

Erfahrungen und Richtlinien für Warnsignale am Arbeitsplatz

Sandra Dantscher, Sankt Augustin

An Arbeitsplätzen können vielfältige Signale auftreten. Die Spanne reicht von Evakuierungsnotsignalen über Warnsignale von Fahrzeugen und Transporteinrichtungen bis zu Signaltönen von Maschinen. Teilweise gibt es Vorschriften für die Gestaltung und/oder die Wahrnehmbarkeit in Normen oder in Schriften der Unfallversicherungsträger. Insbesondere an Arbeitsplätzen mit Störgeräuschen oder wo Gehörschutz getragen werden muss, ist die Wahrnehmbarkeit von Warnsignalen besonders zu berücksichtigen. Zu diesem Thema hat auch das Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) verschiedene Beiträge geleistet.

Im Rahmen des DEGA-Symposiums „Elektromobilität“ ist das Thema, wie akustische Signale von Elektrofahrzeugen gestaltet werden sollen, von großer Bedeutung. Die Erfahrungen der Unfallversicherungsträger können hier eventuell Hilfestellungen geben.

Normen mit Bezug zu (Warn-)Signalen am Arbeitsplatz

Eine grundlegende Norm zur Gestaltung akustischer Gefahrensignale ist die internationale Norm DIN EN ISO 7731 „Ergonomie – Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten – Akustische Gefahrensignale“ [1]. Sie macht unter ergonomischen Gesichtspunkten Vorgaben für Signale in öffentlichen Bereichen und in Arbeitsstätten.

Generell sind drei Arten von (akustischen) Gefahrensignalen zu unterscheiden (s. **Tabelle**): Notsignale, Notsignale zur Räumung und Warnsignale. Das Notsignal zur Räumung, das zum sofortigen Verlassen des Gefahrenbereichs auffordert, ist in der Norm ISO 8201 „Akustik – Akustisches Notsignal für Räumung“ [2] definiert. Es darf nicht mit anderen Signalen verwechselt werden und muss Vorgaben für Schallpegel, Frequenz, Zeitverlauf der Amplitude und der Frequenz sowie Dauer erfüllen. Dieselben Anforderungen finden sich auch im Teil 3 der deutschen Norm DIN 33404 „Gefahren-

signale für Arbeitsstätten“ von 1982. Der nicht mehr gültige Teil 1 der DIN 33404 ist in die DIN EN ISO 7731 übernommen worden.

Die DIN EN ISO 7731 gibt Hinweise zur Gestaltung von Signalen, die u. a. folgende Aspekte betreffen:

- Das Signal soll sich von anderen akustischen Informationen unterscheiden und insbesondere eindeutig sein.
- Der Signalpegel soll auch bei sehr lauten Störgeräuschen 118 dB(A) nicht überschreiten. Als Mindestwert wird 65 dB(A) angegeben; je nach Situation können aber auch niedrigere Werte ausreichend sein.
- Es soll die effektive Mithörschwelle im Störgeräusch betrachtet werden. Dies ist die Intensität des neben dem vorhandenen Störschall gerade noch hörbaren akustischen Gefahrensignals unter Berücksichtigung der akustischen Parameter sowohl des im Signalempfangsbereich vorhandenen Störschalls als auch der eingeschränkten Hörfähigkeit Betroffener (Gehörschutz, Hörverlust und sonstige verdeckende Wirkungen). Für die effektive Mithörschwelle wird eine Näherung für psychoakustische Verdeckungseffekte berücksichtigt, da tieffrequente Geräuschanteile höhere Frequenzen verdecken können. Somit muss in einer spektralen Darstellung das Signal immer auf die Mithörschwelle für die Situation mit Störgeräusch bezogen werden.
- Die notwendige Pegeldifferenz zum Störgeräusch hängt davon ab, ob der Summenpegel von Signal und Störgeräusch oder die Frequenzspektren betrachtet werden. Wird der Summenpegel gemessen, muss die Differenz zwischen den beiden A-bewerteten Pegeln mindestens 15 dB betragen. Bei Verwendung von Oktavpegeln muss der Schalldruckpegel des Signals in einem oder mehreren Oktavbändern die effektive Mithörschwelle in dem betreffenden Oktavband um mindestens 10 dB überschreiten. Für Terzpegel muss die entsprechende Differenz mindestens 13 dB betragen.
- Die Konstanz des Signals soll auch für ortsbewegliche Signalquellen gegeben

sein.

