



Schallgutachten

(Version I)

018-10-0721-03.04

**Prognose der Schallimmissionen
durch sieben
Windenergieanlagen
am Standort**

Kappel

Auftraggeber:



Erstellt am: 27.04.2011

Erstellt von: SOLvent GmbH
Lünener Str. 211
D-59174 Kamen
Tel 0 23 07 / 24 00 63 Fax 24 00 66

Inhalt

INHALT	2
1 AUFGABENSTELLUNG	3
2 ERGEBNISÜBERSICHT	4
3 ERLÄUTERUNG DER VORGEHENSWEISE	8
3.1 BETRACHTUNGEN ZUM SCHALLFELD	8
3.1.1 Schallausschlag und Schallschnelle	8
3.1.2 Schalldruck	10
3.1.3 Schallpegel	11
3.1.4 Addition von Schallpegeln	12
3.2 DAS MENSCHLICHE HÖREMPFINDEN	13
3.2.1 Mittelungspegel	13
3.2.2 Bewertung von Schallereignissen nach ihrer Frequenz	13
3.2.3 Schalldruckpegelberechnung nach DIN ISO 9613-2	16
3.3 SCHALLEMISSIONEN VON WINDENERGIEANLAGEN UNTER BAUORDNUNGSRECHTLICHEN GESICHTSPUNKTEN	17
4 SCHALLGUTACHTEN	18
4.1 PROGNOSEVERFAHREN	19
4.2 DATEN DER BEURTEILTEN WINDENERGIEANLAGEN	20
4.3 DATEN DER MITBERÜCKSICHTIGTEN WINDENERGIEANLAGEN	22
4.4 DATEN DER NICHT MITBERÜCKSICHTIGTEN WINDENERGIEANLAGEN	25
4.5 EINWIRKUNGSBEREICH	26
4.6 DATEN DER BEURTEILTEN IMMISSIONSORTE	28
4.7 ZUSATZBELASTUNG	35
4.8 VORBELASTUNG	37
4.9 GESAMTBELASTUNG	39
4.10 QUALITÄT DER PROGNOSE	41
4.10.1 Prognoseverfahren	41
4.10.2 Vermessungsberichte	42
4.10.3 Auswirkung der Produktionsstreuung	43
4.10.4 Gesamtunsicherheit der Prognoseergebnisse	44
5 ABSCHLUSSERKLÄRUNG	46
6 ANHANG	47

1 Aufgabenstellung

Vom Auftraggeber dieser Ausarbeitung ist beabsichtigt insgesamt sieben Windenergieanlagen, davon drei Windenergieanlagen des Typs ENERCON E-70/E4 2.3MW mit einer Nabenhöhe von 114,0 m und vier Anlagen des Typs ENERCON E-82/E2 2.3MW mit einer Nabenhöhe von 138,4 m, am Standort

Kappel

zu errichten.

Aufgabe dieses Gutachtens ist die Beurteilung der zu erwartenden nächtlichen Schallimmission (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) auf die benachbarte Wohnbebauung.

Hierbei wird angenommen, dass die sieben geplanten Windenergieanlagen zur Nachtzeit mit einer maximalen Leistung von 1.000kW betrieben werden und 29 weitere, bereits bestehende oder geplante, Fremdanlagen zu berücksichtigen sind. Bei diesen Fremdanlagen handelt es sich um folgende Typen:

- 26 x ENERCON E-82 2.3MW mit 138,4 m NH
- 2 x ENERCON E-82 2.0MW mit 108,4 m NH
- 1 x VESTAS V-90 2.0MW mit 95,0 m NH

Sämtliche bestehenden oder geplanten Fremdanlagen werden in den Berechnungen als bestehende Anlagen berücksichtigt.

Für die geplanten sieben Windenergieanlagen des Auftraggebers wurde mit Datum 19.04.2010 bereits eine Schallimmissionsprognose mit der Nummer 018-10-0721-03.01 erstellt. Durch verschiedene Änderungen ist der hier vorliegende Nachtrag erforderlich geworden. Die Änderungen sind im Einzelnen:

1. Die Position der Windenergieanlage WEA 04 des Auftraggebers hat sich geändert.
2. Bei einer großen Anzahl der Windenergieanlagen, die als Vorbelastung zu berücksichtigen sind, hat ein Typwechsel stattgefunden.
3. Bei einigen Windenergieanlagen der Vorbelastung hat sich die Position geändert.
4. Das allgemeine Wohngebiet „Im Wäldchen“ in der Gemeinde Kludenbach wird mit einem Richtwert von 40 dB(A) berücksichtigt.

2 Ergebnisübersicht

Bei der Prognose des Immissionsverhaltens der insgesamt sieben geplanten Anlagen am Standort

Kappel

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

- *IP 01 Kirchberger Str. 1*
- *IP 02 Kirchberger Str. 2*
- *IP 03 Kirchberger Str. 3*
- *IP 04 Kirchberger Str. 4*
- *IP 05 Kirchberger Str. 5*
- *IP 06 Kirchberger Str. 6*
- *IP 07 Kirchberger Str. 7*
- *IP 08 Kirchberger Str. 8*
- *IP 09 Kirchberger Str. 9*
- *IP 10 Kirchberger Str. 10*
- *IP 11 Ringstr. 1*
- *IP 12 Ringstr. 9*
- *IP 13 Ringstr. 10*
- *IP 14 Ringstr. 11*
- *IP 15 Ringstr. 12*
- *IP 16 Ringstr. 13*
- *IP 17 Kastellauner Str. 32*
- *IP 18 Kastellauner Str. 30*
- *IP 19 Kastellauner Str. 28*
- *IP 20 Im Gassacker 15*
- *IP 21 Im Gassacker 17*

- *IP 22 Im Gassacker 19*
- *IP 23 Im Gassacker 21*
- *IP 24 Im Wäldchen 6*
- *IP 25 Im Wäldchen 8*
- *IP 26 Im Wäldchen 10*
- *IP 27 Im Wäldchen 16*

Bei den betrachteten Immissionsorten handelt sich um mehrere Wohngebäude auf dem Gebiet der Gemeinde Kappel und Kludenbach, beide Verbandsgemeinde Kirchberg im Rhein-Hunsrück-Kreis in Rheinland-Pfalz.

Die betrachteten Immissionsorte werden schalltechnisch als Dorf/Mischgebiet (Nachrichtwert 45,0 dB(A)) bzw. als Allgemeines Wohngebiet (Nachrichtwert 40,0 dB(A)), behandelt.

Anhand der Prognose der Schallimmissionen wird die Einhaltung der in der Nacht geltenden Richtwerte nach der TA-Lärm (Stand: 26.08.1998) überprüft, die deutlich niedriger liegen als die am Tag geltenden Richtwerte.

Werden die sieben geplanten Windenergieanlagen des Auftraggebers zur Nachtzeit mit einer maximalen Leistung von 1.000kW betrieben und werden die Windenergieanlagen der Vorbelastung wie im Kapitel 4.3 beschrieben, berücksichtigt, ergibt sich an den betrachteten Aufpunkten folgende

Gesamtbelastung:

Schall-Immissionsort	Obere Vertrauensbereichsgrenze des Schallimmissionswerts [dB(A)]	Richtwert [dB(A)]
IP 01 Kirchberger Str. 1	39,1	45,0
IP 02 Kirchberger Str. 2	39,3	45,0
IP 03 Kirchberger Str. 3	38,9	45,0
IP 04 Kirchberger Str. 4	39,4	45,0
IP 05 Kirchberger Str. 5	39,3	45,0
IP 06 Kirchberger Str. 6	38,7	45,0
IP 07 Kirchberger Str. 7	38,6	45,0
IP 08 Kirchberger Str. 8	39,1	45,0
IP 09 Kirchberger Str. 9	38,2	45,0
IP 10 Kirchberger Str. 10	38,9	45,0
IP 11 Ringstr. 1	38,8	45,0
IP 12 Ringstr. 9	39,1	45,0
IP 13 Ringstr. 10	39,0	45,0
IP 14 Ringstr. 11	39,2	45,0
IP 15 Ringstr. 12	39,2	45,0
IP 16 Ringstr. 13	39,2	45,0
IP 17 Kastellauner Str. 32	39,5	45,0
IP 18 Kastellauner Str. 30	39,2	45,0
IP 19 Kastellauner Str. 28	39,1	45,0
IP 20 Im Gassacker 15	37,5	40,0
IP 21 Im Gassacker 17	37,3	40,0

Schall-Immissionsort	Obere Vertrauensbereichsgrenze des Schallimmissionswerts [dB(A)]	Richtwert [dB(A)]
IP 22 Im Gassacker 19	37,2	40,0
IP 23 Im Gassacker 21	37,1	40,0
IP 24 Im Wäldchen 6	40,9	40,0
IP 25 Im Wäldchen 8	40,9	40,0
IP 26 Im Wäldchen 10	40,8	40,0
IP 27 Im Wäldchen 16	40,6	40,0

An den betrachteten Immissionsorten wird der maßgebliche Richtwert von 45,0 dB(A) bzw. 40,0 dB(A), unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Prognose, an den Immissionsorten

- IP 24 Im Wäldchen 6
- IP 25 Im Wäldchen 8
- IP 25 Im Wäldchen 10
- IP 25 Im Wäldchen 16

um bis zu 0,9 dB(A) überschritten.

