

TU

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

DIPLOMARBEIT

Master Thesis

IT- gestützte Umgebungslärmsituation

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplomingenieurs
unter der Leitung von

Ao.Univ.Prof. Dipl. Ing. Dr. Thomas Bednar

am

Institut für Hochbau und Technologie

Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz

Inst.-Nr.: E 206

Eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Bauingenieurwesen
A-1040 Wien, Karlsplatz 13

von

Philipp Retter

Matr.-Nr.: 9725515

A - 1070 Wien, Lindengasse / 27/ Top 21

Wien, im Juni 2009

.....
(Philipp Retter)

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei Ao.Univ.Prof. DI Dr. Thomas Bednar sehr herzlich bedanken, der in mir das Interesse für Bauphysik geweckt hat und mir mit seinem fachkundigen Wissen eine große Hilfe bei der Erstellung dieser Arbeit war!

Desweiteren möchte ich DI Hannes Konder für seine Mithilfe bei den bei größter Hitze durchgeführten Schalldruckpegelmessungen auf dem Areal der „Aspang - Gründe“ danken.

Ebenso möchte ich mich für die Unterstützung durch das Büro „RETTNER & Partner Ziviltechniker Ges.m.b.H.“ bedanken, allen voran Herrn Ing. Harald Brückl, der mir auf Grund seiner jahrelangen Erfahrung im Bereich Lärmtechnischer Untersuchungen Hilfestellung gab.

Mein persönlicher Dank gilt an dieser Stelle natürlich meinen Eltern, die mir immer uneingeschränkten Rückhalt geboten haben und es mir an Nichts fehlen ließen!

Danke für Euren Glauben!

Sara, fuori il mondo...

VORSPANN

IT - GESTÜTZTE UMGEBUNGSLÄRMSITUATION

Durch die vorliegende Arbeit wird der Versuch unternommen, die in der Praxis durch Simulation von Umgebungslärm gebotenen Möglichkeiten wissenschaftlich aufzuzeigen.

Das Thema dieser Arbeit lautet „IT– gestützte Umgebungslärmsituation“, deshalb muss vorerst geklärt werden, was unter dem Begriff „Lärm“ überhaupt zu verstehen ist. Der Versuch der Beantwortung dieser Frage ist in **Kapitel 2** „Was ist Schall, was ist Lärm?“ dargestellt. Es wird zunächst der Unterschied zwischen Schall und Lärm erläutert, und anschließend werden die verschiedenen Arten von Lärm sowie deren Quellen angeführt.

Das diplomarbeitsthemenbezogenen wichtigste Instrument stellt die Simulationssoftware SoundPLAN der Firma „Braunstein + Berndt GmbH“ dar, dessen Grundlagen in **Kapitel 3** diskutiert werden. Es erfolgt eine kurze Beschreibung der in der Software implementierten Rechenverfahren sowie der Umsetzung der physikalischen Eigenschaften von Schall.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit der Evaluierung der Software SoundPLAN. Es werden aus Messungen, Berechnungen und Simulationen Schalldruckpegel ermittelt und anschließend einander gegenübergestellt.

Im Zuge der Untersuchung der diplomarbeitsbezogenen Darstellung von Schallsimulationen gilt es auch die entsprechende derzeitige Normen- und Gesetzeslage diesbezüglich zu beurteilen. In **Kapitel 5** werden die in diesem Zusammenhang relevanten Dokumente – das Niederösterreichische Raumordnungsgesetz und die ÖAL Richtlinie 3 – analysiert und anschließend daraus relevante Daten extrahiert.

Kapitel 6 stellt das „Herzstück“ der Arbeit dar, nämlich die Umsetzung der in den vorangegangenen Abschnitten theoretisch diskutierten Grundlagen anhand eines ausgewählten Praxisbeispiels. Auf Schallmessungen und Verkehrszählungen basierend, erfolgt die Durchführung einer Lärmtechnischen Untersuchung, wobei das Hauptaugenmerk auf der darin inkludierten Schallsimulation liegt. Anhand von Raster- und Gebäudelärmkarten werden die schallschutztechnischen Eigenschaften des architektonischen Vorentwurfes sowie die Auswirkungen durch die Errichtung eines Schallschirmes untersucht.

Es sollen hierbei nicht nur die einzelnen normgerechten Verfahrensschritte, sondern auch die im Hintergrund der Simulationssoftware SoundPLAN ablaufenden Prozesse erläutert werden.

Da es den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, alle Auswirkungen unterschiedlicher Bebauungsformen, sowie sämtliche erdenklichen Typen von Schallschirmen und deren Kombinationen darzustellen und zu analysieren, versuche ich die durch den Einsatz von Simulationsprogrammen gebotenen Möglichkeiten aufzuzeigen. Dies erfolgte anhand eines vereinfachten Praxisbeispiels unter gleichzeitiger Wahrung einer gewissen Abstraktionshöhe.

ABSTRACT

IT – SUPPORTED SIMULATION OF SOUND

This paper presents scientific evidence on the potential Simulation of Sound may have in practical applications.

The topic of this work is “IT- gestützte Umgebungslärmsituation“, can be translated as “IT-Supported Simulation of Sound”. For this purpose, it was necessary to start by defining the term “sound”. **Chapter 2**, entitled “Was ist Schall, was ist Lärm?” makes an attempt to do so, and also explains the difference between “Sound” and “Noise” and presents their sources.

Chapter 3 outlines the assumptions underlying the simulation software SoundPLAN by „Braunstein + Berndt GmbH“, including a short description of its algorithms and implementation of the properties of sound.

Chapter 4 deals with the evaluation of the SoundPLAN software. Three sound intensity levels – one measured, one calculated and one simulated - are determined and compared with each other.

Chapter 5 analyzes relevant documents to evaluate the possibilities of effectively using simulation programs by listing relevant laws and standards and extracting relevant data.

Chapter 6 represents the core of this paper, as it transfers the theoretically discussed basics to a chosen practical example. Based on sound measurements and traffic censuses a sound analysis is carried out, focused on the included simulation, to determine the quality of the preliminary architectural draft and the impact baffle boards could have.

Therefore, not only procedural steps in compliance with standards, but also the assumptions underlying the simulation are discussed.

Since it would have gone beyond the scope of this work to simulate and analyze all types of building arrangements, baffle boards and their combinations, I tried to show the potential applications by using IT- based Simulations by means of a practical example and at the same time preserving a certain level of abstraction.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Einleitung	1
2 Was ist Schall, was ist Lärm?	2
2.1 Die sechs Arten von Lärm	5
2.2 Wo kommt all der Lärm bloß her?	6
3 SoundPLAN	8
3.1 Rechenverfahren	8
3.2 Schallquellen	9
3.3 Bodenreflexion und Raumwinkelmaß	10
3.4 Beugung, Hindernisse, Bodeneffekte, Bodendämpfung	10
3.5 Reflexion	12
4 Simulation und Wirklichkeit - Evaluierung von Soundplan	14
4.1 Schallausbreitung im Freien – Bestimmung von Schalldruckpegeln	14
4.1.1 Versuchsdurchführung	14
4.1.2 Ergebnisse der Messung	17
4.2 Simulation mit SoundPLAN	18
4.3 Rechnerische Ermittlung der Schalldruckpegel	20
4.4 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse	20
5 Rechtliche und normative Grundlagen	23
5.1 Das Niederösterreichische Raumordnungsgesetz	23
5.2 ÖAL-Richtlinie Nr. 3 Blatt 1	25
5.2.1 Verfahrensschritte	26
5.2.2 Flussdiagramm der Verfahrensschritte	27
5.2.3 Erläuterung der Verfahrensschritte	28
5.2.4 Definitionen nach ÖAL-Richtlinie Nr. 3 Blatt 1	33
6 Praxisbeispiel	37
6.1 Sozio-ökologisches Stadterweiterungsgebiet Krems – Gneixendorf	37
6.2 Verfahrensablauf	41

6.3	Schalltechnische Messung	42
6.3.1	Meteorologische Randbedingungen	43
6.3.2	Wetterbedingungen	47
6.3.3	Messgerät	47
6.4	Immissionsgrenzwerte	55
6.5	Kalibrierung	56
6.6	Verkehrsdaten	57
6.7	Lärmimmissionen	57
6.8	Erstellung der Datengrundlagen (Höhenmodell, Geofiles & DGM)	58
6.9	Lärmschutzmaßnahmen	63
6.9.1	Akustische Mindestanforderungen für Schallschirme	63
6.9.2	Dimensionierung der Lärmschutzwände	63
6.10	Szenario 1: Bestand ohne Verbauung, ohne Schallschutz	64
6.11	Szenario 2: Verbauung laut Studie inklusive straßenseitiger Schallschirme	68
6.12	Grobschätzung der Kosten	70
6.13	Ergebnis der Untersuchungen	70
7	Schlussfolgerungen und Zusammenfassung	71
8	Literaturverzeichnis	73
9	Abbildungsverzeichnis	75
10	Tabellenverzeichnis	77
11	Anhang	78

1 Einleitung

"Eines Tages wird der Mensch den Lärm so unerbittlich bekämpfen müssen wie die Cholera und die Pest."

(R. Koch)

Lärm, unerwünschter Schall, gilt als die am unmittelbarsten empfundene Umweltbelastung.

Die überwiegende Mehrheit, rund 80% der Einwohner in Ballungsgebieten, fühlen sich durch Umweltlärm belästigt und bei den Berufskrankheiten steht Lärmschwerhörigkeit noch immer an erster Stelle!

Der Verschärfung von Lärmgrenzwerten, dem annähernd exponentiell wachsenden finanziellen Aufwand für Lärmschutzmaßnahmen, den unzähligen Forschungsprojekten und Maßnahmen zur Emissionsminderung direkt an der Quelle, steht die zahlenmäßige Zunahme der Emittenten gegenüber. Dies führt zu einer Kompensation der erhofften Effekte der gesetzten Maßnahmen.

Des Weiteren kommt es gegenüber störenden Umwelteinflüssen, wie Lärm, zu einer Sensibilisierung der Bevölkerung und somit zu einer niedrigeren Akzeptanzschwelle gegenüber (vermeintlich) vermeidbaren Beeinträchtigungen durch Lärm.

Aufgabe eines modernen Planers kann es somit heutzutage nicht mehr sein, nur ein architektonisch- ästhetisches, konstruktiv einwandfreies, funktional optimales, logistisch ausgereiftes und unter Beachtung der Nachhaltigkeit geplantes Gebäude zu errichten, sondern ein laut Psychoakustik „optimales akustisches Design“ zu kreieren, das dem Benutzer in einem definierten Umfeld eine akustische Qualität schafft, welche im Optimalfall eine Beschwerdefreiheit garantiert.

Einen Ausweg aus diesem Dilemma würde eine nachhaltigere, weitsichtiger Politik im Bereich der Verkehrs- Raum- und Städteplanung bieten, jedoch lassen die aktuellen Entwicklungen befürchten, dass von dieser Seite keine allzu große Hilfe zu erwarten ist, und so sind es also die Planer, die den von R. Koch erwähnten, unerbittlichen Kampf gegen den Lärm an vorderster Front bestreiten müssen!

2 Was ist Schall, was ist Lärm?

„Als Schall bezeichnet man mechanische Schwingungen eines Mediums mit Frequenzen im Hörbereich des menschlichen Ohres (16 bis 20.000 Hz). Schall mit Frequenzen von weniger als 16 Hz heißt INFRASHALL, hat Schall Frequenzen von mehr als 20.000 Hz, so wird er als ULTRASCHALL bezeichnet.“¹

Die Asfinag versteht unter Schall einen „Schwingungsvorgang in Gasen (z.B. Luft), Flüssigkeiten (z.B. Wasser) oder festen Stoffen (z.B. Wände, Decken), der sich in diesen Medien wellenförmig ausbreitet. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit hängt vom jeweiligen Medium ab und beträgt in Luft bei Zimmertemperatur etwa 340m/s. Schwingungen der Luftteilchen bzw. die dadurch bewirkten Schwankungen des Luftdruckes, der so genannte Schalldruck, kann unser Gehör wahrnehmen.“² Sinngemäß werden die o.a. Ausführungen auch den maßgebenden Unterlagen der ÖAL Richtlinien zugrundegelegt.

Für den Begriff Lärm gibt es keine eindeutige Definition. Laut Asfinag „können wir aber etwa folgende Umschreibung wählen: Lärm ist die negativ gefärbte Erlebnisqualität, welche mit bestimmten Schallereignissen einhergeht. Lärm wird daher auch oft als – im weitesten Sinne – unerwünschter Schall bezeichnet. Unerwünscht deshalb, weil er belästigen, stören, aber auch die Gesundheit und das Wohlbefinden beeinträchtigen kann. Durch Lärm wird sozusagen ein ‚Alarmzustand‘ im Organismus hergestellt, der sich vor allem in allgemeinen Stressreaktionen, wie sie auch in anderen Belastungssituationen auftreten können (z.B. Ärger, Überforderung etc.), äußert.“³

Weiters kann es zu schwerwiegenden Auswirkungen auf bestimmte Organe und Organsysteme, wie erhöhte Puls- und Atemfrequenz, Hemmung der Magen- Darmtätigkeit, Verminderung der peripheren Durchblutung, Ausschüttung von Stresshormonen und ähnlichem, kommen. Bei Überschreitung einer gewissen Einwirkungsdauer können funktionelle Störungen, wie wiederholt vorkommende Schlafstörungen auftreten, die sich durch verzögertes Einschlafen, eine Verminderung der Schlaftiefe, Änderung des Schlafrhythmus und eine erhöhte Aufwachrate bemerkbar machen. Diese sind durch die Beeinträchtigung der Erholungsfähigkeit des Organismus von besonderer Bedeutung.

Außerdem kann es durch Lärmeinwirkung zu einer Verschlechterung der Konzentration und einer Beeinträchtigung der Kommunikation kommen. Der Versuch, ein angestrebtes

¹ Pech/Pöhn (2004) S.95

² www.asfinag.at

³ Ebenda

Leistungsniveau trotz beeinträchtigter Konzentration beizubehalten, führt im Allgemeinen zu vorzeitiger Ermüdung. Die Störung der sprachlichen Kommunikation (Gespräch, Radio, Telefon) kann erhebliche Spannungen zwischen den Kommunikationspartnern zur Folge haben, was wiederum zu einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens auf psychischer und sozialer Ebene führen kann. Weiters wurden Verhaltensänderungen, wie eine seltenere Nutzung von Freiräumen, die Verringerung der Häufigkeit von Einladungen und vor allem eine negative Veränderung im Lüftungsverhalten, welche sich in einem vermehrten Geschlossenhalten von Fenstern bemerkbar machte, beobachtet. Es liegt auf der Hand, dass dies die Lebensqualität deutlich reduziert.

Bei einer seit 1970 von der Statistik Austria durchgeführten Mikrozensus- Studie aus dem Mikrozensus-Sonderprogramm "Umweltbedingungen und Umweltverhalten" wurde auch die Lärmstörung abgefragt. Die vorliegenden Erhebungen stammen vom Dezember 2003.

Eines der wahrscheinlich wichtigsten Ergebnisse dieser Studie ist die Auswertung der Frage nach der Lärmstörung im Wohnbereich. **Laut dieser Studie fühlt sich rund ein Drittel der Bevölkerung durch Lärm gestört!** (siehe hierzu Abbildungen 2-1)

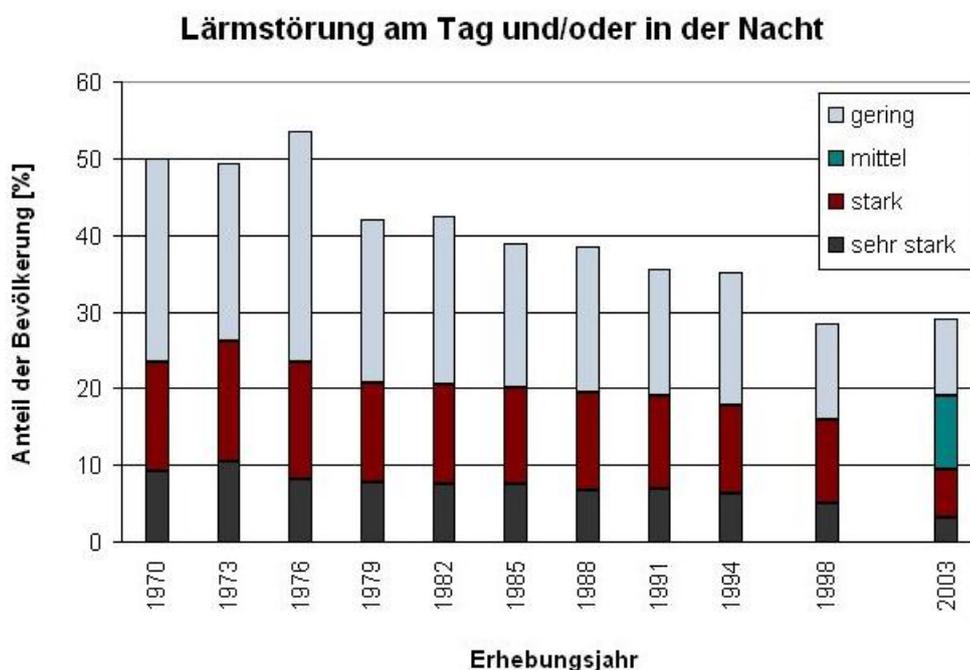


Abbildung 2-1: Mikrozensus-Sonderprogramm "Umweltbedingungen und Umweltverhalten Lärmstörung seit 1970¹

Dass das Ausmaß der Lärmstörung seit Beginn der 70er-Jahre abgenommen hat, lässt sich auf die Einführung strengerer Grenzwerte bei Fahrzeugen und auf die Errichtung von

¹ <http://www.asfinag.at>

Lärmschutzmaßnahmen an Straßen- und Schienenwegen zurückführen. Siehe hierzu die Abbildung 2-2 und Abbildung 2-3.

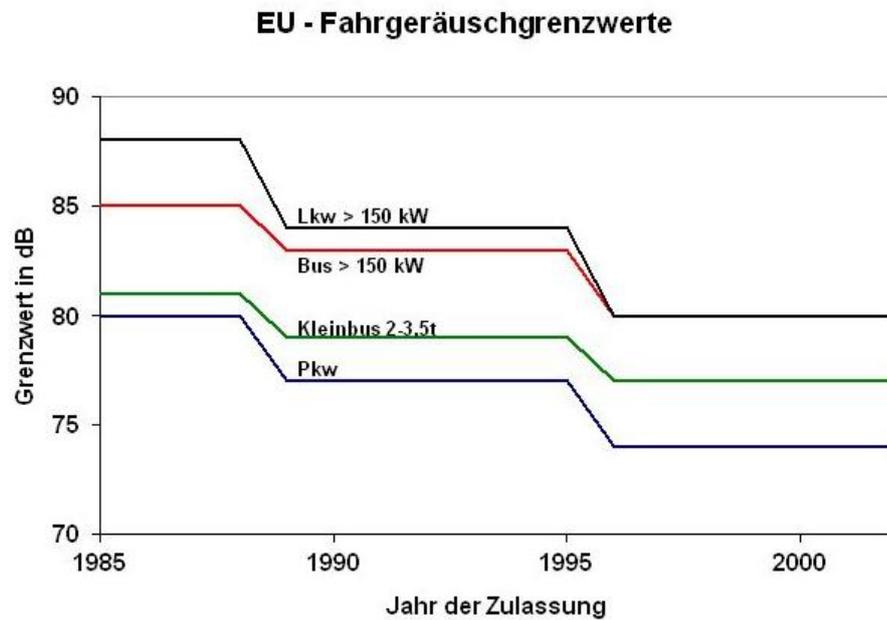
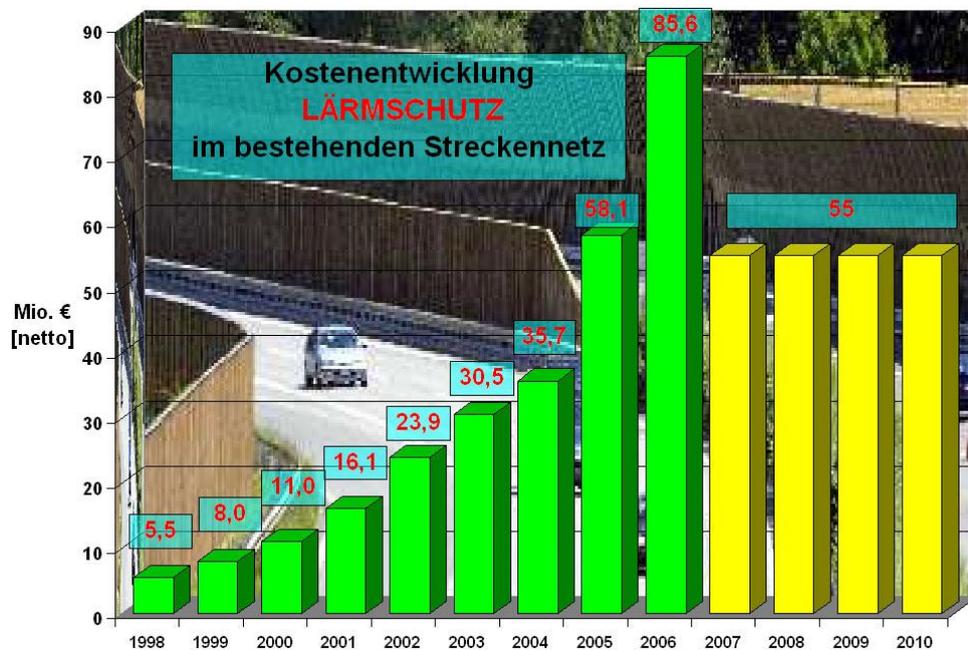


Abbildung 2-2: Entwicklung der EU - Fahrgeräuschkennwerte¹



Stand Ist 2006: 27.4.2007

Abbildung 2-3: Kostenentwicklung Lärmschutz im bestehenden österreichischen Verkehrsnetz²

¹ <http://www.asfinag.at>

² Ebenda

2.1 Die sechs Arten von Lärm

Lärm und die damit verbundenen Lärmstörungen werden in einzelne Untergruppen eingeteilt, für die unterschiedliche Gesetze und Richtlinien Gültigkeit haben.

Diese Untergruppen sind Arbeitslärm, Verkehrslärm, Industrie- und Gewerbelärm, Baulärm, Nachbarschaftslärm und Freizeitlärm.

Die Klinische Abteilung für Hör-, Stimm- und Sprachstörungen der Medizinischen Universität Innsbruck definiert die einzelnen Lärmkategorien folgendermaßen:

„Arbeitslärm:

Ist der am Arbeitsplatz bestehende Lärm, dem ein Arbeiter während einer definierten Zeit exponiert ist. Die EU-Richtlinie 2003/10/EG (Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm)) wurde im Februar 2003 erlassen und ersetzt die bisherige Lärm-Richtlinie aus 1986. Sie ist bis Februar 2006 durch staatliche Arbeitnehmerschutzvorschriften umzusetzen.

Die Richtlinie regelt die Pflichten von Arbeitgebern zur Ermittlung der Lärmexposition sowie Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Exposition. Die Richtlinie sieht einen Grenzwert von 87 dB(A) (gemittelter Lärmpegel pro 8-Stunden-Tag) vor, der unter Berücksichtigung der dämmenden Wirkung des persönlichen Gehörschutzes nicht überschritten werden darf. Als Grenzwert des Spitzenschalldrucks wird 140 dB (C) angegeben.

Verkehrslärm:

Lärm von öffentlichem Verkehr (Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm, Fluglärm, Schiffslärm).

Industrielärm- und Gewerbelärm:

Schallemissionen von Industriebetrieben, Handwerksbetrieben, Gaststätten, einschl. des Lärms durch Liefer- und Kundenverkehr auf dem Betriebsgelände. Gewerblich betriebene Diskotheken und Kultureinrichtungen fallen ebenfalls darunter.

Baulärm:

Der durch gewerbliche Bauarbeiten verursachte Lärm, einschl. der Bauarbeiten in privaten Wohnungen/Anlagen, sofern sie von einer Firma durchgeführt werden.

Nachbarschaftslärm:

Geräusche, die durch Tätigkeiten von Privatpersonen in der Nachbarschaft hervorgerufen werden (Abspielen von Wiedergabegeräten (Radio, HiFi), Parties, Heimwerkerarbeiten in der Wohnung oder im Garten, Betrieb von Fahrzeugen auf privatem Gelände, etc.).

Freizeitlärm:

Lärm von Freizeitanlagen (Vergnügungsparks, Spielplätze, Sportplätze, Musikdarbietungen,...). Bei Lärm aus kulturellen Einrichtungen und Diskotheken, die gewerblich betrieben werden, handelt es sich nicht um Freizeitlärm, sondern um Gewerbelärm.¹

In der Praxis wird man jedoch häufig mit Betrieben konfrontiert, die mehreren der oben erwähnten Gruppen zugeordnet werden können. Dazu gehören z.B. Freizeitanlagen, deren Musik für deren Besucher als Freizeitlärm, für die Anrainer als Gewerbelärm und für die Angestellten als Arbeitslärm bezeichnet werden kann.

