

SCHALLEMISSION VON BETRIEBSTYPEN UND FLÄCHENWIDMUNG

Christoph Lechner

MONOGRAPHIEN
Band 154
M-154

Wien, 2002

Projektleitung

Christoph Lechner

Autor

Christoph Lechner

Projektmitarbeiter UBA-Forum-Schall:

Manfred GEHRER, Amt der Vorarlberger Landesregierung

Wolfgang GRUBER, Amt der Oberösterreichischen Landesregierung

Ewald HOLZER, Amt der Kärntner Landesregierung

Josef KRAXNER, Magistrat Innsbruck

Dieter MANHART, Magistrat Klagenfurt

Markus KUNTNER, Amt der Tiroler Landesregierung

Erich LASSNIG, Amt der Niederösterreichischen Landesregierung

Ingrid LEUTGEB-BORN, Magistrat St. Pölten

Harald MAYR, Magistrat Linz

Hans OFNER, Magistrat Graz

Franz REICHL, Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Werner TALASCH, Amt der Wiener Landesregierung

Wolfgang TRATTLER, Amt der Salzburger Landesregierung

Hans TRETTLER, Amt der Burgenländischen Landesregierung

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH (Federal Environment Agency Ltd)
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien (Vienna), Austria

Eigenvervielfältigung

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2002
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-627-7

VORWORT

Das Forum Schall im Umweltbundesamt behandelt aktuelle Themen der Schalltechnik und des Lärmschutzes im Verwaltungsbereich, mit dem Ziel, einheitliche und effiziente Lösungswege aufzuzeigen. Schallschutz ist im Planungsstadium am effizientesten. Je früher ein Problem erkannt und ihm begegnet wird, desto kostengünstiger sind technische Lösungen und desto höher ist die akustische Qualität. Viele Lärmkonfliktfälle in der Verwaltungspraxis haben ihren Ausgang in der Flächenwidmung und wären bei sorgfältigerer Planung zu vermeiden gewesen.

Im UBA Report R-157 „Anforderungen an schalltechnische Projekte“ wurde erstmals in Österreich ein Verfahren mit dem flächenbezogenen Schalleistungspegel auf Betriebsgrundstücken dargestellt. Um nun eine praxisgerechte Handhabung dieses Verfahrens zu erreichen und die schalltechnischen Ziele auch für die beteiligten Personen transparent zu machen, erfolgte eine jahrelange Datensammlung von flächenbezogenen Schalleistungspegeln von Betriebstypen. Das vordringliche schalltechnische Ziel ist die widmungsgerechte Nutzung eines Grundstückes, was die Erhaltung des Ruheanspruches in Gebieten mit Wohnnutzung genauso einschließt wie die gewerbliche Entfaltung auf Betriebsgebieten.

Dieser Bericht dient darüber hinaus auch den Behörden im Bauverfahren, welche eine Prüfung der Widmungskonformität von typischen Betrieben durchzuführen haben.

Der Datenkatalog stellt den derzeitigen Stand typischer Emissionen der angegebenen Betriebe dar. Die Abweichungen in der Datensammlung bei Mehrfachnennungen von Betrieben beträgt ± 1 dB. Es wäre wünschenswert, wenn der Datenkatalog laufend aktualisiert und erweitert werden kann. Das Forum Schall bittet daher die Anwender um Bekanntgabe entsprechender Daten.

Ihre Daten übermitteln Sie bitte an den Arbeitsgruppenleiter, Hrn. Ing. Lechner, e-mail-Adresse: forum.schall@aon.at

Inhalt

1	EINLEITUNG	7
1.1	Allgemeines.....	7
1.2	Anwendungsbereich.....	7
2	BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN	7
2.1	Planungsrichtwerte.....	7
2.2	Widmungskonformität.....	9
3	ERMITTLUNG DER EMISSION	10
3.1	Bestimmung der flächenbezogenen Schalleistungspegel.....	10
3.2	Belegung der Grundstücke mit der Schallemission.....	12
4	RECHENVERFAHREN FÜR DIE SCHALLAUSBREITUNG	13
4.1	Allgemeines.....	13
4.2	Berechnung mit Rechenprogramm	13
4.3	Berechnung ohne Rechenprogramm	14
5	PRÜFUNG DER WIDMUNGSKONFORMITÄT	17
5.1	Prüfung der Widmungskonformität nach der zulässigen Emission.....	17
5.2	Prüfung der Widmungskonformität nach der zulässigen Immission	19
6	BEGRIFFSBESTIMMUNGEN	20
7	LITERATURVERZEICHNIS	22
8	BERECHNUNGSBEISPIEL	23
9	DATENKATALOG FÜR BETRIEBSTYPEN	27

1 EINLEITUNG

1.1 Allgemeines

Das UBA – Forum Schall (vormals Arbeitsgruppe „Qualitätssicherung schalltechnischer Messungen“) hat im UBA Report R-157 „Anforderungen an schalltechnische Projekte“ erstmals in Österreich ein Verfahren mit dem flächenbezogenen Schallleistungspegel auf Betriebsgrundstücken dargestellt und zur Anwendung und Sammlung von Erfahrungen empfohlen. Zusammen mit den in dieser Publikation enthaltenen Informationen dient dieses Verfahren zur immissionsbedingten Emissionsbegrenzung in schallemittierenden Gebieten. Das UBA - Forum Schall hat einen Datenkatalog für den flächenbezogenen Schallleistungspegel von Betriebstypen erstellt, um Aussagen darüber treffen zu können, welche Arten von Betrieben in einer bestehenden oder geplanten Flächenwidmung nach den schalltechnischen Planungsgrundsätzen zulässig sind. Die Basis dafür bildete eine jahrelange Sammlung von Daten häufig vorkommender, vornehmlich kleiner und mittlerer Betriebe. Die Datensammlung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Dies ist bei der gegebenen Struktur österreichischer Betriebe und der sich ständig ändernden Wirtschaftslandschaft gar nicht möglich. Für Betriebstypen, die nicht im Datenkatalog angegeben sind, ist in dieser Publikation eine Anleitung zur Ermittlung des flächenbezogenen Schallleistungspegels enthalten. Weiters werden auch das Rechenverfahren zur Immissionsprognose und eine Anleitung zur Beurteilung beschrieben.

1.2 Anwendungsbereich

Neben dem Raumordnungsverfahren und der sogenannten „Lärmkontingentierung“ bietet der Datenkatalog auch die Möglichkeit, die widmungskonforme Nutzung eines Betriebes in einer abstrakten Prüfung (Betriebstypenverfahren) festzustellen. Es handelt sich hier um eine Vorfrage im Bauverfahren. Dies wird zur Anwendung in Bundesländern empfohlen, in denen im Bauverfahren keine konkrete Einzelfallbeurteilung nach den landesgesetzlichen Vorschriften durchzuführen ist und keine einschlägigen Verordnungen ergangen sind.

Die vorliegende Publikation soll damit in erster Linie als Beurteilungsgrundlage in Behördenverfahren, aber auch als Planungshilfe im Vorfeld dienen. Ziel dieser Publikation ist es auch, bei gegebenen Widmungen eine fachlich fundierte und rasche Aussage über die grundsätzliche Zulässigkeit eines bestimmten Betriebstyps treffen zu können.

Zur Beurteilung der konkreten Auswirkungen eines Betriebes ist diese Publikation nicht gedacht.

2 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Planungsrichtwerte

Grundlage für die fachliche Beurteilung sowohl von Emissionen wie auch Immissionen ist die ÖNORM S 5021-1. In der nachstehenden Tabelle sind die Planungsrichtwerte in Abhängigkeit der Flächenwidmungskategorien wiedergegeben.

