



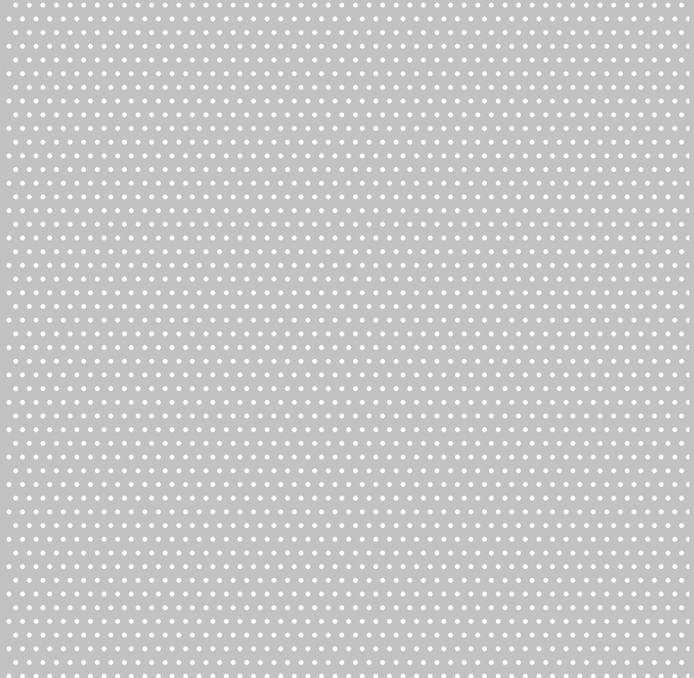
IFA

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

8/2011

IFA-Report

Gehörschutz für Eisenbahnfahr-
zeugführer und Lokrangierführer



Verfasser: Sandra Dantscher
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen
Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)
Alte Heerstr. 111
53757 Sankt Augustin
Telefon: 02241/231-02
Telefax: 02241/231-2234
Internet: www.dguv.de/ifa
E-Mail: ifa@dguv.de

Redaktion und Satz: Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)
Mittelstr. 51
10117 Berlin
www.dguv.de
– November 2011 –

Layout: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)

ISBN: 978-3-86423-015-8

ISSN: 2190-7994

Kurzfassung

Gehörschutz für Eisenbahnfahrzeugführer und Lokrangierführer

Nach Inkrafttreten der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (Lärm-VibrationsArbSchV) im Jahr 2007 sind auch Beschäftigte im Eisenbahnbetrieb (Eisenbahnfahrzeugführer und Lokrangierführer) von den Regelungen zum Tragen von Gehörschutz betroffen. In einem anderen Projekt des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) wurde ermittelt, dass die Tages-Lärmexpositionspegel vor allem für Lokrangierführer die Auslösewerte der LärmVibrationsArbSchV überschreiten können. Da das Tragen von Gehörschutz die Signalwahrnehmbarkeit einschränken kann, haben die zuständigen Aufsichtsbehörden, das Eisenbahnbundesamt (EBA) und die Landeseisenbahnaufsichten, bisher das Tragen von Gehörschutz im Eisenbahnbetrieb untersagt. Zuerst muss nachgewiesen werden, dass es Gehörschützer gibt, die das Signalhören an diesen Arbeitsplätzen nicht einschränken. Dazu dient das im Rahmen eines Projekts in Zusammenarbeit mit der VBG (Präventionsstab ÖPNV/Bahnen)

und der Eisenbahn-Unfallkasse entwickelte Auswahlverfahren für Gehörschutz. Das IFA führt eine rechnerische Vorauswahl durch, in die die Spektren der sicherheitsrelevanten Signale und Geräusche sowie von typischen Arbeitsgeräuschen im Eisenbahnbetrieb eingehen. Dieses Verfahren wird bereits seit vielen Jahren, entsprechend angepasst, für zwei andere Bereiche, in denen ähnliche gesetzliche Einschränkungen für den Einsatz von Gehörschutz gelten, verwendet: im Gleisoberbau und für Fahrzeugführer im öffentlichen Straßenverkehr. Bei Betriebsmessungen wurden verschiedene Beispiele für sicherheitsrelevante Signale und Geräusche sowie Arbeitsgeräusche aufgenommen. In das Rechenverfahren, das auf dem Lautheitsmodell nach *Zwicker* beruht, gehen 18 sicherheitsrelevante Signale und Geräusche und zwölf Arbeitsgeräusche ein. Neben der rechnerischen Vorauswahl ist für jeden Beschäftigten eine Hörprobe am Arbeitsplatz durchzuführen. Dazu erarbeitete die projektbegleitende Arbeitsgruppe ein Verfahren.

Abstract

Hearing protection for engine drivers and shunting engine drivers

Since enactment of the German Ordinance on noise and vibration protection (LärmVibrationsArbSchV) in 2007, employees working in railway operations (engine drivers and engine driver/shunters) have also been subject to the provisions governing the wearing of hearing protection. In a further project of the Institute for Occupational Safety and Health (IFA) of the German Social Accident Insurance, it was established that the daily noise exposure levels could exceed the action values of the LärmVibrationsArbSchV, above all for engine driver/shunters. Since the wearing of hearing protection may impair the ability to detect signals, the responsible state labour inspection authorities, i.e. the German Federal Railway Authority (EBA) and the individual state railway authorities, have in the past prohibited the wearing of hearing protection during railway operations. It must first be demonstrated that hearing protectors exist which do not impair the hearing of signals at these workplaces. The selection procedure for hearing protection developed in a project in conjunction with the VBG's

local passenger transport/railways prevention service and the German Social Accident Insurance Institution for the railway services serves this purpose. The IFA uses an analysis procedure to produce a shortlist, taking account of the spectra of the safety-related signals and noises and of typical work noises encountered in railway operations. In a suitably adapted form, this procedure has already been in use for many years for two other areas in which similar statutory constraints exist for the use of hearing protection: permanent way work, and for drivers of vehicles on public roads. Various examples of safety-related signals and noises and of work noises were recorded in operational measurements. In the analysis procedure, which is based upon *Zwicker's* loudness model, 18 safety-related signals and noises and 12 work noises were considered. Besides the analytical shortlisting, a hearing test must be conducted at the workplace for each employee. The supervisory project working group is developing a procedure for this purpose.

Résumé

Protecteurs individuels contre le bruit pour mécaniciens de locomotive

Depuis l'entrée en vigueur du décret sur la protection des travailleurs exposés au bruit et aux vibrations (LärmVibrationsArbSchV) en 2007, les agents de conduite des compagnies ferroviaires (conducteurs de locomotives de ligne et conducteurs de locomotives de manœuvre assurant des tâches d'agent de manœuvre) sont également concernés par la réglementation relative au port de protecteurs individuels contre le bruit. Dans le cadre d'un autre projet de l'Institut de sécurité du travail de l'Assurance sociale allemande (IFA) IFA, il a été établi que les valeurs d'exposition moyenne déclenchant l'action stipulées dans le décret sur la protection des travailleurs exposés au bruit et aux vibrations peuvent être dépassées, en particulier dans le cas des conducteurs de locomotives de manœuvre assurant des tâches d'agent de manœuvre. Étant donné que le port de protecteurs individuels contre le bruit peut nuire à la perception des signaux acoustiques, les autorités de tutelle allemandes compétentes, à savoir l'office fédéral des chemins de fer (EBA) et les autorités de contrôle des Länder, ont jusqu'à présent interdit le port de ce genre de protecteurs aux agents de conduite des compagnies ferroviaires tant qu'il n'a pas été démontré qu'il existe des protecteurs individuels contre le bruit qui ne limitent pas la perception des signaux acoustiques à ces postes de travail. À cet effet, une méthode de sélection des protecteurs individuels contre le bruit a été développée en

collaboration avec le VBG (organe de prévention des sociétés allemandes de transport public urbain et suburbain/ compagnies ferroviaires allemandes) et l'organisme d'assurance sociale allemande des accidents du travail et des maladies professionnelles des cheminots. L'IFA procède à une présélection fondée sur le calcul qui prend en compte les spectres des signaux acoustiques et sons ayant trait à la sécurité ainsi que de bruits typiques auxquels les agents de conduite sont exposés pendant leur travail. Cette méthode est déjà employée depuis de nombreuses années, sous une forme adaptée, dans deux autres domaines dans lesquels des restrictions légales analogues en ce concerne le port de protecteurs individuels contre le bruit s'appliquent : pour la construction de rails et les conducteurs de véhicules de la circulation routière. Différents exemples de signaux acoustiques et sons ayant trait à la sécurité ainsi que de bruits typiques ont été enregistrés à des postes de travail d'agents de conduite. La méthode de calcul, qui repose sur le modèle de sonie de Zwicker, prend en compte dix-huit signaux acoustiques et sons ayant trait à la sécurité et douze bruits typiques existant à ces postes de travail. En plus de la présélection fondée sur le calcul, chaque agent de conduite doit être soumis à un essai d'audition à son poste de travail. Le groupe de travail supervisant ce projet a élaboré actuellement une méthode permettant de réaliser cet essai.

Resumen

Protectores auditivos para conductores ferroviarios y maquinistas de maniobras

Tras la entrada en vigor del Reglamento para la Seguridad en el Trabajo relativa al Ruido y las Vibraciones (LärmVibrationsArbSchV) en el año 2007, los empleados del servicio ferroviario también están sujetos a llevar protectores del oído (conductores ferroviarios y maquinistas de maniobras). En otro proyecto del Instituto de Seguridad y Salud en el Trabajo del Seguro Social Alemán (IFA) se determinó que el nivel de exposición al ruido diario podía superar los valores de activación de dicho reglamento para los maquinistas de maniobras. Como al llevar protectores auditivos puede limitar la capacidad de advertir señales, las autoridades inspectoras responsables, la Oficina federal de ferrocarriles (Eisenbahnbundesamt – EBA) y los Organismos de control federales de ferrocarriles (Landeseisenbahnaufsichten) habían prohibido llevar protectores auditivos en el servicio ferroviario. Primero debe hacerse hincapié en que hay protectores del oído que no limitan la capacidad de oír señales de estos puestos de trabajo. Para ello sirve el proceso de selección de protectores auditivos desarrollado en el marco de un proyecto en colaboración con la VBG

(Präventionsstab ÖPNV/Bahnen) y la mutua Eisenbahn-Unfallkasse. El IFA realiza una selección previa calculada, en la que entran los espectros de las señales y los ruidos relevantes para la seguridad, y los ruidos típicos del trabajo en el servicio ferroviario. Este procedimiento ya hace muchos años que se utiliza, se ha adaptado de forma correspondiente para dos ámbitos más, en los que se aplican restricciones legales similares para el uso de protectores auditivos: en la superestructura y para los conductores del tráfico rodado. En las mediciones realizadas durante el servicio se grabaron diferentes ejemplos de señales y ruidos relevantes para la seguridad, así como de ruidos laborales. En el procedimiento de cálculo, que se basa en el modelo de sonoridad según *Zwicker*, se producen 18 señales y ruidos relevantes para la seguridad y 12 ruidos de trabajo. Además de la selección previa calculada, debe someterse a todo empleado a una prueba auditiva en el lugar de trabajo. El grupo de trabajo que realiza el seguimiento del proyecto está elaborando un procedimiento para realizar dicha prueba.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Lärmbelastung an Arbeitsplätzen im Eisenbahnbetrieb	9
1.2	Bisherige Regelungen zum Tragen von Gehörschutz im Eisenbahnbetrieb.....	9
1.3	Erfahrungen aus anderen Arbeitsbereichen.....	10
1.4	Ziel des Projekts	11
2	Sicherheitsrelevante Signale und Geräusche	13
2.1	Signale und Geräusche im Führerstand	13
2.2	Signale und Geräusche von anderen Verkehrsteilnehmern	14
2.3	Sprechfunk.....	14
2.4	Messung der sicherheitsrelevanten Signale und Geräusche im Betrieb.....	14
3	Berechnungsverfahren zur Signalhörbarkeit	15
3.1	Berechnungsmodell nach <i>Zwicker</i> und <i>Lazarus</i>	15
3.1.1	Allgemein	15
3.1.2	Selektiv-Verfahren	16
3.1.3	Lautstärke-Verfahren	17
3.1.4	Durchführung der Modellrechnungen.....	17
3.2	Auswahl der für die Berechnung verwendeten Signalspektren	18
3.3	Auswahl der für die Berechnung verwendeten Störgeräuschkpektren	18
4	Ergebnisse der Berechnungen zur Signalhörbarkeit	21
5	Hörprobe am Arbeitsplatz	23
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	27
6.1	Zusammenfassung der Ergebnisse des vorliegenden Projekts.....	27
6.2	Mögliche Erweiterung des Gültigkeitsbereichs durch Hörversuche	27
6.3	Möglicher Einsatz von pegelabhängig dämmenden Gehörschützern.....	28
6.4	Mögliche Alternative zur bisherigen Form der Hörprobe am Arbeitsplatz	29
7	Literatur	31

Anhang A:

Spektren der für die Berechnung verwendeten Signale und Geräusche 33

Anhang B:

Spektren der für die Berechnung verwendeten Störgeräusche 47

Anhang C:

Liste der für den Eisenbahnbetrieb geeigneten Gehörschützer
nach der IFA-Positivliste (Stand: 6. Dezember 2010) 57

Anhang D:

Ablauf der Hörprobe..... 62

Danksagung

Unser Dank gilt den Initiatoren des Projekts und dem Arbeitskreis „Lärm im Eisenbahnbetrieb“ mit Mitgliedern der Unfallversicherungsträgern und Eisenbahnaufsichtsbehörden. Sie haben das Projekt mit wertvollen Hinweisen und Diskussionen begleitet.

Auch den Betrieben und Beschäftigten danken wir, denn erst durch ihre Kooperation ermöglichte sie uns die Messungen . Wir haben dabei sehr viel über den Eisenbahnbetrieb gelernt.

1 Einleitung

Durch die Einführung der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV [1]) im Jahr 2007 wurden die Auslösewerte, ab denen bestimmte Maßnahmen (z. B. Lärmmindeprogramm, arbeitsmedizinische Vorsorge, Einsatz von Gehörschutz) an Arbeitsplätzen umgesetzt werden müssen, jeweils um 5 dB abgesenkt. Dies hatte zur Folge, dass sich einige Arbeitsbereiche, darunter auch der Eisenbahnbetrieb, neu mit dem Thema Lärmbelastung und speziell Gehörschutz befassen mussten.

1.1 Lärmbelastung an Arbeitsplätzen im Eisenbahnbetrieb

Die Spanne der Lärmexpositionspegel für Eisenbahnfahrzeugführer (EFF) im Eisenbahnbetrieb ist relativ groß: Elektrische Triebfahrzeuge (Tfz) und moderne Dieselloks weisen im Führerstand erfahrungsgemäß Expositionspegel von weniger als 80 dB(A) auf. Es gibt jedoch auch Situationen, bei denen im Streckenverkehr der untere Auslösewert von 80 dB(A) überschritten wird, z. B. für EFF auf älteren Diesel-Triebfahrzeugen im Güter-Streckenverkehr oder im Personenverkehr mit Dieseltriebwagen und sehr häufigem Typhoneinsatz an nicht technisch gesicherten Bahnübergängen. Dagegen ergeben sich für Lokrangierführer (Lrf) im Rangierbetrieb oft Expositionspegel von mehr als 85 dB(A). Dies wurde durch Messungen der Unfallversicherungsträger (Berufsgenossenschaft der Straßen-, U-Bahnen und Eisenbahnen, BGBAHNEN; jetzt

Branche ÖPNV/Bahnen in der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft und Eisenbahn-Unfallkasse (EUK) und des IFA in einem eigenen Projekt ermittelt. Die Ergebnisse dazu finden sich im IFA-Report 7/2011 [2].

Als dominierende Lärmquellen wurden identifiziert:

- Motor- und Lüftergeräusche, vor allem beim Lrf auf den äußeren Mitfahrerständen,
- Geräusche durch ausströmende Druckluft beim Kuppeln und Entkuppeln von Eisenbahnfahrzeugen,
- Betätigen des Typhons am Tfz,
- Sprechfunkverkehr.

Da sich diese Faktoren nicht kurzfristig durch technische Maßnahmen beseitigen lassen und auch organisatorische Maßnahmen nur selten möglich sind (z. B. Reduzierung der Schichtlänge), ist die letzte verbleibende Möglichkeit das Tragen geeigneter Persönlicher Schutzausrüstung (PSA), hier also von Gehörschutz.

1.2 Bisherige Regelungen zum Tragen von Gehörschutz im Eisenbahnbetrieb

Sowohl Lrf als auch EFF müssen verschiedene sicherheitsrelevante Signale und Geräusche hören können. Dazu gehören Signale des eigenen Tfz und Signale anderer

Verkehrsteilnehmer; eine genaue Aufstellung findet sich in Kapitel 2. Beim Tragen von Gehörschutz kann die Signalwahrnehmbarkeit eingeschränkt sein. Dies ergibt sich aus der Dämmcharakteristik des jeweiligen Gehörschutzes (siehe Kapitel 3). Für einen Gehörschutz, der alle Frequenzen gleich stark dämmt, ist keine Veränderung des Höreindrucks zu erwarten. Für Produkte hingegen, die vielfach die hochfrequenten Schallanteile stärker abschwächen, ist mit einer Verschlechterung der Wahrnehmbarkeit zu rechnen.