2.2 Wo kommt all der Lärm bloß her?

Die nachstehende Graphik verdeutlicht die Häufigkeit der einzelnen Lärmquellen:

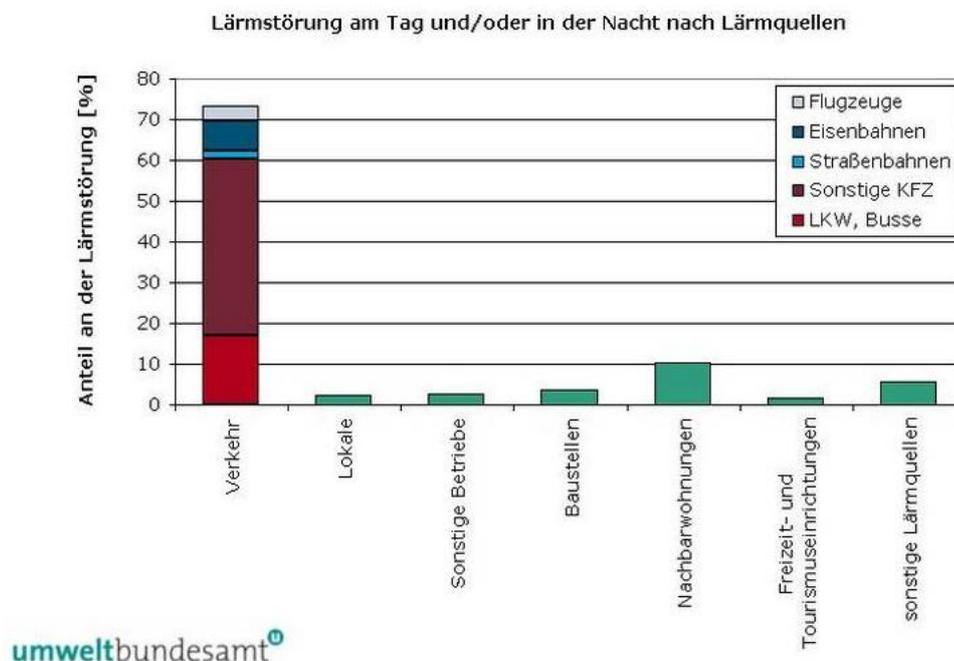


Abbildung 2-4: Anteile der Lärmquellen²

¹ <http://www.hss-innsbruck.at>

² <http://www.umweltbundesamt.at>

Eine 2003 von der „Statistik Austria“ im Rahmen des Mikrozensus-Sonderprogramms "Umweltbedingungen und Umweltverhalten" durchgeführte Befragung nach dem Verursacher der Lärmstörung ergab folgende eindeutige Ergebnisse:

Hauptverursacher von Lärm ist der Verkehr! Rund 73% der Betroffenen nannten diesen als Quelle. Dessen Zusammensetzung spricht ebenfalls für sich: 60% Straßenverkehr, 9% Schienenverkehr (Straßenbahnen eingeschlossen) und 4% Flugverkehr.

Diese Zahlen zeigen dramatisch, dass der unumstrittene „Spitzenreiter“ der störenden Lärmquellen der Individualverkehr ist und gibt Antwort darauf, wo vorrangiger Handlungsbedarf besteht!

3 SoundPLAN

SoundPLAN von der „Braunstein + Berndt GmbH“ ist in mehr als 50 Staaten mit unterschiedlichster Umweltgesetzgebung im Einsatz. Das Verwendungsgebiet umfasst Bebauungsplan und Schallimmissionsplanung, Betroffenheitsanalysen und Lärminderungsplanung sowie Berechnungen zu Luftreinhaltung, Umweltplanung und Umweltbewertung.

Bereits in der Version 6 wurde die Umgebungslärmrichtlinie der EU Direktive berücksichtigt. SoundPLAN wurde in Delphi programmiert, einer auf einer objektorientierten Variante von Pascal basierenden Version namens Object Pascal.

3.1 Rechenverfahren

„SoundPLAN arbeitet nach dem Teilstück- oder Sektorverfahren. Von einem Immissionsort aus werden Suchstrahlen im Abstandswinkel von (voreingestellt) 1° ausgesandt. Linien- und Flächenquellen werden dabei automatisch in Teilstücke zerlegt.“¹

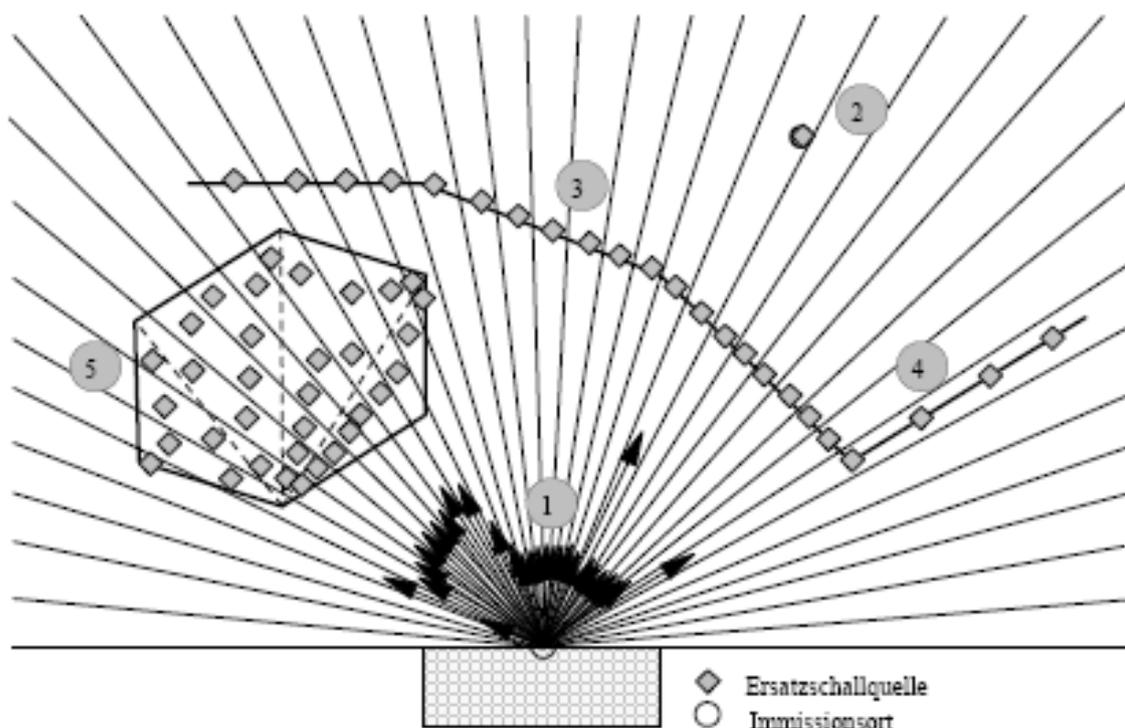


Abbildung 3-1: Prinzipskizze Suchwinkelverfahren und Zerlegung ²

¹ Braunstein + Berndt GmbH (2005) S.19-11

² Ebenda

„Die Skizze lässt folgende Eigenschaften erkennen:

1. Die Schallanteile, die aus den einzelnen Richtungen am Immissionsort eintreffen, werden maßstabsgerecht vom Immissionsort aus zentrisch abgetragen. Aus der Länge dieser Striche kann man den Teilpegel aus einem Suchstrahl entnehmen. Auf diese Weise entsteht das Pegeldiagramm mit den „dB(A)“-Ringen.
2. Punktschallquellen werden dem Sektor zugeordnet, in dem diese gefunden werden. Die Ausbreitungsberechnung bezieht sich auf den Schwerpunkt der Teilfläche oder -linie.
3. Linienschallquellen werden automatisch zerlegt.
4. Bei wegführenden Linienquellen und Flächenquellen erfolgt eine weitere Unterteilung durch Abprüfen der Bedingung $2 \cdot l < s$
 l = Teilstücklänge oder Diagonale der Teilfläche
 s = Abstand Mittelpunkt Teilfläche/Immissionsort
5. Flächenschallquellen werden zuerst in Dreiecke und erst dann weiter auf die Suchwinkel aufgeteilt. Auch bei Flächenschallquellen erfolgt eine Überprüfung, ob eine weitere Unterteilung notwendig ist. Die Überprüfung bezieht beispielsweise höhenabhängige Pegelunterschiede durch vorgelagerte Abschirmungen oder Wegfall von Bodendämpfung bei schrägen und senkrechten Flächen mit ein. Liegen die Pegel zwischen den einzelnen Eckpunkten eines Polygons weiter auseinander als ein in den Recheneinstellungen vorgegebener Wert, wird die Teilfläche weiter unterteilt. Diese Parameter werden durch die Einstellungen „Maximale Iterationsstufe“ und „Maximale Pegeldifferenz“ festgelegt.“¹

3.2 Schallquellen

SoundPLAN unterscheidet einerseits geometrisch zwischen Punktschallquellen, Linienschallquellen und Flächenschallquellen und andererseits nutzungsspezifisch zwischen Straßen, Schienenwegen und Parkplätzen. Danach müssen die einzelnen Schallquellenarten als Objekte definiert und die einer Schallquelle angehörende Emission muss in der Geodatenbank eingegeben und berechnet werden.

Als Flächenschallquelle kann eine Schallquelle definiert werden, wenn sie über ihre gesamte Fläche gleichförmige Pegel aufweist. Entspricht eine Quelle nicht diesen Anforderungen, muss sie in Teilflächen weiterzerlegt werden. Das wahlweise Ignorieren von

¹ Braunstein + Berndt GmbH (2005) S.19-11, adaptiert

Einzelergebnissen kann ein Zusammenfassen sonst nicht zusammenlegbarer Teilschallquellen in Gruppen ermöglichen.

„Die Geometrie von Linienschallquellen wird mit Stützpunkten, die SoundPLAN linear verbindet, festgelegt. Bei Flächenschallquellen werden die Begrenzungslinien digitalisiert. Wenn sich im Verlauf bei Linienquellen der Emissionspegel ändert, muss an dieser Stelle die Eigenschaft der Schallquelle verändert werden.[...]

Straßen-, Schienenwege und Schallquellen Gewerbelärm dienen nur zur Definition der Schallemissionseigenschaften. Schirmt ein Straßendamm beispielsweise den Lärm einer dahinter verlaufenden Bahnlinie ab, ist der Straßendamm mittels Höhenlinien getrennt davon zu beschreiben.“¹

3.3 Bodenreflexion und Raumwinkelmaß

Je nach Rechenvorschrift finden verschieden Methoden zur Ermittlung der von Bodenreflexion und Abstrahlungscharakteristik ausgehenden Einflüsse Anwendung. Für die landesspezifischen Rechenvorschriften wird hier auf die jeweiligen Normen verwiesen.

3.4 Beugung, Hindernisse, Bodeneffekte, Bodendämpfung

Es ist darauf zu achten, dass der Schall sowohl bei Wänden als auch bei Wällen NUR ÜBER die jeweiligen horizontalen Beugungskanten gebeugt wird!

Abhängig von den einzelnen Rechenvorschriften kann jedoch eine SEITLICHE BEUGUNG des Schalls mit berechnet werden. Diese seitliche Beugung wird in den Rechenvorschriften VDI 2714, ISO 9613 – 2 und ÖAL 28 berücksichtigt.

Horizontaler Schallumweg

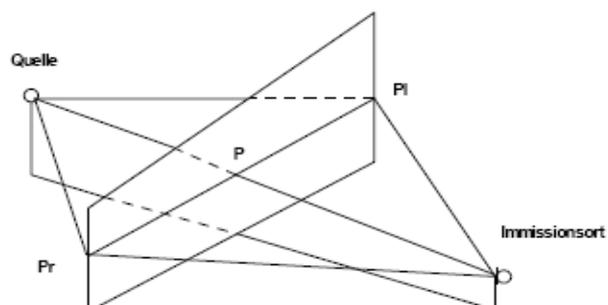


Abbildung 3-2: Seitliche Beugung, Prinzipskizze ²

¹ Braunstein + Berndt GmbH (2005) S.19-12

² Ebenda S.19-14

Es ist in diesem Fall jedoch mit höheren Rechenzeiten zu rechnen. Nur wenn eine Verbindungslinie von einer Schallquelle zum dazugehörigen Immisionspunkt geschnitten wird, wird das Hindernis für seitliche Beugungen „mitgerechnet“. Generell werden für seitliche Beugungen die geometrischen Gebäudedaten und die geometrischen Daten von Wällen verwendet.

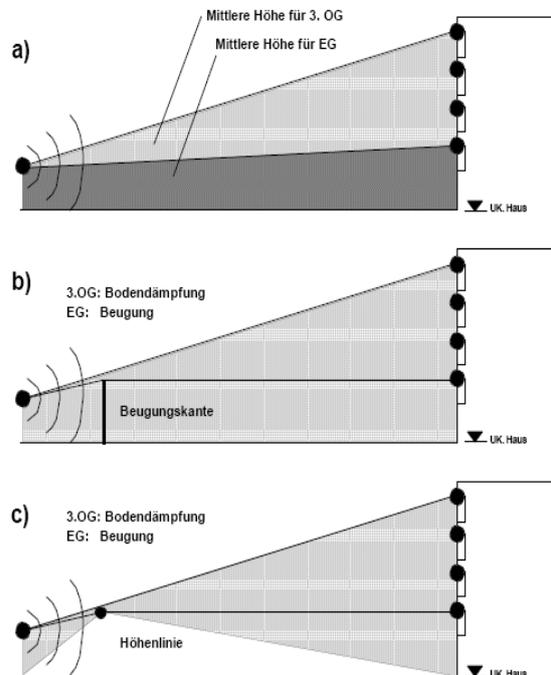
Für genauere Ausführungen und Skizzen zum Thema „Möglichkeiten und Grenzen des Rechenalgorithmus“ wird an dieser Stelle auf das „Handbuch SoundPLAN“ s.19-14 der Braunstein + Berndt GmbH verwiesen.¹

Beugungskanten hingegen sind immer wirksam, auch dann, wenn keine Wandhöhe eingegeben ist.

Unterbrechen Höhenlinien die Sichtverbindung, werden diese als Hindernisse betrachtet.

Im Vergleich dazu wird bei Bruchkanten - auch bei noch nicht unterbrochener Sichtverbindung - der negative Umweg des Schalls berechnet.

Die folgende Abbildung macht die Unterschiede zwischen Höhenlinien und Beugungskanten verständlich:



a) „Es ist nur Bodendämpfung vorhanden, die sich im Erdgeschoss aus dem dunkel unterlegten Bereich, für das 3. OG aus dem hell und dunkel unterlegten Bereich ergibt.“

b) Das Erdgeschoss wird durch Beugung beeinflusst, das 3. OG durch Bodendämpfung. Die Beugungskante ist für das 3. Geschoss ohne Bedeutung, sofern die Richtlinie keinen negativen Schallumweg auswertet.

c) Die Höhenlinie entspricht im Erdgeschoss einer Beugungskante. Im 3. OG nimmt die Höhenlinie ebenfalls einen (geringen) Einfluss auf die Bodendämpfung.“²

Abbildung 3.3: Beugung und Bodendämpfung³

¹ Braunstein + Berndt GmbH (2005) S.19-14

² Ebenda S. 13

³ Ebenda

Generell ist es nicht empfehlenswert, eine allzu genaue Abstufung von digitalen Geländedaten vorzunehmen. Es erscheint dagegen ratsam, Geländekanten immer als Bruchkanten zu definieren, da diese einerseits zur Berechnung der Beugung und andererseits zur Berechnung der Bodendämpfung verwendet werden.

3.5 Reflexion

„Reflektierter Schall wird nicht mit seitlicher Beugung gerechnet!“¹

SoundPLAN ist im Stande, Reflexionen eigenständig zu erkennen, der Benutzer muss jedoch die Zahl der Reflexionen bestimmen. Erster Schritt des internen Rechenverfahrens ist die Überprüfung, ob der jeweilige, auf eine reflektierende Fläche eintreffende Suchstrahl diese überhaupt trifft. Erst danach werden alle weiteren normenspezifischen Überprüfungen vorgenommen.

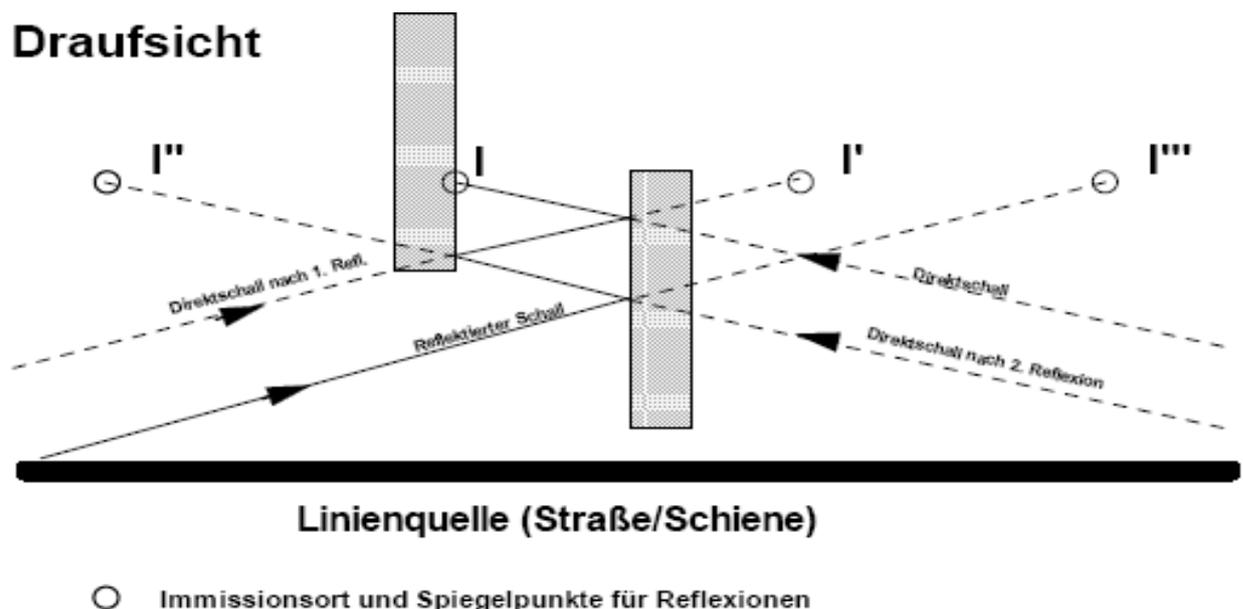


Abbildung 3.4: Behandlung von Reflexionen ²

Die Reflexiefenberechnungen werden maßgeblich von 2 Parametern beeinflusst. Die Reflexiefe gibt hierbei an, wie oft die Anzahl von potenziell reflektierenden Flächen überschritten werden darf, damit weitere Reflexionen gefunden werden können.

Der zweite Parameter, die Reflexzahl, besagt, nach der wievielten Reflexion des Suchstrahls der Suchvorgang abgebrochen wird.³ Siehe hierzu Abbildung 3-5.

¹ Braunstein + Berndt GmbH (2005) S.19-15

² Ebenda

³ vgl. ebenda

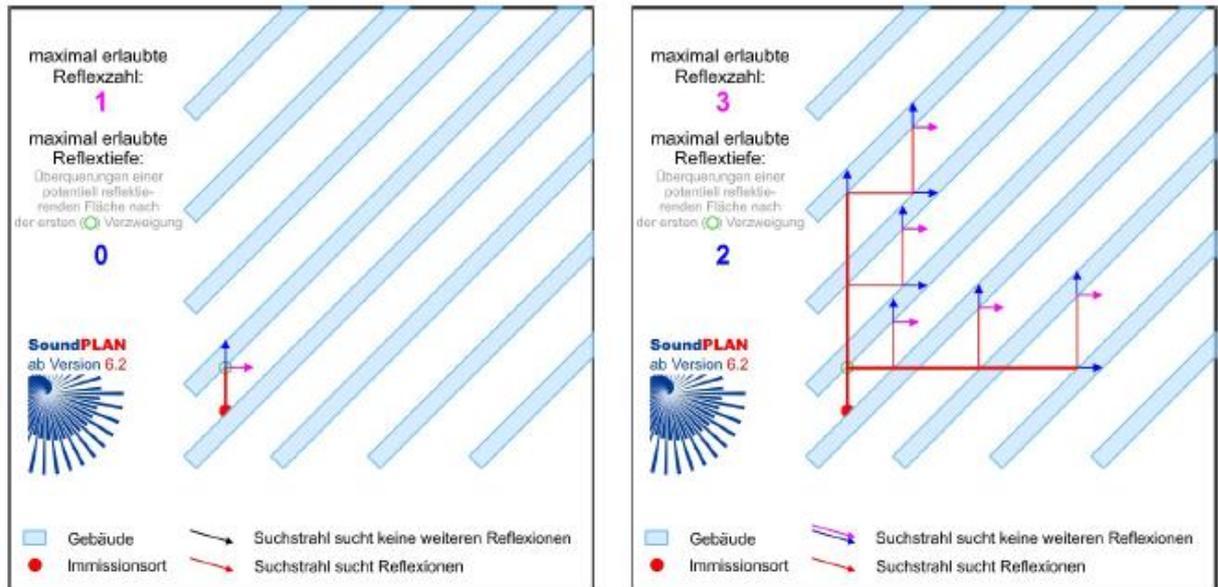


Abbildung 3-5: Erläuterung von Reflextiefe und Reflexzahl¹

¹ Braunstein + Berndt GmbH (2005) S.19-15

4 Simulation und Wirklichkeit - Evaluierung von Soundplan

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Evaluierung der Software SoundPLAN. Es werden drei auf verschiedene Arten gewonnene Schalldruckpegel ermittelt und anschließend einander gegenübergestellt, wobei diese aus

- Schalldruckpegelmessungen
- Berechnungen und
- Simulationen

stammen.

4.1 Schallausbreitung im Freien – Bestimmung von Schalldruckpegeln

Dazu möge der im Folgenden beschriebene Versuch dienen.

Auf dem Gelände vor dem Institut für Hochbau und Technologie, Zentrum für Bauphysik und Bauakustik, den sogenannten „Aspang Gründen“ in der Adolf-Blamauergasse in 1030 Wien, wurden Schalldruckpegel für verschiedene Empfangspositionen bestimmt.

4.1.1 Versuchsdurchführung

Auf dem Versuchsgelände wurden als erster Schritt die Lage der Punktschallquelle und der insgesamt 8 Messpunkte festgelegt und eingemessen.

Als Schallquelle diente ein Knallkörper. Zwei Meter vor diesem befand sich ein Referenzmesspunkt, um den Einfluss der unterschiedlichen Lautstärken der Schüsse erfassen und kompensieren zu können. Die sieben weiteren Mikrophone wurden auf den Messpunkten platziert, wobei alle eine Messhöhe von 130 cm über Boden aufwiesen. Die Schallquelle befand sich in einer Höhe von 200 cm.

Während des Versuchs wurde nacheinander jeweils ein Knallkörper gezündet und die Schallpegel der insgesamt acht Mikrophone synchron mit einem Schallpegelmesser

aufgezeichnet. Zeitgleich wurden die tatsächlich während der Messungen vorherrschenden Windverhältnisse festgehalten.

Das Gelände, die genaue Lagen der einzelnen Messpunkte sowie deren Beziehungen zueinander sind in folgenden Abbildungen 4-1 bis 4-3 ersichtlich.

