

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 114 (1996)
Heft: 45

Artikel: Raumakustik im Industriebau
Autor: Lips, Walter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79076>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Walter Lips, Luzern

Raumakustik im Industriebau

Die Raumakustik ist nach Meinung der meisten Architekten, Planer und auch Bauherren primär für Räume ein Thema, wo eben die Akustik eine Rolle spielt, z.B. Konzert- und Mehrzwecksäle, Kinos usw. Dort soll durch eine entsprechende Gestaltung der Decke und der Wände eine gute Musikakustik oder Sprachverständlichkeit erzielt werden. Arbeitsräume hingegen hätten keinen raumakustischen Anforderungen zu entsprechen. Wie falsch diese Überlegung ist, zeigen die folgenden Ausführungen.

Viele Produktionsräume wirken als Folge der fehlenden schallabsorbierenden Materialien an den Wänden oder der Decke ausgesprochen hallig und dementsprechend auch lärmig. Dieser subjektive Eindruck ist vergleichbar mit einem gutbesetzten Restaurant, wo zu wenig Schallschluckflächen vorhanden sind und je später der Abend, desto höher der Schallpegel liegt. Ist jedoch am Boden ein Teppich verlegt und zudem eine Schallschluckdecke eingebaut, liegt der Grundpegel deutlich tiefer. Ähnlich liegen die Verhältnisse in Produktionsräumen: Durch den Einbau von schallabsorbierenden Materialien werden die Schallreflexionen an den Raumbegrenzungsflächen reduziert und somit der Grundpegel verringert. Solche Massnahmen bezeichnet man allgemein als «raum-

akustische Massnahmen». Durch raumakustische Massnahmen kann nur der indirekte Schallanteil an Arbeitsplätzen beeinflusst werden. Der Direktschallanteil bleibt praktisch unverändert. Dies führt dazu, dass durch solche Massnahmen insbesondere in Arbeitsbereichen, die weiter entfernt von Lärmquellen liegen, mit z.T. deutlichen Schallpegelsenkungen gerechnet werden kann. Wie wichtig diese Überlegungen sind, wird im folgenden gezeigt (Bild 1).

Mess- und Beurteilungsverfahren

Beinahe jeder Akustiker weiss, dass für grössere Räume die Theorie nach Sabine [1], mit der die sogenannten Nachhallzeiten bestimmt werden, nicht stimmt. Da dieses Verfahren keine Rücksicht auf die geometrische Anordnung von schallabsorbierenden Flächen nimmt, können auch keine zuverlässigen Prognosen bezüglich der Schallpegelverteilung in einem Raum aufgestellt werden. Erst der Einzug von leistungsfähigen Kleinrechnern (PC) hat es erlaubt, einen alten Traum der Akustiker in die Praxis umzusetzen. Das Spiegelquellenverfahren, mit dessen Hilfe eine genaue Vorhersage der Schallpegelverteilung möglich ist, liefert die notwendigen theoretischen Berechnungsgrundlagen. Bei dieser Methode werden die möglichen Reflexionen einer Vielzahl von Schallstrahlen verfolgt und berechnet.

Die Beurteilung der raumakustischen Verhältnisse für industrielle Räume erfolgt heute mit Hilfe der Schallausbreitungskurve (SAK). Hierbei handelt es sich um ein Verfahren, wie es in der ISO/DIS 11690-1 (1992) und in der VDI-Richtlinie 3760 (1996) vorgestellt wird. Massgebender Beurteilungsparameter ist die Abnahme des Schalldruckpegels je Abstandsverdoppelung DL2 für den Mittelbereich von 5 bis 16 m. DL2 kann in einem bestehenden Raum mit einem Kugellautsprecher als Schallquelle gemessen oder mit Hilfe eines EDV-Programms für ein Projekt berechnet werden. Ein Beispiel einer Messung und Berechnung zeigt Bild 2.

Was sagt der Gesetzgeber?