Dies kann den geplanten Windenergieanlagen jedoch nicht entgegengehalten werden, da gemäß TA-Lärm (28. August 1998) Kapitel 3.2.1, Abschnitt 3 eine Überschreitung des Richtwerts möglich ist, wenn sich die Überschreitung aufgrund der Vorbelastung ergibt und dauerhaft sichergestellt ist, dass sie nicht größer als 1 dB(A) ist.

Beide Bedingen sind hier erfüllt, da sich zum einen die Überschreitung erst in der Gesamtbelastung aus Vor- und Zusatzbelastung ergibt und zum anderen in den verwendeten Schallleistungspegeln Sicherheitsaufschläge von mindestens 2 dB(A) berücksichtigt worden sind.

3 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 Windenergieanlagen 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 Windenergieanlagen erforderlich, um die Höhe der Schallimmissionen an bestimmten Geländepunkten in verschiedenen Entfernungen von der Anlage zu ermitteln. Hierzu dient das vorliegende Gutachten.

3.1 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.

3.1.1 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

ω = $2\pi f$

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} :

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

3.1.2 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 μPa , bei Zimmerlautstärke sind es bereits 20.000 μPa , und an der Schmerzschwelle werden sogar 60.000.000 μPa 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

ρ = Dichte des Mediums

c = Schallgeschwindigkeit des Mediums

v_0 = Schallschnelleamplitude

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

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

3.1.3 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*¹ 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 dB . An der Schmerzschwelle wird bei einem Schalldruck von 60 Pa ein Pegel von 130 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 3-1) ermitteln.

¹ benannt nach dem amerikanischen Erfinder des Telefons A. G. Bell

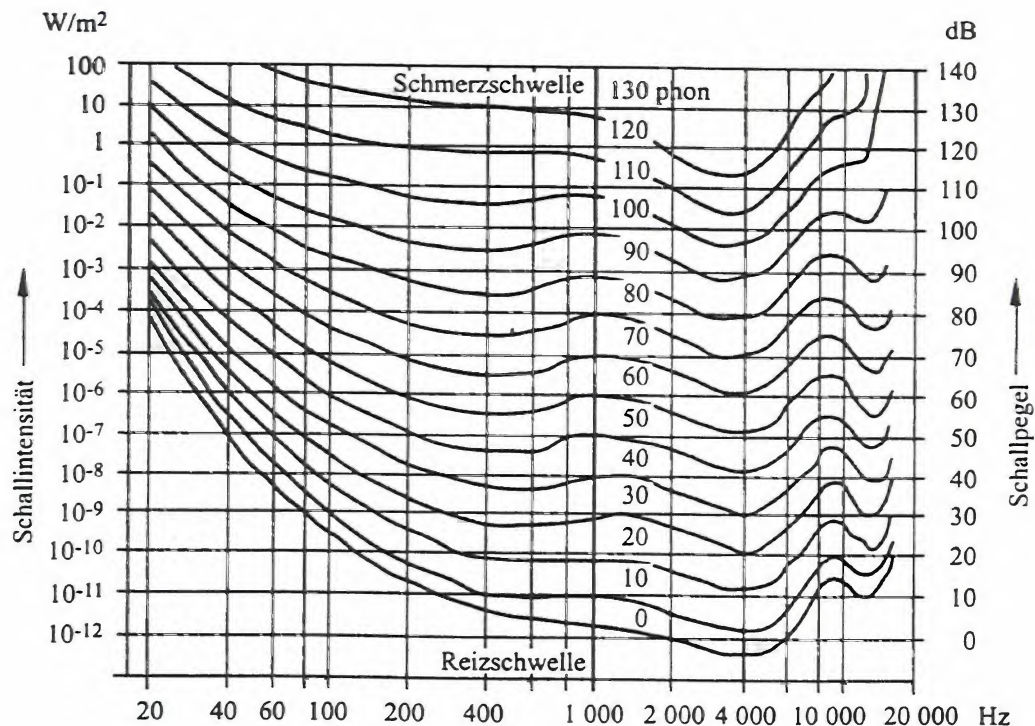


Abbildung 3-1, Kurven gleicher Lautstärke nach Robinson und Dadson

3.1.4 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 Merkgeln 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*.

3.2 Das menschliche Hörempfinden

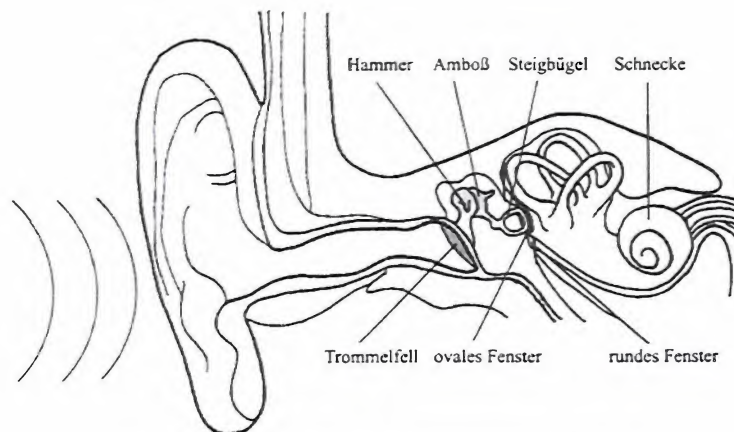


Abbildung 3-2, Aufbau des menschlichen Ohrs

3.2.1 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 Windenergieanlagen 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.

3.2.2 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.

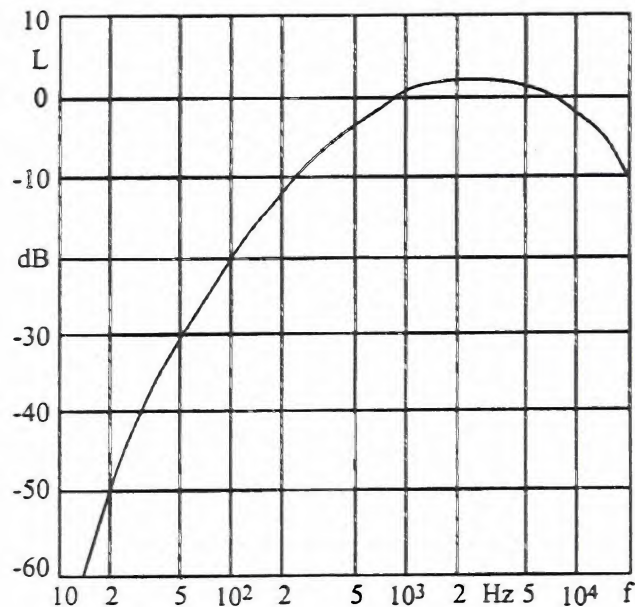


Abbildung 3-3, Dämpfungskurve des A-Filters

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 Hörflächenkurve (Abbildung 3-4) ablesbar.

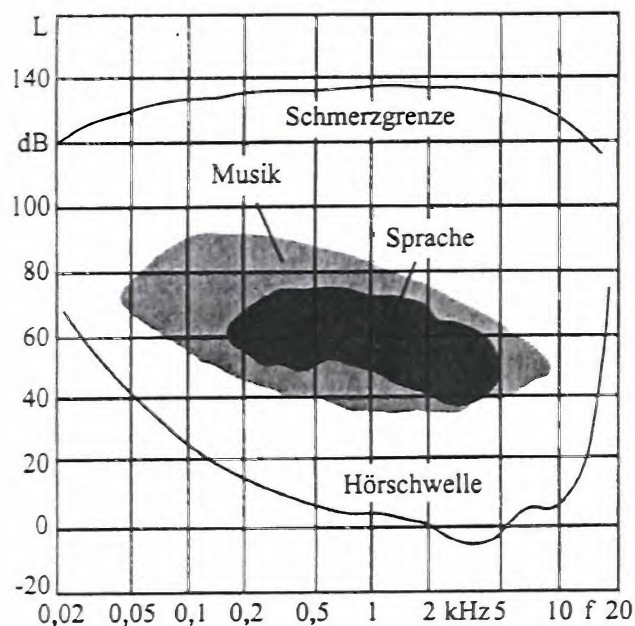


Abbildung 3-4, Hörfläche

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 3-3). Damit bei Schallpegelangaben erkennbar ist, dass sie gehör richtig vorgenommen worden sind, wird vielfach der dazugehörige Bewertungsmaßstab angegeben, z.B. 60 dB(A).