- Das Signal sollte zwei Hauptkomponenten zwischen 500 und 1 500 Hz enthalten.
- Personen mit Höreinschränkung (z. B. Hörschäden oder Gehörschutz) sind zu berücksichtigen.
- Im Allgemeinen sind pulsierende Signale zu bevorzugen, wobei die Pulsfrequenzen im Bereich von 0,5 bis 4 Hz liegen müssen. Dabei ist die Nachhallzeit zu beachten.
- Eine sich verändernde Grundfrequenz verbessert i. Allg. die Wahrnehmbarkeit.

Die Berücksichtigung der tatsächlichen Mithörschwelle ist auch für den Arbeitsschutz von Bedeutung, da meist ein Störgeräusch (Arbeitslärm) am Arbeitsplatz vorliegt. Durch das Tragen von Gehörschutz verändert sich die Mithörschwelle; je nach Frequenzcharakteristik der Dämmwirkung des Gehörschutzes kann sich die Mithörschwelle deutlich zu höheren Pegeln verschieben. Dies wird in den Auswahlverfahren für geeigneten Gehörschutz durch die Unfallversicherungsträger ebenfalls berücksichtigt.

Des Weiteren enthält die Norm DIN EN ISO 7731 einen Verweis auf die ISO 11429 „Ergonomie – System akustischer und optischer Gefahrensignale und Informationssignale“ [3], die sich mit Gestaltungskriterien für optische und akustische Signale beschäftigt.

Beispiele aus der betrieblichen Praxis

Die Fragestellung, ob Fahrzeuge Warnsignale abgeben müssen und wenn ja, welche und wie laut, findet sich auch an Arbeitsplätzen im innerbetrieblichen Verkehr, der von Arbeitsschutzvorschriften geregelt ist.

So legt die Unfallverhütungsvorschrift (UVV) BGI D27 Anforderungen für Flurförderzeuge (z. B. Gabelstapler) fest (**Bild 1**). Paragraph 12 (1) zum Thema „Fahren“ lautet: „Flurförderzeuge dürfen nur verfahren werden, wenn der Fahrer ausreichende Sicht auf die Fahrbahn hat oder eingewiesen wird.“ Eine Forderung nach akustischen Warn- einrichtungen für andere Verkehrsteilneh-

mer findet sich nicht. Die entsprechende Durchführungsanweisung konkretisiert diesen Punkt wie folgt: „Bei nicht ausreichender Sicht sind Hilfsmittel nach Maßgabe des Herstellers, z. B. Spiegel, Kamera und Monitor, akustische und visuelle Warnhinweise, [...], zulässig.“ Dies bedeutet, dass akustische Warnsignale nur dann in Erwägung gezogen werden müssen, wenn die Sicht des Fahrers, z. B. durch die transportierten Lasten, eingeschränkt ist.

Anforderungen bezüglich Bau und Ausrüstung und den Betrieb von Fahrzeugen im betrieblichen Einsatz regelt die Unfallverhütungsvorschrift BGV D29. Paragraph 13 fordert für maschinell angetriebene Fahrzeuge Einrichtungen für deutlich wahrnehmbare Schallzeichen. Damit sind laut Durchführungsanweisung z. B. Hupen und Hörner gemeint, die vom Fahrer im Gefahrfall zu betätigen sind. Paragraph 46 geht auf die unfallträchtige Situation „Rangieren und Einweisen“ ein: „Der Fahrzeugführer darf nur rückwärts fahren oder zurücksetzen, wenn sichergestellt ist, dass Versicherte nicht gefährdet werden; kann dies nicht sichergestellt werden, hat er sich durch einen Einweiser einweisen zu lassen.“ Die dazu gehörige Durchführungsanweisung gibt Möglichkeiten vor, wie ohne Einweiser rangiert werden kann, z. B. durch Abschränkung des Gefahrenbereichs, durch Verkehrsspiegel, Rückfahr-Videosysteme oder Rangierwarneinrichtungen (Warnung des Fahrzeugführers vor Hindernissen). Eine zusätzliche durchgängig aktive akustische Warnung anderer Verkehrsteilnehmer wird dort nicht gefordert.