Wer die Auffassung vertritt, der Entscheid über den Einbau schallabsorbierender Materialien in einem Fabrikationsraum könne dem Architekten oder gar dem Bauherrn überlassen werden, täuscht sich gewaltig. Einerseits gibt es einen Stand der Baukunst, der als Beurteilungsgrundlage für einen modernen Bau herangezogen werden kann. Über diesen Punkt soll aber hier nicht berichtet werden, obschon eine ganze Reihe von unangenehmen Streitigkeiten belegt, dass offensichtlich zwischen Bauherr und Architekt sehr oft divergierende Ansichten über die Akustik bestehen.

In der Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz (ArGV 3) vom 18. August 1993 wird in Art. 22 (Lärm und Erschütterungen) generell auf Lärmprobleme hingewiesen. In der entsprechenden Wegleitung zur ArGV 3 vom September 1995 werden die raumakustischen Anforderungen festgelegt,



1 Beispiel eines raumakustisch optimal geplanten und ausgeführten Neubaus (Objekt: Neubau Servicehalle, Meyer Waggon AG, Rheinfelden)



2 Beispiel einer Messung und Berechnung zur Bestimmung von DL2. Die Auswertung der Messung (dickere Kurve) ergibt hier $DL2 = 4,0$ dB, das berechnete Ergebnis (dünnere Kurve) beträgt $DL2 = 4,1$ dB. Die dünne, steil abfallende Kurve stellt die theoretische Abnahme des Schalldruckpegels im Freien dar ($DL2 = 6$ dB).

wobei drei verschiedene Möglichkeiten bestehen:

- Der mittlere Schallabsorptionskoeffizient α , muss mindestens 0,25 betragen (berechnet für leere Räume).
- Die Nachhallzeit darf volumenabhängige Maximalwerte nicht überschreiten (berechnet für leere Räume, gemessen für betriebsbereite Räume).
- Die Schalldruckpegelabnahme pro Distanzverdoppelung DL2 muss mindestens 4 dB betragen (berechnet für den betriebsbereiten Raum).
- Nur das Mass DL2 erfasst den Belegungsgrad eines Raumes korrekt. Dies kann unter Umständen zu deutlich abweichenden Berechnungsergebnissen gegenüber den ersten beiden Verfahren führen.

Praktische Lösungen

Grundsätzliche Varianten

Für die Montage von schallabsorbierenden Materialien eignen sich die Decke und die Wände. Bezüglich der Ausführung werden grundsätzlich die Varianten gemäss Bild 3 unterschieden.

Schallabsorptionsmaterialien

Einige Hinweise für die praxisgerechte Anwendung von Schallabsorptionsmaterialien:

• Poröse Materialien

Mit zunehmender Frequenz nimmt das Absorptionsvermögen von porösen Stoffen zu.

• Luftzwischenraum

Wird zwischen Absorptionsmaterial und der dahinterliegenden Wand (oder Decke) ein Luftzwischenraum von einigen Zentimetern angeordnet (Anordnung auf Lattenrost), kann das Absorptionsvermögen im Bereich der tiefen Frequenzen wesentlich verbessert werden (zusätzliche Resonatorwirkung).

• Harte Platten

Harte Platten (z.B. Spanplatten, Sperrholzplatten) haben lediglich im Bereich der tiefen Frequenzen eine Absorptionswirkung. Dies allerdings nur dann, wenn die Schichtdicke weniger als 10 mm beträgt und die Platten auf einem Lattenrost montiert sind.

• Farbanstriche

Farbanstriche könnten das Absorptionsvermögen von schallschluckenden Materialien wesentlich verschlechtern (Vorsicht bei Renovationen!). Mit Vorteil werden nur fabrikmässig eingefärbte Produkte verwendet.

• Ästhetik

Bei der Wahl des Akustikmaterials sollen neben den rein akustischen Eigenschaften auch ästhetische Gesichtspunkte sowie praktische Aspekte (z.B. Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beschädigung, Staub, Feuchtigkeit usw.) berücksichtigt werden.