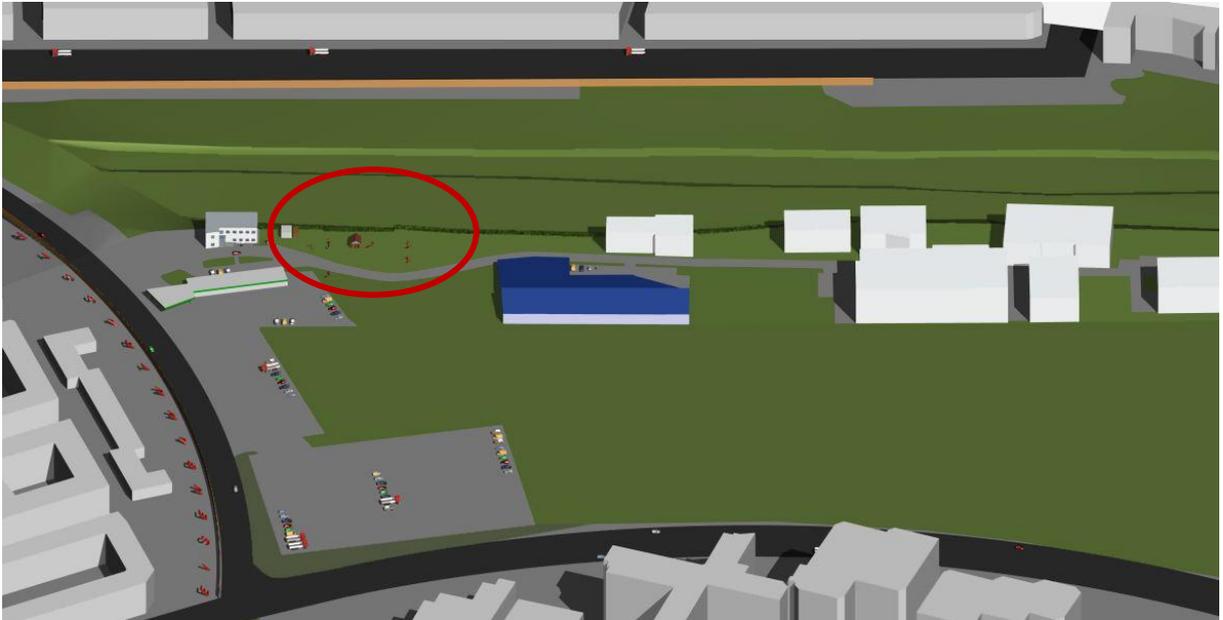


Abbildung 4-1: Aspang Gründe

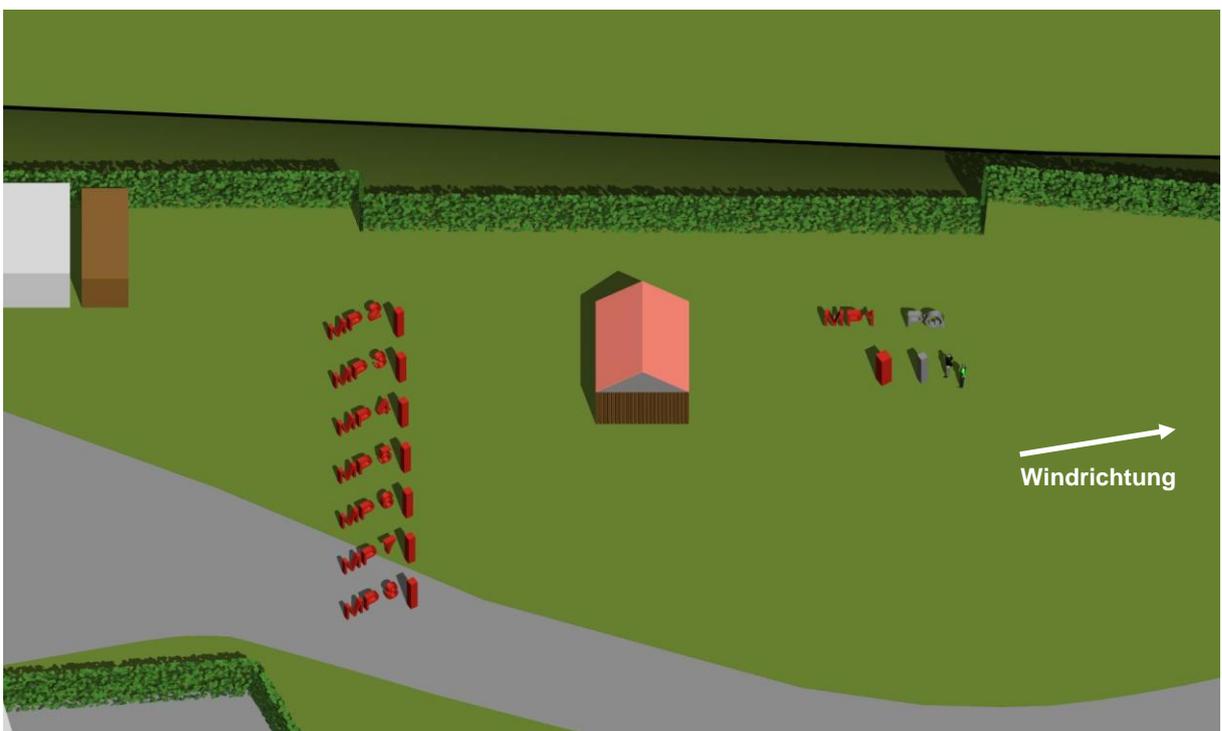


Abbildung 4-2: Versuchsanordnung Schallmessung

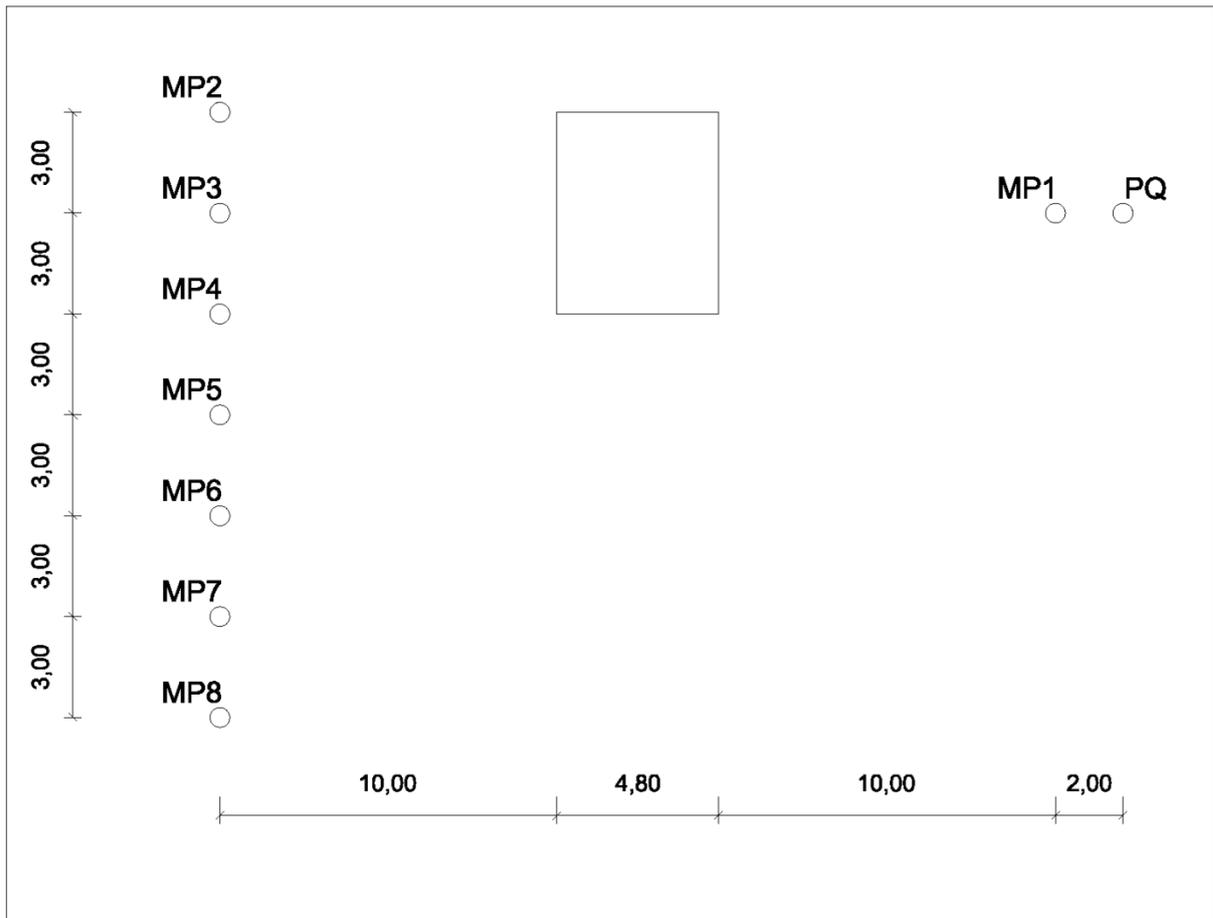


Abbildung 4-3: Lageplan - Versuchsanordnung

4.1.2 Ergebnisse der Messung

Von den im Rahmen der Messreihe erfassten Datensätzen wurden zunächst die aufgrund eines Plausibilitätschecks als unbrauchbar eingestuft und anschließend die nach oben beziehungsweise nach unten „ausreißenden“ Daten ausgeschieden.

Danach wurden von den verbleibenden Datensätzen 4 bei Windstille (0 m/s) und 2 bei Gegenwind (- 3/sec) zur folgenden Evaluierung herangezogen. Diese sowie die für den abschließenden Vergleich der jeweiligen Schalldruckpegel aus Messungen, Berechnungen und Simulationen benötigten arithmetischen Mittel der Messreihen (bei Windstille beziehungsweise Gegenwind) sind in Tabelle 4-1 angeführt:

Messergebnisse Aspanggründe								
Messung	17	19	25	22	Ar. Mittel	18	19	Ar. Mittel
	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
Wind:	+/-0m/s	+/-0m/s	+/-0m/s	+/-0m/s	+/-0m/s	-3m/s	-3m/s	-3m/s
MP 1	122,2	122,3	122,8	122,8	122,5	123,6	124,6	124,1
MP 2	70,0	70,4	70,0	70,3	70,2	71,1	72,7	71,9
MP 3	64,6	64,6	64,8	64,3	64,6	67,2	66,7	66,9
MP 4	67,8	66,6	67,5	66,3	67,0	70,7	68,7	69,7
MP 5	77,0	76,0	79,5	76,1	77,2	79,3	78,4	78,8
MP 6	85,0	83,8	86,0	83,7	84,6	87,6	86,5	87,1
MP 7	84,3	85,7	86,7	83,3	85,0	87,6	88,5	88,0
MP 8	83,5	82,4	85,0	80,8	82,9	85,2	85,1	85,1

Tabelle 4-1: Messergebnisse Schallpegelmessung Aspang Gründe

Die Schallwelle an den Punkt MP5 wird vom Haus teilweise abgeschirmt. Hierbei ist nur jener Teil um die tangentielle Ecke maßgebend. Die Abschirmung über das Dach und um die gegenüberliegende Ecke ist zu groß, weshalb deren Einflüsse vernachlässigt werden können.

$$D_z = 10 \log \left(3 + 20 \frac{z}{\lambda} \right)$$

$$z = aq + al - s$$

Im gegenständlichen Fall ist $aq+al = s$, weshalb $z=0$, daher

$$D_z = 10 \log(3)$$

4.2 Simulation mit SoundPLAN

Als nächster Schritt wurden die in Kapitel 4.1.1 beschriebenen Schallmessungen mittels SoundPLAN 6.x simuliert.

Hierbei wurde das in Österreich gebräuchliche Rechenverfahren nach ISO 9613 – 2 angewandt, welches folgende, für diese Arbeit hervorzuhebende Parameter, berücksichtigt:

- seitliche Beugung des Schalls
- Schallausbreitungsbedingungen bei leichtem Mitwind

Als Wert für die Schallquelle wurde das arithmetische Mittel der in Punkt MP1 gemessenen Schalldruckpegel in Höhen von 122,5 dB (A) angenommen. Diese Schallquelle wurde in der Simulation als Punktschallquelle an der Position des ersten Messpunktes MP1 platziert, um gleichwertige Ausgangsschalldruckpegel zu schaffen.

Da das nach ISO 9613 – 2 implementierte Rechenverfahren nicht die zahlenmäßige Eingabe der vorherrschenden Windgeschwindigkeiten erlaubt, erfolgt die Simulation unter der Annahme einer leichten Mitwindsituation. Des Weiteren wurden folgende Parameter festgelegt:

- homogener Untergrund: Gras
- keine umliegenden Gebäude berücksichtigt
- Annahme der Gebäudehöhe: Containerhöhe + halbe Dachhöhe.

Die Ergebnisse der Simulation sind im Folgenden sowohl tabellarisch, als auch in Form von Rasterlärmkarten – einmal mit 5dB und einmal mit 2dB Pegelschritten, angeführt.

Simulation Aspang Gründe	
Emissions-/ Immissionsort	Lp,max [dB(A)]
PQ	122,5
MP2	70,9
MP3	70,9
MP4	70,9
MP5	72,6
MP6	84,7
MP7	84,2
MP8	83,5

Tabelle 4-2: Simulationsergebnisse Aspang Gründe

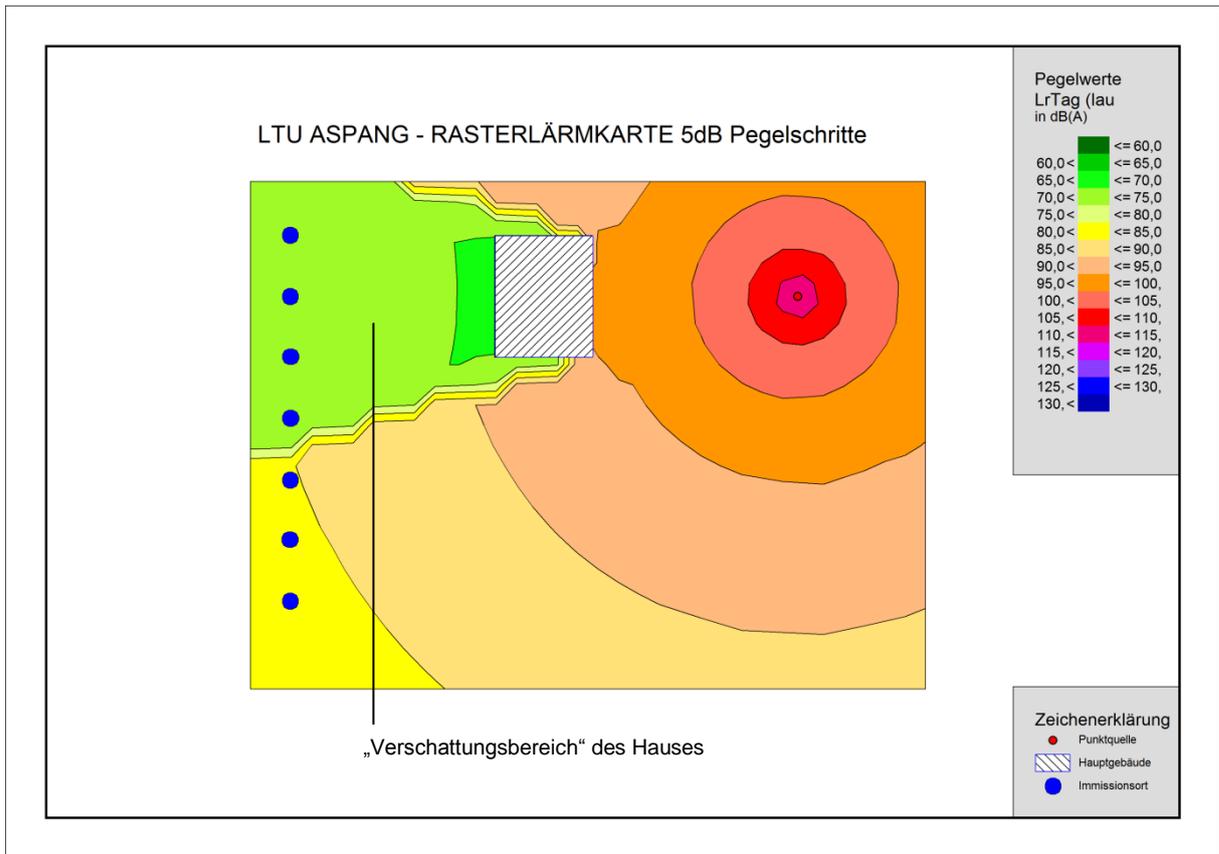


Abbildung 4-4: Rasterlärnkarte – 5dB Pegelschritte

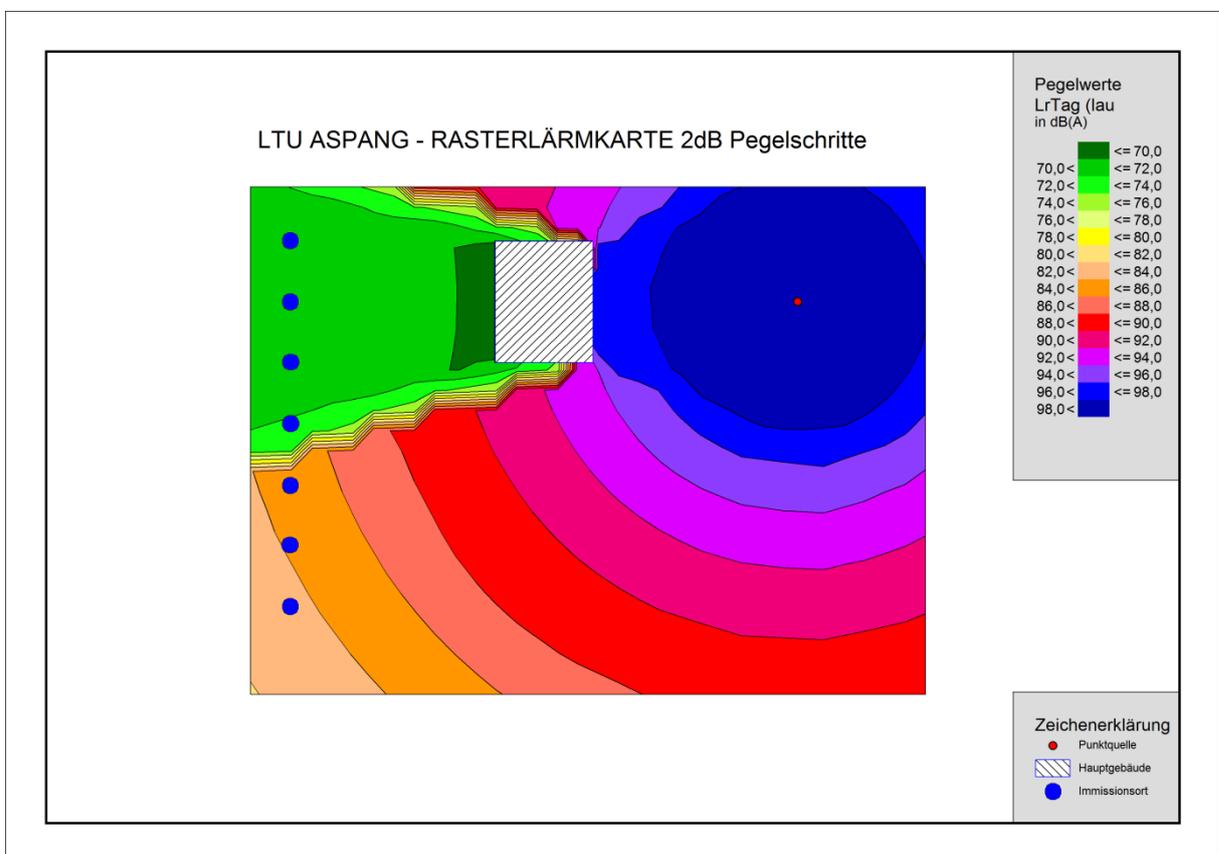


Abbildung 4-5: Rasterlärnkarte - 2dB Pegelschritte

4.3 Rechnerische Ermittlung der Schalldruckpegel

Während sich die Messpunkte MP2, MP3 und MP4 komplett im Schallschatten des zwischen ihnen und der Punktschallquelle befindlichen „Containerhauses“ befinden, liegt der Messpunkt MP4 im „Grenzbereich“ der Verschattung.

Da zwischen den Messpunkten MP5, MP6 und MP7 und der Punktschallquelle kein Hindernis liegt, kann die Ausbreitung des Schalls zwischen dem Emissionsort und dem Immissionsbereich mittels der Gleichung für „halbkugelförmig strahlende Quellen“ ermittelt werden.

$$L_p = L_W - 8 - 20 \lg s^1,$$

wobei

L_p Schalldruckpegel auf der Hüllfläche [dB]

L_W Schallleistungspegel der Quelle [dB]

s Abstand zwischen L_p und L_W

bedeutet.

Berechnung Aspang Gründe	
Emissions-/ Immissionsort	$L_{p,max}$ [dB(A)]
MP6	83,1
MP7	82,7
MP8	82,3

Tabelle 4-3: Berechnungsergebnisse Aspang Gründe

4.4 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Betrachtet man die einzelnen aus Messungen, Berechnungen und Simulation gewonnenen Schalldruckpegel, erkennt man zwar gewisse Abweichungen der einzelnen Werte voneinander, der Verlauf lässt jedoch einen eindeutigen Trend erkennen. Dieser ist beispielhaft für das arithmetische Mittel der Schalldruckpegelmessungen bei Windstille in folgender Abbildung dargestellt.

¹ Fasold / Veres (2003) S.34

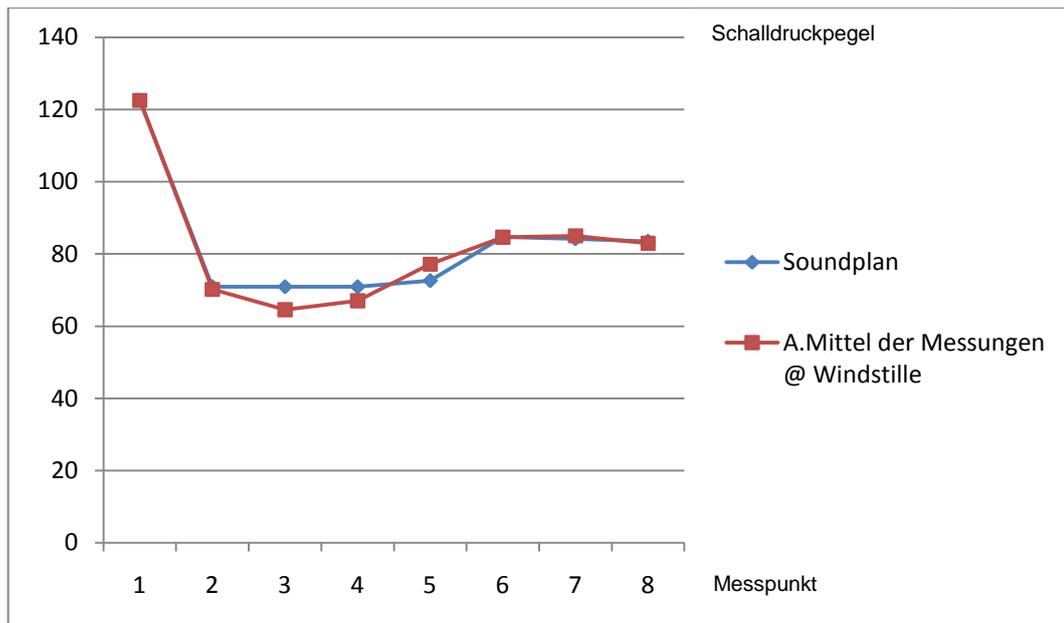


Abbildung 4-6: Trend des Schalldruckpegelverlaufes von Messungen & SoundPLAN

Besonderes Augenmerk ist auf die aus Messungen, Berechnungen und Simulation gewonnenen Schalldruckpegel zu legen. Es ist festzustellen, dass

- das arithmetische Mittel der Schalldruckpegel der Messpunkte MP6, MP7 und MP8 der Messungen bei Windstille etwas über den mittels SoundPLAN ermittelten Ergebnissen liegt
- das arithmetische Mittel der der Schalldruckpegel Messpunkte MP6, MP7 und MP8 der Messungen bei Gegenwind etwas unter den mittels SoundPLAN ermittelten Ergebnissen liegt
- der mittels der Gleichung für „halbkugelförmig strahlende Quellen“ ermittelte Schalldruckpegel der Messpunkte MP6, MP7 und MP8 etwas unter den mittels SoundPLAN ermittelten Ergebnissen liegt.

Die Ergebnisse der gemessenen, errechneten, sowie simulierten Schalldruckpegel sind in Tabelle 4-4 zusammengefasst.

Ergebnisgegenüberstellung Aspang Gründe				
Messung	Ar. Mittel dB(A)	Ar. Mittel dB(A)	Berechnung dB(A)	Soundplan dB(A)
Wind:	+/-0m/s	-3m/s	+/-0m/s	gemäß ISO 9613-2
MP 1	122,5	122,6	-	122,5
MP 2	70,2	71,7	-	70,9
MP 3	64,6	67,3	-	70,9
MP 4	67,0	67,9	-	70,9
MP 5	77,2	78,7	-	72,6
MP 6	84,7	83,4	83,1	84,7
MP 7	85,0	82,6	82,7	84,2
MP 8	82,9	82,5	82,3	83,5

Tabelle 4-4: Ergebnisgegenüberstellung Ergebnisse Aspang Gründe

Unter Berücksichtigung aller vorliegenden Ergebnisse lässt sich folgender eindeutiger Schluss ziehen:

Die mit Hilfe der Simulationssoftware ermittelten Ergebnisse entsprechen sowohl den durch Messung, als auch den mittels der Gleichung für „halbkugelförmig strahlende Quellen“, berechneten Schalldruckpegeln. Die Abweichungen der Ergebnisse sind neben der Sensibilität der verwendeten Messausrüstung nachweislich auf die unterschiedlichen Windverhältnisse zurückzuführen.

5 Rechtliche und normative Grundlagen

Für ein besseres Verständnis des in Kapitel 6 behandelten Praxisbeispiels erscheint es dienlich, im Folgenden einen kurzen Überblick über hierfür relevante Gesetze zu geben, ohne dabei Anspruch auf Vollständigkeit erheben zu wollen.

5.1 Das Niederösterreichische Raumordnungsgesetz

Bei der Vollziehung des Niederösterreichischen Raumordnungsgesetzes 1976, in der Fassung vom 7. September 2007, gilt es unter Anderem, folgende Leitziele zu beachten:

„1. Generelle Leitziele:

[...]

i) Vermeidung von Gefahren für die Gesundheit und Sicherheit der Bevölkerung. Sicherung bzw. Ausbau der Voraussetzungen für die Gesundheit der Bevölkerung insbesondere durch

[...]

- Schutz vor Gefährdungen durch Lärm, Staub, Geruch, Strahlungen, Erschütterungen u. dgl.;

[...]“¹

Die Kernaussage für das in Kapitel 6 beschriebene Projekt steckt in §14 des Niederösterreichischen Raumordnungsgesetzes von 1976, in der Fassung vom 28.Juni 2007:

„§ 14 Flächenwidmungsplan

[...]

(2) Bei der Erstellung von Flächenwidmungsplänen ist unter Berücksichtigung der überörtlichen Planungen auf folgende Planungsrichtlinien Bedacht zu nehmen:

[...]