Das letzte Beispiel betrifft Rettungsfahrzeuge mit Sondersignal/Martinshorn im Einsatz. In diesem Fall kommt es im Inneren des Fahrzeugs zu einer Belastung der Fahrzeuginsassen durch das fahrzeug-eigene Signal. Die Pegel (L_{Aeq}) können je nach Randbedingungen zwischen 80 und 100 dB(A) liegen¹⁾. Insbesondere geöffnete Fenster und Bebauung an den Straßenrändern führen zu hohen Pegeln im Innenraum. Auch wenn bei Elektrofahrzeugen mit eigenen Warnsignalen natürlich solche Lärmbelastungen nicht auftreten werden, ist doch generell die Rückwirkung der Signale auf die Insassen nicht zu vernachlässigen.

Warnsignalhören mit Gehörschutz – Auswahlverfahren

Gehörschutz beeinflusst die akustische Wahrnehmung. Wie stark dieser Einfluss ist, hängt vom Frequenzverlauf der Schalldämmwerte ab. Aus der Baumusterprüfung von Gehörschutz liegen die Dämmwerte

Unterschiedliche Arten von Gefahrensignalen (aus [1]).

Art des Gefahrensignals	Erforderliche Reaktion
Akustisches Notsignal zur Räumung	Sofortiges Verlassen des Gefahrenbereichs
Akustisches Notsignal	Dringliche Rettungs- oder Schutzmaßnahmen
Akustisches Warnsignal	Vorbeugende oder vorbereitende Handlungen

zwischen 125 Hz und 8 kHz vor (meist wird auch noch bei 63 Hz gemessen). Für praktisch alle Produkte nimmt die Dämmwirkung zu hohen Frequenzen hin zu, speziell bei Kapselgehörschützern ist dieser Effekt stark ausgeprägt. Somit fehlen dem Träger des Gehörschutzes diese Frequenzanteile verstärkt und er nimmt Geräusche eher dumpf wahr.

Am IFA wurde in Zusammenarbeit mit dem Sachgebiet Gehörschutz des Fachbereichs Persönliche Schutzausrüstungen der DGUV ein Kriterium für Gehörschützer entwickelt, die eine gute Wahrnehmbarkeit für „Warnsignalhören allgemein“, „informationshaltige Geräusche“ und „Sprachverständlichkeit“ gewährleisten. Dafür wird die Steigung der Regressionsgeraden der Dämmwerte zwischen 125 Hz und 4 kHz betrachtet. Produkte, für die diese Steigung maximal 3,6 dB/Oktave beträgt, sind geeignet und werden in der sog. IFA-Positivliste (alle dem IFA gemeldeten Gehörschützer mit EG-Baumusterprüfbescheinigung [4; 5]) mit dem Buchstaben „W“ gekennzeichnet. Dieses allgemeine Kriterium berücksichtigt allerdings nicht die am Arbeitsplatz tatsächlich vorliegenden Signale und Arbeitsgeräusche.

Für spezielle Arbeitsbereiche gibt es von staatlichen Behörden Vorschriften, die das Tragen von Gehörschutz nicht zulassen, da eine mögliche Verschlechterung der Wahrnehmbarkeit durch den Gehörschutz nicht toleriert werden kann. Dazu zählen Arbeitsplätze im Gleisoberbau, von Fahrzeugführern im öffentlichen Straßenverkehr und von Triebfahrzeugführern im Eisenbahnbetrieb. Aufgrund der hohen Lärmpegel ist aber dort das Tragen von Gehörschutz aus Arbeitsschutzsicht unbedingt notwendig (siehe Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [6]).

