

TU
TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

DIPLOMARBEIT
Master's Thesis

Berechnungsmodelle für die Lärmemission von Garagen
Messtechnische Evaluierung ausgewählter Szenarien

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung von

Ao. Univ. Prof. DI Dr.techn. Thomas BEDNAR
E 206

Institut für Hochbau und Technologie, Zentrum für Bauphysik und Bauakustik

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Ing. Joachim Jira
E 611 / 9425584
1020 Wien, Springergasse 29/9

Wien, im April 2008

eigenhändige Unterschrift

Berechnungsmodelle für die Lärmemission von Garagen
Messtechnische Evaluierung ausgewählter Szenarien

Diplomarbeit an der TU-Wien

Ing. Joachim Jira

INHALTSVERZEICHNIS

1. VORWORT	4
2. KURZFASSUNG	5
3. SUMMARY	5
4. EINLEITUNG	6
5. DATENBESTAND GARAGENEMISSIONSMODELLE	8
5.1. BEZUGSEMISSIONEN	8
5.1.1 <i>Instationäre Emissionen</i>	8
5.1.2 <i>Exkurs Schallleistungspegel L_{AW}</i>	11
5.1.3 <i>Emissionsunterschied RVS und Parkplatzlärmstudie</i>	13
5.1.4 <i>Spitzenpegelemissionen</i>	14
5.2. EMISSIONSBERECHNUNG	16
5.2.1 <i>Einteilung in relevante Emissionsabschnitte</i>	16
5.2.2 <i>Berechnung des Innenpegels im Hallraum</i>	17
5.2.3 <i>Emissionsflächen</i>	19
6. MESSTECHNISCHE EVALUIERUNG	22
6.1. MESSKONZEPT	24
6.2. AUSWERTEKONZEPT	27
7. MESSDATENERFASSUNG	29
7.1. MESSAUFBAU	29
7.2. MESSSYSTEM	30
7.3. MESSVORGANG	34

7.3.1	Messfahrten	34
7.3.2	Nachhallzeit der Halle	35
7.3.3	Referenz Schalleistung der Halleneinfahrt	37
7.4.	MESSDATEN.....	38
7.5.	AUSWERTUNG	39
7.5.1	Einfahrt Pkw 1 – Nissan Primera.....	41
7.5.2	Ausfahrt Pkw 1 – Nissan Primera	42
7.5.3	Einfahrt Pkw 2 – Seat Leon.....	43
7.5.4	Ausfahrt Pkw 2 – Seat Leon	44
7.5.5	Auswertung Referenzschallquelle.....	45
8.	EVALUATION AUSGEWÄHLTER SZENARIEN.....	46
8.1.	ANSATZ	46
8.2.	DATENBESTAND.....	47
8.3.	VERGLEICHSWERTE DER MESSUNG.....	48
8.4.	EVALUIERUNG DER EMISSIONEN	51
9.	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	52
10.	LITERATURVERZEICHNISS.....	53
11.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	57
12.	TABELLENVERZEICHNIS	58
13.	ANHANG.....	59
13.1.	MESSLAGEPLAN.....	59
13.2.	FOTODOKUMENTATION HALLE	60
13.3.	FOTODOKUMENTATION MESSDURCHFÜHRUNG.....	66
13.4.	AUSWERTUNG DATEN WETTERSTATION	89
13.5.	DATENBLATT REFERENZSCHALLQUELLE B&K 4204.....	92
13.6.	GRAPHISCHE MESSAUSWERTUNG PKW 1 - EINFAHRT	94
13.7.	GRAPHISCHE MESSAUSWERTUNG PKW 1 - AUSFAHRT	95
13.8.	GRAPHISCHE MESSAUSWERTUNG PKW 2 - EINFAHRT	96
13.9.	GRAPHISCHE MESSAUSWERTUNG PKW 2 - AUSFAHRT	97

1. VORWORT

Im Jahr 2003 wurde das Büro Rosinak & Partner ZT GmbH, 1050 Wien, Schloßgasse 11, mit der Überarbeitung der Wiener Garagenrichtlinie durch den Magistrat der Stadt Wien beauftragt. Die Überarbeitung der Richtlinie soll auch deren Abschnitt *Lärm von Garagen und dessen Berechnung* betreffen.

Da ich seit dem Jahr 1991 im Büro Rosinak im Fachbereich Bauphysik & Akustik tätig bin, lag es nahe, dass ich an der Überarbeitung der Richtlinie mitarbeite. Es wurde die Idee geboren, den Teilbereich der Richtlinie über die Lärm-Berechnungsgrundlagen und Lärm-Emissionen von Garagen in meiner Diplomarbeit zu bearbeiten, und die Ergebnisse der Arbeit in die Richtlinie einfließen zu lassen.

Die messtechnische Realisierung der Vergleichsmessungen wurde in Zusammenarbeit mit dem Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 22 – Umweltschutz, gemacht. Besonders Herr Ing. Werner TALASCH von der MA 22 unterstützte mich tatkräftig bei den Vorbereitungen und auch bei der messtechnischen Erfassung der Testfahrten. An dieser Stelle noch einmal ein Dankeschön an Ihn sowie den Mitarbeitern der MA 22 Gruppe Lärmschutz für Ihre tatkräftige Unterstützung.

Auch der Firma Rosinak & Partner ZT GmbH an dieser Stelle ein Dankeschön dafür, dass man mir ein Studium neben dem Job sowie die Nutzung der Firmenressourcen für das Studium ermöglicht hat.

An dieser Stelle möchte ich natürlich auch meiner Familie danken, die mich bei meinem Studium immer unterstützt und gefördert hat. Insbesondere meine Frau Birgit und meine Tochter Janine, die beide mich mit ihrer Geduld und vor allem ihrer Zeit unterstützt haben.

Ich widme die vorliegende Arbeit meiner Tochter Janine, jenem fröhlichen Sonnenschein der mich während meiner Studienzeit immer aufmunterte.

Wien, im April 2008

der Verfasser

2. KURZFASSUNG

Emissionsdaten für Garagenlärm werden in der Literatur detailliert nur durch die *Parkplatzlärmstudie /10/* des *Hessischen Landesamts für Umwelt und Geologie* beschrieben. Im Zuge der Überarbeitung der Wiener Garagenrichtlinie durch das Büro Rosinak & Partner ZT GmbH (wo der Verfasser seit 1991 arbeitet) soll der Richtlinienabschnitt über die schalltechnische Modellierung und Beurteilung von Garagen an die neuesten technischen Erkenntnisse, Berechnungsnormen und Entwicklungen auf dem Gebiet der Schalltechnik angepasst werden.

Die für die Berechnung von Garagenlärm gemäß der Wiener Garagenrichtlinie heranzuziehenden Emissionswerte sollen messtechnisch überprüft, bzw. sollen eigene Emissionswerte definiert werden.

Durch den großen Umfang der Messdaten wird die Auswertung geteilt. In den vorliegenden Teil mit der Emissionserfassung, Berechnungsgrundlagen und einen kleinen Auszug des messtechnischen Vergleichs, sowie in einen folgenden zweiten Teil, der eine detaillierte Auswertung der Messdaten und eine Vertiefung beinhalten soll.

3. SUMMARY

Noise-emission-values of garages are in literature only detailed described in the paper *Parkplatzlärmstudie* of the Hessischen council of environment and geology. In the course of revision of the Vienna garage-guideline by the office Rosinak & Partner ZT GmbH (office of the author since 1991) should the guideline chapter about sonic-modelling and assessment of garages adapted to new technical knowledge, standards and improvements in the area of sonic-techniques.

The emission values for calculating garage-noise according to the Vienna garage-guideline should be controlled with measurements and define own emission-values respectively.

In consequence of the huge data volume, the interpretation is split in two parts. The present part with emission-summary, calculating rules and an interpretation of some measurement values. The following second part should be the detailed analysis.

4. EINLEITUNG

Im Zuge der Überarbeitung der Garagenrichtlinie /1/ durch das Büro Rosinak & Partner ZT GmbH, Schlossgasse 11, 1050 Wien, soll der Richtlinienabschnitt über die schalltechnische Modellierung und Beurteilung von Garagen an die neuesten technischen Erkenntnisse, Berechnungsnormen und Entwicklungen auf dem Gebiet der Schalltechnik angepasst werden.

Die vorliegende Diplomarbeit „*Berechnungsmodelle für die Lärmemission von Garagen; Messtechnische Evaluierung von Szenarien*“ stellt als wissenschaftliche Untersuchung die Grundlage für den überarbeiteten Abschnitt der Garagenrichtlinie für die schalltechnische Modellbildung von Garagen dar. In der überarbeiteten Garagenrichtlinie sollen die Ergebnisse dieser Untersuchung angeführt werden.

Die bis jetzt verwendeten Ansätze in Österreich zur schalltechnischen Abbildung von Garagen basierten auf den Berechnungsmethoden der ÖAL-Richtlinien /2/ Nr. 14 – Berechnung des Schallpegels in Betriebshallen - und Nr. 28 – Schallabstrahlung und Schallausbreitung.

Bei diesem Verfahren wurde die Hall-Entwicklung in Folge der Emittenten innerhalb der Garage betrachtet und die daraus resultierenden Immissionen über die Schallabstrahlung von Bauteilöffnungen berechnet. Die Berechnung der Hallentwicklung gemäß der ÖAL Richtlinie Nr. 14 stellt jedoch Anforderungen an die Homogenität des Hallraumes hinsichtlich der Ausdehnungen. Gedrungene Hallräume wie die eines Parkdecks mit Raumhöhen von maximal 2,5 m und Längsausdehnungen von mehr als dem 10-fachen werden nicht korrekt abgebildet. Die Reflexionen bilden sich im lokalen Bereich aus, ein diffuses Schallfeld wird nicht erreicht.

Gemeinsam mit dem Magistrat der Stadt Wien – Magistratsabteilung 22 – Umweltschutz FB Lärmschutz, Herr Ing. Werner TALASCH, wurde die Idee geboren, ein Vergleichsmodell zu entwickeln, mit dem die Schallabstrahlung aus garagenartigen Hallräumen simuliert werden kann. Diese Idee wurde in Folge weiter präzisiert und als Emissionsvergleich von Berechnungsmodellen als Diplomarbeit an der Technischen Universität Wien eingereicht.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit werden die zur Zeit verwendeten Emissionswerte und Berechnungsverfahren für Garagen detailliert dargestellt. Weiters sollen die verwendeten Emissionen an Hand von Vergleichsmessungen an einer Garage / Halle gegenübergestellt und mit einer Vergleichsberechnung untersucht werden.

Der Beginn dieser Arbeit mit den Vorbereitungs- und Planungsarbeiten begann im Frühjahr 2003. Als größtes Problem bei der Vorbereitung kann das Auffinden einer geeigneten Halle genannt werden. Eine den Anforderungen entsprechende Halle konnte dann in Wr. Neustadt bei der Fa. ARCA Systems, Johannes Gutenberg Straße 4, gefunden werden. Die Messungen wurden dann am 8. und 9. Juli 2003 bei messtechnisch günstiger Wetterlage (gemäß ÖNORM S 5004 /5/) vorgenommen.

Da die Überarbeitung der Garagenrichtlinie längere Zeit ruhte und auf Grund von Softwareproblemen mit der Auswertesoftware, wurde die vorliegende Arbeit erst Mitte 2007 wieder aufgenommen.

5. DATENBESTAND GARAGENEMISSIONSMODELLE

5.1. BEZUGSEMISSIONEN

Für die Berechnung der Schallabstrahlung aus oder von Garagen wurden bis jetzt unterschiedliche Berechnungsansätze herangezogen. Der wohl am meisten verwendete Berechnungsansatz ist über die Bestimmung der Schalleistung der Park- & Fahrvorgänge im Inneren der Garage, der anschließenden Berechnung des Innenpegels unter Berücksichtigung des Hallvolumens in der Garage, sowie abschließend die Berechnung der Abstrahlung des Innenpegels über die Flächen der Garagenöffnungen.

Die einzelnen Park- & Fahrvorgänge werden dabei je nach Garagenart und Bauweise auf unterschiedliche Ebenen, oder Bereiche innerhalb einer Ebene aufgeteilt.

Wissenschaftlich sind die Berechnungen im Inneren von Objekten durch die ÖAL-Richtlinien 14 /3/ und 28 /4/ fundiert. Die Emissionswerte für die einzelnen Vorgänge können entweder gemäß der RVS Richtlinie 4.02.11 /9/ für die Fahrwege, oder gemäß der Parkplatzrichtlinie /10/ für Park- und Fahrvorgänge angesetzt werden.

Die Emissionen teilen sich dabei auf Parkvorgänge, Fahrvorgänge und Vorgänge mit Spitzenpegelereignissen auf. Da die Ereignisgruppen unterschiedliche Häufigkeiten aufweisen, können sie nicht gleichzeitig betrachtet werden. Sie werden deshalb generell in instationären Emissionen (Fahr- & Parkvorgänge) und einzelne Spitzenpegelmissionen unterschieden.

5.1.1 Instationäre Emissionen

Unter instationären Emittenten versteht man jene Emissionsquellen die direkt mit dem Fahr- und Parkvorgang der Fahrzeuge in Zusammenhang stehen. Diese weisen auch eine ähnliche Ereignishäufigkeit auf. Einzelne Kurzzeit-Ereignisse (Dauer $\ll 1$ sec) werden nicht zu diesen gezählt.

Die Fahrwegsemission gemäß RVS Richtlinie 4.02.11 /9/ liefert als Ergebnis den energieäquivalenten Dauerschallpegel $L_{Aeq\ 1m}$ der die Emission in 1 m Entfernung von der Achse beschreibt.

Als Eingangsdaten für die Berechnung nach RVS 4.02.11 werden:

- die Geschwindigkeit v in km/h,
- die Längsneigung (Steigung oder Gefälle) in %,
- die Flottenzusammensetzung, hier Lkw Anteil 0%,
- die Belagsart (Asphalt, Beton, Kopfsteinpflaster, Drainasphalt) und
- die Verkehrsstärke pro Stunde (MSV)

benötigt.

Der Einfluss der Geschwindigkeit auf den Emissionswert ist jedoch erst ab 30 km/h bemerkbar, da dieser durch das Rollgeräusch beeinflusst wird.

Die Berechnung der Fahrwegemission nach RVS stellt eine sehr genaue und detaillierte Berechnungsmethode dar, da viele Variationen der Umgebungssituation ermöglicht werden.

Tab. 5.1.1 Beispiel Emissionswerte nach RVS /10/

Nr.	MSV	LKW	Geschwindigkeit	Belag	Neigung	$L_{Aeq\ 1m}$
1	1	0 %	30 km/h	A, B	0 %	41,2
2	1	0 %	30 km/h	D	0 %	40,8
3	1	0 %	30 km/h	A, B	+10 %	43,2
4	1	0 %	30 km/h	D	+10 %	42,8
5	1	0 %	30 km/h	A, B	-10 %	41,2
6	1	0 %	30 km/h	D	-10 %	40,8

MSV ... Fahrzeuge pro Stunde

LKW ... LKW Anteil in %

Belag ... A = Asphalt; B = Beton, D = Drainasphalt

Das Beispiel zeigt, dass negative Neigungen (Gefälle), Ebenen sowie ein Belag aus Asphalt oder Beton bei Geschwindigkeiten unter 30 Km/h die gleiche Emission hervorrufen. Dies begründet sich wieder mit den Rollgeräusche, die bei diesen Geschwindigkeiten dominieren. Bei den Steigungen kommt das stärkere Motorgeräusch in Folge der Last zum Tragen.

Aus der Parkplatzlärmstudie /10/ bzw. aus Projekten der Rosinak & Partner ZT GmbH können für instationäre Quellen die folgenden weiteren Emissionen entnommen werden:

Tab. 5.1.2 Emissionswerte für Garagen /10/
Werte in dB, A-bewertet

Vorgang	L_{AWo}	L_{AWo}'	L_{AWo}''	Quelle
Parkvorgang	65,2			Parkplatzlärmstudie /10/
Fahrt auf Einfahrtsrampe		51,0		Parkplatzlärmstudie /10/
Fahrt auf Ausfahrtsrampe		52,1		Parkplatzlärmstudie /10/
Zufahrt außerhalb der Rampe		46,1		Parkplatzlärmstudie /10/
Abfahrt außerhalb der Rampe		47,1		Parkplatzlärmstudie /10/
Schallabstrahlung Einfahrtsöffnung			47,9	Parkplatzlärmstudie /10/
Schallabstrahlung Ausfahrtsöffnung			49,6	Parkplatzlärmstudie /10/
Garagen Schnelllauftor öffnen	55,0			Parkplatzlärmstudie /10/
Garagen Schnelllauftor schließen	50,0			Parkplatzlärmstudie /10/
Garagen Schnelllauftor öffnen	57,9			Jira / Rosinak & Partner /12/
Garagen Schnelllauftor schließen	53,4			Jira / Rosinak & Partner /12/

L_{AWo} ... Schalleistungspegel für ein Ereignis pro Stunde

L_{AWo}' ... Längenbezogener Schalleistungspegel für ein Ereignis pro Stunde

L_{AWo}'' ... Flächenbezogener Schalleistungspegel für ein Ereignis pro Stunde

Die angeführten Schalleistungspegel L_{AWo} (Index o) sind für 1 Vorgang pro Stunde angegeben. Bei mehr als einen Vorgang pro Stunde sind die Werte mittels energetischer Addition zu erhöhen:

$$L_{\text{Gesamt}} = 10 * \log\left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 * L_i}\right) \quad (\text{Gl. 1})$$

Im Parkvorgang sind 2 Vorbeifahrten, 1 Startvorgang, 2 beschleunigte Abfahrten und 2x Türöffnen und -schließen enthalten.

5.1.2 Exkurs Schalleistungspegel L_{AW}

Die Schalleistung (= Schallenergie) einer Schallquelle ist über deren Hüllfläche definiert und kann rechnerisch oder messtechnisch ermittelt werden (siehe Literaturverzeichnis). Mathematisch betrachtet, liegt die Hüllfläche einer auf einen Punkt reduzierten Emissionsquelle auf der Kugeloberfläche in 1 m Abstand zu diesem. Die Hüllfläche ist in diesem Fall die Kugeloberfläche mit einem Radius von 1 m.

$$A_{\text{Kugel}} = 4 * \pi * r^2 \quad (\text{Gl. 2})$$

Die Schalleistung L_W eines Schallpegels L_p ergibt sich somit zu

$$L_W = L_p + 10 \log (4 * \pi * r^2) \quad (\text{Gl. 3})$$

Bei einem Radius r von 1 m ergibt sich die Schalleistung L_W daher zu

$$L_{W \text{ Kugel}} = L_p + 11 \quad (\text{Gl. 4})$$

Mit dieser Formel wird die Schalleistung L_W eines Emittenten mit Kugelcharakteristik beschrieben. Wird nun der punktförmige Emittent in seinem Mittelpunkt auf eine reflektierende Fläche gebracht, reduziert sich die Kugelcharakteristik zu einer Halbkugelcharakteristik. Die Schalleistung L_W ergibt sich in diesem Fall zu

$$L_{W \text{ Halbkugel}} = L_p + 8 \quad (\text{Gl. 5})$$

Wenn Fahrwegsemissionen gemäß der RVS Richtlinie 4.02.11 berechnet werden, also aus vorhandenen Verkehrsdaten (DTV, MSV, Lkw Anteil, Geschwindigkeit, Neigung, ...), liefert die RVS als Emission den $L_{A,eq \ 1m}$, einen energieäquivalenten Dauerschallpegel in 1m Entfernung. Um diesen als Schalleistung weiterverwenden zu können, ist dieser über eine Zylinderquelle umzurechnen. Da die Entfernung bereits bei 1m liegt ergibt sich die zugehörige Schalleistung theoretisch zu:

$$L_W' = L_{eq \ 1m} + 8 \quad (\text{Gl. 6})$$

bzw. für den Halbzylinder zu:

$$L_W' = L_{eq \ 1m} + 5 \quad (\text{Gl. 7})$$

Untersuchungen von Frau Dr. Judith Lang /11/ haben jedoch gezeigt, dass die Schalleistung nicht direkt über die Hüllfläche des Halbkugelstrahlers gerechnet werden kann. Es ergab sich in ihrer Untersuchung ein mathematischer Zusammenhang von:

$$L_W' = L_{eq\ 1m} + 6,6 \quad (\text{Gl. 8})$$

Um von einem Schalleistungspegel $L_{A,W}$ auf den flächenbezogenen Schalleistungspegel L_{AW} bzw. den längenbezogenen Schalleistungspegel L_{AW}' zu kommen, ist mit der Bezugsfläche S bzw. der Bezugslänge L zu korrigieren. Die entsprechenden Pegel ergeben sich zu

$$L_W'' = L_W - 10 \log S \quad (\text{Gl. 9})$$

$S \dots$ *Bezugsfläche in m^2*

für den flächenbezogenen Schalleistungspegel und

$$L_W' = L_W - 10 \log L \quad (\text{Gl. 10})$$

$L \dots$ *Bezugslänge in m*

für den längenbezogenen Schalleistungspegel.

Mit den angeführten Formeln kann die Schallenergie von Emittenten ausreichend definiert und beschrieben werden. Die Darstellung der Schallenergie von Emittenten als Schalleistungspegel ist weiters dazu nötig, die Schallimmission an definierten Immissionspunkten zu berechnen. Die Schallintensität eines Kugelstrahlers nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab.

$$\Delta L = - 20 \log (r_1/r_2) \quad (\text{Gl. 11})$$

$\Delta L \dots$ *Pegelminderung in dB zwischen Punkt 1 und Punkt 2*

$r_1, r_2 \dots$ *Abstand (Radius) des Emittenten (Kugelstrahler) zum Immissionspunkt 1 und 2 in m*

5.1.3 Emissionsunterschied RVS und Parkplatzlärmstudie

Da es unterschiedliche Ausgangswerte für die Fahrwegsemission gibt, soll nun der Unterschied zwischen beiden detaillierter dargestellt werden. Dies geschieht mittels einer Berechnung gemäß RVS 4.02.11 die als Eingangsdaten die Grundwerte der Fahrwegsemission aus der Parkplatzlärmstudie hat.

Der Vergleich der Fahrwegs-Emissionen aus der Parkplatzlärmstudie und denen der RVS 4.02.11 zeigt folgendes:

Eingangsdaten für RVS: Geschwindigkeit 30 km/h
 Neigung 0% (Ebene)
 Asphaltoberfläche
 MSV = 1 Fzg / h
 Lkw Anteil 0%
 Umrechnung Schalleistung über Halbzylinder

Tab. 5.1.3 Vergleich der Fahrwegsemissionswerte
 Werte in dB, A-bewertet

Quelle	$L_{Aeq\ 1m}$	$L_{AW'o}$
RVS 4.02.11 - Fahrweg	41,2	46,2
Parkplatzlärmstudie Zu- / Abfahrt	-	46 / 47

$L_{Aeq\ 1m}$... äquivalenter Dauerschallpegel in 1 m Entfernung gemäß RVS 4.02.11

$L_{AW'o}$... längenbezogener Schalleistungspegel für ein Ereignis pro Stunde (Index o)

Der Vergleich zeigt, dass die Werte der Parkplatzlärmstudie mit den Werten der RVS gut übereinstimmen.

Eine Berechnung unter Verwendung des Ansatzes nach RVS 4.02.11 liegt insofern auf der sicheren Seite, da die berechneten Emissionswerte nach RVS besser an die bestehenden Gegebenheiten wie Neigungen oder Untergrund angepasst werden können.

5.1.4 Spitzenpegelemissionen

Als weitere wichtige Emission ist der Spitzenpegel der einzelnen Vorgänge zu betrachten. Der Spitzenpegel ist ein einzelnes Schallereignis, das durch seine kurze Dauer ($\ll 1$ Sec) und seine geringe Häufigkeit im Vergleich zu den Dauergeräuschen definiert wird.

In Tab. 5.1.4 sind die bei der Schallberechnung verwendeten Spitzenpegel angeführt. Die angeführten Spitzenpegel beziehen sich auf freie Schallausbreitung über reflektierenden Grund.