Schallquellen	Schalldruck in μPa	Schallpegel in dB(A)	Schallintensität in W/m^2
Reizschwelle	20	0	$10^{-12} = 1 I_0$
Flüstern	200	20	$10^{-10} = 10^2 I_0$
Zimmerlautstärke	20.000	60	$10^{-6} = 10^6 I_0$
Verkehrslärm (stark)	200.000	80	$10^{-4} = 10^8 I_0$
Presslufthammer	600.000	90	$10^{-3} = 10^9 I_0$
Schmerzschwelle	60.000.000	130	$10^{-1} = 10^{13} I_0$

Tabelle 1, Beispiele für Schalldrücke, Schallpegel und Schallintensitäten

Schallpegelwerte werden mit Hilfe von Schallpegelmessern, die aus Mikrophon, Frequenzfilter, Verstärker und Anzeige bestehen (Abbildung 3-5), 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.

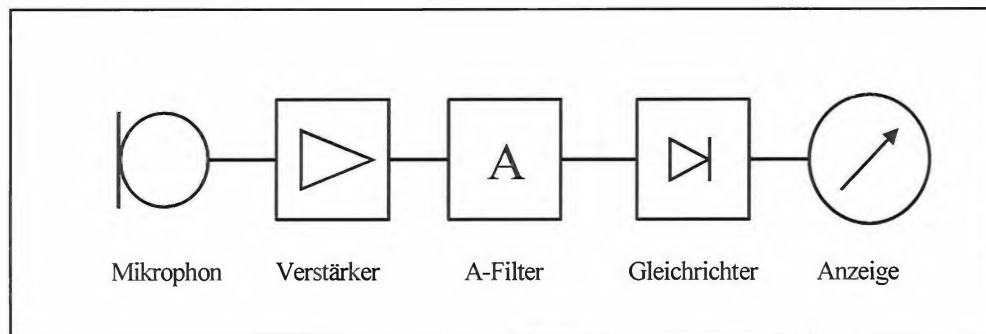


Abbildung 3-5, Blockschaltbild eines Schallpegelmessers

3.2.3 Schalldruckpegelberechnung nach DIN ISO 9613-2

In diesem Gutachten wird das *Alternative Verfahren zur Berechnung A-bewerteter Schalldruckpegel* nach Abschnitt 7.3.2 des Entwurfs der DIN ISO 9613-2 (im Folgenden abgekürzt mit: DIN ISO 9613-2) angewendet.

Die Formel zur Schalldruckpegelberechnung einer Windenergieanlage 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_Ω: D_C = D_Ω: +0
Zusätzlich bedingt durch Reflexion am Boden gilt:
 $D_{\Omega} = 10 \lg(1 + (d_p^2 + (h_s - h_r)^2) / (d_p^2 + (h_s + h_r)^2))$

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 (WEA-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: $A_{atm} = \alpha_{500} d / 1000$
α₅₀₀: Absorptionskoeffizient der Luft (= 1,9 dB/km)

A_{gr}: Bodendämpfung: $A_{gr} = (4,8 - (2h_m) / d) [17 + 300 / d]$
Wenn A_{gr} < 0 dann ist A_{gr} = 0

A_{bar}: Dämpfung aufgrund der Abschirmung (Schallschutz). Hier mit dem Wert 0 belegt.

A_{misc}: Dämpfung aufgrund verschiedener weiterer Effekte (Bewuchs, Bebauung, Industrie). Hier mit dem Wert 0 belegt.

Der Schalleistungspegel von Windenergieanlagen 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 Windenergieanlage 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 2.6.1.252 Modul *Decibel*) befindet sich im angefügten Auszug aus der Programmdokumentation der Software WINDpro im Anhang.

3.3 Schallemissionen von Windenergieanlagen unter bauordnungsrechtlichen Gesichtspunkten²

[...] 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 Windenergieanlagen 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 Windenergieanlage 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 Windenergieanlagen 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 Windenergieanlage lassen sich zumeist erhebliche Lärmbeeinträchtigungen vermeiden. Die Verpflichtung, diese durchzuführen, kann dem Betreiber der Windenergieanlage durch Auflagen und sonstige Nebenbestimmungen (§ 36 Abs. 2 VwVfG) auferlegt werden.[...]

² 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

4 Schallgutachten

Der Standort

Kappel

liegt auf dem Gebiet der Gemeinde Kappel in der Verbandsgemeinde Kirchberg im Rhein-Hunsrück-Kreis im Bundesland Rheinland-Pfalz auf Höhen von ca. 450 m bis 500 m über NN.

Die beurteilten Anlagen sollen ca. 770 m östlich des Siedlungsgebietes der Gemeinde Kappel errichtet werden. Im südlicher Richtung befindet sich in ca. 760 m die Gemeinde Kludenbach, Verbandsgemeinde Kirchberg. Die Gemeinde Reckershausen, Verbandsgemeinde Kirchberg, liegt ca. 2,3 km südöstlich des betrachteten Standortes. Östlich der geplanten Anlagen schließt sich das Waldgebiet *Der Faast* an, in dem auf dem *Kronenberg* über 500 Höhenmeter erreicht werden. Nordwestlich des Standortes beginnt in ca. 2 km Entfernung der *Löffelscheider Wald*, der im südlichen Bereich in den *Staatsforst Kirchberg*, welcher ca. 2,3 km von den geplanten Anlagen entfernt ist, übergeht. Das Siedlungsgebiet der Verbandsgemeinde Kirchberg befindet sich ca. 5 km südlich des betrachteten Standortes. Die direkte Umgebung der geplanten Anlage wird überwiegend land- und forstwirtschaftlich genutzt.

Der Standort wurde zuletzt am 28.09.2009 um ca. 13:40 Uhr bei sonnigem Wetter mit guten Sichtverhältnissen vom Gutachter besucht. Diese Inaugenscheinnahme ist mit Fotos dokumentiert worden.

Bei der Prognose der Schallimmissionen der beurteilten Windenergieanlage wird die nächstgelegene Wohnbebauung betrachtet. Es handelt sich dabei um Wohngebäude auf dem Gebiet der Gemeinden Kappel und Kludenbach, beide Verbandsgemeinde Kirchberg im Rhein-Hunsrück-Kreis in Rheinland-Pfalz.

Anhand der Prognose der Schallimmissionen wird die Einhaltung der in der Nacht geltenden Richtwerte nach der TA-Lärm (Stand: 26.08.1998) überprüft, die deutlich niedriger liegen als die am Tag geltenden Richtwerte. Da die von Windenergieanlagen ausgehenden Geräusche tags und nachts gleich laut sind, erübrigt sich somit die Frage, ob auch die Tagrichtwerte eingehalten werden.

4.1 Prognoseverfahren

Die im vorliegenden Gutachten dargestellte Schallimmissionsprognose für insgesamt sieben Windenergieanlagen, davon drei des Typs ENERCON E-70 E4 2.3MW mit einer Nabenhöhe von 114,0 m und vier des Typs ENERCON E-82/E2 2.3MW mit 138,4 m Nabenhöhe, wurde mit Hilfe der Software WINDpro des dänischen Softwareherstellers EMD (Version 2.6.1.252, Modul *Decibel*) durchgeführt. Diese Software stellt die Implementierung des detaillierten Prognoseverfahrens gemäß TA-Lärm vom 26.08.1998 (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 Schallleistungspegeln und Berechnung auf Basis des Oktavspektrums). Im vorliegenden Fall wurde die Prognoseberechnung nach dem *Alternativen Verfahren zur Berechnung A-bewerteter Schalldruckpegel* gemäß Abschnitt 7.3.2 der DIN ISO 9613-2 auf Basis eines A-bewerteten Schallleistungspegels (keine oktavbezogenen Werte) durchgeführt.

4.2 Daten der beurteilten Windenergieanlagen

Vom Auftraggeber dieser Ausarbeitung werden sieben Windenergieanlagen, davon drei des Typs ENERCON E-70 E4 2.3MW mit einer Nabenhöhe von 114,0 m und vier des Typs ENERCON E-82/E2 2.3MW mit 138,4 m, geplant.

