabweichung wurde ein Wert von  $S_{95\% \text{ Nennleistung, Mittel}} = 0,2\text{db(A)}$  ermittelt.
- Umgerechnete Schalleistungspegelwerte für die genannten Nabenhöhen ergeben sich als Berechnung aus den Vermessungen der E-66/18.70 der jeweils vermessenen Nabenhöhe.
- ENERCON Anlagen gewährleisten bei ordnungsgemäßer Wartung aufgrund ihres verschleißfreien Konzeptes und ihrer variablen Betriebsführung, daß vorgegebene Schallwerte während der gesamten Lebensdauer eingehalten werden.

# WINDTEST

Kaiser-Wilhelm-Koog-GmbH

Schalltechnisches Gutachten  
zur Windenergieanlage  
E66/18.70 in Hage/Norden

Messdatum: 2000-10-25

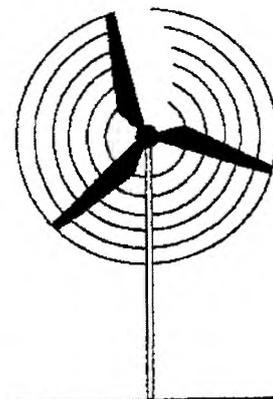
Dezember 2000

WT 1618/00

Durch das DAP Deutsches Akkreditierungssystem  
Prüfwesen akkreditiertes Prüflaboratorium  
Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten  
Prüfverfahren



DAP-P-01.556-00-97-00



### 3.3 Immissionsrelevanter Schalleistungspegel

Der Schalleistungspegel wird aus dem fremdgeräuschkorrigierten Schalldruckpegel  $L_{Aeq,c}$  für die relevanten Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe berechnet und aufgrund der Reflexionen (Schalldruckverdoppelung durch kohärente Interferenz) auf der schallharten Platte richtlinienkonform um 6 dB korrigiert (vgl. /2/).

Der Schalleistungspegel  $L_{WA}$  ergibt sich aus folgendem Zusammenhang:

$$L_{WA} = L_{Aeq,c} - 6 \text{ dB} + 10 \cdot \log(4 \cdot \pi \cdot R_i^2 / 1 \text{ m}^2) \text{ dB}$$

$$R_i = \text{SQR} \left( (R_0 + d)^2 + (H - h_A + h_F)^2 \right)$$

In Anhang 2 ist die BIN-Analyse der 1-min-Mittelwerte des Schalldruckpegels in Abhängigkeit der berechneten Windgeschwindigkeit dargestellt.

Der BIN-Analyse liegen 1-Minuten-Mittelwerte aus den gemessenen Schalldruckpegeln und der über die Leistungskurve bestimmten Windgeschwindigkeit zugrunde.

Für die E66/18.70 ergeben sich in der vorliegenden Konfiguration die in Tabelle 3 dargestellten, immissionsrelevanten Schalleistungspegel.

**Tabelle 3:** Immissionsrelevanter Schalleistungspegel als Funktion der berechneten WG

WG in 10 m Höhe [m/s]	6	7	8	9	10 <sup>1</sup>
Schalleistungspegel $L_{WA,P}$ [dB]	-	-	100,5	102,1	102,7

<sup>1</sup> bzw. die der 95%igen Nennleistung entsprechende WG

### 3.4 Impulshaltigkeit

Die Impulshaltigkeit der Geräuschabstrahlung wird nach den Vorgaben der DIN 45645 T1 /3/ bestimmt. Der Beurteilungszeitraum ist hierbei gleich dem Messzeitraum bei laufender WEA mit Windgeschwindigkeiten zwischen 5,5 und 10,5 m/s (Messbereich). Die Differenz aus dem über diesen Zeitraum gemittelten Taktmaximalmittelungspegel ( $L_{AFM}$ ) und dem entsprechend gemittelten äquivalenten Dauerschallpegel ( $L_{eq}$  oder  $L_{AFM}$ ) im 5-Sek-Takt ergibt den **unbewerteten** Impulzzuschlag  $K_{IN, u}$ .

Die DIN 45645 T1 /3/ empfiehlt, den Impulzzuschlag erst bei einem berechneten Wert von  $K_{IN, u} > 2$  dB aufzuschlagen. Daraus resultiert der **bewertete** Impulzzuschlag für diese WEA im Nahfeld (s. Tabelle 4).

**Tabelle 4:** Impulshaltigkeitszuschläge gemäß DIN 45645 T1 /3/.

WG in 10 m Höhe [m/s]	6	7	8	9	10 <sup>1</sup>
<b>bewerteter Impulshaltigkeitszuschlag [dB]</b>	-	0	0	0	0

<sup>1</sup> bzw. die der 95%igen Nennleistung entsprechende WG

**Hinweis:** Die ermittelte Impulshaltigkeit ist nicht unmittelbar auf den Fernbereich übertragbar.

### 3.5 Pegel von Einzelereignissen

Einzelereignisse - z.B. das Anfahren oder Abschalten der Anlage - sollen den Mittelungspegel des Schalldruckes bei den relevanten Windgeschwindigkeiten nicht um mehr als 10 dB überschreiten.

Bei dieser Anlage wurde keine Überschreitung festgestellt.

### 3.6 Tonhaltigkeit und Frequenzanalysen

Das auf der schallharten Platte gemessene Geräusch wird mit dem FFT-Analysator B&K 2144 schmalbandig auf seine Frequenzzusammensetzung analysiert. Die Analyse wird nachträglich von den auf DAT-Recorder aufgezeichneten Geräuschen durchgeführt. Zur Beurteilung der Tonhaltigkeit von drehzahlvariablen Windenergieanlagen wurden richtlinienkonform für die vorhandenen Windgeschwindigkeitswerte 8, 9 und 10 m/s (95 % der Nennleistung entsprechend 1710 kW) jeweils 12 Spektren zu jeweils 10 s herangezogen (Mittelwert der Windgeschwindigkeit für eine Minute). Für jedes Spektrum wird eine Tonhaltigkeitsanalyse durchgeführt.

In dem breitbandigen Geräusch der E66/18.70 treten tonale Frequenzen insbesondere im Bereich der Nennleistung auf. Aufgrund ihrer geringeren Intensität sind diese als nicht relevant im Sinne der Norm anzusehen. Eine Tonhaltigkeitsanalyse dieser Linien ist daher nicht erforderlich. Repräsentative Spektren des Betriebsgeräusches, die für die Tonhaltigkeitsanalyse zugrunde gelegt wurden, sind in Anhang 3 festgehalten.

**Tabelle 5:** Tonhaltigkeitszuschläge gemäß Technischer Richtlinie /1/, bzw. EDIN 45681 /3/.

WG in 10 m Höhe [m/s]	6	7	8	9	10 <sup>1</sup>
<b>Tonhaltigkeitszuschlag [dB]</b>	-	-	0	0	0

<sup>1</sup> bzw. die der 95%igen Nennleistung entsprechende WG

**Hinweis:** Die ermittelte Tonhaltigkeit ist nicht unmittelbar auf den Fernbereich übertragbar.

### 3.7 Oktavanalyse

In Tabelle 6 sind die A-bewerteten Schalleistungsspektren für die immissionsrelevanten Windgeschwindigkeiten von 10 m/s auf 10 m Höhe (bzw. 95 %  $P_{\text{Nenn}}$ ) dargestellt. Zusätzlich zu der gültigen Fassung der Technischen Richtlinie wurde mit Bezug auf die Anwendung in frequenzabhängigen Ausbreitungsrechnungen gemäß EDIN ISO 9613-2 eine Darstellung als Oktavspektrum gewählt.

**Tabelle 6:** A-bewertete Oktavspektren bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten

f [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	energet. Summe
$L_{AF}$ [dB]										
bei 10 m/s <sup>1</sup>	74,1	83,4	90,6	93,9	97,4	97,6	94,5	87,9	76,4	102,7

<sup>1</sup> bzw. die der 95%igen Nennleistung entsprechende WG

### 3.8 Messunsicherheit

Durch die Art der Umgebung und die meteorologischen Bedingungen sowie durch die Messkette unterliegt das Messergebnis für den Schalleistungspegel einer Messunsicherheit. Für diese Messung wurde eine Messunsicherheit bezüglich des Schalleistungspegels  $L_{WA,P}$  inkl. aller Zuschläge festgestellt von

$$s_{\text{tot}} = 1,5 \text{ dB.}$$

## 4 Umrechnung der Schalleistung auf andere Nabenhöhen

Gemäß den Bestimmungen der Technischen Richtlinie /1/ kann eine Umrechnung der Schalleistung auf andere Nabenhöhen erfolgen, sofern sie gleichen Typs und gleicher Turmart sind. Bei der Umrechnung der akustischen Parameter muss beachtet werden, dass für Stahlrohrtürme eine Umrechnung der Tonhaltigkeitsparameter nicht erfolgen kann, da durch veränderte geometrische Verhältnisse des Turms sich auch andere akustische Eigenschaften ergeben können. D.h. Tonhaltigkeiten können sich durch diese Veränderung sowohl verstärken als auch abschwächen, was sich negativ oder positiv auf das Emissionsverhalten der Anlage auswirken kann.

**Tabelle 7:** Umrechnung der Schalleistung auf andere Nabenhöhen

Nabenhöhe	$L_{WA}$ 6 m/s	$L_{WA}$ 7 m/s	$L_{WA}$ 8 m/s	$L_{WA}$ 9 m/s	$L_{WA}$ 10 m/s <sup>1</sup>
[m]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
85,0	-	-	100,8	102,5	102,7
98,0	-	-	101,0	102,7	102,7

<sup>1</sup> bzw. die der 95%igen Nennleistung entsprechende WG

#### Bemerkung:

Der Schalleistungspegel für die 10 m/s Windklasse (bzw. für die der 95%igen Nennleistung entsprechende WG) ändert sich nicht, da die errechneten Windgeschwindigkeiten oberhalb der 95% - Grenze liegen, d.h. die Anlage lt. gültiger Leistungskurve dann bereits im Nennleistungsbereich liegt. Die in der Tabelle 7 aufgeführten Werte gelten nur für die baugleichen Anlagen des vermessenen Typs.

