



Geräuschminderung im Betrieb – Lärmminderungsprogramm

LÄRMSCHUTZ- ARBEITSBLATT

LSA 01-305
AUSGABE Oktober 2008

Bestell-Nr.: BGI 675

1 Einleitung

Mit der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 06. März 2007 [1], die zwei europäische Arbeitsschutzrichtlinien [2, 3] in nationales Recht umsetzt, wird der Unternehmer verpflichtet, ein Lärmminderungsprogramm aufzustellen und durchzuführen (§ 7 (5)), wenn die Lärmbelastung den Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ von 85 dB(A) bzw. den Spitzenschalldruckpegel von L_{pCpeak} von 137 dB überschreitet. Die Verpflichtung zur Aufstellung eines Lärmminderungsprogrammes bestand auch schon nach der inzwischen zurückgezogenen Unfallverhütungsvorschrift (UVV) „Lärm“ vom Januar 1990 [4], allerdings erst ab einem Beurteilungspegel von 90 dB(A) bzw. einem Spitzenschalldruckpegel von 140 dB.

Durch das Lärmminderungsprogramm soll die Lärmexposition an bestehenden Arbeitsplätzen reduziert werden, die Arbeitsbedingungen dem Stand der Lärminderungstechnik angepasst und Lärmgefährdungen der Beschäftigten nach Möglichkeit vermieden werden. Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung enthält jedoch keine weiteren Hinweise zur Ausgestaltung eines Lärmminderungsprogramms. Auch die UVV „Lärm“ nannte in den Durchführungsanweisungen nur beispielhaft einige Bestandteile eines Lärmminderungsprogrammes:

- das Lärmquellen-Kataster,
- die Schallpegeltopografie,
- die Ursachenanalyse,
- die Lärmminderungsprognose,
- den Zeitplan mit Prioritätenstufung der Maßnahmen.

Da die inhaltliche Ausgestaltung dieser Punkte viele Fragen aufwirft, wurde bereits 1995 ein Lärmschutz-Arbeitsblatt erstellt, das sich auf die UVV „Lärm“ (§ 6) bezog. Zur Anpassung an die neuen Regelungen der LärmVibrationsArbSchV [1], z.B. bezüglich der Messtechnik und der zu berücksichtigenden Auslösewerte, war jedoch eine Überarbeitung erforderlich.

In diesem Lärmschutz-Arbeitsblatt werden alle wesentlichen Schritte zur Erstellung eines umfassenden Lärmminderungsprogramms in Form einer Handlungsanleitung beschrieben, ohne diese Schritte und die entsprechende Vorgehensweise festschreiben zu wollen. So kann es durchaus sinnvoll sein, von dieser Beschreibung abzuweichen oder nur einzelne Schritte auszuführen. Beispielsweise sind keine aufwändigen messtechnischen Analysen an einer Maschine erforderlich, wenn ohnehin die Anschaffung einer neuen Maschine geplant ist und damit bestehende Lärmprobleme möglicherweise gelöst werden können. Auch für ortsveränderliche Lärmbereiche, z.B. an fahrbaren Arbeitsmaschinen auf Baustellen, sind in der Regel nur einzelne Teile dieser Handlungsanleitung anwendbar.

Zur übersichtlichen Dokumentation der einzelnen Arbeitsschritte, von den Mess- und Analyseergebnissen bis hin zu den geplanten Maßnahmen und Umsetzungsterminen werden in den Anhängen dieses Lärmschutz-Arbeitsblattes entsprechende Formblätter angeboten und Beispiele von schon realisierten Lärmminderungsprogrammen vorgestellt.

2 Arbeitsschritte

Die im Zusammenhang mit der Erstellung eines Lärmminderungsprogramms bedeutsamen Arbeitsschritte sind in Bild 1 zusammengestellt. Die einzelnen Schritte werden hier zunächst kurz umrissen, um damit einen Überblick über die mit dem Lärmminderungsprogramm verbundenen Aufgaben zu geben. In den folgenden Abschnitten werden dann weitere Einzelheiten zur Durchführung dieser Aufgaben beschrieben.

Lärmminderungsprogramm

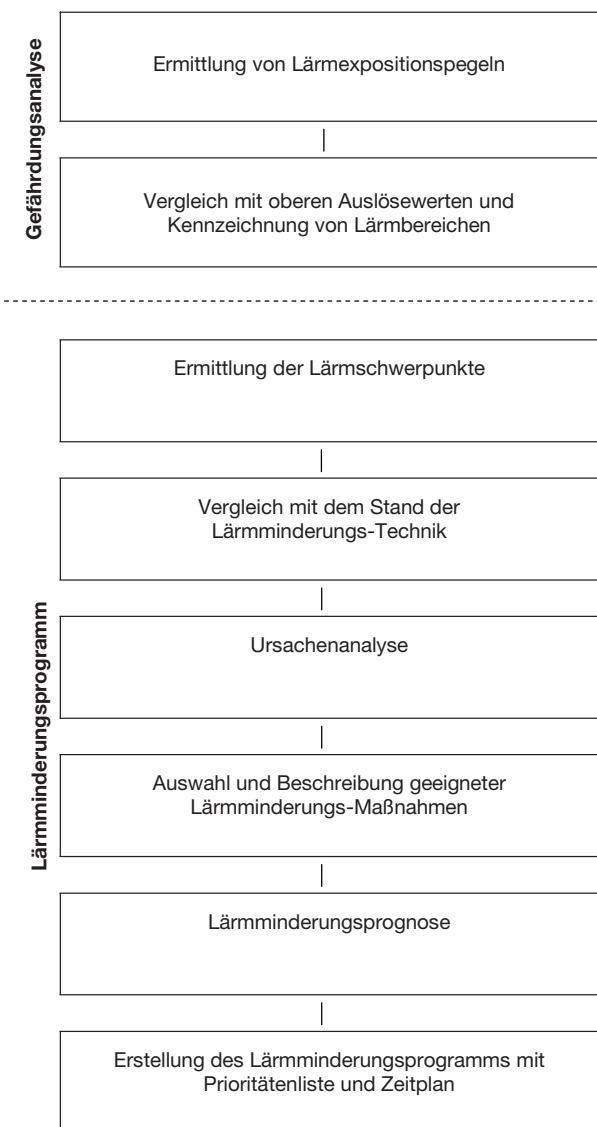


Bild 1: Arbeitsschritte zur Erstellung eines Lärmminderungsprogramms

In Bild 1 wird zwischen den Arbeitsschritten im Rahmen der Gefährdungsanalyse (Ermittlung von Lärmbereichen) und den Schritten bei der Aufstellung des Lärmreduzierungsprogramms unterschieden. So gilt es zunächst zu prüfen, ob einer der oberen Auslösewerte entsprechend einem Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ von 85 dB(A) bzw. einem Spitzenschalldruckpegel L_{pCpeak} von 137 dB erreicht oder überschritten wird. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse sollten sich dann Lärmbereiche festlegen und entsprechend kennzeichnen lassen. Da die Aufstellung eines Lärmreduzierungsprogramms erst bei Überschreitung von einem der oberen Auslösewerte gefordert ist, muss man genau genommen noch untersuchen, ob das für die hier ermittelten Lärmbereiche zutrifft. Der Einfachheit halber empfiehlt es sich jedoch, nach der Ermittlung eines Lärmbereiches hierfür ein Lärmreduzierungsprogramm aufzustellen, da jeder Betrieb ein Interesse daran haben sollte, Lärmbereiche und die damit verbundenen zusätzlichen Verpflichtungen und Kosten zu vermeiden.

Als erster Schritt im Rahmen der Aufstellung des Lärmreduzierungsprogramms ist in Bild 1 die Ermittlung von Lärmschwerpunkten angegeben. Dabei soll zunächst festgestellt werden, in welchen Betriebsbereichen und an welchen Maschinen unter Berücksichtigung der Lärmexposition und der Anzahl der betroffenen Mitarbeiter die größten Lärmprobleme bestehen, um bei den folgenden Aktivitäten zunächst hier anzusetzen.

Der im Anschluss daran vorgesehene Schritt des Vergleichs mit dem Stand der Lärmreduzierungs-technik kann zu dem Ergebnis führen, dass die eingesetzten Maschinen und Arbeitsräume den fortschrittlichen Regeln der Lärmreduzierungs-technik entsprechen und nach dem aktuellen Stand der Erkenntnisse keine geeigneten Lärmreduzierungs-möglichkeiten bestehen. In diesem Fall kann man sich alle weiteren Schritte sparen und muss so zunächst die gegebene Lärmbelastung und die damit verbundenen Risiken akzeptieren. Es ist dann allerdings erforderlich, die Lärmsituation regelmäßig auf mögliche Fortschritte in der Lärmreduzierungs-technik zu überprüfen und ggf. zu einem späteren Zeitpunkt geeignete Lärmreduzierungsmaßnahmen nach dem Stand der Technik nicht ausgeschöpft sind, sind weitergehende Lärmreduzierungsuntersuchungen erforderlich.

Entsprechend Bild 1 sollte dann zunächst eine Ursachenanalyse durchgeführt werden, indem an den lauten Maschinen die Hauptlärmquellen (z.B. Getriebe, Antriebsmotor) lokalisiert und die Geräuschursachen (z.B. Verzahnung, Luftturbulenzen) analysiert werden. Auch die Untersuchung der gegebenen raumakustischen Situation ist dem Schritt der Ursachenanalysen zuzuordnen. Da die messtechnische Durchführung dieser Geräuschquellen- und Ursachenanalysen in der Regel besondere akustische Fachkenntnisse und eine aufwändige messtechnische Ausrüstung verlangen, muss der Unternehmer hier ggf. auf externe Beraterstellen oder Ingenieurbüros zurückgreifen. Sind dem Unternehmen aufgrund eigener Erfahrungen oder aus der Literatur bereits geeignete Lärmreduzierungsmaßnahmen bekannt, so kann man auf diese Analysen verzichten.

Der Schritt der Auswahl und Beschreibung geeigneter Lärmreduzierungsmaßnahmen baut auf den bei der Ursachenanalyse gewonnenen Ergebnissen auf. Dabei existieren in der Regel mehrere Alternativen an Lärmreduzierungsmaßnahmen, wobei neben den primären Maßnahmen an den Arbeitsmitteln selbst z.B. auch raumakustisch wirksame Maßnahmen oder organisatorische Maßnahmen in Betracht kommen.

Die als nächster Schritt in Bild 1 aufgeführte Lärmreduzierungsprognose ist eine wesentliche Hilfe bei der Entscheidung über die Reihenfolge/Priorität von Lärmreduzierungsmaßnahmen. Eine genaue Prognose kann jedoch mit einem großen Aufwand

verbunden sein und setzt entsprechende Erfahrungen voraus. Auf die Abgabe einer entsprechenden Prognose kann verzichtet werden, wenn der Betrieb sich dazu nicht in der Lage sieht.

Ein ganz wesentlicher Schritt des Lärmreduzierungsprogrammes ist die Erstellung der Prioritätenliste und des Zeitplanes für die Durchführung der Lärmreduzierungsmaßnahmen. Dabei sind verschiedene Aspekte, wie die Höhe der Lärmbelastung, der durch die Maßnahme erreichbare Lärmreduzierungs-erfolg, die Anzahl der betroffenen Mitarbeiter sowie die mit der Maßnahme verbundenen Kosten zu berücksichtigen.

3 Ermittlung von Lärmbereichen

Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [1] definiert Lärmbereiche als Arbeitsbereiche, in denen einer der oberen Auslösewerte ($L_{EX,8h} = 85$ dB(A) bzw. $L_{pCpeak} = 137$ dB) erreicht oder

überschritten wird. Die Festlegung von Lärmbereichen kann prinzipiell auch ohne eine genaue Messung erfolgen. So kann ein Betrieb aufgrund entsprechender Erfahrungswerte oder aus Gründen der Vorsorge bestimmte Bereiche als Lärmbereiche deklarieren, ohne dies messtechnisch genau abzusichern. Ein Beispiel dafür wäre ein Webmaschinen-saal, in dem man erfahrungsgemäß mit Lärmexpositionspegeln von mehr als 85 dB(A) rechnen kann.

Die Entscheidung, dass kein Lärmbereich vorliegt, sollte allerdings gut abgesichert sein. Lässt sich die Einhaltung der in der Verordnung vorgegebenen oberen Auslösewerte nicht zweifelsfrei nachweisen, muss die bestehende Lärmexposition durch geeignete Messungen erfasst werden. Der dabei erforderliche Messaufwand hängt davon ab, wie dicht man an den Auslösewerten liegt, um die Frage einer Unter- oder Überschreitung mit ausreichender Sicherheit beantworten zu können. Bei Ergebnissen in unmittelbarer Nähe zu den Auslösewerten empfiehlt sich eine Messung mit besonderer Sorgfalt und der höchsten Genauigkeit. Bei Messungen nach DIN 45645-2 [5] ist in jedem Fall eine Entscheidung möglich, falls die Bedingungen der Genauigkeitsklasse 1 erfüllt sind. Will man sich den damit ggf. verbundenen hohen Messaufwand sparen, muss man sich bei Ergebnissen nahe der Auslösewerte für die Auszeichnung als Lärmbereich entscheiden.

Wesentliches Kriterium für die Festlegung von Lärmbereichen ist in der Regel der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$. Bei extrem hohen Schallimpulsen kann ggf. auch der C-bewertete Spitzenschalldruckpegel L_{pCpeak} von Bedeutung sein. Der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ entspricht dem bisher als Beurteilungsmaß zu bestimmenden Beurteilungspegel L_A nach der Unfallverhütungsvorschrift (UVV) „Lärm“ [4] bzw. nach DIN 45645-2 [5], wobei keine Zuschläge für Impulshaltigkeit (KI) oder Tonhaltigkeit (KT) zur Anwendung kommen.

