



Schallgutachten

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

Nastätten-Rettert

Auftraggeber:



Erstellt am:

10.03.2000

Erstellt von:

**Planungsbüro SOLvent
Lünener Str. 211
59174 Kamen**

Tel 02307 / 24 00 63 Fax 24 00 66

1 Ergebnisübersicht

Bei der Prognose des Immissionsverhaltens einer zu errichtenden Windkraftanlage am Standort

Nastätten-Rettert

werden die zum geplanten Standort benachbart gelegenen Wohnhäuser betrachtet. Dies sind folgende auf der Karte im Anhang gekennzeichneten Immissionspunkte:

- A) Tannenhof
- B) Forsthaus Rettert
- C) Rheinstr. 1
- D) Wohngebiet Auf der Ley

Die Immissionspunkte A) und B) liegen im Außenbereich der Gemeinde Nastätten bzw. der Gemeinde Katzenelnbogen. Der Immissionspunkt C) gehört zu dem als Dorf- bzw. Mischgebiet ausgewiesenen Teil der Ortslage Rettert, Gemeinde Nastätten. Dies bedeutet, daß nach der anzuwendenden Norm ISO-9613-2 und der TA-Lärm für diese Gebäude ein Immissionsrichtwert von 45 dB(A) in der Nacht einzuhalten ist.

Der Immissionsort D) - ebenfalls Teil der Ortslage Rettert - ist als Allgemeines Wohngebiet ausgewiesen. Dies bedeutet, daß nach der anzuwendenden Norm ISO-9613-2 und der TA-Lärm für dieses Gebiet ein Immissionsrichtwert von 40 dB(A) in der Nacht einzuhalten ist.

Am neu geplanten Standort wird eine Anlage des Typs

ENERCON E-40 600 kW

mit einer Nabenhöhe von 65 Metern errichtet. Für die ENERCON E40 600 kW wurde der sich aus dem Vorgängermodell und einem Sicherheitszuschlag ableitende Schalleistungspegel von 101 dB(A) angesetzt. Unter Verwendung dieser Emissionsdaten werden für die betrachteten Immissionsorte folgende Immissionswerte prognostiziert:

A) Tannenhof	41,0 dB(A)
B) Forsthaus Rettert	41,8 dB(A)
C) Rheinstr. 1	35,4 dB(A)
D) Wohngebiet Auf der Ley	33,8 dB(A)

Alle Werte unterschreiten den jeweils einzuhaltenden Grenzwert.

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 Schallemissionen 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

1	ERGEBNISÜBERSICHT	3
2	ERLÄUTERUNG DER VORGEHENSWEISE	4
2.1	BETRACHTUNGEN ZUM SCHALLFELD	4
2.1.1	<i>Schallausschlag und Schallschnelle</i>	4
2.1.2	<i>Schalldruck</i>	5
2.1.3	<i>Schallpegel</i>	7
2.1.4	<i>Addition von Schallpegeln</i>	8
2.2	DAS MENSCHLICHE HÖREMPFINDEN	9
2.2.1	<i>Mittelungspegel</i>	9
2.2.2	<i>Bewertung von Schallereignissen nach ihrer Frequenz</i>	9
2.2.3	<i>Schalldruckpegelberechnung nach ISO 9613-2</i>	12
2.3	SCHALLEMISSIONEN VON WINDKRAFTANLAGEN UNTER BAUORDNUNGSRECHTLICHEN GESICHTSPUNKTEN	13
3	SCHALLGUTACHTEN	14
3.1	DATEN DER BEURTEILTEN WINDKRAFTANLAGEN	14
3.2	DATEN DER BEURTEILTEN IMMISSIONSORTE	15
3.3	PROGNOSEERGEBNIS:	15
3.4	QUALITÄT DER PROGNOSE	16
3.5	ABSCHLUßERKLÄRUNG	17
4	ANHANG	18

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} :

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

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 der 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} :

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

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*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 2-1) ermitteln.

