

Praktischer Umgang mit der der ASR A3.7 bei schalltechnischen Planungen mit Hilfe von Simulationsberechnung

Michael Böhm

DataKustik GmbH, 82205 Gilching, E-Mail: michael.boehm@datakustik.de

Einleitung

Viele praktische Fragestellungen zu Schall oder Lärm in Räumen lassen sich zwei grundlegenden Kategorien zuordnen. Auf der einen Seite gibt es die Lärminderung, wo es in industriell genutzten Hallen oder Werkstätten hohe Pegel zu reduzieren gilt, um die Beeinträchtigung der Sicherheit und Gesundheit durch Lärmeinwirkung zu vermeiden. In diesem Bereich wird die Lärmbelastung direkt durch Bestimmung von Pegeln am Arbeitsplatz erfasst und beurteilt.

Auf der anderen Seite gibt es im Bereich niedriger Pegel die Zielsetzung arbeitsförderliche akustische Bedingungen herzustellen. Hier gilt es beispielsweise in Büros gute Voraussetzungen für konzentriertes Arbeiten zu schaffen oder Anforderungen an die Sprachkommunikation innerhalb des eigenen Teams oder zu fremden Arbeitsbereichen einzuhalten. Zur Sicherstellung von Konzentrations- oder kommunikationsbezogenen Bedingungen werden in der Regel raumakustische Kenngrößen herangezogen. Statt direkt die Pegel an den Arbeitsplätzen zu messen oder zu berechnen, wird indirekt die akustische Qualität des Raumes aus Kenngrößen wie räumlicher Abklingrate, Nachhallzeiten, mittleren Absorptionsgraden oder dem Sprachtransmissionsindex STI abgeleitet.

Sowohl für die direkte Beurteilung über Pegel als auch für die indirekte Beurteilung über raumakustische Kenngrößen können im Bestand stets Messungen zur Ermittlung der jeweiligen Parameter durchgeführt werden. Diese Möglichkeit besteht im Planungsfall nicht. Hier muss berechnet werden. Unabhängig vom konkret verwendeten Berechnungsverfahren gilt, dass der Zug ungebremst in Richtung der kompletten dreidimensionalen Modellierung fährt. Für viele Hersteller von Maschinen und Anlagen ist es schon jetzt eine Selbstverständlichkeit für Ihre Produkte komplette geometrisch definierte Modelldateien vorzuhalten. Für die Erstellung eines zur Lärmberechnung geeigneten Modells müssen die akustisch relevanten Strukturen berücksichtigt und mit den akustischen Produktparametern wie Absorptions- und Streugraden sowie Schalldämmmaßen versehen sein.

Modellierung von Maschinen

Wenn zur Lärminderung Prognoseberechnungen für maschinenbestückte Hallen durchgeführt werden, sind Informationen über die Schallemissionen essenziell. Von den Herstellern werden gemäß Maschinenrichtlinie 2006/42/EG Angaben zum Schalleistungspegel L_{WA} und dem sog. Emissions-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L_{PA} bereitgestellt. Von den eingesetzten Softwaretools wird programmtechnisch sichergestellt, dass sich der Emissionsschalldruckpegel am Arbeitsplatz auch bei einer

entsprechenden Berechnung ohne Berücksichtigung der Raumrückwirkung – also im Halbfreifeld - ergibt, und zwar unabhängig vom Detailgrad des akustischen Maschinenmodells [1].

Sprachtransmissionsindex STI

Mit dem Speech-Transmission-Index STI, mit dem eigentlich die Übertragungsqualität von Sprache zwischen einer Sprecher- und einer Hörerposition quantifiziert wird, kann bei Voraussetzung der situationsbedingt zutreffenden Emission an den Sprecherpositionen die Verstehbarkeit von Sprache an jedem einzelnen Arbeitsplatz beurteilt werden. Da der STI die Verringerung der Modulationstiefe aufgrund des Nachhalls im Raum unter Einbeziehung der Verdeckung bei lauten und der Hörschwelle bei leisen Geräuschen sowie aufgrund verdeckender Hintergrundgeräusche beschreibt, ist er das richtige Maß, um Fragen der potentiellen Störung durch Sprachschall aber auch der Sicherstellung eines angenehmen akustischen Klimas für entspannte Unterhaltung beantworten zu können. Genauso ist der STI aber auch geeignet, im industriellen Bereich und hohen Hintergrundgeräuschpegeln die Sprachkommunikation zwischen Personen zu bewerten. Der Einfluss des Abstands zwischen Sprecher und Zuhörer - also vereinfacht gesprochen ob sich der Zuhörer im Nahfeld des Sprechers befindet oder weiter weg im Diffusfeld - wird bei der Bestimmung des STI durch das Sprachsignal-zu-Hintergrundgeräuschpegelverhältnis und die Berücksichtigung der Raumrückwirkung durch Auswertung der Echogramme am Zuhörerort automatisch korrekt berücksichtigt [2].