Tabelle 1: Planungsrichtwerte für zulässige Immissionen gemäß ÖNORM S 5021

Kategorie	Gebiet und Standplatz	A-bewertete Immissionsgrenzwerte in dB			
		tags		nachts	
		L _{A,Gg}	L _{A,eq}	L _{A,Gg}	L _{A,eq}
	BAULAND				
1	Ruhegebiet, Kurgelbiet, Krankenhaus	35	45	25	35
2	Wohngebiet in Vororten Wochenendhausgebiet, ländliches Wohngebiet, Schulen	40	50	30	40
3	städtisches Wohngebiet, Gebiet für Bauten land- und forstwirtschaftlicher Betriebe mit Wohnungen	45	55	35	45
4	Kerngebiete (Büros Geschäfte, Verwaltung ohne wesentliche Emission störenden Schalls, Wohnungen) Gebiet für Betriebe ohne Schallemission	50	60	40	50
5	Gebiet für Betriebe mit geringer Schallemission (Verteilung, Erzeugung, Dienstleistung, Verwaltung)	55	65	45	55
6	gewerbliche und industrielle Gütererzeugungs- und Dienstleistungsstätten				
7	Stätten mit besonders großer Schallemission				
	GRÜNLAND				
1	Erholungsgebiet, Kurgelbiet	35	45	35	45
2	Parkanlagen, Friedhöfe	40	50		
3	Sport- und Freizeitanlagen ohne wesentliche Schallemission	45	55	45	55
4	Sport- und Freizeitanlagen mit geringer Schallemission	50	60	50	60
5	kleinere Sport- und Freizeitanlagen mit Zuschauerplätzen	55	65	55	65
6	große Sport- und Freizeitanlagen mit Zuschauerplätzen	60	70	60	70

Die Zuordnung dieser Kategorien zu den Flächenwidmungskategorien der einzelnen Bundesländer kann der ÖAL-Richtlinie Nr. 36 entnommen werden.

Die Vorgabe der ÖNORM S 5021-1 besagt im Grundsatz, dass Störungen durch Schallimmissionen, das sind Schalleinwirkungen von einem oder mehreren Emittenten auf ein Gebiet oder einen Standplatz, vermieden werden. Jedem Standplatz wird einerseits eine bestimmte Schallemission zugeordnet, andererseits besteht ein gewisser Ruheanspruch, der durch einen Immissionsgrenzwert ausgedrückt wird. Das Vorhaben wird dann als zulässig eingestuft, wenn sowohl die emissionstechnische als auch die immissionstechnische Beurteilung positiv sind. Auf die emissionstechnische Beurteilung darf je nach rechtlicher Vorgabe deshalb nicht verzichtet werden, da diese eine Eskalation von Schalleinwirkungen durch mehrere Standplätze an Orten mit Ruheanspruch vermeiden soll. Eine emissionstechnische Beurteilung kann aber nur dann durchgeführt werden, wenn entweder Planungsrichtwerte oder maximal zulässige flächenbezogene Schalleistungspegel festgelegt worden sind.

Es wird unterstellt, dass dem Ruheanspruch eines Standortes Genüge getan ist, wenn der jeweils anzuwendende Planungsrichtwert gemäß obiger Tabelle 1 eingehalten wird.

Für Gebiete ohne Planungsrichtwert gemäß ÖNORM S 5021-1 kann ein flächenbezogener Schalleistungspegel im Raumordnungsverfahren bereits festgelegt worden sein. In diesem Fall ist der festgelegte Wert Basis für die Beurteilung. Ist ein solcher nicht festgelegt, ist eine Beurteilung der effektiven Flächennutzung bzw. des Bauvorhabens anhand der Immissionsbeurteilung gemäß Punkt 5.2 durchzuführen.

2.2 Widmungskonformität

Das Baurecht ist eine Angelegenheit der Bundesländer. Aus diesem Grund sind die Formulierungen der Nutzungsbestimmungen unterschiedlich. In ihrem Sinn sind die Vorgaben allerdings sehr ähnlich. Folgende Formulierungen sind gebräuchlich:

- ortsüblich
- typisch
- dem Charakter eines Gebietes entsprechend
- üblich
- raumverträglich
- nicht wesentlich störend

Im Wesentlichen geht es dabei um die Frage, ob ein beabsichtigtes Vorhaben der gegebenen Widmung entspricht und ob in benachbarten Widmungen keine Nutzungskonflikte entstehen. Für die schalltechnische Beurteilung ergibt sich aus diesen Formulierungen in fast allen Ländern die gleiche Aufgabenstellung:

Die Emissionen und Immissionen eines typischen (vergleichbaren) Betriebes sind mit der widmungsbezogenen Ortsüblichkeit zu vergleichen. Im Gegensatz hierzu ist im gewerbebehördlichen Betriebsanlagengenehmigungsverfahren ein konkretes Projekt, gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Auflagen, den tatsächlichen örtlichen Verhältnissen gegenüber zu stellen.

Hinweis: z.B. muss im Bundesland Vorarlberg die Prüfung, ob eine Widmung vereinbar ist, nicht nur nach der Art des Gebäudes oder der Anlage, sondern auch nach den Maßnahmen zur Verhinderung störender Auswirkungen, deren Durchführung technisch möglich ist und rechtlich festgelegt wird, durchgeführt werden. In einem solchen Falle ist in schalltechnischer Hinsicht ebenso ein konkreteres Projekt erforderlich, um eine aussagekräftige Prüfung durchführen zu können.

Die Widmungskonformität wird nach folgenden beispielhaften Formulierungen beurteilt:

- eine das ortsübliche Ausmaß übersteigende Belästigung
- eine erhebliche oder unzumutbare Belästigung
- eine zumutbare Störung
- eine örtlich zumutbare Belästigung
- nicht wesentlich störend

usw.

Ohne eine rechtliche Bewertung vorzunehmen, wird aus schalltechnischer Sicht davon ausgegangen, dass die Einhaltung der jeweiligen Planungsrichtwerte der ÖNORM S 5021-1 die Erreichung der durch die oben angeführten Begriffe beschriebenen Ziele in Bezug auf die Widmungskonformität gewährleistet. Diese allgemeine Betrachtung ersetzt aber nicht die detaillierte Prüfung am konkreten Projekt im Bau- und Gewerbeverfahren.

3 ERMITTLUNG DER EMISSION

3.1 Bestimmung der flächenbezogenen Schalleistungspegel

Zur Bestimmung des flächenbezogenen Schalleistungspegels für den zu untersuchenden Betriebstyp bzw. für die zu untersuchende konkrete Flächennutzung dient der in diesem Bericht enthaltene Datenkatalog. Die angegebenen flächenbezogenen Schalleistungspegel gelten für das Emissionsverhalten in typischer Bau- und Betriebsweise ohne besondere Schallschutzmaßnahmen. Eine konkrete Planung wird nicht berücksichtigt. (Sonderfälle siehe Hinweis unter 2.2)

Bei den im Datenkatalog angegebenen flächenbezogenen Schalleistungspegeln wurden sowohl die Bezugszeiten für den Tag und für die Nacht als auch die Anpassungswerte für die einzelnen Geräusche aus den Betrieben gemäß ÖNORM S 5004 berücksichtigt. Dies erfolgt nach der Beziehung:

$$L_r = L_{A,eq} + 10 \cdot \log \frac{T}{T_{Bez}} + L_z \quad (\text{in dB}) \quad (1)$$

darin sind:

L_r	Beurteilungspegel in dB zur Bildung des flächenbezogenen Schalleistungspegels
$L_{A,eq}$	energieäquivalenter Dauerschallpegel in dB
T	Einwirkdauer der betrachteten Schallquelle innerhalb der Bezugszeit in h
T_{Bez}	Bezugszeit in h
L_Z	Anpassungswert für die Geräuschcharakteristik in dB (siehe Begriffsbestimmungen)

Für Betriebe, die in Teilen unter verschiedene Typen einzustufen wären oder eine Mischung aus mehreren Typen darstellen, kann das Emissionsverhalten in Form eines maßgeblichen (in nachvollziehbarer Weise gewichteten) Emissionswertes $L_{W'',A}$ aus den Einzelwerten im Datenkatalog abgeschätzt werden.