## 5 Zusammenfassung und Bewertung

Im Auftrag der Enercon GmbH, 26605 Aurich, wurde von der WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH die Geräuschabstrahlung der WEA E66/18.70 mit einer Nabenhöhe von  $h_N = 65,7 \text{ m}$

nach Technischer Richtlinie /1/ untersucht. Grundlage für die Messungen und schalltechnische Beurteilung der WEA hinsichtlich des Schalleistungspegels ist die DIN 61400-11 /2/, für die Bestimmung der Tonhaltigkeit im Nahfeld der WEA die EDIN 45681 /4/ bzw. für die Bewertung von Impulshaltigkeiten die DIN 45645 T1 /3/. Die Auswertung basiert auf der berechneten Windgeschwindigkeit. Eine gültige und für den verwendeten WG-Bereich vollständige Leistungskurve liegt vor (s. Anhang).

Die Messungen ergeben für die E66/18.70 die in Tabelle 8 dargestellten, immissionsrelevanten Schalleistungspegel und Zuschläge für das Nahfeld. Eine Übertragbarkeit auf das Fernfeld ist nicht unmittelbar möglich..

**Tabelle 8: Schalleistungspegel, Ton- und Impulshaltigkeitszuschläge im Nahfeld**

<b>WG in 10 m Höhe [m/s]</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10<sup>1</sup></b>
<b>Schalleistungspegel <math>L_{WA,P}</math> [dB]</b>	-	-	100,5	102,1	102,7
<b>bewerteter Impulshaltigkeitszuschlag [dB]</b>	-	0	0	0	0
<b>Tonhaltigkeitszuschlag [dB]</b>	-	-	0	0	0

<sup>1</sup> bzw. die der 95%igen Nennleistung entsprechende WG

Bezüglich des Schalleistungspegels  $L_{WA,P}$  ist für diese Messung eine Messunsicherheit inkl. aller Unsicherheiten und Zuschläge festgestellt worden von:

$$s_{tot} = 1,5 \text{ dB.}$$

Einzelereignisse, die den gemittelten Pegel um mehr als 10 dB überschreiten, wurden nicht festgestellt. Eine ausgeprägte Richtungscharakteristik des Anlagengeräusches liegt bei dieser WEA nicht vor.

**Es wird versichert, dass das Gutachten gemäß dem Stand der Technik unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen erstellt wurde.**

**Auszug aus dem Prüfbericht** Seite 1  
**Stammblatt "Geräusche" entsprechend den "Technischen Richtlinien für Windenergieanlagen"**  
**Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte**  
Rev. 01, Januar 2000, Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie e.V., Holtenauerstraße 11, D-22603 Hamburg

Auszug aus dem Prüfbericht 25716-1.001  
zur Schallemission der Windenergieanlage vom Typ Enercon E-66/18.70 im Windpark Wilsum

Allgemeine Angaben		Technische Daten (Herstellerangaben)	
Anlagenhersteller:	Enercon GmbH	Nennleistung (Generator):	1800 kW
Seriennummer:	70350	Rotordurchmesser:	70,4 m
WEA-Standort (ca.):	49849 Wilsum GK RW 25.60.880, GK HW 59.23.400	Nabenhöhe über Grund:	98m
		Turmbauart:	kon. Rohr + Sockel
		Leistungsregelung:	Blattverstellung

Ergänzende Daten zum Rotor (Herstellerangaben)		Erg. Daten zu Getriebe und Generator (Herstellerang.)	
Rotorblatthersteller:	Enercon	Getriebehersteller:	entfällt
Rotorblatttyp:	Enercon	Typenbezeichnung Getriebe:	entfällt
Blatteinstellwinkel:	Variabel	Generatorhersteller:	Enercon
Rotorblattanzahl:	3	Typenbezeichnung Generator:	E-66/18.70, Ringbauweise
Rotordrehzahlbereich:	10-22 U/min	Generatormendrehzahl:	22 U/min

Prüfbericht zur Leistungskurve: Leistungskurvenmessung DEWI-PV 0002-05-E, Deutsches Windenergie-Institut GmbH

	Referenzpunkt		Bemerkungen
	Standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	Schallemissions-Parameter	
Schalleistungs-Pegel $L_{WA,P}$	6 $ms^{-1}$	97,2 dB(A)	
	7 $ms^{-1}$	99,7 dB(A)	
	8 $ms^{-1}$	101,6 dB(A)	
	9 $ms^{-1}$	102,9 dB(A)	
	9,15 $ms^{-1}$	103,0 dB(A)	
Tonzuschlag für den Nahbereich $K_N$	6 $ms^{-1}$	0 dB	
	7 $ms^{-1}$	0 dB	
	8 $ms^{-1}$	0 dB	
	9 $ms^{-1}$	0 dB	
	9,15 $ms^{-1}$	0 dB	
Impulszuschlag für den Nahbereich $K_N$	6 $ms^{-1}$	0 dB	
	7 $ms^{-1}$	0 dB	
	8 $ms^{-1}$	0 dB	
	9 $ms^{-1}$	0 dB	
	9,15 $ms^{-1}$	0 dB	

Terz-Schalleistungspegel Referenzpunkt  $v_{10} = 8 \text{ ms}^{-1}$  in dB(A)

Frequenz	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
$L_{WA,P}$	60,9	66,4	70,3	73	75,9	79,3	81,9	85,2	84,1	85	90	85,8	87,9	90,3	90	89,6
Frequenz	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
$L_{WA,P}$	91,9	92	92,8	91,2	89,5	87,2	84,8	82,1	80,4	77,2	72,6	68,6	66,2	64,5	63,4	—

Terz-Schalleistungspegel Referenzpunkt  $v_{10} = 9,15 \text{ ms}^{-1}$  in dB(A), entsprechend 95% der Nennleistung (1710 kW)

Frequenz	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
$L_{WA,P}$	62,3	67,8	71,7	74,4	77,3	80,7	83,3	86,6	85,5	86,4	91,4	87,2	89,3	91,7	91,4	94,0
Frequenz	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
$L_{WA,P}$	93,3	93,4	94,2	92,6	90,9	88,6	86,2	83,5	81,8	78,6	74,0	70,0	67,6	65,9	64,8	—

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

Bemerkungen:

Gemessen durch: KÖTTER Consulting Engineers  
- Rheine -



Datum: 11.01.2002

Bonifatiusstraße 400 · 48432 Rheine  
Tel. 0 59 71 - 97 10.0 · Fax 0 59 71 - 97 10.4

*André Schälly*  
Unterschrift

SCHALLTECHNISCHER BERICHT NR. 26207-1.001

über die Ermittlung der Schallemissionen der Windenergieanlage  
Typ Enercon E-66/18.70 in Hückeswagen

---

Auftraggeber:

Enercon GmbH  
Dreekamp 5

26605 Aurich

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. Arno Schällig  
Frank Wenzel

Datum:

28.05.2002

### 4.1.3 Schalleistungspegel

Aus dem hintergrundgeräuschkorrigierten Schalldruckpegel  $L_{Aeq,c}$  am Referenzmeßpunkt (siehe Tabelle 1) wird der immissionsrelevante Schalleistungspegel  $L_W$  nach [1] wie folgt bestimmt:

$$L_W = L_{Aeq,c} - 6 + 10 \lg \left( 4\pi \cdot \frac{R_1^2}{S_0} \right)$$

$R_1 \triangleq$  Abstand Rotormittelpunkt - Mikrophon (151,97m)

$S_0 \triangleq$  Bezugsfläche ( $S_0 = 1 \text{ m}^2$ )

Die Konstante von 6 dB in obiger Gleichung trägt der Schalldruckpegelerhöhung auf einer schallharten Platte Rechnung.

In Tabelle 4 sind zusammenfassend Schalleistungspegel sowie Ton- und Impulzusläge für die vorliegenden Windgeschwindigkeiten angegeben:

P / kW	≈ 650	≈ 995	≈ 1410	≈ 1710
$v_{P,10}$ / m/s	6 <sup>2)</sup>	7 <sup>2)</sup>	8	9 <sup>1)</sup>
$L_W$ / dB(A)	—	—	101,4 <sup>*)</sup>	103,0 <sup>*)</sup>
$K_{IN}$ / dB	—	—	0	0
$K_{TN}$ / dB	—	—	0	0

1)  $v_{10}$  für 95 % der Nennleistung, hier: 9,0 m/s

2) Für  $v_{10} = 6 \text{ m/s}$  und  $7 \text{ m/s}$  liegen witterungsbedingt keine Meßergebnisse vor

\*) Abstand < 6 dB(A) zwischen  $L_{Aeq,WEA_{90}}$  und Hintergrundgeräusch

Tabelle 4: Schalleistungspegel mit Ton- und Impulshaltigkeit im Nahbereich

Die Ergebnisse beziehen sich auf die vermessene Anlage unter Zugrundelegung der in Anlage D angegebenen Leistungskurve.