Anwendungsbereich und Zielsetzungen der ASR

Technischen Regeln für Arbeitsstätten (kurz ASR)[3] konkretisieren die Anforderungen der Verordnung über Arbeitsstätten.

Zielstellung ist die Reduzierung der Schalldruckpegel in Arbeitsstätten und an Arbeitsplätzen in Arbeitsräumen. Erwähnenswert ist, dass die ASR äquivalente Dauerschallpegel von mehr als 80 dBA ausschließt, da diese von der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung abgedeckt werden.

Die ASR macht in erster Instanz konkrete Vorgaben zu maximal zulässigen Pegeln je nach Tätigkeitskategorie. Hier wird also ganz klar auf die direkte Beurteilung der Lärmsituation durch Vorgaben zu Pegeln am Arbeitsplatz abgezielt - und zwar jeweils im konkreten Fall in der Arbeitsstätte unter Beachtung der dortigen speziellen Lärmsituation.

Die Einhaltung dieser Pegel-Vorgaben und die Wirkung verschiedener akustischer Optimierungsmaßnahmen wird anhand des konkreten Planungsbeispiels einer kleinen Werkstatt in Grundzügen erläutert. Die ASR bezieht sich auf Beurteilungspegel, die sich aus den äquivalenten Dauerschallpegeln durch Addition von Impulszuschlag sowie Ton-/ Informationshaltigkeitszuschlag ergeben. Entsprechende Zuschläge sind in den nachfolgend gezeigten Pegelwerten bereits enthalten.

Planungsbeispiel kleine Werkstatt

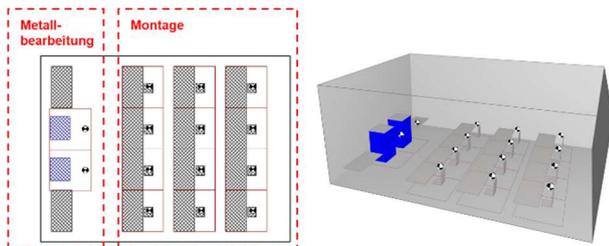


Abbildung 1: 2D-Draufsicht und 3D-Ansicht des Planungsbeispiels einer kleinen Werkstatt mit Arbeitsbereichen für Metallbearbeitung und Montage.

Die in Abbildung 1 in der 2D-Draufsicht und 3D-Ansicht dargestellte kleine Werkstatt hat Raumabmessungen von 12x9x5m und besteht aus 2 Teilbereichen. Im linken Teilbereich finden Metall-Umformungsarbeiten an den in blau eingefärbten Maschinen statt. Die dort durchgeführten Tätigkeiten fallen in die Tätigkeitskategorie 3 der ASR „geringe Konzentration oder geringe Sprachverständlichkeit“ – hier gibt es keine maximalen Pegel – es gilt aber die Pegel zu minimieren. Die nicht durchgehend laufenden Maschinen haben im zeitlichen Mittel über die Arbeitszeit eine Schallleistung von je 88 dBA.

Im rechten Teil der Werkstatt befinden sich Montagearbeitsplätze, bei denen in feinmotorischer Arbeit mit ausgeprägter Auge-Hand-Koordination Teile zusammengesetzt werden. Diese Tätigkeiten fallen in die Kategorie 2 „mittlere Konzentration oder mittlere Sprachverständlichkeit“ der ASR, so dass der maximal zulässige Beurteilungspegel 70 dBA beträgt.

Der Übersichtlichkeit halber werden in den nachfolgend gezeigten Planungsszenarien zwei Arbeitsplätze herausgegriffen und die dort berechneten Pegel exemplarisch dargestellt. In einer vollständigen schalltechnischen Planung würden in gleicher Weise die Pegel an allen Arbeitsplätzen tabellarisch aufgeführt.