Tab. 5.1.4 Spitzenpegel

Werte in dB, A-bewertet, in 7,5 m Entfernung

Vorgang	$L_{Ap \max 7,5m}$	Quelle
Parkvorgang (Türen schließen)	71,3	Parkplatzlärmstudie /10/
Beschleunigte Abfahrt	65,5	Parkplatzlärmstudie /10/
Vorbeifahrt	58,7	Parkplatzlärmstudie /10/
Motor starten	67,3	Parkplatzlärmstudie /10/
Garagenrolltor	70,8	Lang /11/
Garagen Schnelllauftor öffnen	65,2	Jira / Rosinak & Partner /12/
Garagen Schnelllauftor schließen	56,1	Jira / Rosinak & Partner /12/

Als lautester Vorgang kann hier das Türeenschließen genannt werden.

Um von den angeführten Spitzenpegeln in 7,5 m Entfernung auf einen Emissionswert zu kommen, ist der Schallleistungspegel mit

$$L_{AW \max} = L_{Ap \max 7,5m} + 10 \log (2 * \pi * 7,5^2) = L_{Ap \max 7,5m} + 25,5 \quad (\text{Gl. 12})$$

umzurechnen (Halbkugelcharakteristik).

Die Schalleistungen der Spitzenpegelmissionen ergeben sich somit zu:

Tab. 5.1.5 Schalleistung Spitzenpegel
Werte in dB, A-bewertet

Vorgang	$L_{AW \max}$
Parkvorgang (Türen schließen)	96,8
Beschleunigte Abfahrt	91,0
Vorbeifahrt	84,2
Motor starten	92,8
Garagenrolltor	96,3
Garagen Schnelllift öffnen	90,7
Garagen Schnelllift schließen	81,5

Die Emissionen von Schallpegelspitzen werden nicht als Summenpegel berechnet. Sie sind einzelne Schallereignisse und müssen deshalb auch einzeln betrachtet werden.

Weiters kann bei den Spitzenpegeln eine Charakteristik auf Grund ihres Pegelanstiegs definiert werden. Diese wird als Impuls-Charakteristik gemäß ÖNORM S 5004 /6/ bezeichnet. Gemäß ÖNORM ist ein Signal impulshaltig, wenn der aus dem gemessenen Schallpegel $L_{P(t)}$ berechnete energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} einen Unterschied von mehr als 2 dB zwischen den Zeitbewertungen Fast (125 ms) und Impuls (35 ms) ergibt. Die Zeitbewertung definiert das Integrationsintervall für den Dauerschallpegel:

$$L_{eq} = 10 * \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} L_P(t) \cdot dt \quad (\text{Gl. 13})$$

$L_{eq} \dots$ energieäquivalente Dauerschallpegel in dB

$L_{P(t)} \dots$ Schallpegel (Signal) in dB

$t_1 - t_2 \dots$ Integrationsintervall, Bewertung Fast = 125 ms, Impuls = 35 ms

5.2. EMISSIONSBERECHNUNG

Es wird generell zwischen instationären Emissionen (Fahr- & Parkvorgänge) und Spitzenpegelmissionen unterschieden. Diese werden nicht gleichzeitig betrachtet, da beide unterschiedliche Ereignishäufigkeiten aufweisen und daher nicht addiert werden können.

Die Berechnung der Garagenemission kann in folgende Unterpunkte geteilt werden:

5.2.1 Einteilung in relevante Emissionsabschnitte

Da nicht alle Bereiche in der Garage auch Schall nach außen emittieren, ist eine Unterteilung in Teilbereiche (im folgenden Abschnitte genannt) nötig. Die jeweiligen Teilbereiche werden in Abhängigkeit der Fläche, des Volumens und der abstrahlenden Emissionsflächen gebildet.

Für die einzelnen Teilabschnitte ergibt sich der Bezugs-Schallleistungspegel der im Abschnitt vorkommenden Bezugs-Emissionen (Index o) zu:

$$L_{AW \text{ Absch } o} = 10 * \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 * L_{t,AWo}} \right) \quad (\text{Gl. 14})$$

Der Schallleistungspegel des Abschnitts für die Anzahl n aller Parkvorgänge im betrachteten Abschnitt pro Stunde ergibt sich zu:

$$L_{AW \text{ Absch}} = L_{AW \text{ Absch } o} + 10 \log (n) \quad (\text{Gl. 15})$$

Das Ergebnis ist ein Schallleistungspegel für den betrachteten Abschnitt, der alle in diesem vorkommenden instationären Vorgänge beinhaltet. Spitzenpegelereignisse werden ohne Häufigkeit und ohne Aufsummierung von einzelnen Pegelspitzen im jeweiligen Abschnitt betrachtet.

Da nun die Häufigkeit der Vorgänge (Anzahl n) in die Berechnung eingeht, entfällt auch in Folge bei der Bezeichnung der Index o.

5.2.2 Berechnung des Innenpegels im Hallraum

Der Schalleistungspegel des Abschnitts wird über das Hallvolumen des betrachteten Abschnitts auf den abschnittsbezogenen Innenpegel gemäß ÖAL Richtlinie 14 /3/ mit der Beziehung von W. C. SABINE umgerechnet:

$$L_{A, \text{Absch pi}} = L_{AW \text{ Absch}} + 10 \log \frac{T}{V} + 14 \quad (\text{Gl. 16})$$

$L_{A, \text{Absch pi}}$... Innenpegel des betrachteten Abschnitts im Hallraum in dB

T ... Nachhallzeit in sec

V ... Volumen des Hallraumes (bzw. Abschnitt) in m^3

Die dieser Formel zugrundeliegende Überlegung geht davon aus, dass das Nachhallschallfeld der ganzen Halle (bzw. im Abschnitt) gleich ist (unabhängig von der Lage der Schallquellen). Das ist bei kubischen Hallen (Abstände in allen Achsen ident), die meist relativ klein sind annähernd erfüllt. In langen und flachen Hallen stimmt diese Überlegung relativ gut (± 3 dB) wenn:

- das Absorptionsmaterial einigermaßen gleich verteilt ist,
- in einer Halle mehrere Lärmquellen im Raum verteilt stehen und
- Raumabmessungen (Länge, Breite, Höhe) nicht zu verschieden sind (maximales Verhältnis 1:3).

Die Berechnung nach diesem Verfahren liegt auf der sicheren Seite, da die Abnahme des Nachhallschallpegels mit der Entfernung durch Streuung an der Halleneinrichtung (zB. abgestellte Fahrzeuge, ...) hervorgerufen wird, in der Berechnung jedoch vernachlässigt ist.

Als Nachhallzeit versteht man jene Zeit, die vergeht bis der Schallpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60 dB abgefallen ist. Bei bestehenden Hallen / Garagen ist eine Messung der Nachhallzeit gemäß ÖNORM EN ISO 3382 /8/ einer Berechnung vorzuziehen. Die Messung kann nach dem Impulsantwortverfahren (zB. Schreckschusspistole) oder mit kontinuierlicher Rauschanregung (Rosa Rauschen) gemacht werden.

Eine Berechnung der Nachhallzeit müsste über die in der Halle vorhandenen Absorptionsflächen nach der Beziehung von W. C. SABINE:

$$A = \frac{0,163 * V}{T} \quad (\text{Gl. 17})$$

A ... äquivalente Schallabsorptionsfläche in m^2

V ... Volumen in m^3

T ... Nachhallzeit in sec

erfolgen.

Die Absorptionsfläche A ergibt sich dabei zu:

$$A = \sum_{i=1}^n (\alpha_i * S_i) + A_E + A_L + A_P \quad (\text{Gl. 18})$$

mit $A_L = 4 * m * V \quad (\text{Gl. 19})$

und $A_P = n * \alpha_P \quad (\text{Gl. 20})$

α_i ... Absorptionsgrad der Teilfläche i

S_i ... Fläche der Teilfläche i in m^2

A_E ... äquivalente Schallabsorptionsfläche der Einrichtung in m^2

A_L ... äquivalente Schallabsorptionsfläche des Luftraums in m^2 (sh. Tab. 2 – ÖAL RL 14)

A_P ... äquivalente Schallabsorptionsfläche der Personen im Raum in m^2 (sh. ÖAL RL 17)

m ... Masse der Luft im betrachteten Abschnitt

n ... Anzahl der Personen im betrachteten Abschnitt

α_i ... äquivalente Absorptionsfläche einer Person

Die vorangegangenen Formeln zeigen, dass die für die Berechnung benötigten Materialkennwerte bei bestehenden Garagen erhebliche unbekannte Faktoren darstellen. Es ist daher wie zuvor erwähnt eine Messung der Nachhallzeit bei bestehenden Objekten vorzuziehen.

5.2.3 Emissionsflächen

Nach der erfolgten Berechnung des Innenpegels $L_{A, \text{Absch pi}}$ kann nun unter Berücksichtigung der Abstrahlung und Schalldämpfung etwaiger Gitter, Öffnungen und Bauteile die Emission der einzelnen Bereiche berechnet werden.

Der flächenbezogene Schalleistungspegel von Gebäudeaußenteilen ergibt sich aus dem Schalldruckpegel im Inneren gemäß ÖAL Richtlinie 28 /4/ zu:

$$L_{A,W}^{(\Phi)} = L_{A,pi} - R_w + 10 \log S_a + C + \Delta L_\Phi \quad (\text{Gl. 21})$$

$L_{A,W}^{(\Phi)}$... Flächen- und richtungsbezogener Schalleistungspegel in dB

$L_{A,pi}$... Innenpegel im Hallraum in dB

R_w ... Schalldämmmaß der Öffnung / des Bauteils in dB

S_a ... Abstrahlfläche der Öffnung in m^2

C ... Diffusitätsterm, berücksichtigt Hallengeometrie

Relativ kleine gleichförmige Räume vor reflektierender Oberfläche $C = - 6$

Relativ kleine gleichförmige Räume vor absorbierender Oberfläche $C = - 3$

Große flache, oder lange Hallen vor reflektierender Oberfläche $C = - 5$

Industriegebäude, wenige dominierende & gerichtet abstrahlende Schallquellen vor reflektierender Oberfläche $C = - 3$

Industriegebäude, wenige dominierende & gerichtet abstrahlende Schallquellen vor absorbierender Oberfläche $C = 0$

ΔL_Φ ... Richtungskorrektur für **Öffnungen** in dB in Abhängigkeit von Φ in °:

$0^\circ \leq \Phi < 45^\circ \dots \quad \Delta L_\Phi = 4 \text{ dB}$

$45^\circ \leq \Phi < 85^\circ \dots \quad \Delta L_\Phi = 6 \log ((90^\circ - \Phi) * 0,1)$

$85^\circ \leq \Phi < 135^\circ \dots \quad \Delta L_\Phi = - 10 \log [0,4 * (\Phi - 90^\circ) + 3] \text{ dB}$

$135^\circ \leq \Phi < 180^\circ \dots \quad \Delta L_\Phi = - 10 \text{ dB}$

ΔL_Φ ... Richtungskorrektur für **Bauteile** in dB in Abhängigkeit von Φ in °:

$0^\circ \leq \Phi < 85^\circ \dots \quad \Delta L_\Phi = 0 \text{ dB}$

$85^\circ \leq \Phi < 107,5^\circ \dots \quad \Delta L_\Phi = - 10 \log [0,4 * (\Phi - 90^\circ) + 3] \text{ dB}$

$107,5^\circ \leq \Phi < 180^\circ \dots \quad \Delta L_\Phi = - 10 \text{ dB}$

Erläuternde Abbildung siehe ÖAL RL 28, Seite 5, Bild 3b; bzw. Ergänzungsblatt Feb. 2001

In der oben angeführten Formel geht mit dem Schalldämmmaß R_w des abstrahlenden (betrachteten) Bauteils eine Selektion der Emissionsflächen ein. Im Folgenden soll dies an Hand eines Beispiels dargestellt werden. In diesem gehen wir von einem gleichbleibenden Innenpegel, gleichen Emissionsflächen, gleichen Abstrahlverhalten und auch von einem gleichen Diffusitätsterm aus. Lediglich der Schalldämmwert der Abstrahlfläche wird variiert. Der Term $(10 \log S_a + C + \Delta L_\phi)$ wird daher auf 0 gesetzt.

Für das Beispiel werden die Schalldämmwerte R_w von massiven Umschließungsbauteilen gemäß der Massenformel der ÖNORM B 8115 Teil 4 /7/, Bild 1

$$R_w = 32,4 \log (m') - 26 \quad (\text{Gl. 22})$$

m' ... flächenbezogene Masse des Bauteils in kg/m^2

berechnet.

Tab. 5.2.1 ausgewählte Schalldämmwerte R_w

Nr.	Bauteil	m'	R_w	Quelle
1	Stahlbeton 30 cm	750 kg/m^2	67 dB	ÖNORM B 8115 Teil 4 /7/
2	Stahlbeton 20 cm	500 kg/m^2	61 dB	ÖNORM B 8115 Teil 4 /7/
3	Glasbausteine 80 mm 190x190	-	53 dB	VDI 2571
4	Verglasung 12 mm	-	36 dB	VDI 2571
5	Verglasung 6 mm	-	33 dB	VDI 2571
6	Wetterschutzgitter	-	3 - 5 dB	VDI 2081
7	Öffnung / Luft	-	0 dB	ÖNORM B 8115 Teil 4 /7/

Mehrschalige Konstruktionen (auch Doppelverglasungen) werden hier nicht betrachtet, da dies den Rahmen des Beispiels deutlich überschreiten würde.

Mit einem angenommenen Innenpegel von 80 dB, dem auf 0 gesetzten Term $(10 \log S_a + C + \Delta L_\phi)$ sowie den zuvor angeführten Schalldämmwerten ergeben sich folgende Emissionen:

Tab. 5.2.2 Beispiel Emissionen von Abstrahlflächen

Werte in dB

Nr.	Bauteil	L _p	R _w	L _w
1	Stahlbeton 30 cm	90	67	23
2	Stahlbeton 20 cm	90	61	29
3	Glasbausteine 80 mm 190x190	90	53	37
4	Verglasung 12 mm	90	36	54
5	Verglasung 6 mm	90	33	57
6	Wetterschutzgitter	90	3 - 5	85 - 87
7	Öffnung / Luft	90	0	90

Die Berechnung zeigt, dass bei der Emissionszusammenstellung massive Umschließungsbauteile und Verglasungen ab 12 mm Dicke nicht berücksichtigt werden müssen, da bei der energetischen Addition Unterschiede von mehr als 10 dB keine schallrelevante Auswirkung haben. Der niedrigere Emissionswert geht in den Summenpegel nicht relevant ein.

Mit den vorangegangenen Formeln können nun Emittenten für Wanddurchbrüche, als auch für die Ein- und Ausfahrt gebildet werden, mit denen eine Abbildung der Emission von Garagen möglich ist.

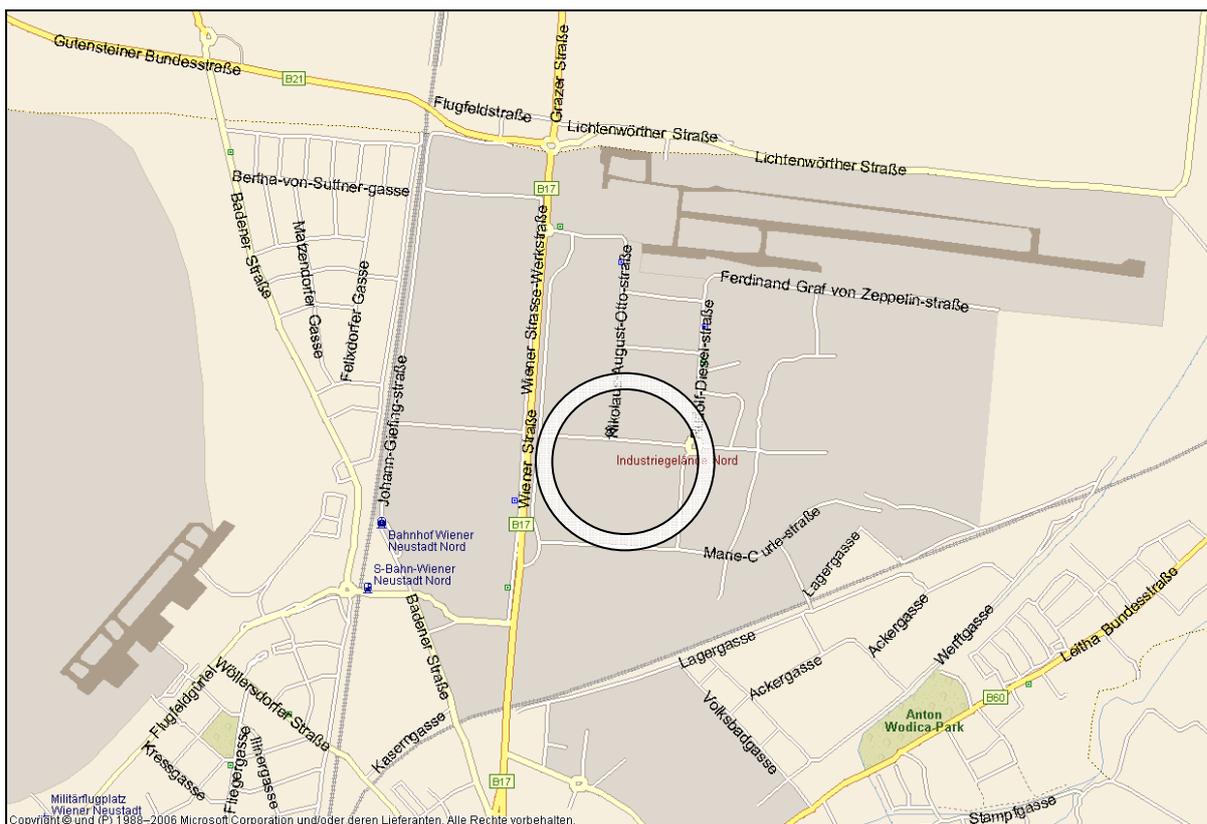
Das theoretische Modell stößt jedoch an seine Grenze, wenn man im Bereich der Ein- und Ausfahrt offene bzw. teilweise eingehausten Rampen schalltechnisch modellieren muss. Hier besteht das Problem darin, dass der Reflexionseinfluss von Seitenwänden im Nahbereich nicht korrekt abgebildet wird.

6. MESSTECHNISCHE EVALUIERUNG

Gemeinsam mit dem Magistrat der Stadt Wien – Magistratsabteilung 22 – Umweltschutz, Herr Ing. Werner TALASCH, wurde die Idee geboren, ein Vergleichsmodell zu entwickeln, mit dem die Schallabstrahlung aus garagenartigen Hallräumen simulieren werden kann. Der Beginn dieser Arbeit mit den Vorbereitungs- und Planungsarbeiten, sowie der Entwicklung des Konzeptes für den Emissionsvergleich begann im Frühjahr 2003.

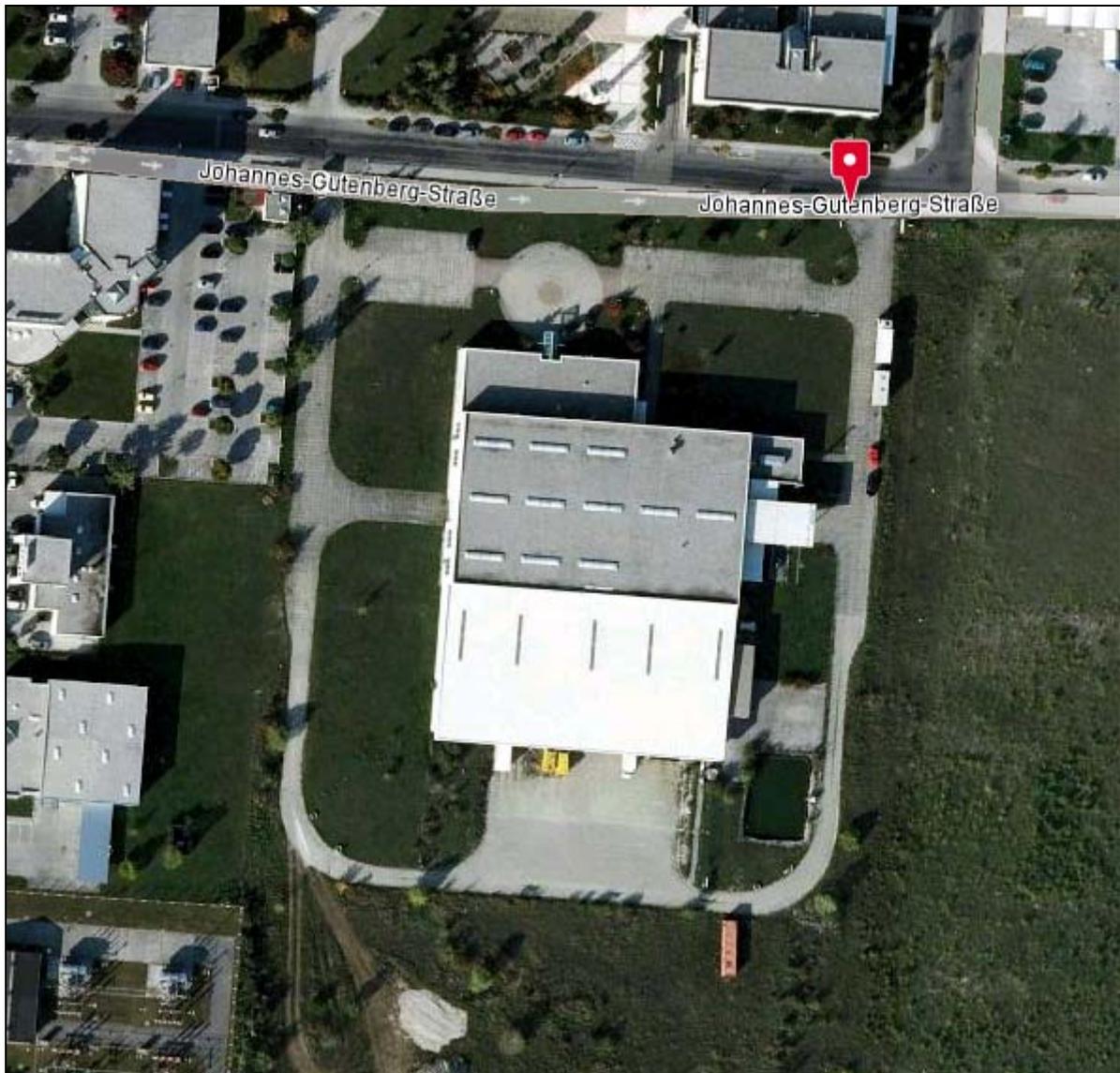
Als größtes Problem bei der Vorbereitung kann das Auffinden einer geeigneten Halle für die Umsetzung der Messungen genannt werden. Eine den Anforderungen entsprechende Halle konnte dann in 2700 Wr. Neustadt bei der Fa. ARCA Systems, Johannes Gutenberg Straße 4, unter der Mithilfe zahlreicher Helfer gefunden werden.

Abb. 1 Lageplan



Quelle: MS Autoroute 2007

Abb. 2 Luftbild der Halle



Quelle: www.herold.at

Zum Zeitpunkt der Messung befand sich die Halle in leerem und unbenütztem Zustand. Dies war eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Durchführung der Messarbeiten. Auch die Außenanlagen waren für die Messungen bestens geeignet. Ein negativer Schalleinfluss durch die in der Nähe verlaufende B17 - Wiener Straße war durch die vorgelagerten Objekte der nächsten Bebauungsreihen abgeschirmt.

6.1. MESSKONZEPT

Da Emissionswerte von Ein- und Ausfahrten bestimmt werden sollen, ist neben dem Hallvolumen in der Garage / Halle auf der anderen Seite die freie Schallabstrahlung im Freien ohne seitliche Reflexionen nötig. Es ergeben sich somit für die Halle folgende (Mindest-) Randbedingungen:

- Breite der Halle > 20 m
- Länge / Tiefe der Halle > 30 m
- Höhe der Halle 3 bis 6 m

Die für die Messungen verwendete leerstehende Halle der Fa. ARCA Systems, Johannes Gutenberg Straße 4, 2700 Wr. Neustadt, erfüllt diese Voraussetzungen nahezu ideal.

Zur Erfassung der Fahr- & Parkemission sollen Messmikrofone entlang des Fahrwegs im Freien und innerhalb der Halle situiert werden. Die Geschwindigkeit beim Eintritt des Fahrzeuges in die Halle wird mittels zweier Lichtschranken erfasst. Diese liefern nicht nur die Fahrgeschwindigkeit, sondern auch den exakten Zeitpunkt des Ein- und Austrittes des Fahrzeuges aus der Hallenöffnung.

