

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart Schlussbericht	
3a. Titel des Berichts Abschlussbericht Verbundprojekt: Deufrako Noise Effects –Teilvorhaben Deutsche Bahn AG FKZ: 19U1014		
3b. Titel der Publikation		
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) Beier, Manfred	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.09.2009	
	6. Veröffentlichungsdatum	
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))	7. Form der Publikation	
	7. Form der Publikation	
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) DB AG DB Systemtechnik TTZ 112 Akustik und Erschütterungen Völkerstraße 5 80939 München	9. Ber.Nr. Durchführende Institution	
	10. Förderkennzeichen 19U6014D	
	11a. Seitenzahl Bericht Bericht: 8 Seiten: Anlagen: 118 Seiten	
	11b. Seitenzahl Publikation	
	12. Literaturangaben Anlagen: 9	
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	14. Tabellen Bericht: 3 Anlagen: 39	
	15. Abbildungen Anlagen: 47	
16. Zusätzliche Angaben		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
18. Kurzfassung Ziel des Projektes war es, die Lästigkeit zeitlicher Strukturen des Schienenverkehrslärms und deren Wirkung auf das Schlafverhalten und die kognitive Leistungsfähigkeit darzustellen und mit den Wirkungen des Straßen- und Luftverkehrslärms zu vergleichen. Die DB lieferte hierzu Einzelgeräusche von Zugvorbeifahrten und Geräuschszenarien des Straßen- und Schienenverkehrslärms für den Abend-Zeitraum 18:00 h bis 22:00 h (für die Kognitivitätstests) und den Nachtzeitraum (für die Schlaflabor Tests). Die Einzelgeräusche „Güterzugvorbeifahrten“ mit Grauguß(GG)-, Komposit(K)- und GG/K gemischt -Bremssohlen wurden verwendet, um in Schlaflaborstudien (IfADo) und Kognitivitätstests (KUEI) herauszuarbeiten, ob sich eine höhere Lästigkeit bei der Mischung von GG- und K-Sohlen gebremsten Güterwagen ergibt. Die Szenarien des Straßen- und Schienenverkehrslärms wurden benutzt, um in Schlaflaborstudien (IfADo) und Kognitivitätstests (KUEI) herauszuarbeiten, ob ein Lästigkeitsunterschied zwischen Straßen- und Schienenverkehrslärm besteht und ob sich abzeichnet, dass der Schienenbonus berechtigt ist. Die Ergebnisse der Schlaflaborstudien und auch Kognitivitätstests wiesen auf eine Berechtigung des Schienenbonus hin. Die Einzelgeräusche und die Klassifizierung der Lärmszenarien wurden zwischen der DB und IfADo in mehreren Besprechungen abgestimmt. Ebenfalls wurde abgestimmt, dass für den Test der Lärmszenarien die Schlafzimmersituation „gekipptes Fenster“ verwendet wird. Dabei wird die Situation „gekipptes Fenster“ durch eine auf die aufgezeichneten Geräusche angewandte Filterung erstellt. Die verwendete Filtercharakteristik wurde durch das Ingenieur-Büro Möhler + Partner vorgeschlagen und durch den französischen Partner LM RTE anhand von Versuchen unabhängig bestätigt. Die verwendeten Lärmszenarien für den Zeitraum 22:00 h bis 6:00 h waren für die Straße die Situationen: 1) Innerstädtische Bundesstraße, 2) innerstädtische Gemeindeverbindungsstraße und 3) Gemeindestraße und für die Schiene die Situationen: 1) Fernverkehr, 2) und 3) Nahverkehr mit Güterzügen mit unterschiedlichen Zugzahlen. Durch unterschiedliche Messabstände wurde für Straße und Schiene je eine 3x3-Matrix von Lärmszenarien realisiert: 3 Szenarien mit der Variation der Anzahl der Fahrzeuge, 3 Szenarien durch Variation des Messabstandes und 3 Szenarien durch Variation der Anzahl und des Messabstandes. Der Quotient Anzahl Straßenfahrzeuge/Schienenfahrzeuge betrug zwischen 65 und 215.		
19. Schlagwörter DB AG, DB Systemtechnik, gekipptes Fenster, GG-Sohle, Griefahn, Güterzug, IfADo, kognitive Leistungsfähigkeit, Kognitivitätstest, K-Sohle, Lärm, Lärmwirkung, Lärmszenarien, Lästigkeit, Schienenverkehrslärm, Straßenverkehrslärm, Schienenbonus, Schlaflabor, Schlaflaborstudien, TTZ112, Vorbeifahrt, Zug		
20. Verlag	21. Preis	

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. Type of Report Final Report	
3a. Report Title Final Report Joint project: Deufrako Noise Effects –Subproject of Deutsche Bahn AG FKZ 19U1014		
3b. Title of Publication		
4a. Author(s) of the Report (Family Name, First Name(s)) Beier, manfred	5. End of Project 30 th Sept. 2009	
	6. Publication Date	
4b. Author(s) of the Publication (Family Name, First Name(s))	7. Form of Publication	
	9. Originator's Report No.	
8. Performing Organization(s) (Name, Address) DB AG DB Systemtechnik TTZ 112 acoustics and vibrations Völckerstr. 5 80939 München Germany	10. Reference No. 19U6014D	
	11a. No. of Pages Report Report: 8 pages Appendix: 118 pages	
	11b. No. of Pages Publication	
	12. No. of References Appendix: 9	
13. Sponsoring Agency (Name, Address) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	14. No. of Tables Report: 3 Appendix: 39	
	15. No. of Figures Appendix: 47	
	16. Supplementary Notes	
17. Presented at (Title, Place, Date)		
18. Abstract The project aimed to present the annoyance of temporal structures of rail traffic noise und its effect on sleep behaviour and cognitive performance and to compare it with the effect of roadtraffic and air traffic noise. For this purpose the DB AG delivered single pass-by noises from trains and noise szenarios of roadtraffic (by Möhler+Partner) and railtraffic (by DB AG) for the evening time 18:00 h up to 22:00 h (cognitivity tests) and the night time 22:00h up to 6:00 h in the morning (sleep laboratory tests). The single pass-by noises of freight trains with cast iron-, composite- and mixed cast iron/composite brake blocks were used to work out wether mixed cast iron/composite braked trains are more annoying than pure cast iron or composite braked trains with help of sleep laboratory studies (IfADo) and cognitive performance tests (CUE). The noise szenarios of road- and rail traffic were used within sleep laboratory studies and cognitive performance tests to work out wether tere is a difference in annoyance between road- and rail traffic and wether the rail bonus become apparent to be legitimate. – The results of the sleep laboratory studies and cognitive performance tests suggested that the rail bonus is legitimate. The delivered single-pass-by noises and the classification of the noise szenarios were agreed between DB AG and IfADo within several meetings. It was agreed too, to use the situation "tilted window in a sleeping room at the ear of the sleeper" for the sleep laboratory studies and cognitive performance tests. This situation was realized by applying a filter function to the the noise szenarios and single-pass-by noises. The filter characteristic was proposed by Möhler + Partner and approved by the french partner LMRTE by autonomous tests. The classification of the noise szenarios for the night time 22:00h to 6:00 h in the morning were for the road traffic: 1) inner-city main road, 2) inner-city road connecting townships and 3) street within a commune and for the rail traffic: 1) main line, 2) urban and local traffic with freight trains and 3) urban and local traffic few freight trains. It was agreed to that the rail szenarios 2) and 3) should be matched to half/half passenger/freight trains. By measuring at different distances a 3x3 matrix of noise szenarios was realised: 3 szenarios by varying the number of vehicles, 3 szenarios by varying the distance and 3 szenarios by varying distance and number. The quotient between the number of road vehicles/trains was between 65 to 215.		
19. Keywords annoyance, bonus, cognitive, cognitivity, CUE, DB AG, effect, filter, IfADo, laboratory, LMRTE, Möhler+Partner, noise, pass-by, performance, rail, railbonus, railtraffic, road, roadtraffic, sleep, tests, tilted, train, traffic, TTZ112, vehicle, window		
20. Publisher	21. Price	

Abschlussbericht

**Verbundprojekt: Deufrako Noise Effects - Teilvorhaben Deutsche Bahn
FKZ: 19U1014**



Dokument: 19U6014D -Deufrako Noise Effect-Teilvorhaben DB
Datum: 26.03.2010

Fachabteilung: DB Systemtechnik
TTZ 112, Akustik und Erschütterungen
Völckerstraße 5
80939 München

Gelöscht: ¶



Anwendung eines durch die DQS GmbH
Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen
zertifizierten Qualitätsmanagementsystems

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Zusammenfassung	4
2	Arbeiten der DB	5
3	Beschreibung der Einzelgeräusche	6
4	Beschreibung der Lärmszenarien des Straßen und des Schienenverkehrs	6
5	Unterschriften	8

Anhang Ausarbeitungen und Berichte der DB zu dem Projekt

- Anlage 1 Möhler + Partner, Untersuchungsbericht
Filterfunktionen zur spektralen Anpassung von Geräuschaufzeichnungen an die Innenraumsituation bei gekipptem und geschlossenem Fenster. Bericht Nr. 101-2482-1, April 2007
- Anlage 2 Möhler + Partner, Untersuchungsbericht
Auswahl von Geräuschszenarien für die Vergleichenden Laboruntersuchungen von Straßen- und Schienenverkehrslärm zu Störungen des Nachtschlafs. Bericht Nr. 101-2482-2, Juli 2007
- Anlage3 DB AG, TTZ112, Untersuchungsbericht
Dokumentation zu Beispielen von Güterzugvorbeifahrgeräuschen: Güterwagen mit K-Sohle, GG-Sohle und K-/GG-Sohle gemischt. Bericht 07-P-4951-TZF12-01, 18.04.2007.
- Anlage 4 DB AG TTZ112, Untersuchungsbericht
Geräuschszenarien des Schienenverkehrslärms für vergleichende Laboruntersuchungen von Schienen- und Straßenverkehrslärm zu Störungen des Nachtschlafs. Bericht 07-P-4951-TZF12-02, 02.11.2007.
- Anlage 5 Möhler + Partner, Untersuchungsbericht
Geräuschszenarien des Straßenverkehrslärms für vergleichende Laboruntersuchungen von Straßen- und Schienenverkehrslärm zu Störungen des Nachtschlafes. Bericht Nr. 101-2482-3, Oktober 2007
- Anlage 6 DB AG TTZ112, Untersuchungsbericht
Geräuschszenarien des Schienenverkehrslärms für vergleichende Laboruntersuchungen von Schienen- und Straßenverkehrslärm im Zeitraum 18:00 h bis 22:00 h zur Wirkung auf kognitive Leistungen. Bericht 07-P-4951-TZF12-03, 20.11.2007.
- Anlage 7 Möhler + Partner, Lärmszenarien Straßenverkehr für Kognitivitätstests im Abenzeitraum 18:00 h bis 22:00 h (Pegelschriebe)
- Anlage 8 CD mit Anlagen 1 bis 7, dem vorliegenden zusammenfassenden Bericht, Berichtsblatt und Document Control Sheet.

Die aufgezeichneten Geräusche des Straßen- und Schienenverkehrslärms (Lärmszenarien für den Abend- und Nachtzeitraum, Einzelgeräusche) sind der Dokumentation nicht beigefügt. Die Geräusche haben einen Umfang von 88 GByte.

1 Zusammenfassung

Das Projekt zielte darauf ab, die Lästigkeit zeitlicher Strukturen des Schienenverkehrslärms und deren Wirkung auf das Schlafverhalten und die kognitive Leistung darzustellen und mit den Wirkungen des Straßen- und des Luftverkehrslärms zu vergleichen. Die Wirkung auf das Schlafverhalten wurde durch Laboruntersuchungen im Schlaflabor des „Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund“ (IfADo) unter der Leitung von Frau Professor Dr. Barbara Griefahn durchgeführt. Die Wirkung auf kognitive Leistungen wurden an der „Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt“ (KUEI), dem Institut für Umwelt- und Gesundheitspsychologie unter Leitung von Professor Dr. Jürgen Hellbrück durchgeführt.

Aufgabe der DB AG war es, realitätsnahe Lärmszenarien für die Schlaflaboruntersuchungen bei IfADo und die Kognitivitätstests bei KUEI zu erstellen. Um vergleichbare Lärmszenarien des Straßen- und des Schienenverkehrs auf die Untersuchungen anzuwenden, wurde durch die DB AG in Zusammenarbeit mit Fa. Möhler + Partner, Straßen- und des Schienenverkehrslärmszenarien „aus einer Hand“ erstellt. Die erstellten Lärmszenarien wurden in mehreren Besprechungen unter Einbeziehung mehrerer möglicher Lärmsituationen mit IfADo abgestimmt.

Weitere Studien seitens IfADo und KUEI war die Untersuchung des Lästigkeitsunterschiedes der Einzelvorbeifahrgeräusche eines Grauguss (GG)-, eines Komposit (K)-Sohlen gebremsten Güterzügen und der Mischung der Sohlentypen GG und K in einem Zugverbund. Hierfür stellte die DB AG Einzelvorbeifahrgeräusche zur Verfügung.

Das Projekt war ein Forschungsvorhaben im Rahmen der Deutsch-Französischen Kooperation „deufrako“ mit den Partnern auf der deutschen Seite:

1. IfADo, Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, Univ.-Prof. Dr. Barbara Griefahn,
 2. DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Dr. rer. nat. Alexander Samel,
 3. KUEI, Kath. Universität Eichstätt-Ingolstadt, Umwelt- und Gesundheitspsychologie, Univ.-Prof. Dr. Jürgen Hellbrück und
 4. Deutsche Bahn AG Technik/Beschaffung, DB Systemtechnik, Akustik und Erschütterungen (TZF 12), Dr. Karl G. Degen
- und auf der französischer Seite:
5. CEPA-CNRS, Centre d'Etudes de Physiologie Appliquée du Centre Nationale de la Recherche Scientifique, Dr. Alain Muzet,
 6. LMRTE, Laboratoire Mobilités Réseaux Territoires et Environnements de L'Université de Cergy Pontoise, Catherine Lavandier und
 7. SNCF, La Société Nationale des Chemins de Fer, Pierre-Etienne Gautier.

Projektende war für die DB AG der 30.09.2009.

2 Arbeiten der DB

Im ersten Arbeitsschritt wurden wichtige Eisenbahnstrecken und Straßengattungen ausgewählt, die sich für die geplanten Untersuchungen eignen. Die ausgewählten Eisenbahnstrecken und Strassengattungen werden in Anlage 1 angegeben.

Die Lärmszenarien wurden entsprechend der Vorgabe des Antrages der Situation „gekipptes Fenster“ am Ohr des Schläfers angepasst. Hierzu war eine Filterung der Lärmszenarien nötig. Die Filterung setzte sich aus den Einzelfiltern „gekipptes Fenster“ und „Innenraumabsorption Schlafzimmer“ zusammen. Die gewählte Filterfunktion ist in Anlage 2 dargestellt.

Die Einzelgeräusche wurden von Güterzugvorbeifahrten mit unterschiedlicher Bremsausrüstung Grauguss (GG)-, Komposit (K)- und K-/GG (gemischt) -Sohlen gebremster Zug erstellt.

Die Dokumentation der Einzelgeräusche ist in Anlage 3 zusammengefasst.

Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigten, dass für Lärmszenarien, die von unterschiedlichen Partnern erstellt werden, die Gefahr besteht, dass sie nicht vergleichbar sind und sogar künstliche Lärmszenarien erstellt werden, die nichts mit der Realität zu tun haben und die Realität nicht unter Wahrung der Verhältnisgleichheit berücksichtigt (z. B. Vergleich von 100 Straßenfahrzeuge mit 100 Zugvorbeifahrten, aber angepassten Pegeln – In der Realität kommen auf 1 Zugvorbeifahrt 100 Straßenfahrzeuge oder mehr) . Deshalb entschied sich die DB AG, realitätsnahe Lärmszenarien des Schienenverkehrs **und** des Straßenverkehrs zu erstellen. Die Lärmszenarien wurden an verschiedenen Eisenbahnstrecken und Straßengattungen in unterschiedlichen Abständen von der Eisenbahnstrecke bzw. der Strasse im Abendzeitraum (18:00 h bis 22:00 h) und Nachtzeitraum (22:00 h bis 6:00) aufgenommen. Die Lärmszenarien wurden mit IfAdo abgestimmt und so zusammengestellt, dass sie die Vorgaben von IfAdo erfüllten (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Exemplarische Darstellung der Variationen von Anzahl der Einzelereignisse und Pegel (s. Tabelle 4 im deufrako-Antrag)

Variation von	Anzahl / äquivalenter Pegel (dB(A))					
	Schienenverkehr			Straßenverkehr		
Anzahl	35/39	70/39	140/39	100/39	200/39	400/39
Äquivalenter Pegel	70/36	70/39	70/42	200/36	200/39	200/42
Anzahl und Pegel	35/36	70/39	140/42	100/36	200/39	400/42

Die Dokumentation der Geräuschszenarien sind in den Anlagen

1. Anlage 4 (Schienenverkehr, Nachtzeitraum)
2. Anlage 5 (Straßenverkehr, Nachtzeitraum)
3. Anlage 6 (Schienenverkehr, Abendzeitraum)
4. Anlage 7 (Straßenverkehr, Abendzeitraum, nur Pegelschriebe)

enthalten.

Die Geräusche wurden auf Festplatte gespeichert und zusammen mit Kalibriergeräuschen (weißes Rauschen) an die Partner IfADo und KUEI geliefert. Sie haben die Eigenschaft

- mono
- Frequenzbereich 16 Hz bis 16 kHz
- *.wav – Format 16 Bit / 44,1 kHz

3 Beschreibung der Einzelgeräusche

Als Einzelgeräusche wurden die folgenden Vorbeifahrgeräusche als Originalgeräusch, mit der Filterung „gekipptes Fenster+Raumabsorption“ und mit der Filterung „geschlossenes Fenster“ zur Verfügung gestellt

1. Vorbeifahrgeräusch GG-Sohlen gebremster Zug,
2. Vorbeifahrgeräusch gemischter K- und GG-Sohlen gebremster Zug und
3. Vorbeifahrgeräusch K-Sohlen gebremster Zug.

Die Dokumentation der Einzelgeräusche ist in Anlage 3 zusammengefasst.

Die drei Einzelgeräusche wurden zum Teil editiert, um sie vergleichbar zu machen:

Der GG-/K-Sohlen gebremste Güterzug ist ein Originalzug. Der GG-Sohlen gebremste Güterzug wurde durch Ausschneiden auf die Länge des GG-/K-Sohlen gebremste Güterzug angepasst. Der K-Sohlen gebremste Güterzug wurde aus dem K-Anteil des GG-/K-Sohlen gemischt gebremste Güterzug erstellt.

Die Vorbeifahrtgeschwindigkeit der Züge betrug $v = 80$ km/h, die Zuglänge $l = 500$ m.

Weitere Angaben zu den Einzelgeräuschen siehe Anlage 3.

4 Beschreibung der Lärmszenarien des Straßen und des Schienenverkehrs

Die Beschreibung der Lärmszenarien für den Schienenverkehr ist in Anlage 4 (Nachtzeitraum) und Anlage 6 (Abendzeitraum) enthalten:

- Angaben zu den vorbeifahrenden Zügen: Zugart, Geschwindigkeit, Länge, Uhrzeit.
- Angaben zu den Messpunkten, den gemessenen DB-Strecken, den File-Namen der Lärmszenarien.
- Die angewandte Filterfunktion und zum Vergleich das Ergebnis nach der Filterung
- Die Stunden-Mittelungspegel und der mittlere Pegel L_{pAeq} für den Nachtzeitraum 22:00 h bis 06:00h, jeweils vor und nach der Filterung.
- Als graphische Darstellungen der Verlauf der Stundenmittelungspegel über den Abend- und über den Nachtzeitraum, die zeitliche Taktung der Züge in einer WAVE-Darstellung und die über den Abend- bzw. Nachtzeitraum gemittelten Terzspektren.

- Anlage 6 (Abendzeitraum) enthält zusätzlich die Pegelschriebe für den Zeitraum 18:00 h bis 22:00 h.

Die Beschreibung der Lärmszenarien für den Straßenverkehr ist in Anlage 5 (Nachtzeitraum) und Anlage 7 (Abendzeitraum) enthalten:

In den Tabellen 2 und 3 werden charakteristische Zahlen der Lärmszenarien für den Straßen- und den Schienenverkehr für den Nachtzeitraum zusammengefasst. Als Beispiel bedeutet die Variation E1 eine Variation der Anzahl der Züge zwischen $n=20$ und $n=57$ bei gleichen Messpunkt Abstand von Gleismitte mit $l=50$ m und eine Variation der Straßenfahrzeuge zwischen $n=1300$ und $n=8600$ bei gleichem Messpunkt Abstand $l=20$ m von Straßenmitte für den Nachtzeitraum. In der Tabelle 3 werden die zugehörigen Pegel angegeben. Die Messpunkt Abstände entsprechen typischen Abständen von Gebäuden von der Eisenbahnstrecke bzw. der Straße.

Tabelle 2: Variation von Anzahl und Abstand der aufgezeichneten Lärmszenarien für den Schienenverkehr und den Straßenverkehr. Es liegen 7 verschiedene Szenarien für den Schienenverkehr und 6 verschiedene Szenarien für den Straßenverkehr vor.

Es bedeuten: LA: DB-Strecke München – Landshut bei Langenbach;
 BE: DB-Strecke Rosenheim – Salzburg bei Bad Endorf;
 HA: DB-Strecke München – Augsburg bei Haspelmoor;
 St1: hohes Verkehrsaufkommen, innerstädtische Bundesstraße/mittlerer Ring Mü.;
 St2: mittlere Verkehrsbelastung, innerstädtische Gemeindeverbindungsstraße;
 St3: geringe Verkehrsbelastung, Gemeindestraße

	Anzahl / Messpunkt Abstand - 22:00 h bis 06:00 h					
Variation von	Schienenverkehr			Straßenverkehr		
Anzahl(n)	n=20 / 50 m (LA)	n=40 / 50 m (BE)	n=57 / 50 m (HA)	n=1300 / 20 m (St 3)	n=4300 / 20 m (St 2)	n=8600 / 20 m (St 1)
L _{Aeq} (Abstand)	n=40 / 100 m (BE)	n=40 / 50 m (BE)	n=40 / 25 m (BE)	n=4300 / 32 m (St 2)	n=4300 / 20 m (St 2)	
Anzahl (n) und L _{Aeq}	n=20 / 100 m (LA)	n=40 / 50 m (BE)	n=57 / 25 m (HA)	n=1300 / 20 m (St 3)	n=4300 / 20 m (St 2)	n=8600 / 14 m (St 1)

Tabelle 3: Mittelungspegel in dB(A) zu den Variationen von Anzahl und Abstand der aufgezeichneten Lärmszenarien für den Schienenverkehr und den Straßenverkehr. Abkürzungen

	äquivalente Pegel dB(A) - 22:00 h bis 06:00 h - gekipptes Fenster					
Variation von	Schienenverkehr			Straßenverkehr		
Anzahl(n)	44,9 (LA)	49,4 (BE)	50,5 (HA)	42,3 (St 3)	44,6 (St 2)	49,1 (St 1)
L _{Aeq} (Abstand)	46,3 (BE)	49,4 (BE)	53,5 (BE)	41,2 (St 2)	44,6 (St 2)	
Anzahl (n) und L _{Aeq}	41,9 (LA)	49,4 (BE)	54,3 (HA)	42,3 (St 3)	44,6 (St 2)	55,9 (St 1)

Vergleichbare Lärmszenarien des Straßen- und des Schienenverkehrslärms wurden für den Abendzeitraum nicht erstellt. Für die Messungen an Eisenbahnstrecken wurden die Stunden-Mittelungspegel, die 4-Stunden-Mittelungspegel und Pegelschriebe für den Abendzeitraum erstellt (s. Anlage 6). Für den Straßenverkehrslärm existieren Pegelschriebe und Stundenmittelungspegel für den Abendzeitraum zu den Messungen an der A8 bei Holzkirchen (s. Anlage 7) und nur Pegelschriebe für den Zeitraum 20:00 h bis 22:00 h für die innerstädtische

Bundesstraße (mittlerer Ring in München) und für eine Gemeindestraße (München), jeweils für verschiedene Messpunkte.

5 Unterschriften

Freigegeben:

Erstellt:

L TTZ112

TTZ112Be

Untersuchungsbericht

Auswahl von Geräuschkennszenarien für die vergleichenden Laboruntersuchungen von Straßen- und Schienenverkehrslärm zu Störungen des Nachtschlafes

Bericht Nr. 101-2482-2

im Auftrag von

Deutsche Bahn AG
DB Systemtechnik Akustik und Erschütterungen (TZF 12)
Völckerstraße 5
80939 München

München, im Juli 2007

 **M Ö H L E R + P A R T N E R**

Beratende Ingenieure für Schallschutz und Bauphysik
Paul-Heyse-Str. 27, 80336 München
Tel.: 089/ 544217- 0 und Fax.: 089/ 544217- 99
<http://www.mopa.de>

1. Aufgabenstellung

Im Rahmen der Projektes „RAPS“ werden durch das Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund (Ifa-Do) vergleichende Laboruntersuchungen zu den Störungen des Nachtschlafes durch Schienen- und Straßenverkehrslärm durchgeführt. Der Untersuchungsplan sieht vor, dass realitätsnahe häufig auftretende Geräuscszenarien verwendet werden sollen. In vorliegendem Untersuchungsbericht wird die Auswahl der Geräuscszenarien beschrieben und die für die Laboruntersuchung erforderlichen akustischen Daten dokumentiert. Dazu wird auch die Filterfunktion zur Bestimmung des Innenraumpegels aus den Außen - Schallmessungen getrennt für geschlossenes und geöffnetes Fenster beschrieben.

2. Auswahl der Szenarien

2.1 Auswahlkriterien

Der Forschungsantrag von IfaDo, sieht vor, dass für die Geräuscdarbietung im Schlaflabor realitätsnahe Geräuscszenarien verwendet werden sollen. Als „realitätsnah“ werden solche Szenarien bezeichnet, die bei Forschungsvorhaben mit ähnlicher Fragestellung im Feld (siehe u.a. [1]) vorgefunden und ausgewählt wurden. Darüber hinaus werden in Regelwerken zum Verkehrslärmschutz Einteilungen getroffen, die für die einzelnen Verkehrsträger typisch sind. Daraus lassen sich für Straßen- und Schienenverkehrslärm folgende Szenarien ableiten:

2.1 Straßenverkehrslärm

Für die Belange des Lärmschutzes werden Straßen nach der „Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen“ [2] und der DIN 18005, Schallschutz im Städtebau, [3] in folgende 4 Straßengattungen eingeteilt:

- Bundesautobahnen
- Bundesstraßen
- Landes- Kreis- und Gemeindeverbindungsstraßen
- Gemeindestraßen

Diese unterscheiden sich bezüglich der Geschwindigkeiten, LKW – Anteile und der Verteilung der Verkehrsmenge auf den Tag – und Nachtzeitraum.

Für das vorliegende Untersuchungsziel wurden in Anlehnung an die o.g. Einteilung folgende Szenarien ausgewählt:

- Bundesautobahn: Wohnbebauung im ländlichen Bereich in größerem Abstand an einer 6-streifigen Autobahn ohne Geschwindigkeitsbeschränkung
- Innerstädtische Bundesstraße: Geschlossene Blockbebauung im innerstädtischen Bereich an einer 4-streifigen Ausfallstraße mit $v=60$ km/h
- Innerstädtische Gemeindestraße: Einzelhausbebauung im innerstädtischen Bereich an einer 2-streifigen Gemeindestraße mit $v=50$ km/h

Als durchschnittlicher Abstand zur Wohnbebauung wurde im Rahmen der Feldstudien zum Lästigkeitsunterschied zwischen Schienen- und Straßenverkehrslärm ein mittlerer Abstand von ca. 10 – 15 m festgestellt. Bei Bundesstraßen und Autobahnen außerhalb von Ballungsräumen liegen die Abstände meist > 100 m.

2.2 Schienenverkehrslärm

In der Richtlinie DIN 18005, Schallschutz im Städtebau, [3] wird für Schienenwege folgende Unterscheidung getroffen:

- Fernverkehr
- Nahverkehr mit Güterzügen
- Nahverkehr ohne Güterzüge

Diese unterscheiden sich bezüglich der Geschwindigkeiten und des Güterverkehrsanteils und der Verteilung der Verkehrsmenge auf den Tag – und Nachtzeitraum.

Für das vorliegende Untersuchungsziel wurden folgende Szenarien ausgewählt:

- Fernverkehr an einer Hauptabfuhrstrecke, Abstand ca. 25 m, 2 – gleisige Strecke mit $v_{\max}=160$ km/h
- Gemischter Verkehr (Nah- und Fernverkehr) mit Güterzügen, Abstand ca. 25 m, 2 – gleisigen Hauptabfuhrstrecke mit $v_{\max} = 120$ km/h
- Nahverkehr mit vereinzelt Güterverkehr, Abstand ca. 25 m, 2 – gleisige Nahverkehrsstrecke $v_{\max} = 100$ km/h

Die mittleren Abstände zwischen der Bahnstrecke und der nächstgelegenen Bebauung liegt nach den o.g. Feldstudien bei etwa 25 m.

3. Schallmessungen in den ausgewählten Untersuchungsgebieten

3.1 Straßenverkehrslärm

Für die ausgewählten Szenarien wurden im Raum München Messquerschnitte gesucht, die den in Kap. 2 beschriebenen Anforderungen entsprachen. Die Messpunkte wurden so festgelegt, dass möglichst keine Fremdgeräusche aus anderen Verkehrslärmquellen wie Fluglärm oder Eisenbahnlärm und keine Fremdgeräusche aus der Umgebung wie z.B. Gewerbelärm oder Nachbarschaftslärm, auftraten. Sollten trotzdem Fremdgeräusche während der Messung aufgetreten sein, wurden diese bei der akustischen Aufbereitung der Daten für die Darbietung (siehe hierzu gesonderten Bericht) ausgeschnitten.

Die Schallmessungen wurden zwischen 12.07.2007 und 19. 07.2007 an einem Wochentag zwischen Dienstag und Freitag durchgeführt. Bei allen 3 Messungen herrschte trockenes, windstilles Wetter.

Zusammenfassend kamen die Schallmessungen zu folgenden Ergebnissen:

Tab.1: Kenndaten Schallmessungen Straßenverkehrslärm								
Szenario	Straßengattung	Abstand Quelle - Messpunkt	Höchstgeschwindigkeit	DTV (Kfz / 24 h)	KFZ / 8 h (22:00 – 06:00) Uhr	LKW-Anteil Nacht (%)	L _{Aeq,N} dB(A) (22:00 – 06:00 Uhr)	L _{max} dB(A)
ST1	Autobahn	135 m	130 km/h	78.000	9.000	30	59	63
ST2	Bundesstraße	11 m	60 km/h	48.000	4.300	3	62	69
ST3	Gemeindestraße	12 m	50 km/h	20.000	1.300	4	60	68

Der zeitliche Verlauf des stündlichen Mittelungspegels L_{Aeq} ist für die 3 ausgewählten Straßenszenarien in folgendem Diagramm dargestellt:

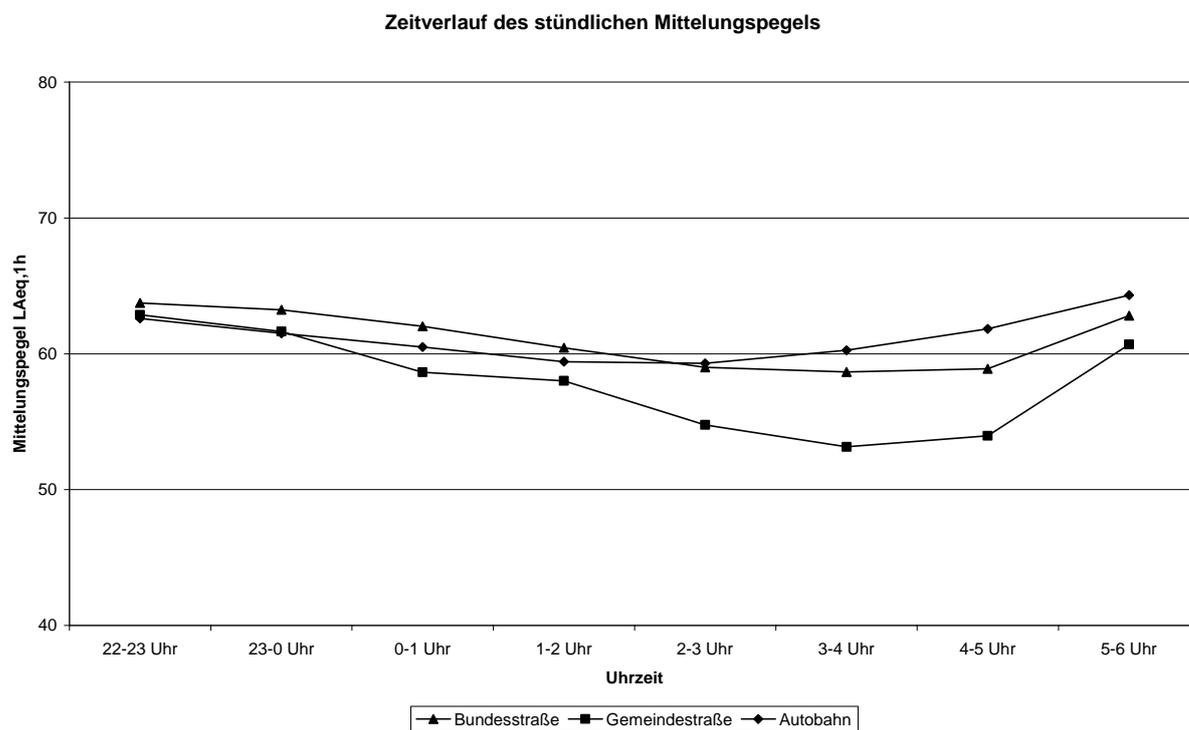


Abb1: Zeitlicher Pegelverlauf Straßenverkehrslärm

3.2 Schienenverkehrslärm

Die Schallmessungen für die ausgewählten Szenarien wurden zwischen dem 18. und 20.06.2007 durchgeführt. Es wurden Abstände zwischen 7,5 m und 200 m von der Achse als Messpunkte festgelegt. Fremdgeräusche wurden wie beim Straßenverkehr durch geeignete Auswahl der Messpunkte möglichst vermieden; sollten trotzdem Fremdgeräusche während der Messung aufgetreten sein, wurden diese bei der akustischen Aufbereitung ausgeblendet.

Zusammenfassend kamen die Schallmessungen zu folgenden Ergebnissen:

Tab.2: Kenndaten Schallmessungen Schienenverkehrslärm							
Szenario	Streckentyp	Abstand Quelle – Mess- punkt	Geschwin- digkeit	PZ / 8 h (22:00 – 06:00) Uhr	GZ/ 8 h (22:00– 06:00) Uhr	LAeq, Nacht (22:00 – 06:00 Uhr	Lmax dB(A)
SC1	Hauptabfuhr- strecke	25 m	160 km/h	27	28	72	91
SC2	Gemischte Strecke	25 m	110 km/h	13	15	68	91
SC3	Nebenstrecke	25 m	120 km/h	9	2	58	84

Der zeitliche Verlauf des stündlichen Mittelungspegels L_{Aeq} ist für die 3 ausgewählten Schienenszenarien in folgendem Diagramm dargestellt:

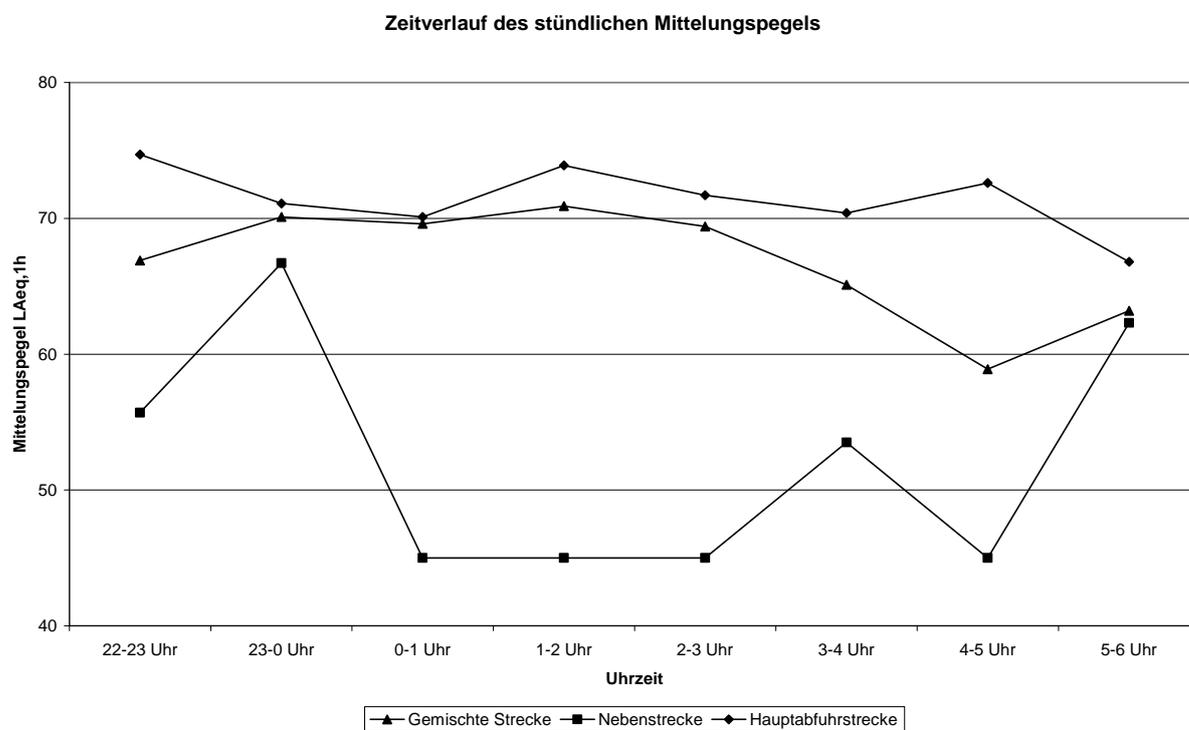


Abb2: Zeitlicher Pegelverlauf nachts (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) Schienenverkehrslärm

4. Filterfunktion zur Bestimmung des Innenpegels aus den Außenmessungen

Zur spektralen Anpassung der Vorbeifahrtgeräusche werden Filterfunktionen in Terzbandbreite getrennt für die Schalldämmung des gekippten und geschlossenen Fensters und für die Raumeigenschaften angegeben. Die Filterfunktionen umfassen dabei gegenüber den in bauakustischen Messungen sonst üblichen Darstellungen zwischen 100 Hz und 3150 Hz den gesamten Hörbereich zwischen 20 Hz und 20 kHz.

Der Zusammenhang zwischen Außenpegel und Innenpegel bei Einwirkung von Schall auf die Außenfläche eines Raums ist in Formel (5) der VDI 2719 [4] dargestellt:

$$R'_{W, \text{res}} = L_a - L_i - 10 \lg (S_g/A) + K + W$$

Dabei bedeutet:

- L_a : der maßgebliche A-bewertete Außenschallpegel vor der Außenfläche in dB; dieser ist zu bestimmen aus dem berechneten oder gemessenen Freifeldpegel L_0 zzgl. 3 dB
- L_i : der A-bewertete Innenschallpegel in dB
- S_g : die vom Raum aus gesehen Gesamtaußenfläche in m^2
- A : die äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in m^2
- K : Korrektursummand in dB, zur Berücksichtigung der spektralen Verteilung des Außengeräusches und des Schalldämm-Maßes
- W : Winkelkorrektur in dB

Der Korrektursummand K ist bei einer spektralen Betrachtung des Außen- und Innenpegels ohne Bedeutung. Auch die Winkelkorrektur ist nach VDI 2719 [4] im Allgemeinen zu vernachlässigen.

Nach Umstellung der Formel (5) und Vernachlässigung der Summanden K und W ergibt sich:

$$L_a - L_i = R'_{W, \text{res}} - 10 \lg (S_g/A)$$

Die Differenz zwischen Außen- und Innenpegel setzt sich zusammen aus der Schalldämmung der Außenbauteile und des Korrekturwertes zur Absorption des Innenraums ($10 \lg (S_g/A)$). Werden die Pegel im Freifeld gemessen (L_0), müssen zur Bildung des maßgeblichen Außenschallpegels L_a zunächst 3 dB aufgeschlagen werden. Die Differenz zwischen dem im Freifeld gemessenen Pegel L_0 und dem Innenpegel L_i liegt somit 3 dB niedriger.

Im Folgenden werden diese beiden Summanden in spektraler Auflösung hergeleitet. Zunächst wird davon ausgegangen, dass die Differenz zwischen Außenpegel und Innenpegel vom Schalleinfall durch das gekippte Fenster bestimmt wird und die sonstigen beschallten Außenflächen (Mauerwerk) vernachlässigt werden können:

Schalldämm-Maß des gekippten Fensters

Die Filterfunktion eines *Fensters in Kippstellung* bei 80 mm maximaler Spaltbreite entstammt einer Veröffentlichung von Wolf-Dietrich Kötz des Umweltbundesamtes in der Zeitschrift für Lärmbekämpfung [5].

Die Schalldämmung des gekippten Fensters bei 80 mm Spaltbreite wird von der Spaltöffnung bestimmt und ist dementsprechend nahezu frequenzunabhängig. Bezogen auf die Fensterfläche (Glasfläche und Spaltfläche) ergibt sich ein bewertetes Schalldämm-Maß von 11 dB. Der Frequenzverlauf der Schalldämmung ist in Bild 3 der Veröffentlichung, linkes Teilbild, dargestellt. Die Schalldämmung schwankt zwischen 9 und 11 dB mit einem Anstieg zu tiefen Frequenzen auf 16 dB bei 100 Hz. Die Dämmwerte in den über den angegebenen Frequenzbereich gehenden Terzen wurden frequenzunabhängig extrapoliert.

Das Schalldämm-Maß des Fensters ist unabhängig von der Absorption des Innenraums.

Schalldämm-Maß des geschlossenen Fensters

Das Schalldämm-Maß des *geschlossenen Fensters* wurden einer Untersuchung von Möhler + Partner zum sekundären Luftschall im Auftrag des Forschungs- und Technologiezentrums der DB Netz AG [6] entnommen. Die darin enthaltenen Angaben über die Schalldämmung unterhalb 100 Hz wurden auf der Grundlage von Aussagen des Instituts für Fenstertechnik in Rosenheim (amtlich anerkannte Eignungsprüfstelle für den Schallschutz von Fenstern) getroffen.

Korrektur zur Absorption des Innenraums

Die Angaben über die akustischen Raumeigenschaften eines Schlafzimmers wurden auf der Grundlage von eigenen Messungen der Nachhallzeit T in einem Schlafzimmer berechnet. Die Nachhallzeit T in Räumen werden in Terzen von 100 Hz bis 5000 Hz bestimmt. Die Nachhallzeit wurde in den über den angegebenen Frequenzbereich gehenden Terzen frequenzunabhängig extrapoliert.

Für die Bestimmung der Filterfunktion wurde folgender gemessener spektraler Verlauf der Nachhallzeit (gerundet auf 0,1 s) angesetzt:

50 Hz:	0,8 s
63 Hz:	0,7 s
80 Hz bis 5000 Hz:	0,5 s

Die Raumabmessungen des betreffenden Raumes betragen (B x L x H):
3,5 m x 5,3 m x 3,4 m = 63 m³

Nach der Formel von Sabine errechnet sich die äquivalente Absorptionsfläche A aus der Nachhallzeit T und der Raumvolumen V zu:

$$A = 0,163 (V/T) \text{ in m}^2$$

Bei den o.g. Raumvolumen und Nachhallzeiten beträgt die äquivalente Absorptionsfläche in Terzen:

Terzmittenfrequenz	50 Hz	63 Hz	80 Hz bis 5000 Hz
Nachhallzeit T in s	0,8	0,7	0,5
Äquivalente Absorptionsfläche A in m^2 :	12,9	14,7	20,6

Bei einer angenommenen Fensterfläche von $S_g = 2 \text{ m}^2$ ergibt sich die Korrektur für die Innenraumabsorption zu:

Terzmittenfrequenz	50 Hz	63 Hz	80 Hz bis 5000 Hz
Äquivalente Absorptionsfläche A in m^2 :	12,9	14,7	20,6
S_g in m^2	2,0	2,0	2,0
$10 \lg (S_g/A)$ in dB	-8,1	-8,7	-10,1

Diskussion

Aus den oben aufgeführten Daten wurden die bereits im Bericht [7] beschriebenen Filterfunktionen bestimmt:

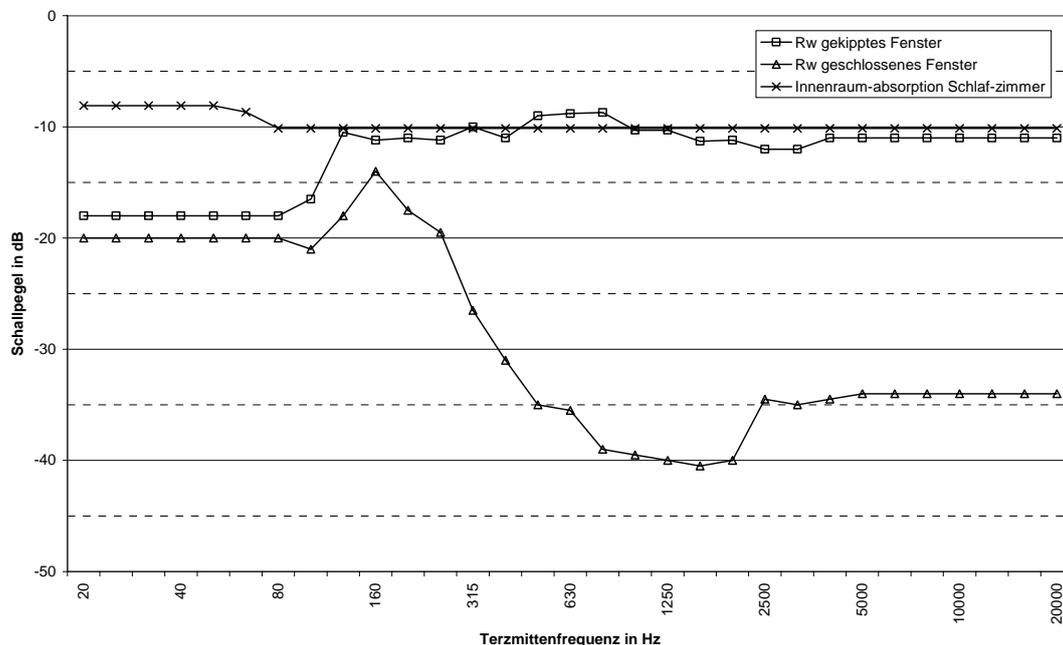


Abbildung 3: Filterfunktionen

Für das gekippte Fenster ergibt sich aus einer Addition des Schalldämm-Maßes des gekippten Fensters und der Korrektur für die Innenraumabsorption des Raumes eine über die wichtigsten Terzen gemittelte Differenz aus Außenpegel und Innenpegel von rund 20 dB. Dabei ist zu beachten, dass als Außenpegel L_a der um 3 dB(A) erhöhte errechnete Freifeldpegel L_0 definiert ist.