Ist der Typ des in Frage stehenden Baues oder der beabsichtigten Nutzung nicht im Datenkatalog enthalten und sind für den flächenbezogenen Schalleistungspegel eines derartigen Typs auch keine anderen nationalen oder internationalen Publikationen verfügbar (wie z.B. ÖAL-Richtlinie Nr. 36; Betriebstypenliste des Landesamtes für Umweltschutz, Hessen), so ist der flächenbezogene Schalleistungspegel durch Sachverständigengutachten festzustellen. Dabei ist nach folgenden Grundsätzen vorzugehen:

- Sämtliche Emissionen sind nach dem derzeitigen Stand der Technik aber in durchschnittlicher Größe einzusetzen. Die Einsatzzeiten, Häufigkeiten von Vorgängen usw. haben dem Grundsatz einer repräsentativen Betrachtung zu genügen. Andauer und Emissionen der Betriebsvorgänge sind daher jedenfalls im oberen Drittel der erwartbaren Bandbreite anzusetzen.
- Die Gebäudeteile sind ebenfalls in üblicher Bauweise aktueller Güte einzusetzen.
- Es sind üblicherweise offenenstehende Fenster, Türen und Tore usw. als solche anzunehmen, es sei denn, der Betrieb benötigt prozessbedingt oder verfahrenstechnisch ohnehin eine vollwertige technische Be- und Entlüftung.
- Der Sachverständige hat detailliert anzugeben, welche Emissionen, Betriebszustände, Dämmwerte etc. als typisch eingesetzt wurden.
- Der flächenbezogene Schalleistungspegel ergibt sich dann aus folgender Beziehung

$$L_{W'',A} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{L_{W,A,i}/10} - 10 \cdot \log \frac{S}{S_0} \quad (\text{in dB}) \quad (2)$$

darin sind:

$L_{W'',A}$	A-bewerteter flächenbezogener Schalleistungspegel des vorliegenden Betriebstyps in dB
$L_{W,A,i}$	A-bewerteter Schalleistungspegel der schallabstrahlenden Bauteile, Gebäudeöffnungen, der Fahrzeuge, Maschinen und Geräte im Freien und sonstiger ins Freie abstrahlender Schallquellen unter Berücksichtigung der allenfalls anzubringenden Anpassungswerte gemäß ÖNORM S 5004 in dB
S	gesamte Grundstücksfläche in m ²
S_0	Bezugsfläche $S_0 = 1 \text{ m}^2$

Alternativ ist es auch möglich, den flächenbezogenen Schalleistungspegel durch Messung an einem Referenzbetrieb zu bestimmen. Es ist allerdings genau darzulegen, warum der Referenzbetrieb als typisch anzusehen ist. Die Messung hat dabei nach ÖNORM S 5039 zu erfolgen. Die Emissionen der einzelnen Schallquellen sind dabei ebenfalls wenn zutreffend mit Anpassungswerten gemäß ÖNORM S 5004 zu versehen.

In diesem Zusammenhang wird gebeten, derartige Berechnungen des flächenbezogenen Schalleistungspegels zur Erweiterung des Datenkatalogs für Betriebsanlagen dem Umweltbundesamt – Forum Schall zur Verfügung zu stellen.

3.2 Belegung der Grundstücke mit der Schallemission

Der flächenbezogene Schalleistungspegel des vorliegenden Betriebstyps ist immer auf das ganze betrachtete Grundstück zu legen. Dies bedeutet, dass in der Beurteilung eines Vorhabens, welches nicht ein ganzes Grundstück nützen soll, dennoch von einer vollständigen Nutzung in der Beurteilung auszugehen ist. Der Vorteil dieser Vorgangsweise liegt darin, dass eine spätere Erweiterung, die in der Praxis sehr häufig vorkommt, in der immissions-technischen Beurteilung bereits berücksichtigt ist.

Ob andere Grundstücke ebenfalls mit einem flächenbezogenen Schalleistungspegel belegt werden, ist abhängig von den landesgesetzlichen Bestimmungen und dem damit verbundenen Beweisthema für den Anwender dieses Reports. Dies gilt ebenso für die Schallemissionen vorhandener Verkehrsträger.

Die Flächenschallquelle ist in einer Höhe von 4 m einzusetzen. Die Flächenquelle entspricht dabei dem gesamten betrachteten Grundstück mit Ausnahme eines Randstreifens von 4 m, welcher parallel zu den Grundstücksgrenzen verläuft. Es entsteht damit eine schallabstrahlende Fläche, die im Zentrum des Grundstücks liegt und zu den Grundstücksgrenzen überall einen Abstand von 4 m aufweist. Ein Beispiel ist im Anhang beschrieben. Die Schallemission der Flächenschallquelle aus dem Betriebstypenkatalog ist daher auf die so definierte schallabstrahlende Fläche umzurechnen.

Für die schallabstrahlende Fläche (ohne den Randstreifen) gilt damit:

$$L_{W'',A,Berechnung} = L_{W'',A,Betriebstyp} + 10 \cdot \log \frac{S_{Gesamt}}{S_{Berechnung}} \quad (\text{in dB}) \quad (3)$$

darin sind:

$L_{W'',A,Berechnung}$	der A-bewertete flächenbezogene Schallleistungspegel, mit der die schallabstrahlende Fläche in der Berechnung belegt wird, in dB
$L_{W'',A,Betriebstyp}$	der A-bewertete flächenbezogene Schallleistungspegel aus dem Datenkatalog für Betriebstypen bzw. der aus einem Sachverständigengutachten ermittelte $L_{W'',A}$ in dB
$S_{Berechnung}$	Flächeninhalt der in der Rechnung schallabstrahlenden Fläche, das ist die Grundstücksfläche abzüglich des allseitigen Randstreifens von 4 m zu den Grundstücksgrenzen in m ²
S_{Gesamt}	Flächeninhalt des gesamten betrachteten Grundstückes in m ²

Die gesamte Schalleistung beträgt:

$$L_{W,A} = L_{W'',A,Berechnung} + 10 \cdot \log \frac{S_{Berechnung}}{S_0} \quad (\text{in dB}) \quad (4)$$

darin sind:

$L_{W,A}$	Gesamtschalleistung des betrachteten Grundstückes in dB
S_0	Bezugsfläche $S_0 = 1 \text{ m}^2$

4 RECHENVERFAHREN FÜR DIE SCHALLAUSBREITUNG

4.1 Allgemeines

Die grundsätzliche Berechnung mit dem flächenbezogenen Schallleistungspegel erfolgt zweidimensional. Emissions- und Immissionshöhe sind gleich. Dieser Ansatz ergibt auch für abweichende Immissionshöhen zutreffende Ergebnisse, wenn keine relevanten Hindernisse im Ausbreitungsweg liegen.

Sofern durch dauerhafte Hindernisse Schirmwirkungen gegeben sind und diese zu berücksichtigen sind, so ist eine detaillierte Untersuchung unter Berücksichtigung der tatsächlichen Emissions- und Immissionshöhen durchzuführen.

4.2 Berechnung mit Rechenprogramm

Die Berechnung erfolgt nach ÖNORM ISO 9613-2 „Schallabstrahlung und Schallausbreitung“. Die verwendeten Rechenprogramme sollen die Anforderungen an Rechenprogramme für die Schallausbreitung gemäß UBA-Report R-157 erfüllen. Die im Datenkatalog angegebenen flächenbezogenen Schallleistungspegel werden auf die Oktavbänder mit gleichen Anteilen aufgeteilt. Das Referenzspektrum für die Schallemission ist damit Rosa Rauschen. Für die nach ÖAL 28 zu berechnenden Oktavbänder ergeben sich damit die in Tabelle 2 angegebenen Korrekturwerte.

Tabelle 2: Referenzspektren auf 0 dB normiert

Oktavbandmittenfrequenz [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
relativer Oktavbandpegel [dB] linear	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
relativer Oktavbandpegel [dB] A-bewertet	-33	-23	-16	-10	-7	-6	-6	-8

Der Bodendämpfungswert G ist mit 0,5 einzusetzen. Dies entspricht einem Untergrund mit mittleren Absorptionseigenschaften.

Die Immissionshöhe für die gesamte Beurteilung ist unabhängig von der tatsächlichen Bebauung mit 4 m (aktuelle internationale Konvention) einzusetzen. Die Darstellung der Ausbreitungsberechnung in einem Schallimmissionsplan wird empfohlen. Die Unterteilung des Schall emittierenden Grundstückes bzw. Gebietes in Teilflächen hat nach den Angaben der ÖNORM ISO 9613-2 zu erfolgen. Das bedeutet, dass der Abstand zwischen dem Flächenschwerpunkt der Teilfläche und dem Immissionspunkt größer als die maximale Längenausdehnung (z.B. Diagonale) der Teilfläche ist. Der nächstgelegene Immissionspunkt ist dabei bereits an der nächstliegenden Grundstücksgrenze des schützenswerten Grundstückes anzunehmen.

4.3 Berechnung ohne Rechenprogramm

Eine vereinfachte Berechnung ist zulässig und ohne spezielle Rechenprogramme für die Schallausbreitung möglich. Sie liefert im ungünstigsten Fall geringfügig höhere Immissionspegel. Die Berechnung erfolgt für dieselben Eingangsgrößen wie bei der Berechnung mit Programmen, die Werte für die Bodendämpfung und die Luftabsorption werden allerdings durch eine Näherungsformel ermittelt. Die maximale Abweichung im Vergleich zur Berechnung mit Rechenprogrammen beträgt 1 dB. Dieses Verfahren ist für eine Beurteilung im Interesse des Immissionsschutzes geeignet, da es auf der sicheren Seite liegt. Für die immissionstechnische Beurteilung der Widmungskonformität bedeutet dies, dass dieser Betriebstyp jedenfalls zulässig ist.