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

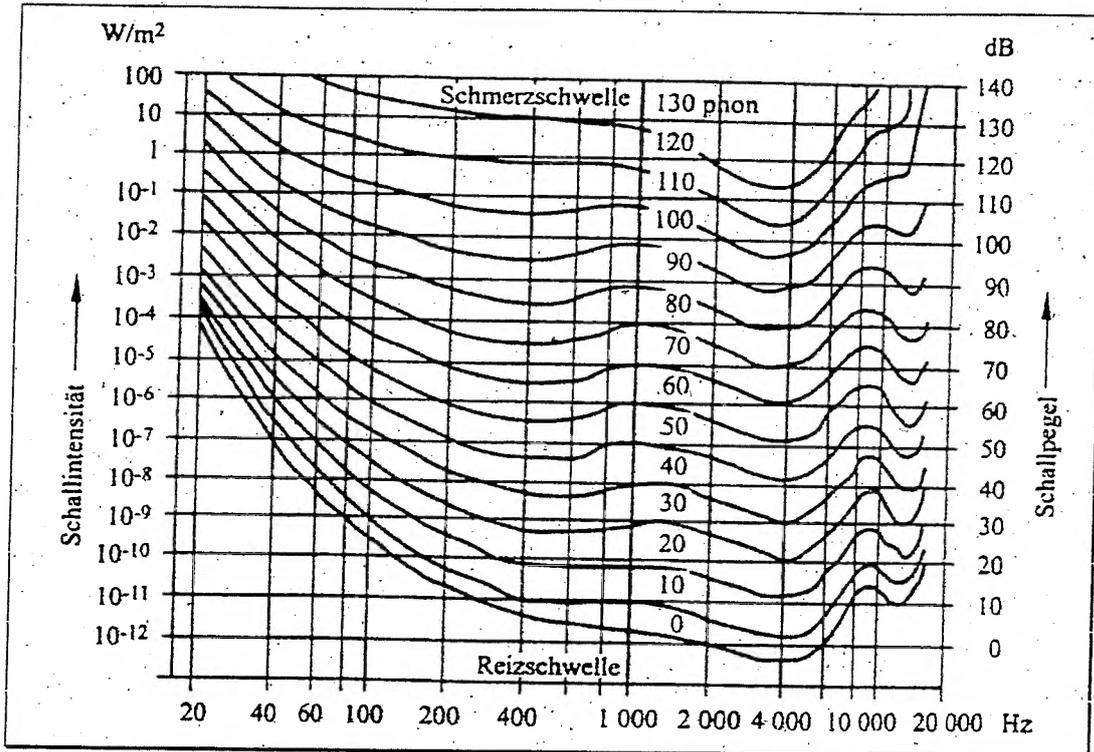


Abbildung 2-1, Kurven gleicher Lautstärke nach Robinson und Daason

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 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*.

