

Genauigkeit bei der Messung des Emissions-Schalldruckpegels von Maschinen

W. Probst

**Forschung
Projekt F 1970**

**Forschung
Projekt F 1970**

W. Probst

**Genauigkeit bei der Messung des
Emissions-Schalldruckpegels von Maschinen
– Anwendung der Normen ISO 11201,
ISO 11202 und ISO 11204**

Dortmund/Berlin/Dresden 2008

Diese Veröffentlichung ist der Abschlussbericht zum Projekt „Spezielle Probleme bei der Geräuschemissionsmessung von Maschinen – Umgebungskorrektur für die Bestimmung des Emissionsschalldruckpegels“ – Projekt F 1970 – im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei dem Autor.

Autor: Dr. rer. nat. Wolfgang Probst
ACCON GmbH, München
Ingenieurbüro für Schall- und Schwingungstechnik
Gewerbering 5, 86926 Greifenberg

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, 44149 Dortmund
Telefon: 0231 9071-0
Telefax: 0231 9071-2454
E-Mail: poststelle@buaa.bund.de
Internet: www.buaa.de

Berlin:
Nöldnerstr. 40-42, 10317 Berlin
Telefon: 030 51548-0
Telefax: 030 51548-4170

Dresden:
Proschhübelstr. 8, 01099 Dresden
Telefon: 0351 5639-50
Telefax: 0351 5639-5210

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.
Aus Gründen des Umweltschutzes wurde diese Schrift auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

ISBN 978-3-88261-090-1

Inhaltsverzeichnis

Kurzreferat		5
Abstract		6
Résumé		7
1	Einleitung und Aufgabenstellung	8
1.1	Die Kennwerte Schalleistungspegel und Emissions-Schalldruckpegel	8
1.2	Die „Short Term Revision“ der Reihe ISO 11200	10
1.3	Aufgabenstellung	13
2	Untersuchungen mit einer Modellmaschine	14
2.1	Aufbau und akustische Eigenschaften der Modellmaschine	14
2.2	Schallabstrahlung und „wahre“ Emissionskennwerte	15
2.3	Die Aufstellungsvarianten	18
2.4	Anwendung der ISO 11201	23
2.4.1	Beurteilung nach der Entwurfsvorlage Mai 2007	24
2.4.2	Beurteilung nach der Entwurfsvorlage 2006	26
2.5	Anwendung ISO 11202	30
2.5.1	ISO 11202, Anhang 1	30
2.5.2	ISO 11202, Anhang A.2	35
2.6	Anwendung ISO 11204	43
2.6.1	Allgemeines	43
2.6.2	ISO 11204, Anhang A.2	45
3	Messung und Auswertung von Bearbeitungsmaschinen	59
3.1	Allgemein	59
3.2	Lamellenstanzmaschine	62
3.2.1	Allgemeine Beschreibung	62
3.2.2	Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels nach ISO 11204	64
3.2.3	Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels nach ISO 11201	65
3.2.4	Anwendung ISO 11202	67
3.2.5	Zusammenfassung und Analyse der Untersuchungen an der Lamellenstanze	70
3.3	Hydraulische Schlagschere	71
3.3.1	Allgemeine Beschreibung	71
3.3.2	Anwendung ISO 11204	73
3.3.3	Anwendung ISO 11201	73
3.3.4	Anwendung ISO 11202	74

3.3.5	Zusammenfassung und Analyse der Untersuchungen an der hydraulischen Schlagschere	76
3.4	CNC-Lochstanmaschine	78
3.4.1	Allgemeine Beschreibung	78
3.4.2	Anwendung ISO 11204	80
3.4.3	Anwendung ISO 11201	81
3.4.4	Anwendung ISO 11202	82
3.4.5	Zusammenfassung und Analyse der Untersuchungen an der CNC-Lochstanze	83
4	Überprüfung der Entwürfe nach „Short Term Revision“ mit früheren Messungen	85
5	Die Verwendung der Geräuschemissionskennwerte im Planungsfalle	88
5.1	Die Bestimmung der Pegel im Raum aus den Emissionskennwerten	88
5.2	Die optimale schalltechnische Information durch den Maschinenhersteller	89
6	Literatur	95
Anhang	Detaillierte Auswertungen zu den Messungen an Modellmaschinen und realen Maschinen	98

Genauigkeit bei der Messung des Emissions-Schalldruckpegels von Maschinen – Anwendung der Normen ISO 11201, ISO 11202 und ISO 11204

Kurzreferat

Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin in Auftrag gegebenen Forschungsvorhabens wurde untersucht, ob die Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels nach den Normen ISO 11201, ISO 11202 und ISO 11204 durch die im Rahmen einer „Short Term Revision“ vorgesehenen Änderungen zu einer verbesserten Genauigkeit führt.

Diese Änderungen betreffen im Wesentlichen die Einbeziehung und Berücksichtigung einer nicht gleichförmigen Geräuschabstrahlung von Maschinen. In früheren Untersuchungen war festgestellt worden, dass sich trotz strenger Anwendung der derzeit gültigen Normen erhebliche und mit der zugeordneten Genauigkeitsklasse nicht mehr abgedeckte Abweichungen ergeben können, wenn Maschinen in Richtung des Arbeitsplatzes weniger Schall abstrahlen als im Mittel aller Richtungen.

Durch die Notwendigkeit der zumindest näherungsweise Berücksichtigung der Richtwirkung ergibt sich notwendigerweise ein gewisser Mehraufwand. Es sollte nun geprüft werden, ob dieser Mehraufwand erforderlich ist und insbesondere ob er zur angestrebten Verbesserung führt.

Hierzu wurde eine „Modellmaschine“ gebaut, deren Abstrahlung sowohl gerichtet wie auch ungerichtet eingestellt werden kann. Für die Zwecke der Untersuchung wurde jeder der 12 Punkte auf einer Umfangslinie alternativ als zugeordneter Arbeitsplatz betrachtet. Mit einer Messung im Freifeld ohne Raumeinfluss wurden die „wahren“ Schalldruckpegel an diesen Punkten bestimmt. Nun wurde die Modellmaschine nacheinander in 3 unterschiedliche Räume gebracht und es wurde an jedem der 12 Punkte – getrennt für die Betriebszustände gerichtete und ungerichtete Abstrahlung – der Emissions-Schalldruckpegel nach den Normvorlagen Stand 2007 bestimmt. Die Differenz zum o. g. „wahren“ Wert ergibt dann die Abweichung, die mit den Anforderungen der jeweiligen Genauigkeitsklasse zu vergleichen sind.

Die Ergebnisse zeigen, dass die nunmehr eingeführten Änderungen zwingend erforderlich waren. Ohne Berücksichtigung dieser Verbesserungen ergeben sich teilweise extrem hohe Abweichungen, die keinesfalls mit der jeweils zugeordneten Genauigkeitsklasse abgedeckt sind. Diese Untersuchung zeigt, dass die vorgeschlagenen Verbesserungen hervorragend „funktionieren“ und somit die erforderlichen Genauigkeiten erreicht werden.

Ähnliche Untersuchungen wurden dann mit realen Maschinen im üblichen industriellen Umfeld durchgeführt. Da mit diesen Maschinen – einer Lamellenstanze, einer hydraulischen Schlagschere und einer CNC-Lochstanzmaschine – ein Betrieb unter Freifeld- oder Laborbedingungen nicht möglich war, erfolgte der Vergleich der nach ISO 11201 und ISO 11202 mit den nach der genaueren ISO 11204 bestimmten Werten. Auch diese Untersuchung bestätigt einwandfrei, dass die nunmehr vorgeschlagenen Verbesserungen der Normen zwar notwendig, aber auch ausreichend sind, um die erforderlichen Genauigkeiten sicherzustellen.

Schlagwörter:

Emissions-Schalldruckpegel, ISO 11200 Reihe, Short Term Revision

Uncertainties of Emission Sound Pressure Levels measured according to ISO 11201, ISO 11202 and ISO 11204

Abstract

Modifications for the standards ISO 11201, ISO 11202 and ISO 11204 have been proposed in the frame of a short term revision to remove some shortcomings detected in former research projects. With this project financed by the Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAuA) these modifications should be applied and tested.

One of the main modifications is the inclusion of the directivity of the radiation towards the work place, because one of the most important findings was that the environmental influence at measuring points with negative directivity index is by far larger than that determined by ISO 11202: 1995 – even the application of ISO 11201:1995 led to emission sound pressure levels that deviate more than any limit set by the relevant grade of the measurement.

This inclusion of the directivity of radiation makes the measurement more complex and more time consuming. It was therefore the aim of this project to investigate if this more expenditure is justified by more accurate results and if the complete modification according to this “short term revision” is necessary.

To get reproducible results a model machine was built that is transportable and can be adjusted to radiation with and without directivity. All 12 points located on a circumferential line around the model machine in a distance 1 m were alternatively regarded as the specified positions where the emission sound pressure level has to be determined. The “true values” have been determined by a measurement outside with “perfect” free field conditions. By repeating the measurement in 3 rooms with different environmental conditions and subtracting the true value from the emission sound pressure levels determined by using the revised standards the deviations were detected and could be compared with those defined by the relevant grade of accuracy.

These investigations showed, that the proposed modifications of the standards are absolutely necessary, but nevertheless sufficient to ensure an overall accuracy in line with the relevant grade.

In a further test series real machines in their industrial environment have been measured. These machines were a punching machine for blades, hydraulic scissors for metal sheets and a CNC-punching machine. Because it was not possible to move these machines and measure with perfect free field conditions, the most exact measurements according to ISO 11204 were taken as reference and the other results were related to them. This investigation led to the same result as that with the model machine – the proposed modifications are not only necessary, but also sufficient to ensure the necessary accuracy.

Key words:

Emission sound pressure level, ISO 11200 series, short term revision

La précision de mesure du niveau de pression acoustique d'émission suivant les normes ISO 11201, ISO 11202 et ISO 11204

Résumé

Le projet financé par l'Institut fédéral de la Sécurité et de la Santé de l'Allemagne (Federal Institute for Occupational Safety and Health, Dortmund) a investigué si la précision de mesure du niveau de pression acoustique d'émission suivant les normes ISO 11201, ISO 11202 et ISO 11204 est améliorée par des modifications proposées dans une révision intermédiaire de ces normes.

Ces modifications concernent principalement la considération d'une émission asymétrique des machines. Dans les expertises anciennes on a constaté que - malgré d'une application stricte des normes existantes - des différences graves peuvent résulter qui ne correspondent pas avec la classe de précision attribuée par les normes. Ces différences augmentent si la machine rayonne moins de bruit vers la direction d'un poste de travail comme dans toutes les autres directions en moyenne. La nécessité de considérer la directivité des machines, au moins de manière rapprochée, cause une dépense supplémentaire. L'objectif du projet était de vérifier si cette dépense est indispensable et si la précision est améliorée aussi.

Une maquette d'une machine était construite donnant un rayonnement réglable entre des façons d'émission directionnelle ou omnidirectionnelle. Dans le projet actuel chacun des 12 points sur une circonférence peut être considéré comme le poste de travail concerné. Par chacun des points le "vrai" niveau de pression acoustique en champs libre était mesuré. Ensuite, la machine était transférée dans trois salles différentes ou - toujours pour les façons d'émission directionnelle et omnidirectionnelle - le niveau de pression acoustique d'émission était mesuré selon les procédures normatives, datées 2007. La différence entre le niveau mesuré et le "vrai" niveau est comparée avec les exigences pour chaque classe de précision.

Les résultats prouvent que les modifications proposées sont absolument nécessaire. Sans considération de ces points d'amélioration des différences énormes résultent qui ne respectent pas en tous cas les critères de la classe de précision concernée. Le projet démontre que les modifications proposées "fonctionnent" et que la précision requise est accomplie.

De plus, des investigations étaient exécutées avec des machines réelles dans des situations industrielles. Parce que le mesurage avec ces machines - un poinçon à lamelles, des cisailles hydrauliques et une stance à poinçonnage CNC - n'était pas possible en champs libre ou en laboratoire les valeurs obtenus appliquant les normes ISO 11201 et ISO 11202 sont comparés avec les valeurs appliquant la norme ISO 11204 qui donne une précision plus haute. Cette vérification prouvent aussi que les modifications proposées de ces normes sont nécessaires, mais aussi suffisantes pour assurer les niveaux de précision requis.

Mots clés:

Construction réduisant l'émission sonore, protection antibruit secondaire

1 Einleitung und Aufgabenstellung

1.1 Die Kennwerte Schalleistungspegel und Emissions-Schall- druckpegel

Die beiden wichtigsten Geräuschemissions-Kennwerte für Maschinen sind der Schalleistungspegel¹ L_W und der Emissions-Schall-
druckpegel L_p .

Beide Kennwerte sind für Maschinen erforderlich, wenn im Planungsfalle beurteilt werden soll, welcher Schalldruckpegel an beliebigen Arbeitsplätzen in einem Raum bei Betrieb dieser Maschinen zu erwarten ist. Während der Schalleistungspegel als Ausgangsgröße zur Berechnung des Schallpegels in größeren Abständen erforderlich ist, liefert der Emissions-Schall-
druckpegel den von einer Maschine verursachten Direktschallanteil an dem ihr zugeordneten Arbeitsplatz.

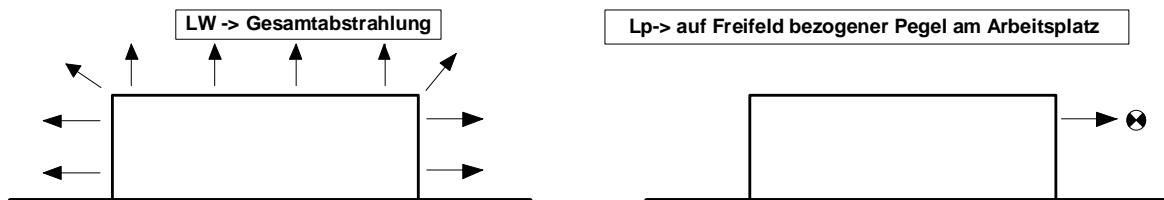


Abb. 1.1 Die beiden Kenngrößen Schalleistungspegel L_W und Emissions-Schall-
druckpegel L_p

Der Schalleistungspegel L_W ist ein Maß für den von der Maschine insgesamt – also in alle Richtungen – abgestrahlten Schall. Er kann indirekt über die Messung der Schalldruckpegel auf einer gedachten, die Maschine umschließenden Hüllfläche bestimmt werden. Hat diese den Flächeninhalt S und ist \bar{L} der mittlere auf dieser Hüllfläche festgestellte Schalldruckpegel, dann ergibt sich der Schalleistungspegel aus

$$L_W = \bar{L} + 10 \lg \left(\frac{S}{S_0} \right) \text{ dB} \quad (1.1)$$

wobei $S_0 = 1 \text{ m}^2$ die Bezugsfläche ist.

Wird die Quelle mit einem Schalleistungspegel L_W in einen Raum gebracht, der in akustischer Hinsicht durch eine äquivalente Absorptionsfläche A gekennzeichnet ist, so erhöht sich der mittlere Schalldruckpegel auf der Hüllfläche S um den Wert

$$\Delta L = 10 \lg \left(1 + \frac{4S}{A} \right) \text{ dB} \quad (1.2)$$

¹ Das Wort „Schalleistungspegel“ wird hier und im Folgenden als Abkürzung für den „Pegel der Abwerteten Schalleistung“ verwendet

Damit kann umgekehrt aus dem bei Betrieb der Maschine in einem Raum auf der Hüllfläche gemessenen Schalldruckpegel \bar{L}' leicht der Schalleistungspegel bestimmt werden. Im ersten Schritt wird hierzu zur Bereinigung des Messwerts vom Raumeinfluss der nach (1.2) bestimmte Korrekturwert – in diesem Falle nach Norm mit K_2 bezeichnet – abgezogen und dann mit (1.1) der Schalleistungspegel berechnet.

Der Emissions-Schalldruckpegel L_p ist der von der Maschine am festgelegten Ort – in der Regel ist dies der zugeordnete Arbeitsplatz des Bedieners – direkt verursachte Schalldruckpegel. Er kann somit auch direkt und ohne weitere Umrechnung durch Messung an dieser Stelle bestimmt werden.

Der Emissions-Schalldruckpegel ist als zusätzlicher Kennwert erforderlich, weil der von einer Maschine an einer beliebigen Stelle verursachte Schalldruckpegel nur dann aus dem Schalleistungspegel berechnet werden kann, wenn der Abstand zur Maschine groß ist – beim direkt zugeordneten Arbeitsplatz ist dies in der Regel nicht der Fall. Der Pegel kann durch die spezielle Anordnung von geräuschrelevanten Komponenten wie Materialzuführung, Ventilen oder Antrieben unmittelbar vor dem Bedienplatz erheblich und nicht vorhersagbar vom vorgenannten mittleren Pegel L auf der gedachten Hüllfläche abweichen. Diese Abweichung wird – bei Annahme eines Betriebs der Maschine im Freien oder einer sonstigen die Abstrahlung nicht beeinflussenden Messumgebung - im Folgenden als Richtwirkungsindex $D_{1,op}$ bezeichnet. Wird die Maschine in einem Raum betrieben, der den mittleren Schalldruckpegel auf der gedachten Hüllfläche gemäß (1.2) von \bar{L} auf \bar{L}' erhöht, dann unterscheidet sich dort der Schalldruckpegel L'_p von diesem mittleren Schallpegel \bar{L}' um den sogenannten scheinbaren Richtwirkungsindex $D^*_{1,op}$.

Wird die Maschine, die bei Betrieb im Freien am zugeordneten Arbeitsplatz den Schalldruckpegel L_p verursacht, wiederum in einem Raum mit der äquivalenten Absorptionsfläche A betrieben, so erhöht sich dieser Schalldruckpegel um

$$\Delta L = -10 \lg \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{A}{4S}} \cdot 10^{-0,1 \cdot D^*_{1,op}} \right) \text{ dB} \quad (1.3)$$

Obwohl der Emissions-Schalldruckpegel als ein im Freifeld nach Abb. 1.1 direkt mit dem Schallpegelmessgerät bestimmbarer Wert wesentlich einfacher vermittelbar ist als der Schalleistungspegel, ist seine Bestimmung beim Betrieb der Maschine in einem Raum durch die erforderliche Bereinigung des gemessenen Schalldruckpegels vom Raumeinfluss eher schwieriger zu verstehen. Der vom Raum verursachte Pegelzuschlag, der beim Abzug von dem im Raum gemessenen Schalldruckpegel als Umgebungskorrektur K_3 bezeichnet wird, hängt nach (1.3) in ähnlicher Weise wie die Korrektur des mittleren Messflächenpegels nach (1.2) von der Absorptionsfläche des Raumes ab – allerdings zusätzlich vom scheinbaren Richtwirkungsindex $D^*_{1,op}$.

Um diesen scheinbaren Richtwirkungsindex zu bestimmen, muss neben dem Schalldruckpegel am festgelegten Arbeitsplatz zusätzlich der mittlere Schalldruckpegel auf der gesamten die Maschine umhüllenden Messfläche ermittelt werden. Damit ergibt sich – nur um den Schalldruckpegel an einem Punkt vom Raumeinfluss bereinigen

zu können – derselbe Messaufwand wie bei der Bestimmung des gesamten Schallleistungspegels.

Dieser in vielen Fällen als unakzeptabel empfundene Aufwand ließ es zweckmäßig erscheinen, beim Vorliegen bestimmter Umgebungsbedingungen neben der vollständigen Messung nach ISO 11204 auch vereinfachte Methoden zu entwickeln und in Normen festzulegen. Diese vom gemessenen Schalldruckpegel am Arbeitsplatz ausgehenden Näherungsverfahren sind in ISO 11201 und ISO 11202 behandelt.

1.2 Die „Short Term Revision“ der Reihe ISO 11200

Im Laufe einer 10-jährigen Erfahrung mit diesen Normen hat sich allerdings aufgrund von festgestellten Mängeln der Bedarf einer Überarbeitung ergeben. Sie betreffen im Wesentlichen folgende Sachverhalte:

- die Anwendung der vereinfachten Verfahren kann bei Vorliegen bestimmter Bedingungen (z. B. abgeschirmte Quellbereiche, gerichtete Abstrahlung weg vom Arbeitsplatz) zu größeren Fehlern führen, als dies der zugrunde liegenden Genauigkeitsklasse entspricht
- die Normenreihe enthält kein Verfahren der Genauigkeitsklasse 1, welches als Referenzverfahren dringend erforderlich ist
- das Konzept nach GUM /1/ soll in den Normen eingeführt werden – es ist in der Reihe ISO 11200 von 1996 noch nicht umgesetzt
- das in ISO 11204 beschriebene genaue Verfahren ist in vielen Fällen nicht anwendbar, weil das Argument einer Logarithmusfunktion in der Bestimmungsformel für die Umgebungskorrektur K_3 negativ wird

Aus diesen Gründen wurde in der WG 28 von ISO TC 43 / SC 1 die Überarbeitung der wichtigsten Normen ISO 11201, ISO 11202 und ISO 11204 beschlossen. Im Rahmen einer „Short Term Revision“, für die der Autor als Projektleiter verantwortlich zeichnet, sollten die Normen im o. g. Sinne verbessert und im Hinblick auf die Anwendung flexibler gestaltet werden.

Das mit diesem Bericht abgeschlossene Projekt diene flankierend zu diesem Normvorhaben dazu, die geplanten Veränderungen durch geeignete Untersuchungen zu unterstützen und somit ein technisch-wissenschaftliches Fundament dafür zu schaffen.

Allerdings ergab sich dabei das Problem, dass sich die Arbeiten an den Normen über den vorgesehenen Endtermin dieses Projekts hinstreckten und somit im Grunde ein früherer, im Folgenden dann noch modifizierter Stand dieser Normentwürfe zugrunde gelegt wurde. Selbst zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts werden aufgrund von Wünschen und Beschlüssen von WG 28 noch Änderungen an den vorliegenden Normentwürfen vorgenommen.

Dies entwertet zwar nicht die hier mitgeteilten Untersuchungen und Ergebnisse. Es sei nur angemerkt, dass einige der angewendeten Algorithmen und Diagramme in den letztlich verabschiedeten Normen nicht enthalten sein werden. Dies ist in einigen Fällen sogar eine Folge der hier berichteten Ergebnisse, weil diese die Entscheidung für eine erforderliche Modifizierung nahe gelegt und unterstützt haben.

Im Folgenden eine kurze Beschreibung der wesentlichen Merkmale der genannten Normen:

ISO 11201

Im Unterschied zu den anderen Normen der Reihe ISO 11200 wird nach dieser Norm eine Umgebungskorrektur vernachlässigt – sie kann also nur angewendet werden, wenn der Umgebungseinfluss vernachlässigbar klein ist. Dies sind schallabsorbierend ausgestattete Laborräume, absorbierend ausgestattete oder/und sehr große Werkshallen oder große freie Flächen im Außenbereich.

Die zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts wesentlichen Änderungen:

Mit der ISO 11201 werden Freifeldbedingungen vorausgesetzt und vorhandene Umgebungseinflüsse werden als so gering betrachtet, dass sie im Rahmen der noch akzeptablen Fehler vernachlässigt werden können. Da diese Umgebungseinflüsse stets zu positiven Abweichungen führen, sind die durch Nichtanwendung einer Korrektur entstehenden Unsicherheiten systematisch und somit mit dem Konzept nach GUM eigentlich nicht verträglich. Nach GUM sind systematische Fehler zu korrigieren (Umgebungskorrekturen somit anzuwenden) und nur statistische Abweichungen durch entsprechende Standardabweichungen zu beschreiben.

Das Konzept der ISO 11201 – direkte Verwendung des Messwerts ohne Korrektur – ist somit streng genommen nur mit dem „alten“ Konzept der Genauigkeitsklassen verträglich.

Mit der „Short Term Revision“ von ISO 11201 wird auf das GUM Konzept und damit auf gleitende Unsicherheiten – die wiederum mit der statistischen Fehlerberechnung nach GUM ermittelt werden – übergeleitet. Im Hinblick auf das alte Konzept der Genauigkeitsklassen sind somit neben der im günstigsten Fall erreichbaren Genauigkeitsklasse stets auch die Genauigkeitsklassen mit geringeren Ansprüchen nach derselben Norm möglich.

In ISO 11201 wird eine Referenzmethode nach Genauigkeitsklasse 1 bzw. mit einer Vergleichsstandardabweichung kleiner als 0,5 dB eingeführt. Diese Messung ist im hochabsorbierend ausgestatteten Laborraum mit akustischen Bedingungen entsprechend ISO 3745 oder im Freien mit einer ausreichend großen reflektierenden Bodenfläche möglich, wenn sich keine reflektierenden Objekte in der Nähe befinden. In der Norm mussten diese Anforderungen selbstverständlich weitergehend quantifiziert und durch überprüfbare Rahmenbedingungen umgesetzt werden.

Wenn diese der Genauigkeitsklasse 1 entsprechenden Anforderungen nicht erfüllt sind und dennoch nach ISO 11201 – also ohne Anwendung einer Umgebungskorrektur – vorgegangen wird, so entspricht das Ergebnis eben der nächst höheren Genauigkeitsklasse 2.

Aufgrund von Einwänden gegen die ersten Entwürfe der überarbeiteten ISO 11201 wurde letztlich darauf verzichtet, bei der Messung nach Genauigkeitsklasse 2 in Räumen den scheinbaren auf den Arbeitsplatz bezogenen Richtwirkungsindex durch eine vereinfachte messtechnische Bestimmung desselben einzubeziehen. Damit sollten ursprünglich die Fälle ausgeschlossen werden, in denen trotz einer geringen akustischen Raumrückwirkung – abgesichert durch die Anforderung eines $K_2 < 2$ dB – aufgrund eines relativ zur Gesamtabstrahlung sehr niedrigen Emissions-Schalldruckpegels bzw. eines negativen auf den Arbeitsplatz bezogenen Richtwirkungsindex ein großer Zuschlag K_3 und somit aufgrund dessen Vernachlässigung ein mit der Genauigkeitsklasse 2 nicht verträglicher großer Fehler entsteht. Stattdessen

wird die Qualifizierung durch den Messenden akzeptiert, dass die Abstrahlung nicht vom Arbeitsplatz weg oder nach oben gerichtet erfolgt. In der mit diesem Bericht beschriebenen Untersuchung ist noch der genannte ursprüngliche Entwurf angewendet.

ISO 11202

Ebenfalls im Unterschied zu den anderen Normen der Reihe ISO 11200 wird nach ISO 11202 der Umgebungseinfluss zwar bestimmt und durch Abzug einer entsprechenden Korrektur auch angewendet – diese Korrektur wird aber unter Ausnutzung von Vorwissen über die Schallabstrahlung nach vereinfachten Näherungsmethoden bestimmt.

Nach dem neuen Konzept sind zwei Methoden zur Bestimmung der Umgebungskorrektur K_3 möglich. Die erste entspricht dem bisherigen Konzept, bei dem vorausgesetzt wird, dass die Lage der bestimmenden Schallquelle an der Maschine bekannt ist bzw. festgestellt werden kann. Unter Annahme einer halbkugelförmigen Schallausbreitung wird mit der bei der K_2 – Bestimmung angewendeten Beziehung (1.2) die für den Arbeitsplatz geltende Umgebungskorrektur K_3 bestimmt. Dieses Verfahren wird im Rahmen der „Short Term Revision“ lediglich dahingehend eingeschränkt, dass es nur angewendet werden darf, wenn diese bestimmende Schallquelle vom Arbeitsplatz nicht abgeschirmt ist. Weiter ist das Verfahren je nach Höhe der im ungünstigsten Fall gegebenen Umgebungskorrektur der Genauigkeitsklasse 2 oder 3 zuzuordnen.

Die zweite Methode ist in strategischer Hinsicht identisch mit dem vollständigen Verfahren nach ISO 11204 – die aufwändige Messung auf der gesamten Hüllfläche zur Bestimmung des auf den Arbeitsplatz bezogenen Richtwirkungsindex ist jedoch auf die näherungsweise Ermittlung durch Messung auf einer Umfangsline beschränkt. Die damit verbundene größere Unsicherheit wird bei der Bestimmung der zutreffenden Genauigkeitsklasse 2 oder 3 berücksichtigt. Anders ausgedrückt – eine Messung des Emissions-Schalldruckpegels kann trotz identischem Szenario bei Anwendung der ISO 11202 der Genauigkeitsklasse 3, bei Messung nach ISO 11204 aber der Genauigkeitsklasse 2 zuzuordnen sein. Dafür ist der Aufwand im erstgenannten Fall erheblich geringer.

ISO 11204

Nur mit ISO 11204 wird das oben genannte Verfahren zur Bestimmung des scheinbaren Richtwirkungsindex $D_{i,op}^*$ vollständig und ohne Näherung durchgeführt. Im Rahmen der „Short Term Revision“ wurde lediglich durch eine zweistufige Berechnung dafür gesorgt, dass sich kein negatives Argument der Logarithmusfunktion ergeben kann und die Anwendbarkeit damit unnötig eingeschränkt ist. Das negative Argument im Logarithmus zeigt letztlich nur eine sehr hohe Umgebungskorrektur an – hier wird dann ein Ersatzwert verwendet, der zum höchsten zulässigen K_3 – Wert von 7 dB führt.

In allen drei Verfahren ist parallel zum System der Genauigkeitsklassen das GUM-Konzept so beschrieben worden, dass dem Normanwender eine Beurteilung der Unsicherheit im speziell vorliegenden Fall ermöglicht wird.

1.3 Aufgabenstellung

Mit den diesem Bericht zugrunde liegenden Untersuchungen sollten diese Normen und insbesondere die mit der „Short Term Revision“ vorgesehenen Änderungen messtechnisch geprüft werden. Unter Anwendung der genannten Näherungen zur vereinfachten Bestimmung der Richtwirkung soll für

- eine Modellmaschine in unterschiedlichen Umgebungen,
- reale Maschinen aus dem Bereich der Metallverarbeitung,
- am Computer simulierte Maschinen

geprüft werden, wie empfindlich die Wahl der Messpunktposition das Ergebnis beeinflusst und welche Empfehlungen zur Messpunktwahl daraus abgeleitet werden können. Die Untersuchungen sollen insbesondere flankierend zur Bearbeitung des Normenprojekts helfen, die Effektivität der geänderten und auch der neu aufgenommenen Verfahren zu beurteilen und anhand realer Messergebnisse den Anwendern aus der maschinenherstellenden Industrie zu verdeutlichen.

Ohnehin kann festgestellt werden, dass der Emissions-Schalldruckpegel als Kennwert bei den Anwendern oft auf erhebliche Verständnisschwierigkeiten stößt. Die Tatsache, dass der Schallpegel am Arbeitsplatz bei Betrieb einer Maschine im normalen Arbeitsumfeld in einem schalltechnisch ungünstigen Raum wesentlich – nicht selten um 10 dB – höher sein kann als der vom Hersteller angegebene Emissions-Schalldruckpegel, ist diesen Herstellern selbst in vielen Fällen peinlich – sie geraten in den Verdacht des bewussten „Hereinlegens“ durch Angabe zu niedriger Emissionswerte. Hier hilft nur aufklärende Sachinformation – der Hersteller muss seinem Kunden mit der Angabe des Emissionswerts eine Information liefern, die diesem hilft, den in seinem speziellen Fall bei Betrieb der Maschine zu erwartenden Schalldruckpegel am Arbeitsplatz aus den angegebenen Geräuschemissionswerten abzuleiten. Eine derartige Informationshilfe sollte im Rahmen dieses Projekts ebenfalls erarbeitet werden.

Damit ist diese Untersuchung darauf ausgerichtet, die Verbesserung der Normen zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels zu unterstützen und dabei zu helfen, sie in der praktischen Anwendung den Maschinenbetreibern näher zu bringen.

2 Untersuchungen mit einer Modellmaschine

2.1 Aufbau und akustische Eigenschaften der Modellmaschine

Die Modellmaschine sollte

- Abmessungen vergleichbar mit realen Maschinen aufweisen
- transportabel sein
- mit breitbandigem Spektrum stabil und reproduzierbar Schall abstrahlen
- auf ungerichtete und gerichtete Schallabstrahlung einstellbar sein.

Um diese Eigenschaften zu erreichen, wurde eine Blechkapsel mit demontierbaren Seitenteilen gewählt. Die Wände aus 1 mm dickem, verzinktem Stahlblech sind innenseitig zur Vermeidung von Eigenresonanzen bedämpft. Als Schallquelle dient ein im Inneren aufgestellter Dodekaeder Lautsprecher, wodurch eine gleichmäßige und ungerichtete Beschallung erreicht wird. Der Dodekaeder-Lautsprecher wird über einen Rauschgenerator als Signalquelle über einen auf feste Leistungsstufen einstellbaren Verstärker gespeist.

Sind alle Wände entsprechend Abbildung 2.1 geschlossen, ergibt sich nach außen eine weitgehend ungerichtete Abstrahlung. Gerichtete Abstrahlung mit wesentlich höherer Emission in eine Richtung ergibt sich, wenn entsprechend Abbildung 2.2 eine Seitenwand geöffnet bleibt. Abbildung 2.2 zeigt auch die Aufstellung des Dodekaeder-Lautsprechers in der Kapsel.

Die Abmessungen der Modellmaschine sind 1,5 m x 1,0 m x 1,2 m (L x B x H) und entsprechen damit jenen einer mittelgroßen Verarbeitungsmaschine.



Abb. 2.1 Modellmaschine allseitig geschlossen – ungerichtete Abstrahlung



Abb. 2.2 Modellmaschine einseitig offen – gerichtete Abstrahlung

2.2 Schallabstrahlung und „wahre“ Emissionskennwerte

Im ersten Schritt wurde die Geräuschemission der Modellmaschine im Hallraum wie auch im Freifeld nach ISO 11201 (Genauigkeitsklasse 1) ermittelt.

Der Hallraum entspricht den Anforderungen nach ISO 354. Hier wurde der Schallleistungspegel frequenzabhängig bestimmt.

Auch aus der Freifeldmessung kann unter Anwendung der ISO 3744 der Schallleistungspegel bestimmt werden. Zusätzlich ergeben sich aber auch die von der Umgebung unbeeinflussten „wahren“ Schalldruckpegel an den einzelnen Messpunkten. Beim späteren Vergleich mit den im Raum ermittelten Werten kann auf diese Weise für jeden Messpunkt die auf diesen Punkt bezogene Umgebungskorrektur K_3 als Differenz des Messwerts im Raum und im Freifeld ermittelt und mit dem nach einer der Methoden ISO 11201 – ISO 11204 ermittelten K_3 – Wert verglichen werden. Bei dieser Strategie wird jeder Messpunkt sukzessive als Arbeitsplatz betrachtet.

Die Freifeldmessung erfolgte auf einer asphaltierten Fläche. Keine reflektierende Fläche befand sich näher an Mikrofon oder Modellmaschine als 10 m und das Fremdgeräusch lag in allen relevanten Frequenzbändern von 125 Hz bis 8000 Hz um mindestens 12 dB unter dem unbereinigten Messwert. Damit entspricht die Messung im Freifeld nach ISO 11201 der Genauigkeitsklasse 1.

Nach dem Entwurf 2007 der ISO 11201 ist der ermittelte Emissions-Schalldruckpegel mit

$$L_{p,0} = L_p - 25 \lg\left(\frac{B}{B_0}\right) \text{dB} + 20 \lg\left(\frac{\theta}{\theta_0}\right) \text{dB} \quad (2.1)$$

auf die Referenzbedingungen

$$B_0 = 1013,25 \text{ Pa}$$

$$\theta_0 = 296^\circ \text{ K}$$

umzurechnen, wenn während der Messung der tatsächliche Druck B und die Temperatur θ beträgt. Diese Korrektur betrug zwar unter den bei den Messungen vorliegenden Messbedingungen ca. 0,4 dB. Da sie aber bei allen Messungen praktisch identisch ist und nur Abweichungen bzw. Pegeldifferenzen betrachtet wurden, wurde auf ihre Anwendung verzichtet.