Diese sieben Windenergieanlagen werden zur Nachtzeit (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) mit einer maximalen Leistung von 1.000kW betrieben.

Bei der Prognose des Immissionsverhaltens der sieben geplanten Windenergieanlagen werden folgende Berechnungsvoraussetzungen verwendet:

Bez.	Anlagentyp	Naben höhe (m)	Rotor Ø (m)	Gauß-Krüger- Koordinaten		Höhe über NN (m)	Schall- leistungs- pegel in dB(A)
				Rechtswert	Hochwert		
WKA 1	ENERCON E-82/E2 2.3MW 1.0MW	138,4	82,0	2.599.092	5.542.320	500,1	Nachtbetrieb 101,4
WKA 2	ENERCON E-70/E4 2.3MW	114,0	71,0	2.599.291	5.541.945	490,0	Nachtbetrieb 99,0
WKA 3	ENERCON E-70/E4 2.3MW	114,0	71,0	2.599.446	5.541.721	487,7	Nachtbetrieb 99,0
WKA 4	ENERCON E-70/E4 2.3MW	114,0	71,0	2.599.235	5.541.562	471,6	Nachtbetrieb 99,0
WKA 5	ENERCON E-82/E2 2.3MW	138,4	82,0	2.598.689	5.541.445	459,8	Nachtbetrieb 101,4
WKA 6	ENERCON E-82/E2 2.3MW	138,4	82,0	2.598.785	5.541.140	451,1	Nachtbetrieb 101,4
WKA 7	ENERCON E-82/E2 2.3MW	138,4	82,0	2.598.603	5.540.868	451,1	Nachtbetrieb 101,4

* Koordinatensystem in diesem Gutachten:
Gauß-Krüger 3°-Streifen-System, Bessel-Ellipsoid, Potsdam Datum, Zone 2

Schallleistungspegel für eine Windenergieanlage des Typs ENERCON E-70/E4 2.3MW im schallreduzierten Nachtbetrieb gemäß der Schallvermessung durch die Firma KÖTTER Consulting Engineers KG, Bericht Nr. 28277-1.001 vom 08.11.2004. Dieser Bericht gibt einen Schallleistungspegel von 96,5 dB(A) mit

$P_{\max} = 1.000 \text{ kW}$ an. Die Unsicherheit der Vermessung wird durch einen Sicherheitsaufschlag von 2,5 dB(A) berücksichtigt. Der Schallleistungspegel, der bei den nachfolgenden Berechnungen verwendet wird, ergibt sich damit zu **99,0 dB(A)**.

Schallleistungspegel für eine Windenergieanlage des Typs ENERCON E-82/E2 2.3MW im schallreduzierten Nachtbetrieb gemäß der Schallvermessung durch die Firma KÖTTER Consulting Engineers KG, Bericht Nr. 209244-03.05 vom 24.03.2010. Dieser Bericht gibt einen Schallleistungspegel von 98,9 dB(A) mit $P_{\max} = 1.000 \text{ kW}$ an. . Die Unsicherheit der Vermessung wird durch einen Sicherheitsaufschlag von 2,5 dB(A) berücksichtigt. Der Schallleistungspegel, der bei den nachfolgenden Berechnungen verwendet wird, ergibt sich damit zu **101,4 dB(A)**.

Es ist kein Ton- oder Impulshaltigkeitszuschlag anzusetzen.

4.3 Daten der mitberücksichtigten Windenergieanlagen

Bei der Beurteilung der Immissionswerte werden die Schallimmissionen von 29 weiteren Anlagen in der Standortumgebung mit berücksichtigt.

Dabei werden folgende Berechnungsvoraussetzungen verwendet:

Bez.	Anlagentyp	Nabenhöhe (m)	Rotor Ø (m)	Gauß-Krüger-Koordinaten		Höhe über NN (m)	Schallleistungspegel in dB(A)
				Rechtswert	Hochwert		
Faas Nord2	Enercon E82 2,3MW	138,4	82,0	2.600.215	5.543.220	485,3	105,9
Faas Nord3	Enercon E82 2,3MW	138,4	82,0	2.600.344	5.543.606	490,0	105,9
WEA 01	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.598.614	5.542.512	506,1	105,9
WEA 02	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.598.904	5.542.532	507,1	105,9
WEA 03	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.599.399	5.542.403	512,4	105,9
WEA 04	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.599.540	5.542.198	510,0	105,9
WEA 05	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.599.575	5.541.952	502,0	105,9
WEA 06	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.599.348	5.541.335	469,1	105,9
WEA 07	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.599.345	5.541.057	476,4	105,9
WEA 29	VESTAS V-90	95,0	90,0	2.601.309	5.540.555	457,7	105,5
WEA H2	ENERCON E-82 2,3MW	108,4	82,0	2.601.757	5.539.390	418,9	105,9
WEA H3	ENERCON E-82 2,3MW	108,4	82,0	2.602.150	5.539.360	396,6	105,9
WEA Klu2	ENERCON E-82 2,0MW	138,4	82,0	2.598.459	5.538.793	450,8	105,0
WEA Klu3	ENERCON E-82 2,0MW	138,4	82,0	2.598.633	5.538.606	460,0	105,0

Bez.	Anlagentyp	Naben höhe (m)	Rotor Ø (m)	Gauß-Krüger- Koordinaten		Höhe über NN (m)	Schall- leistungs- pegel in dB(A)
				Rechtswert	Hochwert		
WEA Klu1	ENERCON E-82 2,0MW	138,4	82,0	2.598.990	5.539.010	460,0	105,0
WEA M4	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.598.921	5.538.473	460,0	105,9
WEA M5	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.598.693	5.538.134	450,0	103,0
WEA ORG1	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.599.590	5.540.900	496,6	105,9
WEA ORG2	ENERCON E-82 2,0MW	138,4	82,0	2.599.576	5.540.611	484,7	105,0
WEA ORG4	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.600.736	5.541.006	465,1	105,9
WEA ORG5	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.600.748	5.540.739	458,5	105,9
WEA R1	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.599.370	5.542.734	518,3	105,9
WEA R2	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.599.807	5.541.817	494,4	105,9
WEA R3	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.599.931	5.541.584	490,0	105,9
WEA R4	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.600.137	5.541.378	483,7	105,9
WEA R5	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.600.240	5.541.093	475,5	105,9
WEA Re1	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.601.238	5.541.327	468,5	105,9
WEA Re2	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.601.314	5.540.722	460,0	105,9
WEA Re3	ENERCON E-82 2,3MW	138,4	82,0	2.601.576	5.540.548	460,0	105,9

* Koordinatensystem in diesem Gutachten:
Gauß-Krüger 3°-Streifen-System, Bessel-Ellipsoid, Potsdam Datum, Zone 2

Für die Anlagen des Typs ENERCON E-82 2.3MW liegt eine Vermessung durch die Firma Kötter Consulting Engineers KG (Bericht Nr. 209244-03.03) für die Betriebsweise mit 2,3MW-Nennleistung vor. Dieser Bericht gibt einen Schallleistungspegel 103,4 dB(A) an. Die Unsicherheit der Vermessung wird durch einen Sicherheitszuschlag von 2,5 dB(A) berücksichtigt. Der Schallleistungspegel, der bei den nachfolgenden Berechnungen verwendet wird, ergibt sich damit zu **105,9 dB(A)**.

Für die Anlagen des Typs ENERCON E-82 2.3MW liegt eine Vermessung durch die Firma Kötter Consulting Engineers KG (Bericht Nr. 209244-03.04) für die Betriebsweise mit 2,0MW-Nennleistung vor. Dieser Bericht gibt einen Schallleistungspegel 102,5 dB(A) an. Die Unsicherheit der Vermessung wird durch einen Sicherheitszuschlag von 2,5 dB(A) berücksichtigt. Der Schallleistungspegel, der bei den nachfolgenden Berechnungen verwendet wird, ergibt sich damit zu **105,0 dB(A)**.

Der Schallleistungspegel für die Anlage des Typs VESTAS V-90 wird gemäß der Zusammenfassung dreier Einzelberichte durch die Firma WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, Bericht Nr. WT 5633/07 vom 07.03.2007 verwendet. Das energetische Mittel dieser drei Vermessungen wird bei einer Nennleistung von 2.000 kW mit 103,4 dB(A). Die Unsicherheiten der Vermessungen werden durch einen Sicherheitsaufschlag von 2,1 dB(A) berücksichtigt. Der Schallleistungspegel, der bei den nachfolgenden Berechnungen verwendet wird, ergibt sich damit zu **105,5 dB(A)**.

Für sämtliche Messungen sind weder Zuschläge für Tonhaltigkeit noch für Impulshaltigkeit anzusetzen.)