# **LAGERWEY LW 18/80**

Schallvermessungsbericht

DEWI Datenblatt Nr.:07/06/01 vom 23.10.1995



**Datenblatt zur Landesförderung der Windenergie in den norddeutschen Bundesländern Hamburg, Mecklenburg - Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig - Holstein**

Datenblatt Nr.: 07/06/01 gültig bis: 31.07.1996  
 Anlagentyp: Lagerwey LW 18/80

**1. Technische Daten:**

WKA - Typ:	LW 18/80	Rotorblatt - Typ:	LW 17/100
Nabenhöhe:	32.0 m	Turmkonstruktion:	Stahlrohrmast
Rotordurchmesser:	18.0 m	eingestellte Leistung:	80 kW

**2. Schall:**

Institut:	Deutsches Windenergie-Institut	Schalleistungspegel:	95.7 dB(A)
		Tonhaltigkeitszuschlag:	3 dB
		Impulshaltigkeitszuschlag:	0 dB
Meßbericht Nr.:	DEWI AM 95 04 12	Befristung bis:	31.07.1996
Datum:	24.04.1995	Grund der Befristung:	Nachmessung nach 15 Monaten

**3. Leistung:**

Institut:	Deutsches Windenergie-Institut	Befristung bis:	---
		Grund der Befristung:	---
Meßbericht Nr.:	PV-94-0002		
Datum:	07.09.1994		

**4. Netz:**

Institut:	Deutsches Windenergie-Institut	Befristung bis:	---
		Grund der Befristung:	---
Meßbericht Nr.:	NR 95 0703		

**5. Hauptergebnisse:**

Die Schall- und Leistungsmessungen wurden gemäß den Richtlinien der Landesförderung (1) durchgeführt. Es lassen sich folgende Ergebnisse daraus ableiten:

<i>Mecklenburg - Vorpommern und Schleswig - Holstein</i>	Quotient Schall	QS = 0.029
	Quotient Leistung	QL = 0.121
<i>Niedersachsen</i>	Akustisch beanspruchte Fläche:	F = 8.9 ha
	Maximale Leistung:	P = 0.0843 MW
	Jahresenergieertrag:	E = 185.32 MWh

**6. Fazit:**

Stempel und Unterschrift des Institutes:

(1) Technische Richtlinien zur Bestimmung der Leistungskurve, des Schalleistungspegels und der Netzverträglichkeit vom 28.05.94.

*Christian Hirsch*  
 I.A. Dipl.-Ing. C. Hirsch

Wilhelmshaven, 23.10.1995

*Ke*  
 I.V. Dr. H. Klug

Ändern sich Teile dieses Datenblattes, so verliert das gesamte Dokument seine Gültigkeit und es muß eine aktualisierte Version erstellt werden.

# **DEWIND D4/46**

Schallvermessungsbericht

RWTÜV Gutachten 5.0.3/369/99 vom 28.5.1999

## 5 Meßergebnisse

Folgende Werte wurden gemessen:

$v_1^*$ m/s	N kW	$v_2$ m/s	$L_{Aec}$ dB	Spektrum s. Bild
	Flaute		< 35	-
5	50	< 2	39	-
7	150	3	41	-
9	325	5,5	44	2
11	550	8	44,5	-
12	600	8,5	45	2

$v_1$  Windgeschwindigkeit am Rotor

$v_2$  Windgeschwindigkeit am Meßpunkt

Die Anlagengeräusche waren breitbandig ohne besonders störende Einzeltöne. Der erhöhte Pegel in der Terz mit der Mittenfrequenz 315 Hz (Bild 2) führte vor Ort nicht zu einer besonderen Tonhaltigkeit des Geräusches.

Wegen der nicht eliminierbaren Fremdgeräuscheinflüsse durch Windgeräusche in der benachbarten Vegetation stellen die Meßergebnisse eine Maximalabschätzung der Anlagengeräusche dar.

## 6 Immissionswirksamer Schalleistungspegel der Anlage

Der Meßpunkt ist 170 m vom Fußpunkt der Windenergieanlage entfernt. Berücksichtigt man zusätzliche die Narbenhöhe von 60 m über Boden so ergibt sich ein Abstand zwischen Meßpunkt und Generator von ca. 180 m. Bei Annahme einer halbkugelförmigen Schallausbreitung und Vernachlässigung von Luft- und Bodenabsorptionen errechnet sich eine Pegelminderung zwischen Generator und Aufpunkt von 53 dB. Damit ergeben sich folgende immissionswirksame Schalleistungspegel  $L_{WA}$ :

$v_1$ m/s	N kW	$L_{WA}$ dB(A)
7	150	≤ 94
9	325	≤ 97
12	600	≤ 98

# NEG MICON 1000/60

Schallvermessungsberichte

WINDconsult	Berichts-Nr. WICO 01602299	vom 03.05.1999
Windtest	Bericht WT 1495/00	vom 09.10.2000
Windtest	Bericht WT 1328/00	vom 18.01.2000

**Bestimmung der Schallemissions-Parameter aus mehreren Einzelmessungen**

NEG-MICON GMBH  
WILL NOT BE  
UPDATED

Anlagendaten entsprechend Seite 1 dieses Auszugs aus dem Prüfbericht

Auf der Basis von mindestens drei Messungen nach dieser Richtlinie besteht die Möglichkeit, die Schallemissionswerte eines Anlagentyps gemäß /1/ anzugeben, um die schalltechnische Planungssicherheit zu erhöhen.

		Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	Schallemissionspegel** L <sub>WAEP</sub> :	Tonzuschlag*** K <sub>TN</sub> :	Impulsschlag** K <sub>IS</sub> :
1. Messung	Meßinstitut: WINDTEST KWK	6 m/s	95,0 dB(A)	0 dB (860 Hz)	0 dB
	Prüfbericht-Nr.: WT 1495/00	7 m/s	96,3 dB(A)	1 dB (858 Hz)	0 dB
	Messdatum: 27.06.00	8 m/s	98,1 dB(A)	0 dB (858 Hz)	0 dB
	Getriebe: Flender	9 m/s	100,4 dB(A)	0 dB (860 Hz)	0 dB
	Generator: Ein	10 m/s*	100,8 dB(A)	0 dB (860 Hz)	0 dB
Rotorblatt: LM Glasfaser A/S					
2. Messung	Meßinstitut: WINDTEST KWK	6 m/s	- dB(A)	- dB (- Hz)	- dB
	Prüfbericht-Nr.: WT 1328/00	7 m/s	96,4 dB(A)	1 dB (862 Hz)	0 dB
	Messdatum: 09.12.99	8 m/s	97,7 dB(A)	0 dB (862 Hz)	0 dB
	Getriebe: Flender	9 m/s	100,4 dB(A)	0 dB (862 Hz)	0 dB
	Generator: Ein	10 m/s*	100,8 dB(A)	0 dB (862 Hz)	0 dB
Rotorblatt: LM Glasfaser A/S					
3. Messung	Meßinstitut: WIND-consult	6 m/s	96,0 dB(A)	0 dB (476 Hz)	0 dB
	Prüfbericht-Nr.: WICO 01602299	7 m/s	96,9 dB(A)	0 dB (656 Hz)	0 dB
	Messdatum: 13.04.99	8 m/s	98,2 dB(A)	0 dB (544 Hz)	0 dB
	Getriebe: Flender	9 m/s	100,0 dB(A)	0 dB (478 Hz)	0 dB
	Generator: Ein	10 m/s*	100,5 dB(A)	0 dB (478 Hz)	0 dB
Rotorblatt: LM Glasfaser A/S					
4. Messung	Meßinstitut: -	6 m/s	- dB(A)	- dB (- Hz)	- dB
	Prüfbericht-Nr.: -	7 m/s	- dB(A)	- dB (- Hz)	- dB
	Messdatum: -	8 m/s	- dB(A)	- dB (- Hz)	- dB
	Getriebe: -	9 m/s	- dB(A)	- dB (- Hz)	- dB
	Generator: -	10 m/s	- dB(A)	- dB (- Hz)	- dB
Rotorblatt: -					
Energetischer Mittelwert		6 m/s	95,5 dB(A)	0 dB	0 dB(A)
		7 m/s	96,5 dB(A)	0 dB	0 dB(A)
		8 m/s	98,0 dB(A)	0 dB	0 dB(A)
		9 m/s	100,3 dB(A)	0 dB	0 dB(A)
		10 m/s*	100,7 dB(A)	0 dB	0 dB(A)
Standard-Abweichung s		6 m/s	0,7 dB(A)	2,9 dB	
		7 m/s	0,3 dB(A)	4,8 dB	
		8 m/s	0,3 dB(A)	2,5 dB	
		9 m/s	0,2 dB(A)	2,3 dB	
		10 m/s*	0,2 dB(A)	2,9 dB	
K nach /1/ $\sigma_K = 0,9$ dB		6 m/s	2,3 dB(A)	5,8 dB	
		7 m/s	1,8 dB(A)	9,1 dB	
		8 m/s	1,8 dB(A)	4,7 dB	
		9 m/s	1,8 dB(A)	4,7 dB	
		10 m/s*	1,7 dB(A)	5,6 dB	

Diese Angaben ersetzen nicht die o. g. Prüfberichte (insbesondere bei Schallemissionsprognosen).  
Aus Gründen der schalltechnischen Planungssicherheit sind im Rahmen des Genehmigungsverfahrens spezielle Genehmigungserfordernisse hinsichtlich der Anzahl der akustischen Vermessungen zu berücksichtigen.

- Bemerkungen: \* Die Windgeschwindigkeit im 10 m/s-BIN beträgt 9,3 m/s (95 % der Nennleistung).  
 \*\* Die Nabenhöhe wurde von 70 m auf 80 m umgerechnet.  
 \*\*\* Zum Tonzuschlag kann keine Aussage gemacht werden, da z. T. kleine Änderungen der Nabenhöhe großen Einfluß auf das Abstrahlverhalten des Turmes, und damit auf die Einzeltonabstrahlung, haben kann. Die angegebenen Werte können von gemessenen Werten deutlich abweichen.