Die Messung im Freifeld erfolgte – an unterschiedlichen Orten – am Anfang und am Ende der Projektlaufzeit in einem zeitlichen Abstand von ca. 2 Jahren.

Die Messpunkte bei der Untersuchung im Freifeld - und auch später in den unterschiedlichen Räumen – sind in Abbildung 2.3 dargestellt. Die Messpunkte der Reihe A befinden sich auf halber Höhe der Modellmaschine. Die Messpunkte der Reihe B und C liegen auf halber und gesamter Höhe des auf 1 m Messabstand bezogenen Messflächenquaders.

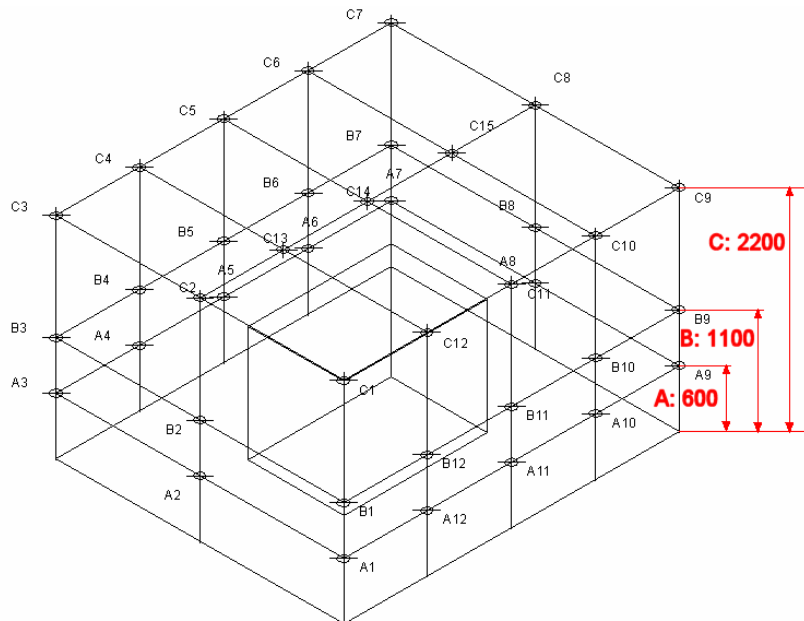


Abb. 2.3 Messpunkteraster, 1 m Abstand von der Modellmaschine (Messfläche 39,1 m²)

Abbildung 2.4 zeigt die nach den unterschiedlichen Verfahren bzw. zu unterschiedlichen Zeiten ermittelten spektralen Schallleistungspegel.

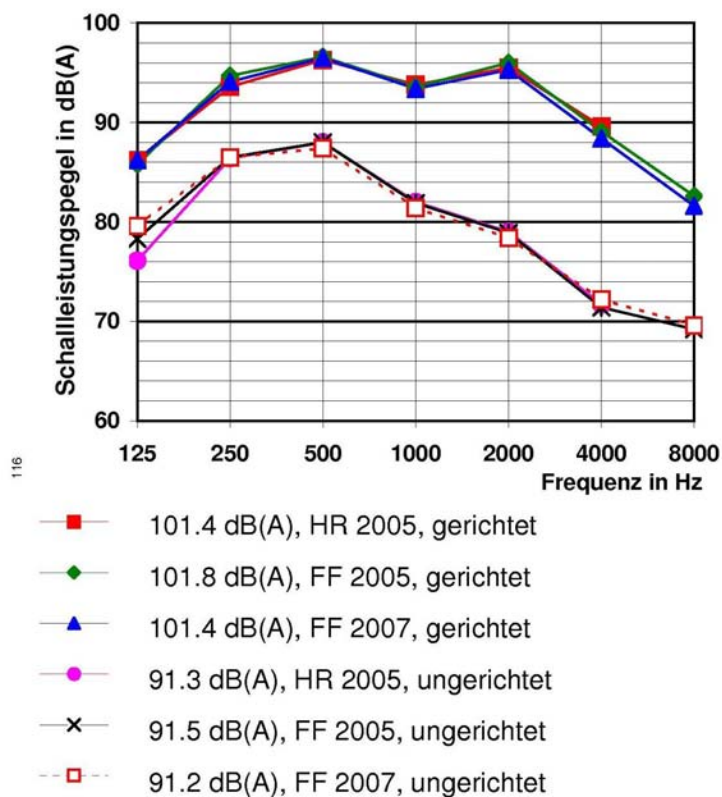


Abb. 2.4 A-bewertete spektrale Schallleistungspegel (HR – Hallraum, FF – Freifeld)

Wie Abbildung 2.4 zeigt, stimmen die Ergebnisse der Hallraum- und der Freifeldmessung bezogen auf dieselbe Modellmaschinenkonfiguration sehr gut überein. Auch die im zeitlichen Abstand von 2 Jahren im Freifeld ermittelten Spektren des Schallleistungspegels zeigen gute Übereinstimmung.

Wie diese Ergebnisse zeigen, führt das Schließen der bei gerichteter Abstrahlung offenen Kapselwand zu einer Einfügungsdämpfung von ca. 10 dB.

In Bezug auf den Umgebungseinfluss an den einzelnen Messpunkten in den unterschiedlichen Räumen ist der auf diese Punkte bezogene Richtwirkungsindex von Interesse. In Abbildung 2.5 ist dieser allerdings nur auf die Messebene A in 600 mm Höhe bezogen und im Freifeld ermitteltem Richtwirkungsindex für die einzelnen Punkte dargestellt.

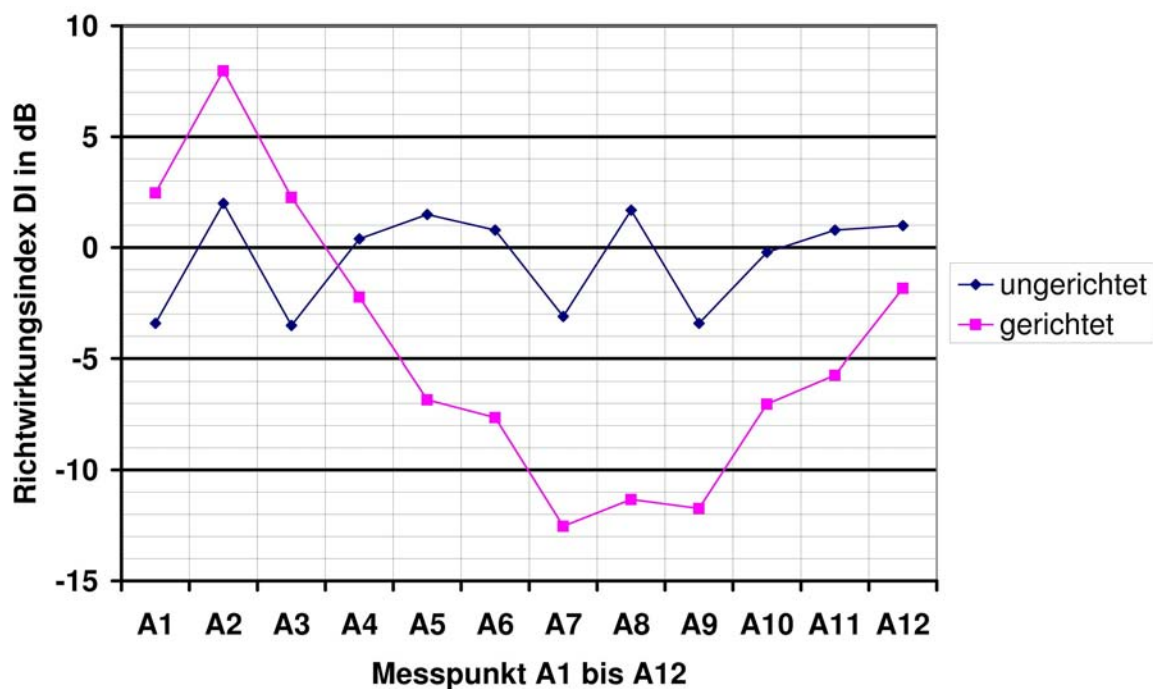


Abb. 2.5 Richtwirkungsindex $D_{I,op, approx}$ an den Messpunkten A1 bis A12

Wie Abbildung 2.5 zeigt, pendelt der Richtwirkungsindex bei der geschlossenen Modellmaschine um den Mittelwert von $-3,5$ dB bis $+2$ dB. Bei der gerichteten Abstrahlung ergibt sich gegenüber der offenen Seite ein Richtwirkungsindex von 8 dB und auf der gegenüberliegenden, geschlossenen Seite von $-12,5$ dB. Dies sind im Vergleich zur Praxis schon recht extreme Richtwirkungsintervalle, die praktisch alle bei realen Maschinen vorkommenden Abstrahlverhältnisse abdecken sollten. Insbesondere der Bereich der negativen Richtwirkung mit einem Richtwirkungsindex unter -10 dB entspricht einer Arbeitsplatzposition, die vom Hauptabstrahlbereich der Maschine abgeschirmt ist und somit einen hohen Pegelzuschlag bei Betrieb der Maschine in Räumen erwarten lässt.

2.3 Die Aufstellungsvarianten

Die bereits beschriebenen Hallraum- und Freifeldmessungen sind in gewisser Weise „Referenzmessungen“. Anschließend wurde die Modellmaschine in drei weitere Räume gebracht und es wurden auch dort in den beiden Zuständen „ungerichtete“ und „gerichtete“ Abstrahlung die Schalldruckpegel spektral an den in Abbildung 2.3 dargestellten Messpunkten ermittelt.

In allen drei Räumen sowie bezogen auf gerichtete und ungerichtete Abstrahlung lag das Nutzsignal in allen interessierenden Frequenzbändern um mindestens 10 dB über dem Fremdgeräusch bzw. dem Hintergrundpegel. Eine Fremdgeräuschkorrektur K_1 war deshalb generell nicht erforderlich.

In den Abbildungen 2.6 bis 2.8 sind die Räume dargestellt, in denen die Messungen durchgeführt wurden.

Raum 1 ist ein Seminarraum im eigenen Hause. Dieser Raum ist mit einer Akustikdecke ausgestattet und entspricht in seinen Abmessungen einer durchschnittlichen Werkstatt. Die Nachhallzeit ist aufgrund der Akustikdecke mit 0,6 Sekunden relativ kurz.

Raum 2 ist ein Prüfraum ähnlicher Größe – seine Nachhallzeit ist jedoch aufgrund der reflektierenden Begrenzungsflächen mit 1,2 Sekunden doppelt so hoch.

Bei Raum 3 handelt es sich um eine größere Werkhalle – typisch für Montagehallen im Bereich des Stahl- bzw. Apparatebaus. Die Nachhallzeit beträgt aufgrund der reflektierenden Begrenzungsflächen und der Größe von über 30 000 m² 2,6 Sekunden.

Abb. 2.6
Raum 1 - Seminarraum

$V = 153 \text{ m}^3$
 $T = 0,62 \text{ s}$



Abb. 2.7
Raum 2 - Prüfraum

$V = 150 \text{ m}^3$
 $T = 1,19 \text{ s}$



Abb. 2.8
Raum 3 - Werkhalle

$V = 30\,600 \text{ m}^3$
 $T = 2,57 \text{ s}$



Ein in der Reihe ISO 11200 zur akustischen Qualifizierung des Raumes verwendetes Maß ist die auf die Messfläche bezogene Umgebungskorrektur K_2 . Sie ergibt sich aus der Differenz des mittleren Schalldruckpegels auf der Messfläche im Raum \bar{L}' und desselben auf die gesamte Messfläche bezogenen mittleren Schalldruckpegels bei Betrieb der Maschine im Freien \bar{L} .

$$K_2 = \bar{L}' - \bar{L} \quad (2.1a)$$

mit

\bar{L}' mittlerer Schalldruckpegel in dB auf der Messfläche bei Betrieb im Raum

\bar{L} mittlerer Schalldruckpegel in dB auf der Messfläche bei Betrieb im Freien

(Messflächen-Schalldruckpegel in dB)

Zur Bestimmung von K_2 bezogen auf die Messfläche einer Maschine – hier der Modellmaschine – kann ein vom Verfasser erprobtes Verfahren unter Verwendung einer Referenzschallquelle (RSQ) angewendet werden. Hierzu werden die Schalldruckpegel auf einer Hüllfläche bei Betrieb der RSQ unter Freifeldbedingungen (z. B. auf einer freien Fläche im Außenbereich) und anschließend im Bereich der betreffenden Maschine im Raum gemessen – die Differenz der mittleren Messflächenpegel sind identisch mit der vom Raum verursachten Pegelerhöhung und entsprechen damit der auf die RSQ-Messfläche bezogenen Umgebungskorrektur $K_{2,ref}$. Die für die Maschine mit Messfläche S zutreffende Umgebungskorrektur K_2 ergibt sich dann aus

$$K_2 = 10 \cdot \lg \left(1 + \frac{S}{S_{ref}} \cdot (10^{0,1 \cdot K_{2,ref}} - 1) \right) \quad (2.1b)$$

Mit

S Messfläche der Maschine in m^2

S_{ref} Messfläche der Referenzschallquelle in m^2

$K_{2,ref}$ Mit der RSQ auf der Messfläche S_{ref} ermittelte Umgebungskorrektur in dB

K_2 Für die Messfläche S der Maschine zutreffende Umgebungskorrektur in dB

Ist die Messung an der RSQ auf einer Außenfläche mit Freifeldbedingungen nicht möglich, so kann auch der bekannte Schallleistungspegel $L_{W,ref}$ dieser Quelle zugrunde gelegt und aus

$$K_{2,ref} = L_W - \bar{L} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S}{S_0} \right) \text{ dB} \quad (2.2)$$

mit

S_0 Bezugsfläche 1 m^2

die Umgebungskorrektur für die RSQ ermittelt werden.

Die für die Räume 1, 2 und 3 ermittelten frequenzabhängigen Umgebungskorrekturen K_2 in dB für die Oktav-Mittenfrequenzen von 125 Hz bis 8 000 Hz sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Die jeweilige Umgebungskorrektur K_{2A} in dB als Differenz der A-bewerteten Summenpegel ist jeweils in der Legende angegeben.

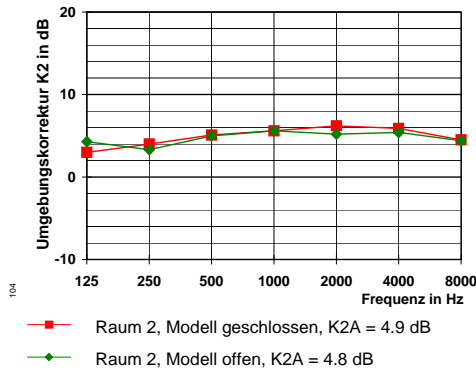


Abb. 2.9 Umgebungs Korrektur Raum 1 (Seminarraum)

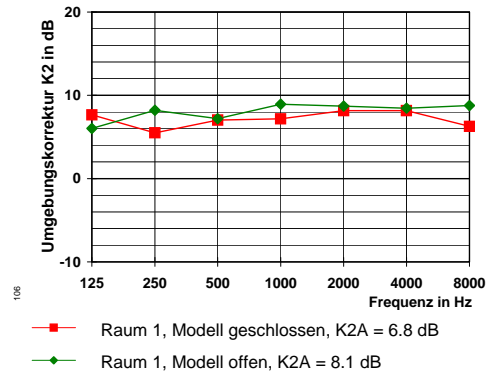


Abb. 2.10 Umgebungs Korrektur Raum 2 (Prüfraum)

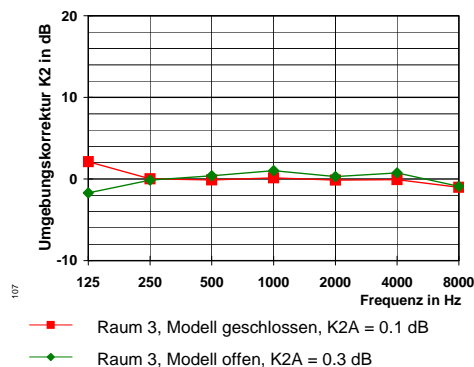


Abb. 2.11 Umgebungs Korrektur Raum 3 (Werkhalle)

Der Raum 1 weist trotz der Akustikdecke aufgrund der relativ geringen Größe eine auf den A-bewerteten Schalldruckpegel bezogene Raumrückwirkung K_{2A} von knappen 5 dB auf. Im Raum 2, der bei gleicher Größe reflektierende Begrenzungsflächen aufweist, beträgt K_{2A} schon 7 dB bei ungerichteter Abstrahlung und 8 dB bei gerichteter Abstrahlung. Auch die Werkhalle Raum 3 weist keinerlei Absorptionsflächen auf – aufgrund ihrer Größe beträgt die mittlere auf den A-Schalldruckpegel bezogene Raumrückwirkung aber 0,1 dB bzw. 0,3 dB bei ungerichteter und gerichteter Abstrahlung.

Der geringe Unterschied der mit gerichteter und ungerichteter Abstrahlung ermittelten Umgebungs Korrektur K_{2A} zeigt eindrucksvoll, dass die der Gleichung (1.2) zugrunde liegende Diffusfeldtheorie zumindest in Bezug auf die Unabhängigkeit von der Maschinen-Abstrahlcharakteristik zutrifft.

Die Räume können akustisch qualifiziert werden, wenn

- die Nachhallzeit T und das Volumen V oder
- die äquivalente Absorptionsfläche A oder
- die auf eine bestimmte Messfläche S bezogene Umgebungs Korrektur K_2 bekannt ist.

Da alle drei Größen T , A und K_2 erheblich von der Frequenz abhängen können, ergibt sich die Frage, welcher Wert jeweils verwendet wird, wenn die auf Frequenzbänder bezogenen Werte bekannt sind.

Wenn eine Maschine in einem Raum mit der äquivalenten Absorptionsfläche A_f mit Schallleistungspegel $L_{WA,f}$ im Frequenzband f abstrahlt, so bildet sich ein Diffuspegel von

$$L_{diff} = 10 \lg \left(\sum_f \frac{4}{A_f} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{WA,f}} \right) dB \quad (2.3)$$

(Alle auf Frequenzbänder bezogenen Pegel sind im Folgenden A-bewertet.)

Mit dem Emissions-Schalldruckpegel L_{pA} ergibt sich somit bei Betrieb der Maschine in diesem Raum ein A-bewerteter Schalldruckpegel am Arbeitsplatz von

$$L'_{pA} = 10 \lg \left(10^{0,1 \cdot L_{pA}} + \sum_f \frac{4}{A_f} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{WA,f}} \right) dB \quad (2.4)$$

und eine vom Raum verursachte Pegelerhöhung um

$$K_3 = 10 \lg \left(1 + \frac{\sum_f \frac{4}{A_f} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{WA,f}}}{10^{0,1 \cdot L_{pA}}} \right) dB \quad (2.5)$$

Es soll nun eine „effektive“ äquivalente Absorptionsfläche A_{eff} so bestimmt werden, dass sich bei Verwendung dieses Werts mit dem Schallleistungspegel L_{WA} und dem Emissions-Schalldruckpegel L_{pA} derselbe Wert K_3 ergibt.

Hieraus ergibt sich die Bestimmungsgleichung zu

$$10 \lg \left(1 + \frac{A_{eff}}{10^{0,1 \cdot L_{pA}}} \right) dB = 10 \lg \left(1 + \frac{\sum_f \frac{4}{A_f} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{WA,f}}}{10^{0,1 \cdot L_{pA}}} \right) dB \quad (2.6)$$

Und hieraus

$$A_{eff} = \frac{4 \cdot 10^{0,1 \cdot L_{WA}}}{\sum_f \frac{4}{A_f} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{WA,f}}} \quad (2.7)$$

Ebenso können aus den frequenzabhängigen Werten der Nachhallzeit T_f oder der Umgebungskorrektur $K_{2,f}$ mit dem frequenzabhängigen Schallleistungspegel $L_{WA,f}$ die entsprechenden effektiven Einzahlwerte berechnet werden.

Tabelle 2.1 enthält die genannten spektralen Werte und die mit (2.7) für die drei Räume berechneten effektiven Absorptionsflächen.

Tab. 2.1 Berechnung der effektiven äquivalenten Absorptionsflächen

Frequenz Hz	LW(A-bew.) dB	Raum 1		Raum 2		Raum 3	
		T (s)	A (m ²)	T (s)	A (m ²)	T (s)	A (m ²)
125	86	0.72	34.6	1.24	19.7	1.54	3238.8
250	94	0.54	46.2	1.39	17.6	1.88	2653.1
500	96	0.57	43.8	1.15	21.3	2.63	1896.5
1000	94	0.60	41.6	1.29	19.0	3.05	1635.3
2000	95	0.70	35.6	1.31	18.7	2.78	1794.2
4000	88	0.72	34.6	1.22	20.0	2.13	2341.7
8000	82	0.62	40.2	0.89	27.5	1.25	3990.2
Effektive Absorptionsfläche A _{eff}			40.7		19.4		1970.7

Legt man diese auf das Quellspektrum bezogene „effektive Absorptionsfläche“ zugrunde, so ergeben sich für die drei Räume die Umgebungskorrekturen $K_{2,A}$ zu 6,8 dB (Raum 1), 9,6 dB (Raum 2) und 0,3 dB (Raum 3).

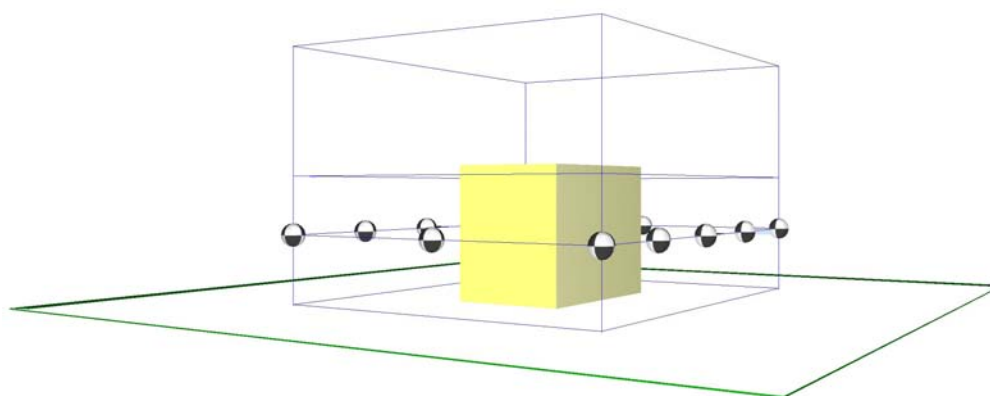
2.4 Anwendung der ISO 11201

ISO 11201 darf angewendet werden, wenn aufgrund des geringen Raumeinflusses praktisch von Freifeldbedingungen ausgegangen und auf die Anwendung einer Umgebungskorrektur somit verzichtet werden kann.

Die Messungen nach Genauigkeitsklasse 1 der zum Berichtszeitpunkt vorliegenden Normentwürfe sind nicht Gegenstand dieser Untersuchung – die entsprechende Messung im Freifeld stellt ja gerade das Bezugsnorm zur Beurteilung der übrigen Verfahren dar. Vielmehr ist hier die Messung nach Genauigkeitsklasse 2 in Räumen von Interesse.

Im Folgenden wird jeder der Messpunkte A1 bis A12 (Abb. 2.3) alternativ als Arbeitsplatz betrachtet – damit ergeben sich für die ungerichtete wie auch für die gerichtete Abstrahlung in jedem der 3 Räume 12 Werte für den nach einem Verfahren bestimmten Emissions-Schalldruckpegel und somit 72 Werte zur Ermittlung der auftretenden Abweichungen. Abb. 2.12 zeigt die Lage der dieser Beurteilung zugrunde gelegten Messpunkte relativ zum Maschinenquader.

Sämtliche „Arbeitsplatzpunkte“ haben eine Höhe von 0,6 m über Boden.

**Abb. 2.12** Arbeitsplatz – Messpunkte auf dem Maschinenumriss

2.4.1 Beurteilung nach der Entwurfsvorlage Mai 2007

Die im Folgenden genannten Kriterien müssen erfüllt sein, damit die Messung nach ISO 11201 zulässig ist.

Alternative 1

$(A/S_M > 30)$ oder $(S_R/S_M > 250)$

und

$h_R > 5h_M$

und

keine reflektierenden Objekte näher an Mikrofon oder Maschine als $3l_{\max}$

und

Abstrahlung nicht von Arbeitsplatzposition weggerichtet

mit

S_M Oberfläche des Referenz-Hüllflächenquaders

S_R Flächeninhalt aller Raumbegrenzungen

h_R Höhe des Raumes

h_M Höhe der Maschine

Alternative 2

K_2 maximal 2 dB

und

Abstrahlung nicht von Arbeitsplatzposition weggerichtet

Zur Prüfung dieser Bedingungen wird für A die o. g. effektive Absorptionsfläche verwendet.

Die o. g. Parameter sind in Tabelle 2.2 aufgelistet.

Tab. 2.2 Die Räume mit den zur Anwendbarkeitsprüfung von ISO 11201 wesentlichen Parametern

Raum	A	S_M	S_R	h_R	A/S_M	S_R/S_M	K_2
1	40.7	39.1	200.1	2.7	1.0	5.1	6.9
2	19.4	39.1	181.8	3.4	0.5	4.7	9.6
3	1970.0	39.1	9770.0	8.0	50.4	249.9	0.3

Es ist offensichtlich, dass nur die große Werkhalle Raum 3 die Bedingungen zur Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels nach ISO 11201 mit Genauigkeitsklasse 2 erfüllt.

Die Auflistung zeigt auch, dass beide Alternativen zur Beurteilung der Messumgebung zum selben Ergebnis führen.

Bei der folgenden Betrachtung wird jeder der Messpunkte A1 bis A12 alternativ als Arbeitsplatz betrachtet und es wird geprüft, welcher Fehler sich bei einer Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels nach ISO 11201 ergeben würde.

Wie die Messpunktverteilung Abb. 2.3 zeigt, liegen bei gerichteter Abstrahlung nur die Messpunkte A1 bis A3 vor der offenen Seitenfläche. An den Messpunkten A4 bis A12 ist somit die Abstrahlung offensichtlich – und durch bloße Beobachtung auch leicht festzustellen – von dieser angenommenen Arbeitsplatzposition weggerichtet. Damit ist nach beiden Alternativen 1 und 2 eine Bestimmung nach ISO 11201 nur in Raum 3

- bei ungerichteter Abstrahlung an allen Punkten A1 bis A12
- bei gerichteter Abstrahlung nur an den Punkten A1 bis A3 zulässig.

Zur Prüfung sind in Tabelle 2.3 die A-bewerteten Schalldruckpegel und in Tabelle 2.4 die Differenzen zwischen den in den Räumen 1 bis 3 gemessenen Schalldruckpegel und den entsprechenden im Freifeld gemessenen Schalldruckpegel aufgelistet – dies sind dann die sich ergebenden Fehler, wenn an dem betreffenden Punkt der Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11201 bestimmt und eine Umgebungskorrektur vernachlässigt wird.

Tab. 2.3 Die A-bewerteten Schalldruckpegel in dB an den Messpunkten A1 bis A12 für ungerichtete und gerichtete Abstrahlung

Messpunkt	Schalldruckpegel L'_{pA} (entspricht Schalldruckpegel L_{pA} bei Anwendung ISO 11201)							
	Freifeld (wahr)		Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Abstrahlung		Abstrahlung		Abstrahlung		Abstrahlung	
	ungerichtet	gerichtet	ungerichtet	gerichtet	ungerichtet	gerichtet	ungerichtet	gerichtet
A1	74.6	90.6	80.3	93.8	82.4	95.9	75.2	90.7
A2	80.0	96.1	82	97.8	83.9	97.6	80	96.1
A3	74.5	90.4	80.2	93.7	82	96.1	75.6	90.5
A4	78.4	85.9	81.6	91.3	83.2	93.7	78.6	87.0
A5	79.5	81.3	81.7	89.9	82.8	93.6	79.5	84.1
A6	78.8	80.5	81.7	89.6	83.5	93.5	78.8	83.3
A7	74.9	75.6	79.7	88.4	82.6	92.4	75	81.1
A8	79.7	76.8	82.7	88.6	83	92.8	80.1	81.0
A9	74.6	76.4	83	89	82.1	92.8	74.9	80.6
A10	77.8	81.1	83.9	90	82.1	93.7	79	82.7
A11	78.8	82.4	82.8	90.2	82.1	93.3	78.9	83.4
A12	79.0	86.3	83	92.1	82.7	94	79.3	87.2

Tab. 2.4 Pegelabweichungen bei Raum- und Freifeld-Aufstellung

Mess- punkt	Abweichung in dB, bezogen auf Freifeld					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Abstrahlung		Abstrahlung		Abstrahlung	
	ungerichtet	gerichtet	ungerichtet	gerichtet	ungerichtet	gerichtet
A1	5.7	3.2	7.8	5.3	0.6	0.1
A2	2	1.7	3.9	1.5	0	0
A3	5.7	3.3	7.5	5.7	1.1	0.1
A4	3.2	5.4	4.8	7.8	0.2	1.1
A5	2.2	8.6	3.3	12.3	0	2.8
A6	2.9	9.1	4.7	13	0	2.8
A7	4.8	12.8	7.7	16.8	0.1	5.5
A8	3.0	11.8	3.3	16	0.4	4.2
A9	8.4	12.6	7.5	16.4	0.3	4.2
A10	6.1	8.9	4.3	12.6	1.2	1.6
A11	4	7.8	3.3	10.9	0.1	1
A12	4	5.8	3.7	7.7	0.3	0.9

Das Ergebnis bestätigt die derzeit vorgeschlagenen Anwendungskriterien für die ISO 11201 in hervorragender Weise.

Für die Räume 1 und 2 ergeben sich extrem hohe und in keinem Fall akzeptable Fehler – in derartigen Räumen ist in Übereinstimmung mit den Anforderungen eine Bestimmung nach ISO 11201 nicht möglich.

In der großen Werkhalle Raum 3 sind die Abweichungen bei ungerichteter Abstrahlung an allen Punkten mit der Genauigkeitsklasse 2 verträglich – auch dies ist in voller Übereinstimmung mit den im derzeitigen Normentwurf enthaltenen Kriterien.

Wie die letzte Spalte für gerichtete Abstrahlung zeigt, erreichen die Abweichungen in den von der Abstrahlrichtung abgewandten Bereichen ebenfalls Werte, die mit der Genauigkeitsklasse 2 nicht mehr verträglich sind. Dagegen sind die Anforderungen an den Punkten A1 bis A3 einwandfrei erfüllt.

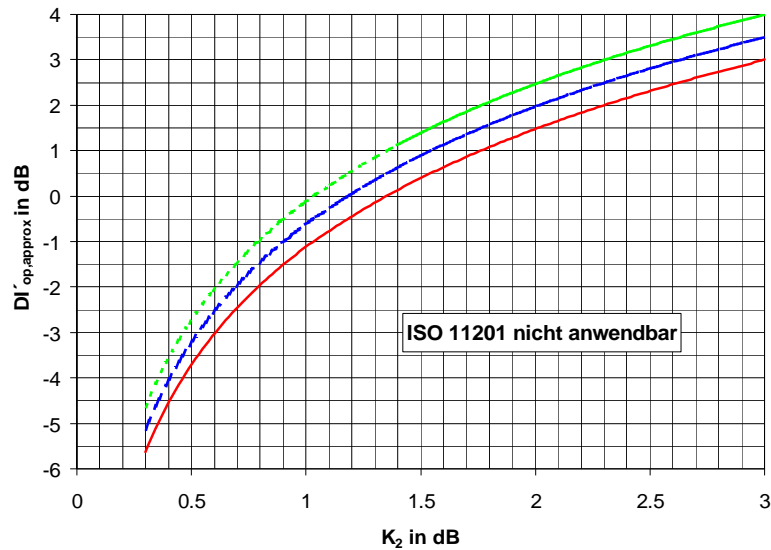
2.4.2 Beurteilung nach der Entwurfsvorlage 2006

Die Beurteilung, ob die Hauptabstrahlrichtung vom Arbeitsplatz bzw. dem festgelegten Messort weggerichtet ist, ist naturgemäß relativ subjektiv – diese Formulierung wurde erst Anfang 2007 so angewendet, um das Messverfahren insgesamt zu vereinfachen.

In den ursprünglichen Entwürfen war vorgesehen, diese Tatsache auch messtechnisch nachzuprüfen. Hierzu ist bei Betrieb der Maschine im Raum der scheinbare Richtwirkungsindex für den betreffenden Punkt näherungsweise zu bestimmen. Näherungsweise bedeutet, dass der mittlere Schalldruckpegel \bar{L}' nicht mit der gesamten Hüllfläche, sondern nur unter Einbeziehung der auf einer Umfangslinie ermittelten Schalldruckpegel bestimmt wird. Dies kann z. B. geschehen, indem man bei Betrieb der Maschine im Raum diese mit einem integrierenden Schallpegelmessgerät um-

schreitet. Zieht man den so ermittelten Pegel vom Pegel am festgelegten Ort ab, so erhält man den scheinbaren näherungsweise bestimmten Richtwirkungsindex $D_{l,op,approx}^*$.

Mit dem die Abstrahlung kennzeichnenden Richtwirkungsindex $DI'_{op,approx}$ und dem die akustischen Verhältnisse des Raumes kennzeichnenden K_2 ist dann entsprechend dem Diagramm Abb. 2.13 zu überprüfen, ob der sich hieraus ergebende Punkt über oder unter der für die betreffende Maschine geltenden Grenzkurve liegt. Liegt er unterhalb, so ist die Bestimmung nach ISO 11201 nicht zulässig.



- A — max. Maschinenabmessung ≤ 1 m
- B - - - 1 m $<$ max. Maschinenabmessung ≤ 3 m
- C - - - max. Maschinenabmessung > 3 m

Abb. 2.13 Grenzkurven für die Anwendbarkeit der ISO 11201, (dabei akzeptierter maximaler Fehler 1,5 dB)

Da die maximale Abmessung der Modellmaschine 1,5 m beträgt, gilt für die Messung der Modellmaschine die Grenzkurve B.

Die Grenzkurven sind unter der Voraussetzung entstanden, dass die Fehleinschätzung des scheinbaren Richtwirkungsindex durch seine nur näherungsweise Bestimmung im Fall A ($l_{max} \leq 1$ m) maximal 0,5 dB, im Fall B (1 m $<$ $l_{max} \leq 3$ m) maximal 1 dB und im Fall C ($l_{max} > 3$ m) maximal 1,5 dB ist. Diese Werte sind im Rahmen früherer Untersuchungen ermittelt worden.

Der zulässige Bereich von Richtwirkungsindex $DI'_{op,approx}$ und Umgebungskorrektur K_2 wird durch folgende Ungleichung bestimmt

$$DI'_{op,approx} \geq -10 \lg \left(\frac{1 - 10^{-0,1 \cdot \Delta L}}{1 - 10^{-0,1 \cdot K_2}} \right) + \Delta DI' \quad (2.8)$$

mit

$$DI'_{op,approx} = L'_{pA} - \overline{L'_{pA,approx}}$$

L'_{pA} gemessener Schalldruckpegel in dB am Arbeitsplatz

$\overline{L'_{pA,approx}}$ mittlerer Schalldruckpegel in dB auf der Messfläche, näherungsweise bestimmt mit einer reduzierten Anzahl von Messpunkten.