Da dieses Risiko aus früheren Arbeiten zu anderen Arbeitsbereichen bekannt ist (siehe Abschnitt 1.3), haben die zuständigen Aufsichtsbehörden, das Eisenbahnbundesamt (EBA) und die Landeseisenbahnaufsichten, bisher das Tragen von Gehörschutz im Eisenbahnbetrieb untersagt. Zuerst muss nachgewiesen werden, dass es Gehörschützer gibt, die das Signalthören an diesen Arbeitsplätzen nicht einschränken. Diese Vorgehensweise wurde dem Bund-/Länder-Fachausschuss Eisenbahnen und Bergbahnen (LAEB) in seiner Sitzung am 26./27. November 2008 in Berlin vorgestellt. Der LAEB macht seine Empfehlung zur Anwendung von Gehörschutz bei den EFF und Lrf vom erfolgreichen Abschluss der Untersuchungen abhängig und wird sich nach Erscheinen dieses IFA-Reports wieder damit befassen.

1.3 Erfahrungen aus anderen Arbeitsbereichen

Ähnliche Schwierigkeiten für den Einsatz von Gehörschutz sind bereits in anderen Arbeitsbereichen aufgetreten. Die dort gefundenen Lösungen liegen der vorliegenden Arbeit zugrunde.

Der erste Arbeitsbereich, bei dem das Tragen von Gehörschutz von den zuständigen Aufsichtsbehörden untersagt wurde, war der „Gleisoberbau“. An diesen Arbeitsplätzen verursachen die eingesetzten Maschinen sehr hohe Expositionspegel, sodass auch vor der Einführung der LärmVibrationsArbSchV aus Sicht der Unfallversicherungsträger Gehörschutz getragen werden musste. Allerdings müssen die Beschäftigten an den Baustellen die Rottenwarnsignale, die Zugfahrten im Gleisabschnitt der Baustelle ankündigen, hören können. *Lazarus et al.* [3] entwickelten daraufhin 1983 ein Rechenverfahren, das auf einem Modell der menschlichen Lautheitswahrnehmung nach *Zwicker* basiert (DIN 45631 [4]). Damit lässt sich die Wahrnehmbarkeit eines Warnsignals in einem Störgeräusch mit und ohne Gehörschützer ermitteln. Die damalige Deutsche Bundesbahn und die Unfallversicherungsträger legten gemeinsam Kriterien an die Signalwahrnehmbarkeit fest, die ein geeigneter Gehörschützer erfüllen muss. Das IFA (damals noch BIA) erhielt die Aufgabe, die Berechnungen basierend auf der Arbeit von *Lazarus* für alle Produkte aus der Gehörschützer-Positivliste durchzuführen. Geeignete Gehörschützer werden in dieser Liste [5] mit dem Buchstaben „S“ gekennzeichnet. Zusätzlich ist für jeden Beschäftigten eine tägliche Hörprobe am Arbeitsplatz (auf der Baustelle) notwendig, um sicherzustellen, dass die Signalthörbarkeit tatsächlich gegeben ist.

Für den Arbeitsbereich „Fahrzeugführer im öffentlichen Straßenverkehr“ stellt sich die Situation ähnlich dar. In vielen Fahrzeugen (z. B. Lkws, Traktoren, Schneeräumer) war die Lärmbelastung des Fahrers so hoch, dass er Gehörschutz tragen musste. Das

zuständige Verkehrsministerium untersagte dies aber, da die Warnsignalhörbarkeit (z. B. von Autohupen oder Signalhörnern) nicht sichergestellt war. In einem Projekt ermittelte das IFA die relevanten Warnsignale und eine große Zahl an Fahrzeuggeräuschen. Damit wurde – wieder mit dem Berechnungsprogramm von *Lazarus* – die Signalwahrnehmbarkeit für diesen Arbeitsbereich ermittelt [6]. Dabei muss ein Gehörschützer immer für alle bei der Berechnung verwendeten Fahrzeuggeräusche geeignet sein, um die Auswahl zu bestehen. Die geeigneten Produkte sind in der IFA-Positivliste [5] mit dem Buchstaben „V“ gekennzeichnet. Für diese Arbeitsplätze ist eine Hörprobe nach BGI 673 [7] alle drei Jahre vorgeschrieben. Erst mit dieser Bescheinigung ist die Teilnahme am öffentlichen Straßenverkehr gestattet. Bedingt durch neue Fahrzeugmodelle gibt es mittlerweile nur noch wenige Beschäftigte, die an solchen Arbeitsplätzen Gehörschutz tragen müssen.

1.4 Ziel des Projekts

Da die dringende Notwendigkeit besteht, die Beschäftigten vor zu hohen Lärmbelastungen zu schützen, initiierte die BG BAHNEN in Zusammenarbeit mit der EUK das vorliegende IFA-Projekt. Ziel des Projekts war die Entwicklung eines Auswahlverfahrens für Gehörschutz im Eisenbahnbetrieb, der ein ausreichend gutes Signalthören zulässt. Dazu wurde das schon etablierte Berechnungsverfahren nach *Zwicker* und *Lazarus* herangezogen (siehe Abschnitt 3.1). Analog zu den Arbeitsbereichen „Gleisoberbau“ und „Fahrzeugführer im öffentlichen Straßenverkehr“ wurden sowohl die auftretenden Arbeitsgeräusche als auch die sicherheitsrelevanten Signale und Geräusche ermittelt. Auch für diesen Fall kann die Berechnung mit den Dämmwerten aus der Baumusterprüfung nur eine Vorauswahl treffen; die individuelle Überprüfung, ob der Gehörschutz für den Arbeitsplatz geeignet ist, muss durch eine Hörprobe vor Ort erfolgen. Hierfür erarbeitete die Projektarbeitsgruppe eine Anleitung.

2 Sicherheitsrelevante Signale und Geräusche

Um die Sicherheit des Eisenbahnbetriebs zu gewährleisten, müssen EFF bestimmte akustische Signale und Geräusche wahrnehmen (nachfolgend als sicherheitsrelevante Signale und Geräusche bezeichnet). Diese legte die Projektgruppe gemeinsam mit den dort mitwirkenden Eisenbahnaufsichtsbehörden fest:

a) Sicherheitsrelevante Signale und Geräusche für EFF im Zugfahrdienst

- Sicherheitsfahrschaltung (Sifa)/ Zugbeeinflussung,
- Sprachmeldungen (bei Fahrzeugstörungen),
- Zugfunk/Zugbahnfunk/Handy,
- Alarmsignale von Brandmeldeanlagen,
- Nothaltsignale (mit Signalpfeife, Typhon eines anderen Fahrzeugs).

b) Sicherheitsrelevante Signale und Geräusche für Lrf (und andere EFF) im Rangierdienst

- Sifa,
- Rangiersignale/Nothaltsignale/Achtungssignale anderer Triebfahrzeuge (mit Signalpfeife, Typhon eines anderen Fahrzeugs),
- Rangierfunk/Handy.

Eine Hauptaufgabe des Projektes war die Messung und Dokumentation der sicherheitsrelevanten Signale und Geräusche im Eisenbahnbetrieb. Dies erfolgte soweit möglich während der Messungen zur Lärmbelastung von Lrf und EFF oder in nachgestellten Situationen. Dieses Kapitel stellt die Signale und Geräusche, die als sicherheitsrelevant eingestuft wurden, anhand von Beispielen vor. Dabei lassen sich die Signale je nach Quelle in verschiedene Kategorien einteilen.

2.1 Signale und Geräusche im Führerstand

Diese Signale und Geräusche treten auf, wenn das Triebfahrzeug vom Führerstand aus gesteuert wird. Dazu gehören

- die Sicherheitsfahrschaltung (Sifa),
- die punktförmige Zugbeeinflussung (PZB),
- Alarmsignale, wie z.B. Feueralarm,
- triebfahrzeugtypische Signale,
- automatische Ansagen im Tzf.

Das akustische Sifa-Signal ist Bestandteil der sogenannten Sicherheitsfahrschaltung (Sifa), mit der die Dienstfähigkeit des EFF überwacht wird. Betätigt der EFF nicht regelmäßig die Sifa-Taste, wird er zunächst durch das Aufleuchten einer Kotrolleuchte und danach durch das akustische Sifa-Signal gewarnt. Betätigt er danach immer noch

nicht die Sifa-Taste, wird eine Zwangsbrem-
sung ausgelöst.

Das akustische PZB-Signal ist Bestandteil
des Zugsicherungssystems „Punktförmige
Zugbeeinflussung“ (PZB). Das Ertönen des
PZB-Signals fordert den EFF zum Handeln
auf, z. B. zum Betätigen der Wachsamkeits-
taste beim Passieren eines Vorsignals mit
dem Signalbegriff „Halt erwarten“.

2.2 Signale und Geräusche von anderen Verkehrsteilnehmern

Diese Gruppe von Signalen umfasst verschie-
dene Quellen, wie

- Typhon eines anderen Zuges/Tfz
- Autohupe eines Pkws/Lkws am Gleis
- Trillerpfeife am Bahnsteig oder beim
Rangieren

2.3 Sprechfunk

Die Sprachkommunikation per Funk ist an
den meisten Arbeitsplätzen anzutreffen. Sie
erfolgt über ein stationäres Funkgerät im
Führerstand oder für Lrf über ein tragbares
Modell, das meist vor der Brust getragen
wird.

2.4 Messung der sicherheits- relevanten Signale und Geräusche im Betrieb

Die Signale und Geräusche wurden im Rah-
men der Betriebsmessungen des parallel
laufenden Projekts zur Lärmbelastung
von EFF und Lrf [2] ermittelt. Dort wurden
einerseits über jeweils mehrere Stunden
personengebundene Messungen mit Dosi-
metern durchgeführt, andererseits aber auch
Kurzzeitmessungen mit einem Handschall-
pegelmesser. Diese dienen hauptsächlich
zur genaueren Beschreibung einzelner Ereig-
nisse oder Lärmquellen, aber auch zur Plau-
sibilitätskontrolle der Dosimeterwerte. Dazu
wurde spektral- und zeitaufgelöst gemessen
und es wurden Geräuschaufzeichnungen
vorgenommen.

Die meisten Messungen konnten während
der regulären Tätigkeiten stattfinden, in
einigen Fällen wurden aber auch Situatio-
nen nachgestellt. Zum Beispiel wurde so
das Typhonsignal eines zweiten Tfz auf dem
Betriebsgelände aufgenommen oder das Sifa-
Signal provoziert, was bei Nichtbeachtung
in letzter Konsequenz zu einer Zwangsbrem-
sung führt.

3 Berechnungsverfahren zur Signalhörbarkeit

In der Literatur existieren verschiedene Verfahren zur Berechnung der Signalwahrnehmbarkeit. So unterscheidet z. B. die Norm DIN EN ISO 7731 [8] drei verschiedene Kriterien: Vergleich der Summenpegel von Signal und Störgeräusch sowie Vergleich der Oktav- bzw. Terzspektren der beiden Geräusche. Wie schon in [6] erläutert, sind alle diese Verfahren nicht genau genug für die hier vorliegende komplexe Situation, bei der der Einfluss eines Gehörschutzes auf die Wahrnehmbarkeit ermittelt werden muss.

Abschnitt 3.1 erläutert die Inhalte und Hintergründe des Modells nach *Zwicker* und *Lazarus*. Anschließend werden die ausgewählten Warnsignale und Arbeitsgeräusche aufgeführt, die für die Berechnung berücksichtigt werden.

3.1 Berechnungsmodell nach *Zwicker* und *Lazarus*

3.1.1 Allgemein

Grundlage der Berechnung ist ein psychoakustischer Effekt: die spektrale Verdeckung nach *Zwicker* [4]. Dies bedeutet, dass tieffrequente Komponenten eines Geräusches solche bei benachbarten höheren Frequenzen verdecken können und damit unhörbar machen. Derselbe Effekt tritt auf, wenn ein Signal im Störgeräusch ertönt, sodass bei einer bestimmten Frequenz eine Komponente des Störgeräusches nicht nur die Signalkomponente bei dieser Frequenz verdeckt, sondern auch die bei höheren Frequenzen.

Die Norm DIN 45631 [4] legt diese Zusammenhänge für quasistationäre Geräusche quantitativ fest und bietet neben grafischen Vorlagen zur Eintragung der Spektren auch das Listing eines Computerprogramms zur Berechnung der Lautheit eines gegebenen Spektrums. Die Lautheit ist ein psychoakustisches Maß und bildet die menschliche Wahrnehmung deutlich besser nach als der A-bewertete Summenpegel.

Die Frage, wie ein bestimmter Gehörschutz die Signalwahrnehmung im Störgeräusch beeinflusst, geht aber über die DIN 45631 hinaus, die die Lautheit für ein gegebenes Spektrum berechnet. Im vorliegenden Fall müssen zwei Lautheiten (mit und ohne Gehörschutz) verglichen werden. Dazu wurden von *Lazarus* [3] zwei Methoden entwickelt, mit denen sich die durch den Gehörschutz veränderte Wahrnehmung quantifizieren lässt: das Selektiv- und das Lautstärke-Verfahren (siehe Abschnitte 3.1.2 und 3.1.3).

Qualitativ stellt sich die Situation folgendermaßen dar: Die Störgeräusche im Eisenbahnbetrieb sind meist Geräusche der Antriebsaggregate, die ihren Schwerpunkt bei tiefen Frequenzen haben, sodass höhere Frequenzen verdeckt werden können. Das Tragen eines Gehörschutzes kann die Situation noch verschlechtern, wenn dieser für tiefe Frequenzen eine deutlich geringere Dämmung aufweist als für hohe. Dadurch können stärker gedämmte Signalanteile bei hohen Frequenzen durch die weniger gedämmten Beiträge des Störgeräusches bei

tiefen Frequenzen leichter verdeckt werden. Dämmt ein Gehörschutz alle Frequenzen etwa gleich stark, sollte die Signalhörbarkeit annähernd so gut sein wie für den Fall ohne Gehörschutz.

Für die Berechnung werden Spektren der Arbeitsplatzgeräusche (Signale und Störgeräusche) benötigt. Dabei sollten alle Signale sowie eine repräsentative Auswahl der Störgeräusche berücksichtigt werden. Das Verfahren nach *Zwicker* ermöglicht es, jeweils für ein Signal und ein Störgeräusch die Lautheit des Signals im Störgeräusch zu berechnen. Konkret muss dazu der Pegel des Signalspektrums so verschoben werden, dass sich für alle Kombinationen die gleiche, vorher definierte Wahrnehmbarkeit ergibt.

Im nächsten Schritt wird von beiden Spektren (Signal und Störgeräusch) die Dämmung des Gehörschutzes abgezogen und mit den so veränderten Spektren erneut die Wahrnehmbarkeit berechnet.

3.1.2 Selektiv-Verfahren

Für ein gegebenes Störgeräusch G (als Terzspektrum) wird zunächst für das ungeschützte Ohr der notwendige Pegel L_{Su} des Warnsignals bestimmt, damit in wenigstens einer Frequenzgruppe die über die Frequenzgruppe integrierte Lautheit des Signals gleich der des Arbeitsgeräusches ist; anschließend wird das Signalspektrum um 5 dB erhöht, sodass sich der Signalpegel L_{Su} ergibt.

Für diese Signal-Störgeräusch-Konfiguration wird nun die selektive Wahrnehmbarkeit W_A nach

$$W_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta N_i'' \quad (1)$$

mit

$$\Delta N_i'' = N_{S,i}'' - N_{G,i}'' \quad N_{S,i}'' > N_{G,i}''$$

$$\Delta N_i'' = 0 \quad \text{für} \quad N_{S,i}'' \leq N_{G,i}''$$

berechnet. Bei der Summenbildung im Nenner werden alle Terzpegel bis einschließlich 4,5 kHz berücksichtigt.

Es bedeuten:

N'' = Lautheitswert des Stützpunktes in Sone

N_G = Lautheit des Störgeräusches in Sone

S = akustisches Signal

G = Störgeräusch

n = Anzahl der Stützstellen mit $N''_{S,i} > N''_{G,i}$

Danach werden die Signal- und Störgeräusch-Spektren unter dem Gehörschützer durch Subtraktion der Mittelwerte der Schalldämmung berechnet und der Pegel des Signals L_{Sg} so lange variiert, bis die selektive Wahrnehmbarkeit W_A des Signals (nun mit Gehörschützer) genauso groß ist wie die selektive Wahrnehmbarkeit W_A zuvor ohne Gehörschützer.

Schließlich wird der Pegelunterschied A_s nach

$$A_s = L_{Su} - L_{Sg} \text{ in dB} \quad (2)$$

berechnet.

Es bedeuten:

L_{Su} = Schalldruckpegel des Signals bei ungeschütztem Ohr in dB

L_{Sg} = Schalldruckpegel des Signals bei geschütztem Ohr für gleiches W_A in dB

Werte von $A_5 < -0,5$ dB gelten nach [3] schon als merkliche, aber im Einzelfall tolerierbare Verschlechterungen der Signalhörbarkeit. Verschlechterungen der Signalhörbarkeit durch Verwendung von Gehörschützern mit $A_5 < -1,6$ dB gelten als nicht akzeptabel.

3.1.3 Lautstärke-Verfahren

Für ein gegebenes Störgeräusch G (als Terzspektrum) wird die Lautheit N_G in Sone nach dem Zwicker-Verfahren [4] bestimmt. Danach wird der Pegel des Warnsignals so lange verändert, bis die Lautheit N_S des Signals gleich N_G ist.