Ausgestellt durch: WINDTEST KWK GmbH  
Sommerdeich 14b  
25709 Kaiser-Wilhelm-Koog

Stempel

*G. Köhne*

*K. Buchmann*

Datum: 2000-10-09

i. V. Dipl.-Ing. V. Köhne

i. A. Dipl.-Ing. K. Buchmann

/1/ CENELEC / BTTF83-2-WG4, 5. Draft Declaration of Sound Power Level and Tonality Values of Wind Turbines 1999-11".

**Auszug aus dem Prüfbericht WICO 01602299 zur Schallemission der Windenergieanlage vom Typ NEG Micon NM 1000/60 mit einer Nabenhöhe von 70 m**

entsprechend der schalltechnischen Vermessung gemäß „Technische Richtlinie zur Bestimmung der Leistungskurve, des Schalleistungspegels und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen, Rev. 12 vom 01.10.1998“ (Herausgeber: FGW)

Hersteller:	NEG Micon Deutschland GmbH Osterport 2 D-25872 Ostenfeld
-------------	--

	Referenzpunkt		Schallemissions-Parameter		Bemerkungen
	Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund in ms <sup>-1</sup>	elektrische Wirkleistung für den Referenzpunkt in kW <sup>2</sup>			
Schalleistungspegel L <sub>WA,P</sub>	6	431	95,9	dB(A)	-
	7	616	96,8	dB(A)	-
	8	761	98,1	dB(A)	-
	9	895	99,8	dB(A)	-
	10	950	100,5	dB(A)	(3)
Tonzuschlag für den Nahbereich K <sub>TN</sub>	6	431	0 dB	- Hz	-
	7	616	0 dB	- Hz	-
	8	761	0 dB	- Hz	-
	9	895	0 dB	- Hz	-
	10	950	0 dB	- Hz	(3)
Impulszuschlag für den Nahbereich K <sub>IN</sub>	6	431	0	dB	-
	7	616	0	dB	-
	8	761	0	dB	-
	9	895	0	dB	-
	10	950	0	dB	(3)

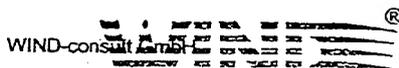
Terz-Schalleistungspegel Referenzpunkt v <sub>10</sub> = 8 ms <sup>-1</sup> in dB(A)																
Frequenz	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
L <sub>WA,P</sub>	61,8	65,4	68,3	72,5	73,2	76,8	80,8	82,8	84,8	85,8	86,2	86,9	87,0	86,1	85,5	85,8
Frequenz	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
L <sub>WA,P</sub>	84,4	84,4	84,6	85,6	86,7	87,6	85,3	81,5	77,8	74,0	71,4	68,2	66,2	63,5	56,2	45,7

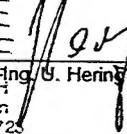
Terz-Schalleistungspegel Referenzpunkt v <sub>10</sub> = 9,5 ms <sup>-1</sup> in dB(A)																
Frequenz	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
L <sub>WA,P</sub>	64,4	67,4	70,3	73,8	75,2	78,9	82,7	84,4	86,3	87,0	87,5	88,6	88,0	87,6	87,6	88,5
Frequenz	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
L <sub>WA,P</sub>	87,4	88,0	88,4	89,0	89,8	89,8	88,0	85,8	82,9	78,7	73,4	68,8	65,7	62,7	56,9	48,0

**Bemerkungen:**

- (1) Dieser Auszug aus dem Prüfbericht ist nur gültig im Zusammenhang mit der Herstellerbescheinigung vom 19.04.1999 und der Leistungskurve WT 1125/99.
- (2) unter Berücksichtigung der Luftdichtekorrekturen
- (3) Der maximale Schallemissionswert wird für die 95%ige Nennleistung angegeben.

Diese Angaben ersetzen nicht die o.g. Prüfberichte (insbesondere bei Schallimmissionsgutachten). Aus Gründen der schalltechnischen Planungssicherheit sind im Rahmen des Genehmigungsverfahrens spezielle Genehmigungserfordernisse hinsichtlich der Anzahl der akustischen Vermessungen zu berücksichtigen.

Meßinstitut:  Ort, Datum: Bargeshagen, den 1999-05-04

Dipl.-Ing. U. Amdt      ingenieurgesellschaft für umweltschonende Energiewandlung mbH      Dipl.-Ing. U. Hering  
Reuterstraße 9 · 19211 Bargeshagen  
Tel. 03820350725 · Fax 03820350725



DAP-P-02.756-00-94-28

**Auszug aus dem Prüfbericht**

NEG MICON GMBH

WILL NOT BE  
UPDATED

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

Rev. 13 vom 01. Januar 2000 (Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie e. V., Flotowstr. 41 - 43, D-22083 Hamburg)

Auszug aus dem Prüfbericht WT 1495/00 zur Schallemission der Windenergieanlage vom Typ NM 1000/60 mit einer Nabhöhe von 70 m

<b>Anlagenhersteller:</b>	NEG Micon Deutschland GmbH Osterport 2 D-25872 Osterfeld	<b>Nennleistung (Generator):</b>	1000 kW
<b>Prüfbericht zur Leistungskurve:</b>	WT 1230/99 (WINDTEST)	<b>Nennwindgeschwindigkeit:</b>	13,8 m/s
<b>WEA-Standort (ca.)</b>	Boddeleben/WEA 5	<b>Rotordurchmesser:</b>	68 m
<b>Seriennummer</b>	14181	<b>Nabhöhe über Grund:</b>	70 m
<b>Rotorblätterhersteller:</b>	LM Glasfiber AS	<b>Turmbauart:</b>	konisches Rohr
<b>Typenbezeichnung Blatt:</b>	LM 29.0	<b>Leistungsregelung:</b>	stall
<b>Blatteinstellwinkel:</b>	-1,9	<b>Getriebehersteller:</b>	Pfander
<b>Rotorblattanzahl</b>	3	<b>Typenbezeichnung Getriebe:</b>	PEAS 4355
<b>Rotordrehzahlbereich:</b>	12,0/18,0 U/min	<b>Generatorhersteller:</b>	Elin
		<b>Typenbezeichnung Generator:</b>	water cooled
		<b>Generatormendrehzahl:</b>	1000/1500 U/min

	Referenzpunkt***		Schallemissions-Parameter***	Bemerkungen
	Standardisierte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	Elektrische Wirkleistung***		
Schalleistungspegel L <sub>WA,P</sub>	6 ms <sup>-1</sup>	449 kW	95,0 dB(A)	
	7 ms <sup>-1</sup>	633 kW	96,3 dB(A)	
	8 ms <sup>-1</sup>	780 kW	96,1 dB(A)	
	9 ms <sup>-1</sup>	908 kW	100,4 dB(A)	
	10 ms <sup>-1</sup> ***	950 kW	100,8 dB(A)	
Tonzuschlag für den Nebbereich K <sub>TM</sub>	6 ms <sup>-1</sup>	449 kW	0 dB bei 800 Hz	K <sub>TM,800</sub> = 3 dB*
	7 ms <sup>-1</sup>	633 kW	1 dB bei 858 Hz	K <sub>TM,858</sub> = 4 dB*
	8 ms <sup>-1</sup>	780 kW	0 dB bei 858 Hz	K <sub>TM,858</sub> = 3 dB*
	9 ms <sup>-1</sup>	908 kW	0 dB bei 860 Hz	K <sub>TM,860</sub> = 2 dB*
	10 ms <sup>-1</sup> ***	950 kW	0 dB bei 880 Hz	K <sub>TM,880</sub> = 0 dB*
Impulzzuschlag für den Nebbereich K <sub>IM</sub>	6 ms <sup>-1</sup>	449 kW	0 dB	
	7 ms <sup>-1</sup>	633 kW	0 dB	
	8 ms <sup>-1</sup>	780 kW	0 dB	
	9 ms <sup>-1</sup>	908 kW	0 dB	
	10 ms <sup>-1</sup> ***	950 kW	0 dB	

Terz-Schalleistungspegel Referenzpunkt v<sub>10</sub> = 8 ms<sup>-1</sup> in dB(A)\*\*\*

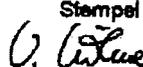
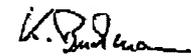
Frequenz	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
L <sub>WA,P</sub>	48,1	54,6	60,3	69,0	72,1	74,8	79,7	81,9	83,8	84,4	83,5	84,7	86,2	87,8	86,8	85,5
Frequenz	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
L <sub>WA,P</sub>	86,1	86,9	86,9	86,7	85,5	85,1	84,5	83,5	82,2	79,5	75,7	72,7	67,6	63,9	60,7	56,7

Terz-Schalleistungspegel Referenzpunkt v<sub>10</sub> = 9,3 ms<sup>-1</sup> in dB(A)

Frequenz	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
L <sub>WA,P</sub>	51,0	56,2	62,4	68,3	72,2	76,3	79,0	81,8	83,7	83,6	83,2	85,0	86,6	88,4	88,2	87,8
Frequenz	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
L <sub>WA,P</sub>	89,4	90,7	91,1	90,5	89,7	89,3	88,5	87,4	85,8	83,6	80,7	77,8	74,1	70,9	67,4	62,3

Diese Angaben ersetzen nicht den o. g. Prüfbericht (insbesondere bei Schallemissionsprognosen).  
 Bemerkungen: \* zeitweilig ist eine größere Tonhaltigkeit als K<sub>TM</sub> im Anlagengeräusch vorhanden. Aus diesem Grund wird der im Auswertezyklus festgestellte K<sub>TM,max</sub> zusätzlich angegeben.  
 \*\* Die Windgeschwindigkeit im 10 m/s-BIN beträgt 9,3 m/s (95 % der Nennleistung).  
 \*\*\* Die angegebenen Parameter wurden auf eine Nabhöhe von 80 m umgerechnet.