19. Bei der erstmaligen Widmung von Bauland sind bei der Festlegung von lärmsensiblen Widmungsarten (Wohnbauland, Sondergebiete für Krankenhäuser, Kur- und Erholungseinrichtungen u. dgl.) folgende Grundsätze zu beachten:

a) Flächen, die nur durch abschirmende Maßnahmen (z.B. Lärmschutzwälle) für den beabsichtigten Widmungszweck für eine Umwidmung in Frage kommen, dürfen nur dann

¹ NÖ ROG 1976, 8000-23 (2007) § 1

gewidmet werden, wenn aus Sicht des Lärmschutzes keine besser geeigneten Flächen für den selben Widmungszweck verfügbar sind;

b) Bei der Beurteilung des Lärmausmaßes ist nicht nur die aktuelle Situation, sondern auch die absehbare Entwicklung (z.B. gemäß Verkehrsprognosen) zu berücksichtigen;

c) Sind keine besser geeigneten Flächen für eine Umwidmung im Sinne von lit.a verfügbar, so ist eine Umwidmung auf Grund von abschirmenden Maßnahmen erst dann zulässig, wenn die auf Grundlage eines Lärmschutzprojektes gewählten Schutzmaßnahmen bezeichnet und sichergestellt sind. Lärmschutzwände sind als Schutzmaßnahme unzulässig, wenn derselbe Zweck durch optisch besser geeignete Maßnahmen (z.B. bepflanzte Wälle) erreicht werden kann. Darüber hinaus ist die künftige Bebauung durch geeignete Festlegungen in einem Bebauungsplan auf das Lärmschutzprojekt abzustimmen.

(3) Die Landesregierung hat durch Verordnung nach dem jeweiligen Stand der Wissenschaften und unter Berücksichtigung des die Gesundheit der betroffenen Bewohner belastenden Lärms den äquivalenten Dauerschallpegel für die Widmungen Wohngebiet, Kerngebiet, Betriebsgebiet, Agrargebiet, Sondergebiet und Gebiete für erhaltenswerte Ortsstrukturen zu bestimmen, auf den bei der Festlegung der Widmungsart der verschiedenen Flächen im Lageverhältnis zueinander Bedacht zu nehmen ist.¹

Im Folgenden nun einige relevante, wortwörtliche Auszüge aus dem Niederösterreichischen Raumordnungsgesetz:

„I. Abschnitt

Allgemeines

§ 1

Begriffe und Leitziele

(1) Im Sinne dieses Gesetzes gelten als

1. Raumordnung: die vorausschauende Gestaltung eines Gebietes zur Gewährleistung der bestmöglichen Nutzung und Sicherung des Lebensraumes unter Bedachtnahme auf die natürlichen Gegebenheiten, auf die Erfordernisse des Umweltschutzes sowie die abschätzbaren wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Bedürfnisse seiner Bewohner und der freien Entfaltung der Persönlichkeit in der Gemeinschaft, die Sicherung der

¹ NÖ ROG 1976, 8000-23 (2007) § 14

lebensbedingten Erfordernisse, insbesondere zur Erhaltung der physischen und psychischen Gesundheit der Bevölkerung, vor allem Schutz vor Lärm, Erschütterungen, Verunreinigungen der Luft, des Wassers und des Bodens, sowie vor Verkehrsunfallsgefahren;

[...]

4.Wohnbauland: das Bauland, für welches gemäß § 16 Abs. 1 Z. 1, 2 und 5 im Flächenwidmungsplan die Widmungen Wohngebiet, Kerngebiet oder Agrargebiet festgelegt werden;

[...]

7.Widmungsart: funktionale Untergliederung des Baulandes, des Grünlandes oder der Verkehrsflächen.

[...]“¹

„§ 14

Flächenwidmungsplan

(1) Der Flächenwidmungsplan hat das Gemeindegebiet entsprechend den angestrebten Zielen zu gliedern und die Widmungsarten für alle Flächen festzulegen oder nach Maßgabe des § 15 Abs. 2 kenntlich zu machen. Für übereinanderliegende Ebenen dürfen verschiedene Widmungsarten festgelegt werden.“²

5.2 ÖAL-Richtlinie Nr. 3 Blatt 1

Ziel dieser Richtlinie ist es, Menschen im Nachbarschaftsbereich von Schallquellen Schutz zu gewährleisten, wobei einerseits die Anwendung der oberen Grenzwerte der Vermeidung von gesundheitsschädigenden Schalleinwirkungen dient und andererseits das Einhalten eines „Planungstechnischen Grundsatzes“ ein Relevanzkriterium bezüglich des Kriteriums der unzumutbaren Lärmbelästigung darstellt.

Da das Festlegen einer Grenze für die Zumutbarkeit einer Belästigung durch Lärm nicht direkt aus der Richtlinie ableitbar ist, kann diese individuelle Beurteilung nur anhand einer schalltechnischen und lärmmedizinischen Beurteilung durch die jeweilige Behörde erfolgen.³

Obengenannte Richtlinie soll eine „einheitliche und nachvollziehbare Beurteilung von Schallemissionen ermöglichen“⁴, wobei ihr Anwendungsbereich unter anderem die für das

¹ NÖ ROG 1976, 8000-23 (2007) § 1

² Ebenda § 14

³ vgl. ÖAL 3 (2008) S.III

⁴ ÖAL 3 (2008) S.1

Praxisbeispiel in Kapitel 6 relevante Beurteilung von Schallimmissionen von Straßenverkehr umfasst.

Dieses Verfahren zur Beurteilung von Schallimmissionen von Straßenverkehr hat grundsätzlich für Immissionsorte im Freien zu erfolgen. Es findet sich in Kapitel 5 „Schallimmissionen von Straßenverkehr“ der OAL und soll nachfolgend diskutiert werden.

Bei der Systematik oben genannter Arbeit wurden Flussdiagramme und Verfahrensanweisungen gewählt, um eine Überprüfbarkeit und Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten und die Varianz der damit erstellten Gutachten zu minimieren.

5.2.1 Verfahrensschritte

- „Ermittlung des Beurteilungspegels des Straßenverkehrs $L_{r, \text{Straße}}$ [...]
- Abfrage: Ist der Beurteilungspegel des Straßenverkehrs $L_{r, \text{Straße}}$ am Tag größer 65 dB, am Abend größer 60 dB oder in der Nacht größer 55 dB [...]
- Ermittlung des Beurteilungspegels der ortsüblichen Schallimmission repräsentativer Quellen $L_{r, o}$ [...]
- Ermittlung des Planungsrichtwertes nach Flächenwidmungskategorie $L_{r, FW}$ [...]
- Ermittlung des Planungswertes für die spezifische Schallimmission $L_{r, PW}$ [...]
- Prüfung, ob der Planungstechnische Grundsatz eingehalten ist [...]“¹

¹ ÖAL 3 (2008) S.28

5.2.2 Flussdiagramm der Verfahrensschritte

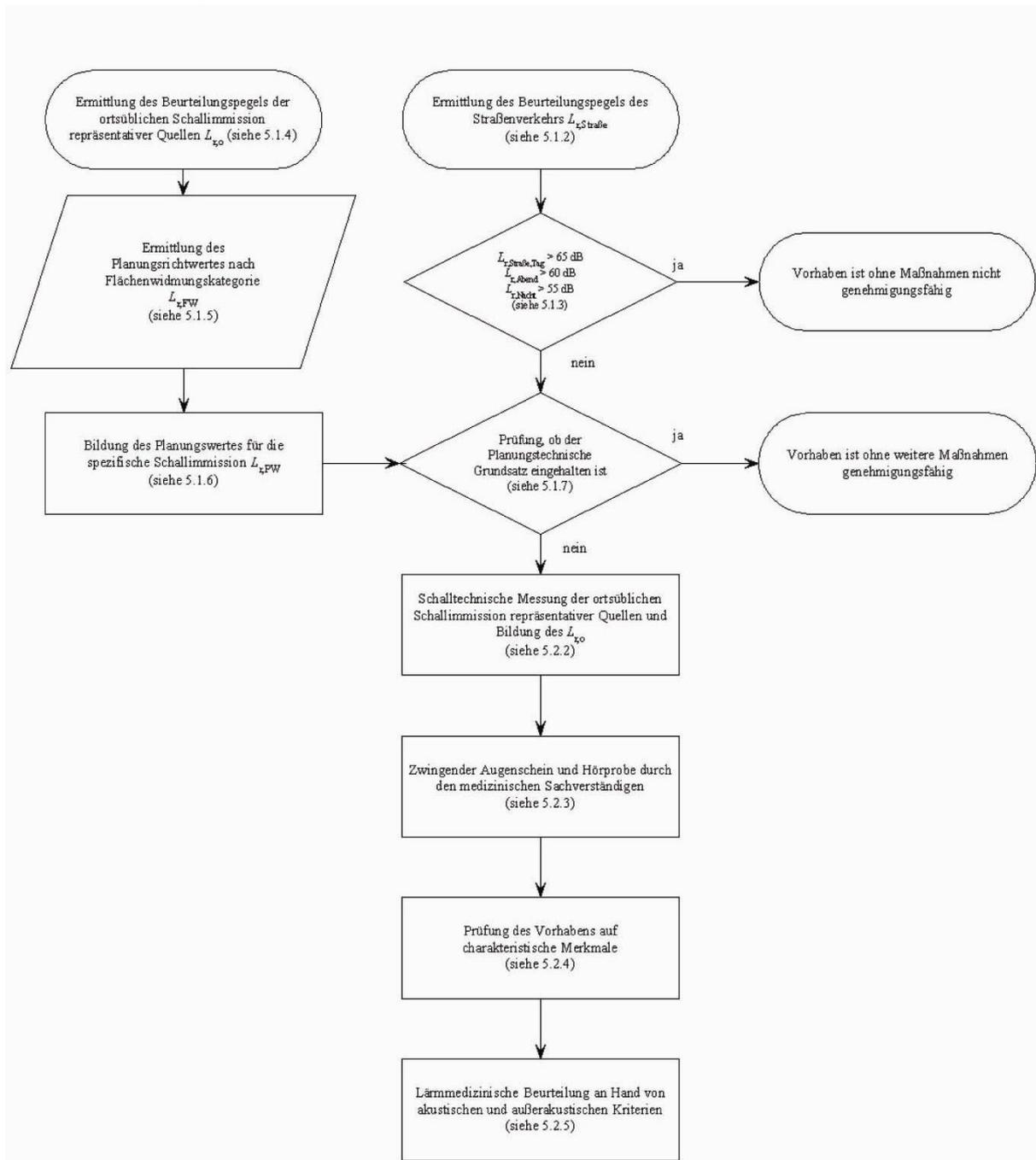


Abbildung 5-1: Flussdiagramm der Verfahrensschritte für die Beurteilung von Schallimmissionen durch Straßenverkehr¹

Auf den folgenden Seiten soll nun eine Erläuterung der einzelnen Punkte des o.a. Flussdiagramms erfolgen, wobei hierbei das Hauptaugenmerk bei der Wahl der Informationen auf der Verständlichkeit der vorliegenden Arbeit liegt.

¹ ÖAL 3 (2008) S.29

5.2.3 Erläuterung der Verfahrensschritte

Ermittlung des Beurteilungspegels des Straßenverkehrs $L_{r,\text{Straße}}$

Unter Bedachtnahme auf die verschiedenen Straßentypen ist als erster Schritt der Beurteilungspegel des Straßenverkehrs $L_{r,\text{Straße}}$ nach RVS 04.02.11 zu ermitteln. Dieser Pegel stellt den Wert für die maßgebliche stündliche Verkehrsstärke dar.

Bei exponierter Lage der Trasse kann eine Unterscheidung nach Werktagen, Sonntagen und Feiertagen, sowie nach Wochenenden, erforderlich sein. In diesem Fall ist der jeweils ungünstigste Fall zu betrachten.

„Für den Fall, dass eine detaillierte verkehrstechnische Untersuchung vorliegt, die schlüssig in engen Zeiträumen eine wesentlich über dem Durchschnitt liegende Verkehrsbelastung ausweist, ist zu prüfen, ob über die am stärksten belastete Stunde der Beurteilungspegel um 5 dB oder mehr über dem Beurteilungspegel liegt, welcher mit der MSV gebildet wurde. In diesem Fall ist der Wert für die am stärksten belastete Stunde um 5 dB zu verringern und als Beurteilungspegel den weiteren Betrachtungen zu Grunde zu legen.

wenn

$$L_{r,1h} < L_{r,MSV} + 5 \text{ dB} : \rightarrow L_r = L_{r,MSV} [\dots]$$

wenn

$$L_{r,1h} \geq L_{r,MSV} + 5 \text{ dB} : \rightarrow L_r = L_{r,1h} - 5 \text{ dB} [\dots]$$

mit:

$L_{r,1h}$ Beurteilungspegel der Stunde mit der stärksten Verkehrsbelastung

$L_{r,MSV}$ Beurteilungspegel, welcher mit der MSV gebildet wurde

Diese Prüfung ist für die Tag-, Abend- und die Nachtzeit durchzuführen.“¹

¹ ÖAL 3 (2008) S.30f

Maximalwerte des Beurteilungspegels des Straßenverkehrs $L_{r, \text{Straße}}$

Auf Basis medizinischer Forschungen ergaben sich absolute Obergrenzen, oberhalb derer bei längerer Schalleinwirkung mit gesundheitsschädlichen Folgen zu rechnen ist.

$L_{r, \text{Straße}}$ muss daher am Tag < 65 dB
am Abend < 60 dB
in der Nacht < 55 dB

sein, ansonsten müssen weitere planerische Maßnahmen (nach Flussdiagramm) gesetzt werden.

„Ermittlung des Beurteilungspegels der ortsüblichen Schallimmission repräsentativer Quellen $L_{r, o}$ “

Der Beurteilungspegel der ortsüblichen Schallimmission ist unter Beachtung folgender Grundsätze zu bilden. Die Erfassung hat in repräsentativer und reproduzierbarer Weise zu erfolgen. Dabei sind rein zufällige Schallereignisse außer Acht zu lassen. Im Zweifelsfall ist auf die sichere Seite zu entscheiden, das heißt, die betreffenden Quellen sind nicht zu berücksichtigen. Für den Nachweis der Erfüllung des Planungstechnischen Grundsatzes ist es auch zulässig, Quellen, die den obigen Anforderungen genügen, wegzulassen und dadurch eine Planung auf die sichere Seite im Sinne des Nachbarschaftsschutzes zu bewirken. Dies ist zum Beispiel durch Weglassen des Verkehrs im untergeordneten Straßennetz oder bei Anlagengeräuschen von Betrieben möglich.

Die Darstellung der ortsüblichen Schallimmission ist eine Durchschnittsbetrachtung aufgeschlüsselt auf Tag-, Abend- und Nachtstunden, wie auch für die Nachtkernzeit. Die Auflösung der Darstellung ist in 1-Stundenintervallen, beginnend mit jeweils einer vollen Stunde, durchzuführen. Die Ermittlung der ortsüblichen Schallimmission kann entweder durch Messung in einem repräsentativen Zeitraum erfolgen oder durch Berechnung aus den Verkehrsstärken und den Emissionen relevanter, benachbarter und genehmigter Anlagen. Bei der Messung sind die meteorologischen Bedingungen zu beachten. Im Regelfall ist bei ausbreitungsneutralen bis ausbreitungsgünstigen Bedingungen zu messen.

ANMERKUNG:

In Abhängigkeit von Windrichtung und -stärke sowie Inversionswetterlagen können sich in großen Entfernungen Differenzen bis zu 15 dB ergeben. Um die Auswirkungen dieses Einflusses gering zu halten, kann die Bestimmung des Beurteilungspegels der ortsüblichen Schallimmission repräsentativer Quellen $L_{r,o}$ auch durch Emissionsmessungen in Abständen bis 25 m und darauf aufbauender Ausbreitungsrechnung erfolgen.

Wenn eine Berechnung der Schallimmission des Straßenverkehrs erfolgt, bei der die Verkehrsstärke als $JDTV$ eingesetzt wird, ist für die Nachtkernzeit ein um 5 dB geringerer Pegel als für den L_{night} und für den Abendzeitraum ein um 5 dB geringerer Wert als für den L_{den} einzusetzen.

An Sonn- und Feiertagen wird als Beurteilungspegel für die Zeit zwischen 6:00 und 8:00 Uhr ein um 5 dB geringerer Wert als für den L_{den} eingesetzt, um dem geringeren Verkehrsaufkommen in den Morgenstunden an diesen Tagen gerecht zu werden.

Der Beurteilungspegel der ortsüblichen Schallimmission kann auch strategischen Lärmkarten entnommen werden, in dem der dargestellte Lärmindex gegebenenfalls mit einem Anpassungswert versehen wird. Liegen in diesen Karten die Schallimmissionen nur in 5 dB Bereichen vor, so ist der untere Wert des Pegelbereiches als Beurteilungspegel der ortsüblichen Schallimmission $L_{r,o}$ einzusetzen.

Für die Bildung des Beurteilungspegels der ortsüblichen Schallimmission ist es zulässig, die Beurteilungspegel der Schallimmissionen von verschiedenen Arten von Schallquellen zu addieren, dies erfolgt energetisch über die jeweiligen Teilbeurteilungspegel der einzelnen relevanten Arten von Schallquellen.

[...]¹

Planungsrichtwert nach Flächenwidmungskategorie $L_{r,FW}$

Gemäß ÖNORM S 5021-1 und ÖAL Richtlinie Nr. 36 erfolgt die Einstufung des Einflussbereiches unter Zuhilfenahme des ausgewiesenen Flächenwidmungsplans.

Schallpegel durch Besiedlung und Ruheerwartung der in einem Gebiet wohnenden Personen werden durch die Widmung des jeweiligen Gebietes ausgewiesen.

¹ ÖAL 3 (2008) S.30

Planungswert für die spezifische Schallimmission $L_{r,PW}$

Entspricht dem Minimum aus $L_{r,o}$ und $L_{r,FW}$.

Planungstechnischer Grundsatz eingehalten?

Ein Vorhaben („ein Vorgang, z.B. in rechtlicher Hinsicht, der eine Beurteilung einer Schallimmission erforderlich macht“)¹ ist genehmigungspflichtig, wenn $L_{r,Stra\beta e} \leq L_{r,PW}$ ist und keine Erschütterungen aus der relevanten Quelle einwirken. Bei Nichteinhaltung dieser Bedingungen ist „eine individuelle schalltechnische und lärmmedizinische Beurteilung“² durchzuführen. Auf diese Beurteilung soll im Folgenden eingegangen werden.

Individuelle schalltechnische und lärmmedizinische Beurteilung

Bei dieser Beurteilung kommen folgende Verfahrensschritte zur Anwendung:

- „Schalltechnische Messung der ortsüblichen Schallimmission repräsentativer Quellen und Bildung des $L_{r,o}$ [...]“
- Ermittlung des Beurteilungspegels des Straßenverkehrs $L_{r,Stra\beta e}$ [...]
- Zwingender Augenschein und Hörprobe durch den medizinischen Sachverständigen [...]
- Prüfung des Vorhabens auf charakteristische Merkmale [...]
- Lärmmedizinische Beurteilung an Hand von akustischen und außerakustischen Kriterien [...]“³

Ist „eine detaillierte Erfassung der ortsüblichen Schallimmissionen“⁴ erforderlich, müssen Messungen nach ÖNORM S 5004 durchgeführt werden, wobei in den daraus resultierenden Messberichten lediglich LA_{eq} , LA_{95} , LA_{1} , die kennzeichnenden Spitzenpegel LA_{Sp} , und falls nötig, der Pegel-Zeit-Verlauf zur Verwendung kommen.

¹ ÖAL 3 (2008) S.32

² Ebenda

³ Ebenda S.33

⁴ Ebenda

Für detaillierte Angaben zur Durchführung der Messungen sei hiermit auf die ÖNORM S 5004 verwiesen.

„ANMERKUNG:

Für eine repräsentative Erfassung sind die Eigenschaften der Quellen und die Ausbreitungsbedingungen zu beachten.

[...]“¹

Weiters müssen durch einen medizinischen Sachverständigen Hörproben und Augenschein der ortsüblichen Schallimmissionen genommen werden. Optimalerweise erfolgt dies zeitgleich mit der Schallmessung unter Berücksichtigung der vorhandenen meteorologischen Bedingungen, da diese unterschiedliche Höreindrücke erwecken können.

Unabhängig von den akustischen Größen „ist das geplante Vorhaben auf folgende Eigenschaften zu prüfen:

- Nutzungskonflikte

- Minderungspotenziale (Fahrbahnbelag, Geschwindigkeitsbeschränkungen,...)

- Alternativen“²

Basierend auf den schalltechnischen Messungen und der Hörprobe hat nun die lärmmedizinische Beurteilung in Form eines schlüssigen und nachvollziehbaren Gutachtens zu erfolgen.

Aufgrund der Grenzwertempfehlungen der Weltgesundheitsorganisation kommen bei österreichischen Straßenbauprojekten „als Auslegungswerte 55 dB für die Tagzeit und 45 dB für die Nachtzeit wiederholt zur Anwendung.“³

¹ ÖAL 3 (2008) S.33

² Ebenda S.34

³ Ebenda

5.2.4 Definitionen nach ÖAL-Richtlinie Nr. 3 Blatt 1

Im Folgenden finden sich für diese Arbeit relevante, wortwörtliche Auszüge aus der ÖAL Richtlinie Nr. 3, geordnet nach der Reihenfolge ihres Auftretens:

„3 Begriffe

[...] Beurteilungspegel L_r

Der Beurteilungspegel ist der auf die Bezugszeit bezogene A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel eines beliebigen Geräusches, der – wenn nötig – mit Anpassungswerten versehen ist.

Der Zeitraum, auf den der Beurteilungspegel bezogen ist, ist anzugeben, z.B. bei einer Bezugszeit von einer Stunde $L_{r,1h}$ oder bei den Bezugszeiten Tag, Abend und Nacht z.B. $L_{r,Tag}$. Im Index kann auch die Quelle bezeichnet sein, z.B. $L_{r,Schiene}$.

$$L_r = L_{A,eq} + 10 \lg(T/T_{Bez}) + L_z \quad (3)$$

mit:

L_r Beurteilungspegel

$L_{A,eq}$ A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel

T Dauer des Geräusches innerhalb der Bezugszeit

T_{Bez} Bezugszeit

L_z Anpassungswert

[...]

[...] Beurteilungspegel der ortsüblichen Schallimmission repräsentativer Quellen $L_{r,o}$

Der Beurteilungspegel der ortsüblichen Schallimmission repräsentativer Quellen ist der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel der ortsüblichen Schallimmission, der gegebenenfalls mit einem Anpassungswert zu versehen ist. Er wird je nach Quelle (Verkehrsträger, Anlage) auf Basis des jährlichen durchschnittlichen Verkehrs oder des ausschlaggebenden Emissionsverlaufes, gegebenenfalls unter Heranziehung von Daten aus Messungen (auch kurzzeitigen), berechnet.

[...] Planungsrichtwert nach Flächenwidmungskategorie L_r,FW

Der Planungsrichtwert nach Flächenwidmungskategorie ist der nach dem ausgewiesenen Flächenwidmungsplan und Zuordnung nach ÖNORM S 5021-1 zutreffende Beurteilungspegel, der für das Emissions- und Immissionsniveau der betreffenden Widmung typisch ist.

[...] Planungswert für die spezifische Schallimmission L_r,PW

Der Planungswert für die spezifische Schallimmission ist der Zielwert für die planerische Festlegung der spezifischen Schallimmission für die jeweilige Art der Schallquelle (Anlagen, Straße, Schiene, etc.), ausgedrückt als Beurteilungspegel.

[...]

[...] maßgebende stündliche Verkehrsstärke MSV

Die maßgebende stündliche Verkehrsstärke ist der auf die Bezugszeit (Tag , Abend und Nacht) bezogene Mittelwert über alle Tage des Jahres der einen Straßenquerschnitt stündlich passierenden Kraftfahrzeuge in beiden Richtungen.

[...]

[...] Tagzeit

Die Tagzeit ist der Zeitraum zwischen 06:00 Uhr und 19:00 Uhr.

[...] Abendzeit

Die Abendzeit ist der Zeitraum zwischen 19:00 Uhr und 22:00 Uhr.

[...] Nachtzeit

Die Nachtzeit ist der Zeitraum zwischen 22:00 Uhr und 06:00 Uhr.

[...] Nachtkernzeit

Die Nachtkernzeit ist der Zeitraum zwischen 0:00 Uhr und 05:00 Uhr.

ANMERKUNG:

Der Begriff der Nachtkernzeit wurde eingeführt, um in diesem Zeitraum die Pegelabsenkung durch das verringerte Verkehrsaufkommen auf öffentlichen Straßen zu berücksichtigen. Die Nachtkernzeit hat ihre Berechtigung bei der Argumentation für die Beurteilung von Dauergeräuschen, die die ganze Nacht durch einwirken, beispielsweise Lüftungsanlagen und Ähnliches. Die Einführung der Nachtkernzeit darf aber nicht zur Annahme verleiten, dass die Nachtrandstunden eine geringere Bedeutung für die Schlafqualität hätten, so kommt z.B. den morgendlichen Randstunden sogar eine besondere Bedeutung zu.

Der Anspruch auf eine achtstündige Nachtruhe bleibt durch die Berücksichtigung der Nachtkernzeit unberührt.

[...]

[...] jährliches, durchschnittliches, tägliches Verkehrsaufkommen *JDTV*

Das jährliche, durchschnittliche, tägliche Verkehrsaufkommen ist der Mittelwert über alle Tage des Jahres der Anzahl der einen Straßenquerschnitt in beiden Richtungen täglich passierenden Kraftfahrzeuge.