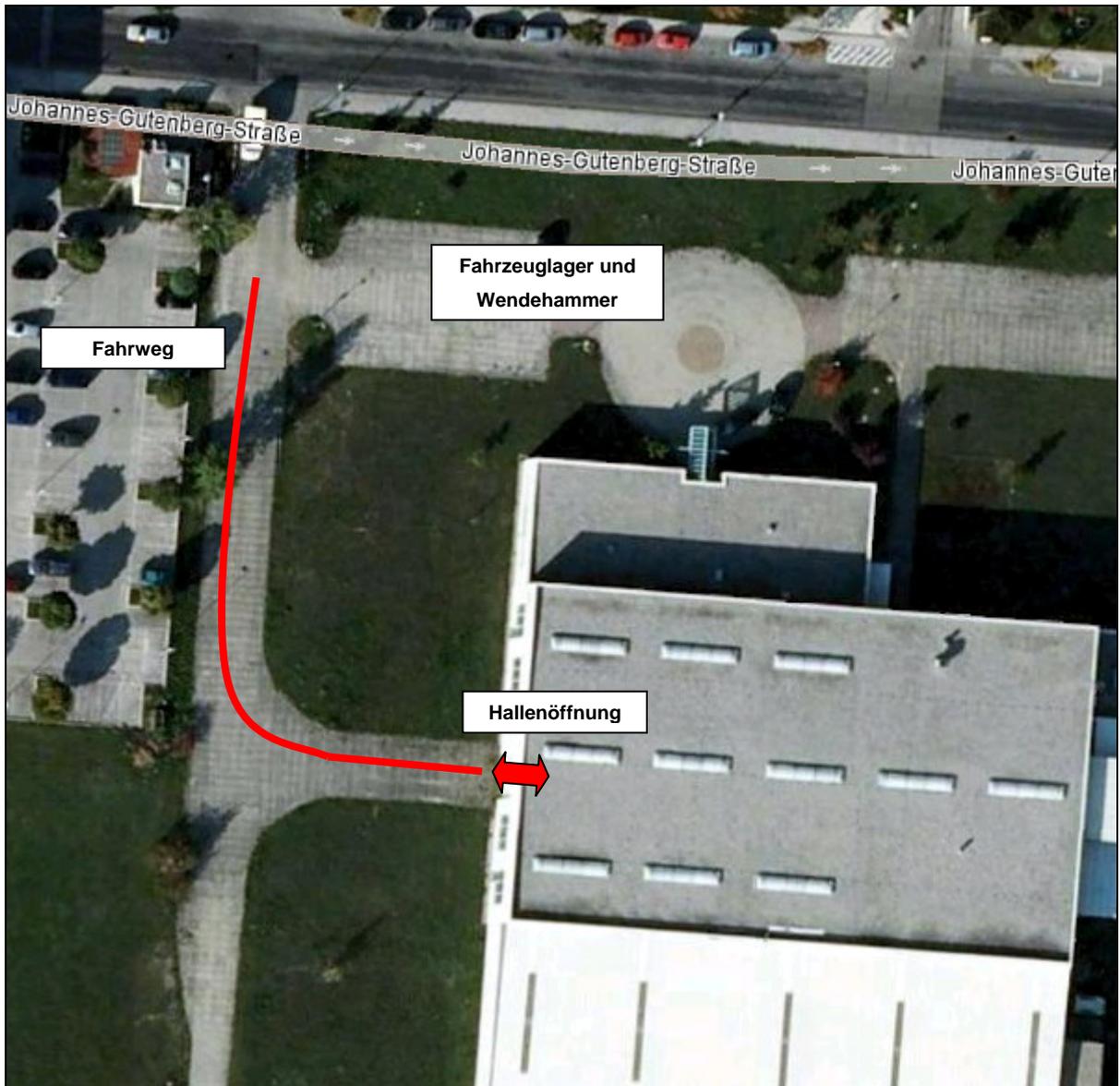
Alle Messsignale (Schall, Lichtschranken) werden parallel erfasst, wobei zusätzlich mittels DV Camcorder zeitgleich auf dem Messsystem ein Video des Fahrzeugs aufgezeichnet wird.

Um repräsentative Messwerte zu bekommen, werden Messfahrten mit 14 unterschiedlichen Test-Fahrzeugen vorgenommen. Der Fahrzeugmix bestand aus 6 Benzin- und 8 Dieselfahrzeugen, mit Baujahren von 1984 bis 2003. Als Fahrzeug Typen kamen Klein-Pkw's, Kombi's, Minivan's, Limousinen und ein Pickup zum Einsatz.

Die Testfahrgeschwindigkeit wurde mit 30 km/h festgelegt, wobei der Fahrweg sich von Fahrzeuglager über einen Anfahrtsweg und einer Kurve zum Hallentor erstreckt. Der Anfahrtsweg dient zum Erreichend der Testgeschwindigkeit.

In Abb. 3 ist der Fahrweg der Testfahrten an Hand eines Luftbildes dargestellt.

Abb. 3 Lageskizze Fahrweg der Testfahrten



Quelle: www.herold.at

In der Abbildung ist ersichtlich, dass auf Grund der Länge des Fahrweges bis zur Kurve die Testfahrzeuge vom Fahrzeuglager kommend die Testgeschwindigkeit leicht erreichen können.

Je Testfahrzeug werden 5 Messfahrten gemacht. Diese untergliedern sich jeweils in

- Einfahrt in Halle von Fahrweg kommend, konstante Fahrgeschwindigkeit,
- Einparken des Fahrzeugs in der Halle,
- Türenöffnen und –schließen,
- Reversieren des Fahrzeugs in Halle und
- Ausfahrt aus Halle mit konstanter Geschwindigkeit.

Fallweise soll das von den Fahrzeugen bei den Testfahrten verursachte Reifenquietschen, oder Hupen mit aufgenommen werden.

Durch die Erfassung des Zeitpunktes des Ein- & Austretens des Fahrzeuges mit den Lichtschranken ist eine Unterscheidung der erfassten Messwerte in die Bereiche Innen und Außen möglich.

Die Berechnung der Schalleistung im Inneren der Halle wird über eine Rückrechnung der Innen-Schallmesswerte über die Nachhallzeit der Halle mittels des Berechnungsverfahrens nach SABINE /3/ (siehe auch Kapitel 5.2.2) gemacht.

Für den Außenbereich werden die Messwerte der Außenmikrofone über eine Kalibrierung mittels Bezugs-Schalleistungsquelle (situiert in der Einfahrtsöffnung) auf den Schalleistungswert der Abstrahlöffnung umgerechnet.

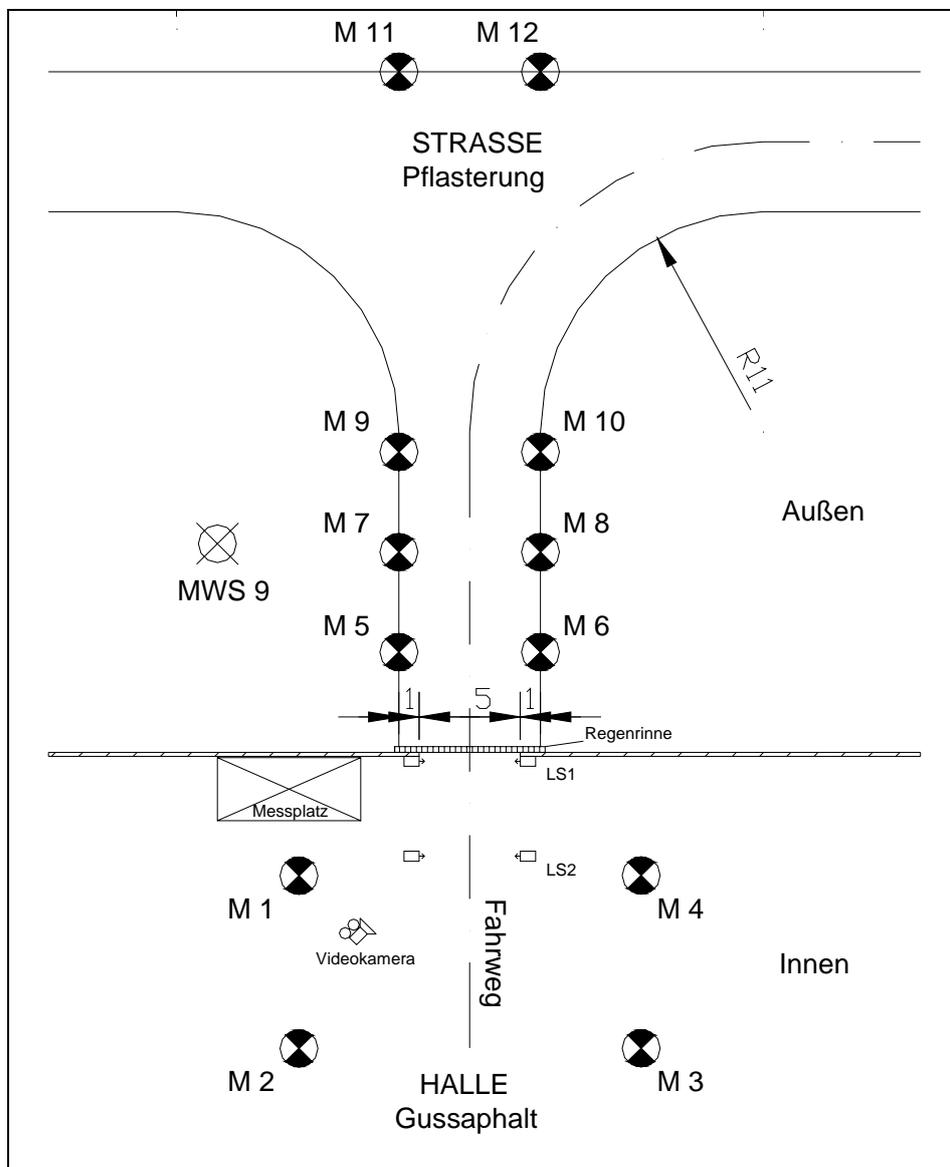
Die so ermittelten Schalleistungswerte für die Abstrahlöffnung, bzw. für das Innere können dann für die Vergleichsberechnung herangezogen werden. Für den Außenbereich kann aus den Messwerten auch die Fahrwegsemission abgeleitet werden.

6.2. AUSWERTEKONZEPT

Das für die Auswertung der Messfahrten angewandte Verfahren wird im Folgenden an Hand einer Beispiel-Einfahrt beschrieben.

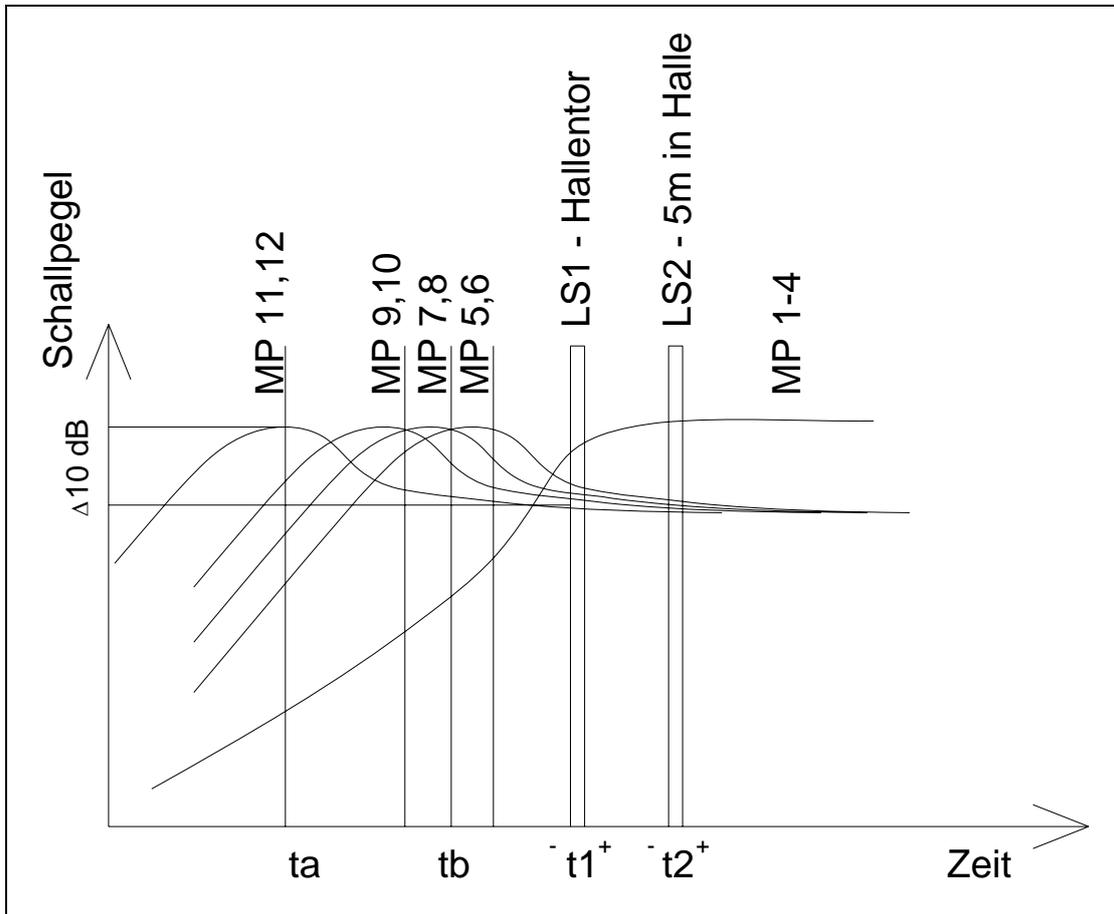
MP 1 - 4 sind die Mikrofone im Inneren der Halle, MP 5 - 12 die äußeren Messmikrofone, wobei MP 11,12 die vom Hallentor entferntesten sind (eine detaillierte Darstellung der Messpunkte ist im Anhang 13.1 enthalten).

Abb. 4 Skizze Messpunkte



Die folgende Abbildung zeigt qualitativ den Verlauf der Mikrofonpegel (gruppenweise zusammengefasst) bei der Vorbeifahrt und Einfahrt des Fahrzeuges in die Halle.

Abb. 5 Qualitative Darstellung des Pegelverlaufes einer Messfahrt (Einfahrt)



Die Geschwindigkeit des Fahrzeuges wird über den Zeitunterschied t_1 zu t_2 bestimmt. Als charakteristischer Pegel wird ein Schwellwert von 10 dB für jedes Messsignal im Freien verwendet. Dieser Pegel wird dann als energieäquivalenter Dauerschallpegel für den Messpunkt ausgegeben. In der Halle wird der konstante Pegelbereich herangezogen.

Die so ermittelten Werte werden dann mit den Messwerten einer Referenzschallquelle verglichen und können so in Emissionswerte umgerechnet werden.

Eine detaillierte Beschreibung erfolgt im Kapitel 7- Messdatenerfassung.

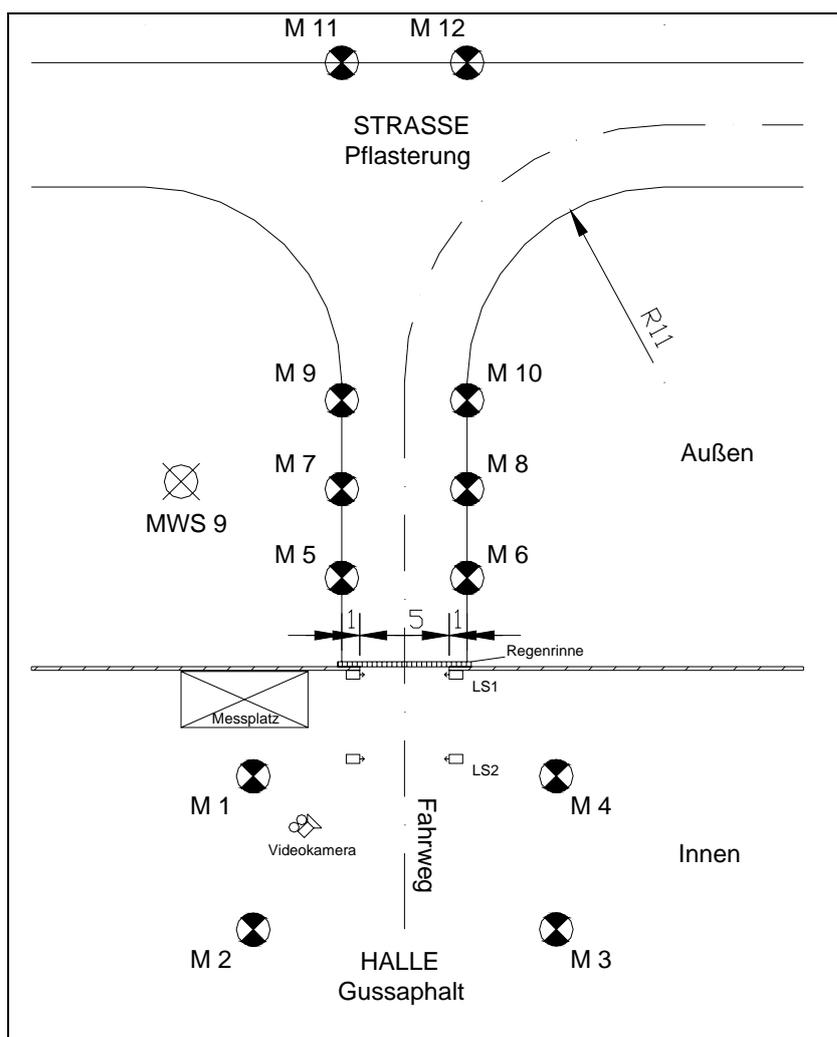
7. MESSDATENERFASSUNG

7.1. MESSAUFBAU

Der Messaufbau wurde am Dienstag den 8. Juli 2003 ab 13⁰⁰ Uhr begonnen, und war am 9. Juli 2003 um ca. 9⁰⁰ Uhr beendet. Anschließend wurden die Messfahrten mit den Testfahrzeugen durchgeführt. Am Aufbau der Messung waren die Herren Ing. Werner Talasch, Ing. Christian Atzmillner und Werner Gaul von der MA 22 – Umweltschutz, sowie der Autor (Firma Rosinak & Partner ZT GmbH) beteiligt.

Es wurden insgesamt 12 Mikrofonpositionen zur Erfassung der Fahrgeräusche aufgebaut. Der detaillierte Messplan ist im Anhang 13.1, eine Übersicht in der Abb. 6 enthalten.

Abb. 6 Skizze Messplan



Die Geschwindigkeit der Fahrzeuge, sowie der Zeitpunkt des Ein- und Austretens aus der Garage wurde mittels zweier Lichtschranken ermittelt, die im Bereich der Hallenöffnung, sowie 5 m weiter im Inneren der Halle situiert waren.

Die Wetterentwicklung während der Messung wurde mit einer Wetterstation vom System Reinhardt MWS-9, die im Freien im Nahbereich des Fahrweges situiert war, aufgezeichnet. Eine detaillierte Auswertung der Wetterdaten ist im Anhang 13.4, die Situierung der Messstation im Anhang 13.1 enthalten. Während der gesamten Messdatenerfassung lag günstige Wetterlage (Windgeschwindigkeit < 3 m/s, kein Niederschlag, keine Schneelage) gemäß ÖNORM S 5004 im Untersuchungsgebiet vor.

Abb. 7 Wetterstation



Professionelle Wetterstation mit Mikroprozessor und Datenlogger, standardmäßig 7 Sensoren für Temperatur, relative Feuchte (auch als Taupunkt), barometrischer Druck, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Globalstrahlung (Sonnenenergie) und Regenmenge.

7.2. MESSSYSTEM

Bei den durchgeführten Messungen wurden Messgeräte und Messkomponenten

- der MA22 - Umweltschutz,
- der Rosinak & Partner ZT GmbH,
- von Hr. Ing. Werner Talasch,
- sowie von Hr. Ing. Joachim Jira

verwendet.

Das Messsystem und die verwendeten Komponenten waren, sofern nötig, mit einer gültigen Eichzulassung bis mindestens Ende 2004 versehen.

Auf Grund eines Softwarefehlers im Messsystem des Sony SIR 1000i konnten 4 Messkanäle nicht aufgenommen werden. Die Behebung des Fehlers konnte erst durch Einspielung eines Firmwareupdates behoben werden. Eine Wiederholung der gesamten Messung war jedoch aus Kosten und organisatorischen Gründen nicht möglich.

Die Signalaufzeichnung erfolgte nach Umbau des Systems (vor Ort) für die Messpunkte MP1 – 4 (Innen) und MP5,6 & MP9,10 (Außen).

Für das Messsystem wurde folgende Gerätezusammenstellung gewählt:

- Signalaufzeichnung: 16 Kanal Frontend von Sinus
DAT Recorder Sony SIR-1000i mit Videoeinheit
Kontrollmonitor - Lenco
- Digitalvideokamera – Samsung DV
- Wetterstation – Reinhardt MWS 9
- 8 Stative Manfrotto Typ 269 HDU für die Außen-Mikrofone
- 4 Stative Manfrotto Typ 060 für die Innen-Mikrofone
- 2 Stative Manfrotto Typ 060 HDU für die Lichtschranken
- 2 Lichtschranken Pepperl & Fuchs – Reflexionssystem, Mikroprozessorgesteuert
- Schallkalibrator Norsonic 1251 – SN 24326 – 113,8 dB bei 1kHz
- Bezugsschallquelle – Referenc Sound Source B&K 4204 – 91 dB nach ISO 9613
- Handschalpegelmesser Norsonic NW 118
- Schreckschusspistole (für Nachhallzeitmessung in Halle mit Impulsantwort)
- Datenspeicher Maxtor 5000XT – 250 GB USB/FW extern
- DAT Lesegerät SONY AIT Drive – SDX-S300C extern
- Auswertesoftware FAMOS v4.0 von imc /18/
- Auswertesoftware Flexpro 7 von Weisgang /20/
- Auswertesoftware PCScan IV von Sony /21/

Abb. 8 Messsystem Sony SIR 1000i



Abb. 9 Messsystem Sony SIR 1000i – Detail Frontend



Innenmikrofone (in Halle):

- Mikrofon 1: Vorverstärker: Norsonic 1201 – SN 23594
Mikrofonkapsel: Norsonic 1220 – SN 24062
- Mikrofon 2: Vorverstärker: Norsonic 1201 – SN 23593
Mikrofonkapsel: Norsonic 1220 – SN 23258
- Mikrofon 3: Vorverstärker: Norsonic 1201 – SN 23592
Mikrofonkapsel: Norsonic 1220 – SN 24053
- Mikrofon 4: Vorverstärker: Norsonic 1201 – SN 23631
Mikrofonkapsel: Norsonic 1220 – SN 9000

Außenmikrofone (im Freien):

- Mikrofon 5: Vorverstärker: Norsonic 1201 – SN 27326
Mikrofonkapsel: Norsonic 1225 – SN 25160
- Mikrofon 6: Vorverstärker: GRAS 41AL 26AD – SN 4301
Mikrofonkapsel: GRAS 41AL 40AS – SN 8260
- Mikrofon 7: Vorverstärker: Norsonic 1201 – SN 23604
Mikrofonkapsel: Norsonic 1220 – SN 28919
- Mikrofon 8: Vorverstärker: Norsonic 1201 – SN 15796
Mikrofonkapsel: B&K 4165 – SN 1704207
- Mikrofon 9: Vorverstärker: Norsonic 1201 – SN 23601
Mikrofonkapsel: B&K 4165 – SN 1158988
- Mikrofon 10: Vorverstärker: Norsonic 1201 – SN 16465
Mikrofonkapsel: B&K 4165 – SN 1704039
- Mikrofon 11: Vorverstärker: Norsonic 1201 – SN 22173
Mikrofonkapsel: B&K 4165 – SN 1463475
- Mikrofon 12: System GRAS 41AL – SN 16194

7.3. MESSVORGANG

Die Messungen wurden am Dienstag den 8. und Mittwoch den 9. Juli 2003 bei messtechnisch günstiger Wetterlage gemäß ÖNORM S 5004 /6/ vorgenommen. Das Messsystem wurde vor und nach der Messung mit 113,8 dB bei 1kHz kalibriert.

7.3.1 Messfahrten

Die Messfahrten (je Fahrzeug 5 Fahrten) wurden mit den in der Tab. 7.3.1 angeführten Fahrzeugen durchgeführt.