Abhilfe schafft ein Berechnungsverfahren, das von Lazarus et al. [7] entwickelt wurde und vom IFA in Abstimmung mit den zuständigen Aufsichtsbehörden und Unfallversicherungsträgern angewendet wird. Grundlage der Berechnung ist der psychoakustische Effekt der spektralen Verdeckung nach Zwicker (DIN 45631 [8]). Dies bedeutet, dass tieffrequente Komponenten eines Geräuschs solche bei benachbarten höheren Frequenzen verdecken können und damit unhörbar machen (**Bild 2**). Derselbe Effekt tritt auf, wenn ein Signal im Störgeräusch ertönt, sodass bei einer bestimmten Frequenz eine



Bild 1 Flurförderzeuge dürfen nach BGV D27 nur verfahren werden, wenn der Fahrer ausreichende Sicht auf die Fahrbahn hat oder eingewiesen wird, sonst sind geeignete Hilfsmittel einzusetzen. Dafür kommen auch akustische Warnhinweise in Frage.

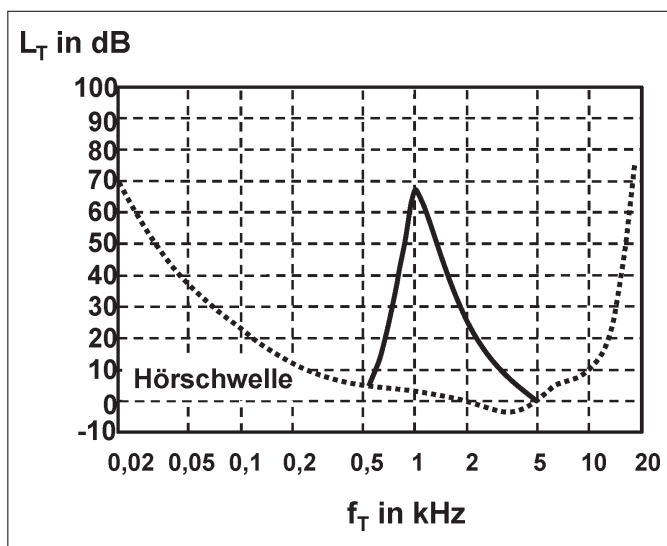


Bild 2 Mithörschwelle verdeckt durch frequenzgruppenbreites Schmalbandrauschen der Mittenfrequenz 1 kHz mit einem Pegel von 70 dB (in Anlehnung an [9])

Beispiel zur Vereinheitlichung von Warnsignalen

Wie schon erwähnt, sollen Warnsignale eindeutig sein. Wenn mehrere Signale dieselbe Information transportieren sollen, erfordert dies von den angesprochenen Personen eine erhöhte Aufmerksamkeit und kann dadurch auch die Sicherheit verringern. Ein Beispiel hierfür ist der Gleisoberbau. An Gleisbaustellen werden Warnsignalgeber eingesetzt, um die Beschäftigten vor Zugfahrten in benachbarten Betriebsgleisen zu warnen. Dabei handelt es sich meist um elektroakustische Signalgeber, die neben dem Arbeitsgleis oder auf Gleisbaumaschinen positioniert sind und vom herannahenden Zug automatisch ausgelöst werden (sog. Automatische Warnsysteme). In Deutschland und anderen europäischen Staaten sind Warnsignalgeber von zwei Herstellern im Einsatz. Da die Geräte unterschiedliche Signale (Minimel und Autoprowa) abgeben, müssen sich die Beschäftigten je nach Ausstattung der Baustelle neu auf das Signal vor Ort einstellen.

Ein einheitliches Warnsignal würde die Einweisung an der Baustelle erleichtern. Zudem müssten die auf den Gleisbaumaschinen angebrachten Signalgeber nicht immer wieder auf das Warnsignal umgestellt werden, das von den jeweils vorhandenen Warnsignalgebern am Arbeitsgleis abgestrahlt wird.