Häufig wird für die Differenz von Außen- zu Innenpegel ein Wert von 15 dB als Erfahrungswert angegeben. Die VDI 2719 (Abschnitt 10.2) [4] spricht in diesem Zusammenhang davon, dass Fenster in Spaltlüftungsstellung ein bewertetes Schalldämm-Maß R_w von 15 dB erreichen. Im Folgenden wird daher untersucht, inwieweit durch Änderungen der Randbedingungen (z.B. Raumgröße, Spaltgröße, Berücksichtigung der Außenwand) die Differenz Außenpegel zu Innenpegel bei gekipptem Fenster variiert:

Berücksichtigung der Außenwand

In obigen Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass der Innenpegel durch den Schalleintritt über das gekippte Fenster bestimmt wird. Streng genommen wirken jedoch auch über die Außenwand um das Fenster Geräusche ein. Unter Berücksichtigung dieses Nebenweges ergeben sich folgende Ergebnisse:

Schalldämm-Maß der gesamten Außenfläche

Das Schalldämm-Maß der gesamten Außenfläche (Fenster und Wandfläche) errechnet sich nach folgender Formel:

$$R_{w,ges} = -10 \lg \left[\frac{1}{S_g} \cdot (S_{Wand} \cdot 10^{-(0,1 \cdot R_{w,Wand})} + S_{Fenster} \cdot 10^{-(0,1 \cdot R_{w,Fenster})}) \right]$$

Ausgehend von dem Schalldämm-Maß eines gekippten Fensters nach [5] mit 2 m² Fläche und dem Schalldämm-Maß einer Wand aus Leichthochlochziegelmauerwerk mit 10 m² Fläche (Stirnseite des oben beschriebenen Raums) ergeben sich folgende Schalldämm-Maße der Gesamtläche in Terzen:

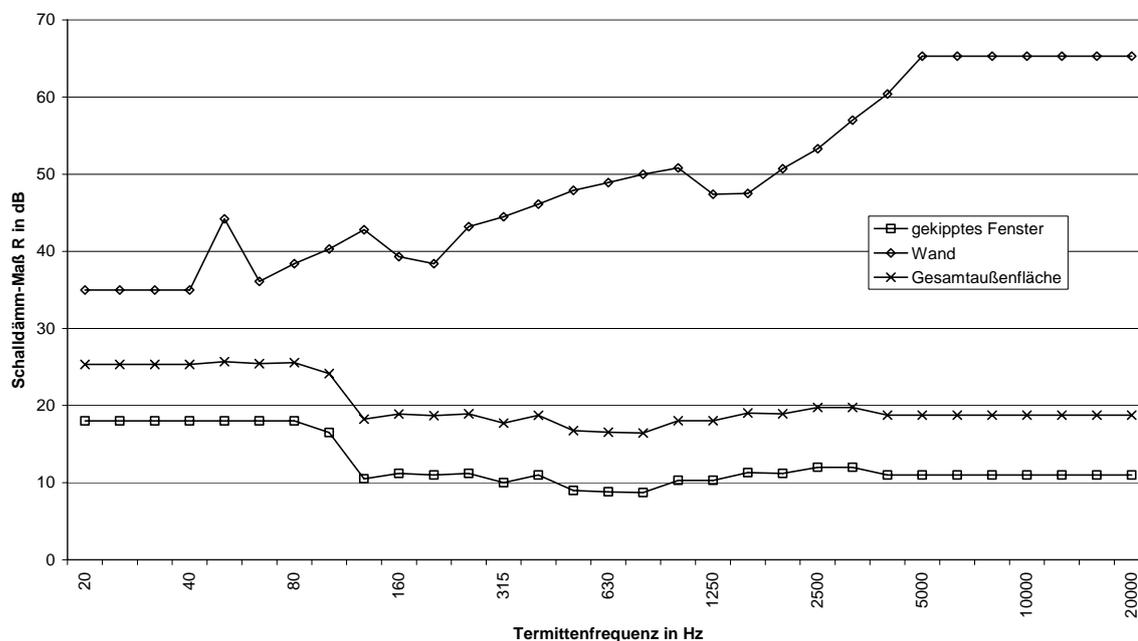


Abbildung 4: Schalldämm-Maße unter Berücksichtigung der Außenbauteile

Bei der Berechnung der Korrektur für die Innenraumabsorption nach Formel (5) der VDI 2719 [4] ist für den oben beschriebenen Raum jedoch die höhere Gesamtaußenfläche S_g mit 12 m² zu berücksichtigen:

Tab. 5: Innenraumabsorption unter Berücksichtigung der Gesamtaußenfläche			
Terzmittenfrequenz	50 Hz	63 Hz	80 Hz bis 5000 Hz
Äquivalente Absorptionsfläche A in m ² :	12,9	14,7	20,6
S_g in m ²	12,0	12,0	12,0
$10 \lg (S_g/A)$ in dB	-0,3	-0,9	-2,3

Wie aus folgender Abbildung ersichtlich ergibt sich auch unter Berücksichtigung der Gesamtaußenfläche aus einer Addition des Schalldämm-Maßes der Außenfläche und der Korrektur für die Innenraumabsorption eine über die wichtigsten Terzen gemittelte Differenz zwischen Außenpegel und Innenpegel von rund 20 dB. Die Vernachlässigung der Außenwand gegenüber dem gekippten Fenster hat somit keinen untersuchungsrelevanten Einfluss und ist aus unserer Sicht gerechtfertigt.

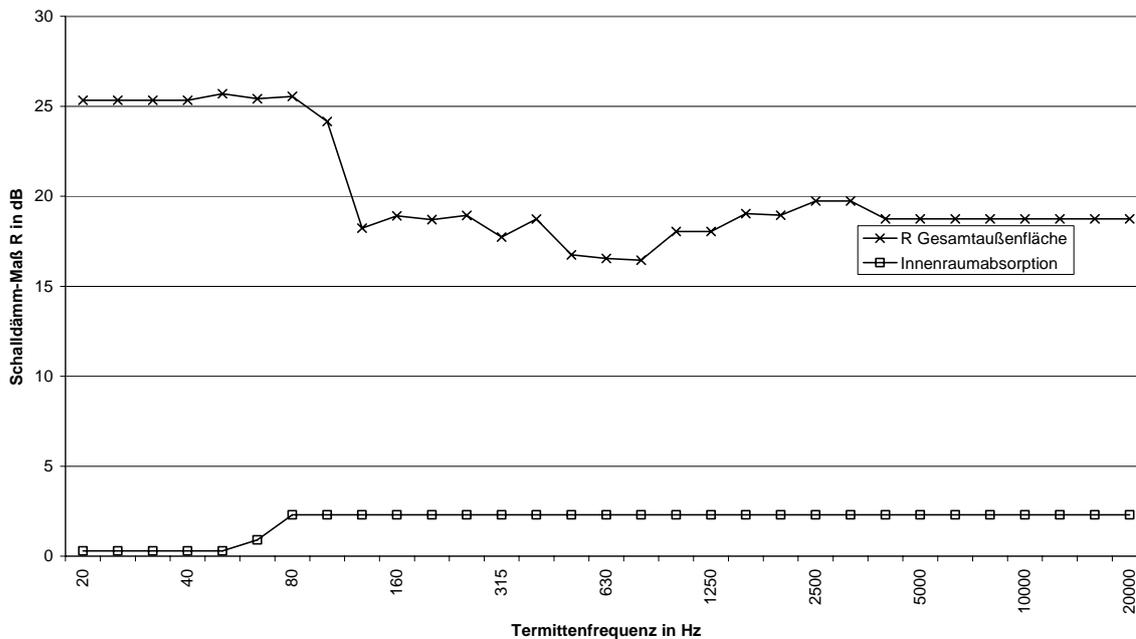


Abbildung 5: Filterfunktionen unter Berücksichtigung der Gesamtaußenfläche

Veränderungen der Raumeigenschaften

Für die Differenz Außen- zu Innenpegel sind folgende Raumeigenschaften, die unterschiedliche Werte annehmen können, von Bedeutung:

- Halligkeit des Raumes, ausgedrückt durch die Nachhallzeit üblicherweise zwischen 0,3 und 0,8 s
- Raumvolumen, zwischen etwa 40 m³ und 80 m³
- Fläche des gekippten Fensters, zwischen etwa 1,7 m² und 5 m²

In folgender Tabelle sind die Auswirkungen der Variation der o.g. Parameter in den angegebenen Bereichen für das Schalldämm-Maß des Fensters und die Korrektur für die Innenraumabsorption für die Terzmittenfrequenz 500 Hz im Bezug den bisher angegebenen Werten angegeben:

Tab. 6: Pegeldifferenz Innen – Außen in Abhängigkeit von Halligkeit, vom Raumvolumen und Fensterfläche		Schalldämm-Maß R bei 500 Hz	Innenraum- absorption (10 lg (S _g /A))	Summe
Halligkeit des Raumes	0,3 s	9	12,3	21,3
	0,5 s	9	10,1	19,1
	0,8 s	9	8,1	17,1
Raumvolumen	40 m ³	9	8,1	17,1
	63 m ³	9	10,1	19,1
	80 m ³	9	11,2	20,2
Fensterfläche	1,7 m ²	9	10,8	19,8
	2,0 m ²	9	10,1	19,1
	5 m ²	9	6,1	15,1

In obiger Tabelle wurde jeder der aufgeführten Parameter einzeln für sich geändert. Extremfälle treten bei gleichgerichteter Änderung mehrerer Parameter auf:

- Die geringste Differenz Außenpegel zu Innenpegel treten bei einem „lauten“ Raum mit großer Halligkeit, geringem Raumvolumen und großer Fensterfläche auf. In diesem Falle beträgt das Schalldämm-Maß bei 500 Hz 9 dB, die Korrektur für die Innenraumabsorption 2 dB, zusammen 11 dB.
- Die höchste Differenz Außenpegel zu Innenpegel treten bei einem „leisen“ Raum mit geringer Halligkeit, hohem Raumvolumen und geringer Fensterfläche auf. In diesem Falle beträgt das Schalldämm-Maß bei 500 Hz 9 dB die Korrektur für die Innenraumabsorption 14 dB, zusammen 23 dB.
- Insgesamt beträgt die Bandbreite der Differenz zwischen Außenpegel und Innenpegel 11 bis 23 dB. Die Differenz zwischen den im Freifeld gemessenen Pegel L₀ und dem Innenpegel beträgt somit 8 bis 20 dB.

5. Vorschlag von Geräuscszenarien

Für die Darbietung der Geräuscszenarien im Schlaflabor müssen aus den Außenlärmessungen durch Überlagerung mit den Filterfunktionen für gekipptes und geschlossenes Fenster und unter Berücksichtigung des Zuschlages von 3 dB(A) gemäß Formel (5) der VDI 2719 die Innenraumpegel ermittelt werden.

Es ergeben sich nach überschlägigen Berechnungen aus den oben beschriebenen Szenarien voraussichtlich folgende akustischen Kennwerte:

Tab. 7: Akustische Kennwerte für Geräuscszenarien										
	Straßenverkehr					Schienenverkehr				
	Innen					Innen				
	Fe zu		Fe gekippt			Fe zu		Fe gekippt		
	L _{Aeq}	L _{ma} _x								
Hohe Verkehrsbelastung	ST1	28	32	45	49	SC1	41	60	58	77
mittlere Verkehrsbelastung	ST2	34	41	48	55	SC2	37	60	54	77
geringe Verkehrsbelastung	ST3	32	40	46	54	SC3	24	50	44	70

Bei der Ermittlung der akustischen Kennwerte wurden die Schalldämm-Maße für geschlossene und gekippte Fenster pauschal als Summenwerte – ohne Differenzierung des Frequenzspektrums – vorgenommen. Als Schalldämm-Maß für ein geschlossenes Fenster wurde mit Berücksichtigung der Innenraumabsorption 37 dB angenommen; zusätzlich wurde zur Berücksichtigung des unterschiedlichen Frequenzspektrums von Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm der K – Summand nach Tab. 7 der VDI 2719 berücksichtigt.

Für das gekippte Fenster wurde eine mittlere Pegeldifferenz zwischen Innenpegel und Außenpegel im Freifeld von 17 dB angenommen. Eine Korrektur des Frequenzspektrums wurde nicht vorgenommen, da die Differenz nach Kötz [5] frequenz-unabhängig ist.

Bei der Bildung der Geräuscszenarien für die Darbietung im Schlaflabor wird die Differenz nach Gleichung 5 der VDI 2719 in Abhängigkeit von den in Abb. 3 dargestellten Filterfunktion gebildet. Da die Filterfunktion spektral angewendet wird, ist der K-Summand nicht zu berücksichtigen.

Aus der Tabelle lässt sich ableiten, dass sich die schalltechnischen Kennwerte für die beiden Verkehrsarten stark unterscheiden: Die Mittelungspegel und die Spitzenpegel aus Straßenverkehr liegen zumeist deutlich unter denjenigen des Schienenverkehrs. Ein paarweiser Vergleich von Szenarien mit etwa gleichem Mittelungspegel oder etwa gleichem Spitzenpegel ist mit den ausgewählten Szenarien nur eingeschränkt möglich.

Zur Festlegung der Geräuschkennszenarien für die Darbietung im Schlaflabor sind aus unserer Sicht in gemeinsamen Erörterungen folgende Abwägungen vorzunehmen:

- 1.) Filterfunktion: Definition eines typischen Schlafraumes; Festlegung der Raummaße, Fenstergröße und Halligkeit (siehe hierzu Tab. 6)
- 2.) Auswertung der Messungen im Schlaflabor: Paarweiser Vergleich der Reaktionen bei etwa gleicher Lärmdosis (L_{Aeq} oder L_{Amax}) oder Differenzbildung in Anlehnung an das Verfahren zur Bildung der Lästigkeitsdifferenzen zwischen Schienen- und Straßenverkehrslärm nach [1].
- 3.) Anpassung der Lärmszenarien: Anhebung / Absenkung der akustischen Kennwerte durch Veränderung der Abstände der Messpunkte oder Veränderung der Verkehrsmengen (ggf. dadurch Realitätsverlust)
- 4.) Erweiterung der Lärmszenarien durch Hinzunahme zusätzlicher Geräuschkennszenarien

München, den 30.07.2007

Möhler + Partner



Dipl.-Ing. Manfred Liepert



Dipl.-Ing. Ulrich Möhler

Literatur

- [1] Studiengemeinschaft Schienenverkehr SGS (2001): Lärmwirkungen des Schienenverkehrs – Aktuelle Untersuchungsergebnisse, München
- [2] Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen – Ausgabe 1990 – RLS – 90
- [3] DIN 18005, Schallschutz im Städtebau, Juli 2002
- [4] VDI 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, August 1987
- [5] Kötz, Wolf-Dietrich: Umweltbundesamt: Zur Frage der effektiven Schalldämmung von geöffneten Fenstern – Ein klärendes Wort zur Schallpegeldifferenz außen/innen bei Fenstern in Kippstellung; Zeitschrift für Lärmbekämpfung 1 (2004)
- [6] Grundlagenuntersuchung zur Beurteilung von sekundärem Luftschall aus Schienenverkehrswegen; Möhler + Partner Bericht-Nr. 101-891 vom Februar 2000
- [7] Filterfunktionen zur spektralen Anpassung von Geräuschaufzeichnungen an die Innenraumsituation bei gekipptem und geschlossenem Fenster; Möhler +Partner Bericht-Nr. 101-2482-1 vom April 2007

Untersuchungsbericht

Filterfunktionen zur spektralen Anpassung von Geräuschaufzeichnungen an die Innenraumsituation bei gekipptem und geschlossenem Fenster

Bericht Nr. 101-2482-1

im Auftrag von

Deutsche Bahn AG

DB Systemtechnik Akustik und Erschütterungen (TZF 12)

Völckerstraße 5

80939 München

München, im April 2007

 **M Ö H L E R + P A R T N E R**

Beratende Ingenieure für Schallschutz und Bauphysik

Paul-Heyse-Str. 27, 80336 München

Tel.: 089/ 544217- 0 und Fax.: 089/ 544217- 99

<http://www.mopa.de>

1. Aufgabenstellung und Ausgangslage

Im Rahmen der Projektes „RAPS“ sollen durch das Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund (IfADo) Geräuschvorbeifahrten von Güterzügen unterschiedlicher Bremsbauart - Graugussklotzbremsen (GG-Sohle) und Kunststoffklotzbremsen (K-Bremsen) in Hinblick auf Störungen des Schlafes wirkungstechnisch bewertet werden. Dazu werden in einem Schlaflabor die zu mehrstündigen Darbietungen zusammengestellten Vorbeifahrten von Zügen mit GG-Bremsen und K – Bremsen über Lautsprecher schlafenden Probanden dargeboten.

Die vorhandenen Geräuschaufzeichnungen von Güterzugvorbeifahrten sollen spektral derart gefiltert werden, dass die Schalldämmung eines Fensters und die akustischen Raumeigenschaften (im Bezug auf die spektrale Dämpfung) nachgebildet werden. Es werden die Situationen bei gekipptem Fenster (Spaltlüftung) und bei geschlossenem Fenster unterschieden.

2. Filterfunktionen

Zur spektralen Anpassung der Vorbeifahrtgeräusche werden Filterfunktionen in Terzbandbreite getrennt für die Schalldämmung des gekippten und geschlossenen Fensters und für die Raumeigenschaften angegeben. Die Filterfunktionen umfassen dabei gegenüber den in bauakustischen Messungen sonst üblichen Darstellungen zwischen 100 Hz und 3150 Hz den gesamten Hörbereich zwischen 20 Hz und 20 kHz.

Die Filterfunktionen für die Schalldämmung des Fensters wurden folgenden Literaturangaben entnommen:

- Die Filterfunktion eines *Fensters in Kippstellung* bei 80 mm maximaler Spaltbreite entstammt einer Veröffentlichung von Wolf-Dietrich Kötz des Umweltbundesamtes in der Zeitschrift für Lärmbekämpfung [1]. Die Schalldämmung eines gekippten Fensters wird demnach von der offenen Fläche bestimmt während der Einfluss der Verglasung unbedeutend ist. Im gekippten Zustand ist die Schalldämmung nahezu frequenzunabhängig. Die Dämmwerte in den über den angegebenen Frequenzbereich gehenden Terzen wurden frequenzunabhängig extrapoliert. Ein frequenzabhängiger Einfluss des Pegelunterschieds außen – innen entsteht erst durch die akustischen Raumeigenschaften.
- Die Filterfunktion des *geschlossenen Fensters* wurden einer Untersuchung von Möhler + Partner zum sekundären Luftschall im Auftrag des Forschungs- und Technologiezentrums der DB Netz AG [3] entnommen. Die darin enthaltenen Angaben über die Schalldämmung unterhalb 100 Hz wurden auf der Grundlage von Aussagen des

Instituts für Fenstertechnik in Rosenheim (amtlich anerkannte Eignungsprüfstelle für den Schallschutz von Fenstern) getroffen.

Die Angaben über die *akustischen Raumeigenschaften eines Schlafzimmers* wurden auf der Grundlage von zahlreichen eigenen Messungen der Nachhallzeiten in Schlafzimmern in München berechnet. Ausgehend von den mittleren Nachhallzeiten in Terzen wurden nach der Formel von Sabine die äquivalente Absorptionsfläche A berechnet und daraus nach Formel (5) der VDI 2719 [4] die Pegelminderung durch die Innenraumabsorption bestimmt.

Die Filterfunktionen sind in folgender Abbildung dargestellt und können tabellarisch der Anlage entnommen werden:

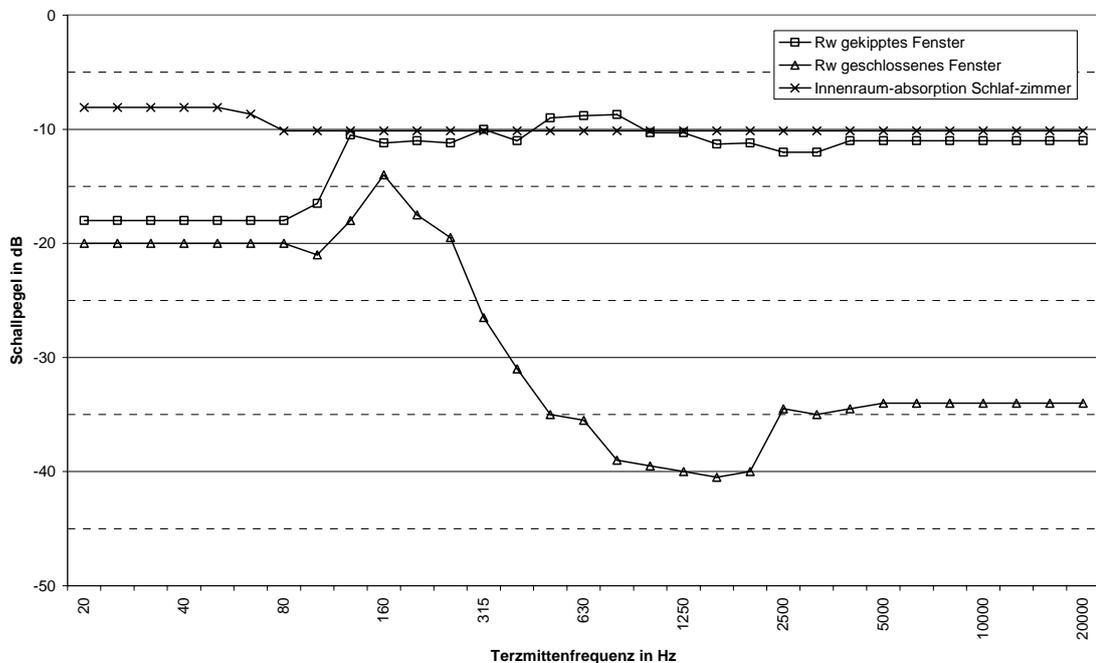


Abbildung 1: Filterfunktionen

3. Anmerkungen

Zu den geplanten Darbietungen der Geräuschenarien in dem Schlaflabor werden im Folgenden Anmerkungen aus akustischer Sicht gemacht. Inwieweit die wirkungsseitigen Beurteilungen durch die Schlafprobanden davon betroffen sind, kann von uns nicht abschließend eingeschätzt werden.

Vergleich der Filterkurven der DLR

Die vom Ifado übergebenen Filterfunktion – gekipptes Fenster unterscheidet sich von den aus der Literatur und aus eigenen bauakustischen Messungen bekannten Filterfunktionen: Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass zum einen aufgrund der Innen – Außenmessung der Einfluss des Schalldämm- Maßes des gekippten Fensters und der Raumeigenschaften überlagert ist; zum anderen ist nicht erkennbar, welche Raumeigenschaften die 12 Messorte aufweisen. Wir schlagen daher vor, die aufgrund der umfangreichen Auswertungen des Umweltbundesamtes gewonnenen Daten heranzuziehen.

Geräuscharbietungen

Die Geräuscharbietungen sollen voraussichtlich zur Erzielung eines vorab gewählten Geräuschpegels ($L_{pAeq,Tp}$) elektronisch verstärkt bzw. gemindert werden. In der realen Situation können unterschiedliche Vorbeifahrtpegel derselben Zugvorbeifahrt nur durch Veränderungen des Abstands zur Quelle erreicht werden. Damit einhergehend ändern sich die Pegelanstiegsflanken beim Herannahen bzw. Entfernen des Zuges und in geringem Umfang auch das Spektrum des Geräusches. Diese Effekte werden durch die elektronische Verstärkung nicht berücksichtigt. Im Extremfall können elektronisch verstärkte Vorbeifahrtgeräusche daher unnatürlich wirken.

Raumakustische Eigenschaften des Schlaflabors

Das Schlaflabor ist nach unserer Kenntnislage schallabsorbierend ausgekleidet; die Beschallung erfolgt durch 2 in den Ecken des Raumes hängenden Lautsprechern. Statt des in üblichen Schlafzimmern auftretenden diffusen Schallfeldes bildet sich bei einer Darbietung mit Lautsprechern ein gerichtetes Schallfeld (Freifeld) aus. Durch die vorgeschlagene Filterfunktion für die Innenraumabsorption des Schlafzimmers wird zwar die spektrale Verteilung der Geräusche an eine reale Schlafzimmersituation angepasst, jedoch entsteht aufgrund der Situierung der Lautsprecher und des reflexionsarmen Raumes der Eindruck eines gerichteten

Schallfeldes in einem Freifeld. Zudem wird in dem Raum der hochfrequente Anteil des Geräusches stärker absorbiert als der tieffrequente Anteil. Tatsächlich ist in einem Schlafräum jedoch aufgrund der reflektierenden Eigenschaften der Wände von einem diffusen Schallfeld auszugehen. Eine Auswirkung auf die Lärmreaktionen ist dadurch nicht auszuschließen; wir schlagen deshalb vor, die absorbierenden Seitenwänden mit reflektierendem Material zu verkleiden und die raumakustischen Eigenschaften durch eine bauakustische Messung zu überprüfen.

München, den 17.04.2007

Möhler + Partner



Dipl.-Ing. Manfred Liepert



Dipl.-Ing. Ulrich Möhler

4. Literatur

- [1] Kötz, Wolf-Dietrich: Umweltbundesamt: Zur Frage der effektiven Schalldämmung von geöffneten Fenstern – Ein klärendes Wort zur Schallpegeldifferenz außen/innen bei Fenstern in Kippstellung; Zeitschrift für Lärmbekämpfung 1 (2004)
- [2] Sälzer, E.: Einfluß schallabsorbierender Laibungsverkleidungen auf die Schalldämmung von Fenstern in Kippstellung. Bauphysik 10 (1988) Nr. 3, S. 77 – 81
- [3] Grundlagenuntersuchung zur Beurteilung von sekundärem Luftschall aus Schienenverkehrswegen; Möhler + Partner Bericht-Nr. 101-891 vom Februar 2000
- [4] VDI 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, August 1987
- [5] Filterfunktion gekipptes Fenster – E-Mail IFADO vom 03.04.2007

5. Anlage: Filterfunktionen in tabellarischer Form

f/Hz	Rw gekipptes Fenster	Rw geschlossenes Fenster	Innenraumabsorption Schlafzimmer
20	-18,0	-20,0	-8,1
25	-18,0	-20,0	-8,1
31,5	-18,0	-20,0	-8,1
40	-18,0	-20,0	-8,1
50	-18,0	-20,0	-8,1
63	-18,0	-20,0	-8,7
80	-18,0	-20,0	-10,1
100	-16,5	-21,0	-10,1
125	-10,5	-18,0	-10,1
160	-11,2	-14,0	-10,1
200	-11,0	-17,5	-10,1
250	-11,2	-19,5	-10,1
315	-10,0	-26,5	-10,1
400	-11,0	-31,0	-10,1
500	-9,0	-35,0	-10,1
630	-8,8	-35,5	-10,1
800	-8,7	-39,0	-10,1
1000	-10,3	-39,5	-10,1
1250	-10,3	-40,0	-10,1
1600	-11,3	-40,5	-10,1
2000	-11,2	-40,0	-10,1
2500	-12,0	-34,5	-10,1
3150	-12,0	-35,0	-10,1
4000	-11,0	-34,5	-10,1
5000	-11,0	-34,0	-10,1
6300	-11,0	-34,0	-10,1
8000	-11,0	-34,0	-10,1
10000	-11,0	-34,0	-10,1
12500	-11,0	-34,0	-10,1
16000	-11,0	-34,0	-10,1
20000	-11,0	-34,0	-10,1

Untersuchungsbericht

Dokumentation zu Beispielen von Güterzugvorbeifahrgeräuschen: Güterwagen mit K-Sohle, GG-Sohle und K-/GG-Sohle gemischt



Dokument: 07-P-4951-TZF12-01

Datum: 18.04.2007

Fachabteilung: DB Systemtechnik
TZF12 Akustik und Erschütterungen
Völckerstraße 5
80939 München

Zertifizierter Bereich:
Technik/Beschaffung



Anwendung eines durch die DQS GmbH
Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen
zertifizierten Qualitätsmanagementsystems

Die Dokumentation bezieht sich ausschließlich auf die im Bericht beschriebenen Vorbeifahrgeräusche, angewendeten Filterfunktionen und erarbeitete Geräuschbeispiele. Die Dokumentation, die bereitgestellten Vorbeifahrgeräusche und die erarbeiteten Geräuschbeispiele dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung des im Bericht angegebenen Auftraggebers veröffentlicht werden. Eine auszugsweise Vervielfältigung bedarf zusätzlich der Zustimmung des Auftraggebers.

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Angaben zum Auftrag	3
2	Beschreibung der gemessenen Züge und der zugehörigen Vorbeifahrgeräusche	4
3	Beschreibung der verwendeten Filterfunktionen	4
4	Erstellung der Beispielgeräusche	4
4.1	Erstellung der Beispielgüterzüge	4
4.2	Filterung der Beispielgüterzüge	5
4.3	Format der Geräusche	5
5	Ergebnisse	5
6	Unterschriften	5

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1: Untersuchungsbericht Nr. 101-2482-1 Möhler + Partner
 "Filterfunktionen zur spektralen Anpassung von Geräuschaufzeichnungen an die Innenraumsituation bei gekipptem und geschlossenem Fenster"

Anlage 2: Beschreibung der Geräuschbeispiele und Auswerteprotokoll

Anlage 3: Zeit-Pegelschriebe $L_{pA} = f(t)$ der gefilterten und ungefilterten Vorbeifahrgeräusche

Anlage 4: Terzspektren L_{in} der gefilterten und ungefilterten Vorbeifahrgeräusche

Verzeichnis der Abkürzungen

BR	Baureihe
K-Sohle	Bremsklotz aus Komposit-Material
GG-Sohlen	Bremsklotz aus Grauguss-Material
GAG	Güterzug aus gleichen Wagenbauarten
$L_{pAF,max}$	A-bewerteter maximal Schalldruckpegel mit der Zeitkonstante Fast (F)
$L_{peq,tp}$	unbewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel über die Dauer t_p energetisch gemittelt
$L_{pAeq,tp}$	A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel über die Dauer t_p energetisch gemittelt
LS	Luftschall
Mp	Messpunkt
t1	Anfangzeitpunkt der Auswertung
t2	Endzeitpunkt der Auswertung
t_{vb}, t_p	Geometrische Vorbeifahrzeit des Zuges durch die Messebene gleich $t2-t1$
v	Zuggeschwindigkeit

1 Angaben zum Auftrag

Aufgabenstellung:

Im Rahmen des Projekts Deufrako RAPS soll die DB AG Vorbeifahrgeräusche zur wirkungsorientierten Bewertung von Schlafstörungen bei der Einführung der K-Sohle liefern.

Es werden je ein Beispielgeräusch für Güterzüge bestehend aus Güterwagen mit (1) K-Sohle-Bremsen, (2) GG-Sohle-Bremsen und (3) K-/GG-Sohle-Bremsen-Gemischt erstellt. In diesem Bericht werden die Originalgeräusche, die gewählten Filterfunktionen (gekipptes Fenster, geschlossenes Fenster, Innenraumabsorption Schlafzimmer) und die Erarbeitung der Beispielgeräusche aus den Originalgeräuschen dokumentiert. Die Geräusche werden zusammen mit dem Bericht an die unten angegebenen Partner des Projektes geliefert.

Auftraggeber:

Deutsche Bahn AG
Technik und Beschaffung - DB Systemtechnik
TZF 12 (Dr. Manfred Beier)
Völckerstr. 5
80939 München

Fachabteilungen:

Deutsche Bahn AG
Technik und Beschaffung - DB Systemtechnik
TZF 12.1
Völckerstr. 5
80939 München

Beteiligtes Ingenieurbüro:

Möhler + Partner
Beratende Ingenieure für Schallschutz und Bauphysik
Paul-Heyse-Straße 27
D-80336 München

Bearbeiter:

Meunier(TZF 12.1), Liepert (Möhler + Partner), Beier (TZF 12)

Umfang des Berichtes und der Anlagen:

Bericht besteht aus 5 Seiten und 4 Anlagen mit insgesamt 27 Seiten.

Verteiler des Prüfberichtes:

Herr U. Möhler (Möhler + Partner)
Frau Univ.-Prof. Dr. Barbara Griefahn (IfADo)
Herr Dr. Liebl (Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt)
Herr Dr. Beier (TZF12)

2 Beschreibung der gemessenen Züge und der zugehörigen Vorbeifahrgeräusche

Die Originalgeräusche sind Güterzugvorbeifahrten mit den Randbedingungen:

- Messpunkt 25 m seitlich Gleismitte, 3,5 m über Schienenoberkante,
- normaler Schienenzustand (0 dB bis 3 dB -Verriffelung) und
- Vorbeifahrtgeschwindigkeit $v \sim 80$ km/h.

Alle Züge wurden an derselben Messstelle / Gleis und am selben Tag aufgezeichnet (siehe Tabelle in Anlage 2).

Gemischter K-/GG-Sohlen gebremster Güterzug

Der Zug wurde anlässlich einer vergleichenden Demonstration der akustischen Wirkung eines gemischten K-/GG-Sohle gebremsten Güterzuges gemessen. Messort war Bingen an der Mittelrhein-Strecke, Messdatum der 02.04.2007. Der Zug hat die Länge $l = 330$ m. Die Vorbeifahrtgeschwindigkeit betrug 80 km/h.

GG-Sohlen gebremster Güterzug

Der Zug wurde anlässlich einer vergleichenden Demonstration der akustischen Wirkung eines gemischten K-/GG-Sohle gebremsten Güterzuges gemessen. Messort war Bingen an der Mittelrhein-Strecke, Messdatum der 02.04.2007. Der Zug hat eine Länge $l = 500$ m. Die Vorbeifahrtgeschwindigkeit betrug 81 km/h.

K-Sohlen gebremster Güterzug

Für die Geschwindigkeit $v = 80$ km/h ist kein rein K-Sohle gebremster Güterzug verfügbar. Deshalb wurde der K-Sohle Güterzug aus dem o.g. gemischten K-/GG-Sohlenzug synthetisch erstellt (s. Kap. 4.1).

3 Beschreibung der verwendeten Filterfunktionen

Siehe Anlage 1:

Möhler + Partner, Untersuchungsbericht Nr. 101-2482-1

“Filterfunktionen zur spektralen Anpassung von Geräuschaufzeichnungen an die Innenraumsituation bei gekipptem und geschlossenem Fenster

4 Erstellung der Beispielgeräusche

4.1 Erstellung der Beispielgüterzüge

Die Beispielgüterzüge wurden zum Teil durch eine Modifikation der Original-Güterzüge erstellt. Da die Originalgeräusche unterschiedlich lang waren, wurde die Länge des GG- und K-Sohlen Güterzuges auf die einheitliche Länge des gemischten K-/GG-Zuges von 330 m angepasst.

- (1) Das Geräuschbeispiel K-Sohlen-Güterzug wurde aus dem K-/GG-Sohlen-Mischzug erstellt. Die absteigende Flanke des Zuges wurde synthetisch durch Spiegelung der Anstiegsflanke und Verstärkung um 2 dB erstellt, um die Flankensteilheit an die Realität anzupassen. Die Zuglänge wurde an die Länge des gemischten K-/GG-Sohlen Güterzuges angepasst.
- (2) Die Länge des Güterzuges mit GG-Sohlen wurde durch Ausschneiden eines Abschnittes in der Mitte des Zuges an die Länge des gemischten K-/GG-Sohlen Güterzuges angepasst.
- (3) Der gemischte K-/GG-Sohlen Güterzug ist der Originalzug.

Die Beispielgüterzüge haben dieselbe Länge von 330 m. An der Lautstärke der jeweiligen Vorbeifahrgeräusche wurde nichts geändert.

4.2 Filterung der Beispielgüterzüge

Die 3 Beispielgüterzüge wurden gefiltert:

- Filterfunktion gekipptes Fenster + Filterfunktion Innenraumabsorption eines typischen Schlafzimmers (arithmetische Addition der Filterfunktionen) und
- Filterfunktion geschlossenes Fenster + Filterfunktion Innenraumabsorption eines typischen Schlafzimmers (arithmetische Addition der Filterfunktionen).

Die Filterfunktionen werden in Anlage 1: Untersuchungsbericht Nr. 101-2482-1, Möhler + Partner beschrieben.

4.3 Format der Geräusche

Die Dateien wurden im Audioformat PCM mit einer Auflösung von 16 Bit und einer Abtastrate von 44,1 kHz in mono erstellt. Die Amplitude der jeweiligen Audiodateien wurde auf denselben Maximalpegel von 110 dBpeak eingestellt.

5 Ergebnisse

Insgesamt werden 10 Geräusche zur Verfügung gestellt (siehe Anlage 2):

1. Vorbeifahrgeräusch GG-Sohle gebremster Zug
2. Vorbeifahrgeräusch gemischter K- und GG-Sohle gebremster Zug
3. Vorbeifahrgeräusch K-Sohle gebremster Zug
4. Vorbeifahrgeräusch GG-Sohle gebremster Zug bei gekipptem Fenster + Raumabsorption
5. Vorbeifahrgeräusch gemischter K- und GG-Sohle gebremster Zug bei gekipptem Fenster + Raumabsorption
6. Vorbeifahrgeräusch K-Sohle gebremster Zug bei gekipptem Fenster + Raumabsorption
7. Vorbeifahrgeräusch GG-Sohle gebremster Zug bei geschlossenem Fenster + Raumabsorption
8. Vorbeifahrgeräusch gemischter K- und GG-Sohle gebremster Zug bei geschlossenem Fenster + Raumabsorption
9. Vorbeifahrgeräusch K-Sohle gebremster Zug bei geschlossenem Fenster + Raumabsorption
10. Weißes Rauschen mit einem A-bewerteten Dauerschalldruckpegel L_{pAeq} von 71 dB(A)

In Anlage 3 sind die Zeitpegelschriebe der jeweiligen Beispielgeräusche zusammen mit den Summenpegel $L_{pAeq,tp}$, $L_{peq,tp}$ und $L_{pAF,max}$ dargestellt. Die unbewerteten Terzspektren gemittelt über die Vorbeifahrzeit sind in Anlage 4 ersichtlich.

Die Vorbeifahrgeräusche liegen dem Bericht als CD bei.

6 Unterschriften

Dr. M. Beier TZF 12 (PL)

Hr. N. Meunier, L TZF 12.1

Beschreibung der Geräuschbeispiele und Auswerteprotokoll

Alle Aufnahmen aus der Messkampagne K-Sohle Bingen 2007

Messstelle M2

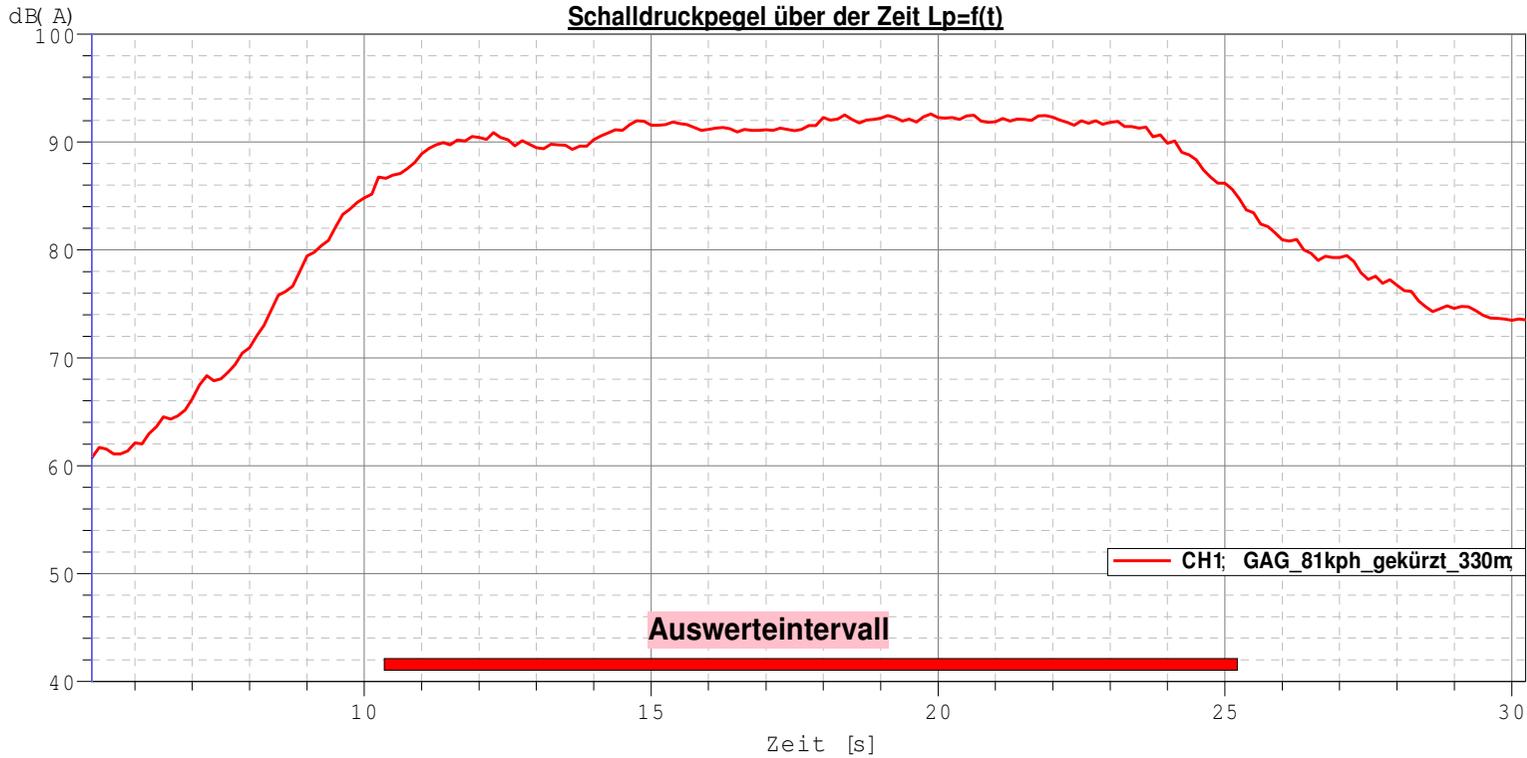
LSMW zwischen 0dB und +3dB

Datei_Nr.	Dateiname	Datum	Zeit	Vers. DAT	Zugart	Messgleis		Zugangaben						Bemerkungen	Auswertung							
						Gleis*	Richtung**	Tfz		Wagen		Zuglänge	v		t _{vb}	Auswertezeit			Schallpegel			
								BR	n	n	S					K	Kan.1	Kan.1	Kan.1	Kan.1	Kan.1	Kan.1
						Anordnung***											Mp	Mp	Mp	Mp	Mp	Mp
																	LS	LS	LS	LS	LS	LS
										von t1	bis t2	Delta t	25m/3,5m LpAeq,tp	25m/3,5m Lpeq,tp	25m/3,5m LpAFmax							
										[s]	[s]	[s]	dB(A)	dB(lin)	dB(A)							
1	GAG_81kph_gekürzt_330m	02.04.07	13:43	111	GG	W	M	421	1	v,h	?	?	330	81	14,667	Datei aus dem Original auf 330m gekürzt	10,38	25,00	14,63	91,0	92,0	93,0
2	K-GG-Sohle_80kph_original_330m	02.04.07	13:13	108	K + GG	W	M	185	2	v,h		21	330	80	14,850	Originaldatei Vorführung Fahrt 2	6,25	21,13	14,88	89,0	91,0	93,0
3	K-Sohle_80kph_gekürzt_330m	02.04.07	13:13	108	K	W	M	185	2	v,h	?	?	330	80	14,850	Datei aus der Fahrt 2 zusammengestellt	5,25	20,13	14,88	84,0	87,0	86,0
4	GAG_81kph_gekürzt_330m_gekipptes_Fenster	02.04.07	13:43	111	GG	W	M	421	1	v,h	?	?	330	81	14,7	Gekipptes Fenster + Raumabsorption	5,79	20,40	14,61	71,0	72,0	73,0
5	K-GG-Sohle_80kph_original_330m_gekipptes_Fenster	02.04.07	13:13	108	K + GG	W	M	185	2	v,h		21	330	80	14,9	Gekipptes Fenster + Raumabsorption	1,04	15,92	14,88	69,0	70,0	73,0
6	K-Sohle_80kph_gekürzt_330m_gekipptes_Fenster	02.04.07	13:13	108	K	W	M	185	2	v,h	?	?	330	80	14,9	Gekipptes Fenster + Raumabsorption	0,79	15,67	14,88	64,0	65,0	66,0
7	GAG_81kph_gekürzt_330m_geschlossenes_Fenster	02.04.07	13:43	111	GG	W	M	421	1	v,h	?	?	330	81	14,7	Geschlossenes Fenster + Raumabsorption	5,79	20,40	14,61	44,0	51,0	46,0
8	K-GG-Sohle_80kph_original_330m_geschlossenes_Fenster	02.04.07	13:13	108	K + GG	W	M	185	2	v,h		21	330	80	14,9	Geschlossenes Fenster + Raumabsorption	1,04	15,92	14,88	42,0	56,0	46,0
9	K-Sohle_80kph_gekürzt_330m_geschlossenes_Fenster	02.04.07	13:13	108	K	W	M	185	2	v,h	?	?	330	80	14,9	Geschlossenes Fenster + Raumabsorption	0,79	15,67	14,88	38,0	56,0	40,0
10	Weißes_Rauschen_71dB(A)															Weißes Rauschen	Anfang	Ende		71,0	73,0	71,0