4.4 Daten der nicht mitberücksichtigten Windenergieanlagen

In der Umgebung der geplanten Windenergieanlagen werden laut Auskunft des Rheinlunsrück-Kreises zwei weitere Windenergieanlagen geplant, dürfen aber während der Nachtzeit nicht betrieben werden.

Aus diesem Grund bleiben diese beiden Anlagen bei den nachfolgenden Berechnungen unberücksichtigt.

Bez.	Anlagentyp	Naben höhe (m)	Rotor Ø (m)	Gauß-Krüger- Koordinaten		Höhe über NN (m)	Schall- leistungs- pegel in dB(A)
				Rechtswert	Hochwert		
Faas Nord1	Enercon E82 2,3MW	138,4	82,0	2.599.341	5.542.944	485,3	kein Nachtbetrieb
WEA ORG3	ENERCON E-82	138,4	82,0	2.599.806	5.540.461	471,3	kein Nachtbetrieb

* Koordinatensystem in diesem Gutachten:
Gauß-Krüger 3°-Streifen-System, Bessel-Ellipsoid, Potsdam Datum, Zone 2

4.5 Einwirkungsbereich

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

Gemäß der anzuwendenden TA-Lärm (Stand: 26.08.1998) 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. Für Allgemeine Wohngebiete gilt der Richtwert von 40 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) im Außenbereich, 30,0 dB(A) im Allgemeinen Wohngebiet verursacht.

Um festzustellen, welche Immissionsorte im Einwirkungsbereich der beurteilten Windenergieanlagen liegen, wurde zunächst die Ausbreitung der Schallimmissionen der beurteilten Anlage allein, d.h. ohne Berücksichtigung von Vorbelastungen untersucht.

Die Einwirkungsbereichsberechnung ergab folgende, durch die sieben geplanten Windenergieanlagen allein verursachten, Schallimmissionen:

Schall-Immissionsort	Obere Vertrauensbereichsgrenze des Schallimmissionswerts [dB(A)]	Richtwert [dB(A)]
IP 01 Kirchberger Str. 1	34,7	45,0
IP 02 Kirchberger Str. 2	34,9	45,0
IP 03 Kirchberger Str. 3	34,4	45,0
IP 04 Kirchberger Str. 4	35,0	45,0
IP 05 Kirchberger Str. 5	34,8	45,0
IP 06 Kirchberger Str. 6	34,1	45,0
IP 07 Kirchberger Str. 7	33,8	45,0
IP 08 Kirchberger Str. 8	34,6	45,0

Schall-Immissionsort	Obere Vertrauensbereichsgrenze des Schallimmissionswerts [dB(A)]	Richtwert [dB(A)]
IP 09 Kirchberger Str. 9	33,3	45,0
IP 10 Kirchberger Str. 10	34,3	45,0
IP 11 Ringstr. 1	34,1	45,0
IP 12 Ringstr. 9	34,4	45,0
IP 13 Ringstr. 10	34,1	45,0
IP 14 Ringstr. 11	34,7	45,0
IP 15 Ringstr. 12	34,7	45,0
IP 16 Ringstr. 13	34,5	45,0
IP 17 Kastellauner Str. 32	34,3	45,0
IP 18 Kastellauner Str. 30	34,0	45,0
IP 19 Kastellauner Str. 28	33,8	45,0
IP 20 Im Gassacker 15	32,3	40,0
IP 21 Im Gassacker 17	32,0	40,0
IP 22 Im Gassacker 19	31,9	40,0
IP 23 Im Gassacker 21	31,7	40,0
IP 24 Im Wäldchen 6	35,2	40,0
IP 25 Im Wäldchen 8	35,5	40,0
IP 26 Im Wäldchen 10	35,3	40,0
IP 27 Im Wäldchen 16	35,0	40,0

Alle anderen Wohngebäude in der Umgebung sind weiter von dem beurteilten Anlagenstandort entfernt.

Die detaillierten Ergebnisse der Einwirkungsbereichsberechnung sowie eine zugehörige Karte mit Schall-Iso-Linien finden sich im Anhang.

4.6 Daten der beurteilten Immissionsorte

Im Folgenden werden die beurteilten Immissionsorte näher beschrieben. Für diese Immissionsorte werden anschließend die Schallimmissionen der geplanten Windenergieanlage berechnet.

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 Windenergieanlagen 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 Windenergieanlagen, unterschiedliche Koordinaten angegeben werden. Die in diesem Abschnitt aufgeführten Koordinatenangaben zu den beurteilten Immissionsorten beziehen sich auf das Prognoseergebnis.

Bei den betrachteten Immissionsorten handelt sich um Wohngebäude auf dem Gebiet der Gemeinden Kappel und Kludenbach, beide Verbandsgemeinde Kirchberg im Rhein-Hunsrück-Kreis in Rheinland-Pfalz.

Die betrachteten Immissionsorte werden schalltechnisch als Dorf- und Mischgebiete bzw. als Wohngebäude im Außenbereich und als Allgemeines Wohngebiet beurteilt.

Das Allgemeine Wohngebiete „Im Wäldchen“ wird, aufgrund seiner geringen Ausdehnung und der direkten Nachbarschaft zum Außenbereich bzw. zum Dorf/Mischgebiet, als Zwischentyp zwischen Allgemeinem Wohngebiet und Dorf/Mischgebiet bzw. Außenbereich beurteilt.

Dies bedeutet, dass an diesen Aufpunkten nach der TA-Lärm (Stand: 26.08.1998) ein Schallimmissionswert von 45,0 dB(A) bzw. 40,0 dB(A) und 42,0 dB(A), in der Nacht nicht überschritten werden darf.

An den im Gutachten betrachteten Immissionsorten treten keine zusätzlichen Schallreflexionen z.B. an benachbarten Gebäuden auf.

Betrachtete Schall-Immissionsorte:

- **IP 01 Kirchberger Str. 1 bis IP 10 Kirchberger Str. 10**

Die zehn Immissionspunkte *IP 01 Kirchberger Str. 1 bis IP 10 Kirchberger Str. 10*, liegen im Westen der beurteilten Windenergieanlagen auf Höhen zwischen ca. 471 m und 474 m über NN. Bei diesen Immissionsorten handelt es sich um einzelne Wohngebäude in östlichen Teil eines Dorf/Mischgebietes auf dem Gebiet der Gemeinde Kappel.

- **IP 11 Ringstr. 1, IP 12 Rindstr. 9, IP 13 Ringstr. 10, IP 14 Ringstr. 11, IP 15 Ringstr. 12 und IP 16 Ringstr. 13**

Die Immissionspunkte *IP 11 Ringstr. 1, IP 12 Rindstr. 9, IP 13 Ringstr. 10, IP 14 Ringstr. 11, IP 15 Ringstr. 12 und IP 16 Ringstr. 13* liegen im Westen der beurteilten Windenergieanlagen auf Höhen zwischen ca. 473 m und 478 m über NN. Bei diesen Immissionsorten handelt es sich um einzelne Wohngebäude in östlichen Teil eines Dorf/Mischgebietes auf dem Gebiet der Gemeinde Kappel.

- **IP 17 Kastellauner Str. 32, IP 18 Kastellauner Str. 30 und IP 19 Kastellauner Str. 28**

Die Immissionspunkte *IP 17 Kastellauner Str. 32, IP 18 Kastellauner Str. 30 und IP 19 Kastellauner Str. 28* liegen im Westen der beurteilten Windenergieanlagen auf einer Höhe von ca. 480 m über NN. Bei diesen Immissionsorten handelt es sich um einzelne Wohngebäude in nördlichen Teil eines Dorf/Mischgebietes auf dem Gebiet der Gemeinde Kappel.

- **IP 20 Im Gassacker 15, IP 21 Im Gassacker 17, IP 22 Im Gassacker 19 und IP 23 Im Gassacker 21**

Die Immissionspunkte *IP 20 Im Gassacker 15, IP 21 Im Gassacker 17, IP 22 Im Gassacker 19 und IP 23 Im Gassacker 21* liegen im Westen der beurteilten Windenergieanlagen auf Höhen zwischen ca. 461 m und 468 m über NN. Bei diesen Immissionsorten handelt es sich um einzelne Wohngebäude in östlichen Teil eines Allgemeinen Wohngebietes auf dem Gebiet der Gemeinde Kappel.