2.2 Das menschliche Hörempfinden

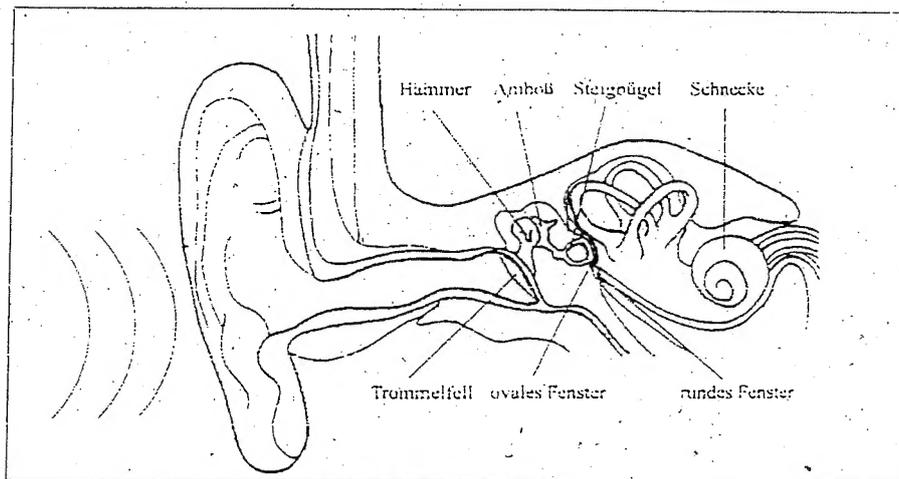


Abbildung 2-2. Aufbau des menschlichen Ohrs

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.

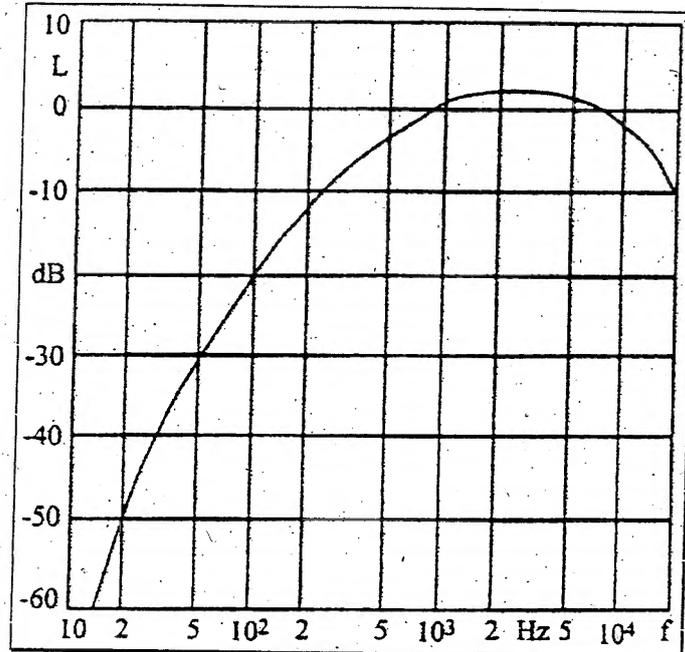


Abbildung 2-3, Dämpfungskurve des A-Filters

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 Hörflächenkurve (Abbildung 2-4) ablesbar.

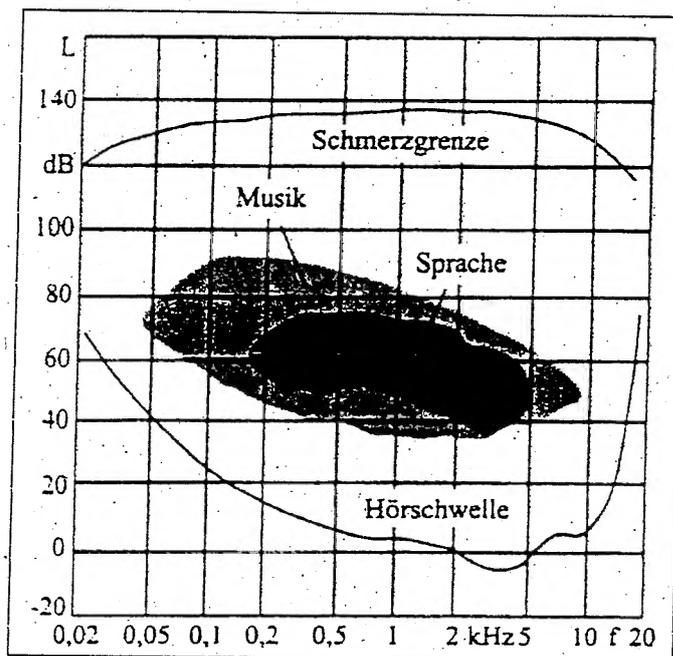


Abbildung 2-4, Hörfläche

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 gehörig 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 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.