Die Ermittlung des Lärmexpositionspegels $L_{EX,8h}$ wird ausführlich in der Norm DIN EN ISO 9612 (Entwurf Juni 2007) [6] beschrieben. Dabei werden drei Messstrategien zur Erfassung der Lärmexposition für einen repräsentativen Arbeitstag unterschieden:

- Tätigkeitsbezogene Messungen (Strategie 1),
- Berufsbildbezogene Messungen (Strategie 2),
- Ganztags-Messungen (Strategie 3).

Die Durchführung und Auswertung der entsprechenden Messungen wird auch in dem Lärmschutz-Arbeitsblatt LSA 01-400 [7] beschrieben.

Die Erfassung des Spitzenschalldruckpegels L_{pCpeak} als zweites Kriterium für die Festlegung von Lärmbereichen ist in der betrieblichen Praxis nur in Einzelfällen von Bedeutung, weil derartig hohe Pegelspitzen mit Werten L_{pCpeak} von 137 dB und mehr äußerst selten auftreten. Falls allerdings ein entsprechendes

Ereignis auch nur einmal am Tag vorkommt, muss man den entsprechenden Bereich als Lärmbereich deklarieren.

Da ein Lärmbereich einen räumlich abzugrenzenden Bereich beschreibt, ist es nahe liegend, hierfür ortsbezogene Lärmexpositionspegel zu Grunde zu legen. Bild 2 zeigt als Beispiel eine Lärmpegelkarte (Schallpegeltopographie) mit der örtlichen Verteilung der Lärmexpositionspegel in einem Raum und den entsprechend abgegrenzten Lärmbereich.

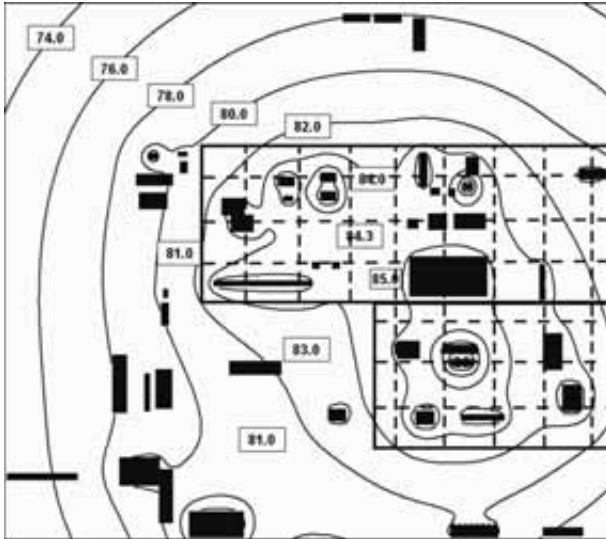


Bild 2: Lärmpegelkarte und abgegrenzter Lärmbereich

Häufig ist es sinnvoll, auch etwas leisere Arbeitsplätze mit einzuschließen, um damit die Abgrenzung zu erleichtern. Vielfach bietet es sich an, der Einfachheit halber einen Arbeitsraum insgesamt als Lärmbereich zu deklarieren.

Die bei der Ermittlung von Lärmbereichen gewonnenen Messergebnisse sind nach § 4 der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung mindestens 30 Jahre aufzubewahren, um eine spätere Einsichtnahme zu ermöglichen. Geeignet wäre z.B. eine Lärmquellendatei (Lärmquellen-Kataster), in der die Messergebnisse geordnet nach einzelnen Maschinen bzw. Arbeitsplätzen abgelegt

werden (siehe z.B. Anhang A, Blatt 1). Ebenso ließen sich die Ergebnisse in Form einer Schallpegeltopografie dokumentieren, die die ermittelten Lärmexpositionspegel in der Grundrisssskizze des Arbeitsraumes zeigt (siehe Beispiele im Anhang B).

4 Ermittlung der Lärmschwerpunkte

Für eine gezielte und effektive Vorgehensweise ist es zweckmäßig, im ersten Schritt der Aufstellung eines Lärmminde-
rungsprogramms zunächst festzustellen, in welchen Bereichen und an welche Maschinen Lärmreduzierungsmaßnahmen vor-
dringlich sind. Dabei kann man sich in der Regel auf die im Rahmen der Ermittlung von Lärmbereichen gewonnene Ergeb-
nisse abstützen. Einen guten Überblick über die Lärmpegelver-
teilung und besondere Problembereiche gibt die bereits er-
wähnte Schallpegeltopographie. Zur genaueren Eingrenzung
der wesentlichen lärm erzeugenden Maschinen dürften dann in
der Regel wenige zusätzliche Messungen ausreichen.

Um die Geräuschanteile der einzelnen Maschinen an der Lärm-
exposition genauer zu quantifizieren und die durch einzelne
Lärmreduzierungsmaßnahmen erreichbaren Erfolge berechnen zu
können, kann man die Geräusche der verschiedenen Maschi-
nen an dem jeweils betrachteten Einwirkungsort separat erfas-
sen. Alternativ lassen sich die Geräuschanteile der einzelnen
Maschinen durch Ermittlung der entsprechenden Schalleis-
tungspegel (z.B. nach der ISO-Reihe 3740 [8]) und der Einsatz-

zeiten erfassen. Damit erhält man die Information, in welchem
Maße die einzelnen Maschinen an der Geräuschsituation in
dem Raum beteiligt sind.

Darüber hinaus kann man mit den Schalleistungspegeln der
Maschinen und unter der Berücksichtigung der raumakusti-
schen Bedingungen die Schalldruckpegelverteilung (Topogra-
phie) für den Raum berechnen sowie Lärmreduzierungs-
erfolge durch Maßnahmen an einzelnen Maschinen prognostizieren
(z.B. Berechnungen nach VDI 3760 [9]).

5 Vergleich mit dem Stand der Lärm- minderungstechnik

Wie bereits erwähnt, hat der Vergleich mit dem aktuellen Stand
der Lärmreduzierungs-
technik eine große Bedeutung, weil dann
ggf. die nachfolgenden Schritte entfallen können. Deshalb ist
zu klären, ob die für die Lärmbelastung relevanten Maschinen
und Werkzeuge sowie die Raumakustik dem fortschrittlichen
Stand der Lärmreduzierungs-
technik entsprechen. Nach der
Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung sind dabei
insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder
Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg in der Praxis
erprobt worden sind (§ 2 (7)). Falls sich in diesem Schritt zeigt,
dass der betrachtete Arbeitsplatz voll und ganz dem Stand der
Technik entspricht, sollte zumindest ein Termin für eine wieder-
holte Prüfung nach ein paar Jahren festgelegt werden (siehe
Abschnitt 9).

Zur Beurteilung der Geräuschemission von Arbeitsmitteln wer-
den in der Regel die Geräuschemissionskennwerte, wie der
Schalleistungspegel (z.B. nach der ISO-Reihe 3740 [8]) oder
der Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz (ISO-Reihe
11200 [10]) herangezogen. Die nach dem Stand der Technik zu
erwartenden Geräuschemissionswerte lassen sich dabei ggf.
den entsprechenden VDI-ETS-Richtlinien (z.B. VDI 3729 bis
3743 [11]) entnehmen, die allerdings nur in größeren zeitlichen
Abständen aktualisiert werden und deshalb nicht unbedingt
den heutigen Stand der Lärmreduzierungs-
technik beschreiben. Um den aktuellen Stand der Lärmreduzierungs-
technik für Mas-
chinen einer bestimmten Art zu ermitteln, bedarf es genau
genommen der Erfassung eines repräsentativen Typensorti-
ments dieser Maschinengruppe. Die DIN EN ISO 11689 [12]
beschreibt die entsprechende systematische Auswertung der
Geräuschemissionsdaten unter Berücksichtigung bestimmter
Leistungsparameter, wie z.B. Nennleistung, Nenndrehzahl oder
Gewicht. Erfahrungsgemäß können die von unterschiedlichen
Herstellern angebotenen Maschinen einer Art bei vergleichbaren
Betriebsbedingungen um 5 bis 20 dB(A) abweichende
Geräuschemissionen aufweisen. Die gezielte Auswahl einer
leisen Maschine kann sich deshalb ganz wesentlich auf die
Lärmsituation an den entsprechenden Arbeitsplätzen auswir-
ken.

Nach den Durchführungsanweisungen zur UVV „Lärm“ [4]
galten die fortschrittlichen Regeln der Lärmreduzierungs-
technik z.B. als eingehalten, wenn ein positives Prüfzeugnis einer nach
dem Gerätesicherheitsgesetz anerkannten Prüfstelle (GS-
Zeichen) oder eine gültige EG-Baumusterprüfbescheinigung
einer notifizierten Stelle vorlag. Die Anforderungen bei der
Beschaffung neuer Arbeitsmittel galten außerdem als erfüllt,
wenn der Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz oder der
1 m-Messflächenschalldruckpegel den Wert von 75 dB(A)
unterschritten. Diese Anforderung bedeutet, dass sich an den
entsprechenden Arbeitsplätzen bei Überlagerung mehrerer
entsprechender Lärmquellen und Schallreflexion an den Raum-
begrenzungsflächen in der Regel ein Schalldruckpegel von
weniger als 85 dB(A) ergibt. Streng genommen darf man daraus
jedoch nicht auf eine Geräuschemission entsprechend dem
Stand der Technik folgern, weil der Stand der Lärmreduzierungs-

technik nicht durch einen Wert festgeschrieben werden darf sondern je nach Maschinenart auch niedriger ausfallen kann.

Für verschiedene Arbeitsmittel kann der Stand der Lärminderungstechnik auch durch die Beschreibung des prinzipiellen Aufbaus oder konstruktiver Details eines Bauteiles oder eines Werkzeuges definiert werden. Das kann z.B. in maschinenspezifischen Normen festgelegt sein. Beispiele für entsprechende Lösungen finden sich in einigen Lärmschutz-Arbeitsblättern, z.B. zur Betonfertigteilherstellung (LSA 04-602) [13], lärmgeminderte Schleifscheiben (LSA 01-320) [14], geräuschgeminderte Sägeblätter (LSA 01-375) [15], geräuschgeminderte Diamanttrennscheiben (LSA 02-375) [16], geräuschgeminderte Druckluftdüsen (LSA 05-351) [17]. Darüber hinaus können auch sekundäre Lärminderungsmaßnahmen wie Kapselungen oder Abschirmungen als Stand der Lärminderungstechnik gelten.

In der Literatur werden zahlreiche „lärmarme Arbeitsverfahren“ beschrieben, die als Stand der Technik zu verstehen sind, wenn sie mit Erfolg in der Praxis erprobt wurden. Einige Beispiele für lärmarme Arbeitsverfahren sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Verfahren/Arbeitsprinzip	
lärmarm	geräuschintensiv
Ablegen	Abwerfen
Absaugen	Abblasen
Bohren	Stanzen
Drehschrauber	Schlagschrauber
Elektroantrieb	Verbrennungsmotor
Gießen	Schmieden
Gleitlager	Wälzlager
hydraul. Verformen (Kraftformer)	Bördeln mit Hammer
hydraul. Ziehen/Drücken	Richten mit Hammer
Kleben	Nieten
Optischen Signalgebung	Akustische Signalgebung
Plasmaschneiden	Trennen mechanisch
Pressen	Schlagen
Sägen	Trennschleifen
Schrauben	Nieten
Schweißen	Nieten
Taumnieten	Schlagnieten
Transport kontinuierlich	Transport stoßweise

Tabelle 1 Beispiele für alternative „lärmarme“ Arbeitsverfahren.

Das Lärmschutz-Arbeitsblatt Blatt 02-300 [18] gibt eine Übersicht über lärmarme Arbeitsverfahren im Bereich der Metallherzeugung und -verarbeitung.

Für die raumakustische Gestaltung von Arbeitsräumen finden sich in der Norm DIN EN ISO 11690-1 [19] verschiedene Hinweise und Empfehlungen, die den Stand der Technik beschreiben. Diese sind weitgehend mit den schon in der Durchführungsanweisungen zu UVV „Lärm“ (§ 5) und in dem Lärmschutz-Arbeitsblatt LSA 03-234 [20] festgelegten Vorgaben zur Gestaltung von neuen Arbeitsräumen im Einklang. Obwohl die UVV „Lärm“ inzwischen zurückgezogen wurde, können diese über viele Jahre bewährten Anforderungen an die Raumakustik auch weiterhin als Stand der Technik angesetzt werden.

Als raumakustische Kennwerte sind danach die mittlere Pegelabnahme ΔL je Abstandsverdoppelung und alternativ der mitt-

lere Schallabsorptionsgrad des Raumes zu betrachten (siehe auch LSA 03-234 [20]). Die Anforderungen gelten als erfüllt, wenn in den Oktavbändern mit den Mittenfrequenzen von 500 Hz bis 4000 Hz folgende Kriterien erfüllt sind:

- $\Delta L \geq 4$ dB
- oder
- $\bar{\alpha} \geq 0,3$

Dabei bietet sich die mittlere Pegelabnahme ΔL je Abstandsverdoppelung vor allem als Kennwert für größere Räume mit einem Volumen von ca. 1000 m³ und mehr an. Für kleinere Räume empfiehlt sich dagegen eine Auslegung unter Berücksichtigung des mittleren Schallabsorptionsgrades ($\bar{\alpha} \geq 0,3$), weil sich die Forderungen bezüglich Pegelabnahme je Abstandsverdoppelung hier nur schwer realisieren lassen.