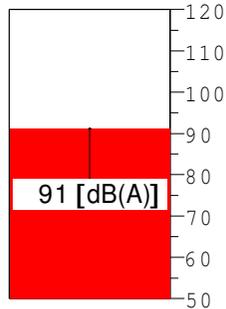
* W = Westgleis
 ** M = Richtung Mainz
 *** v = vorne; h = hinten

Vorbeifahrtgeschwindigkeit: 81 km/h
 Länge: 330m
 Messposition: 25m / 3,5m
 Ungefiltert

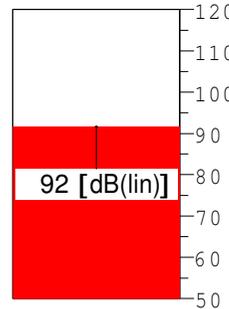
Graugussgebremster Güterzug



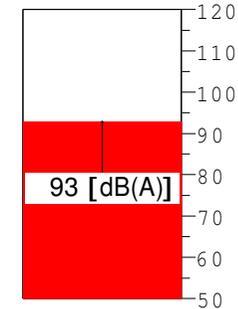
**$L_{pAeq,Tp}$
[dB(A)]**



**$L_{peq,Tp}$
[dB(lin)]**

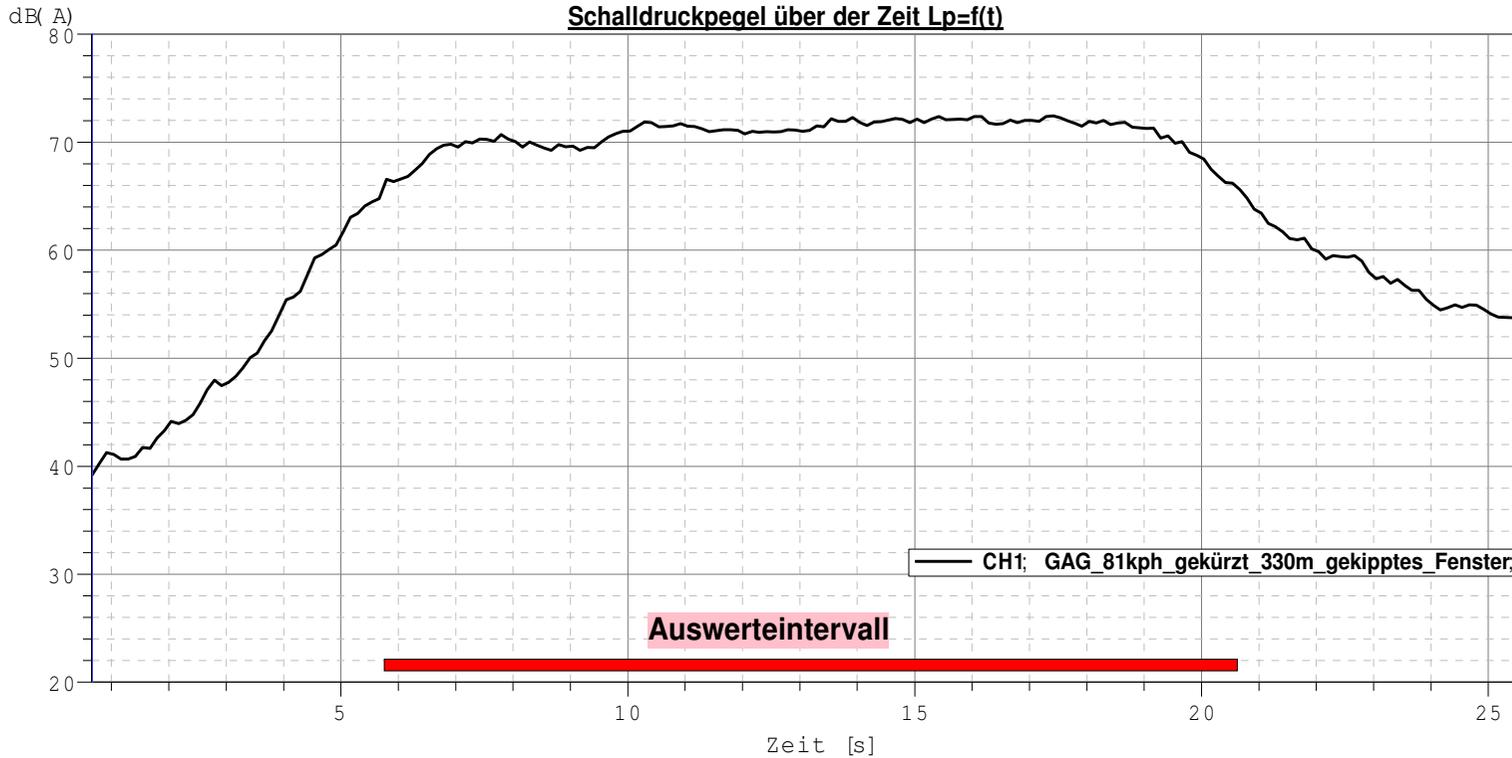


**$L_{pAF,max}$
[dB(A)]**

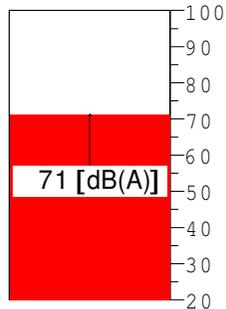


Vorbeifahrtgeschwindigkeit: 81 km/h
 Länge: 330m
 Messposition: 25m / 3,5m
 Gekipptes Fenster + Raumabsorption

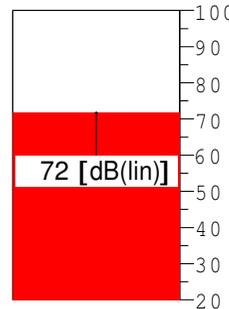
Graugussgebremster Güterzug



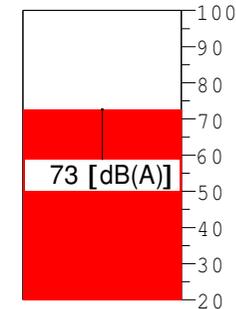
LpAeq, Tp
 [dB(A)]



Lpeq, Tp
 [dB(lin)]

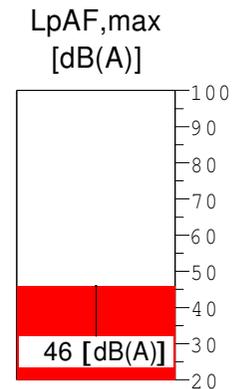
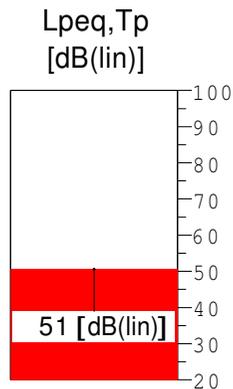
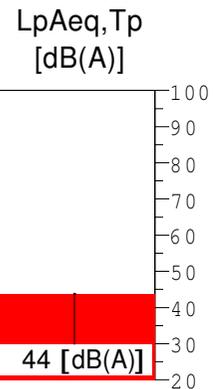
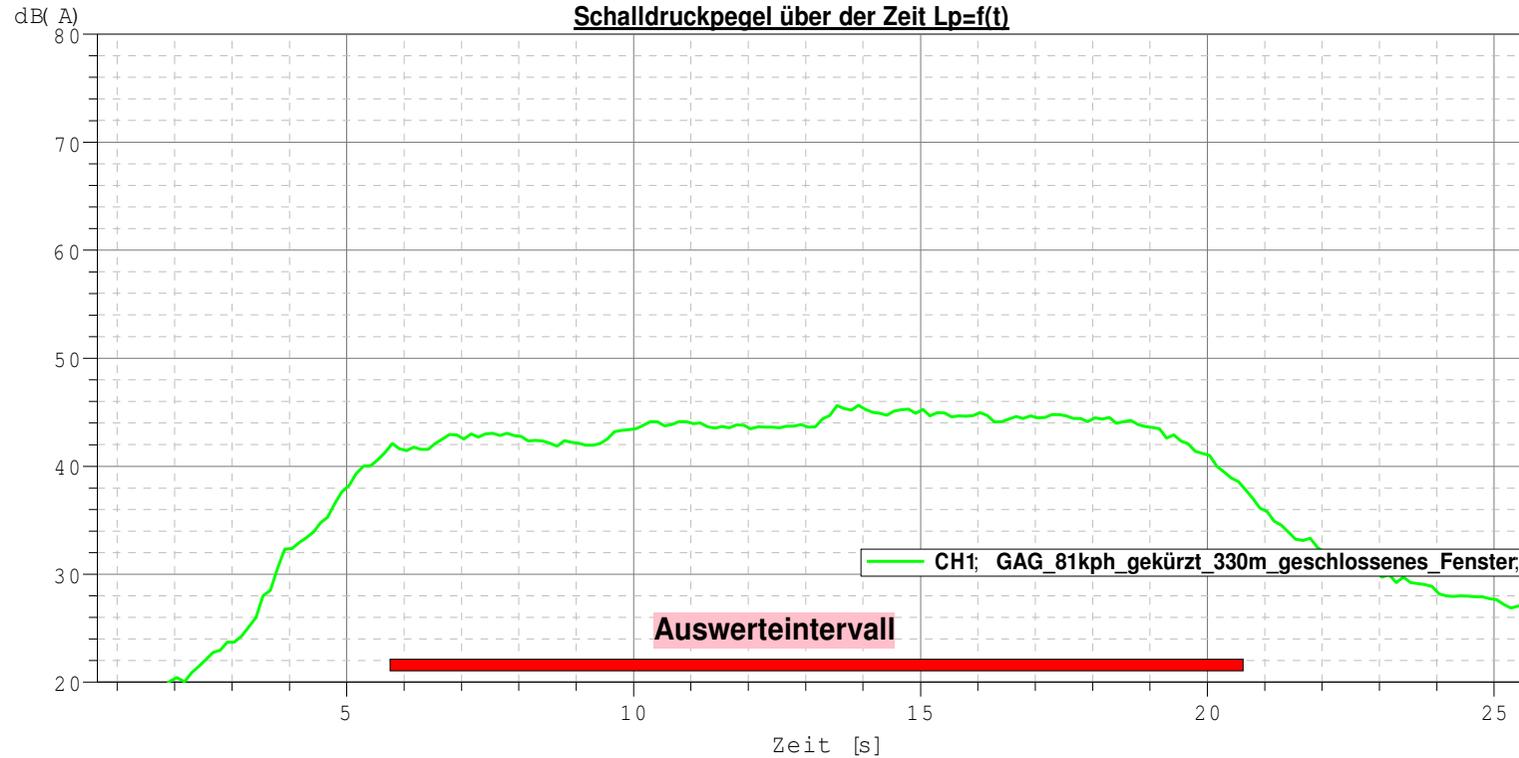


LpAF, max
 [dB(A)]



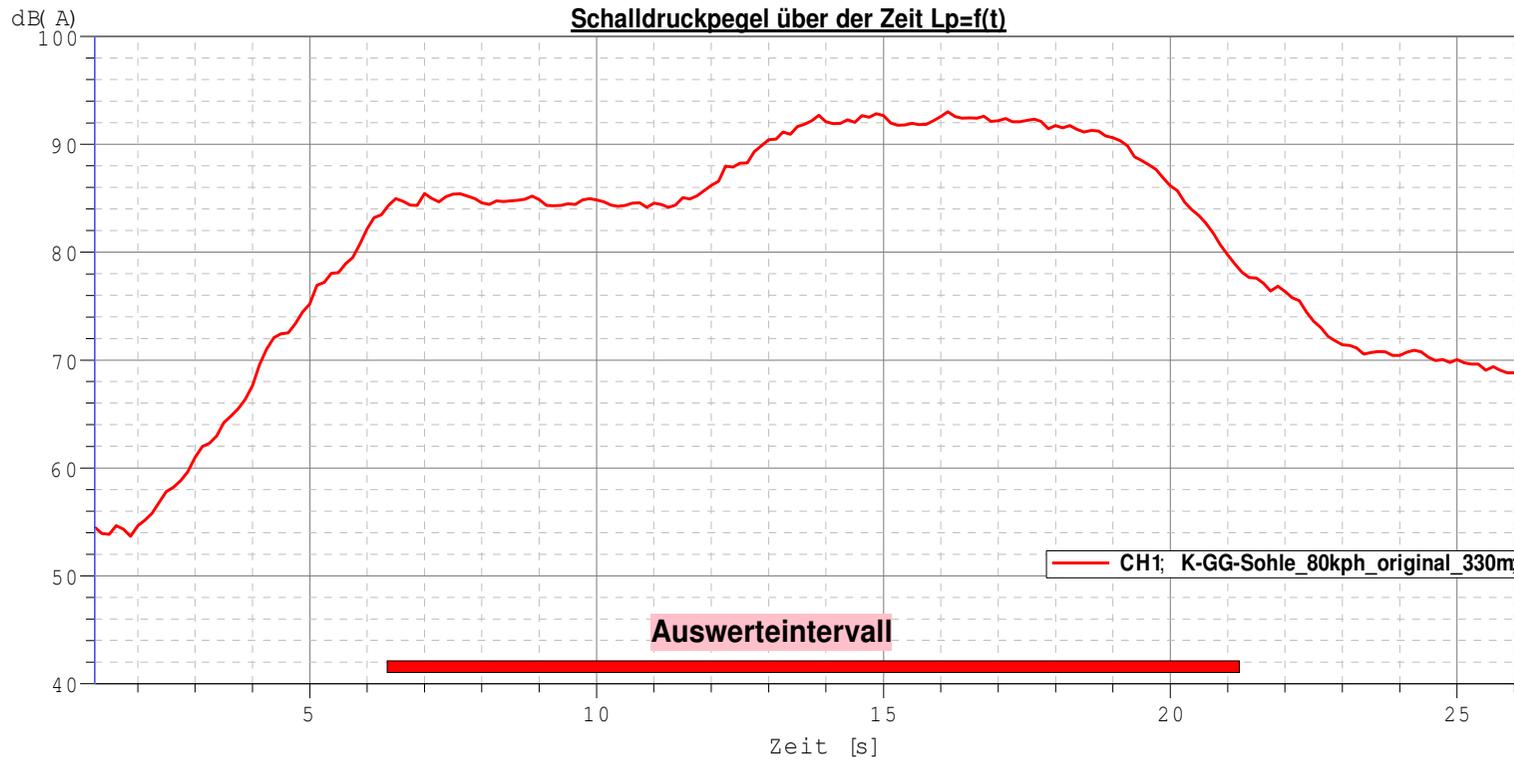
Vorbeifahrtgeschwindigkeit: 81 km/h
 Länge: 330m
 Messposition: 25m / 3,5m
 Geschlossenes Fenster + Raumabsorption

Graugussgebremster Güterzug

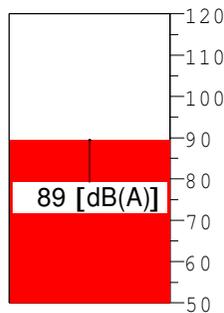


Grauguss- und K-Sohle gebremster Güterzug

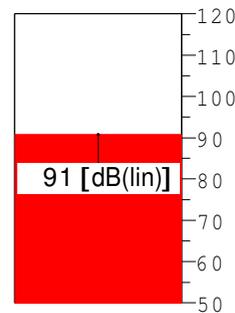
Vorbeifahrtsgeschwindigkeit: 80 km/h
 Länge: 330m
 Messposition: 25m / 3,5m
 Ungefiltert



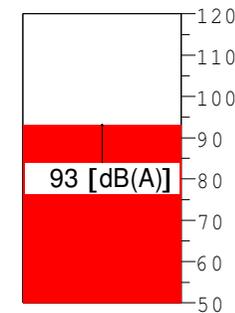
**L_{pAeq, T_p}
[dB(A)]**



**L_{peq, T_p}
[dB(lin)]**

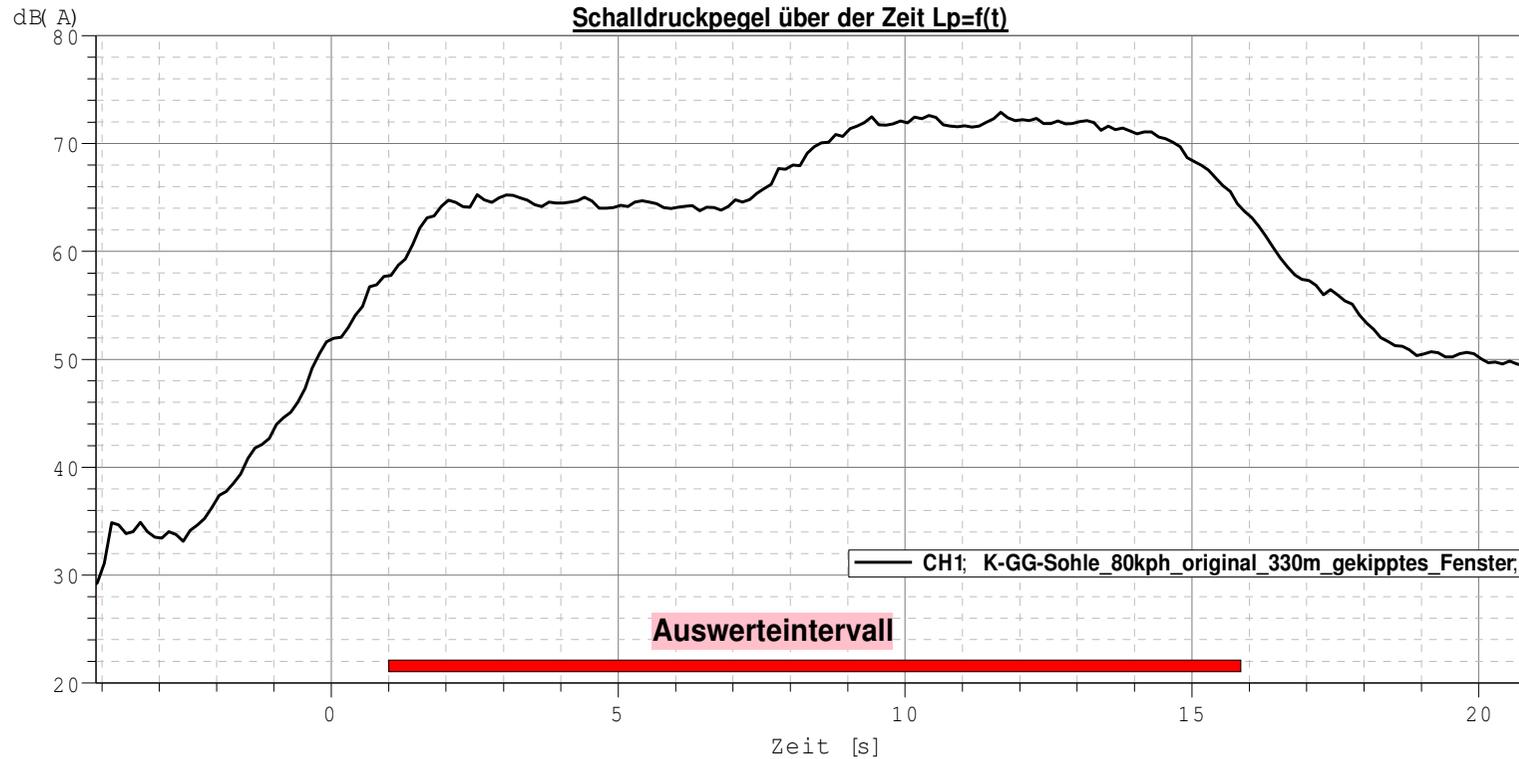


**$L_{pAF, max}$
[dB(A)]**

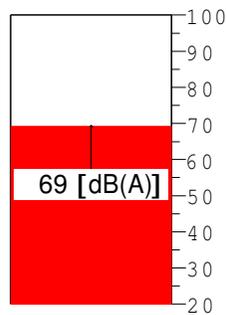


Grauguss- und K-Sohle gebremster Güterzug

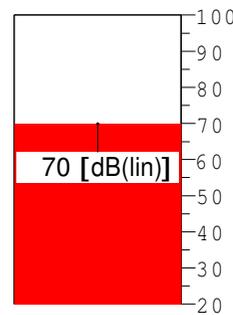
Vorbeifahrtsgeschwindigkeit: 80 km/h
 Länge: 330m
 Messposition: 25m / 3,5m
 Gekipptes Fenster + Raumabsorption



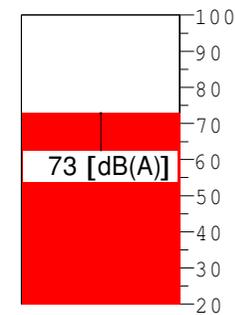
$L_{pAeq,Tp}$
[dB(A)]



$L_{peq,Tp}$
[dB(lin)]



$L_{pAF,max}$
[dB(A)]



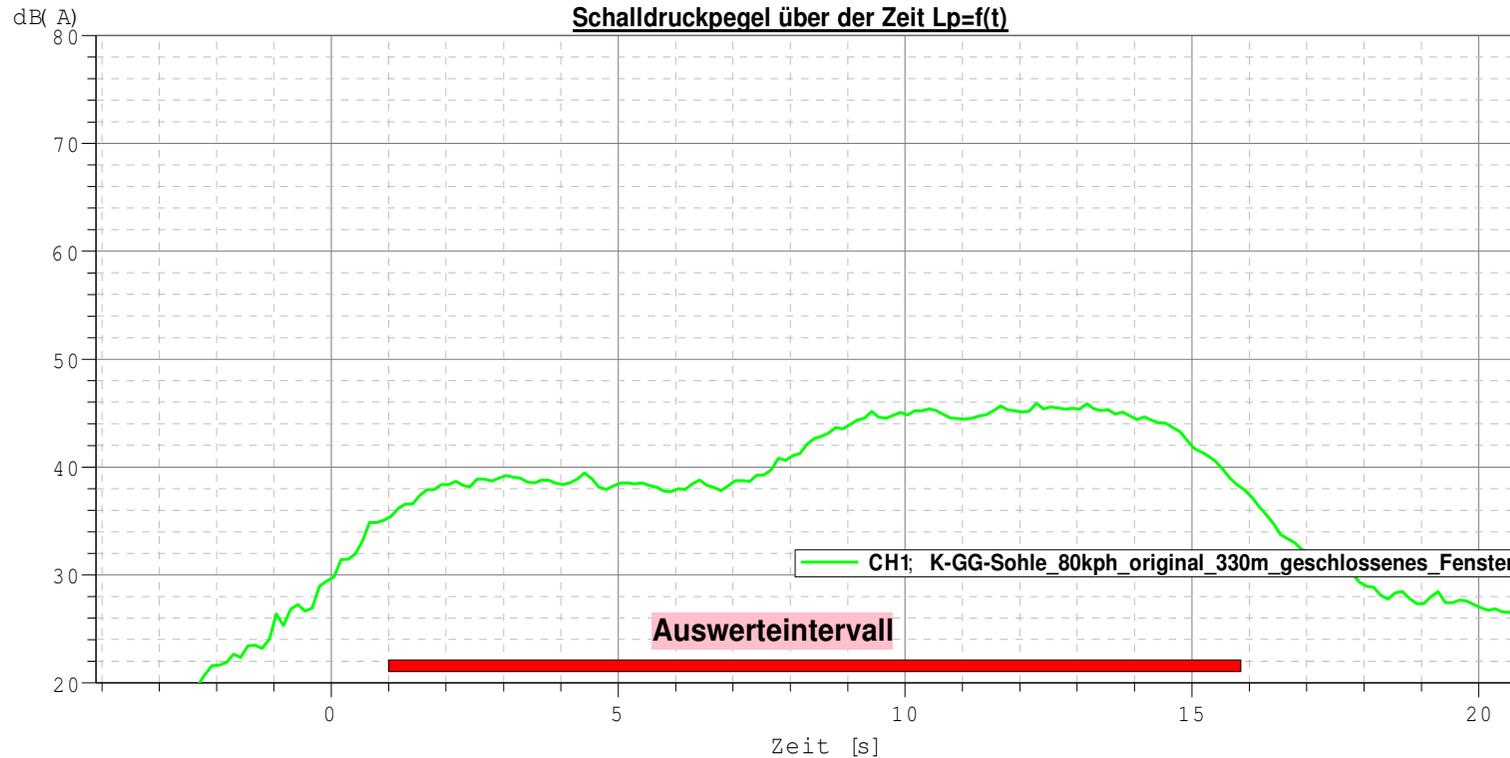
Vorbeifahrtsgeschwindigkeit: 81 km/h

Grauguss- und K-Sohle gebremster Güterzug

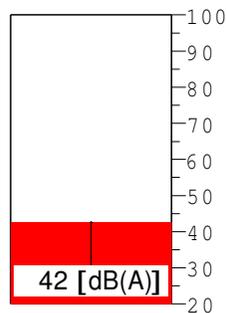
Länge: 330m

Messposition: 25m / 3,5m

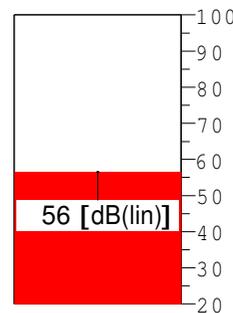
Geschlossenes Fenster + Raumabsorption



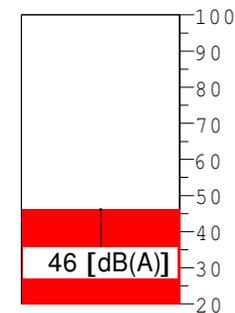
**$L_{pAeq,Tp}$
[dB(A)]**



**$L_{peq,Tp}$
[dB(lin)]**

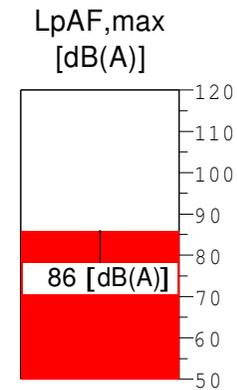
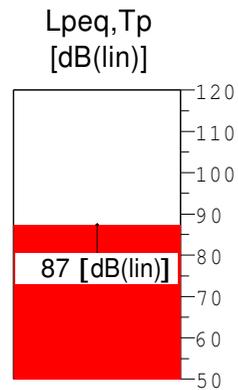
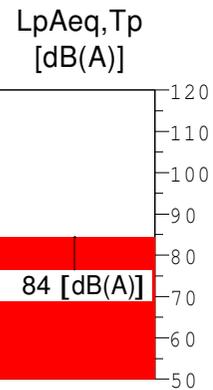
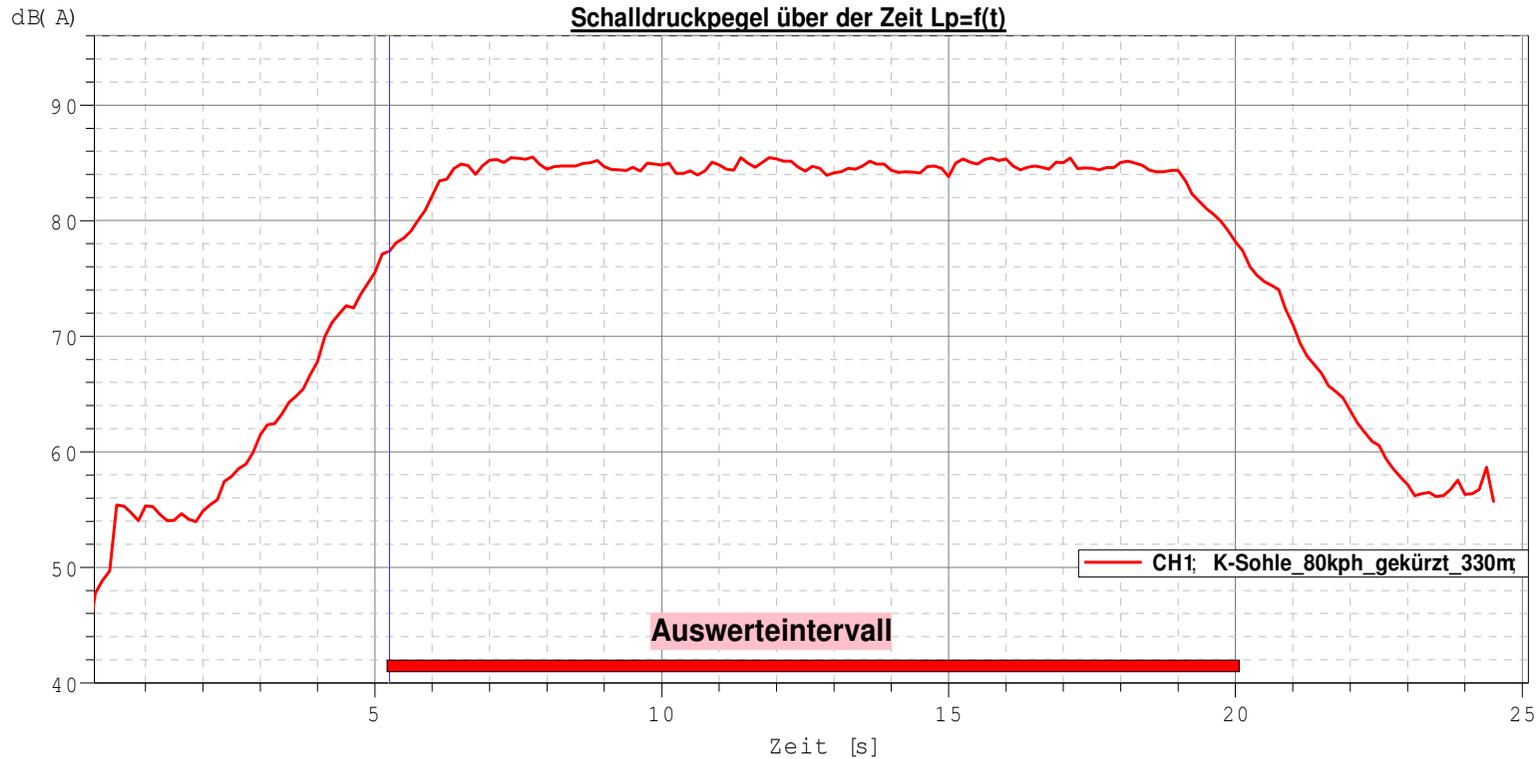


**$L_{pAF,max}$
[dB(A)]**



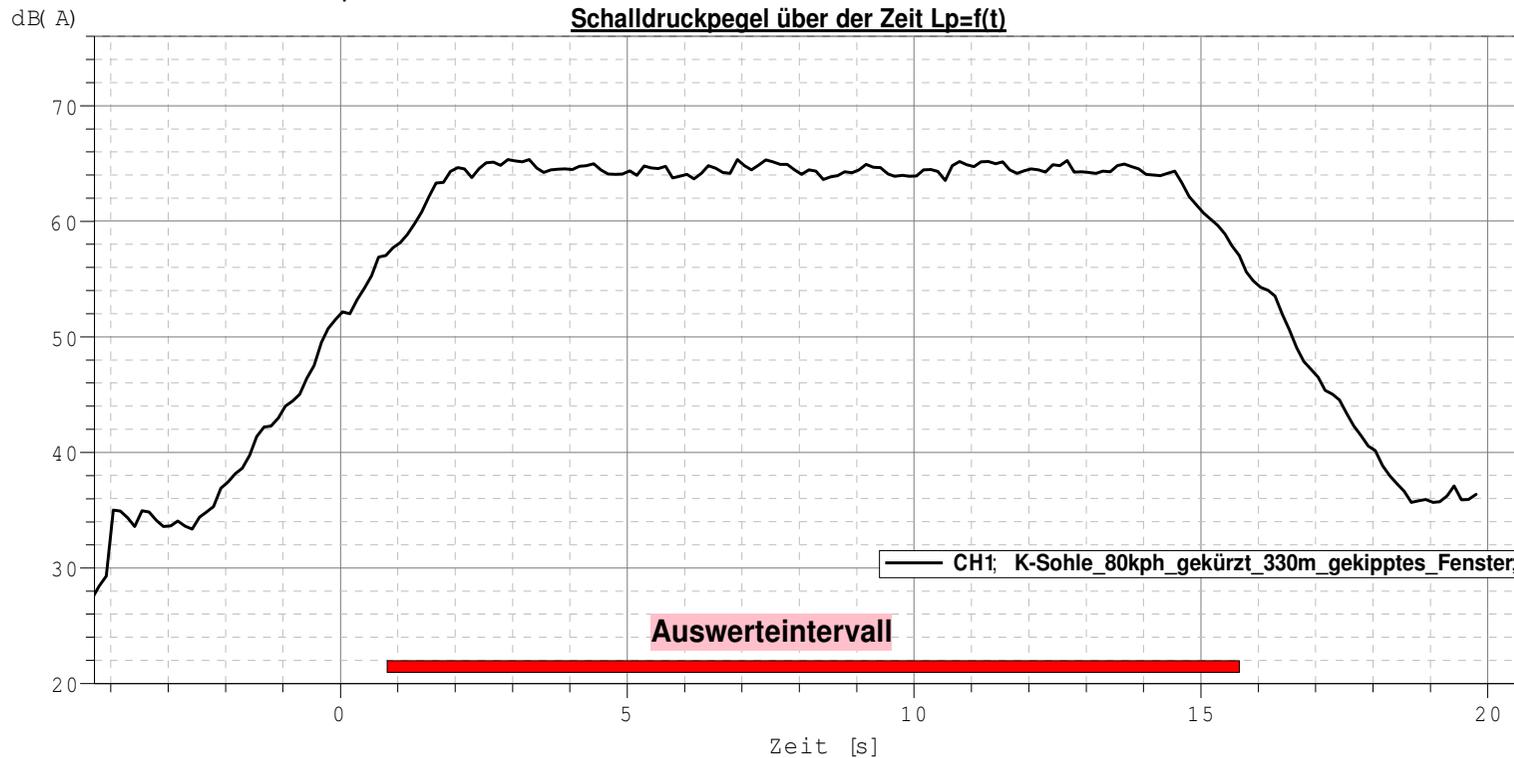
K-Sohle gebremster Güterzug

Vorbeifahrtgeschwindigkeit: 80 km/h
 Länge: 330m
 Messposition: 25m / 3,5m
 Ungefiltert

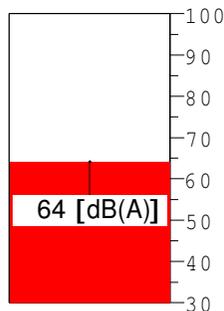


K-Sohle gebremster Güterzug

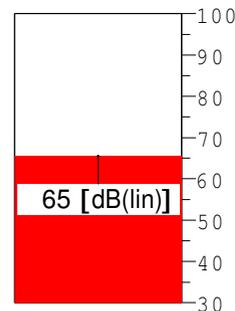
Vorbeifahrtgeschwindigkeit: 80 km/h
 Länge: 330m
 Messposition: 25m / 3,5m
 Gekipptes Fenster + Raumabsorption



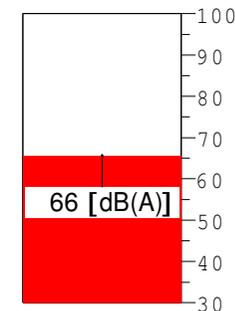
**$L_{pAeq,Tp}$
[dB(A)]**



**$L_{peq,Tp}$
[dB(lin)]**

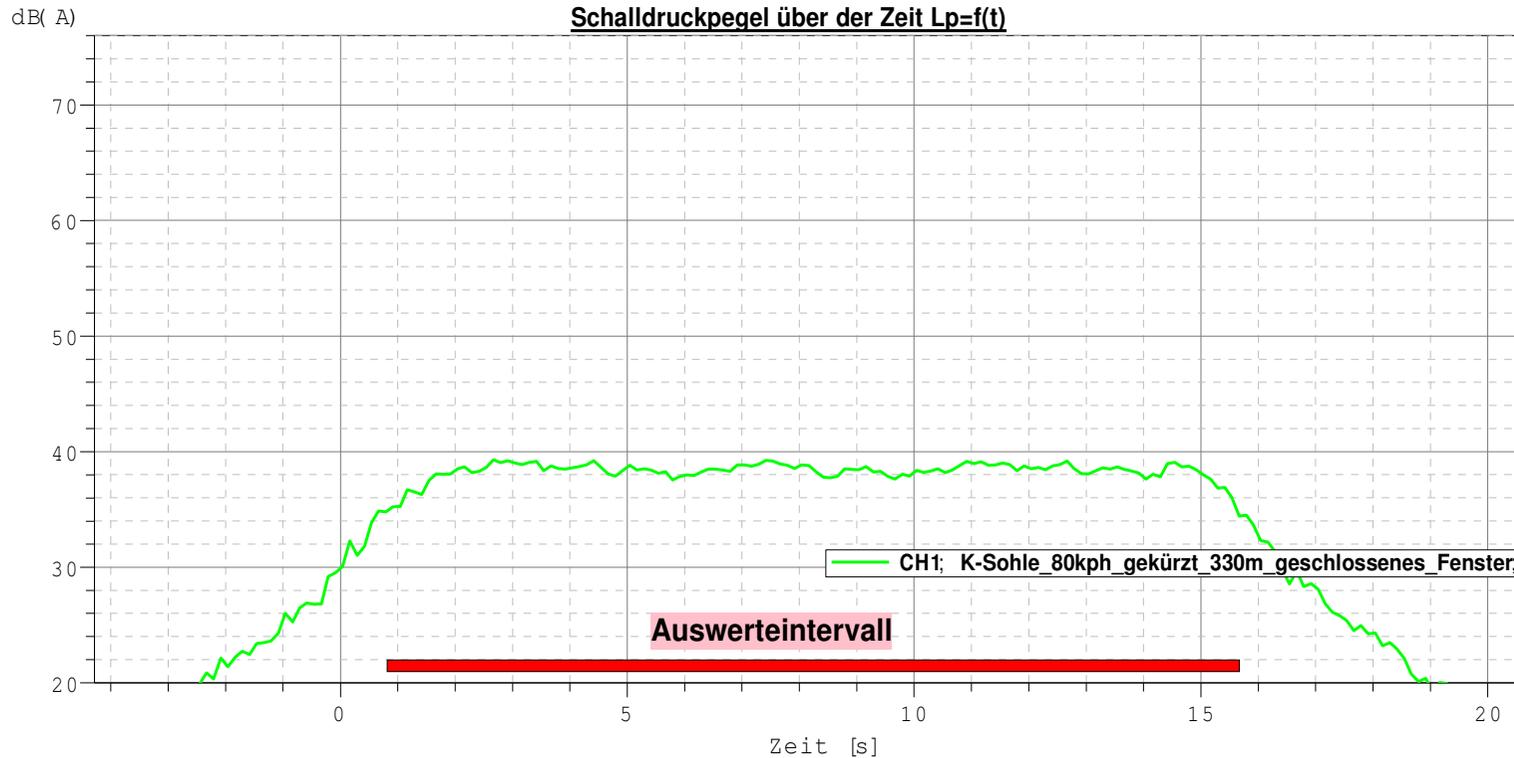


**$L_{pAF,max}$
[dB(A)]**

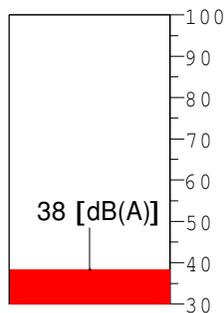


Vorbeifahrtgeschwindigkeit: 81 km/h
 Länge: 330m
 Messposition: 25m / 3,5m
 Geschlossenes Fenster + Raumabsorption

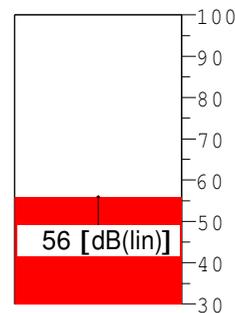
K-Sohle gebremster Güterzug



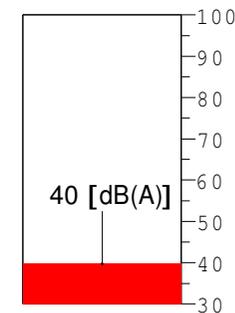
**$L_{pAeq,Tp}$
[dB(A)]**



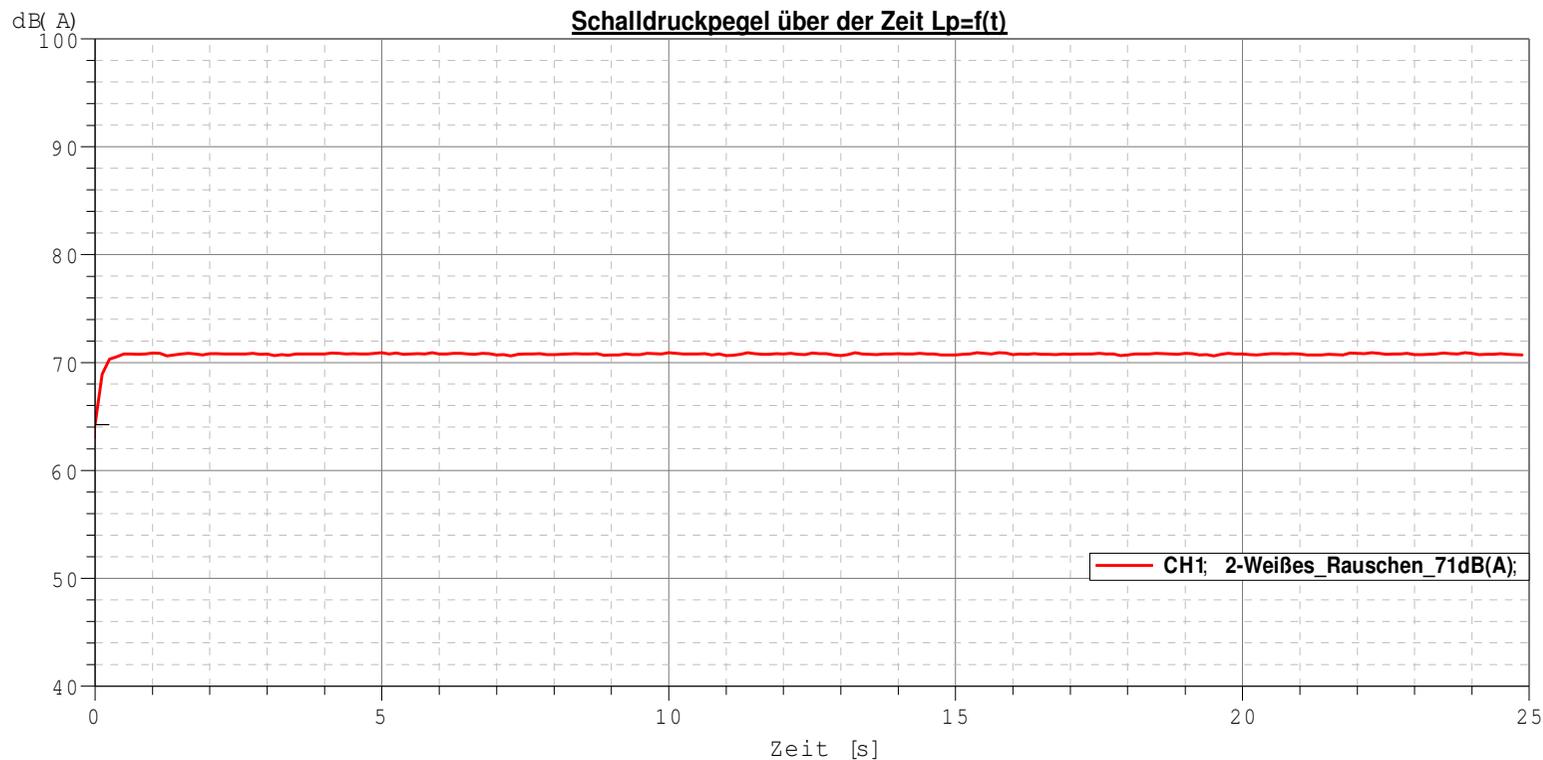
**$L_{peq,Tp}$
[dB(lin)]**



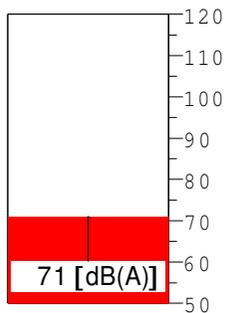
**$L_{pAF,max}$
[dB(A)]**



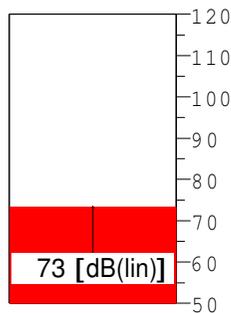
Weißes Rauschen



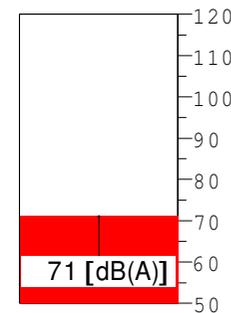
**$L_{pAeq,Tp}$
[dB(A)]**



**$L_{peq,Tp}$
[dB(lin)]**



**$L_{pAF,max}$
[dB(A)]**

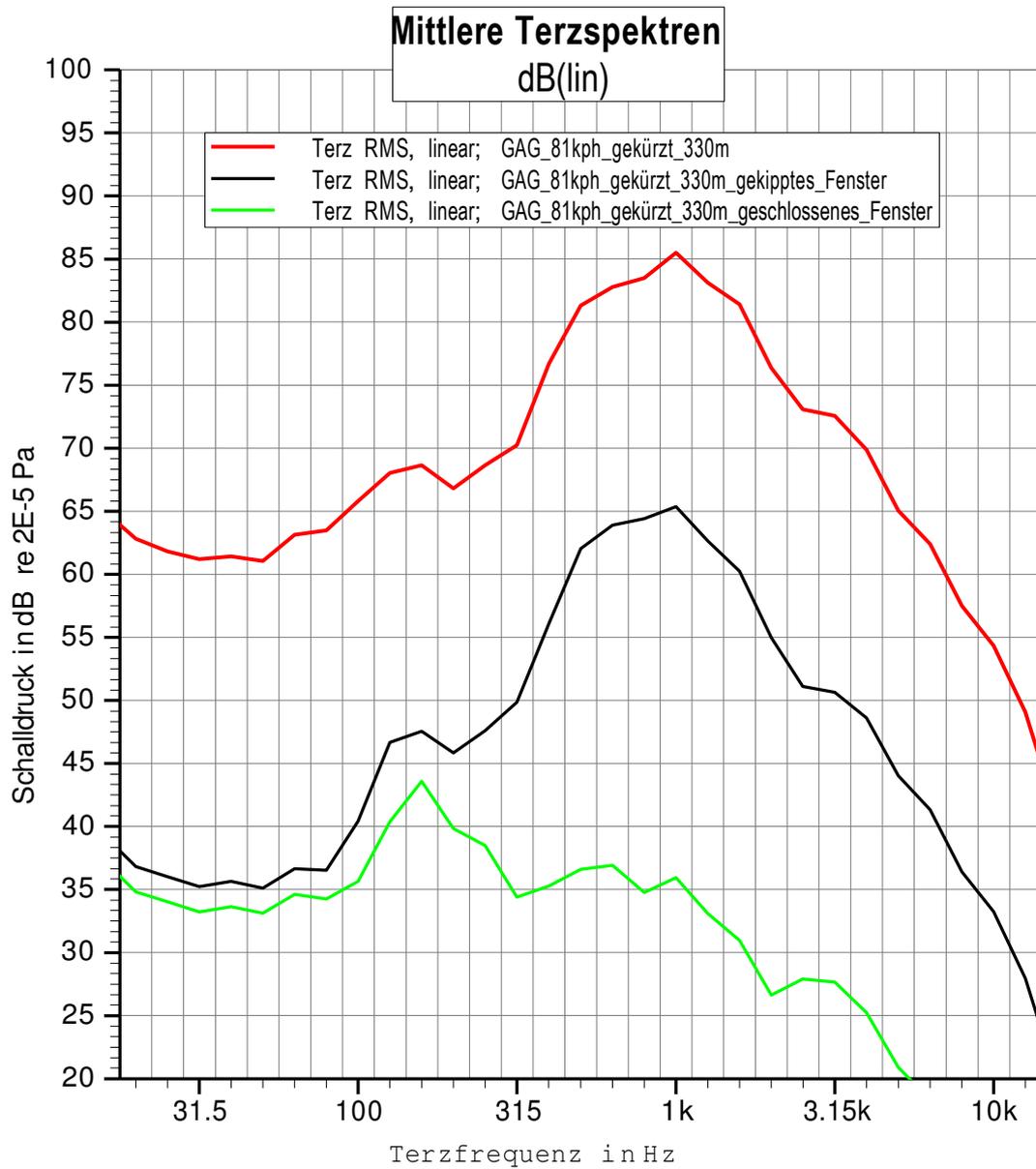


**Terzspektren ungefiltert, mit gekipptem Fenster und Raumabsorption bzw.
geschlossenem Fenster und Raumabsorption****Güterzug mit Graugussbremssohlen**