Tab. 7.3.1 Messfahrten

Messfahrt Nr.	Fahrzeug	Typ	Fahrer
1	Nissan Primera	Benzin	W. Khutter
2	Seat Leon	Diesel	A. Weghofer
3	Peugeot 106 XR	Benzin	K. Filipits
4	Ford Escort	Diesel	P. Schneider
5	Opel Corsa	Benzin	L. Fürst
6	Ford Ranger	Diesel	C. Atzmillner
7	Scoda Felicia	Diesel	W. Fischer
8	Seat Alhambra	Diesel	J. Jira
9	Mazda 626	Benzin	W. Gaul
10	Mercedes SLK 230	Benzin	W. Schwarzer
11	VW Polo	Benzin	J. Jira
12	Opel Omega	Diesel	W. Talasch
13	VW Golf	Diesel	J. Jira
14	Mercedes A 170	Diesel	J. Jira

Die Messfahrt pro Fahrzeug kann wie folgt beschrieben werden:

1. Anfahren des Fahrzeuges, von Fahrstraße kommend
2. Abbiegen auf Einfahrtsstrecke
3. Einfahrt in Halle mit konstanter Geschwindigkeit
4. Fahrt bis Mitte der Halle mit konstanter Geschwindigkeit
5. Parkvorgang, Motor abstellen, Türauf & Türzu
6. Türauf & Türzu, Motor starten, ausparken
7. Ausfahrt aus Halle
8. Fahrt auf Einfahrtsstrecke
9. Abbiegen auf Fahrstraße

Am Ende der Fahrstraße wurde das Messfahrzeug gewendet, und eine erneute Messfahrt durchgeführt. Jedes Fahrzeug hatte insgesamt 5 Messfahrt-Wiederholungen. Die gesamte Messserie mit den 14 Fahrzeugen umfasste somit insgesamt 70 Messfahrten mit je einer Ein- und Ausfahrt aus der Halle.

7.3.2 Nachhallzeit der Halle

Die Nachhallzeiten der Halle wurden gemäß ÖNORM EN ISO 3382 /8/ nach der Impulsmethode ermittelt. Es wurde unter Zuhilfenahme einer Schreckschusspistole eine impulsartige Anregung in der Halle erzeugt. Eine Schallanregung mittels Schreckschusspistole beinhaltet ein breitbandiges, intensives Schallspektrum. Das Abklingen des Schalls wurde mit dem Schallpegelmessgerät NOR 118 messtechnisch erfasst, wobei 5 Messdurchgänge an unterschiedlichen Messpunkten (gestreut über die Innenfläche) gemacht wurden.

In der folgenden Tabelle ist die Auswertung der Nachhallzeit (T20) angeführt.

Tab. 7.3.2 Nachhallzeit
Werte in sec

Frequenz	M1	M2	M3	M4	M5	T
50 Hz	1,89	-	-	-	-	1,89
63 Hz	2,07	-	-	-	-	2,07
80 Hz	2,04	-	-	-	-	2,04
100 Hz	2,19	1,81	-	1,24	-	1,75
125 Hz	2,32	2,22	-	1,58	-	2,04
160 Hz	2,18	2,40	1,69	2,05	2,15	2,09
200 Hz	2,54	2,49	2,40	2,01	2,06	2,30
250 Hz	2,54	2,54	2,39	2,72	2,27	2,49
315 Hz	2,63	2,35	2,42	2,61	2,63	2,53
400 Hz	2,66	2,31	2,45	2,71	2,49	2,52
500 Hz	2,44	2,66	2,66	2,51	2,71	2,60
630 Hz	2,44	2,50	2,77	2,38	2,73	2,56
800 Hz	2,27	2,16	2,69	2,38	2,40	2,38
1 kHz	2,14	2,34	2,47	2,56	2,35	2,37
1.25 kHz	2,17	2,56	2,64	2,68	2,52	2,51
1.6 kHz	2,46	2,56	2,67	2,49	2,44	2,52
2 kHz	2,77	2,78	2,83	2,47	2,81	2,73
2.5 kHz	2,59	2,70	2,83	2,69	2,65	2,69
3.15 kHz	2,46	2,57	2,77	2,60	2,72	2,62
4 kHz	2,31	2,43	2,52	2,36	2,42	2,41
5 kHz	1,92	2,02	1,91	1,96	1,99	1,96
6.3 kHz	1,44	1,51	1,49	1,37	1,54	1,47
8 kHz	1,00	1,03	1,01	0,96	1,08	1,02
10 kHz	0,71	0,73	0,72	0,66	0,77	0,72
T A-bewertet	2,53	2,57	2,85	2,62	2,62	2,64

T ... Nachhallzeit in sec

M ... Messnummer

Für die Halle ergibt sich aus der Auswertung der Messungen eine mittlere Nachhallzeit in der Frequenzbewertung A von 2,64 Sekunden (T20 Messwert).

7.3.3 Referenz Schalleistung der Halleneinfahrt

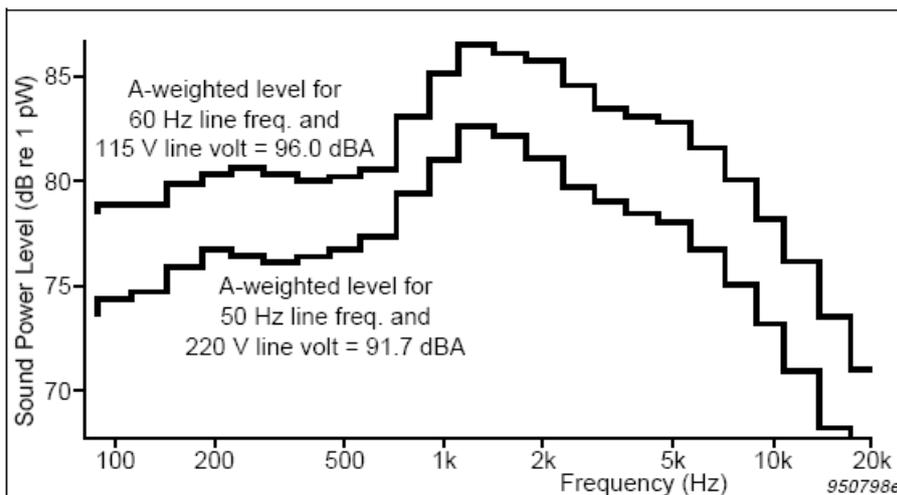
Die Referenz Schalleistung für das Hallentor wurde mit einer Referenzschallquelle des Typs Brüel & Kjaer 4204 bestimmt. Das Datenblatt der Referenzschallquelle ist im Anhang 13.5 enthalten.

Abb. 10 Referenzschallquelle B&K 4204



Die Referenzschallquelle erzeugt durch ein rotierendes Gebläse einen genau definierten Druckpegel. Dieser wird als Schall empfunden. Für die Referenzschallquelle wird vom Hersteller folgender Emissionswert angegeben:

Abb. 11 Emissionsspektrum B&K 4204



Die Emission der Referenzschallquelle liegt bei $L_{AW} = 91,7$ dB.

7.4. MESSDATEN

Die Vorbereitung der Messdaten erfolgte mit den Programmen Sony PCSCAN IV /21/ und imc FAMOS /19/, wobei die Daten dabei von dem Aufzeichnungsgerät des SIR 1000i, einem DAT Streamer, überspielt wurden. Die Kontrolle beim Überspielen erfolgte durch das am DAT Band ebenfalls aufgezeichnete Video Signal der Testfahrten.

Jede einzelne Testfahrt wurde eingelesen, konvertiert und anschließend mit dem aufgezeichneten Kalibrationssignal (113,8 dB bei 1000 Hz) kalibriert. Die so gewonnenen Daten wurden dann als SIR Datenfiles (*.dat) gespeichert. In diesem sind alle Messsignale (kalibriert und unkalibriert) sowie einzelne Signal-Zeitverläufe enthalten. Das Videosignal zur Testfahrt geht dabei jedoch verloren.

Auf Grund der sehr großen Menge von Messdaten (> 250 GB) und der hohen Komplexität der Messungen und deren Auswertung wurde mit dem Diplomarbeitbetreuer Herrn Ao. Univ. Prof. DI Dr. techn. Thomas BEDNAR vereinbart, nur einen kleinen Auszug der durchgeführten Messfahrten auszuwerten. Die weitere Auswertung und detaillierte Analyse, sowie deren Interpretation soll später in Form einer vertiefenden Arbeit erfolgen.

Im Folgenden werden 2 Fahrzeug Ein- und Ausfahrten betrachtet.

Es werden dabei jeweils eine Ein- und Ausfahrt der Fahrzeuge

- Pkw 1 – Nissan Primera und
- Pkw 2 – Seat Leon

analysiert.

7.5. AUSWERTUNG

Die Detail-Auswertung der Messdaten erfolgt im Folgenden mit dem Analyseprogramm Flexpro /20/ der Firma Weisang.

Dazu wurde eine Routine in der flexpro Programmierumgebung mittels FScript programmiert, um den energieäquivalenten Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ eines Zeitabschnittes auszuwerten.

In der Routine werden die Cursor Positionen aus einem Diagramm ausgelesen, und als Zeitbegrenzung für einen Abschnitt herangezogen. Dieser Abschnitt wird dann mittels Integral ausgewertet. Weiters erfolgt eine Überprüfung der Cursorpositionen um eine positive Zeitspanne zu erhalten.

Abb. 12 Auswertescript flexpro – Beispiel Dauerschallpegel

```
Dim diff,last,pos1,pos2,help
pos1='2D-Diagramm.2D'.Cursor(1).PositionIndex
pos2='2D-Diagramm.2D'.Cursor(2).PositionIndex
If pos1>pos2 Then
    help=pos1
    pos1=pos2
    pos2=help
End
diff=Zeitverlauf08_db.x[pos2] - Zeitverlauf08_db.x[pos1]
last=(pos2-pos1)-1
(Integral(Zeitverlauf08_db[pos1,pos2])/diff)[Last]
```

Das Auswertescript liefert direkt den $L_{A,eq}$ des gewählten Zeitverlaufs (hier *Zeitverlauf08_db*).

In flexpro wurde für alle 8 Zeitverläufe ein derartiges Script geschrieben, welche dann als Echtzeitberechnung in Abhängigkeit der Cursorposition Werte berechnen.

Die Geschwindigkeit der Fahrzeuge ist über das zeitliche Ansprechen der beiden Lichtschranken und dem Abstand (5 m) dieser definiert. Die Geschwindigkeit wird ebenfalls automatisiert mittels FScript ausgewertet.

Im Script wird nach den Flanken der beiden Lichtschranken gesucht, und deren Zeitpunkt bestimmt. Danach wird der Abstand der Lichtschranken durch den Zeitabstand beider Signalfanken dividiert und auf km/h umgerechnet.

Abb. 13 Auswertescript flexpro – Geschwindigkeitsbestimmung

```
Dim t1, t2, help, t12

t1 = NextSlope(Datensatz15, 0, 0.05, 100, 0)

t2 = NextSlope(Datensatz16, 0, 0.05, 100, 0)

If t1 > t2 Then

    help = t1

    t1 = t2

    t2 = help

End

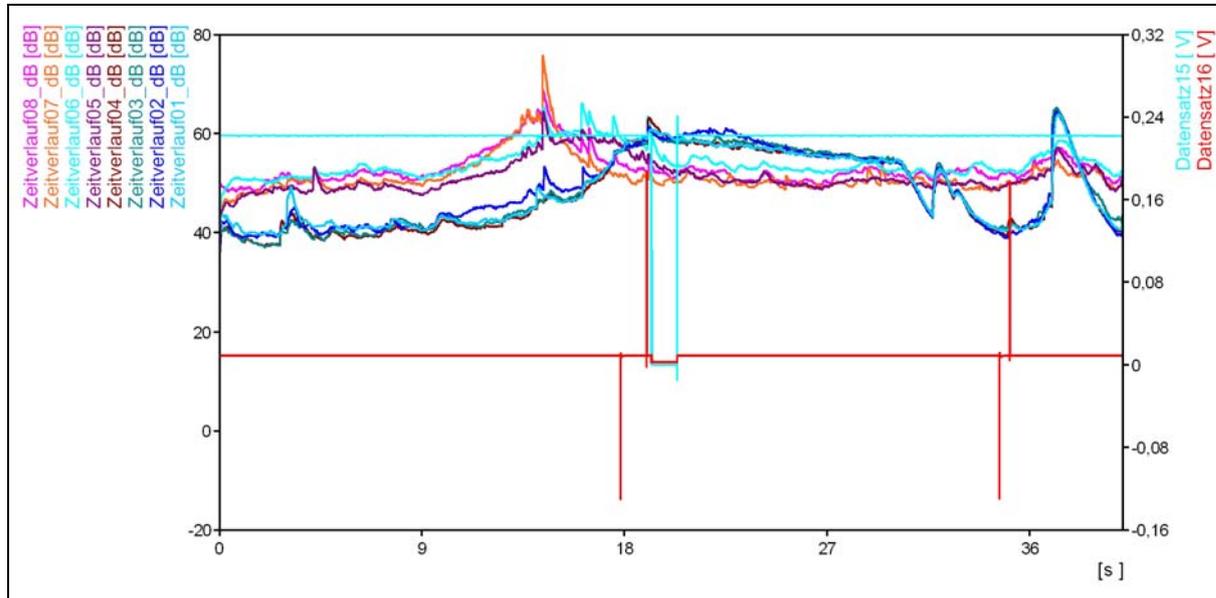
t12 = t2 - t1

(5 / t12) * 3.6
```

Im Folgenden wird für die Testfahrzeuge das Signal-Zeitdiagramm, die ausgewerteten Dauerschallpegel sowie Indikatorwerte für die jeweilige Testfahrt angeführt.

7.5.1 Einfahrt Pkw 1 – Nissan Primera

Abb. 14 Pegel Zeitverlauf Pkw 1 – E1



Tab. 7.5.1 Auswertung Messkurven Pkw 1 – Einfahrt 1
Werte in dB, A-bewertet

Bereich	Innen				Außen			
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M9	M10
Vorbeifahrt $L_{A,eq}$	-	-	-	-	55,9	58,0	55,9	57,0
Fahrt in Halle $L_{A,eq}$	57,0	57,5	57,3	57,0	51,2	53,9	50,3	51,7
Türe schließen $L_{A,eq}$	58,6	59,2	59,9	59,1	54,2	57,2	52,5	55,4
Türe schließen $L_{A,max}$	64,0	64,6	65,4	64,9	57,3	58,7	54,8	57,1

Fahrzeuggeschwindigkeit: 13,1 km/h

Messdauer Vorbeifahrtpegel: 9,5 sec

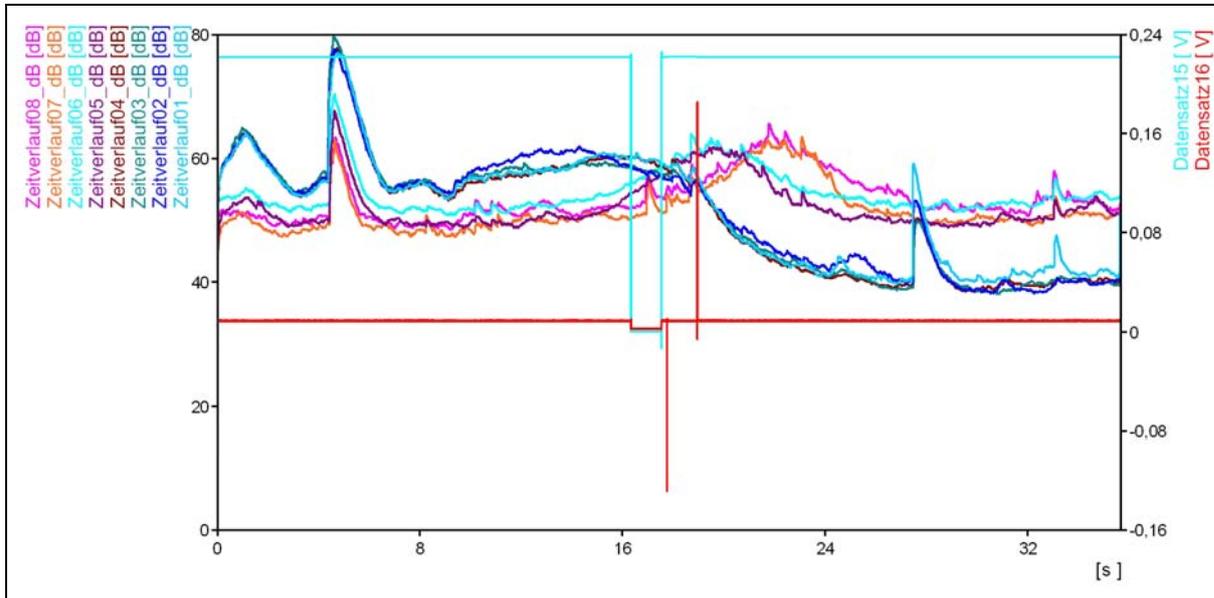
Messdauer Fahrt in Halle: 12 sec

Messdauer Türe schließen: 1,3 sec (mit Nachhall)

Gesamt- Signaldauer: 40 sec

7.5.2 Ausfahrt Pkw 1 – Nissan Primera

Abb. 15 Pegel Zeitverlauf Pkw 1 – A1



Tab. 7.5.2 Auswertung Messkurven Pkw 1 – Ausfahrt 1
Werte in dB, A-bewertet

Bereich	Innen				Außen			
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M9	M10
Vorbeifahrt $L_{A,eq}$	-	-	-	-	57,8	59,1	57,8	59,4
Fahrt in Halle $L_{A,eq}$	58,5	60,0	58,4	58,2	50,5	52,8	50,0	51,8
Hupen in Halle $L_{A,eq}$	67,0	66,6	68,0	67,0	56,1	58,6	52,8	53,9
Hupen in Halle $L_{A,max}$	77,1	77,7	79,8	77,9	67,8	70,5	63,1	63,5

Fahrzeuggeschwindigkeit: 12,7 km/h

Messdauer Vorbeifahrtpegel: 7,0 sec

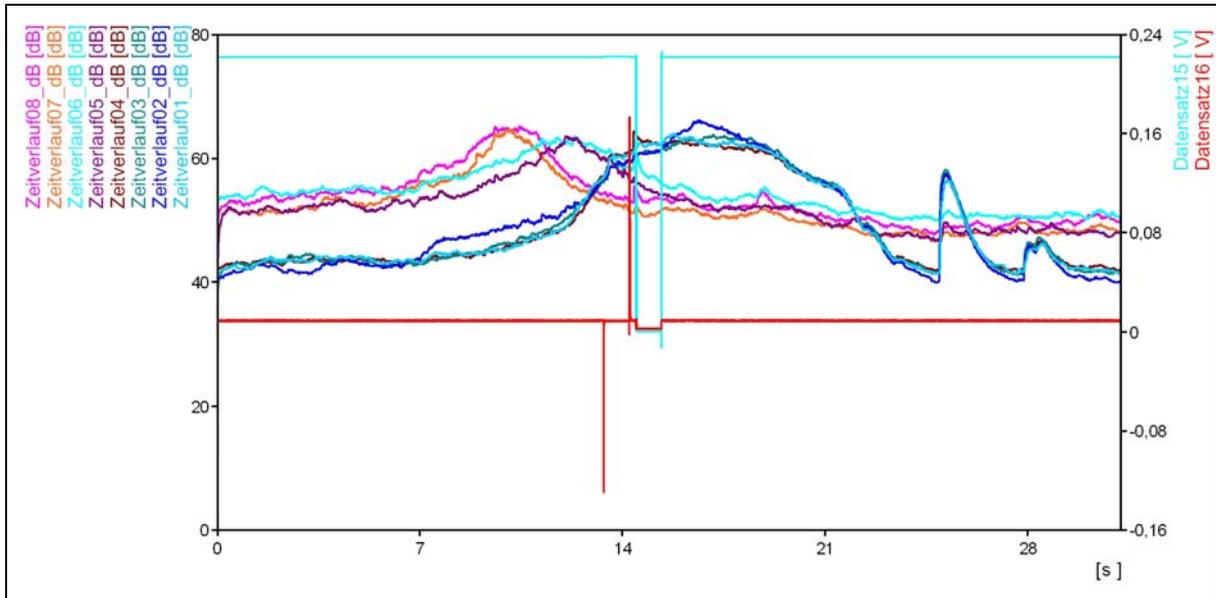
Messdauer Fahrt in Halle: 6,6 sec

Messdauer Hupen in Halle: 2,3 sec (mit Nachhall)

Gesamt- Signaldauer: 36 sec

7.5.3 Einfahrt Pkw 2 – Seat Leon

Abb. 16 Pegel Zeitverlauf Pkw 2 – E1



Tab. 7.5.3 Auswertung Messkurven Pkw 2 – Einfahrt 1
Werte in dB, A-bewertet

Bereich	Innen				Außen			
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M9	M10
Vorbeifahrt $L_{A,eq}$	-	-	-	-	59,5	61,0	59,4	61,2
Fahrt in Halle $L_{A,eq}$	62,1	62,7	62,1	61,8	53,0	54,9	51,1	52,8
Türe schließen $L_{A,eq}$	51,5	51,9	52,7	52,1	48,2	50,7	47,7	48,9
Türe schließen $L_{A,max}$	56,4	57,5	58,2	57,7	49,7	51,7	48,2	49,2

Fahrzeuggeschwindigkeit: 15,9 km/h

Messdauer Vorbeifahrtpegel: 5,4 sec

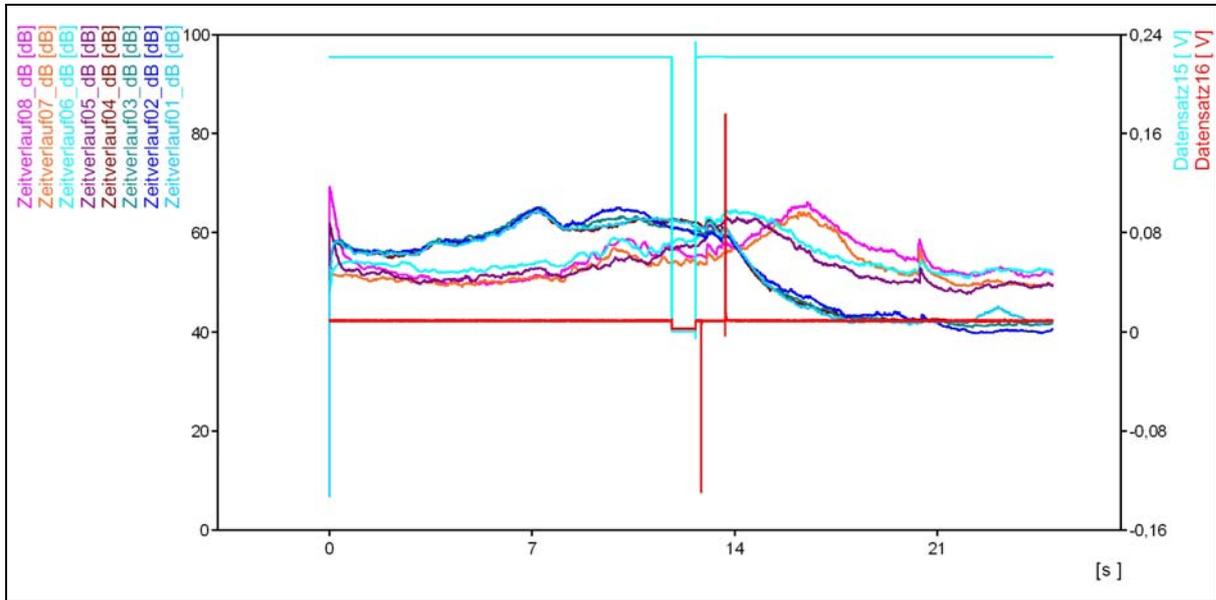
Messdauer Fahrt in Halle: 5,6 sec

Messdauer Türe schließen: 1,3 sec (mit Nachhall)

Gesamt- Signaldauer: 31 sec

7.5.4 *Ausfahrt Pkw 2 – Seat Leon*

Abb. 17 Pegel Zeitverlauf Pkw 2 – A1



Tab. 7.5.4 Auswertung Messkurven Pkw 2 – Ausfahrt 1
Werte in dB, A-bewertet

Bereich	Innen				Außen			
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M9	M10
Vorbeifahrt $L_{A,eq}$	-	-	-	-	60,4	61,9	60,4	62,1
Fahrt in Halle $L_{A,eq}$	61,8	63,2	62,1	61,5	53,9	56,5	54,1	56,0
Hupen in Halle $L_{A,eq}$	62,8	63,3	63,6	62,8	52,1	53,6	50,8	50,9
Hupen in Halle $L_{A,max}$	64,3	65,1	65,3	64,4	53	54,4	51,4	52,6