In den meisten Fällen lassen sich die geforderten raumakustischen Bedingungen durch eine schallabsorbierende Gestaltung der Deckenfläche erfüllen. Da raumakustische Maßnahmen hohe Kosten verursachen können, empfiehlt sich eine sehr sorgfältige und gezielte Planung, z.B. unter Verwendung des Rechenprogrammes nach der VDI-Richtlinie 3760 [9]. Damit lassen sich die tatsächlich erforderlichen Flächen an Absorptionsmaterial genau ermitteln und ggf. erforderliche teure Nachrüstungen vermeiden. Weitere Informationen zur raumakustischen Gestaltung von Arbeitsräumen enthalten die Lärmschutz-Arbeitsblätter LSA 01-234 [21] und LSA 02-234 [22].

6 Ursachenanalyse

Die Ursachenanalyse sollte sich auf die entsprechend Abschnitt 5 identifizierten Lärmschwerpunkte konzentrieren. Unter der Ursachenanalyse sei hier die Lokalisierung der dominierenden Geräuschquellen an den entsprechenden Anlagen und Maschinen und die Untersuchung der Ursachen der Geräuschentstehung verstanden.

Auf eine entsprechende Analyse kann man ggf. verzichten, wenn man sich gleich für eine Kapselung der gesamten Maschine oder einen Ersatz der Maschine durch eine neue, leisere Maschine entscheidet und damit die erforderliche Pegelminderung erwarten kann. Außerdem liegen für viele Maschinenarten bereits entsprechende in der Literatur beschriebene Untersuchungsergebnisse vor, auf die man ggf. zurückgreifen kann. Hinweise dazu finden sich z.B. in den Lärmschutz-Arbeitsblättern LSA der Reihe 300 [18]. In vielen Fällen sind dem Maschinenhersteller die Hauptgeräuschquellen und Geräuschursachen bereits bekannt und er kann hier möglicherweise geeignete Lärminderungsmaßnahmen anbieten.

Neben den Geräuschursachen an den Maschinen und Anlagen selbst kann man auch eine ungünstige raumakustische Situation (starke Schallreflexionen) als eine Geräuschursache betrachten, die es im Rahmen der Ursachenanalyse zu untersuchen gilt.

Die Durchführung der Messungen und Untersuchungen im Rahmen der Ursachenanalyse erfordert ggf. den Einsatz aufwändiger Messgeräte für Luftschall- und Körperschallanalysen, Schallintensitätsmessungen oder Rechenprogramme, über die nur entsprechend spezialisierte Fachfirmen, Ingenieurbüros und Institute verfügen, so dass der betroffene Betrieb bei diesem Schritt auf externe Berater angewiesen sein kann. Die einzelnen Arbeitsschritte der Ursachenanalyse seien im Folgenden kurz erläutert.

Lokalisieren der Hauptgeräuschquellen an einer Maschine:

Durch die Ermittlung der Hauptgeräuschquellen einer Maschine oder Anlage, z.B. einzelner Aggregate oder besonders stark angeregter Bleche, wird das Lärmproblem eingegrenzt, um sich mit den Lärminderungsmaßnahmen auf diese Quellen zu konzentrieren. Die Lokalisierung der dominierenden Einzelquel-

len ist vielfach schon durch einfache Schalldruckpegelmessungen in geringem Abstand zu der Maschine oder Anlage oder durch Abtasten der Oberfläche mit Körperschallaufnehmern möglich. Eine genauere Analyse erlaubt die Schallintensitätsmesstechnik, da sich damit der Schallfluss vektoriell erfassen und bis zur Geräuschquelle zurückverfolgen lässt [23]. Mit Hilfe der Schallintensitätsmesstechnik kann außerdem die Geräuschemission einzelner Lärmquellen einer Maschine (Teilschalleistungspegel) getrennt bestimmt werden. Damit sind dann relativ genaue Prognosen möglich, in welchem Maße sich eine Lärminderung an einer einzelnen Lärmquelle auf das Gesamtgeräusch der Maschine (Schalleistungspegel) auswirkt. Durch Einsatz neuartiger Messsysteme mit einem aus vielen Mikrofonen zusammengesetzten Messgitter (Mikrofonarray) wurden in den letzten Jahren neue Verfahren zur Visualisierung von Schallfeldern entwickelt, die z.B. unter Bezeichnungen wie Beamforming, Nahfeld-Holografie und akustische Kamera bekannt wurden [24 - 26]. Einen Überblick über diese Verfahren und die damit verbundenen Möglichkeiten der Schallquellenortung wird in [24] gegeben.

Analyse der Geräuschursachen:

Nach Kenntnis der Hauptlärmquellen besteht in vielen Fällen die Möglichkeit, diese Quellen zu kapseln (Teilkapselung) oder zu ersetzen. Um Möglichkeiten der konstruktiven Verbesserung und Lärminderung unmittelbar am Ort der Schallentstehung zu untersuchen, sind jedoch weitergehende Geräuschursachenanalysen erforderlich. Die daraus abzuleitenden Lärminderungsmaßnahmen sind ggf. mit einem tieferen Eingriff in die Maschinenkonstruktion verbunden und deshalb nur durch den Hersteller selbst oder in enger Zusammenarbeit mit dem Hersteller zu realisieren.

Zur Durchführung der angesprochenen weitergehenden Analysen lassen sich z.B. folgende Messverfahren einsetzen:

- schmalbandige Frequenzanalyse für Luft- und Körperschall,
- Analyse von Schwingungsformen (Modalanalyse, Holografie),
- Aufnahme von Nachgiebigkeitsfrequenzgängen,
- Korrelationsmesstechnik,
- Akustische Kamera.

Weitergehende Informationen: Über diese Mess- und Analyseverfahren können der entsprechender Literatur entnommen werden [23-30].

Analyse der Raumakustik:

Wie bereits im Abschnitt 5 erläutert, lässt sich die raumakustische Situation durch verschiedene raumakustische Kennwerte beschreiben. Mit Blick auf die entsprechenden Vorgaben in der inzwischen zurückgezogenen UVV „Lärm“ [4] und den Lärm-schutz-Arbeitsblättern LSA 01-234 bis 03-234 [20-22] empfiehlt es sich, zur Analyse der raumakustischen Situation die mittlere Schalldruckpegelabnahme ΔL je Abstandsverdoppelung zu einer Punktschallquelle oder den mittleren Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$ zu ermitteln. Die Durchführung der entsprechenden Messungen ist in dem LSA-Blatt 03-234 [20] und in den Normen DIN EN ISO 3382 [30] bzw. DIN EN ISO 11690-1 [19] beschrieben.

Die raumakustische Situation und die entsprechenden raumakustischen Kennwerte lassen sich auch rein rechnerisch bestimmen [9, 31, 32]. In der Norm DIN EN ISO 11690-3 [33] wird die Berechnung der Schallausbreitung nach unterschiedlichen Verfahren beschrieben. In Deutschland hat sich dafür das in der VDI-Richtlinie 3760 [9] beschriebene Rechenverfahren mit einer mittleren Beschreibungstiefe eingeführt, das sich mit vertretbarem Aufwand in der betrieblichen Praxis anwenden lässt und relativ zuverlässige Prognosen erlaubt [33]. Bei diesem Rechenverfahren nach VDI 3760 handelt es sich um so genanntes Spiegelquellenverfahren entsprechend einem Vor-

schlag von Jovicic [35]. Die entsprechende Software wird inzwischen von verschiedenen Firmen als PC-Programm angeboten.

Auf der Grundlage der danach ermittelten Schallausbreitungskurve lässt sich die mittlere Pegelabnahme ΔL je Abstandsverdoppelung bestimmen. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass die in der VDI 3760 definierte Pegelabnahme je Abstandsverdoppelung DL2 von den Festlegungen in dem LSA Blatt 03-234 [20] abweicht. Erfahrungsgemäß ergibt sich jedoch eine recht gute Übereinstimmung zwischen der mittleren Pegelabnahme DL2 nach VDI 3760 für den Nahbereich (1 bis 5 m Abstand) und der Auswertung ΔL nach dem LSA-Blatt 03-234 (Abstandsbereich 0,75 m bis 6 m bzw. 12 m) [36].

Wie bereits im Abschnitt 5 erläutert, sollten moderne Arbeitsräume entsprechend dem Stand der Technik in den Oktavbändern von 500 Hz bis 4000 Hz eine mittlere Pegelabnahme ΔL je Abstandsverdoppelung von mindestens 4 dB oder einen mittleren Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$ von mindestens 0,3 aufweisen. Diese Werte sollten die Grundlage bei der Analyse vorhandener Arbeitsräume sowie für die Planung neuer oder raumakustisch nachzubessernder Räume sein.

Der Aufwand für die messtechnische Bestimmung oder Berechnung der raumakustischen Kennwerte kann evtl. entfallen, wenn entsprechende Erfahrungswerte für vergleichbare Räume vorliegen oder überschlägige Berechnungen bereits die erforderlichen Entscheidungen ermöglichen. So ist es beispielsweise in einem Betrieb mit mehreren gleichartig aufgebauten Arbeitsräumen nicht erforderlich, die Kennwerte für jeden Raum separat zu ermitteln. Ein anderes Beispiel wäre ein mit einer geeigneten schallabsorbierenden Decke ausgestatteter größerer Flachraum, für den man ohne eine genaue messtechnische Untersuchung oder Berechnung einen mittleren Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha} \geq 0,3$ annehmen kann.

7 Auswahl und Beschreibung geeigneter Lärminderungsmaßnahmen

In Anlehnung an DIN EN ISO 11690-2 [37] kann man folgende grundlegenden Lärminderungsmöglichkeiten unterscheiden: (siehe auch [38]):

- Maßnahmen an der Quelle (primäre Maßnahmen),
- Maßnahmen auf dem Übertragungsweg (sekundäre Maßnahmen),
- Organisatorische Maßnahmen.

Maßnahmen an der Quelle (primäre Maßnahmen):

Unter den Maßnahmen an der Quelle bzw. den primären Maßnahmen werden konstruktive Lärminderungsmaßnahmen verstanden, die sich unmittelbar auf die Schallentstehung, -übertragung oder -abstrahlung einer Geräuschquelle (Maschine) auswirken. Primäre Maßnahmen sind oft besonders wirksam und wirtschaftlich, da sich an der Stelle der Schallentstehung ggf. schon mit kleinen Änderungen große Pegelminderungen erreichen lassen. Dabei kann man die in der folgenden Tabelle 2 zusammengestellten Prinzipien für konstruktive Lärminderungsmaßnahmen unterscheiden:

mechanisch angeregte Geräusche	<ul style="list-style-type: none"> • Minderung oder zeitliche Dehnung der Kraftereinwirkung • Versteifung der Struktur im Kraftfluss • Minderung der Körperschallübertragung • Beeinflussen der Schallabstrahlung
strömungsmechanische Geräusche	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung von Turbulenzen • Minderung von Druckschwankungen

Tabelle 2 Gliederung von konstruktiven Lärminderungsmaßnahmen

Die Realisierung derartigen Maßnahmen an einer Maschine ist allerdings vielfach nur durch den Konstrukteur selbst oder in enger Zusammenarbeit mit dem Konstrukteur zu erreichen. Primäre Lärmreduzierungsmaßnahmen sind deshalb insbesondere bei der Neukonstruktion von Maschinen von Bedeutung (siehe auch DIN EN ISO 11688 [39]).

Zu den Maßnahmen an der Quelle gehören auch Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, da sich der Pflegezustand einer Maschine auf die Geräuschemission auswirken kann (z.B. schlechte Schmierung, ausgeschlagene Lager, undichte Kapseln und Türen). So bedürfen ggf. vorhandene Schallschutzrichtungen, wie Kapseln und Schalldämpfer, einer regelmäßigen Überprüfung.

Zu den Maßnahmen an der Quelle gehören schließlich auch der Austausch einer alten Maschine gegen eine neue lärmarme Maschine und der Einsatz alternativer lärmarmer Arbeitsverfahren (siehe Abschnitt 5). Der Ersatz einer Maschine ist vor allem dann zu überlegen, wenn an der alten Maschine relativ kosten- aufwändige Lärmreduzierungsmaßnahmen erforderlich sind oder keine geeigneten Lärmreduzierungsmaßnahmen gesehen werden.

Maßnahmen auf dem Übertragungsweg (sekundäre Maßnahmen):

Unter den Maßnahmen auf dem Übertragungsweg bzw. den sekundären Maßnahmen sind alle Lärmreduzierungsmaßnahmen zu verstehen, die die Schallübertragung in die Umgebung durch einen Eingriff in den Schallausbreitungsweg verringern. Dazu gehören Maßnahmen, wie

- Körperschallisolierung, z.B. durch Aufstellung einer Maschine auf Schwingelementen,
- Kapselung einer Maschine [40],
- Einsatz von Schalldämpfern, z.B. bei Schallausbreitung in Kanälen,
- Abschirmung durch Stellwände,
- Schallabsorbierende Gestaltung von Raumbegrenzungsflächen (raumakustische Maßnahmen) [21, 22],
- Schallschutzkabine, z.B. Maschinenkontrollstand oder Meisterbüro.

Derartigen Maßnahmen können im Vergleich zu den zuvor erläuterten primären Maßnahmen mit höheren Kosten verbunden sein, z.B. bei einer schallabsorbierenden Nachrüstung eines bestehenden Raumes.

Organisatorische Maßnahmen:

Unter organisatorischen Lärmreduzierungsmaßnahmen sind raum- und oder zeitorganisatorische Änderungen zu verstehen, die zu einer geringeren Lärmexposition der Beschäftigten führen. Eine entsprechende Maßnahme wäre z.B. die Verlagerung lärmintensiver Arbeiten (z.B. Richtarbeiten) in einen separaten Raum oder der Betrieb besonders lauter Maschinen (z.B. Scheuertrommel in Gießerei) in der Nachtschicht mit geringerer Personalbesetzung. Nach § 7 (1) der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung haben allerdings die zuvor erläuterten technischen Lärmreduzierungsmaßnahmen Vorrang vor organisatorischen Maßnahmen.