ΔL der durch Anwendung des Verfahrens maximal zulässige Fehler (hier 1,5 dB)

$\Delta DI'$ die oben genannte, im ungünstigsten Fall zu erwartende Fehleinschätzung des scheinbaren Richtwirkungsindex.

In Tabelle 2.5 ist für jeden Punkt der scheinbare Richtwirkungsindex $D'_{1,op,approx}$ sowie im Spaltenkopf das für die Modellmaschine im jeweiligen Raum geltende K_2 dargestellt.

Tab. 2.5 Scheinbarer Richtwirkungsindex $D'_{1,op,approx}$

Messpunkt	Richtwirkungsindex $D'_{1,op,approx}$ in dB					
	Raum 1		Raum 2		Raum 3	
	Abstrahlung		Abstrahlung		Abstrahlung	
	ungerichtet ($K_2=4.9$ dB)	gerichtet ($K_2=4.8$ dB)	ungerichtet ($K_2=6.8$ dB)	gerichtet ($K_2=8.1$ dB)	ungerichtet ($K_2=0.1$ dB)	gerichtet ($K_2=0.3$ dB)
A1	-1.8	1.6	-0.3	1.5	-3.1	2.1
A2	-0.1	5.6	1.2	3.2	1.7	7.5
A3	-1.9	1.5	-0.7	1.7	-2.7	1.9
A4	-0.5	-0.9	0.5	-0.7	0.3	-1.6
A5	-0.4	-2.3	0.1	-0.8	1.2	-4.5
A6	-0.4	-2.6	0.8	-0.9	0.5	-5.3
A7	-2.4	-3.8	-0.1	-2	-3.3	-7.5
A8	0.6	-3.6	0.3	-1.6	1.8	-7.6
A9	0.9	-3.2	-0.6	-1.6	-3.4	-8
A10	1.8	-2.2	-0.6	-0.7	0.7	-5.9
A11	0.7	-2	-0.6	-1.1	0.6	-5.2
A12	0.9	-0.1	0.0	-0.4	1	-1.4

Mit dieser Tabelle 2.5 kann nun für jeden Punkt - unter der Annahme, dass dies der festgelegte Arbeitsplatz sei – entschieden werden, ob der auf ihn bezogene Emissions-Schalldruckpegel unter Anwendung des Diagramms Abbildung 2.13 nach ISO 11201 bestimmt werden kann.

Im Diagramm Abb. 2.14 sind die entsprechenden Punkte eingetragen. Dabei sind die Punkte, bei denen der in Tabelle 2.4 ausgewiesene tatsächliche und durch Messung festgestellte Fehler den vorgegebenen Maximalwert von 1,5 dB übersteigt, entsprechend gekennzeichnet.

Das Diagramm zeigt, dass die dargestellte Kurve bzw. die zugrunde liegende Funktion „einwandfrei funktioniert“ und somit den zulässigen vom unzulässigen Fall abtrennt. Diese Methode hätte den Vorteil, dass sie aufgrund der durchzuführenden Messung auch in den Fällen angewendet werden kann, in denen eine Einschätzung durch „Ansehen“ nicht möglich ist, weil es eben keine offensichtlich dominierende Schallquelle gibt. Leider ist der Normungsausschuss dieser Empfehlung aber nicht gefolgt.

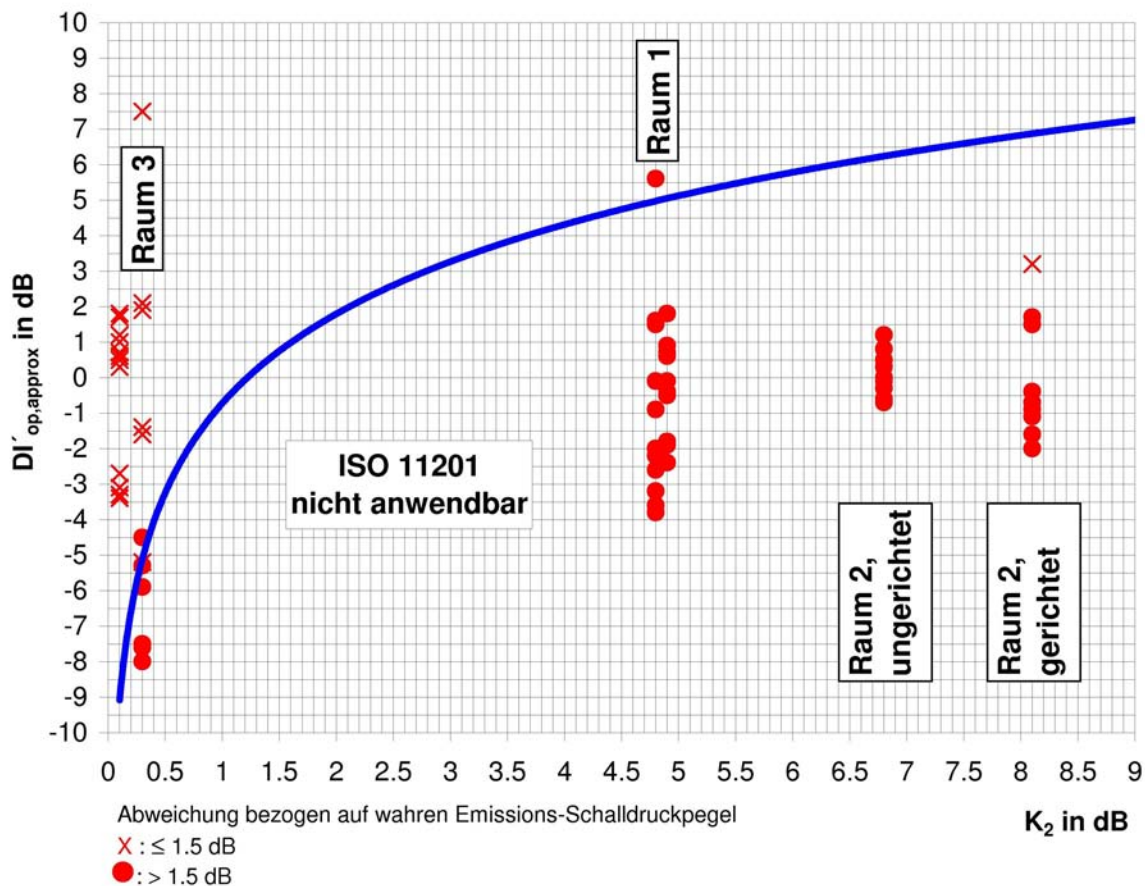


Abb. 2.14 Qualifizierung von Messwerten des Emissions-Schalldruckpegels ermittelt nach ISO 11201 nach Diagramm und Darstellung der Über- und Unterschreitung eines tatsächlichen Fehlers von 1,5 dB

2.5 Anwendung ISO 11202

2.5.1 ISO 11202, Anhang 1

Nach ISO 11202 /6/ ist der Emissions-Schalldruckpegel L_{pA} bei vernachlässigbarer Fremdgeräuschkorrektur K_1 wie folgt zu berechnen:

$$L_{pA} = L'_{pA} - K_{3A} \quad (2.9)$$

mit

L'_{pA} gemessener Schalldruckpegel in dB am Arbeitsplatz

K_{3A} Umgebungskorrektur in dB, bezogen auf den vermessenen Arbeitsplatz.

Sind

- die Hauptgeräuschquellen einer Maschine lokalisierbar,
- die Arbeitsplätze hinsichtlich dieser Emittenten nicht abgeschirmt und
- sind die Abmessungen der Quellen kleiner als die Abstände der Arbeitsplätze von diesen Quellen,

kann die lokale Umgebungskorrektur K_{3A} für die v. g. Arbeitsplätze entsprechend ISO 11202, Anhang 1 wie folgt berechnet werden:

$$K_{3A} = 10 \cdot \lg \left[1 + 4 \frac{S}{A} \right] \text{ dB} \quad (2.10)$$

mit

S halbkugelförmige Messfläche in m^2

$$S = 2 \pi d^2 \quad (2.11)$$

D kürzester Abstand in m zwischen dem Arbeitsplatz und der maßgeblichen Teilschallquelle.

A äquivalente Absorptionsfläche in m^2

$$A = \alpha S_v \quad (2.12)$$

S_v Oberfläche in m^2 aller Raumbegrenzungsflächen

α Absorptionskoeffizient nach ISO 3746 /14/

Die v. g. Voraussetzungen sind bei der ungerichtet abstrahlenden Modellmaschine an keinem Punkt erfüllt, weil aufgrund der Bauart – geschlossener Quader – ein definierter Abstrahlungsbereich nicht identifiziert werden kann. Bei der gerichtet abstrahlenden Modellmaschine sind die für Anhang 1 gegebenen Bedingungen nur für die Messpunkte erfüllt, von denen aus die offene Seitenfläche einsehbar ist. Somit kann die Methodik zur Umgebungskorrektur nach ISO 11202 Anhang 1 nur für die Punkte A1 bis A4 und A12 bei der gerichtet abstrahlenden Modellmaschine angewendet werden (s. Abb. 2.15).

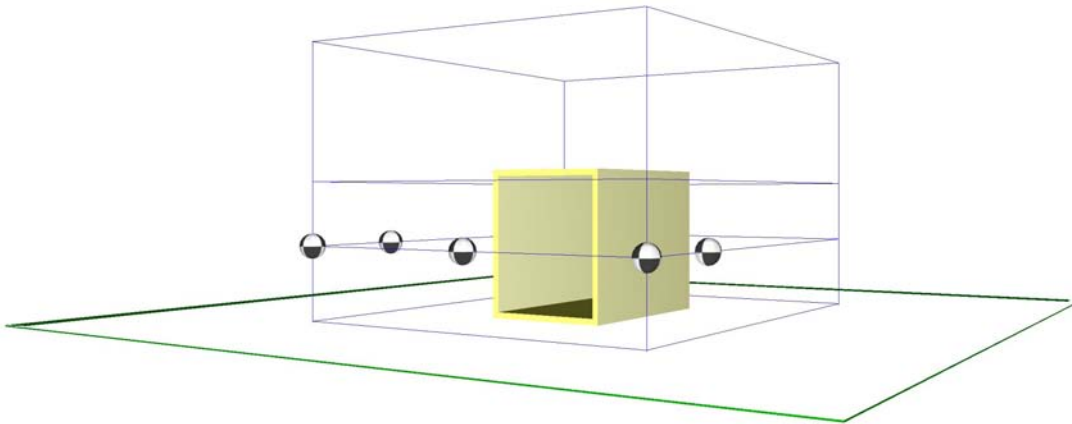


Abb. 2.15 Auswahl von nicht abgeschirmten Messpunkten im Bereich der maßgeblichen Schallquelle der offenen Modellmaschine

Im Rahmen dieser Untersuchung werden jedoch wiederum alle Punkte A1 bis A12 als Arbeitsplatzpositionen betrachtet und es wird untersucht, inwiefern sich die Unzulässigkeit der Umgebungskorrektur nach Anhang 1 auf die sich ergebenden Fehler auswirkt.

Die zur Bestimmung der Umgebungskorrektur erforderlichen äquivalenten Absorptionsflächen nach Gleichung 2.12 sind in Tabelle 2.1 und 2.2 aufgelistet.

Die zutreffende Genauigkeitsklasse wird nach Anhang 1.3 der ISO 11202 ermittelt. Hierzu wird der Abstand d_{\max} zwischen dem Arbeitsplatz-Messpunkt und dem entferntesten Punkt der Hauptschallquelle und durch Einsetzen dieses Werts d_{\max} in 2.11 und 2.10 die maximale lokale Umgebungskorrektur $K_{3A,\max}$ bestimmt. Damit ergibt sich dann die Zuordnung nach

- Klasse 2 (Engineering grade): $K_{3A,\max} \leq 4$ dB
- Klasse 3 (Survey grade): 4 dB $< K_{3A,\max} \leq 7$ dB.

Die minimalen und maximalen Abstände von den einzelnen Punkten zu der Hauptschallquelle (ohne Umwege über abschirmende Kanten) sind in Abb. 2.16 skizziert.

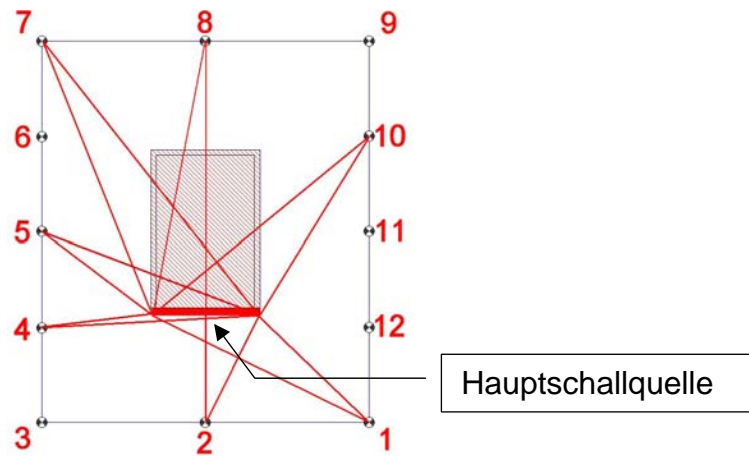


Abb. 2.16 Offene Modellmaschine, Abstandsverhältnisse Hauptschallquelle /Messpunkte 1 bis 12

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der folgenden Tab. 2.6 zusammengefasst.

Tab. 2.6 Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels für alle Punkte A1 bis A12 nach der Methode ISO 11202 Anhang A.1 für die ungerichtet abstrahlende Maschine und hieraus bestimmte Abweichung (ermittelter Wert – Freifeldwert)

Messpunkt	Emissions-Schalldruckpegel L_{pA} nach 11202/A.1 - $K_{3,max} = 7$ dB, Genauigkeitsklasse nach 11202/A1.3 und Abweichung in dB zu dem Messwert im akustischen Freifeld - Modellmaschine mit ungerichteter Schallabstrahlung								
	im Raum 1			im Raum 2			im Raum 3		
	L_{pA} in dB	Genauigkeits- klasse (2 / 3)	Abweichung	L_{pA} in dB	Genauigkeits- klasse (2 / 3)	Abweichung	L_{pA} in dB	Genauigkeits- klasse (2 / 3)	Abweichung
A1	78.2	-	3.6	78.8	-	4.2	75.1	-	0.5
A2	79.9	-	-0.1	80.3	-	0.3	79.9	-	-0.1
A3	78.1	-	3.6	78.4	-	3.9	75.5	-	1
A4	79.5	-	1.1	79.6	-	1.2	78.5	-	0.1
A5	79.6	-	0.1	79.2	-	-0.3	79.4	-	-0.1
A6	79.6	-	0.8	79.9	-	1.1	78.7	-	-0.1
A7	77.6	-	2.7	79.0	-	4.1	74.9	-	0.0
A8	80.6	-	0.9	79.4	-	-0.3	80.0	-	0.3
A9	80.9	-	6.3	78.5	-	3.9	74.8	-	0.2
A10	81.8	-	4.0	78.5	-	0.7	78.9	-	1.1
A11	80.7	-	1.9	78.5	-	-0.3	78.8	-	0.0
A12	80.9	-	1.9	79.1	-	0.1	79.2	-	0.2

Wie oben ausgeführt, wäre die Anwendung dieses Verfahrens aufgrund der geltenden Kriterien mit der ungerichtet abstrahlenden Maschine in keinem Fall zulässig. Bei der Berechnung der Umgebungskorrektur ist ein Abstand Messpunkt – Schallquelle von 1 m und somit der Abstand vom Bezugsquader eingesetzt worden, obwohl ein schallabstrahlender Bereich nicht identifiziert werden kann.

Tabelle 2.6 zeigt, dass die Fehler erheblich streuen und somit die in der Norm festgelegte Einschränkung der Methodik gerechtfertigt ist.

Tab. 2.7 Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels für alle Punkte A1 bis A12 nach der Methode ISO 11202 Anhang A.1 für die gerichtet abstrahlende Maschine

Messpunkt	Emissions-Schalldruckpegel L_{pA} nach 11202/A.1 - $K_{3,max} = 7$ dB, Genauigkeitsklasse nach 11202/A1.3 und Abweichung in dB zu dem Messwert im akustischen Freifeld - Modellmaschine mit gerichteter Schallabstrahlung								
	im Raum 1			im Raum 2			im Raum 3		
	L_{pA} in dB	Genauigkeits- klasse (2 / 3)	Abweichung	L_{pA} in dB	Genauigkeits- klasse (2 / 3)	Abweichung	L_{pA} in dB	Genauigkeits- klasse (2 / 3)	Abweichung
A1	90.4	3	-0.2	90.4	3	-0.2	90.6	2	0
A2	95.7	2	-0.4	94	3	-2.1	96	2	-0.1
A3	90.3	3	-0.1	90.6	3	0.2	90.4	2	0
A4	89.2	3	3.3	90.1	3	4.2	86.9	2	1
A5	87.0	-	5.7	88.8	-	7.5	84.0	-	2.7
A6	84.5	-	4.0	86.5	-	6.0	83.1	-	2.6
A7	81.4	-	5.8	85.4	-	9.8	80.7	-	5.1
A8	81.7	-	4.9	85.8	-	9.0	80.7	-	3.9
A9	82.0	-	5.6	85.8	-	9.4	80.2	-	3.8
A10	84.9	-	3.8	86.7	-	5.6	82.5	-	1.4
A11	87.3	-	4.9	88.5	-	6.1	83.3	-	0.9
A12	90	3	3.7	90.4	3	4.1	87.1	2	0.8

Bei der gerichtet abstrahlenden Maschine ist das Verfahren entsprechend den genannten Kriterien nur für die Punkte A1, A2, und A3 zulässig. Bei A4 und A12 liegt genau der Grenzfall vor.

Dies bestätigen die Ergebnisse nach Tabelle 2.7 in hervorragender Weise. Die Anwendung an den übrigen Punkten, die vom Quellbereich abgeschirmt sind, ergeben extrem hohe Abweichungen bis zu 10 dB. Auch für die gerade im Übergangsbereich zur Abschirmung liegenden Punkte A4 und A12 wird das Ergebnis in einem mit Genauigkeitsklasse 2 nicht mehr verträglichen Maße ungenau.

Damit kann festgestellt werden, dass die mit der „Short Term Revision“ vorgenommene Einschränkung unbedingt erforderlich ist.

2.5.2 ISO 11202, Anhang A.2

Nach ISO 11202, Anhang A.2 wird die Umgebungskorrektur ermittelt nach

$$K_3 = -10 \cdot \lg[z] \text{ dB} \quad (2.13)$$

$$z = 1 - \left(1 - 10^{-0.1 \cdot K_{2A}}\right) \cdot 10^{-0.1 \cdot DI'_{op}} \text{ dB}$$

mit

K_{2A} Umgebungskorrektur in dB, bezogen auf die Messfläche

DI'_{op} Richtwirkungsmaß in dB, bezogen auf die gesamte Messfläche

Dies ist im Prinzip das vom Verfasser entwickelte und in ISO 11204 vollständig enthaltene Verfahren der auf einen einzelnen Punkt bezogenen Umgebungskorrektur K_3 . Im Rahmen der ISO 11202 Anhang 2 ist es dahingehend modifiziert und vereinfacht worden, dass der auf den Arbeitsplatz bezogene scheinbare Richtwirkungsindex DI'_{op} nur unter Einbeziehung weniger Messpunkte auf der Umfangsfläche – eben der Punkte A1 bis A12 bei der Modellmaschine – statt aller Messpunkte auf der gesamten Hüllfläche ermittelt wird. Dieser „näherungsweise“ bestimmte scheinbare Richtwirkungsindex $DI'_{op,approx}$ wird als Näherung oder Schätzwert für den mit allen Messpunkten ermittelten Richtwirkungsindex DI'_{op} zur Bestimmung der Umgebungskorrektur nach (2.13) weiterverwendet.

K_3 wird dann in folgender Weise aus z bestimmt:

$$\begin{aligned} z \leq 0,2 &\Rightarrow K_3 = 7 \text{ dB} \\ 0,2 < z \leq 1 &\Rightarrow K_3 = -10 \lg[z] \text{ dB} \\ z > 1 &\Rightarrow K_3 = 0 \text{ dB} \end{aligned} \quad (2.14)$$

Mit welcher Genauigkeitsklasse K_3 und damit der Emissions-Schalldruckpegel bestimmt worden sind, kann Abb. 2.17 entnommen werden.

Bei der Bestimmung wird berücksichtigt, dass der näherungsweise bestimmte Richtwirkungsindex eben vom „wahren Wert“ abweichen kann. Durch Auswertung der Ergebnisse früherer Messungen (berichtet z. B. in /28/) ergibt sich ein maximaler Fehler von etwa 2 dB für größere Maschinen (diese Untersuchungen sind mit einem Van als Modellmaschine durchgeführt worden). Es ist sicher eine vorläufige und beim Vorliegen weiterer Erkenntnisse noch zu modifizierende Festlegung, dass der maximale Fehler $\Delta DI'$ bei der vereinfachten Bestimmung des Richtwirkungsindex für Maschinen mit einer Maximalabmessung l_{max} auf folgende Weise berücksichtigt wird:

$$\begin{aligned} l_{max} \leq 1 \text{ m} & (\Delta DI' = 0,5 \text{ dB}) \\ 1 \text{ m} < l_{max} \leq 3 \text{ m} & (\Delta DI' = 1 \text{ dB}) \\ l_{max} > 3 \text{ m} & (\Delta DI' = 1,5 \text{ dB}) \end{aligned} \quad (2.15)$$

Zur Einhaltung der Genauigkeitsklasse 2 soll K_3 nicht größer sein als 4 dB. Zur Umsetzung in einer anwendbaren Vorschrift wird von folgender Beziehung zwischen dem Richtwirkungsindex DI , der auf diesen Punkt bezogenen Umgebungskorrektur K_3 und der auf die gesamte Messfläche bezogenen Umgebungskorrektur K_2 ausgegangen:

$$DI'_{op} = -10 \lg \left(\frac{1 - 10^{-0,1K_3}}{1 - 10^{-0,1K_2}} \right) \text{ dB} \quad (2.16)$$

Setzt man für K_2 den Wert von 4 dB ein und berücksichtigt man den maximalen Fehler $\Delta DI'$, so ergibt sich die folgende Beziehung zur Festlegung der Grenzkurve zwischen den Genauigkeitsklassen 2 und 3.

$$DI'_{op,approx} = -10 \lg \left(\frac{1 - 10^{-0,4}}{1 - 10^{-0,1K_2}} \right) \text{ dB} + \Delta DI' \quad (2.17)$$

wobei je nach Maschinengröße die Werte $\Delta DI'$ aus (2.15) eingesetzt werden. Die Umsetzung im Diagramm zeigt Abb. 2.17.

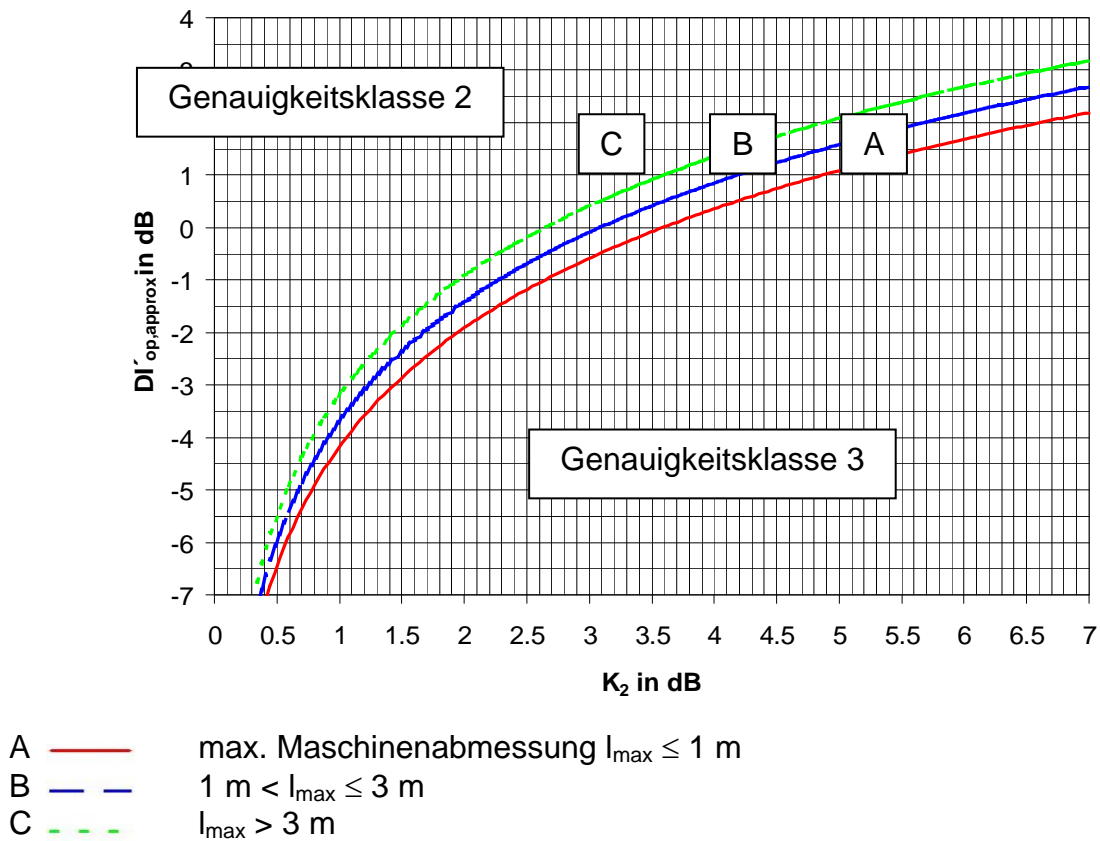


Abb. 2.17 Bestimmung der Genauigkeitsklasse für die Angabe des Emissions-Schalldruckpegels

Das Verfahren zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels nach ISO 11202 unter Anwendung der Umgebungskorrektur nach Anhang 2 dieser Norm erfolgt somit in folgender Weise:

- Messung der A-bewerteten Schalldruckpegel L'_{pA} auf der Umfangslinie – in der Regel in halber Maschinenhöhe – sowie am Arbeitsplatz
- Bestimmung des mittleren A-bewerteten Schalldruckpegels \bar{L}'_{pA} durch energetische Mittelung dieser Schalldruckpegel L'_{pA}
- Hieraus die Bestimmung des auf den Arbeitsplatz bezogenen scheinbaren Richtwirkungsindex $DI'_{op,approx}$
- Ermittlung der auf die Messfläche bezogenen Umgebungskorrektur K_2 (z. B. durch Messung der Nachhallzeit und hieraus Berechnung der äquivalenten Absorptionsfläche)
- Berechnung der auf den Arbeitsplatz bezogenen Umgebungskorrektur K_3 nach (2.13) und (2.14)
- Bestimmung der Genauigkeitsklasse durch Einordnung der Messung entsprechend den Werten von $DI'_{op,approx}$, K_2 und K_3 sowie der größten Maschinenabmessung l_{max} mit dem Diagramm Abb. 2.17.

Tab. 2.8 Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels für alle Punkte A1 bis A12 nach der Methode ISO 11202 Anhang A.2 für die ungerichtet abstrahlende Maschine und dabei sich ergebende Abweichung. Maximales K_3 entsprechend Norm 7 dB

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11202/A.2															
	$K_{3A,max} = 7 \text{ dB}$															
	Modellmaschine mit ungerichteter Schallabstrahlung im				Raum 1				Raum 2				Raum 3			
	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB				
A1	7.0	73.3	3	-1.3	7.0	75.4	3	0.8	0.6	74.6	2	0.0				
A2	7.0	75.0	3	-5.0	4.9	79.0	3	-1.0	0.2	79.8	2	-0.2				
A3	7.0	73.2	3	-1.3	7.0	75.0	3	0.5	0.6	75.0	2	0.5				
A4	7.0	74.6	3	-3.8	6.9	76.3	3	-2.1	0.3	78.3	2	-0.1				
A5	7.0	74.7	3	-4.8	7.0	75.8	3	-3.7	0.2	79.3	2	-0.2				
A6	7.0	74.7	3	-4.1	5.9	77.6	3	-1.2	0.3	78.5	2	-0.3				
A7	7.0	72.7	3	-2.2	7.0	75.6	3	0.7	0.7	74.3	2	-0.6				
A8	5.1	77.6	3	-2.1	7.0	76.0	3	-3.7	0.2	79.9	2	0.2				
A9	4.5	78.5	3	3.9	7.0	75.1	3	0.5	0.7	74.2	2	-0.4				
A10	3.2	80.7	3	2.9	7.0	75.1	3	-2.7	0.3	78.7	2	0.9				
A11	4.9	77.9	3	-0.9	7.0	75.1	3	-3.7	0.3	78.6	2	-0.2				
A12	4.5	78.5	3	-0.5	7.0	75.7	3	-3.3	0.2	79.1	2	0.1				

Wie die Auswertetabelle 2.8 zeigt, ergibt sich bei der ungerichtet abstrahlenden Modellmaschine im Raum 1 an den Punkten A1 bis A7 und im Raum 2 an A1 und A7 bis A12 die maximale Korrektur von 7 dB – es kann also davon ausgegangen werden, dass der mit (2.14) eingebaute „Anschlag“ von 7 dB zur Anwendung gekommen ist. Alle Messungen im Raum 1 und 2 werden nach der beschriebenen Methodik der Genauigkeitsklasse 3 zugeordnet – dies ist auch nach den festgestellten Abweichungen der Fall. Im Unterschied hierzu werden alle 12 Bestimmungen im Raum 3 der Genauigkeitsklasse 2 zugeordnet – auch wird durch die Analyse der tatsächlich festgestellten Abweichungen, die allesamt kleiner als 1 dB sind, die angewandte Methodik einwandfrei bestätigt.

Tab. 2.9 Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels für alle Punkte A1 bis A12 nach der Methode ISO 11202 Anhang A.2 für die gerichtet abstrahlende Maschine und dabei sich ergebende Abweichung. Maximales K_3 entsprechend Norm 7 dB

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11202/A.2															
	$K_{3A,max} = 7$ dB															
	Modellmaschine mit gerichteter Schallabstrahlung im				Raum 1				Raum 2				Raum 3			
	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB				
A1	3.5	90.3	3	-0.3	4.3	91.6	3	1.0	0.2	90.5	2	-0.1				
A2	1.1	96.7	2	0.6	2.4	95.2	2	-0.9	0.1	96.0	2	-0.1				
A3	3.6	90.1	3	-0.3	4.0	92.1	3	1.7	0.2	90.3	2	-0.1				
A4	7.0	84.3	3	-1.6	7.0	86.7	3	0.8	0.4	86.6	2	0.7				
A5	7.0	82.9	3	1.6	7.0	86.6	3	5.3	0.9	83.2	2	1.9				
A6	7.0	82.6	3	2.1	7.0	86.5	3	6.0	1.1	82.2	2	1.7				
A7	7.0	81.4	3	5.8	7.0	85.4	3	9.8	2.0	79.1	2	3.5				
A8	7.0	81.6	3	4.8	7.0	85.8	3	9.0	2.1	78.9	2	2.1				
A9	7.0	82.0	3	5.6	7.0	85.8	3	9.4	2.4	78.2	2	1.8				
A10	7.0	83.0	3	1.9	7.0	86.7	3	5.6	1.3	81.4	2	0.3				
A11	7.0	83.2	3	0.8	7.0	86.3	3	3.9	1.1	82.3	2	-0.1				
A12	7.0	85.1	3	-1.2	7.0	87.0	3	0.7	0.4	86.8	2	0.5				

Auch bei der gerichtet abstrahlenden Maschine bestätigt sich das in ISO 11202 Anhang A 2 beschriebene Verfahren in schon fast unerwarteter Präzision – Punkten mit einer festgestellten Abweichung von > 2 dB wird mit der vorgeschriebenen Systematik in der Regel die Genauigkeitsklasse 3 zugewiesen. Der hier nicht weiter untersuchte kleine „Ausreißer“ an Punkt A7 ändert nichts an dieser generellen Einschätzung.

Im Folgenden werden dieselben Auswertungen für die drei Räume und die beiden Konfigurationen der Modellmaschine wiederholt, wobei jedoch der „Anschlag“ bzw. das maximal angewendete K_3 von 7 dB im ersten Schritt auf 10 dB (Tab. 2.10 und 2.11) und im zweiten Schritt auf 15 dB (Tab. 2.12 und 2.13) erhöht wird.