Vorbeifahrtgeschwindigkeit: 81 km/h

Länge: 330m

Messposition: 25m / 3,5m

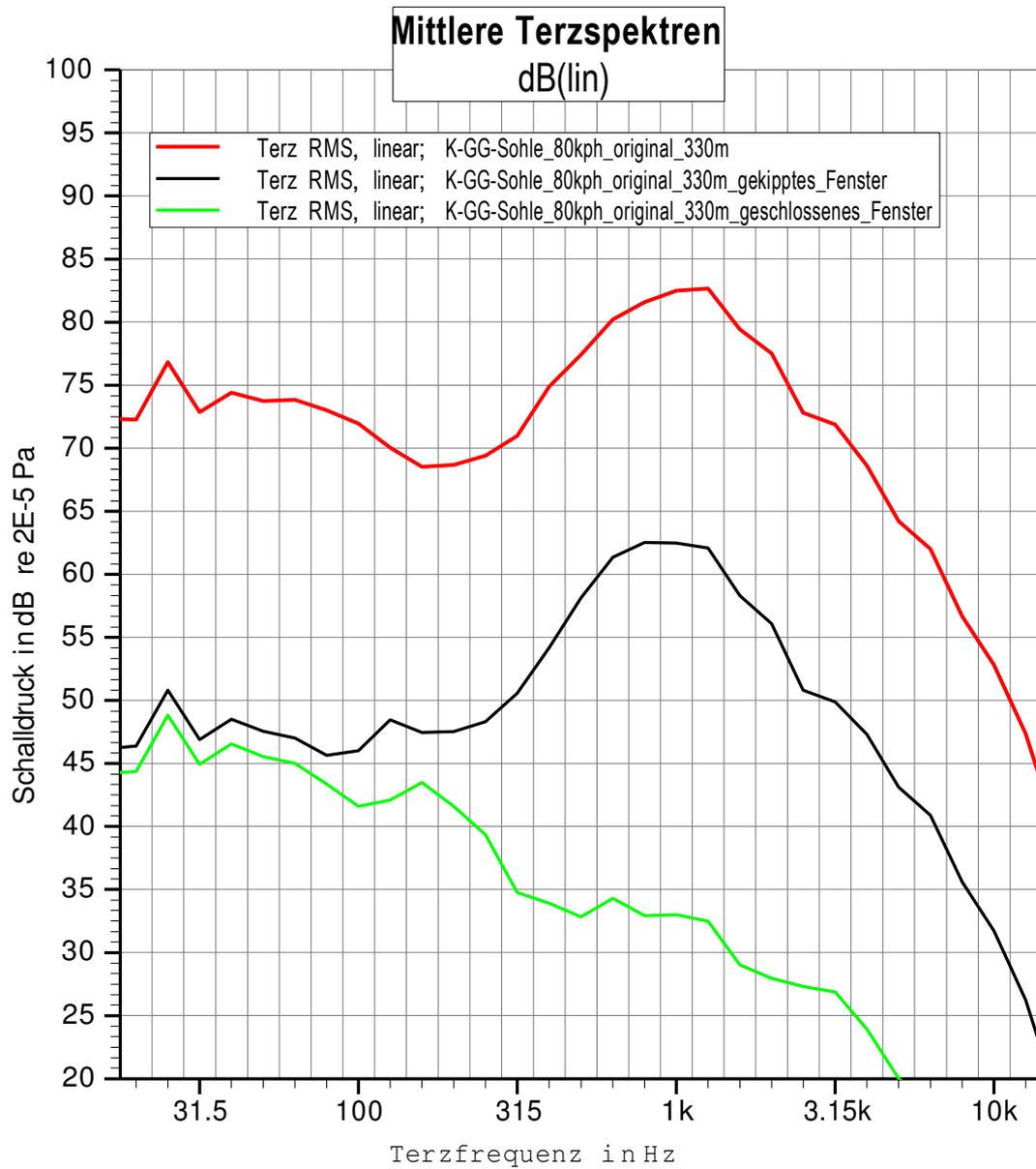


**Terzspektren ungefiltert, mit gekipptem Fenster und Raumabsorption bzw.
geschlossenem Fenster und Raumabsorption****Güterzug mit Grauguss- und K-Bremssohlen**

Vorbeifahrtgeschwindigkeit: 81 km/h

Länge: 330m

Messposition: 25m / 3,5m



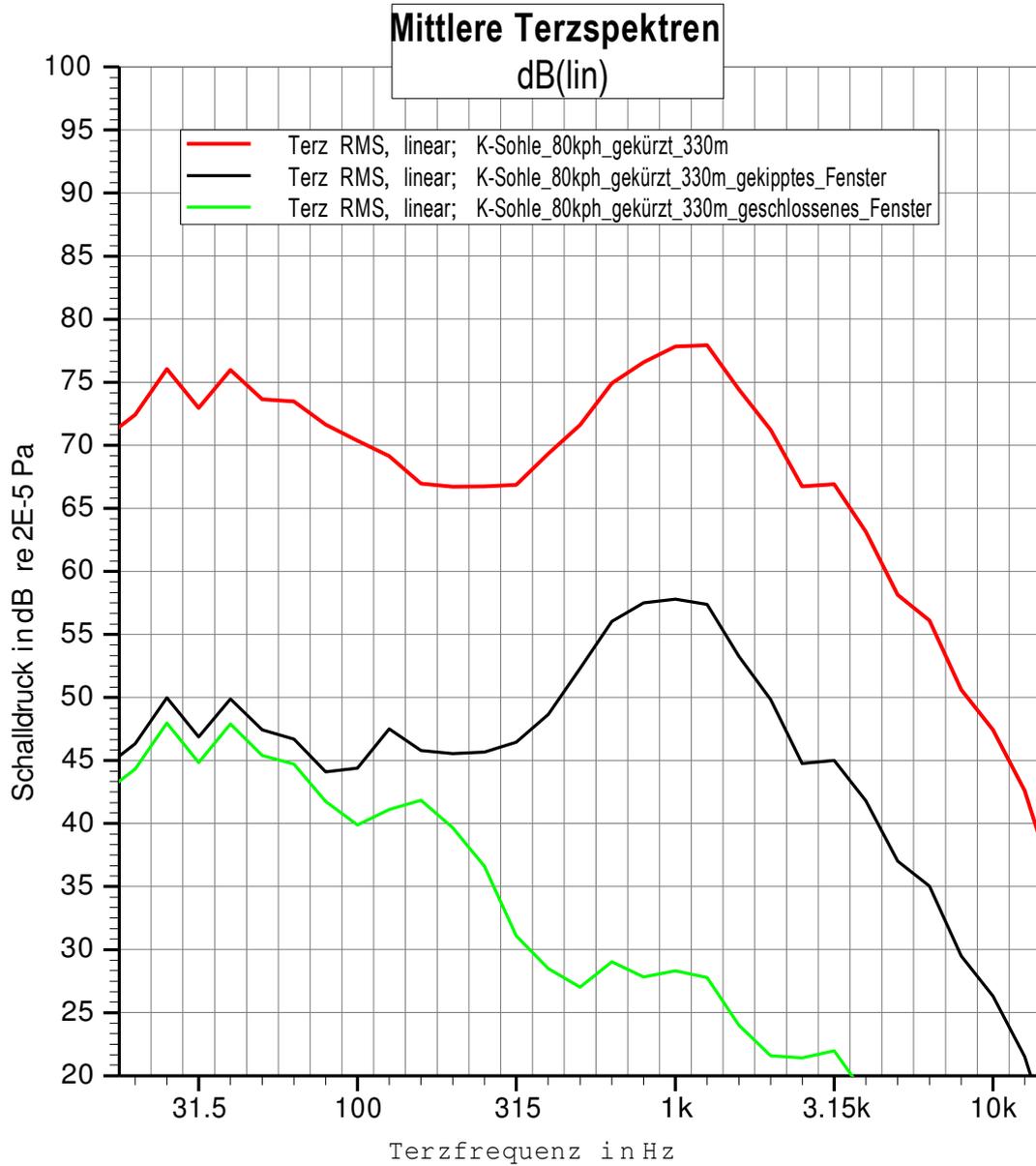
Terzspektren ungefiltert, mit gekipptem Fenster und Raumabsorption bzw. geschlossenem Fenster und Raumabsorption

Güterzug mit K-Bremssohlen

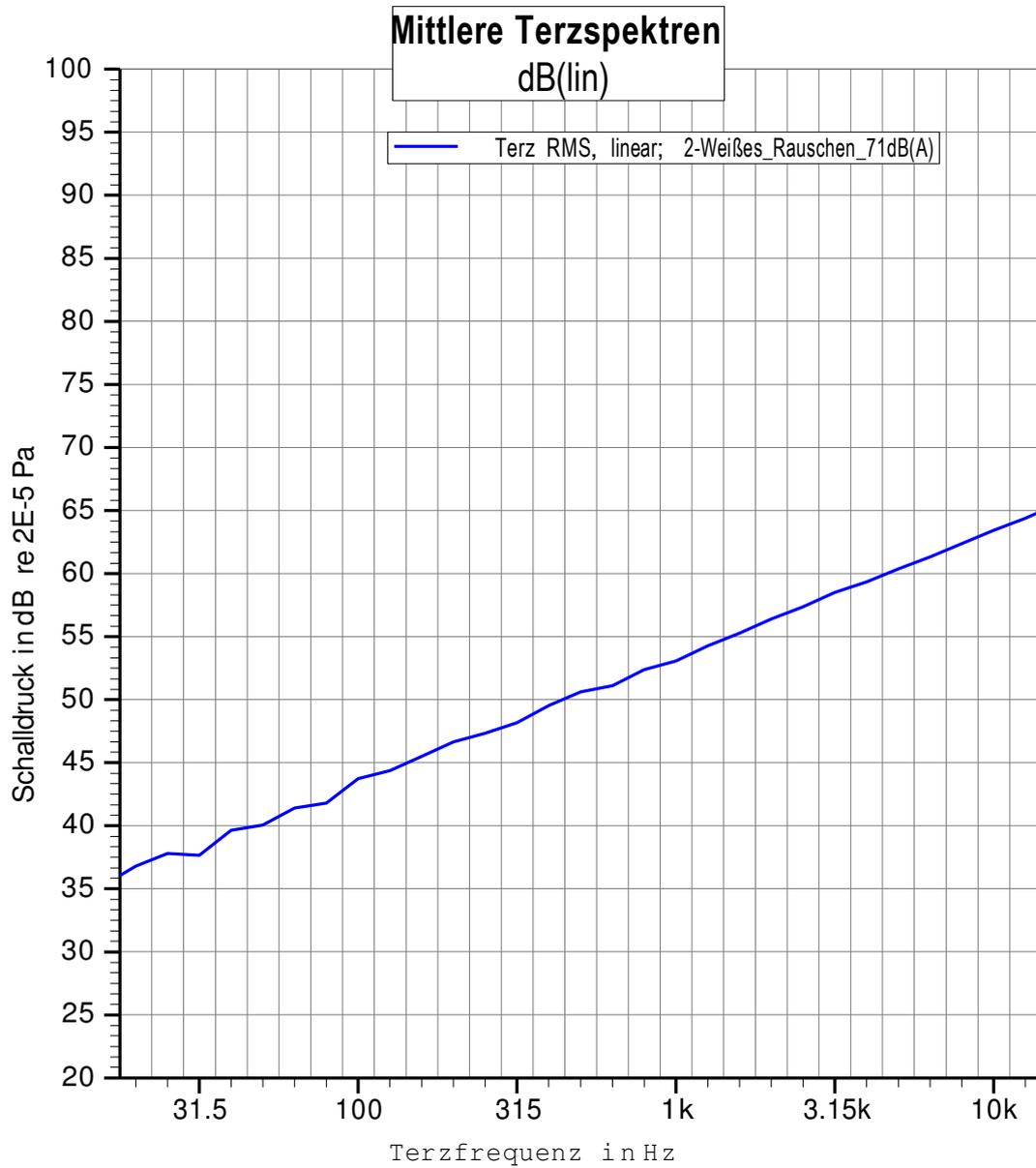
Vorbeifahrtgeschwindigkeit: 81 km/h

Länge: 330m

Messposition: 25m / 3,5m



Terzspektrum des weißen Rauschen



Deufrako Noise Effects (RAPS)

Geräuschszenarien des Schienenverkehrslärms für vergleichende Laboruntersuchungen von Schienen- und Straßenverkehrslärm zu Störungen des Nachtschlafes



Dokument: 07-P-4951-TZF12-02

Datum: 02.11.2007

Fachabteilung: DB Systemtechnik
TZF12 Akustik und Erschütterungen
Völckerstraße 5
80939 München

Zertifizierter Bereich:
Technik/Beschaffung



Anwendung eines durch die DQS GmbH
Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen
zertifizierten Qualitätsmanagementsystems

Die Dokumentation bezieht sich ausschließlich auf die im Bericht beschriebenen Vorbeifahrgeräusche, angewendeten Filterfunktionen und erarbeitete Geräuschbeispiele. Die Dokumentation, die bereitgestellten Vorbeifahrgeräusche und die erarbeiteten Geräuschbeispiele dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung des im Bericht angegebenen Auftraggebers veröffentlicht werden. Eine auszugsweise Vervielfältigung bedarf zusätzlich der Zustimmung des Auftraggebers.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Zusammenfassung	4
2 Beschreibung der Untersuchung	5
3 Beschreibung der Lärmszenarien	6
4. Auswertung und Ergebnisse	7
5. Beschreibung der gelieferten Daten	7
6. Unterschriften	8

Umfang des Berichtes und der Anlagen

Der Bericht besteht aus 8 Seiten und 13 Anlagen mit insgesamt 21 Seiten.
Die Eisenbahn Geräusche als *.wav – Dateien haben einen Umfang von ca. 35 GByte.

Verteiler

- Institut für Arbeitsphysiologie der Universität Dortmund: Frau Univ.-Prof. Dr. Barbara Griefahn
- Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitspsychologie:
Herr Univ.-Prof. Dr. Jürgen Hellbrück
- DLR Köln, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin: Herr D. Uwe Müller
- Fa. Möhler + Partner, vereidigte Sachverständige für Schallschutz im Verkehrs- und Städtebau
und auf dem Gebiet der Bauakustik: Herrn Ulrich Möhler

Die Eisenbahngeräusche als *.wav – Dateien mit einem Umfang von ca. 33 GByte liegen dem IfADo vor.

Verzeichnis der Anlagen

Anl. 1	Filterfunktion gekipptes Fenster
	<u>Szenarien n=40 / 25 m, n=40 / 50 m, n=40 / 100 m</u>
Anl. 2	Tabelle mit den Zugdaten der Lärmszenarien Bad Endorf (BE)
Anl. 3	WAVE-Darstellung der Lärmszenarien BE
Anl. 4	Mittelungspegel der Lärmszenarien BE
Anl. 5	Terzspektren der Lärmszenarien BE: Freifeld, gekipptes Fenster, Differenz Freifeld minus gekipptes Fenster
	<u>Szenarien n=57 / 25 m, n=57 / 50 m</u>
Anl. 6 bis 9	wie Anl. 3 bis 5 aber für Haspelmoor (HA)
	<u>Szenarien n=20 / 50 m, n=20 / 100 m</u>
Anl. 10 bis 13	wie Anl. 3 bis 5 aber für Langenbach (LA)

Verzeichnis der Abkürzungen

EC	EuroCity
EC-N	EuroCity Night
GZ	Güterzug
IC	InterCity
ICE	InterCityExpress
LZ	LokZug; Zug bestehend aus einer oder mehreren Lokomotiven
NZ	Nachtzug
RB	Regionalbahn
RE	Regionalexpress
$L_{pAF,max}$	A-bewerteter maximal Schalldruckpegel mit der Zeitkonstante Fast (F)
$L_{peq,tp}$	unbewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel über die Dauer t_p energetisch gemittelt
L_{pAeq}	A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel, energetisch gemittelt
LS	Luftschall
SO	Schienenoberkante
Mp	Messpunkt
n	Anzahl der Züge im Nachtzeitraum 22:00 h bis 6:00 h
v	Zuggeschwindigkeit

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts Deufrako RAPS stellt die DB AG Lärmszenarien für den Straßen- und Schienenverkehr für den Abendzeitraum 18.00 h bis 22.00 h und den Nachtzeitraum 22:00 Uhr bis 6:00 Uhr bereit. Die Lärmszenarien werden im Rahmen des Projektes für Schlaflaborversuche durch den Projektpartner „Institut für Arbeitsphysiologie der Universität Dortmund (IfADo)“ und Kognitivitätsstudien durch den Projektpartner „KUEI - Umwelt und Gesundheitspsychologie“ verwendet.

Die Schienenverkehrsszenarien werden von der DB erstellt, die Straßenverkehrsdaten im Auftrag der DB von Fa. Möhler + Partner. In diesem Bericht werden die Messungen und die erstellten Lärmszenarien für den Schienenverkehr für den Nachtzeitraum 22:00 h bis 6:00h beschrieben.

Für den Schienenverkehr werden sieben verschiedene Lärmszenarien bereitgestellt (angegeben sind die Anzahl der Züge / der Messpunktstand):

1. n=40 / 25 m überwiegend Nahverkehr, gemessen bei Bad Endorf (BE)
2. n=40 / 50 m (BE)
3. n=40 / 100 m (BE)
4. n=57 / 50 m Hauptabfuhrstrecke, gemessen bei Haspelmoor (HA)
5. n=57 / 25 m (HA)
6. n=20 / 50 m Nahverkehrsstrecke, gemessen bei Langenbach (LA)
7. n=20 / 100 m (LA)

Die Lärmszenarien werden als Freifeld-Geräusche und gefiltert mit der Filtercharakteristik „gekipp-tes Fenster“ als WAVE-Dateien im CD-Format 44,1 kHz/16 Bit/mono bereitgestellt.

Die Lärmszenarien BE und LA wurden vereinbarungsgemäß angepasst an 50 % Güterzuganteil und 50 % Anteil Reisezüge bzw. sonstige Züge.

2 Beschreibung der Untersuchung

Die Luftschallaufzeichnungen wurden in drei aufeinanderfolgenden Abenden und Nächten jeweils kontinuierlich zwischen 18:00 h und 6:00 h an drei unterschiedlich stark befahrenen Eisenbahnstrecken durchgeführt. Gemessen wurde jeweils an den 5 Mikrofonstandorten 7,5 m, 25 m, 50 m, 100 m und 200 m seitlich der Eisenbahnstrecken. Für die Zwecke der Untersuchung wurde nur eine Auswahl der Messabstände herangezogen (s. Tabelle 1).

Strecke	Entfernung zur Gleismitte	Höhe über SO	Höhe über Grund	Bezugsgleis
Rosenheim – Salzburg	25 m	3,5 m		Richtung Salzburg
bei Bad Endorf (BE)	50 m	3,5 m		
	100 m		3,5 m	
München - Landshut	50 m	3,5 m		Richtung Landshut
bei Langenbach (LA)	100 m		3,5 m	
München - Augsburg	25 m	3,5 m		Richtung Augsburg
Bei Haspelmoor (HA)	50 m	3,5 m		

Tabelle 1: Angabe der Eisenbahnstrecken und Mikrofonstandorte der ausgewählten Lärmszenarien

Die Messungen fanden an den im folgenden angegebenen Nächten statt:

- 18. / 19. 06. 2007: Strecke Rosenheim – Salzburg (bei Bad Endorf, km 14,3, abgekürzt BE)
Wetter: Niederschlagsfrei, windstill, Temperatur 14 °C bis 26 °C.
- 19. / 20. 06. 2007: Strecke München – Landshut (bei Langenbach, km 52,1, abgekürzt LA)
Wetter: Niederschlagsfrei, windstill, Temperatur 16 °C bis 30 °C.
- 20. / 21. 06. 2007: Strecke München – Augsburg (bei Haspelmoor, km 33,4, abgekürzt HA)
Wetter: Anfangs niederschlagsfrei, später starker Regen mit Gewitter und starker Wind, danach wieder niederschlagsfrei, Temperatur: 16 °C bis 32 °C; Gewitter, Wind und Regen führten zum Ausfall einiger Zugvorbeifahrermessungen.

Die Messgelände waren eben oder leicht fallend mit freier Schallausbreitung.

Bei der Aufnahme wurde eine Abtastrate von 44,1 kHz und ein Hochpassfilter von 10 Hz verwendet. Die Messgeräte unterliegen einem Prüfmittelmanagement gemäß IEC ISO 17025:2005.

Die Eisenbahnstrecken unterscheiden sich durch unterschiedliche Zugverkehre und Geschwindigkeiten v :

- Strecke Rosenheim – Salzburg: Nahverkehrszüge/Reisezüge und Güterzüge; $v_{\max} = 200$ km/h.
 Strecke München – Landshut: Nahverkehrszüge und wenige Güterzüge; $v_{\max} = 140$ km/h.
 Strecke München – Augsburg: Hauptabfuhrstrecke mit allen Zugarten; $v_{\max} = 200$ km/h.

3 Beschreibung der Lärmszenarien

Für die Schlaflaboruntersuchungen wurde eine 3x3-Matrix mit 9 Lärmszenarien für die Schiene vorgegeben, davon sind 7 Lärmszenarien unterschiedlich (s. Tabelle 2). Die Szenarien wurden in einer Abstimmung zwischen IfADo und der DB festgelegt.

	Anzahl/Messpunktabstand		
Variation von	Schienenverkehr		
E1: Anzahl(n)	n=20 / 50 m (LA)	n=40 / 50 m (BE)	n=57 / 50 m (HA)
E2: LAeq(Abstand)	n=40 / 100 m (BE)	n=40 / 50 m (BE)	n=40 / 25 m (BE)
E3: n und LAeq	n=20 / 100 m (LA)	n=40 / 50 m (BE)	n=57 / 25 m (HA)

Tabelle 2: Angabe der Eisenbahnstrecken und Mikrofonstandorte der 9 Lärmszenarien. Von den 9 Szenarien sind 7 unterschiedlich (schattiert). n = Anzahl der Zugvorbeifahrten im Nachtzeitraum 22:00 h und 6:00 h, dahinter steht der jeweils gewählte Messpunktabstand von Gleismitte.

Es wurde mit IfADo abgestimmt, dass die Szenarien mit den Zugzahlen n = 20 und n = 40 so verändert werden, dass sie zu 50 % aus Güterzügen und zu 50 % aus Reisezügen bzw. sonstigen Zugarten bestehen:

1. Messort Langenbach (LA), n = 20:

Es wurden 4 Güterzüge eingefügt, so dass das Lärmszenario 50 % Güterzüge und 50 % Reisezüge/sonstige Züge enthält. Die hinzugefügten Güterzüge wurden gleichmäßig über die Nachtstunden verteilt.

2. Messort Bad Endorf (BE), n = 40:

Es wurden 10 Güterzüge herausgenommen und die Gesamtzahl der Züge durch hinzugefügte Reisezüge auf 40 ergänzt, so dass das Lärmszenario 50 % Güterzüge und 50 % Reisezüge/sonstige Züge enthält (s. Tabelle Anlage 2). Die Reisezüge wurden in den Randstunden hinzugefügt.

3. Messort Haspelmoor (HA), n = 57:

Die Messung blieb unverändert mit 27 Güterzügen (47 %) und 30 Reisezügen/sonstigen Zügen.

Die %-Zahlen beziehen sich auf die Anzahl der Züge und nicht auf den %-Anteil der Zuglängen.

Die in den Lärmszenarien wiedergegebenen Züge werden in den Anlagen 2, 6 und 10, mit Angabe der Uhrzeit, Zugart, Vorbeifahrtgeschwindigkeit und Zuglänge beschrieben.

4. Auswertung und Ergebnisse

Die Lärmszenarien wurden mit WaveLab editiert. Das Editieren beschränkte sich auf:

- Ausschneiden bzw. Überschreiben außergewöhnlicher Geräusche oder Pegelabsenkung in mehreren zeitlich geschichteten 1 dB Schritten für außergewöhnliche Störgeräusche (Traktor, Lkw's, Motorräder, Flugzeuge etc) und bei kontinuierlich auftretenden Geräuschen wie z. B. Vogelgezwitscher.
- Die Anzahl der Güterzüge und Personenzüge der Szenarien BE und LA auf die vereinbarten Anzahlen wurde durch Löschen, Einfügen oder Überschreiben angepasst.
- Die Zugvorbeifahrten wurden auf die in den Anlagen 2, 6 und 10 angegebenen Vorbeifahrzeiten korrigiert in dem Hintergrundgeräusch in den Zeitabschnitten zwischen den Zugvorbeifahrten eingefügt oder ausgeschnitten wurde.
- Unbrauchbare Aufnahmen von Zugvorbeifahrten durch den Ausfall eines Messpunktes oder durch Störungen durch starken Wind oder Gewitter wurde durch das Einfügen vergleichbarer Züge korrigiert.
- Filtern der Szenarien mit der Filterfunktion „gekipptes Fenster“ (s. Anlage 1): Die Filterung wurde mit dem WaveLab Plugin Freefilter vorgenommen. Freefilter realisiert annähernd eine Terzfilterbank, das Ergebnis unterscheidet sich deshalb geringfügig von der Filtercharakteristik „Gekipptes Fenster“ (s. Anlage 1). Das mit der Software WaveLab realisierte Filter wurde von M+P eingestellt und überprüft, an die DB geliefert und auch hier verwendet.
- Die Zugvorbeifahrgeräusche wurden durch das Editieren nicht verändert.

Die zeitlichen Abfolgen der Zugvorbeifahrten sind in den Tabellen (s. Anlage 2, 6 und 10) und den WAVE- Darstellungen (s. Anlagen 3, 7 und 11) wiedergegeben.

Die Tabellen (s. Anlage 4, 8 und 12) enthalten die Mittelungspegel $L_{pA,eq}$ jeweils über 1 Stunde gemittelt (oben) und über den gesamten Nachtzeitraum gemittelt (unten) sowohl für die Originalaufnahmen (Freifeld) als auch für die gefilterten Aufnahmen mit der Filtercharakteristik „gekipptes Fenster“ (Filtercharakteristik s. Anl. 1).

Die Anlagen 5, 9 und 13 enthalten die mittleren Terzspektren $L(lin)$ gemittelt über den Nachtzeitraum 22:00 h bis 6:00 h für die Originalaufnahmen (Freifeld) und für die gefilterten Aufnahmen mit der Filtercharakteristik „gekipptes Fenster“ und Differenzkurve ΔL (Freifeld *minus* gekipptes Fenster). Siehe hierzu auch Anlage 1: In den letzten zwei Spalten der Tabelle in Anlage 1 wird die durch das WaveLab Plugin „Freefilter“ realisierte Filterung und die vorgegebene Filterfunktion für das gekippte Fenster verglichen: Vorgabe und Realisierung stimmen sehr gut überein.

5. Beschreibung der gelieferten Daten

Das Datenformat der Lärmszenarien „Schiene“ ist „WAVE (PCM)“ mit der Datenrate 44,1 kHz und 16 Bit Auflösung. Die Nachtszenarien im Zeitraum 22:00 h bis 6:00h haben etwa zweimal 2,5 GByte Umfang pro Szenario. Pro Szenario werden zwei Datensätze geliefert: ungefiltert und gefiltert

mit der Filtercharakteristik „gekipptes Fenster“ (s. Anlage 1). Die Bezeichnung der Datensätze ist in der folgenden Tabelle 3 angegeben.

	Bezeichnung der Datenfiles der Lärmszenarien		
Variation von	Schienerverkehr		
E1: Anzahl	n20-d50m.wav n20-d50-tilted.wav	n40-d50m.wav n40-d50m-tilted.wav	n57-d50m.wav n57-d50m-tilted.wav
E2: Laeq (Abstand)	n40-d100m.wav n40-d100m-tilted.wav	n40-d50m.wav n40-d50m-tilted.wav	n40-d25m.wav n40-d25m-tilted.wav
E3: n und LAeq	n20-d100m.wav n20-d100m-tilted.wav	n40-d50m.wav n40-d50m-tilted.wav	n57-d25m.wav n57-d25m-tilted.wav

Tabelle 3: Bezeichnung der Datenfiles. n20 = 20 Züge für den Nachtzeitraum 22:00 h bis 06:00 h, d50m = distance 50 m zur Gleismitte, tilted = Anwendung der Filterfunktion für das gekippte Fenster (s. Anlage 1).

Zu den Szenarien wird als Kalibriersignal „Rosa Rauschen“ mit dem Pegel 74 dB(lin) mit Terzpegeln 59 dB für alle Terzfrequenzen zwischen 16 Hz und 20 kHz geliefert. .

Mit dem Bericht wurden die Lärmszenarien mit den in Tabelle 3 genannten Datenfiles auf einer Festplatte (FP) geliefert. Der Datenumfang für die Lärmszenarien nachts 22:00 h bis morgens 6:00 h beträgt allein für den Schienenverkehr etwa 33 GByte. Die FP enthält ebenfalls die Lärmszenarien des Straßenverkehrs mit vergleichbarer Datenmenge. Die Festplatte enthält des weiteren die Pegelschriebe $L(A)=f(t)$ „Freifeld“ und „gekipptes Fenster“ in jeweils 4-Stunden Abschnitten pro DIN A4 Seite.

Die Lärmszenarien des Straßenverkehrs werden in einem gesonderten Bericht von Fa. Möhler + Partner beschrieben.

6. Unterschriften



Dr. M. Beier TZF 12 (PL)

Filterfunktion „gekipptes Fenster“

Oben: Tabelle mit den Einzelkomponenten der Filterfunktion.

Spalte 1:
Terzmittenfrequenz in Hz

Spalte 2:
Wirkung des gekippten Fensters in dB.

Spalte 3:
Innenraumabsorption eines üblichen Schlafzimmers in dB

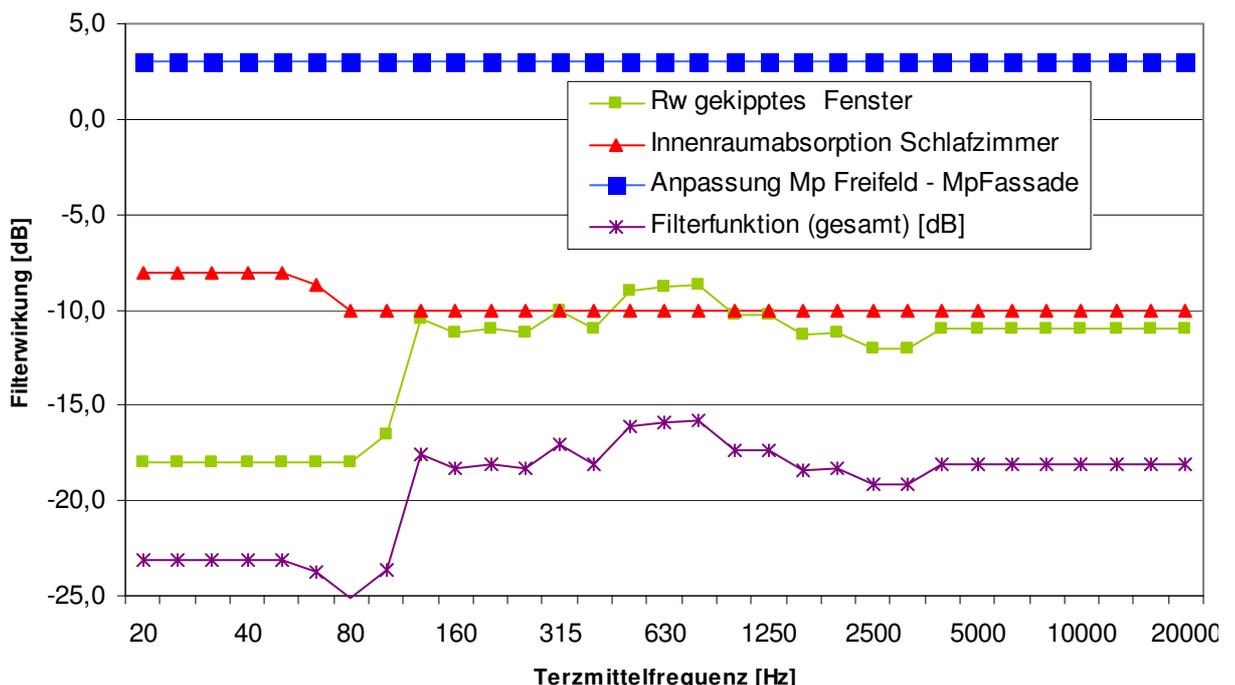
Spalte 4:
3 dB – Zuschlag zur Berücksichtigung der Reflexion der Fassade. Die Messungen wurden im freien Feld durchgeführt.

Spalte 5:
Gesamtfilterwirkung am Ohr des Schläfers.

Spalte 6:
Für die Lärmszenarien realisierte, nachgemessene Filterfunktion.

Unten: Graphische Darstellung der Einzelkomponenten und der Gesamtwirkung des angewandten Filters „gekipptes Fenster“.

Filterfunktion Schlafzimmer + gekipptes Fenster					
f [Hz]	Rw gekipptes Fenster [dB]	Innenraumabsorption Schlafzimmer [dB]	Anpassung Mp Freifeld - MpFassade [dB]	Filterfunktion (gesamt) [dB]	realisiert durch Freefilter [dB]
20	-18,0	-8,1	3	-23,1	-23,0
25	-18,0	-8,1	3	-23,1	-23,0
31,5	-18,0	-8,1	3	-23,1	-23,0
40	-18,0	-8,1	3	-23,1	-23,1
50	-18,0	-8,1	3	-23,1	-23,2
63	-18,0	-8,7	3	-23,7	-23,7
80	-18,0	-10,1	3	-25,1	-24,2
100	-16,5	-10,1	3	-23,6	-22,3
125	-10,5	-10,1	3	-17,6	-18,0
160	-11,2	-10,1	3	-18,3	-17,5
200	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,0
250	-11,2	-10,1	3	-18,3	-18,2
315	-10,0	-10,1	3	-17,1	-17,4
400	-11,0	-10,1	3	-18,1	-17,7
500	-9,0	-10,1	3	-16,1	-17,0
630	-8,8	-10,1	3	-15,9	-16,1
800	-8,7	-10,1	3	-15,8	-16,0
1000	-10,3	-10,1	3	-17,4	-16,2
1250	-10,3	-10,1	3	-17,4	-17,3
1600	-11,3	-10,1	3	-18,4	-18,0
2000	-11,2	-10,1	3	-18,3	-18,3
2500	-12,0	-10,1	3	-19,1	-18,2
3150	-12,0	-10,1	3	-19,1	-18,9
4000	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,9
5000	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,2
6300	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,0
8000	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,0
10000	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,1
12500	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,1
16000	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,2
20000	-11,0	-10,1	3	-18,1	



Die Filterfunktion (gesamt) wird auf alle Lärmszenarien Straße (durch Möhler + Partner) und Schiene angewandt.

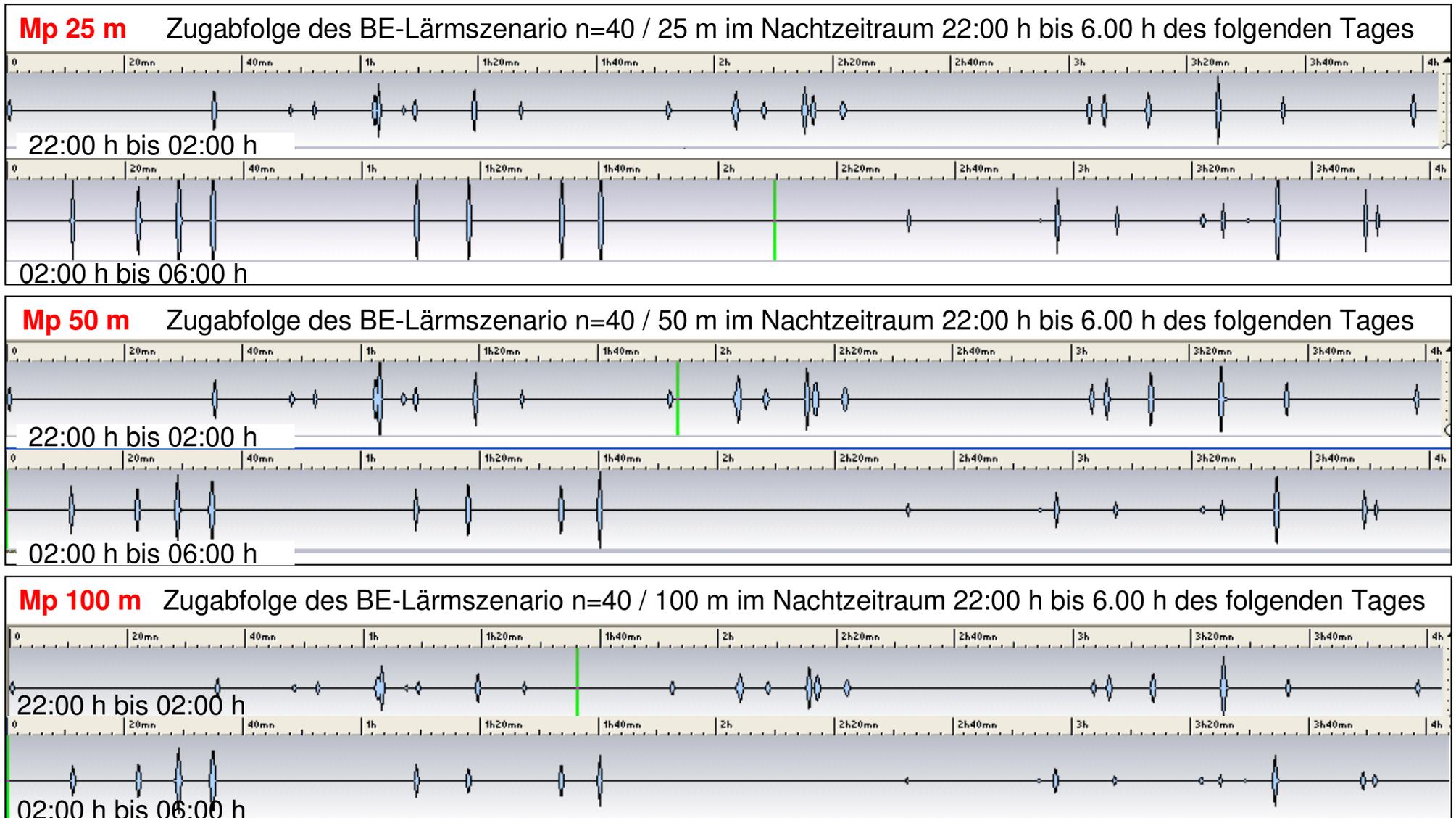
Zugdaten der Lärmszenarien Bad Endorf (BE)

Züge Szenarien "Bad Endorf (BE)"					
Pos	Zeit	Zugart	Länge [m]	v [km/h]	Bemerkung
1	22:00	EC	284	109	
2	22:35	EC	284	108	
3	22:48	RE	205	98	
4	22:52	RE	205	107	
5	23:02	GZ	576	93	
6	23:03	GZ	296	97	
7	23:07	LZ	20	108	
8	23:09	EC	284	109	
9	23:19	GZ	322	86	
10	23:27	RE	205	107	
11	23:52	RE	205	107	
12	00:03	GZ	576	56	Kreuzung!
13	00:03	GZ	500	93	
14	00:08	GZ	233	52 - 60	
15	00:15	GZ	476	98	
16	00:16	GZ	480	91	
17	00:21	GZ	548	53 - 80	
18	01:03	NZ	100	117	
19	01:06	GZ	359	91	
20	01:13	GZ	504	98	
21	01:25	GZ	419	98	
22	01:36	NZ	390	103	
23	01:58	NZ	100	117	
24	02:11	NZ	347	106	
25	02:22	GZ	364	80	
26	02:28	GZ	470	99	
27	02:34	GZ	555	97	
28	03:09	GZ	202	97	
29	03:18	GZ	167	86	
30	03:33	NZ	347	106	
31	03:40	GZ	230	95	
32	04:32	LZ	20	108	
33	04:57	EC-N	205	110	
34	05:07	RB	284	109	
35	05:21	EC	390	95	
36	05:25	RB	204	110	
37	05:34	GZ	ca.	ca. 90	Kreuzung!
38	05:34	GZ	400		
39	05:49	RB	178	103	
40	05:51	RB	204	110	

Tabelle: Zugdaten der Lärmszenarien n=40 / 25 m, n=40 / 50 m und n=40 / 100 m, erstellt aus der Messung bei Bad Endorf (BE), Strecke Rosenheim – Salzburg.