Bei einem Projekt des IFA in Zusammenarbeit mit den zuständigen Unfallversicherungsträgern (Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft und Eisenbahn-Unfallkasse) und der Deutsche Bahn AG wurde mithilfe von Hörversuchen mit Probanden untersucht, ob eines der beiden Signale im Störlärm besser wahrnehmbar ist [13]. Bei einem überschwelligen Paarvergleich ergab sich eine deutliche Präferenz für das Minimel-Signal. Dieses Ergebnis bestätigten auch die Hörversuche mit Gehörschutz. Das Signal kann somit im direkten Vergleich mit dem Autoprowa-Signal als das besser geeignete Warnsignal im Gleisoberbau angesehen werden. Die Geräte beider Hersteller sind in der Lage, dieses Signal abzuspielen. Die beiden Unfallversicherungsträger haben der Deutsche Bahn AG daher empfohlen, das Minimel-Signal der Fa. Schweizer unter dem Namen bisound Signal als einheitliches Warnsignal für Gleisbaustellen vorzuschreiben.

Komponente des Störgeräusches nicht nur die Signalkomponente bei dieser Frequenz verdeckt, sondern auch die bei höheren Frequenzen.

Die Norm DIN 45631 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 Fragestellung, wie ein bestimmter Gehörschutz die Signalwahrnehmung im Störgeräusch beeinflusst, geht aber über die DIN 45631 hinaus. Dort ist festgelegt, wie die Lautheit für ein gegebenes Spektrum berechnet wird. Als nächster Schritt wird die Lautheit eines Signals im Störgeräuschspektrum benötigt. Diese Größe muss für die beiden Situationen ohne und mit Gehörschutz berechnet werden. Dabei wird nur festgestellt, ob sich die Signalwahrnehmbarkeit durch den Gehörschutz verändert hat. Voraussetzung ist, dass das Signal im Störgeräusch ohne Gehörschutz hörbar ist.

Für die drei genannten Arbeitsbereiche wurden vor Ort die jeweils vorhandenen Signale und Arbeitsgeräusche ermittelt und spektral aufgezeichnet. Die Berechnung der Wahrnehmbarkeit erfolgt für alle Kombinationen aus Signal und Störgeräusch. Außerdem wurden zusammen mit den Aufsichtsbehörden Kriterien dafür erarbeitet, welche Verschlechterung für die Wahrnehmbarkeit noch zulässig ist.

Qualitativ stellt sich die Situation folgendermaßen dar: Die Störgeräusche an den Arbeitsplätzen sind meist tieffrequent, z. B.

Geräusche der Antriebsaggregate oder Gleisbaumaschinen, sodass durch sie höhere Frequenzen verdeckt werden können. Durch das Tragen eines Gehörschutzes kann die Situation noch verschlechtert werden, wenn der verwendete Gehörschutz für tiefe Frequenzen eine deutlich geringere Dämmung aufweist als für hohe. Dadurch können stärker gedämmte Signale bei hohen Frequenzen durch die weniger gedämmten Beiträge des Störgeräusches bei tiefen Frequenzen leichter verdeckt werden. Falls ein Gehörschutz alle Frequenzen etwa gleich stark dämmt, sollte die Signalhörbarkeit annähernd so gut sein wie für den Fall ohne Gehörschutz.

Die Gehörschützer, die die Anforderungen für die einzelnen Arbeitsbereiche erfüllt haben, sind in der IFA-Positivliste [4] entsprechend gekennzeichnet. Allerdings kann die Berechnung durch das IFA nur eine Vorauswahl sein, da individuell immer leicht unterschiedliche Dämmwerte vorliegen, Arbeits- und Signalgeräusche von denen der Berechnungen abweichen können sowie die Hörfähigkeit nicht nur interindividuell sondern auch temporär (z. B. durch Erkältung) variieren kann. Deswegen ist in den Schriften der Unfallversicherungsträger für jeden Versicherten eine Hörprobe am Arbeitsplatz vorgeschrieben.