Für das Gesamtspektrum Störgeräusch plus Signal (jeweils für sich von der Lautheit N_G bzw. N_S) wird nun die Gesamtlautheit N_{S+G} berechnet. Schließlich wird die relative Lautheitszunahme W_{Bu} für das ungeschützte Ohr durch das Signal nach

$$W_{Bu} = \frac{N_{S+G}}{N_G} - 1 \quad (3)$$

ermittelt.

Anschließend werden für die gewählte Signal-Störgeräusch-Konfiguration die unter dem Gehörschützer wirksamen Spektren (durch Verminderung der Terzpegel um die mittleren Schalldämmwerte) und wiederum

die relative Lautheitszunahme W_{Bg} für das geschützte Ohr durch das Signal errechnet nach

$$W_{Bg} = \frac{N'_{S+G}}{N'_G} - 1 \quad (4)$$

Hier sind:

N'_{SG} = Lautheit von Störgeräusch und Signal in Sone unter dem Gehörschützer

N'_G = Lautheit des Störgeräusches allein unter dem Gehörschützer in Sone

Als Maß für die Verbesserung der Signalwahrnehmbarkeit wird nach [3] die Größe

$$B_o = (W_{Bg} - W_{Bu}) \cdot 100 \text{ in } \% \quad (5)$$

angegeben.

Negative Werte von B_o zeigen an, dass das Signal mit dem Gehörschützer schlechter wahrnehmbar ist als mit ungeschützten Ohren. Eine deutliche Verschlechterung der Signalerkennbarkeit nach dem Lautstärke-Verfahren ist nach Lazarus dann anzunehmen, wenn $B_o \leq -5\%$ ist.

3.1.4 Durchführung der Modellrechnungen

Die Berechnungen nach dem Selektiv- und dem Lautstärke-Verfahren (siehe Abschnitte 3.1.2 bzw. 3.1.3) wurden für alle passiven Gehörschützer in der IFA-Positivliste [5] durchgeführt, für die auch der Dämmwert bei 63 Hz vorliegt. Dabei wurden alle in den Abschnitten 3.2 und 3.3 vorgestellten Signale und Störgeräusche berücksichtigt. Das

verwendete PC-Programm ist identisch mit dem, das für die Berechnungen zu Fahrzeugführern im öffentlichen Straßenverkehr [7] eingesetzt wurde. Darin sind Programmteile zum Selektiv- und Lautstärke-Verfahren enthalten, die dem IFA von der Fa. Müller-BBM, Planegg, zur Verfügung gestellt wurden. Die Lautheitsberechnung nach *Zwicker* erfolgt in Anlehnung an das in Anhang A von DIN 45631 angegebene Rechenprogramm.

Die Kriterien, die in den Abschnitten 3.1.2 und 3.1.3 genannt wurden, entsprechen denen, die bei den Berechnungen zum Gleisoberbau herangezogen wurden. Leichte Hörverschlechterungen mit $A_s < -0,5$ dB oder $B_0 \leq -5$ % sind noch tolerierbar, wenn sie nicht öfter als in 11 % aller Fälle auftreten. Ein Ergebnis von $A_s < -1,6$ dB für eine Kombination aus Signal und Störgeräusch ist in keinem Fall akzeptabel.

3.2 Auswahl der für die Berechnung verwendeten Signalspektren

Aus dem Material, das während der Betriebsmessungen gesammelt wurde, wurden für jeden Signaltyp (Kapitel 2) die entsprechenden Messungen zusammengestellt. In den meisten Fällen war eine rechnerische Korrektur des Störgeräuschuntergrunds nötig, da mitaufgezeichnete Motorgeräusche die Berechnung verfälscht hätten. Durch die Tonaufzeichnungen wurde deutlich, dass sich auch eigentlich einheitliche Signalgeräusche wie Sifa und PZB im Klangeindruck zwischen verschiedenen Triebfahrzeugfabrikaten unterscheiden. Aus diesem Grund wurden jeweils mehrere Beispiele für Sifa und PZB für die Berechnungen verwendet.

Insgesamt wurden 18 Signale ausgewählt, die die Bandbreite der sicherheitsrelevanten Geräusche und Signale abdecken. Eine grafische und tabellarische Darstellung der Spektren findet sich in Anhang A (siehe Seite 33); hier sollen nur die Signaltypen genannt werden:

- zwei automatische Ansagen im Tfz,
- zwei Funkgespräche,
- zwei Signale einer Autohupe,
- vier PZB-Signale,
- vier Sifa-Signale,
- ein Signal einer Trillerpfeife,
- zwei Typhon-Signale eines anderen Tfz,
- ein Warnsignal im Tfz.

3.3 Auswahl der für die Berechnung verwendeten Störgeräuschspektren

Für die Auswahl der Störgeräusche wurden zuerst aus den Betriebsmessungen die unterschiedlich lauten Arbeitssituationen identifiziert. Dabei wurden die unterschiedlichen Fahrzustände des Tfz, z. B.

- langsame Fahrt
- Beschleunigung
- Fahrt unter Last
- Streckenfahrt

- Rangierfahrt

ebenso berücksichtigt wie die Aufenthaltsorte des EFF oder Lrf

- im Führerstand des Tfz
- auf einem der Mitfahrerstände
- auf dem ersten Wagen (Spitzenbesetzung)

Die Spektren wurden aus den Kurzzeitmessungen mit einem Handschallpegelmesser gewonnen. In den zwölf für die Berechnung verwendeten Geräuschen sind verschiedene Tfz-Typen und Arbeitsplätze berücksichtigt. Die Spektren sind in Anhang B (siehe Seite 47) grafisch und tabellarisch dargestellt.

4 Ergebnisse der Berechnungen zur Signalhörbarkeit

Die Berechnungen nach *Zwicker* und *Lazarus* wurden für 18 Signale und zwölf Arbeitsgeräusche nach dem im Abschnitt 3.1 beschriebenen Verfahren durchgeführt. Dabei wurde das unter Abschnitt 3.1.4 genannte Kriterium angewendet: In maximal 11% aller Kombinationen aus Signal und Störgeräusch (hier: $18 \cdot 12 = 216$) darf eine leichte Verschlechterung der Signalwahrnehmbarkeit auftreten. Deutliche Verschlechterungen mit $A_s < -1,6$ dB sind in keinem Fall akzeptabel.

Die Berechnung konnte für 479 Gehörschützer aus der IFA-Positivliste (Stand: 6. Dezember 2010) durchgeführt werden. Dies umfasst alle passiven Produkte, für die der Dämmwert bei 63 Hz vorliegt, der allerdings nach Norm nicht verpflichtend gemessen werden muss. Von diesen 479 Produkten erfüllen 63 die oben genannten Anforderungen. Dies entspricht 13% und somit einer etwas niedrigeren Quote als für die beiden anderen Zusatzkennzeichnungen S und V in der IFA-Positivliste (siehe Abschnitt 1.3). Für

den Gleisoberbau (Zusatzkennzeichnung S in der IFA-Positivliste) ergeben sich 26%, für die Fahrzeugführer im öffentlichen Straßenverkehr (Zusatzkennzeichnung V in der IFA-Positivliste) erhält man 16%.

Diese Unterschiede ergeben sich aus den charakteristischen akustischen Anforderungen in den verschiedenen Arbeitsbereichen. So sind die Arbeitsgeräusche im Gleisoberbau nicht durchweg so tieffrequent wie die Geräusche der Diesellaggregate der Tfz. Auch wird bei den Berechnungen für die Zusatzkennzeichnung S in der IFA-Positivliste nur ein Warnsignal berücksichtigt: das Rottenwarnsignal.

Die Liste der für den Eisenbahnbetrieb geeigneten Gehörschützer findet sich in Anhang C (siehe Seite 57). Die 63 Produkte teilen sich wie in Tabelle 1 gezeigt auf die einzelnen Bauarten von Gehörschutz auf. Als Bezeichnung für die neu einzuführende Zusatzkennzeichnung in der IFA-Positivliste wird der Buchstabe „E“ vorgeschlagen.

Tabelle 1:

Verteilung der für den Eisenbahnbetrieb geeigneten Gehörschützer auf die einzelnen Bauarten von Gehörschutz

Gehörschützerart	Anzahl
Kapselgehörschützer	0
Bügelstöpsel	0
Fertig geformte Gehörschutzstöpsel zum einmaligen Gebrauch	1
Fertig geformte Gehörschutzstöpsel zum mehrfachen Gebrauch	17
Vor Gebrauch zur formende Gehörschutzstöpsel zum einmaligen Gebrauch	18
Vor Gebrauch zur formende Gehörschutzstöpsel zum mehrfachen Gebrauch	3
Otoplastiken	16
Kombination aus Gehörschutzstöpsel und Kapselgehörschützer	8

5 Hörprobe am Arbeitsplatz

Die rechnerische Bestimmung der Signalhörbarkeit mit Gehörschutz kann nur einen Teil der Auswahl darstellen. Eine individuelle Hörprobe vor Ort am Arbeitsplatz ist immer notwendig, denn die Berechnungsverfahren verwenden die Mittelwerte der Dämmwerte aus der Baumusterprüfung. Jeder Gehörschutzträger wird aber leicht abweichende Werte erreichen. Außerdem geht das Berechnungsverfahren von Normalhörenden aus.

Eine solche Hörprobe (Wahrnehmbarkeitsprobe) wird in den Schriften der Unfallversicherungsträger generell für alle Arbeitsplätze gefordert, an denen Signale wahrgenommen werden müssen. Für die beiden Arbeitsbereiche „Gleisoberbau“ und „Fahrzeugführer im öffentlichen Straßenverkehr“, die in Abschnitt 1.3 genannt wurden, existieren hierfür besondere Vorschriften. Bei Arbeiten im Bereich von Gleisen ist aufgrund der hohen Gefährdungen im und am Gleis vor Beginn der Arbeiten täglich eine Wahrnehmbarkeitsprobe mit den Warnsignalen durchzuführen [9]. Fahrzeugführer im öffentlichen Straßenverkehr müssen die Eignung des verwendeten Gehörschutzes alle drei Jahre überprüfen (siehe BGI 673 [7]).

Ziel der Hörprobe ist es, in einer nachgestellten Arbeitssituation zu überprüfen, ob der Beschäftigte die sicherheitsrelevanten Signale und Geräusche mit Gehörschutz genauso gut hören kann wie ohne Gehörschutz. Für den Eisenbahnbetrieb wurde in der Projektgruppe ein Ablauf für eine Hörprobe erarbeitet und in verschiedenen Unternehmen getestet. Das Vorgehen orientiert

sich so weit wie möglich am Verfahren der BGI 673 „Empfehlungen zur Benutzung von Gehörschützern durch Fahrzeugführer bei der Teilnahme am öffentlichen Straßenverkehr“, insbesondere wurde die dreijährige Frist für die Wiederholung der Hörprobe übernommen.

Als Arbeitsgeräusch wurde im Versuch das Motorgeräusch des Tzf bei einer definierten Drehzahl von ca. zwei Dritteln der Nennzahl gewählt. Als Signal diente das Typhon eines zweiten Tzf oder die Hupe eines Kraftfahrzeugs, das neben dem Gleis steht. Der Gehörschutz tragende EFF befand sich im Führerstand (Fenster und Türen geschlossen) oder auf einem der Mitfahrerstände des Tzf.

Für die Hörprobe mit dem Signal eines anderen Fahrzeugs (Tzf oder Kraftfahrzeug) sollen möglichst stabile Umgebungsbedingungen vorliegen. Da das Typhon eines Tzf sehr weit hörbar ist, ist eine entsprechende Gleislänge nötig. Außerdem sollen keine Störgeräusche von anderen Fahrzeugen auftreten. Ebenso wäre es ungünstig, wenn sich während der Hörprobe die Randbedingungen für die Schallausbreitung ändern, z. B. Wagen auf einem Nebengleis bewegt werden. Natürlich können auch wechselnde Windverhältnisse die Hörbarkeit von Signalen über große Distanzen beeinflussen. Ein weiteres Problem sind Lärmbelästigungen von Beschäftigten auf dem Betriebsgelände oder Anwohnern durch die wiederholte Abgabe von Warnsignalen.

Die Testläufe für die Hörprobe in fünf Unternehmen dienten dem Ziel, ein praxistaugliches Verfahren zur Bestimmung der Hörweite ohne Gehörschutz zu entwickeln. Die Hörweite ist der Abstand, in dem ein Signal unter gegebenen Umgebungsbedingungen gerade noch wahrgenommen werden kann. Dazu vergrößerte das signalgebende Tzf von einer geeigneten Startentfernung aus (ca. 150 m, siehe Anhang D, Seite 62) seine Entfernung zum anderen Tzf in Schritten von z. B. 20 oder 40 m. Der EFF auf dem signalgebenden Tzf gab von jedem neuen Standort (nach jeder Fahrstrecke) drei Warnsignale mit einer Dauer von jeweils mindestens 1 s mit dem Typhon. Der andere EFF bestätigte jedes gehörte Signal per Funk oder durch Betätigen eines Spitzensignals seines Tzf. Dabei wurde die Entfernung ermittelt, bei der die Signale gerade noch hörbar waren, wie es auch die BGI 673 vorsieht. Bei den Hörproben in den verschiedenen Unternehmen ergaben sich für die Hörweite Abstände mit einer großen Spannweite zwischen 150 und 540 m. Die Ursache für diese unterschiedlichen Abstände liegt sicher in den Randbedingungen vor Ort (z. B. Anbauort des Typhons auf dem Tzf, Umgebungsbedingungen, Windverhältnisse).

Für den eigentlichen Test wurden an der so ermittelten Position noch einmal drei Warnsignale abgegeben. Dabei stellte sich heraus, dass in den meisten Fällen nicht alle dieser Signale gehört wurden. Somit scheint die Bestimmung der Hörweite in einem solchen Feldversuch schwierig zu sein und tendenziell zu hohe Werte zu ergeben. Aus diesem Grund wurden die Hörversuche bei zwei anderen Entfernungen zwischen den beiden Tzf wiederholt, indem der Abstand von der Hörweite aus um 10 % (Abstand 1)

bzw. 20 % (Abstand 2) reduziert wurde. Dabei ist zu beachten, dass ein zu geringer Abstand die Aussagekraft der Hörprobe mit Gehörschutz reduziert, da nur sehr starke Verschlechterungen der Signalhörbarkeit durch den Gehörschutz wahrgenommen werden können.

Nachdem eine Position festgelegt wurde (hier: Hörweite bzw. Abstand 1 oder Abstand 2) setzte der zu testende EFF seinen Gehörschutz auf und das signalgebende Tzf gab wieder drei Typhonsignale ab. Bei den Testläufen der Hörprobe wurde in allen Unternehmen der Schaumstoffstöpsel Bilsom 303 der Fa. Sperian verwendet, der nach der rechnerischen Vorauswahl geeignet ist. Ebenfalls eingesetzt wurden Otoplastiken; die teilnehmenden Unternehmen hatten sie in Einzelfällen zu Testzwecken angeschafft.

Wie aus den oben beschriebenen Erfahrungen für die Versuche ohne Gehörschutz zu erwarten war, erkannten die Versuchspersonen mit Gehörschutz bei der Hörweite nur sehr wenige oder gar keines der Signale. Für Abstand 1 ergibt sich mit Gehörschutz eine Signalerkennung von ca. 80 %, für Abstand 2 von 100 %. Abbildung 1 fasst die über alle Versuche gemittelten Ergebnisse grafisch zusammen.

Aus diesen Praxisversuchen wurde der Abstand 1 (Hörweite minus 10 %) als geeigneter Abstand für die Durchführung der Hörprobe ermittelt; er wird im Weiteren als Hörprobenentfernung bezeichnet. Bei der Hörweite ist offensichtlich die Reproduzierbarkeit für das Hören des Typhons auch ohne Gehörschutz nicht ausreichend gegeben. Beim Abstand 2 ist davon auszugehen, dass geringe Verschlechterungen der

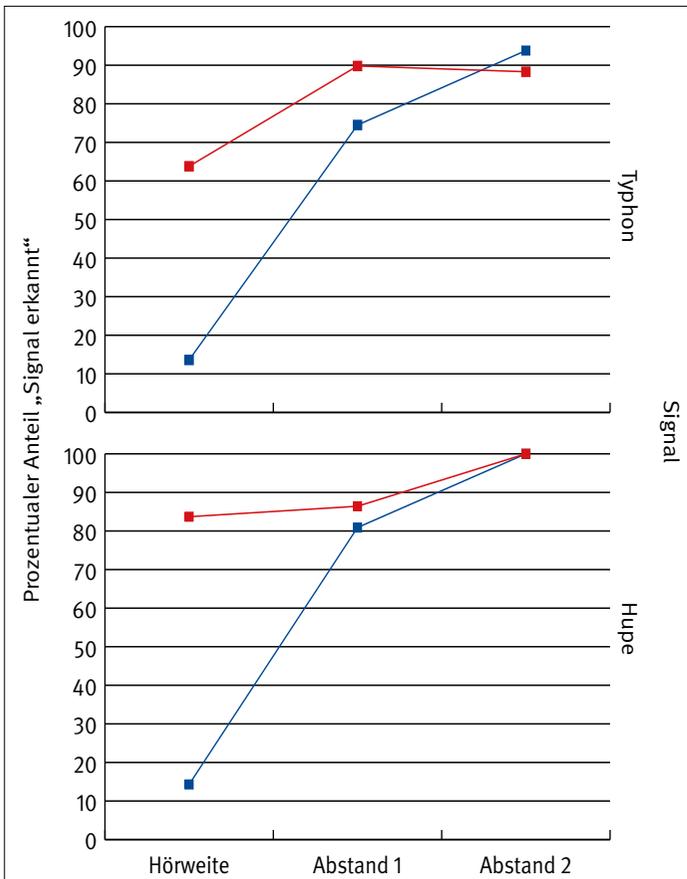
Signalhörbarkeit nicht festgestellt werden können.