[...] Lärmindex

Der Lärmindex ist die Größe für die Beschreibung des Umgebungslärms, die mit gesundheitsschädlichen und/oder belästigenden Auswirkungen in Verbindung steht. Folgende Lärmindizes sind (entsprechend dem Bundes-LärmG) festgelegt:

L_{den} Tag-Abend-Nacht-Lärmindex für die allgemeine Belastung

L_{night} Nacht-Lärmindex für die Belastung in der Nacht

[...]

[...] A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel $L_{A,eq}$

Der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel ist der mit A-Bewertung ermittelte energieäquivalente Dauerschallpegel.

ANMERKUNG:

Das Ergebnis für den energieäquivalenten Dauerschallpegel ist von der Wahl der angewendeten Zeitbewertung F (Fast) oder S (Slow) unabhängig. Die Zeitbewertung I (Impuls) darf nicht verwendet werden.

[...]

[...] Basispegel LA_{95}

Der Basispegel ist der in 95% der Messzeit überschrittene A-bewertete, mit der Zeitbewertung F (Fast) ermittelte Schalldruckpegel der Schallpegel-Häufigkeitsverteilung eines beliebigen Geräusches.

[...]

[...] mittlerer Spitzenpegel LA_{1}

Der mittlere Spitzenpegel ist der in 1% der Messzeit überschrittene A-bewertete, mit der Zeitbewertung F (Fast) ermittelte Schalldruckpegel der Schallpegel-Häufigkeitsverteilung eines beliebigen Geräusches.“¹

¹ ÖAL 3 (2008) S.2ff

Basierend auf der im Jahre 2005 von Architekt Ernst Linsberger ausgearbeiteten Studie „Sozio- ökologische Stadterweiterung“ und dem „Verkehrskonzept-Krems an der Donau“ plant die GEDESAG, die „Gemeinnützige Donau-Ennstaler Siedlungs-Aktiengesellschaft“, in 3500 Krems, für das Jahr 2009 einen Architektenwettbewerb für oben genanntes Gebiet.

Die Fläche des gegenständlichen Areals beträgt rund 87.000m² und soll Platz für ca. 370 Wohneinheiten bieten.

Die topographische Lage der zu projektierenden Fläche, die geringe Distanz zur B37 Kremser Straße und nicht zuletzt die Neigung sowohl des zu verbauenden Areals als auch der vorbeiführenden Bundesstraße B37 gaben bereits im Jahre 2004 den Ausschlag zur Durchführung von Lärmmessungen. Diese bestätigten die Vermutung, dass die maßgebende Lärmquelle das Verkehrsaufkommen der B37 Kremser Straße darstellt.

„Wie die Ergebnisse der Lärmmessungen (...) zeigten, sind im Untersuchungsgebiet zur Zeit der Messungen bereits A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ von > 60dB tags bzw. 50dB nachts aufgetreten.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde die RETTER & Partner Ziviltechniker GmbH von der Gemeinnützigen Donau-Ennstaler Siedlungs-Aktiengesellschaft (GEDESAG) beauftragt, eine Lärmtechnische Untersuchung auszuarbeiten, welche den Einfluss der B37 beinhalten soll.“¹

Diese Untersuchung soll im Weiteren als Basis für zukünftige Planungsarbeiten dienen.

Da das geplante Gebiet - bezogen auf die Einwohnerzahl - etwa dem bereits bestehenden, organisch gewachsenen Gneixendorf entspricht, erscheint die ursprünglich angedachte Variante der Erschließung über die L7081 als problematisch. Seitens des Amtes der NÖ Landesregierung und der Stadtgemeinde Krems wurde allerdings auch eine mögliche Anbindung der L7081 an die B37 in Erwägung gezogen.

Diese Variante ist jedoch auf Grund ihrer Irrelevanz für die Abhandlung des gegenständliche Praxisbeispiels nicht Gegenstand dieser Diplomarbeit.

Zum besseren Verständnis der Lage der oben beschriebenen Flächen und Straßenverläufe mögen folgende Abbildungen dienen:

¹ RETTER & Partner (2006) S. 6

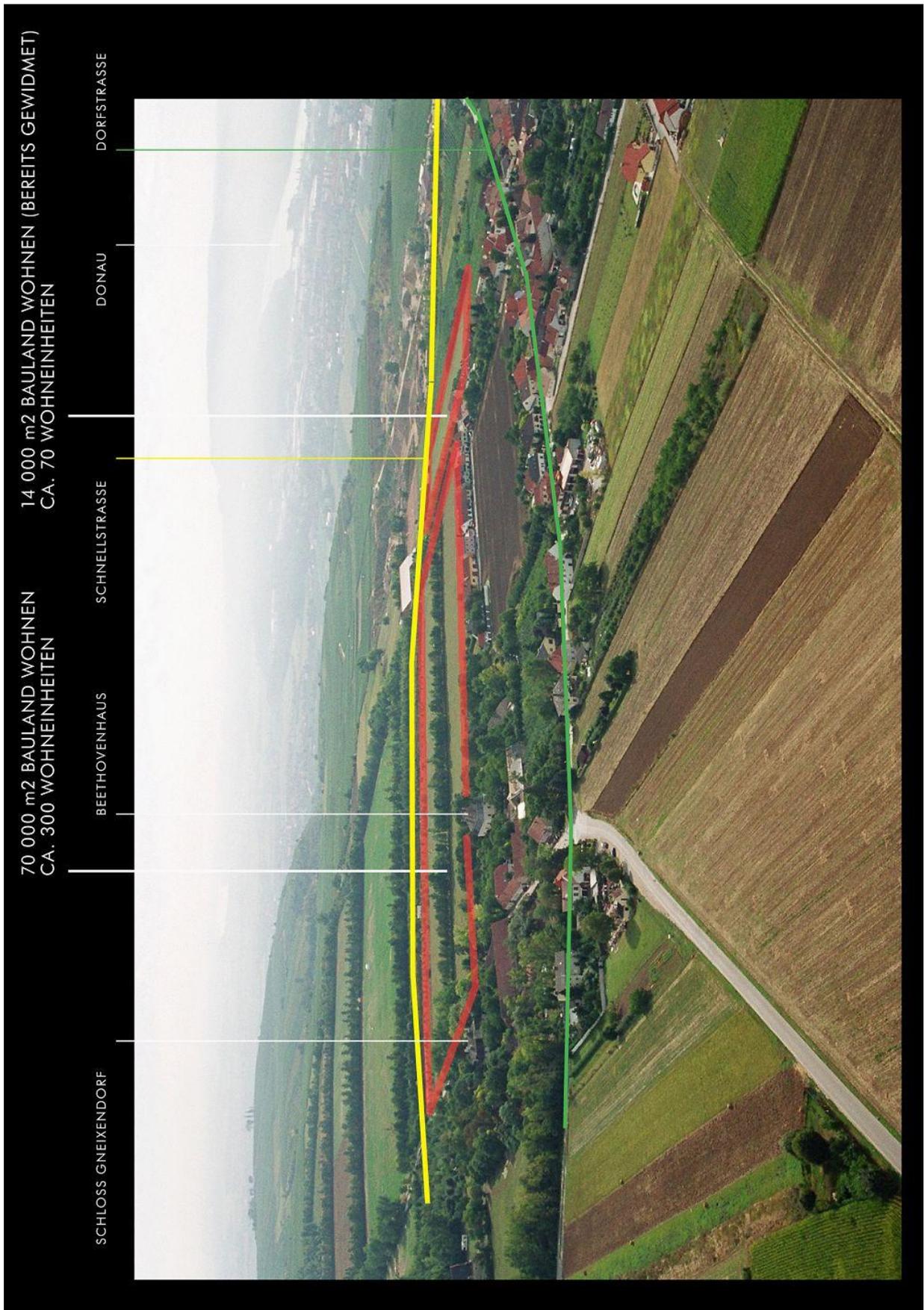


Abbildung 6-2: Stadterweiterungsgebiet Krens – Gneixendorf - Widmung¹

¹ RETTER & Partner Ziviltechniker Ges.m.b.H.(2005b) S.118



Abbildung 6-3: Stadterweiterungsgebiet Krems Gneixendorf - Planungsentwurf¹

¹ RETTER & Partner Ziviltechniker Ges.m.b.H.(2005b) S.119

6.2 Verfahrensablauf

Die für das gegenständliche Praxisbeispiel durchgeführten Immissionsermittlungen erfolgten nach der RVS, Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Kapitel 3.02, Lärmschutz, da diese zu Beginn des Bearbeitungszeitraums die letztgültige Richtlinie darstellte.

Das in dieser Richtlinie beschriebene Verfahren besteht einerseits aus einer durch Schallmessungen ermittelten Immissionssituation, andererseits aus einer mittels parallel erfolgten Verkehrszählungen durchgeführten Kalibrierung für die Bestandssituation.

Anschließend können für die Bestandssituation und den Prognosefall die Immissionen mittels der nun zur Verfügung stehenden Verkehrsbelastungen simuliert werden.

Die nachfolgende von der Retter & Partner ZT-GmbH erstellte flowchart zeigt den Ablauf der in den folgenden Kapiteln erläuterten Arbeitsschritte.

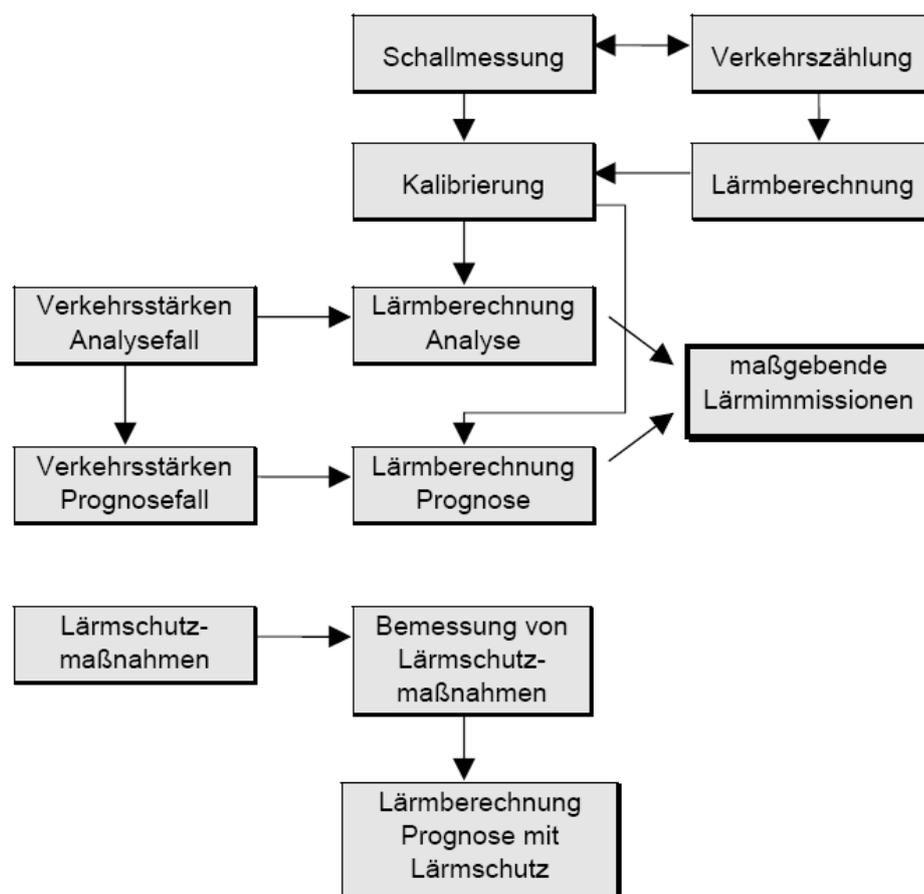


Abbildung 6-4: Flowchart Immissionsermittlung¹

¹ RETTER & Partner Ziviltechniker Ges.m.b.H.(2005a) S.8

6.3 Schalltechnische Messung

Die Messung diente der Erfassung der Gesamtlärmsituation und wurde über den Zeitraum von 24 Stunden an zwei festgelegten Messpunkten durchgeführt. Die Lage der beiden Messpunkte MP1 und MP2 ergab sich aus der Lage der geplanten Verbauung.

Der Messvorgang erfolgte von Dienstag, den 16.12.2004, 9.20 Uhr, bis Mittwoch, den 17.12.2004, 9.30 Uhr.

Beide Messpunkte befanden sich im Freien, die Mikrofone auf Stativen, jeweils 4,5 Meter über Bodenniveau.

Die genaue Lage der beiden Messpunkte ist folgendem Übersichtsluftbild zu entnehmen.



Abbildung 6-5: Übersichtskarte mit Lage der Messpunkte¹

¹ RETTER & Partner (2006) S. 10

Parallel wurden in dieser Messperiode Verkehrszählungen nach RVS 3.02 durchgeführt, welche für die nachfolgende Kalibrierung maßgebend sind.

Im Untersuchungsgebiet besteht auf der B37 Kremser Straße eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h für Pkw und 70 km/h (tags) bzw. 60 km/h (nachts) für Lkw. Um auf der sicheren Seite zu liegen, wurden jedoch den Prognoseberechnungen in diesem Bereich Geschwindigkeiten des Schwerverkehrs von 80 km/h tags/nachts zugrunde gelegt.

In der nachstehenden Tabelle finden sich die Ergebnisse der 24-stündigen Messung laut schalltechnischem Messbericht.

Messpunkte		A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel $L_{A,eq}$							Δ Tag Nachtzeit- mittel
		TAGZEIT (06:00 – 22:00 Uhr)				NACHTZEIT (06:00 – 22:00 Uhr)			
		Mittelwert über		Mittelwert über		Mittelwert über			
exp. 8 Stunden	16 Stunden	Lauteste ½Stunde	Leiseste ½Stunde	über 8 Stunden	Lauteste ½Stunde	Leiseste ½Stunde			
MP1	Gesamt	59,4	58,5	60,1	52,3	50,9	54,9	44,3	8,5
MP2	Gesamt	60,9	59,9	61,7	53,8	52,2	56,3	46,3	8,7

Tabelle 6-1: Ergebnisse der 24-stündigen Messung

Aus den Lärmmessungen ergibt sich nachvollziehbar, dass die B37 Kremser Straße die primäre Lärmquelle des Untersuchungsgebietes darstellt. Sekundäre Quellen stellen Wind- und Tiergeräusche, der Siedlungslärm sowie durch den in der Nähe situierten Flugplatz verursachte Lärmemissionen dar.

6.3.1 Meteorologische Randbedingungen

Laut VDI Richtlinie 2714 stehen Wind und Schallausbreitung in folgendem Zusammenhang: Wind- und Schallgeschwindigkeit addieren sich richtungsabhängig, sodass die Schallausbreitung gegen den Wind langsamer, mit dem Wind schneller erfolgt.

Betrachtet man die Schallausbreitung gegen den Wind, stellt man fest, dass ab einer gewissen Distanz die Schallstrahlen den Boden nicht mehr erreichen. Dieses Phänomen wird Schattenzonenbildung genannt. Bei einer Schallausbreitung mit dem Wind ist dieses Phänomen üblicherweise nicht zu beobachten, da die Schallwellen in Richtung des Bodens

gebrochen werden. Durch diese Effekte können bei der Ausbreitung mit dem Wind höhere, bei Schallausbreitung gegen die Windrichtung bis zu 30 dB niedrigere Pegel, auftreten.

Durch sowohl örtliche, zeitliche und höhenmäßige Schwankungen des Windgeschwindigkeitsgradienten schwankt auch der Schallpegel sowohl zeitlich als auch örtlich.

Einflüsse durch Streuungen und Absorption an Wirbeln sowie Turbulenzen werden üblicherweise vernachlässigt.

Ähnliche Effekte treten auch durch atmosphärische Temperaturunterschiede auf. Es kommt jedoch zu einer homogenen Beeinflussung der Schallgeschwindigkeit.

Diese vergrößert sich mit zunehmender Temperatur, allerdings nimmt die Schallwellenausbreitungsgeschwindigkeit bei labilen Wetterlagen mit der Höhe ab, die Schallstrahlen werden vom Boden weggebeugt, und es kommt zur Pegelminderung durch die Ausbildung einer Schattenzone.

Die oben angeführten Zusammenhänge sind in der folgenden schematischen Skizze dargestellt.

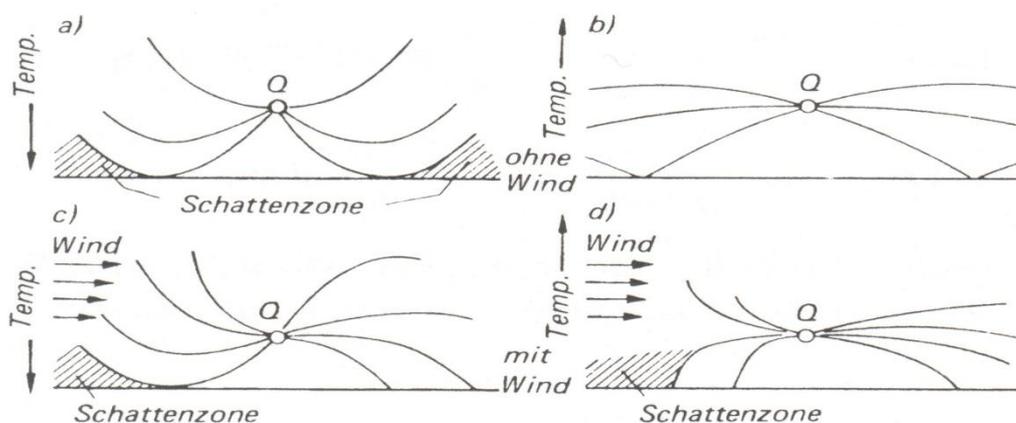


Abbildung 6-6: Einflüsse von Wind und Lufttemperatur auf die Schallausbreitung¹

Nicht weiter überraschend ist die Tatsache, dass der Einfluss des Windes deutlich stärker als jener der Temperaturdifferenzen ist.

„Die Bestimmungen der Lärmimmissionen folgen der zur RVS 3.02 entwickelten Methodik. Bei dieser wird von einer mittleren, die Schallausbreitung begünstigenden Mitwindsituation ausgegangen. Ihr wird durch die Annahme von nach unten gekrümmten Schallstrahlen Rechnung getragen.“

¹ RETTER & Partner (2005a) S. 11

Bei den Berechnungen gemäß der Methodik lt. RVS 3.02 werden zufolge der o.a. Ausführungen die Ausbreitungsbedingungen bei mittlerem Mitwind- bzw. leichten Inversionswetterlagen bereits berücksichtigt. Sie führen zu Schallpegeln, die einem energetischen Mittelwert - bei leichtem Mitwind und leichter Temperaturinversion in der Nachtzeit - entsprechen.

„Lt. VDI 2714 können in einzelnen Situationen, gegenüber den für die durchschnittliche Mitwindwetterlage erhaltenen Ergebnissen, abhängig von der Entfernung, folgende Abweichungen auftreten“¹

Schwankungsbereich der Schallimmissionen im Vergleich zur mittleren Mitwindwetterlage					
Windrichtung	Entfernung Emissionsquelle zu Immissionspunkt				
	50m	100m	300m	500m	1000m
Mitwind	0 dB / 0 dB	0 dB / -1 dB	+2 dB / -2 dB	+3 dB / -3 dB	+3 dB / -6 dB
Querwind	0 dB / -1 dB	-1 dB / -2 dB	-2 dB / -5 dB	-3 dB / -7 dB	-6 dB / -13 dB
Gegenwind	-1 dB / -2 dB	-2 dB / -3 dB	-5 dB / -8 dB	-7 dB / -13 dB	-13 dB / -21 dB

Tabelle 6-2: Schwankungsbereich Mitwindwetterlage²

„Die o.a. Tabelle zeigt, dass in einem Bereich von 300m bis 1 000m Entfernung leicht erhöhte Werte gegenüber der mittleren Mitwindsituation (Berechnung lt. RVS 3.02) auftreten können. Bei Querwind und Gegenwind treten jedoch bei diesen Abständen erheblich geringere Schallpegel auf.“³

„

Für die gegenständliche Messung sind im Folgenden eine Windrose und eine Häufigkeitstabelle angeführt:

¹ RETTER & Partner (2005a) S. 11

² Ebenda, adaptiert

³ Ebenda

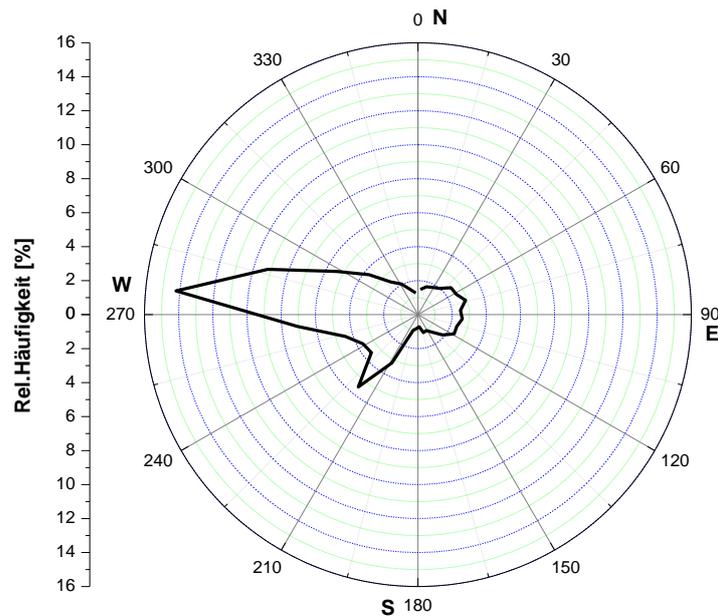


Abbildung 6-7: Relative Häufigkeit der Windrichtungen für das Planungsgebiet¹

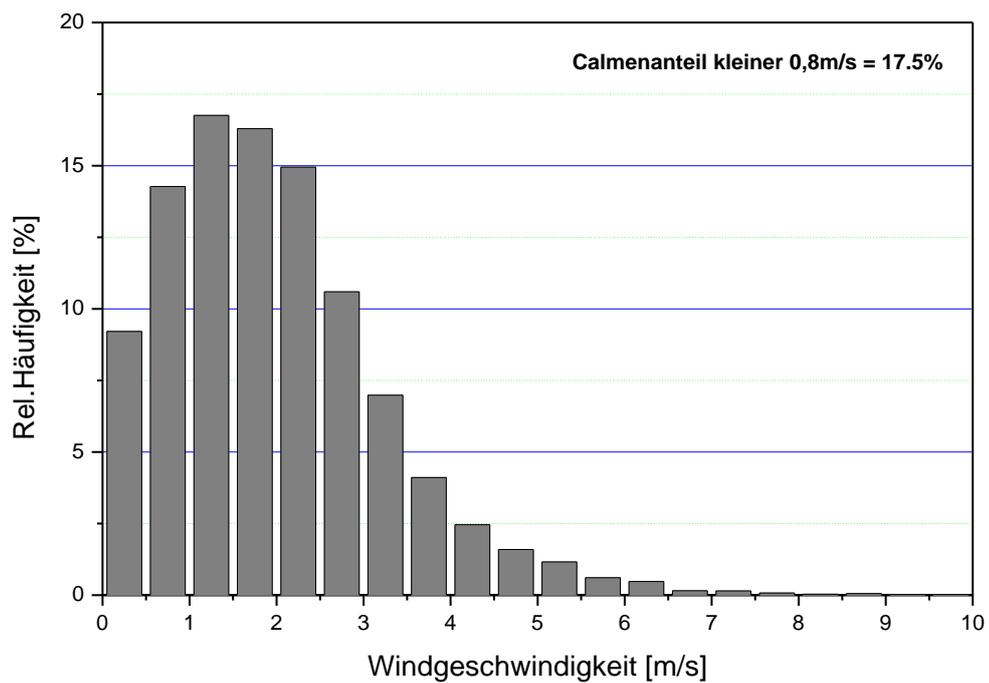


Abbildung 6-8: Relative Häufigkeit der Windrichtungen für das Planungsgebiet²

Aufgrund der beiden vorangegangenen Graphiken ergibt sich für das zu messende Areal meist eine Gegenwindwetterlage und man kann daher überwiegend mit geringeren Belastungen als den simulierten rechnen.

¹ Niederösterreichische Umweltschutzanstalt (2000)

² Ebenda

6.3.2 Wetterbedingungen

Die dem Messbericht entnommenen Wetterdaten im Messungsintervall waren wie folgt:

16.12.2004: Bewölkt, Wind aus Osten mit ca. 5 - 10 km/h, gegen Abend abflauend,
Höchsttemperatur -1,5°C, Tiefsttemperatur -4 °C

17.12.2004: Bewölkt, Wind aus Osten mit ca. 5 - 10 km/h, Höchsttemperatur -1,0°C

Über die gesamte Messzeit herrschte niederschlagsfreies Wetter bei trockenen Bodenverhältnissen vor.