Tab. 2.10 Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels für alle Punkte A1 bis A12 nach der Methode ISO 11202 Anhang A.2 für die ungerichtet abstrahlende Maschine und dabei sich ergebende Abweichung. Maximales K_3 in Abweichung von der Norm 10 dB

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11202/A.2											
	$K_{3A,max} = 10$ dB											
	Modellmaschine mit ungerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	
A1	10.0	70.3	3	-4.3	10.0	72.4	3	-2.2	0.6	74.6	2	0.0
A2	7.3	74.7	3	-5.3	4.9	79.0	3	-1.0	0.2	79.8	2	-0.2
A3	10.0	70.2	3	-4.3	10.0	72.0	3	-2.5	0.6	75.0	2	0.5
A4	9.7	71.9	3	-6.5	6.9	76.3	3	-2.1	0.3	78.3	2	-0.1
A5	8.9	72.8	3	-6.7	8.9	73.9	3	-5.6	0.2	79.3	2	-0.2
A6	8.9	72.8	3	-6.0	5.9	77.6	3	-1.2	0.3	78.5	2	-0.3
A7	10.0	69.7	3	-5.2	10.0	72.6	3	-2.3	0.7	74.3	2	-0.6
A8	5.1	77.6	3	-2.1	7.7	75.3	3	-4.4	0.2	79.9	2	0.2
A9	4.5	78.5	3	3.9	10.0	72.1	3	-2.5	0.7	74.2	2	-0.4
A10	3.2	80.7	3	2.9	10.0	72.1	3	-5.7	0.3	78.7	2	0.9
A11	4.9	77.9	3	-0.9	10.0	72.1	3	-6.7	0.3	78.6	2	-0.2
A12	4.5	78.5	3	-0.5	9.6	73.1	3	-5.9	0.2	79.1	2	0.1

Tab. 2.11 Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels für alle Punkte A1 bis A12 nach der Methode ISO 11202 Anhang A.2 für die gerichtet abstrahlende Maschine und dabei sich ergebende Abweichung. Maximales K_3 in Abweichung von der Norm 10 dB

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11202/A.2											
	$K_{3A,max} = 10 \text{ dB}$											
	Modellmaschine mit gerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	
A1	3.5	90.3	3	-0.3	4.3	91.6	3	1.0	0.2	90.5	2	-0.1
A2	1.1	96.7	2	0.6	2.4	95.2	2	-0.9	0.1	96.0	2	-0.1
A3	3.6	90.1	3	-0.3	4.0	92.1	3	1.7	0.2	90.3	2	-0.1
A4	10.0	81.3	3	-4.6	10.0	83.7	3	-2.2	0.4	86.6	2	0.7
A5	10.0	79.9	3	-1.4	10.0	83.6	3	2.3	0.9	83.2	2	1.9
A6	10.0	79.6	3	-0.9	10.0	83.5	3	3.0	1.1	82.2	2	1.7
A7	10.0	78.4	3	2.8	10.0	82.4	3	6.8	2.0	79.1	2	3.5
A8	10.0	78.6	3	1.8	10.0	82.8	3	6.0	2.1	78.9	2	2.1
A9	10.0	79.0	3	2.6	10.0	82.8	3	6.4	2.4	78.2	2	1.8
A10	10.0	80.0	3	-1.1	10.0	83.7	3	2.6	1.3	81.4	2	0.3
A11	10.0	80.2	3	-2.2	10.0	83.3	3	0.9	1.1	82.3	2	-0.1
A12	7.3	84.8	3	-1.5	10.0	84.0	3	-2.3	0.4	86.8	2	0.5

Tab. 2.12 Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels für alle Punkte A1 bis A12 nach der Methode ISO 11202 Anhang A.2 für die ungerichtet abstrahlende Maschine und dabei sich ergebende Abweichung. Maximales K_3 in Abweichung von der Norm 15 dB

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11202/A.2											
	$K_{3A,max} = 15 \text{ dB}$											
	Modellmaschine mit ungerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	
A1	15.0	65.3	3	-9.3	13.4	69.0	3	-5.6	0.6	74.6	2	0.0
A2	7.3	74.7	3	-5.3	4.9	79.0	3	-1.0	0.2	79.8	2	-0.2
A3	15.0	65.2	3	-9.3	15.0	67.0	3	-7.5	0.6	75.0	2	0.5
A4	9.7	71.9	3	-6.5	6.9	76.3	3	-2.1	0.3	78.3	2	-0.1
A5	8.9	72.8	3	-6.7	8.9	73.9	3	-5.6	0.2	79.3	2	-0.2
A6	8.9	72.8	3	-6.0	5.9	77.6	3	-1.2	0.3	78.5	2	-0.3
A7	15.0	64.7	3	-10.2	10.5	72.1	3	-2.8	0.7	74.3	2	-0.6
A8	5.1	77.6	3	-2.1	7.7	75.3	3	-4.4	0.2	79.9	2	0.2
A9	4.5	78.5	3	3.9	15.0	67.1	3	-7.5	0.7	74.2	2	-0.4
A10	3.2	80.7	3	2.9	15.0	67.1	3	-10.7	0.3	78.7	2	0.9
A11	4.9	77.9	3	-0.9	15.0	67.1	3	-11.7	0.3	78.6	2	-0.2
A12	4.5	78.5	3	-0.5	9.6	73.1	3	-5.9	0.2	79.1	2	0.1

Tab. 2.13 Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels für alle Punkte A1 bis A12 nach der Methode ISO 11202 Anhang A.2 für die gerichtet abstrahlende Maschine und dabei sich ergebende Abweichung. Maximales K_3 in Abweichung von der Norm 15 dB

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11202/A.2											
	$K_{3A,max} = 15$ dB											
	Modellmaschine mit gerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	
A1	3.5	90.3	3	-0.3	4.3	91.6	3	1.0	0.2	90.5	2	-0.1
A2	1.1	96.7	2	0.6	2.4	95.2	2	-0.9	0.1	96.0	2	-0.1
A3	3.6	90.1	3	-0.3	4.0	92.1	3	1.7	0.2	90.3	2	-0.1
A4	15.0	76.3	3	-9.6	15.0	78.7	3	-7.2	0.4	86.6	2	0.7
A5	15.0	74.9	3	-6.4	15.0	78.6	3	-2.7	0.9	83.2	2	1.9
A6	15.0	74.6	3	-5.9	15.0	78.5	3	-2.0	1.1	82.2	2	1.7
A7	15.0	73.4	3	-2.2	15.0	77.4	3	1.8	2.0	79.1	2	3.5
A8	15.0	73.6	3	-3.2	15.0	77.8	3	1.0	2.1	78.9	2	2.1
A9	15.0	74.0	3	-2.4	15.0	77.8	3	1.4	2.4	78.2	2	1.8
A10	15.0	75.0	3	-6.1	15.0	78.7	3	-2.4	1.3	81.4	2	0.3
A11	15.0	75.2	3	-7.2	15.0	78.3	3	-4.1	1.1	82.3	2	-0.1
A12	7.3	84.8	3	-1.5	15.0	79.0	3	-7.3	0.4	86.8	2	0.5

Diese letztgenannten Auswertungen zeigen, dass der „Anschlag“ von 7 dB durchaus vernünftig gewählt ist – durch Erhöhung dieses Werts wird im Mittel keine größere Genauigkeit der Ergebnisse erreicht.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die ISO 11202 in der im Jahr 2007 vorliegenden Entwurfsform durch diese Untersuchungen in hervorragender Weise bestätigt wird. Die Ergebnisse beweisen aber auch, dass die mit der „Short Term Revision“ eingeführten Änderungen zwingend erforderlich waren.

2.6 Anwendung ISO 11204

2.6.1 Allgemeines

Die Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels nach ISO 11204 /8/ wurde im Rahmen der „Short Term Revision“ nur in Details geändert.

Generell erfolgt die Ermittlung der punktbezogenen Umgebungskorrektur entsprechend ISO 11204 Anhang A.2 nach

$$K_3 = -10 \lg \left(1 - \left(1 - 10^{-0,1 \cdot K_2} \right) \cdot 10^{-0,1 \cdot DI'_{op}} \right) \text{ dB} \quad (2.18)$$

oder entsprechend ISO 11204 Anhang A 3 unter Bezug auf die äquivalente Absorptionsfläche A des Raums und die Messfläche S nach

$$K_3 = -10 \lg \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{A}{4S}} \cdot 10^{-0,1 \cdot DI'_{op}} \right) \text{ dB} \quad (2.19)$$

Je kleiner das Argument des Logarithmus wird, desto größer wird der berechnete Wert von K_3 . Beträgt dieses Argument nur wenige Zehntel oder gar Hundertstel, so führen schon kleinste Änderungen dieses Arguments zu großen Änderungen des Ergebniswerts. Die stets vorhandene Unsicherheit in den Messwerten L'_{pA} kann deshalb bei großem Raumeinfluss (kleines Argument des Logarithmus \rightarrow großes K_3) zu erheblich größeren Unsicherheiten im ermittelten Wert von K_3 und damit im letztlich bestimmten Emissions-Schalldruckpegel führen.

Dies kann bei großem Raumeinfluss dazu führen, dass wegen des schon sehr kleinen Arguments des Logarithmus dieses wegen kleinster Fehler in den Messwerten negativ werden kann und die Formeln (2.18) bzw. (2.19) nicht mehr ausgewertet werden können.

Um dies zu vermeiden, wurde im Rahmen der „Short Term Revision“ ein zweistufiges Verfahren eingeführt. Im ersten Schritt wird das Argument der o. g. Logarithmusfunktion bestimmt und geprüft, ob dieses einen Minimalwert – der dem maximal zugelassenen K_3 -Wert von 7 dB entspricht – unterschreitet. Nur wenn dies nicht der Fall ist, erfolgt die normale Berechnung der Logarithmusfunktion. Im anderen Fall wird der Wert von 7 dB zugewiesen.

Damit erfolgt die Berechnung der Umgebungskorrektur in folgender Weise:

Schritt 1:

Berechnung des Arguments der Logarithmusfunktion entsprechend (2.18) oder (2.19)

$$z = f(K_2, DI'_{op}) \quad (2.20)$$

oder

$$z = f(A, DI'_{op}) \quad (2.21)$$

mit

- K_2 Umgebungskorrektur in dB, bezogen auf die gesamte Messfläche
 A Äquivalente Absorptionsfläche des Raumes
 DI'_{op} Richtwirkungsmaß in dB, wobei der zur Bestimmung verwendete mittlere Pegel ebenfalls auf die gesamte Messfläche bezogen ist

Wichtiger Hinweis:

Die gesamte Messfläche muss nur alle für die Abstrahlung wesentlichen Schallquellen einschließen. So kann sie bei großen Maschinen, bei denen nur Teilbereiche für diese wesentliche Schallabstrahlung verantwortlich sind, durchaus nur diese Teilbereiche – und nicht die gesamte Maschine – umschließen. Allerdings sind dann sowohl die Umgebungskorrektur K_2 , die in der vollständigen Formel von (2.15) erforderliche Messfläche S wie auch der scheinbare Richtwirkungsindex DI'_{op} auf diese reduzierte Messfläche zu beziehen.

Bei der Messung an der Modellmaschine wird zur Bestimmung von K_2 , S und DI'_{op} die den gesamten Maschinenquader im Abstand von 1m einhüllende Messfläche zugrunde gelegt. Die Messpunkte sind entsprechend ISO 3744 angeordnet.

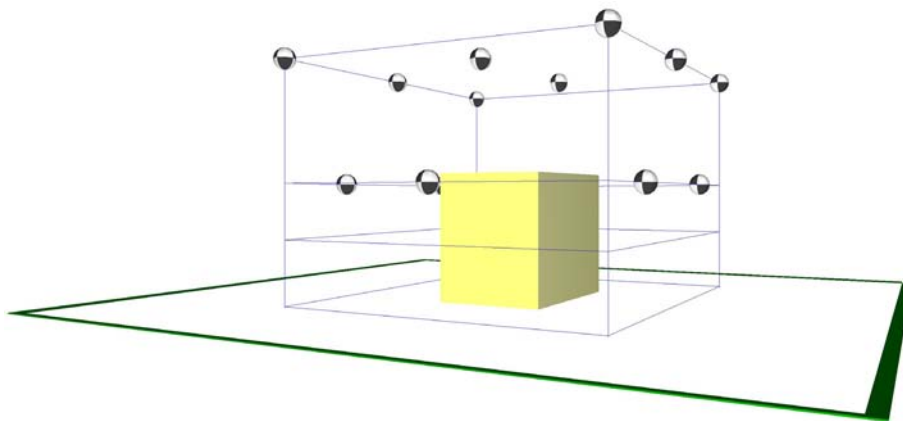


Abb. 2.18 Messpunkte zur Berechnung des mittleren Schalldruckpegels auf der Messfläche nach ISO 3744

Als Arbeitsplatz-Messpunkte werden wiederum die Messpositionen in der Höhe von 0,6 m über Boden verwendet.

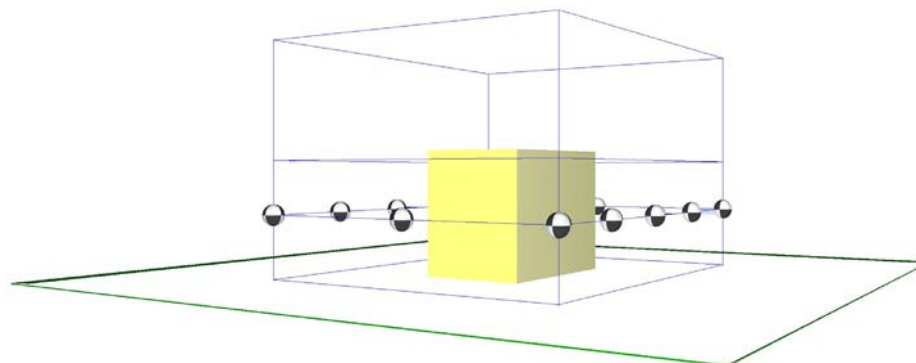


Abb. 2.19 Arbeitsplatz-Messpunkte in einem Meter Abstand von der Modellmaschine

Schritt 2:
Bestimmung der Umgebungskorrektur mit

$$\begin{aligned} z \leq 0,2 & \Rightarrow K_3 = 7 \text{ dB} \\ 0,2 < z \leq 1 & \Rightarrow K_3 = -10\lg[z] \text{ dB} \\ z > 1 & \Rightarrow K_3 = 0 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dieses Verfahren führt dazu, dass unabhängig vom berechneten z-Wert stets eine Lösung gefunden wird.

2.6.2 ISO 11204, Anhang A.2

Nach Anhang A.2 der ISO 11204 erfolgt die Berechnung von z entsprechend (2.18) aus der auf die gesamte Messfläche bezogenen Umgebungskorrektur K_2 .

Die diesbezüglichen Untersuchungen an der ungerichtet und gerichtet abstrahlenden Modellmaschine für alle 3 Räume sind in Anhang 5 dokumentiert. In den Tabellen 2.14 bis 2.19 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

Diese Tabellen enthalten u. a. für jeden Messpunkt die aufgrund der normativen Festlegung zutreffende Genauigkeitsklasse sowie die tatsächlich festgestellte Abweichung. Ein Vergleich dieser beiden Angaben zeigt deutlich, ob das Verfahren für die jeweilige Genauigkeitsklasse akzeptiert werden kann.

In Tabelle 2.14 sind die Ergebnisse bei Verwendung des nach ISO 11204 Anhang A.2 vorgeschriebenen „Anschlags“ von 7 dB aufgelistet. Insbesondere die großen positiven Abweichungen von 5 bis 10 dB an den bei gerichteter Abstrahlung abgeschirmten Messpunkten A5 bis A10 in Raum 1 werden von der Verwendung der zu niedrigen Korrektur von 7 dB verursacht.

Um dies näher zu untersuchen, wurde auch unter Verwendung einer maximalen Umgebungskorrektur von 10 dB sowie von 15 dB ausgewertet. Wie die entsprechenden Tabellen 2.15 und 2.16 zeigen, verringert sich die mittlere Abweichung an den genannten 6 Punkten im Raum 1 bei gerichteter Abstrahlung von 7,5 dB (mit $K_{3,\max}$ 7 dB) auf 4,5 dB (mit $K_{3,\max}$ 10 dB) bis auf 1,3 dB (mit $K_{3,\max}$ 15 dB).

Tab. 2.14 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel – Bestimmung nach ISO 11204/A2 mit $K_{3A,max} = 7$ dB (entsprechend Norm) für die ungerichtet abstrahlende Maschine

Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A2												
$K_{3A,max} = 7$ dB												
Modellmaschine mit ungerichteter Schallabstrahlung im												
Messpunkt	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB
A1	7	73.3	3	-1.3	7	75.4	3	0.8	0.3	74.9	2	0.3
A2	3.4	78.6	2	-1.4	4.2	79.7	3	-0.3	0.1	79.9	2	-0.1
A3	7	73.2	3	-1.3	7	75	3	0.5	0.3	75.3	2	0.8
A4	3.9	77.7	2	-0.7	5.6	77.6	3	-0.8	0.1	78.5	2	0.1
A5	3.7	78	2	-1.5	6.9	75.9	3	-3.6	0.1	79.4	2	-0.1
A6	3.7	78	2	-0.8	4.9	78.6	3	-0.2	0.1	78.7	2	-0.1
A7	7	72.7	3	-2.2	7	75.6	3	0.7	0.3	74.7	2	-0.2
A8	2.7	80	2	0.3	6.2	76.8	3	-2.9	0.1	80	2	0.3
A9	2.4	80.6	2	6	7	75.1	3	0.5	0.4	74.5	2	-0.1
A10	1.9	82	2	4.2	7	75.1	3	-2.7	0.1	78.9	2	1.1
A11	2.6	80.2	2	1.4	7	75.1	3	-3.7	0.1	78.8	2	0
A12	2.4	80.6	2	1.6	7	75.7	3	-3.3	0.1	79.2	2	0.2

Im Raum 1 liegen die punktbezogenen Umgebungskorrekturen zwischen 2 und 7 dB. Mit Ausnahme der Punkte 9 und 10 entsprechen sie der durch die Genauigkeitsklasse vorgegebenen Toleranz. Der Raum 2 ist halliger mit nahezu doppelter Nachhallzeit bei in etwa gleicher Größe – hier ist aufgrund der Werte von K_3 allen Messungen die Genauigkeitsklasse 3 zuzuordnen. Die festgestellten Abweichungen sind damit konform. Dies gilt auch für den großen Raum 3 – alle Messungen entsprechen der Genauigkeitsklasse 2 und die Abweichungen bleiben akzeptabel klein.

Tab. 2.15 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel – Bestimmung nach ISO 11204/A2 mit $K_{3A,max} = 7$ dB (entsprechend Norm) für die gerichtet abstrahlende Maschine

Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A2												
$K_{3A,max} = 7$ dB												
Modellmaschine mit gerichteter Schallabstrahlung im												
Messpunkt	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB
A1	2.2	91.6	2	1	3.7	92.2	2	1.6	0.1	90.6	2	0
A2	0.8	97	2	0.9	2.1	95.5	2	-0.6	0	96.1	2	0
A3	2.3	91.4	2	1	3.5	92.6	2	2.2	0.1	90.4	2	0
A4	5.4	85.9	3	0	7	86.7	3	0.8	0.2	86.8	2	0.9
A5	7	82.9	3	1.6	7	86.6	3	5.3	0.5	83.6	2	2.3
A6	7	82.6	3	2.1	7	86.5	3	6	0.6	82.7	2	2.2
A7	7	81.4	3	5.8	7	85.4	3	9.8	1.1	80	2	4.4
A8	7	81.6	3	4.8	7	85.8	3	9	1.1	79.9	2	3.1
A9	7	82	3	5.6	7	85.8	3	9.4	1.2	79.4	2	3
A10	7	83	3	1.9	7	86.7	3	5.6	0.7	82	2	0.9
A11	7	83.2	3	0.8	7	86.3	3	3.9	0.6	82.8	2	0.4
A12	3.9	88.2	2	1.9	7	87	3	0.7	0.2	87	2	0.7

Bei gerichteter Abstrahlung ergeben sich erwartungsgemäß größere Abweichungen. Allerdings entsprechen diese auch hier der jeweils zuzuordnenden Genauigkeitsklasse. Die großen positiven Abweichungen zeigen an, dass der so ermittelte Emissions-Schalldruckpegel zu groß und damit die angewendete Raumkorrektur K_3 zu klein war – dies ist vor allem immer dann der Fall, wenn das maximale K_3 von 7 dB zur Anwendung gekommen ist. Dieses Ergebnis würde es durchaus nahelegen, einen höheren Wert als Maximalkorrektur festzulegen.

Tab. 2.16 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel – Bestimmung nach ISO 11204/A2 mit $K_{3A,max} = 10$ dB (abweichend von der Norm) für die ungerichtet abstrahlende Maschine

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A2											
	$K_{3A,max} = 10$ dB											
	Modellmaschine mit ungerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	
A1	6.9	73.4	3	-1.2	8.9	73.5	3	-1.1	0.3	74.9	2	0.3
A2	3.4	78.6	2	-1.4	4.2	79.7	3	-0.3	0.1	79.9	2	-0.1
A3	7.3	72.9	3	-1.6	10	72	3	-2.5	0.3	75.3	2	0.8
A4	3.9	77.7	2	-0.7	5.6	77.6	3	-0.8	0.1	78.5	2	0.1
A5	3.7	78	2	-1.5	6.9	75.9	3	-3.6	0.1	79.4	2	-0.1
A6	3.7	78	2	-0.8	4.9	78.6	3	-0.2	0.1	78.7	2	-0.1
A7	10	69.7	3	-5.2	7.7	74.9	3	0	0.3	74.7	2	-0.2
A8	2.7	80	2	0.3	6.2	76.8	3	-2.9	0.1	80	2	0.3
A9	2.4	80.6	2	6	10	72.1	3	-2.5	0.4	74.5	2	-0.1
A10	1.9	82	2	4.2	10	72.1	3	-5.7	0.1	78.9	2	1.1
A11	2.6	80.2	2	1.4	10	72.1	3	-6.7	0.1	78.8	2	0
A12	2.4	80.6	2	1.6	7.3	75.4	3	-3.6	0.1	79.2	2	0.2

Die probeweise Verwendung einer höheren Maximalkorrektur wird bei Vergleich dieser Auswertung mit der von Tabelle 2.14 wieder relativiert – bei ungerichteter Abstrahlung ergeben an allen Punkten, an denen der 10 dB – Anschlag zum Tragen kommt, größere Abweichungen.

Tab. 2.17 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel – Bestimmung nach ISO 11204/A2 mit $K_{3A,max} = 10$ dB (abweichend von der Norm) für die gerichtet abstrahlende Maschine

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A2											
	$K_{3A,max} = 10$ dB											
	Modellmaschine mit gerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	
A1	2.2	91.6	2	1	3.7	92.2	2	1.6	0.1	90.6	2	0
A2	0.8	97	2	0.9	2.1	95.5	2	-0.6	0	96.1	2	0
A3	2.3	91.4	2	1	3.5	92.6	2	2.2	0.1	90.4	2	0
A4	5.4	85.9	3	0	10	83.7	3	-2.2	0.2	86.8	2	0.9
A5	10	79.9	3	-1.4	10	83.6	3	2.3	0.5	83.6	2	2.3
A6	10	79.6	3	-0.9	10	83.5	3	3	0.6	82.7	2	2.2
A7	10	78.4	3	2.8	10	82.4	3	6.8	1.1	80	2	4.4
A8	10	78.6	3	1.8	10	82.8	3	6	1.1	79.9	2	3.1
A9	10	79	3	2.6	10	82.8	3	6.4	1.2	79.4	2	3
A10	10	80	3	-1.1	10	83.7	3	2.6	0.7	82	2	0.9
A11	10	80.2	3	-2.2	10	83.3	3	0.9	0.6	82.8	2	0.4
A12	3.9	88.2	2	1.9	9.6	84.4	3	-1.9	0.2	87	2	0.7

Bei gerichteter Abstrahlung sind die Abweichungen bei Verwendung des 10 dB Maximalwerts kleiner als bei 7 dB.

Tab. 2.18 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel – Bestimmung nach ISO 11204/A2 mit $K_{3A,max} = 15$ dB (abweichend von der Norm) für die ungerichtet abstrahlende Maschine

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A2											
	$K_{3A,max} = 15$ dB											
	Modellmaschine mit ungerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	
A1	6.9	73.4	3	-1.2	8.9	73.5	3	-1.1	0.3	74.9	2	0.3
A2	3.4	78.6	2	-1.4	4.2	79.7	3	-0.3	0.1	79.9	2	-0.1
A3	7.3	72.9	3	-1.6	13.4	68.6	3	-5.9	0.3	75.3	2	0.8
A4	3.9	77.7	2	-0.7	5.6	77.6	3	-0.8	0.1	78.5	2	0.1
A5	3.7	78	2	-1.5	6.9	75.9	3	-3.6	0.1	79.4	2	-0.1
A6	3.7	78	2	-0.8	4.9	78.6	3	-0.2	0.1	78.7	2	-0.1
A7	11	69.1	3	-5.8	7.7	74.9	3	0	0.3	74.7	2	-0.2
A8	2.7	80	2	0.3	6.2	76.8	3	-2.9	0.1	80	2	0.3
A9	2.4	80.6	2	6	11.7	70.4	3	-4.2	0.4	74.5	2	-0.1
A10	1.9	82	2	4.2	11.7	70.4	3	-7.4	0.1	78.9	2	1.1
A11	2.6	80.2	2	1.4	11.7	70.4	3	-8.4	0.1	78.8	2	0
A12	2.4	80.6	2	1.6	7.3	75.4	3	-3.6	0.1	79.2	2	0.2

Bei ungerichteter Abstrahlung wird durch die Verwendung eines maximalen K_3 von 15 dB der Fehler in all den Fällen vergrößert, in denen die Korrektur 10 dB übersteigt (die höchste angewendete Korrektur beträgt 11,7 dB).

Tab. 2.19 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel – Bestimmung nach ISO 11204/A2 mit $K_{3A,max} = 15$ dB (abweichend von der Norm) für die gerichtet abstrahlende Maschine

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A2											
	$K_{3A,max} = 15$ dB											
	Modellmaschine mit gerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	
A1	2.2	91.6	2	1	3.7	92.2	2	1.6	0.1	90.6	2	0
A2	0.8	97	2	0.9	2.1	95.5	2	-0.6	0	96.1	2	0
A3	2.3	91.4	2	1	3.5	92.6	2	2.2	0.1	90.4	2	0
A4	5.4	85.9	3	0	13.4	80.3	3	-5.6	0.2	86.8	2	0.9
A5	15	74.9	3	-6.4	15	78.6	3	-2.7	0.5	83.6	2	2.3
A6	15	74.6	3	-5.9	15	78.5	3	-2	0.6	82.7	2	2.2
A7	15	73.4	3	-2.2	15	77.4	3	1.8	1.1	80	2	4.4
A8	15	73.6	3	-3.2	15	77.8	3	1	1.1	79.9	2	3.1
A9	15	74	3	-2.4	15	77.8	3	1.4	1.2	79.4	2	3
A10	14	76.4	3	-4.7	13.4	80.3	3	-0.8	0.7	82	2	0.9
A11	11	79.6	3	-2.8	15	78.3	3	-4.1	0.6	82.8	2	0.4
A12	3.9	88.2	2	1.9	9.6	84.4	3	-1.9	0.2	87	2	0.7

Bei der gerichtet abstrahlenden Maschine führt selbst die Erhöhung des maximal angewendeten K_3 auf 15 dB im Mittel noch zu einer weiteren Verbesserung der Genauigkeit. Dies zeigt sich insbesondere an den Punkten A5 bis A12 im Raum 2 – die noch verbleibenden tatsächlichen Abweichungen entsprechen trotz der hohen Umgebungskorrektur von 15 dB durchaus den Anforderungen der Genauigkeitsklasse 2. Bei vorhandener schwächerer Raumrückwirkung – wie im Raum 1 – ergeben sich allerdings etwas größere negative Abweichungen – die angewendete Korrektur war somit zu groß.

ISO 11204, Anhang A.3

Nach Anhang A.3 der ISO 11204 erfolgt die Berechnung von z entsprechend (2.19) aus der auf die gesamte Messfläche bezogenen Umgebungskorrektur K_2 mit

$$z = 1 - \left[\frac{1}{\left(1 + \frac{A}{4 \cdot S}\right)} 10^{-0,1 DI'_{op}} \right] dB$$

Auch diese Untersuchungen sind für die ungerichtet und gerichtet abstrahlende Modellmaschine für alle 3 Räume in Anhang 6 dokumentiert.

In Tabelle 2.17 sind die Ergebnisse bei Verwendung des nach ISO 11204 Anhang A.3 vorgeschriebenen „Anschlags“ von 7 dB aufgelistet. Auch in diesem Fall ergeben sich die großen positiven Abweichungen von 5 bis 10 dB an den bei gerichteter Abstrahlung abgeschirmten Messpunkten A5 bis A10 in Raum 1 aufgrund der Verwendung der zu niedrigen Korrektur von 7 dB.

Um dies näher zu untersuchen, wurde wieder unter Verwendung einer maximalen Umgebungskorrektur von 10 dB sowie von 15 dB ausgewertet. Wie die entsprechenden Tabellen 2.23 und 2.25 zeigen, verringert sich die mittlere Abweichung an den genannten 6 Punkten im Raum 1 bei gerichteter Abstrahlung von 7,5 dB (mit $K_{3,max}$ 7 dB) auf 5,4 dB (mit $K_{3,max}$ 10 dB) bis auf 2,9 dB (mit $K_{3,max}$ 15 dB).

Tab. 2.20 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A.3 mit ungerichtet abstrahlender Modellmaschine und $K_{3A,max} = 7$ dB (entsprechend Norm)

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A3											
	$K_{3A,max} = 7$ dB											
	Modellmaschine mit ungerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB
A1	6.8	73.5	3	-1.1	7	75.4	3	0.8	0.4	74.8	2	0.2
A2	3.4	78.6	2	-1.4	4.2	79.7	3	-0.3	0.1	79.9	2	-0.1
A3	7	73.2	3	-1.3	7	75	3	0.5	0.3	75.3	2	0.8
A4	3.9	77.7	2	-0.7	5.5	77.7	3	-0.7	0.2	78.4	2	0
A5	3.7	78	2	-1.5	6.8	76	3	-3.5	0.1	79.4	2	-0.1
A6	3.7	78	2	-0.8	4.8	78.7	3	-0.1	0.2	78.6	2	-0.2
A7	7	72.7	3	-2.2	7	75.6	3	0.7	0.4	74.6	2	-0.3
A8	2.7	80	2	0.3	6.2	76.8	3	-2.9	0.1	80	2	0.3
A9	2.4	80.6	2	6	7	75.1	3	0.5	0.4	74.5	2	-0.1
A10	1.9	82	2	4.2	7	75.1	3	-2.7	0.1	78.9	2	1.1
A11	2.6	80.2	2	1.4	7	75.1	3	-3.7	0.1	78.8	2	0
A12	2.4	80.6	2	1.6	7	75.7	3	-3.3	0.1	79.2	2	0.2

Tab. 2.21 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A.3 mit gerichtet abstrahlender Modellmaschine und $K_{3A,max} = 7$ dB (entsprechend Norm)

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A3											
	$K_{3A,max} = 7$ dB											
	Modellmaschine mit gerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB
A1	2.2	91.6	2	1	3.7	92.2	2	1.6	0.1	90.6	2	0
A2	0.8	97	2	0.9	2.1	95.5	2	-0.6	0	96.1	2	0
A3	2.3	91.4	2	1	3.5	92.6	2	2.2	0.1	90.4	2	0
A4	5.4	85.9	3	0	7	86.7	3	0.8	0.3	86.7	2	0.8
A5	7	82.9	3	1.6	7	86.6	3	5.3	0.6	83.5	2	2.2
A6	7	82.6	3	2.1	7	86.5	3	6	0.7	82.6	2	2.1
A7	7	81.4	3	5.8	7	85.4	3	9.8	1.2	79.9	2	4.3
A8	7	81.6	3	4.8	7	85.8	3	9	1.2	79.8	2	3
A9	7	82	3	5.6	7	85.8	3	9.4	1.4	79.2	2	2.8
A10	7	83	3	1.9	7	86.7	3	5.6	0.8	81.9	2	0.8
A11	7	83.2	3	0.8	7	86.3	3	3.9	0.7	82.7	2	0.3
A12	3.9	88.2	2	1.9	7	87	3	0.7	0.3	86.9	2	0.6

Tab. 2.22 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A.3 mit ungerichtet abstrahlender Modellmaschine und $K_{3A,max} = 10$ dB (abweichend von der Norm)

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A3											
	$K_{3A,max} = 10$ dB											
	Modellmaschine mit ungerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB
A1	6.8	73.5	3	-1.1	8.9	73.5	3	-1.1	0.4	74.8	2	0.2
A2	3.4	78.6	2	-1.4	4.2	79.7	3	-0.3	0.1	79.9	2	-0.1
A3	7.2	73	3	-1.5	10	72	3	-2.5	0.3	75.3	2	0.8
A4	3.9	77.7	2	-0.7	5.5	77.7	3	-0.7	0.2	78.4	2	0
A5	3.7	78	2	-1.5	6.8	76	3	-3.5	0.1	79.4	2	-0.1
A6	3.7	78	2	-0.8	4.8	78.7	3	-0.1	0.2	78.6	2	-0.2
A7	10	69.7	3	-5.2	7.7	74.9	3	0	0.4	74.6	2	-0.3
A8	2.7	80	2	0.3	6.2	76.8	3	-2.9	0.1	80	2	0.3
A9	2.4	80.6	2	6	10	72.1	3	-2.5	0.4	74.5	2	-0.1
A10	1.9	82	2	4.2	10	72.1	3	-5.7	0.1	78.9	2	1.1
A11	2.6	80.2	2	1.4	10	72.1	3	-6.7	0.1	78.8	2	0
A12	2.4	80.6	2	1.6	7.2	75.5	3	-3.5	0.1	79.2	2	0.2

Tab. 2.23 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A.3 mit gerichtet abstrahlender Modellmaschine und $K_{3A,max} = 10$ dB (abweichend von der Norm)

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A3											
	$K_{3A,max} = 10$ dB											
	Modellmaschine mit gerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB
A1	2.2	91.6	2	1	3.7	92.2	2	1.6	0.1	90.6	2	0
A2	0.8	97	2	0.9	2.1	95.5	2	-0.6	0	96.1	2	0
A3	2.3	91.4	2	1	3.5	92.6	2	2.2	0.1	90.4	2	0
A4	5.4	85.9	3	0	10	83.7	3	-2.2	0.3	86.7	2	0.8
A5	10	79.9	3	-1.4	10	83.6	3	2.3	0.6	83.5	2	2.2
A6	10	79.6	3	-0.9	10	83.5	3	3	0.7	82.6	2	2.1
A7	10	78.4	3	2.8	10	82.4	3	6.8	1.2	79.9	2	4.3
A8	10	78.6	3	1.8	10	82.8	3	6	1.2	79.8	2	3
A9	10	79	3	2.6	10	82.8	3	6.4	1.4	79.2	2	2.8
A10	10	80	3	-1.1	10	83.7	3	2.6	0.8	81.9	2	0.8
A11	10	80.2	3	-2.2	10	83.3	3	0.9	0.7	82.7	2	0.3
A12	3.9	88.2	2	1.9	9.6	84.4	3	-1.9	0.3	86.9	2	0.6

Tab. 2.24 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A.3 mit ungerichtet abstrahlender Modellmaschine und $K_{3A,max} = 15$ dB (abweichend von der Norm)

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A3											
	$K_{3A,max} = 15$ dB											
	Modellmaschine mit ungerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	
A1	6.8	73.5	3	-1.1	8.9	73.5	3	-1.1	0.4	74.8	2	0.2
A2	3.4	78.6	2	-1.4	4.2	79.7	3	-0.3	0.1	79.9	2	-0.1
A3	7.2	73	3	-1.5	13	69	3	-5.5	0.3	75.3	2	0.8
A4	3.9	77.7	2	-0.7	5.5	77.7	3	-0.7	0.2	78.4	2	0
A5	3.7	78	2	-1.5	6.8	76	3	-3.5	0.1	79.4	2	-0.1
A6	3.7	78	2	-0.8	4.8	78.7	3	-0.1	0.2	78.6	2	-0.2
A7	10.5	69.2	3	-5.7	7.7	74.9	3	0	0.4	74.6	2	-0.3
A8	2.7	80	2	0.3	6.2	76.8	3	-2.9	0.1	80	2	0.3
A9	2.4	80.6	2	6	11.5	70.6	3	-4	0.4	74.5	2	-0.1
A10	1.9	82	2	4.2	11.5	70.6	3	-7.2	0.1	78.9	2	1.1
A11	2.6	80.2	2	1.4	11.5	70.6	3	-8.2	0.1	78.8	2	0
A12	2.4	80.6	2	1.6	7.2	75.5	3	-3.5	0.1	79.2	2	0.2

Tab. 2.25 Untersuchung zum Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A.3 mit gerichtet abstrahlender Modellmaschine und $K_{3A,max} = 15$ dB (abweichend von der Norm)

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach 11204/A3											
	$K_{3A,max} = 15$ dB											
	Modellmaschine mit gerichteter Schallabstrahlung im											
	Raum 1				Raum 2				Raum 3			
	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2/3)	Abweichung in dB
A1	2.2	91.6	2	1	3.7	92.2	2	1.6	0.1	90.6	2	0
A2	0.8	97	2	0.9	2.1	95.5	2	-0.6	0	96.1	2	0
A3	2.3	91.4	2	1	3.5	92.6	2	2.2	0.1	90.4	2	0
A4	5.4	85.9	3	0	13	80.7	3	-5.2	0.3	86.7	2	0.8
A5	15	74.9	3	-6.4	15	78.6	3	-2.7	0.6	83.5	2	2.2
A6	15	74.6	3	-5.9	15	78.5	3	-2	0.7	82.6	2	2.1
A7	15	73.4	3	-2.2	15	77.4	3	1.8	1.2	79.9	2	4.3
A8	15	73.6	3	-3.2	15	77.8	3	1	1.2	79.8	2	3
A9	15	74	3	-2.4	15	77.8	3	1.4	1.4	79.2	2	2.8
A10	13	77	3	-4.1	13	80.7	3	-0.4	0.8	81.9	2	0.8
A11	10.5	79.7	3	-2.7	15	78.3	3	-4.1	0.7	82.7	2	0.3
A12	3.9	88.2	2	1.9	9.6	84.4	3	-1.9	0.3	86.9	2	0.6

Das Ergebnis dieser Untersuchungen spricht eindeutig dafür, den Anschlag für K_3 höher zu wählen. Wenn sich rechnerisch eine Korrektur von über 10 dB ergibt, so sollte diese Korrektur auch angewendet werden. Die damit verbundene große Unsicherheit muss sich in dieser Unsicherheitsangabe bzw. in der Genauigkeitsklasse, nicht aber im ermittelten Wert niederschlagen. Die Verwendung eines niedrigeren Werts als jenem, der sich aus der Bestimmung ergeben hat, erhöht die Unsicherheit. Dies sollte bei zukünftigen Überarbeitungen berücksichtigt werden.