Bad Endorf (BE)

WAVE-Darstellungen in 4 Std-Stufen (ungefiltert, die verschiedenen Mp nicht maßstabsgetreu)

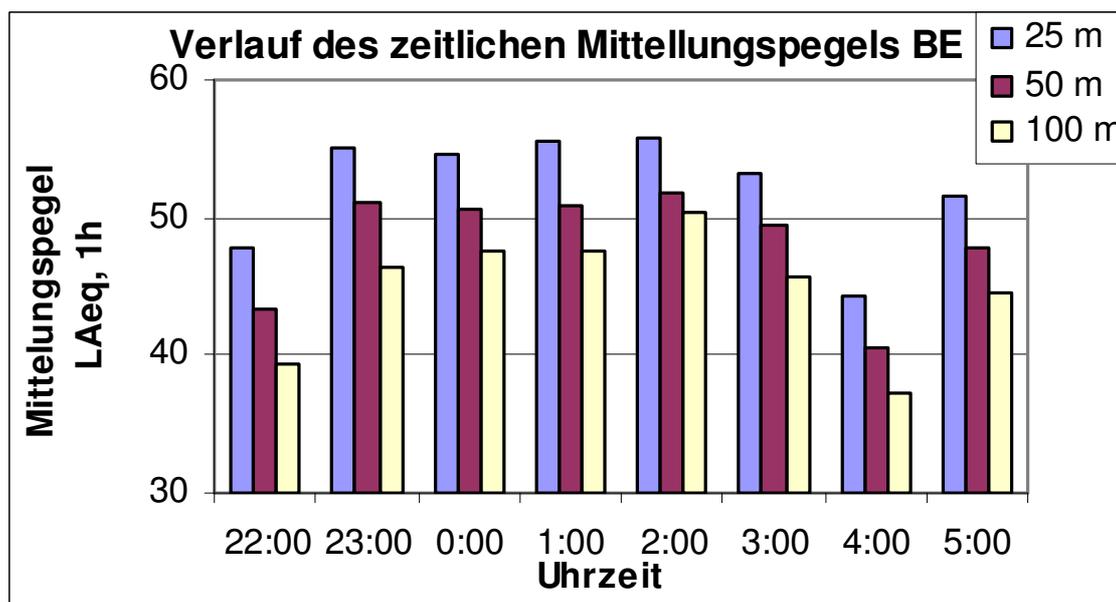


Mittelungspegel Bad Endorf (BE)

Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils eine Stunde gemittelt

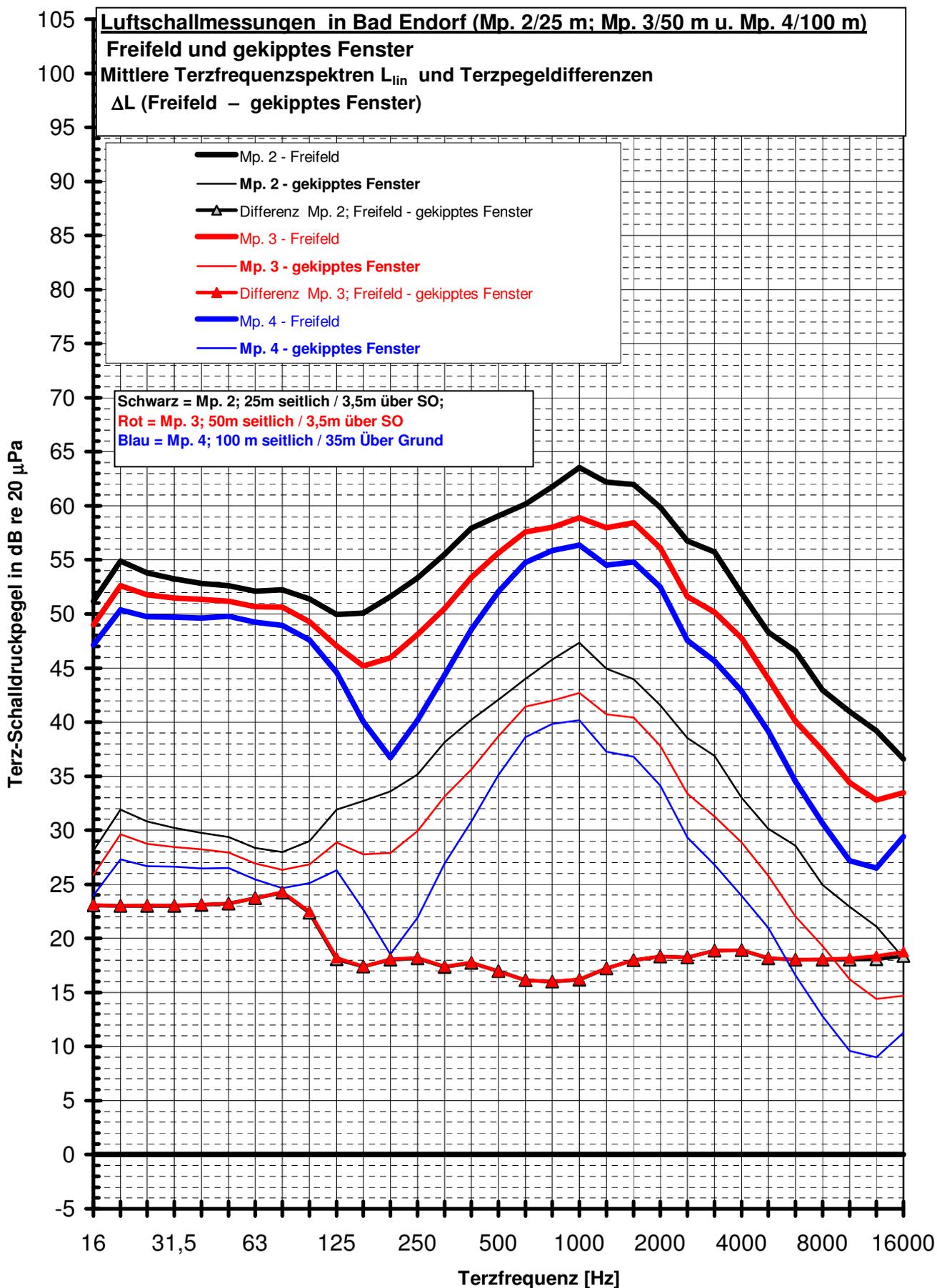
Bad Endorf		n=40 / 25 m		n=40 / 50 m		n=40 / 100 m	
		Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum		Pegel in dB(A)					
22h bis 23h		64,7	47,7	60,3	43,3	56,3	39,4
23h bis 24h		72,0	55,0	68,2	51,2	63,1	46,3
0h bis 1h		71,7	54,6	67,8	50,6	64,6	47,6
1h bis 2h		72,9	55,6	68,2	50,9	64,7	47,5
2h bis 3h		72,9	55,7	69,0	51,8	67,3	50,3
3h bis 4h		70,3	53,3	66,5	49,5	62,6	45,8
4h bis 5h		61,3	44,3	57,6	40,6	54,1	37,2
5h bis 6h		68,8	51,6	65,0	47,8	64,6	44,5

Balkendiagramm der einstündigen Summenpegel „gekipptes Fenster“



Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils 8 Stunden gemittelt

Bad Endorf		n=40 / 25 m		n=40 / 50 m		n=40 / 100 m	
		Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum		Pegel in dB(A)					
22h bis 6h		70,6	53,5	66,6	49,4	63,3	46,3



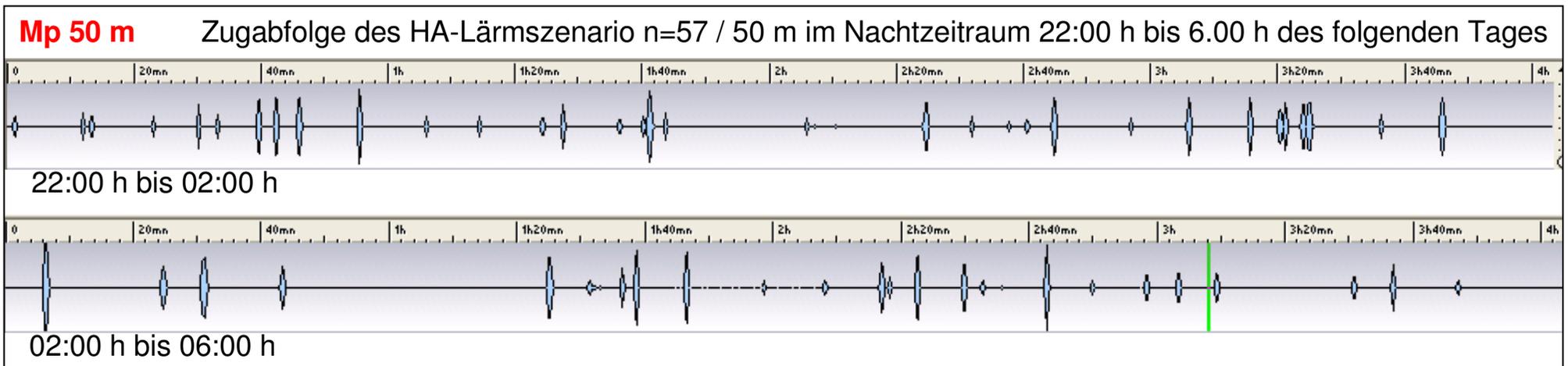
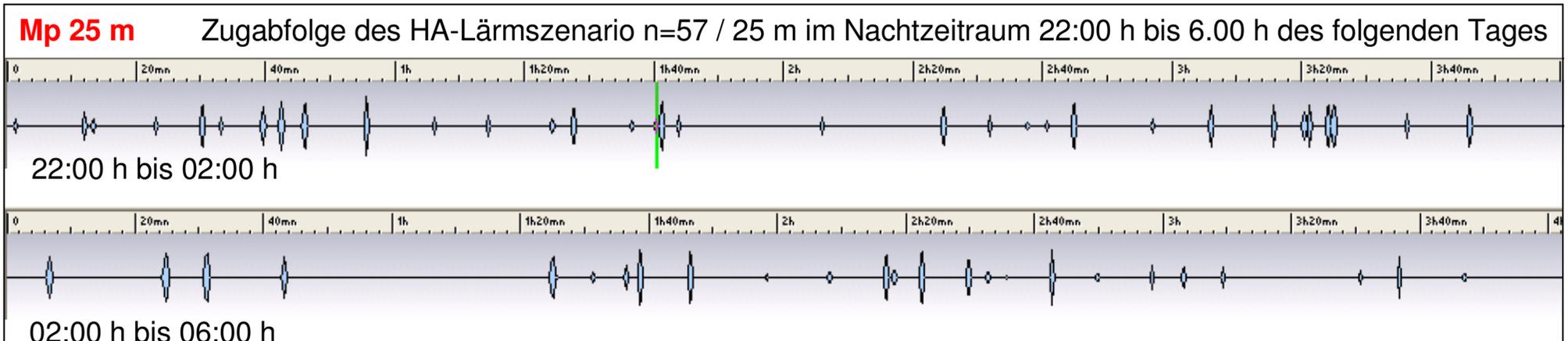
Zugdaten der Lärmszenarien Haspelmoor (HA)

Züge Szenarien "Haspelmoor (HA)"					
Pos	Uhrzeit	Zugart	Länge[m]	v[km/h]	Bemerkung
1	22:01	ICE 1	357	158	
2	22:12	RB	152	140	
3	22:14	ICE 3	400	160	
4	22:23	IC	258	160	
5	22:30	IC	205	140	
6	22:33	RB	152	136	
7	22:39	GZ	440	94	
8	22:42	GZ	472	100	
9	22:46	GZ	639	100	
10	22:55	GZ	403	100	
11	23:06	ICE 2	400	159	
12	23:14	GZ	159	88	
13	23:25	ICE1	357	160	
14	23:29	IC	337	143	
15	23:38	NZ	220	132	
16	23:42	NZ	390	137	
17	23:42	GZ	453	96	
18	23:45	RB	133	139	
19	0:07	RB	133	140	
20	0:26	GZ	585	90	
21	0:34	RB	133	116	
22	0:39	ICE T	185	120	
23	0:42	RB	133	130	
24	0:46	GZ	478	100	
25	0:59	ICE T	185	160	
26	1:08	GZ	446	99	
27	1:17	GZ	333	85	
28	1:22	GZ	498	85	rollende Landstraße
29	1:23	GZ	290	90	
30	1:26	GZ	450	100	
31	1:28	GZ	648	101	
32	1:39	LZ	20	142	
33	1:49	GZ	514	100	
34	2:09	NZ	366	120	
35	2:25	GZ	594	100	
36	2:32	GZ	618	80	
37	2:44	GZ	569	100	
38	3:29	GZ	697	94	
39	3:36	ICE 3	400	118	
40	3:41	NZ	390	144	
41	3:43	GZ	506	100	
42	03:52	GZ	425	100	
43	04:04	GZ	70	100	
44	04:13	NZ	367	111	
45	04:22	GZ	418	97	
46	04:24	NZ	280	139	
47	04:28	GZ	413	110	
48	04:35	GZ	475	100	
49	04:38	ICE 1	357	116	
50	04:41	S BAHN	135	65	
51	04:48	GZ	373	101	
52	04:56	ICE T	370	120	
53	05:05	LZ	20	127	
54	05:09	GZ	348	81	
55	05:16	RB	152	137	
56	05:37	IC	258	150	
57	05:43	RB	152	124	

Tabelle:
Zugdaten der
Lärmszenarien
n=57 / 25 m, und
n=57 / 50 m
erstellt aus der
Messung bei
Haspelmoor (HA),
Strecke München –
Augsburg.

Haspelmoor (HA)

WAVE-Darstellungen in 4 Std-Stufen (ungefiltert, die verschiedenen Mp nicht maßstabsgetreu)

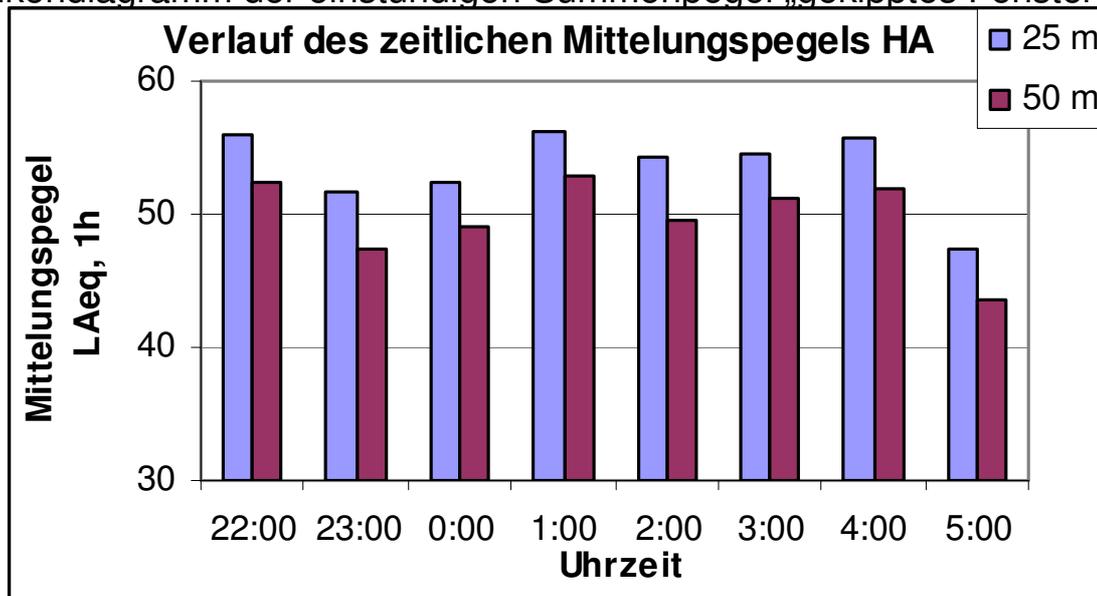


Mittelungspegel Haspelmoor (HA)

Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils eine Stunde gemittelt

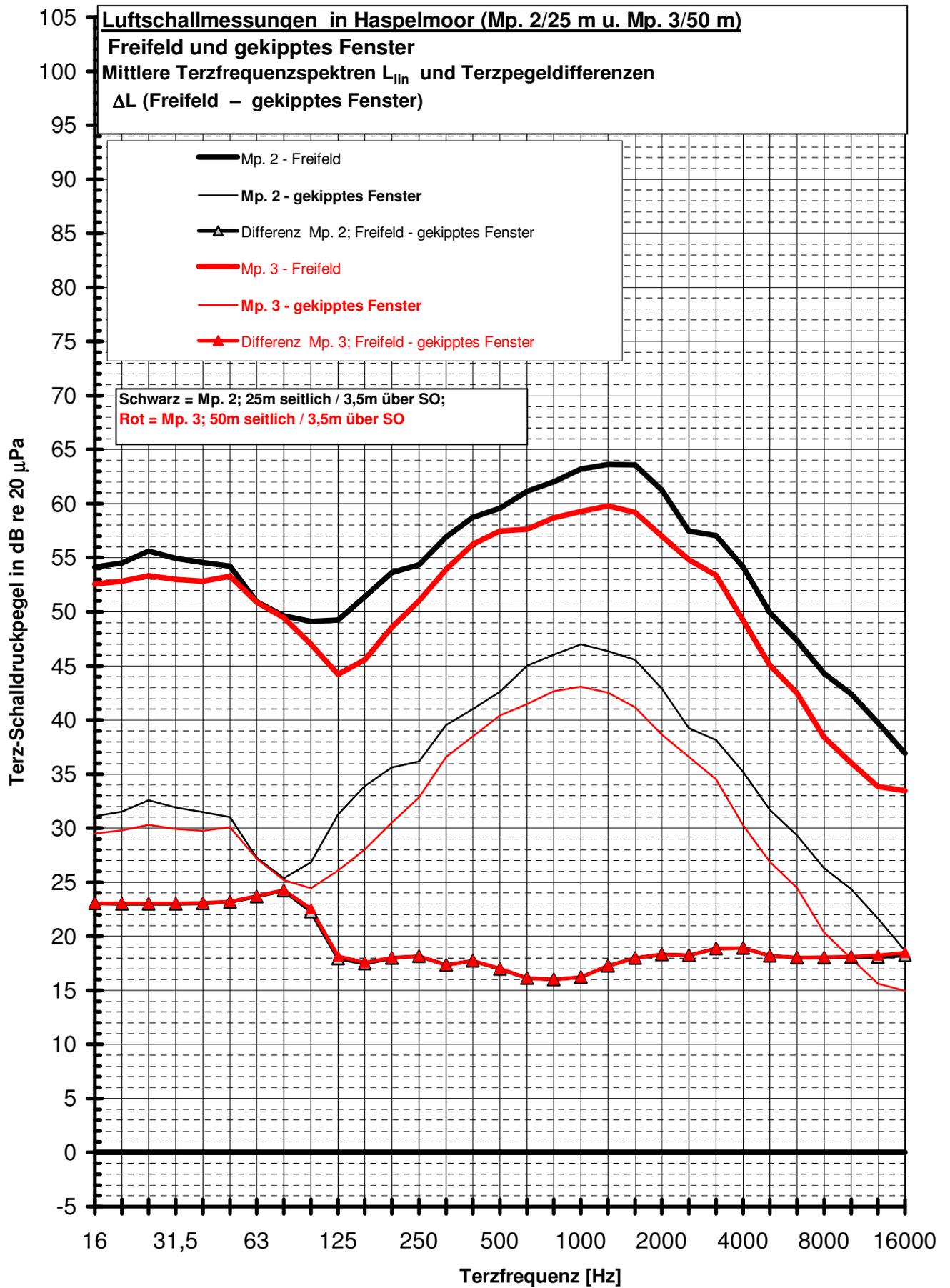
Haspelmoor	n=57 / 25 m		n=57 / 50 m		Mp4	
	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum	Pegel in dB(A)					
22h bis 23h	73,2	56,0	69,5	52,3	-	-
23h bis 24h	68,9	51,6	64,7	47,4	-	-
0h bis 1h	69,7	52,4	66,3	49,1	-	-
1h bis 2h	73,5	56,3	70,1	52,9	-	-
2h bis 3h	71,7	54,4	66,8	49,5	-	-
3h bis 4h	71,9	54,6	68,5	51,2	-	-
4h bis 5h	73,2	55,8	69,3	51,9	-	-
5h bis 6h	64,8	47,4	60,9	43,5	-	-

Balkendiagramm der einstündigen Summenpegel „gekipptes Fenster“



Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils 8 Stunden gemittelt

Haspelmoor	n=57 / 25 m		n=57 / 50 m		Mp 4	
	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum	Pegel in dB(A)					
22h bis 6h	71,6	54,3	67,8	50,5	-	-



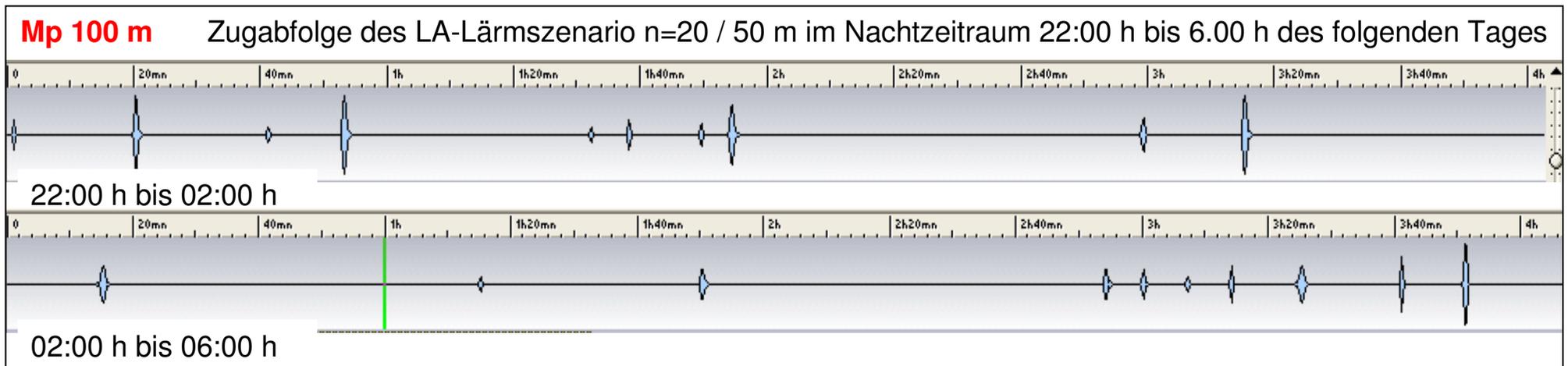
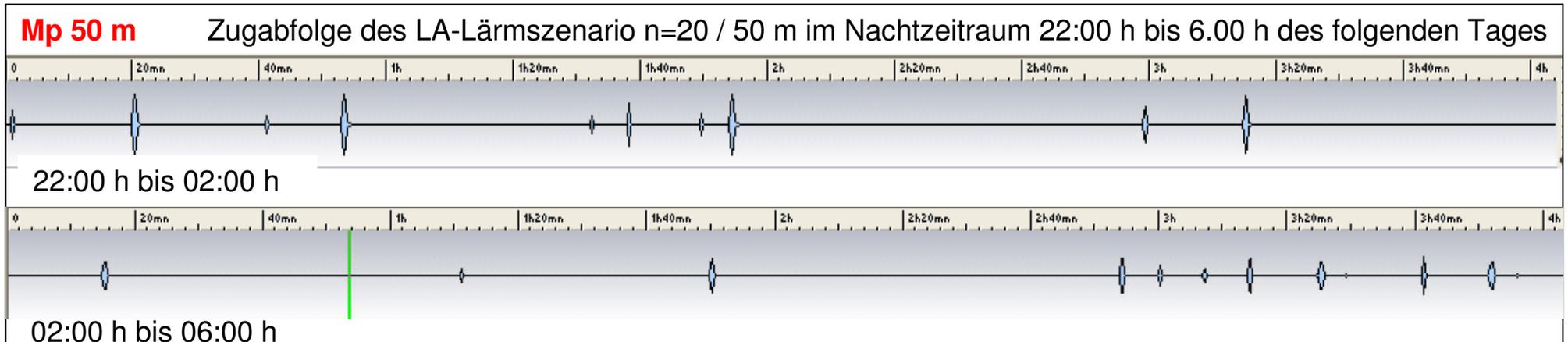
Zugdaten der Lärmszenarien Langenbach (LA)

Züge Szenarien "Langenbach (LA)"					
Pos	Zeit	Zugart	Länge [m]	v [km/h]	Bemerkung
1	22:01	RB	110	120	
2	22:20	GZ	417	105	
3	22:41	RB	152	125	
4	22:53	GZ	417	105	
5	23:32	RB	99	125	
6	23:38	RB	152	112	
7	23:49	RB	152	112	
8	23:54	GZ	655	94	
9	00:59	GZ	417	105	rollende Landstraße
10	01:15	GZ	520	100	
11	02:15	GZ	337	50	
12	03:11	LZ	20	133	
13	03:50	GZ	389	100	
14	04:54	GZ	389	100	rollende Landstraße
15	05:00	LZ	40	98	
16	05:07	RB	126	114 - 60	
17	05:14	RB	152	94	
18	05:25	GZ	337	50	
19	05:41	RB	152	122	
20	05:40	GZ	417	105	

Tabelle: Zugdaten der Lärmszenarien n=20 / 50 m und n=20 / 100 m erstellt aus der Messung bei Langenbach (LB), Strecke München – Landshut.

Langenbach (LA)

WAVE-Darstellungen in 4 Std-Stufen (ungefiltert, die verschiedenen Mp nicht maßstabsgetreu)

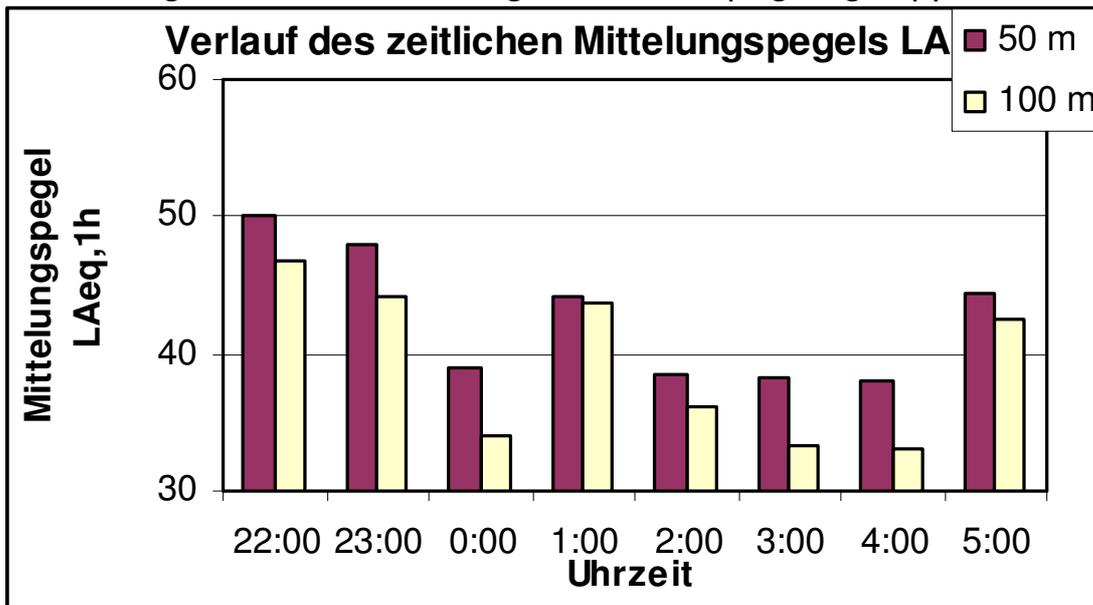


Mittelungspegel Langenbach (LA)

Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils eine Stunde gemittelt

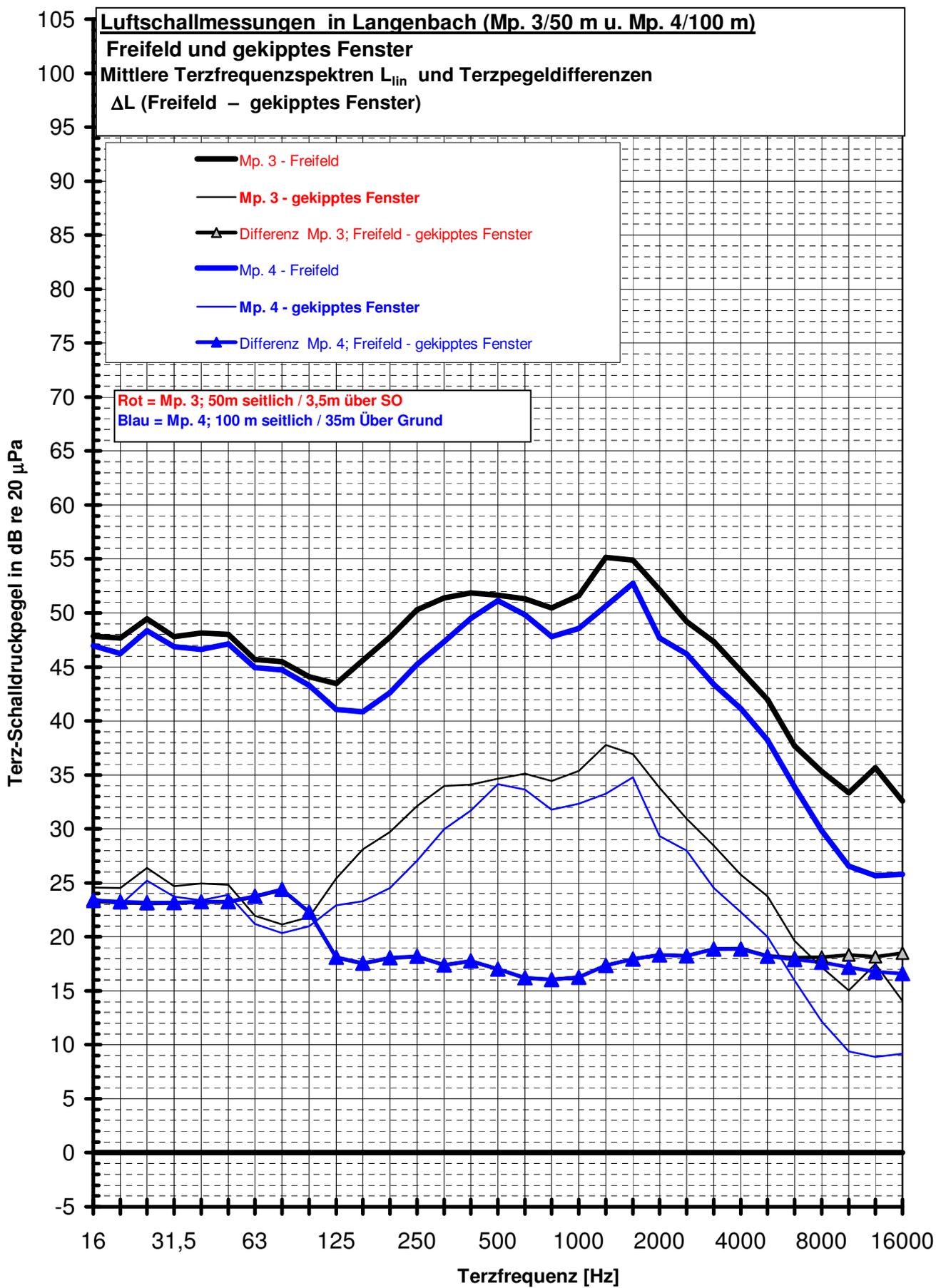
Langenbach	Mp 2		n=20 / 50 m		n=20 / 100 m	
	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum	Pegel in dB(A)					
22h bis 23h	-	-	67,6	50,0	64,2	46,7
23h bis 24h	-	-	66,5	47,9	61,6	44,1
0h bis 1h	-	-	56,3	39,0	51,2	34,0
1h bis 2h	-	-	61,7	44,2	61,1	43,6
2h bis 3h	-	-	55,7	38,5	52,9	36,1
3h bis 4h	-	-	55,8	38,3	50,4	33,2
4h bis 5h	-	-	55,6	38,1	50,2	33,0
5h bis 6h	-	-	61,8	44,5	59,7	42,5

Balkendiagramm der einstündigen Summenpegel „gekipptes Fenster“



Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils 8 Stunden gemittelt

Langenbach	Mp 2		n=20 / 50 m		n=20 / 100 m	
	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum	Pegel in dB(A)					
22h bis 6h	-	-	62,4	44,9	59,3	41,9



Untersuchungsbericht

Geräuschkennlinien des Straßenverkehrslärms für vergleichende Laboruntersuchungen von Straßen- und Schienenverkehrslärm zu Störungen des Nachtschlafes

Bericht Nr. 101-2482-3

im Auftrag von

Deutsche Bahn AG

DB Systemtechnik Akustik und Erschütterungen (TZF 12)

Völckerstraße 5

80939 München

München, im Oktober 2007

 **M Ö H L E R + P A R T N E R**

Beratende Ingenieure für Schallschutz und Bauphysik

Paul-Heyse-Str. 27, 80336 München

Tel.: 089/ 544217- 0 und Fax.: 089/ 544217- 99

<http://www.mopa.de>

1. Aufgabenstellung

Im Rahmen der Projektes „Deufrako RAPS“ werden durch das Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund (IfADo) vergleichende Laboruntersuchungen zu den Störungen des Nachtschlafes durch Schienen- und Straßenverkehrslärm durchgeführt.

In vorliegendem Untersuchungsbericht werden die Geräuschszenarien des Straßenverkehrs, die in den Laborversuchen dargeboten werden sollen, beschrieben und dokumentiert.

2. Grundlagen

Die Geräuschszenarien wurden auf der Grundlage folgender Unterlagen gebildet:

- Forschungsantrag von Griefahn et. al. „Wirkungsorientierte Bewertung unterschiedlicher Verkehrslärmarten und deren zeitlicher Struktur. Kognitive Leistung, Befinden und Schlafverhalten“ vom 26.04.2005
- Protokolle der Besprechungen am Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund vom 03.04.2007 und 12.09.2007
- Vorschlag Untersuchungsplan Möhler + Partner und Deutsche Bahn AG vom 23.05.2007
- Untersuchungsbericht „Auswahl von Geräuschszenarien für die vergleichenden Laboruntersuchungen von Straßen – und Schienenverkehrslärm zu Störungen des Nachtschlafes, Möhler + Partner, Bericht Nr. 101-2482-2 vom Juli 2007
- Untersuchungsbericht „Filterfunktionen zur spektralen Anpassung von Geräuschaufzeichnungen an die Innenraumsituation bei gekipptem und geschlossenem Fenster“, Möhler + Partner Bericht Nr. 101-2482 vom April 2007

3. Schallmessungen an den ausgewählten Straßenquerschnitten

3.1 Messdurchführung

Für die ausgewählten Szenarien wurden im Raum München Messquerschnitte festgelegt, die den Anforderungen der in Kap. 2 aufgeführten Grundlagen entsprachen. Die Messpunkte wurden so festgelegt, dass möglichst keine Fremdgeräusche aus anderen Verkehrslärmquellen wie Fluglärm oder Eisenbahnlärm und keine Fremdgeräusche aus der Umgebung wie z.B. Gewerbelärm oder Nachbarschaftslärm, auftraten.

Die Schallmessungen wurden zwischen Juli 2007 und September 2007 an jeweils einem Wochentag zwischen Montag und Freitag durchgeführt. Bei allen 3 Messungen herrschte trockenes, windstilles Wetter.

Zusammenfassend wurden an folgenden Messquerschnitten Messungen und Aufzeichnungen von Geräuschszenarien durchgeführt:

Tab.1: Kenndaten Schallmessungen Straßenverkehrslärm						
Szenario	Straßengattung	Abstand Straßenmitte – Messpunkt	Zul. Höchstgeschwindigkeit	DTV (Kfz / 24 h)	KFZ / 8 h (22:00 – 06:00) Uhr	LKW-Anteil Nacht (%)
ST1	Innerstädtische Bundesstraße	MP1: 14 m MP2: 20 m MP3: 26 m	60 km/h	123.000	8.600	7
ST2	Innerstädtische Gemeindeverbindungsstraße	MP1: 20 m MP2: 32 m	60 km/h	48.000	4.300	3
ST3	Gemeindestraße	MP1: 15 m MP2: 20 m	50 km/h	20.000	1.300	4

Die Messungen fanden an den folgenden Tagen statt:

ST1: 20.09.2007, 20:00 Uhr bis 21.09.2007, 06:00 Uhr

Wetter: Niederschlagsfrei, windstill, Temperatur 8°C bis 15 °C.

ST2: 12.07.2007, 21:00 Uhr bis 13.07.2007, 06:00 Uhr

Wetter: Niederschlagsfrei, windstill, Temperatur 18°C bis 25 °C.

ST3: 16.07.2007, 21:00 Uhr bis 17.07.2007, 06:00 Uhr

Wetter: Niederschlagsfrei, windstill, Temperatur 21°C bis 29 °C.

Die Lage der Messpunkte kann den Lageplänen in Anlage 1 entnommen werden.

3.2 Messauswertung

Bei den Messungen wurden der zeitliche Verlauf des Schalldruckpegels L_{AF} und das Geräuschsignal auf Datenspeicher aufgezeichnet. Die Aufzeichnungen wiesen aufgrund der Lage der Messquerschnitte im innerstädtischen Bereich Fremdgeräusche durch Passanten, Signalhörner oder sonstige Störgeräusche auf. In einem ersten Schritt wurden die Aufnahmen zunächst von Störgeräuschen, die nicht vom Straßenverkehr stammen, bereinigt. Dazu wurden die Zeitabschnitte mit Fremdgeräuschen gelöscht und durch Geräuschaufnahmen am selben Messpunkt innerhalb der jeweiligen Messstunde ersetzt. Die Übergänge zwischen den Geräuschabschnitten wurden durch elektronisches Überblenden möglichst kontinuierlich gestaltet.

Am Messquerschnitt St1 wurde der Messpunkt MP2 aufgrund eines Gerätedefekts nicht weiter berücksichtigt.

Die von Fremdgeräusch bereinigten Geräuschaufnahmen wurden anschließend einer frequenzselektiven Filterung unterzogen. Die Filterung für das gekippte Fenster wurde in dem Untersuchungsbericht 101-2482-2 bereits ausführlich beschrieben.

Zusammenfassend ist in folgender Tabelle die Filterfunktion aufgeführt.

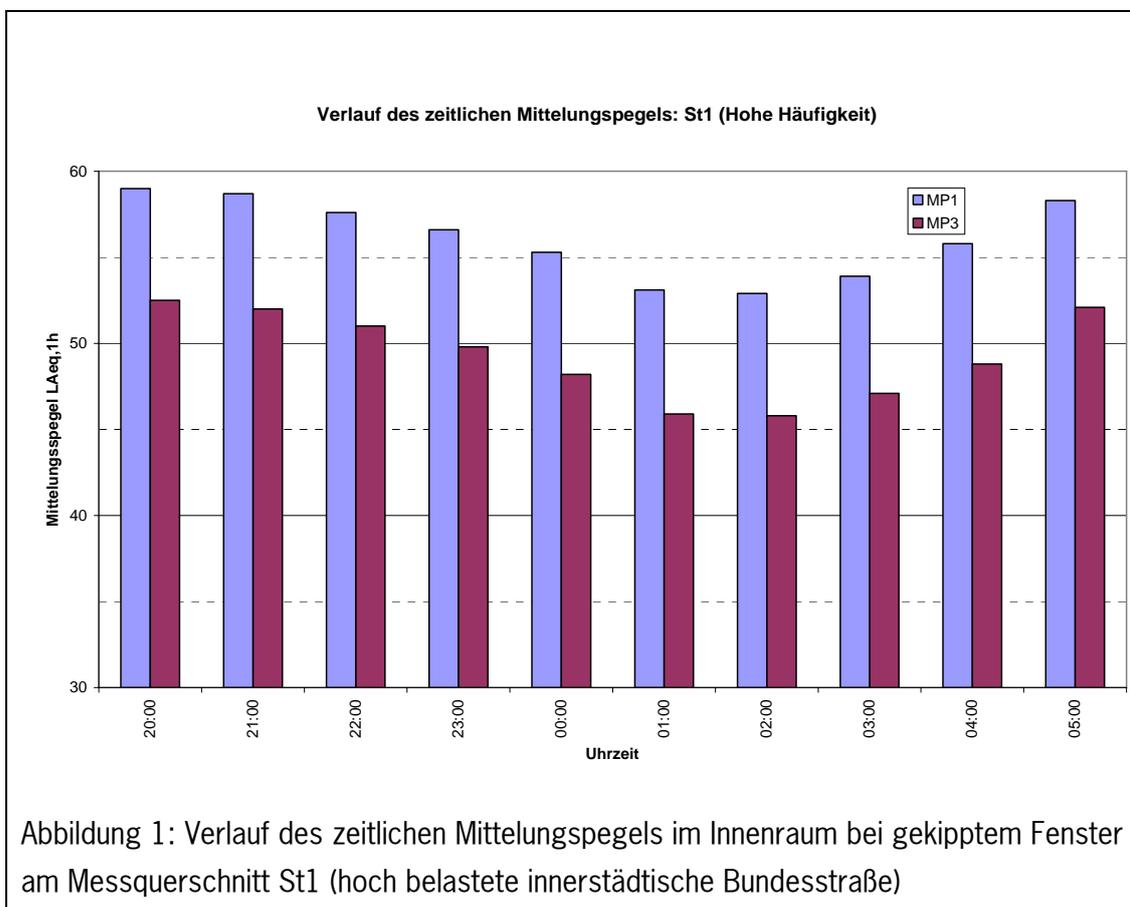
Tab.2: Filterfunktion für gekipptes Fenster			
f/Hz	Rw gekipptes Fenster	10lg(Sg/A)	Filterfunktion
20	18	-8,1	-23,1
25	18	-8,1	-23,1
31,5	18	-8,1	-23,1
40	18	-8,1	-23,1
50	18	-8,1	-23,1
63	18	-8,7	-23,7
80	18	-10,1	-25,1
100	16,5	-10,1	-23,6
125	10,5	-10,1	-17,6
160	11,2	-10,1	-18,3
200	11	-10,1	-18,1
250	11,2	-10,1	-18,3
315	10	-10,1	-17,1
400	11	-10,1	-18,1
500	9	-14,1	-20,1
630	8,8	-10,1	-15,9
800	8,7	-10,1	-15,8
1000	10,3	-10,1	-17,4
1250	10,3	-10,1	-17,4
1600	11,3	-10,1	-18,4
2000	11,2	-10,1	-18,3
2500	12	-10,1	-19,1
3150	12	-10,1	-19,1
4000	11	-10,1	-18,1
5000	11	-10,1	-18,1
6300	11	-10,1	-18,1
8000	11	-10,1	-18,1
10000	11	-10,1	-18,1
12500	11	-10,1	-18,1
16000	11	-10,1	-18,1
20000	11	-10,1	-18,1

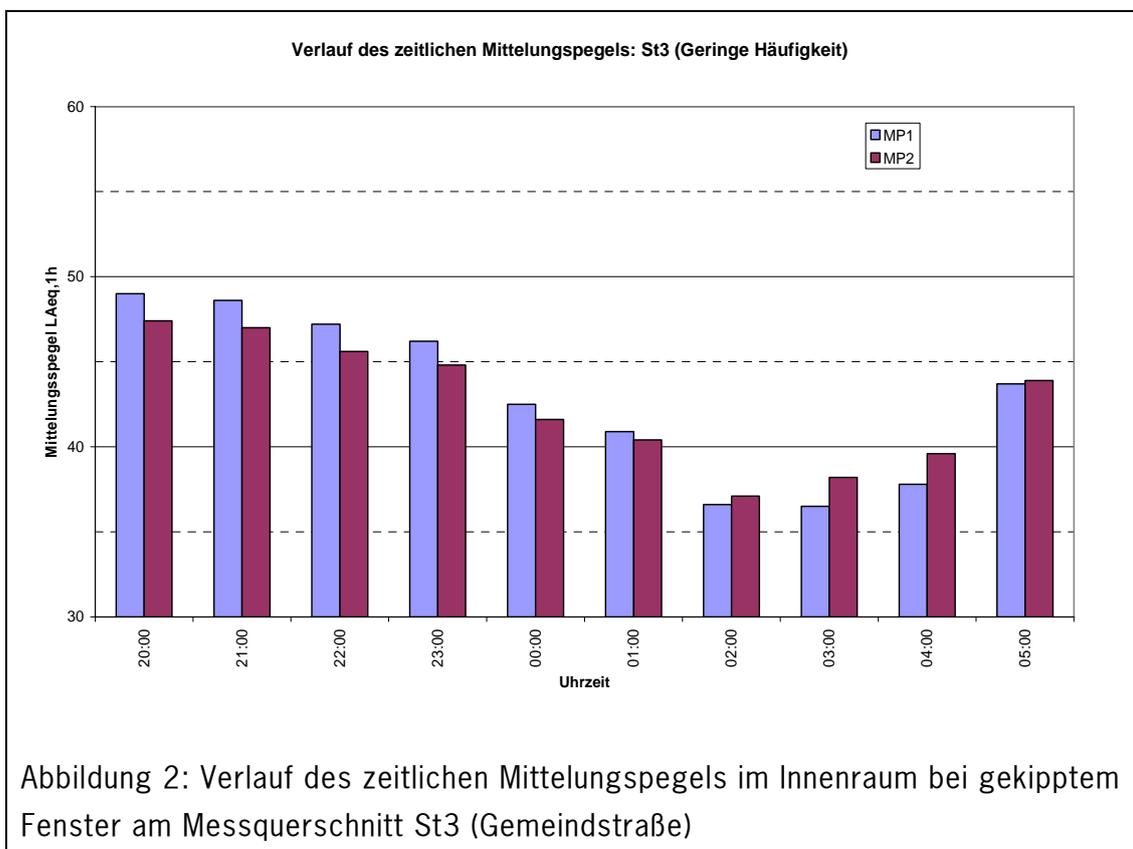
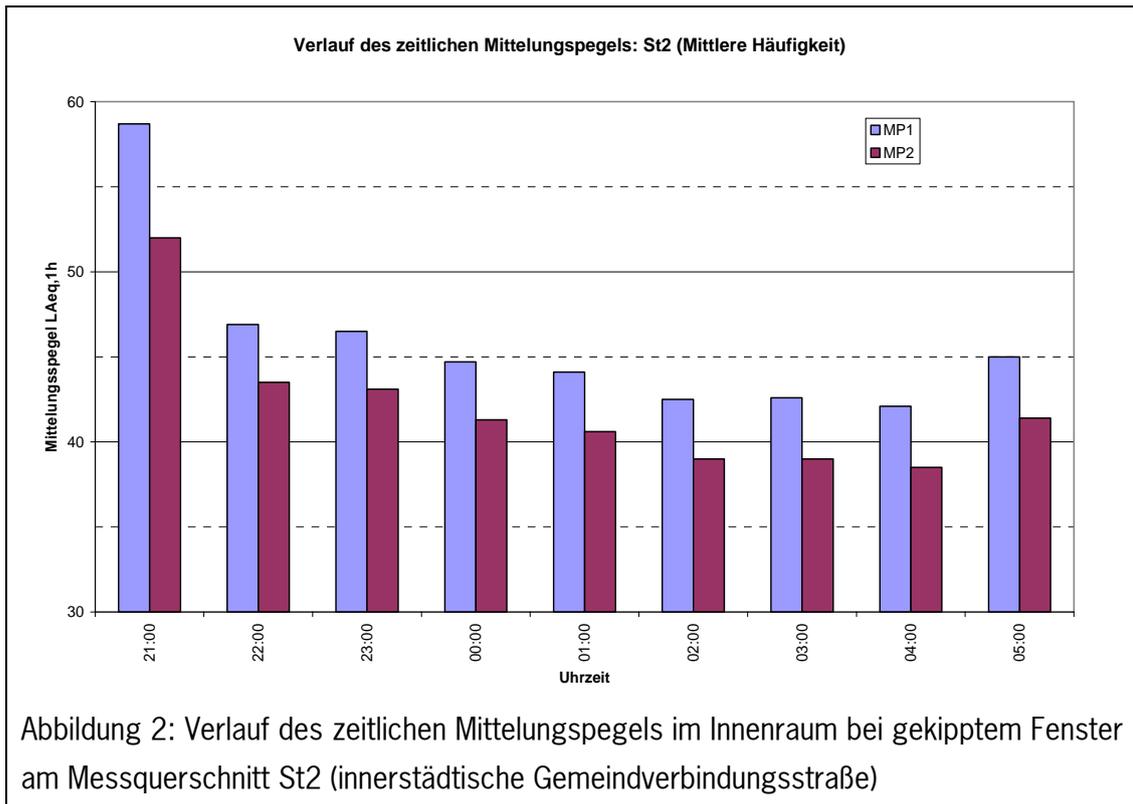
Die resultierende Filterfunktion aus obiger Tabelle setzt sich zusammen aus dem Schalldämm-Maß für ein gekipptes Fenster und der Innenraumabsorption nach VDI 2719 eines Wohnraums mit einer Nachhallzeit von 0,5 s in den Terzen ab 80 Hz. Zur Berücksichtigung der Freifeld-Situation bei den Messungen wurde die Differenz Außenpegel zu Innenpegel nach VDI 2719 um 3 dB reduziert.