Grundsätzlich empfiehlt es sich, im Rahmen der Aufstellung eines Lärmreduzierungsprogramms zunächst alle denkbaren Lärmreduzierungsmaßnahmen und Alternativen aufzunehmen, um daraus später bei der Festlegung der Prioritäten die am besten geeigneten Maßnahmen auswählen zu können.

8 Lärmreduzierungsprognose

Die Lärmreduzierungsprognose ist die Voraussage der durch Realisierung von einzelnen Lärmreduzierungsmaßnahmen an

den Arbeitsplätzen erreichbaren Reduzierung der Lärmexposition. Dabei müssen neben der ggf. an einer Maschine zu erwartenden Minderung der Schallemission auch andere Einflussgrößen, wie der Abstand des betrachteten Arbeitsplatzes zur Schallquelle, die Schallausbreitungsverhältnisse und die Dauer der Einwirkung Berücksichtigung finden.

In vielen Fällen ist durch eine Lärmreduzierungsmaßnahme an einer einzelnen Maschine oder Lärmquelle nur eine begrenzte Minderung des Lärmexpositionspegels erreichbar, z.B. weil

- sich die Lärmbelastung aus der Schalleinwirkung von verschiedenen Maschinen bzw. Lärmquellen zusammensetzt oder
- die Maßnahme nur bestimmte Zeiten wirksam ist (Maschine wird nur zeitweise betrieben oder Kapsel muss zeitweise geöffnet werden).

Um Fehlinvestitionen zu vermeiden, empfiehlt es sich deshalb, zumindest vor der Durchführung von aufwändigen Schallschutzmaßnahmen, eine sorgfältige Lärmreduzierungsprognose zu erarbeiten. Wie bereits in den Abschnitten 5 und 6 erläutert, sollte man insbesondere bei der Planung von raumakustisch wirksamen Maßnahmen die zu erwartenden Lärmreduzierungs- erfolge abschätzen, z.B. mit Hilfe eines entsprechenden Rechenprogrammes nach der VDI-Richtlinie 3760 [9, 34]. Die an den Arbeitsplätzen erreichbaren Lärmreduzierungs- erfolge können dabei in Abhängigkeit von der Ausgangssituation, den raumakustischen Verhältnissen und den Abständen zu den einzelnen Maschinen sehr unterschiedlich ausfallen (siehe z.B. [41]). Die entsprechende Rechnung nach VDI 3760 ermöglicht darüber hinaus auch eine Prognose, wie sich die Lärmreduzierungsmaßnahmen an einzelnen Lärmquellen bzw. Maschinen auf die Lärmsituation in dem Raum auswirken.

In welcher Form und mit welchem Aufwand die Lärmreduzierungsprognose erstellt wird, ist in jedem Einzelfall zu entscheiden. Generell sollten jedoch die Aufwendungen für Erstellung der Lärmreduzierungsprognose auf der einen Seite und für die Realisierung der Lärmreduzierungsmaßnahmen auf der anderen Seite in einer sinnvollen Relation zueinander stehen.

9 Prioritätenliste und Zeitplan

Bei der Auswahl der Lärmreduzierungsmaßnahmen und der Festlegung der Prioritäten, d.h. der Rangfolge für die Durchführung der Maßnahmen sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Ein Gesichtspunkt ist dabei die Höhe der Lärmexposition. So empfiehlt es sich, zunächst an den Arbeitsplätzen mit den höchsten Lärmexpositionspegeln anzusetzen, um die damit verbundene große Gefährdung der Beschäftigten zu vermeiden oder zumindest zu verringern. Weitere Kriterien für die Auswahl von Lärmreduzierungsmaßnahmen und die Festlegung der Prioritäten können die erreichbaren Lärmreduzierungs- erfolge und die Anzahl der davon betroffenen Mitarbeiter sein. Darüber hinaus spielen auch die Kosten einer Maßnahme eine Rolle. An erster Stelle bieten sich natürlich immer solche Maßnahmen an, die mit einem geringen finanziellen Einsatz möglichst zeitnah zu realisieren sind und die deutliche Lärmreduzierungs- erfolge für eine große Anzahl von Beschäftigten mit sich bringen.

Neben diesen allgemein gültigen Kriterien werden jedoch im Einzelfall auch betriebsinterne Belange (z.B. Einplanung der erforderlichen Finanzierung) von Einfluss sein. So können z.B. die im Jahr der Erstellung des Lärmreduzierungsprogrammes für den Arbeitsschutz zu Verfügung stehenden Geldmittel begrenzt oder ausgeschöpft sein, so dass eine größere Maßnahme im laufenden Geschäftsjahr nicht mehr realisiert werden kann.

10 Schrifttum

- [1] Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – LärmVibrationsArbSchV) vom 6. März 2007, BGBl. I, S. 261
- [2] Richtlinie 2003/10/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Februar 2003 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm). Amtsblatt d. EU L 42 vom 15. Februar 2003, S. 38
- [3] Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen). Amtsblatt d. EU L 177 v. 06.07.2002, S. 13
- [4] Unfallverhütungsvorschrift „Lärm“ (BGV B3) vom 1. Januar 1990. Erste Fassung vom Dez. 1974, Neufassung vom Januar 1990, (zurückgezogen).
- [5] DIN 45645-2: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen – Teil 2: Geräuschimmissionen am Arbeitsplatz. Juli 1997
- [6] DIN EN ISO 9612: Akustik – Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren). Entwurf Juni 2007
- [7] LSA 01-400: Lärmschutzarbeitsblatt „Lärmesstechnik – Ermittlung des Lärmexpositionspegels am Arbeitsplatz“ (BGI 5053). Carl Heymanns Verlag Köln, Oktober 2007
- [8] DIN EN ISO – Reihe 3740 – 3747: Akustik – Bestimmung des Schalleistungspegels von Geräuschquellen
- [9] VDI 3760: Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen. (Februar 1996).
- [10] DIN EN ISO-Reihe 11200 – 11205: Akustik – Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten – Messung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten.
- [11] VDI-Reihe: Emissionskennwerte technischer Schallquellen, z.B. VDI 3729 – 3743, VDI 3746 – 3753
- [12] DIN EN ISO 11689: Akustik – Vorgehensweise für den Vergleich von Geräuschemissionswerten für Maschinen und Geräte. März 1997
- [13] LSA 04-602: Lärmschutz-Arbeitsblatt „Geräuschminderung im Bauwesen – Lärminderung bei der Betonfertigteilerstellung“ (BGI 761). Carl Heymanns Verlag Köln, Oktober 1999
- [14] LSA 01-320: Lärmschutz-Arbeitsblatt „Geräuschminderung bei der spanabhebenden Metallbearbeitung – Lärmgeminderte Schleifscheiben“ (BGI 760). Carl Heymanns Verlag Köln, Oktober 1999
- [15] LSA 01-375: Lärmschutz-Arbeitsblatt „Geräuschminderung in der Fertigung – Geräuschgeminderte Sägeblätter für Holz, Kunststoff und Aluminium“ (BGI 5051). Carl Heymanns Verlag Köln, April 2007
- [16] LSA 02-375: Lärmschutz-Arbeitsblatt „Geräuschminderung in der Fertigung – Geräuschgeminderte Diamanttrennscheiben für Steinsägen“ (BGI 5052). Carl Heymanns Verlag Köln, Oktober 2007
- [17] LSA 05-351: Lärmschutz-Arbeitsblatt „Geräuschminderung an pneumatischen Anlagen – Geräuschgeminderte Druckluftdüsen“ (BGI 680). Carl Heymanns Verlag Köln, Juli 1997
- [18] LSA 02-300: Lärmschutz-Arbeitsblatt „Geräuschminderung bei der Fertigung – Lärmarme Technologien und Arbeitsverfahren; Metallherzeugung und -verarbeitung“ (BGI 679). Carl Heymanns Verlag Köln, September 1989
- [19] DIN EN ISO 11 690-1: Akustik – Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen maschinenbestückter Arbeitsstätten – Teil 1: Allgemeine Grundlagen. (Februar 1997)
- [20] LSA 03-234: Lärmschutz-Arbeitsblatt „Schallausbreitungsminderung – Schallreflexionsbedingte Schallpegelerhöhung“ (BGI 797). Carl Heymanns Verlag Köln, August 2003
- [21] LSA 01-234: Lärmschutz-Arbeitsblatt „Geräuschminderung in Fertigungshallen Grundlagen und Auswahlkriterien zur Schallabsorption“ (BGI 674). Carl Heymanns Verlag Köln, August 2003
- [22] LSA 02-234: Lärmschutz-Arbeitsblatt „Geräuschminderung in Fertigungshallen; Anwendungsbeispiele raumakustisch optimierter Fertigungsräume“ (BGI 678). Carl Heymanns Verlag Köln, August 2003
- [23] Maue, J.H.: Energiefluss wird verfolgbar – Geräuschquellenanalyse mit der Schallintensitätsmesstechnik ermöglicht gezielte Lärminderung. Maschinenmarkt, Würzburg 95 (1989), Nr. 42, S. 58-63
- [24] Hundek, G.: Moderne Verfahren zur Schallquellenortung mit Arraysystemen. Lärmbekämpfung Bd. 3 (2008) Nr. 2 – März 2008, S. 55-70
- [25] Saemann, E.-U., Schmidt, H.: Methoden der Schallquellenlokalisierung mit Mikrofonarrays. Motor- und Aggregate-Akustik II, expert-Verlag, Renningen 2005, S. 78-99
- [26] Batel, M. et al.: Noise Source Location Techniques – Simple to Advanced Applications. Sound und Vibration, March 2003, S. 24-38
- [27] Avitabile, P.: Experimental Modal Analysis. Sound und Vibration, January 2001, S. 20-31
- [28] Randall, R. B., Tech, B.: Frequency Analysis, Brüel & Kjær, Naerum/Denmark 1988
- [29] Tiziani, H.J.: Rechnerunterstützte Laser-Messtechnik. Technisches Messen tm 54. Jg. Heft 6/1987, S. 221-230
- [30] DIN EN ISO 3382: Akustik – Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere akustische Parameter. (03/2000)
- [31] DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen. (Mai 2004)
- [32] Maue, J.H.: Reflexionsarme Arbeitsräume nach UVV „Lärm“. Sicherheits-Ingenieur Nr. 4/92, S. 16-22
- [33] DIN EN ISO 11690-3: Akustik – Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen maschinenbestückter Arbeitsstätten – Teil 3: Schallausbreitung und -vorausberechnung in Arbeitsräumen (Januar 1999)
- [34] Maue, J.H.: Geräuschimmissionsprognosen im Rahmen von Lärminderungs-Betriebsberatungen. Sichere Arbeit 6/2002, S. 24-28
- [35] Jovicic, S.: Grundlagen zur Vorausberechnung von Schallpegeln in Räumen. VDI-Bericht 476, VDI-Verlag, Düsseldorf (1983)
- [36] Maue, J.H.: Erfahrungen mit Lärmprognosen für Arbeitsräume unter Anwendung der VDI 3760. Sicherheits-Ingenieur 10/98, S. 16-20 und 11/98, S. 22-24
- [37] DIN EN ISO 11690-2: Akustik – Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen maschinenbestückter Arbeitsstätten – Teil 2: Lärminderungsmaßnahmen (Februar 1997)
- [38] Maue, J.H.: Wie der Lärm am wirksamsten zu drosseln ist. Arbeitsschutz aktuell 2/96, S. 5-11

- [39] DIN EN ISO 11688-1 und -2: Akustik – Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Maschinen und Geräte –
Teil 1: Planung (Oktober 1998)
Teil 2: Einführung in die Physik der Lärminderung durch konstruktive Maßnahmen (März 2001)
- [40] LSA 01-243: Lärmschutz-Arbeitsblatt „Geräuschminderung durch Kapselung – Hinweise zur Gestaltung von Kapseln einfacher Bauart (BGI 789). Carl Heymanns Verlag Köln, Juni 2002
- [41] Maue, J.H.: Design of low-noise workplaces by means of sound absorbing materials. Noise at work 2007. First european forum on occupational noise, 3.-5. July 2007, Lille / F CD-ROM, S. 589-595
- Bearbeiter: Dipl.-Ing. Ralf Hertwig und
Dr.-Ing. Jürgen H. Maue
BGIA – Fachbereich 4 „Arbeitsgestaltung –
Physikalische Einwirkungen“

Anhang A: Formblätter und Hinweise zum Ausfüllen

Mit den hier vorgestellten Formblättern soll eine Möglichkeit zur übersichtlichen Dokumentation der Messungen, zur Beschreibung und Analyse der Lärmsituation sowie zur Zusammenstellung der geplanten Lärminderungsmaßnahmen angeboten werden. Zusätzlich sei auf die Beispiele zur Beschreibung der Lärmsituation und der Lärmverteilung in Arbeitsräumen in DIN EN ISO 11690-1 [19] hingewiesen.

• Zu Formblatt 1

Messpunkt Nr.:

Alle betrachteten Messpunkte sollten von 1 bis n nummeriert werden, wobei für jeden Arbeitsraum ein neues Formblatt zu wählen ist und die Nummerierung dann wieder bei 1 beginnen sollte. Zur Beschreibung der Messpunkte und aus Gründen der Übersichtlichkeit kann es hilfreich sein, diese Punkte auch in den Hallenbelegungsplan einzutragen (siehe Beispiel 2 im Anhang B).

Arbeitsplatz:

Hier sollte der Arbeitsplatz möglichst eindeutig angegeben werden, z.B. durch Nennung der Maschine mit Inventar-Nummer. Ergänzend muss evtl. auch die Tätigkeit des eingesetzten Beschäftigten eingetragen werden, z.B. wenn an einer Maschine unterschiedliche Arbeiten ausgeführt werden.