Fahrzeuggeschwindigkeit: 17,5 km/h

Messdauer Vorbeifahrtpegel: 3,9 sec

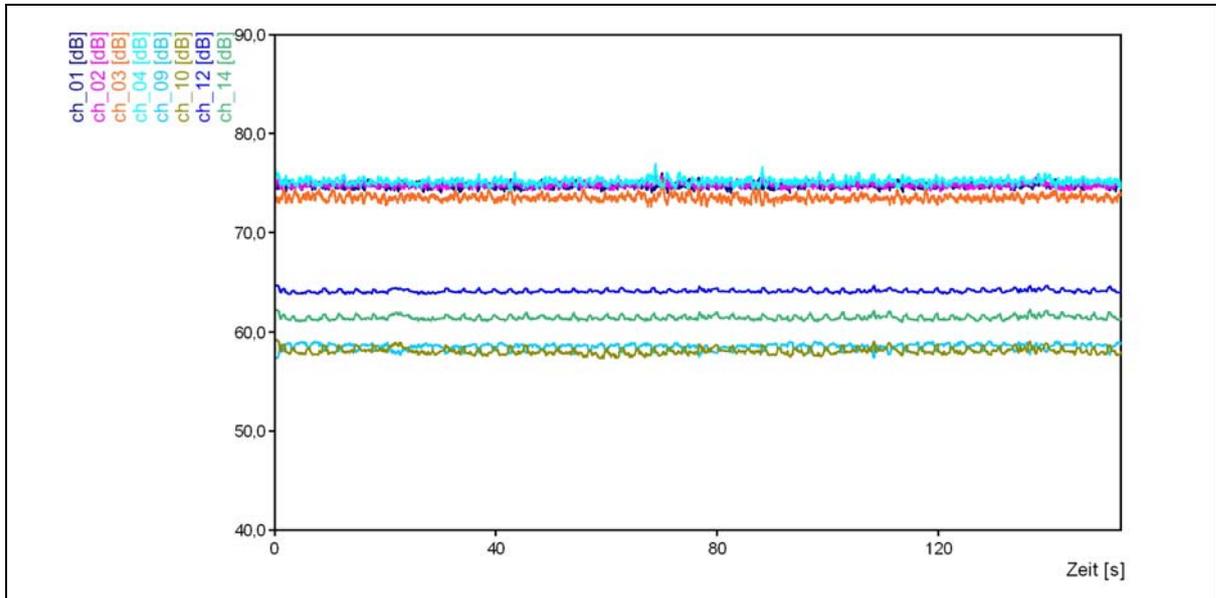
Messdauer Fahrt in Halle: 3,8 sec

Messdauer Hupen in Halle: 1,8 sec (mit Nachhall)

Gesamt- Signaldauer: 25 sec

7.5.5 Auswertung Referenzschallquelle

Abb. 18 Pegel Zeitverlauf Referenzschallquelle



Tab. 7.5.5 Auswertung Referenzschallquelle

Werte in dB, A-bewertet

Bereich	Innen				Außen			
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M9	M10
Vorgang								
Messung L_{Aeq}	74,7	74,8	73,5	75,2	58,6	58,1	64,1	61,5
L_{AW} Quelle	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7
Korrekturwert	17,0	16,9	18,2	16,5	33,1	33,6	27,6	30,2

Messdauer: 153 sec

Der ermittelte Korrekturwert ist bei der Berechnung des Schalleistungspegels der Öffnung bei den gemessenen Werten zu addieren (außer bei dem Ereignis Vorbeifahrt).

8. EVALUATION AUSGEWÄHLTER SZENARIEN

8.1. ANSATZ

Die messtechnisch ermittelten Immissionswerte für die Vorgänge in der Halle sollen auf Emissionswerte umgerechnet und mit den Werten der Literatur verglichen werden.

Die Umrechnung der Messwerte der Messpunkte außerhalb der Halle erfolgt bei dem Vorgang Vorbeifahrt über die Abstandsminderung. Bei den Vorgängen in der Halle (Fahrt, Hupe, Türe) erfolgt die Umrechnung über die Messung der Referenzschallquelle. Diese liefert Korrekturwerte für jeden Messpunkt zur Umrechnung auf den Schalleistungspegel.

Die Umrechnung der Messwerte der Messpunkte innerhalb der Halle erfolgt über die Beziehung der Nachhallzeit und des Volumens zum Innenpegel nach SABINE. Eine Umrechnung wie bei den Außenmesspunkten ist nicht möglich, da die Referenzschallquelle ja im Öffnungsquerschnitt situiert war, und so keine vollkommene Nachhallanregung in der Halle erzeugen konnte. Um eine Umrechnung mittels Referenzschallquelle machen zu können, hätte die Referenzschallquelle auch in der Halle (im Bereich des Ortes der Parkvorgänge) gemessen werden müssen.

Die Umrechnung der Innenpunkte erfolgt mit:

$$L_{AW} = L_{A,pi} - 10 \log T/V - 14 \quad (\text{Gl. 23})$$

$L_{A,pi}$... Innenpegel in dB

T ... Nachhallzeit in sec; Messwert: 2,64 sec

V ... Volumen in m^3 ; $B = 36$ m, $L = 60$ m, $H = 5,5$ m $\Rightarrow V = 11880$ m^3

Die Umrechnung der Außenpegel kann über den Pegel-Zeitverlauf einer konstanten Vorbeifahrt (30 km/h) erfolgen. Im betrachteten Fall wurde in 3,5 m Entfernung der energieäquivalente Dauerschallpegel über den Zeitraum bestimmt, bei dem der Schwellwert von 10 dB überschritten wurde (bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 30 km/h). Dies ergibt folgenden Zusammenhang zwischen gemessenen Pegel und dem Schalleistungspegel:

$$L_{AW} = L_{Ap} + 22,6 \quad (\text{Gl. 24})$$

Die Umrechnung eines einzelnen Ereignisses auf den Stundenwert erfolgt über die Beziehung:

$$L_{AWo} = L_{AW} + 10 \cdot \log(t_i/t_0) \quad (\text{Gl. 25})$$

$L_{AWo} \dots$ Schalleistungspegel für ein Ereignis pro Stunde in dB
 $L_{AW} \dots$ Schalleistungspegel Ereignis in dB
 $t_i \dots$ Dauer des Ereignisses in sec
 $t_0 \dots$ Bezugszeit 3600 sec

8.2. DATENBESTAND

In der Literatur werden für die für den Vergleich vorgesehenen Vorgänge

- Vorbeifahrt,
- Fahrt in der Garage und
- Türenschießen

keine eindeutigen Werte angeführt. Es werden daher folgende Vergleichswerte herangezogen:

Tab. 8.2.1 Emissionswerte für Garagen

Werte in dB, A-bewertet

Vorgang	L_{AWo}	$L_{AW \max}$	L_{AWo}'	L_{AWo}''	Quelle
Parkvorgang (ua. Fahren)	65,2				Parkplatzlärmstudie /10/
Parkvorgang (Türen schließen)		99,8			Parkplatzlärmstudie /10/
Zufahrt außerhalb der Rampe			46,1		Parkplatzlärmstudie /10/
Abfahrt außerhalb der Rampe			47,1		Parkplatzlärmstudie /10/
Schallabstrahlung Einfahrtsöffnung				47,9	Parkplatzlärmstudie /10/
Schallabstrahlung Ausfahrtsöffnung				49,6	Parkplatzlärmstudie /10/

$L_{AWo} \dots$ Schalleistungspegel für ein Ereignis pro Stunde

$L_{AWo}' \dots$ Längenbezogener Schalleistungspegel für ein Ereignis pro Stunde

$L_{AWo}'' \dots$ Flächenbezogener Schalleistungspegel für ein Ereignis pro Stunde

8.3. VERGLEICHSWERTE DER MESSUNG

Die Messwerte der Messungen werden im Folgenden zusammengefasst (je Vorgang), gemittelt und in einen Schallleistungspegel umgerechnet. Zur besseren Vergleichbarkeit der Werte werden die Schallleistungspegel punktbezogen, linienbezogen oder flächenbezogen angeführt.

Tab. 8.3.1 Emissionswert Vorbeifahrt, Außenmikrofone
Werte in dB, A-bewertet

Vorgang	Mittelwert L_{Aeq}	Entfernung ΔL	Schallleistung L_{AW}	Dauer t	Schallleistung L_{AWo}
Vorbeifahrt	59,2	22,6	81,8	6,5 sec	54,4

Für die aus der Messung ermittelte Schallleistung der Vorbeifahrt ergibt sich unter Berücksichtigung von Gl. 5 ein längenbezogener Schallleistungspegel für ein Ereignis pro Stunde von $L_{AW'o} = 49,4$ dB.

Im Folgenden wird für die weitere Auswertung die Messbereiche in „Außen“ und „Innen“ unterschieden.

Emissionswerte Außen

Tab. 8.3.2 Außenmesswerte Fahrt in Halle, Mittelung je Mikrofonposition
Werte in dB, A-bewertet

Beschreibung	Außen			
	M5	M6	M9	M10
Fahrt in Halle L_{Ap}	41,7	43,6	41,1	42,5
Korrekturwert L_{AW}	33,1	33,6	27,6	30,2
Fahrt in Halle L_{AW}	74,8	77,2	68,7	72,7

Als Korrekturwert wird der mittels Referenzschallquelle ermittelte Umrechnungsfaktor für den Schallleistungspegel herangezogen. Der Mittelwert des Schallleistungspegels des Vorgangs „Fahrt in Halle“ für die Außenmikrofone ergibt sich zu $L_{A,W} = 73,4$ dB.

Tab. 8.3.3 Emissionswert Öffnung - Fahrt in Halle

Werte in dB, A-bewertet

Vorgang	Mittelwert	Öffnung S	Dauer t	Schalleistung	
	L_{AW}			L_{AWo}	$L_{AW''o}$
Fahrt in Halle	73,4	10,0 m ²	7 sec	46,2	36,2

Für die Abstrahlung aus dem Hallentor ergibt sich ein flächenbezogener Schalleistungspegel für ein Ereignis pro Stunde zu $L_{AW''o} = 36$ dB.

Tab. 8.3.4 Außenmesswerte Spitzenpegel, Mittelung je Mikrofonposition

Werte in dB, A-bewertet

Vorgang	Außen			
	M5	M6	M9	M10
Türe schließen $L_{Ap\ max}$	53,5	55,2	51,5	53,2
Hupen in Halle $L_{Ap\ max}$	60,4	62,5	57,3	58,1
Korrekturwert L_{AW}	33,1	33,6	27,6	30,2
Türe schließen $L_{AW\ max}$	86,6	88,8	79,1	83,4
Hupen in Halle $L_{AW\ max}$	93,5	96,1	84,9	88,3

Aus der Mittelung der einzelnen Mikrofonpositionen ergeben sich die Emissionswerte der Spitzenpegel zu:

Tab. 8.3.5 Emissionen der Maximalwerte - Außen

Werte in dB, A-bewertet

Vorgang	Schalleistung
	$L_{AW\ max}$
Türe schließen	84,5
Hupen in Halle	90,7

Emissionswerte Innen:

Aus den Messwerten der Innenmikrofone ergeben sich für die einzelnen Vorgänge folgende Mittelwerte:

Tab. 8.3.6 Innenmesswerte, Mittelung je Mikrofonposition
Werte in dB, A-bewertet

Bereich	Innen				Mittelwert
	M1	M2	M3	M4	
Fahrt in Halle L_{Ap}	47,9	48,7	48,0	47,7	48,1
Türe schließen $L_{Ap \max}$	60,2	61,1	61,8	61,3	61,1
Hupen in Halle $L_{Ap \max}$	70,7	71,4	72,6	71,2	71,5

Aus der Mittelung der Mikrofone und der Umrechnung nach SABINE ergeben sich somit folgende Schallleistungspegel:

Tab. 8.3.7 Emissionswerte in der Halle, Hallraumberechnung nach SABINE
Werte in dB, A-bewertet

Vorgang	Mittelwert	Nachhallzeit	Volumen V in m ³	Schallleistung	Dauer t in s	Schallleistung	
	L_{Ap}	T in sec		L_{AW}		L_{AWo}	$L_{AW \max}$
Fahrt in Halle	48,1	2,64	11880	70,6	7,0	43,5	
Türe schließen	61,1	2,64	11880	83,6	-		83,6
Hupen in Halle	71,5	2,64	11880	94,0	-		94,0

Die Auswertung zeigt, dass die berechneten Emissionen der Spitzenereignisse und die des Fahrweges in den Messbereichen Außen wie auch Innen gut übereinstimmen.

Interessant ist, dass die Emission des Fahrvorgangs Außen höher ist als Innen. Dies kann mit dem Unterschied des Fahrwegs (Außen Rasensteine - Innen Asphalt) sowie der Anordnung der Mikrofone näher beim Hallentor als im diffusem Hallfeld erklärt werden.

Die Werte der Spitzenpegel liegen in etwa gleich.

8.4. EVALUIERUNG DER EMISSIONEN

Die Emissionswerte der Literatur und die der Messungen werden im Folgenden gegenübergestellt.

Tab. 8.4.1 Emissionsvergleich, Schalleistungspegel
Werte in dB, A-bewertet, gerundet

Vorgang	Vergleichswert	Literaturwert	Messwert
Fahrt (Vorbeifahrt) außerhalb	L_{AWo}'	46 - 47	49
Schallabstrahlung der Öffnung - Fahrvorgang	L_{AWo}''	48 - 50	36
Türen schließen	$L_{AW\ max}$	100	85

Im Vergleich ist ersichtlich, dass die Emissionen für die Vorbeifahrt eines Fahrzeuges auf der Ebene im Freien sehr gut übereinstimmen (Messuntergrund Kopfsteinpflaster).

Für die Schallabstrahlung durch die Öffnung ergeben sich jedoch gravierende Unterschiede bei den Emissionswerten. Sie unterscheiden sich um ca. 12 – 15 dB. Die Literaturwerte aus der Parkplatzlärmstudie weisen dabei die höheren Emissionswerte auf. Eine Erklärung für diesen Unterschied ist nicht direkt ersichtlich. Es kann durchaus eine statistische Abweichung durch die kleine Stichprobe der Messauswertung der Grund für den hohen Unterschied sein oder aber, dass der Wert der Parkplatzlärmstudie sich auf den punktbezogenen Schalleistungspegel bezieht und nicht auf den flächenbezogenen.

Die Messwerte für den Spitzenpegel wurden bei der Parkplatzlärmstudie im Freien, also nicht in der Halle ermittelt. Man kann die Pegelunterschiede daher auf die Reduktion in Folge des Hallvolumens ($10 \cdot \log T/V$), sowie dem Umstand das die Schalleistungsberechnung über die mittlere Nachhallzeit erfolgte und nicht über die Nachhallzeit der Frequenz des tonalen Anteils, zurückführen.

Eine weiterführende Analyse der durchgeführten Messfahrten mit einem höheren Detaillierungsgrad der Analyse wird mehr Erkenntnis über die festgestellte Pegeldifferenz der Fahrvorgänge bringen.

9. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Emissionsdaten für Garagenlärm werden in der Literatur detailliert nur durch die Parkplatzlärmstudie /10/ des Hessischen Landesamts für Umwelt und Geologie beschrieben. Im Zuge der Überarbeitung der Wiener Garagenrichtlinie durch das Büro Rosinak & Partner ZT GmbH soll der Richtlinienabschnitt über die schalltechnische Modellierung und Beurteilung von Garagen an die neuesten technischen Erkenntnisse, Berechnungsnormen und Entwicklungen auf dem Gebiet der Schalltechnik angepasst werden.

Die für die Berechnung von Garagenlärm gemäß der Wiener Garagenrichtlinie heranzuziehenden Emissionswerte sollen messtechnisch überprüft, bzw. sollen eigene Emissionswerte definiert werden.

Durch den großen Umfang der Messdaten wird die Auswertung geteilt. In den vorliegenden Teil mit der Emissionserfassung und den Berechnungsgrundlagen, sowie in einen folgenden zweiten Teil, der eine detaillierte Auswertung der Messdaten und eine Vertiefung beinhalten soll.

Eine erste stichprobenartige Analyse von zwei Ein- und Ausfahrten der Messfahrten ergab, dass bei den Emissionswerten für die Schallabstrahlung einer Garagenöffnung Pegelunterschiede in der Größenordnung von 13 bis 15 dB vorliegen, wobei die Parkplatzlärmstudie die höheren Emissionswerte vorweist. Eine Erklärung für diesen Unterschied ist nicht direkt ersichtlich. Es kann durchaus eine statistische Abweichung durch die kleine Stichprobe der Messauswertung der Grund für den Unterschied sein.

Eine weiterführende Analyse der durchgeführten Messfahrten im zweiten Teil der Untersuchung mit einem höheren Detaillierungsgrad der Analyse wird mehr Erkenntnis über die festgestellte Pegeldifferenz bringen.

Wien, April 2008

Ing. Joachim Jira

10. LITERATURVERZEICHNISS

- /1/ Verkehrs- und Umwelttechnische Richtlinien für Garagenprojekte
Verfasser: Magistratsdirektion Stadtbaudirektion, Dezernat 2
Wien, 1996

- /2/ ÖAL-Richtlinien
Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung
Wien, i. d. g. F.

- /3/ ÖAL-Richtlinie Nr.14
Berechnung des Schallpegels in Betriebshallen
Ausgabe 1987

- /4/ ÖAL-Richtlinie Nr. 28
Schallabstrahlung und Schallausbreitung
Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung
Ausgabe 1987

- /5/ ÖNORM ISO 9613, Teil 2
Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien
Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren
Ausgabe: Jänner 2008

- /6/ ÖNORM S 5004
Messung von Schallimmissionen
Ausgabe: März 1998

- /7/ ÖNORM B 8115, Teil 4
Schallschutz und Raumakustik im Hochbau
Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen
Ausgabe: September 2003

- /8/ ÖNORM EN ISO 3382
Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere akustische Parameter
Ausgabe: September 2000

-
- /9/ RVS 4.02.11 – Lärmschutz
Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen
Ausgabe: März 2006
- /10/ Parkplatzlärmstudie v4
Untersuchung von Schallemissionen aus Parkplätzen, Autohöfen und Omnibus-
bahnhöfen
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umwelt - 1994
- /11/ Lärmschutz bei Tiefgaragen
Verfasser: Judith Lang im Auftrag des Magistrats der Stadt Wien, MA22
Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Heft 3/91
- /12/ Schallemission von Garagenschnellauftoren
Rosinak & Partner ZT GmbH, Ing. Joachim Jira, GZ 05780
Wien, Juni 2005
- /13/ Umweltbundesamt Reports UBA-94-102 – Geräuschemissionen
Messung – Grenzwerte – Stand der Technik
J. Lang; Wien, November 1994
- /14/ Verein deutscher Ingenieure - VDI-Handbuch Lärminderung
Emissionskennwerte technischer Schallquellen und Bau-Emissionskennwerte
- /15/ Schriftenreihe des bayerischen Landesamtes für Umweltschutz (Heft 154)
Gewerbelärm – Kenndaten und Kosten für Schutzmaßnahmen
- /16/ Schallschutz und Raumakustik in der Praxis
Planungsbeispiele für konstruktive Lösungen
W. Fasold, E. Veres
Verlag für Bauwesen, Berlin 1998
- /17/ Technischer Bericht zur Untersuchung der Lkw- und Ladegeräusche auf
Betriebsgeländen von Frachtzentren, Auslieferungslagern und Speditionen
Heft 192, Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt
Wiesbaden 1995

-
- /18/ Cadna/A – Softwareprogramm zur Berechnung von Lärm-Immissionen
DataKustik GmbH München
- /19/ Signalanalyse Software FAMOS 4.0
imc Meßsysteme GmbH; Voltastr. 5; D-13355 Berlin
- /20/ Signalanalyse Software Flexpro 7.19
Weisang GmbH, Kaiserstrasse 170-174, D-66386 St. Ingbert
- /21/ Signalauswertesoftware Sony PCScan IV für Sony SIR 1000
- /22/ ÖNORM EN ISO 3740
Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen
Leitlinien zur Anwendung der Grundnorm
Ausgabe Februar 2001
- /23/ ÖNORM EN ISO 3741
Ermittlung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen durch Schalldruck-
messungen, Hallraumverfahren der Genauigkeitsklasse 1
Ausgabe März 2003
- /24/ ÖNORM EN ISO 3743
Akustik - Bestimmung der Schalleistung von Geräuschquellen; Verfahren der
Genauigkeitsklasse 2 für kleine transportable Quellen im Hallraum
Teil 1 & 2
Ausgabe Oktober 1995, Februar 1997
- /25/ ÖNORM EN ISO 3744
Akustik - Bestimmung der Schalleistung von Geräuschquellen aus
Schalldruckmessungen; Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2
Ausgabe Mai 1996
- /26/ ÖNORM EN ISO 3746
Akustik - Bestimmung der Schalleistung von Geräuschquellen aus
Schalldruckmessungen; Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3
Ausgabe Mai 1996

/27/ ÖNORM EN ISO 3747

Akustik - Bestimmung der Schalleistung von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen

Vergleichsverfahren zur Verwendung unter Einsatzbedingungen

Ausgabe Dezember 2000

/28/ ÖNORM EN ISO 9614-3

Akustik – Bestimmung der Schalleistung von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen; Teil 3: Scanning Verfahren der Genauigkeitsklasse 1

Ausgabe April 2003

/29/ ÖNORM S 5038

Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen

Kleine in alle Richtung strahlende Schallquellen im Freifeld über einer reflektierenden Ebene