Auf den Internetseiten des IFA finden sich weiterführende Informationen zu diesem Thema: Reports zu den Gehörschutz-Auswahlverfahren für Fahrzeugführer im öffentlichen Straßenverkehr [10] und Triebfahrzeugführer im Eisenbahnbetrieb [11], eine Sammlung von Artikeln zu den einzelnen Auswahlverfahren [12] sowie ein Auswahlprogramm für Gehörschützer zum Herunterladen [13].

¹⁾ Quelle: MELA-Datenbank des IFA

Fazit

Das Thema „Signalhören“ tritt im Arbeitsschutz an verschiedenen Stellen in Erscheinung. Je nach Gebiet gibt es nur allgemeine Hinweise zum möglichen Einsatz akustischer Signale oder auch konkrete Vorgaben wie z. B. in der DIN EN ISO 7731. In dieser Norm werden die Spektren von Signal und Hintergrundgeräusch sowie eine Näherung für die Mithörschwelle berücksichtigt, sodass eine Aussage über die

Eignung eines Signals möglich ist. Für Bereiche mit hohem Risiko sollte aber eine Lautheitsberechnung, z. B. nach *Zwicker*, verwendet werden, die genauere Ergebnisse liefert.

Insbesondere beim Einsatz von Gehörschutz muss die ausreichende Signalhörbarkeit beachtet werden. Dazu hat das IFA verschiedene Auswahlverfahren erarbeitet oder daran mitgewirkt, die die Lautheit als psychoakustische Größe mitberücksichti-

gen. Damit lässt sich rechnerisch eine Vorauswahl treffen, ob ein bestimmter Gehörschutz für einen speziellen Arbeitsbereich geeignet sein kann.

Sandra Dantscher, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin.

Literatur

[1] DIN EN ISO 7731: Ergonomie – Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten – Akustische Gefahrensignale. Berlin: Beuth 2008.
 [2] ISO 8201: Akustik – Akustisches Notsignal für Räumung. Genf: International Organization for Standardization 1987.
 [3] ISO 11429: Ergonomie – System akustischer und optischer Gefahrensignale und Informationssignale. Genf: International Organization for Standardization 1996
 [4] *Paulsen, R.*: Gehörschützer – Positivliste. In: IFA-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. Kennzahl 420 210/1. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Sankt Augustin 2011. Berlin: Erich Schmidt 2003.
 [5] BGR/GUV-R 194: Benutzung von Gehörschutz. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Sankt Augustin, Berlin 2011. www.dguv.de/publikationen

[6] 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.
 [7] *Lazarus, H.; Wittmann, H.; Weißenberger, W.; Meißner, H.*: Die Wahrnehmbarkeit von Rottenwarntypen beim Tragen von Gehörschutz. Forschungsbericht Nr. 340. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung. Dortmund 1983.
 [8] DIN 45631: Berechnung des Lautstärkepegels und der Lautheit aus dem Geräuschspektrum; Verfahren nach E. *Zwicker*. Berlin: Beuth 1991.
 [9] *Zwicker, E.*: Psychoakustik. Berlin: Springer 1982.
 [10] *Pfeiffer, B. H.; Hoormann, H.-J.; Liedtke, M.*: Lärm Arbeitsplätze in und

auf Fahrzeugen im öffentlichen Straßenverkehr. BIA-Report 5/97. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA. Sankt Augustin 1997.
 [11] *Dantscher, S.*: Gehörschutz für Eisenbahnfahrzeugführer und Lokrangierführer. IFA-Report 8/2011. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Berlin 2011. www.dguv.de, Webcode d123917
 [12] Diverse Publikationen des IFA zur Signalhörbarkeit. www.dguv.de, Webcode d117401 (deutsche Artikel) und e120458 (englische Artikel).
 [13] IFA-Auswahlprogramm für Gehörschützer. www.dguv.de, Webcode d4785
 [14] *Dantscher, S.; Sauer, U.*: Vergleich von Warnsignalen durch subjektive Messungen. EI-Eisenbahningenieur (2011), S. 33–38.