3.3 Geräuscharbietungen

Für die Kalibrierung der Geräuscharbietung im Labor auf den Originalpegel wurde ein Rosa Rauschen mit einem Summenpegel von $L = 74$ dB linear erzeugt. Die Geräuschpegel wurden anhand des Original-Kalibriersignals durch nochmaliges Einlesen in einen geeichten Schallpegel-Analysator aufgezeichnet und überprüft.

Für die drei Messquerschnitte ergeben sich dabei die in folgenden Diagrammen dargestellten Verläufe des stündlichen Mittelungspegels für die Situation „Innenraum bei gekipptem Fenster“:





Die Mittelungspegel L_{Aeq} und der Maximalpegel L_{AFmax} für die Zeiträume 22:00 bis 6:00 Uhr sind in folgender Tabelle aufgeführt:

Tabelle 3: Akustische Kennwerte für Geräuscharbietungen im Innenraum bei gekipptem Fenster			
		L_{Aeq}	L_{AFmax}
Hohe Verkehrsbelastung ST1	MP1	55,9	73,0
	MP3	49,1	68,0
mittlere Verkehrsbelastung ST2	MP1	44,6	63,5
	MP2	41,2	61,9
geringe Verkehrsbelastung ST3	MP1	43,1	59,7
	MP2	42,3	59,6

Die Geräuschszenarien liegen im WAVE-Datenformat mit einer Sampling-Frequenz von 44,1 kHz und 16 Bit Auflösung vor. Die Messpunkte MP1 und MP2 sind jeweils in 2-kanaligen Dateien zusammengefasst, wobei der linke Kanal dem Messpunkt MP1 und der rechte Kanal dem Messpunkt MP2 entspricht.

Aufgrund der Beschränkung der Dateigrößen sind die Darbietungen in 2 Stunden-Abschnitten unterteilt. Um einen möglichst gleichmäßigen Übergang zwischen den zwei Dateien durch Überblenden bei der Darbietung zu ermöglichen, wurden die Dateien jeweils um 10 s verlängert. Als Kalibriersignal ist jedem Szenario eine Datei mit Rosa Rauschen mit einem unbewerteten Summenpegel von $L = 74$ dB beigefügt.

Die Bezeichnung der Datensätze ist in der folgenden Tabelle angegeben:

Tabelle 4: Datensätze für die Geräuscharbeitungen		
Hohe Verkehrsbelastung ST1	MP1	RR_74dB.wav Hohe_Haeuf_12_09_2007_Beginn_20_00_00_CH1_bearbeitetgek.wav Hohe_Haeuf_12_09_2007_Beginn_22_00_00_CH1_bearbeitetgek.wav Hohe_Haeuf_12_09_2007_Beginn_00_00_00_CH1_bearbeitetgek.wav Hohe_Haeuf_12_09_2007_Beginn_02_00_00_CH1_bearbeitetgek.wav Hohe_Haeuf_12_09_2007_Beginn_04_00_00_CH1_bearbeitetgek.wav
	MP3	RR_74dB.wav Hohe_Haeuf_12_09_2007_Beginn_20_00_00_CH3_bearbeitetgek.wav Hohe_Haeuf_12_09_2007_Beginn_22_00_00_CH3_bearbeitetgek.wav Hohe_Haeuf_12_09_2007_Beginn_00_00_00_CH3_bearbeitetgek.wav Hohe_Haeuf_12_09_2007_Beginn_02_00_00_CH3_bearbeitetgek.wav Hohe_Haeuf_12_09_2007_Beginn_04_00_00_CH3_bearbeitetgek.wav
mittlere Verkehrsbelastung ST2	MP1	RR_74dB.wav Mittl_Haeuf_12_07_2007_Beginn_21_00_01_CH1_CH2gek.wav Mittl_Haeuf_12_07_2007_Beginn_22_00_01_CH1_CH2gek.wav Mittl_Haeuf_12_07_2007_Beginn_00_00_01_CH1_CH2gek.wav Mittl_Haeuf_12_07_2007_Beginn_02_00_01_CH1_CH2gek.wav Mittl_Haeuf_12_07_2007_Beginn_04_00_01_CH1_CH2gek.wav
	MP2	
geringe Verkehrsbelastung ST3	MP1	RR_74dB.wav Gering_Haeuf_16_07_2007_Beginn_20_00_00_CH1_CH2gek.wav Gering_Haeuf_16_07_2007_Beginn_22_00_00_CH1_CH2gek.wav Gering_Haeuf_16_07_2007_Beginn_00_00_00_CH1_CH2gek.wav Gering_Haeuf_16_07_2007_Beginn_02_00_00_CH1_CH2gek.wav Gering_Haeuf_16_07_2007_Beginn_04_00_00_CH1_CH2gek.wav
	MP2	

Zusätzlich wurden die ungefilterten, von Fremdgeräuschen bereinigten, Geräuschaufzeichnungen im Freifeld beigefügt. Diese weisen dieselbe Dateibezeichnung jedoch ohne den Zusatz „gek“ auf.

Die zu den Darbietungen bei gekipptem Fenster gehörigen Pegelverläufe in 1-Sekunden-Abschnitten sind in Excel-Tabellen mit den entsprechenden Dateibezeichnungen enthalten. Für das Kalibriersignal Rosa Rauschen ist eine spektrale Darstellung in Terzbandbreite als Excel-Datei beigefügt.

München, den 31.10.2007

Möhler + Partner

Handwritten signature of Manfred Liepert in black ink, written in a cursive style.

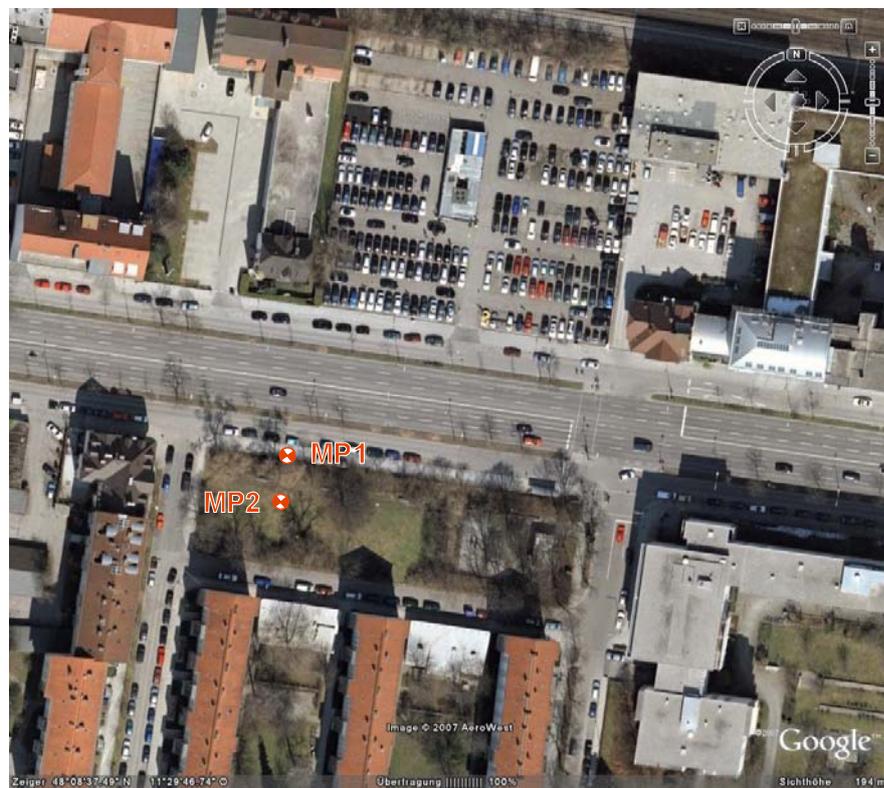
Dipl.-Ing. Manfred Liepert

Handwritten signature of Ulrich Möhler in black ink, written in a cursive style.

Dipl.-Ing. Ulrich Möhler



Messquerschnitt ST 1



Messquerschnitt ST 2



Messquerschnitt ST 3

Deufrako Noise Effects (RAPS)

Geräuschszenarien des Schienenverkehrslärms für vergleichende Laboruntersuchungen von Schienen- und Straßenverkehrslärm im Zeitraum 18:00 h bis 22:00 h zur Wirkung auf kognitive Leistungen



Dokument: 07-P-4951-TZF12-03
Datum: 20.11.2007

Fachabteilung: DB Systemtechnik
TZF12 Akustik und Erschütterungen
Völckerstraße 5
80939 München

Zertifizierter Bereich:
Technik/Beschaffung



Anwendung eines durch die DQS GmbH
Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen
zertifizierten Qualitätsmanagementsystems

Die Dokumentation bezieht sich ausschließlich auf die im Bericht beschriebenen Vorbeifahrgeräusche, angewendeten Filterfunktionen und erarbeitete Geräuschbeispiele. Die Dokumentation, die bereitgestellten Vorbeifahrgeräusche und die erarbeiteten Geräuschbeispiele dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung des im Bericht angegebenen Auftraggebers veröffentlicht werden. Eine auszugsweise Vervielfältigung bedarf zusätzlich der Zustimmung des Auftraggebers.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Zusammenfassung	4
2 Beschreibung der Untersuchung	5
3 Beschreibung der Lärmszenarien	5
4. Auswertung und Ergebnisse	6
5. Beschreibung der gelieferten Daten	7
6. Unterschriften	8

Umfang des Berichtes und der Anlagen

Der Bericht besteht aus 8 Seiten und 13 Anlagen mit insgesamt 21 Seiten.
Die Eisenbahn Geräusche als *.wav – Dateien haben einen Umfang von ca. 18 GByte.

Verteiler

- Institut für Arbeitsphysiologie der Universität Dortmund: Frau Univ.-Prof. Dr. Barbara Griefahn
- Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitspsychologie: Herr Univ.-Prof. Dr. Jürgen Hellbrück
- DLR Köln, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin: Herr D. Uwe Müller
- Fa. Möhler + Partner, vereidigte Sachverständige für Schallschutz im Verkehrs- und Städtebau und auf dem Gebiet der Bauakustik: Herrn Ulrich Möhler

Die Eisenbahngeräusche als *.wav – Dateien mit einem Umfang von ca. 17 GByte liegen dem der Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitspsychologie vor.

Verzeichnis der Anlagen

Anl. 1	Filterfunktion gekipptes Fenster
	<u>Szenarien BE / 25 m, 50 m und 100 m</u>
Anl. 2	Tabelle mit den Zugdaten der Lärmszenarien Bad Endorf (BE)
Anl. 3	WAVE-Darstellung der Lärmszenarien BE
Anl. 4	Mittelungspegel der Lärmszenarien BE
Anl. 5	Terzspektren der Lärmszenarien BE: Freifeld, gekipptes Fenster, Differenz Freifeld minus gekipptes Fenster
	<u>Szenarien HA / 25 m und 50 m</u>
Anl. 6 bis 9	wie Anl. 3 bis 5 aber für Haspelmoor (HA)
	<u>Szenarien LA / 50 m und 100 m</u>
Anl. 10 bis 13	wie Anl. 3 bis 5 aber für Langenbach (LA)

Verzeichnis der Abkürzungen

EC	EuroCity
EC-N	EuroCity Night
GZ	Güterzug
IC	InterCity
ICE	InterCityExpress
LZ	LokZug; Zug bestehend aus einer oder mehreren Lokomotiven
NZ	Nachtzug
RB	Regionalbahn
RE	Regionalexpress
$L_{pAF,max}$	A-bewerteter maximal Schalldruckpegel mit der Zeitkonstante Fast (F)
$L_{peq,tp}$	unbewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel über die Dauer t_p energetisch gemittelt
L_{pAeq}	A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel, energetisch gemittelt
LS	Luftschall
SO	Schienenoberkante
Mp	Messpunkt
n	Anzahl der Züge im Nachtzeitraum 22:00 h bis 6:00 h
v	Zuggeschwindigkeit

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts Deufrako RAPS stellt die DB AG Lärmszenarien für den Straßen- und Schienenverkehr für den Abendzeitraum 18.00 h bis 22.00 h und den Nachtzeitraum 22:00 Uhr bis 6:00 Uhr bereit. Die Lärmszenarien werden im Rahmen des Projektes für Schlaflaborversuche durch den Projektpartner „Institut für Arbeitsphysiologie der Universität Dortmund (IfADo)“ und Kognitivitätsstudien durch den Projektpartner „KUEI - Umwelt und Gesundheitspsychologie“ verwendet.

Die Schienenverkehrsszenarien werden von der DB erstellt, die Straßenverkehrsdaten im Auftrag der DB von Fa. Möhler + Partner. Focus der Messungen lag auf den Nachtzeitraum. Zusätzlich wurden die Schienenverkehrsrgeräusche im Abendzeitraum 18:00 h bis 22:00h gemessen. Straßenverkehrsrgeräusche wurden nur ausnahmsweise für den Abendzeitraum gemessen: 18:00 h bis 22:00 h an der A8, 20:00 h bis 22:00h an dem Mittleren Ring in München und im Zeitraum 21:00 h bis 22:00 h für die zwei weitere Straßenquerschnitte.

In diesem Bericht werden die Messungen und die erstellten Lärmszenarien für den Schienenverkehr für den Abendzeitraum 18:00 h bis 22:00h beschrieben.

Für den Schienenverkehr werden sieben verschiedene Lärmszenarien bereitgestellt (angegeben sind die Anzahl der Züge / der Messpunktabstand):

1. Strecke Rosenheim – Salzburg, überwiegend Nahverkehr, gemessen bei Bad Endorf (BE), mit den Messpunkten 25m, 50 m und 100 m seitlich Gleismitte des nächstgelegenen Gleises.
2. Strecke München - Augsburg, Hauptabfuhrstrecke, gemessen bei Haspelmoor (HA) mit den Messpunkten 25m und 50 m seitlich Gleismitte des nächstgelegenen Gleises.
3. Strecke München – Landshut, Nahverkehrsstrecke, gemessen bei Langenbach (LA) mit den Messpunkten 50 m und 100 m seitlich Gleismitte des nächstgelegenen Gleises.

Die Lärmszenarien werden als Freifeld-Geräusche und gefiltert mit der Filtercharakteristik „gekippertes Fenster“ als WAVE-Dateien im CD-Format 44,1 kHz/16 Bit/mono bereitgestellt.

2 Beschreibung der Untersuchung

Die Luftschallaufzeichnungen wurden in drei aufeinanderfolgenden Abenden jeweils kontinuierlich zwischen 18:00 h und 22:00 h an drei unterschiedlich stark befahrenen Eisenbahnstrecken durchgeführt. Gemessen wurde jeweils an den 5 Mikrofonstandorten 7,5 m, 25 m, 50 m, 100 m und 200 m seitlich der Eisenbahnstrecken. Für die Zwecke der Untersuchung wurde nur eine Auswahl der Messabstände herangezogen (s. Tabelle 1).

Strecke	Entfernung zur Gleismitte	Höhe über SO	Höhe über Grund	Bezugsgleis
Rosenheim – Salzburg bei Bad Endorf (BE)	Mp 2: 25 m	3,5 m		Richtung Salzburg
	Mp 3: 50 m	3,5 m		
	Mp 4: 100 m		3,5 m	
München - Landshut bei Langenbach (LA)	Mp 3: 50 m	3,5 m		Richtung Landshut
	Mp 4: 100 m		3,5 m	
München - Augsburg Bei Haspelmoor (HA)	Mp 2: 25 m	3,5 m		Richtung Augsburg
	Mp 3: 50 m	3,5 m		

Tabelle 1: Angabe der Eisenbahnstrecken und Mikrofonstandorte der ausgewählten Lärmszenarien

Die Messungen fanden an den im folgenden angegebenen Abenden statt:

- 18. 06. 2007: Strecke Rosenheim – Salzburg (bei Bad Endorf, km 14,3, abgekürzt BE)
Wetter: Niederschlagsfrei, windstill, Temperatur 14 °C bis 26 °C.
- 19. 06. 2007: Strecke München – Landshut (bei Langenbach, km 52,1, abgekürzt LA)
Wetter: Niederschlagsfrei, windstill, Temperatur 16 °C bis 30 °C.
- 20. 06. 2007: Strecke München – Augsburg (bei Haspelmoor, km 33,4, abgekürzt HA)
Wetter: niederschlagsfrei, Temperatur: 16 °C bis 32 °C.

Die Messgelände waren eben oder leicht fallend mit freier Schallausbreitung.

Bei der Aufnahme wurde eine Abtastrate von 44,1 kHz und ein Hochpassfilter von 10 Hz verwendet. Die Messgeräte unterliegen einem Prüfmittelmanagement gemäß IEC ISO 17025:2005.

Die Eisenbahnstrecken unterscheiden sich durch unterschiedliche Zugverkehre und Geschwindigkeiten v :

Strecke Rosenheim – Salzburg: Nahverkehrszüge/Reisezüge und Güterzüge; $v_{\max} = 200$ km/h.

Strecke München – Landshut: Nahverkehrszüge und wenige Güterzüge; $v_{\max} = 140$ km/h.

Strecke München – Augsburg: Hauptabfuhrstrecke mit allen Zugarten; $v_{\max} = 200$ km/h.

3 Beschreibung der Lärmszenarien

Die Lärmszenarien werden in Tabelle 2 beschrieben. Variiert wird hierin die Anzahl der Züge (Zeile E1), der Abstand der Messpunkte (Zeile E2) und Anzahl + Abstand (Zeile E3). Diese Auswahl lehnt sich an die Wahl der Lärmszenarien für die Schlaflaborstudien an, die Anzahl der Züge variiert zwischen $n = 23$ bis $n = 36$ in den vier Abendstunden.

	Anzahl/Messpunktabstand		
Variation von	Schienenverkehr		
E1: Anzahl(n)	n=23 / 50 m (LA)	n=30 / 50 m (BE)	n=36 / 50 m (HA)
E2: L_{pAeq} (Abstand)	n=30 / 100 m (BE)	n=30 / 50 m (BE)	n=30 / 25 m (BE)
E3: n und L_{pAeq}	n=23 / 100 m (LA)	n=30 / 50 m (BE)	n=36 / 25 m (HA)

Tabelle 2: Angabe der Eisenbahnstrecken und Mikrofonstandorte der 9 Lärmszenarien. Von den 9 Szenarien sind 7 unterschiedlich (schattiert). n = Anzahl der Zugvorbeifahrten im Abendzeitraum 18:00 h bis 22:00 h, dahinter steht der jeweils gewählte Messpunktabstand von Gleismitte des nächstgelegenen Gleises.

Die in den Lärmszenarien wiedergegebenen Züge werden in den Anlagen 2, 6 und 10, mit Angabe der Uhrzeit, Zugart, Vorbeifahrtsgeschwindigkeit und Zuglänge beschrieben.

4. Auswertung und Ergebnisse

Die Lärmszenarien wurden mit WaveLab editiert. Das Editieren beschränkte sich auf:

- Ausschneiden bzw. Überschreiben außergewöhnlicher Geräusche oder Pegelabsenkung in mehreren zeitlich geschachtelten 1 dB Schritten für außergewöhnliche Störgeräusche (Traktor, Lkw's, Motorräder, Flugzeuge etc) und bei kontinuierlich auftretenden Geräuschen wie z. B. Vogelgezwitscher.
- Die Zugvorbeifahrten wurden in wenigen Einzelfällen auf die in den Anlagen 2, 6 und 10 angegebenen Vorbeifahrzeiten angepasst, indem Hintergrundgeräusch in den Zeitabschnitten zwischen den Zugvorbeifahrten eingefügt oder ausgeschnitten wurde.
- Unbrauchbare Aufnahmen von Zugvorbeifahrten z. B. durch den Ausfall eines Messpunktes wurden durch das Einfügen vergleichbarer Züge korrigiert.
- Filtern der Szenarien mit der Filterfunktion „gekipptes Fenster“ (s. Anlage 1): Die Filterung wurde mit dem WaveLab Plugin Freefilter vorgenommen. Freefilter realisiert annähernd eine Terzfilterbank, das Ergebnis unterscheidet sich deshalb geringfügig von der Filtercharakteristik „Gekipptes Fenster“ (s. Anlage 1). Das mit der Software WaveLab realisierte Filter wurde von M+P eingestellt und überprüft, an die DB geliefert und auch hier verwendet.
- Die Zugvorbeifahrgeräusche wurden durch das Editieren nicht verändert.

Die zeitlichen Abfolgen der Zugvorbeifahrten sind in den Tabellen (s. Anlage 2, 6 und 10) und den WAVE- Darstellungen (s. Anlagen 3, 7 und 11) wiedergegeben.

Die Tabellen (s. Anlage 4, 8 und 12) enthalten die Mittelungspegel $L_{pA,eq}$ jeweils über 1 Stunde gemittelt (oben) und über den gesamten Abendzeitraum 18:00 h bis 22:00 h gemittelt (unten) sowohl für die Originalaufnahmen (Freifeld) als auch für die gefilterten Aufnahmen mit der Filtercharakteristik „gekipptes Fenster“ (Filtercharakteristik s. Anl. 1).

Die Anlagen 5, 9 und 13 enthalten die mittleren Terzspektren $L(lin)$ gemittelt über den Abendzeitraum 18:00 h bis 22:00 h für die Originalaufnahmen (Freifeld) und für die gefilterten Aufnahmen mit der Filtercharakteristik „gekipptes Fenster“ und Differenzkurve ΔL (Freifeld *minus* gekipptes Fenster). Siehe hierzu auch Anlage 1: In den letzten zwei Spalten der Tabelle in Anlage 1 wird die durch das WaveLab Plugin „Freefilter“ realisierte Filterung und die vorgegebene Filterfunktion für das gekippte Fenster verglichen: Vorgabe und Realisierung stimmen sehr gut überein.

5. Beschreibung der gelieferten Daten

Das Datenformat der Lärmszenarien „Schiene“ ist „WAVE (PCM)“ mit der Datenrate 44,1 kHz und 16 Bit Auflösung. Die Abendszenarien im Zeitraum 18:00 h bis 22:00h haben etwa zweimal 1,2 GByte Umfang pro Szenario. Pro Szenario werden zwei Datensätze geliefert: ungefiltert und gefiltert mit der Filtercharakteristik „gekipptes Fenster“ (s. Anlage 1). Die Bezeichnung der Datensätze ist in der folgenden Tabelle 3 angegeben.

	Bezeichnung der Datenfiles der Lärmszenarien		
Variation von	Schienenverkehr		
E1: Anzahl(n)	LA-18h bis 22h_Mp3.wav LA-18h bis 22h_Mp3_tilted.wav	BE-18h bis 22h_Mp3.wav BE-18h bis 22h_Mp3_tilted.wav	HA-18h bis 22h_Mp3.wav HA-18h bis 22h_Mp3_tilted.wav
E2: L_{pAeq} (Abstand)	BE-18h bis 22h_Mp4.wav BE-18h bis 22h_Mp4_tilted.wav	BE-18h bis 22h_Mp3.wav BE-18h bis 22h_Mp3_tilted.wav	BE-18h bis 22h_Mp2.wav BE-18h bis 22h_Mp2_tilted.wav
E3: n und L_{pAeq}	LA-18h bis 22h_Mp4.wav LA-18h bis 22h_Mp4_tilted.wav	BE-18h bis 22h_Mp3.wav BE-18h bis 22h_Mp3_tilted.wav	HA-18h bis 22h_Mp2.wav HA-18h bis 22h_Mp2_tilted.wav

Tabelle 3: Bezeichnung der Datenfiles mit Angabe der Kurzbezeichnung des Messortes (z. B. LA für Langenbach), dem Abendzeitraum 18:00 h bis 22:00 h, dem Messpunkt (z. B. Mp 2 = Abstand 25 m, s. Tabelle 1), tilted = Anwendung der Filterfunktion für das gekippte Fenster (s. Anlage 1).

Zu den Szenarien wird als Kalibriersignal „Rosa Rauschen“ mit dem Pegel 74 dB(lin) mit Terzpegeln 59 dB für alle Terzfrequenzen zwischen 16 Hz und 20 kHz geliefert.

Mit dem Bericht wurden die Lärmszenarien mit den in Tabelle 3 genannten Datenfiles auf einer Festplatte geliefert. Der Datenumfang für die Lärmszenarien abends 18:00 h bis 22:00 h beträgt etwa 17 GByte, sowie die Lärmszenarien des Straßenverkehrs. Die Festplatte enthält des weiteren die Pegelschriebe „Freifeld“ und „gekipptes Fenster“.

Informationen zu den Lärmszenarien des Straßenverkehrs können dem Bericht Nr. 101-2482-3 der Fa. Möhler + Partner entnommen werden. Zusätzliche Informationen können der Kurzbeschreibung der Abendlärmszenarien von Möhler + Partner entnommen werden.

6. Unterschriften



Dr. M. Beier TZF 12 (PL)

Filterfunktion „gekippertes Fenster“

Oben: Tabelle mit den Einzelkomponenten der Filterfunktion.

Spalte 1:
Terzmittenfrequenz in Hz

Spalte 2:
Wirkung des gekippten Fensters in dB.

Spalte 3:
Innenraumabsorption eines üblichen Schlafzimmers in dB

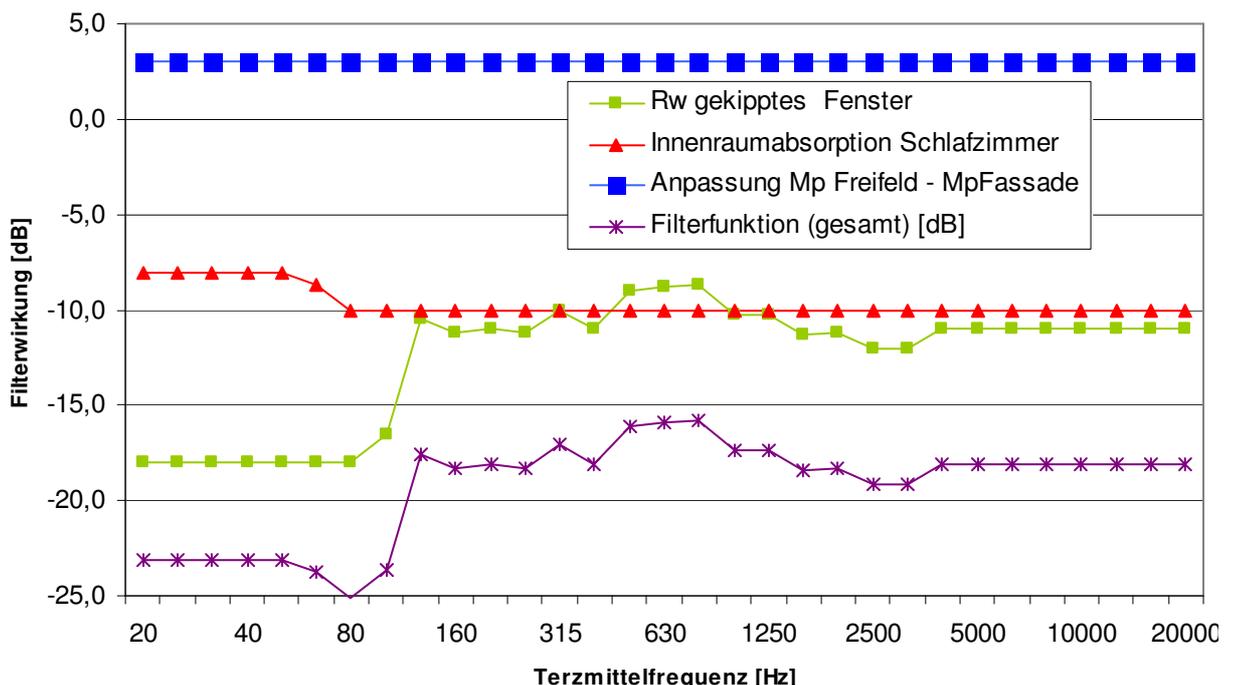
Spalte 4:
3 dB – Zuschlag zur Berücksichtigung der Reflexion der Fassade. Die Messungen wurden im freien Feld durchgeführt.

Spalte 5:
Gesamtfilterwirkung am Ohr des Schläfers.

Spalte 6:
Für die Lärmszenarien realisierte, nachgemessene Filterfunktion.

Unten: Graphische Darstellung der Einzelkomponenten und der Gesamtwirkung des angewandten Filters „gekippertes Fenster“.

Filterfunktion Schlafzimmer + gekipptes Fenster					
f [Hz]	Rw gekipptes Fenster [dB]	Innenraumabsorption Schlafzimmer [dB]	Anpassung Mp Freifeld - MpFassade [dB]	Filterfunktion (gesamt) [dB]	realisiert durch Freefilter [dB]
20	-18,0	-8,1	3	-23,1	-23,0
25	-18,0	-8,1	3	-23,1	-23,0
31,5	-18,0	-8,1	3	-23,1	-23,0
40	-18,0	-8,1	3	-23,1	-23,1
50	-18,0	-8,1	3	-23,1	-23,2
63	-18,0	-8,7	3	-23,7	-23,7
80	-18,0	-10,1	3	-25,1	-24,2
100	-16,5	-10,1	3	-23,6	-22,3
125	-10,5	-10,1	3	-17,6	-18,0
160	-11,2	-10,1	3	-18,3	-17,5
200	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,0
250	-11,2	-10,1	3	-18,3	-18,2
315	-10,0	-10,1	3	-17,1	-17,4
400	-11,0	-10,1	3	-18,1	-17,7
500	-9,0	-10,1	3	-16,1	-17,0
630	-8,8	-10,1	3	-15,9	-16,1
800	-8,7	-10,1	3	-15,8	-16,0
1000	-10,3	-10,1	3	-17,4	-16,2
1250	-10,3	-10,1	3	-17,4	-17,3
1600	-11,3	-10,1	3	-18,4	-18,0
2000	-11,2	-10,1	3	-18,3	-18,3
2500	-12,0	-10,1	3	-19,1	-18,2
3150	-12,0	-10,1	3	-19,1	-18,9
4000	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,9
5000	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,2
6300	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,0
8000	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,0
10000	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,1
12500	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,1
16000	-11,0	-10,1	3	-18,1	-18,2
20000	-11,0	-10,1	3	-18,1	



Die Filterfunktion (gesamt) wird auf alle Lärmszenarien Straße (durch Möhler + Partner) und Schiene angewandt.

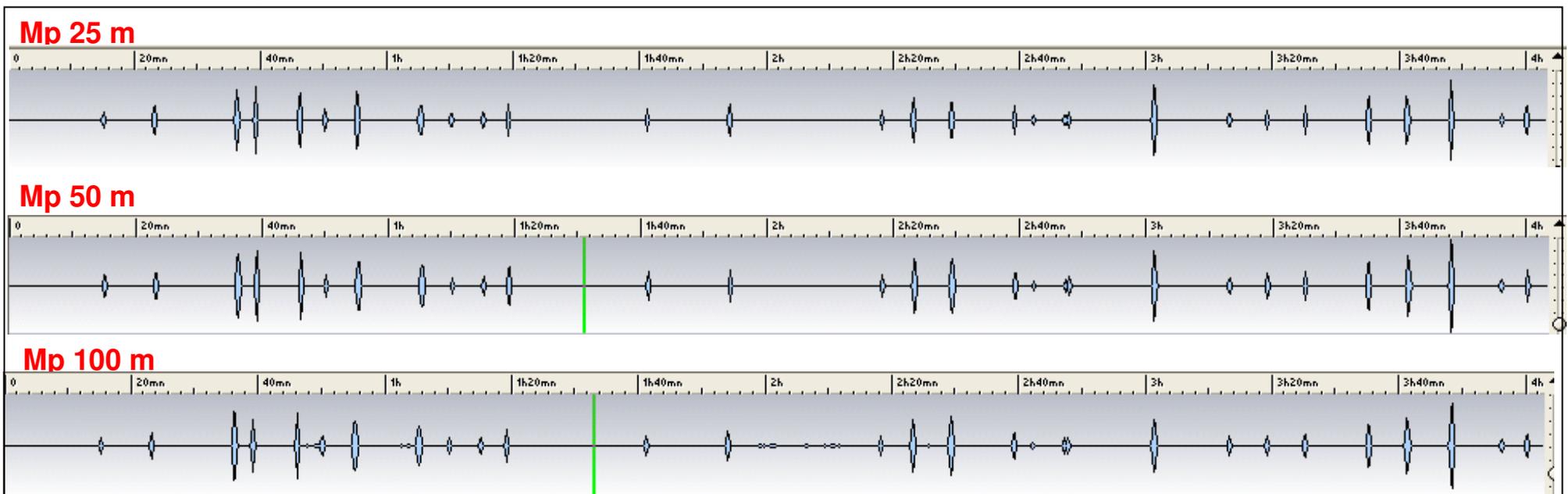
**Zugdaten der Strecke Rosenheim – Salzburg bei Bad Endorf (BE):
 Nahverkehrszüge / Reisezüge und Güterzüge**

Züge 18:00 h bis 22:00 h Bad Endorf					
Pos	Zeit	Zugart	Länge	v [km/h]	Bemerkung
1	18:15	RB	178	112	
2	18:23	RB	178	86	
3	18:36	GZ	?	98	
4	18:39	GZ	?	?	
5	18:46	EC	257	109	
6	18:50	RE	178	97	
7	18:??	GZ	592	100	
8	19:05	GZ	547	82	
9	19:10	IC	258	110	
10	19:15	RB	178	112	
11	19:19	EC	258	115	
12	19:41	RE	178	95	
13	19:54	EC	258	110	
14	20:18	RB	178	110	
15	20:23	RB	390	99	
16	20:29	Gag	564	94	
17	20:39	RB	178	86	
18	20:42	RB	46	108	VT 628
19	20:47	ICE-T	185	111	
20	20:47	IC	258	112	
21	21:01	GZ	410	90	
22	21:13	IC	258	106	
23	21:19	RE	178	106	
24	21:25	EC	258	99	
25	21:35	GZ	297	89	
26	21:41	GZ	?	94	Kreuzung
27	21:42	RE	231	94	
28	21:48	GZ	313	98	
29	21:56	ICE 1	337	106	
30	22:00	EC	284	109	

Tabelle: Zugdaten der Strecke Rosenheim – Salzburg bei Bad Endorf (BE). Gemessen wurde hier 25 m, 50 m und 100 m seitlich Mitte des nächstliegenden Gleises.

WAVE-Darstellungen (ungefiltert, die verschiedenen Mp nicht maßstabsgetreu)

Bad Endorf (BE): Zugabfolge zwischen 18:00 h und 22:00 h

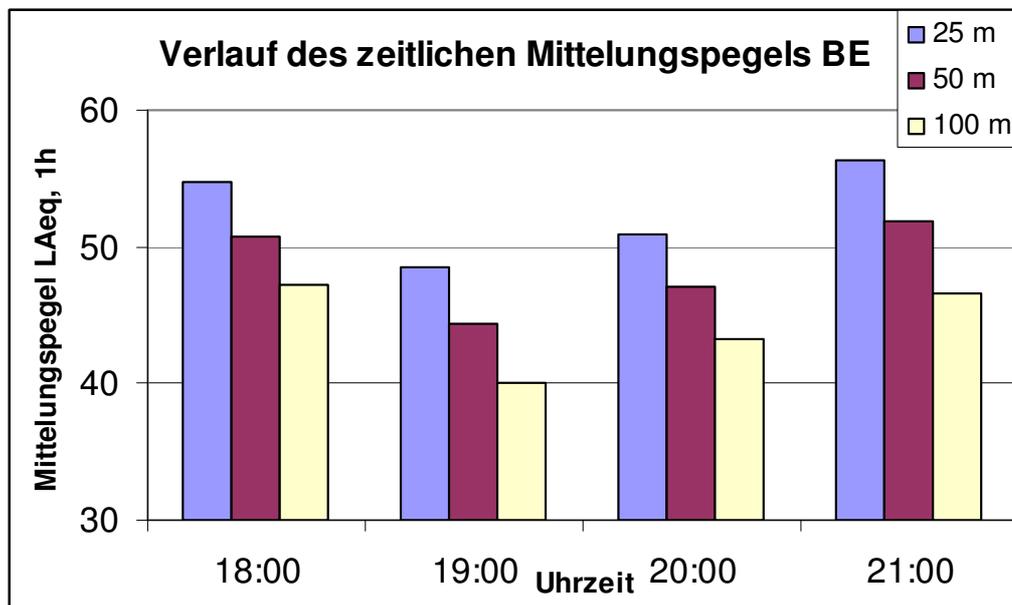


Mittelungspegel Bad Endorf (BE)

Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils eine Stunde gemittelt

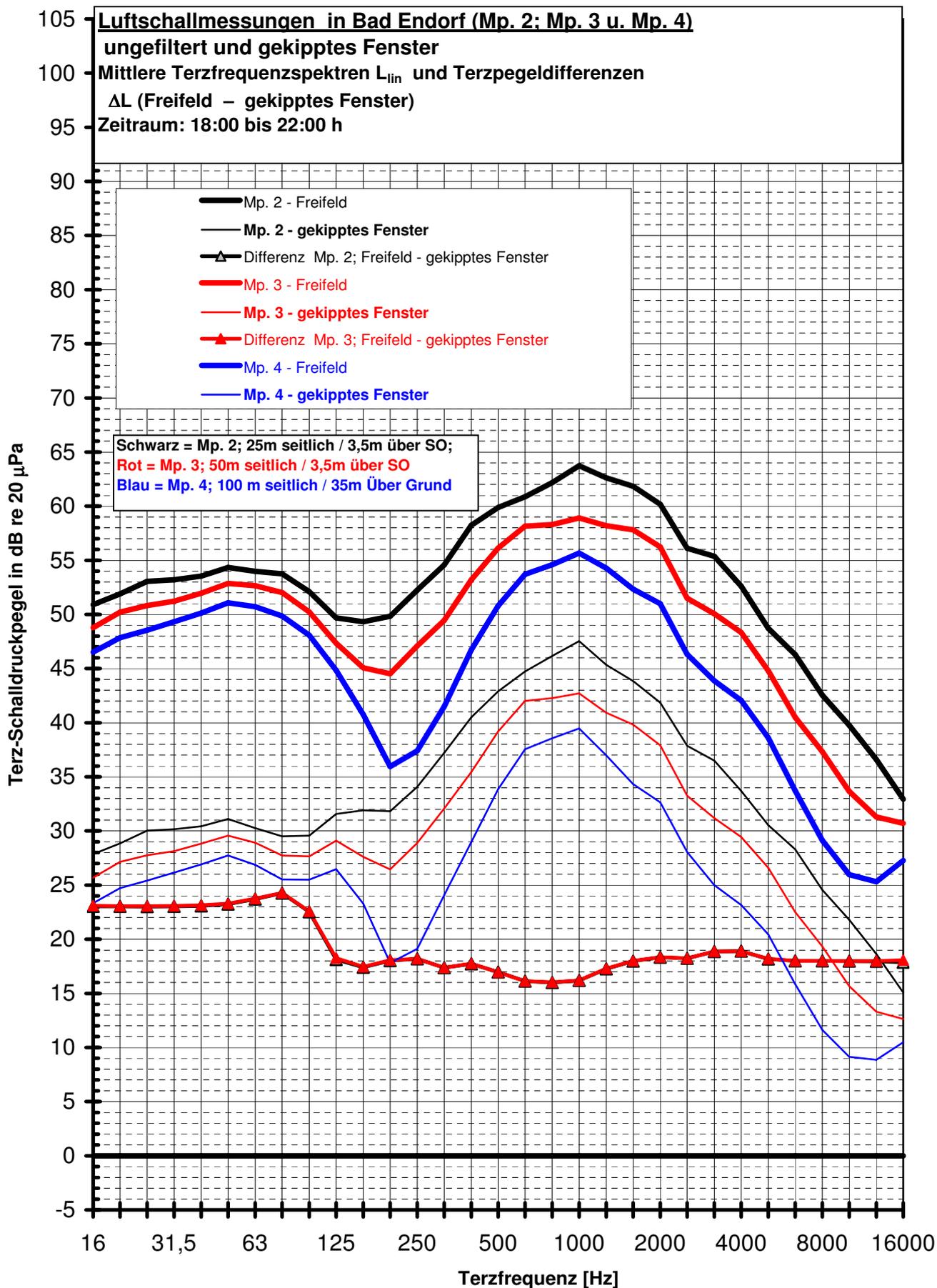
Bad Endorf		Mp 2		Mp 3		Mp4	
		Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum		Pegel in dB(A)					
18h bis 19h		71,8	54,8	67,8	50,8	64,1	47,3
19h bis 20h		65,8	48,5	61,6	44,3	57,3	40,1
20h bis 21h		68,1	50,9	64,1	47,0	60,3	43,3
21h bis 22h		73,5	56,4	69,1	51,9	63,6	46,6

Balkendiagramm der einstündigen Summenpegel „gekipptes Fenster“



Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils 4 Stunden gemittelt

Bad Endorf		Mp 2		Mp 3		Mp 4	
		Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum		Pegel in dB(A)					
18h bis 22h		70,8	53,7	66,6	49,5	62,2	45,2



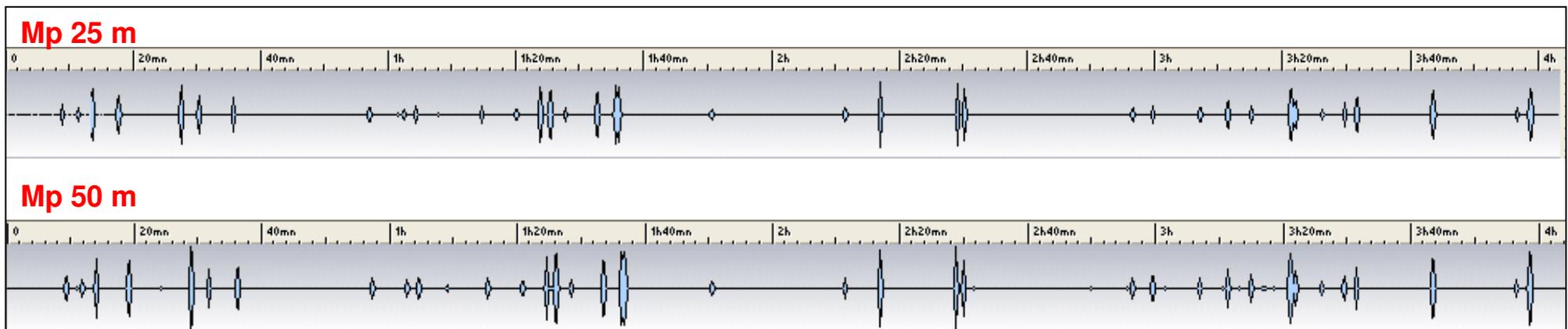
**Zugdaten der Strecke München – Augsburg bei Haspelmoor (HA):
Hauptabfuhrestrecke mit allen Verkehrsarten**

Züge 18:00 h bis 22:00 h Haspelmoor					
Pos	Uhrzeit	Zugart	Länge [m]	v [km/h]	Bemerkung
1	18:09	ICE-T	344	?	Kreuzung
2	18:11	ICE 3	2	149-157	
3	18:13	RE	178	136	
4	18:17	GZ	554	95	
5	18:28	RE	152	130	
6	18:30	RB	126	102	
7	18:35	RB	152	135	
8	18:57	IC	258	158	
9	19:02	ICE 2	400	120-130	
10	19:04	ICE 2	280 (?)	149	
11	19:14	ICE 1	360	148-158	
12	19:20	ICE 1	360	120	
13	19:23	RB	152	120	
14	19:25	GZ	604	87	
15	19:27	RB	178	117	
16	19:32	GZ	350	97	
17	19:35	GZ	?	107	
18	19:35	GZ	?	100	
19	19:50	ICE 1	360	120	
20	20:11	ICE 3	400	153	
21	20:16	GZ	296	97	
22	20:28	RB	231	130	
23	20:36	RB	152		
24	20:56	ICE 2	400	148	
25	20:59	IC	258	152	
26	21:06	ICE 2	400	150	
27	21:11	GZ	290	95	
28	21:15	IC	258	112	
29	21:21	GZ	694	100	
30	21:22	GZ	434	92	
31	21:26	LZ	20	85	
32	21:29	RB	152	135	
33	21:31	RB	152	135	
34	21:43	GZ	425	90	
35	21:56	ICE-T	172	160	
36	21:58	GZ	?	97	

Tabelle: Zugdaten der Strecke München – Augsburg bei Haspelmoor (HA). Gemessen wurde hier 25 m und 50 m seitlich Mitte des nächstliegenden Gleises.