Ausgabe November 1998

/30/ ÖNORM S 5039

Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen

Verfahren für Industrieanlagen mit mehreren einzelnen Schallquellen

Ausgabe Juni 1991

11. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

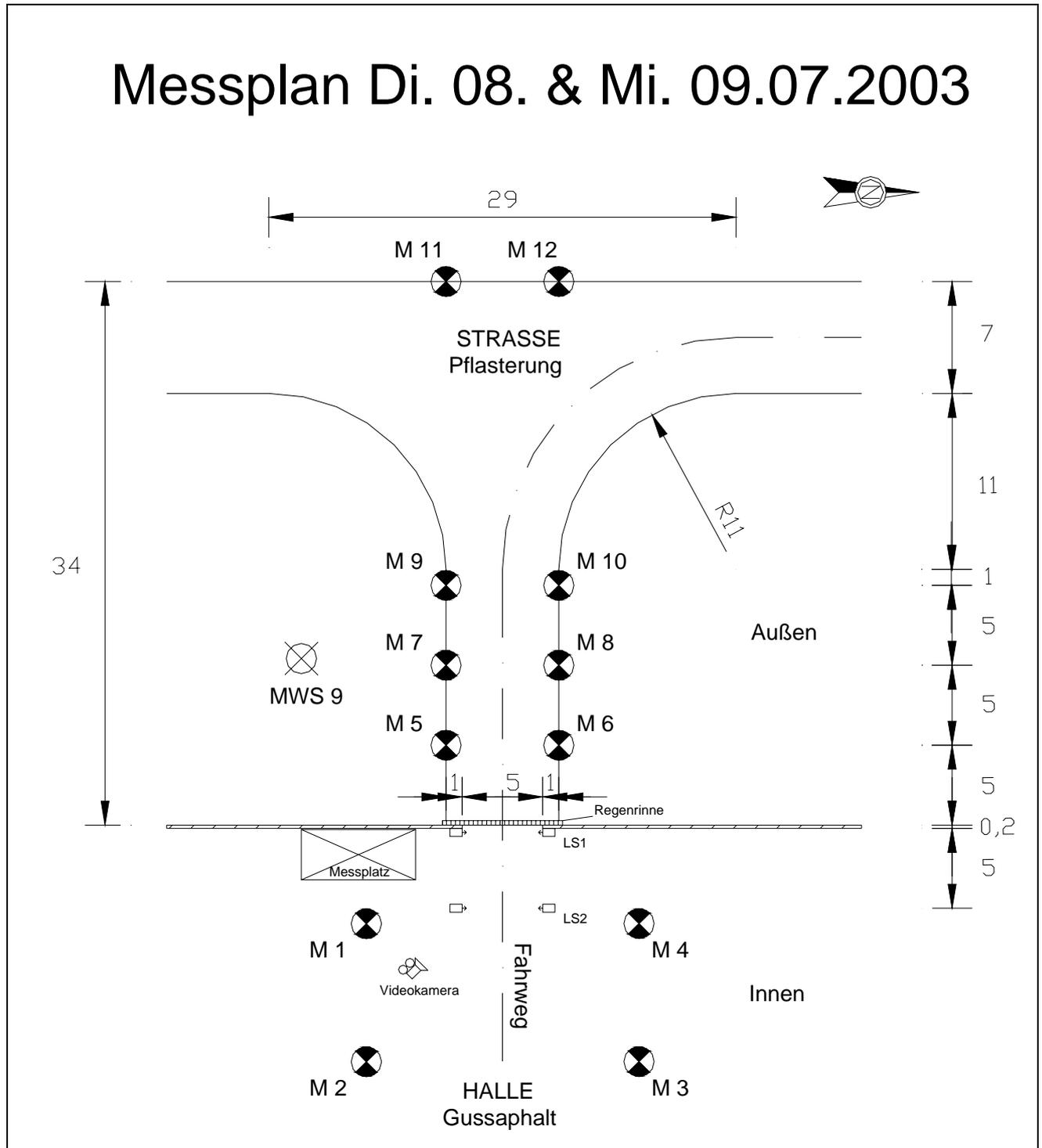
ABB. 1	LAGEPLAN	22
ABB. 2	LUFTBILD DER HALLE	23
ABB. 3	LAGESKIZZE FAHRWEG DER TESTFAHRTEN	25
ABB. 4	SKIZZE MESSPUNKTE	27
ABB. 5	QUALITATIVE DARSTELLUNG DES PEGELVERLAUFES EINER MESSFAHRT (EINFAHRT)	28
ABB. 6	SKIZZE MESSPLAN	29
ABB. 7	WETTERSTATION	30
ABB. 8	MESSSYSTEM SONY SIR 1000I	32
ABB. 9	MESSSYSTEM SONY SIR 1000I – DETAIL FRONTEND	32
ABB. 10	REFERENZSCHALLQUELLE B&K 4204	37
ABB. 11	EMISSIONSSPEKTRUM B&K 4204	37
ABB. 12	AUSWERTESCRIPPT FLEXPPO – BEISPIEL DAUERSCHALLPEGEL	39
ABB. 13	AUSWERTESCRIPPT FLEXPPO – GESCHWINDIGKEITSBESTIMMUNG	40
ABB. 14	PEGEL ZEITVERLAUF PKW 1 – E1	41
ABB. 15	PEGEL ZEITVERLAUF PKW 1 – A1	42
ABB. 16	PEGEL ZEITVERLAUF PKW 2 – E1	43
ABB. 17	PEGEL ZEITVERLAUF PKW 2 – A1	44
ABB. 18	PEGEL ZEITVERLAUF REFERENZSCHALLQUELLE	45

12. TABELLENVERZEICHNIS

TAB. 5.1.1	BEISPIEL EMISSIONSWERTE NACH RVS /10/	9
TAB. 5.1.2	EMISSIONSWERTE FÜR GARAGEN /10/ WERTE IN DB, A-BEWERTET.....	10
TAB. 5.1.3	VERGLEICH DER FAHRWEGSEMISSIONSWERTE WERTE IN DB, A-BEWERTET.....	13
TAB. 5.1.4	SPITZENPEGEL WERTE IN DB, A-BEWERTET, IN 7,5 M ENTFERNUNG	14
TAB. 5.1.5	SCHALLLEISTUNG SPITZENPEGEL WERTE IN DB, A-BEWERTET.....	15
TAB. 5.2.1	AUSGEWÄHLTE SCHALLDÄMMWERTE R_w	20
TAB. 5.2.2	BEISPIEL EMISSIONEN VON ABSTRAHLFLÄCHEN WERTE IN DB	21
TAB. 7.3.1	MESSFAHRTEN	34
TAB. 7.3.2	NACHHALLZEIT WERTE IN SEC.....	36
TAB. 7.5.1	AUSWERTUNG MESSKURVEN PKW 1 – EINFAHRT 1 WERTE IN DB, A-BEWERTET	41
TAB. 7.5.2	AUSWERTUNG MESSKURVEN PKW 1 – AUSFAHRT 1 WERTE IN DB, A-BEWERTET	42
TAB. 7.5.3	AUSWERTUNG MESSKURVEN PKW 2 – EINFAHRT 1 WERTE IN DB, A-BEWERTET	43
TAB. 7.5.4	AUSWERTUNG MESSKURVEN PKW 2 – AUSFAHRT 1 WERTE IN DB, A-BEWERTET	44
TAB. 7.5.5	MESSWERTE REFERENZSCHALLQUELLE WERTE IN DB, A-BEWERTET	45
TAB. 8.2.1	EMISSIONSWERTE FÜR GARAGEN WERTE IN DB, A-BEWERTET	47
TAB. 8.3.1	EMISSIONSWERT VORBEIFAHRT, AUßENMIKROFONE WERTE IN DB, A-BEWERTET	48
TAB. 8.3.2	AUßENMESSWERTE FAHRT IN HALLE, MITTELUNG JE MIKROFONPOSITION WERTE IN DB, A-BEWERTET	48
TAB. 8.3.3	EMISSIONSWERT ÖFFNUNG - FAHRT IN HALLE WERTE IN DB, A-BEWERTET.....	49
TAB. 8.3.4	AUßENMESSWERTE SPITZENPEGEL, MITTELUNG JE MIKROFONPOSITION WERTE IN DB, A-BEWERTET.....	49
TAB. 8.3.5	EMISSIONEN DER MAXIMALWERTE - AUßEN WERTE IN DB, A-BEWERTET	49
TAB. 8.3.6	INNENMESSWERTE, MITTELUNG JE MIKROFONPOSITION WERTE IN DB, A- BEWERTET	50
TAB. 8.3.7	EMISSIONSWERTE IN DER HALLE, HALLRAUMBERECHNUNG NACH SABINE WERTE IN DB, A-BEWERTET	50
TAB. 8.4.1	EMISSIONSVERGLEICH, SCHALLLEISTUNGSPEGEL WERTE IN DB, A-BEWERTET, GERUNDET.....	51

13. ANHANG

13.1. MESSLAGEPLAN



13.2. FOTODOKUMENTATION HALLE

Bild 1 Ansicht Halle mit Hallentor & Vorplatz



Bild 2 Ansicht Halle mit Hallentor von Vorplatz aus



Bild 3 Ansicht Halle von Vorplatz aus in Richtung J. Gutenberg Str.



Bild 4 Ansicht von Vorplatz in Richtung Wiener Straße



Bild 5 Ansicht Halle innen



Bild 6 Ansicht Halle innen – mit Ausfahrtstor



Bild 7 Ansicht Halle innen

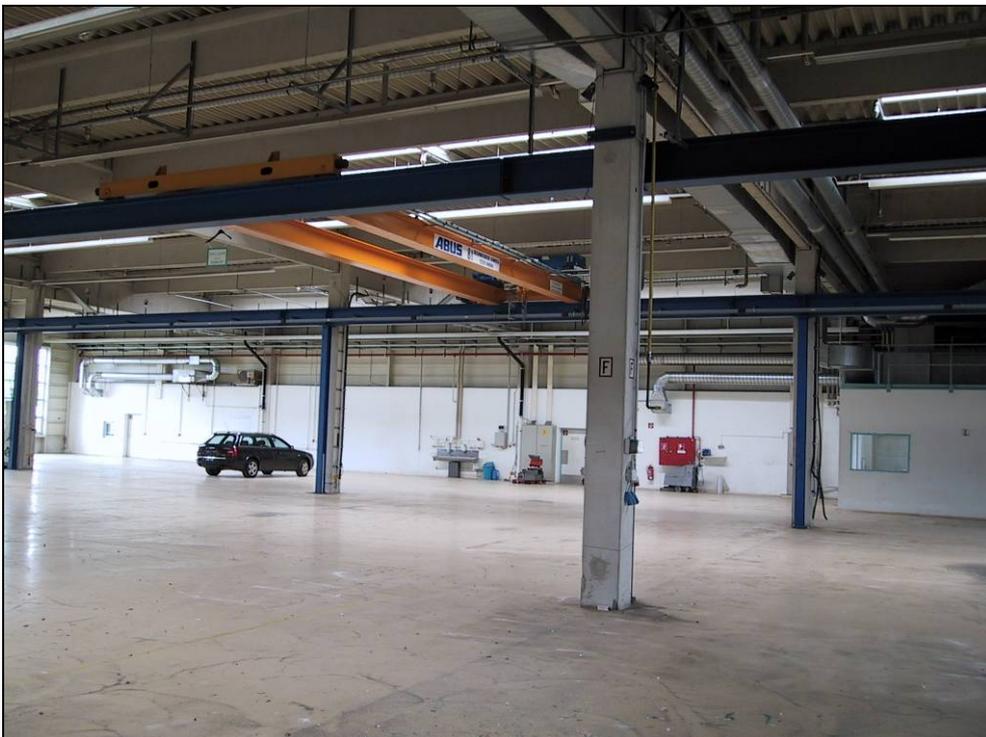


Bild 8 Ansicht Halle innen

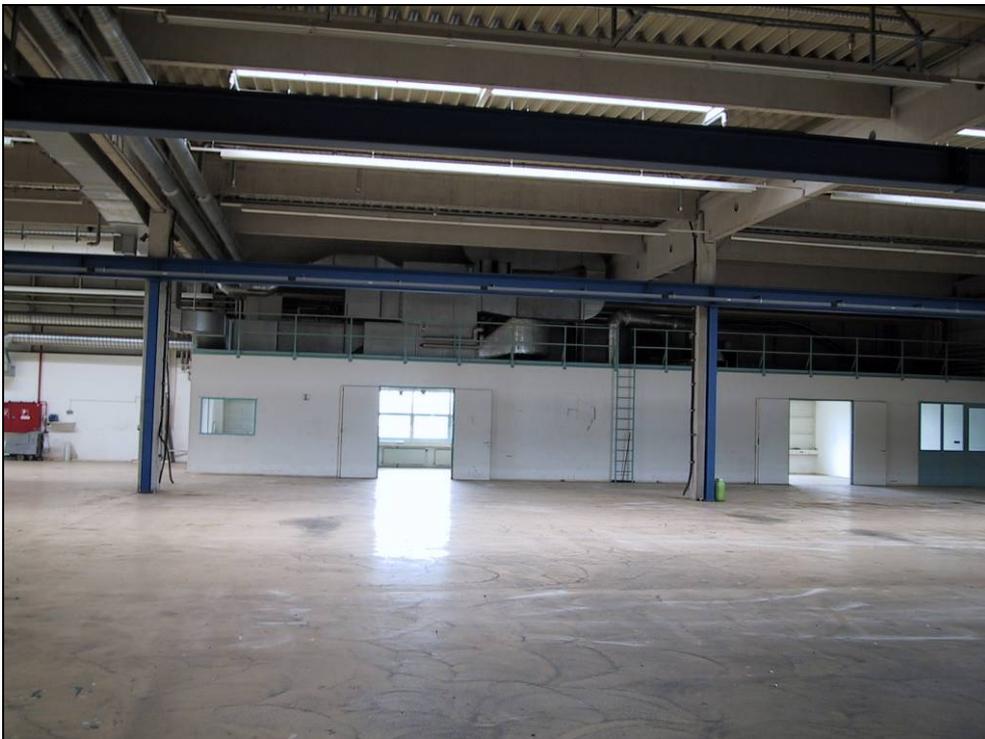


Bild 9 Ansicht Halle innen - Rückseite



Bild 10 Ansicht Halle innen – mit Ausfahrtstor

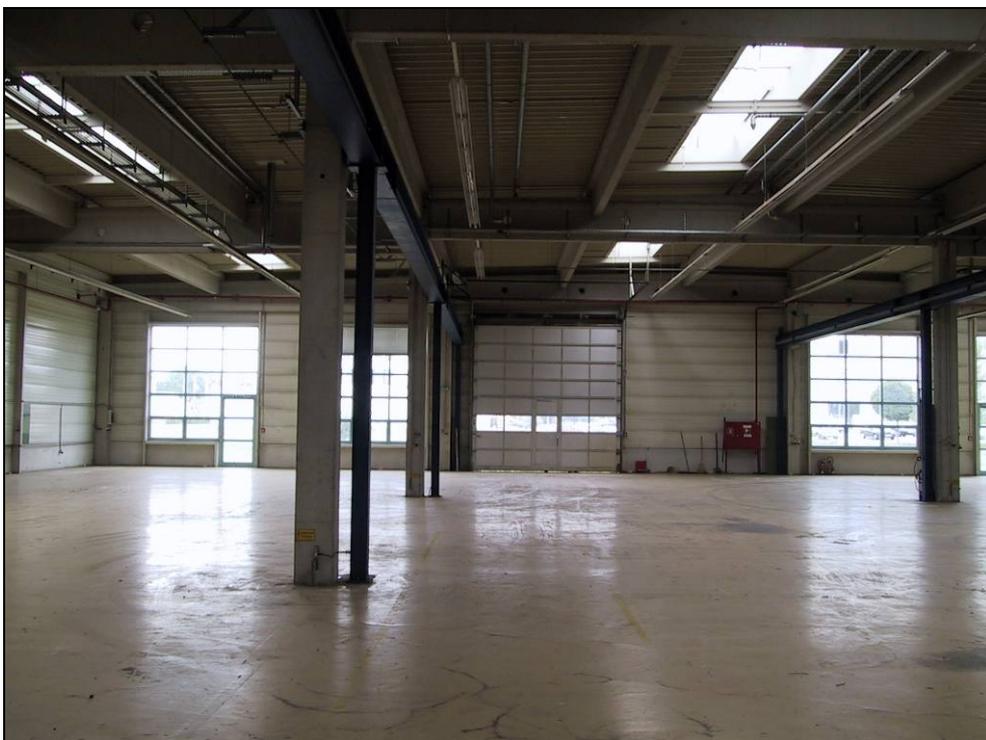
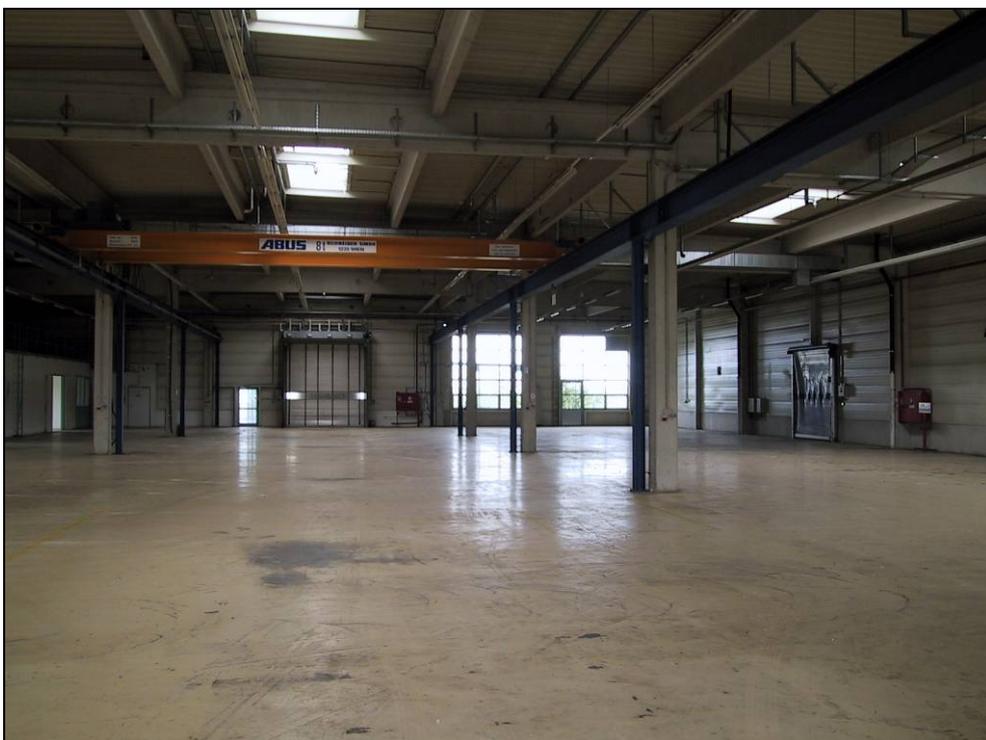