Nach dem gleichen Ablauf wurde die Hörprobe auch mit einer Pkw-Hupe durchgeführt. Dabei war es in den meisten Fällen notwendig, dass sich das Tzf, auf dem die Hörprobe stattfand, von der Signalquelle entfernt, da der Pkw neben dem Gleis in Längsrichtung der Gleise nicht verfahren

werden konnte. Qualitativ ergab sich das gleiche Ergebnis wie für das Typhonsignal (siehe Abbildung 1): An der ermittelten Hörweite ist bei der Messung ohne Gehörschutz die Erkennbarkeit kleiner als 100%, mit Gehörschutz liegt sie sehr niedrig. Bei Abstand 1 liegen beide Werte um 80 %, bei Abstand 2 bei 100 %.

Abbildung 1:

Testläufe der Hörprobe – Anteil der erkannten Signale für Typhon und Pkw-Hupe an den verschiedenen Abständen mit und ohne Gehörschutz (rot = ohne Gehörschutz, blau = mit Gehörschutz)



Zusätzlich wurde mit einigen Versuchspersonen die Verständlichkeit von Sprechfunk im Führerstand getestet, während der Dieselmotor im Leerlauf lief. Dies war in allen Fällen ohne Probleme möglich.

Aus diesen ersten Praxiserfahrungen wurden Schlussfolgerungen für die Durchführung der Hörprobe abgeleitet:

- Die Unternehmen können das vorgeschlagene Verfahren grundsätzlich einsetzen.
- Der Aufwand an Material und Zeit ist relativ groß. Das Verfahren sollte optimiert werden (siehe Abschnitt 6.4).
- Nachdem die Hörweite ermittelt wurde, ist die eigentliche Hörprobe bei der Hörprobenentfernung, einem zur Hörweite um 10 % reduzierten Abstand, durchzuführen.
- Als Signalquelle ist das Typhon eines Tzf zu verwenden; ersatzweise ist die Hupe eines Kraftfahrzeugs möglich, da die Tests zu vergleichbaren Ergebnissen geführt haben. Damit kann auch die Lärmbelastung für die Umgebung etwas reduziert werden.
- Die Dauer eines Signals soll mindestens 1 s betragen.
- Für EFF, die bei Streckenfahrten Gehörschutz tragen müssen, ist die Hörprobe auf dem Führerstand durchzuführen.
- Für Lrf ist die Hörprobe auf den Mitfahrerständen durchzuführen.
- Für Beschäftigte, die während ihrer Tätigkeit sowohl für Streckenfahrten als auch als Lrf eingesetzt werden, ist die Hörprobe sowohl auf dem Führerstand als auch auf den Mitfahrerständen durchzuführen.
- Zusätzlich muss täglich bei Schichtbeginn für alle Beschäftigten überprüft werden, ob der EFF bzw. Lrf im Führerstand den Sprechfunkverkehr mit Gehörschutz problemlos verstehen kann. Dabei läuft der Dieselmotor mit Leerlaufdrehzahl.
- Wird die Hörprobe nicht bestanden, ist der zur Verfügung gestellte Gehörschutz für den Beschäftigten an diesem Arbeitsplatz nicht geeignet. Es sollte überprüft werden, dass der Gehörschutz korrekt ein- bzw. aufgesetzt wurde, da Leckagen durch schlechten Sitz die Signalwahrnehmbarkeit verschlechtern können.

6 Zusammenfassung und Ausblick

6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse des vorliegenden Projekts

Das vorliegende Projekt hatte zwei Ziele: Zum einen sollten die sicherheitsrelevanten Signale und Geräusche identifiziert werden, die im Eisenbahnbetrieb auftreten. Dabei waren die zwei Berufsgruppen Eisenbahnfahrzeugführer (EFF) und Lokrangierführer (Lrf) zu berücksichtigen. Zum anderen sollte mit diesen Informationen eine Auswahlmethode für geeigneten Gehörschutz erarbeitet werden.

Die Bandbreite an Signalen wurde in verschiedenen Betriebsmessungen ermittelt; die einzelnen Signaltypen sind in Kapitel 2 dargestellt. Aus allen aufgezeichneten Beispielen wurde eine repräsentative Auswahl getroffen, die für die Berechnungen zur Signalthörbarkeit nach *Zwicker* und *Lazarus* verwendet wurden. Dazu waren auch Störgeräuschbeispiele, d. h. Geräusche der Dieselaggregate, nötig, die ebenfalls die untersuchten Tfz-Typen und Arbeitsbereiche abdecken.

Mit diesen Signalen und Geräuschen wurde die Signalthörbarkeit für alle Gehörschützer aus der IFA-Positivliste [5] berechnet. Die Diskussion der Ergebnisse in Kapitel 4 macht deutlich, dass die Anforderungen an die Signalthörbarkeit im Eisenbahnbetrieb aufgrund der tieffrequenten Dieselgeräusche hoch sind, sodass sich nur ein Anteil von 13 % der Gehörschützer als geeignet erweist.

Vor dem Einsatz des Gehörschützers ist am Arbeitsplatz für jeden Beschäftigten eine Hörprobe notwendig. Das bisher erarbeitete Verfahren orientiert sich an der Vorgehensweise der BGI 673 „Empfehlungen zur Benutzung von Gehörschützern durch Fahrzeugführer bei der Teilnahme am öffentlichen Straßenverkehr“ [7].

Die Kombination aus einer rechnerischen Vorauswahl und einer individuellen Hörprobe vor Ort ist analog zur Vorgehensweise beim Gleisoberbau und für Fahrzeugführer im öffentlichen Straßenverkehr. Dies ermöglicht die individuelle Auswahl eines Gehörschützers mit guter Signalthörbarkeit für den Eisenbahnbetrieb.

Als Zusatzkennzeichnung in der IFA-Positivliste wird der Buchstabe „E“ vorgeschlagen.

6.2 Mögliche Erweiterung des Gültigkeitsbereichs durch Hörversuche

Die in Kapitel 4 dargestellten Berechnungen mit den sicherheitsrelevanten Signalen und Arbeitsgeräuschen aus den Abschnitten 3.2 und 3.3 liefern eine Gruppe von für den Eisenbahnbetrieb geeigneten Gehörschützern. Die Kriterien für die Eignung eines Gehörschützers wurden aus den Arbeiten von *Lazarus* [3] übernommen. Sie sind für den Gleisoberbau mit Hörversuchen validiert.

Da die Quote geeigneter Gehörschützer mit 13 % relativ gering ist und insbesondere

nur ein Teil für niedrige Pegelbereiche um 85 dB(A) eingesetzt werden sollte, plant das IFA auf Initiative des Fachbereichs (früher: Fachausschuss) Persönliche Schutzausrüstungen ein Folgeprojekt. Dabei soll durch Hörversuche mit Versuchspersonen im Labor geprüft werden, ob die Kriterien aus dem Berechnungsverfahren gelockert werden können, ohne dass die benötigte Signalwahrnehmbarkeit verloren geht. Falls dies möglich wäre, stünden mehr Produkte für den Einsatz im Eisenbahnbetrieb zur Verfügung.

6.3 Möglicher Einsatz von pegelabhängig dämmenden Gehörschützern

Das in dieser Arbeit verwendete Rechenverfahren berücksichtigt nur die passive Schalldämmung eines Gehörschützers. Somit wurden Gehörschützer mit pegelabhängiger Schalldämmung nicht abgedeckt. Diese Produkte liegen als Kapselgehörschützer oder Gehörschutzstöpsel (auch Otoplastiken) vor und besitzen eine zusätzliche elektronische Funktionalität. Durch ein Mikrofon außen am Gehörschutz wird der Umgebungsschall aufgenommen, abhängig von dessen Pegel verstärkt und über einen Lautsprecher im Gehörschutz am Ohr des Trägers abgegeben. Dabei ist die Verstärkungskurve so eingestellt, dass niedrige Umgebungspegel verstärkt werden, sodass in Lärmpausen eine gute Verständigung möglich ist. Für laute Umgebungsgeräusche wird die Verstärkung reduziert, bis der Gehörschutz nur noch als passives Dämmelement wirkt.

Im Prinzip wären solche Produkte vor allem für Lrf gut geeignet, da im Rangierbetrieb laute und leise Arbeitsphasen auftreten. Die

bisherigen Untersuchungen zum Signalhören mit pegelabhängig dämmenden Gehörschützern zeigen, dass die Wahrnehmbarkeit stark von der Wiedergabequalität der Elektronik abhängt. Es gibt allerdings bisher kein standardisiertes Prüfverfahren. Nach dem Stand der Technik sind für solche Studien Hörversuche im Labor mit Probanden notwendig. Außerdem muss auch die passive Schalldämmung berücksichtigt werden, da die Produkte wie passive Gehörschützer wirken, wenn die Elektronik ausfällt.

Um die hier verwendete Rechenroutine auf diesen Gehörschützertyp anpassen zu können, müsste die Verstärkung in Abhängigkeit von Frequenz und Außenpegel bekannt sein. Bei der Baumusterprüfung werden diese Informationen nicht ermittelt; hier wird nur für drei Arten von Rauschen (hoch-, mittel- und tieffrequent) der sog. Kriteriumspegel bestimmt. Das ist der Außenpegel, bei dem unter dem Gehörschutz 85 dB(A) erreicht werden, wobei immer der A-bewertete Summenpegel über das gesamte Spektrum betrachtet wird. Für Pegel oberhalb des Kriteriumspegels darf der Gehörschutz nicht eingesetzt werden. Wie groß die Verstärkung für die einzelnen Frequenzkomponenten ist, wird nicht untersucht.

Entsprechende Hörversuche für die Signalhörbarkeit im Eisenbahnbetrieb sind geplant. Zum einen können so geeignete Produkte identifiziert werden, zum anderen lässt sich möglicherweise ein Verfahren entwickeln, das allgemeine Aussagen über die Signalwahrnehmbarkeit mit pegelabhängig dämmenden Gehörschützern ermöglicht.

6.4 Mögliche Alternative zur bisherigen Form der Hörprobe am Arbeitsplatz

Ein Ansatz, die bisherige Vorgehensweise für die Hörprobe zu modifizieren, wäre der Einsatz eines transportablen Typhons. Dazu müsste eine tragbare Version eines druckluftbetriebenen Typhons gebaut werden. Eventuell ist bei einer derartigen Konstruktion auch eine Reduzierung des Schallpegels möglich, ohne dass das Spektrum verändert wird. Dies würde ebenfalls die Lärmbelastung reduzieren, aber auch den Platzbedarf für die Hörprobe (Länge des betroffenen Gleises).

Wie im Abschnitt 6.2 beschrieben, ist die Hörprobe für die Arbeitsplätze im Eisenbahnbetrieb sehr aufwendig und erzeugt eine erhebliche Lärmbelastung für die Umgebung. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, Alternativen zur Hörprobe am Arbeitsplatz zu untersuchen. Erstrebenswert wäre die Möglichkeit, eine Hörprobe z. B. in einem Büroraum durchzuführen, indem die Arbeitssituation akustisch nachgestellt wird.

Dazu müssten Aufnahmen der entsprechenden Signale und Arbeitsgeräusche zur Verfügung stehen sowie passende Abspielgeräte, die die Arbeitssituation realistisch nachbilden können. Für die praktische Umsetzung besteht weiterer Entwicklungsbedarf. Das IFA plant, ein solches Projekt zu starten.

7 Literatur

- [1] Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – LärmVibrationsArbSchV) vom 6. März 2007. BGBl. I (2007), S. 261-277
- [2] *Paulsen, R.*: Lärmschutz für Eisenbahnfahrzeugführer und Lokrangierführer. IFA-Report 7/2011. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), Berlin 2011. www.dguv.de/ifa, Webcode d123913
- [3] *Lazarus, H.; Wittmann, H.; Weißenberger, W.; Meißner, H.*: Die Wahrnehmbarkeit von Rottenwarn-typhonen beim Tragen von Gehörschutz. Forschungsbericht Nr. 340. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund 1983.
- [4] DIN 45631: Berechnung des Lautstärkepegels und der Lautheit aus dem Geräuschspektrum; Verfahren nach E. Zwicker. Beuth, Berlin (1991)
- [5] *Paulsen, R.*: Gehörschützer – Positivliste. In: IFA-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. Kennzahl 420 210/1. Lfg. 1/11, V/2011. 2. Aufl. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin 2011. Erich Schmidt, Berlin 2003 – Losebl.-Ausg. www.ifa-handbuchdigital.de/420210.1
- [6] *Pfeiffer, B. H.; Hoormann, H.-J.; Liedtke, M.*: Lärmarbeitsplätze in und auf Fahrzeugen im öffentlichen Straßenverkehr. BIA-Report 5/97. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, Sankt Augustin 1997
- [7] Berufsgenossenschaftliche Information: Empfehlungen zur Benutzung von Gehörschützern durch Fahrzeugführer bei der Teilnahme am öffentlichen Straßenverkehr (BGI 673). Hrsg.: Hauptverband der Gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin 2003
- [8] DIN EN ISO 7731: Ergonomie – Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten – Akustische Gefahrensignale. Beuth, Berlin 2008
- [9] Regel: Sicherungsmaßnahmen bei Arbeiten im Gleisbereich von Eisenbahnen (GUV-R 2150). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2008
- [10] Regel: Benutzung von Gehörschutz (BGR/GUV-R 194). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2011

Anhang A: Spektren der für die Berechnung verwendeten Signale und Geräusche

In den Abbildungen A.1 bis A.8 sind die Spektren der Warnsignale und sicherheitsrelevanten Geräusche dargestellt, die bei der Berechnung nach *Zwicker* und *Lazarus* verwendet wurden. In Klammern ist jeweils die Bezeichnung des Datensatzes genannt, Im Anschluss an die Grafiken sind die Werte in Tabelle A.1 aufgelistet.

Alle tieffrequenten Terzbänder (bis 250 Hz) sowie alle Bereiche, in denen nach Abzug

des Störgeräuschuntergrundes kein Pegel mehr vorhanden war, wurden auf 30 dB gesetzt, sodass sie nicht zur Wahrnehmbarkeit des Signals beitragen.

Die absolute Höhe der Pegel im Spektrum ist nicht ausschlaggebend, da jeweils im ersten Berechnungsschritt die Pegel von Signal und Störgeräusch aneinander angepasst werden.

Abbildung A.1:
Sprachmeldung im Tzf (Alex, 1_1)

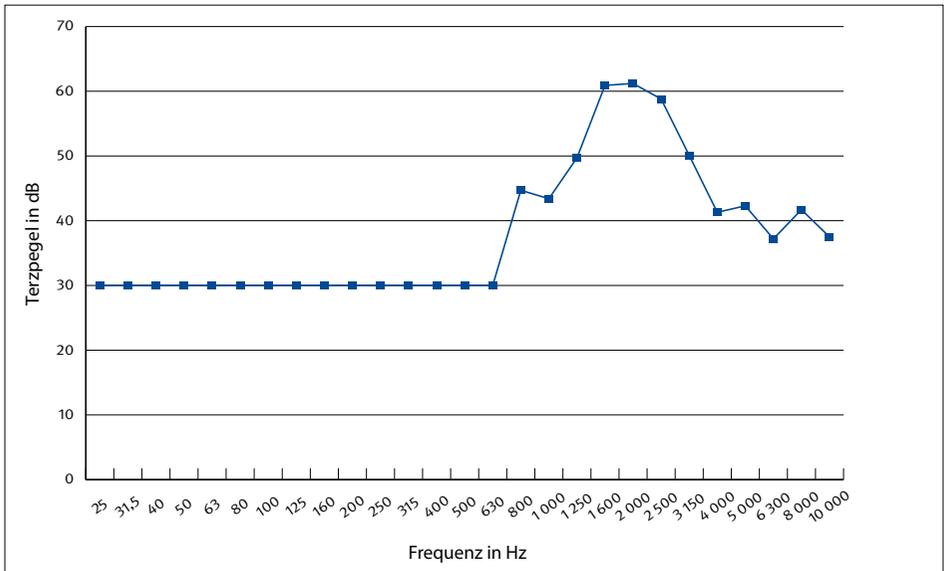


Abbildung A.2:
Sprachmeldung im Tfz (Alex, 10_1)