WAVE-Darstellungen (ungefiltert, die verschiedenen Mp nicht maßstabsgetreu)

Haspelmoor (HA): Zugabfolge zwischen 18:00 h und 22:00 h

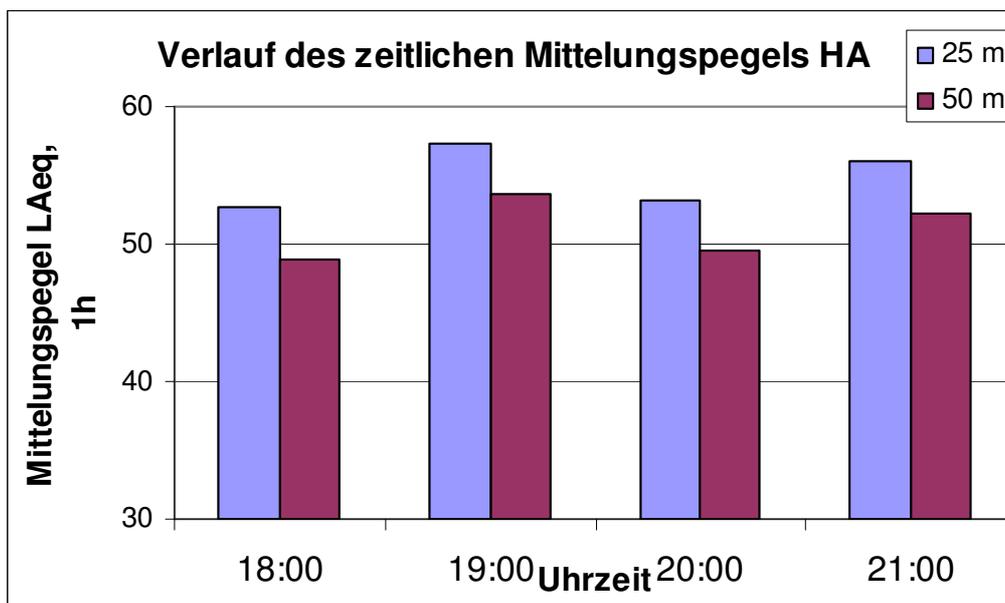


Mittelungspegel Haspelmoor (HA)

Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils eine Stunde gemittelt

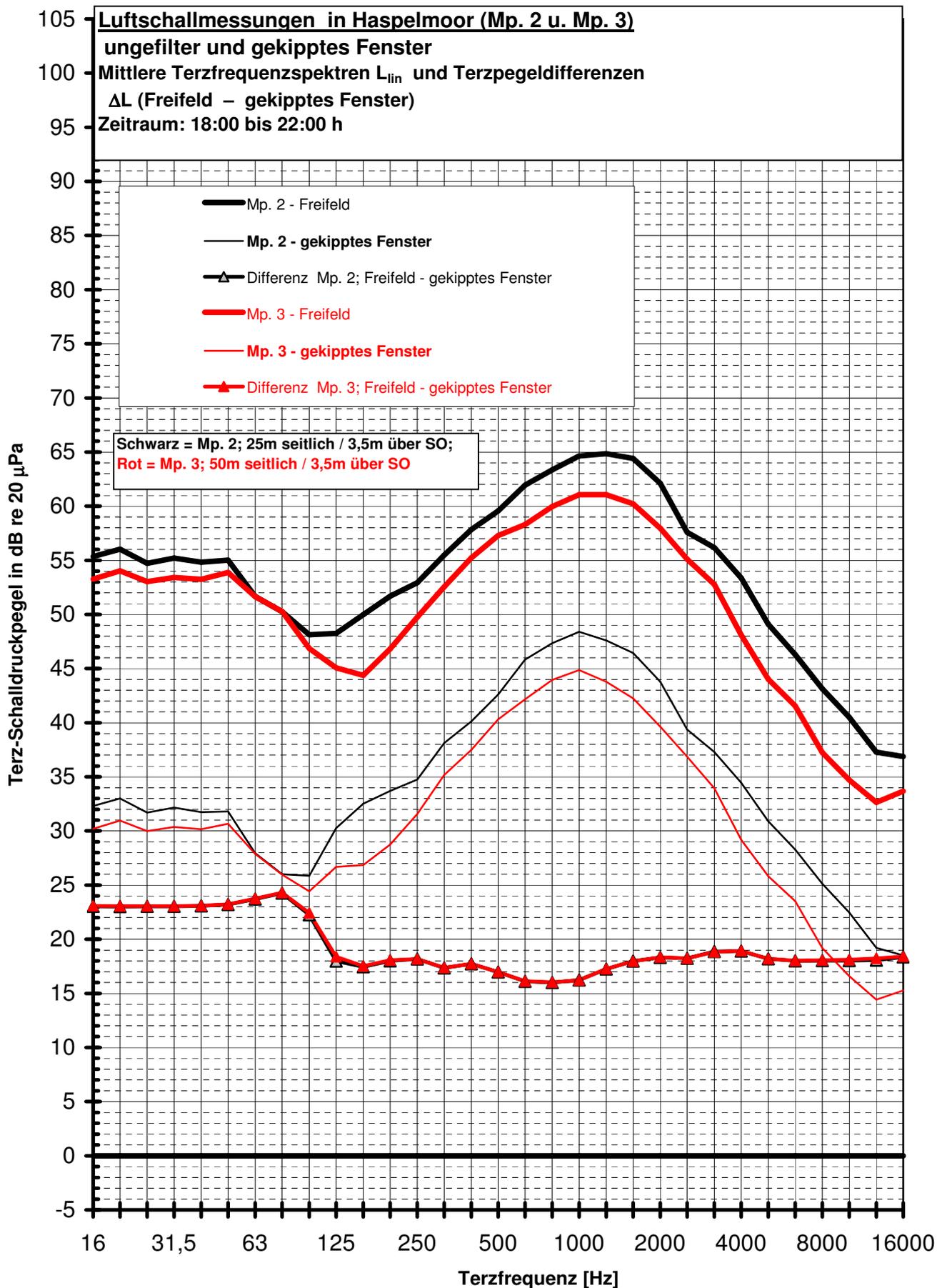
Haspelmoor	Mp 2		Mp 3		Mp4	
	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum	Pegel in dB(A)					
18h bis 19h	70,0	52,7	66,2	48,9	-	-
19h bis 20h	74,4	57,3	70,7	53,6	-	-
20h bis 21h	70,4	53,1	66,8	49,6	-	-
21h bis 22h	73,1	56,0	69,4	52,3	-	-

Balkendiagramm der einstündigen Summenpegel „gekipptes Fenster“



Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils 4 Stunden gemittelt

Haspelmoor	Mp 2		Mp 3		Mp 4	
	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum	Pegel in dB(A)					
18h bis 22h	72,4	55,2	68,7	51,5	-	-



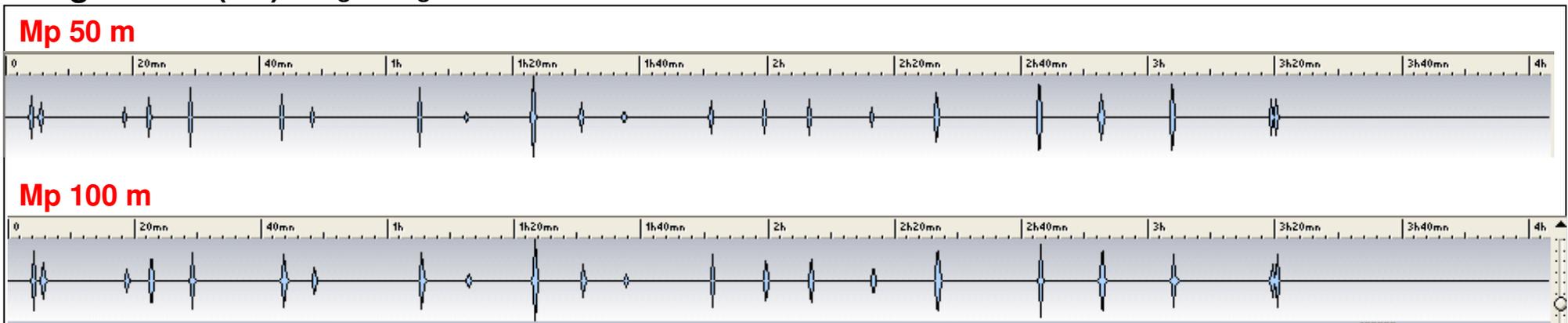
**Zugdaten der Strecke München – Landshut bei Langenbach (LA):
 Nahverkehr mit wenig Güterverkehr**

Züge 18:00 h bis 22:00 h Langenbach					
Pos	Uhrzeit	Zugart	Länge [m]	v [km/h]	Bemerkung
1	18:04	RB	126	135	
2	18:05	RB	205	120	
3	18:19	RB	152	130	
4	18:22	RB	73	129	
5	18:29	RB	152	119	
6	18:43	RB	126	126	
7	18:48	RB	126	137	
8	19:05	RB	152	117	
9	19:13	LZ	20	80	
10	19:23	RB	152	137	Kreuzung
11	19:23	RB	?	83	
12	19:31	RB	73	115	
13	19:37	LZ	20	120	
14	19:51	RB	152	131	
15	19:59	RB	126	126	
16	20:07	RB	126	133	
17	20:16	RB	152	133	
18	20:26	GZ	410	89	
19	20:43	RB	126	131	
20	20:52	GZ	427	96	
21	21:04	RB	152	118	
22	21:19	RB	126	130	
23	21:20	RB	152	99	

Tabelle: Zugdaten der Strecke München – Landshut bei Langenbach (LB). Gemessen wurde hier 50 m und 100 m seitlich Mitte des nächstliegenden Gleises.

WAVE-Darstellungen (ungefiltert, die verschiedenen Mp nicht maßstabsgetreu)

Langenbach (LA): Zugabfolge zwischen 18:00 h und 22.00 h

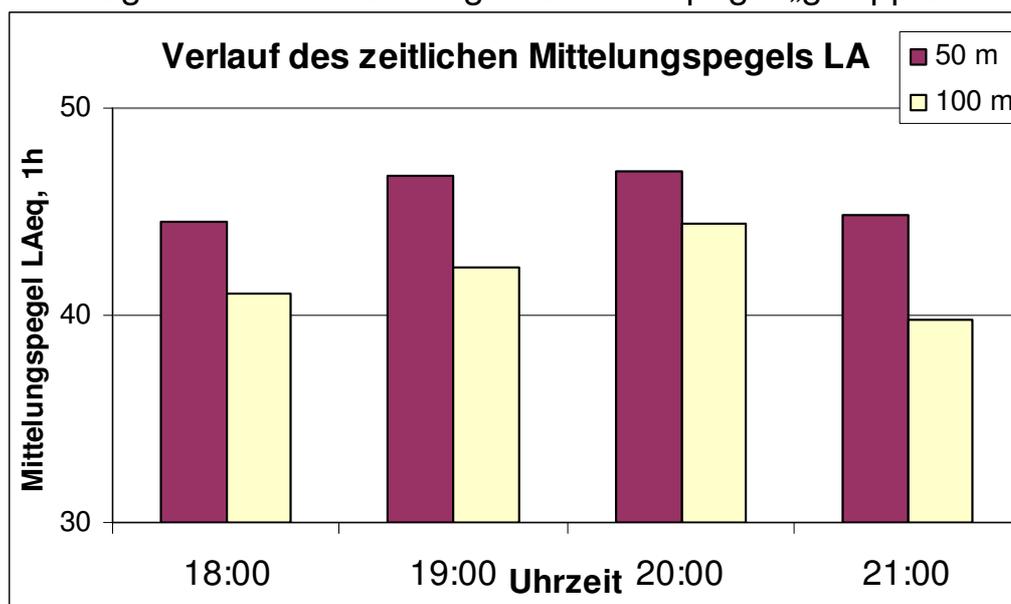


Mittelungspegel Langenbach (LA)

Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils eine Stunde gemittelt

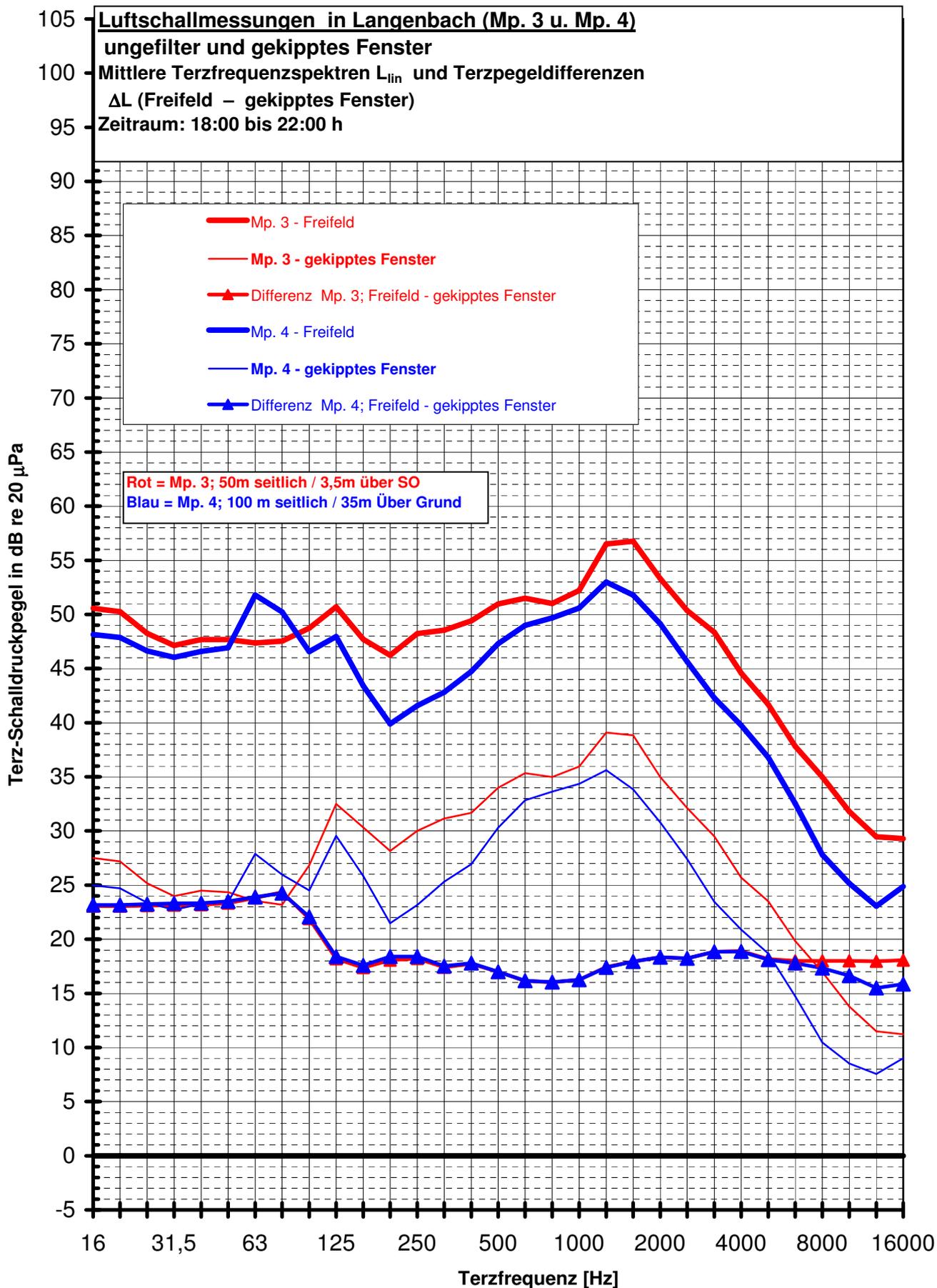
Langenbach		Mp 2		Mp 3		Mp4	
		Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum		Pegel in dB(A)					
	18h bis 19h	-	-	62,2	44,5	58,5	41,1
	19h bis 20h	-	-	64,3	46,7	59,8	42,3
	20h bis 21h	-	-	64,3	46,9	61,6	44,4
	21h bis 22h	-	-	62,2	44,8	57,3	39,8

Balkendiagramm der einstündigen Summenpegel „gekipptes Fenster“

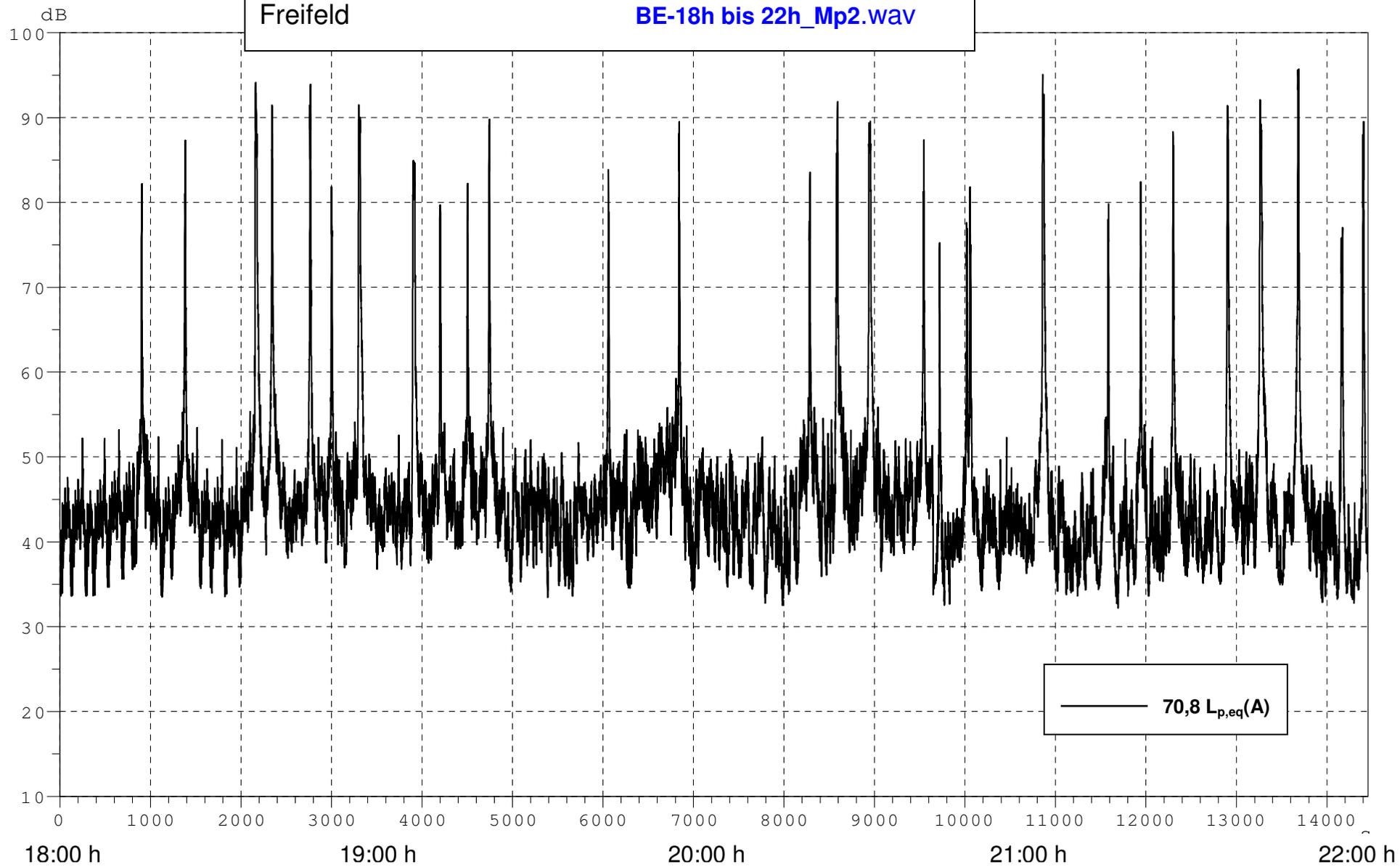


Mittlere Summenpegel $L_{pa,eq}$ über jeweils 4 Stunden gemittelt

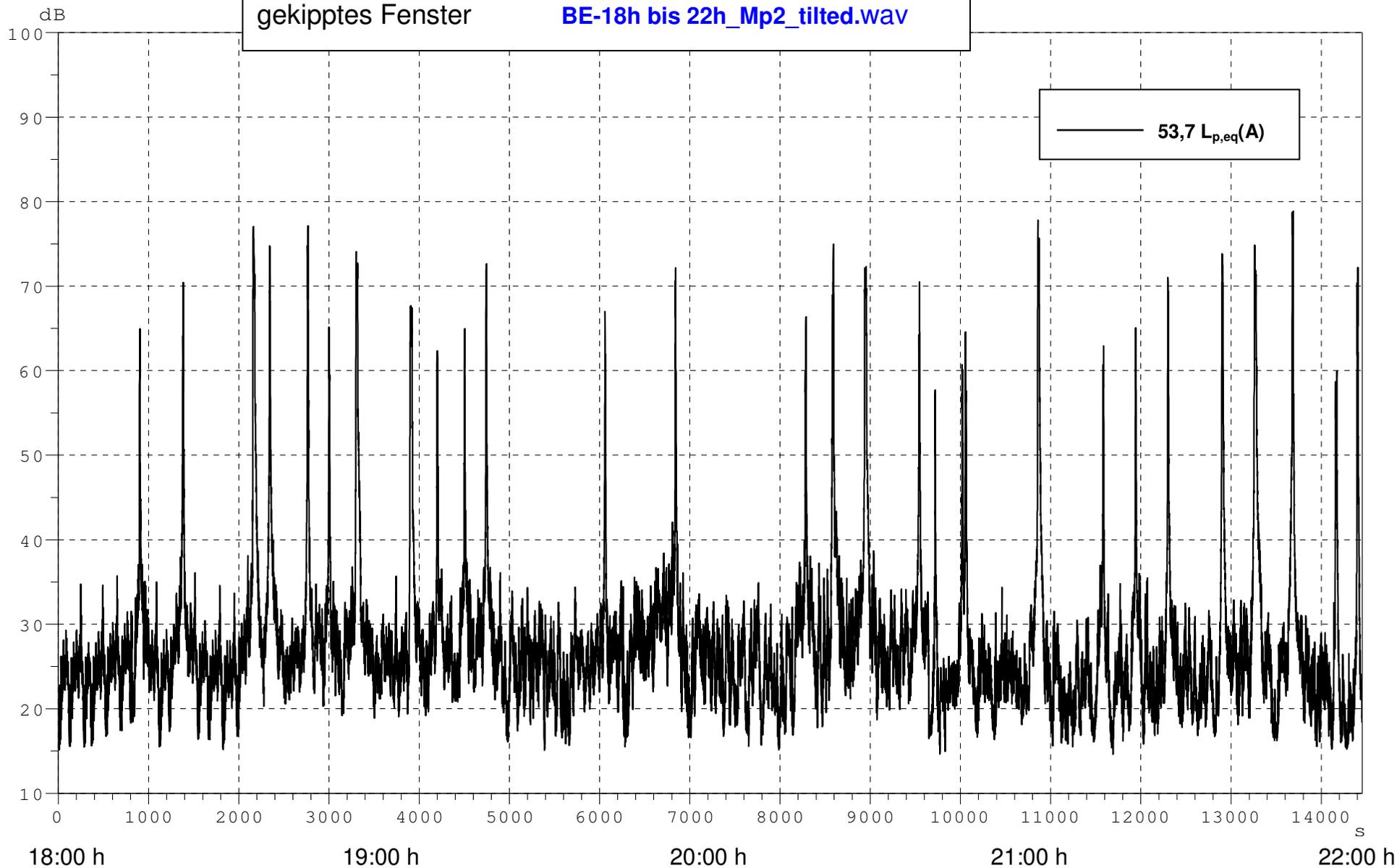
Langenbach		Mp 2		Mp 3		Mp 4	
		Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster	Freifeld	gekipptes Fenster
Zeitraum		Pegel in dB(A)					
	18h bis 22h	-	-	63,4	45,8	59,6	42,3

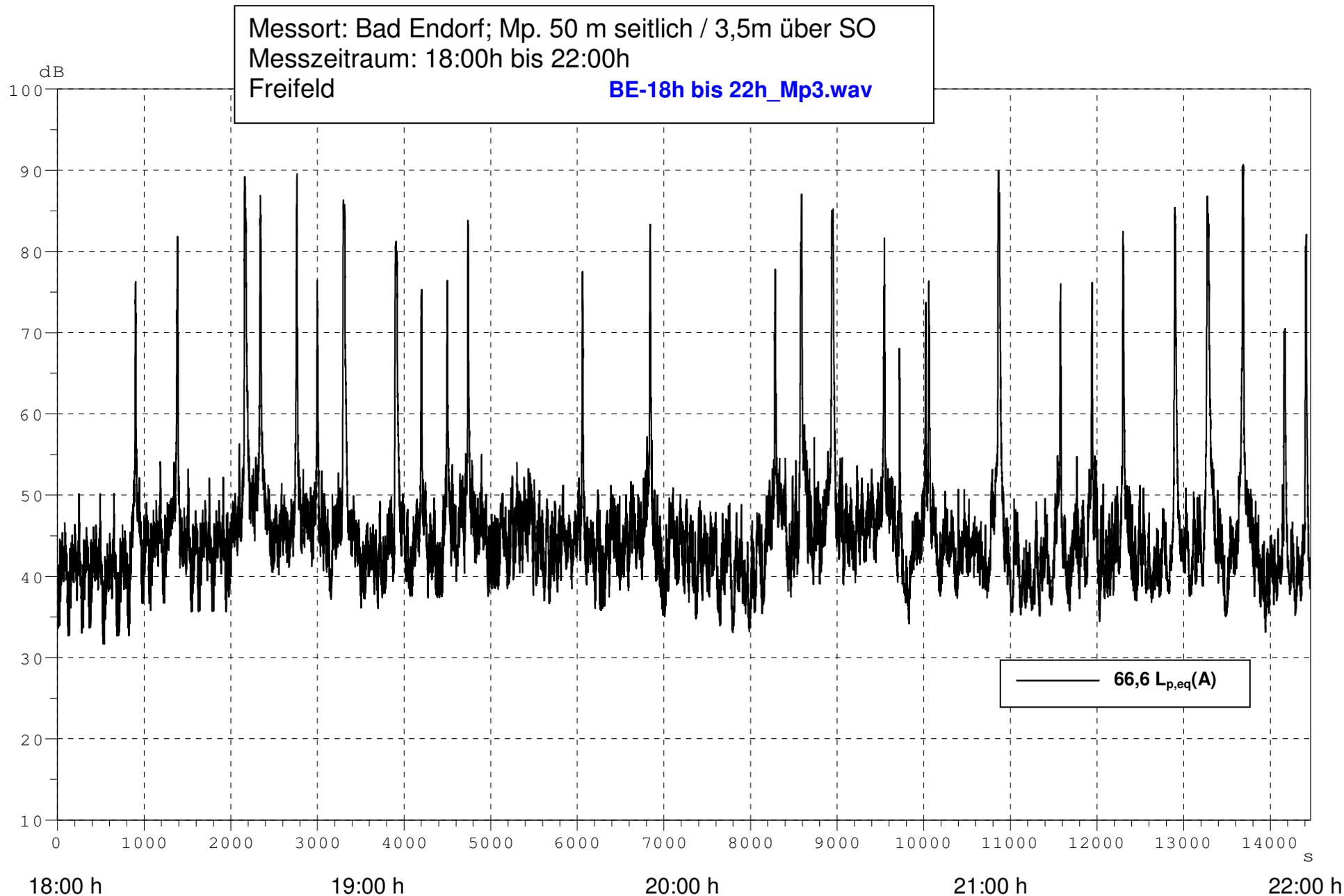


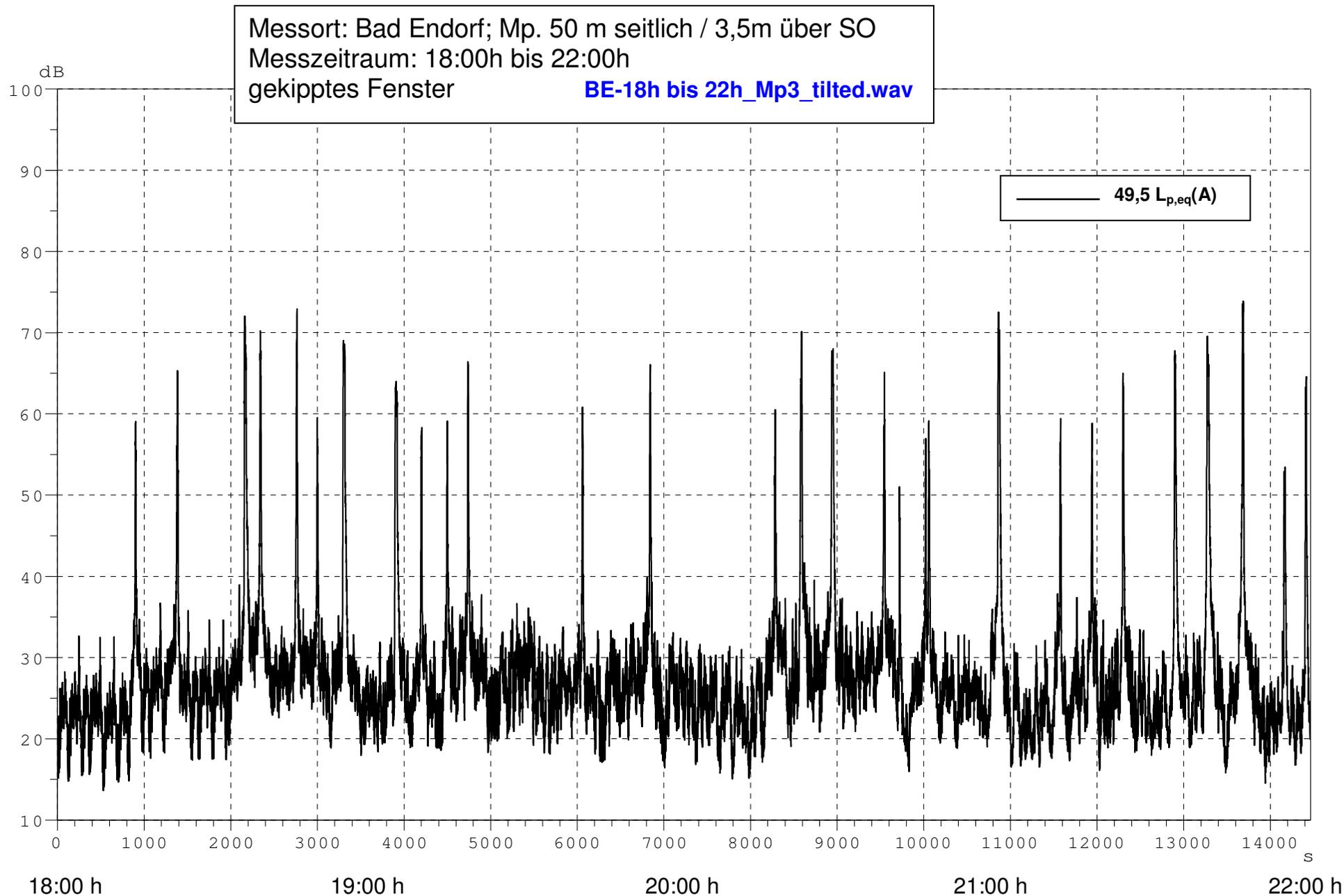
Messort: Bad Endorf; Mp. 25 m seitlich / 3,5m über SO
Messzeitraum: 18:00h bis 22:00h
Freifeld **BE-18h bis 22h_Mp2.wav**

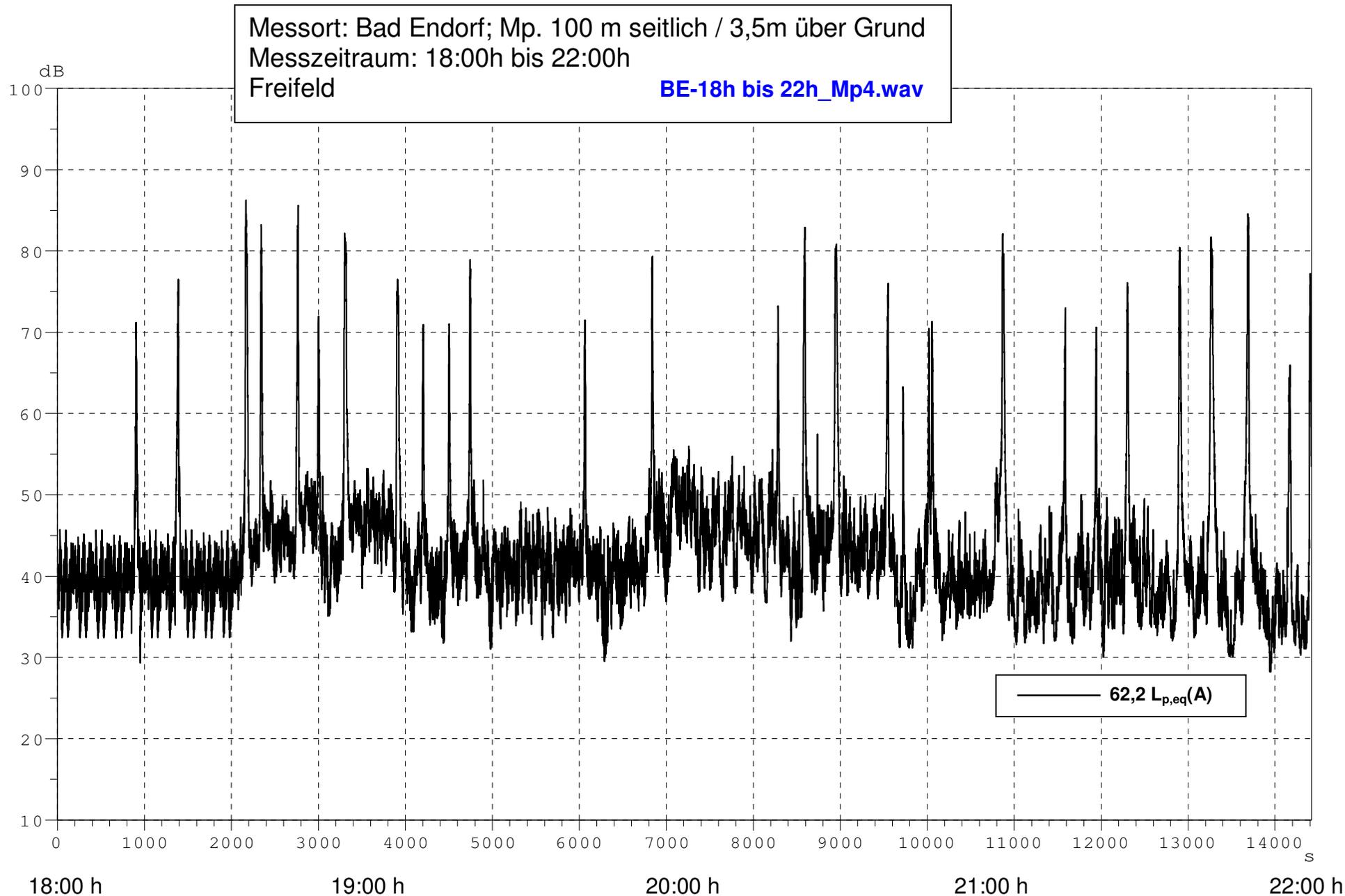


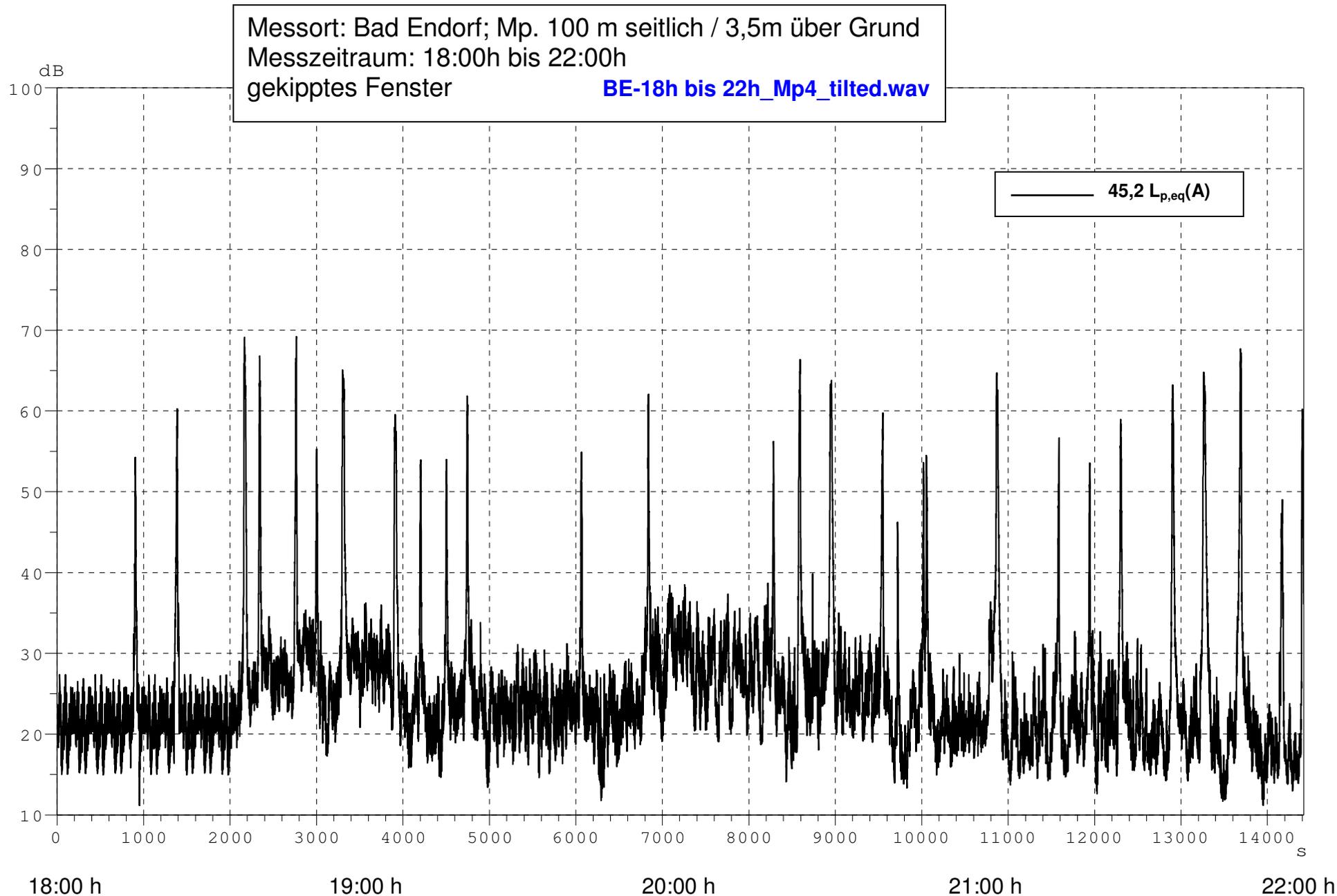
Messort: Bad Endorf; Mp. 25 m seitlich / 3,5m über SO
Messzeitraum: 18:00h bis 22:00h
gekipptes Fenster **BE-18h bis 22h_Mp2_tilted.wav**