Gemessen durch: WINDTEST KWK GmbH  
Sommerdeich 14b  
25709 Kaiser-Wilhelm-Koog

Stempel  Konformitätsstempel  
 i. V. Dipl.-Ing. V. Köhne  i. A. Dipl.-Ing. K. Buchmann 

Datum: 2000-10-09

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht enthält 2 Seiten, Seite 1/2  
 Vordruck urheberrechtlich geschützt. Nachdruck und Vervielfältigung nur mit Zustimmung der Herausgeber.

# **ENERCON E-40 600 kW**

## Schallvermessungsberichte

WINDTEST, Prüfbericht WT 1740/01 vom 11.04.2001 bzw. die Zusammenfassung  
WT 1706/01 vom 21.3.2001

WINDconsult, Bericht WICO 207SE899 vom 13.3.2000 bzw. dessen Nachtrag WICO  
207SE899/01 vom 24.8.2000

WINDconsult, Bericht WICO 287SEA01/01 vom 5.12.2001.



Die Schalleistungspegel der ENERCON E-40 mit 600kW Nennleistung und 44m Rotordurchmesser werden wie folgt angegeben:

Anzahl	<u>Vermessener</u> Schalleistungspegel und Tonhaltigkeitszuschlag für 95% Nennleistung nach FGW-Richtlinie			<u>ENERCON</u> Garantie
	1. Vermessung	2. Vermessung	3. Vermessung	
WEA	E-40/6.44 mit 46m NH	E-40/6.44 mit 65m NH	E-40/6.44 mit 78m NH	Garantierter Schalleistungspegel und Tonhaltigkeitszuschlag für 95% Nennleistung nach FGW-Richtlinie
Institut	WIND-consult GmbH	WINDTEST KWK	WIND-consult GmbH	
Bericht	WICO 207SE899 vom 27.03.2000	WT 1740/01 vom 11.04.2001	WICO 287SEA01/01 vom 05.12.2001	
46m NH	100,7 dB(A) 0 dB	100,5 dB(A) 0 dB	100,1 dB(A) 0 dB	
50m NH	100,7 dB(A) 0 dB	100,6 dB(A) 0 dB	100,1 dB(A) 0 dB	101,0 dB(A) 0-1 dB
58m NH	100,8 dB(A) 0 dB	100,8 dB(A) 0 dB	100,1 dB(A) 0 dB	101,0 dB(A) 0-1 dB
65m NH	100,8 dB(A) 0 dB	100,8 dB(A) 0 dB	100,1 dB(A) 0 dB	101,0 dB(A) 0-1 dB
78m NH	100,8 dB(A) 0 dB	100,8 dB(A) 0 dB	100,1 dB(A) 0 dB	101,0 dB(A) 0-1 dB

- Die Schalleistungspegelvermessungen, sowie die Ermittlung der Tonhaltigkeit und der Impulshaltigkeit, wurden entsprechend den FGW-Richtlinien (Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Revision 12 Stand 01.10.1998 und Revision 13 Stand 01.01.2000, Hamburg, Fördergesellschaft Windenergie e.V., Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte), basierend auf der DIN EN61400-11 (Windenergieanlagen, Teil 11: Geräuschmissionen) mit Stand Februar 2000 durchgeführt. Die Bestimmung der Impulshaltigkeit entspricht der DIN 45645 (T1, „Einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschmissionen“, Stand Juli 1996). Zur Feststellung der Tonhaltigkeit wurde entsprechend der Technischen Richtlinie nach DIN 45681 (Entwurf, „Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschmissionen“, Stand Januar 1992) verfahren.
- Der Schalleistungspegel für 95% der Nennleistung bezieht sich nach FGW-Richtlinie auf die Referenzwindgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe.
- Aus den drei vorliegenden Meßberichten (WICO 287SEA01/01, WT 1740/01 und WICO 207SE899) lassen sich folgende energetische Mittelwerte bilden: für den Schalleistungspegel ergibt sich ein Wert von  $L_{WA, 95\% \text{ Nennleistung, Mittel}} = 100,6\text{dB(A)}$ . In Bezug auf die Standardabweichung wurde ein Wert von  $S_{95\% \text{ Nennleistung, Mittel}} = 0,4\text{dB(A)}$  ermittelt.
- Umgerechnete Schalleistungspegelwerte für die genannten Nabenhöhen ergeben sich als Berechnung aus den Vermessungen der E-40/6.44 der jeweils vermessenen Nabenhöhe.
- ENERCON Anlagen gewährleisten aufgrund ihres verschleißfreien Konzeptes und ihrer variablen Betriebsführung, daß vorgegebene Schallwerte während der gesamten Lebensdauer eingehalten werden.

WICO 287SEA01/01

**Messung der Schallemission der  
Windenergieanlage (WEA) des Typs  
ENERCON E-40/6.44**

nach

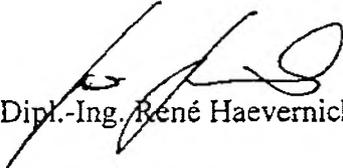
**FGW-Richtlinie /1/**

**Standort: Windpark Friesoythe  
(Niedersachsen)**

**Bargeshagen, 5. Dezember 2001**

<b>Standort</b>	Windpark Friesoythe (Niedersachsen)
<b>Aufgabenstellung</b>	Messungen zum Schalldruckpegel und Bestimmung der Emissionsparameter einer Windenergieanlage (WEA)
<b>Meß-/ Prüfobjekt</b> <b>Art der Messung / Prüfung</b>	ENERCON E-40/6.44, Nabenhöhe 78 m Akustische Vermessung nach FGW-Richtlinie /1/ <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ermittlung des Schalleistungspegels</li> <li>- Ermittlung der Tonhaltigkeit</li> <li>- Ermittlung der Impulshaltigkeit</li> <li>- Umrechnung auf andere Nabenhöhen</li> </ul>
<b>Auftraggeber</b>	ENERCON GmbH Dreekamp 5 D-26605 Aurich
<b>Auftragserteilung/- bestätigung</b>	01.10.2001 09.10.2001
<b>Auftragnehmer</b>	WIND-consult GmbH Reuterstraße 9 D-18211 Bargeshagen Tel. +49 (0) 38203-507 25 Fax +49 (0) 38203-507 23

**Bearbeitung**

  
 Dipl.-Ing. René Haevernick

**Prüfung**

  
 Dipl.-Ing. Wolfgang Wilke

Bargeshagen, den 5. Dezember 2001

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

## 6 Abweichungen zur Richtlinie

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

1. Informationen, die die Herstellerbescheinigung (vgl. Anlage 4) ergänzen:  
(1) Turmfußdurchmesser: 4190 mm
2. Es sind keine Fotos vom Meßstandort vorhanden. Der Standort ist im Abschnitt 2 sowie durch den Lageplan (Anlage 1) beschrieben.
3. Die Daten der Kalibration vor und nach der Meßkampagne können dem Meßprotokoll entnommen werden. Die Meßkette wurde vor und nach der Messung kalibriert.
4. Bezüglich der Meßunsicherheit wird die Abschätzung der Gesamtmeßunsicherheit ausgewiesen. Für die Ermittlung der Tonhaltigkeit, der Richtwirkung und der Terzspektren wird keine Unsicherheit ausgewiesen.
5. Ein der Wirkleistung proportionales analoges Signal wurde durch den Auftraggeber über die Kundenschnittstelle bereitgestellt und für die Messung verwendet.

## 7 Zusammenfassung

Am 06.11.2001 wurde die WEA des Typs ENERCON E-40/6.44 mit einer Nabenhöhe von  $h_N = 78$  m im Windpark *Friesoythe* (Niedersachsen) akustisch vermessen. Die Datenauswertung erfolgte nach /1/.

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

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

Klassenmitte	$ms^{-1}$	6	7	8	8,9 <sup>2)</sup>
Referenz- Wirkleistung <sup>1)</sup>	kW	212	343	484	570
Tonhaltigkeit $K_{TN}$	dB	0	0	0	0
Impulshaltigkeit $K_{IN}$	dB	0	0	0	0
Schalleistungspegel $L_{WA, P}$	dB(A)	96,9	98,5	99,6	100,1

Tab. 12 Ergebnisübersicht

- 1) Ermittlungsbasis: Leistungskurve, die der Ermittlung des Schalleistungspegels zugrunde liegt (vgl. Anlage 5).
- 2) Der Betriebspunkt der 95%igen Nennleistung, für den der maximale Schalleistungspegel angegeben wird, liegt unter Berücksichtigung der verwendeten Leistungskurve und der Nabenhöhe der vermessenen WEA bei  $v_{10} = 8,9$   $ms^{-1}$  in 10 m ü.G..

Die A-bewerteten Schalleistungsspektren sind in Anlage 6 dargestellt.

Die Meßunsicherheit wird nach /1/ mit  $U_{ges} = 1,4$  dB abgeschätzt.