3 Messung und Auswertung von Bearbeitungsmaschinen

3.1 Allgemein

Im Folgenden sollen die entsprechend der „Short Term Revision“ vorgelegten Normentwürfe noch im Rahmen der Messung an realen Maschinen im üblichen industriellen Umfeld erprobt werden. Diese schalltechnischen Untersuchungen wurden in einer Werkhalle, in der Kühlgeräte hergestellt werden, durchgeführt. Die Abmessungen der Halle betragen 90 m x 40 m x 8 m.

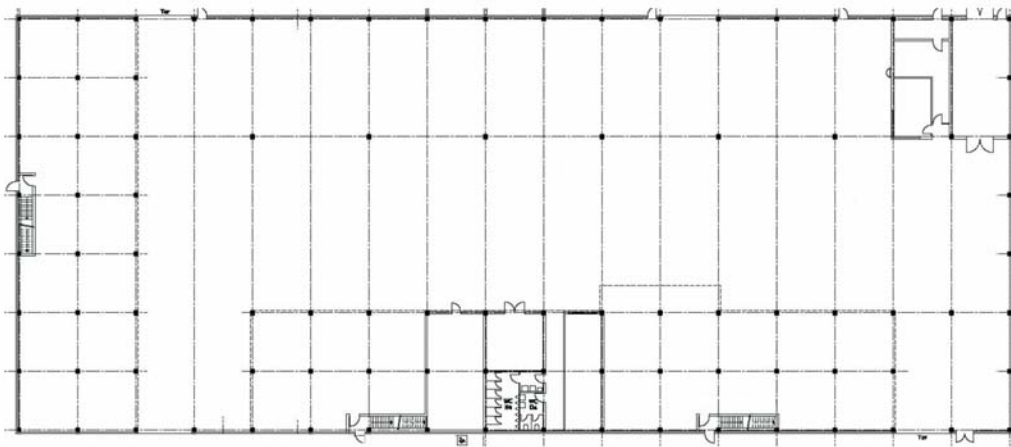


Abb. 3.1 Grundriss der Werkhalle



Abb. 3.2 Werkhalle, Blickrichtung in Längsachse

Nach Begehung mehrerer Fertigungsbereiche wurden folgende Metallbearbeitungsmaschinen ausgewählt (s. Abb. 3.3):

- Lamellenstanzmaschine
- Hydraulische Schlagschere
- CNC-Lochstanzmaschine.

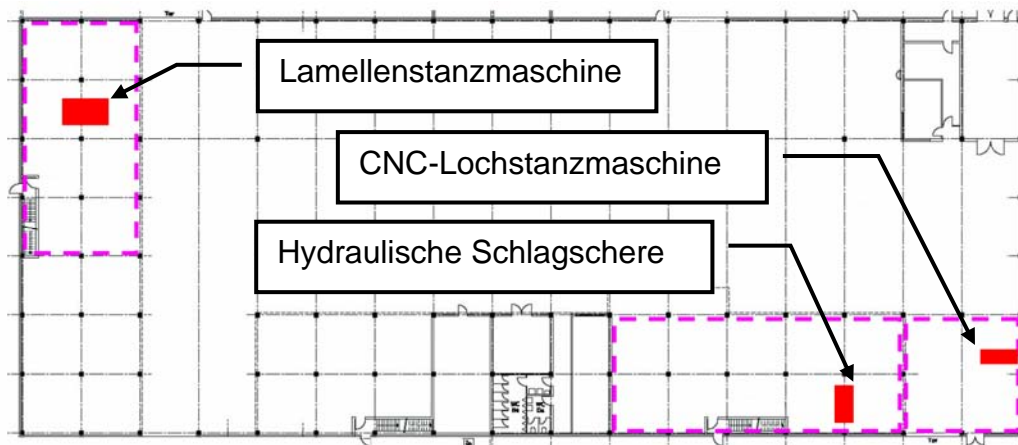


Abb. 3.3 Maschinenpositionen in der Werkhalle

Die Auswahl erfolgte nach Kriterien der Zugänglichkeit für die Zwecke der Messung. Bedingt durch die Fertigungsabläufe mussten die Messungen an der Lamellenstanzmaschine und der CNC-Lochstanzmaschine bei normalem Werkstattbetrieb erfolgen. Die Hintergrundpegel lagen jedoch in beiden Fällen um mehr als 10 dB unter dem Nutzsignal, sodass auch in diesen Fällen keine Fremdgeräuschkorrektur zu berücksichtigen war ($K_{1A} = 0$ dB).

In allen drei Fällen wurden als Ausgangspunkt die Schalldruckpegel auf einer gesamten Hüllfläche mit Messabstand 1 m von der Maschinen-Bezugsfläche entsprechend ISO 3744 bestimmt. Für die Zwecke der Auswertung wurden dann alle auf einer Umfangslinie im Abstand von 1 m befindlichen Messpunkte als Arbeitsplatz-Messpunkte der Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels zugrunde gelegt.

Aufgrund der komplexen Raumgeometrie – diverse Einbauten und unterschiedliche Deckenhöhen in Teilbereichen – wurde die Bestimmung der Umgebungskorrektur K_2 über eine Messung der Nachhallzeit als mit zu großen Unsicherheiten behaftet angesehen. In diesen Fällen ist es zweckmäßig, im Bereich des Aufstellungsorts der betreffenden Maschine eine Referenzschallquelle bekannter Schallleistung (RSQ) zu betreiben und die vom Raum verursachte Pegelerhöhung auf einer diese RSQ umschließenden Hüllfläche zu bestimmen. Optimal wäre es, eine halbkugelförmige Messfläche zu wählen, deren Flächeninhalt in etwa mit jener der Maschinen-Messfläche übereinstimmt. Allerdings war dies aufgrund benachbarter Maschinen in keinem Falle möglich – auch dies ist eine bei der Messung in der Praxis häufig anzutreffende Einschränkung.

Es wurden deshalb in dem von Einbauten freien Umgebungsbereich an zwei Messpunkten die von der RSQ im Abstand von 2 m verursachten Schalldruckpegel gemessen. Aus deren energetischem Mittelwert und der auf diesen Messabstand bezogenen Halbkugelfläche S_{red} konnte nun die auf diese kleinere Messfläche bezogene Umgebungskorrektur $K_{2,red}$ bestimmt werden.

Die für die Maschinenmessfläche S zutreffende Umgebungskorrektur K_{2A} ergibt sich hieraus zu

$$K_{2A} = 10 \cdot \lg \left[1 + \frac{S}{S_{red}} \cdot \left(10^{0,1 \cdot K_{2A,red}} - 1 \right) \right] \quad (3.1)$$

mit

S Messfläche für die Maschine in m²

S_{red} Messfläche für die Referenzschallquelle in m²

K_{2A,red} Umgebungskorrektur in dB, bezogen auf die Referenzschallquelle.

Dieses vom Verfasser entwickelte und in /20/ beschriebene Verfahren ist typisch für die flexiblen Näherungsstrategien, die bei Messungen in situ häufig anzuwenden sind. In vielen Fällen ist es nicht möglich, alle Vorgaben der angewendeten Norm im strengen Sinne zu erfüllen, weil dies aufgrund von ungünstigen Umgebungsbedingungen die letztlich verbleibenden Unsicherheiten erhöhen würde.

Als Referenzschallquelle wurde ein Dodekaeder-Lautsprecher verwendet:

- Aufstellhöhe 0,5 m über Boden
- kugelförmige Abstrahlcharakteristik
- Signal „Rosa Rauschen“
- Pegel der Schalleistung L_{WA} = 105,5 dB.

Die jeweilige Position der RSQ sowie die Ergebnisse der Berechnungen sind in den folgenden Kapiteln dokumentiert.

3.2 Lamellenstanzmaschine

3.2.1 Allgemeine Beschreibung

Die Abbildungen 3.4 bis 3.7 zeigen einen Grundriss-Ausschnitt sowie Ansichten der Maschine und ihres Umfelds.

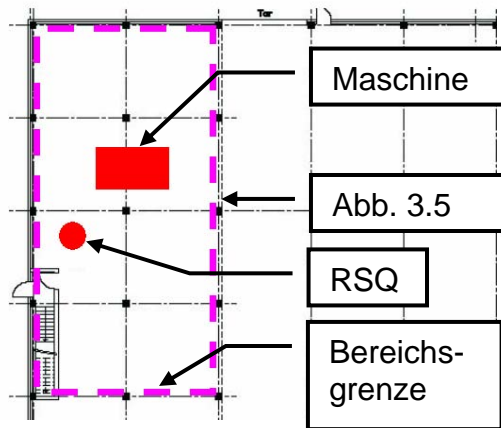


Abb. 3.4 Position der Lamellenstanzmaschine und der Referenzschallquelle (RSQ)



Abb. 3.5 Blick aus der großen Werkhalle Richtung Lamellenstanzmaschine



Abb. 3.6 Lamellenstanzmaschine, Einzug des Rohmaterials



Abb. 3.7 Lamellenstanzmaschine, Werkstückausgabe

Die im Abstand von 1 m von der Maschine nach ISO 3744 angeordneten Messpunkte sind in Abb. 3.8 im Grundriss und in Abb. 3.9 im 3-D-Modell dargestellt.

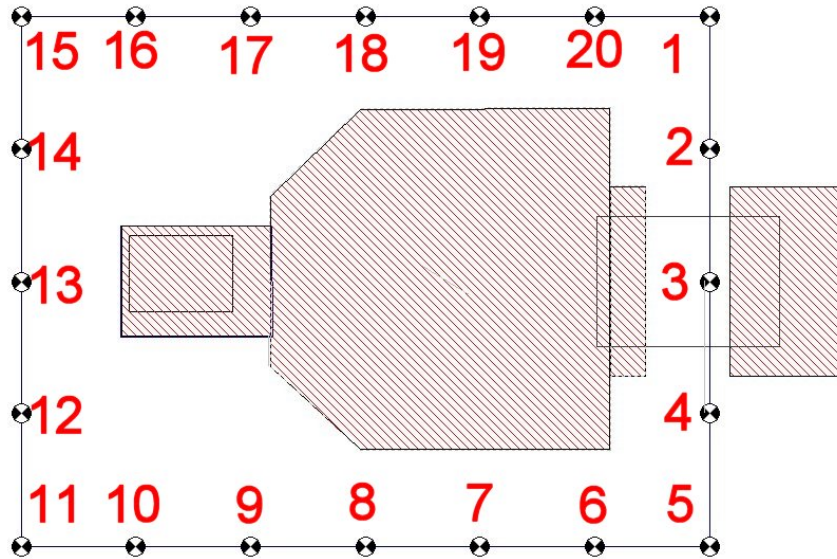


Abb. 3.8 Messpunktachsen 1 bis 20 im Grundriss

Die Messfläche wird in diesem Hallenbereich in einer Höhe von 3,5 m durch die – hier herabgezogene – Raumdecke begrenzt.

Entsprechend ISO 3744 wurden Messpunkte in den Höhenniveaus

- A: 0,88 m (1/4 Raumhöhe),
- C: 1,75 m (1/2 Raumhöhe) und
- D: 2,63 m (3/4 Raumhöhe)

festgelegt.

Die bei der Auswertung sequentiell als Arbeitsplätze betrachteten Messpunkte befinden sich auf einer Umfangsline in 1,5 m Höhe über Boden (halbe Maschinenhöhe). Der jeweils auf die Punkte C1 bis C19 bezogene Emissions-Schalldruckpegel wird mit ISO 11204, ISO 11202 und ISO 11201 bestimmt.

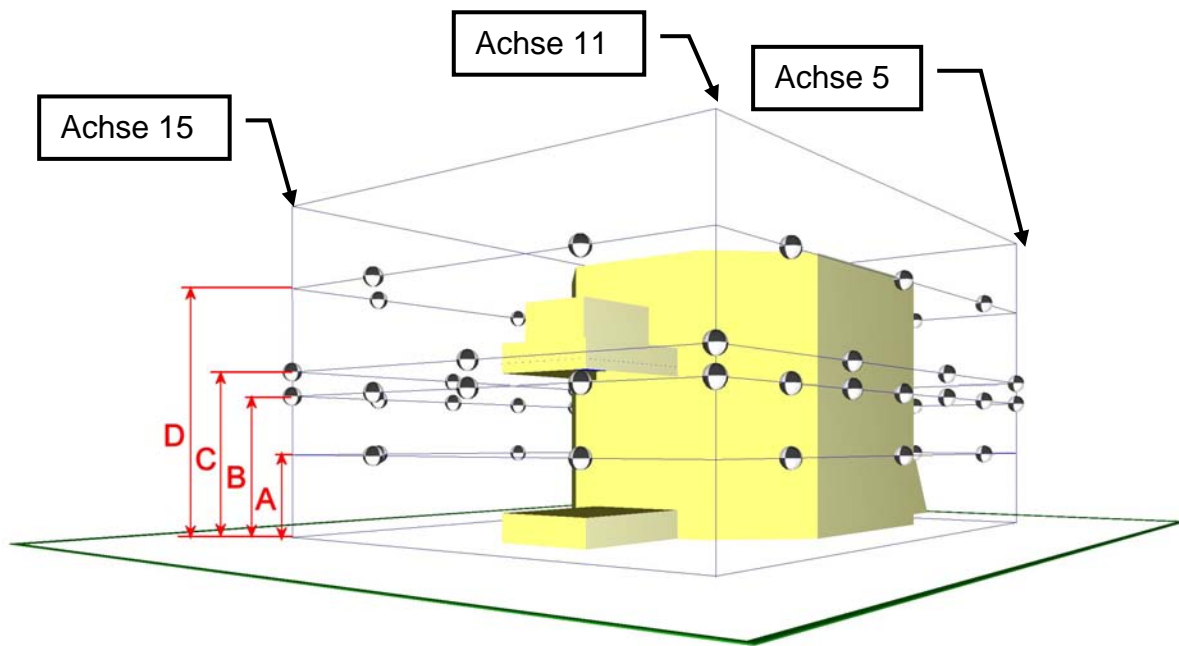


Abb. 3.9 Messpunktanordnung im 3-D-Modell

Selbstverständlich war es nicht möglich, die Bearbeitungsmaschinen im Rahmen dieses Vorhabens an einem Ort mit idealen Freifeldbedingungen zu bringen und dort für die Zwecke der Schallmessung in Betrieb zu nehmen. Damit entfällt die Möglichkeit der Bestimmung eines „wahren Werts“ unter Freifeldbedingungen.

Es wurde deshalb als Referenzwert jener festgelegt, der sich bei Anwendung des genauesten Verfahrens, also bei Messung nach ISO 11204 ergeben würde. Bei der anschließenden Auswertung nach ISO 11201 und ISO 11202 kann dann beurteilt werden, welche Abweichungen sich durch die mit diesen Normen zulässigen Vereinfachungen ergeben.

Vor der Auswertung nach den unterschiedlichen Normen wurde der zeitlich gemittelte A-Schalldruckpegel bei Normalbetrieb der Maschine an allen in Abb. 3.9 dargestellten Messpunkten, also auf der gesamten Hüllfläche in 1m Abstand von der Maschine, gemessen. Eine Fremdgeräuschkorrektur war nicht erforderlich, weil die übrigen Maschinen während der Messung abgeschaltet waren.

3.2.2 Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels nach ISO 11204

Zur Auswertung nach ISO 11204 A.2 und A.3 wird der mittlere Schalldruckpegel aus allen Messpunkten bestimmt. Zur Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels für einen Punkt wird zuerst der auf diesen Punkt bezogene scheinbare Richtwirkungsinde- und mit der auf die gesamte Messfläche bezogenen Umgebungskorrektur K_2 (bei Auswertung nach A.2) oder mit der die akustischen Raumeigenschaften charakterisierenden äquivalenten Absorptionsfläche A (bei Auswertung nach A.3) die punktbezogene Umgebungskorrektur K_3 bestimmt.

Die zusammenfassende Auswertung dieser Messungen zeigt Tabelle 3.1. In jeder Zeile ist das Ergebnis für den Fall dargestellt, dass der in der ersten Spalte genannte Messpunkt als Arbeitsplatz betrachtet wird.

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich, ergeben sich je nach Messpunkt Werte der Umgebungskorrektur K_3 von 1,3 dB bis 7 dB. Der Wert von 7 dB zeigt an, dass die wahre Umgebungskorrektur mit großer Wahrscheinlichkeit größer gewesen wäre und nur aufgrund der normativen Festlegung auf 7 dB begrenzt worden ist.

Die Tabelle zeigt auch, dass die nach A.2 und A.3 berechneten Umgebungskorrekturen und damit auch die entsprechenden Emissions-Schalldruckpegel durchaus unterschiedlich sind. Als Referenzwert wird deshalb der aus diesen beiden Werten gebildete Mittelwert, der in der letzten Spalte eingetragen ist, verwendet.

Tab. 3.1 Auswertung der Messungen an der Lamellenstanze nach ISO 11204 A.2 und A.3. $K_{3A,max} = 7$ dB

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schall- druckpegels L_{pA} nach						
	11204/A2			11204/A3			L_{pA} in dB, Mittelwert 11204/A2 und /A3
	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	
C1	3.6	85.7	2	4.6	84.7	3	85.2
C3	1.3	91.4	2	1.5	91.2	2	91.3
C5	3.1	86.6	2	3.9	85.8	2	86.2
C7	4.5	84.2	3	6	82.7	3	83.5
C9	3.4	86	2	4.3	85.1	3	85.6
C11	4.1	84.8	3	5.4	83.5	3	84.2
C13	1.8	89.6	2	2.2	89.2	2	89.4
C15	3.8	85.3	2	4.9	84.2	3	84.8
C17	3.6	85.7	2	4.6	84.7	3	85.2
C19	7	80	3	7	80	3	80.0

3.2.3 Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels nach ISO 11201

Nach ISO 11201 wird die Umgebungskorrektur vernachlässigt – die Norm kann also nur bei nahezu Freifeldbedingungen angewendet werden.

Im Zuge dieser Untersuchung soll aber rein formal vorgegangen und geprüft werden, ob die Einschätzung der Messgenauigkeit aufgrund der normativen Festlegungen mit der tatsächlich festgestellten Abweichung übereinstimmt.

Tabelle 3.2 zeigt die Ergebnisse der entsprechenden Auswertung. Die ermittelten Emissions-Schalldruckpegel (3. Spalte) sind geklammert, weil – wie mit der Einstufung in Spalte 4 zum Ausdruck gebracht ist – die Bestimmung nach ISO 11201 aufgrund der Umgebungsbedingungen nicht zulässig ist.

Diese Einstufung deckt sich mit den Abweichungen, die in der letzten Spalte aufgelistet sind. Die Messung nach ISO 11201 ist bei dieser Maschine an diesem Ort mit Recht durch die normativ festgelegten Bedingungen ausgeschlossen.

Tab. 3.2 Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels an der Lamellenstanze nach ISO 11201 und Beurteilung

Messpunkt	L_{pA} in dB, Referenz 11204	Emissions-Schalldruck- pegel L_{pA} nach 11201		
		L_{pA} in dB (Messwert)	Anwendbarkeit (j/n)	Abweichung in dB
C1	85.2	(89.3)	n	4.1
C3	91.3	(92.7)	n	1.4
C5	86.2	(89.7)	n	3.5
C7	83.5	(88.7)	n	5.2
C9	85.6	(89.4)	n	3.8
C11	84.2	(88.9)	n	4.7
C13	89.4	(91.4)	n	2.0
C15	84.8	(89.1)	n	4.3
C17	85.2	(89.3)	n	4.1
C19	80.0	(87.0)	n	7.0

Es sei angemerkt, dass bei Einbeziehung des – durchaus vereinfacht bestimmten – scheinbaren Richtwirkungsindex entsprechend einem früheren Vorschlag die Messung nach ISO 11201 am Punkt C3 zulässig gewesen wäre. Wie die Tabelle zeigt, beträgt die dann in Kauf genommene Abweichung 1,4 dB und wäre somit durchaus

noch mit der Einstufung nach Genauigkeitsklasse 2 verträglich. Nachdem diese Verwendung des Richtwirkungsindex auf Wunsch von Frankreich aber gestrichen und somit die Zulässigkeit der Anwendung von ISO 11201 nur an Raumkriterien ausgerichtet wird, ist diese Bestimmung auch an Punkten mit positiver Richtwirkung wie C3 unzulässig.

3.2.4 Anwendung ISO 11202

Bestimmung nach Anhang A.1

Die Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels nach ISO 11202 Anhang A.1 ist nur zulässig, wenn

- a) die Hauptgeräuschquellen einer Maschine lokalisierbar,
- b) die Arbeitsplätze hinsichtlich dieser Emittenten nicht abgeschirmt und
- c) die Abmessungen der Quellen kleiner als die Abstände der Arbeitsplätze von diesen Quellen

sind.

Zu a)

Wie Abb. 3.10 und auch die Einzelmesswerte zeigen, sind die Bereiche Rohmaterial-einzug und Werkstückausgabe die maßgeblichen Schallquellen der Lamellenstanze. Dies zeigt schon die Problematik bei der Anwendung des Verfahrens – welcher Abstände Arbeitsplatzpunkt – Schallquelle ist zu wählen, wenn zwei oder mehr definierte Schallquellenbereiche mit unterschiedlicher Emission und unterschiedlichen Abständen vorliegen?

Im Rahmen dieser Auswertung wurde – durchaus unbefriedigend im Sinne einer begründbaren Entscheidung – der jeweils kürzere Abstand gewählt.

Zu b)

Die vermessenen Arbeitsplatzpositionen C1 bis C19 können entsprechend den freien Sichtverbindungen wie folgt den Hauptschallquellen zugeordnet werden (s. Abb. 3.10):

- Rohmaterialeinzug: 1, 3 und 5
- Werkstückausgabe: 9, 11, 13, 15 und 17.

Die Messpunkte 7 und 19 sind bzgl. der beiden Hauptquellen abgeschirmt - wenn diese Positionen als Arbeitsplatz betrachtet werden, darf nach o. g. Kriterium dieses Verfahren zur Bestimmung der Umgebungskorrektur nicht angewendet werden.

Zu c)

Diese Voraussetzung wird von allen Messpositionen erfüllt.

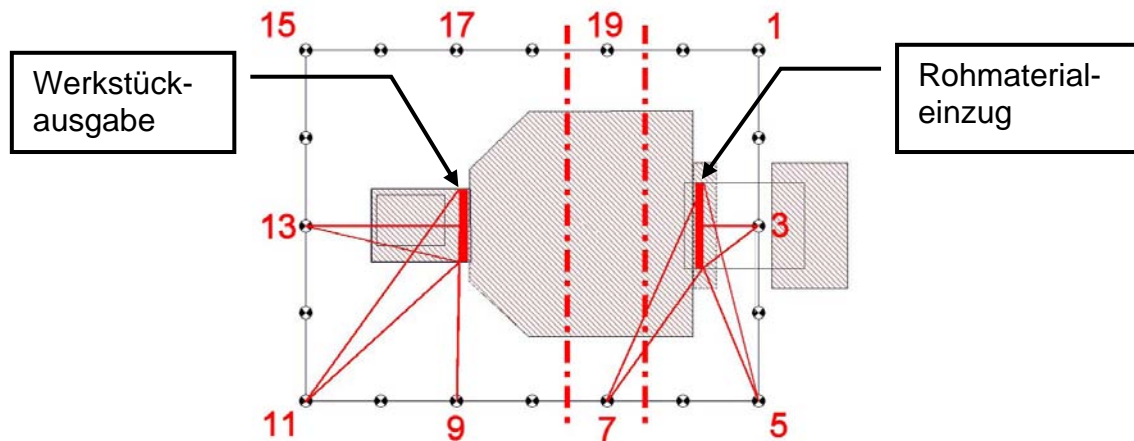


Abb. 3.10 Hauptgeräuschquellen der Lamellenstanze und Zuordnung der Messpositionen

Bestimmung nach Anhang A.2

Mit ISO 11202, Anhang A.2 wird ein näherungsweise bestimmter scheinbarer Richtwirkungsindex einbezogen. Das Verfahren selbst entspricht der ISO 11204 – allerdings wird der mittlere Schallpegel auf der Messfläche nur durch Messung an wenigen Punkten auf einer Umfangslinie bestimmt. Der Richtwirkungsindex wird als Differenz des ermittelten – gegebenenfalls fremdgeräuschkorrigierten – Schalldruckpegels am betrachteten Messpunkt und diesem mittleren Schalldruckpegel auf einer Umfangslinie (hier B1 bis B20) gebildet.

Die Bestimmung der Genauigkeitsklasse für die Angabe des Emissions-Schalldruckpegels erfolgt nach Abb. 2.17. Aufgrund der maximalen Maschinenabmessung von 3,4 m ist die dort dargestellte Kurve C zur Beurteilung der Genauigkeitsklasse maßgebend.

Beurteilung der Ergebnisse

Die linke Seite von Tabelle 3.3 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung bei der Auswertung nach ISO 11202 Anhang A.1. Wie sich aus Abb. 3.10 ergibt, sind die Punkte C7 und C19 von den beiden Quellbereichen abgeschirmt – eine Bestimmung nach Anhang A.1 ist hier somit unzulässig. Streng genommen ist das Verfahren A.1 überhaupt nicht anwendbar, weil zwei Abstrahlbereiche vorhanden sind.

Dass diese Einschränkung richtig ist, zeigen auch die Ergebnisse – die festgestellte Abweichung ist an den beiden Punkten C7 und C19 besonders groß und wäre mit der Genauigkeitsklasse 2 nicht verträglich.

Es ist allerdings festzuhalten, dass dieses Verfahren auch an anderen Punkten zu Abweichungen von mehr als 2 dB führt, obwohl die Korrektur K_3 selbst relativ klein ist (C1, C9 und C17). Gerade an Punkten mit größerem K_3 sind die Abweichungen geringer. Die Anforderung, dass ein lokalisierbarer Quellbereich vorhanden sein muss, ist deshalb durchaus gerechtfertigt.

Tab. 3.3 Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels an der Lamellenstanze nach ISO 11202 und Beurteilung

Messpunkt	L _{pA} in dB, Referenz 11204	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L _{pA} nach									
		11202/A1					11202/A2				
		K _{3A} in dB	K _{3A,max} in dB	L _{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K _{3A} in dB	L _{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	
C1	85.2	1.5	3.8	87.8	2	2.6	4	85.3	3	0.1	
C3	91.3	0.5	0.8	92.2	2	0.9	1.4	91.3	2	0	
C5	86.2	1.5	3.8	88.2	2	2	3.4	86.3	3	0.1	
C7	83.5	1.6	3.8	(87.1)	2	3.6	5.1	83.6	3	0.1	
C9	85.6	1.5	3	87.9	2	2.3	3.8	85.6	3	0	
C11	84.2	3	4.1	85.9	3	1.7	4.6	84.3	3	0.1	
C13	89.4	2	2	89.4	2	0	2	89.4	2	0	
C15	84.8	3	4.1	86.1	3	1.3	4.3	84.8	3	0	
C17	85.2	1.5	3	87.8	2	2.6	4	85.3	3	0.1	
C19	80.0	1.6	3.8	(85.4)	2	5.4	7	80	3	0	

Die rechte Seite der Tabelle zeigt, dass die gegenüber ISO 11204 vereinfachte Bestimmung des Richtwirkungsindex zu keinen wesentlichen Abweichungen führt. Die so bestimmten Emissions-Schalldruckpegel sind praktisch mit den nach ISO 11204 bestimmten identisch.

3.2.5 Zusammenfassung und Analyse der Untersuchungen an der Lamellenstanze

Die wesentlichsten Ergebnisse und Beurteilungen ergeben sich aus der Auswertetabelle 3.4.

Tab. 3.4 Auswertung und Analyse der Messungen an der Lamellenstanze

MP	ISO 11204	ISO 11201				ISO 11202/A.1						ISO 11202/A2		
	(wahr)	keine Korr.	dL	Gk	A-Schätzg.			A-RSQ			A-RSQ			
C1	85.2	89.3	4.1	n	86.5	1.3	3	87.8	2.6	2	85.3	0.1	3	
C3	91.3	92.7	1.4	n	91.7	0.4	2	92.2	0.9	2	91.3	0.0	2	
C5	86.1	89.7	3.6	n	86.9	0.8	3	88.2	2.1	2	86.3	0.2	3	
C7	83.5	88.7	5.3	n	85.7	2.3	3	87.1	3.6	(2)	83.6	0.1	3	
C9	85.6	89.4	3.9	n	86.6	1.1	3	87.9	2.4	2	85.6	0.0	3	
C11	84.2	88.9	4.8	n	84.0	-0.2	3	85.9	1.8	3	84.3	0.1	3	
C13	89.4	91.4	2.0	n	87.8	-1.6	2	89.4	0.0	2	89.4	0.0	2	
C15	84.8	89.1	4.3	n	84.2	-0.5	3	86.1	1.3	3	84.8	0.0	3	
C17	85.2	89.3	4.1	n	86.5	1.3	3	87.8	2.6	2	85.3	0.1	3	
C19	80.0	87.0	7.0	n	84.0	4.0	3	85.4	5.4	-2	80	0.0	3	

Im Unterschied zur Modellmaschine konnte mit der Lamellenstanze keine Bestimmung des jeweils „wahren“ Werts durch Messung im Freifeld durchgeführt werden. Es wird deshalb die genaueste Bestimmung – dies ist die Messung nach ISO 11204 – als Referenz der Beurteilung der relativen Genauigkeit bei Bestimmung nach ISO 11201 und ISO 11202 zugrunde gelegt. Die zweite Spalte in der Tabelle wird somit als Referenz verwendet. Die dort genannten Werte der auf den jeweiligen Punkt bezogenen Emissions-Schalldruckpegel sind durch Mittelung aus den nach ISO 11204 A.2 und A.3 bestimmten Werte berechnet worden.

Unter der Spaltenüberschrift „dL“ sind jeweils die Differenzen des mit dem behandelten Verfahren bestimmten Werts und dem „wahren“ Wert genannt – es handelt sich somit um die festgestellte Abweichung. Weiter ist unter „Gk“ noch die nach den in der Norm genannten Kriterien zutreffende Genauigkeitsklasse genannt. Ein Vergleich der tatsächlichen Abweichung dL mit der Genauigkeitsklasse Gk zeigt somit, ob das Verfahren „funktioniert“.

Bei ISO 11201 ist dies offensichtlich der Fall – die Abweichungen liegen meist bei 3 bis 5 dB, aber die Anwendung dieser Norm ist nach den geltenden Kriterien nicht zulässig.

Mit der Anwendung von ISO 11202 A.1 sind die Ergebnisse uneinheitlich – die Abweichungen sind zwar im Mittel mit den Anforderungen entsprechend der jeweils geltenden Genauigkeitsklasse verträglich, aber es ergeben sich in Einzelfällen auch zu hohe Abweichungen.

Diese Probleme sind mit ISO 11202 A.2 behoben – die Verwendung des Näherungsverfahrens bei der Bestimmung des scheinbaren Richtwirkungsindex führt offensichtlich zu keiner Verschlechterung des Ergebnisses.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Anwendung der Normenreihe ISO 11200 in der vorliegenden Entwurfsfassung bei der Messung an dieser Maschine zu keinen wesentlichen Problemen führt.

3.3 Hydraulische Schlagschere

3.3.1 Allgemeine Beschreibung

Die Abbildungen 3.11 bis 3.14 zeigen die Aufstellungssituation sowie unterschiedliche Ansichten der hydraulischen Schlagschere.

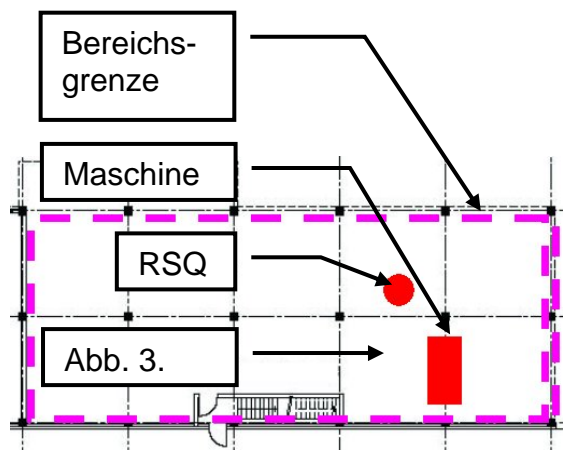


Abb. 3.11 Position der Schlagschere und der Referenzschallquelle (RSQ)

Abb. 3.12 Schlagschere, Umfeld



Abb. 3.13 Schlagschere, Bedienseite

Abb. 3.14 Schlagschere, Rückseite

In Abb. 3.15 ist die verwendete Messpunktanordnung im Grundriss, in Abb. 3.16 in 3D dargestellt.

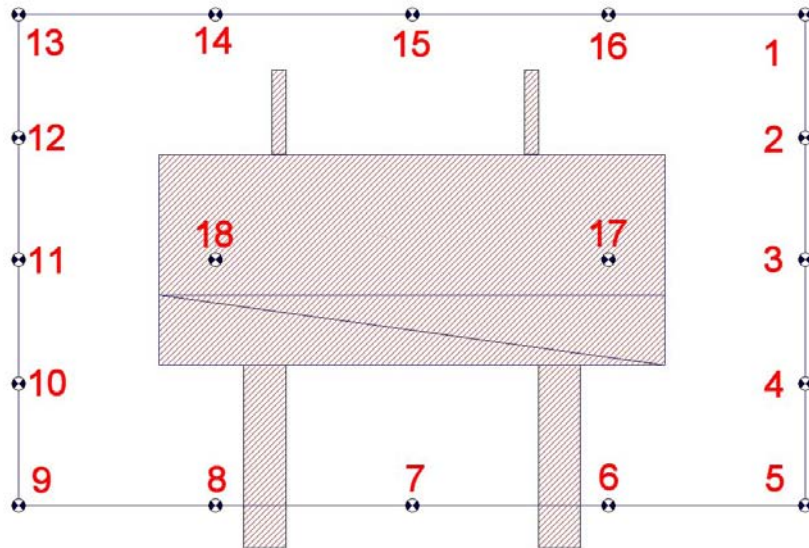


Abb. 3.15 Messpunktachsen 1 bis 18 im Grundriss

Bei einer Maschinenhöhe von 1,7 m wird der virtuelle Messquader von einer Deckfläche in 2,7 m Höhe geschlossen. Entsprechend ISO 3744 wurden Messpunkte in 1,35 m und 2,7 m Höhe zur Bestimmung des mittleren Schalldruckpegels und des scheinbaren Richtwirkungsindex sowie der Umgebungskorrektur K_2 festgelegt.

Zusätzlich wurden Messpositionen 0,85 m über Boden (halbe Maschinenhöhe, Niveau A) zur Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels einbezogen.