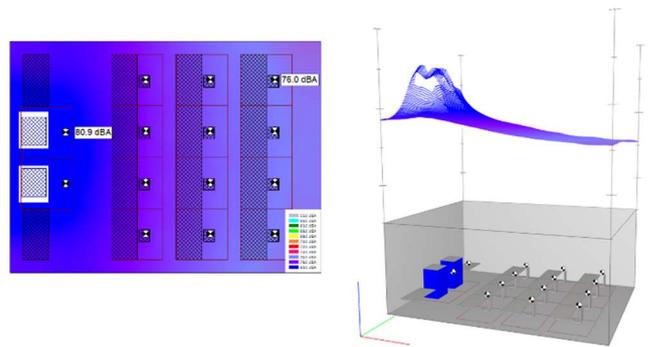


Abbildung 2: Rasterlärnkarte in der 2D-Draufsicht und 3D-Rastergebirge in der Variante ohne raumakustische Maßnahmen.

In der in Abbildung 2 gezeigten ersten Planungsvariante sind keine raumakustischen Maßnahmen vorgesehen. Alle Flächen sind schallhart. Nicht allzu verwunderlich ist es, dass es dann in der gesamten Werkstatt ziemlich laut ist. Sowohl in der Rasterlärnkarte in der 2D-Draufsicht links in Abbildung 2, als auch im 3D-Rastergebirge (rechts in Abbildung 2), wird dies auch anhand der Pegelverteilung verdeutlicht. Erwartungsgemäß ergibt sich für den Maschinenarbeitsplatz ein hoher Pegel von etwa 81 dBA. Am Montagearbeitsplatz in der hintersten Reihe ist es mit 76 dBA noch lauter, als gemäß ASR zulässig.

Bei hohen Pegeln wird als erste Maßnahme oft eine Akustikdecke in Betracht gezogen. Im Planungsbeispiel wirkt sich eine vollflächige Akustikdecke wie in nachfolgender Abbildung dargestellt aus:

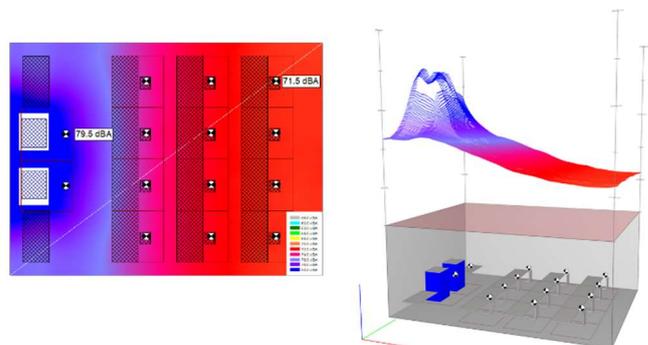


Abbildung 3: Rasterlärnkarte in der 2D-Draufsicht und 3D-Rastergebirge in der Variante mit Akustikdecke

Nahe an der Quelle kann der Pegel um etwa 1,5 dBA auf 79,5 dBA etwas reduziert werden – weiter weg am Montagearbeitsplatz ist die Pegelminderung mit 4,5 dBA auf dann 71,5 dBA aber deutlich ausgeprägter. Dieser Effekt ist typisch: Die Akustikdecke absorbiert die Schallenergie im ganzen Raum, mindert den Schall bei Reflexionen an der Decke und „schwächt den Nachhall“. Unabhängig vom reduzierten Nachhall ist der vom Direktschall der Quelle erzeugte Beitrag zum Gesamtpegel in erster Linie abhängig vom Abstand zur Quelle, sofern sich keine abschirmenden Elemente im Raum. Folglich ist die mit einer Akustikdecke erreichbare Pegelminderung in quellfernen Bereichen stärker ausgeprägt als in Quellnähe.

Im Planungsbeispiel sind im Montagebereich die Anforderungen der ASR auch mit Akustikdecke nicht eingehalten. Eine weitere Pegelminderung kann mit entsprechend positionierten und ausreichend großen Schallschirmen erreicht werden. Wie in Abbildung 4 dargestellt ist im Planungsbeispiel der Schirmungseffekt einer ca. 2 m hohen Trennwand in eingezeichneter Position auf die Beurteilungspegel und insbesondere auch die Pegelverteilung im Raum deutlich erkennbar.