6.3.3 Messgerät

Die technischen Kenndaten laut Hersteller sind nachfolgender Auflistung zu entnehmen:

Schallpegelmessgerät – Messpunkt MP1

Hersteller: Norsonic

Typ: 118, Fabr.Nr. 30520

Vorverstärker: Norsonic 1206, Fabr.Nr. 30339

½“Kondensatormikrofon: Norsonic 1225, Fabr.Nr. 48007

Datum der letzten Eichung: 17.08.2004

Eichschein: Nr. ES Aku Z 196/2004

Schallpegelmessgerät – Messpunkt MP2

Hersteller: Norsonic

Typ: 118, Fabr.Nr. 28295

Vorverstärker: Norsonic 1206, Fabr.Nr. 28558

½“Kondensatormikrofon: Norsonic 1225, Fabr.Nr. 48037

Datum der letzten Eichung: 21.02.2003

Eichschein: Nr. ES Aku S 083/2003

Prüfschallquelle Kl.0,3 (Kalibrator)

Hersteller: Norsonic

Typ: 1251, Fabr.Nr. 30789

½“Mikrofonadapter: Norsonic 1443

Datum der letzten Eichung: 17.08.2004

Eichschein: Nr. ES Aku Z 197/2004

Die oben angeführten Geräte entsprechen der Präzisionsklasse 1 gemäß IEC – Publikation 61672 (Electroacoustics – Sound level meters) und wurden wie o.a. geeicht.

Die funktionelle Fehlerfreiheit des gesamten Messinstrumentariums wurde standardgemäß vor und nach der Messung mittels oben angeführten Kalibrators kalibriert und überprüft.

Die messbare Dynamik beträgt 120dB, der Messbereich befindet sich bei A-bewertetem Schalldruckpegel in dB bei der Anzeigendynamik „Fast“ innerhalb der Frequenzen von 20Hz und 20kHz.

Exemplarische Auszüge aus den Messprotokollen finden sich in den folgenden Abbildungen.

MESSPROTOKOLLE

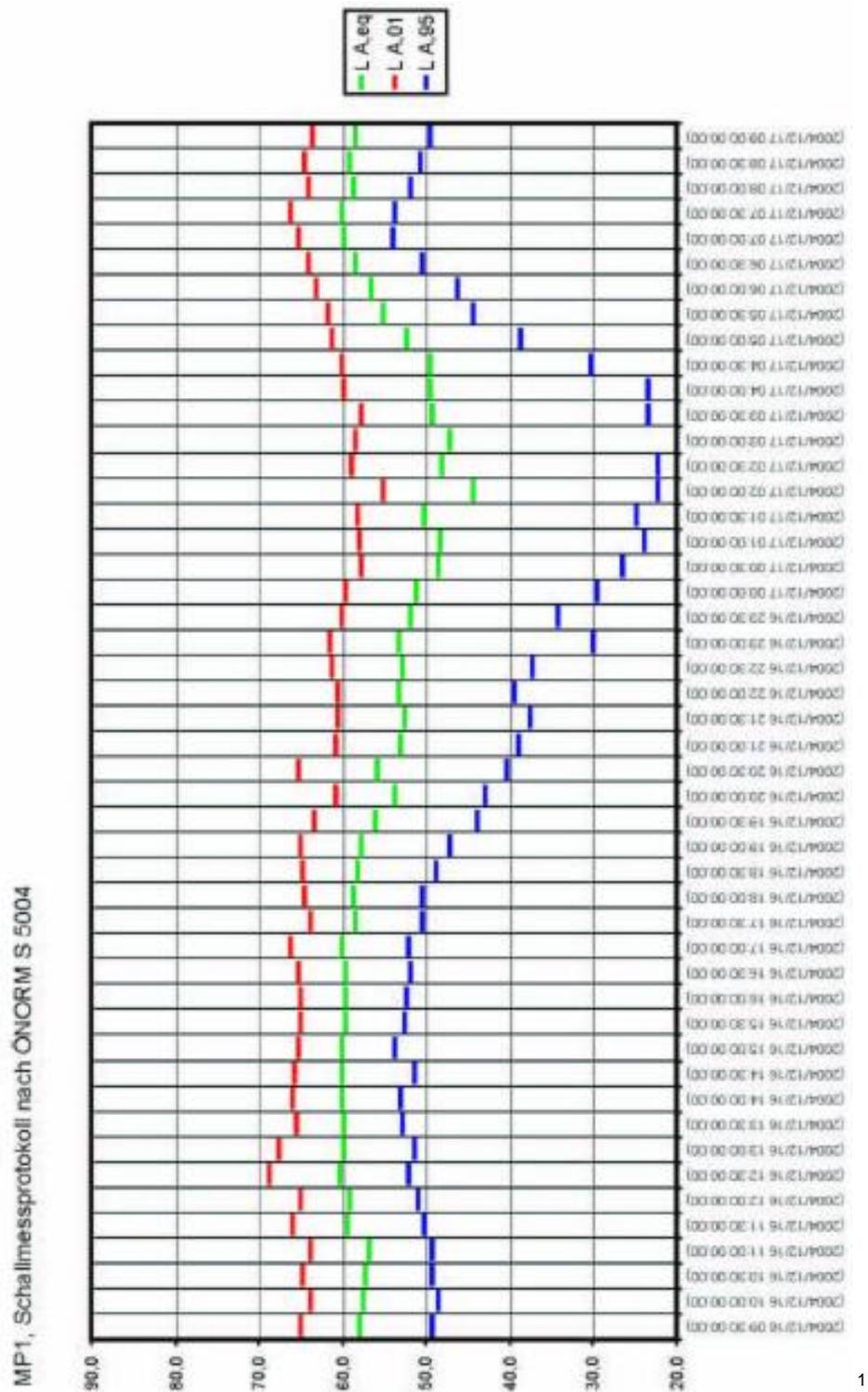


Abbildung 6-9: Verlauf der halbstündlichen Mess- und Ermittlungsergebnisse, MP1, graphisch

¹ RETTER & Partner (2006) S. 14

Datum + Uhrzeit	LAeq	LAF(max)	LAF(min)	L01	L95
(2004/12/16 09:30:00.00)	57,8	77,2	44,1	64,8	49,1
(2004/12/16 10:00:00.00)	57,3	82,3	44,0	63,6	48,5
(2004/12/16 10:30:00.00)	57,2	75,1	44,8	64,6	49,1
(2004/12/16 11:00:00.00)	56,6	76,2	43,9	63,6	49,1
(2004/12/16 11:30:00.00)	59,2	82,2	44,7	65,7	50,1
(2004/12/16 12:00:00.00)	59,0	78,2	44,3	64,8	50,7
(2004/12/16 12:30:00.00)	60,1	79,2	45,2	68,7	51,9
(2004/12/16 13:00:00.00)	59,7	82,9	46,5	67,4	51,2
(2004/12/16 13:30:00.00)	59,7	77,9	45,3	65,3	52,7
(2004/12/16 14:00:00.00)	60,0	73,7	47,3	65,9	52,9
(2004/12/16 14:30:00.00)	59,9	80,9	44,9	65,6	51,3
(2004/12/16 15:00:00.00)	59,9	77,3	49,1	65,1	53,5
(2004/12/16 15:30:00.00)	59,5	74,6	43,8	64,8	52,4
(2004/12/16 16:00:00.00)	59,5	75,6	47,3	64,9	52,2
(2004/12/16 16:30:00.00)	59,5	78,7	44,3	65,0	51,7
(2004/12/16 17:00:00.00)	60,0	77,9	45,3	66,0	52,0
(2004/12/16 17:30:00.00)	58,4	67,0	45,7	63,6	50,4
(2004/12/16 18:00:00.00)	58,5	75,6	45,8	64,5	50,4
(2004/12/16 18:30:00.00)	58,1	75,2	42,4	64,6	48,7
(2004/12/16 19:00:00.00)	57,7	75,9	40,1	64,8	47,1
(2004/12/16 19:30:00.00)	56,0	73,2	37,6	63,2	43,8
(2004/12/16 20:00:00.00)	53,7	64,2	37,6	60,7	42,7
(2004/12/16 20:30:00.00)	55,7	79,0	34,7	65,2	40,1
(2004/12/16 21:00:00.00)	53,0	66,0	33,1	60,6	38,8
(2004/12/16 21:30:00.00)	52,3	63,5	32,9	60,3	37,5
(2004/12/16 22:00:00.00)	53,2	63,3	33,1	60,3	39,3
(2004/12/16 22:30:00.00)	52,7	64,9	28,7	61,0	37,2
(2004/12/16 23:00:00.00)	53,1	72,3	23,9	61,4	29,8
(2004/12/16 23:30:00.00)	51,6	62,6	27,7	60,0	34,0
(2004/12/17 00:00:00.00)	51,1	72,2	22,9	59,4	29,5
(2004/12/17 00:30:00.00)	48,4	60,9	22,7	57,5	26,4
(2004/12/17 01:00:00.00)	48,1	61,6	19,9	57,8	23,7
(2004/12/17 01:30:00.00)	50,0	78,3	21,9	58,0	24,7
(2004/12/17 02:00:00.00)	44,3	58,5	19,6	55,1	22,2
(2004/12/17 02:30:00.00)	48,0	65,0	20,0	58,7	22,1
(2004/12/17 03:00:00.00)	46,9	62,7	17,9	58,4	19,4
(2004/12/17 03:30:00.00)	49,1	77,3	21,1	57,5	23,2
(2004/12/17 04:00:00.00)	49,3	63,4	20,1	59,8	23,4
(2004/12/17 04:30:00.00)	49,4	63,4	21,7	59,9	30,0
(2004/12/17 05:00:00.00)	52,2	66,4	33,3	61,0	38,6
(2004/12/17 05:30:00.00)	54,9	70,7	38,7	61,6	44,3
(2004/12/17 06:00:00.00)	56,5	77,3	37,9	63,0	46,1
(2004/12/17 06:30:00.00)	58,3	77,3	43,1	64,0	50,3
(2004/12/17 07:00:00.00)	59,7	79,8	45,7	65,1	53,9
(2004/12/17 07:30:00.00)	59,9	77,9	45,6	66,0	53,5
(2004/12/17 08:00:00.00)	58,5	72,4	44,4	63,9	51,6
(2004/12/17 08:30:00.00)	58,9	77,5	41,9	64,5	50,6
(2004/12/17 09:00:00.00)	58,4	80,9	42,6	63,5	49,4

Tabelle 6-3: Verlauf der halbstündlichen Mess- und Ermittlungsergebnisse, MP1, numerisch¹

¹ RETTER & Partner (2006) S. 15

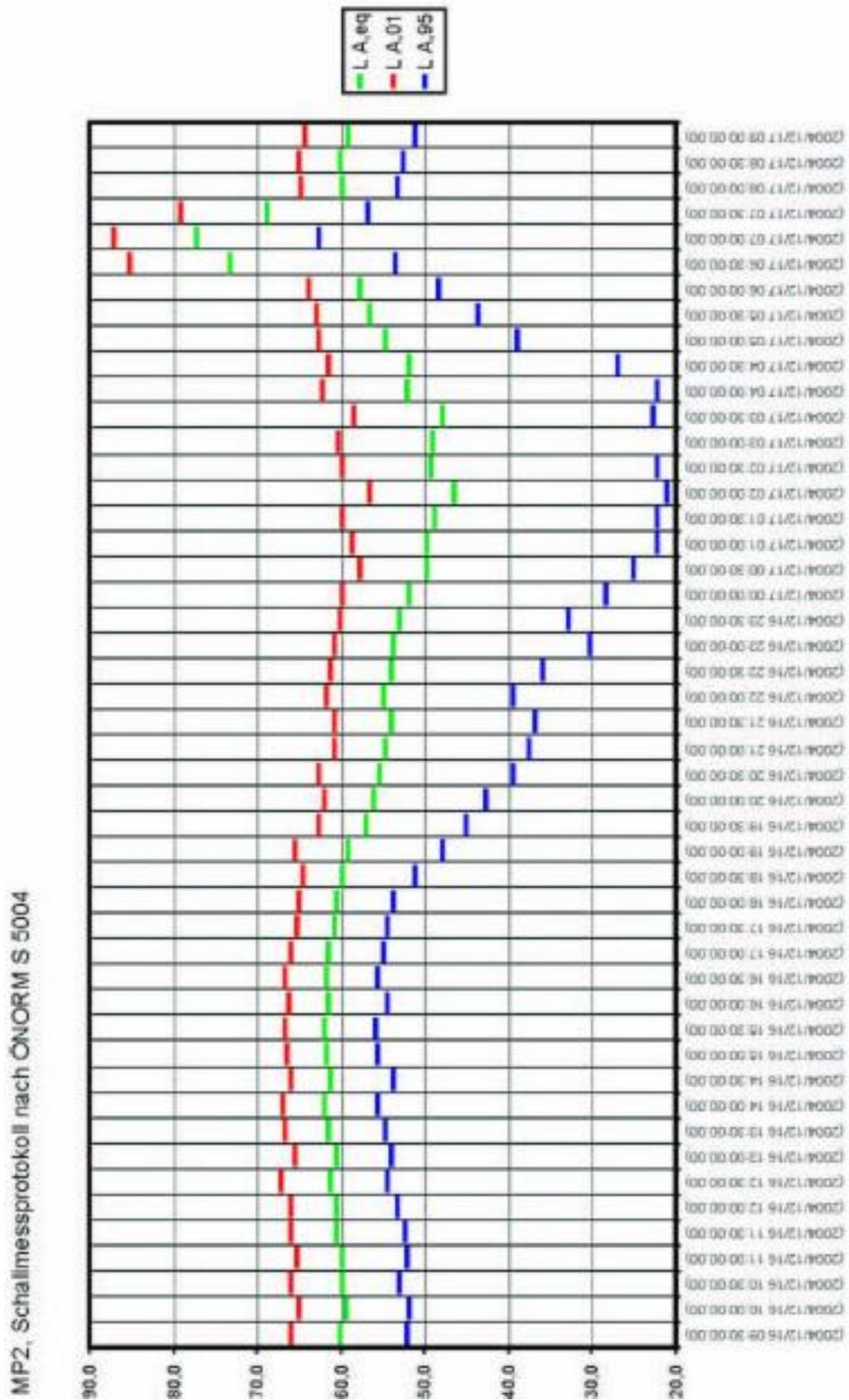


Abbildung 6-10: Verlauf der halbstündlichen Mess- und Ermittlungsergebnisse, MP2, graphisch¹

¹ RETTER & Partner (2006) S. 16

Datum + Uhrzeit	LAeq	LAF(max)	LAF(min)	L01	L95
(2004/12/16 09:30:00.00)	59,9	75,8	43,9	65,7	51,9
(2004/12/16 10:00:00.00)	59,3	72,5	45,1	64,9	51,8
(2004/12/16 10:30:00.00)	59,8	68,4	43,9	65,7	52,8
(2004/12/16 11:00:00.00)	59,6	69,3	43,2	65,1	52,0
(2004/12/16 11:30:00.00)	60,3	68,1	43,9	65,7	52,2
(2004/12/16 12:00:00.00)	60,3	68,0	44,5	65,9	53,2
(2004/12/16 12:30:00.00)	61,0	75,7	42,4	67,0	54,2
(2004/12/16 13:00:00.00)	60,5	73,0	42,4	65,3	53,9
(2004/12/16 13:30:00.00)	61,3	69,0	43,7	66,5	54,5
(2004/12/16 14:00:00.00)	61,7	71,6	45,4	66,8	55,5
(2004/12/16 14:30:00.00)	61,0	68,5	46,4	65,9	53,5
(2004/12/16 15:00:00.00)	61,6	71,5	46,9	66,3	55,4
(2004/12/16 15:30:00.00)	61,7	70,8	45,6	66,4	55,8
(2004/12/16 16:00:00.00)	61,4	69,3	46,4	66,1	54,3
(2004/12/16 16:30:00.00)	61,5	69,4	46,5	66,4	55,5
(2004/12/16 17:00:00.00)	61,3	68,6	47,0	65,7	54,7
(2004/12/16 17:30:00.00)	60,6	68,4	41,8	65,0	54,2
(2004/12/16 18:00:00.00)	60,3	76,2	47,2	64,8	53,7
(2004/12/16 18:30:00.00)	59,7	68,7	42,1	64,5	51,1
(2004/12/16 19:00:00.00)	59,0	71,1	38,3	65,3	47,7
(2004/12/16 19:30:00.00)	56,9	64,9	36,5	62,4	44,9
(2004/12/16 20:00:00.00)	55,9	64,4	34,9	61,9	42,6
(2004/12/16 20:30:00.00)	55,2	66,2	31,2	62,4	39,2
(2004/12/16 21:00:00.00)	54,6	63,5	32,6	60,7	37,5
(2004/12/16 21:30:00.00)	53,8	63,6	28,8	60,7	36,6
(2004/12/16 22:00:00.00)	54,7	63,6	33,8	61,6	39,2
(2004/12/16 22:30:00.00)	53,9	64,5	28,5	61,0	35,8
(2004/12/16 23:00:00.00)	53,5	71,1	23,0	60,7	30,2
(2004/12/16 23:30:00.00)	52,8	64,0	25,7	60,0	32,6
(2004/12/17 00:00:00.00)	51,7	62,4	22,8	59,6	28,2
(2004/12/17 00:30:00.00)	49,6	60,5	21,1	57,7	24,9
(2004/12/17 01:00:00.00)	49,7	61,3	19,6	58,5	22,2
(2004/12/17 01:30:00.00)	48,7	62,4	20,5	59,7	22,2
(2004/12/17 02:00:00.00)	46,3	62,0	19,2	56,5	21,0
(2004/12/17 02:30:00.00)	49,2	64,4	19,6	59,8	22,2
(2004/12/17 03:00:00.00)	49,0	63,1	17,8	60,1	19,0
(2004/12/17 03:30:00.00)	47,7	61,9	20,0	58,4	22,6
(2004/12/17 04:00:00.00)	52,0	65,1	19,7	62,1	22,2
(2004/12/17 04:30:00.00)	51,7	64,5	19,6	61,3	26,9
(2004/12/17 05:00:00.00)	54,6	68,1	27,7	62,4	38,8
(2004/12/17 05:30:00.00)	56,3	74,1	31,8	62,7	43,6
(2004/12/17 06:00:00.00)	57,7	66,2	39,3	63,7	48,2
(2004/12/17 06:30:00.00)	73,2	89,8	43,8	85,0	53,4
(2004/12/17 07:00:00.00)	77,1	104,9	57,5	87,0	62,4
(2004/12/17 07:30:00.00)	68,7	86,1	48,7	78,9	56,6
(2004/12/17 08:00:00.00)	59,8	69,3	47,2	64,7	53,2
(2004/12/17 08:30:00.00)	59,9	68,0	40,4	64,9	52,5
(2004/12/17 09:00:00.00)	58,9	73,2	40,9	64,2	51,0

Tabelle 6-4: Verlauf der halbstündlichen Mess- und Ermittlungsergebnisse, MP2, numerisch¹

¹ RETTER & Partner (2006) S. 17

Für die gegenständliche Messung sind im Folgenden exemplarisch die für die in Kapitel 6.5 erläuterte Kalibrierung Schallmessprotokolle angeführt (22.30.00 – 23.00.00).

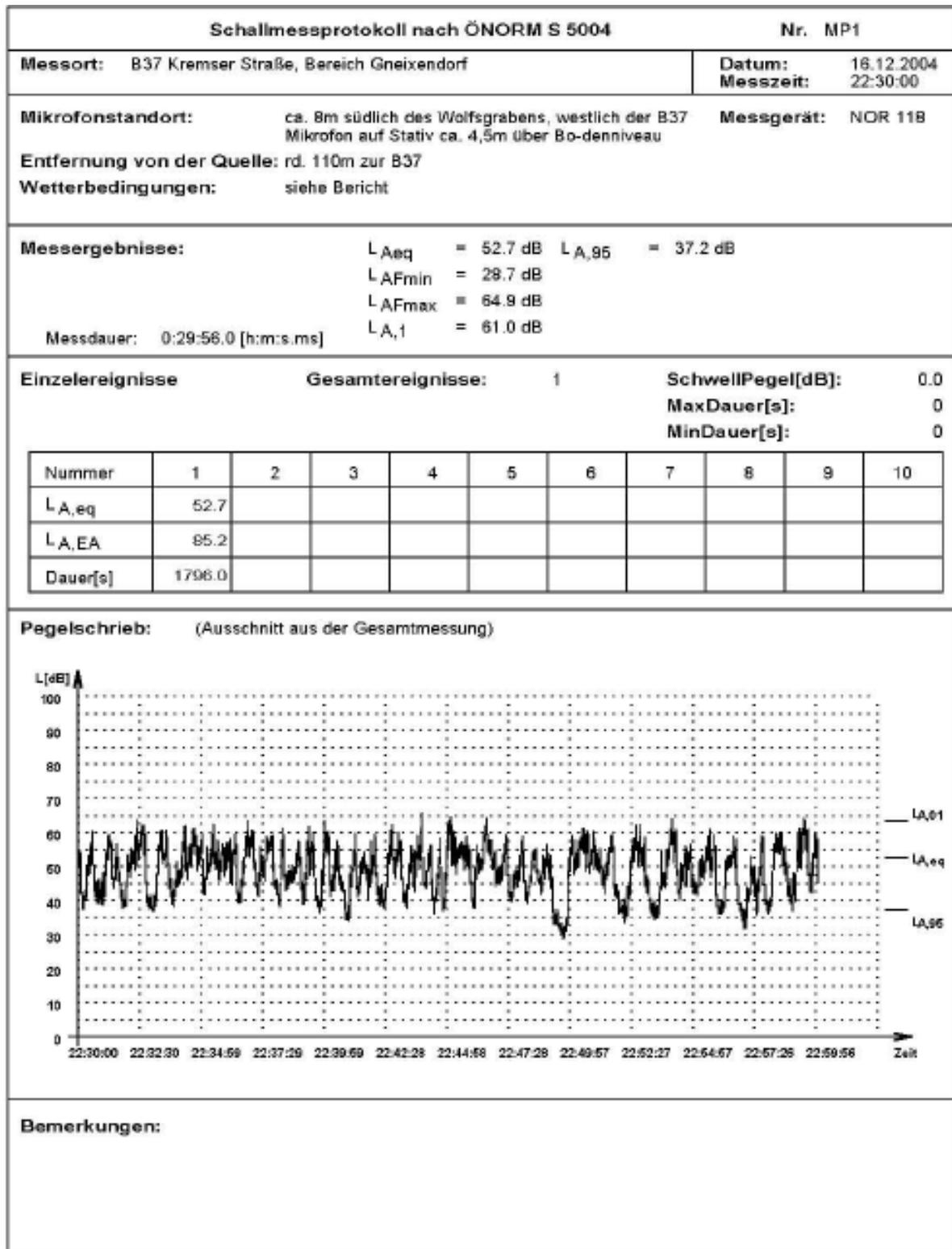


Abbildung 6-11: Auszug aus den Pegelschrieben, ½ Stundenperiode, MP 1¹

¹ RETTER & Partner (2006) S. 25

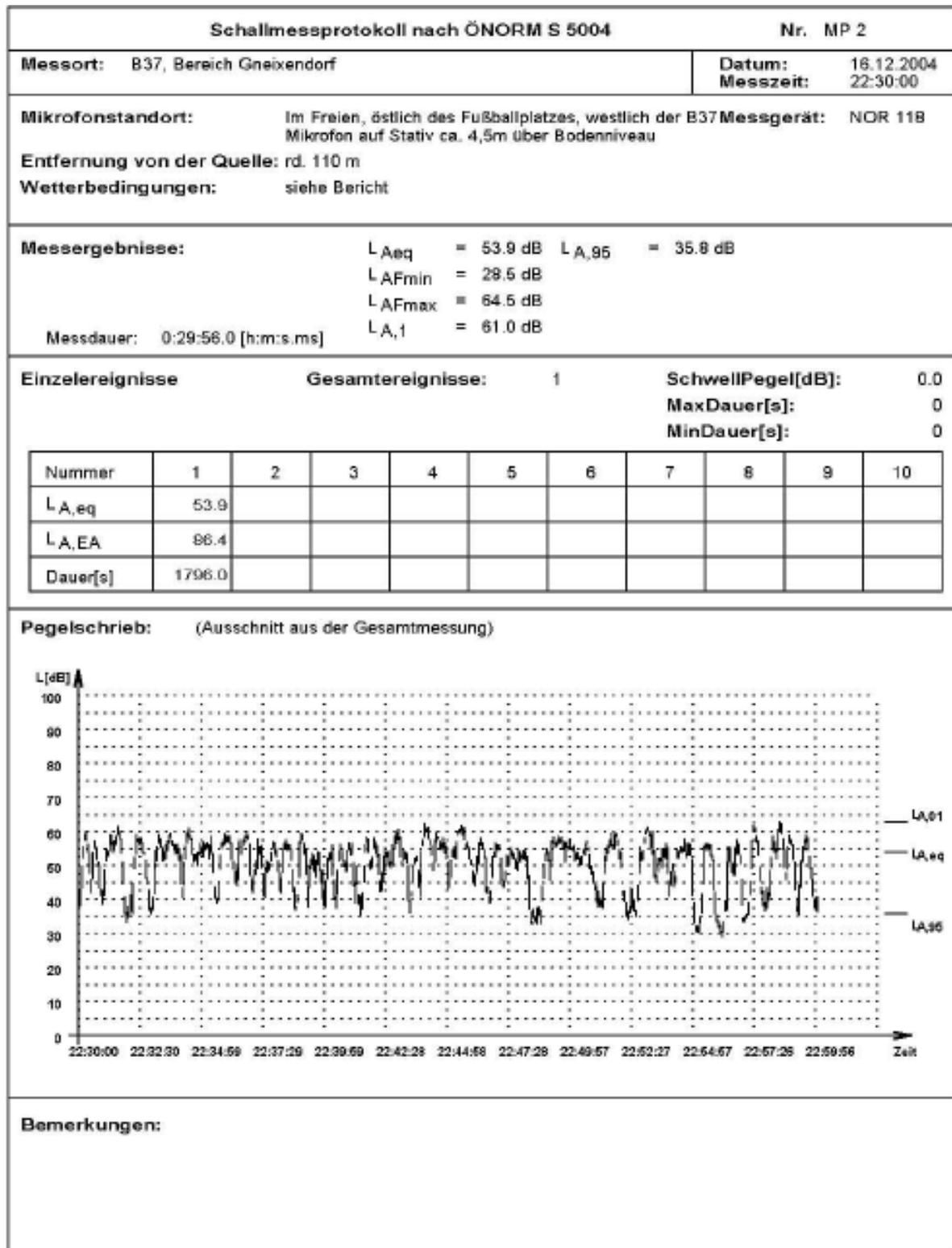


Abbildung 6-12: Auszug aus den Pegelschrieben, ½ Stundenperiode, MP 2¹

¹ RETTER & Partner (2006) S. 35

6.4 Immissionsgrenzwerte

Da ein direkter Zusammenhang sowohl zwischen der bestehenden Widmung als auch der vorkommenden Lärmsituation besteht, kann für die Bestimmung der Widmungsgrenzwerte die ÖNORM S5021-1 herangezogen werden.