Ergänzende Angaben:

Da die ermittelten Lärmbelastungen in der Regel von dem jeweiligen Betriebszustand der Maschine (z.B. Drehzahl, Werkstück ...) und der Fremdgeräuscheinwirkung von benachbarten Maschinen abhängen, sind hier ergänzende Angaben erforderlich, die ggf. mögliche Abweichungen bei Wiederholung der Messung zu einem späteren Zeitpunkt erklären können. Hier ließen sich auch Angaben zu Maschinenlaufzeiten eintragen, die bei der Berechnung des Beurteilungspegels zu berücksichtigen wären.

Schalldruckpegel in dB :

In die erste Spalte kann der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ eingetragen werden. Die zweite Spalte ist für den Spitzen-schalldruckpegel L_{pCpeak} vorgesehen.

Die Schalldruckpegel lassen sich ggf. zusätzlich in Form einer Schallpegeltopographie darstellen, um damit einen Überblick über die Lärmverteilung und -ausbreitung in einem Betriebsraum zu geben.

Genauigkeitsklasse:

Da bei dem erforderlichen Vergleich mit Grenzwerten ggf. auch die Genauigkeitsklassen und die damit verbundenen Unsicherheiten zu berücksichtigen sind (siehe z.B. [7]), ist in dem Formblatt 1 auch eine Spalte zur Eintragung der Genauigkeitsklasse vorgesehen.

So sind bei Tages-Lärmexpositionspegeln der Genauigkeitsklasse 2 und 3 in Grenzfällen keine eindeutigen Entscheidungen möglich. Um die Genauigkeitsklasse 1 zu erreichen, wären dann zusätzliche Messungen und Erhebungen erforderlich. Dieser Aufwand kann vermieden werden, wenn die mit den Genauigkeitsklassen 2 und 3 verbundenen Unsicherheiten von 3 dB bzw. 6 dB (Konvention nach DIN 45 645 Teil 2) dem ermittelten Tages-Lärmexpositionspegel hinzugeschlagen werden und der entsprechend erhöhte Wert zum Vergleich mit dem Auslösewert von 85 dB(A) herangezogen wird.

Lärminderungsprogramm erforderlich:

In dieser letzten Spalte des Formblattes 1 kann z.B. durch ein „X“ festgehalten werden, ob für den entsprechenden Arbeits-

platz ein Lärminderungsprogramm nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung erforderlich ist.

• Zu Formblatt 2

Das Formblatt 2 soll der übersichtlichen Zusammenstellung der Ergebnisse aus der Geräuschursachenanalyse sowie der ausgewählten Lärminderungsmaßnahmen dienen und, wenn möglich, die Lärminderungsprognose enthalten.

Zur Identifizierung des jeweils betrachteten Arbeitsplatzes sollen in die ersten beiden Spalten die Angaben zur Messpunkt Nr. und zum Arbeitsplatz von Blatt 1 übernommen werden. Zum Ausfüllen des Formblattes werden nachfolgend einige zusätzliche Hinweise gegeben.

Hauptlärmquellen:

In die dritte Spalte dieses Formblattes sollen die in der Ursachenanalyse ermittelten Hauptlärmquellen an den einzelnen Maschinen eingetragen werden. Ggf. können zusätzliche Angaben, wie z.B. Teilschalleistungspegel o.ä., aufgeführt werden.

Geräuschursachen:

Sofern eine Analyse der Geräuschursachen durchgeführt wurde, sollten in dieser Spalte alle diesbezüglichen Angaben aufgeführt werden, die der Auswahl von Lärminderungsmaßnahmen dienlich sein können. Dazu gehören neben der Benennung und Beschreibung der Ursachen ggf. auch die Ergebnisse der durchgeführten messtechnischen Analysen. Sind aus anderen Untersuchungen die Ursachen und entsprechende Lärminderungsmaßnahmen bereits bekannt, dann reicht es aus, die Geräuschursachen kurz zu benennen und die entsprechende Literatur anzugeben.

Lärminderungsmaßnahmen:

Die ausgewählten Maßnahmen sollten in der fünften Spalte knapp aber doch so ausführlich beschrieben werden, dass sie auch nach längerer Zeit noch nachvollziehbar sind. Gegebenenfalls kann hier auch die entsprechende Literatur als Quelle angegeben werden.

Ist der Stand der Lärminderungstechnik bereits erfüllt oder sind Maßnahmen nicht bekannt, so sollte in dieser Spalte ein entsprechender Hinweis erfolgen.

Erreichbare(r) Tages-Lärmexpositionspegel/Pegelminderung:

Wurde eine Lärminderungsprognose erstellt, so ist in dieser Spalte der zu erwartende Tages-Lärmexpositionspegel einzutragen. Anstelle des zu erwartenden Tages-Lärmexpositionspegels kann auch eine zu erwartende Grenzwertunterschreitung (z.B. $L_{EX,8h} < 85$) angegeben werden.

Ergänzend oder alternativ kann in dieser Spalte die von der Maßnahme zu erwartende Minderung der Schallemission bzw. bei raumakustischen Maßnahmen die zu erwartende Änderung der Kenngrößen angegeben werden.

• Zu Formblatt 3.1 und 3.2

Die Formblätter 3.1 und 3.2 dienen der Beschreibung der raumakustischen Situation. Für die verbale Beschreibung der räumlichen Verhältnisse ist das Blatt 3.1 vorgesehen. Im Blatt 3.2 lassen sich die durch Messung, Rechnung oder Vergleich mit bekannten Räumen ermittelten raumakustischen Kennwerte zusammenstellen.

Raum- und Dachform:

Sowohl für die Beurteilung der Raumakustik als auch für die Auswahl von Maßnahmen zur Verbesserung der Raumakustik ist die Kenntnis der Raumgeometrie erforderlich. In dieser Zeile sollten z.B. ein vom Rechteck abweichender Grundriss und Dachformen wie z.B. Sheddach beschrieben werden, so dass

sich zusammen mit den Raumabmessungen ein klares Raumbild ergibt.

Raumabmessungen:

Neben den üblichen Raumabmessungen wie Länge, Breite und Höhe können ggf. auch weitere Abmessungen, die sich z.B. durch Querschnitts – oder Höhengsprünge ergeben, eingetragen werden.

Oberflächenbeschaffenheit:

Sowohl zur Berechnung der raumakustischen Kennwerte nach VDI 3760 als auch zur Beurteilung möglicher Verbesserungen der Raumakustik ist die Kenntnis der Oberflächenbeschaffenheit von Wand- und Deckenflächen erforderlich. Es sollten in dieser Rubrik die Baustoffe, wie z.B. Beton, Mauerwerk und Glas (Fenster), genannt werden. Bei schallabsorbierend belegten Flächen sollten neben dem Material möglichst auch die Dicke und der Hersteller angegeben werden.

Weitere Angaben:

Dieser letzte Abschnitt des Blattes 3.1 gibt die Möglichkeit, weitere Angaben zur Raumbeschaffenheit festzuhalten und z.B. auch auf bereits geplante bauliche Veränderungen oder raumakustische Maßnahmen hinzuweisen.

Schallpegelabnahme je Abstandsverdoppelung:

Im ersten Abschnitt des Blattes 3.2 können die Messergebnisse der Schallausbreitungsminderungs-Messung für mehrere Messpfade frequenzabhängig eingetragen werden. Alternativ zu Messergebnissen ist hier auch unter b) die Angabe von berechneten Werten (nach VDI 3760) für die Schallpegelabnahme je Abstandsverdoppelung vorgesehen. Liegen bereits Messwerte aus vergleichbaren Räumen vor, die für den betrachteten Raum übernommen werden sollen, so können diese Ergebnisse unter Punkt c) eingetragen werden.

Mittlerer Schallabsorptionsgrad:

Wird zur Beurteilung der Raumakustik der mittlere Schallabsorptionsgrad herangezogen, so können unter Punkt a) die zur Berechnung nach Sabine erforderlichen Raumdaten und frequenzabhängigen Nachhallzeiten sowie die daraus ermittelten Schallabsorptionsgrade zusammengestellt werden. Alternativ können unter Punkt b) auf der Basis des Absorptionsvermögens der einzelnen Raumbegrenzungsflächen errechnete Schallabsorptionsgrade und unter Punkt c) Messwerte aus vergleichbaren Räumen eingetragen werden. Die einzelnen Verfahren sind im Abschnitt 6 beschrieben.

• Zu Formblatt 4

Im Blatt 4 lassen sich alle wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen, die geplanten Maßnahmen und deren Priorität eintragen. In die Spalten 1 bis 3 sowie 5 und 6 können die entsprechenden Angaben aus den Formblättern 1 und 2 übernommen werden.

Anzahl der Betroffenen

Die Anzahl der von einer Lärminderungsmaßnahme betroffenen Personen (Spalte 4) ist ein wichtiges Entscheidungskriterium bei der Prioritätenfestlegung.

Priorität

Falls viele aufwändige Lärminderungsmaßnahmen erforderlich sind, kann es zweckmäßig sein, die Realisierung der Maßnahmen über einen längeren Zeitraum zu verteilen, so dass eine Prioritäteneinstufung erfolgen muss. Für die Zuordnung einer Priorität ist die 7. Spalte vorgesehen.

Fertigstellungstermin

Da unterschiedliche Lärminderungsmaßnahmen auch innerhalb einer Priorität mit unterschiedlichen Fertigstellungsterminen versehen werden können, ist diese 8. Spalte erforderlich, um hier maßnahmenbezogen die Termine anzugeben.

Geräuschursachen und Lärminderungsmaßnahmen

Halle/Raum:

Datum

erreichbare(r) Tages- Lärmexpositionspegel/ Pegelminderung in dB(A)	
Lärminderungs- maßnahmen ggf. Quellenhinweis	
Geräuschursachen	
Hauptlärmquelle(n)	
Arbeitsplatz (Maschine, Tätigkeit,...)	
Mess- punkt Nr.	

Lärminderungsprogramm

Raumakustik

– Raumbeschreibung –

Halle/Raum:**Datum:**

Raum- und Dachform	
Raumabmessungen (L x B x H) (ggf. weitere Abmessungen)	
Oberflächenbeschaffenheit a) der Wandflächen	
b) der Dach- bzw. Deckenuntersicht	
Weitere Angaben	

Raumakustik

– Raumakustische Kennwerte –

Halle/Raum:

Datum:

Schallpegelabnahme je Abstandsverdopplung ΔL in dB	Messpfad	Oktavbandmittenfrequenz in Hz			
		500	1000	2000	4000
a) Messergebnisse	1 2 3				
b) Berechnung nach VDI 3760					
c) Messwerte aus vergleichbaren Räumen					

Mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$	Kenngröße	Oktavbandmittenfrequenz in Hz			
		500	1000	2000	4000
a) Berechnung aus Nachhallzeit (nur unter bestimmten Voraussetzungen anwendbar) Raumvolumen $V =$ m ³ Raumbereiche $S =$ m ² Nachhallzeit T in Sekunden äquivalente Schallabsorptionsfläche (nach Sabine) $A = 0,163 \cdot V/T$ mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha} = A/S$	T = A = $\bar{\alpha} =$				
b) Betrachtung des Absorptionsvermögens der einzel- nen Raumbegrenzungsflächen $\bar{\alpha} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$	$\bar{\alpha} =$				
c) Messwerte aus vergleichbaren Räumen	$\bar{\alpha} =$				

Prioritätensetzung und Terminplanung

Halle/Raum:

Datum

Messpunkt Nr.	Arbeitsplatz (Maschine, Tätigkeit)	Lärminderungsmaßnahmen/ Kosten	Anzahl der Betroffenen	L _{pCpeak} / L _{EX,9h} in dB	erreichbarer Tages-Lärmexpositionspegel/ Pegelminderung in dB(A)	Priorität	Fertigstellungstermin

Anhang B: Beispiele

Zu Beispiel 1:

In Beispiel 1 wurde ein Lärmreduzierungsprogramm für die Gießerei eines metallverarbeitenden Betriebes erstellt. Die Beurteilungspegel für die vorhandenen Arbeitsplätze wurden durch Schallpegelmessungen ermittelt. Zur Beurteilung der raumakustischen Verhältnisse wurde eine Schallausbreitungsminderungsmessung durchgeführt. Da durch gezielte Lärmreduzierungsmaßnahmen an den Schallquellen für alle Arbeitsplätze die Unterschreitung des 85 dB(A)-Grenzwertes zu erwarten war, wurden jedoch im Rahmen des Lärmreduzierungsprogrammes keine raumakustischen Maßnahmen vorgesehen.

Zu Beispiel 3:

Beispiel 3 beschreibt die Durchführung eines Lärmreduzierungsprogrammes in einer Druckerei. In einer großen Halle werden zwei Rotationstiefdruckmaschinen parallel betrieben. Die Lärmbelastung für die vorhandenen Arbeitsplätze wurde durch stationäre Schallpegelmessungen ermittelt. Die raumakustischen Verhältnisse und die Prognose der möglichen Verbesserung durch eine schallabsorbierende Deckengestaltung wurden durch Berechnung nach VDI 3760 bestimmt.

Zu Beispiel 2:

Im Beispiel 2 wurde ein Lärmreduzierungsprogramm für die Zwirnerei eines Textilbetriebes erstellt. Die Beurteilungspegel für die vorhandenen Arbeitsplätze wurden durch Schallpegelmessungen ermittelt. Die raumakustischen Verhältnisse wurden hier aus dem Vergleich mit ähnlichen Sheddachhallen abgeschätzt. Raumakustische Maßnahmen sollen hier durch die schallabsorbierende Gestaltung von Zwischenwänden berücksichtigt werden.