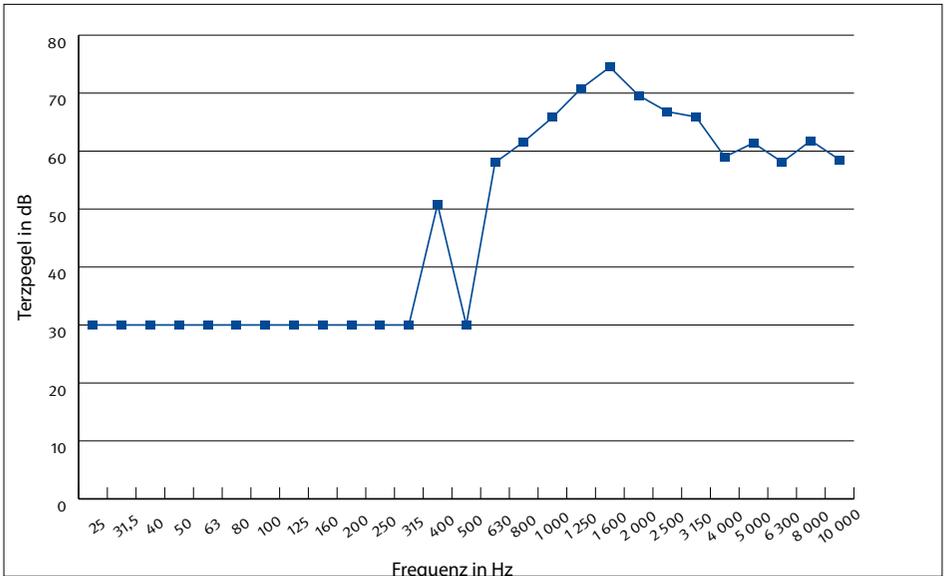


Abbildung A.3:
Funkgespräch (AKN, 090910_009)

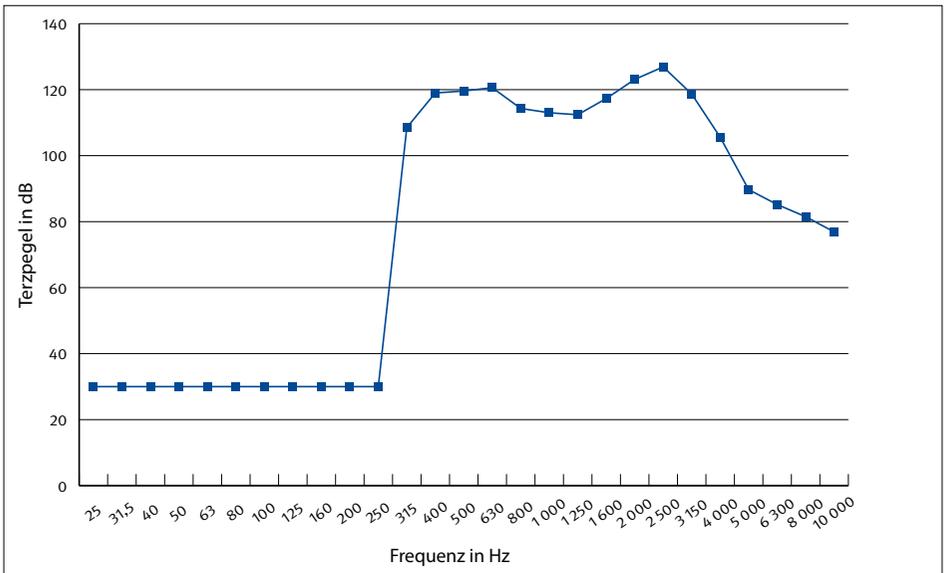


Abbildung A.4:
Funkgespräch (EH, 090922_010)

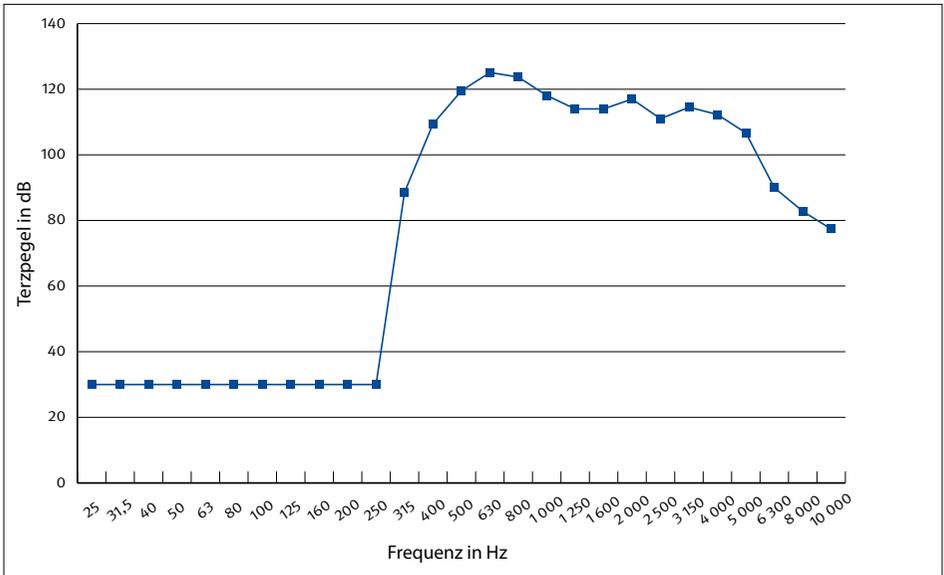


Abbildung A.5:
Autohupe (Hamm, 8_1)

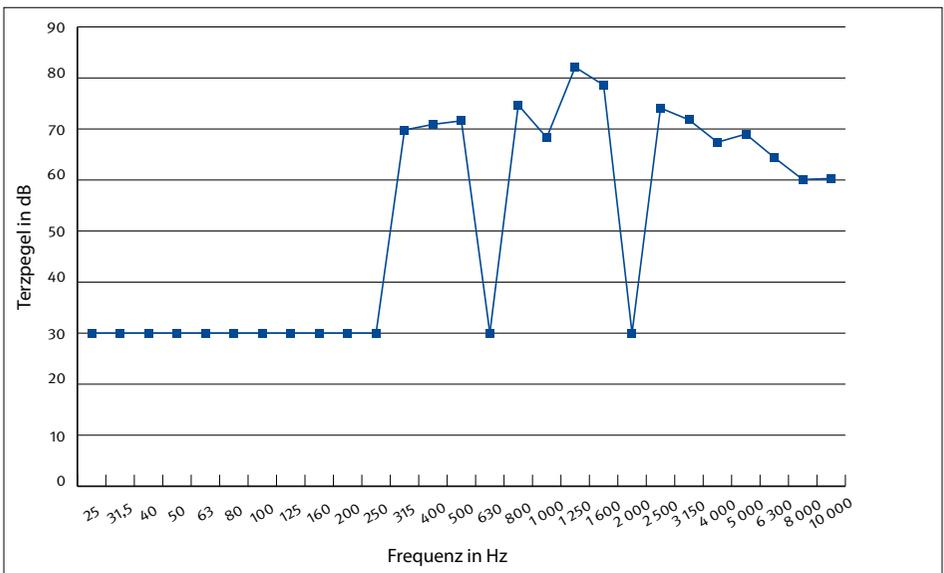


Abbildung A.6:
Autohupe (Hamm, 8_2)

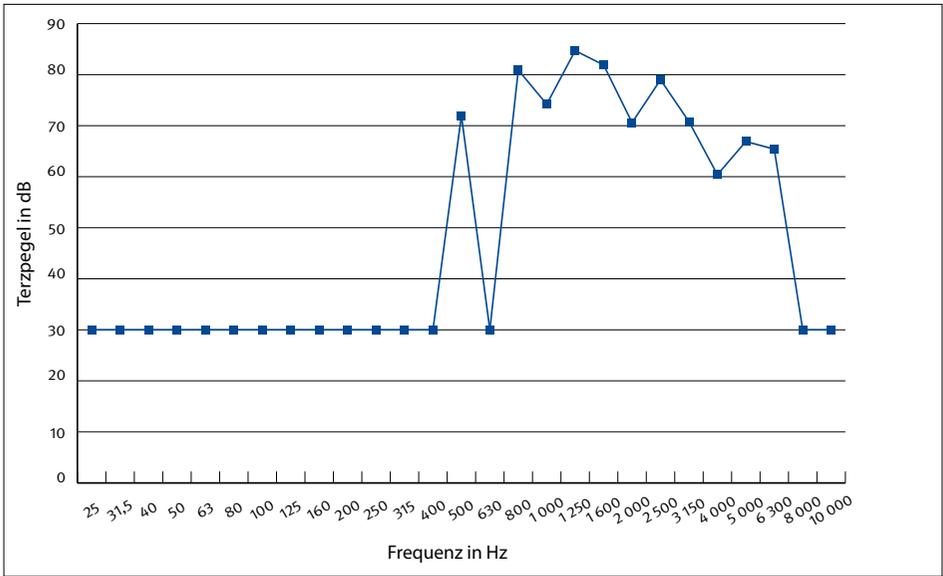


Abbildung A.7:
PZB (Alex, 1_1)

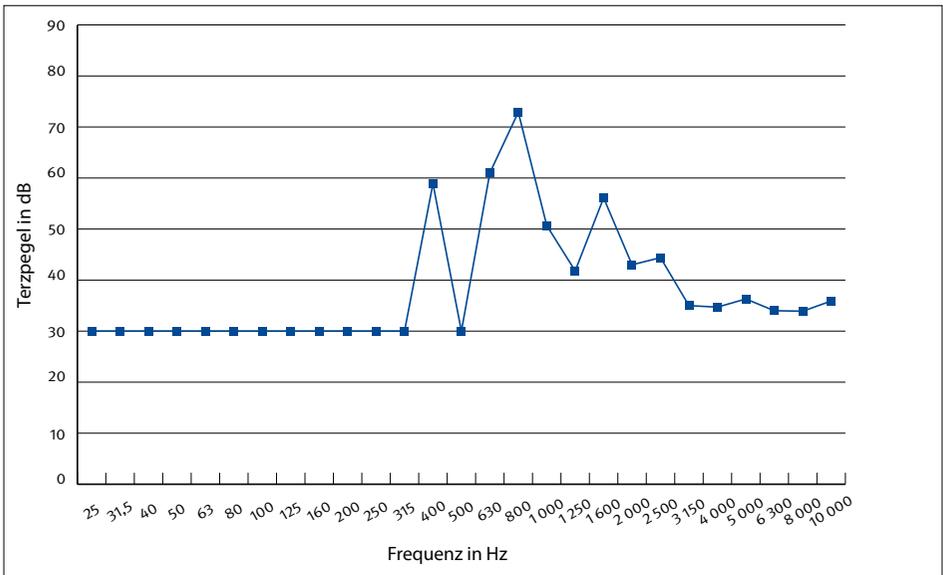


Abbildung A.8:
PZB (Alex, 12_1)

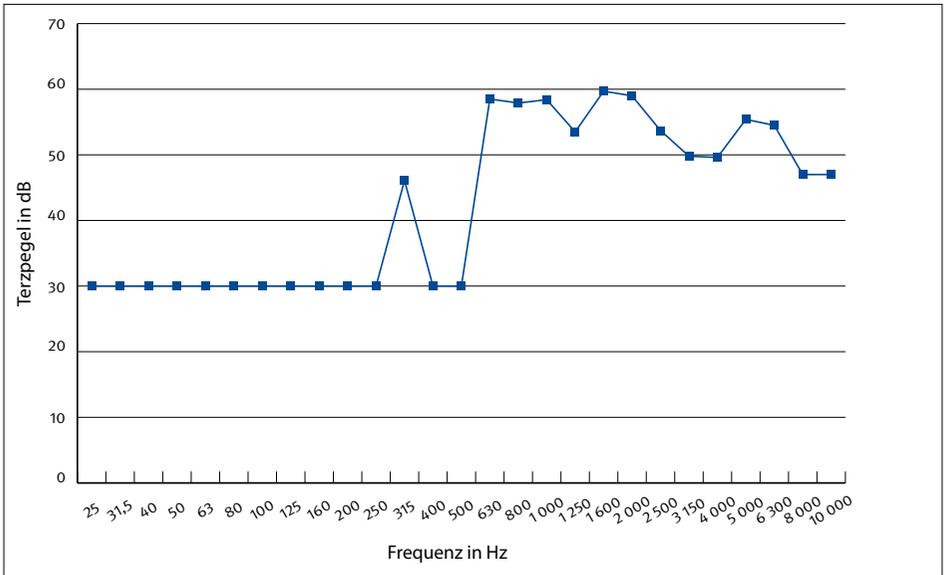


Abbildung A.9:
PZB (Cham, 6_2)

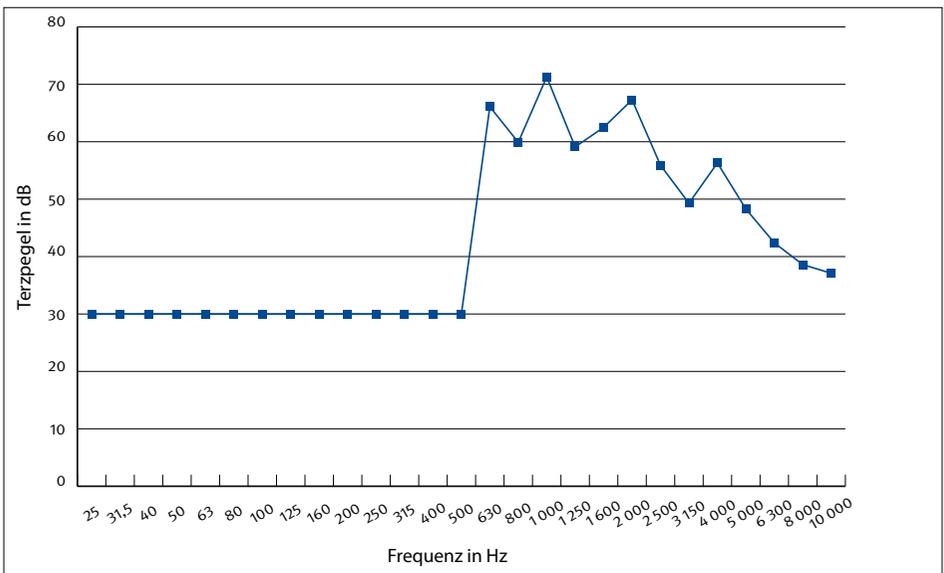


Abbildung A.10:
PZB (MEG2, 3_1)

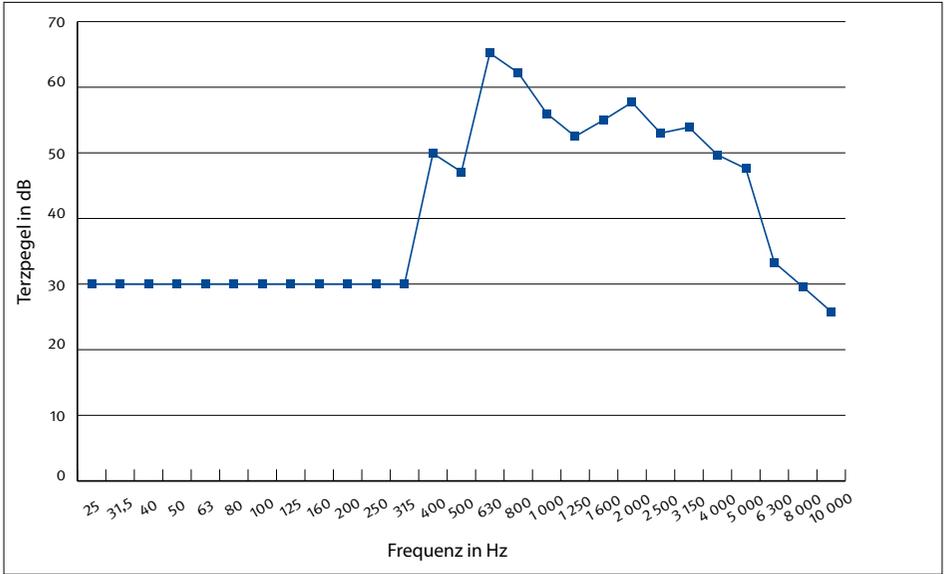


Abbildung A.11:
Sifa (Alex, 8_1)

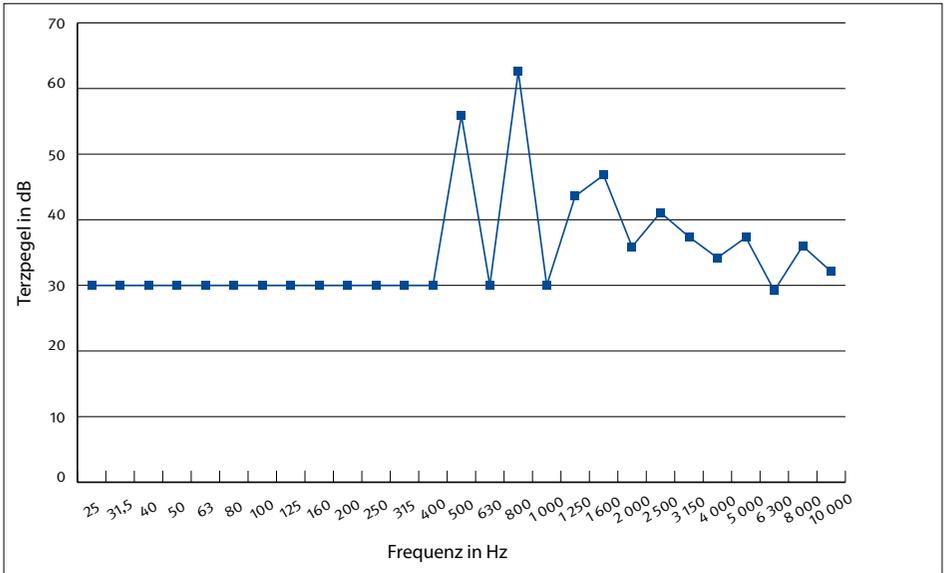


Abbildung A.12:
Sifa (Böhlen, 1_1)