- **IP 24 Im Wäldchen 6, IP 25 Im Wäldchen 8, IP 26 Im Wäldchen 10 und IP 27 Im Wäldchen 16**

Die Immissionspunkte *IP 24 Im Wäldchen 6, IP 25 Im Wäldchen 8, IP 26 Im Wäldchen 10 und IP 27 Im Wäldchen 16* liegen im Süden der beurteilten Windenergieanlagen auf Höhen zwischen ca. 428 m und 433 m über NN. Bei diesen Immissionsorten handelt es sich um einzelne Wohngebäude in einem Allgemeinen Wohngebiete auf dem Gebiet der Gemeinde Kludenbach.



Blick von Nordwesten auf das Allgemeine Wohngebiet „Im Wäldchen“



Blick von Nordosten auf das Allgemeine Wohngebiet „Im Wäldchen“



Umgebung des Allgemeinen Wohngebietes „Im Wäldchen“

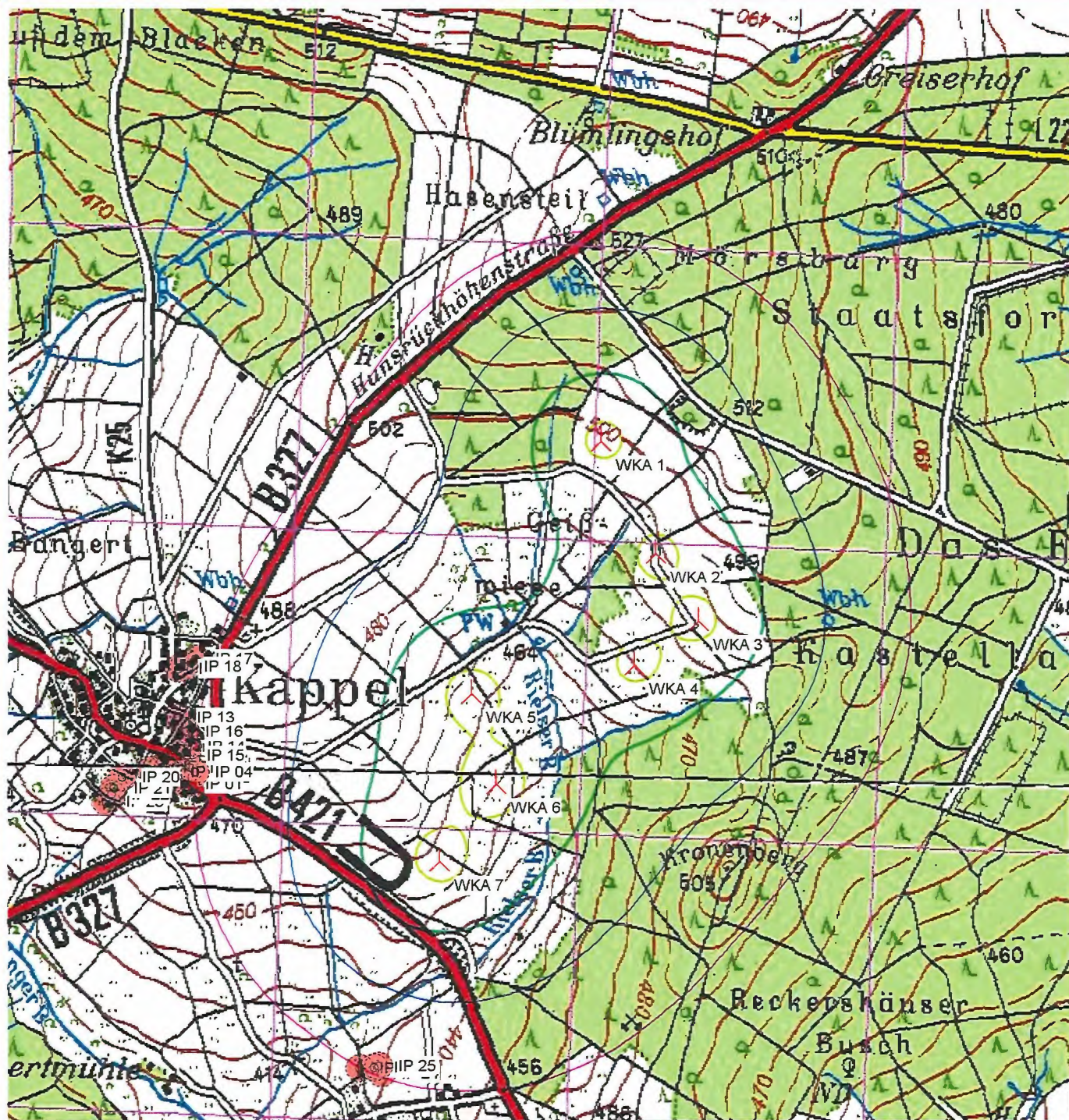
In der folgenden Tabelle finden sich die Gauß-Krüger-Koordinaten der betrachteten Aufpunkte sowie die Entfernung zur nächstgelegenen beurteilten WEA in m:

Immissionsort	Gauß-Krüger-Koordinaten		Höhe über NN (m)	Entfernung zur nächsten beurteilten WEA (m)
	Rechtswert	Hochwert		
IP 01 Kirchberger Str. 1	2.597.737	5.541.101	471,4	897 WKA 7
IP 02 Kirchberger Str. 2	2.597.759	5.541.123	472,0	882 WKA 7
IP 03 Kirchberger Str. 3	2.597.710	5.541.123	472,3	929 WKA 7
IP 04 Kirchberger Str. 4	2.597.767	5.541.142	472,7	880 WKA 7
IP 05 Kirchberger Str. 5	2.597.750	5.541.156	473,3	901 WKA 7
IP 06 Kirchberger Str. 6	2.597.686	5.541.138	472,6	956 WKA 7
IP 07 Kirchberger Str. 7	2.597.660	5.541.155	472,5	986 WKA 7
IP 08 Kirchberger Str. 8	2.597.732	5.541.136	472,7	911 WKA 7
IP 09 Kirchberger Str. 9	2.597.621	5.541.140	471,5	1.019 WKA 7
IP 10 Kirchberger Str. 10	2.597.704	5.541.156	473,4	945 WKA 7
IP 11 Ringstr. 1	2.597.687	5.541.174	473,5	966 WKA 7
IP 12 Ringstr. 9	2.597.718	5.541.216	475,1	951 WKA 7
IP 13 Ringstr. 10	2.597.699	5.541.324	477,8	998 WKA 5
IP 14 Ringstr. 11	2.597.739	5.541.226	475,8	935 WKA 7
IP 15 Ringstr. 12	2.597.739	5.541.197	474,8	925 WKA 7
IP 16 Ringstr. 13	2.597.731	5.541.277	476,9	963 WKA 7
IP 17 Kastellauner Str. 32	2.597.754	5.541.527	480,0	939 WKA 5
IP 18 Kastellauner Str. 30	2.597.716	5.541.498	480,0	975 WKA 5
IP 19 Kastellauner Str. 28	2.597.698	5.541.489	480,0	992 WKA 5

Immissionsort	Gauß-Krüger-Koordinaten		Höhe über NN (m)	Entfernung zur nächsten beurteilten WEA (m)
	Rechtswert	Hochwert		
IP 20 Im Gassacker 15	2.597.525	5.541.113	468,1	1.105 WKA 7
IP 21 Im Gassacker 17	2.597.499	5.541.075	464,9	1.124 WKA 7
IP 22 Im Gassacker 19	2.597.490	5.541.054	463,4	1.128 WKA 7
IP 23 Im Gassacker 21	2.597.472	5.541.028	461,2	1.142 WKA 7
IP 24 Im Wäldchen 6	2.598.437	5.540.140	432,9	747 WKA 7
IP 25 Im Wäldchen 8	2.598.425	5.540.165	431,9	725 WKA 7
IP 26 Im Wäldchen 10	2.598.409	5.540.159	431,0	734 WKA 7
IP 27 Im Wäldchen 16	2.598.362	5.540.156	428,6	752 WKA 7

* Koordinatensystem in diesem Gutachten: Gauß-Krüger 3°-Streifen-System, Bessel-Ellipsoid, Potsdam Datum, Zone 2

Berechnung: Einwirkbereich (3 x E70/E4 2.3MW + 4x E82/E2 2.3MW) **Datei:** Mastershausen_50000.bmi



— 55,0 dB(A)

4.7 Zusatzbelastung

An den innerhalb des Einwirkungsbereichs liegenden Aufpunkten erzeugt die sieben geplanten Anlagen im normalen Betriebsmodus folgende Schallimmissionen.