Bei der vereinfachten Berechnung wird mit A-bewerteten Schalleistungspegeln unter Verwendung nachstehender Formeln gerechnet:

$$L_{p,A} = L_{W,A} + \Delta L_d + \Delta L_{b,a} = L_{W,A} - 10 \cdot \log \left(4 \cdot \pi \cdot \frac{r^2}{r_0^2} \right) + \Delta L_{b,a} \quad (\text{in dB}) \quad (5)$$

darin sind:

$L_{p,A}$	A-bewerteter Schalldruckpegel in dB
$L_{W,A}$	A-bewerteter Schalleistungspegel der schallabstrahlenden Fläche in dB
ΔL_d	geometrische Ausbreitung gemäß ÖNORM ISO 9613-2 in dB
$\Delta L_{b,a}$	Summenwert für die Bodendämpfung und die Luftabsorption im Ausbreitungsweg für die definierten Ausbreitungsbedingungen gemäß Pkt. 4.2 in dB
r	Abstand Schallquelle – Immissionspunkt in m
r_0	Bezugsabstand $r_0 = 1$ m

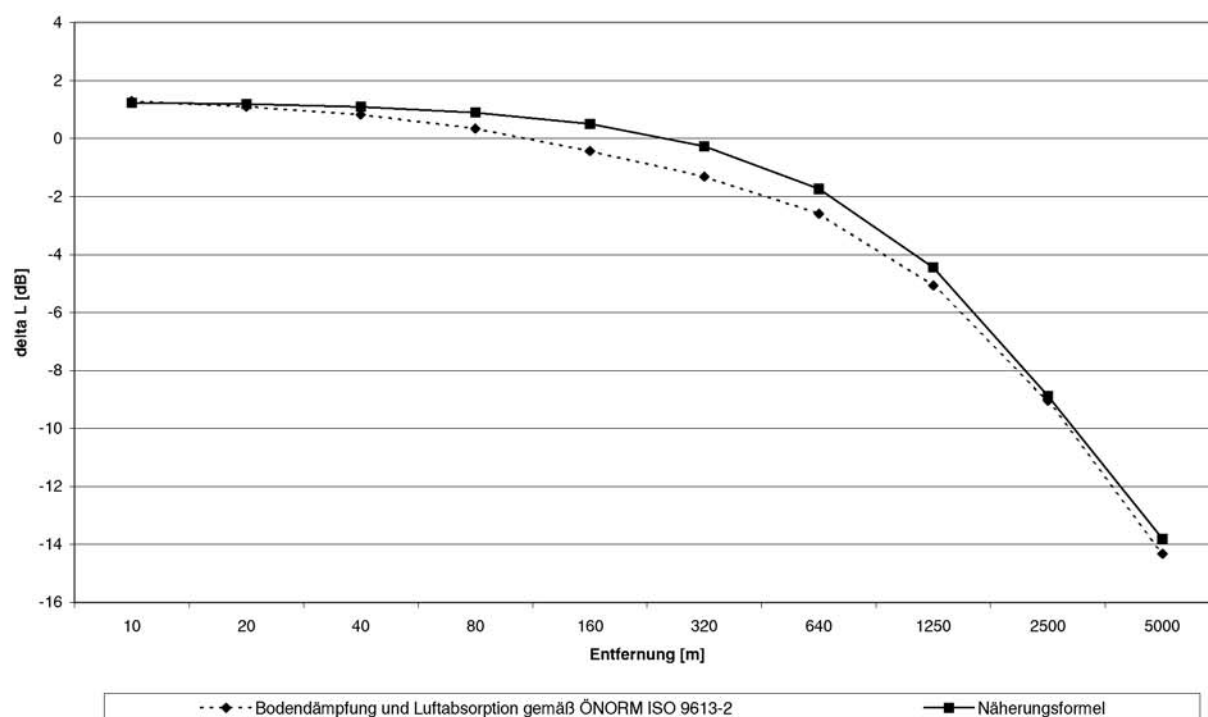
Der Summenwert aus Bodendämpfung und Luftabsorption wird dabei nach folgender Näherungsformel bestimmt:

$$\Delta L_{b,a} = 4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{r^2}{r_0^2} - 5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{r}{r_0} + 1,3 \quad (\text{in dB}) \quad (6)$$

Diese Näherungsformel gilt für die Nebenbedingungen der Emissions- und Immissionshöhe von 4 m, einer Bodendämpfung von $G = 0,5$ und bis zu einem Abstand von 5 km.

Im folgenden Diagramm sind die Werte für $\Delta L_{b,a}$ in dB nach einer exakten Berechnung gemäß ÖNORM ISO 9613-2 und nach der Näherungsformel angegeben.

Diagramm 1: ÖNORM ISO 9613-2 - Näherungsformel



Die Unterteilung des Schall emittierenden Grundstückes in Teilflächen erfolgt analog zu Punkt 4.2. Üblicherweise werden einfache geometrische Formen wie Rechtecke und rechtwinkelige Dreiecke gewählt. Die Ersatzpunktschallquelle für die Berechnung ist in den Flächenschwerpunkt zu legen und nach folgender Formel zu berechnen.

$$L_{W,A,k} = L_{W'',A,Berechnung} + 10 \cdot \log \frac{S_k}{S_0} \quad (\text{in dB}) \quad (7)$$

darin sind:

$L_{W,A,k}$ A-bewertete Schalleistungspegel der Ersatzpunktschallquelle der k-ten Teilfläche in dB

$L_{W'',A,Berechnung}$ A-bewerteter flächenbezogener Schalleistungspegel, mit dem die schallabstrahlende Fläche in der Berechnung nach Pkt. 3.2 belegt wird, in dB

S_k Flächeninhalt der k-ten Teilfläche in m^2

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

Aus den Schalleistungspegeln der einzelnen Teilflächen ergeben sich aus der Übertragungsfunktion die Teilimmissionspegel an dem betrachteten Immissionspunkt nach folgender Formel:

$$L_{p,A,k} = L_{W,A,k} - 10 \cdot \log\left(4 \cdot \pi \cdot \frac{r_k^2}{r_0^2}\right) + 4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{r_k^2}{r_0^2} - 5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{r_k}{r_0} + 1,3 \quad (\text{in dB}) \quad (8)$$

darin sind:

$L_{p,A,k}$	Teilimmissionspegel am Immissionspunkt durch die k-te Teilfläche in dB
$L_{W,A,k}$	A-bewertete Schalleistungspegel der Ersatzpunktschallquelle der k-ten Teilfläche in dB
r_k	Abstand zwischen dem Flächenschwerpunkt der k-ten Teilfläche und dem Immissionspunkt in m
r_0	Bezugsabstand $r_0 = 1$ m

Der Immissionspegel am betrachteten Immissionspunkt ergibt sich aus der Summation gemäß folgender Beziehung:

$$L_{p,A,ges} = 10 \cdot \log\left(\sum_{k=1}^n 10^{L_{p,A,k}/10}\right) = 10 \cdot \log\left(10^{L_{p,A,1}/10} + 10^{L_{p,A,2}/10} + \dots + 10^{L_{p,A,n}/10}\right) \quad (\text{in dB}) \quad (9)$$

darin sind:

$L_{p,A,ges}$	der am Immissionspunkt durch alle Teilflächen verursachte A-bewertete Immissionspegel in dB
$L_{p,A,k}$	Teilimmissionspegel am Immissionspunkt durch die k-te Teilfläche in dB
n	Anzahl der Teilflächen

5 PRÜFUNG DER WIDMUNGSKONFORMITÄT

5.1 Prüfung der Widmungskonformität nach der zulässigen Emission

Im ersten Beurteilungsschritt ist zu klären, ob der beabsichtigte Betriebstyp nach seinem Emissionsverhalten in die bestehende oder geplante Flächenwidmung passt. Nach den Vorgaben des Immissionsschutzes ist dies gegeben, wenn der Zahlenwert des flächenbezogenen Schalleistungspegel nicht über dem Planungsrichtwert der ÖNORM S 5021-1 liegt.

$$L_{W'',A} \leq L_{A,eq}$$

darin sind:

$L_{W'',A}$	der A-bewertete flächenbezogene Schalleistungspegel des beabsichtigten Betriebstyps in dB
$L_{A,eq}$	Planungsrichtwert aus Tabelle 1 gemäß ÖNORM S 5021-1 in dB

Diese Bedingung muss sowohl für den Tages- wie auch für den Nachtzeitraum erfüllt sein.