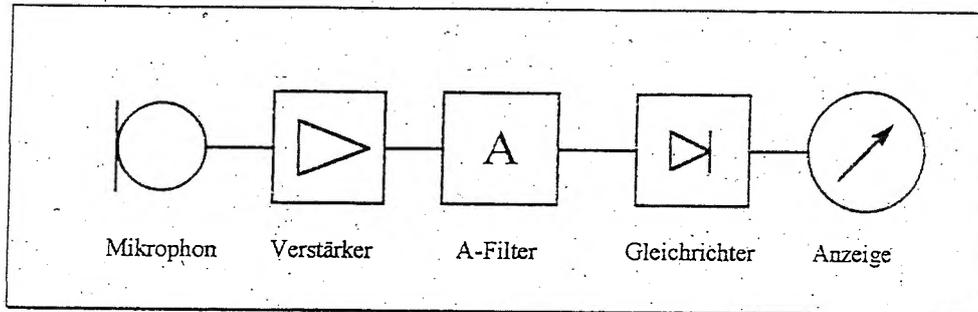


Abbildung 2-5, Blockschaubild eines Schallpegelmessers

2.2.3 Schalldruckpegelberechnung nach ISO 9613-2

Die Berechnungsformel zur Schalldruckpegelberechnung einer Windkraftanlage nach 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_{Ω} : $D_C = D_{\Omega} + 0$

Zusätzlich bedingt durch Reflexion am Boden gilt:

$$D_{\Omega} = 10 \text{ Lg} \left(1 + \frac{d_p^2 + (h_s - h_r)^2}{d_p^2 + (h_s + h_r)^2} \right)$$

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.

2.3 Schallemissionen von Windkraftanlagen 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 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 Geräuschvöbelastung 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. [...]

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

3 Schallgutachten

Der Standort

Nastätten-Rettert

liegt im Einrich auf einer Höhe von ca. 440 m über NN.

In der Nähe des Standortes befindet sich die Ortslage Rettert, die zur Gemeinde Nastätten gehört, sowie einzelne Gebäude, die im Außenbereich der Gemeinde Nastätten bzw. der Gemeinde Katzenelnbogen liegen.

3.1 Daten der beurteilten Windkraftanlagen

Am Standort Rettert wird die Errichtung einer Windkraftanlage des Typs ENERCON E-40 600 kW geplant.

Bei der Prognose des Immissionsverhaltens der geplanten Windkraftanlage wurden folgende Berechnungsvoraussetzungen verwendet:

ENERCON E-40 600 kW

• geplante Windkraftanlage	E-40 (Enercon)
• Rotordurchmesser	44 m
• geplante Nabenhöhe:	65 m
• geplanter Standorte (Gauß Krüger):	³⁴ 24836 Rechts
•	⁵⁵ 67338 Hoch
• Höhenlage des Standorts:	441 m.ü.NN
• verwendeter Schalleistungspegel	101,0 dB(A)
(gemäß vermessenem Vorgängermodell plus Sicherheitszuschlag)	

3.2 Daten der beurteilten Immissionsorte

In den der geplanten Anlage nächstgelegenen Wohnbereichen wurde an folgenden ausgewählten Punkten das Immissionsverhalten der geplanten Windkraftanlagen prognostiziert.

A) Tannenhof	³⁴ 24633 Rechts
	⁵⁵ 67590 Hoch
B) Forsthaus Rettert	³⁴ 25065 Rechts
	⁵⁵ 67139 Hoch
C) Rheinstr. 1	³⁴ 24566 Rechts
	⁵⁵ 66904 Hoch
D) Wohngebiet Auf der Ley	³⁴ 24368 Rechts
	⁵⁵ 66992 Hoch

Die Immissionspunkte A) und B) liegen im Außenbereich der Gemeinde Nastätten bzw. der Gemeinde Katzenelnbogen. Der Immissionspunkt C) gehört zu dem als Dorf- bzw. Mischgebiet ausgewiesenen Teil der Ortslage Rettert, Gemeinde Nastätten. Dies bedeutet, daß nach der anzuwendenden Norm ISO-9613-2 und der TA-Lärm für diese Gebäude ein Immissionsgrenzwert von 45 dB(A) in der Nacht nicht überschritten werden darf.