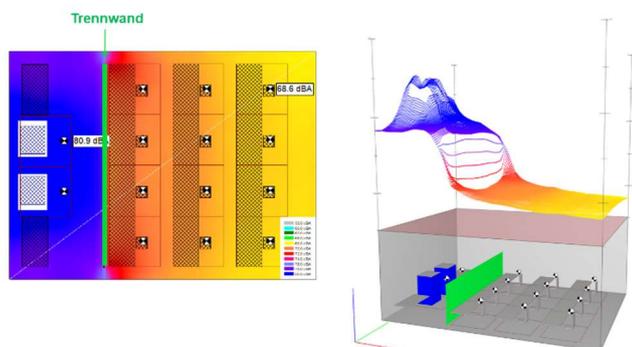


Abbildung 4: Rasterlärnkarte in der 2D-Draufsicht und 3D-Rastergebirge in der Variante mit Akustikdecke und Trennwand

Wird die hier Abbildung 4 grün dargestellte schallharte Trennwand zwischen die Arbeitsbereiche gestellt, kann im Montagebereich eine deutliche Absenkung der Pegel von über 7 dBA gegenüber dem schallharten Fall ohne Maßnahmen erreicht werden. Am ausgewählten Montagearbeitsplatz wäre die Anforderung der ASR mit einem Pegel von 68,6 dBA erfüllt. Für den Maschinenarbeitsplatz hätte eine solche Trennwand aber eine pegelerhöhende Wirkung durch die Reflexion an der quellzugewandten Seite der Trennwand. Diesem Effekt könnte durch eine schallabsorbierende Verkleidung des Schirmes abgemildert werden.

Es sei an dieser Stelle auch erwähnt, dass Größe und Position von Schirmen oft Restriktionen durch die eigentliche Raumnutzung unterliegen und nicht ausschließlich nach akustischen Gesichtspunkten ausgelegt werden können. Neben designbedingten rein ästhetischen Vorbehalten gilt es oft Sichtbeziehungen, Beleuchtungs- und Belüftungsaspekte zu berücksichtigen oder Mindestbreiten für Lauf- und Transportwege einzuhalten, so dass die im Planungsbeispiel erzielte Pegelminderung im Montagebereich eher das obere Ende des Realisierbaren darstellt.

Generell gilt, dass die prognostizierten Pegel und die Wirksamkeit der akustischen Maßnahmen an den Arbeitsplätzen stark von Raumgeometrie, Quellverteilung und Position der Arbeitsplätze und damit vom konkreten Einzelfall abhängen. Mit den heute zur Verfügung stehenden Softwaretools (z.B. [5]) ist es jedoch möglich, für jeden konkreten Fall ein entsprechendes Berechnungsmodell zu erstellen und die Wirkung der akustischen Maßnahmen und die Einhaltung der Anforderungen der ASR im Einzelfall zu prüfen.

Ausblick

Die Tätigkeitskategorie 2 der ASR wird mit „mittlere Konzentration und mittlere Sprachverständlichkeit“ tituliert.

Mit den nunmehr verfügbaren Simulationstechniken eröffnen sich neben den Pegelberechnungen völlig neue Möglichkeiten zur Prognose und zur Beurteilung der Sprachverständlichkeit – auch für die vergleichsweise laute Bereiche wie den Montagebereich aus dem Planungsbeispiel. Mit dem Konzept der STI-Matrix [4] wird für jedes Paar Sprecher-Hörer die Sprachübertragung bestimmt – also im Montagebereich insgesamt 11 mal 12 gleich 132 Paare. Hierbei wird die Raumrückwirkung, also der Nachhall des Raumes für jedes Paar genauso mit berücksichtigt wie der Abstand zwischen Sprecher und Zuhörer sowie der Hintergrundpegel Montagebereich – so dass solide Basis für eine tiefgehende Analyse der Sprachkommunikation vorhanden ist.

Literatur

- [1] Probst F., Probst W.: Neue Techniken bei der computergestützten Planung von Lärminderungsmaßnahmen für maschinenbestückte Arbeitsstätten. Tagungsband DAGA 2015, S. 1346-1349
- [2] Probst W., Böhm M.: Die Anwendung des Speech Transmission Index (STI) zur Beurteilung von Sprachgeräuschen. Lärmbekämpfung Bd. 12 (2017) Nr. 2 – März
- [3] Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.7, Gemeinsames Ministerialblatt, Herausgeber BMIBH, Nr. 24 vom 18.05.2018
- [4] Probst W., Böhm M.: Die STI-Matrix – ein Verfahren zur Beurteilung von Restaurants, Büros und anderen Aufenthaltsräumen. Lärmbekämpfung Bd. 13 (2018) Nr. 2 – März
- [5] CadnaR, URL: <http://www.datakustik.com/>