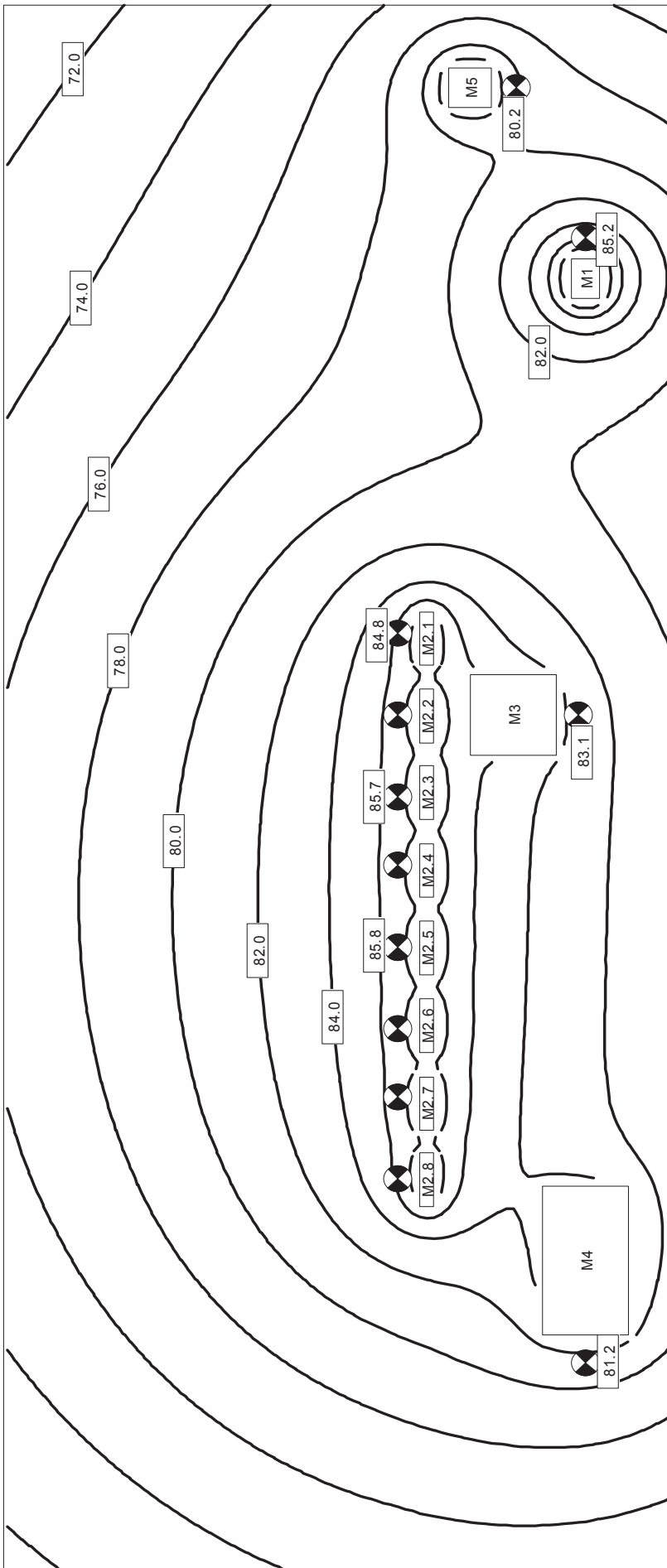
Lärmbelastung an Arbeitsplätzen

(ggf. Hallenbelegungsplan und Schallpegeltopographie als Anlage)

Halle/Raum: Gießerei

Messpunkt Nr.	Arbeitsplatz (Maschine, Tätigkeit,...)	ergänzende Angaben, z.B. Betriebszustand, Fremdgeräusch-angaben, Laufzeit pro Tag	Schalldruckpegel in dB		Genauigkeitsklasse	Lärm-minderungs-programm erforderlich
			L _{EX,sh}	L _{pCpeak}		
1	Blocksäge	Transport und Anschlaggeräusche dominant	85		2	ja
2	8 Schmelzöfen, 3 Arbeitsplätze	hohe Pegel beim Befüllen der Öfen, Anschlaggeräusche	85		2	ja
3	Warmhalteofen	konstantes Dauergeräusch	83		1	nein
4	Drahtstangussanlage	konstantes Dauergeräusch	81		1	nein
5	Waage	Fremdgeräuscheinstrahlung dominant	80		2	nein

Anhang B: Beispiel 1



Schallpegeltopographie

Geräuschursachen und Lärmminderungsmaßnahmen

Halle/Raum: Gießerei

Messpunkt Nr.	Arbeitsplatz (Maschine, Tätigkeit,...)	Hauptärmquelle(n)	Geräuschursachen	Lärmminderungsmaßnahmen ggf. Quellenhinweis	erreichbare(r) Tages-Lärmexpositionspegel/ Pegelminderung in dB(A)
1	Blocksäge	Sägenauslauf - Rollenbahn - Blechruutsche - Palette Luftsteuerung	Anschlag- und Rollgeräusche auf Metall Abluftgeräusche	Gummirollen, Blechruutsche bedämpfen, Palette kapseln Schalldämpfer	< 85
2	Schmelzöfen	Befüllen der Schwingruutschen aus Container	Aufschlagen des Füllgutes in Schwingruutschen	Bedämpfen der Schwingruutschen, alternativ: Materialzufuhr über Transportbänder	< 85

Lärminderungsprogramm

Raumakustik

– Raumbeschreibung –

Halle/Raum: Gießerei

Datum:

Raum- und Dachform	langgestreckte Halle mit offenem Etagensprung in Hallenmitte, Giebeldach mit geringer Neigung
Raumabmessungen (L x B x H) (ggf. weitere Abmessungen)	ca. 100 x 40 x (13-15) m ³
Oberflächenbeschaffenheit a) der Wandflächen	Mauerwerk
b) der Dach- bzw. Deckenuntersicht	Stahltrapezblech
Weitere Angaben	Dachentlüftung durch vertikal angeordnete Klappen über die ganze Hallenlänge

Raumakustik

– Raumakustische Kennwerte –

Halle/Raum: Gießerei

Datum:

Schallpegelabnahme je Abstandsverdopplung ΔL in dB	Messpfad	Oktavbandmittenfrequenz in Hz			
		500	1000	2000	4000
a) Messergebnisse	1	3,2	3,5	3,6	4,3
	2				
	3				
b) Berechnung nach VDI 3760					
c) Messwerte aus vergleichbaren Räumen					

Mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$	Kenngröße	Oktavbandmittenfrequenz in Hz			
		500	1000	2000	4000
a) Berechnung aus Nachhallzeit (nur unter bestimmten Voraussetzungen anwendbar)					
Raumvolumen $V =$ m ³ Raumbereich $S =$ m ² Nachhallzeit T in Sekunden äquivalente Schallabsorptionsfläche (nach Sabine) $A = 0,163 \cdot V/T$	T = A =				
mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha} = A/S$	$\bar{\alpha} =$				
b) Betrachtung des Absorptionsvermögens der einzel- nen Raumbegrenzungsflächen $\bar{\alpha} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$	$\bar{\alpha} =$				
c) Messwerte aus vergleichbaren Räumen	$\bar{\alpha} =$				

Lärminderungsprogramm

Prioritätensetzung und Terminplanung

Halle/Raum Gießerei:

Messpunkt Nr.	Arbeitsplatz (Maschine, Tätigkeit)	Lärminderungsmaßnahmen/ Kosten	Anzahl der Betroffenen	L _{EX,8h} / L _{pCpeak} in dB	erreichbarer Tages-Lärmexpositionspegel/ Pegelminderung in dB(A)	Priorität	Fertigstellungstermin
1	Blocksäge	<ul style="list-style-type: none"> - Stahlrollen am Auslauf ersetzen durch Gummi- oder Kunststoffrollen - Blechrutsche bedämpfen z.B. Bitumen - Sammelpalette kapseln - Schalldämpfer an Luftsteuerung 	2	85	< 85	1	innerhalb von 1 Jahr
2	Schmelzöfen	Bedämpfen der Schwingrutschen oder Materialzufuhr über Transportbänder	3	85	< 85	2	innerhalb von 2 Jahren

Lärmbelastung an Arbeitsplätzen

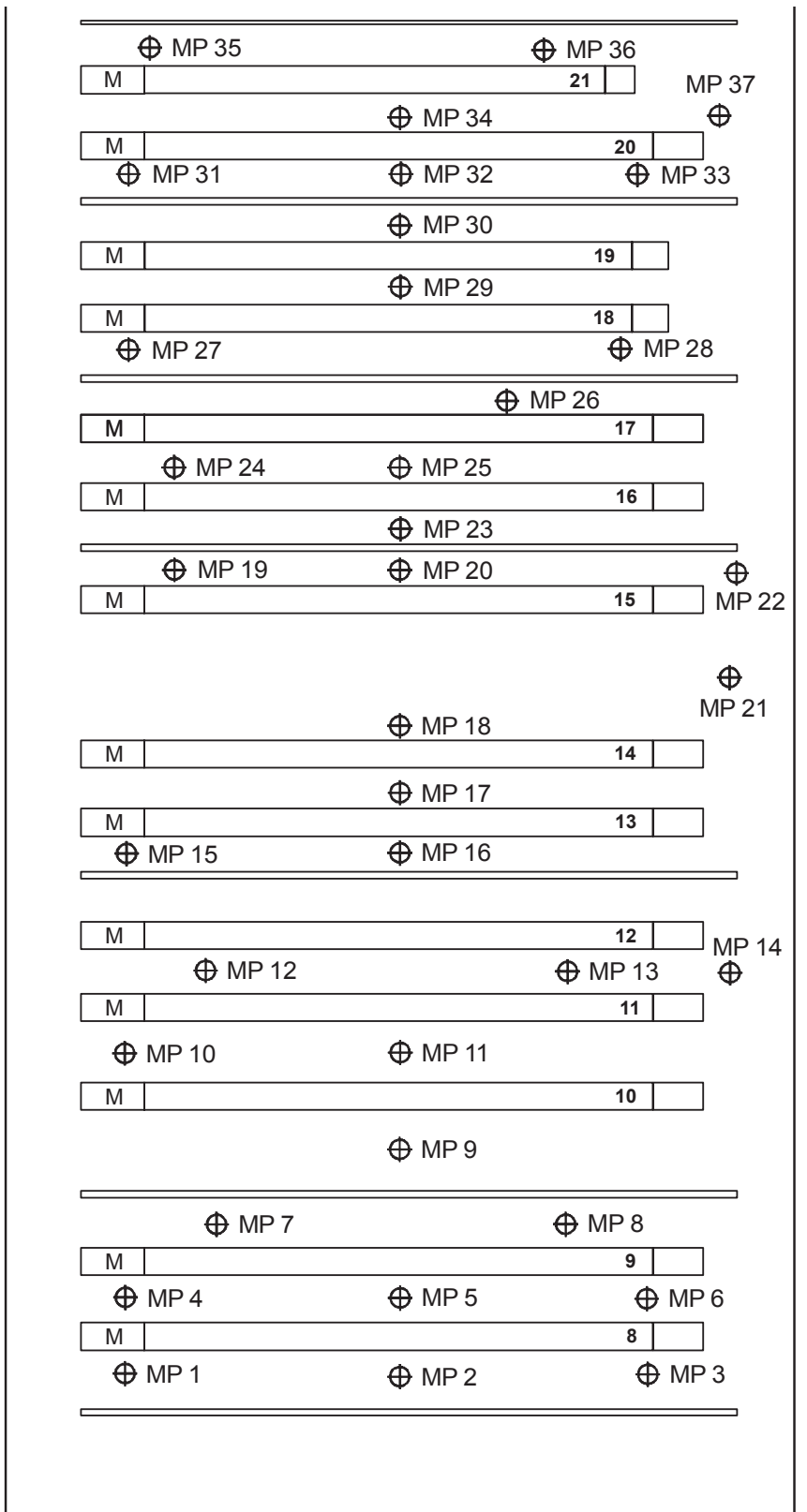
(ggf. Hallenbelegungsplan und Schallpegeltopographie als Anlage)

Halle/Raum: Zwirnerei

Messpunkt Nr.	Arbeitsplatz (Maschine, Tätigkeit,...)	ergänzende Angaben, z.B. Betriebszustand, Fremdgeräuschangaben, Laufzeit pro Tag	Schalldruckpegel in dB		Genauigkeitsklasse	Lärm-minderungsprogramm erforderlich
			L _{EX,8h}	L _{pCpeak}		
1	Maschine Nr. 8, Antrieb 0,5 m Abstand	Spindeldrehzahl 11300 min ⁻¹	90		1	ja
2	Maschine Nr. 8, Antrieb 0,5 m Abstand	Spindeldrehzahl 11300 min ⁻¹	91		1	ja
.
.
.
23	Maschine Nr. 16, Antrieb 0,5 m Abstand	Spindeldrehzahl 11400 min ⁻¹	95		1	ja
.
.
.
34	Maschine Nr. 20, Antrieb 0,5 m Abstand	Spindeldrehzahl 17400 min ⁻¹	102		1	ja