Der Immissionsort D) - ebenfalls Teil der Ortslage Rettert - ist als Allgemeines Wohngebiet ausgewiesen. Dies bedeutet, daß nach der anzuwendenden Norm ISO-9613-2 und der TA-Lärm für diese Gebäude ein Immissionsgrenzwert von 40 dB(A) in der Nacht nicht überschritten werden darf.

Der zur Windkraftanlage nächstgelegene Immissionspunkt ist das Forsthaus Rettert. Dieses hat einen Abstand von 304 m zur geplanten Windkraftanlage.

3.3 Prognoseergebnis:

Unter den genannten Voraussetzungen wurden, gemäß der deutschen Norm ISO 9613-2 und mit Hilfe der Software WINDpro des dänischen Softwareherstellers EMD, folgende Schalldruckpegel berechnet:

A) Tannenhof	41,0 dB(A)
B) Forsthaus Rettert	41,8 dB(A)
C) Rheinstr. 1	35,4 dB(A)
D) Wohngebiet Auf der Ley	33,8 dB(A)

Alle Werte unterschreiten den jeweils einzuhaltenden Grenzwert.

3.4 Qualität der Prognose

Die Prognose wurde gemäß der Norm ISO 9613-2 mit Hilfe der Software WindPro (Version 1.7) erstellt. Die Berechnungsvorschrift zur Bestimmung des Schalldruckpegels einer Windkraftanlage (siehe auch Kapitel 2.2.3 S.12 in diesem Bericht) gemäß dieser Norm enthält in seiner allgemeinen Form Bestandteile, die den Schalldruckpegel an einem Immissionsort um sogenannte Dämpfungsmaße reduzieren. Diese Dämpfung ergibt sich aus dem Bewuchs (Bewuchsdämpfung) und der Bebauung (Bebauungsdämpfung), die sich zwischen dem bewerteten Aufpunkt und der Schallquelle am Boden befinden. Außerdem gibt es eine Dämpfung aufgrund von Abschirmung. Bei der hier durchgeführten Prognose sind alle diese Dämpfungsmaße unberücksichtigt geblieben. Es wurde angenommen, daß keine Dämpfung durch Bewuchs, Bebauung oder Abschirmung vorhanden ist. Somit sind die prognostizierten Werte als worst-case Werte anzusehen. Sie beschreiben den schlechtest möglichen Fall, der bei der in Kapitel 3.2 in diesem Bericht für die einzelnen Bewertungspunkte beschriebenen tatsächlichen Bewuchs- und Bebauungssituation nicht eintreten wird.

Der Haupteinflußfaktor bei der Berechnungsvorschrift zur Bestimmung des Schalldruckpegels einer Windkraftanlage an einem Immissionsort ist der verwendete Schalleistungspegel der Windkraftanlage. Dieser Wert wird durch Vermessung einer bestehenden Windkraftanlage bestimmt. Während der Messung muß einer Windgeschwindigkeit von 10 m/sec in 10 Metern Höhe

Da für die geplanten Windkraftanlagen E-40 600 kW keine entsprechende, von einem unabhängigen Institut durchgeführte Vermessung des Geräuschverhaltens vorliegt, wurde auf die Vermessung des Vorgängermodells E-40 500 kW zurückgegriffen (Kötter 1998a, Schalltechnischer Bericht 23554-2.001), die einen Schalleistungspegel für die Nenndrehzahl von 100,8 dB(A) angibt.