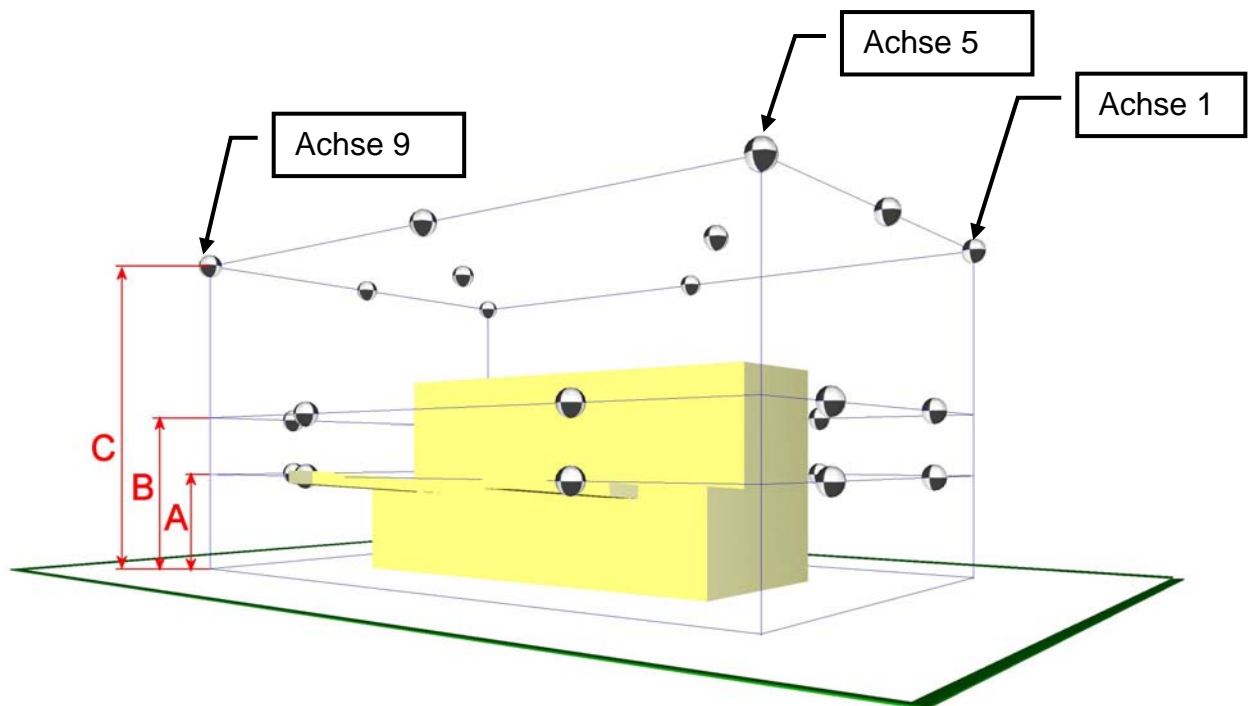


Abb. 3.16 Messpunktanordnung im 3-D-Modell

3.3.2 Anwendung ISO 11204

Nach Messung der Schalldruckpegel an allen Punkten der gesamten Hüllfläche erfolgte auch bei der hydraulischen Schlagschere zuerst eine Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels nach dem genauesten Verfahren ISO 11204, um auf diese Weise die erforderlichen Referenzwerte zu erhalten. Im ersten Schritt erfolgte die Auswertung unter Verwendung der auf die gesamte Messfläche bezogenen Umgebungskorrektur K_2 , im zweiten Schritt unter Verwendung der mit der Referenzschallquelle ermittelten äquivalenten Absorptionsfläche A.

Tab. 3.5 Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels an der hydraulischen Schlagschere nach ISO 11204 A.2 und A.3

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach						
	11204/A2			11204/A3			L_{pA} in dB, Mittelwert 11204/A2 und /A3
K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)		
B2	2.7	84.9	2	3.5	84.1	2	84.5
B4	3.2	83.9	2	4.1	83	3	83.5
B6	2.5	85.3	2	3.2	84.6	2	85.0
B8	5	80.9	3	7	78.9	3	80.0
B10	3.2	83.9	2	4.1	83	3	83.5
B12	2	86.6	2	2.5	86.1	2	86.4
B14	1	90.1	2	1.2	89.9	2	90.0
B16	0.9	90.8	2	1	90.7	2	90.8

Als Referenzwert wird im Weiteren der in der letzten Spalte genannte Mittelwert verwendet.

3.3.3 Anwendung ISO 11201

Bei der Auswertung nach ISO 11201 wird keine Umgebungskorrektur angewendet. Auch bei der Messung an der hydraulischen Schlagschere war keine Korrektur aufgrund von Fremdgeräuschen erforderlich – die Messwerte entsprechen somit direkt den Emissions-Schalldruckpegeln an diesen Punkten.

Tab. 3.6 Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels an der hydraulischen Schlagschere nach ISO 11201

Messpunkt	L_{pA} in dB, Referenz 11204	Emissions-Schalldruck- pegel L_{pA} nach 11201		
		L_{pA} in dB (Messwert)	Anwendbarkeit (j/n)	Abweichung in dB
B2	84.5	(87.6)	n	3.1
B4	83.5	(87.1)	n	3.6
B6	85.0	(87.8)	n	2.8
B8	80.0	(85.9)	n	5.9
B10	83.5	(87.1)	n	3.6
B12	86.4	(88.6)	n	2.2
B14	90.0	(91.1)	n	1.1
B16	90.8	(91.7)	n	0.9

Ein Vergleich der Raumeigenschaften mit den in ISO 11201 festgelegten Kriterien zeigt auch für die hydraulische Schlagschere, dass die Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels nach dieser Norm nicht zulässig ist.

Dies ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen – wie die letzte Spalte der Tabelle zeigt, wären die Abweichungen nicht mehr mit der Genauigkeitsklasse 2 vereinbar.

3.3.4 Anwendung ISO 11202

Bestimmung nach Anhang A.1

Wie schon bei der Messung an der Lamellenstanze ausgeführt, gelten bei der Bestimmung nach diesem Anhang die Kriterien

- die Hauptgeräuschquellen einer Maschine sind lokalisierbar,
- die Arbeitsplätze hinsichtlich dieser Emittenten sind nicht abgeschirmt und
- die Abmessungen der Quellen sind kleiner als die Abstände der Arbeitsplätze von diesen Quellen

Zu a)

Im Bereitschaftsmodus ist zwar die Geräuschemission des Hydraulikaggregates maßgebend und lokalisierbar, im Schneidbetrieb strahlt jedoch das gesamte Maschinengehäuse ab. Damit ist die Bestimmung nach Anhang A.1 eigentlich unzulässig.

Zu c)

Auch diese Voraussetzung wird aufgrund der Maschinengröße und des gewählten Messabstandes von einem Meter (bestimmt durch die tatsächliche Bedienposition) an keinem Messpunkt erfüllt. Dies trifft auch dann zu, wenn die von den einzelnen Messpunkten jeweils sichtbaren Maschinenkonturen als maßgebliche Teilschallquellen betrachtet werden.

Für die Auswertung wurde jedoch bzgl. der Abstände folgende Konvention getroffen: Die kürzesten Abstände der vermessenen Arbeitsplatzpositionen B2 bis B16 werden jeweils durch die nächstgelegenen Maschinenkonturen bestimmt. Damit ergibt sich für alle Punkte ein Abstand von 1 m.

Die maximalen Abstände von den Schallquellenbereichen, die zur Festlegung der zutreffenden Genauigkeitsklasse erforderlich sind, richten sich nach den von den jeweiligen Punkten noch sichtbaren Maschinenkonturen. Die in Abb. 3.17 für den Punkt B2 dargestellten Abstandsverhältnisse sind mit denen an Punkt B4, B10 und B12 identisch. Ebenso gelten die für B6 dargestellten Abstandsverhältnisse auch für die Punkte B8, B14 und B16.

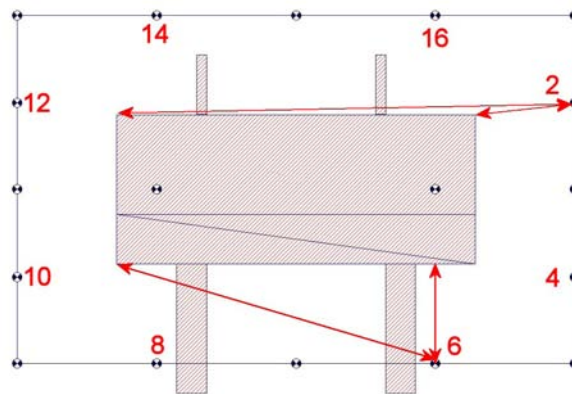


Abb. 3.17 Minimale und maximale Abstände der Arbeitsplatzpositionen B2 bis B16 von den Schallquellenbereichen

Die zur Berechnung der lokalen Umgebungskorrekturen erforderliche äquivalente Absorptionsfläche wurde mit dem bereits bekannten $K_{2A,red}$ der Referenzschallquelle RSQ unter Anwendung des früher beschriebenen Verfahrens bestimmt. Die Messfläche entspricht dabei einer Halbkugel mit einem Radius von 2 m um die RSQ.

Bestimmung nach Anhang A.2

Nach Anhang A.2 der ISO 11202 werden wiederum der näherungsweise bestimmte scheinbare Richtwirkungsindex $DI'_{op,approx}$ sowie die Umgebungskorrektur K_2 zur Berechnung der Umgebungskorrektur verwendet. Die auf den A-Schallpegel bezogene Umgebungskorrektur K_{2A} beträgt 2,3 dB.

Die Bestimmung der Genauigkeitsklasse für die Angabe des Emissions-Schalldruckpegels erfolgt nach Abb. 2.17. Aufgrund der maximalen Maschinenabmessung von 3,6 m ist in dieser Abbildung die Kurve C maßgebend.

Tab. 3.7 Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels an der hydraulischen Schlagschere nach ISO 11202 und Beurteilung

	L_{pA} in dB, Referenz 11204	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach									
		11202/A1					11202/A2				
		K_{3A} in dB	$K_{3A,max}$ in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	
B2	84.5	0.4	4.5	(87.2)	3	2.7	4.8	82.8	3	-1.7	
B4	83.5	0.4	4.5	(86.7)	3	3.2	6	81.1	3	-2.4	
B6	85.0	0.4	2.9	(87.4)	2	2.4	4.4	83.4	3	-1.6	
B8	80.0	0.4	2.9	(85.5)	2	5.5	7	78.9	3	-1.1	
B10	83.5	0.4	4.5	(86.7)	3	3.2	6	81.1	3	-2.4	
B12	86.4	0.4	4.5	(88.2)	3	1.8	3.3	85.3	3	-1.1	
B14	90.0	0.4	2.9	(90.7)	2	0.7	1.5	89.6	2	-0.4	
B16	90.8	0.4	2.9	(91.3)	2	0.5	1.3	90.4	2	-0.4	

Die Bestimmung nach A.1 führt, wie die linke Seite der Tabelle zeigt, zu erheblichen und mit der zugeordneten Genauigkeitsklasse nicht verträglichen Abweichungen. Das Kriterium, dass die Ausdehnung des Abstrahlbereichs nicht größer sein darf als sein Abstand zum Arbeitsplatz, ist deshalb durchaus erforderlich.

Wesentlich günstiger stellen sich die Ergebnisse bei der Bestimmung nach A.2 (rechte Tabellenseite) dar. Bis auf die zwei Punkte B4 und B10 erfüllen alle Ergebnisse die Anforderungen nach Genauigkeitsklasse 2.

3.3.5 Zusammenfassung und Analyse der Untersuchungen an der hydraulischen Schlagschere

Die wichtigsten Ergebnisse sind in Tabelle 3.8 zusammengestellt.

Tab. 3.8 Vergleich der Messergebnisse an der Schlagschere

MP	ISO 11204	ISO 11201			ISO 11202/A.1			ISO 11202/A2		
	(wahr)	LpA	dL	Gk	LpA	dL	Gk	LpA	dL	Gk
B2	84.5	87.6	3.1	n	87.2	2.7	(3)	82.8	-1.7	3
B4	83.5	87.1	3.6	n	86.7	3.3	(3)	81.1	-2.4	3
B6	85.0	87.8	2.9	n	87.4	2.5	(2)	83.4	-1.5	3
B8	79.9	85.9	6.0	n	85.5	5.6	(2)	78.9	-1.0	3
B10	83.5	87.1	3.6	n	86.7	3.3	(3)	81.1	-2.4	3
B12	86.4	88.6	2.3	n	88.2	1.9	(3)	85.3	-1.1	3
B14	90.0	91.1	1.1	n	90.7	0.7	(2)	89.6	-0.4	2
B16	90.8	91.7	1.0	n	91.3	0.5	(2)	90.4	-0.3	2

Auch in diesem Fall werden die unter Anwendung der ISO 11204 ermittelten Ergebnisse als Referenz verwendet.

Wie Tabelle 3.12 zeigt, ist die Messung nach ISO 11201 zu Recht aufgrund der dort genannten Kriterien in diesem Fall nicht zulässig – die Abweichungen erreichen unakzeptabel hohe Werte.

Auch die Anwendung der ISO 11201 A.1 ist nach deren Anwendungskriterien nicht zulässig. Die erheblichen und mit der zugewiesenen Genauigkeitsklasse nicht verträglichen Abweichungen bestätigen die Notwendigkeit dieser Kriterien.

Die Anwendung der ISO 11202 A.2 – nach dieser Fassung unter Einbeziehung des näherungsweise bestimmten scheinbaren Richtwirkungsindex – führt auf Ergebnisse, die mit der ebenfalls nach Norm bestimmten Genauigkeitsklasse übereinstimmen.

3.4 CNC-Lochstanzmaschine

3.4.1 Allgemeine Beschreibung

Die Aufstellungssituation sowie verschiedene Ansichten der Maschine sind in den Abbildungen 3.18 bis 3.21 dargestellt.

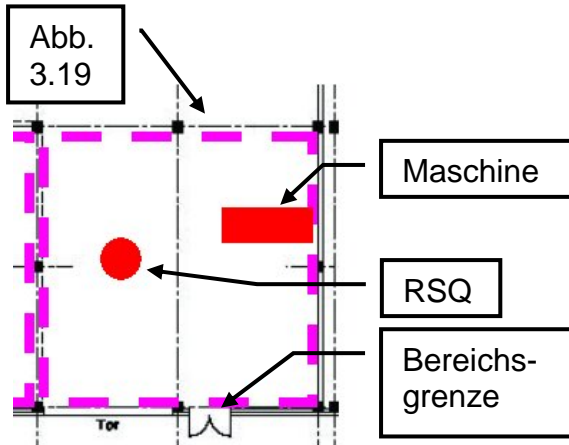


Abb. 3.18 Position der CNC-Stanze und der Referenzschallquelle (RSQ)



Abb. 3.19 CNC-Stanze, Umfeld



Abb. 3.20 CNC-Stanze, seitliche Schutzvorrichtung



Abb. 3.21 CNC-Stanze

Die Anordnung der Messpunkte zeigt Abbildung 3.22 im Grundriss, Abbildung 3.23 in einer 3-D-Ansicht.

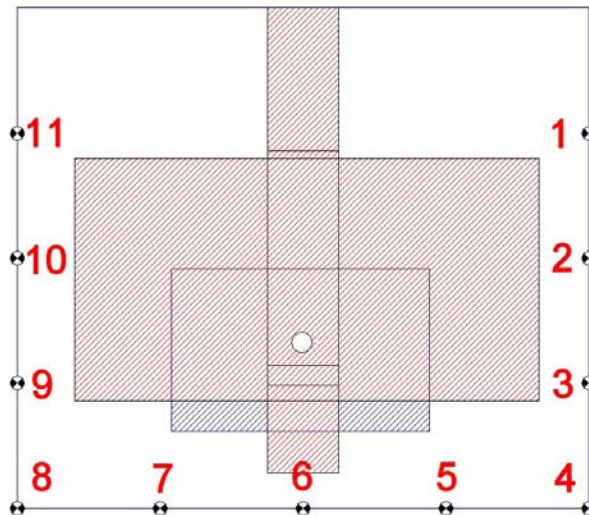


Abb. 3.22 Messpunktachsen 1 bis 11 im Grundriss

Die Messfläche wird in einer Höhe von 3,5 m durch eine Zwischendecke und rückseitig durch eine Wand begrenzt – es handelt sich somit um eine für Schallmessungen durchaus schwierige Aufstellungssituation.

Die Maschine selbst besteht aus einem kastenartigen Grundgestell der Abmessungen 6,5 m x 1 m x 2 m. In 1 m Höhe über Boden befindet sich der weitausladende verfahrbare Tisch mit Außenabmessung des Bewegungsbereichs von 6,5 m x 3,4 m. Ein ganzflächig geschlossener PVC-Vorhang auf der linken Seite (s. Abb. 3.19) wird als Bestandteil der Maschine betrachtet.

Die Decke befindet sich in diesem Bereich in so geringer Höhe über der Oberseite der Maschine, dass sich die Messfläche nur zwischen Boden- und Deckenfläche erstrecken kann. Die Messfläche, auf deren drei freien vertikalen Seiten Messpunkte angeordnet werden, hat die Abmessungen 8 m x 7 m x 3,5 m.

Entsprechend ISO 3744 wurden Messpunkte in den Höhenniveaus

- A: 0,88 m (1/4 Raumhöhe)
- C: 1,75 m (1/2 Raumhöhe) und
- D: 2,63 m (3/4 Raumhöhe)

festgelegt. Zusätzlich wurden Messpositionen 1 m über Boden (Höheniveau B, halbe Maschinenhöhe) einbezogen. Die Berechnung der Emissions-Schalldruckpegel erfolgte für die Messpunkte C2 bis C10.

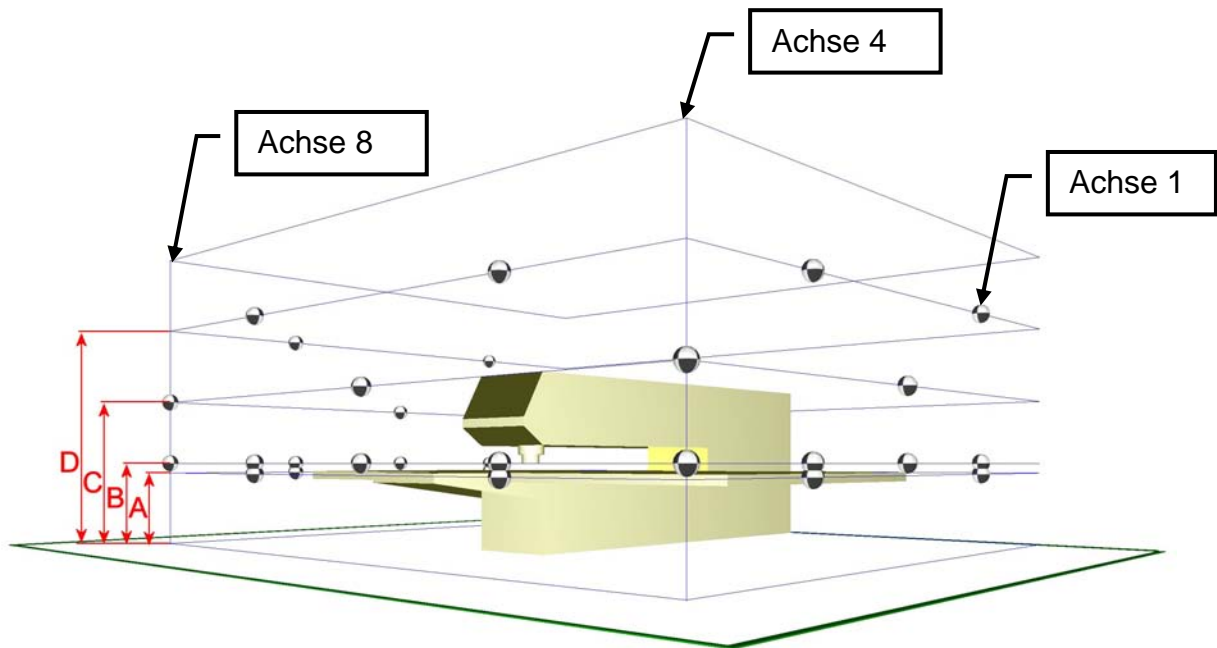


Abb. 3.23 Messpunktanordnung im 3-D-Modell

3.4.2 Anwendung ISO 11204

Auch bei der CNC-Lochstanze erfolgte zuerst die Bestimmung der Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204 als dem genauesten zur Verfügung stehenden Verfahren. Im ersten Schritt erfolgte die Auswertung unter Verwendung der auf die gesamte Messfläche bezogenen Umgebungskorrektur K_2 , im zweiten Schritt unter Verwendung der mit der Referenzschallquelle ermittelten äquivalenten Absorptionsfläche A. Messwerte sind die über mehrere Arbeitszyklen gemittelten L_{AFm} Pegelwerte.

Die an den 5 alternativ als Arbeitsplätze betrachteten Punkten C2, C4, C6, C8 und C10 ermittelten Emissions-Schalldruckpegel sowie die dabei verwendeten Umgebungskorrekturen zeigt Tabelle 3.19. Als Referenzwert wird im Folgenden wiederum der Mittelwert der nach ISO 11204 Anhang A.2 und A.3 bestimmten Emissions-Schalldruckpegel verwendet.

Tab. 3.9 Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels an der CNC-Lochstanze nach ISO 11204 A.2 und A.3

Messpunkt	Ermittlung des Emissions-Schall- druckpegels L_{pA} nach						
	11204/A2			11204/A3			L_{pA} in dB, Mittelwert 11204/A2 und /A3
	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	
C2	1.3	86.3	2	1.4	86.2	2	86.3
C4	2.7	82.5	2	2.9	82.3	2	82.4
C6	0.9	88.2	2	1	88.1	2	88.2
C8	1.9	84.4	2	2.1	84.2	2	84.3
C10	7	72.9	3	7	72.9	3	72.9

3.4.3 Anwendung ISO 11201

Wie bei einer Bearbeitungsmaschine mit derartig großer Messfläche zu erwarten, ist eine Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels aufgrund der zur Anwendung geltenden Kriterien nicht erlaubt. Wendet man diese Norm dennoch an, so ergeben sich entsprechend Tabelle 3.10 Abweichungen bis zu 7 dB.

Tab. 3.10 Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels an der CNC-Lochstanze nach ISO 11201

Messpunkt	L_{pA} in dB, Referenz 11204	Emissions- Schalldruck- pegel L_{pA} nach 11201		
		L_{pA} in dB (Messwert)	Anwendbarkeit (j/n)	Abweichung in dB
C2	86.3	(87.6)	n	1.3
C4	82.4	(85.2)	n	2.8
C6	88.2	(89.1)	n	0.9
C8	84.3	(86.3)	n	2
C10	72.9	(79.9)	n	7.0

3.4.4 Anwendung ISO 11202

Bestimmung nach Anhang A.1

Es waren wiederum die 3 Anwendungskriterien zu prüfen:

- die Hauptgeräuschquellen einer Maschine sind lokalisierbar,
- die Arbeitsplätze hinsichtlich dieser Emittenten sind nicht abgeschirmt und
- die Abmessungen der Quellen sind kleiner als die Abstände der Arbeitsplätze von diesen Quellen.

Zu a)

Obwohl während des Stanzvorganges das gesamte Blech und die Maschine aufgrund der Körperschallanregung Schall emittieren, stellt das im Eingriff befindliche Werkzeug die Hauptschallquelle dar. Dieses Kriterium trifft somit zu.

Zu b)

Die vermessenen Arbeitsplatzpositionen C2, C4, C6 und C8 sind bezüglich der Hauptgeräuschquelle nicht abgeschirmt. Für diese Punkte trifft das Kriterium somit zu. Lediglich Punkt C10 befindet sich abgeschirmt außerhalb des PVC-Vorhanges. In Tabelle 3.11 sind deshalb die Ergebnisse für diesen Punkt in Klammern gesetzt.

Zu c)

Bezogen auf die Hauptschallquelle wird diese Voraussetzung an allen vermessenen Arbeitsplätzen C2 bis C10 erfüllt.

Da der wesentliche Schallquellenbereich klein im Vergleich zu seinem Abstand von den Messpunkten ist (s. Abb. 3.15), entspricht K_{3A} dem $K_{3A,max}$. Die zutreffende Genauigkeitsklasse ergibt sich somit aus dem Wert von K_{3A} .

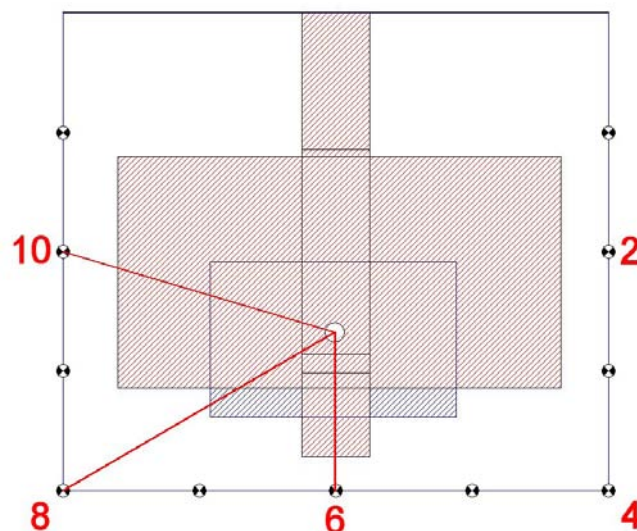


Abb. 3.24 Minimale (= maximale) Abstände der Arbeitsplatzpositionen C2 bis C10

Zur Auswertung wird der mit der RSQ ermittelte Wert für $K_{2A,red}$ von 3,4 dB verwendet (zum Verfahren Abschnitt 2.3 Gleichung (2.2)).

Bestimmung nach Anhang A.2

Hierbei werden die Messwerte auf der Umfangslinie C zur angenäherten Bestimmung eines mittleren Schalldruckpegels auf der Messfläche verwendet. Damit ergibt sich für jeden der „Arbeitsplatzpunkte“ ein näherungsweise bestimmter scheinbarer Richtwirkungsindex und dieser wird schließlich zur Bestimmung der punktbezogenen Umgebungskorrektur K_3 verwendet.

Tab. 3.11 Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels an der Lamellenstanze nach ISO 11202 und Beurteilung

Messpunkt	L_{pA} in dB, Referenz 11204	Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels L_{pA} nach									
		11202/A1					11202/A2				
		K_{3A} in dB	$K_{3A,max}$ in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	K_{3A} in dB	L_{pA} in dB	Klasse (2 / 3)	Abweichung in dB	
C2	86.3	3.7	3.7	83.9	2	-2.4	1.7	85.9	2	-0.4	
C4	82.4	4.2	4.2	81	3	-1.4	3.5	81.7	3	-0.7	
C6	88.2	1.5	1.5	87.6	2	-0.6	1.1	88	2	-0.2	
C8	84.3	4.2	4.2	82.1	3	-2.2	2.4	83.9	2	-0.4	
C10	72.9	3.7	3.7	(76.2)	2	3.3	7	72.9	3	0	

Wie auch schon bei den anderen Maschinen beobachtet, führt die Messung nach ISO 11202 bei Anwendung des Anhangs A.2 (rechte Seite der Tabelle 3.15) zu wesentlich genaueren Ergebnissen als bei Anwendung von Anhang A.1 (linke Seite der Tabelle 3.15). Immerhin entsprechen die Ergebnisse auch mit A.1 an den Punkten, an denen das Verfahren aufgrund der geltenden Anwendungskriterien zulässig ist, in etwa den Anforderungen der jeweiligen Genauigkeitsklasse.

3.4.5 Zusammenfassung und Analyse der Untersuchungen an der CNC-Lochstanze

Die wichtigsten Ergebnisse sind in folgender Tabelle 3.12 zusammengestellt.

Tab. 3.12 Gesamtauswertung für die CNC-Lochstanze

MP	ISO 11204	ISO 11201			ISO 11202/A.1			ISO 11202/A.2		
	(wahr)	L_{pA}	dL	Gk	L_{pA}	dL	Gk	L_{pA}	dL	Gk
C2	86.3	87.6	1.3	n	83.9	-2.3	2	85.9	-0.3	2
C4	82.4	85.2	2.8	n	81.0	-1.4	3	81.7	-0.7	3
C6	88.2	89.1	0.9	n	87.6	-0.6	2	88	-0.2	2
C8	84.3	86.3	2.0	n	82.1	-2.2	3	83.9	-0.4	2
C10	72.9	79.9	7.0	n	76.2	3.3	2	72.9	0.0	3

Die Messung nach ISO 11201 ist auch mit dieser Maschine nicht zulässig – die festgestellten Abweichungen bei den so erzielten Ergebnissen bestätigen diese normative Festlegung.

Das sehr einfach anwendbare Verfahren nach ISO 11202 A.1 ist nach den Kriterien anwendbar – und wie die festgestellten Abweichungen zeigen, zu Recht.

Wiederum liefert die Anwendung der ISO 11202 A.2 die genauesten Ergebnisse. Dies ist auch durchaus erwartungsgemäß, weil das Verfahren ähnlich dem hier als Referenz verwendeten Verfahren nach ISO 11204 ist. Wie schon bei den anderen untersuchten Maschinen zeigt sich, dass die näherungsweise Bestimmung des Richtwirkungsindex mit wenigen Punkten auf der Umfangsline zu keiner wesentlichen Verschlechterung des Ergebnisses führt.

4 Überprüfung der Entwürfe nach „Short Term Revision“ mit früheren Messungen

Im Zeitraum 1994 bis 1996 ist zur Prüfung der Normen zum Emissions-Schalldruckpegel eine umfangreiche Messreihe mit Auswertungen nach ISO 11201, ISO 11202, ISO 11204 und ISO 11205 durchgeführt worden. Die Ergebnisse sind im Gutachten „Anwendbarkeit der ISO 11200 Normenreihe zur Ermittlung des Emissions-Schalldruckpegels“ – erstellt im Auftrage der Bundesanstalt für Arbeitsschutz in Dortmund – mit Datum Juni 1996 veröffentlicht worden.

Bei dieser Untersuchung wurde ein Fahrzeug vom Typ Ford Galaxy als Modellmaschine verwendet. Im Fahrgastraum dieses Fahrzeugs sind die Sitze ausgebaut worden und es wurde ein Schallquellensystem mit Rauschgenerator – Verstärker – Dodekaederlautsprecher eingebaut. Die Geräuschemission dieser Modellmaschine wurde in zwei Betriebszuständen untersucht. Im Betriebszustand „ungerichtete Abstrahlung“ waren alle Fenster geschlossen, im Betriebszustand „gerichtete Abstrahlung“ war das fahrerseitige Fenster geöffnet.

Mit seinen Abmessungen 4,62 m x 1,81 m x 1,73 m entsprach diese somit transportable Modellmaschine durchaus realen Verarbeitungsmaschinen.

In jedem der beiden Betriebszustände und in insgesamt 7 unterschiedlichen Messumgebungen wurden die Schalldruckpegel auf einer quaderförmigen Messfläche mit 1 m Messabstand an jeweils 94 Messpunkten ermittelt. Diese Messfläche hat die Abmessungen 6,62 m x 3,81 m x 2,73 m.

Für jeden dieser Punkte wurde ein Terz-Frequenzspektrum sowie der A-Schalldruckpegel gespeichert.

Die Messungen wurden sowohl im Freifeld – eine Betonfläche im Außenbereich ohne reflektierende Objekte in der näheren Umgebung – wie auch in 6 geschlossenen Räumen durchgeführt.

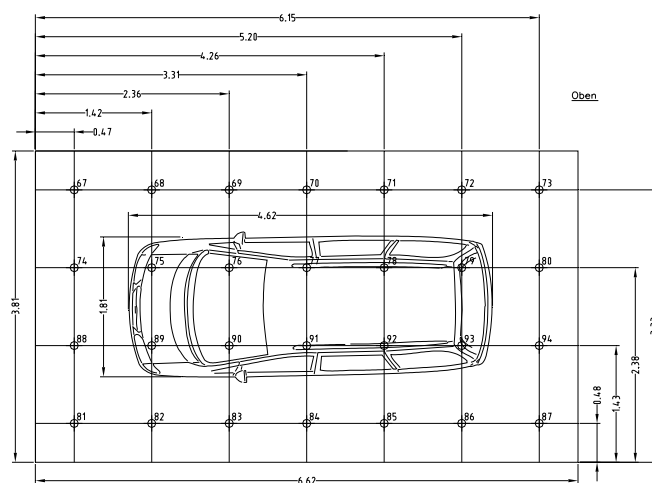


Abb. 4.1 Van als Modellmaschine und Messpunktanordnung

Eine Zusammenfassung der Daten der einbezogenen Räume zeigt Tabelle 4.1.

Tab. 4.1 Die einbezogenen 6 Räume mit ihren akustisch relevanten Daten

Halle Nr	Länge m	Breite m	Höhe m	Volumen m ³	T60 s	A m ²	DLf dB	DL2 dB	K2 dB
1	116.0	30.0	8.0	27840.0	3.69	1229.8	7.8	2.4	1.0
2	156.0	58.0	13.3	120338.4	3.65	5369.1	7.5	3.7	0.3
3	212.0	25.0	9.3	49290.0	3.22	2497.7	7.6	2.6	0.5
4	55.0	25.0	4.3	5912.5	2.82	341.8	13.5	2.2	2.9
5	32.0	16.0	4.5	2304.0	3.14	119.6	13.5	2.6	5.7
6	13.0	12.0	4.5	702.0	1.53	74.7	13.4	0.4	7.3

Bei der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin in Dortmund liegen sowohl dieses Gutachten wie auch eine komplette Dokumentation aller Rohdaten, Zwischenwerte und Ergebnisdaten vor.

Mit der Freifeldmessung liegt für jeden Messpunkt der „wahre Wert“ des Emissions-Schalldruckpegels vor. Bei der Auswertung wurde nun für jede Messung in den 6 Hallen für jeden der beiden Betriebszustände jeder der 94 Messpunkte nacheinander als Arbeitsplatz betrachtet und es wurde unter Anwendung der damals geltenden Normen ISO 11201, ISO 11202, ISO 11204 und ISO 11205 der Emissions-Schalldruckpegel berechnet. Seine Differenz zum „wahren“ Freifeldwert ergab die gesuchte Abweichung bzw. den Fehler bei der Normanwendung.

Diese Untersuchung mit ihrem gewaltigen Datenfundus erlaubte eine genaue und zielgerichtete Analyse der Fehler bei der Normanwendung und führte letztlich auf die mit der „Short Term Revision“ vorgeschlagenen Verbesserungen.

Es sollen hier nicht die Ergebnisse der damaligen Untersuchung wiederholt, sondern mit Tabelle 4.2 zusammenfassend dargestellt werden.

Tab. 4.2 Fehler in dB, der in 30 % aller Bestimmungen nach der in Spalte 1 genannten Vorschrift überschritten wird

Raumeinfluss Abstrahlung	K2<2dB		K2>2dB	
	ungerichtet	gerichtet	ungerichtet	gerichtet
ISO 11201	1,7	3,2		
ISO 11202	2,1	3,9	5,9	10,1
ISO 11204	1,0	1,5	1,8	3,0
ISO 11205	1,7	3,2	6,0	8,2

Jedem der in Tabelle 4.2 genannten Zahlwerte liegen 282 Bestimmungen des Emissions-Schalldruckpegels zugrunde (94 Messpunkte in drei Räumen).

Insbesondere bei gerichteter Schallabstrahlung sind die Fehler mit allen Normen außer mit ISO 11204 unakzeptabel groß. Bei Betrachtung der Einzelwerte zeigt sich, dass dies vor allem bzw. ausschließlich auf die Messpunkte zurückzuführen ist, die sich nicht auf der Seite des offenen Fensters befinden und die somit einen negativen scheinbaren Richtwirkungsindex aufweisen. An diesen Punkten ergeben sich Fehler

von über 10 dB – dies kommt in der o. g. statistischen Betrachtung nur unzureichend zum Ausdruck.

Diese Auswertung wurde nun unter Anwendung der neuen Entwürfe dieser Normen wiederholt.

Das Ergebnis zeigt, dass die mit den neuen Anwendungskriterien nunmehr verbleibenden gültigen Bestimmungen zu Ergebnissen führen, die – bis auf extrem wenige Ausreißer – hinsichtlich ihres Fehlers der jeweils zutreffenden Genauigkeitsklasse entsprechen.

Speziell bei ISO 11201 und bei ISO 11202 Anhang A.1 schließt die Bedingung, dass die Abstrahlung nicht vom Arbeitsplatz weggerichtet oder der Quellbereich von diesem abgeschirmt sein darf, genau diese problematischen Punkte von der Anwendung aus.