Die Anforderung wurde für die theoretische Annahme einer ausschließlich vertikal abstrahlenden Flächenschallquelle getroffen. Allgemein wird der Schalldruckpegel berechnet aus:

$$L_{p,A} = L_{W,A} - 10 \cdot \log \frac{A}{A_0} \quad (\text{in dB}) \quad (10)$$

darin sind:

$L_{p,A}$	A-bewerteter Schalldruckpegel in dB
$L_{W,A}$	A-bewerteter Schalleistungspegel in dB
A	Hüllfläche in m ²
A_0	Bezugsfläche $A_0 = 1 \text{ m}^2$

$L_{W,A}$ kann in dieser Formel ersetzt werden durch:

$$L_{W,A} = L_{W'',A} + 10 \cdot \log \frac{S}{S_0} \quad (\text{in dB}) \quad (11)$$

darin sind:

$L_{W,A}$	A-bewerteter Schalleistungspegel in dB
$L_{W'',A}$	A-bewertete flächenbezogene Schalleistungspegel in dB
S	abstrahlende Fläche in m ²
S_0	Bezugsfläche $S_0 = 1 \text{ m}^2$

Damit ergibt sich für den Immissionspegel:

$$L_{p,A} = L_{W'',A} + 10 \cdot \log \frac{S}{S_0} - 10 \cdot \log \frac{A}{A_0} \quad (\text{in dB}) \quad (12)$$

Da bei ausschließlich vertikaler Schallabstrahlung die abstrahlende Fläche S gleich der Hüllfläche A ist, ergibt sich über dieser Fläche folgender Schalldruckpegel:

$$L_{p,A} = L_{W'',A} \quad (\text{in dB}) \quad (13)$$

Diese Annahme gilt auch für unendlich große Flächen. Für die üblichen geometrische Formen von Grundstücken und Grundstücksgrößen hat sich diese theoretische Annahme auch für die Praxis als tauglich erwiesen.

5.2 Prüfung der Widmungskonformität nach der zulässigen Immission

Diese Prüfung ist nicht als generelle Erfordernis bei Anwendung dieses Reports zu sehen, sondern nur nach rechtlicher Vorgabe der Landesgesetze durchzuführen.

Sofern bereits die Flächenwidmung nach den fachlichen Grundsätzen des UBA-Reports R-157 und der ÖNORM S 5021-1 „Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und Raumordnung“ erfolgte, ist der Schutz der Grundstücke mit Ruheanspruch dann anzunehmen, wenn die emissionstechnische Beurteilung die Zulässigkeit des Betriebstyps ergeben hat.

Zur immissionstechnischen Beurteilung ist eine Ausbreitungsberechnung gemäß Pkt. 4 durchzuführen. Zu betrachten sind dabei alle schützenswerte Grundstücke im Umfeld des Betriebsgrundstückes. Die Immissionspunkte sind an die nächstliegenden Grenzen der schützenswerten Grundstücke zu legen. Je nach landesrechtlicher Bestimmung sind auch die Immissionen anderer Flächen (Istmaß) in der Beurteilung zu berücksichtigen. In diesem Fall ist das Summenmaß aus Istmaß und Prognosemaß (spezifische Immission des betrachteten Grundstückes) zu bilden.

6 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Schalldruckpegel L_p : zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der Quadrate des Effektivwertes des Schalldrucks p und des Bezugsschalldrucks p_0

$$L_p = 10 \cdot \log \frac{p^2}{p_0^2} \text{ in Dezibel (dB)} \quad \text{mit } p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

Vielfach wird statt Schalldruckpegel die vereinfachte Bezeichnung Schallpegel verwendet.

A-bewerteter Schalldruckpegel $L_{p,A}$: der mit A-Bewertung ermittelte Schalldruckpegel. Die A-Bewertung ist in der Verordnung des Bundesministers für Eich- und Vermessungswesen vom 29. Juni 1979 festgelegt und stellt eine gewisse Annäherung an die Lautheitsempfindung des Menschen dar. Der A-bewertete Schalldruckpegel wird in der Regel für die Beschreibung der Schallimmissionen verwendet.

Energieäquivalenter Dauerschallpegel L_{eq} : Einzahlangabe, die zur Beschreibung von Schallereignissen mit schwankendem Schalldruckpegel dient. Der energieäquivalente Dauerschallpegel wird als jener Schalldruckpegel errechnet, der bei dauernder Einwirkung dem unterbrochenen Geräusch oder Geräusch mit schwankendem Schalldruckpegel energieäquivalent ist.

Der **A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel** $L_{A,eq}$ ist der mit der A-Bewertung ermittelte energieäquivalente Dauerschallpegel.

Grundgeräuschpegel $L_{A,Gg}$: der geringste an einem Ort während eines bestimmten Zeitraums gemessene A-bewertete Schalldruckpegel in dB, der durch entfernte Geräusche verursacht wird und bei dessen Einwirkung Ruhe empfunden wird. Er ist der niedrigste Wert, auf welchen die Anzeige des Schallpegelmessers (Anzeigedynamik „schnell“) wiederholt zurückfällt.

Er kann nur dann ermittelt werden, wenn benachbarte Betriebe oder andere Schallquellen, die an der Erzeugung von deutlich erkennbaren Schallereignissen beteiligt sind, abgeschaltet werden können. In diesem Fall kann, wenn eine Schallpegel-Häufigkeitsverteilung vorliegt, in bestimmten Fällen der in 95% des Messzeitraumes überschrittene Schalldruckpegel $L_{A,95}$ als Grundgeräuschpegel eingesetzt werden.

Beurteilungspegel L_r : der auf die Bezugszeit bezogene A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel des zu beurteilenden Geräusches, der – wenn nötig – mit Anpassungswerten versehen ist.

Anpassungswert: Pegelzu- oder -abschläge für bestimmte Geräuschcharakteristika oder Geräuschquellen wie:

Tonhaltigkeit:

Hebt sich aus einem Geräusch mindestens ein Einzelton hörbar heraus, so sind der Zeitpunkt und die Häufigkeit des Auftretens sowie die Dauer der einzelnen Ereignisse zu ermitteln und der Grad der Auffälligkeit zu beschreiben.

Wenn Tonkomponenten deutlich hörbar sind und ihr Vorhandensein durch eine unbewertet ermittelte Terzbandanalyse nachgewiesen werden kann, d.h. wenn der Pegel eines Terzbandes die Pegel der benachbarten Bänder um 5 dB oder mehr übersteigt, beträgt der Anpassungswert +6 dB. Wenn zwei benachbarte Terzbänder annähernd den gleichen Pegel aufweisen und diese Pegel mindestens 5 dB über den Nachbarbändern liegen, beträgt der Anpassungswert ebenfalls +6 dB, da dies darauf hinweist, dass die vorherrschende Frequenz an der Grenze zwischen den beiden Terzbändern liegt. Wenn die Tonkomponenten zwar hörbar sind, aber das Terzbandkriterium nicht erfüllt ist, beträgt der Anpassungswert +3 dB.

Impulshaltigkeit:

Ist ein Geräusch impulshaltig (z.B. Hämmern, Nieten, Schlagrammen, schlagartige Verlade-geräusche), so sind der Zeitpunkt des Auftretens von Impulsen sowie deren Häufigkeit und zeitliche Verteilung zu ermitteln und der Grad der Auffälligkeit zu beschreiben.

Der Anpassungswert für impulshaltige Geräusche beträgt +5 dB, wenn die A-bewerteten Maximalpegel bei Anzeigedynamik „Impuls“ sich um mindestens 2 dB von den Maximalpegeln der Anzeigedynamik „schnell“ unterscheiden. Andernfalls beträgt der Anpassungswert +3 dB.

Informationshaltigkeit:

Ist ein Geräusch informationshaltig (Geräusch, das deutlich erkennbar Gesang, Musik oder Sprache enthält), so ist der Zeitpunkt des Auftretens zu ermitteln sowie die Art des Geräusches und der Grad der Auffälligkeit zu beschreiben. Nach Möglichkeit sind für besondere auffällige Geräusche Einzelpegel zu ermitteln. Der Anpassungswert beträgt +5 dB.

Tages-/Nachtzeit: Zeitraum, der repräsentativ für die Tages- oder Nachtstunden ist.

Im Allgemeinen gilt als Nachtzeit die Zeit von 22 Uhr bis 6 Uhr gesetzlicher Zeit.

Messzeit: Zeitraum, innerhalb dessen Schalldruckpegel ermittelt werden.