Die Übertragung dieser Ergebnisse auf die E-40 600 kW wird von Kötter in (Schreiben an die Firma ENERCON vom 26.10.1998; siehe Anhang) durch folgende Argumentation gerechtfertigt:

Der Schalleistungspegel der moderneren Anlage steigt nicht an, da:

- 1) die Vergrößerung des Rotordurchmessers mit einer gleichzeitigen Abnahme der Schalleistung je Flächeneinheit einhergeht.
- 2) die Reduzierung der Blattspitzengeschwindigkeit zu einer Geräuschminderung führt
- 3) Die durch die vergrößerte Streckung des Flügels hervorgerufene Reduzierung der Wechselkräfte durch ablösende Wirbel ebenfalls zu einer Geräuschminderung beiträgt.

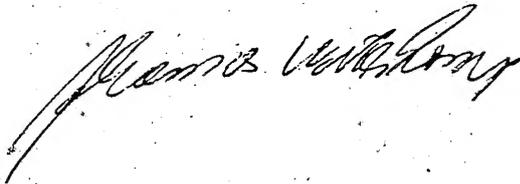
Da allerdings die Übertragung der Meßwerte lediglich auf theoretischen Berechnungen beruhen, wurde ein Sicherheitszuschlag von insgesamt 0,2 dB(A) zu den 100,8 dB(A) addiert. Der angenommene Schalleistungspegel beträgt damit 101,0 dB(A).

3.5 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 ISO 9613-2 mit der Software WINDpro, Modul Decibel, Version 1.7 durchgeführt.

10. März 2000

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Johannes Waterkamp".

Dipl.-Inf. Johannes Waterkamp



Lünener Straße 211, 59174 Kamen
Telefon: 023 07/240063, Fax: 023 07/240066

4 Anhang

Es folgen:

- Die detaillierten Berechnungsberichte und zugehörige Karte mit Iso-Schalllinien
- Schreiben von Kötter an die Firma Enercon bzgl. Übertragung des Schalleistungspegels E-40 auf die Windkraftanlage E-40 600 kW / WK-III (E-44)

Projekt: **Nastätten-Rettert**
 Beschreibung: **Nastätten-Rettert**

Gedruckte Seite(n)
 10.03.00 14:20 / 1
 Lizenziert für:
SOLVENT-Planungsbüro für Reg.
 Lünener Straße 211
 D-59174 Kamen
 +49 2307 240063
 Johannes Waterkamp
 Berechnet
 10.03.00 10:18/1.7.0.10

DECIBEL - Hauptergebnis

Berechnung: **Nastätten-Rettert**

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

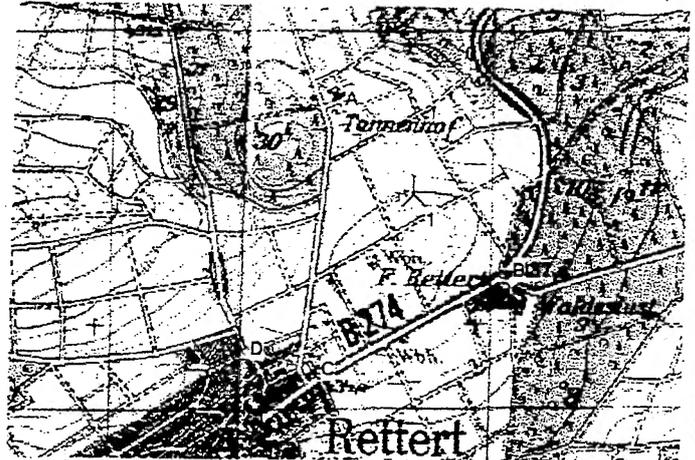
Die Berechnung der Lärmimmissionen richtet sich nach der ISO-Norm 9613-2 für die 'Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien'.