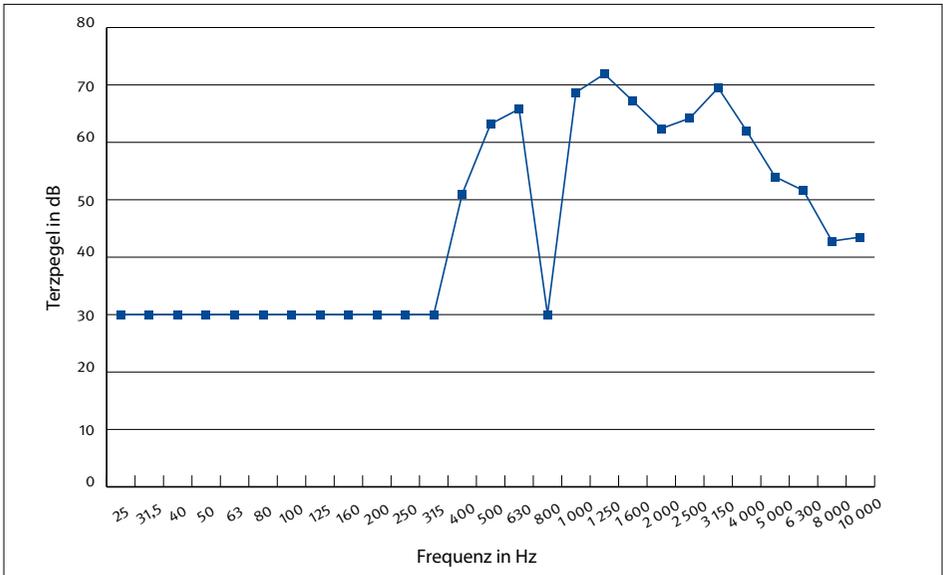


Abbildung A.13:
Sifa (MEG2, 5_1)

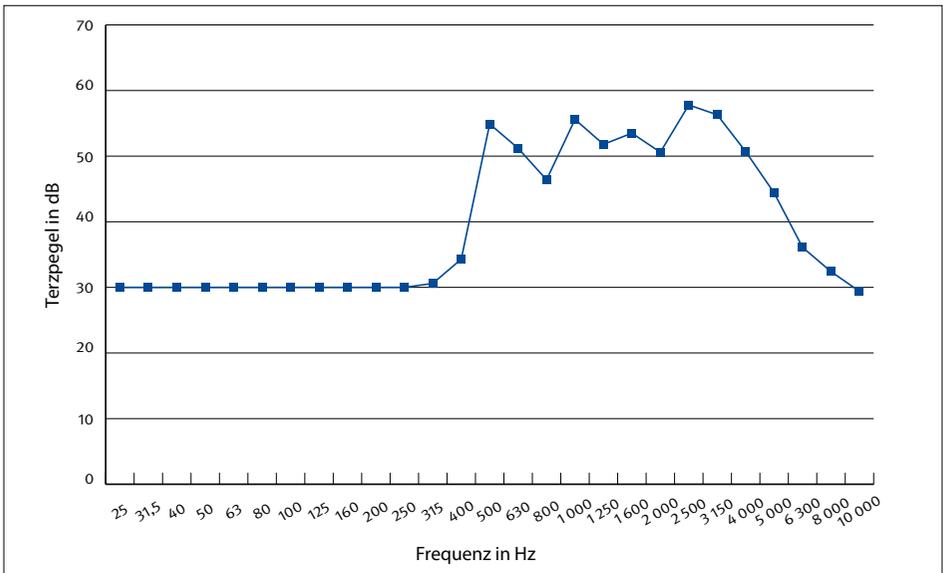


Abbildung A.14:
Sifa (Tönning, 1_1)

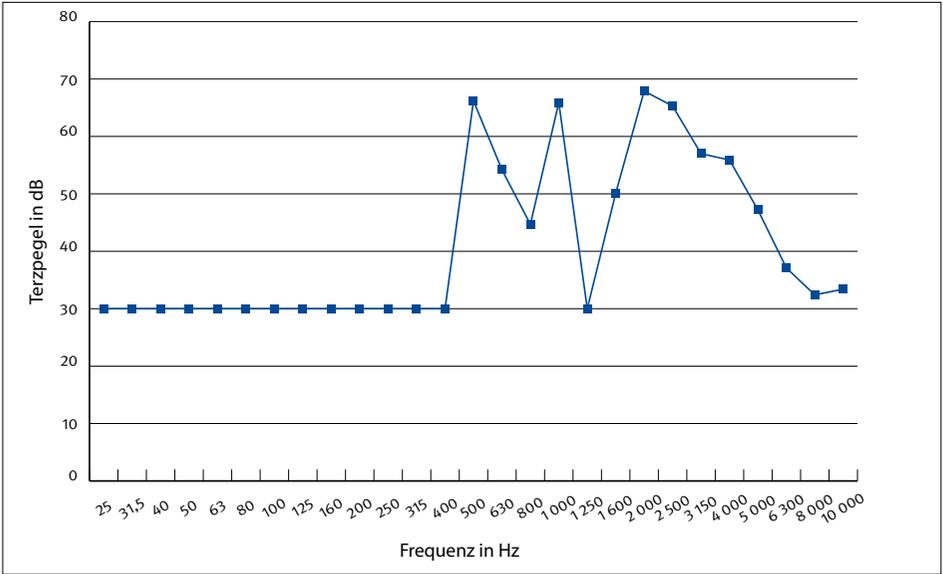


Abbildung A.15:
Trillerpfeife (Alex, 19_1)

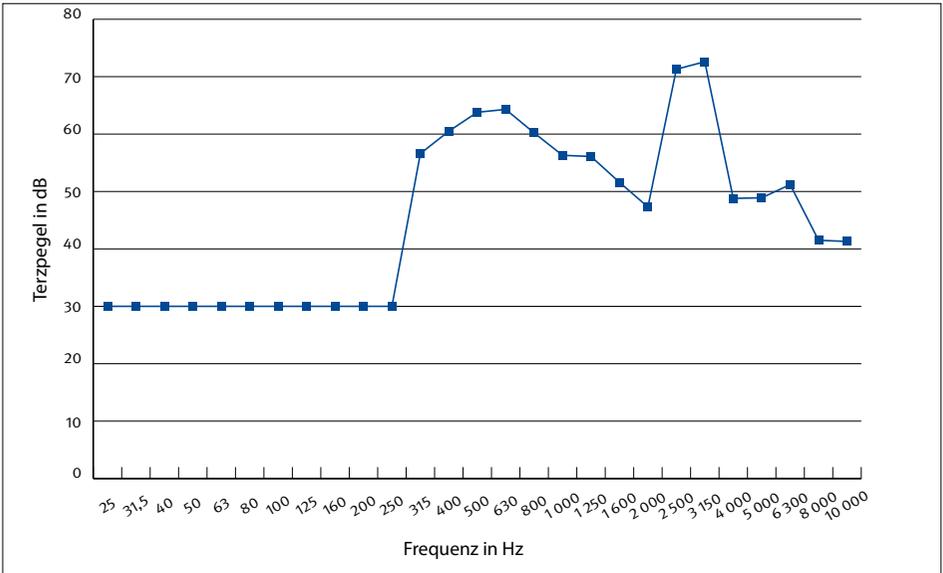


Abbildung A.16:
Typhon (Hamm, 12_1)

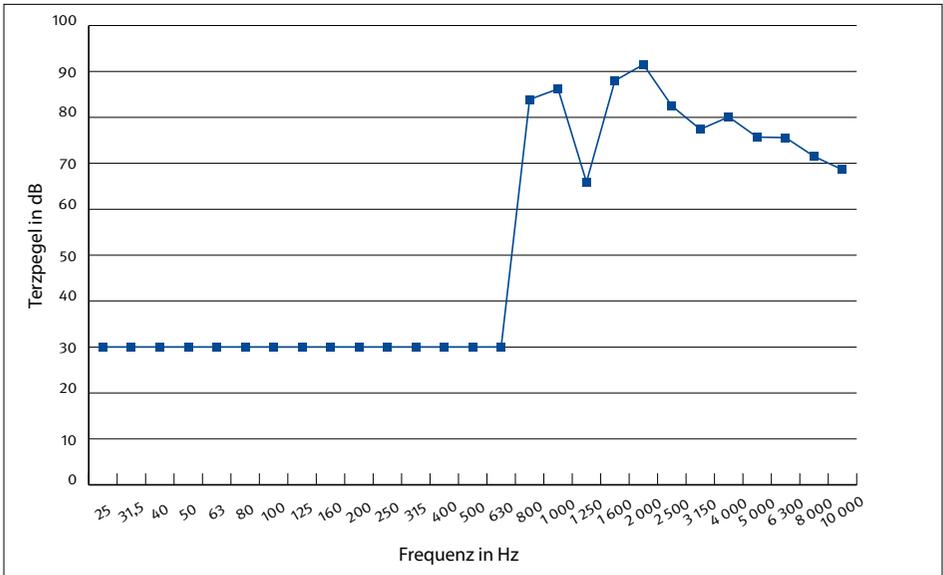


Abbildung A.17:
Typhon (Zwiesel, 1_1)

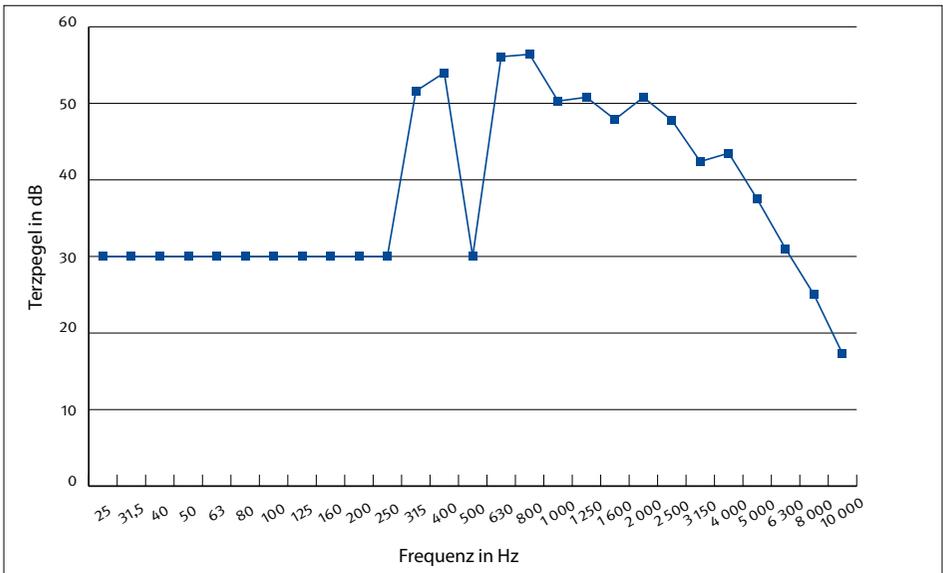


Abbildung A.18:
Warnsignal (Alex, 3_1)

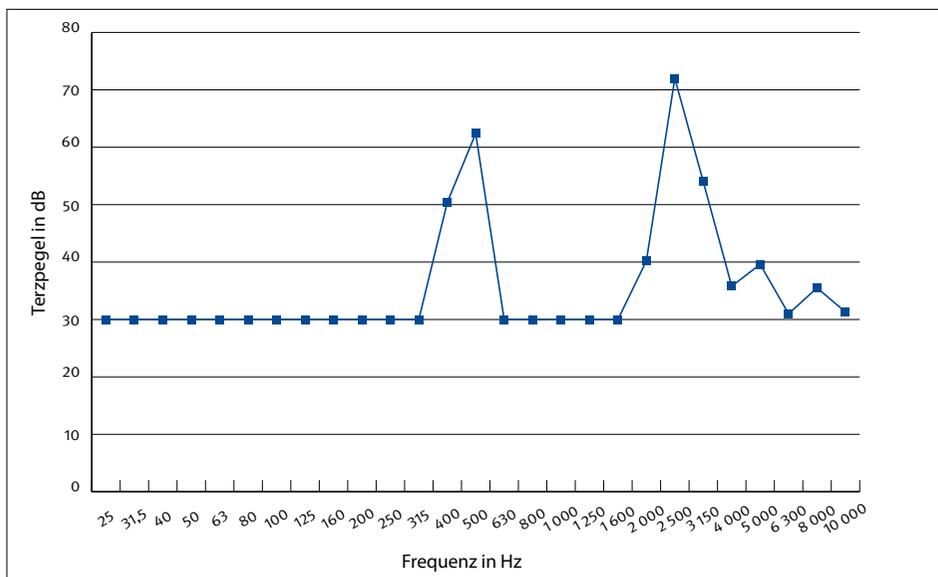


Tabelle A.1: siehe Seite 44 bis 45

Tabelle A.1:

Terzspektrien der verwendeten Signale und Geräusche für den Frequenzbereich von 100 Hz bis 10 kHz

Frequenz in Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
Sprachmeldung im Tfz (Alex, 1_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	44,7
Sprachmeldung im Tfz (Alex, 10_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	50,8	30,0	58,0	61,6
Funkgespräch (AKN, 090910_009)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	108,5	119,0	119,6	120,6	114,3
Funkgespräch (EH, 090922_010)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	88,6	109,4	119,5	125,1	123,7
Autohupe (Hamm, 8_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	69,8	70,9	71,6	30,0	74,7
Autohupe (Hamm, 8_2)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	72,0	30,0	80,9
PZB (Alex, 1_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	58,9	30,0	61,0	72,9
PZB (Alex, 12_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	46,1	30,0	30,0	58,5	57,9
PZB (Cham, 6_2)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	66,1	59,9
PZB (MEG2, 3_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	49,9	47,1	65,2	62,2
Sifa (Alex, 8_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	55,9	30,0	62,6
Sifa (Böhlen, 1_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	51,0	63,2	65,8	30,0
Sifa (MEG2, 5_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,6	34,3	54,9	51,2	46,4
Sifa (Tönning, 1_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	66,2	54,2	44,7
Trillerpfeife (Alex, 19_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	56,6	60,5	63,8	64,3	60,2
Typhon (Hamm, 12_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	83,9
Typhon (Zwiesel, 1_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	51,6	54,0	30,0	56,1	56,4
Warnsignal (Alex, 3_1)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	50,4	62,4	30,0	30,0

1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
43,4	49,7	60,9	61,2	58,8	50,1	41,3	42,3	37,2	41,7	37,5
65,8	70,8	74,5	69,6	66,8	65,9	59,0	61,4	58,1	61,8	58,5
113,0	112,4	117,3	123,1	126,9	118,7	105,6	89,7	85,2	81,5	76,9
118,1	114,0	114,0	117,0	111,0	114,5	112,3	106,7	90,0	82,8	77,4
68,3	82,1	78,6	30,0	74,1	71,8	67,4	69,0	64,4	60,1	60,3
74,2	84,7	81,9	70,6	79,0	70,8	60,4	66,9	65,4	30,0	30,0
50,7	41,8	56,1	43,0	44,4	35,0	34,7	36,3	34,0	33,9	35,9
58,4	53,5	59,7	59,0	53,7	49,8	49,6	55,4	54,5	47,0	47,0
71,3	59,1	62,5	67,3	55,9	49,3	56,3	48,3	42,4	38,6	37,1
56,0	52,5	55,0	57,7	53,0	53,9	49,7	47,6	33,3	29,6	25,8
30,0	43,6	46,8	35,9	41,1	37,4	34,2	37,3	29,2	36,0	32,1
68,7	71,9	67,2	62,4	64,2	69,5	62,0	54,0	51,6	42,8	43,5
55,6	51,8	53,5	50,6	57,8	56,3	50,7	44,4	36,1	32,4	29,4
65,9	30,0	50,1	67,9	65,3	57,0	55,9	47,2	37,1	32,4	33,4
56,3	56,1	51,6	47,3	71,3	72,6	48,8	48,9	51,2	41,5	41,3
86,2	65,9	88,0	91,5	82,5	77,4	80,1	75,7	75,6	71,5	68,6
50,3	50,8	47,9	50,8	47,8	42,4	43,5	37,5	31,0	25,0	17,3
30,0	30,0	30,0	40,2	72,0	54,0	35,8	39,6	31,0	35,5	31,3

Anhang B: Spektren der für die Berechnung verwendeten Störgeräusche

Die Spektren der Störgeräusche wurden direkt aus den Kurzzeitmessungen mit einem Handschallpegelmesser übernommen und decken die verschiedenen Triebfahrzeugtypen und Betriebszustände bzw. Tätigkeiten ab.

Auf die grafische Darstellung (Abbildung B.1 bis B.12) folgt in Tabelle B.1 eine Auflistung der Spektren. In den Abbildungen und in der Tabelle ist in Klammern jeweils die Bezeichnung des Datensatzes angegeben.