- 3 x ENERCON E-70/E4 2.3MW **99,0 dB(A)** bei 1.000kW Nennleistung
- 4 x ENERCON E-82/E2 2.3 MW **101,4 dB(A)** bei 1.000kW Nennleistung

Schall-Immissionsort	Obere Vertrauensbereichsgrenze des Schallimmissionswerts [dB(A)]	Richtwert [dB(A)]
IP 01 Kirchberger Str. 1	34,7	45,0
IP 02 Kirchberger Str. 2	34,9	45,0
IP 03 Kirchberger Str. 3	34,4	45,0
IP 04 Kirchberger Str. 4	35,0	45,0
IP 05 Kirchberger Str. 5	34,8	45,0
IP 06 Kirchberger Str. 6	34,1	45,0
IP 07 Kirchberger Str. 7	33,8	45,0
IP 08 Kirchberger Str. 8	34,6	45,0
IP 09 Kirchberger Str. 9	33,3	45,0
IP 10 Kirchberger Str. 10	34,3	45,0
IP 11 Ringstr. 1	34,1	45,0
IP 12 Ringstr. 9	34,4	45,0
IP 13 Ringstr. 10	34,1	45,0
IP 14 Ringstr. 11	34,7	45,0
IP 15 Ringstr. 12	34,7	45,0
IP 16 Ringstr. 13	34,5	45,0
IP 17 Kastellauner Str. 32	34,3	45,0
IP 18 Kastellauner Str. 30	34,0	45,0

Schall-Immissionsort	Obere Vertrauensbereichsgrenze des Schallimmissionswerts [dB(A)]	Richtwert [dB(A)]
IP 19 Kastellauner Str. 28	33,8	45,0
IP 20 Im Gassacker 15	32,3	40,0
IP 21 Im Gassacker 17	32,0	40,0
IP 22 Im Gassacker 19	31,9	40,0
IP 23 Im Gassacker 21	31,7	40,0
IP 24 Im Wäldchen 6	35,2	40,0
IP 25 Im Wäldchen 8	35,5	40,0
IP 26 Im Wäldchen 10	35,3	40,0
IP 27 Im Wäldchen 16	35,0	40,0

An den betrachteten Aufpunkten wird der maßgebliche Richtwert von 45,0 dB(A) bzw. 40,0 dB(A) ,unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Prognose, an keinem der Aufpunkte überschritten.

Der detaillierte Berechnungsbericht der Zusatzbelastungs-Berechnung und eine zugehörige Karte mit Schall-Iso-Linien findet sich im Anhang.

4.8 Vorbelastung

Die Umgebung des Standortes der geplanten Windenergieanlagen wird landwirtschaftlich genutzt. Als Vorbelastung werden lediglich die im Kapitel 4.3 aufgeführten Windenergieanlagen, mit den dort angeführten Schallleistungspegeln, berücksichtigt.

In der folgenden Tabelle werden die Schallpegel an den betrachteten Aufpunkten aufgeführt, die allein durch die bereits bestehenden 29 Anlagen (Vorbelastung) verursacht werden, d.h. ohne Berücksichtigung der einen geplanten Anlage:

Schall-Immissionsort	Obere Vertrauensbereichsgrenze des Schallimmissionswerts [dB(A)]	Richtwert [dB(A)]
IP 01 Kirchberger Str. 1	37,2	45,0
IP 02 Kirchberger Str. 2	37,3	45,0
IP 03 Kirchberger Str. 3	37,0	45,0
IP 04 Kirchberger Str. 4	37,4	45,0
IP 05 Kirchberger Str. 5	37,3	45,0
IP 06 Kirchberger Str. 6	36,9	45,0
IP 07 Kirchberger Str. 7	36,8	45,0
IP 08 Kirchberger Str. 8	37,2	45,0
IP 09 Kirchberger Str. 9	36,6	45,0
IP 10 Kirchberger Str. 10	37,1	45,0
IP 11 Ringstr. 1	37,0	45,0
IP 12 Ringstr. 9	37,2	45,0
IP 13 Ringstr. 10	37,3	45,0
IP 14 Ringstr. 11	37,4	45,0
IP 15 Ringstr. 12	37,3	45,0
IP 16 Ringstr. 13	37,4	45,0
IP 17 Kastellauner Str. 32	37,9	45,0
IP 18 Kastellauner Str. 30	37,6	45,0

Schall-Immissionsort	Obere Vertrauensbereichsgrenze des Schallimmissionswerts [dB(A)]	Richtwert [dB(A)]
IP 19 Kastellauner Str. 28	37,5	45,0
IP 20 Im Gassacker 15	36,0	40,0
IP 21 Im Gassacker 17	35,8	40,0
IP 22 Im Gassacker 19	35,7	40,0
IP 23 Im Gassacker 21	35,6	40,0
IP 24 Im Wäldchen 6	39,5	40,0
IP 25 Im Wäldchen 8	39,5	40,0
IP 26 Im Wäldchen 10	39,4	40,0
IP 27 Im Wäldchen 16	39,2	40,0

An den betrachteten Aufpunkten wird der maßgebliche Richtwert von 45,0 dB(A) bzw. 40,0 dB(A), unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Prognose, an keinem der Aufpunkte überschritten.

Der detaillierte Berechnungsbericht der Vorbelastungs-Berechnung und eine zugehörige Karte mit Schall-Iso-Linien findet sich im Anhang.

4.9 Gesamtbelastung

An den betrachteten Immissionsorten wird die Schallimmission zur Nachtzeit (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) durch die sieben geplanten (siehe Kapitel 4.2), sowie die 29 weiteren Windenergieanlagen (siehe Kapitel 4.3) ermittelt. Es werden die oben genannten Schallleistungspegel verwendet.

Gesamtbelastung:

Schall-Immissionsort	Obere Vertrauensbereichsgrenze des Schallimmissionswerts [dB(A)]	Richtwert [dB(A)]
IP 01 Kirchberger Str. 1	39,1	45,0
IP 02 Kirchberger Str. 2	39,3	45,0
IP 03 Kirchberger Str. 3	38,9	45,0
IP 04 Kirchberger Str. 4	39,4	45,0
IP 05 Kirchberger Str. 5	39,3	45,0
IP 06 Kirchberger Str. 6	38,7	45,0
IP 07 Kirchberger Str. 7	38,6	45,0
IP 08 Kirchberger Str. 8	39,1	45,0
IP 09 Kirchberger Str. 9	38,2	45,0
IP 10 Kirchberger Str. 10	38,9	45,0
IP 11 Ringstr. 1	38,8	45,0
IP 12 Ringstr. 9	39,1	45,0
IP 13 Ringstr. 10	39,0	45,0
IP 14 Ringstr. 11	39,2	45,0
IP 15 Ringstr. 12	39,2	45,0
IP 16 Ringstr. 13	39,2	45,0
IP 17 Kastellauner Str. 32	39,5	45,0
IP 18 Kastellauner Str. 30	39,2	45,0
IP 19 Kastellauner Str. 28	39,1	45,0

Schall-Immissionsort	Obere Vertrauensbereichsgrenze des Schallimmissionswerts [dB(A)]	Richtwert [dB(A)]
IP 20 Im Gassacker 15	37,5	40,0
IP 21 Im Gassacker 17	37,3	40,0
IP 22 Im Gassacker 19	37,2	40,0
IP 23 Im Gassacker 21	37,1	40,0
IP 24 Im Wäldchen 6	40,9	40,0
IP 25 Im Wäldchen 8	40,9	40,0
IP 26 Im Wäldchen 10	40,8	40,0
IP 27 Im Wäldchen 16	40,6	40,0

An den betrachteten Immissionsorten wird der maßgebliche Richtwert von 45,0 dB(A) bzw. 40,0 dB(A), unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Prognose, an den Immissionsorten

- IP 24 Im Wäldchen 6
- IP25 Im Wäldchen 8
- IP25 Im Wäldchen 10
- IP25 Im Wäldchen 16

um bis zu 0,9 dB(A) überschritten.

Dies kann den geplanten Windenergieanlagen jedoch nicht entgegengehalten werden, da gemäß TA-Lärm (28. August 1998) Kapitel 3.2.1, Abschnitt 3 eine Überschreitung des Richtwerts möglich ist, wenn sich die Überschreitung aufgrund der Vorbelastung ergibt und dauerhaft sichergestellt ist, dass sie nicht größer als 1 dB(A) ist.

Beide Bedingen sind hier erfüllt, da sich zum einen die Überschreitung erst in der Gesamtbelastung aus Vor- und Zusatzbelastung ergibt und zum anderen in den verwendeten Schallleistungspegeln Sicherheitsaufschläge von mindestens 2 dB(A) berücksichtigt worden sind.