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 VDI 2058 und TA-Lärm jeweils für die entsprechenden Nachtwerte:

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

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



Maßstab 1:20.000
 ▲ Neue WKA ■ Schallkritisches Gebiet

WKA

X	Y	Z	Reihendaten/ Beschreibung	WKA Typ				Schallwerte							
				Quelle	Gültig	Hersteller	Typ	Leistung	Rotord.	Höhe	Quelle/Datum	LWA, Ref.	Einzeltöne	Oktaavbandabh. Daten	
1	3.424.836	5.567.338	441 E-40 600KW, NH65	EMD	Ja	ENERCON	E-40 RD44	600/	0	44,0	65,0	Enercon 31.03.99	101,0	Nein	Nein

Berechnungsergebnisse

Beurteilungspegel

Bez.	Name	X	Y	Z	Anforderungen		Beurteilungspegel	Anforderungen erfüllt?		
					Schall [dB(A)]	Abstand [m]		Schall	Abstand	Beides
A	Tannenhof	3.424.633	5.567.590	440	45,0	200	41,0	Ja	Ja	Ja
B	Forsthaus Rettert	3.425.065	5.567.139	438	45,0	200	41,8	Ja	Ja	Ja
C	Rheinstr. 1	3.424.566	5.566.904	434	45,0	200	35,4	Ja	Ja	Ja
D	Wohngebiet Auf der Ley	3.424.368	5.566.992	435	40,0	200	33,8	Ja	Ja	Ja

Abstände (m)

SKG	WKA
1	
A	323
B	304
C	511
D	582

Projekt:

Nastätten-Rettert

Beschreibung:

Nastätten-Rettert

Gezeichnete Seite(n)

10.03.00 14:20 / 2

Lizenziert für:

SOLVENT-Planungsbüro für Reg.

Lünener Straße 211

D-59174 Kamen

+49 2307 240063

Johannes Waterkamp

Berechnet

10.03.00 10:18/1.7.0.10

DECIBEL - Detaillierte Ergebnisse

Berechnung: Nastätten-Rettert

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:	Einzelöne
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: Tannenhof**

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	323	329	41,02	101,0	2,98	61,35	0,63	0,99	0,00	0,00	62,96	0,00
Summe			41,02									

Schallkritisches Gebiet: Forsthaus Rettert

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	304	310	41,80	101,0	2,98	60,84	0,59	0,75	0,00	0,00	62,18	0,00
Summe			41,80									

Schallkritisches Gebiet: Rheinstr. 1

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	511	516	35,36	101,0	3,00	65,25	0,98	2,41	0,00	0,00	68,64	0,00
Summe			35,36									