Bild 11 Ansicht Halle innen – mit Ausfahrtstor



13.3. FOTODOKUMENTATION MESSDURCHFÜHRUNG

Bild 12 Messaufbau



Bild 13 Messaufbau



Bild 14 Messaufbau – Mikropositionen 1 bis 4 innen & Lichtschranke



Bild 15 Messaufbau – Mikropositionen 1 bis 4 innen & Lichtschranke

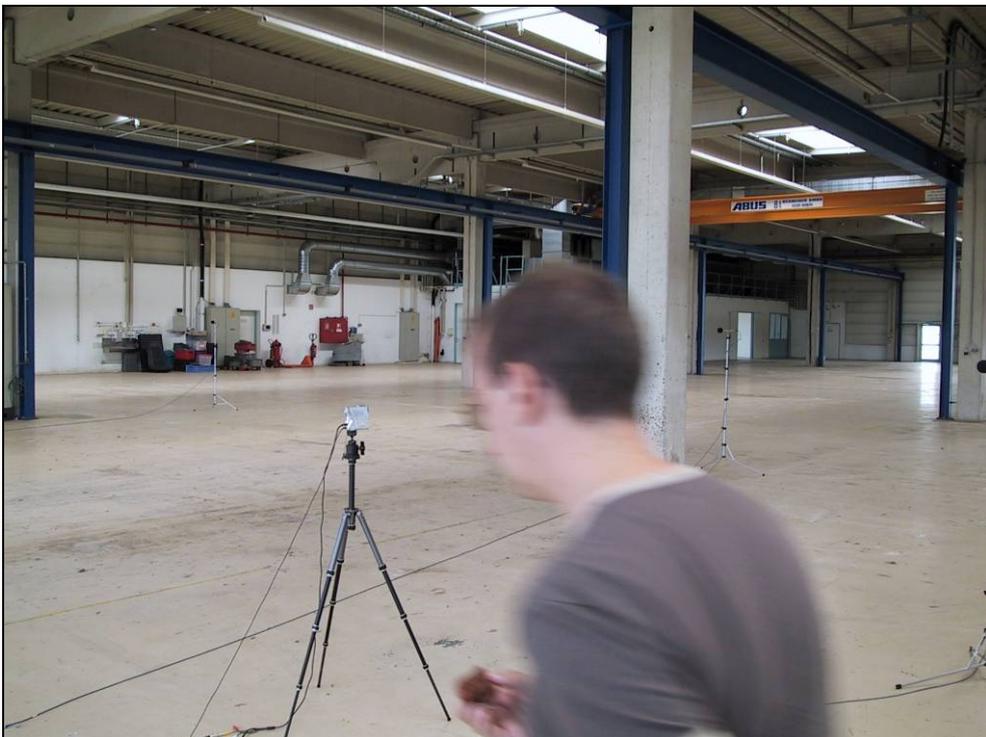


Bild 16 Messaufbau – Mikropositionen außen



Bild 17 Messaufbau – Mikropositionen außen



Bild 18 Ansicht Vorplatz zu Hallentor / Messaufbau



Bild 19 Messaufbau – Wetterstation



Bild 20 Messaufbau – Wetterstation



Bild 21 Bei der Messung – Messaufsicht Hr. Ing. Talasch

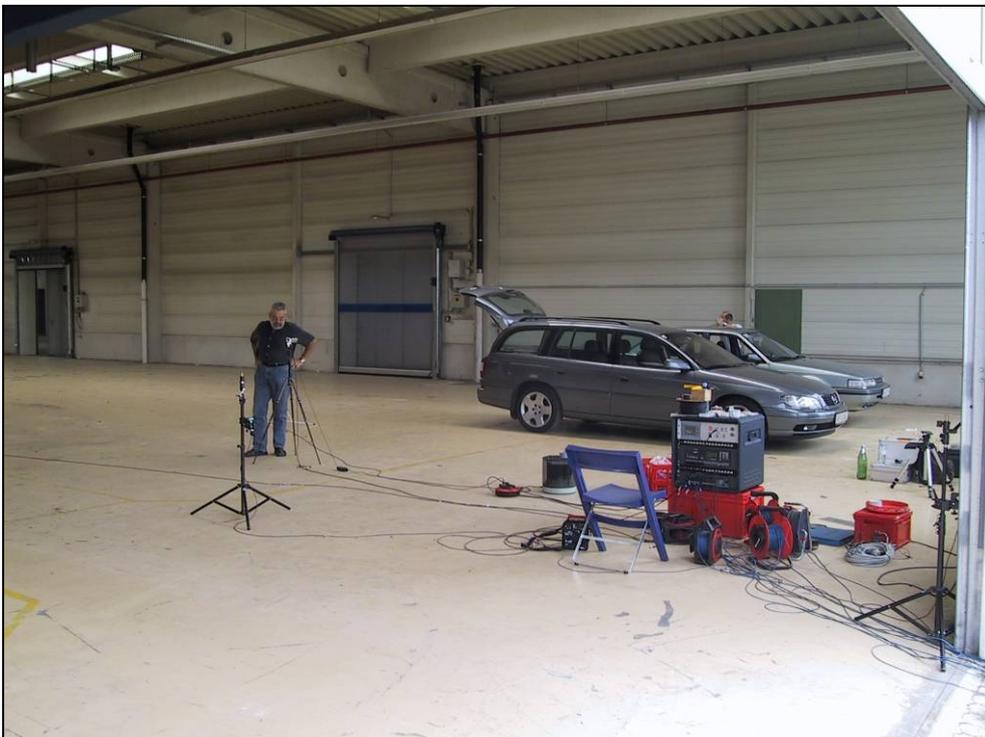


Bild 22 Messfahrt - Fahrzeug 1



Bild 23 Messfahrt - Fahrzeug 1



Bild 24 Messfahrt - Fahrzeug 1

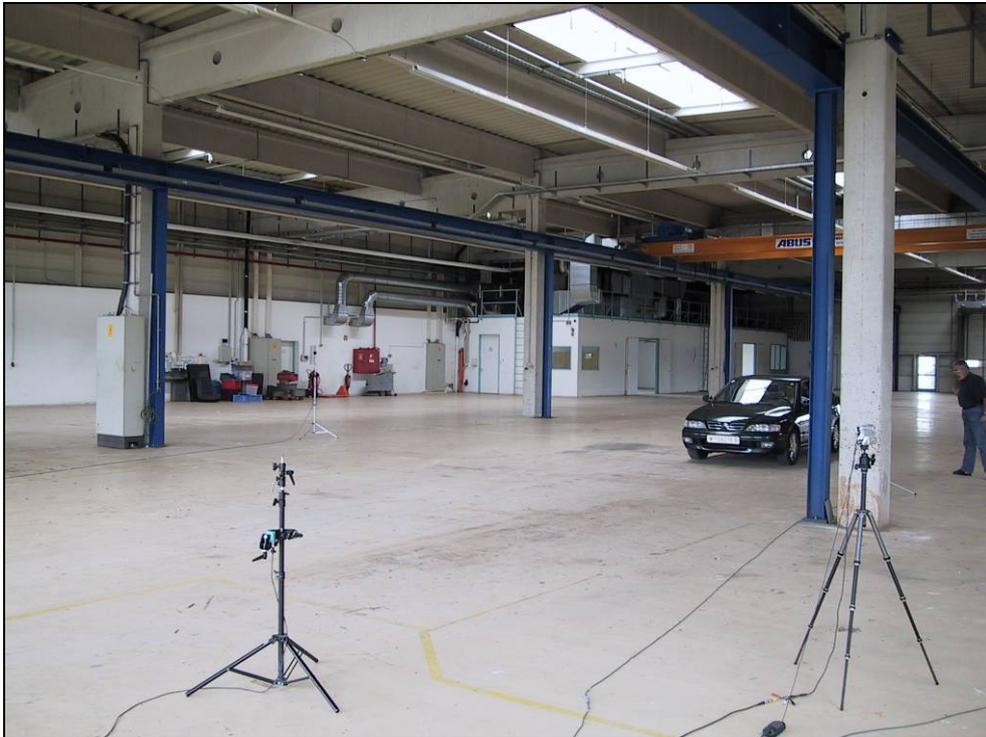


Bild 25 Messfahrt - Fahrzeug 2



Bild 26 Messfahrt - Fahrzeug 2



Bild 27 Messfahrt - Fahrzeug 2



Bild 28 Messfahrt - Fahrzeug 2



Bild 29 Messfahrt – Fahrzeug 3



Bild 30 Messfahrt – Fahrzeug 3



Bild 31 Messfahrt – Fahrzeug 3



Bild 32 Messfahrt – Fahrzeug 4



Bild 33 Messfahrt – Fahrzeug 4



Bild 34 Messfahrt – Fahrzeug 4



Bild 35 Messfahrt – Fahrzeug 5



Bild 36 Messfahrt – Fahrzeug 6

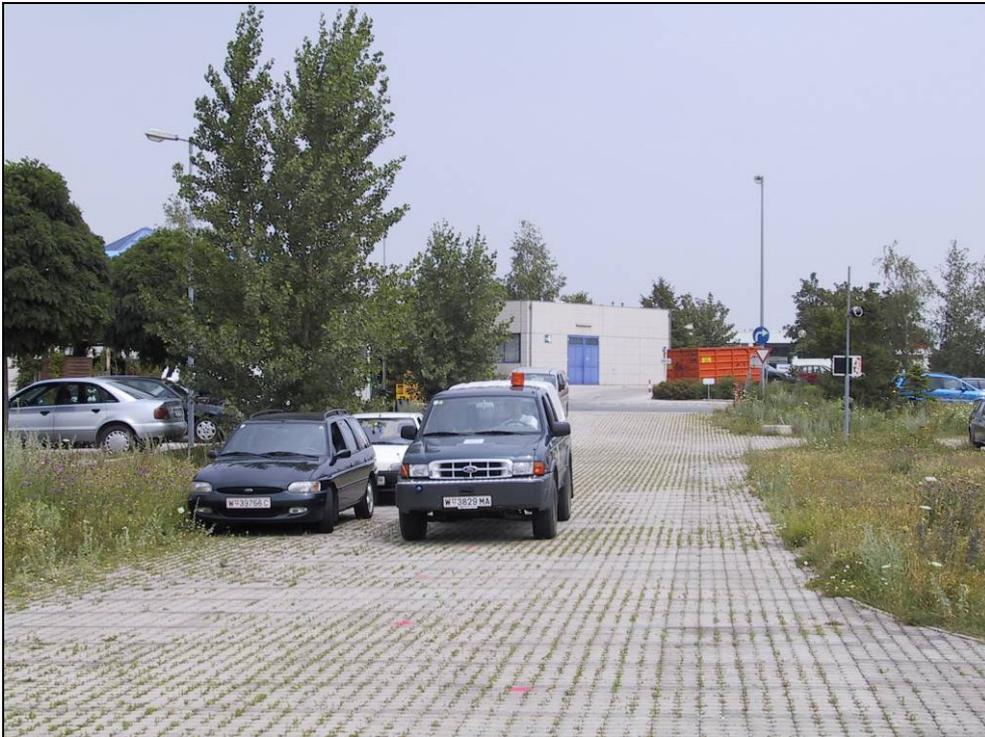


Bild 37 Messfahrt – Fahrzeug 6



Bild 38 Messfahrt – Fahrzeug 7



Bild 39 Messfahrt – Fahrzeug 7



Bild 40 Messfahrt – Fahrzeug 8



Bild 41 Messfahrt – Fahrzeug 8



Bild 42 Messfahrt – Fahrzeug 8



Bild 43 Messfahrt – Fahrzeug 8



Bild 44 Messfahrt – Fahrzeug 8



Bild 45 Messfahrt – Fahrzeug 8



Bild 46 Messfahrt – Fahrzeug 8



Bild 47 Messfahrt – Fahrzeug 9



Bild 48 Messfahrt – Fahrzeug 9



Bild 49 Messfahrt – Fahrzeug 9

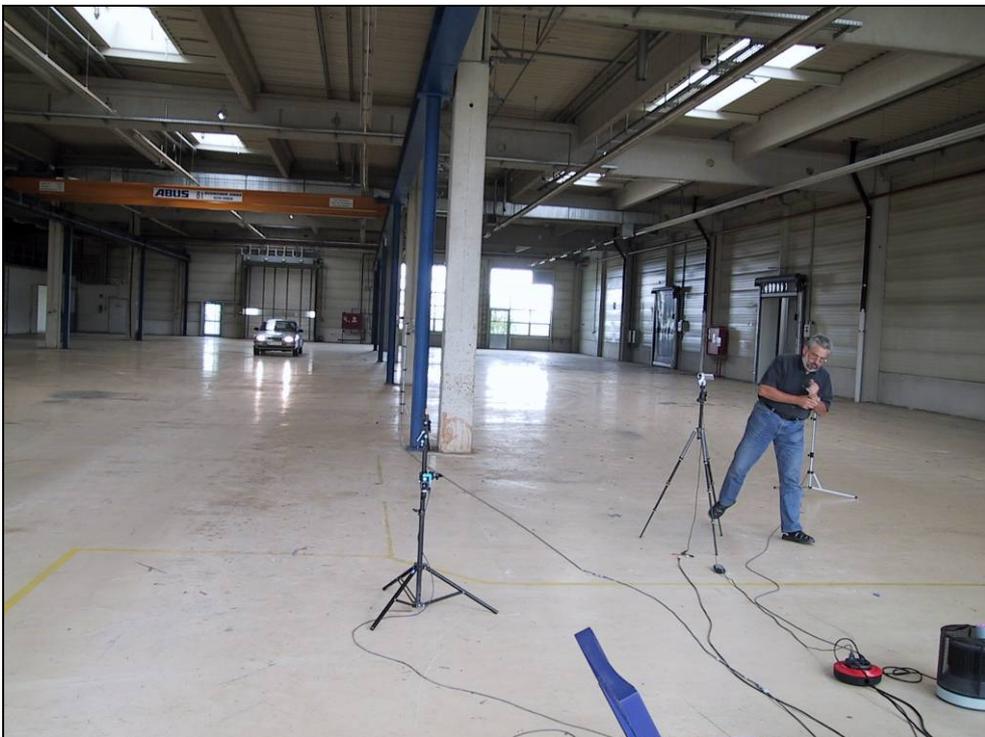


Bild 50 Messfahrt – Fahrzeug 10



Bild 51 Messfahrt – Fahrzeug 10



Bild 52 Messfahrt – Fahrzeug 11



Bild 53 Messfahrt – Fahrzeug 12



Bild 54 Messfahrt – Fahrzeug 12



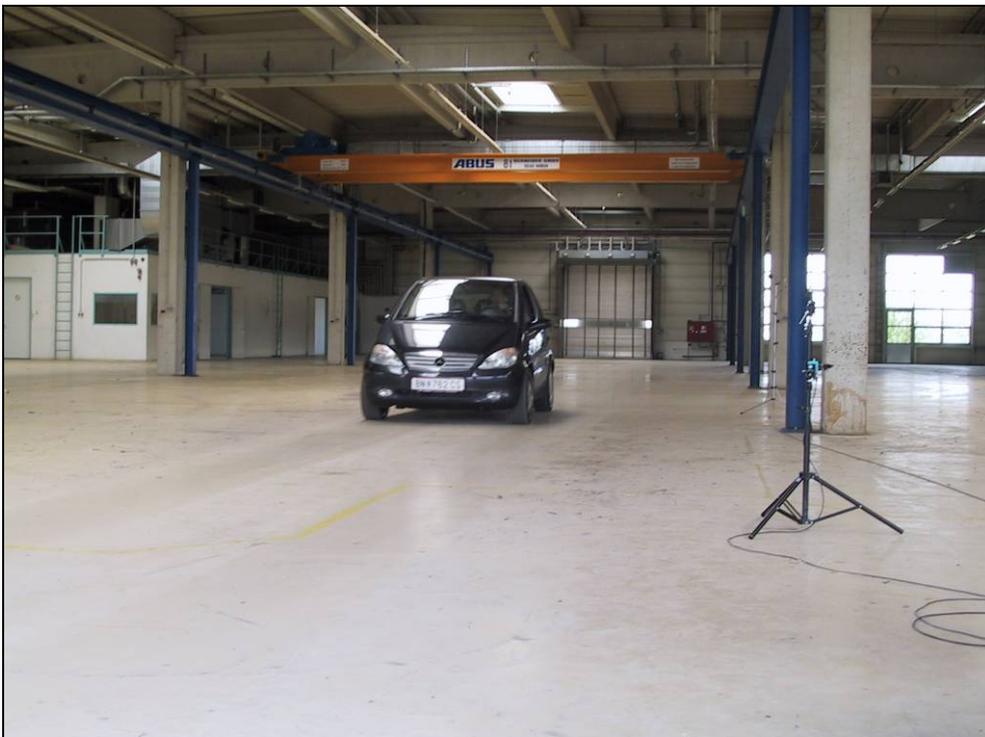
Bild 55 Messfahrt – Fahrzeug 14



Bild 56 Messfahrt – Fahrzeug 14

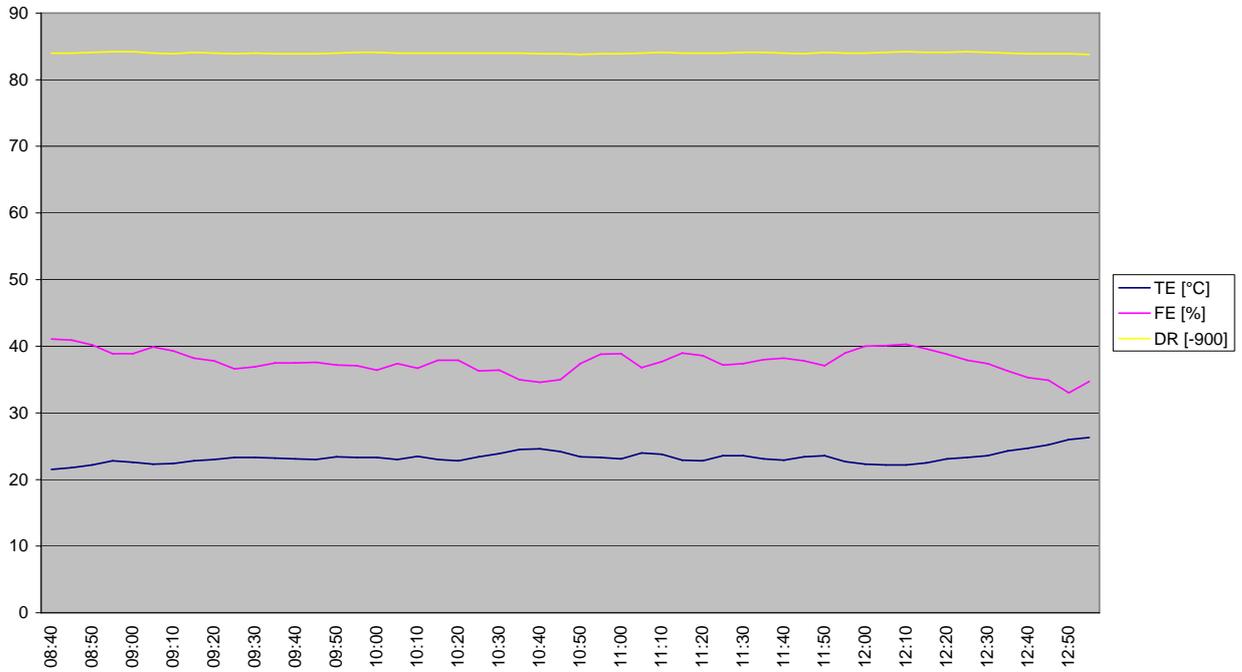


Bild 57 Messfahrt – Fahrzeug 14

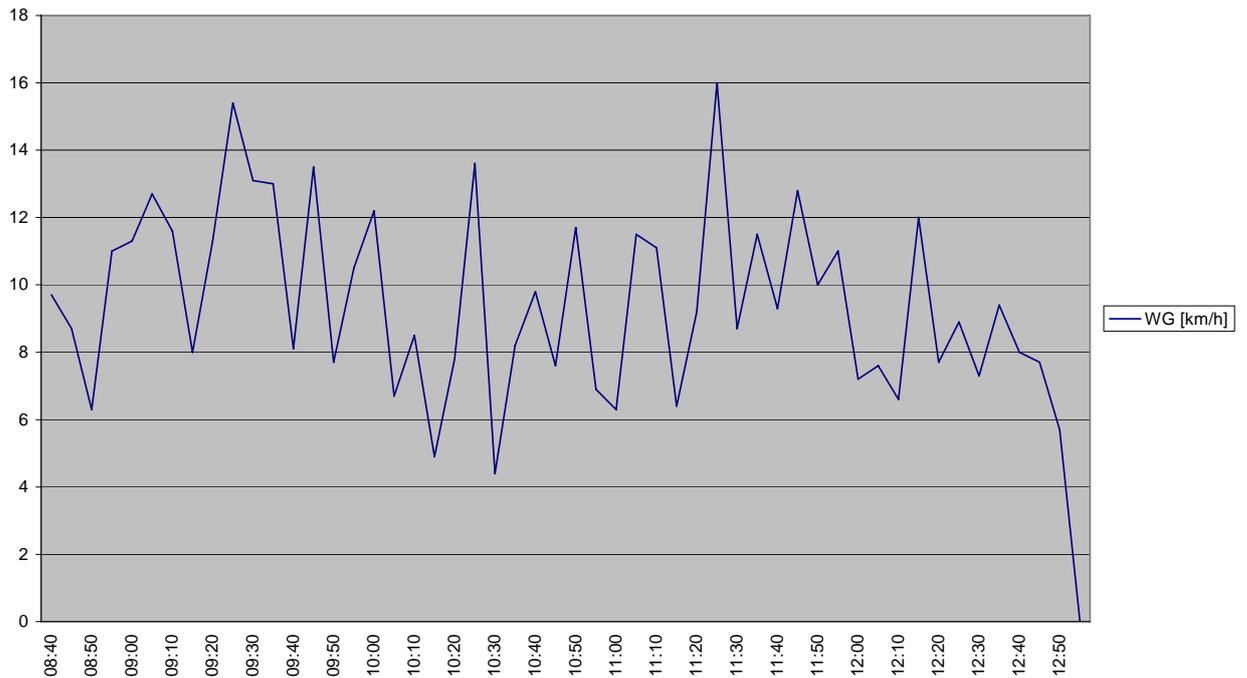


13.4. AUSWERTUNG DATEN WETTERSTATION

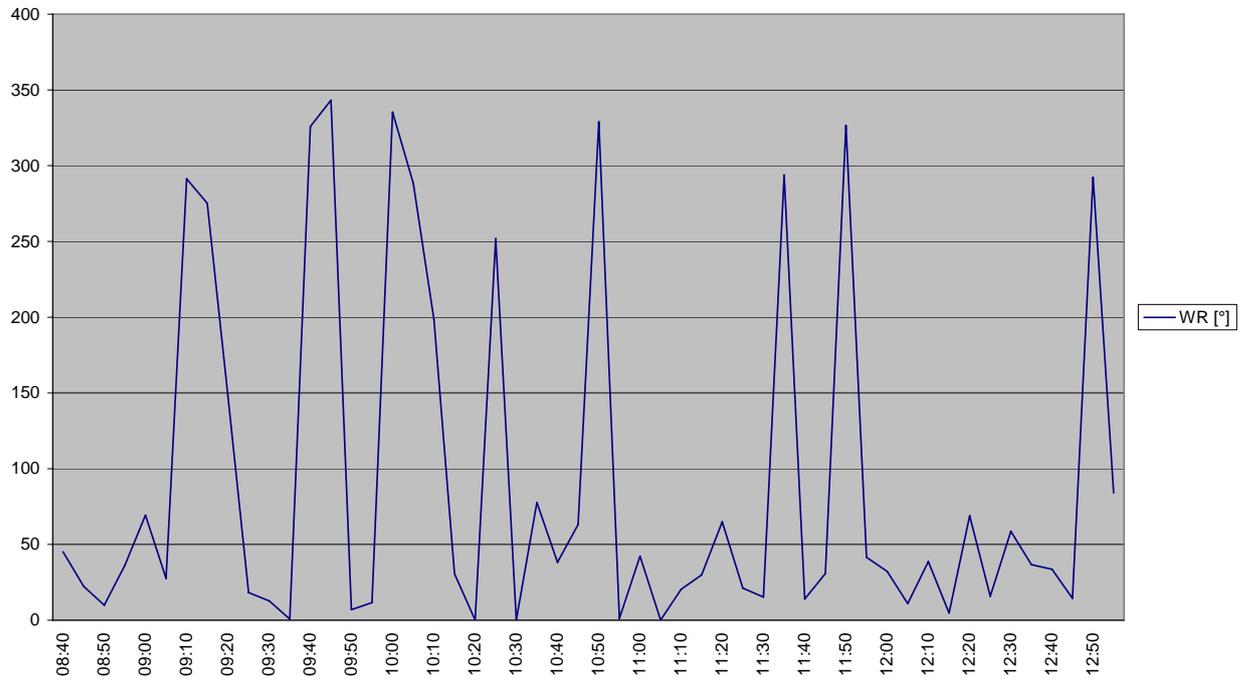
Temperatur, Feuchte, Druck (-900)



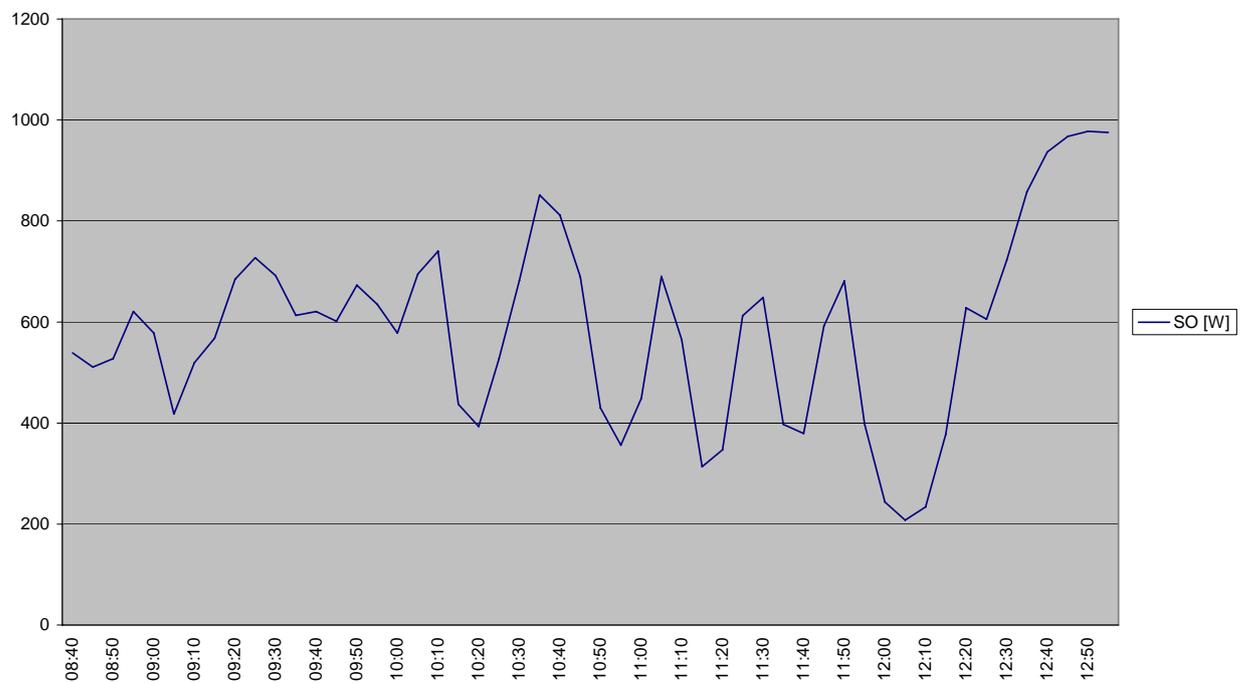
Windgeschwindigkeit in km/h



Windrichtung in Grad



Sonnenstrahlung in W/m²



Numerische Auswertung:

Uhrzeit	Datum	TE [°C]	DR [hPa]	FE [%]	BF	RE [mm]	SO [W]	WG [km/h]	WS [km/h]	WD [km/h]	WR [°]
8:40	09.07.03	21,5	984	41,1	0	0	538,9	9,7	19,7	9,9	45,1
8:45	09.07.03	21,8	984	40,9	0	0	510,7	8,7	15,5	7,5	22,4
8:50	09.07.03	22,2	984,1	40,2	0	0	527,3	6,3	16,1	8	9,9
8:55	09.07.03	22,8	984,2	38,9	0	0	620,5	11	17,5	9,1	36,3
9:00	09.07.03	22,6	984,2	38,9	0	0	578,2	11,3	21,8	12,3	69,4
9:05	09.07.03	22,3	984	39,9	0	0	417,8	12,7	19,5	10,6	27,6
9:10	09.07.03	22,4	983,9	39,3	0	0	519,2	11,6	24,2	12,2	291,2
9:15	09.07.03	22,8	984,1	38,2	0	0	568	8	19,9	9,9	275,1
9:20	09.07.03	23	984	37,8	0	0	684,4	11,3	20,2	11,7	148,5
9:25	09.07.03	23,3	983,9	36,6	0	0	727,2	15,4	25,1	13,3	18,3
9:30	09.07.03	23,3	984	36,9	0	0	691,6	13,1	20,6	10,2	12,8
9:35	09.07.03	23,2	983,9	37,5	0	0	613,3	13	23,2	11,9	0,8
9:40	09.07.03	23,1	983,9	37,5	0	0	620,5	8,1	25,6	10,6	325,9
9:45	09.07.03	23	983,9	37,6	0	0	601,3	13,5	18,8	10,5	343,2
9:50	09.07.03	23,4	984	37,2	0	0	672,8	7,7	28,3	9,9	6,9
9:55	09.07.03	23,3	984,1	37,1	0	0	634,8	10,5	41,6	11,3	11,6
10:00	09.07.03	23,3	984,1	36,4	0	0	578,2	12,2	22	11,3	335,2
10:05	09.07.03	23	984	37,4	0	0	694,9	6,7	23,4	11,5	288,2
10:10	09.07.03	23,5	984	36,7	0	0	740,2	8,5	18,7	8,6	198,4
10:15	09.07.03	23	984	37,9	0	0	437,1	4,9	18,7	9,4	30,7
10:20	09.07.03	22,8	984	37,9	0	0	393,3	7,8	18,8	10,4	0,1
10:25	09.07.03	23,4	984	36,3	0	0	527,8	13,6	18,5	8,7	251,8
10:30	09.07.03	23,9	984	36,4	0	0	682	4,4	20,4	9	0,2
10:35	09.07.03	24,5	984	35	0	0	851,2	8,2	22,8	9,9	77,7
10:40	09.07.03	24,6	983,9	34,6	0	0	811,4	9,8	22,9	11,8	38,3
10:45	09.07.03	24,2	983,9	35	0	0	689,3	7,6	18,5	8,6	63,1
10:50	09.07.03	23,4	983,8	37,4	0	0	429,6	11,7	21,3	10	328,9
10:55	09.07.03	23,3	983,9	38,8	0	0	356,1	6,9	16,5	9	1,2
11:00	09.07.03	23,1	983,9	38,9	0	0	448,9	6,3	29,9	11,7	42,2
11:05	09.07.03	24	984	36,8	0	0	690,3	11,5	19	10,3	0,1
11:10	09.07.03	23,8	984,1	37,7	0	0	565	11,1	23,8	11,1	20,4
11:15	09.07.03	22,9	984	39	0	0	313,5	6,4	22	10,4	30
11:20	09.07.03	22,8	984	38,6	0	0	347	9,2	21	8,7	64,9
11:25	09.07.03	23,6	984	37,2	0	0	612,5	16	21,9	10,6	21,3
11:30	09.07.03	23,6	984,1	37,4	0	0	648,5	8,7	19,6	10,8	15,2
11:35	09.07.03	23,1	984,1	38	0	0	397,5	11,5	17	8,9	293,8
11:40	09.07.03	22,9	984	38,2	0	0	379,6	9,3	21,9	10,5	14,1
11:45	09.07.03	23,4	983,9	37,8	0	0	592	12,8	19,8	10,2	30,8
11:50	09.07.03	23,6	984,1	37,1	0	0	681,1	10	20,3	11,1	326,5
11:55	09.07.03	22,7	984	39	0	0	397,7	11	24,5	12,1	41,5
12:00	09.07.03	22,3	984	40	0	0	243,7	7,2	21,2	10,9	32,3
12:05	09.07.03	22,2	984,1	40,1	0	0	207,6	7,6	39,6	10,2	11
12:10	09.07.03	22,2	984,2	40,3	0	0	234	6,6	14,5	8,6	38,7
12:15	09.07.03	22,5	984,1	39,6	0	0	377,4	12	15,4	8,8	4,8
12:20	09.07.03	23,1	984,1	38,8	0	0	628	7,7	16	8,3	68,9
12:25	09.07.03	23,3	984,2	37,9	0	0	605,7	8,9	13,3	8,3	15,8
12:30	09.07.03	23,6	984,1	37,4	0	0	722,7	7,3	15,4	9,3	58,8
12:35	09.07.03	24,3	984	36,3	0	0	857,8	9,4	19,6	9,7	36,7
12:40	09.07.03	24,7	983,9	35,3	0	0	936,5	8	19,7	7,9	33,6
12:45	09.07.03	25,2	983,9	34,9	0	0	967,2	7,7	13,7	8,1	14,4
12:50	09.07.03	26	983,9	33	0	0	977,6	5,7	14,4	6,5	292,3
12:55	09.07.03	26,3	983,8	34,7	0	0,3	975	0	15,8	6,4	83,9

13.5. DATENBLATT REFERENZSCHALLQUELLE B&K 4204

Product Data

Reference Sound Source — Type 4204

FEATURES:

- Fulfils ISO 3741, ISO 3747 and ISO 6926 for calibrated sound power sources
- Frequency range from 100 Hz to 20 kHz
- Sound power output 91 dB re 1 pW (A-weighted, 50 Hz line frequency) and 95 dB re 1 pW (A-weighted, 60 Hz line frequency)
- Temperature range -10°C to $+50^{\circ}\text{C}$
- 50 and 60 Hz operation
- Long-term stability
- Individual calibration chart supplied

- Compact and rugged

- Fitted with safety grid

USES:

- Comparison method for determination of sound power of noise sources according to ISO 3741
- Substitution and Juxtaposition methods for determination of sound power of noise sources according to ISO 3747
- Sound absorption measurements
- Sound insulation measurements

Reference Sound Source Type 4204 is a calibrated source of sound power with very well defined operating characteristics and a predictable performance. It is rugged, compact and stable, and is therefore suitable for both field and laboratory use.