• Hygienräume

Es gibt Räume, in denen an Akustikmaterialien spezielle Anforderungen gestellt werden müssen (z.B. in der chemischen Industrie, in der Lebensmittelindustrie, in Spitälern). Obschon absorbie-

rende Materialien für solche Räume eine geschlossenzellige Oberfläche aufweisen müssen, können sie trotzdem über sehr gute Absorptionskoeffizienten verfügen. Da europäische Vorschriften für die hygienische Prüfung fehlen, greift man in solchen Fällen auf die amerikanische Norm US FS 209d zurück und verlangt meistens die Klasse 100.

• Bauphysikalische Gesichtspunkte

Es wird vielfach übersehen, dass schallabsorbierende Materialien neben akustischen Eigenschaften auch ein gutes Wärmedämmvermögen aufweisen. Hierdurch können bauphysikalische Schwierigkeiten entstehen, die – wie die Erfahrung zeigt – zu umfangreichen Bauschäden führen können. Werden nämlich Akustikmaterialien direkt an Aussenbauteilen (Wände, Decken) angebracht, wird der sogenannte Taupunkt gegen die Warmseite hin verschoben und gleichzeitig der Wärmedurchgangskoeffizient erhöht. Je nach den Aussen- und den Innenklimadaten ist es nur eine Frage der Zeit, bis die ersten Bauschäden sichtbar werden (Flecken auf den Akustikplatten, Tropfwasser, sich lösende Akustikplatten). Deshalb lautet die Hauptforderung für die Montage von Akustikplatten an Aussenbauteilen: Es muss in jedem Falle eine hinterlüftete Anordnung gewählt werden, d.h., die Raumluft muss zwischen dem Akustikmaterial und dem Aussenbauteil zirkulieren können. Allerdings geht durch diese bauphysikalisch zwingend notwendige Massnahme das Wärmedämmvermögen des Akustikmaterials verloren.

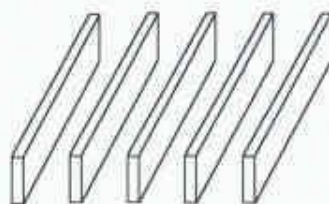
3

Ausführungsbeispiele für Akustikdecken-systeme

- Akustikplatten mit Mineralwolle-Hinterlegung ohne Luftzwischenraum
- Akustikplatten mit Mineralwolle-Hinterlegung, heruntergehängt und hinterlüftet
- Akustikplatten, heruntergehängt und hinterlüftet (z.B. Mineralfaserplatten)
- Bafflein (senkrechte Platten) aus Mineralfaserplatten
- Kompaktabsorber (Zylinder) aus Mineralfaserstoff
- Rasterdecke aus Mineralfaserplatten



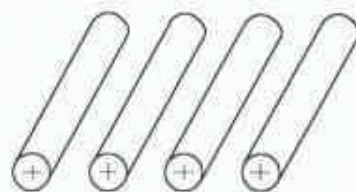
a)



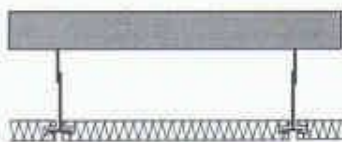
d)



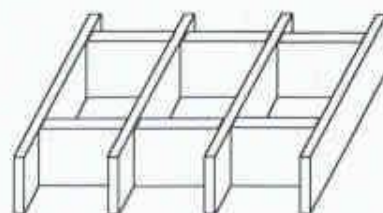
b)



e)



c)



f)

4

Bauart und Wirkung von perforierten Profilblechdächern (Quelle: Sonotec AG, Villmergen)

Kalt Dach

- 1 Montana C-Profil (Dachpfette)
- 2 Swiss Panel SP 28A, 0,80 mm, Stahl verzinkt, im Obergurt gelocht, Lochanteil 20,5%
- 3 Mineralfasermatte 25 mm, Isover Typ FM (25 kg/m³), mit Alu-Dampfsperre 0,05 mm
- 4 Distanzhalterung 100 mm, Z-Profil, 1,50 mm, Stahl verzinkt
- 5 Wärmedämmplatte 75 mm, Flumroc Typ Rollfilz Krepp (25 kg/m³)
- 6 PVC-Aufsteckprofil auf Z-Profil
- 7 Swiss Panel SP 41, 0,70 mm, Stahl verzinkt, bandbeschichtet