Insgesamt zeigt die Anwendung der neuen Entwürfe entsprechend „Short Term Revision“, dass die vormals enthaltenen Unzulänglichkeiten, die bei gerichteter Abstrahlung zu unakzeptablen und mit der zugeordneten Genauigkeitsklasse in keiner Weise verträglichen Abweichungen geführt haben, praktisch vollständig eliminiert sind. Dies war nur möglich, indem die Richtwirkung bei ISO 11201 und ISO 11202 A.1 indirekt und bei ISO 11202 A.2 direkt in die Auswertung einbezogen wurde.

5 Die Verwendung der Geräuschemissionskennwerte im Planungsfalle

5.1 Die Bestimmung der Pegel im Raum aus den Emissionskennwerten

Nach der Philosophie der Maschinenrichtlinie sollen für jede geräuschrelevante Maschine die beiden Kennwerte

- Emissions-Schalldruckpegel L_{pA} und
- Schalleistungspegel L_{WA}

angegeben werden.

Der Betreiber einer Produktions- oder sonstigen Anlage möchte in der Regel vor der Beschaffung einer Maschine wissen, welche Lärmbelastung sich bei deren Betrieb in dem dafür vorgesehenen Raum ergibt.

Hierzu sind zwei Werte von Interesse (im Folgenden ist der Bezug auf A-bewertete Größen weggelassen – die angegebenen Beziehungen können sowohl auf A-bewertete Pegel wie auch auf einzelne Frequenzbänder angewendet werden):

- 1) Der von der Maschine verursachte anteilige Pegel des Raumschallfeldes L_{Raum} in dB, der sich ab einem gewissen Abstand von der Maschine aufgrund ihrer Abstrahlung ergibt (er wird unter Einbeziehung der statistischen Schallfeldtheorie als näherungsweise konstant im gesamten Raum angenommen). Dieser Pegel wird benötigt, weil sich durch Pegeladdition mit den Schalldruckpegeln an anderen Arbeitsplätzen die Erhöhung dieser Arbeitsplatzpegel durch den Betrieb der Maschine ergibt.

Dieser anteilige Raumschallpegel ergibt sich mit

$$L_{Raum} = L_W - 10 \cdot \log\left(\frac{A}{S_0}\right) + 6 \text{ dB} \quad (5.1)$$

oder durch Einbeziehung der Nachhallzeit des Raumes zu

$$L_{Raum} = L_W + 13,88 - 10 \log\left(\frac{V}{T}\right) \text{ dB} \quad (5.2)$$

mit

- A äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in m^2
- S_0 Bezugsfläche 1 m^2
- V Raumvolumen in m^3
- T Nachhallzeit des Raumes in Sekunden

- 2) Der von der Maschine an dem ihr zugeordneten Arbeitsplatz erzeugte Schalldruckpegel L_{AP} .

Dieser Pegel ist um die Umgebungskorrektur K_3 höher als der Emissions-Schalldruckpegel L_p

$$L_{AP} = L_p + K_3 \quad (5.3)$$

mit

$$K_3 = 10 \cdot \log \left(1 + \frac{4A}{S_0} \cdot 10^{0,1(L_w - L_p)} \right) dB \quad (5.4)$$

oder wiederum unter Einbeziehung der Nachhallzeit des Raumes T

$$K_3 = 10 \cdot \log \left(1 + 24,5 \cdot \frac{T}{V} \cdot 10^{0,1(L_w - L_p)} \right) dB \quad (5.5)$$

Letztere Gleichung ist eine zugeschnittene Größengleichung – sie darf nur mit den auf die o. g. Einheiten bezogenen Werten verwendet werden.

5.2 Die optimale schalltechnische Information durch den Maschinenhersteller

Der Hersteller einer lärmrelevanten Maschine (z. B. $L_{pA} > 70$ dB) hat seine Verpflichtungen erfüllt, wenn er die genannten beiden Kennwerte L_{WA} und L_{pA} angibt.

Allerdings kann er seine potentiellen Kunden durch eine wesentlich weitergehende Information unterstützen, wenn er eine schalltechnische Beratungsunterlage erstellt, aus der ein potentieller Maschinenkäufer entnehmen kann, mit welchen Lärmwerten bei Betrieb dieser Maschine unter den vorgesehenen Aufstellungsbedingungen zu rechnen ist.

Hierzu werden auf der Basis der Gleichungen (5.2) und (5.3) mit (5.5) Diagramme erstellt, die genau für die betreffende Maschine die Pegel L_{Raum} und L_{AP} in Abhängigkeit der Raumparameter T (Nachhallzeit) und V (Volumen) darstellen. Diese Diagramme müssen nur einmal erstellt werden und können dann – mit erläuterndem Text für den Anwender – den Unterlagen für diese Maschine beigelegt werden.

Die folgenden drei Seiten sind Kopien von Tabellenkalkulations-Arbeitsblättern, die für diese Zwecke zur Unterstützung von Maschinenherstellern entwickelt worden sind. Sie können zur Verfügung gestellt und nach jeweils eigenen Vorstellungen gestaltet werden.

Das erste Blatt enthält die Beschreibung und evtl. Ansichten der Maschine sowie die Geräuschangabe. Die Maschinenbezeichnung sowie die Werte von Schallleistungspegel L_{WA} und Emissions-Schalldruckpegel L_{pA} werden durch hinterlegte Makros zur Anpassung der im dritten Blatt folgenden Diagramme verwendet.

Das zweite Blatt enthält eine Erläuterung, wie die mitgeteilten Daten zu verwenden sind, um die beim Betrieb der Maschine in einem vorgesehenen Raum sich ergebenden Schalldruckpegel bestimmen zu können.

Das dritte Blatt enthält die beiden an die Maschinenkennwerte angepassten Diagramme, mit denen die aktuell zu erwartenden Schallpegel im Raum bestimmt werden.

Im vierten Blatt ist schließlich noch ein Schema zur Pegeladdition mitgeteilt, damit die von der Maschine verursachten zu den schon vorhandenen Pegeln addiert werden können.

Geräuschangabe

entsprechend Maschinenrichtlinie
und nach den Anforderungen DIN EN ISO 4871

Maschine :	APack Conti 02	
Meßverfahren:	Näherungsverfahren ISO 3744 und ISO 11204	
Betriebszustand:	Probetrieb mit ca. 40000 FI/h PET 1l.	
Geräuschemissionswerte:		
Schalleistungspegel L_{WA} :	103 dB(A)	
Unsicherheitsfaktor K_{WA} :	3 dB	
Emissions-Schalldruckpegel L_{pA}:	83 dB(A)	
Unsicherheitsfaktor K_{pA} :	3 dB	

Zusatzinformation:

Frequenzspektrum des Schalleistungspegels (A-bewertet) :

Frequenz (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A-Ges
Pegel in dB	75.6	85.4	91.2	99.0	95.9	97.0	91.2	103.0

Hinweis zur Anwendung:

Die beiden Kennwerte L_{WA} und L_{pA} beschreiben die Lärmabstrahlung der Maschine. Der Schalleistungspegel L_{WA} gibt die gesamte Schallabstrahlung in alle Richtungen an. Der Emissions-Schalldruckpegel L_{pA} ist der Schallpegel am Arbeitsplatz vor der Maschine, wenn keine reflektierenden Raumbegrenzungsflächen vorhanden sind (somit ein theoretischer Wert, der nur bei Betrieb der Maschine im Freien erreichbar wäre).

Mit diesen beiden Werten kann der Schallpegel am Arbeitsplatz und die Pegelerhöhung an allen anderen Arbeitsplätzen, die sich bei Betrieb der Maschine in einem beliebigen Raum ergibt, bestimmt werden.

Entsprechend der gesetzlichen Anforderung ist ein Maschinenhersteller verpflichtet, die beiden genannten Kennwerte anzugeben.

Da wir unsere Kunden aber so weitgehend wie möglich bei der Planung lärmarmen Arbeitsplätze unterstützen wollen, sind mit den folgenden Blättern weitere auf diese Maschine bezogene Hinweise zur praktischen Anwendung beigelegt.



Vorderansicht der Maschine



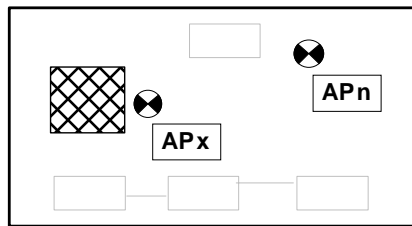
Deckfläche mit begehbarem Rost
(Abstrahlung somit vorwiegend nach oben)

Hinweis zur praktischen Anwendung:

Wird die Maschine in einem Raum betrieben, so sind 2 Werte von Interesse:

- 1) Der Schallpegel des Raumschallfeldes L_{Raum} , der sich ab einem gewissen Abstand von der Maschine aufgrund ihrer Abstrahlung ergibt und der im gesamten Raum annähernd konstant ist. Er wird benötigt, weil sich durch Pegeladdition dieses Werts mit den Schallpegeln an anderen Arbeitsplätzen die Erhöhung dieser Arbeitsplatzpegel durch den Betrieb unserer Maschine ergibt.
- 2) Der Schallpegel an dem der Maschine selbst zugeordneten Arbeitsplatz

Beide Schallpegel können Sie mit Bild 1 und 2 für den vorgesehenen Aufstellungsraum näherungsweise bestimmen, wobei dessen Nachhallzeit und das Raumvolumen bekannt sein muss.



Im Folgenden wird die praktische Anwendung an zwei Beispielen erläutert. Die Maschine soll in einem Raum mit folgenden Daten installiert werden:

Raumvolumen $V = 1000 \text{ m}^3$; Nachhallzeit $T = 1 \text{ Sekunde}$

Der bei Betrieb unserer Maschine zu erwartende Schallpegel an ihrem eigenen Arbeitsplatz APx und an weiteren Arbeitsplätzen APn ist zu bestimmen.

Fall 1:

Es befinden sich keine anderen geräuschrelevanten Maschinen oder Einrichtungen in dem Raum.

Lösung:

Mit Bild 1 ergibt sich mit den o.g. Raumdaten

$$L_{\text{Raum}} = 87 \text{ dB(A)} \text{ und } L_{\text{AP}} = 88 \text{ dB(A)}$$

Damit beträgt der Schallpegel am Arbeitsplatz APx maximal 88 dB(A) und an allen übrigen Arbeitsplätzen APn maximal 87 dB(A).

Fall 2:

Wie Fall 1, wobei sich aber im Raum schon andere geräuschrelevante Maschinen und Einrichtungen befinden sollen.

Schritt 1:

Wie im Fall 1 werden für diesen Raum die von unserer Maschine an ihrem eigenen Arbeitsplatz APx und an allen anderen Arbeitsplätzen APn verursachten Schallpegel bestimmt.

$$L_{\text{AP}} = 88 \text{ dB(A)}; L_{\text{Raum}} = 87 \text{ dB(A)}$$

Schritt 2:

Es werden die derzeit (also vor Installierung unserer Maschine) schon vorhandenen Schallpegel am zukünftigen Maschinenarbeitsplatz APx und an den anderen Arbeitsplätzen APn bestimmt.

$$\text{Z.B. } L_{\text{APx(vorher)}} = 85 \text{ dB(A)}, L_{\text{APn(vorher)}} = 90 \text{ dB(A)}$$

Schritt 3:

Unter Verwendung des Pegeladditionsschemas Bild 3 werden die an Maschinenarbeitsplatz APx und anderen Arbeitsplätzen APn schon vorhandenen zu den von unserer Maschine verursachten Schallpegeln dazugezählt.

$$L_{\text{APx}} = L_{\text{APx(vorher)}} (+) L_{\text{AP}} = 85 \text{ dB(A)} (+) 88 \text{ dB(A)} = 90 \text{ dB(A)}$$

$$L_{\text{APn}} = L_{\text{APn(vorher)}} (+) L_{\text{Raum}} = 90 \text{ dB(A)} (+) 87 \text{ dB(A)} = 92 \text{ dB(A)}$$

Das Verfahren gilt streng nur für Räume mit bestimmten Voraussetzungen - in allen anderen Fällen stellt es eine Maximalabschätzung dar. In diesen Fällen kann mit den genannten Kennwerten eine genaue Berechnung nach VDI-Richtlinie 3760 durchgeführt werden.

Anwendungsdiagramme

Hinweis: Diese beiden Diagramme wurden mit den auf Blatt 1 angegebenen Geräuschemissionswerten
 $L_{WA} = 103 \text{ dB(A)}$
 $L_{pA} = 83 \text{ dB(A)}$
 berechnet - sie gelten somit nur für die Maschine **APack Conti 02**

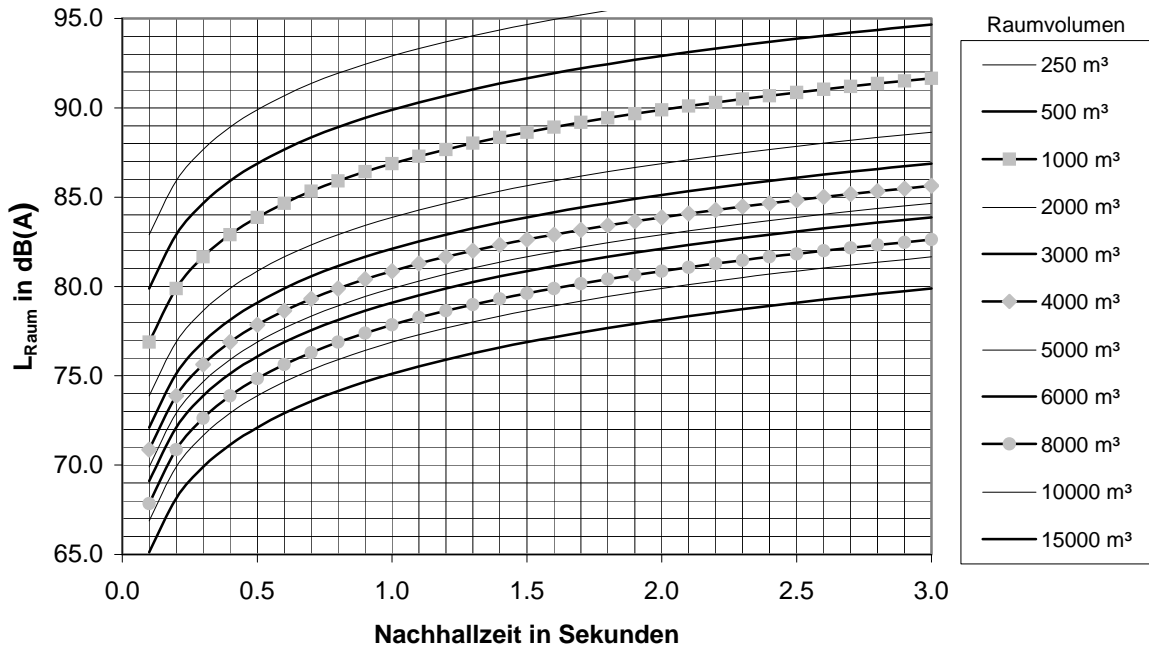


Bild 1 Bestimmung des Schallpegels im Raum (Abstand von Maschine > 4 m) aus den Raumparametern Volumen und Nachhallzeit für Maschine: APack Conti 02

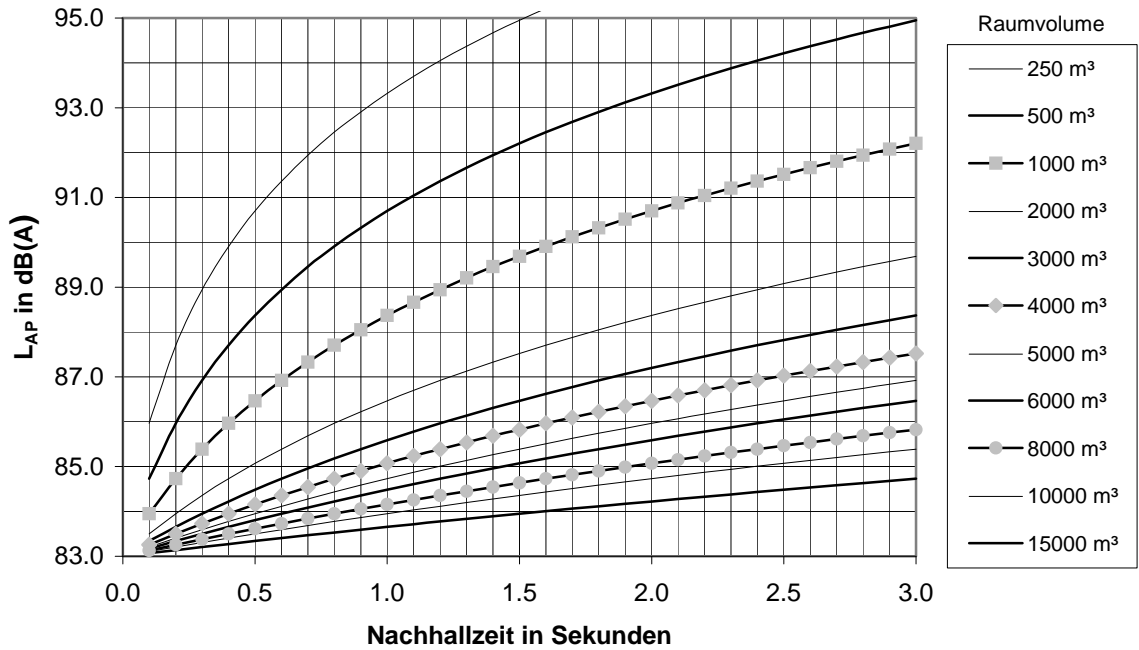
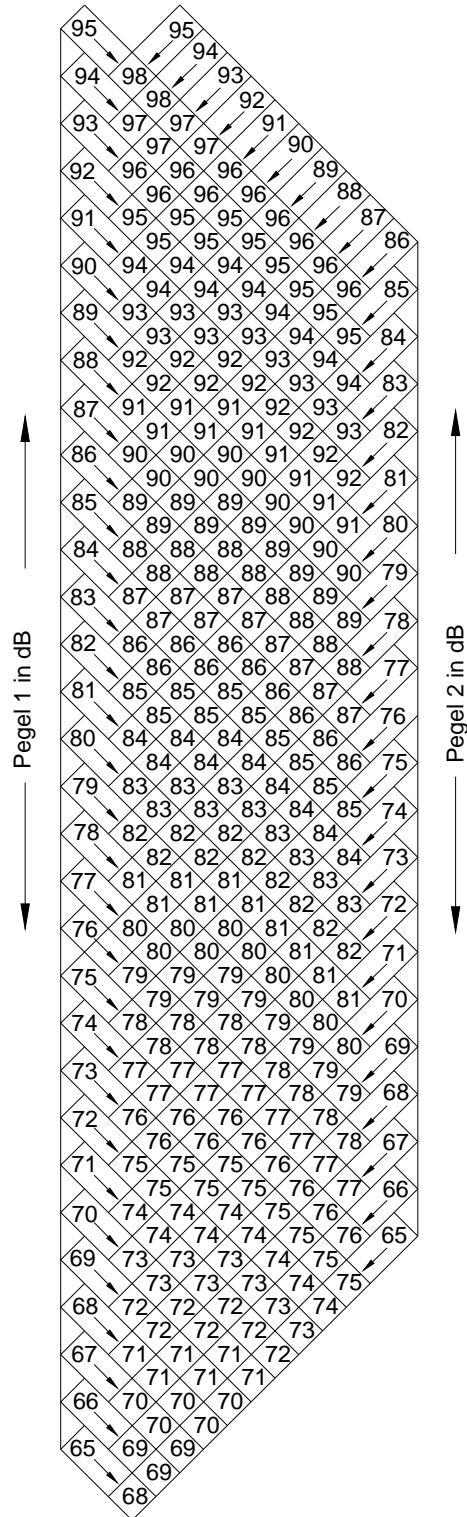


Bild 2 Bestimmung des Schallpegels am Arbeitsplatz (1m von Vorderkante) aus den Raumparametern Volumen und Nachhallzeit für Maschine: APack Conti 02

Schema zur Addition von Schallpegeln:

Die zu addierenden Pegel 1 und 2 werden am linken und rechten Rand aufgesucht. Werden die Pfeile in den entsprechenden Feldern verlängert, so ergibt sich im Schnittpunkt der Summenpegel. Ergibt sich im dargestellten Schema kein Schnittpunkt, so kann der kleinere Pegel vernachlässigt werden und es gilt der größere Pegel als Summenpegel.



6 Literatur

- /1/ VDI 3760 VDI Richtlinie 3760, Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen 02/1996
- /2/ ISO 3744 Akustik - Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen durch Schalldruckmessungen - Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene, Beuth Verlag GmbH, Berlin 1994
- /3/ ISO 9613-2 Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, Beuth Verlag GmbH, Berlin 1996
- /4/ 9. GSGV 9. Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz (9. GSGV) und zur Änderung von Verordnungen zum Gerätesicherheitsgesetz vom 12.5.1993. GB BI I (1993) S. 704
- /5/ ISO 11201 Akustik - Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten - Messung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten; Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene, (Beuth Verlag GmbH, Berlin 1996) Entwurf vom 16.07.2006
- /6/ ISO 11202 Akustik - Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten - Messung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten; Verfahren der Genauigkeitsklasse 3 für Messungen unter Einsatzbedingungen, (Beuth Verlag GmbH, Berlin 1996) Entwurf vom 16.07.2006
- /7/ ISO 11203 Akustik - Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten - Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten aus dem Schalldruckpegel, Beuth Verlag GmbH, Berlin 1996
- /8/ ISO 11204 Acoustics – Noise emitted by machinery and equipment – Measurement of emission sound pressure levels at work station and other specified positions – Engineering and survey methods applying environmental corrections (Revision of ISO 11204:1995), Entwurf vom 16.07.2006
- /9/ ISO 11205 Akustik - Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten aus Schallintensitätsmessungen unter Einsatzbedingungen“ (ISO/DIS 11205:2000); Deutsche Fassung prEN ISO Beuth Verlag GmbH, Berlin 2000
- /10/ Jonasson, H.G. Determination of Emission Sound Pressure Level and Sound Power Level in Situ, SP Report 1999:18, ISBN 91-7848-775-7

- /11/ Probst, W. Untersuchung der Einflussgrößen auf die Ermittlung der Emissions-Schalldruckpegel von Maschinen, Fb 968 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/Dresden 2002
- /12/ ISO 6926 Akustik - Anforderungen an die Eigenschaften und die Kalibrierung von Vergleichsschallquellen für die Bestimmung von Schalleistungspegeln, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2001
- /13/ ISO 3745 Akustik - Bestimmung des Schalleistungspegels von Schallquellen - Präzisionsverfahren für reflexionsarme und halbreflexionsarme Räume, Beuth Verlag GmbH, Berlin 1977
- /14/ ISO/CD 3746 Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane (Revision of ISO 3746:1995), Draft 21.01.2005
- /15/ ISO 3747 Akustik - Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Vergleichsverfahren zur Verwendung unter Einsatzbedingungen; Beuth Verlag GmbH, Berlin 1998
- /16/ ISO 4871 Akustik - Angabe und Nachprüfung von Geräuschemissionswerten von Maschinen und Geräten Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1996
- /17/ IEC 60942 Elektroakustik – Schallkalibratoren, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1997
- /18/ Probst, W. Checking of Sound Emission Values, Fb 851 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin 1999
- /19/ Probst, W. Geräuschemissionswerte von ausgewählten Maschinengruppen, Fb 978 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/Dresden 2003
- /20/ Probst, W. Ermittlung, Angabe und Anwendung von Geräuschemissionswerten für Maschinen, Seminar der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/Dresden, 4. Auflage, 2000
- /21/ ISO 10821 Industrie-Nähmaschinen - Sicherheitsanforderungen für Nähmaschinen - Näheinheiten und Nähanlagen, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1998
- /22/ CadnaA CadnaA - Computerprogramm zur Berechnung der Schallausbreitung, DataKustik GmbH, Greifenberg
- /23/ Probst, W. Schallabstrahlung und Schallausbreitung, Fb 556 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 1988

- /24/ Seminar „Lärminderung im Betrieb“, Seminar für Ausbilder, Trainer, Multiplikatoren, BAuA, Dortmund 2000
- /25/ 2003/10/EG 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) (17. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)
- /26/ LärmVibrations-ArbSchV Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen vom 06.03.2007, (BGBl. I Nr. 8 vom 08.03.2007, S. 261)
- /27/ 3. GSGV Dritte Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz (Maschinenlärminformations-Verordnung - 3. GSGV) vom 18.01.1991, (BGBl. I, S. 146)
- /28/ Probst, W. Improvements in the Determination of the Emission Sound Pressure Level of Machines, Fb 1034 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 2004

Anhang

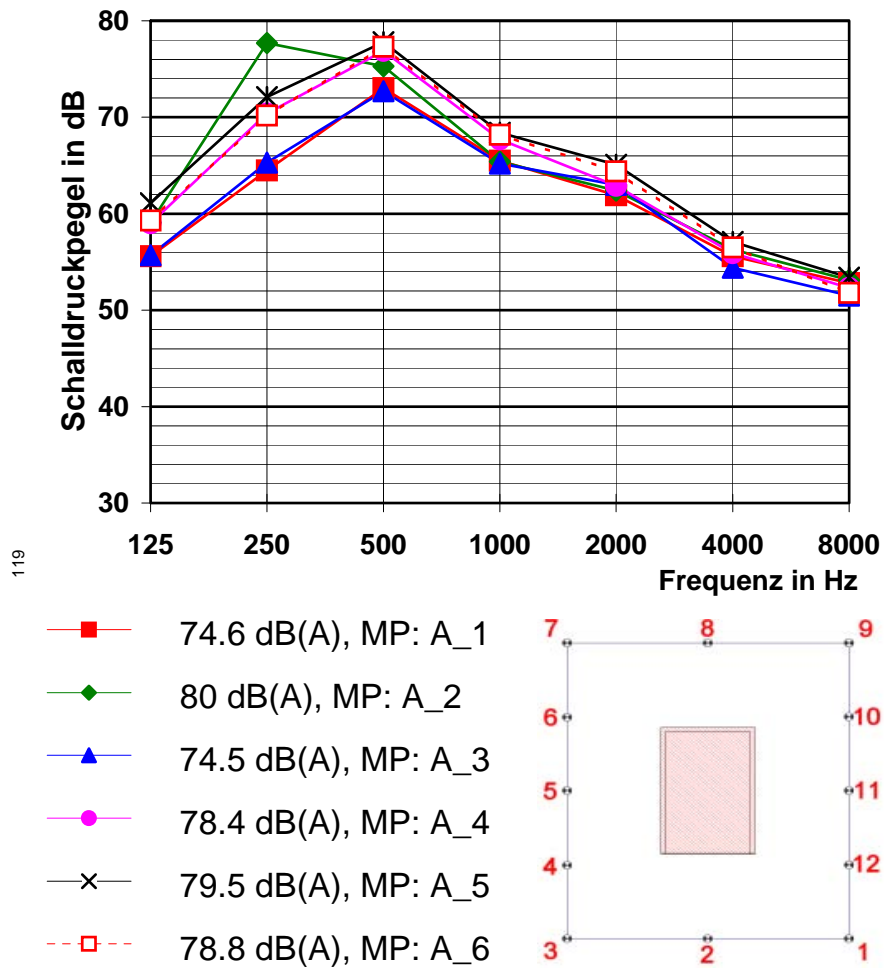
Detaillierte Auswertungen zu den Messungen an Modellmaschinen und realen Maschinen

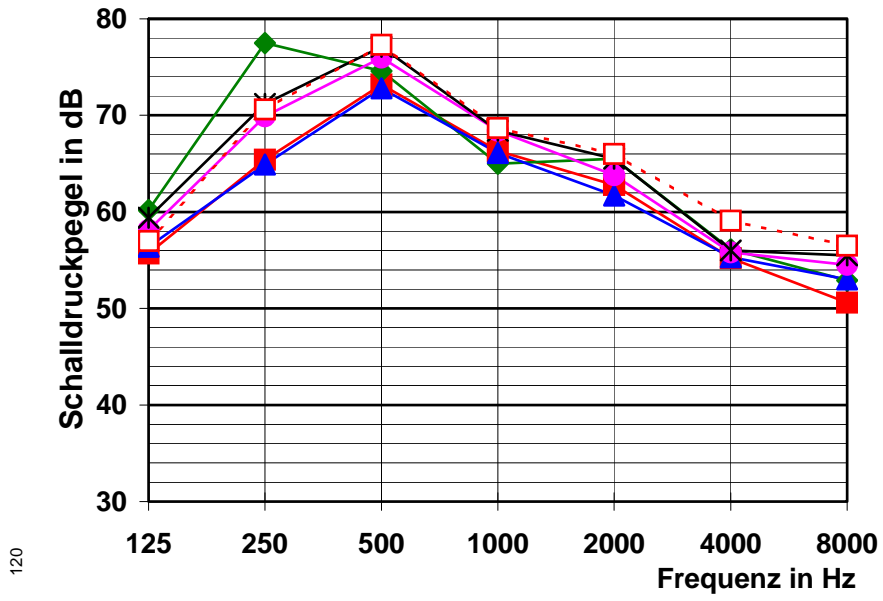
A 1 Modellmaschine	100
A 1.1 Emissionsschalldruckpegel an den 1-m-Messpunkten, Schallabstrahlung ungerichtet	100
A 1.2 Emissionsschalldruckpegel an den 1-m-Messpunkten, Schallabstrahlung gerichtet	102
A 2 Anwendung 11201	104
A 3 Anwendung 11202/A1	110
A 4 Anwendung 11202/A2	116
A 4.1 $K_{3A,max}$ 7 dB.....	116
A 4.2 $K_{3A,max}$ 10 dB.....	122
A 4.3 $K_{3A,max}$ 15 dB.....	128
A 5 Anwendung 11204/A2	134
A 6 Anwendung 11204/A3	140
A 7 Lamellenstanze	146
A 7.1 Anwendung 11204/A2	146
A 7.2 Anwendung 11204/A3	147
A 7.3 Anwendung 11201.....	148
A 7.4 Anwendung 11202/A1	149
A 7.5 Anwendung 11202/A2	150
A 7.5.1 $K_{3A,max}$ 7 dB	150
A 7.5.2 $K_{3A,max}$ 10 dB	151
A 7.5.3 $K_{3A,max}$ 15 dB	152
A 8 Schlagschere	153
A 8.1 Anwendung 11204/A2	153
A 8.2 Anwendung 11204/A3	154
A 8.3 Anwendung 11201.....	155
A 8.4 Anwendung 11202/A1	156
A 8.5 Anwendung 11202/A2	157

A 8.5.1	K3A,max 7 dB	157
A 8.5.2	K3A,max 10 dB	158
A 8.5.3	K3A,max 15 dB	159
A 9	CNC-Lochstanmaschine	160
A 9.1	Anwendung 11204/A2	160
A 9.2	Anwendung 11204/A3	161
A 9.3	Anwendung 11201	162
A 9.4	Anwendung 11202/A1	163
A 9.5	Anwendung 11202/A2	164
A 9.5.1	K3A,max 7 dB	164
A 9.5.2	K3A,max 10 dB	165
A 9.5.3	K3A,max 15 dB	166

A 1 Modellmaschine

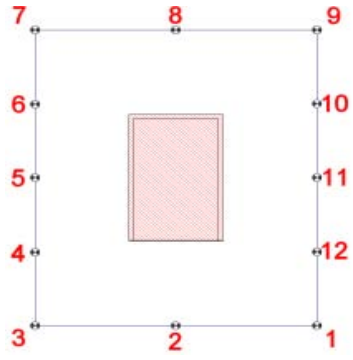
A 1.1 Emissionsschalldruckpegel an den 1-m-Messpunkten, Schallabstrahlung ungerichtet



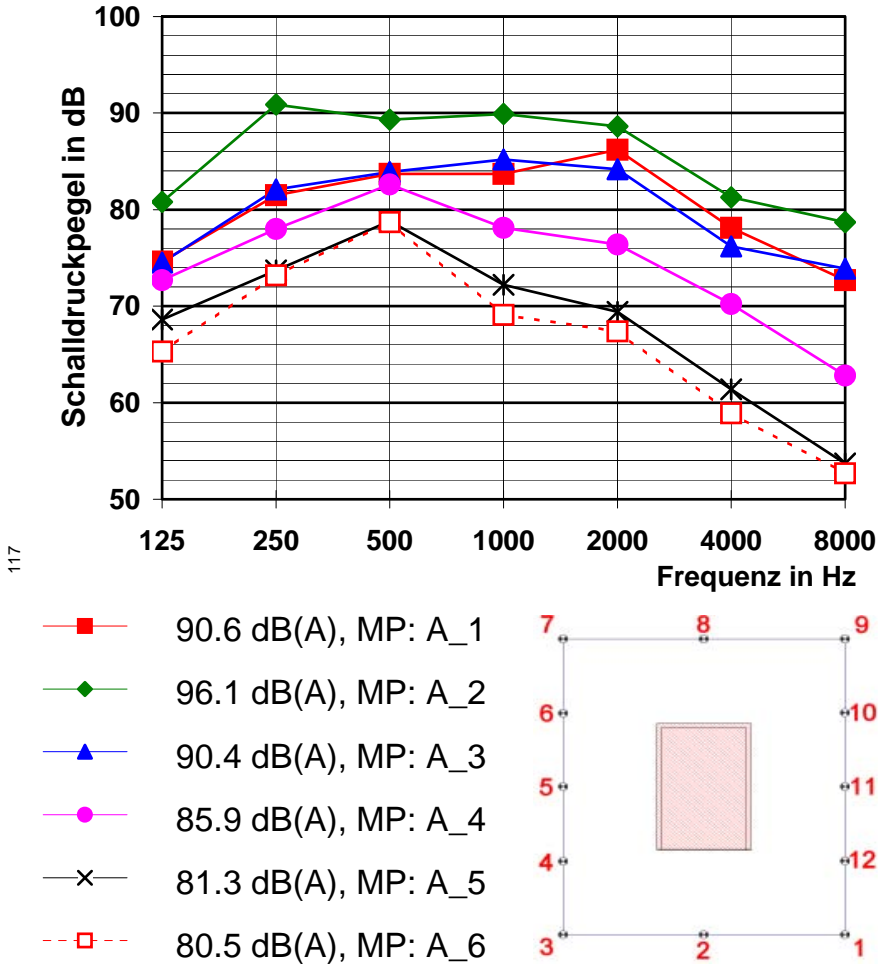


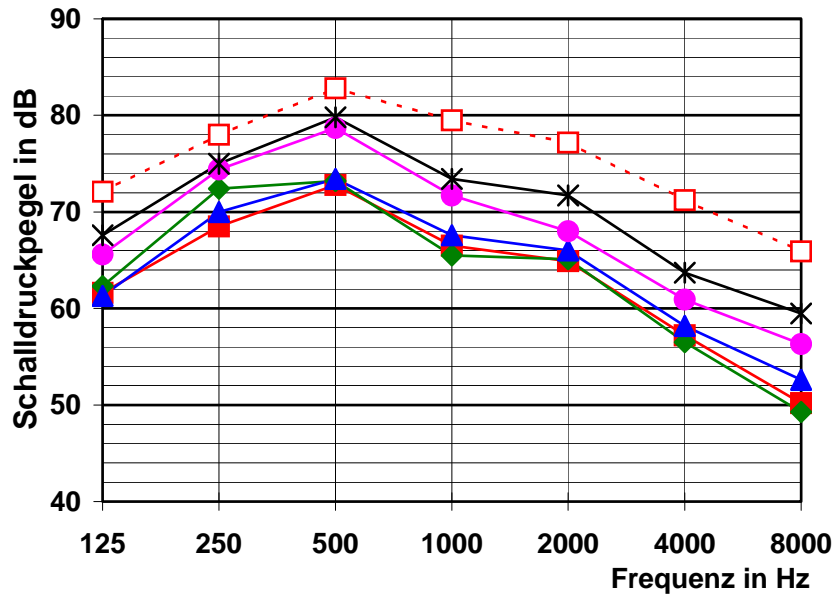
120

- 75 dB(A), MP: A_7
- ◆— 79.7 dB(A), MP: A_8
- ▲— 74.6 dB(A), MP: A_9
- 77.8 dB(A), MP: A_10
- ×— 78.8 dB(A), MP: A_11
- - □ - - 78.9 dB(A), MP: A_12