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

Bericht WICO 207SE899/01

**Abschätzung des Schalleistungspegels auf  
andere Nabenhöhen  
Windenergieanlage (WEA) des Typs  
E40 /6.44**

nach

**FGW-Richtlinie /1/**

**Standort:**

**Nesse  
(Niedersachsen)**

**Bargeshagen, 24. August 2000**

---

<b>Standort</b>	Nesse (Niedersachsen)
-----------------	--------------------------

<b>Aufgabenstellung</b>	Abschätzung des Schalleistungspegels einer Windenergieanlage (WEA)
-------------------------	--

<b>Meß-/ Prüfobjekt</b>	E40/6.44
<b>Art der Messung / Prüfung</b>	Umrechnung des Schalleistungspegels nach /1/

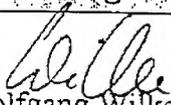
<b>Auftraggeber</b>	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich
---------------------	--

<b>Auftragserteilung</b>	24.08.2000
--------------------------	------------

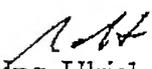
<b>Bezugsquellen:</b>	„Messung der Schallemission der Windenergieanlage (WEA) des Typs E40 /6.44“
Standort	Nesse
Datum	27.03.2000
Bericht-Nr. (WIND-consult GmbH)	WICO 207SE899
Auftraggeber	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich

<b>Auftragnehmer</b>	WIND-consult GmbH Reuterstraße 9 D-18211 Bargeschagen Tel. +49 (0) 38203-507 25 Fax +49 (0) 38203-507 23
----------------------	--

**Bearbeitung**

  
Dipl.-Ing. Wolfgang Wilke

**Prüfung**

  
Dipl.-Ing. Ulrich Arndt

Bargeschagen, den 24. August 2000

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

## Inhalt

1	Aufgabenstellung	4
2	Methode	4
3	Ergebnisse	4

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen

Verzeichnis der verwendeten Literatur

## 1 Aufgabenstellung

Die Windenergieanlage (WEA) E40/6.44 mit einer Nabenhöhe von  $h_N = 46$  m ist akustisch nach /1/ vermessen worden. Der vollständige Meßbericht /2/ liegt vor. Dieser Bericht ersetzt die Umrechnung auf andere Nabenhöhen Pkt. 5) der Bezugsquelle /2/.

Die Richtlinie /1/ sieht die Möglichkeit vor, den für eine Nabenhöhe durch Messung bestimmten Schalleistungspegel rechnerisch für andere Nabenhöhen anzugeben.

Auf dieser Basis ist der Schalleistungspegel aus /2/ für die Nabenhöhen  $h_N = 50$  m,  $h_N = 58$  m,  $h_N = 65$  m und  $h_N = 78$  m anzugeben.

## 2 Methode

Die Richtlinie /1/ ermöglicht die Umrechnung des Schalleistungspegels auf andere Nabenhöhen, wenn die Regressionsparameter für den Zusammenhang Schalleistungspegel - Windgeschwindigkeit bekannt sind (vgl. /1/, Anhang C).

Der maximale Schalleistungspegel wird für den Referenzpunkt  $v_{10} = 10$   $\text{ms}^{-1}$  in 10 m ü.G. bzw., sofern dieser Betriebspunkt früher erreicht wird, für den Referenzpunkt der 95%igen Nennleistung angegeben.

## 3 Ergebnisse

Kenngröße	Referenzpunkt in 10 m ü.G.	$h_N = 46$ m <sup>(1)</sup>	$h_N = 50$ m	$h_N = 58$ m	$h_N = 65$ m	$h_N = 78$ m
$L_{WAP}$ [dB(A)]	6 $\text{ms}^{-1}$	97,8	97,9	98,1	98,2	98,4
$L_{WAP}$ [dB(A)]	7 $\text{ms}^{-1}$	98,9	99,0	99,1	99,3	99,4
$L_{WAP}$ [dB(A)]	8 $\text{ms}^{-1}$	99,8	99,9	100,0	100,1	100,3
$L_{WAP}$ [dB(A)]	9 $\text{ms}^{-1}$	100,4	100,5	100,5	100,6	100,7
$L_{WAP}$ [dB(A)]	10 $\text{ms}^{-1}$	100,7	100,7	100,8	100,8	100,8

Tab. 1 Abschätzung des Schalleistungspegels

1) Vermessung /2/

**Hinweise:**

- Die in Tab. 1 gegebene Abschätzung unterstellt eine akustisch baugleiche Anlage!
- Eine Neuauswertung der Ton- oder Impulshaltigkeit ist nicht erforderlich, da das Anlagengeräusch im gesamten vermessenen Bereich weder ton- noch impulshaltig ist (vgl. /2/).

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

## Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen

Bezeichnung	Symbol	Einheit
Luftdruck	$\rho$	hPa
Linienabstand	$\Delta f$	Hz
Bandbreite der Frequenzgruppe	$\Delta f_c$	Hz
Tonpegeldifferenz	$\Delta L$	dB
Regressionskoeffizient	a	dB(A)
Bestimmtheitsmaß	r	-
Regressionskoeffizient	b	dB(A)/x
Turmdurchmesser (Turmfuß)	$b_r$	m
Rotordurchmesser	$d_R$	m
relative Luftfeuchte	F	%
untere Grenzfrequenz der Gruppe	$f_1$	Hz
obere Grenzfrequenz der Gruppe	$f_2$	Hz
Akustisch beanspruchte Fläche	$F_{aku}$	ha
Tonfrequenz	$f_T$	Hz
Fundamenthöhe	$h_f$	m
Nabenhöhe ü.G.	$h_N$	m
Gesamtnabenhöhe (ü.G.)	$h_{N, ges.}$	m
Referenzhöhe	$h_{ref.}$	m
Impulszuschlag nach DIN 45645 („N“ f. Nahbereich)	$K_{IN}$	dB
Tonzuschlag nach DIN 45681 („N“ für Nahbereich)	$K_{TN}$	dB
AF-bewerteter Schalldruckpegel	$L_{AF}$	dB(A)
äquivalenter Dauerschallpegel [Perzentil]	$L_{AFeq. [xx]}$	dB(A)
äquivalenter Dauerschallpegel (für Referenz)	$L_{AFeq. ref.}$	dB(A)
äquivalenter Dauerschallpegel (für Referenz korrigiert)	$L_{AFeq. ref., k}$	dB(A)
Perzentilpegel x %	$L_{AFx}$	dB(A)
Frequenzgruppenpegel des verdeckten Geräusches	$L_G$	dB
Tonpegel	$L_T$	dB
Schalleistungspegel bezogen auf $v_{10, ref.}$	$L_{WA}$	dB(A)
Schalleistungspegel bezogen auf $P_{ref.}$	$L_{WA, P}$	dB(A)
Wirkleistung [95%]	$P_{[95]}$	kW
Wirkleistung, korrigiert auf Normalatmosphäre	$P_k$	kW
Referenzwirkleistung	$P_{ref.}$	kW
Abstand Rotationsebene-Gondeldrehachse	$r_e$	m
Abstand Schallquellenmitte-Aufpunkt (IEA)	$R_i$	m
Meßentfernung (Meßpunkt - Turmaußenhaut)	$R_{min}$	m
Lufttemperatur	T	°C
Meßunsicherheit	$U_{ges.}$	dB
Windgeschwindigkeit in 10 m ü.G.	$v_{10}$	$m s^{-1}$
Referenzwindgeschwindigkeit in x m über Grund	$v_{x, ref.}$	$m s^{-1}$
Referenzrauigkeitslänge	$Z_{0, ref.}$	m

## Verzeichnis der verwendeten Literatur

- /1/ FÖRDERGESELLSCHAFT WINDENERGIE E.V. (FGW) FÖRDERGESELLSCHAFT  
WINDENERGIE E.V. (FGW): *Technische Richtlinien für Windenergieanlagen*. Rev. 13  
Stand 01.01.2000. Hamburg (D)
- /2/ WIND-CONSULT GMBH (WICO): *Messung der Schallemission der  
Windenergieanlage (WEA) des Typs E40/6.44*. Berichts-Nr. WICO 207SE899.  
Bargeshagen (D), 27.03.2000



**Technische Daten der Windenergieanlage:**

Typ: ..... E40/6.44  
 Hersteller: ..... Enercon GmbH, Aurich  
 Nennleistung: ..... 600 kW  
 Nabenhöhe über Grund: ..... 65,0 m  
 Nabenhöhe über Fundamentoberkante: ..... 65,0 m  
 Leistungsregelung: ..... pitch  
 Turmbauart: ..... Stahlrohr  
 Rotordurchmesser: ..... 43,7 m  
 Rotorblattanzahl: ..... 3  
 Rotorblathersteller: ..... Enercon  
 Rotorblatttyp: ..... Enercon  
 Rotordrehzahl(bereich): ..... 18 - 34 min<sup>-1</sup>  
 Getriebehersteller: ..... entf.  
 Getriebetyp: ..... entf.  
 Generatortyp: ..... Ringbauweise, synchron  
 Leistungskurve: ..... 2001-01-10, WT KWK