Warmdach

- 1 Dachpfette/Träger
- 2 Swiss Panel SP 95A, 1,00 mm, Stahl verzinkt, im Steg gelocht, Lochanteil 25,2%
- 3 Rieselschutz (50 g/m²)
- 4 Akustik-Keil Flumroc Typ 1 (32 kg/m³)
- 5 Dampfsperre Sarnavap 1000, 1,60 mm (300 g/m²)
- 6 Wärmedämmplatte 100 mm (2x50 mm), Flumroc Typ 341 (180 kg/m³)
- 7 Wasserhaut Sarnafil G 21 441, 2,40 mm (2,7 kg/m²)

Planung von Neubauten

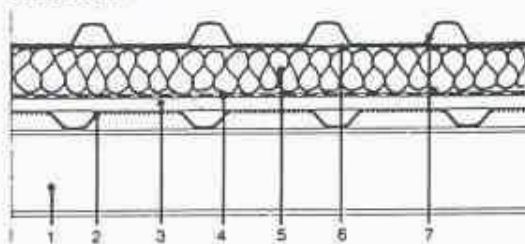
Neben der grossen Palette von herkömmlichen Akustiksystemen gibt es Lösungen, die bereits in der Projektierungsphase gewählt werden müssen, da sie nachträglich nicht mehr realisiert werden können. Die raumakustisch hochwirksamen Lösungen haben gegenüber der klassischen Akustikdecke eindeutige Kostenvorteile (Einsparungen von bis zu 50% sind möglich). Eine Auswahl solcher Systeme soll im folgenden vorgestellt werden.

Profilblechdächer

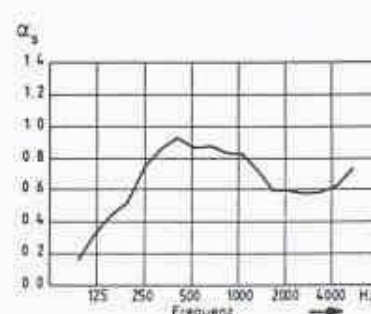
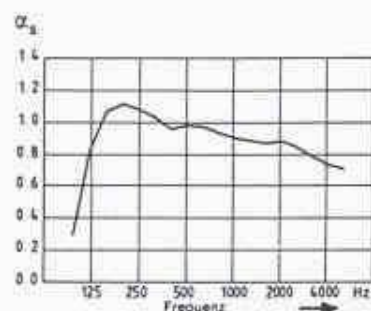
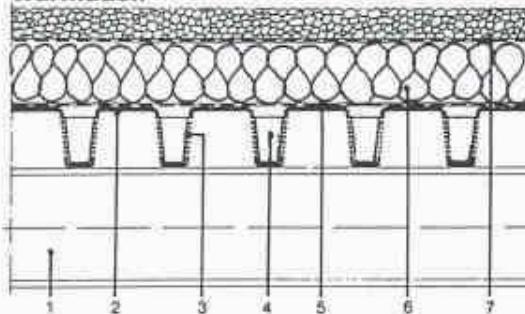
Eine heute sehr weit verbreitete kostenoptimale Bauart für Industriehallen ist eine Stahlkonstruktion mit einem Profilblechdach. Die Wände bestehen meist aus Beton, Mauerwerk, Fenstern oder ebenfalls aus Blech. Solche Räume sind sehr hallig, und der Lärmpegel ist an jeder Stelle praktisch gleich hoch. Es besteht nun die Möglichkeit, werkseitig perforierte Profilbleche als hochwirksame Akustikdecke einzusetzen. Zwei Beispiele einer solchen Konstruktion, die auch als Wandsysteme geliefert werden können, sind zusammen mit den Schallsorptionskoeffizienten in Bild 4 dargestellt. Bild 5 zeigt die praktische Ausführung.