Abbildung B.1:
Streckenfahrt mit Last (MEG, 2_07)

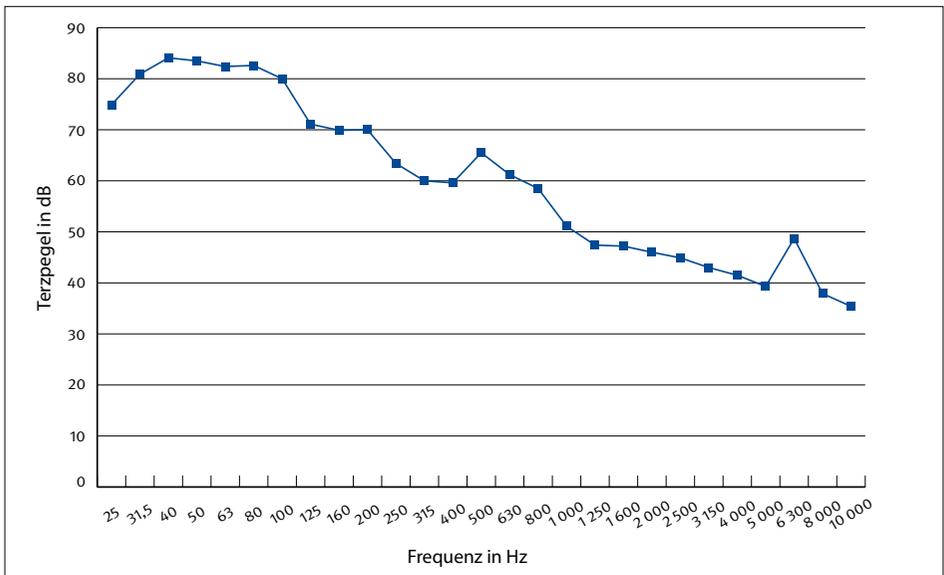


Abbildung B.2:
Fahrt mit Last an Steigung (RBB, 03)

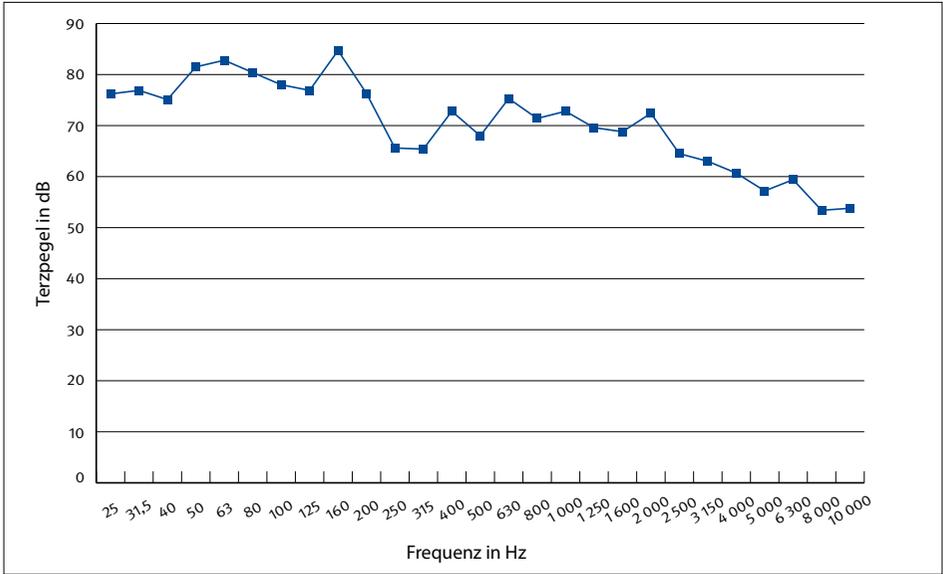


Abbildung B.3:
Mitfahrerstand rechts, Leerlauf mit Lüfter (RBB, 07)

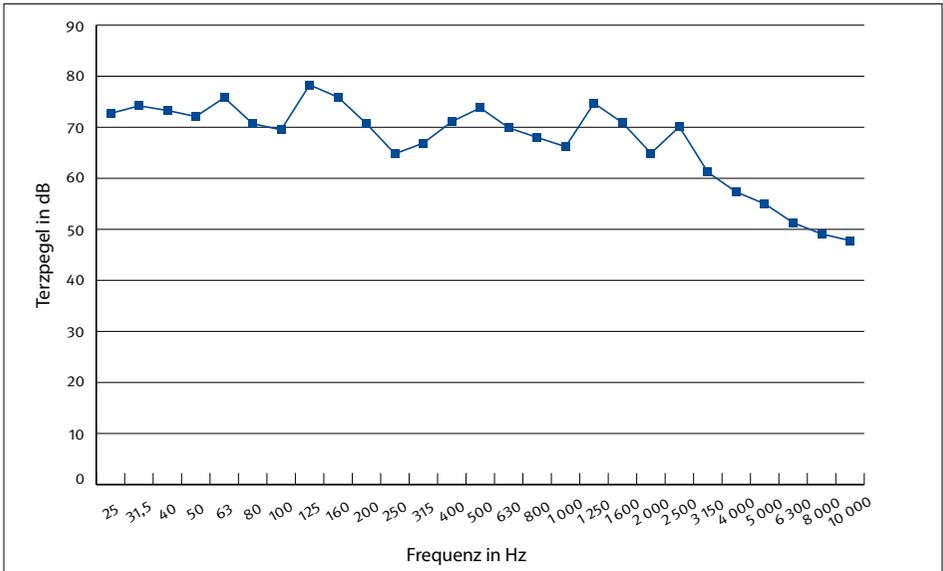


Abbildung B.4:
Mitfahrerstand rechts, Fahrt (RBB, 10)

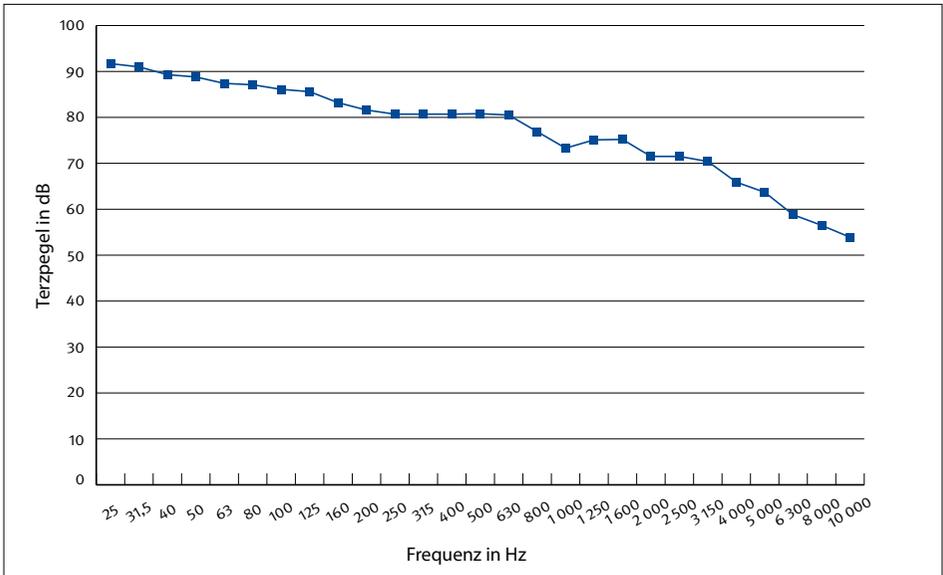


Abbildung B.5:
Mitfahrerstand links, Fahrt (RBB, 11)

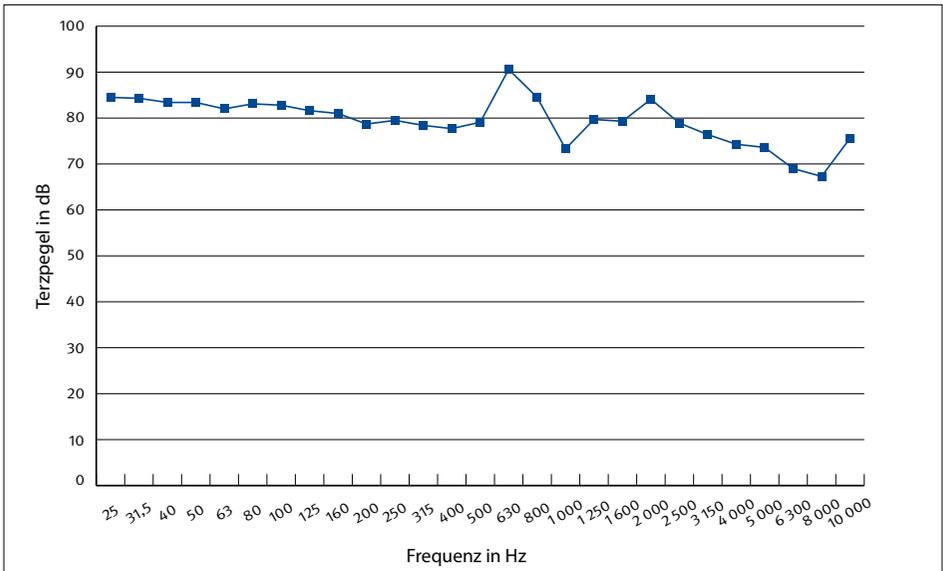


Abbildung B.6:
Fahrt im Führerstand, nur Tfz (Hamm, 12_1)

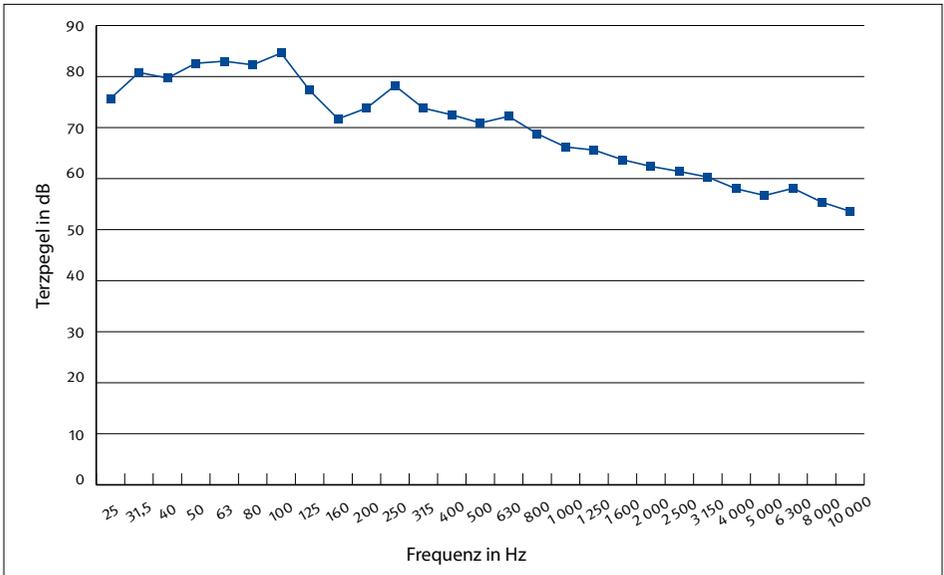


Abbildung B.7:
Fahrt im Führerstand, nur Tfz (VPS, 2)

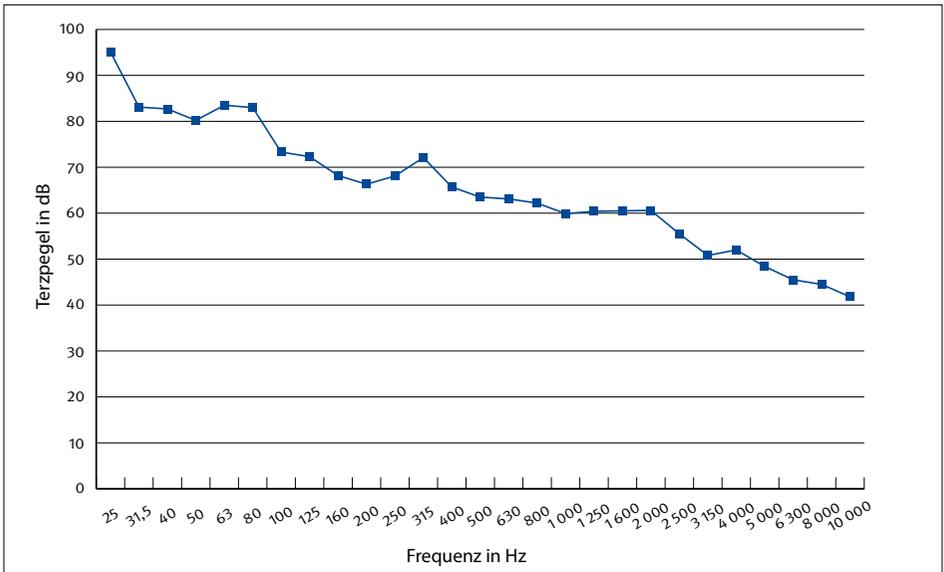


Abbildung B.8:
Fahrt im Führerstand, Class 66 (HGK, A2_1)

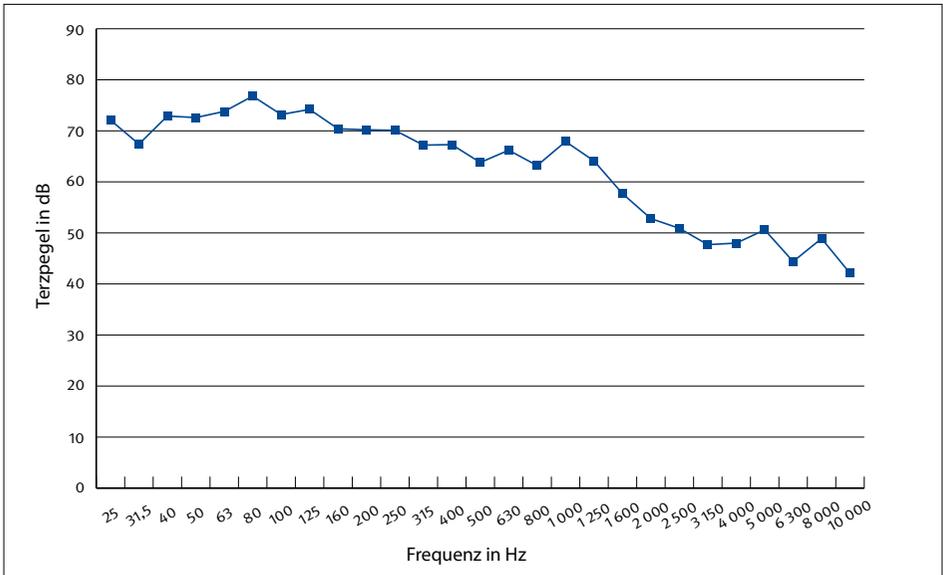


Abbildung B.9:
Mitfahrerstand vorne rechts, Fahrt (BASF, 1_7)

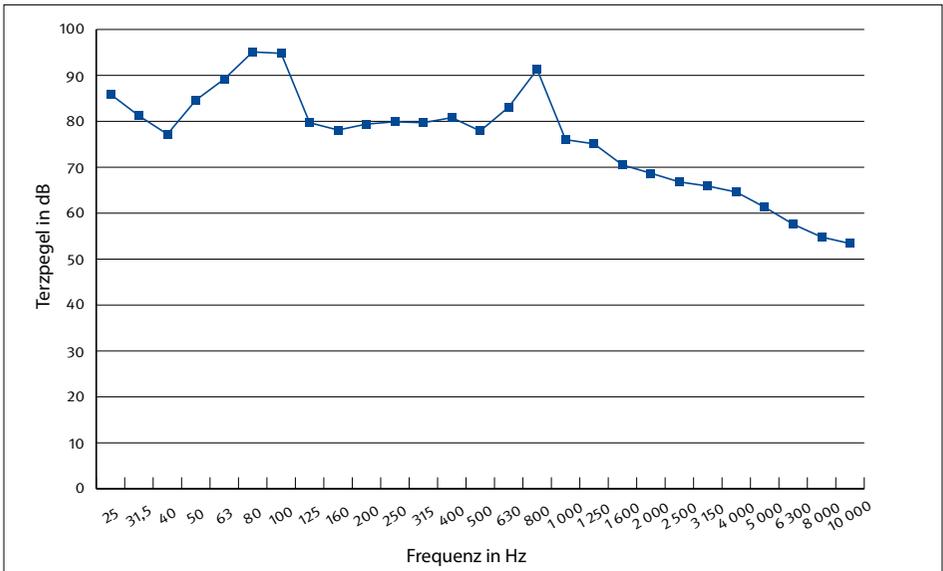


Abbildung B.10:
Mitfahrerstand vorne links, Fahrt (EH, 1_4)

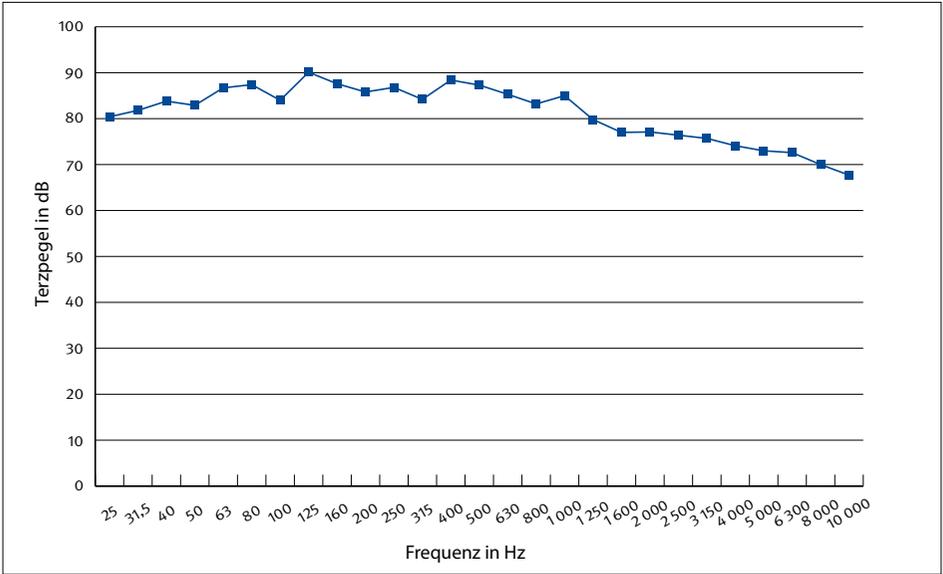


Abbildung B.11:
Fahrt auf Endbühne (MEG, 1_06))