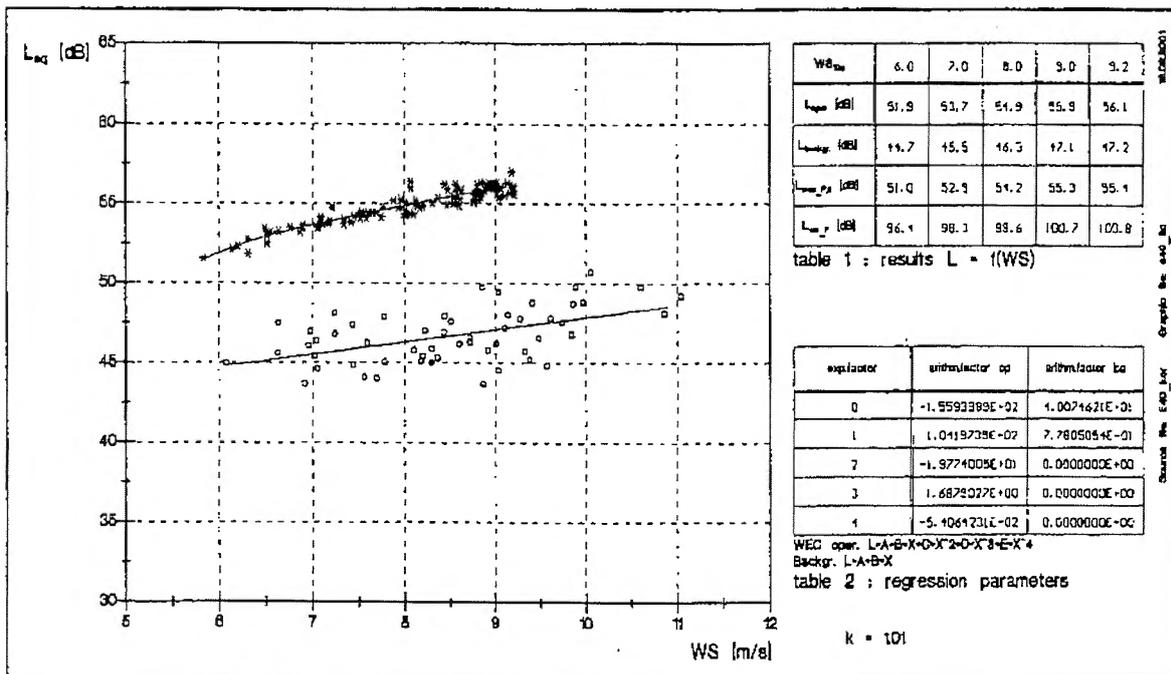
**Messgeometrie:**

Messentfernung R<sub>0</sub>: ..... 80 m  
 Fundamenthöhe h<sub>F</sub>: ..... 0 m  
 Mikrophonhöhe h<sub>M</sub>: ..... 0 m  
 Rotationshöhe ⇒ Turmmittelpkt. d: ..... 2,5 m

**Messbedingungen:**

Messzeitraum: ..... 2000-12-13 19:00h – 22:45h  
 ..... 2000-12-14 09:30h - 11:00h  
 Windgeschwindigkeit in 10m Höhe,  
 1-min Mittel, WG<sub>10m</sub>: ..... 5,8 – 13,1 m/s  
 Windrichtung WR: ..... SW  
 Elektr. Wirkleistung P<sub>w el.</sub> (1-s Wert): ..... 130 - 670 kW  
 Luftdruck p<sub>Luft</sub>: ..... 1001 hPa  
 Lufttemperatur T<sub>Luft</sub>: ..... 7 °C  
 Luftfeuchte: ..... 80 %rel.

**Bestimmung der Schalleistung nach FGW-Richtlinie \*\*::**



**Bemerkungen:**

- \* Der 95 %-Wert der Nennleistung beträgt 570 kW entsprechend 9,2 m/s in 10 m Höhe,
- \*\* Die Auswertung erfolgt gemäß Technischer Richtlinie bis 95% der Nennleistung.


**Impulshaltigkeit nach FGW-Richtlinie/DIN 45645 T1 für Referenzbedingungen:**

BIN [m/s]	BIN – Grenzen [m/s]	BIN – Mitte	Mittelungs- pegel $L_{Aeq}$ [dB]	Taktmaxima lpegel $L_{AFTM}$ [dB]	Berechneter Impulzzuschlag $K_{IN}$ [dB]	Impulzzuschlag nach FGW-Richtlinie [dB]
6	5,5 - 6,5	6,1	52,4	54,3	1,8	0
7	6,5 - 7,5	7,0	53,9	55,7	1,8	0
8	7,5 - 8,5	7,9	54,9	56,7	1,8	0
9	8,5 - 9,5	8,9	55,9	57,6	1,8	0
10	9,5 - 10,5	9,9	56,5	58,1	1,7	0

**Terzanalyse für Referenzbedingungen (für 9,2 m/s in 10 m Höhe entspr. 570 kW):**

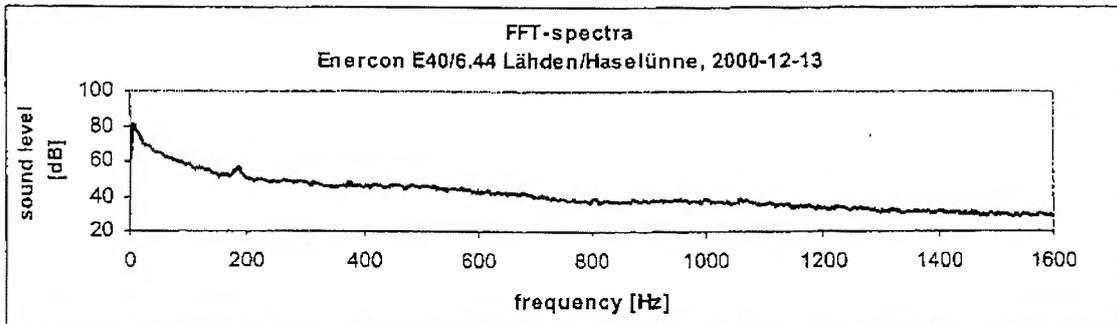
25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
63,6	68,8	71,7	75,0	78,2	80,3	82,0	83,7	85,3	88,0	87,6	89,1	91,0	93,0	92,2
800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000			
90,2	91,3	89,0	86,6	84,0	82,2	81,2	78,8	76,4	71,8	65,8	59,9			

**Oktavanalyse für Referenzbedingungen (für 9,2 m/s in 10 m Höhe entspr. 570 kW):**

31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
73,8	83,0	88,5	93,0	96,9	95,0	89,3	83,9	72,9

**Bestimmung der Tonhaltigkeit nach FGW-Richtlinie / EDIN 45681 für  
Referenzbedingungen (9,2 m/s in 10 m Höhe entspr. 570 kW) :**

Repräsentatives FFT - Spektrum



Ergebnistabelle (für Referenzbedingungen \*\*):

Bereich $WG_{10m}$ [m/s]	BIN – Mittel $WG_{10m}$ [m/s]	Anzahl der Spektrum	Tonfrequenz $f_T$ [Hz]	Pegeldifferenz $\Delta L$ [dB]	Tonzuschlag nach FGW - Richtlinie [dB]
5,5 - 6,5	6	12	-	-	0
6,5 - 7,5	7	12	-	-	0
7,5 - 8,5	8	12	-	-	0
8,5 - 9,5	9	12	-	-	0
9,5 - 10,5	10*	12	176 - 190	-2,38	0

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. J. Clausen

Geprüft:

Dipl.-Ing. J. Neubert

## 4.1.1 Die DECIBEL Berechnungsmethoden

Die Geräuschemission einer Windkraftanlage wird durch den Schalleistungspegel  $L_w$  beschrieben.

*Schalleistungspegel*  $L_w$  - ist der maximale Wert in dB / dB (A-bewertet), der von einer Geräusch- oder Schallquelle (Emissionspunkt, WKA) abgestrahlt wird. Der Wert ist frequenzbandabhängig. In der Praxis wird aber oft der A-bewertete Schalleistungspegel  $L_{WA}$  (frequenzfest, für 500 Hz) für überschlägige Schallberechnungen angegeben.

Der Lärm breitet sich kreisförmig um die Schallquelle aus und nimmt mit seinem Abstand zu ihr (logarithmisch) hörbar ab. Dabei wirken Bebauung, Bewuchs und sonstige Hindernisse dämpfend. Die Luft absorbiert den Schall. Reflexion und weitere Geräuschquellen wirken lärmverstärkend. Die Schallausbreitung erfolgt maßgeblich in der Richtung, die entgegengesetzt zur Windrichtung liegt.

*Schalldruckpegel*  $L_s$  - ist der Wert in dB, der an einem beliebigen Immissionspunkt (z.B. Wohngebäude) in der Umgebung einer oder mehrerer Geräusch- oder Schallquellen gemessen (z.B. mit Mikrofon, Schallmessung), berechnet oder einfach auf natürliche Art wahrgenommen werden kann (z.B. durch das menschliche Ohr). Der Schalldruckpegel unter Berücksichtigung von Zuschläge wird Beurteilungspegel genannt und bildet die Grundlage für die Beurteilung der Geräuschemissionen zur Überprüfung ob die Immissionsrichtwerte eingehalten werden.

Die Berechnung der Lärmimmissionen einer oder mehrerer WKA an einem bestimmten Immissionspunkt bedarf folgender Informationen und Eingabedaten:

- WKA-Platzierung (X,Y,Z-Koordinaten),
- Nabenhöhe der WKA einschl. des Schalleistungspegels ( $L_{WAref}$ ) für eine bestimmte Windgeschwindigkeit, evtl. frequenzabhängig,
- Angabe eines Einzelton- oder /und Impulzsuschlages (falls vorhanden),
- Immissionspunkt bzw. schallkritisches Gebiet für den kritischsten Punkt (X,Y,Z-Koordinaten)
- Grenzwerte, die in den entsprechenden Gebieten eingehalten werden müssen,
- ein Berechnungsmodell bzw. eine Vorschrift

Zur Zeit sind fünf Berechnungsvorschriften in WindPRO implementiert, die in den folgenden Kapiteln genauer beschrieben werden. Die erste ist die ISO Norm, die weltweit Anwendung findet, momentan findet sie nur in einigen Ländern Ihre Anwendung (z.B., Deutschland, England, Belgien, Italien, USA). Die ISO 9613-2 basiert auf der Deutschen Norm VDI 2714. Die (DIN) ISO 9613-2 hat seit 1998 die VDI 2714 abgelöst.

### 4.1.1.1 Die Internationale Berechnungsvorschrift DIN ISO 9613-2, allgemein

Die ISO 9613-2 "Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien", Teil 2, beschreibt die Ausbreitungsberechnung des Schalls im Freien.