Aus dieser akustisch und bautechnisch überzeugenden Lösung kann eine für die Planung bedeutungsvolle Folgerung gezogen werden: Wird eine Industriehalle mit Profilblechdach geplant, in der im Arbeitsbereich mit erheblichen Lärmemissionen zu rechnen ist, soll ein perforiertes

Kalt Dach



Warmdach



Profilblechdach vorgesehen werden. Ein eindrückliches Beispiel einer stark absorbierenden Wandverkleidung zeigt Bild 6.

Nebenräume

Wenn an die Ästhetik des Raumes keine grossen Ansprüche gestellt wurden (z.B. bei Energieräumen für Heizung, Lüftung, Kälte, Druckluft usw.), hat man früher ein geeignetes Material direkt in die Schalung eingelegt (z.B. Holzwoleleichte-bauplatten). Diese Variante befriedigt aber heute nur noch in seltenen Fällen, da nun deutlich flüssigerer Fertigbeton verwendet wird (der mittels Betonpumpen in die Schalung geleitet wird) und dadurch grössere Probleme auftreten. Auch ein sorgfältiges Abkleben der Platten-Stossfugen allein bietet noch keine Gewähr dafür, dass nicht trotzdem Zement durch die Fugen

auf die Schalungsunterseite dringen kann. Besonders kritisch sind Durchführungen von elektrischen Leitungen durch die Akustikplatten. Aus diesem Grunde soll eine nachträgliche direkte Montage geprüft werden, die in den meisten Fällen keine Mehrkosten verursacht, zu einem ästhetisch befriedigenden Ergebnis führt und bauphysikalisch verantwortbar ist.

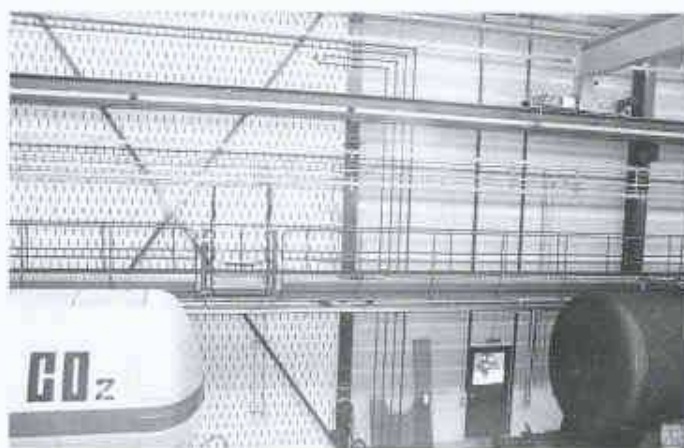
Sanierungen

Der Entscheid, ob eine Halle saniert werden muss oder nicht, soll auf der Grundlage von raumakustischen Messungen gefällt werden. Nur Messungen liefern zuverlässige Resultate für eine Beurteilung. Muss eine raumakustisch unbefriedigende Industriehalle saniert werden, gibt es eine ganze Reihe von Randbedingungen, die sowohl die Materialauswahl als auch die Montageart beeinflussen. Eine kleine Auswahl:

- Die zur Verfügung stehende Montagehöhe ist beschränkt (Raumhöhe, Kranbahn, Lüftung usw.).
- Durch die Tragkonstruktion ist ein festes Rastermass für Akustikplatten vorgegeben.
- Bei Nass- und Hygienräumen sind spezielle Materialien mit kompakter Oberfläche erforderlich.
- Bei Shedbauten mit Lichtbändern stellt sich die Frage, wo das Akustikmaterial angebracht werden kann.
- Die vorhandene Beleuchtungs- und/oder Belüftungsanlage soll nicht verändert werden.



5
Perforiertes Profilblechdach (Objekt: Neubau Servicehalle, Meyer Waggon AG, Rheinfelden)



6

Absorbierende Wandverkleidung. Links: Soundblox-Akustiksteine, rechts: perforiertes Profilblech (Objekt: Neubau Servicehalle Meyer Waggon AG, Rheinfelden)

Aufgrund der Analyse der Randbedingungen lässt sich mit Sicherheit eine Variante für die Sanierung finden, die zu raumakustisch einigermaßen befriedigenden Ergebnissen führt. Je nach Situation wird dies eine der folgenden Varianten sein:

- Glatte, geschlossene Akustikdecke
- Rasterdecke, oben offen
- Kompaktabsorber oder Baffeln

Es ist damit zu rechnen, dass nicht die ganze Deckenfläche mit Absorptionsmaterial belegt werden kann. In solchen Fällen muss geprüft werden, ob die noch fehlenden Absorptionsflächen an den Wänden geschaffen werden können.