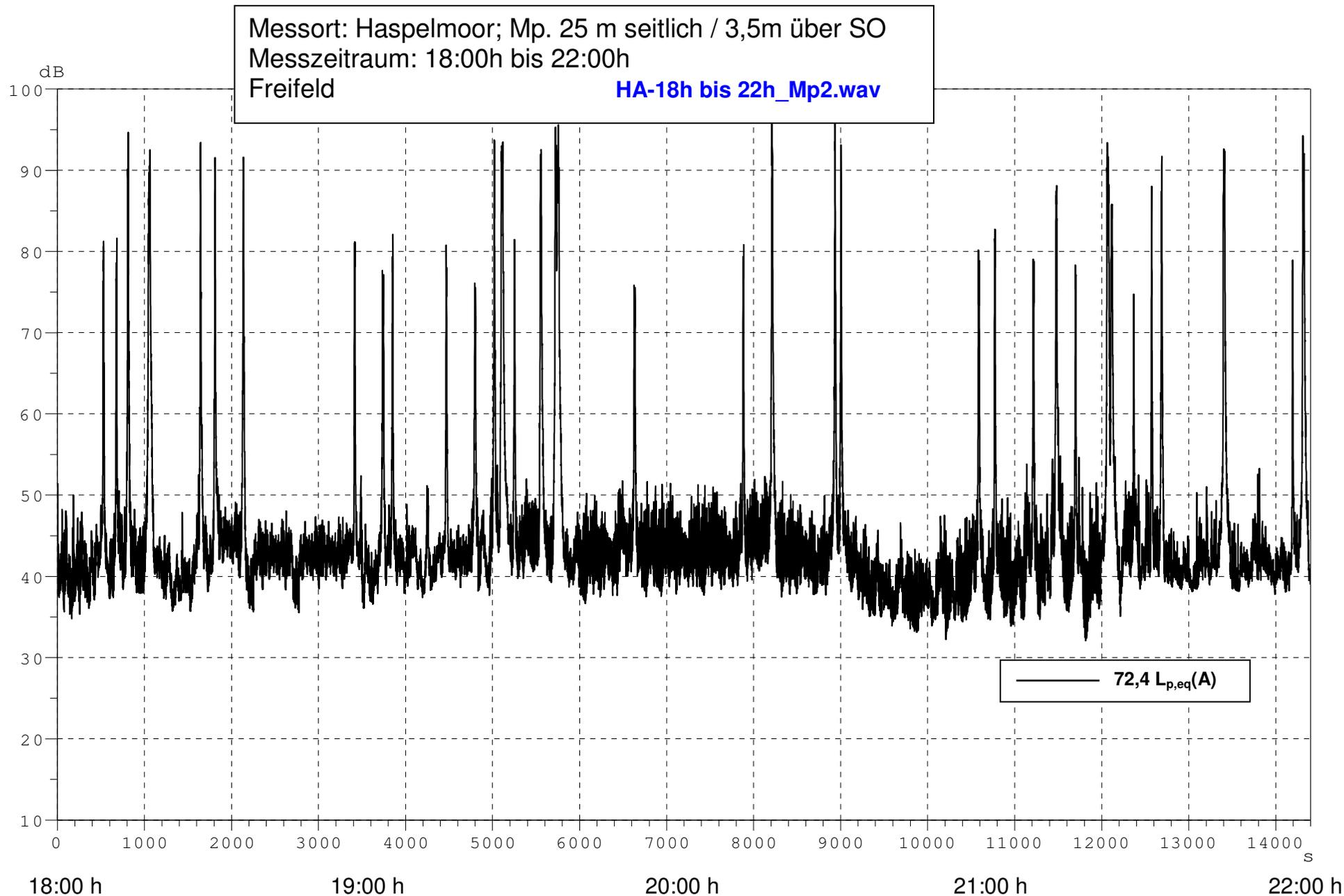


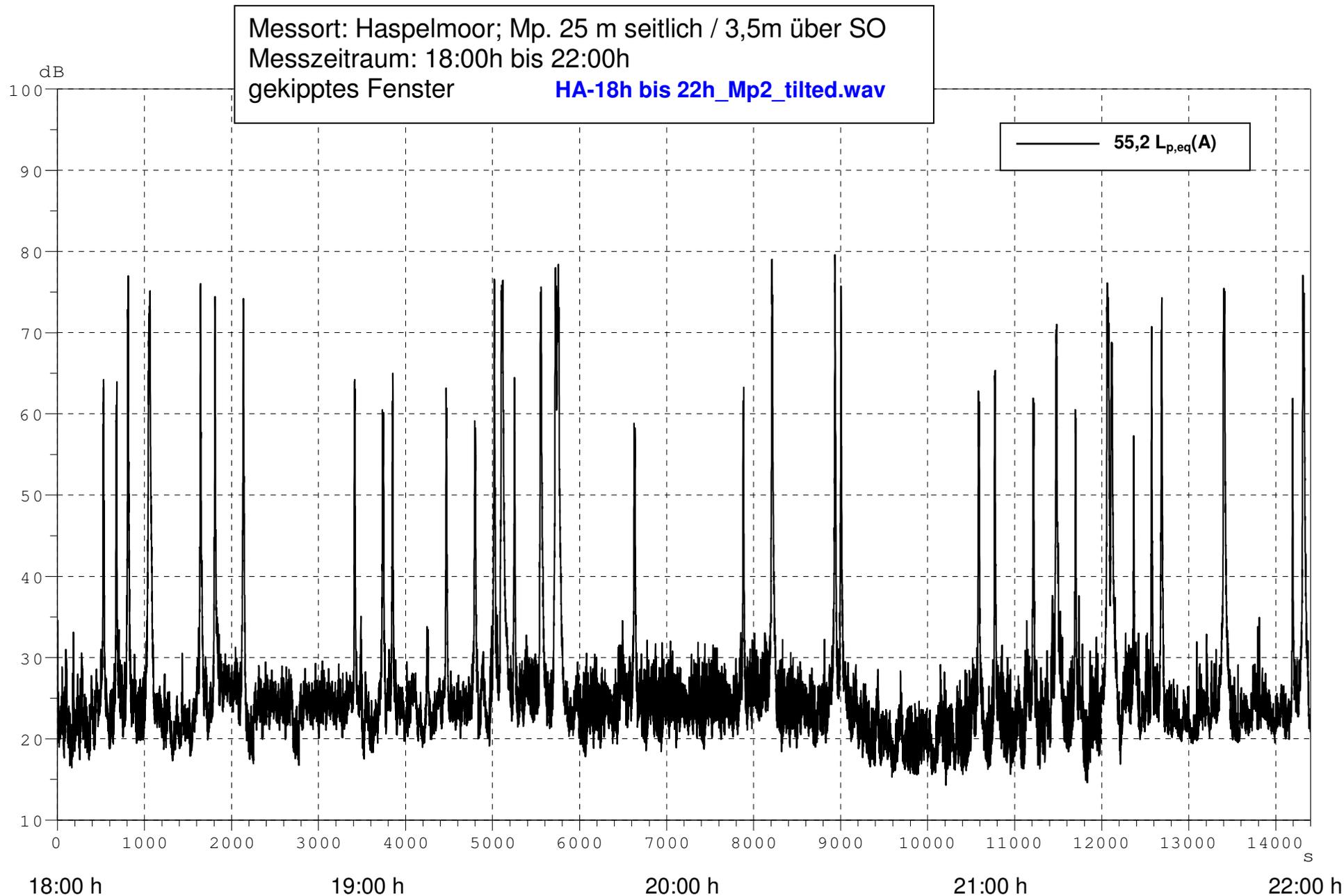


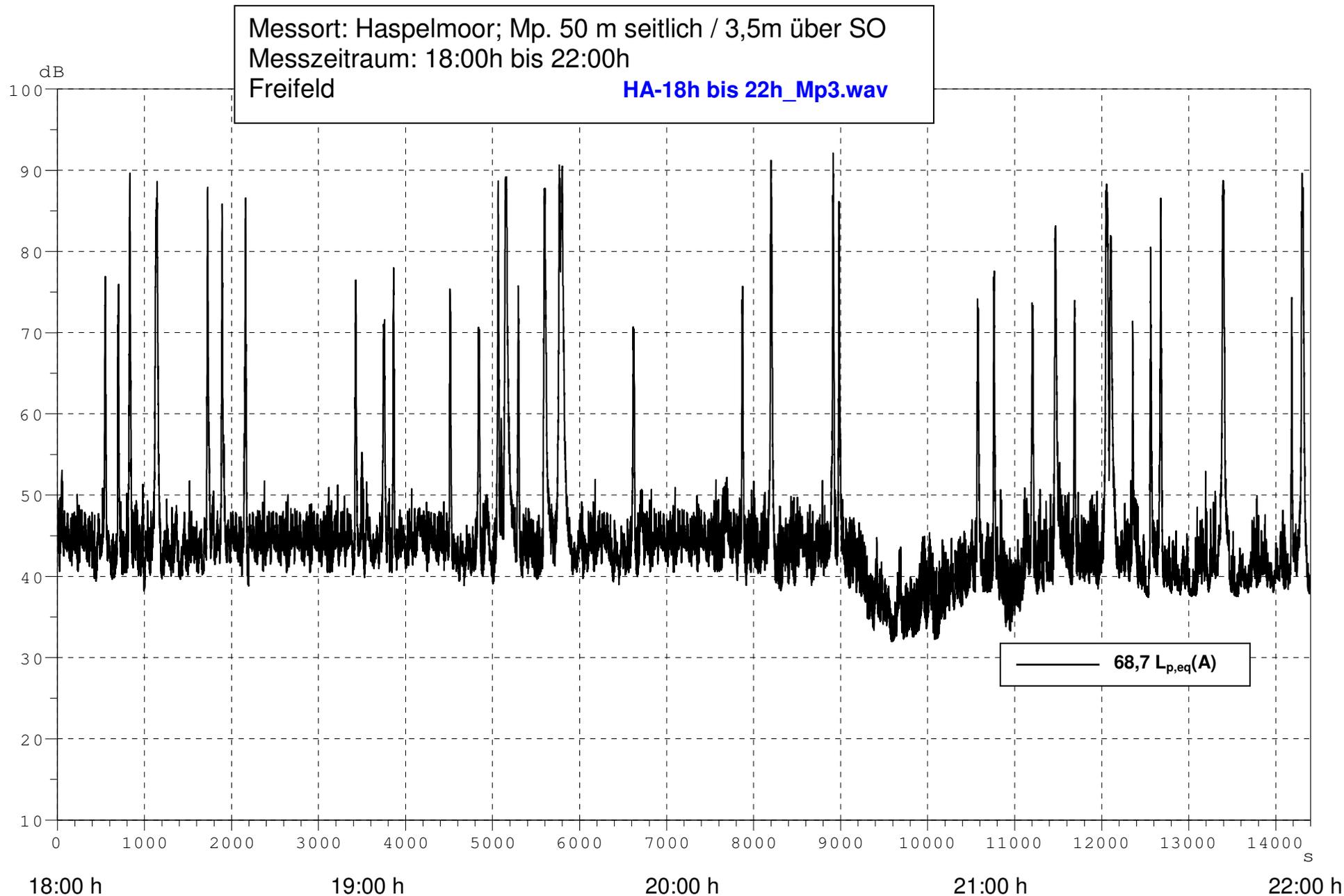


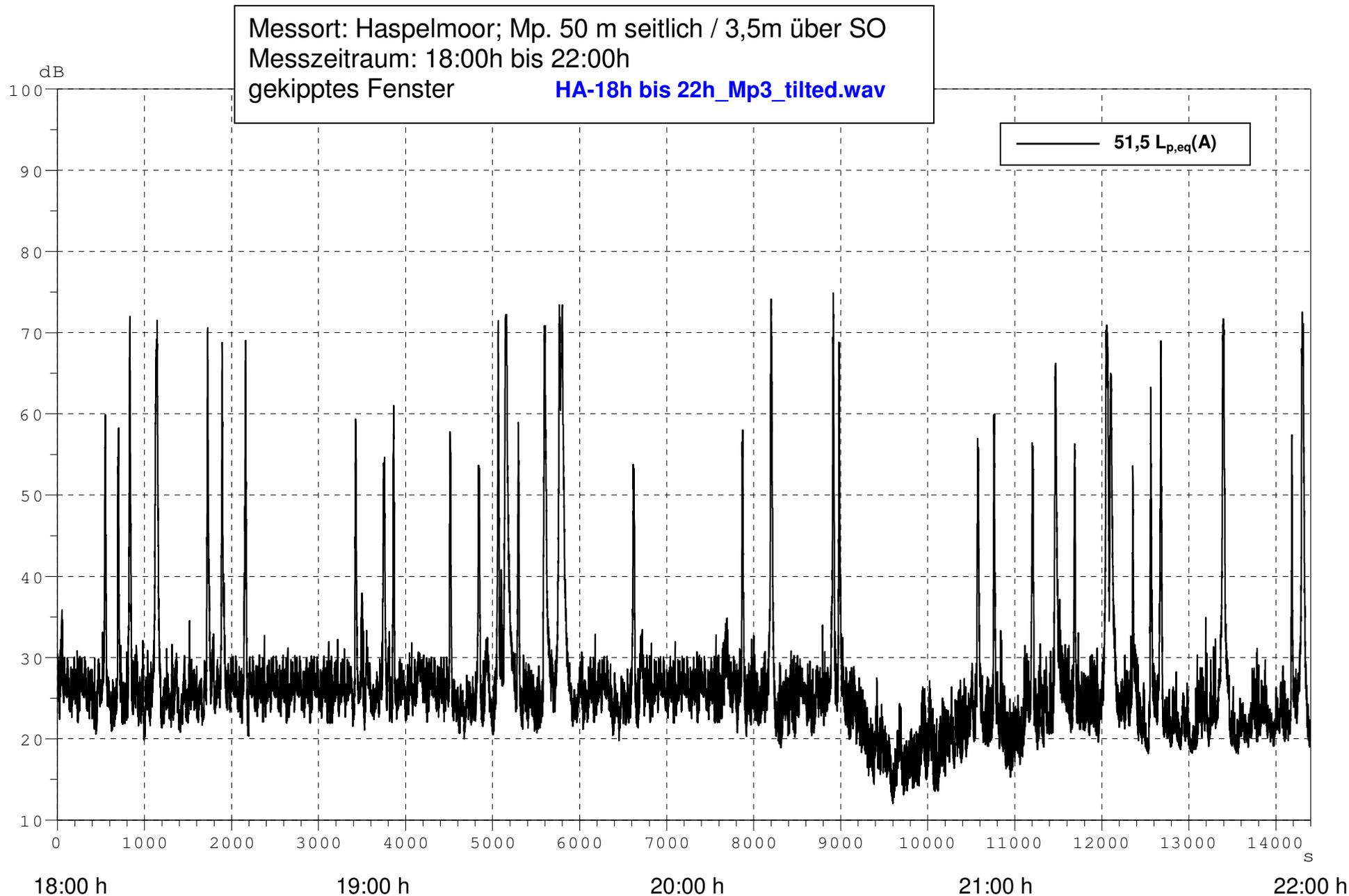


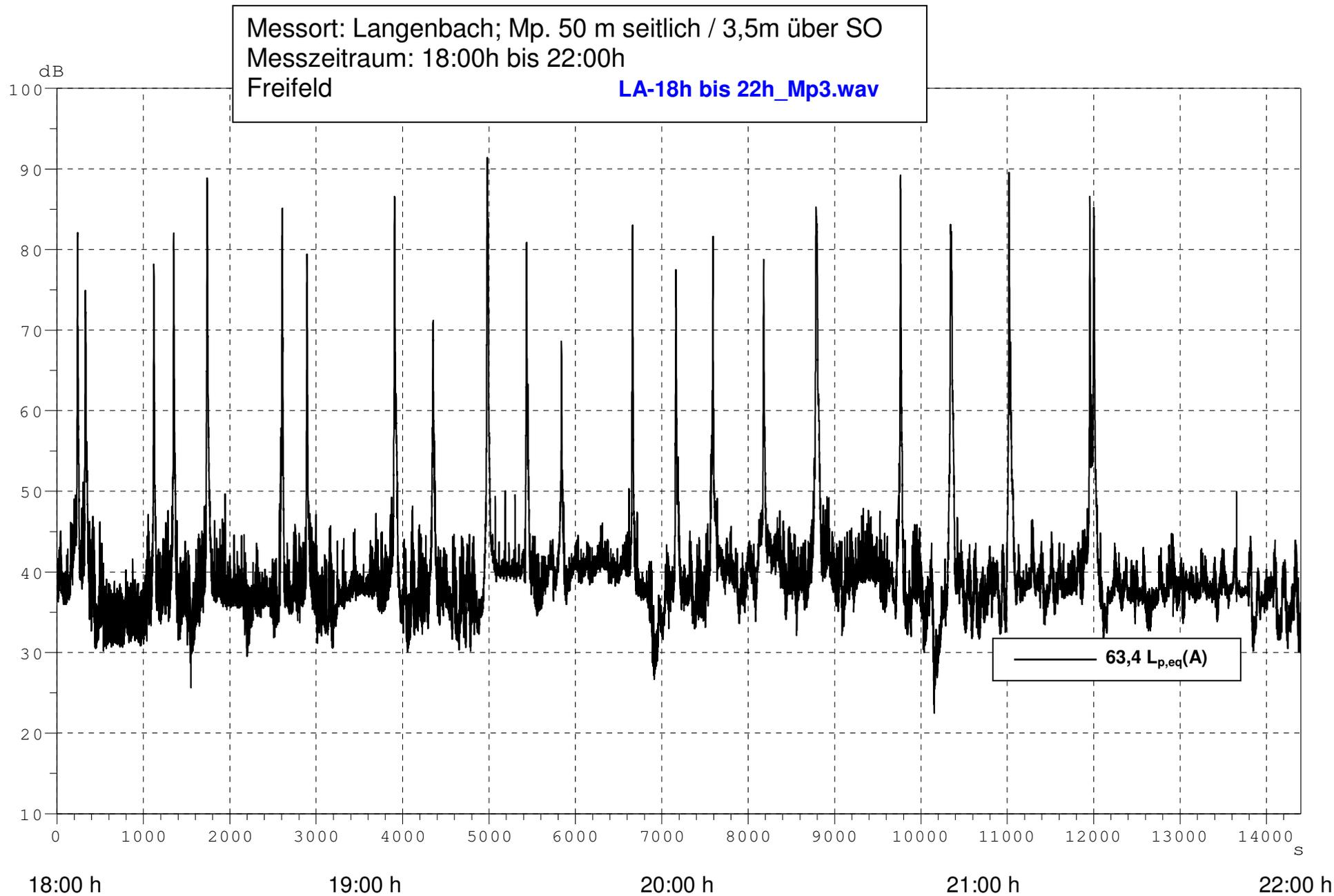


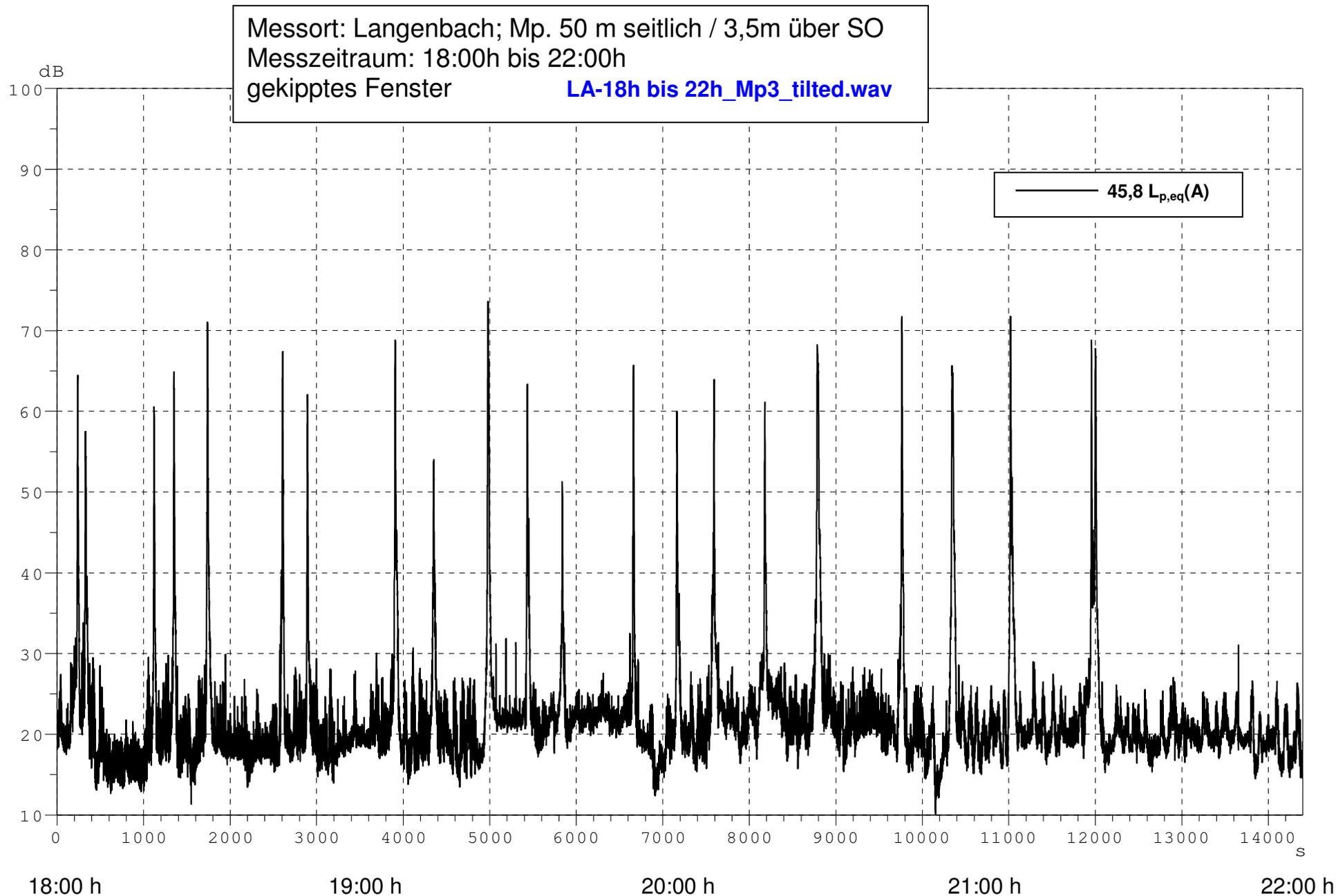


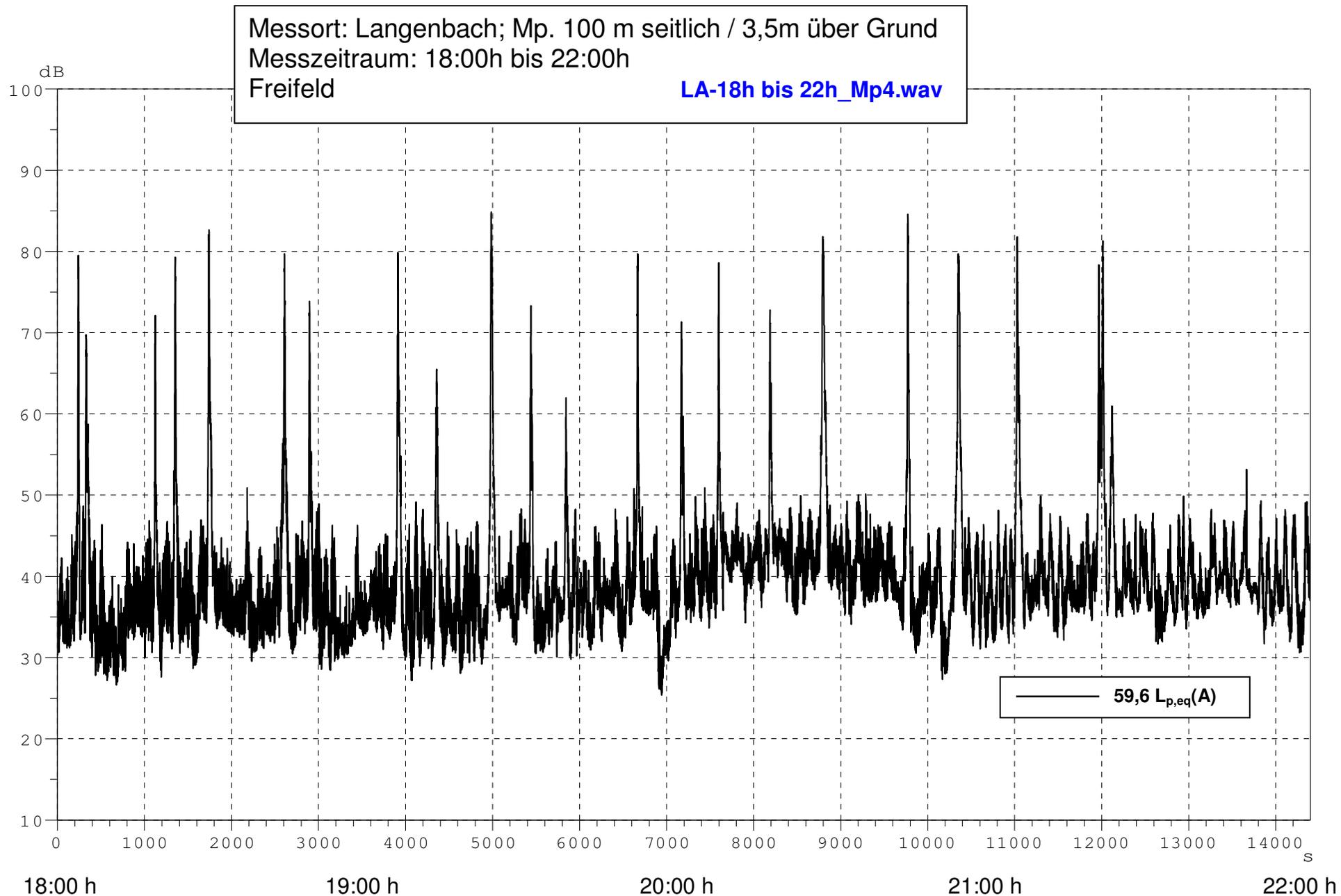


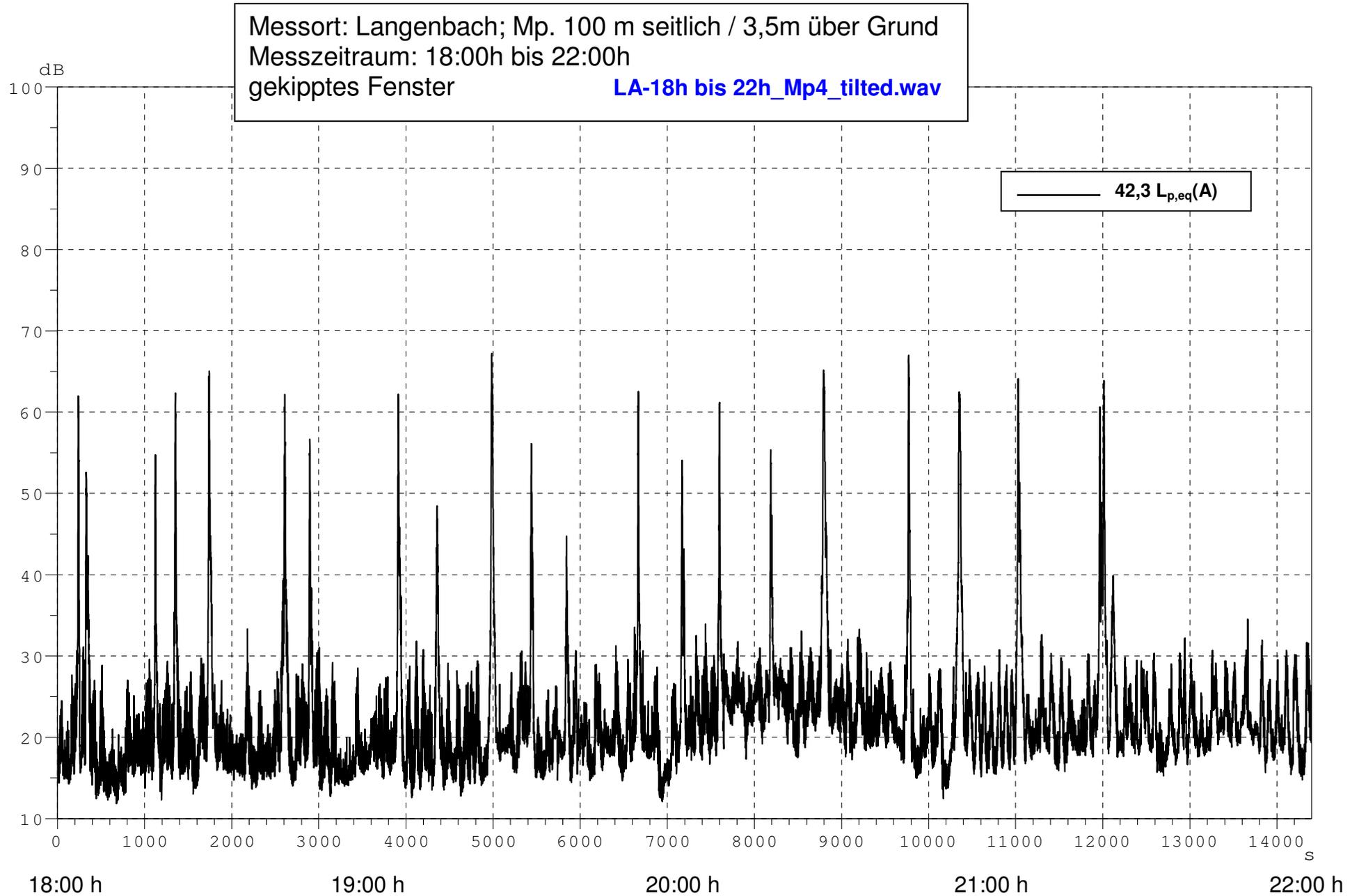












Deufrako Noise Effekts

Lärmszenarien Straßenverkehr für Kognitivitätstest im Abendzeitraum

Gemessen von Fa. Möhler + Partner

Anlagen

1. Autobahn

1.1 A8 bei Holzkirchen, Zeitraum 18:00 h bis 20:00 h

1.2 Autobahn A8 bei Holzkirchen, Zeitraum 20:00 h bis 22:00

1.3 Stundenmittelungspegel zu den Anlagen 1.1 und 1.2

2. Hohe Häufigkeit ST1: Innerstädtische Bundesstraße

2.1 Mittlerer Ring München, Messpunkt 1 (14 m), Zeitraum 20:00 h bis 22:00 h

2.2 Mittlerer Ring München, Messpunkt 2 (20 m), Zeitraum 20:00 h bis 22:00 h

3. Geringe Häufigkeit ST3: Gemeindestraße

3.1 Geringe Häufigkeit, Messpunkt 1 (15 m), Zeitraum 20:00 h bis 22:00 h

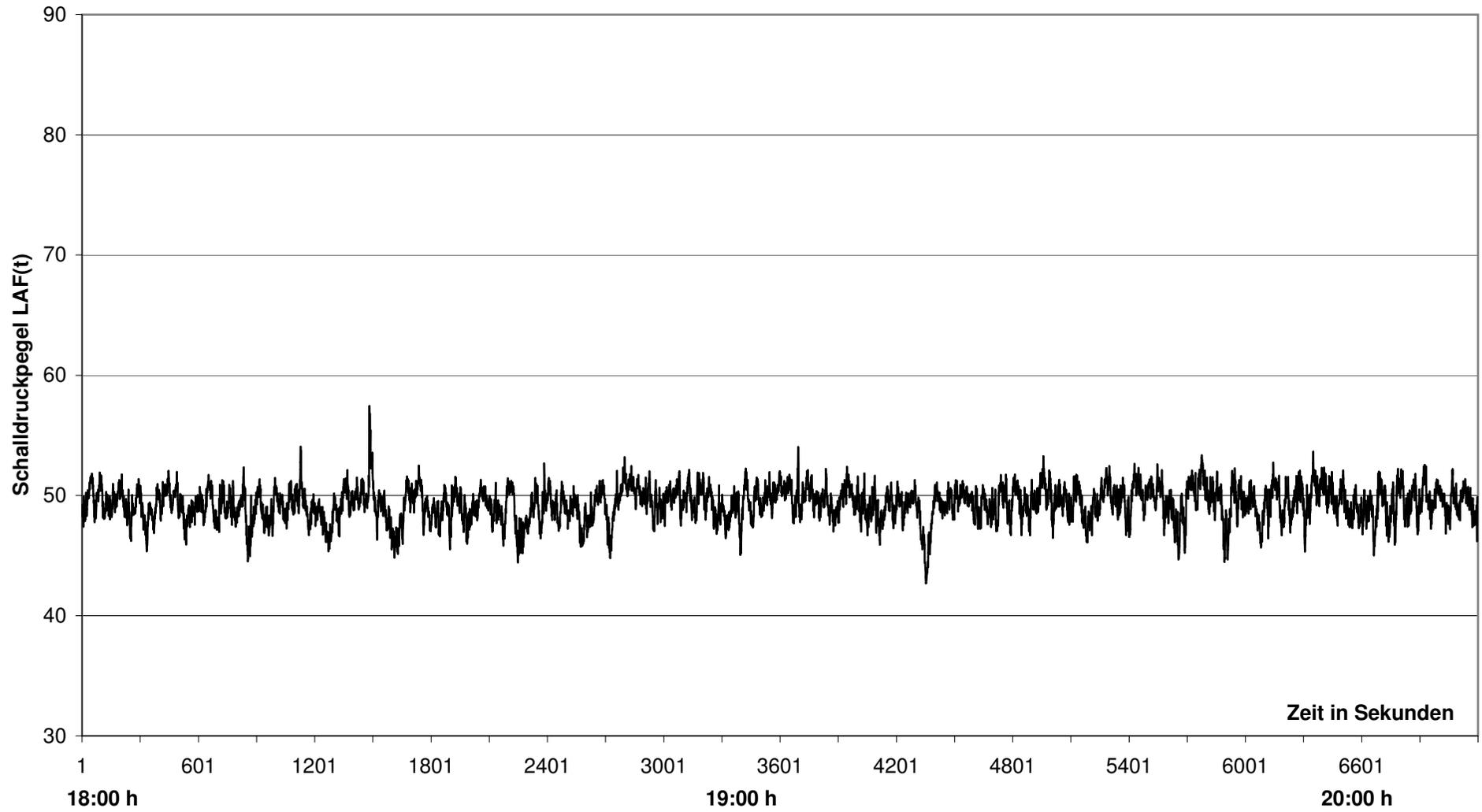
3.2 Geringe Häufigkeit, Messpunkt 2 (20 m), Zeitraum 20:00 h bis 22:00 h

Bemerkung

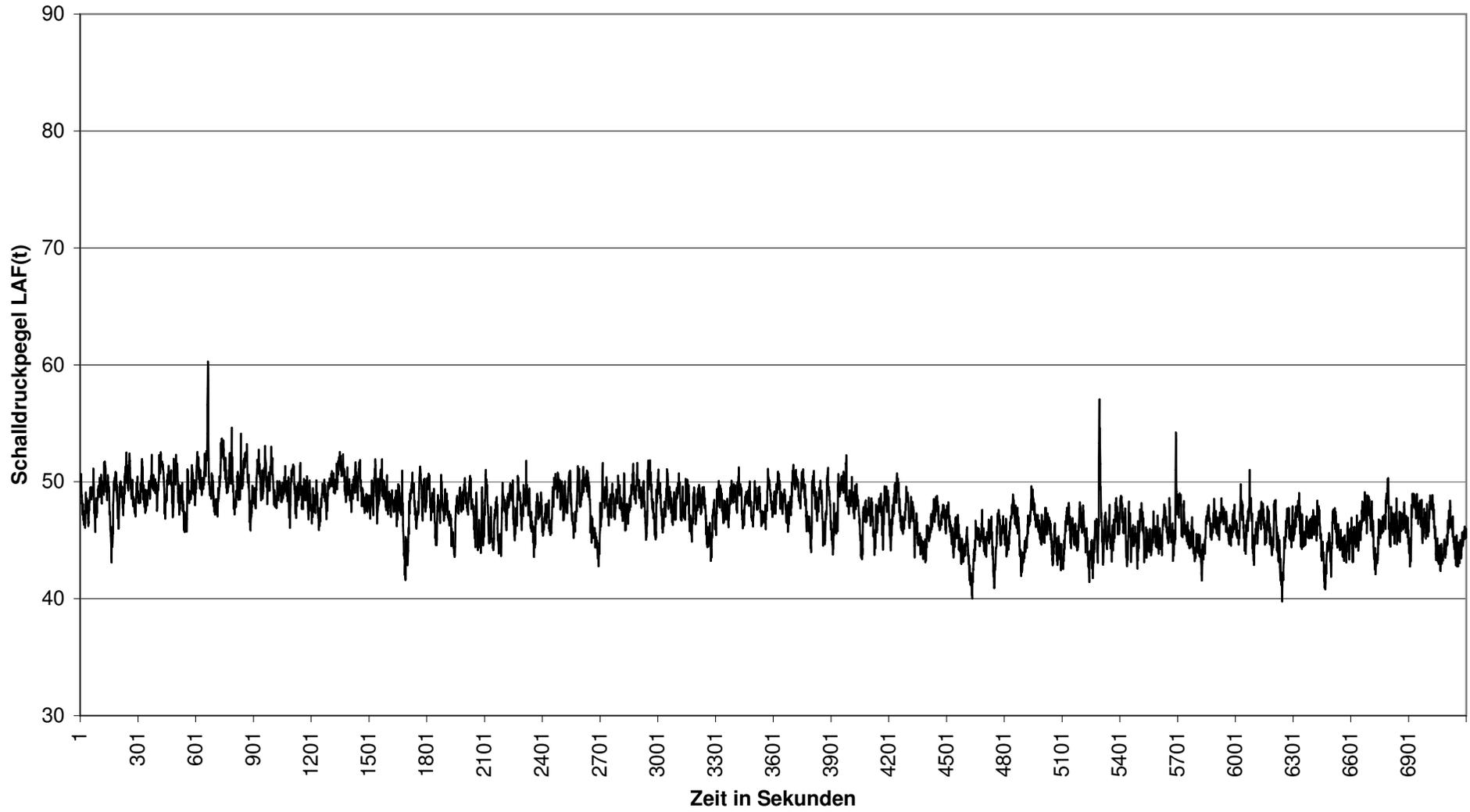
Mittlere Häufigkeit ST2: Innerstädtische Gemeindeverbindungsstraße.

Hierzu gibt es nur ein Lärmszenarium für den Nachtzeitraum 22:00 h bis 6:00 h.

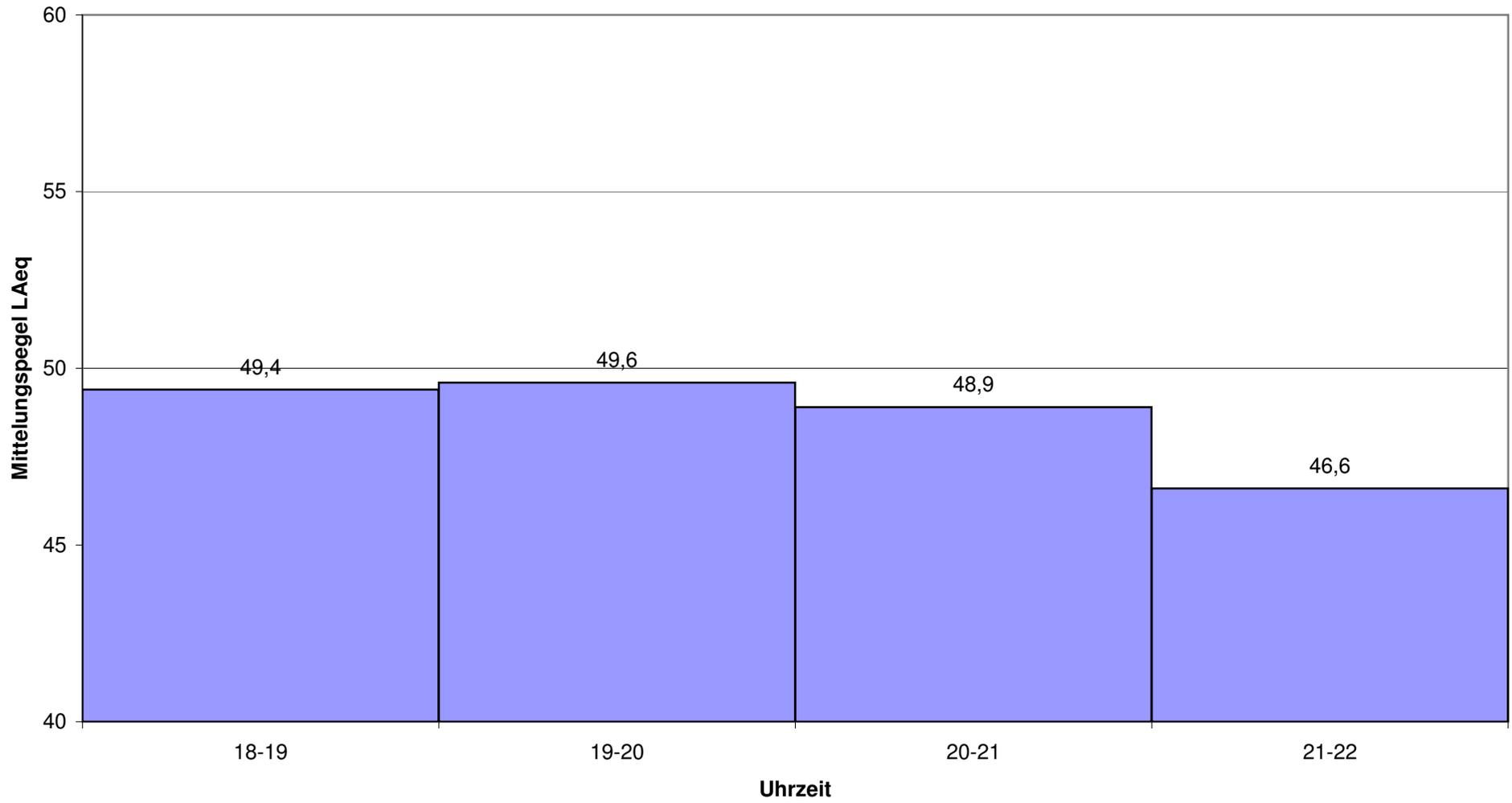
Holzkirchen, Beginn 18:00 Uhr



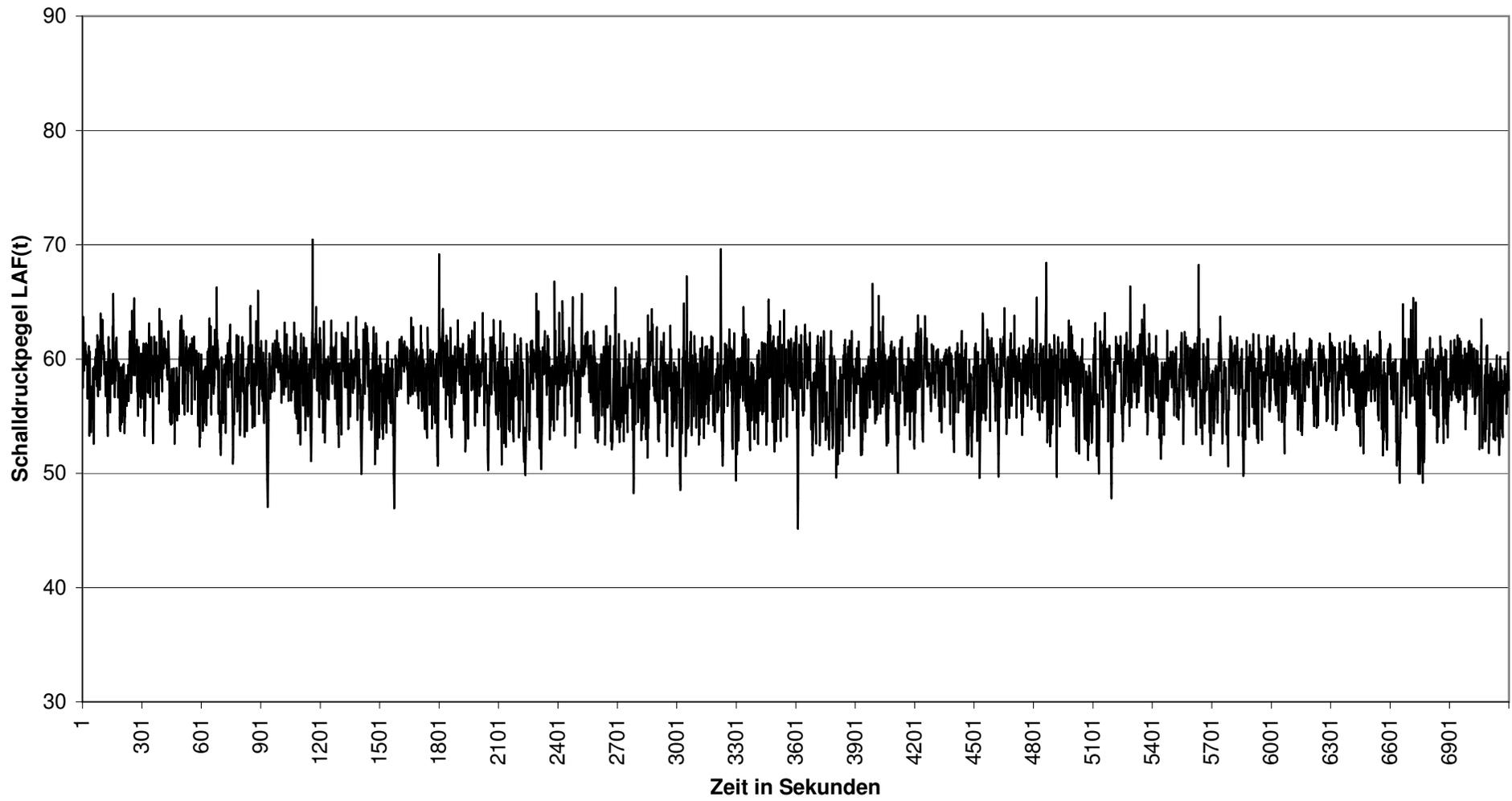
Holzkirchen A8, Beginn 20:00 Uhr



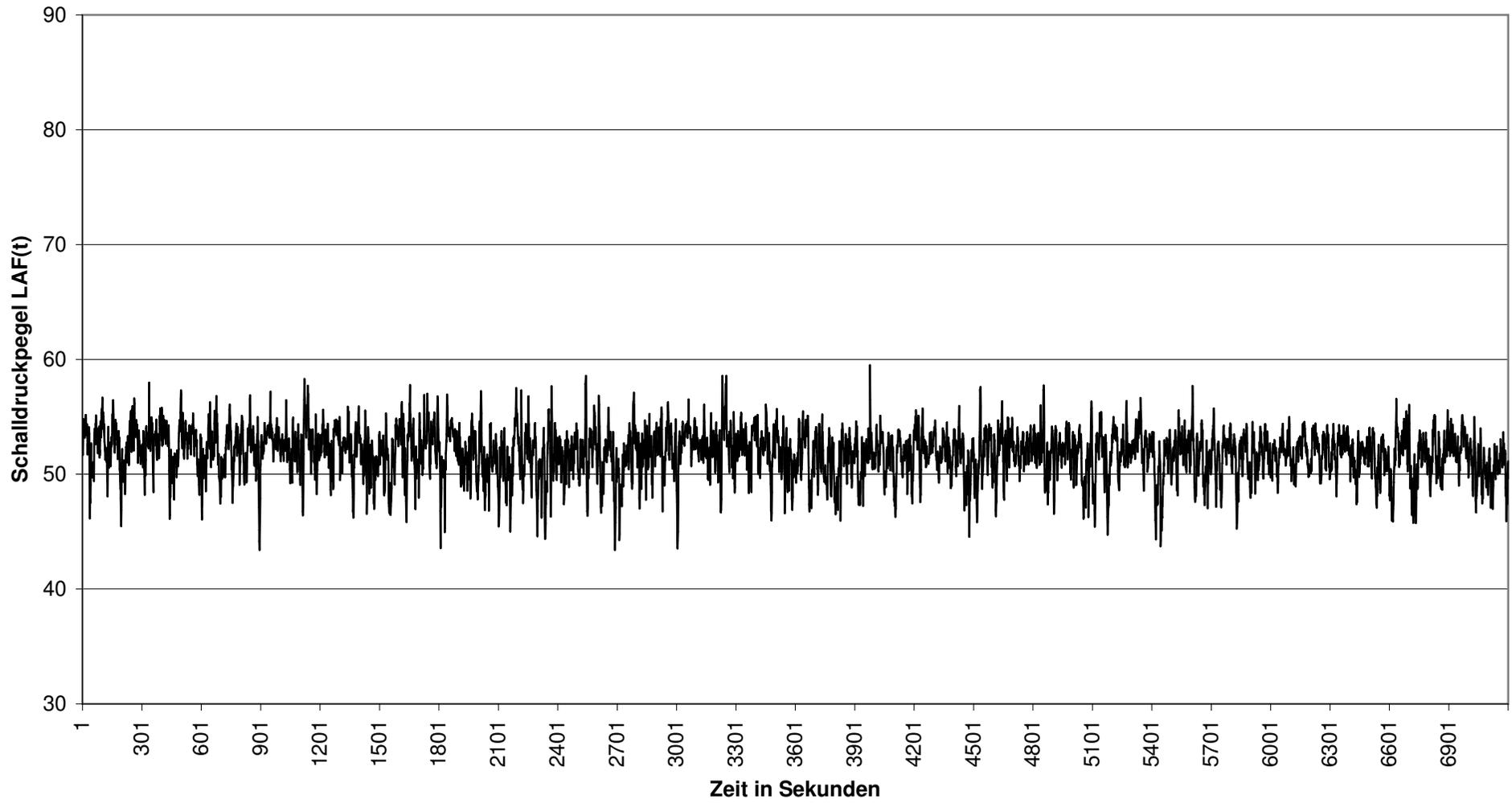
Stündlicher Mittelungspegel A8 bei Holzkirchen



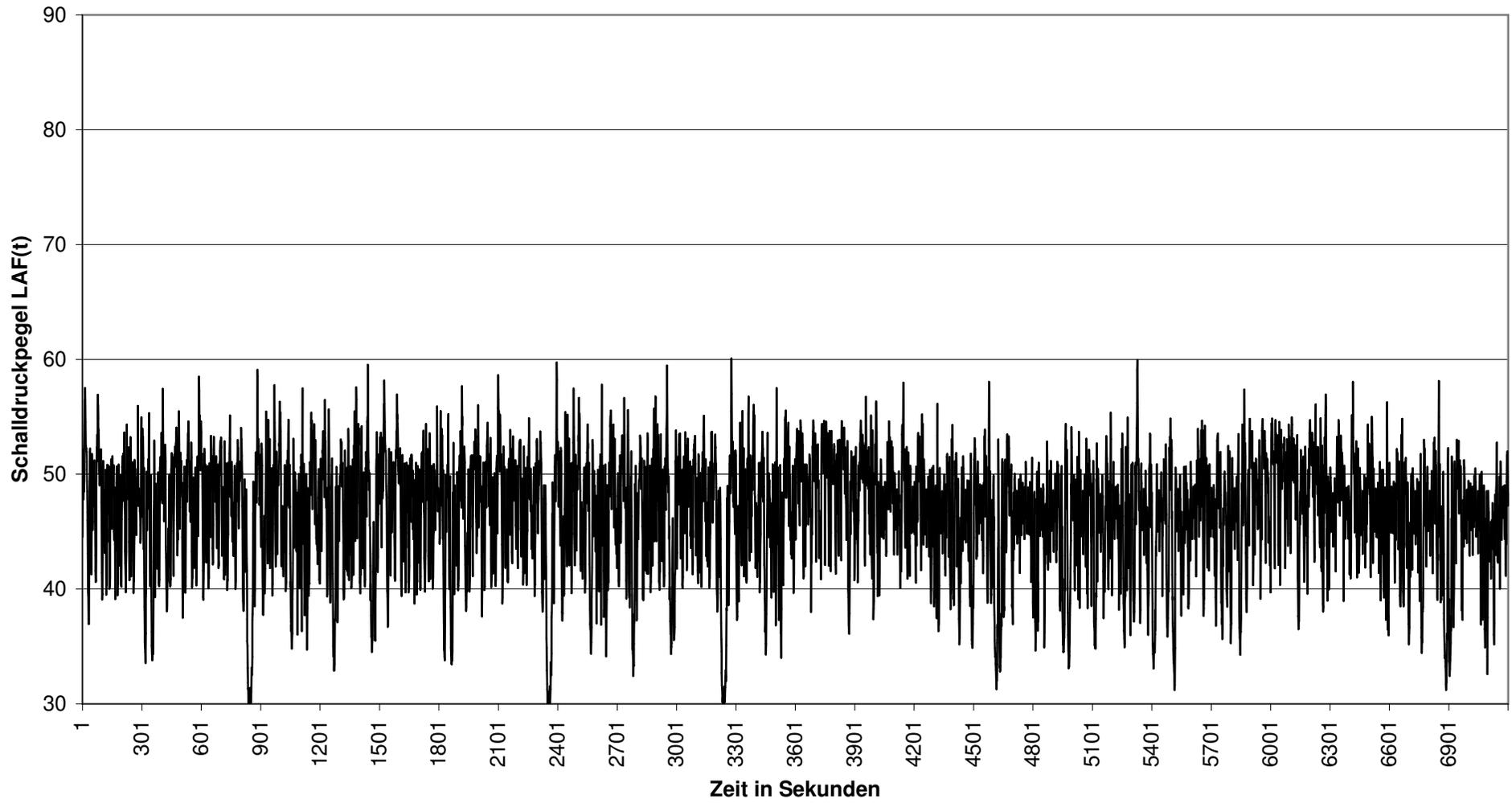
**Hohe Häufigkeit, MP1, 20:00 Uhr bis 22:00 h
innerstädtische Bundesstraße (mittlerer Ring, München)**



**Hohe Häufigkeit, MP3, 20:00 Uhr bis 22:00 h
innerstädtische Bundesstraße (mittlerer Ring, München)**



**Geringe Häufigkeit, MP1, 20:00 h bis 22:00 h
Gemeindestraße, geringe Verkehrsbelastung**



**Geringe Häufigkeit, MP2, 20:00 h bis 22:00 h
Gemeindestraße, geringe Verkehrsbelastung**