Schallkritisches Gebiet: Wohngebiet Auf der Ley

WKA

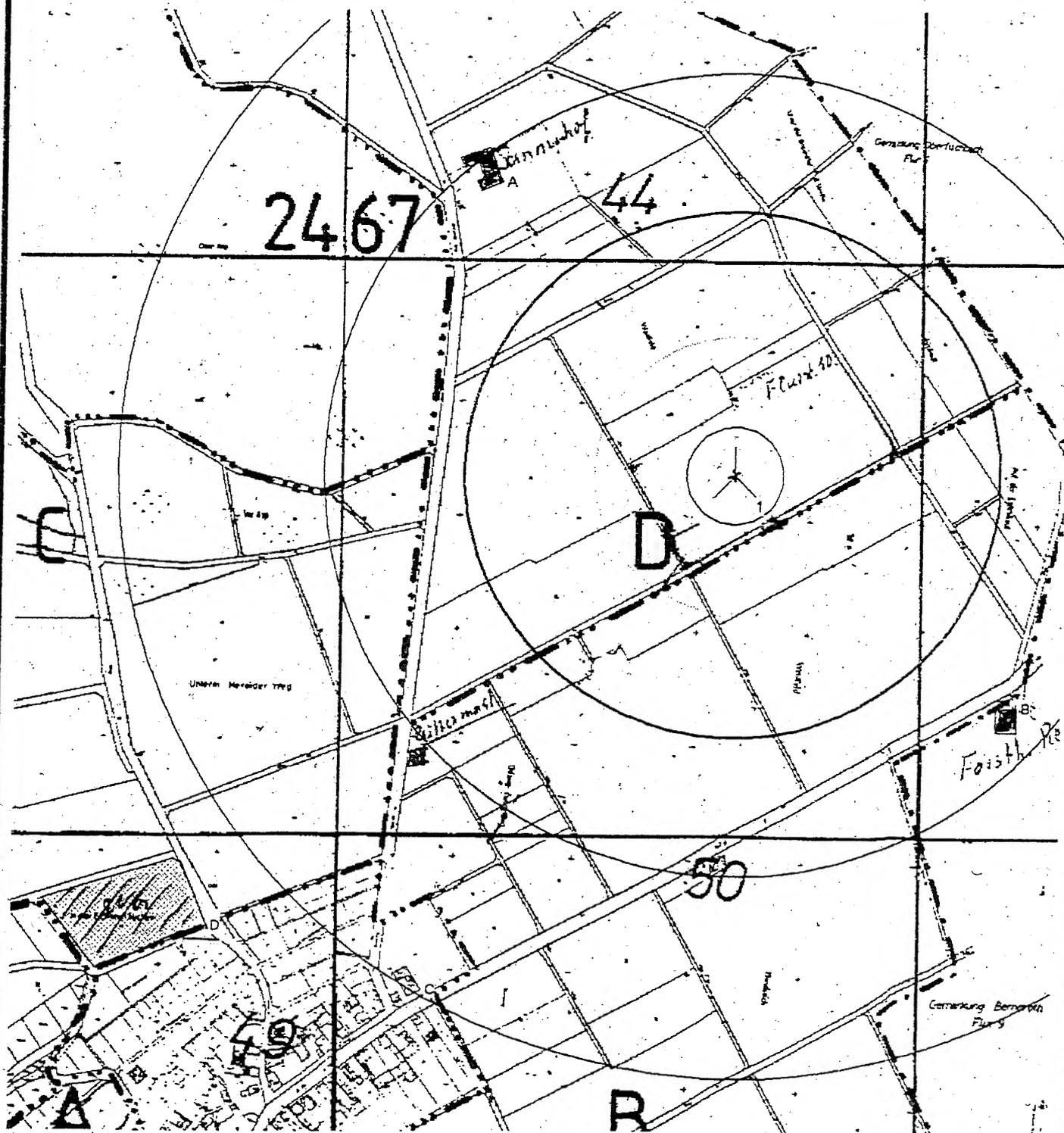
Bez.	Abstand	Schallweg	Beurteilungspegel	LWA,Ref.	Dc	Adiv	Aatm	Agr	Abar	Amisc	A	Cmet
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	582	585	33,84	101,0	3,00	66,35	1,11	2,71	0,00	0,00	70,16	0,00
Summe			33,84									

Projekt: **Nastätten-Rettert**
 Beschreibung: **Nastätten-Rettert**

Geschichte Seite(n):
 10.03.00 14:28 / 1
 Lizenziert für:
SOLVENT-Planungsbüro für Reg.
 Lünener Straße 211
 D-59174 Kamen
 +49 2307 240063
 Johannes Waterkamp
 Berechnet:
 10.03.00 10:18/1.7.0.10

DECIBEL - Rettert5000

Berechnung: **Nastätten-Rettert** Datei: **Rettert5000.bmi**



▲ Neue WKA

Karte: Rettert5000, Druckmaßstab 1:5.000, Kartenzentrum GK R.wert: 3.424.667 H.wert: 5.567.248

■ Schallkritisches Gebiet

Höhe über Meeresspiegel: 440,0 m

—— 35 dB

—— 40 dB

—— 45 dB

—— 50 dB

—— 55 dB