Kosten

Wird ein Neubau geplant, ist das Verhältnis zwischen den Aufwendungen für allfällige raumakustische Massnahmen und der Rohbausumme (nur Fabrikationsanteil, ohne Bürogebäude, ohne Maschinen und Anlagen) von Interesse. Die Erfahrung zeigt, dass dieses Verhältnis bei etwa 1 bis 2% liegen wird. Bei grösseren Bauvorhaben lässt man sich vielfach vom bedeutenden Investitionsbedarf (in Franken, nicht in Prozent) für die raumakustischen Massnahmen beeindrucken. Dabei spielt es doch eine wesentliche Rolle, ob beispielsweise ein Schlosserei-Neubau für 1 Mio. Franken oder ein Neubau für die chemische Industrie für 100 Mio. Franken gebaut wird. Im ersten Fall dürften die Aufwendungen für die Raumakustik zwischen Fr. 10 000.- und Fr. 20 000.- liegen, im zweiten Fall im Bereich von 1 bis 2 Mio. Franken!

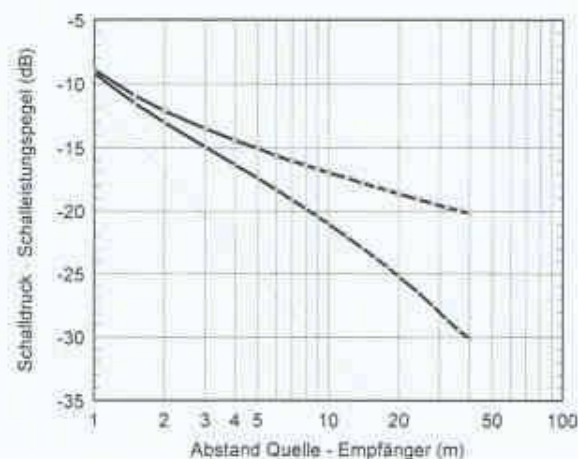
Noch ein Tip zum Thema Kosten: Bei mehreren Firmen eine Offerte einholen, denn ein Kostenvergleich lohnt sich immer. Auch hier gilt: Der Teuerste ist nicht immer der Beste. Bei den offerierten

Systemen soll auch die akustische Wirksamkeit (α -Werte) verglichen werden.

Prognoseverfahren

Eine Prognose der Schallpegelverteilung in einem geplanten oder zu sanierenden Fabrikationsraum kann heute nur noch mit einem leistungsfähigen Berechnungsprogramm mit hoher Genauigkeit erstellt wer-

den. Vorbei sind die Zeiten, als versucht wurde, den Bauherrn mit groben Schätzungen der Nachhallzeiten vom Sinn des Einbaus von Akustikmaterialien zu überzeugen. Das abschliessende Beispiel zeigt, wie gross der Informationsgehalt einer guten Prognose sein kann. Diese beschränkt sich nicht nur auf die eigentlichen raumakustischen Verhältnisse, sondern liefert auch Angaben über die zu erwartende Schallpegelverteilung in einem Raum.

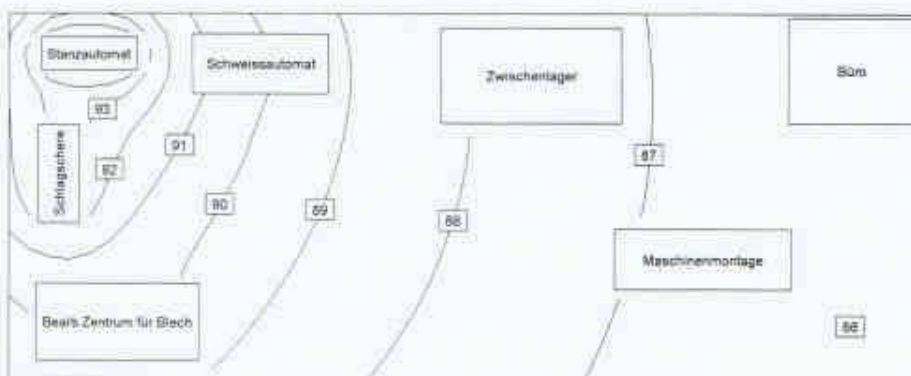


7

Schallausbreitungskurven (SAK) in einem blechverarbeitenden Betrieb mit und ohne Akustikdecke