Type 4204 is intended for use as a reference source for determination of the sound power output of equipment by the various comparison methods including the method described in ISO 3741, and by the survey methods described in ISO 3747. It is also useful in the field of building acoustics to determine the sound absorption and sound insulation of a room.

The reference sound source consists essentially of a specially designed centrifugal fan driven by a powerful asynchronous motor. The motor is of the external rotor type, and due to the high moment of inertia of the rotor it has a very constant speed of rotation. The motor is mounted on a cast aluminium base, shaped to minimize reflections. The complete assembly of motor and fan is mounted in a cylindrical safety grid fitted with two carrying handles.

The directional characteristic of the reference sound source in the vertical plane varies less than 6 dB for any frequency in the range 100 Hz to



10 kHz (measured in $1/3$ -octaves). In the horizontal plane, the variation is less than 0.2 dB for frequencies up to 10 kHz (measured in $1/3$ -octaves). Fig. 1 shows some typical vertical directional characteristics.

The reference sound source fulfils the requirements for reference sound sources as stated in ISO 3741, ISO 3747, ISO 6926 and ANSI S1.31. The use of a reference sound source in noise and sound power measurements on machines is also described in DIN 45635.

The reference sound source has a frequency range of 100 Hz to 20 kHz. In the range from 100 Hz to 10 kHz, the acoustic power output is greater than 70 dB re 1 pW* in any $1/3$ -octave frequency band. The A-weighted output is typically 91 dB (50 Hz line frequency) and 95 dB (60 Hz line frequency). Fig. 2 shows a typical $1/3$ -octave frequency response curve of the Type 4204.

* 1 pW = 10^{-12}W

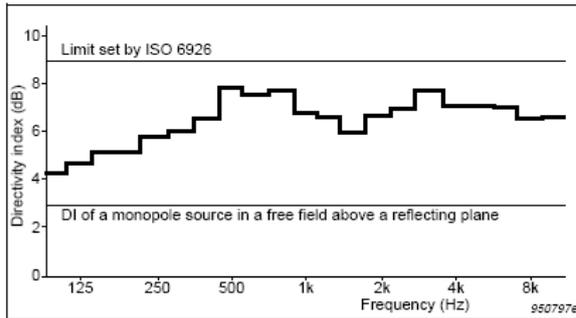


Fig. 1 Directivity Index measured vertically above the 4204 in 1/3-octave bands

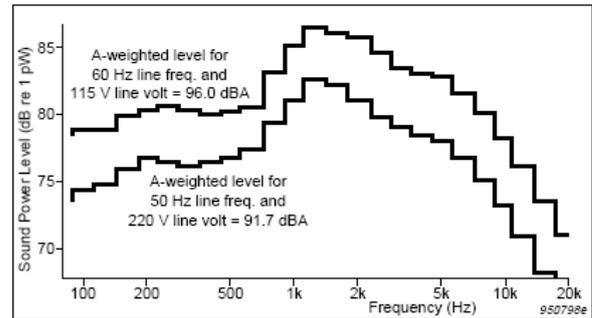


Fig. 2 Typical sound power spectrum of Type 4204

Each reference sound source is individually calibrated and, as standard, a calibration table is supplied showing the sound power output from 100 Hz to 20 kHz at 220 V/50 Hz, and 115 V/60 Hz, operating voltages. Temperature, barometric pressure, humidity and rotational speed are all given on the calibration table.

In the field, the sound power produced may differ from the calibrated value. Changes in mains supply line voltage and frequency, ambient pressure, and temperature all affect the rotational speed of the Type 4204. In addition, changes in ambient pressure and temperature alter the specific acoustic impedance of the air,

also changing the sound power. Once the values are measured, however, simple formulae can be used to calculate the correct sound power levels from the values given on the calibration table.

Specifications 4204

<p>SOUND POWER OUTPUT: Measured in 1/3-octaves from 100 Hz to 20 kHz: > 70 dB re 1 pW</p> <p>A-WEIGHTED SOUND POWER OUTPUT: (nominal) 91 dB re 1 pW @ 50 Hz line freq. 95 dB re 1 pW @ 60 Hz line freq.</p> <p>A-WEIGHTED SOUND PRESSURE LEVEL: (nominal; diffuse field in a room with an equivalent absorption area of 10 m²) 87 dB(A) @ 50 Hz line freq. 91 dB(A) @ 60 Hz line freq.</p> <p>VARIATION OF SOUND INTENSITY WITH DIRECTION: (100 Hz to 10 kHz measured in 1/3-octaves under free-field conditions) Vertical Plane: < 6 dB Horizontal Plane: < 0.2 dB</p> <p>VARIATION OF SOUND POWER OUTPUT: With Supply Voltage: (± 10% (50 Hz) And ± 5% (60 Hz) Of Nominal Voltage): < ± 0.2 dB @ 50 Hz line freq. < ± 0.3 dB @ 60 Hz line freq.</p> <p>With Barometric Pressure: Sound power output is proportional to barometric pressure at a constant speed of rotation.</p> <p>FREQUENCY OF ROTATION: (nominal): 48 Hz @ 50 Hz line freq. 56 Hz @ 60 Hz line freq. The frequency of rotation during calibration is given on the calibration chart</p> <p>POWER SUPPLY: Supply Voltage: 110, 115, 127, 220 or 240 V AC, 50 or 60 Hz</p>	<p>Power Consumption: 50 Hz: 500 VA; 60 Hz: 700 VA</p> <p>DIMENSIONS: Height: 300 mm (11.8") Diameter: 300 mm (11.8")</p> <p>Weight: 21 kg (46 lb.)</p> <p>ACCESSORIES INCLUDED: VF 0044: 6.3 Amp fuse 2x VF 0043: 12.5 Amp fuses</p>														
<p>COMPLIANCE WITH STANDARDS:</p> <table border="1"> <tr> <td>CE</td> <td>CE-mark indicates compliance with: Machinery Directive, EMC Directive and Low Voltage Directive.</td> </tr> <tr> <td>Safety</td> <td>IEC 348 (1978): Safety requirements for electronic measuring apparatus. Safety Class I.</td> </tr> <tr> <td>EMC Emission</td> <td>EN 50081-1 (1992): Generic emission standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50081-2 (1993): Generic emission standard. Part 2: Industrial environment. CISPR 22 (1993): Limits and methods of radio disturbance characteristics of information technology equipment. Class B Limits. FCC Class B limits.</td> </tr> <tr> <td>EMC Immunity</td> <td>EN 50082-1 (1992): Generic immunity standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50082-2 (1995): Generic immunity standard. Part 2: Industrial environment.</td> </tr> <tr> <td>Temperature</td> <td>IEC 68-2-1 & IEC 68-2-2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat. Operating Temperature: -10 to +55 °C Storage Temperature: -25 to +70 °C</td> </tr> <tr> <td>Humidity</td> <td>IEC 68-2-3: 90% RH (non-condensing at 30 °C)</td> </tr> <tr> <td>Mechanical</td> <td>IEC 68-2-6: Vibration: 0.3 mm, 20 m/s², 10-500 Hz IEC 68-2-27: Shock: 750 m/s²</td> </tr> </table>		CE	CE-mark indicates compliance with: Machinery Directive, EMC Directive and Low Voltage Directive.	Safety	IEC 348 (1978): Safety requirements for electronic measuring apparatus. Safety Class I.	EMC Emission	EN 50081-1 (1992): Generic emission standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50081-2 (1993): Generic emission standard. Part 2: Industrial environment. CISPR 22 (1993): Limits and methods of radio disturbance characteristics of information technology equipment. Class B Limits. FCC Class B limits.	EMC Immunity	EN 50082-1 (1992): Generic immunity standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50082-2 (1995): Generic immunity standard. Part 2: Industrial environment.	Temperature	IEC 68-2-1 & IEC 68-2-2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat. Operating Temperature: -10 to +55 °C Storage Temperature: -25 to +70 °C	Humidity	IEC 68-2-3: 90% RH (non-condensing at 30 °C)	Mechanical	IEC 68-2-6: Vibration: 0.3 mm, 20 m/s ² , 10-500 Hz IEC 68-2-27: Shock: 750 m/s ²
CE	CE-mark indicates compliance with: Machinery Directive, EMC Directive and Low Voltage Directive.														
Safety	IEC 348 (1978): Safety requirements for electronic measuring apparatus. Safety Class I.														
EMC Emission	EN 50081-1 (1992): Generic emission standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50081-2 (1993): Generic emission standard. Part 2: Industrial environment. CISPR 22 (1993): Limits and methods of radio disturbance characteristics of information technology equipment. Class B Limits. FCC Class B limits.														
EMC Immunity	EN 50082-1 (1992): Generic immunity standard. Part 1: Residential, commercial and light industry. EN 50082-2 (1995): Generic immunity standard. Part 2: Industrial environment.														
Temperature	IEC 68-2-1 & IEC 68-2-2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat. Operating Temperature: -10 to +55 °C Storage Temperature: -25 to +70 °C														
Humidity	IEC 68-2-3: 90% RH (non-condensing at 30 °C)														
Mechanical	IEC 68-2-6: Vibration: 0.3 mm, 20 m/s ² , 10-500 Hz IEC 68-2-27: Shock: 750 m/s ²														

Brüel & Kjær reserves the right to change specifications and accessories without notice

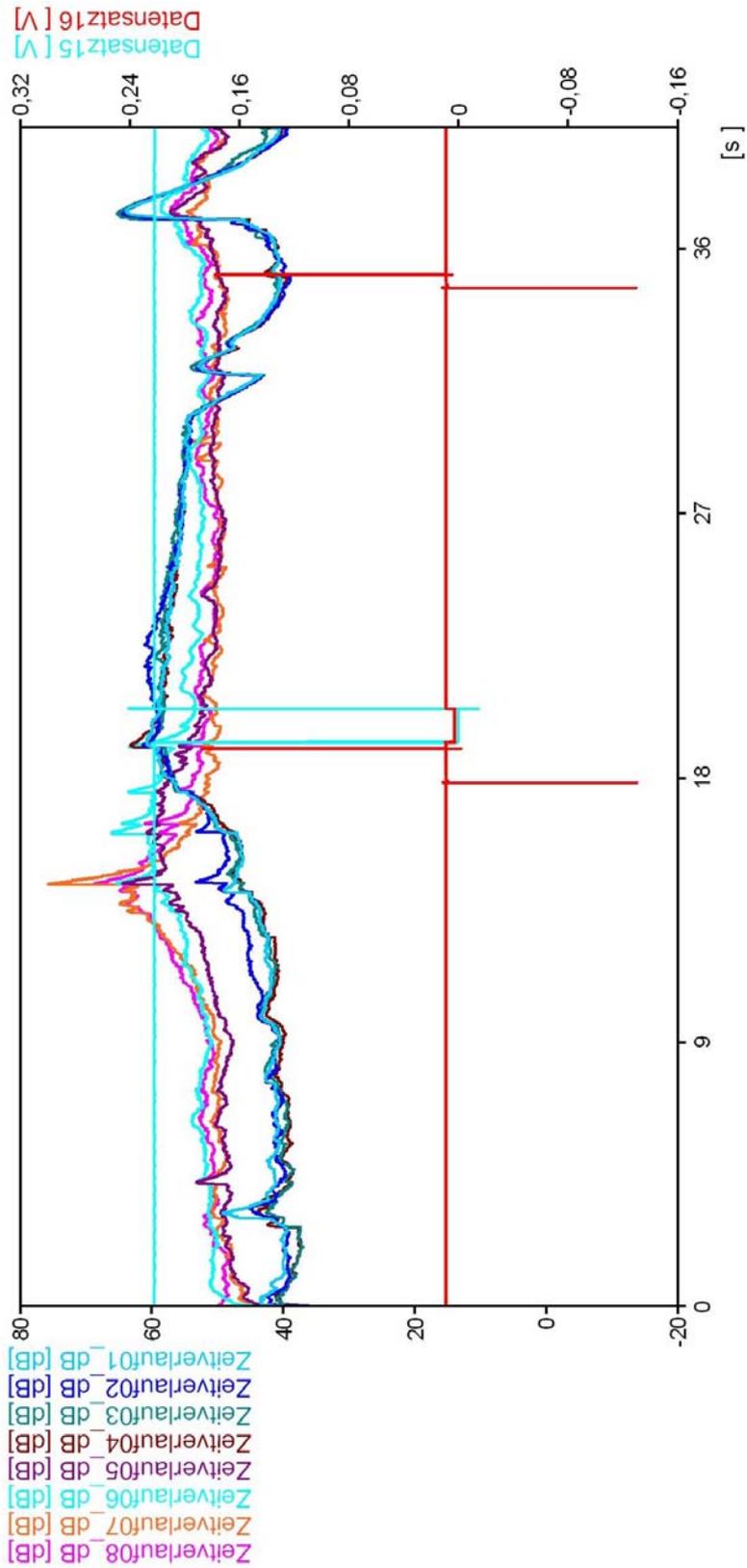


WORLD HEADQUARTERS:

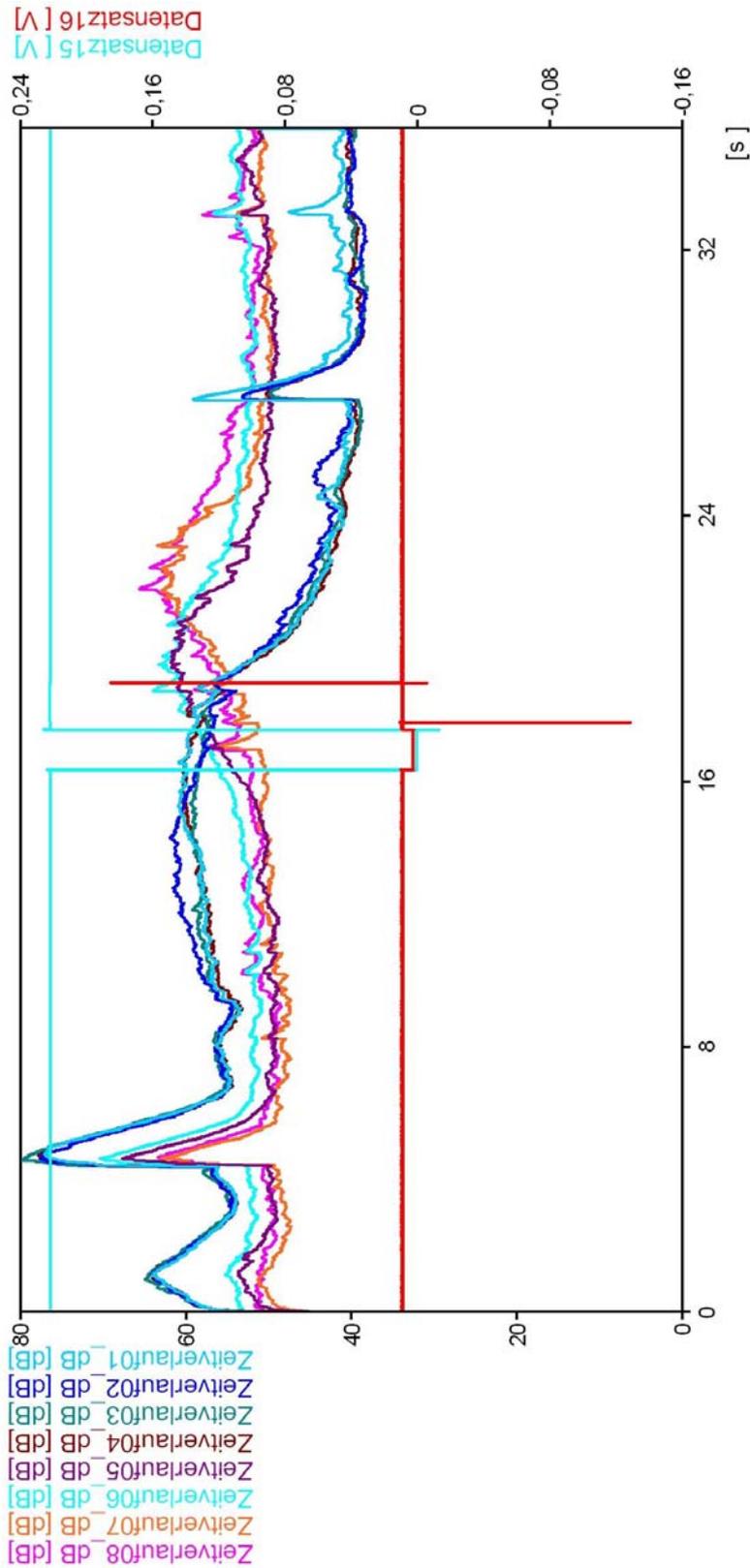
DK-2850 Naerum · Denmark · Telephone: +45 45 80 05 00 · Fax: +45 45 80 14 05 · Internet: <http://www.bk.dk> · e-mail: info@bk.dk

Australia (02) 9450-2066 · Austria 00 43-1-865 74 00 · Belgium 016/44 92 25 · Brazil (011) 246-8166 · Canada: (514) 695-8225 · China 10 6841 9625 / 10 6843 7426
Czech Republic 02-67 021100 · Finland 90-229 3021 · France (01) 69 90 69 00 · Germany 0610 3/908-5 · Holland (0)30 6039994 · Hong Kong 254 8 7486
Hungary (1) 215 83 05 · Italy (02) 57 60 4141 · Japan 03-3779-8671 · Republic of Korea (02) 3473-0605 · Norway 66 90 4410 · Poland (0-22) 40 93 92 · Portugal (1) 47114 53
Singapore (65) 275-8816 · Slovak Republic 07-37 6181 · Spain (91) 36810 00 · Sweden (08) 71127 30 · Switzerland 01/94 0 09 09 · Taiwan (02) 713 9303
United Kingdom and Ireland (0181) 954-236 6 · USA 1 - 800 - 332 - 2040
Local representatives and service organisations worldwide
BP 0263-17

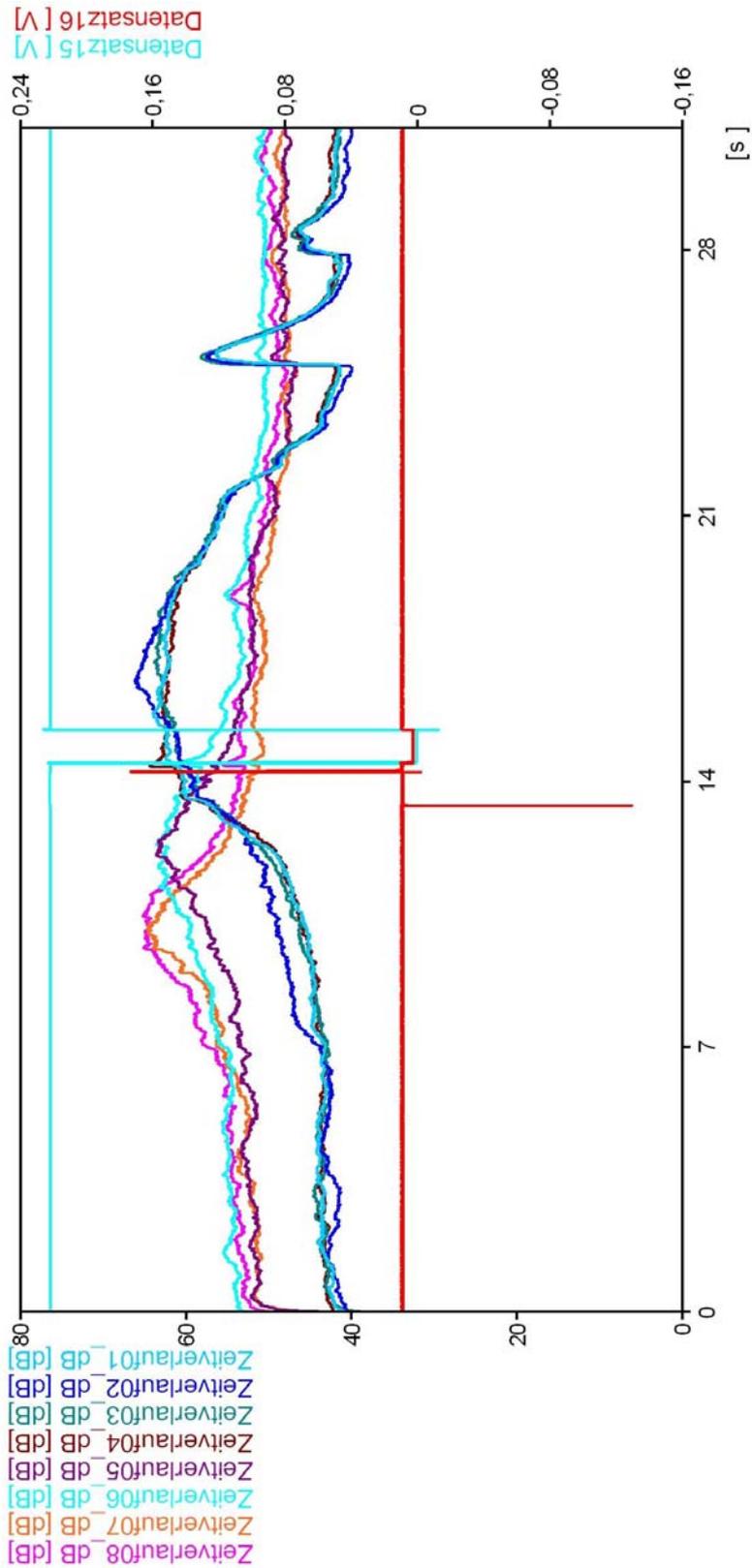
13.6. GRAPHISCHE MESSAUSWERTUNG PKW 1 - EINFAHRT



13.7. GRAPHISCHE MESSAUSWERTUNG PKW 1 - AUSFAHRT



13.8. GRAPHISCHE MESSAUSWERTUNG PKW 2 - EINFAHRT



13.9. GRAPHISCHE MESSAUSWERTUNG PKW 2 - AUSFAHRT