In nachfolgender Tabelle sind flächenwidmungs- bzw. nutzungsbezogene Richtwerte laut ÖNORM zusammengefasst.

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, Kurgebiet, 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	Kerngebiet (Büros, Geschäfte, Handel, Verwaltung ohne wesentliche Emission störender 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, Kurgebiet	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

Tabelle 6-5: Planungsrichtwerte gemäß ÖNORM S5021-1¹

¹ ÖNORM S 5021-1; 1. März 1998

Widmung und Nutzung der geplanten Verbauung sind in „Abbildung 6-2: Stadterweiterungsgebiet Krems – Gneixendorf – Widmung“ auf Seite 39 dargestellt.

Basierend auf Abbildung 6-5 (ÖNORM S 5021-1; Schalltechnische Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung und Raumordnung; 1.März 1998) wurden für das zu projektierende Gebiet einvernehmlich folgende Ergebnisse festgelegt:

Kategorie 3: städtische Wohngebiete, Gebiete für Bauten land- und forstwirtschaftlicher Betriebe mit Wohnungen

Grenzwerte: 55 dB(A) tags

45 dB(A) nachts

6.5 Kalibrierung

„Zwecks Kalibrierung wurden für die B37 Kremser Straße die Messpunkte MP1 und MP2 herangezogen. Da die Zeit von 22:00-06:00 Uhr (Nachtzeit) den maßgebenden Zeitabschnitt für die Beurteilung allfälliger Lärmschutzmaßnahmen darstellt, wurde der Zeitraum zwischen 22:30-23:00 Uhr (Nachtzeit) für die nachstehende Kalibrierung zu Grunde gelegt.

Die Lärmmessungen und die Lärmberechnungen stimmen bei Kalibrierungswerten von -0,9 dB_A bis -0,2 dB_A gut überein, weshalb der Kalibrierungswert mit $k_m = 0,0$ dB_A den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt wird.“¹

		MP1, überregional		MP2, überregional	
		RFB; Krems	RFB, Gföhl	RFB, Krems	RFB, Gföhl
Verkehrsstärken PKW Kfz/h		67	93	67	97
	L-LKW Kfz/h	1	2	0	2
	S-LKW Kfz/h	1	1	1	1
Geschwindigkeit	Pkw	100		100	
	Lkw	80		80	
Fahrbahnbelag		Asphaltbeton		Asphaltbeton	
Berechnete Lärmimmission		51,8		53,7	
Gemessene Lärmimmission		52,7		53,9	
Kalibrierungsfaktor K_M		-0,9		-0,2	

Tabelle 6-6: Kalibrierung MP1 ÷ MP2 – Eingabeparameter²

¹ RETTER & Partner (2005a) S. 17, adaptiert

² Ebenda

6.6 Verkehrsdaten

Grundlage der Berechnungen stellen die Prognosewerte der Verkehrsbelastungen für das Jahr 2020 dar:

B37:	JDTV 2020	35.200 KFZ/24h, Schwerverkehrsanteil 8%
L7081:	JDTV 2020	5.000 KFZ/24h, Schwerverkehrsanteil 8%

Tabelle 6-7: Prognoseverkehrswerte 2020

6.7 Lärmimmissionen

Bei der Ermittlung der maßgebenden Lärmimmissionen gemäß RVS 3.02. werden beide Richtungsfahrbahnen getrennt voneinander betrachtet. Die daraus resultierenden Teilpegel werden wie nachfolgend überlagert:

$$L_{A,eq,ges} = 10 \log \sum 10^{0,1L_{A,eq}}$$

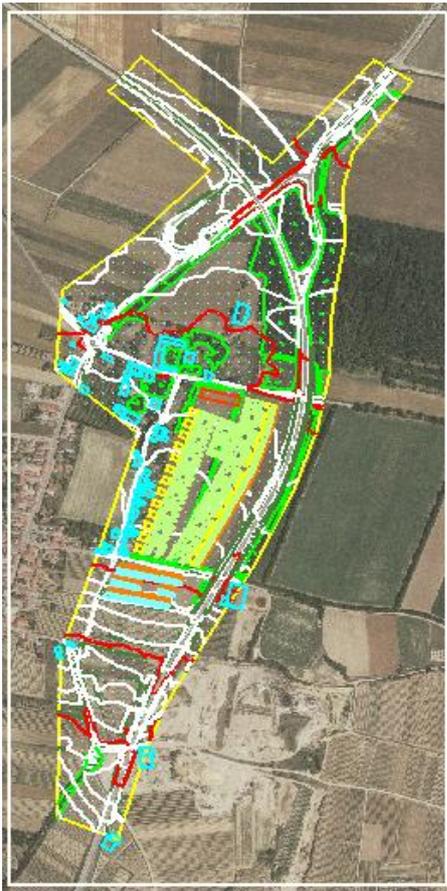
$L_{A,eq,ges}$... Gesamtpegel am Immissionsort in dB_A

$L_{A,eq}$... Teilpegel am Immissionsort in dB_A

6.8 Erstellung der Datengrundlagen (Höhenmodell, Geofiles & DGM)

„Für die Lärmberechnung ist ein dreidimensionales Modell erforderlich, da zum Beispiel auch die Bodendämpfung bei der Ausbreitungsberechnung von Bedeutung ist.

Aus den Höheninformationen kann ein DGM (digitales Geländemodell) berechnet werden, so dass bei der Dateneingabe weitere Objekte automatisch auf das Gelände gesetzt werden



können. Dazu müssen Sie zunächst die Höheninformationen in der GeoDatenbank eingeben bzw. importieren und anschließend im Rechenkern einen Rechenlauf der Berechnungsart „Digitales Geländemodell“ durchführen, wobei Sie eine Ergebnisnummer angeben müssen.“¹

Für das behandelte Projekt wurden die Höhenlinien digitalisiert. Aus diesen wird im Anschluss in einer Vorberechnung ein digitales Geländemodell (DGM) berechnet. Später werden für alle weiteren Objekte die Höhen aus dem DGM verwendet.

Diese Modelle beinhalten die Geländehöhen, die maßgebenden bestehenden Gebäude, die bestehenden Anlageverhältnisse der einzelnen Verkehrswege sowie die geplante Verbauung im Untersuchungsgebiet.

Abbildung 6.13: Für Berechnung relevante Objekte

Abbildung 6.13 zeigt alle für die weitere Berechnung relevanten Informationen (Objekte), die als sogenannte GeoFiles gespeichert werden. „Ein GeoFile ist die kleinste Eingabeeinheit und kann aus einem einzelnen Objekt (zum Beispiel einer Straße), einer Zusammenstellung verschiedener Objekte des gleichen Typs (zum Beispiel die Höhenlinien des Untersuchungsgebietes) oder mehreren verschiedenen Objekttypen (zum Beispiel die gesamte Analyse-Geometrie) bestehen.“²

Folgende Eingabeparameter wurden in den nachfolgenden Berechnungen berücksichtigt:

¹ Braunstein + Berndt GmbH (2005) S.19-1

² Ebenda S.4-3

- Boden- und Vegetationsdämpfung: Da es sich im Untersuchungsgebiet vorwiegend um absorbierende Flächen (Grünflächen, Weingärten) handelt, wurde der Bodendämpfungsfaktor entsprechend mit 1,0 festgelegt.
- Die Berechnungen erfolgen gemäß RVS 3.02 und berücksichtigen eine mittlere Mitwind-Situation. Siehe hierzu auch die Ausführungen unter Punkt 6.2.1 und 6.2.2.

Neben Einzelpunktberechnungen im Verbauungsbereich werden auch Rasterlärmkarten zur Bewertung der flächigen Lärmbelastung erstellt.

Diese können eine geringere Differenz zu den rechnerisch exakt ermittelten Einzelrechenpunkten aufweisen, was jedoch für die Bewertung der flächigen Lärmbelastung irrelevant ist.

Bei Annäherung an ein Gebäude enthält der berechnete Schallpegel bei Rasterlärmkarten immer den reflektierten Schall. Bei einer Einzelpunktberechnung an diesem Gebäude ist der Immissionsort 0,5 m vor der Mitte des geöffneten Fensters anzusetzen, sodass Reflexionen der zugehörigen Fenster nicht zu berücksichtigen sind. Dementsprechend kann der Pegel der Rasterlärmkarte vor einem Gebäude bis ca. 3dB höher liegen als eine vergleichbare Einzelpunktberechnung am Gebäude.

Zum besseren Verständnis der oben angeführten Prozesse sind auf den folgenden beiden Seiten die einzelnen Schritte dieses Verfahrens angeführt.



Abbildung 6-13

Die linke Abbildung zeigt das graphische Ergebnis der geodätischen Daten des Vermessers, die als Grundlage für das digitale Geländemodell (DGM) dienen.

Diese Daten können nun in die Software SoundPLAN importiert werden und daraus ein DGM des Projektgebiets erstellt werden.

Die rechte Abbildung zeigt ein solches DGM.

Dieses enthält jedoch ausschließlich Informationen über die Geometrie des Geländes, jedoch keine relevanten Auskünfte (Objekte), sogenannte GeoFiles.

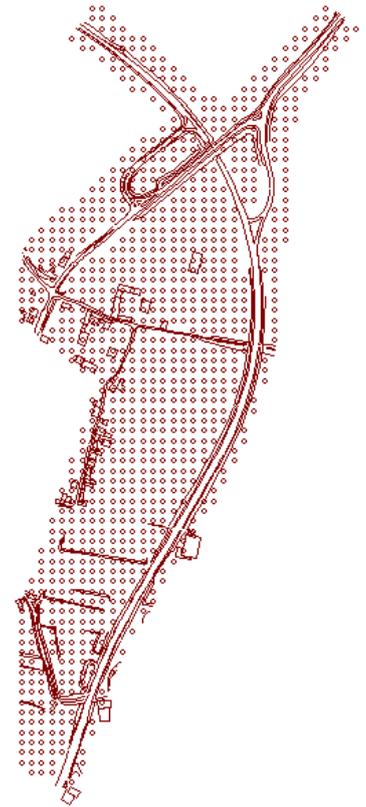


Abbildung 6-14

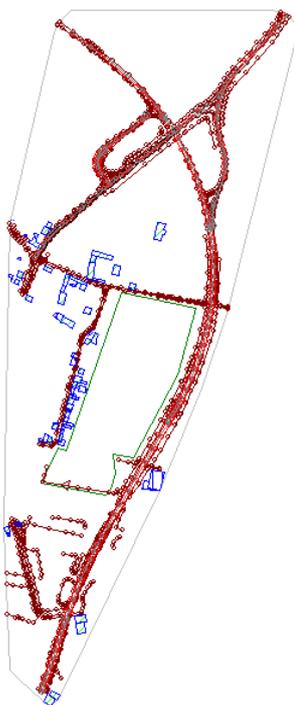


Abbildung 6-15

Anschließend werden die diversen Objekte zu Geofiles definiert.

Die Abbildung links zeigt die Bestandssituation mit den bereits festgelegten Gebäuden, Straßen, etc.

Danach wird, wie aus der rechten Abbildung ersichtlich, die Verbauung laut Studie als Dwg-Datei importiert und ebenfalls als Geofiles definiert.



Abbildung 6-16

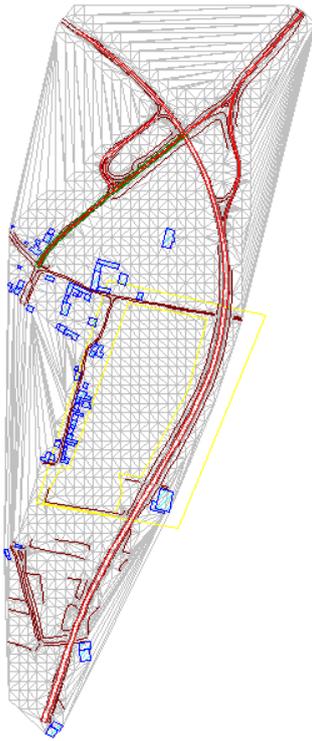


Abbildung 6-17

Auf Basis der Modelle, inklusive aller definierten Geofiles, wird ein Geländemodell erstellt, welches als Grundlage für die weitere Berechnungen.

Auf diese Weise kann die Rechenzeit deutlich reduziert werden, da nicht für jeden einzelnen Fall das Gelände berechnet werden muss, sondern auf ein gemeinsames Geländemodell zurückgegriffen werden kann.

Die linke Abbildung zeigt dieses Geländemodell für die Bestandssituation, die Abbildung rechts das Geländemodell inklusive der Verbauung laut Studie.



Abbildung 6-18

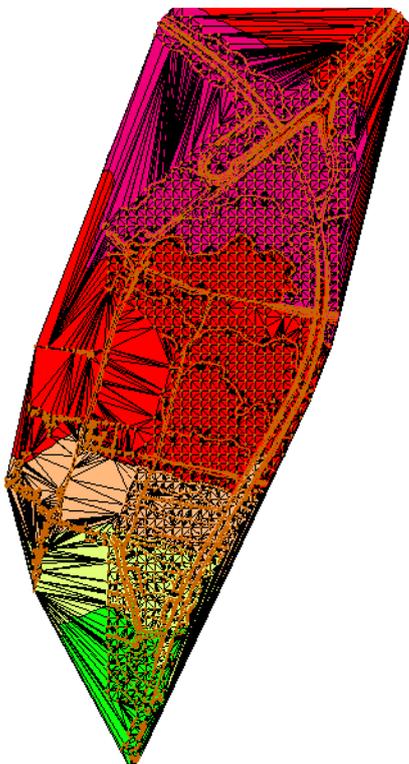


Abbildung 6-19

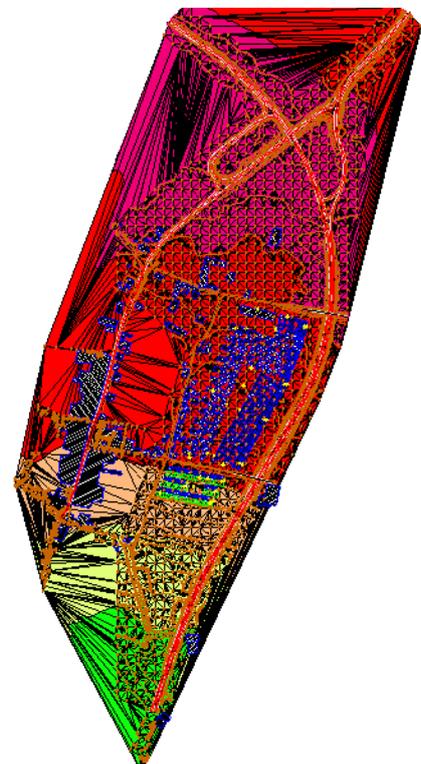


Abbildung 6-20

Das graphisch aufbereitete Endergebnis eines Digitalen Geländemodells inklusiver geplanter Verbauung ist in unten angeführter Abbildung dargestellt.

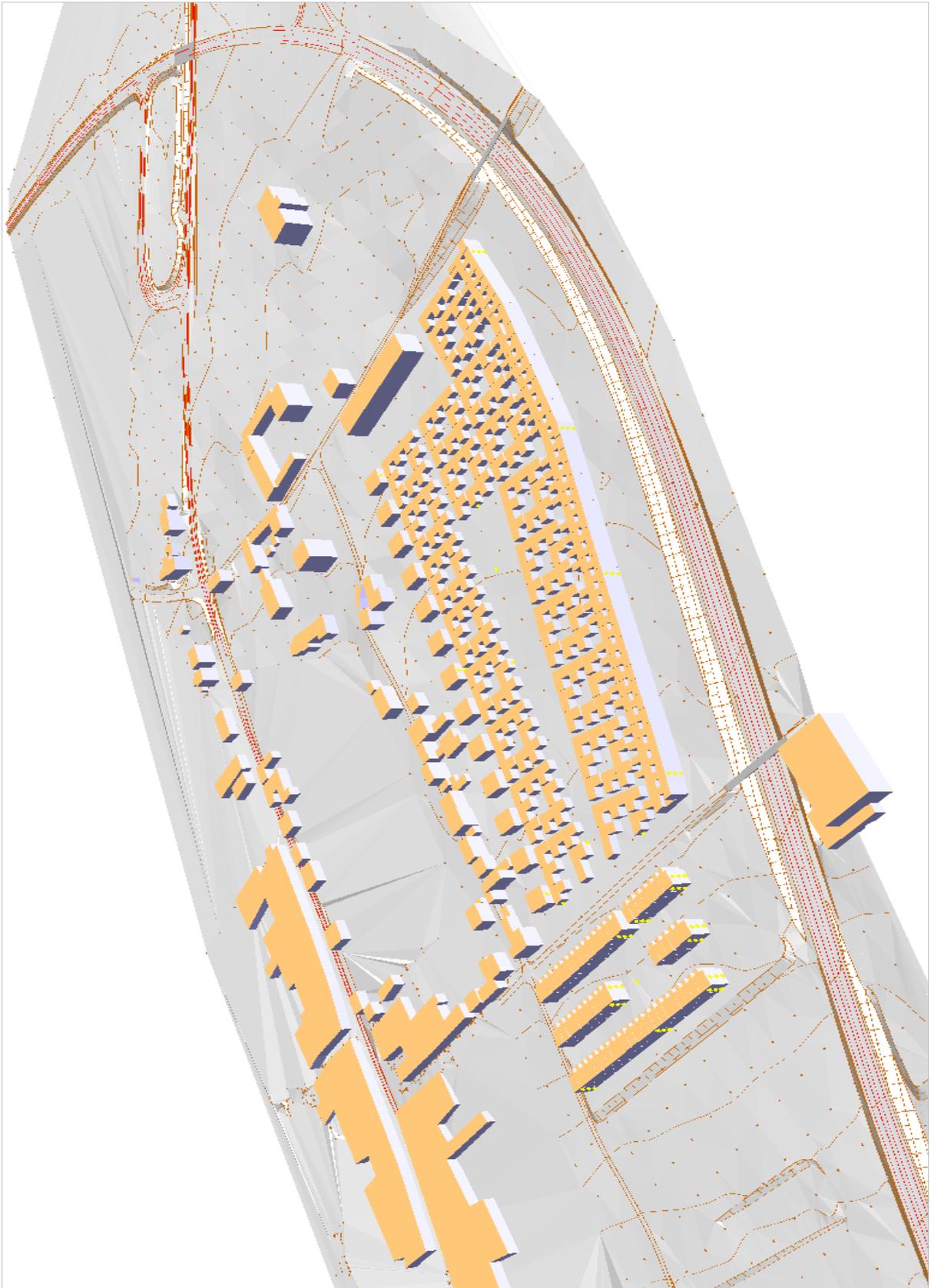


Abbildung 6-21: Digitales Geländemodell inklusive geplanter Verbauung laut Studie

6.9 Lärmschutzmaßnahmen

Obwohl es für das gegenständliche Projekt eine Vielzahl verschiedener Lärmschutzmaßnahmen und vor allem Kombinationen davon gäbe, beschränkt sich die gegenständliche Arbeit auf die Untersuchung von straßenseitigen Lärmschutzwänden und den Einfluss der Selbstabschirmungsfähigkeit der Verbauung selbst gegen Schall.

6.9.1 Akustische Mindestanforderungen für Schallschirme

Lärmschutzwände:

bewertetes Schalldämmmaß: > 25 dB

Schallabsorption straßenseitig: $\Delta L_{A,\alpha,Str} \geq 8$ dB

objektseitig: $\Delta L_{A,\alpha,Str} \geq 4$ dB

6.9.2 Dimensionierung der Lärmschutzwände

Die Dimensionierung der Lärmschutzwände erfolgte gemäß RVS 04.02.11. Es wurden sowohl Werte für Höhe als auch die Länge des zu dimensionierenden Schallschirmes angenommen und dann im Zuge eines iterativ- simulativen Verfahrens die optimalen geometrischen Werte ermittelt.

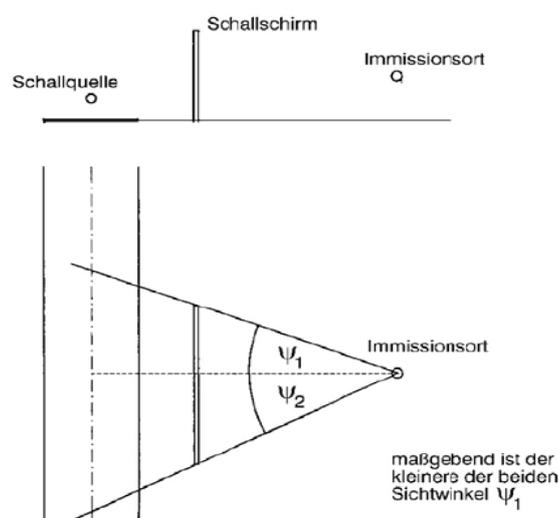


Abbildung 6-22: Kennzeichnung der Länge eines Schallschirms mit dem Sichtwinkel ψ_1 ¹

¹ Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2006) S. 11

Die Situierung der Lärmschutzmaßnahmen ist den Rasterlärmkarten im Anhang zu entnehmen. Flucht- bzw. Wartungstüren sind in einem maximalen Abstand von ≤ 300 Metern zu errichten.

6.10 Szenario 1: Bestand ohne Verbauung, ohne Schallschutz

Das Szenario dient der Ermittlung der gegenwärtigen Lärmsituation im Planungsgebiet **inklusive** dem abschirmenden Einfluss der geplante Verbauung und **ohne** den abschirmenden Einfluss des entlang der B37 Kremser Straße geplanten Schallschirmes auf das Planungsgebiet zu berücksichtigen.

Zur Beurteilung der flächigen Lärmbelastung durch das Verkehrsaufkommen auf der B37 und der L7081 wurden Berechnungen für Höhen von 1,5m bzw. 5,0m über GOK durchgeführt.

Die Immissionen wurden hierbei für den Prognosefall JDTV 2020 betrachtet.

In der nachstehenden Tabelle sind die Ergebnisse maßgebender, für die geplante Verbauung repräsentativer Immissionspunkte tabellarisch zusammengefasst.

Position	Geschoss	Grenzwerte Tags [dB(A)]	Grenzwerte Nachts [dB(A)]	Lt [dB(A)]	Ln [dB(A)]	Grenzwertüber- schreitung tags [dB(A)]	Grenzwertüber- schreitung nachts [dB(A)]
P 3	2. OG	55	45	67	61	12	16
P 4	2. OG	55	45	67	60	12	15
P 5	2. OG	55	45	66	59	11	14
P 6	2. OG	55	45	67	60	12	15
P 10	2. OG	55	45	56	49	1	4
P 24	2. OG	55	45	65	58	10	13
P 25	2. OG	55	45	65	58	10	13
P 26	2. OG	55	45	58	51	3	6
P 27	2. OG	55	45	58	51	3	6
P 30	2. OG	55	45	65	58	10	13

Tabelle 6-8: Immissionen ohne Lärmschutz

Eine detaillierte Darstellung der Immissionen an den einzelnen Wohneinheiten der geplanten Verbauung nach Architekt Ernst Linsberger ist in den folgenden Gebäudelärmkarten ersichtlich.

Für die Erstellung der Karten wurde bei der Wahl des Stockwerkes jeweils der höchste Pegel gewählt. Die Berechnungen erfolgten nach RVS, Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Kapitel 3.02, Lärmschutz, Stand Dezember 1997. Die erste der beiden Karten zeigt die Pegelwerte L_t (Beurteilungspegel Tag), die zweite die Pegelwerte L_n (Beurteilungspegel Nacht).