Obere Kurve: Ohne Akustikdecke (DL2 = 1,8 dB)

Untere Kurve: Mit Akustikdecke (DL2 = 3,9 dB)



8

Schallpegelverteilung ohne Akustikdecke



9

Schallpegelverteilung mit Akustikdecke

Und gerade diese Information kann auch ein Laie interpretieren.

Beispiel

Fabrikationshalle in einem blechverarbeitenden Betrieb mit relativ lärminintensiven Bearbeitungsmaschinen sowie einem praktisch keinen Lärm verursachenden Montagebereich. Länge 45 m, Breite 18 m, Höhe 8 m. Berechnet wird die Schallausbreitungskurve (SAK) für das ursprünglich vorgesehene Projekt mit normaler Profilblechdecke sowie für eine Variante mit einer perforierten Profilblechdecke (Variante Kaldach nach Bild 4). Die Ergebnisse für DL2 sind in Bild 7 dargestellt. Die Prognose für die Schallpegelverteilung ist ohne Akustikdecke in Bild 8, mit Akustikdecke in Bild 9 dargestellt.

Interpretation der Berechnungsergebnisse: Ohne Akustikdecke liegt der Lärmpegel entweder über oder gerade im Grenzbereich der Gehörgefährdung. Beim Einbau der perforierten Profilblechdecke wird der Lärm im Bereich der Bearbeitungsmaschinen erwartungsgemäss nur um 1-3 dB reduziert, während er im Montagebereich um 6-11 dB verringert wird. Dies zeigt sehr deutlich, dass raumakustische Massnahmen in grösseren Abständen zu Lärmquellen sehr wirksam sein können.

Adresse des Verfassers:

Walter Lips, dipl. Masch.-Ing., HTL, dipl. Akustiker SGA, Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva), Bereich Akustik, Fluhmattstrasse 1, 6002 Luzern

Literatur

- [1] Suva-Publikation Nr. 66 008: Industrielle Raumakustik. 1995.
- [2] Suva-Publikation Nr. 66 026: Lärmbekämpfung durch Kapselungen. 1996.
- [3] Suva-Publikation Nr. 66 027: Schalleistung und Abnahmemessungen. 1995.
- [4] Spezialfirmenverzeichnisse der Suva, Nr. 86 021-25 (erscheinen jährlich).
- [5] Lips, W.: Akustik für den Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik. Vorlesung ZTL, 8. Auflage, 1996.

Die Publikationen der Suva können kostenlos angefordert werden.

Erwin Hepperle, Zürich

Bau- und planungsrechtliche Implikationen des Lärmschutzes

Lärmschutz und Nutzungsplanung stehen in einem engen Zusammenhang. Es fehlt denn auch nicht an einschlägigen Bestimmungen, welche die beiden Rechtsgebiete zusammenführen sollen. Die Praxis hat indessen bald einmal gezeigt, dass der vorgegebene grobe Raster ergänzungsbedürftig ist. Aus der bislang ergangenen Rechtsprechung wird allmählich die Richtung erkennbar, wie zugleich problemadäquate als auch rechtskonforme Lösungen gefunden werden können.

Der eine Kristallisationspunkt für die Schwierigkeiten der Rechtsanwendung liegt im Umweltschutzrecht selbst begründet. Hier stehen die besonderen Bestimmungen über den Lärmschutz (Art. 19 ff. des Umweltschutzgesetzes [USG]) in einem gewissen Spannungsverhältnis zu den ebenfalls massgeblichen Artikeln über die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen, über die Bestimmung der Immissionsgrenzwerte und über die Pflicht zur Sanierung bestehender Bauten und Anlagen (Art. 11-18 USG). Die jeweilige Tragweite der Normen ist im Einzelfall nicht unmittelbar aus dem Umweltschutzrecht ablesbar. Sie muss vielmehr problembezogen ausgelotet werden.