Bezugszeit: Zeitraum, auf den der Beurteilungspegel bezogen wird:

- **tags** die ungünstigsten aufeinanderfolgenden 8 Stunden, für die sich der höchste Beurteilungspegel ergibt
 - die Stunde, für die sich der höchste Beurteilungspegel ergibt
 - die Stunde, in der der Beurteilungspegel den größten Abstand zum Grundgeräuschpegel aufweist
- **nachts** die halbe Stunde, für die sich der höchste Beurteilungspegel ergibt
 - die halbe Stunde, in der der Beurteilungspegel den größten Abstand zum Grundgeräuschpegel aufweist

Schalleistungspegel L_W : zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der Schalleistung W und der Bezugsschalleistung W_0

$$L_W = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0} \text{ in dB} \quad \text{mit } W_0 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ W}$$

A-bewerteter Schalleistungspegel $L_{W,A}$: der mit der A-Bewertung gemessene oder berechnete Schalleistungspegel

Flächenbezogener Schalleistungspegel $L_{W''}$: Schalleistungspegel zur Kennzeichnung der Schallemission einer Flächenschallquelle pro 1 m² Fläche in dB

A-bewerteter flächenbezogener Schalleistungspegel $L_{W'';A}$: der mit der A-Bewertung ermittelte flächenbezogene Schalleistungspegel

Schallimmissionsplan: flächenhafte Darstellung der Schallimmission, ausgedrückt durch den Beurteilungspegel in dB, in einem Plan

7 LITERATURVERZEICHNIS

ÖNORM S 5004 „Messung der Schallimmission“, Ausgabe 1. März 1998 mit Corrigendum AC1, Ausgabe 1. Dezember 2000

ÖNORM S 5021 „Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und Raumordnung“, Ausgabe März 1998

ÖNORM S 5039 „Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen, Verfahren für Industrieanlagen mit mehreren einzelnen Schallquellen“, Ausgabe 1. Juni 1991

ÖNORM ISO 9613-2 „Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien“

ÖAL-Richtlinie Nr. 36 „Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung – Erstellung von Schallimmissionsplänen und Konfliktplänen und Planung von Lärminderungsmaßnahmen“, Ausgabe August 1997

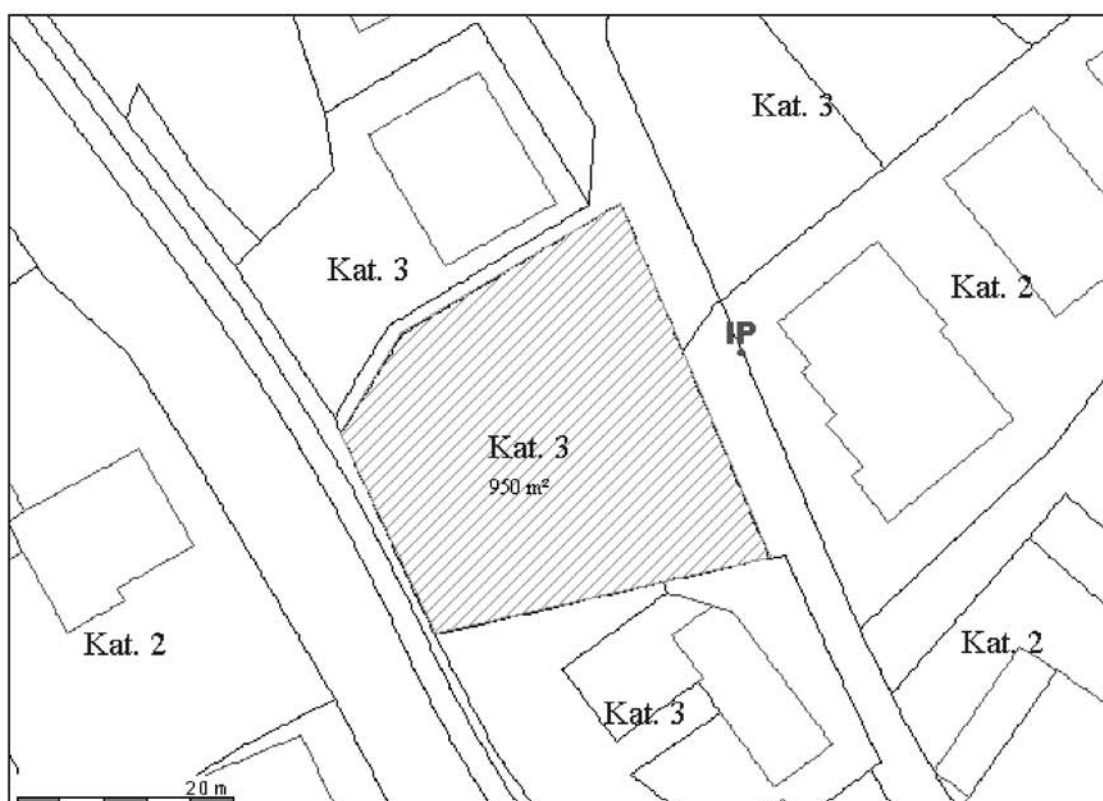
UMWELTBUNDESAMT: Report 157 „Anforderung an schalltechnische Projekte“

Landesamt für Umweltschutz Hessen „Betriebstypenliste“

8 BERECHNUNGSBEISPIEL

Anhand des folgenden Beispiels soll die Anwendung dieses Reports und die Handhabung der Rechenmethoden verdeutlicht werden.

Es ist geplant, auf dem im Lageplan schraffierten Grundstück einen Betrieb mit einem $L_{W''A}$ von 55 dB (nur tags) anzusiedeln, die grundsätzliche Möglichkeit ist zu untersuchen. Das Grundstück hat eine Fläche von 950 m² und liegt in der Widmungskategorie 3 entsprechend ÖNORM S 5021-1. Die Nachbargrundstücke liegen zum Teil in der Widmungskategorie 2 und 3. Der maßgebende Immissionspunkt (IP) liegt an der nächstgelegenen Grenze zu einem schützenswerten Grundstück der Kategorie 2. Er ist anhand der Geometrie des Grundstücks und der Abstände eindeutig erkennbar. Die angrenzenden Grundstücke derselben Kategorie wie das zu untersuchende Grundstück (Kategorie 3) werden durch die emissions-technische Prüfung berücksichtigt.

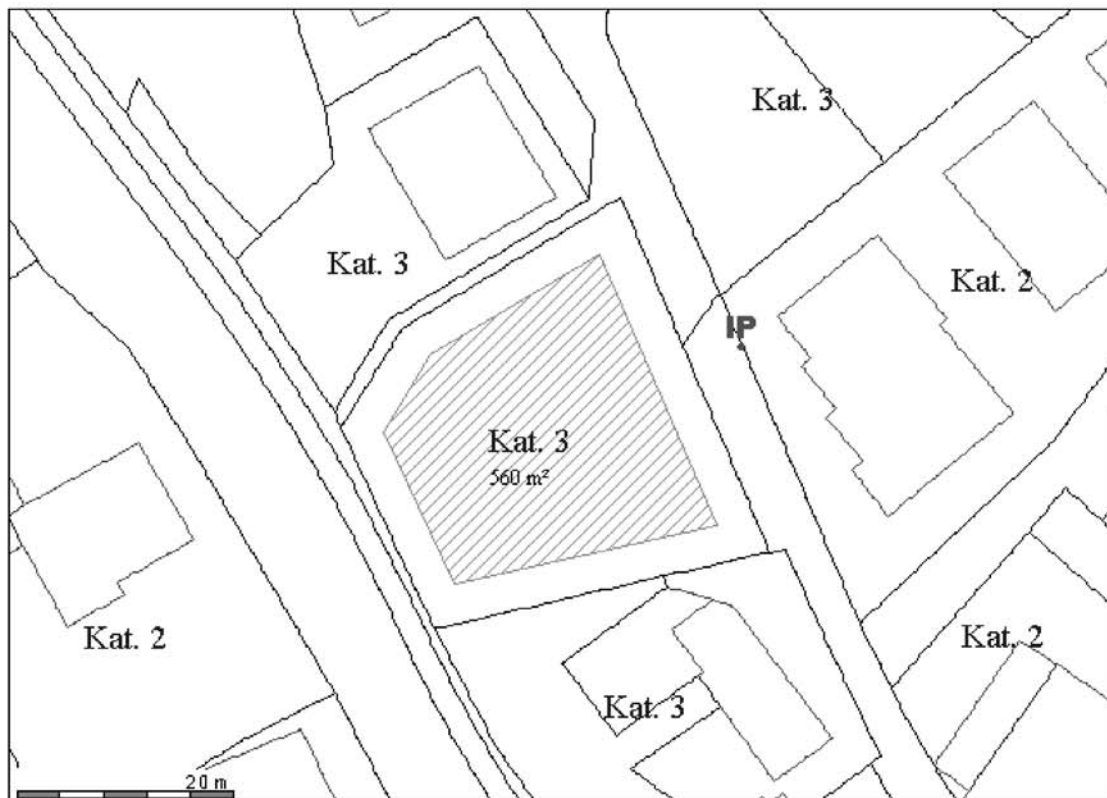


Ermittlung der schallabstrahlenden Fläche:

Gemäß Pkt. 3.2 des Reports ist die schallabstrahlende Fläche durch Bildung eines Randstreifens von 4 m zu den Grundstücksgrenzen festzulegen. Die Grundstücksgrenzen werden um 4 m parallel ins Zentrum verschoben, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Es ergibt sich eine schallabstrahlende Fläche von 560 m². Der flächenbezogene Schalleistungspegel dieser Fläche wird berechnet aus:

$$L_{W'',A,Berechnung} = L_{W'',A,Betriebstyp} + 10 \cdot \log \frac{S_{Gesamt}}{S_{Berechnung}} =$$

$$= 55 \text{ dB} + 10 \cdot \log \frac{950 \text{ m}^2}{560 \text{ m}^2} = 55 \text{ dB} + 2,3 \text{ dB} = 57,3 \text{ dB}$$



Mit diesem Modell kann entweder eine Schallausbreitungsberechnung mit Rechenprogramm oder eine Berechnung unter Zuhilfenahme der Näherungsformel für Luftabsorption und Bodendämpfung erfolgen. Die Unterteilung in Teilflächen erfolgt bei der gängigen Schallausbreitungs-Software automatisch. Die Aufteilung in einzelne Oktavbandpegel erfolgt nach Tabelle 2. Die Berechnung des Immissionspegels am Immissionsort ergibt einen $L_{p,A}$ von 49,5 dB. Der Planungsrichtwert von 50 dB tags für die Kategorie 2 im Bauland ist damit nicht überschritten, das Vorhaben zulässig.

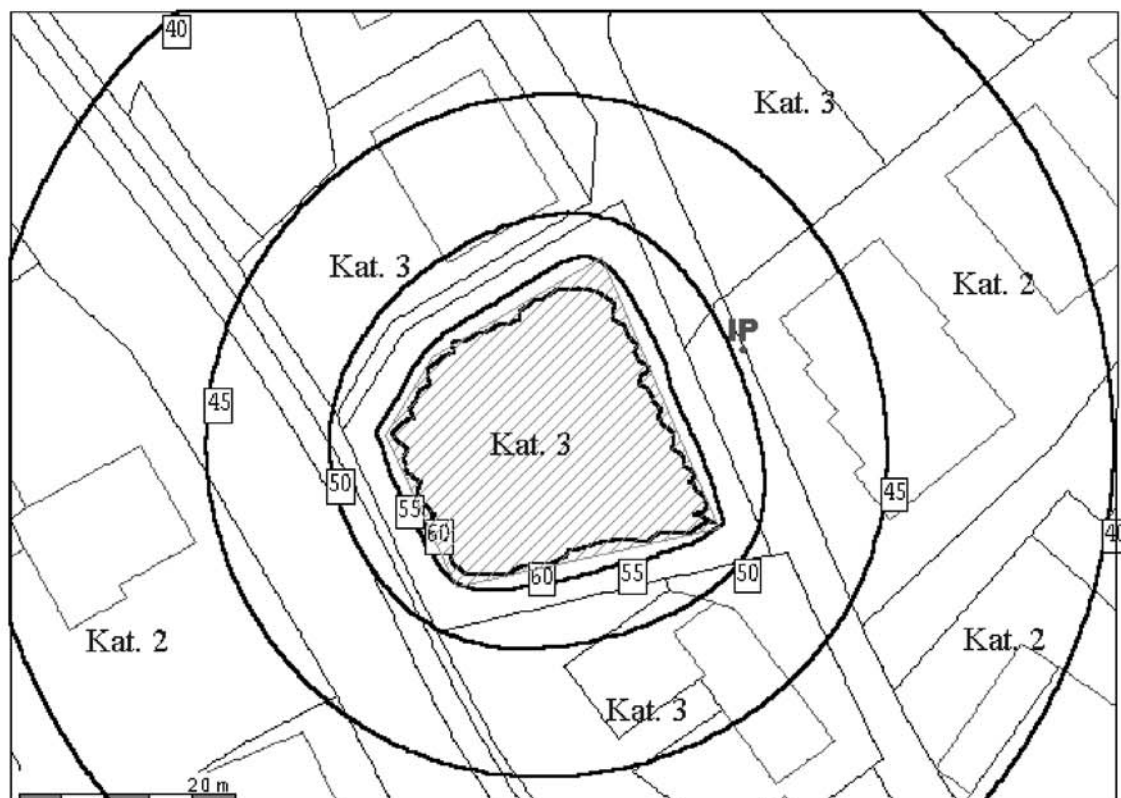
Die Schallausbreitungssituation ist anhand des Schallimmissionsplans in der nächsten Abbildung ersichtlich.

Die emissionstechnische Prüfung ist aber nicht anhand dieses Plans durchzuführen, sondern nur nach der Formel:

$$L_{W'',A} \leq L_{A,eq}$$

$$55 \text{ dB} \leq 55 \text{ dB}$$

Die Aussage ist wahr, die Bedingung der emissionstechnischen Prüfung ist damit erfüllt.



Hinweis: Die 60 dB-Linie ist nicht für die emissionstechnische Beurteilung geeignet. Sie ergibt sich lediglich aus der Modellierung, in der die Flächenschallquelle durch eine Vielzahl von Punktschallquellen ersetzt wird. Da die Emissions- und Immissionshöhe jeweils bei 4 m liegt, ergeben sich durch die geringen Abstände der Berechnungspunkte zu den Punktschallquellen relativ hohe Pegelwerte.

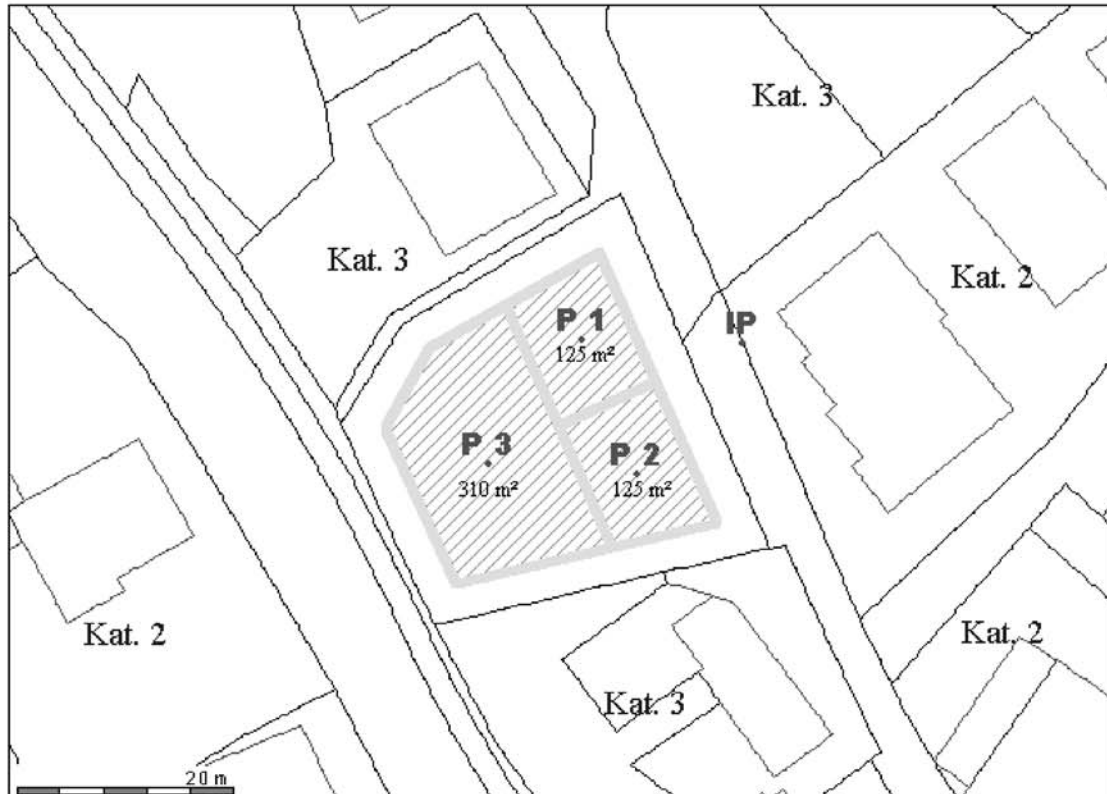
Für die Berechnung mittels Näherungsformel ist das Grundstück in Teilflächen zu unterteilen. Dabei ist darauf zu achten, dass die größte Längenausdehnung der betrachteten Teilfläche den Abstand vom Schwerpunkt dieser Fläche zum Immissionspunkt nicht überschreitet. In diesem Beispiel sind mindestens drei Teilflächen zu bilden, um diese Bedingung einzuhalten. Die Unterteilung ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich. Der Einfachheit halber wurden die Teilflächen 1 und 2 mit jeweils 125 m² gleich groß gewählt. Die dritte Teilfläche hat eine Fläche von 310 m². Die Ersatzpunktschallquellen sind mit P 1 bis P 3 bezeichnet. P 1 und P 2 weisen einen Abstand r_1 bzw. r_2 von 15 m, P 3 einen r_3 von 26 m auf. Für die Ersatzpunktschallquellen ergeben sich die Schalleistungen nach folgender Beziehung:

$$L_{W,A,k} = L_{W^*,A,Berechnung} + 10 \cdot \log \frac{S_k}{S_0}$$

das heißt:

$$L_{W,A,1} = L_{W,A,2} = 57,3 \text{ dB} + 10 \cdot \log \frac{125 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2} = 78,3 \text{ dB}$$

$$L_{W,A,3} = 57,3 \text{ dB} + 10 \cdot \log \frac{310 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2} = 82,2 \text{ dB}$$



Mit diesen Schalleistungspegeln wird nach der Näherungsformel die Ausbreitungsrechnung zum Immissionspunkt nach folgender Beziehung durchgeführt:

$$L_{p,A,k} = L_{W,A,k} - 10 \cdot \log \left(4 \cdot \pi \cdot \frac{r_k^2}{r_0^2} \right) + 4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{r_k^2}{r_0^2} - 5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{r_k}{r_0} + 1,3 \quad \text{in dB}$$

das heißt:

$$\begin{aligned} L_{p,A,1} = L_{p,A,2} &= 78,3 \text{ dB} - 10 \cdot \log(4 \cdot \pi \cdot 15^2) + 4 \cdot 10^{-7} \cdot 15^2 - 5 \cdot 10^{-3} \cdot 15 + 1,3 = \\ &= 78,3 \text{ dB} - 34,5 \text{ dB} + 1,2 \text{ dB} = 45,0 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{p,A,3} &= 82,2 - 10 \cdot \log(4 \cdot \pi \cdot 26^2) + 4 \cdot 10^{-7} \cdot 26^2 - 5 \cdot 10^{-3} \cdot 26 + 1,3 = \\ &= 82,2 \text{ dB} - 39,1 \text{ dB} + 1,2 \text{ dB} = 44,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

Diese Teilimmissionspegel werden nach der nachstehenden Formel summiert:

$$L_{p,A,ges} = 10 \cdot \log \left(\sum_{k=1}^n 10^{L_{p,A,k}/10} \right) = 10 \cdot \log (10^{4,5} + 10^{4,5} + 10^{4,41}) = 49,5 \text{ dB}$$

Das Ergebnis ist dasselbe wie aus der Berechnung mit Rechenprogramm.

9 DATENKATALOG FÜR BETRIEBSTYPEN

Betriebstyp	Bemerkungen	T _{Bez}	L _{W",A}
Altstoffsammelstelle	mit Abfallzerkleinerung, Freilager und PKW-PP, gekapselter Auto-Shredder, Schrottschere in teilw. offener Halle, Bagger, Stapler, Radlader	Tag	69
		Nacht	65
Apre-Ski-Pavillon	Holzbauweise, Türen und Fenster geschlossen	Tag	53
Asphaltnischanlage	mit Einhausung	Tag	72
Auslieferungslager für Lebensmittelhandel	mit Rampen- und Warteplätzen	Nacht	53
Bäckerei	mit Ladezone, Kistenwaschanlage, Friteusen	Tag	55
	w.o. Kistenwaschanlage aus	Nacht	53
Bauschlosserei	mit Dieselstapler im Freien	Tag	69
Bauschuttzubereitung und Deponie	LKW, Radlader, Raupe, Löffelbagger; Brecher	Tag	69
Bauschuttdeponie	Erdbaugeräte durchgehend, ohne Brecher	Tag	42
Baustoffzentrum	mit Werkstätten und Tankstelle	Tag	55
Betonmischwerk	mit Brechanlage und LKW-Fahrbewegungen	Tag	56
Biomasseheizwerk	LKW-Verkehr Kamingeräusch, Gebäude voll gedämmt, mit Holzzerkleinerer mobil und Radlader	Tag	81
	w.o. ohne Holzzerkleinerer mobil und ohne Radlader	Tag	50
	Kamingeräusch, Gebäude voll gedämmt	Nacht	39
Dienstleistungszentrum	Büro und Lagerräume	Tag	52
Elektrobau	Montage, Auslieferung, Rampenplätze	Tag	48
Gasthaus, Bar	mit Parkplätzen	Nacht	50
Holzwerk	nach Lärmsanierung	Tag	63
Hotelanlage	Stellplätze im Freien	Tag	46
		Nacht	36
Kiesentnahme, Erd- und Kiesablagerungen	LKW, Bagger, Radlader, mobile Siebanlage und Steinbrecher	Tag	78
	w. o. ohne Sieb und Brecher	Tag	61

Betriebstyp	Bemerkungen	T _{Bez}	L _{W",A}
Klärschlammkompostieranlage	Mischgerät (elektr.), Häcksler (Diesel), LKW, Radlader	Tag	67
Lagerhalle mit KFZ-Werkstatt	schlechtes Wanddämmmaß, Fenster geschlossen	Tag	57
	schlechtes Wanddämmmaß, Fenster offen	Tag	64
Lagerplatz f. Kies, Aushub, Asfaltbruch	LKW, Bagger, Radlader, Sieb und Brecher	Tag	82
	w. o. ohne Sieb ohne Brecher	Tag	74
Landmaschinenwerkstätte	Tore zum Großteil offen	Tag	54
Lebensmittelmarkt	mit Kundenparkplätzen	Tag	57
LKW – Abstellplatz	mit Diesel-Tankstelle	Tag	58
	Tankstelle außer Betrieb	Nacht	56
Metallgießerei	Nichteisen, mit Lärmschutzmaßnahmen	Tag	47
PKW-Waschanlage	Waschplätze, Münzstaubsauger	Tag	63
Recyclinghalle	gute Dämmung, Rolltore offen, natürliche Lüftung	Tag	53
Sägewerk	Säge, Hobelwerk, Freilager, Sortieranlage, Stapler	Tag	69
Schirmbar	Plexiglaswände, Riesenschirm, Musik	Tag	70
Schlosserei	mit Lärmschutzmaßnahmen	Tag	40
Schotterwerk		Tag	70
Speditionsbetrieb	mit Lagergebäude und Laderampen	Tag	61
Spenglerei/Glaserei		Tag	41
Stadion Buffet	mit Live-Musik	Nacht	63
Stahlbau, Seilbahnbau	geschlossene Fertigungshalle, schallgedämmte Öffnungen LKW/h, Portalkräne, Stapler, Transportgeräte	Tag	66
	w. o. im Freien nur Elektrostapler	Nacht	52
Steinbruch	Tagbau mit Aufbereitungsanlagen	Tag	70
Tankstelle	ohne Waschanlage	Tag	48
	mit Waschanlage	Tag	55
	mit Servicearbeiten bei offenen Toren	Tag	57
Tanzbar, Diskothek		Nacht	59
Tischlerei	Offenes Tor, gekippte Fenster Späneabsaugung, Spritzlackieranlage	Tag	66
	geschlossenes Tor, gekippte Fenster, Späneabsaugung, Spritzlackieranlage	Tag	61
Zimmerei	nach Lärmsanierung, besondere Dämmmaßnahmen	Tag	54
Zimmerei	ohne Außengeräusche, Fenster gekippt	Tag	62
Zimmerei	mit Außengeräuschen, Fenster und Türen offen	Tag	77