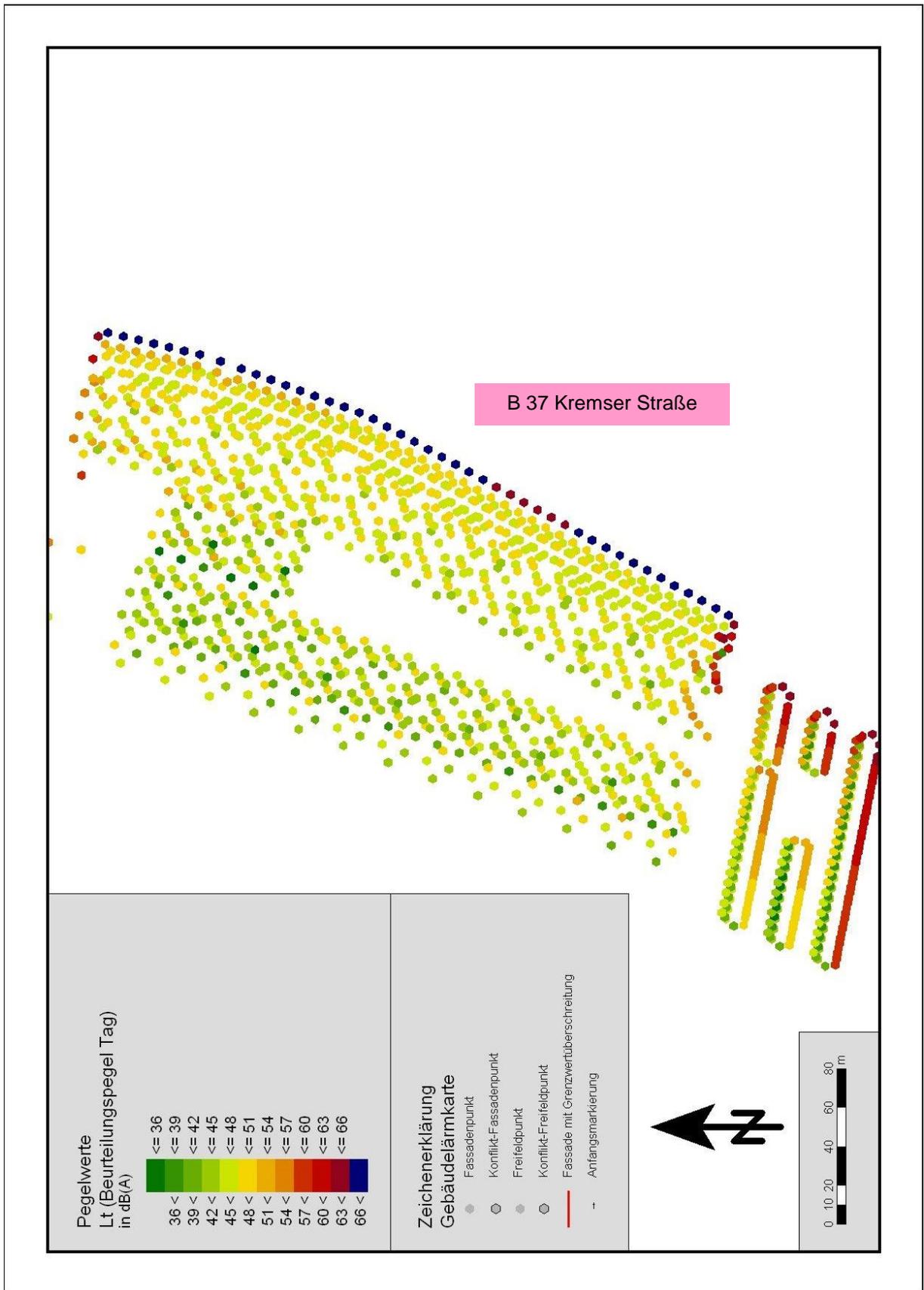


Abbildung 6-23: Gebäudelärmkarte (Tag) für geplante Verbauung ohne Lärmschutz (Lt)

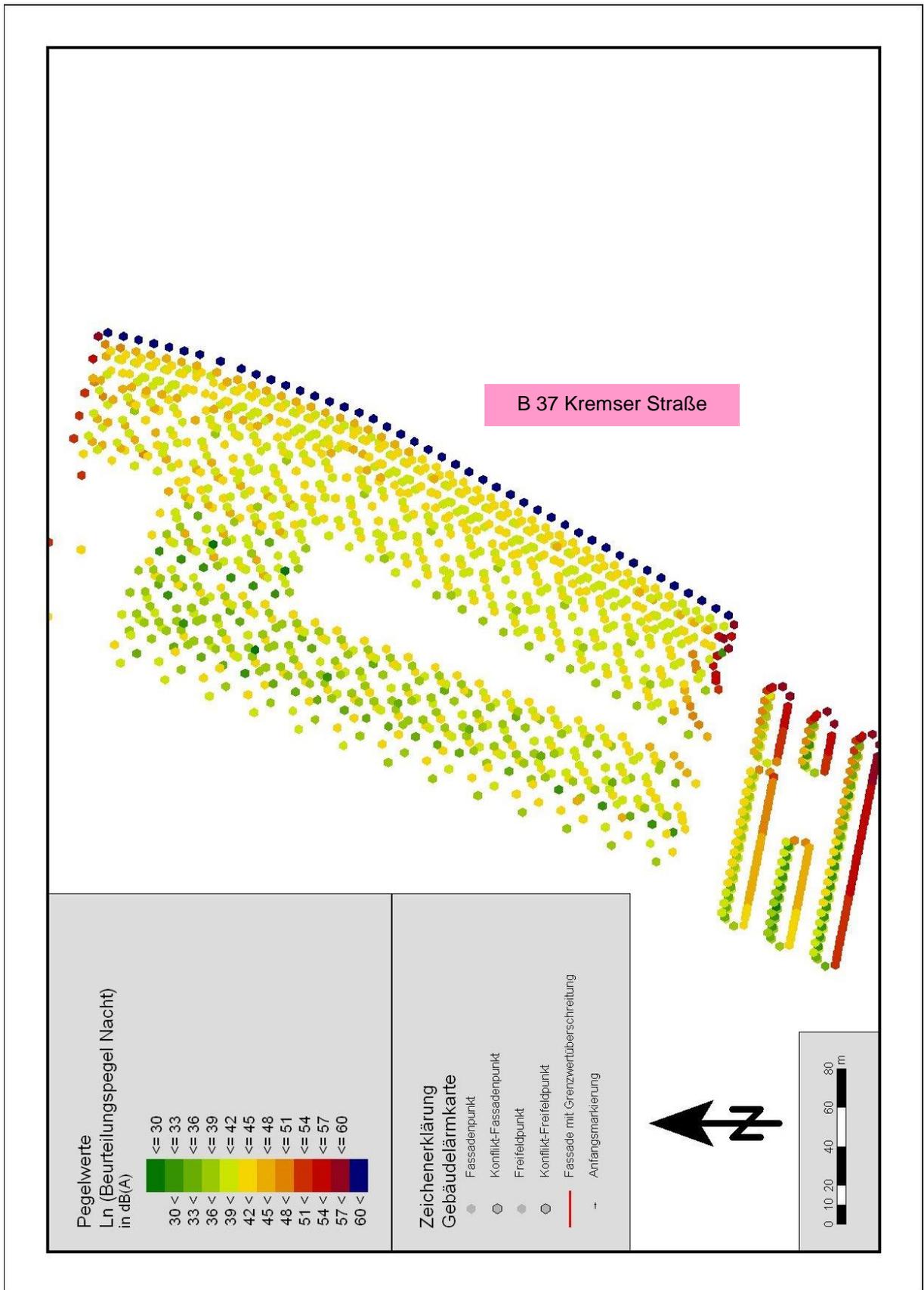


Abbildung 6-24: Gebäudelärmkarte (Nacht) für geplante Verbauung ohne Lärmschutz (Ln)

Dieses Szenario zeigt, dass ohne straßenseitige Schallschutzmaßnahmen die Grenzwerte gemäß ÖNORM S5021-1 nicht eingehalten werden können. Daher wurden im nächsten Schritt weitere Berechnungen durchgeführt, um die Wirksamkeit eines straßenseitigen Schallschildes zu ermitteln.

Lärmbelastung im Untersuchungsgebiet tags: 50 ÷ 70 dB

Lärmbelastung im Untersuchungsgebiet nachts: 45 ÷ 65 dB

Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind im Anhang in Form von Rasterlärmkarten dargestellt.

6.11 Szenario 2: Verbauung laut Studie inklusive straßenseitiger Schallschirme

Das Szenario dient der Bestimmung der abschirmenden Wirkung der entlang der B37 Kremser Straße geplanten straßenseitigen Lärmschutzwände inklusive dem abschirmenden Einfluss der geplanten Verbauung.

Die Höhe des straßenseitigen Schallschildes wurde mit $H=5,5$ m festgelegt, wobei dieser im Endbereich höhenmäßig abgestuft ist. Die Länge beträgt: $L=1150$ m.

Die Immissionen wurden hierbei für den Prognosefall JDTV 2020 durchgeführt.

Eine detaillierte Darstellung der Immissionen an den einzelnen Wohneinheiten der geplanten Verbauung nach Architekt Ernst Linsberger ist in der nachfolgenden Gebäudelärmkarte dargestellt.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse maßgebender, repräsentativer Immissionspunkte tabellarisch zusammengefasst.

Position	Geschoß	Grenzwerte		Lt [dB(A)]	Ln [dB(A)]	Grenzwert	Grenzwert	Reduk- tion [dB(A)]
		tags [dB(A)]	nachts [dB(A)]			tüber- schreitung tags [dB(A)]	wertüber- schreitung nachts [dB(A)]	
P 3	2. OG	55	45	54	47	-	2	-14
P 4	2. OG	55	45	56	49	1	4	-11
P 5	2. OG	55	45	56	49	1	4	-10
P 6	2. OG	55	45	60	53	5	8	-7
P 10	2. OG	55	45	53	46	-	1	-3
P 24	2. OG	60	50	58	51	3	6	-7
P 25	2. OG	60	50	57	50	2	5	-8
P 26	2. OG	60	50	53	46	-	1	-5
P 27	2. OG	60	50	53	46	-	1	-5
P 30	2. OG	60	50	56	49	1	4	-9

Tabelle 6-9: Immissionen und Überschreitungen an Wohneinheiten

Sowohl die oben angeführte Gebäudelärmkarte als auch die Tabelle verdeutlichen, dass die straßenseitigen Lärmschutzmaßnahmen nicht ausreichen, um Grenzwertüberschreitungen zu vermeiden.

Die Lärmschutzmaßnahmen ergeben an den maßgebenden Fassadenpunkten, gegenüber dem Szenario ohne Lärmschutz, Pegelreduktionen von bis zu 15 dB (A).

Trotz dieser Pegelreduktionen kommt es sowohl an der der B37 Kremser Straße zugewandten Fassadenfront als auch im weiter westlich gelegenen Inneren der geplanten Verbauung zu Überschreitungen der Grenzwerte gemäß ÖNORM S5021-1.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind im Anhang in Form von Rasterlärmkarten dargestellt.

6.12 Grobschätzung der Kosten¹

Die Kosten für die Errichtung des simulierten Schallschildes in Form einer hochabsorbierenden Lärmschutzwand aus Holz inklusive Fluchttüren, Stiegenabgängen, Fundierungen, Sockelelementen, Sickerkörpern, Geotextilien, Gestaltungsmaßnahmen und Begrünung können anhand von Erfahrungswerten laut Stand 2007 mit 600 €/Laufmeter grob abgeschätzt werden.

Addiert man 10% für Baustelleneinrichtung und Baustellensicherung sowie 20% für Unvorhergesehenes, erhält man Nettokosten von rund 780 €/Laufmeter.

Bei einer Gesamtlänge von $L=1150$ m ergeben sich geschätzte Kosten von rund netto 897 000 €.

6.13 Ergebnis der Untersuchungen

Die Berechnungsergebnisse von Szenario 1 zeigen, dass nur durch eine kombinierte Ausführung von Lärmschutzwänden entlang der B37 Kremser Straße und objektseitigen baulichen Maßnahmen die Einhaltung der Grenzwerte von 55/45 dB (A) tags/nachts möglich ist.

Um also die gewünschte Attraktivität des geplanten Wohngebietes zu gewährleisten, muss das Thema Schall als Gesamtkonzept betrachtet werden. Denn nur durch die gemeinsame Betrachtung sowohl des Schallschildes entlang der B37 Kremser Straße als auch eines optimierten architektonischen Entwurfes der Verbauung selbst kann ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden.

¹ Basierend auf Büointernen Statistiken der RETTER & Partner Ziviltechniker Ges.m.b.H.

7 Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Schallprobleme, welche durch immer anspruchsvollere architektonische Entwürfe, die immer größer werdende geforderte Genauigkeiten, sowie immer umfangreicher werdenden Planungsgebiete hervorgerufen werden, können heutzutage oftmals nur durch eine ganzheitliche Planung und mit Hilfe dreidimensionaler Schallsimulationsprogramme bewältigt beziehungsweise realisiert werden. Eine dieser Lärmprognoseprogramme ist „SoundPLAN“ der „Braunstein + Berndt GmbH“. Es stellt das diplomarbeitsthemenbezogenen wichtigste Instrument dar.

Der Erläuterung des Unterschiedes zwischen Schall und Lärm und deren Quellen in **Kapitel 2** „Was ist Schall, was ist Lärm?“ folgend, liefert **Kapitel 3** einen Überblick über die Grundlagen von SoundPLAN. Beschrieben werden die in diesem implementierten Rechenverfahren sowie die Umsetzung der physikalischen Eigenschaften von Schall.

Den Abschluss des kompulatorischen Teils der gegenständlichen Diplomarbeit bildet die in **Kapitel 5** durchgeführte Analyse der in diesem Zusammenhang maßgebenden Dokumente – das Niederösterreichische Raumordnungsgesetz und die ÖAL Richtlinie 3. Aus diesen sind relevante Daten extrahiert.

Für die in **Kapitel 4** durchgeführte Evaluierung der Software SoundPLAN werden aus Messungen, Berechnungen und Simulationen Schalldruckpegel ermittelt und anschließend einander gegenübergestellt.

Die daraus abgeleiteten Fakten entsprechen den erwarteten Ergebnissen:

- die mit Hilfe der Simulationssoftware ermittelten Ergebnisse entsprechen den durch Messung erhaltenen Schalldruckpegeln
- die mit Hilfe der Simulationssoftware ermittelten Ergebnisse entsprechen den mittels der Gleichung für „halbkugelförmig strahlende Quellen“ berechneten Schalldruckpegeln
- die Abweichungen der Ergebnisse lassen sich neben der Sensibilität der verwendeten Messausrüstung nachweislich auf die unterschiedlichen Windverhältnisse zurückführen.

Die praktische Umsetzung der in den vorangegangenen Abschnitten theoretisch diskutierten Grundlagen erfolgt in **Kapitel 6** anhand eines ausgewählten Praxisbeispiels.

Bei dem vorliegenden Projekt handelt es sich um ein im Verlauf der raumplanerischen Entwicklung der Stadt Krems (Ortsteil Gneixendorf) als hochwertiges Stadterweiterungsgebiet eingestufte Areal an der B37 Kremser Straße nördlich von Krems an der Donau in Niederösterreich. Zur Untersuchung der Machbarkeit der auf diesem Gebiet angedachten Verbauung wurde daher eine auf Schallmessungen und Verkehrszählungen basierende Lärmtechnische Untersuchung durchgeführt. Mit Hilfe von in diesem Zusammenhang erstellten Raster- und Gebäudelärmkarten werden Aussagen über die schallschutztechnischen Eigenschaften des architektonischen Vorentwurfes sowie die schallschutztechnischen Auswirkungen durch die Errichtung eines Schallschirmes untersucht.

Die Analyse zweier unterschiedlicher Szenarien – der Verbauung laut Studie ohne Schallschutz einerseits, sowie der Verbauung laut Studie inklusive eines straßenseitigen Schallschirmes andererseits, führt zu folgenden Schlüssen:

- die aus Szenario 1 gewonnenen Ergebnisse verdeutlichen, dass nur durch eine kombinierte Ausführung von Lärmschutzwänden entlang der B37 Kremser Straße und objektseitigen baulichen Maßnahmen die Einhaltung der maßgebenden Grenzwerte von 55/45 dB (A) tags/nachts möglich ist.
- Zur Gewährleistung der gewünschten Attraktivität des geplanten Wohngebietes ist das Thema Schall als Gesamtkonzept zu betrachten! Nur die gemeinsame Berücksichtigung eines Schallschildes entlang der B37 Kremser Straße und eines optimierten architektonischen Entwurfes der Verbauung selbst kann ein zufriedenstellendes Ergebnis garantieren.

8 Literaturverzeichnis

AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG, GRUPPE STRASSE; ABTEILUNG LANDSTRASSENBAU.
Richtlinie für Lärmschutz an Landesstrassen, Fassung Juni 2004

ASFINAG: Autobahn und Schnellstraßen Finanzierungs-Aktiengesellschaft, <http://www.asfinag.at>

BRAUNSTEIN + BERNDT GMBH.: Handbuch SoundPLAN, Backnang, Stand: 10. Mai 2005

BRAUNSTEIN + BERNDT GMBH.: <http://www.soundplan.de/>

FASOLD, Wolfgang, Veres, Eva: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, Berlin, Huss-Medien GmbH, Verlag Bauwesen, 2.Auflage, 2003

GOOGLE Earth: <http://maps.google.com/maps>

KLINISCHE ABTEILUNG FÜR HÖR-, STIMM- UND SRACHTRÖRUNGEN, MEDIZINISCHE UNIVERSITÄT INNSBRUCK: <http://www.hss-innsbruck.at>

LINSBERGER, Ernst: Sozio - Ökologisches Stadterweiterungsgebiet Krems - Gneixendorf, 2005

NIEDERÖSTERREICHISCHER LANDTAG: Niederösterreichisches Raumordnungsgesetz 1976, LGBl. für NÖ idF 8000-23 (17.Novelle), Stand: 7. September 2007

NIEDERÖSTERREICHISCHE UMWELTSCHUTZANSTALT: Messstelle Wetterkreuz, Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windrose, Bezugsjahr 2000

ÖNORM S 5021-1; Schalltechnische Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung und Raumordnung; 1.März 1998

ÖSTERREICHISCHER ARBEITSRING FÜR LÄRMBEKÄMPFUNG: ÖALI-Richtlinie Nr. 3 Blatt 1, Beurteilung von Schallimmissionen im Nachbarschaftsbereich, Ausgabe 2008-03-01

PECH, Anton, PÖHN, Christian: Bauphysik, Wien, Springer Verlag, 2007

RETTNER & PARTNER Ziviltechniker Ges.m.b.H.: Lärmtechnische Untersuchung, Krems, 2005, (zit. 2005a)

RETTNER & PARTNER Ziviltechniker Ges.m.b.H.: Verkehrskonzept, Krems an der Donau, Krems, 2005, (zit. 2005b)

RETTNER & PARTNER Ziviltechniker Ges.m.b.H.: Schalltechnischer Messbericht, B37 Kremser Strasse, Bereich Gneixendorf, Krems, Stand Dezember 2006

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE: RVS, Richtlinien und Verordnungen für den Straßenbau: Lärm und Luftschadstoffe, Kapitel 04.02.11, 1.März 2006

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE: RVS, Richtlinien und Verordnungen für den Straßenbau: Lärmschutz, Kapitel 3.02., Dezember 1997

UMWELTBUNDESAMT GmbH: <http://www.umweltbundesamt.at>

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE: Richtlinie des Vereins deutscher Ingenieure, Schallausbreitung im Freien, VDI 2714

9 Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 2-1: Mikrozensus-Sonderprogramm „Lärmstörung seit 1970“	3
Abbildung 2-2: Entwicklung der EU - Fahrgeräuschkenwerte	4
Abbildung 2-3: Kostenentwicklung Lärmschutz im bestehenden österreichischen Verkehrsnetz	4
Abbildung 2-4: Anteile der Lärmquellen	6
Abbildung 3-1: Prinzipskizze Suchwinkelverfahren und Zerlegung	8
Abbildung 3-2: Seitliche Beugung, Prinzipskizze	10
Abbildung 3-3: Beugung und Bodendämpfung	11
Abbildung 3-4: Behandlung von Reflexionen	12
Abbildung 3-5: Erläuterung von Reflextiefe und Reflexzahl.....	13
Abbildung 4-1: Aspang Gründe	15
Abbildung 4-2: Versuchsanordnung Schallmessung	15
Abbildung 4-3: Lageplan - Versuchsanordnung.....	16
Abbildung 4-4: Rasterlärmkarte – 5dB Pegelschritte	19
Abbildung 4-5: Rasterlärmkarte - 2dB Pegelschritte	19
Abbildung 4-6: Trend des Schalldruckpegelverlaufes der Messungen.....	21
Abbildung 5-1: Flussdiagramm der Verfahrensschritte für die Beurteilung von Schallimmissionen...	27
Abbildung 6-1: Stadterweiterungsgebiet Krems – Gneixendorf, Widmung - Lageplan.....	37
Abbildung 6-2: Stadterweiterungsgebiet Krems – Gneixendorf - Widmung	39
Abbildung 6-3: Stadterweiterungsgebiet Krems Gneixendorf - Planungsentwurf.....	40
Abbildung 6-4: Flowchart Immissionsermittlung.....	41
Abbildung 6-5: Übersichtskarte mit Lage der Messpunkte	42
Abbildung 6-6: Einflüsse von Wind und Lufttemperatur auf die Schallausbreitung	44
Abbildung 6-7: Relative Häufigkeit der Windrichtungen.....	46
Abbildung 6-8: Relative Häufigkeit der Windrichtungen für das Planungsgebiet.....	46
Abbildung 6-9: Verlauf der halbstündlichen Mess- und Ermittlungsergebnisse,.....	49
Abbildung 6-10: Verlauf der halbstündlichen Mess- und Ermittlungsergebnisse, MP1, numerisch	51
Abbildung 6-11: Auszug aus den Pegelschrieben, ½ Stundenperiode, MP 1	53
Abbildung 6-12: Auszug aus den Pegelschrieben, ½ Stundenperiode, MP 2	54
Abbildung 6-13: Stadterweiterungsgebiet Krems – Gneixendorf – Widmung.....	568
Abbildung 6-14	60
Abbildung 6-15	60
Abbildung 6-16	610
Abbildung 6-17	610
Abbildung 6-18	61
Abbildung 6-19	61
Abbildung 6-20	61
Abbildung 6-21	61

Abbildung 6-22: Digitales Geländemodell inklusive geplanter Verbauung laut Studie	62
Abbildung 6-23: Kennzeichnung der Länge eines Schallschirms mit dem Sichtwinkel ψ_1	63
Abbildung 6-24: Gebäudelärmkarte für geplante Verbauung ohne Lärmschutz (Lt)	66
Abbildung 6-25: Gebäudelärmkarte für geplante Verbauung ohne Lärmschutz (Ln)	67

10 Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 4-1: Messergebnisse Schallpegelmessung Aspang Gründe.....	17
Tabelle 4-2: Simulationsergebnisse Aspang Gründe.....	18
Tabelle 4-3: Berechnungsergebnisse Aspang Gründe.....	20
Tabelle 4-4: Ergebnisgegenüberstellung Ergebnisse Aspang Gründe.....	22
Tabelle 6-1: Ergebnisse der 24-stündigen Messung.....	43
Tabelle 6-2: Schwankungsbereich Mitwindwetterlage.....	45
Tabelle 6-3: Verlauf der halbstündlichen Mess- und Ermittlungsergebnisse, MP1, numerisch.....	50
Tabelle 6-4: Verlauf der halbstündlichen Mess- und Ermittlungsergebnisse, MP2, numerisch.....	52
Tabelle 6-5: Planungsrichtwerte gemäß ÖNORM S5021-1.....	55
Tabelle 6-6: Kalibrierung MP1 ÷ MP2 – Eingabeparameter.....	56
Tabelle 6-7: Prognosewerte 2020.....	57
Tabelle 6-8: Immissionen ohne Lärmschutz.....	64
Tabelle 6-9: Immissionen und Überschreitungen an Wohneinheiten	69

11 Anhang

RASTERLÄRMKARTE rd.1,5m über GOK

Bestandssituation ohne Lärmschutz, JDTV 2020, tags

RASTERLÄRMKARTE rd.1,5m über GOK

Bestandssituation ohne Lärmschutz, JDTV 2020, nachts

RASTERLÄRMKARTE rd.5,0m über GOK

Bestandssituation ohne Lärmschutz, JDTV 2020, tags

RASTERLÄRMKARTE rd.5,0m über GOK

Bestandssituation ohne Lärmschutz, JDTV 2020, nachts

RASTERLÄRMKARTE rd.1,5m über GOK

Bestandssituation mit Lärmschutz, JDTV 2020, tags

RASTERLÄRMKARTE rd.1,5m über GOK

Bestandssituation mit Lärmschutz, JDTV 2020, nachts

RASTERLÄRMKARTE rd.5,0m über GOK

Bestandssituation mit Lärmschutz, JDTV 2020, tags

RASTERLÄRMKARTE rd.5,0m über GOK

Bestandssituation mit Lärmschutz, JDTV 2020, nachts

RASTERLÄRMKARTE rd.1,5m über GOK

Verbauung lt. Studie ohne Lärmschutz, JDTV 2020, tags

RASTERLÄRMKARTE rd.1,5m über GOK

Verbauung lt. Studie ohne Lärmschutz, JDTV 2020, nachts

RASTERLÄRMKARTE rd.5,0m über GOK

Verbauung lt. Studie ohne Lärmschutz, JDTV 2020, tags

RASTERLÄRMKARTE rd.5,0m über GOK
Verbauung lt. Studie ohne Lärmschutz, JDTV 2020, nachts

RASTERLÄRMKARTE rd.1,5m über GOK
Verbauung lt. Studie mit Lärmschutz, JDTV 2020, tags

RASTERLÄRMKARTE rd.1,5m über GOK
Verbauung lt. Studie mit Lärmschutz, JDTV 2020, nachts

RASTERLÄRMKARTE rd.5,0m über GOK
Verbauung lt. Studie mit Lärmschutz, JDTV 2020, tags

RASTERLÄRMKARTE rd.5,0m über GOK
Verbauung lt. Studie mit Lärmschutz, JDTV 2020, nachts