Die ISO 9613-2 beinhaltet zwei Methoden zur Ausbreitungsrechnung des Schalls. Für die Schallausbreitung der Geräusche von Windkraftanlagen wird in WindPRO die alternative Methode verwendet da die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

Nur der A-bewertete Pegel ist von Interesse  
Der Schall sich überwiegend über porösem Boden ausbreitet  
Der Schall kein reiner Ton ist.

Normalerweise wird bei der schalltechnischen Vermessung von Windkraftanlagen der A-bewertete Schalleistungspegel (keine Oktavbandbezogenen Werte) ermittelt. Daher werden die Dämpfungswerte bei 500 Hz verwendet, um die resultierende Dämpfung für die Schallausbreitung abzuschätzen. Der Dauerschalldruckpegel jeder einzelnen Quelle am Immissionspunkt berechnet sich nach der ISO 9613-2 dann wie folgt:

$$L_{Aref}(DW) = L_{WA} + D_C - A \quad (1)$$

$L_{WA}$ : Schalleistungspegel der Punktschallquelle A-bewertet.

$D_C$ : Richtwirkungskorrektur für die Quelle ohne Richtwirkung (0 dB) aber unter Berücksichtigung der Reflexion am Boden,  $D_{\Sigma}$  (Berechnung nach der alternativen Methode)

$$D_C = D_{\Sigma} - 0 \quad (2)$$

$D_{\Sigma}$  beschreibt die Reflexion am Boden und berechnet sich nach:

$$D_{\Sigma} = 10 \lg\{1 + [d_p^2 + (h_s - h_r)^2] / [d_p^2 + (h_s + h_r)^2]\} \quad (3)$$

Mit:

$h_s$ : Höhe der Quelle über dem Grund (Nabenhöhe)

$h_r$ : Höhe des Immissionspunktes über Grund (in der Regel 5m)

$d_p$ : Abstand zwischen Schallquelle und Empfänger, projiziert auf die Bodenebene. Der Abstand bestimmt sich aus den x und y Koordinaten der Quelle (Index s) und des Immissionspunkts (Index r):

$$d_p = \sqrt{(x_s - x_r)^2 + (y_s - y_r)^2} \quad (4)$$

A: Dämpfung zwischen der Punktquelle (WKA-Gondel) und dem Immissionspunkt, die während der Schallausbreitung vorhanden ist. Sie bestimmt sich aus den folgenden Dämpfungsarten:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad (5)$$

$A_{div}$ : Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung

$$A_{div} = 20 \lg(d/1m) + 11 \text{ dB} \quad (6)$$

d: Abstand zwischen Quelle und Immissionspunkt.

$A_{atm}$ : Dämpfung durch die Luftabsorption

$$A_{atm} = \alpha_{500} d / 1000 \quad (7)$$

$\alpha_{500}$ : Absorptionskoeffizient der Luft ( $\approx 1,9 \text{ dB/km}$ )  
Dieser Wert für  $\alpha_{500}$  bezieht sich auf die günstigsten Schallausbreitungsbedingungen (Temperatur von  $10^\circ$  und relativer Luftfeuchte von 70%).

$A_{gr}$ : Bodendämpfung

$$A_{gr} = (4,8 - (2h_m) / d) (17 + 300 / d) \quad (8)$$

Wenn  $A_{gr} < 0$  dann ist  $A_{gr} = 0$

$h_m$ : mittlere Höhe (in Meter) des Schallausbreitungsweges über dem Boden:

$$h_m = (h_s + h_r) / 2 \quad (9)$$

$h_s$ : Quellhöhe (Nabenhöhe);  $h_r$ : Aufpunkthöhe 5 m  
 $A_{bar}$ : Dämpfung aufgrund der Abschirmung (Schallschutz), allgemein besteht kein Schallschutz;  $A_{bar} = 0$ .

$A_{misc}$ : Dämpfung aufgrund verschiedener weiterer Effekte (Bewuchs, Bebauung, Industrie). In der Regel gehen diese Effekte nicht in die Prognose ein  $A_{misc} = 0$ .

### Berechnungsverfahren in Oktaven

Nach der ISO 9613-2 soll, sofern vorhanden, die Prognose auch über das Oktavspektrum des Schalleistungspegel der WKA durchgeführt werden. Wird im WKA-Katalog das Oktavspektrum angegeben, so rechnet Windpro automatisch damit. Im folgenden sind nur die Unterschiede zu der 500 Hz Mittenfrequenz bezogenen Berechnung aufgezeigt. Der resultierende Schalldruckpegel  $L_{AT}$  berechnet sich dann mit:

$$L_{AT} (DW) = 10 \lg [10^{0,1L_{AT}(63)} + 10^{0,1L_{AT}(125)} + 10^{0,1L_{AT}(250)} + 10^{0,1L_{AT}(500)} + 10^{0,1L_{AT}(1k)} + 10^{0,1L_{AT}(2k)} + 10^{0,1L_{AT}(4k)} + 10^{0,1L_{AT}(8k)}] \quad (10)$$

Mit:

$L_{AT}$ : A-bewerteter Schalldruckpegel der einzelnen Schallquelle bei den unterschiedlichen Mittenfrequenzen (63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz)

Der A-bewertete Schalldruckpegel  $L_{AT}$  bei den Mittenfrequenzen jeder einzelnen Schallquelle berechnet sich aus:

$$L_{AT} (DW) = (L_w + A_i) + D_c - A \quad (11)$$

Mit:

$L_w$ : Oktav-Schalleistungspegel der Punktschallquelle nicht A-bewertet.  
 $L_w + A_i$  entspricht dem A-bewerteten Oktav-Schalleistungspegel  $L_{WA}$  nach IEC 651.

$A_i$ : genormte A-Bewertung nach IEC 651 (vgl. WindPRO-Katalog Schalldaten, A-bewertet), WindPRO ermittelt nach diesem Verfahren den A-bewerteten Schalldruckpegel.

$D_c$ : Richtwirkungskorrektur für die Quelle ohne Richtwirkung (0 dB) aber mit Reflexion am Boden  $D_\Sigma$  (siehe oben):

A: Oktavdämpfung, Dämpfung zwischen Punktquelle und Immissionspunkt. Sie bestimmt sich wie oben aus den folgenden Dämpfungsarten:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad (12)$$

$A_{div}$ : Dämpfung aufgrund der geometrischen Ausbreitung (=VDI 2714 Abstandsmaß  $D_s$ )

$A_{atm}$ : Dämpfung aufgrund der Luftabsorption, abhängig von der Frequenz (=VDI 2714 Luftabsorptionsmaß DL)

$A_{gr}$ : Bodendämpfung (=VDI 2714 Boden und Meteorologie-dämpfungsmaß DBM)

$A_{\text{bar}}$ : Dämpfung aufgrund der Abschirmung (Schallschutz), worst case ohne  $A_{\text{bar}} = 0$ .  
 $A_{\text{misc}}$ : Dämpfung aufgrund verschiedener weiterer Effekte (Bewuchs, Bebauung, Industrie). Worst case  $A_{\text{misc}} = 0$ .

Bei der Oktavbandbezogenen Ausbreitung ist die Dämpfung durch die Luftabsorption von der Frequenz abhängig mit:

$$A_{\text{atm}} = \alpha_f d / 1000 \quad (13)$$

mit:

$\alpha_f$ : Absorptionskoeffizient der Luft für jedes Oktavband

Der Luftdämpfungskoeffizient  $\alpha_f$  ist stark abhängig von der Schallfrequenz, der Umgebungstemperatur und der relativen Luftfeuchte. Die ungünstigsten Werte bestehen bei einer Temperatur von 10° und 70% Rel. Luftfeuchte nach folgender Tabelle:

Bandmittelfrequenz, [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\alpha_f$ , [dB/km]	0,1	0,4	1	1,9	3,7	9,7	32,8	117

### Langzeit-Mittelungspegel (Resultierender Beurteilungspegel)

Liegen den Berechnungen  $n$  Schallquellen (u.a. Windpark) zugrunde, so überlagern sich die einzelnen Schalldruckpegel  $L_{ATi}$  entsprechend der Abstände zum betrachteten Immissionspunkt. In der Bewertung der Lärmimmission nach der TA-Lärm ist der aus allen  $n$  Schallquellen resultierende Schalldruckpegel  $L_{Ar}$  unter Berücksichtigung der Zuschläge nach der folgenden Gleichung zu ermitteln:

$$L_{AT}(L,T) = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{ATi} - C_{\text{met}} + K_{Ti} + K_{II})} \quad (14)$$

- $L_{AT}$ : Beurteilungspegel am Immissionspunkt
- $L_{ATi}$ : Schallimmissionspegel an dem Immissionspunkt einer Emissionsquelle  $i$
- $i$ : Index für alle Geräuschquellen von 1-n
- $K_{Ti}$ : Zuschlag für Tonhaltigkeit einer Emissionsquelle  $i$ , abhängig von den lokalen Vorschriften
- $K_{II}$ : Zuschlag für Impulshaltigkeit einer Emissionsquelle  $i$ , abhängig von den lokalen Vorschriften
- $C_{\text{met}}$ : Meteorologische Korrektur. Diese bestimmt sich nach den Gleichungen:
- $C_{\text{met}} = 0$  für  $dp < 10$  ( $h_s + h_r$ )

$C_{\text{met}} = C_0 [1 - 10^{(h_s + h_r)/dp}]$  für  $dp > 10$ ,  
 $d_p$ : Abstand zwischen Quelle und Immissionspunkt projiziert auf den Boden.

wobei der Faktor  $C_0$  abhängig von den Witterungsbedingungen zwischen 0 und 5 dB liegen kann. Werte über 2 dB treten nur in Ausnahmefällen auf. In WindPRO kann  $C_0$  individuell für jede Schallberechnung definiert werden.