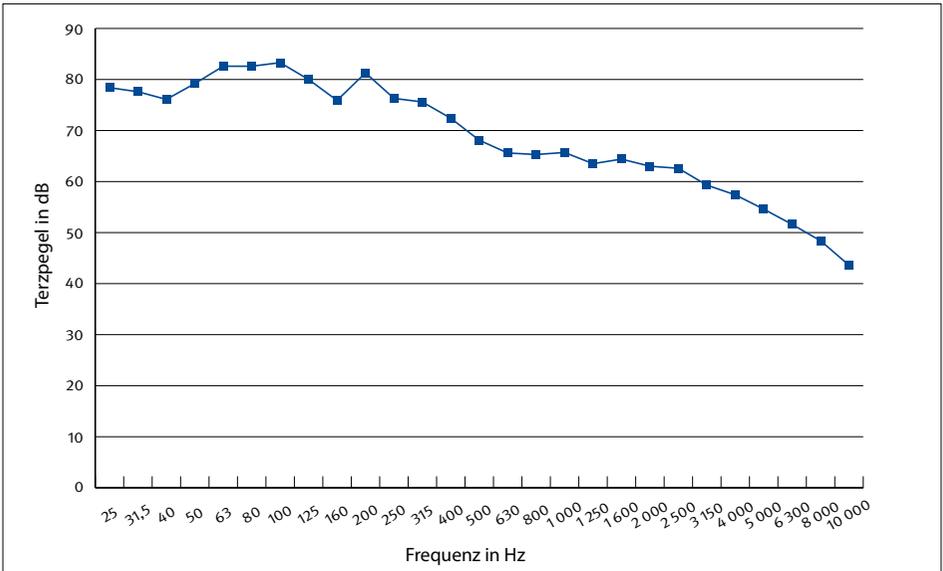


Abbildung B.12:
Streckenfahrt mit Wagen, Beschleunigung (MEG, 2_11)

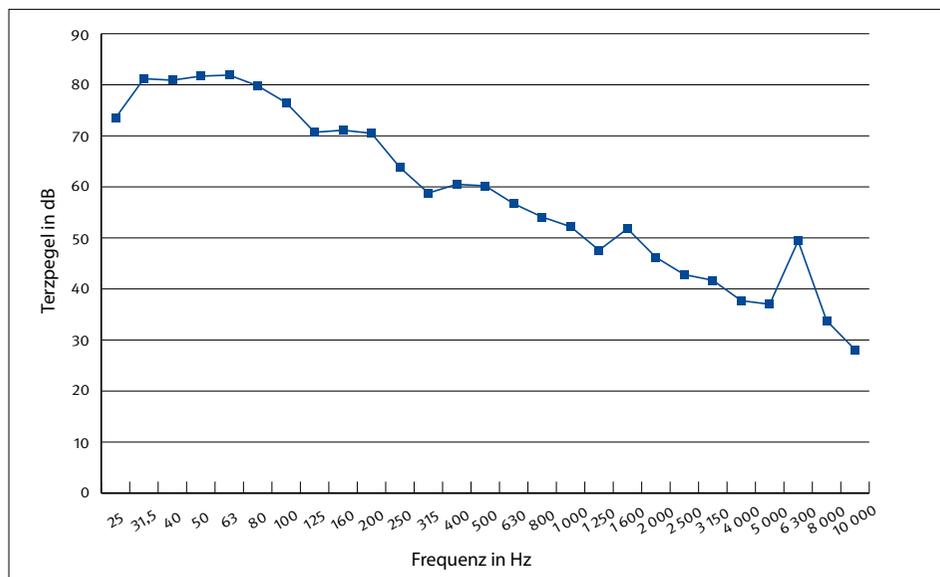


Tabelle B.1:
Terzspektrien der verwendeten Signale und Geräusche für den Frequenzbereich von 100 Hz bis 10 kHz

Frequenz in Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
Streckenfahrt mit Last (MEG, 2_07)	80,0	71,1	69,9	70,0	63,4	60,0	59,6	65,5	61,2	58,5
Fahrt mit Last an Steigung (RBB, 03)	78,0	76,9	84,7	76,3	65,6	65,4	72,8	68,0	75,3	71,4
Mitfahrerstand rechts, Leerlauf mit Lüfter (RBB, 07)	69,5	78,3	75,9	70,7	64,8	66,9	71,1	73,8	69,9	68,0
Mitfahrerstand rechts, Fahrt (RBB, 10)	86,1	85,6	83,2	81,6	80,7	80,7	80,7	80,8	80,5	76,9
Mitfahrerstand links, Fahrt (RBB, 11)	82,8	81,6	81,0	78,7	79,5	78,4	77,7	79,1	90,6	84,5
Fahrt im Führerstand, nur Tfz (Hamm, 12_1)	84,6	77,3	71,7	73,8	78,2	73,8	72,5	70,9	72,2	68,8
Fahrt im Führerstand, nur Tfz (VPS, 2)	73,3	72,3	68,2	66,3	68,1	72,1	65,7	63,5	63,1	62,2
Fahrt im Führerstand, Class 66 (HGK, A2_1)	73,2	74,2	70,4	70,2	70,1	67,2	67,3	63,8	66,2	63,2
Mitfahrerstand vorne rechts, Fahrt (BASf, 1_7)	94,8	79,7	78,1	79,4	79,9	79,7	80,8	77,9	83,1	91,3
Mitfahrerstand vorne links, Fahrt (EH, 1_4)	84,0	90,1	87,6	85,8	86,8	84,2	88,4	87,3	85,3	83,2
Fahrt auf Endbühne (MEG, 1_06)	83,3	80,0	75,9	81,3	76,3	75,6	72,4	68,1	65,6	65,3
Streckenfahrt mit Wagen, Beschleunigung (MEG, 2_11)	76,5	70,7	71,1	70,5	63,8	58,8	60,5	60,2	56,7	54,1

1 000	1250	1600	2000	2500	3150	4 000	5 000	6 300	8 000	10 000
51,1	47,4	47,2	46,0	44,9	43,0	41,5	39,3	48,7	37,9	35,4
72,8	69,6	68,8	72,4	64,5	63,0	60,7	57,2	59,4	53,4	53,8
66,2	74,7	70,9	64,9	70,1	61,2	57,3	55,0	51,3	49,1	47,8
73,3	75,1	75,2	71,5	71,5	70,4	65,9	63,7	58,8	56,5	53,9
73,3	79,7	79,3	84,1	78,9	76,4	74,3	73,6	69,0	67,3	75,6
66,2	65,6	63,7	62,4	61,4	60,3	58,0	56,7	58,1	55,4	53,6
59,9	60,4	60,5	60,6	55,5	50,8	52,0	48,4	45,5	44,5	41,8
67,9	64,1	57,7	52,8	50,9	47,7	48,0	50,6	44,4	48,9	42,1
76,0	75,1	70,5	68,7	66,8	65,9	64,6	61,3	57,6	54,8	53,4
85,0	79,8	77,0	77,1	76,4	75,7	74,1	73,0	72,6	70,0	67,7
65,7	63,5	64,4	63,0	62,6	59,3	57,4	54,6	51,6	48,4	43,6
52,2	47,6	51,8	46,2	42,8	41,7	37,7	37,0	49,4	33,8	28,1

Anhang C: Liste der für den Eisenbahnbetrieb geeigneten Gehörschützer nach der IFA-Positivliste (Stand: 6. Dezember 2010)

Anmerkungen:

Bei allen Produkten ist der Praxisabschlag K_s nach BGR/GUV-R 194 [10], der der verringerten Schalldämmung in der Praxis Rechnung trägt, berücksichtigt.

Einsatzbereich HM:

hoch-/mittelfrequenter Lärm ($L_c - L_A \leq 5$ dB),
HML-Check nach DIN EN 458

Im empfohlenen Einsatzbereich (HM- bzw. L-Bereich) liegt der Schalldruckpegel unter dem Gehörschutz bei 70 bis 80 dB(A). Soll nur auf Einhaltung des maximal zulässigen Expositionswertes von $L_{EX,8h} = 85$ dB(A) am Ohr des Benutzers geprüft werden, liegt die Einsatzgrenze um 5 dB höher als die hier genannten Einsatzbereiche.

Einsatzbereich L:

tieffrequenter Lärm ($L_c - L_A > 5$ dB),
HML-Check nach DIN EN 458

Inhaber der Baumusterprüfbescheinigung	Typbezeichnung	HM-Bereich	L-Bereich
Fertig geformte Gehörschutzstöpsel zum einmaligen Gebrauch			
PPZ Stanmark	Stopper ELA 201	86-96	85-95
Fertig geformte Gehörschutzstöpsel zum mehrfachen Gebrauch			
3M (vormals Aearo Ltd.)	Tracers	86-96	85-95
3M (vormals Cabot Safety Ltd.)	Ultrafit	87-97	85-95
Sperian Protection (vormals Dalloz Safety G)	Bilsom 555/556 S/L	90-100	89-99
Sperian Protection (vormals Howard Leight)	Airsoft	92-102	90-100
Elvex Corporation	Quattro	87-97	86-96
Artelli nv/sa	Artelli Plug Cord	90-100	89-99
3M Deutschland GmbH	1261/1271	87-97	85-95
PPZ Stanmark	Stopper ELA	86-96	85-95
Sperian Protection (vormals Howard Leight)	Fusion Detectable	90-100	89-99

Inhaber der Baumusterprüfbescheinigung	Typbezeichnung	HM-Bereich	L-Bereich
3M (vormals Aearo Ltd.)	Push-Ins	101-111	99-109
SwedSafe AB	RP1	89-99	87-97
Uvex Arbeitsschutz GmbH	Whisper+	89-99	87-97
Sperian Protection (vormals Howard Leight)	Smart Fit	92-102	88-98
Sperian Protection (vormals Howard Leight)	Smart Fit Detectable	92-102	88-98
Sperian Hearing Protection LLC	Howard Leight Fusion	90-100	89-99
EARpro GmbH	Sonic Defenders EP3	90-100	90-100
EARpro GmbH	Sonic Defenders Plus EP4	89-99	89-99
Vor Gebrauch zu formende Gehörschutzstöpsel zum einmaligen Gebrauch			
Sperian Protection (vormals Bilsom GmbH)	303 S/L und 304 S/L	90-100	90-100
Delta Plus Group	Conic01	90-100	90-100
Artelli nv/sa	Artelli Plug	90-100	90-100
Uvex Arbeitsschutz GmbH	X-FIT	95-105	95-105
3M (vormals Aearo Ltd.)	EARsoft FX	97-107	95-105
Uvex Arbeitsschutz GmbH	com4-fit	91-101	90-100
Beiersdorf AG	Hansaplast Lärmstop	90-100	90-100
3M United Kingdom	3M 1100/3 M 1110	95-105	92-102
Sperian Protection (vormals Howard Leight)	Max	96-106	95-105
Kroschke sign-international GmbH	Work SP 300	95-105	94-104
Sperian Hearing Protection LLC	Howard Leight Max Lite	93-103	92-102
MSA Sordin AB	FP1	95-105	95-105
MSA Sordin AB	FP2	91-101	90-100
Sperian Hearing Protection LLC	Howard Leight MultiMax	93-103	93-103
Sperian Hearing Protection LLC	Howard Leight Laser Trak	93-103	92-102
Sperian Hearing Protection LLC	Howard Leight Laser Lite	93-103	92-102
Fornig-Chwen Enterprise	EF-88	90-100	89-99
Fornig-Chwen Enterprise	EF-87	93-103	91-101
Vor Gebrauch zu formende Gehörschutzstöpsel zum mehrfachen Gebrauch			
Moldex-Metric AG	Ohropax Soft	90-100	89-99
3M (vormals Aearo Ltd.)	Classic Soft	94-104	93-103
3M (vormals Aearo Ltd.)	Classic Soft corded	94-104	93-103
Otoplastiken			
Greeneveld Dordrecht	ER 15/ER 15 Concha	81-91	81-91

Inhaber der Baumusterprüfbescheinigung	Typbezeichnung	HM-Bereich	L-Bereich
Groeneveld Elcea B.V.	Elacin Biopact (ML01)	93-103	92-102
Fields B.V.	Earguard (Einstellung: 34)	96-106	94-104
Tympanitec	Tympro Sound Safe (25)	96-106	94-104
Ergotec B.V.	Varifoon (120)	96-106	94-104
Jrenum Gehörschutz	Jrenum SK-LD 24	97-107	95-105
Jrenum Gehörschutz	Jrenum SK-LD 26	98-108	96-106
Groeneveld Elcea B.V.	Elacin Concha L01	96-106	95-105
Groeneveld Elcea B.V.	SafeSound RC18	85-95	85-95
Groeneveld Elcea B.V.	SafeSound RC19	86-96	87-97
Groeneveld Elcea B.V.	SafeSound MM 02	89-99	88-98
Bachmaier	bachmaiER25	89-99	88-98
Bachmaier	bachmaiER15	80-90	81-91
API-PRO-SANTE	SILENCE	94-104	92-102
Egger Otoplastik	ePRO-X 5M	95-105	93-103
3M Deutschland GmbH	sonus Premium Füllblock	93-103	92-102
Kombinationen von zu formenden Gehörschutzstöpseln und Kapselgehörschützer			
Hellberg Safety AB	Mark 12 und EAR classic	100-110	97-107
Sperian Hearing Protection LLC	L3s und 303L	102-112	102-112
Sperian Hearing Protection LLC	T3s und Max	101-111	102-112
Sperian Hearing Protection LLC	T3s und 303L	101-111	102-112
Sperian Hearing Protection LLC	L3s und Max	102-112	102-112
3M Deutschland GmbH	H520A/Optime II und 1100	102-112	98-108
3M Deutschland GmbH	H540A Optime III und Classic II	99-109	97-107
3M Deutschland GmbH	H540A Optime III und 1100	101-111	100-110

Anhang D: Ablauf der Hörprobe

Tabelle D.1 (siehe Seite 62 bis 63) enthält die Festlegungen für die Hörprobe für Lrf und EFF (im Streckenverkehr).

Für die Hörproben mit Typhonsignal oder Hupe eines Kraftfahrzeugs ist zuerst die Hörweite zu ermitteln. Das ist der Abstand

zwischen Signalgeber und Lrf bzw. EFF, in dem ein Signal unter gegebenen Umgebungsbedingungen gerade noch wahrgenommen werden kann. Die eigentliche Hörprobe ist dann bei der Hörprobenentfernung (Hörweite minus 10 %) durchzuführen.

Tabelle D.1:
Festlegungen für die Hörprobe für Lrf und EFF (im Streckenverkehr)

Hörprobe für Lrf				
Standort des Lrf	Signal	Randbedingungen	Wiederholung	Empfehlung für die Startentfernung zwischen Signalgeber und Lrf
Außen auf dem Mitfahrerstand des Tfz	Typhonsignal mit einer Dauer von mindestens 1 s durch ein zweites Tfz	Die Randbedingungen bei der Hörprobe mit und ohne Gehörschutz müssen gleich sein, insbesondere:	Nach drei Jahren oder wenn sich die Betriebsverhältnisse wesentlich geändert haben	Bei Typhonsignal durch ein zweites Tfz: 150 m Bei Hupe eines Kraftfahrzeugs: 75 m
	Hupe eines Kraftfahrzeugs	Der Dieselmotor läuft mit einer definierten Drehzahl (ca. zwei Drittel der Nenn-drehzahl). Der Lüfter muss in beiden Fällen entweder laufen oder nicht laufen. Umgebungs-zu-stand ist in beiden Fällen gleich (z. B. auf dem daneben liegenden Gleis abgestellte Fahrzeuge, Benutzen desselben Mit-fahrerstands).		
Im Führerstand	Funkgespräch über Zug- und Rangierfahrt	Dieselmotor läuft mit Leerlaufdrehzahl	Täglich bei Schichtbeginn	---

Hörprobe für EFF (im Streckenverkehr)				
Standort des EFF	Signal	Randbedingungen	Wiederholung	Empfehlung für die Startentfernung zwischen Signalgeber und EFF
Im Führerstand	<p>Typhonsignal durch ein zweites Tfz</p> <p>oder ersatzweise</p> <p>Hupe eines Kraftfahrzeugs</p>	<p>Die Randbedingungen der Hörprobe mit und ohne Gehörschutz müssen gleich sein, insbesondere:</p> <p>Der Dieselmotor läuft mit einer definierten Drehzahl (ca. zwei Drittel der Nenn-drehzahl).</p> <p>Türen und Fenster sind geschlossen.</p> <p>Umgebungs-zu-stand ist in beiden Fällen gleich (z. B. auf dem daneben liegenden Gleis abgestellte Fahrzeuge).</p>	<p>Nach drei Jahren</p> <p>oder</p> <p>wenn sich die Betriebsverhältnisse wesentlich geändert haben</p>	<p>Bei Typhonsignal durch ein zweites Tfz: 100 m</p> <p>Bei Hupe eines Kraftfahrzeugs: 50 m</p>
Im Führerstand	Funkgespräch über Zug- oder Rangierfunk	Dieselmotor läuft mit Leerlaufdrehzahl.	Täglich bei Schichtbeginn	---