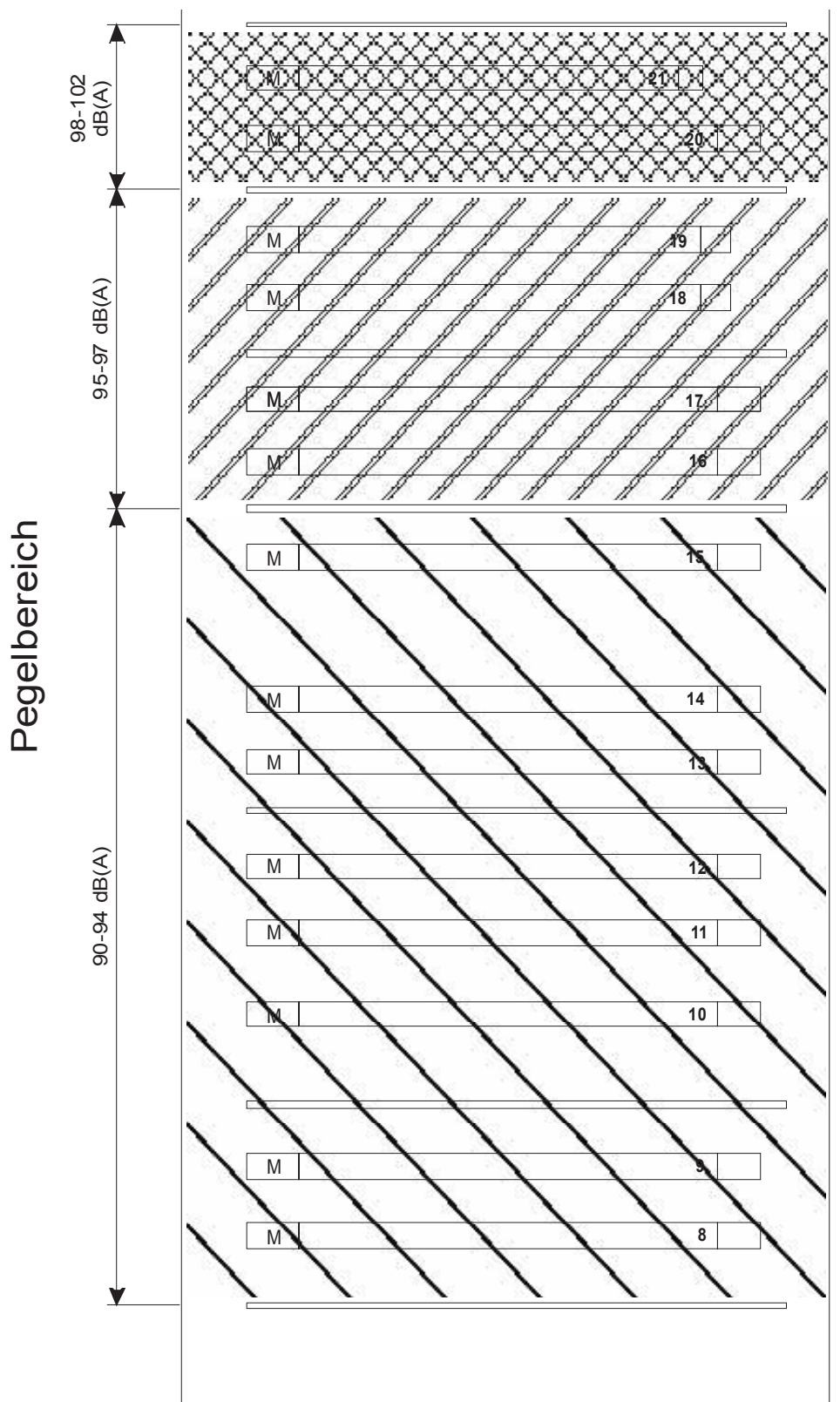
Anlage: – Messpunktskizze
 – Schallpegeltopographie

Messpunktskizze



MP = Messpunkt

Schallpegeltopographie



Geräuschursachen und Lärmminderungsmaßnahmen

Halle/Raum: Zwirnerei

Messpunkt Nr.	Arbeitsplatz (Maschine, Tätigkeit,...)	Hauptlärmquelle(n)	Geräuschursachen	Lärmminderungsmaßnahmen ggf. Quellenhinweis	erreichbare(r) Tages-Lärmexpositionspegel/ Pegelminderung in dB(A)
1	Doppeldraht-Zwirnmaschinen Fa. Volkmann Typ VTS 07	a) Riemenantrieb	vermutlich Ungleichmäßigkeiten und Verschleißmarken auf Riemen und Rollen, Ablagerung von Abrieb,	zu a) und b) 1) Schallabsorbierende Abschirmwand zwischen beiden Spindelreihen	1-2
bis					
37	90 102 dB(A)	b) Spindeln	unvermeidbare Unwucht der Spindeln und Garnhülsen	zusätzlich: 2) Abschirmung des Riemenantriebs und verbesserte Abschirmung des Spindelbereiches	5 und mehr

Raumakustik

– Raumbeschreibung –

Halle/Raum: Zwirnerei

Datum:

Raum- und Dachform	Rechteckiger Grundriss Shed-Dach
Raumabmessungen (L x B x H) (ggf. weitere Abmessungen)	Grundfläche: ca. 85x23 m ² Shed-Dach: Unterkante ca. 3,8 m Oberkante ca. 6 m
Oberflächenbeschaffenheit g) der Wandflächen	Mauerwerk, verputzt
h) der Dach- bzw. Deckenuntersicht	Beton/Glas
weitere Angaben	zusätzliche Raumunterteilungen durch leichte Zwischenwände aus Pressspanplatten und Kunststoffolien (Faserflug)

Raumakustik

– Raumakustische Kennwerte –

Halle/Raum: Zwirnerei

Schallpegelabnahme je Abstandsverdopplung ΔL in dB	Messpfad	Oktavbandmittenfrequenz in Hz			
		500	1000	2000	4000
g) Messergebnisse	1 2 3				
h) Berechnung nach VDI 3760					
i) Messwerte aus vergleichbaren Räumen					ca. 3,5 dB

Mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$	Kenngröße	Oktavbandmittenfrequenz in Hz			
		500	1000	2000	4000
a) Berechnung aus Nachhallzeit (nur unter bestimmten Voraussetzungen anwendbar) Raumvolumen $V =$ m ³ Raumbegrenzungsfläche $S =$ m ² Nachhallzeit T in Sekunden äquivalente Schallabsorptionsfläche (nach Sabine) $A = 0,163 \cdot V/T$ mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha} = A/S$	T = A = $\bar{\alpha} =$				
b) Betrachtung des Absorptionsvermögens der einzel- nen Raumbegrenzungsflächen $\bar{\alpha} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$	$\bar{\alpha} =$				
c) Messwerte aus vergleichbaren Räumen	$\bar{\alpha} =$				ca. 0,25

Prioritätensetzung und Terminplanung

Halle/Raum: Zwirnerei

Messpunkt Nr.	Arbeitsplatz (Maschine, Tätigkeit)	Lärmminderungsmaßnahmen/ Kosten	Anzahl der Betroffenen	LEX,8h / LpCpeak in dB	erreichbarer Tages-Lärmexpositionspegel/ Pegelminderung in dB(A)	Priorität	Fertigstellungstermin
23 bis 30	Maschinen Nr. 16-19	Maßnahmen 1) und 2 nach Blatt 2	insgesamt 18	95 bis 97	ca. 90	1	innerhalb von 2 Jahren
und 31 bis 37	Maschinen Nr. 20-21	Maßnahmen 1) und 2 nach Blatt 2		98 bis 102	ca. 94	2	
1 bis 22	Maschinen Nr. 8-15	Maßnahmen 1) und 2 nach Blatt 2		90 bis 94	< 90	2	innerhalb von 5 Jahren
1 bis 37	Maschinen Nr. 8-21	schallabsorbierende Belegung der Zwischenwände bis auf 1,8 m Höhe; mindestens 30 mm dickes Absorptionsmaterial		90 bis 102	zusätzliche Senkung um ca. 2 dB(A)	2	

Lärmbelastung an Arbeitsplätzen

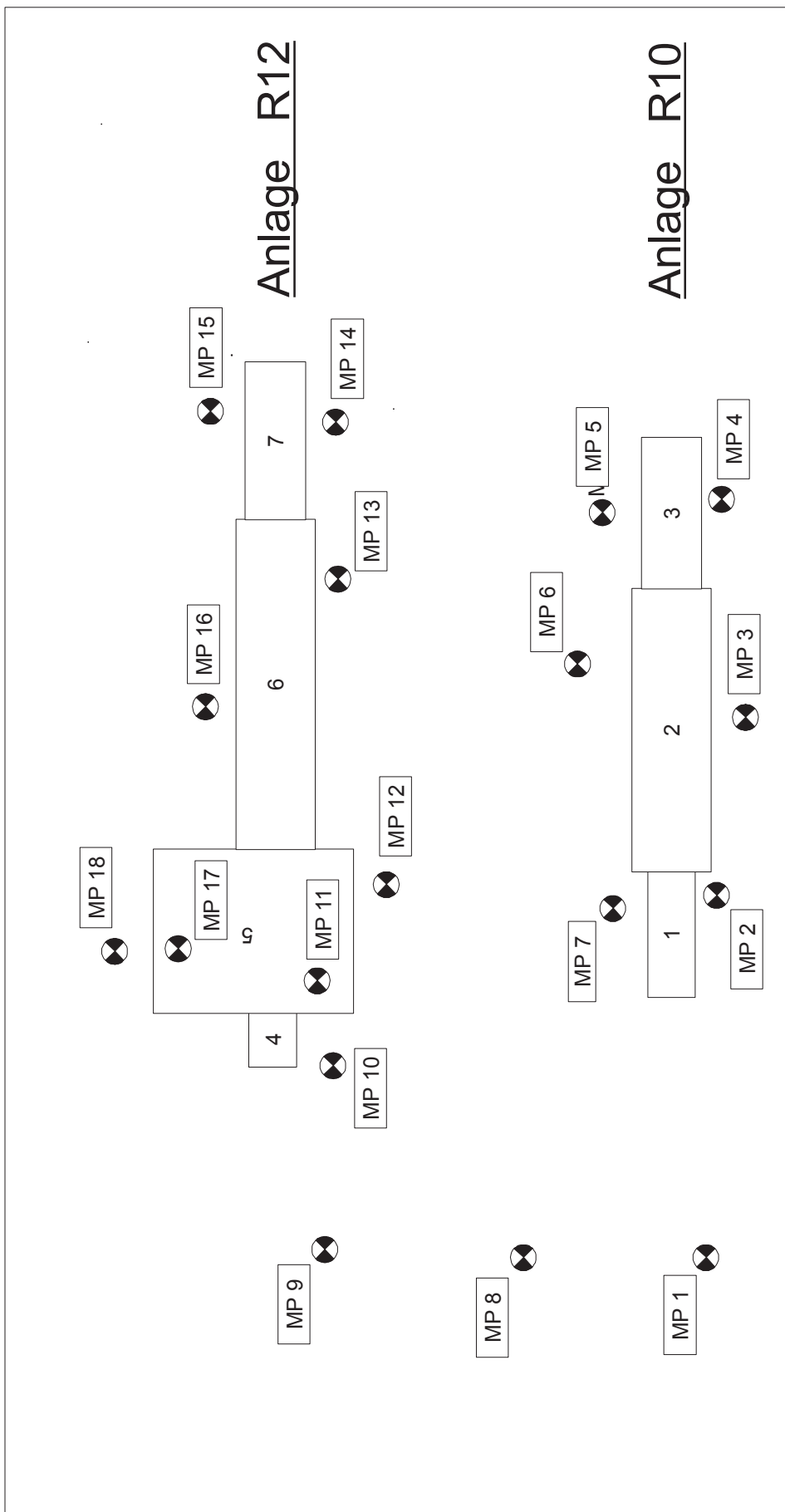
(ggf. Hallenbelegungsplan und Schallpegeltopographie als Anlage)

Halle/Raum: Druckerei/Tiefdruck

Datum

Messpunkt Nr.	Arbeitsplatz (Maschine, Tätigkeit,...)	ergänzende Angaben, z.B. Betriebszustand, Fremdgeräuschangaben, Laufzeit pro Tag	Schalldruckpegel in dB		Genauigkeitsklasse	Lärm-minderungsprogramm erforderlich
			LEX,8h	LpCpeak		
1	Anlage R 10 Verpackung	Messpunkt hinter Abschirmung	85		1	ja
2+7	Anlage R 10 Rotationsstanze	0,5 bzw. 1 m Abstand	88-89		1	ja
3+6	Anlage R 10 Druckwerke	0,5 bzw. 1 m Abstand	86-88		1	ja
4+5	Anlage R 10 Abwicklung	0,5 bzw. 1 m Abstand	89		1	ja
9	Anlage R 12 Verpackung	Messpunkt hinter Abschirmung	83		1	nein
10, 12 +18	Anlage R 12 Rotationsstanze	0,5 bzw. 1 m Abstand zur Kapselung	84-88		1	ja
13+16	Anlage R 12 Druckwerke	1 m Abstand	85-88		1	ja
14+15	Anlage R 12 Abwicklung	0,5 bzw. 1 m Abstand	83-84		1	ja