Zum andern ergibt sich aus der Notwendigkeit, die Bestrebungen des Um-

weltschutzrechtes und die raumplanungsrechtlichen Anforderungen aufeinander abzustimmen, ein Klärungsbedarf, der über die normativ-abstrakte Betrachtung hinausgeht. Die planerische Beurteilung ist im Lichte der Vielfalt der mit den raumplanerischen Festlegungen verfolgten Ziele vorzunehmen (vgl. Art. 1 und 3 des Raumplanungsgesetzes [RPG]). Wie bei allen räumlichen Fragestellungen erfordern dabei die von Ort zu Ort unterschiedlichen Ausgangslagen vom Recht eine ausreichende Anpassungsfähigkeit, die es mit den bundesrechtlichen Lärmschutzanforderungen zu vereinbaren gilt.

Integration von Lärmschutzanforderungen in die Raumplanung

Zunächst ist für die Festlegung der zulässigen Lärmbelastung von Art. 15 USG auszugehen. Danach ist das Wohlbefinden der Bevölkerung der für die Ermittlung von Lärmimmissionsgrenzwerten massgebliche Bestimmungsfaktor. In der Realität ist diese Grenze keineswegs scharf definiert, wird doch das subjektive Lärmempfinden von zahlreichen psychischen, sozialen und physiologischen Faktoren mitbeeinflusst. Immerhin lassen sich gewisse Aussagen objektivieren:

So wird Lärm je nach der beabsichtigten persönlichen Tätigkeit als unterschiedlich störend wahrgenommen (Schlafen, Erholung und geistiges Arbeiten erzeugen ein erhöhtes Lärmschutzbe-

dürfnis). Dies erlaubt es, örtlich differenzierte, dem Nutzungszweck angepasste Lärmschutzanforderungen in die raumplanerischen Nutzungszuweisungen aufzunehmen. Die in Art. 43/44 der Lärmschutzverordnung (LSV) verbindlich festgelegten und auf die übliche Zonentypisierung abgestimmten Empfindlichkeitsstufen geben hierfür ein allgemein verbindliches, allerdings stark vereinfachtes Zuordnungsschema (vgl. BGE 120 Ib 456 E. 4c S. 461 [Entscheidungen des Schweiz. Bundesgerichts, 120. Band, Teil Ib, S. 456 ff. Erwägung 4c] auf S. 461]).

Im eben zitierten Entscheid hat das Bundesgericht die Anwendungsgrundsätze für die Empfindlichkeitsstufenzuweisung verdeutlicht. Danach gibt Art. 43 Abs. 1 LSV als «generelles Zuordnungs-

Art. 43 LSV: Empfindlichkeitsstufen

¹ In Nutzungszonen nach Artikel 14 ff. des Bundesgesetzes vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung gelten folgende Empfindlichkeitsstufen:

- a. die Empfindlichkeitsstufe I in Zonen mit einem erhöhten Lärmschutzbedürfnis, namentlich in Erholungszonen;
- b. die Empfindlichkeitsstufe II in Zonen, in denen keine störenden Betriebe zugelassen sind, namentlich in Wohnzonen sowie Zonen für öffentliche Bauten und Anlagen;
- c. die Empfindlichkeitsstufe III in Zonen, in denen mässig störende Betriebe zugelassen sind, namentlich in Wohn- und Gewerbezone (Mischzone) sowie Landwirtschaftszonen;
- d. die Empfindlichkeitsstufe IV in Zonen, in denen stark störende Betriebe zugelassen sind, namentlich in Industriezonen.

² Teilen von Nutzungszonen der Empfindlichkeitsstufe I oder II kann die nächst höhere Stufe zugeordnet werden, wenn sie mit Lärm vorbelastet sind.