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

4.10 Qualität der Prognose

4.10.1 Prognoseverfahren

Die Prognose wurde gemäß der Norm DIN ISO 9613-2 mit Hilfe der Software WINDpro (Version 2.6.1.252) erstellt. Diese Berechnung basiert auf vermessenen oder berechneten Schallleistungspegeln, die der FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie, Teil 1 zur Bestimmung der Schallemissionswerte von Windenergieanlagen, Rev. 15, Stand 01.01.2004, Fördergesellschaft Windenergie e.V., Kiel) 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 $\sigma_{\text{Progn}} = 1,5 \text{ dB(A)}$.

Die Berechnungsvorschrift zur Bestimmung des Schalldruckpegels einer Windenergieanlage (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_{div} , A_{atm} , und A_{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_{bar} und A_{misc}) unberücksichtigt geblieben (s. Kapitel 2.2.3 dieser Ausarbeitung sowie Auszug aus der Programmdokumentation der Software WINDpro, S. 304 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 Windenergieanlage an einem Immissionsort ist der verwendete Schallleistungspegel der Windenergieanlage. Dieser Wert wird durch Vermessung einer bestehenden Windenergieanlage bestimmt. Während der Messung muss eine Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 Metern Höhe über Grund herrschen.

4.10.2 Vermessungsberichte

Für den schalloptimierten Nachtbetrieb des Windenergieanlagentyps **ENERCON E-70 E4 2.3MW** liegt folgende Vermessung vor:

- KÖTTER Consulting Engineers KG, Bericht Nr. 28277-1.001 vom 08.11.2004. Dieser Bericht gibt einen Schallleistungspegel von 96,5 dB(A) mit $P_{\max} = 1.000 \text{ kW}$ an.

Für den schalloptimierten Nachtbetrieb des Windenergieanlagentyps **ENERCON E-82 E2 2.3MW** liegt folgende Vermessung vor:

- KÖTTER Consulting Engineers KG, Bericht Nr. 209244-03.05 vom 24.03.2010. Dieser Bericht gibt einen Schallleistungspegel von 98,9 dB(A) mit $P_{\max} = 1.000 \text{ kW}$ an.

Für Windenergieanlagen des Typs **ENERCON E-82 2.0MW** liegen die Ergebnisse der folgenden drei Vermessungen gemäß FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie, Teil 1 zur Bestimmung der Schallemissionswerte von Windenergieanlagen, Rev. 15, Stand 01.01.2004, Fördergesellschaft Windenergie e.V., Kiel) vor:

- Kötter Consulting Engineers KG als Zusammenfassung der folgenden drei Einzelberichte, Bericht Nr. 207542-02.02 vom 18.09.2008. Das energetische Mittel dieser drei Vermessungen wird bei einer Nennleistung von 2.000 kW mit 103,8 dB(A).

Für Windenergieanlagen des Typs VESTAS V-90 2.0MW liegen die Ergebnisse der folgenden drei Vermessungen gemäß FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie, Teil 1 zur Bestimmung der Schallemissionswerte von Windenergieanlagen, Rev. 15, Stand 01.01.2004, Fördergesellschaft Windenergie e.V., Kiel) vor:

- WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH als Zusammenfassung der folgenden drei Einzelberichte, Bericht Nr. WT 5633/07 vom 07.03.2007. Das energetische Mittel dieser drei Vermessungen wird bei einer Nennleistung von 2.000 kW mit 103,4 dB(A).

Bei sämtlichen genannten Messungen ist kein Ton- oder Impulshaltigkeitszuschlag anzusetzen.

Sämtliche genannten Messungen wurden unter typischen Bedingungen, entsprechend dem Messverfahren der DIN-EN61400-11 und unter Berücksichtigung der Randbedingungen der FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie, Teil 1 zur Bestimmung der Schallemissionswerte von Windenergieanlagen, Rev. 15, Stand 01.01.2004, Fördergesellschaft Windenergie e.V., Kiel) durchgeführt. Das Messverfahren ist somit durch eine Standardabweichung von $\sigma_R = 0,5 \text{ dB(A)}$ gekennzeichnet.³

4.10.3 Auswirkung der Produktionsstreuung

Für den Anlagentyp **ENERCON E-70 E4 2.3MW schalloptimierter Betrieb mit $P_{\max} = 1.000$** und **ENERCON E-82 E2 2.3MW schalloptimierter Betrieb mit $P_{\max} = 1.000$ kW** 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 zwei Vermessung gemäß FGW-Richtlinie (Technische Richtlinie, Teil 1 zur Bestimmung der Schallemissionswerte von Windenergieanlagen, Rev. 15, Stand 01.01.2004, Fördergesellschaft Windenergie e.V., Kiel) vorliegt.

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

Wie in Kapitel 4.10.2 ausgeführt, liegen für den Anlagentyp **ENERCON E-82 2.0MW** und **VESTAS V-90 2.0MW** 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.

Zur Bestimmung des Sicherheitszuschlages für die Serienstreuung einer dreifach 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 4.10.2 genannten Vermessungswerte ergibt sich somit für den Anlagentyp **ENERCON E-82 2.0MW** eine *Unsicherheit der Produktionsstreuung* von $\sigma_P = 0,35$ dB(A).

Unter Verwendung der in Kapitel 4.10.2 genannten Vermessungswerte ergibt sich somit für den Anlagentyp **VESATS V-90** eine *Unsicherheit der Produktionsstreuung* von $\sigma_P = 0,20$ dB(A).

4.10.4 Gesamtunsicherheit der Prognoseergebnisse

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 $\sigma_{\text{Progn}} = 1,5 \text{ dB(A)}$.

Wie in Kapitel 4.10.2 dieses Gutachtens dargestellt, wird in Bezug auf die sieben geplanten Anlagen der Typen **ENERCON E-70 E4 2.3MW** und **ENERCON E-82 E2 2.3MW** sowie den 29 bereits bestehenden Anlagen der folgenden Typen:

26 x **ENERCON E-82 2.0MW** mit 138,4 m NH
2 x **ENERCON E-82 2.0MW** mit 138,4m NH
1 x **VESTAS V-90** mit 95,0 m NH

die Messunsicherheit angegeben mit $\sigma_R = 0,5 \text{ dB(A)}$.

Wie in Kapitel 4.10.3 dieses Gutachtens ausgeführt, wird in Bezug auf die geplanten Anlagen der Typen **ENERCON E-70 E4 2.3MW** und **ENERCON E-82 E2 2.3MW** im Nachtbetrieb die Unsicherheit durch die Produktionsstreuung mit 2 dB(A) angenommen. Unter dieser Voraussetzung und unter der Annahme eines 95% Konfidenzintervalls ergibt sich die Standardabweichung, welche die Serienstreuung der Emissionsdaten beschreibt, mit: $\sigma_P = 1,2 \text{ dB (A)}$.

Bei den zwei bestehenden Anlagen des Typs **ENERCON E-82 2.0MW** beträgt die Unsicherheit der Produktionsstreuung von $\sigma_P = 0,35 \text{ dB(A)}$.

Bei den zwei bestehenden Anlagen des Typs **VESTAS V-90** beiträgt die Unsicherheit der Produktionsstreuung von $\sigma_P = 0,20 \text{ dB(A)}$.

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

Variable	Beschreibung	Wert
σ_R	Messungenauigkeit	0,5 dB(A)
σ_P	Unsicherheit durch Serienstreuung	1,2 dB(A)
σ_{Progn}	Unsicherheit des Prognoseverfahrens	1,5 dB(A)

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

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

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

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

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 maßgebliche Richtwert der TA-Lärm dann sicher eingehalten, wenn der prognostizierte Immissionswert $1,28 * 1,98 \text{ dB(A)} = \mathbf{2,5 \text{ dB(A)}}$ unter dem maßgeblichen Richtwert der TA-Lärm liegt.

5 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 26.08.1998 mit der Software WINDpro (Version 2.6.1.252, Modul *Decibel*) durchgeführt.

Zwischen dem Auftraggeber und der Firma SOLvent GmbH bestehen weder personelle noch kapitalmäßige noch verwandtschaftliche Verflechtungen.

Kamen, 27. April 2011



6 Anhang

Der Anhang folgt in einem gesondertem Band und beinhaltet die nachfolgende Auflistung (!)

- Die detaillierten Berechnungsberichte sowie zugehörige Karten mit ISO-Schalllinien für die Schallimmissionsprognose.
- Kopien der Unterlagen, die zur Bestimmung der Schallleistungspegel der geplanten Windenergieanlage vom Typ ENERCON E-70 E4 2.3MW und ENERCON E-82 E2 2.3MW benutzt worden sind.
- Kopien der Unterlagen, die zur Bestimmung der Schallleistungspegel der bestehenden Windenergieanlagen verwendet worden sind.
- Auszug aus der Programmdokumentation der Software WINDpro