Messpunktskizze



Geräuschursachen und Lärminderungsmaßnahmen

Halle/Raum: Druckerei/Tiefdruck

Messpunkt Nr.	Arbeitsplatz (Maschine, Tätigkeit,...)	Hauptlärmquelle(n)	Geräuschursachen	Lärminderungsmaßnahmen ggf. Quellenhinweis	erreichbare(r) Tages-Lärmexpositionspegel/ Pegelminderung in dB(A)
1	Anlage R 10 Verpackung	Schalleinstrahlung von Rotationsstanze	siehe MP 2-7	siehe MP 2-7	< 80
2+7	Anlage R 10 Rotationsstanze	Rotationsstanze	Wechselkräfte beim Stanzvorgang	Kapselung	< 85
3+6	Anlage R 10 Druckwerke	Antrieb und Absaugung	Motoren und Anregung der Ventilatorgehäuse	schallabsorbierende Abschirmung (ca. 3 m hoch) entlang der Druckwerke	< 85
4+5	Anlage R 10 Abwicklung	Antriebsmotor	Lagerschaden	Instandsetzung	< 85
10, 12 +18	Anlage R 12 Verpackung	<ul style="list-style-type: none"> - Schalleinstrahlung von Anlage R 10 - Kapselöffnung am Auslauf 	<ul style="list-style-type: none"> siehe oben - Öffnung zu groß und fehlende Schalldämpferstrecke 	<ul style="list-style-type: none"> - siehe oben - Öffnung reduzieren und Schalldämpferstrecke 	< 85
13+16	Anlage R 12 Druckwerke	Antrieb und Absaugung	Motoren und Anregung der Ventilatorgehäuse	schallabsorbierende Abschirmung (ca. 3 m hoch) entlang der Druckwerke	< 85
14+15	Anlage R 12 Abwicklung	Fremdgeräuscheinwirkung		siehe oben	< 85
alle	alle	Reflexionsschall	schallharte Deckenfläche	schallabsorbierende Deckenbelegung ca. 80% über den Druckwerken	zusätzliche Pegelminderung um ca. 3 dB(A)

Lärminderungsprogramm

Raumakustik

– Raumbeschreibung –

Halle/Raum: Druckerei/Tiefdruck

Raum- und Dachform	Sheddachhalle
Raumabmessungen (L x B x H) (ggf. weitere Abmessungen)	48 x 25 x 4/7 m ³
Oberflächenbeschaffenheit j) der Wandflächen	Kalksandsteinmauerwerk
k) der Dach- bzw. Deckenuntersicht	Glas- und Betonflächen
weitere Angaben	

Raumakustik

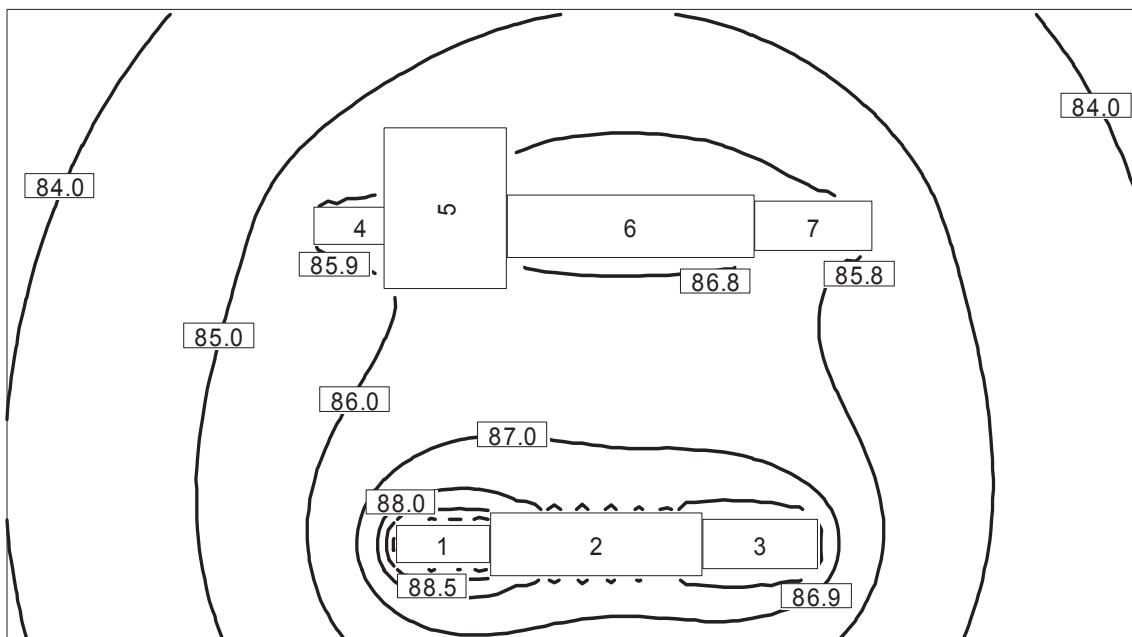
– Raumakustische Kennwerte –

Halle/Raum: Druckerei/Tiefdruck

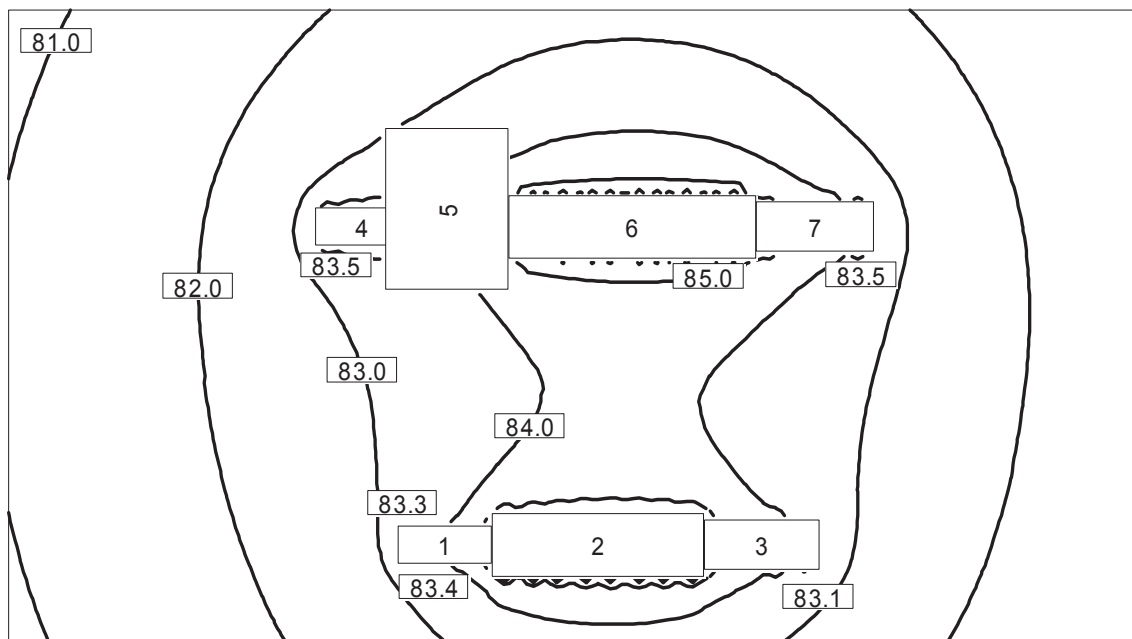
Schallpegelabnahme je Abstandsverdopplung ΔL in dB	Messpfad	Oktavbandmittenfrequenz in Hz			
		500	1000	2000	4000
j) Messergebnisse	1 2 3				
k) Berechnung nach VDI 3760		2,8	2,9	3,0	3,4
l) Messwerte aus vergleichbaren Räumen					

Mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$	Kenngröße	Oktavbandmittenfrequenz in Hz			
		500	1000	2000	4000
a) Berechnung aus Nachhallzeit (nur unter bestimmten Voraussetzungen anwendbar) Raumvolumen $V =$ m ³ Raumberefläche $S =$ m ² Nachhallzeit T in Sekunden äquivalente Schallabsorptionsfläche (nach Sabine) $A = 0,163 \cdot V/T$ mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha} = A/S$	T = A = $\bar{\alpha} =$				
b) Betrachtung des Absorptionsvermögens der einzel- nen Raumbegrenzungsflächen $\bar{\alpha} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$	$\bar{\alpha} =$				
c) Messwerte aus vergleichbaren Räumen	$\bar{\alpha} =$				

Schallpegeltopographien

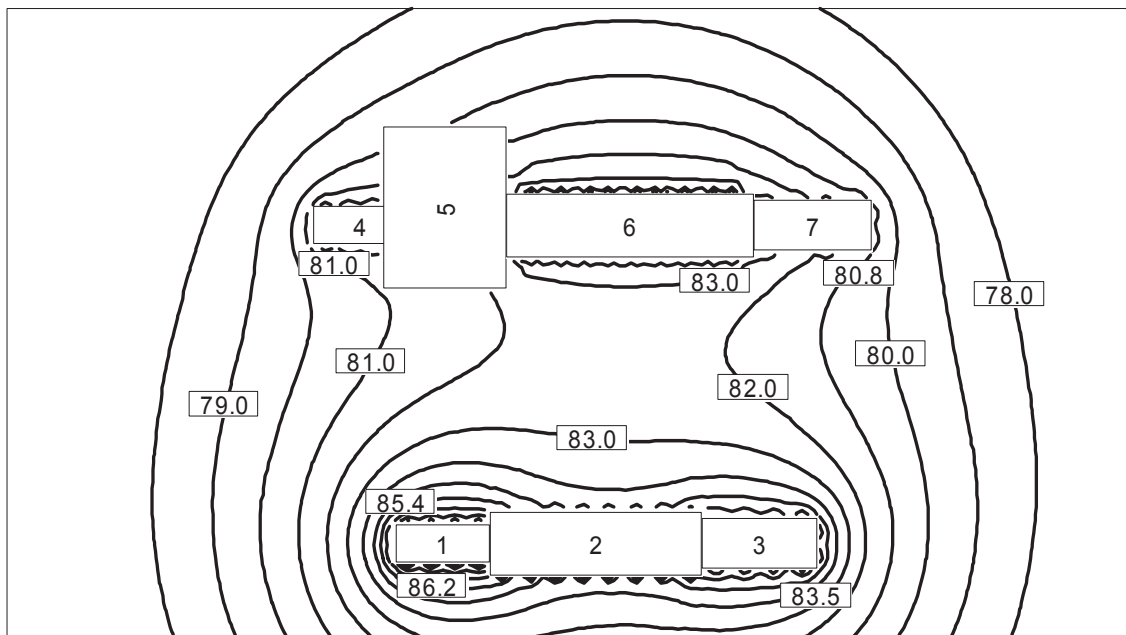


A - gegebene Lärmsituation

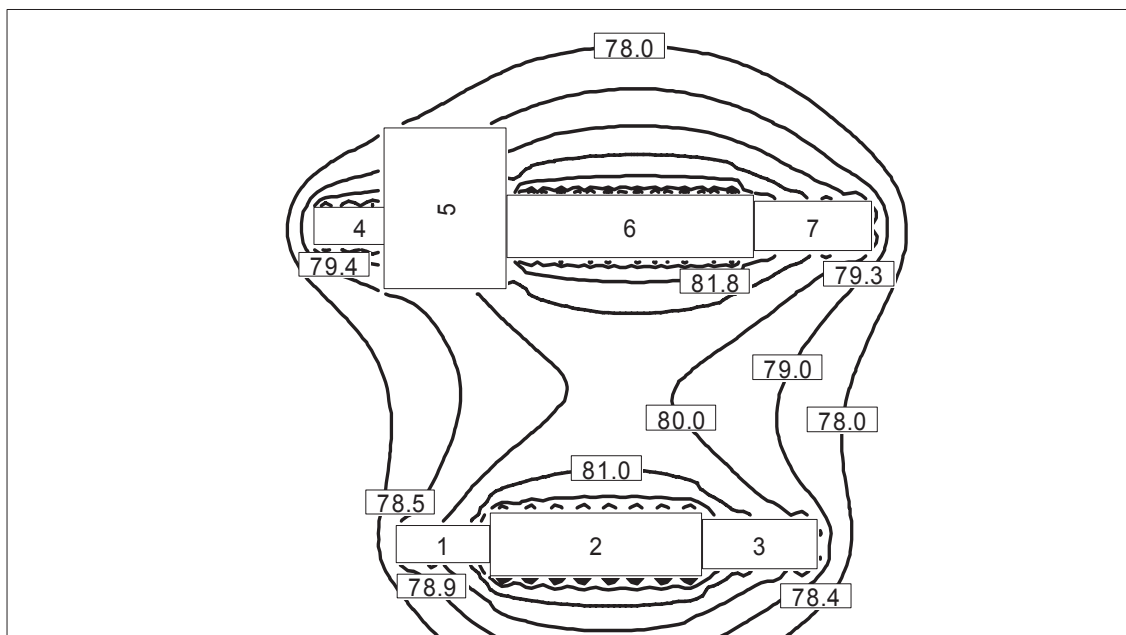


B - Prognose nach Kapselung der Stanze, Reparatur der Abwicklung und Abdichtung der vorhandenen Kapsel

Schallpegeltopographien



C - Prognose mit 80 %iger schallabsorbierender Deckenbelegung



D - Prognose nach Kapselung der Stanze, Reparatur der Abwicklung, Abdichtung der vorhandenen Kapsel und 80 %iger schallabsorbierender Deckenbelegung

Prioritätensetzung und Terminplanung

Halle/Raum: Druckerei/Tiefdruck

Messpunkt Nr.	Arbeitsplatz (Maschine, Tätigkeit)	Lärmminderungsmaßnahmen/ Kosten	Anzahl der Betroffenen	LEX,9h / LpCpeak in dB	erreichbarer Tages-Lärmexpositionspegel/ Pegelminderung in dB(A)	Priorität	Fertigstellungstermin
2+7	Anlage R 10 Rotationsstanze	Kapselung	alle	88-90	< 85	1	innerhalb von 1 Jahr
4+5	Anlage R 10 Abwicklung	Motorinstandsetzung	alle	89	< 85	1	innerhalb von ½ Jahre
10, 12 +18	Anlage R 12 Rotationsstanze	Öffnung am Auslauf reduzieren und Schall-dämpferstrecke anbauen	alle	84-86	< 85	2	innerhalb von 2 Jahren
3+6	Anlage R 10 Druckwerke	Schallabsorbierende Abschirmung	alle	8-88	< 85	3	innerhalb von 2 Jahren
alle	alle	Schallabsorbierende Deckenbelegung	alle	83-89	< 80 / < 85	4	innerhalb von 3 Jahren