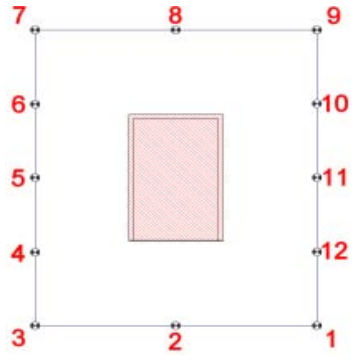
A 1.2 Emissionsschalldruckpegel an den 1-m-Messpunkten, Schallabstrahlung gerichtet





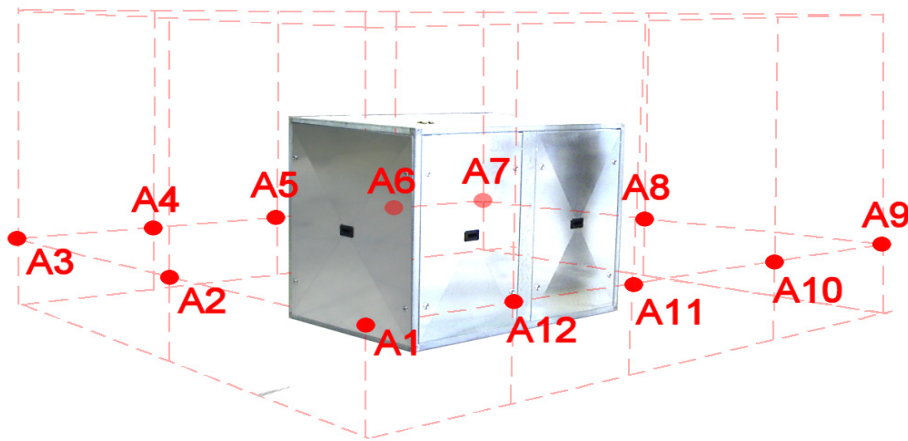
118

- 75.6 dB(A), MP: A_7
- ◆— 76.8 dB(A), MP: A_8
- ▲— 76.4 dB(A), MP: A_9
- 81.1 dB(A), MP: A_10
- ×— 82.4 dB(A), MP: A_11
- - - □ - - - 86.3 dB(A), MP: A_12



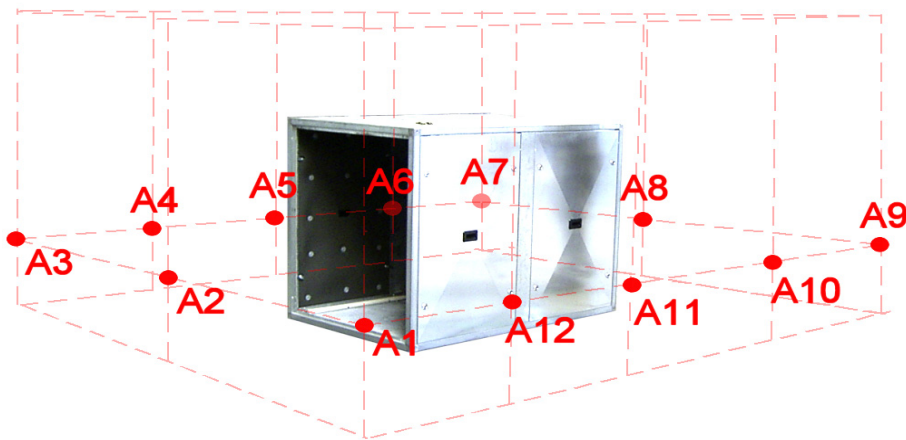
A 2 Anwendung 11201

Aufstellungsraum:	Seminarraum
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	82.1
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	4.9
Korrektur dDl' [dB]:	1
maximal zulässiger Fehler [dB]:	1.5
$Dl'_{op,approx}$ [dB]:	4.6



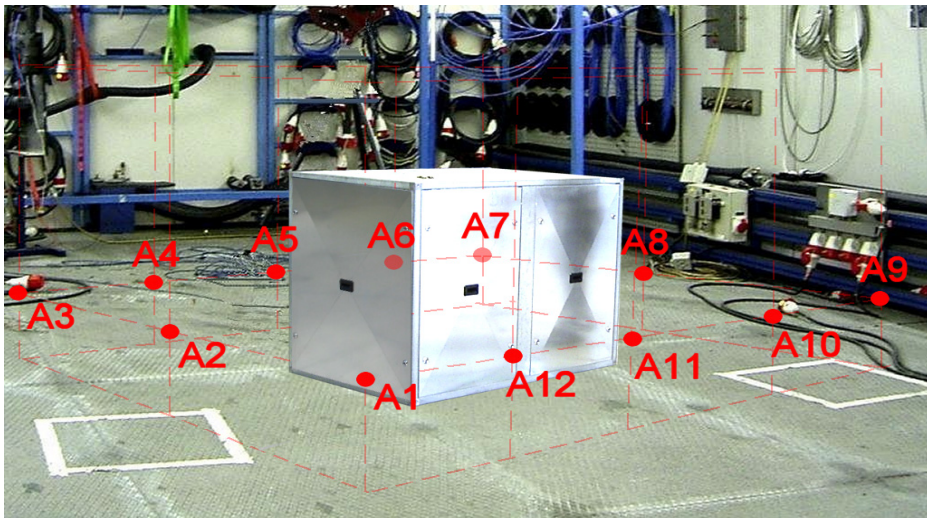
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $Dl'_{op,approx}$ [dB]	Anwendbarkeit der ISO 11201 (j/n)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11201 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel L_{pA} [dB(A)]	Umgebungskorrektur bezogen auf Messpunkt K_3 [dB]
A1	80.3	-1.8	n	80.3	74.6	5.7
A2	82	-0.1	n	82	80	2
A3	80.2	-1.9	n	80.2	74.5	5.7
A4	81.6	-0.5	n	81.6	78.4	3.2
A5	81.7	-0.4	n	81.7	79.5	2.2
A6	81.7	-0.4	n	81.7	78.8	2.9
A7	79.7	-2.4	n	79.7	74.9	4.8
A8	82.7	0.6	n	82.7	79.7	3
A9	83	0.9	n	83	74.6	8.4
A10	83.9	1.8	n	83.9	77.8	6.1
A11	82.8	0.7	n	82.8	78.8	4
A12	83	0.9	n	83	79	4

Aufstellungsraum:	Seminarraum
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	92.2
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	4.8
Korrektur dDI' [dB]:	1
maximal zulässiger Fehler [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	4.6



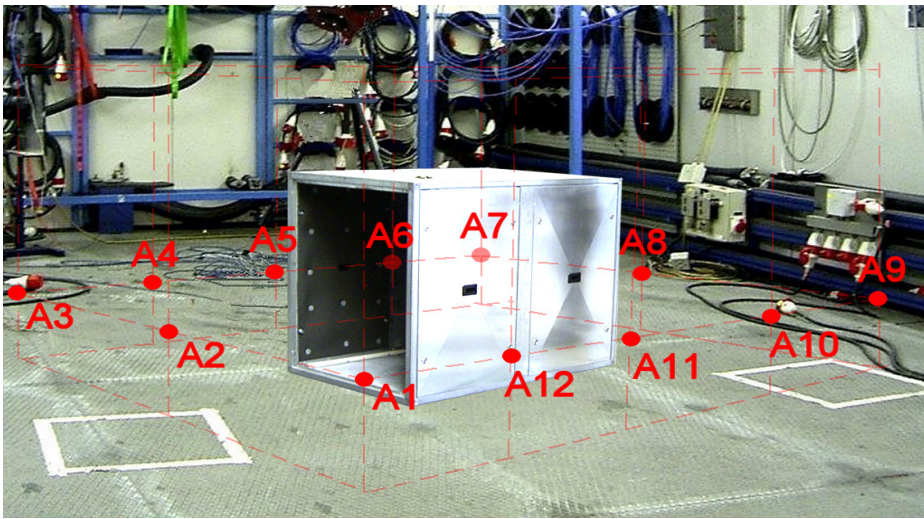
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	Anwendbarkeit der ISO 11201 (j/n)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11201 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel L_{pA} [dB(A)]	Umgebungskorrektur bezogen auf Messpunkt K_3 [dB]
A1	93.8	1.6	n	93.8	90.6	3.2
A2	97.8	5.6	j	97.8	96.1	1.7
A3	93.7	1.5	n	93.7	90.4	3.3
A4	91.3	-0.9	n	91.3	85.9	5.4
A5	89.9	-2.3	n	89.9	81.3	8.6
A6	89.6	-2.6	n	89.6	80.5	9.1
A7	88.4	-3.8	n	88.4	75.6	12.8
A8	88.6	-3.6	n	88.6	76.8	11.8
A9	89	-3.2	n	89	76.4	12.6
A10	90	-2.2	n	90	81.1	8.9
A11	90.2	-2	n	90.2	82.4	7.8
A12	92.1	-0.1	n	92.1	86.3	5.8

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	82.7
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	6.8
Korrektur dDI' [dB]:	1
maximal zulässiger Fehler [dB]:	1.5
minimales $DI'_{op,approx}$ [dB]:	5.3



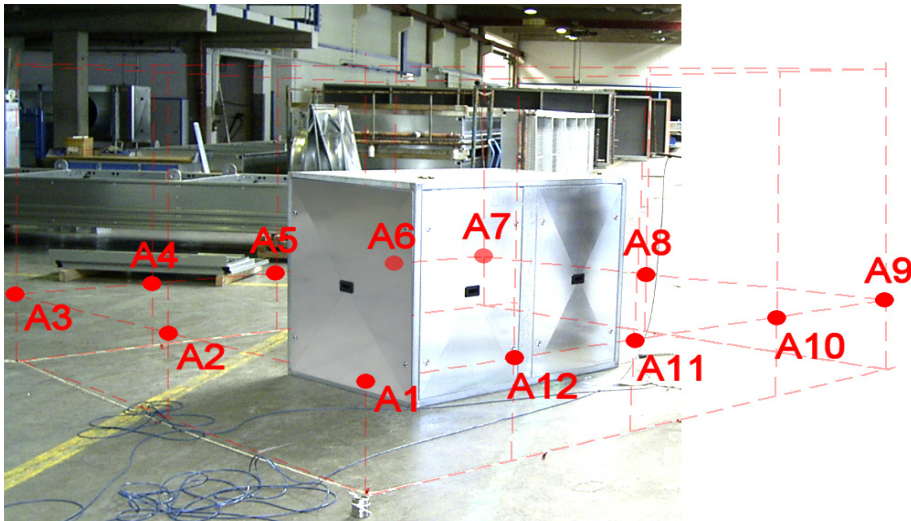
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	Anwendbarkeit der ISO 11201 (j/n)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11201 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel L_{pA} [dB(A)]	Umgebungskorrektur bezogen auf Messpunkt K_3 [dB]
A1	82.4	-0.3	n	82.4	74.6	7.8
A2	83.9	1.2	n	83.9	80	3.9
A3	82	-0.7	n	82	74.5	7.5
A4	83.2	0.5	n	83.2	78.4	4.8
A5	82.8	0.1	n	82.8	79.5	3.3
A6	83.5	0.8	n	83.5	78.8	4.7
A7	82.6	-0.1	n	82.6	74.9	7.7
A8	83	0.3	n	83	79.7	3.3
A9	82.1	-0.6	n	82.1	74.6	7.5
A10	82.1	-0.6	n	82.1	77.8	4.3
A11	82.1	-0.6	n	82.1	78.8	3.3
A12	82.7	0	n	82.7	79	3.7

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	94.4
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	8.1
Korrektur dDI' [dB]:	1
maximal zulässiger Fehler [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	5.6



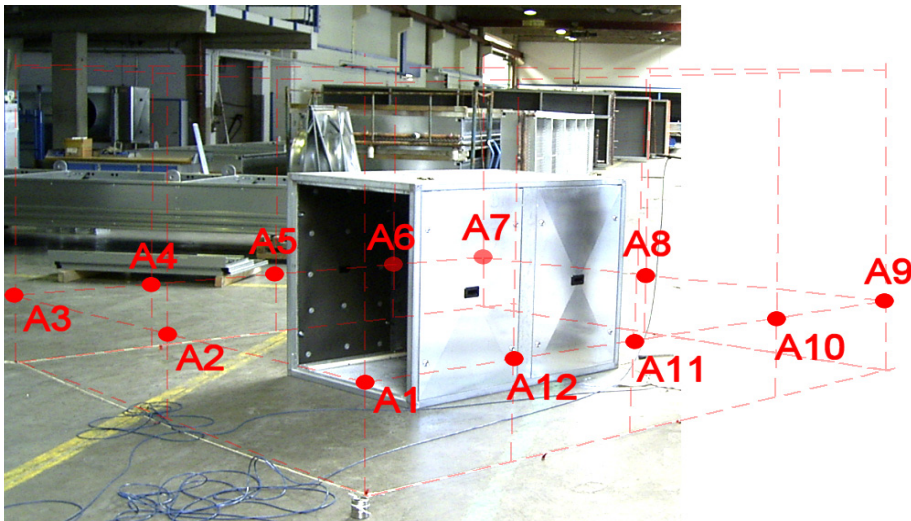
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	Anwendbarkeit der ISO 11201 (j/n)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11201 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel L_{pA} [dB(A)]	Umgebungskorrektur bezogen auf Messpunkt K_3 [dB]
A1	95.9	1.5	n	95.9	90.6	5.3
A2	97.6	3.2	n	97.6	96.1	1.5
A3	96.1	1.7	n	96.1	90.4	5.7
A4	93.7	-0.7	n	93.7	85.9	7.8
A5	93.6	-0.8	n	93.6	81.3	12.3
A6	93.5	-0.9	n	93.5	80.5	13
A7	92.4	-2	n	92.4	75.6	16.8
A8	92.8	-1.6	n	92.8	76.8	16
A9	92.8	-1.6	n	92.8	76.4	16.4
A10	93.7	-0.7	n	93.7	81.1	12.6
A11	93.3	-1.1	n	93.3	82.4	10.9
A12	94	-0.4	n	94	86.3	7.7

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	78.3
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	0.1
Korrektur dDI' [dB]:	1
maximal zulässiger Fehler [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	-10.1



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	Anwendbarkeit der ISO 11201 (j/n)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11201 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel L_{pA} [dB(A)]	Umgebungskorrektur bezogen auf Messpunkt K_3 [dB]
A1	75.2	-3.1	j	75.2	74.6	0.6
A2	80.0	1.7	j	80	80	0
A3	75.6	-2.7	j	75.6	74.5	1.1
A4	78.6	0.3	j	78.6	78.4	0.2
A5	79.5	1.2	j	79.5	79.5	0
A6	78.8	0.5	j	78.8	78.8	0
A7	75	-3.3	j	75	74.9	0.1
A8	80.1	1.8	j	80.1	79.7	0.4
A9	74.9	-3.4	j	74.9	74.6	0.3
A10	79	0.7	j	79	77.8	1.2
A11	78.9	0.6	j	78.9	78.8	0.1
A12	79.3	1	j	79.3	79	0.3

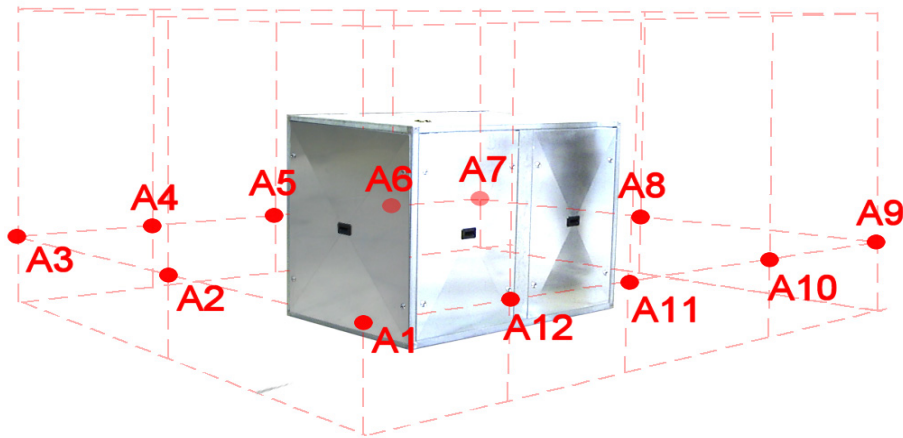
Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	88.6
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	0.3
Korrektur dDI' [dB]:	1
maximal zulässiger Fehler [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	-5.4



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	Anwendbarkeit der ISO 11201 (j/n)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11201 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel L_{pA} [dB(A)]	Umgebungskorrektur bezogen auf Messpunkt K_3 [dB]
A1	90.7	2.1	j	90.7	90.6	0.1
A2	96.1	7.5	j	96.1	96.1	0
A3	90.5	1.9	j	90.5	90.4	0.1
A4	87	-1.6	j	87	85.9	1.1
A5	84.1	-4.5	j	84.1	81.3	2.8
A6	83.3	-5.3	j	83.3	80.5	2.8
A7	81.1	-7.5	n	81.1	75.6	5.5
A8	81	-7.6	n	81	76.8	4.2
A9	80.6	-8	n	80.6	76.4	4.2
A10	82.7	-5.9	n	82.7	81.1	1.6
A11	83.4	-5.2	j	83.4	82.4	1
A12	87.2	-1.4	j	87.2	86.3	0.9

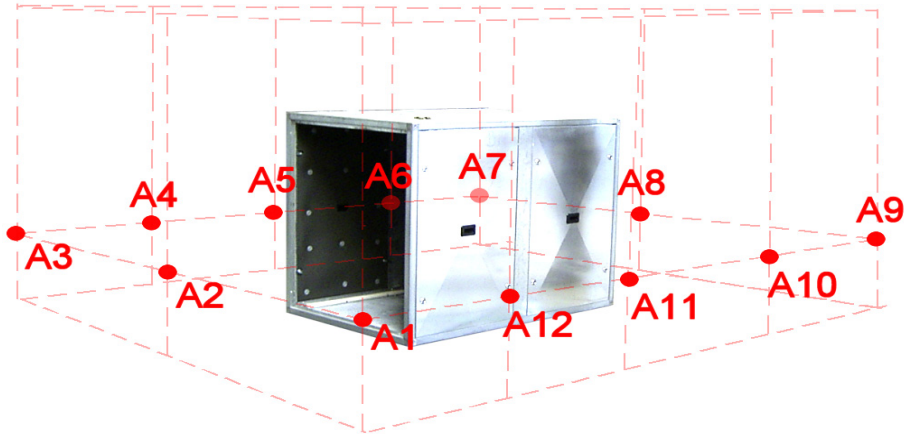
A 3 Anwendung 11202/A1

Aufstellungsraum:	Seminarraum
Raumboberfläche [m ²]:	200
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.25
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	40.7
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen



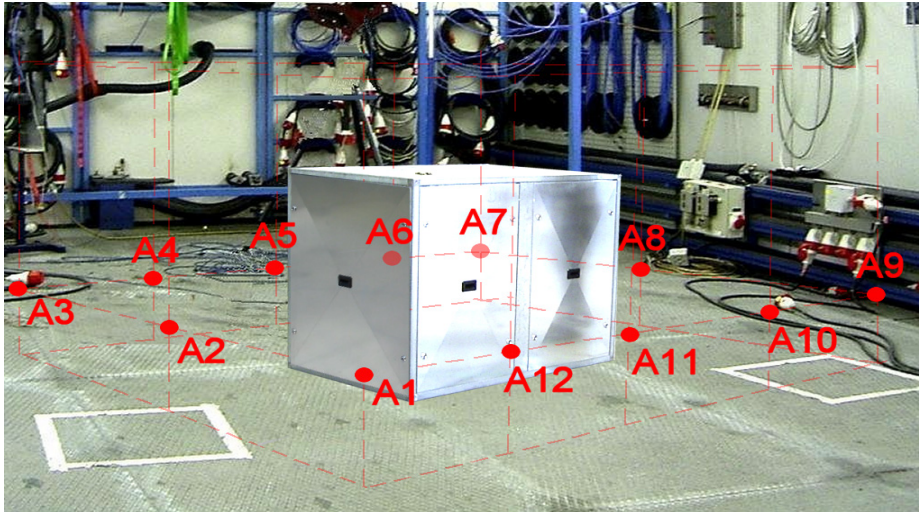
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L_{pA} [dB(A)]	minimaler / maximaler Abstand zur Schallquelle		minimale / maximale lokale Messfläche		lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A1/A1.3		Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11202/A1 L_{pA} [dB(A)]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202/A1.3 (2 / 3)	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A1 minus $L_{pA,true}$ [dB]
		d [m]	d_{max} [m]	S [m ²]	S_{max} [m ²]	K_{3A} [dB]	$K_{3A,max}$ [dB]				
A1	80.3	1	2.2	6.28	30.41	2.1	6	78.2	3	74.6	3.6
A2	82	1	1.1	6.28	7.6	2.1	2.4	79.9	2	80	-0.1
A3	80.2	1	2.2	6.28	30.41	2.1	6	78.1	3	74.5	3.6
A4	81.6	1	2	6.28	25.13	2.1	5.4	79.5	3	78.4	1.1
A5	81.7	1	2.15	6.28	29.04	(2.1)	(5.9)	(79.6)	(3)	79.5	(0.1)
A6	81.7	1	2.6	6.28	42.47	(2.1)	(7.0)	(79.6)	(3)	78.8	(0.8)
A7	79.7	1	3.2	6.28	64.34	(2.1)	(7.0)	(77.6)	(3)	74.9	(2.7)
A8	82.7	1	2.55	6.28	40.86	(2.1)	(7.0)	(80.6)	(3)	79.7	(0.9)
A9	83	1	3.2	6.28	64.34	(2.1)	(7.0)	(80.9)	(3)	74.6	(6.3)
A10	83.9	1	2.6	6.28	42.47	(2.1)	(7.0)	(81.8)	(3)	77.8	(4.0)
A11	82.8	1	2.15	6.28	29.04	(2.1)	(5.9)	(80.7)	(3)	78.8	(1.9)
A12	83	1	2	6.28	25.13	2.1	5.4	80.9	3	79	1.9

Aufstellungsraum:	Seminarraum
Raumoberfläche [m ²]:	200
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.3
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	40.7
Maschine:	Modellmaschine, offen



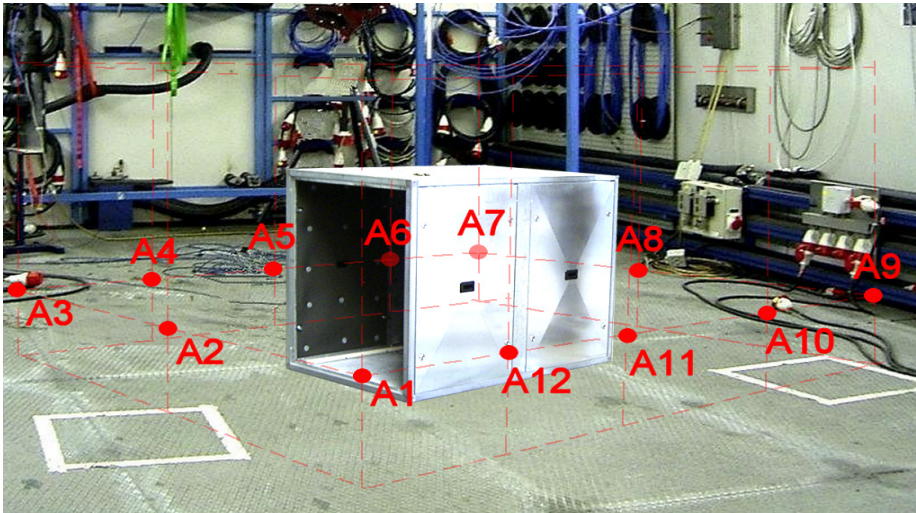
Messpunkt	gemessener Schall- druck- pegel am Arbeits- platz L'_{pA} [dB(A)]	minimaler / maximaler Abstand zur Schall- quelle		minimale / maximale lokale Mess- fläche		lokale Umge- bungs- korrektur nach ISO 11202/A1/ A1.3		Emissi- ons- Schall- druck- pegel nach ISO 11202/A1 L_{pA} [dB(A)]	Genau- igkeits- klasse nach ISO 11202/ A1.3 (2 / 3)	gemessener Freifeld- Schall- druck- pegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A1 minus $L_{pA,true}$ [dB]
		d [m]	d_{max} [m]	S [m ²]	S_{max} [m ²]	K_{3A} [dB]	$K_{3A,max}$ [dB]				
A1	93.8	1.4	2.2	12.32	30.41	3.4	6	90.4	3	90.6	-0.2
A2	97.8	1	1.1	6.28	7.6	2.1	2.4	95.7	2	96.1	-0.4
A3	93.7	1.4	2.2	12.32	30.41	3.4	6	90.3	3	90.4	-0.1
A4	91.3	1	2	6.28	25.13	2.1	5.4	89.2	3	85.9	3.3
A5	89.9	1.25	2.15	9.82	29.04	2.9	5.9	87.0	-	81.3	(5.7)
A6	89.6	1.9	2.6	22.68	42.47	5.1	7.0	84.5	-	80.5	(4.0)
A7	88.4	2.7	3.2	45.8	64.34	7.0	7.0	81.4	-	75.6	(5.8)
A8	88.6	2.5	2.55	39.27	40.86	6.9	7.0	81.7	-	76.8	(4.9)
A9	89	2.7	3.2	45.8	64.34	7.0	7.0	82.0	-	76.4	(5.6)
A10	90	1.9	2.6	22.68	42.47	5.1	7.0	84.9	-	81.1	(3.8)
A11	90.2	1.25	2.15	9.82	29.04	2.9	5.9	87.3	-	82.4	(4.9)
A12	92.1	1	2	6.28	25.13	2.1	5.4	90	3	86.3	3.7

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Raumbooberfläche [m ²]:	200
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.25
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	19.4
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen



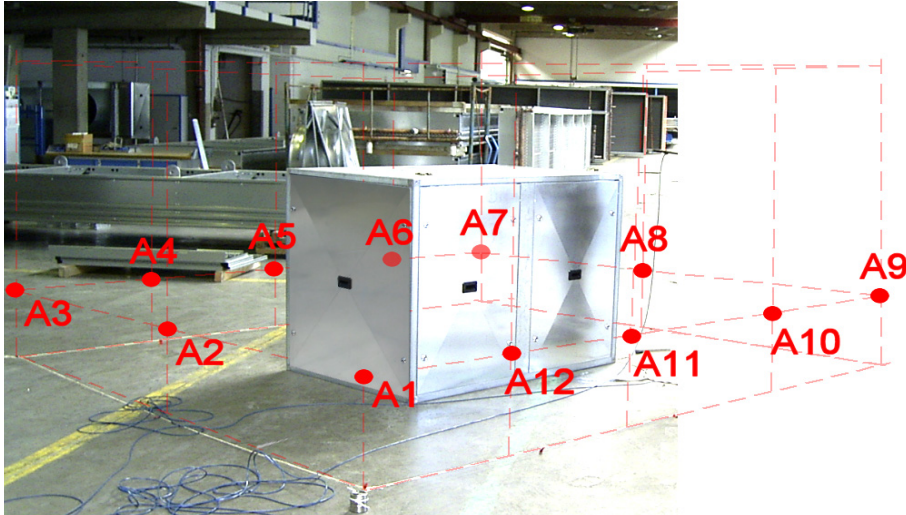
Messpunkt	gemessener Schall- druck- pegel am Arbeits- platz L_{pA} [dB(A)]	minimaler / maximaler Abstand zur Schall- quelle		minimale / maximale lokale Mess- fläche		lokale Umge- bungs- korrektur nach ISO 11202/A1/ A1.3		Emiss- ions- Schall- druck- pegel nach ISO 11202/A1 L_{pA} [dB(A)]	Genau- igkeits- klasse nach ISO 11202/ A1.3 (2 / 3)	gemessener Freifeld- Schall- druck- pegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A1 minus $L_{pA,true}$ [dB]
		d [m]	d_{max} [m]	S [m ²]	S_{max} [m ²]	K_{3A} [dB]	$K_{3A,max}$ [dB]				
A1	82.4	1	2.2	6.28	30.41	3.6	7	78.8	3	74.6	4.2
A2	83.9	1	1.1	6.28	7.6	3.6	4.1	80.3	3	80	0.3
A3	82	1	2.2	6.28	30.41	3.6	7	78.4	3	74.5	3.9
A4	83.2	1	2	6.28	25.13	3.6	7	79.6	3	78.4	1.2
A5	82.8	1	2.15	6.28	29.04	(3.6)	(7.0)	(79.2)	(3)	79.5	-(0.3)
A6	83.5	1	2.6	6.28	42.47	(3.6)	(7.0)	(79.9)	(3)	78.8	(1.1)
A7	82.6	1	3.2	6.28	64.34	(3.6)	(7.0)	(79.0)	(3)	74.9	(4.1)
A8	83	1	2.55	6.28	40.86	(3.6)	(7.0)	(79.4)	(3)	79.7	-(0.3)
A9	82.1	1	3.2	6.28	64.34	(3.6)	(7.0)	(78.5)	(3)	74.6	(3.9)
A10	82.1	1	2.6	6.28	42.47	(3.6)	(7.0)	(78.5)	(3)	77.8	(0.7)
A11	82.1	1	2.15	6.28	29.04	(3.6)	(7.0)	(78.5)	(3)	78.8	-(0.3)
A12	82.7	1	2	6.28	25.13	3.6	7	79.1	3	79	0.1

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Raumbooberfläche [m ²]:	181.8
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.25
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	19.4
Maschine:	Modellmaschine, offen



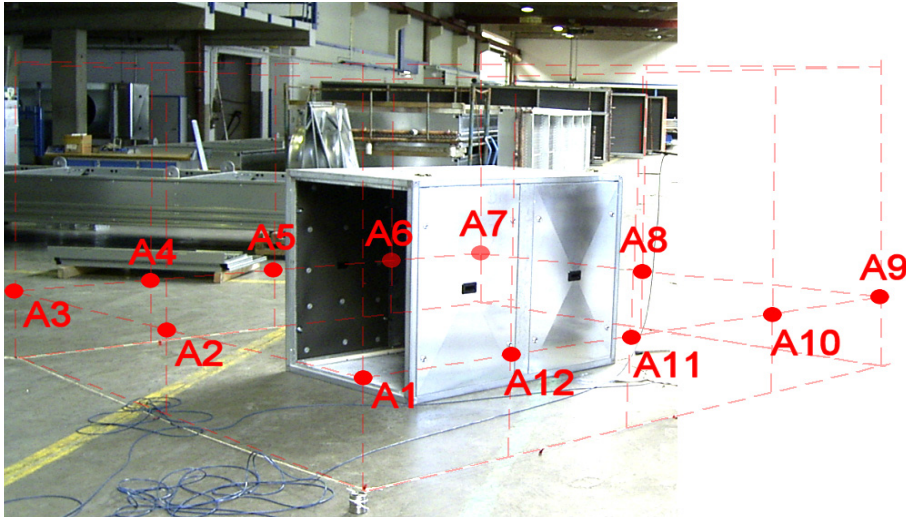
Messpunkt	gemessener Schall- druck- pegel am Arbeits- platz L_{pA} [dB(A)]	minimaler / maximaler Abstand zur Schall- quelle		minimale / maximale lokale Mess- fläche		lokale Umge- bungs- korrektur nach ISO 11202/A1/ A1.3		Emissi- ons- Schall- druck- pegel nach ISO 11202/A1 L_{pA} [dB(A)]	Genau- igkeits- klasse nach ISO 11202/ A1.3 (2 / 3)	gemessener Freifeld- Schall- druck- pegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A1 minus $L_{pA,true}$ [dB]
		d [m]	d_{max} [m]	S [m ²]	S_{max} [m ²]	K_{3A} [dB]	$K_{3A,max}$ [dB]				
A1	95.9	1.4	2.2	12.32	30.41	5.5	7	90.4	3	90.6	-0.2
A2	97.6	1	1.1	6.28	7.6	3.6	4.1	94	3	96.1	-2.1
A3	96.1	1.4	2.2	12.32	30.41	5.5	7	90.6	3	90.4	0.2
A4	93.7	1	2	6.28	25.13	3.6	7	90.1	3	85.9	4.2
A5	93.6	1.25	2.15	9.82	29.04	4.8	7	88.8	-	81.3	(7.5)
A6	93.5	1.9	2.6	22.68	42.47	7	7	86.5	-	80.5	(6.0)
A7	92.4	2.7	3.2	45.8	64.34	7.0	7.0	85.4	-	75.6	(9.8)
A8	92.8	2.5	2.55	39.27	40.86	7.0	7.0	85.8	-	76.8	(9.0)
A9	92.8	2.7	3.2	45.8	64.34	7.0	7.0	85.8	-	76.4	(9.4)
A10	93.7	1.9	2.6	22.68	42.47	7	7	86.7	-	81.1	(5.6)
A11	93.3	1.25	2.15	9.82	29.04	4.8	7	88.5	-	82.4	(6.1)
A12	94	1	2	6.28	25.13	3.6	7	90.4	3	86.3	4.1

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Raumoberfläche [m²]:	200
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.25
äquivalente Absorptionsfläche [m²]:	1970.7
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen



Messpunkt	gemessener Schall- druck- pegel am Arbeits- platz L_{pA} [dB(A)]	minimaler / maximaler Abstand zur Schall- quelle		minimale / maximale lokale Mess- fläche		lokale Umge- bungs- korrektur nach ISO 11202/A1/ A1.3		Emissi- ons- Schall- druck- pegel nach ISO 11202/A1 L_{pA} [dB(A)]	Genau- igkeits- klasse nach ISO 11202/ A1.3 (2 / 3)	gemessener Freifeld- Schall- druck- pegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A1 minus $L_{pA,true}$ [dB]
		d [m]	d_{max} [m]	S [m ²]	S_{max} [m ²]	K_{3A} [dB]	$K_{3A,max}$ [dB]				
A1	75.2	1	2.2	6.28	30.41	0.1	0.3	75.1	2	74.6	0.5
A2	80	1	1.1	6.28	7.6	0.1	0.1	79.9	2	80	-0.1
A3	75.6	1	2.2	6.28	30.41	0.1	0.3	75.5	2	74.5	1
A4	78.6	1	2	6.28	25.13	0.1	0.2	78.5	2	78.4	0.1
A5	79.5	1	2.15	6.28	29.04	(0.1)	(0.2)	(79.4)	(2)	79.5	-(0.1)
A6	78.8	1	2.6	6.28	42.47	(0.1)	(0.4)	(78.7)	(2)	78.8	-(0.1)
A7	75	1	3.2	6.28	64.34	(0.1)	(0.5)	(74.9)	(2)	74.9	(0.0)
A8	80.1	1	2.55	6.28	40.86	(0.1)	(0.3)	(80.0)	(2)	79.7	(0.3)
A9	74.9	1	3.2	6.28	64.34	(0.1)	(0.5)	(74.8)	(2)	74.6	(0.2)
A10	79	1	2.6	6.28	42.47	(0.1)	(0.4)	(78.9)	(2)	77.8	(1.1)
A11	78.9	1	2.15	6.28	29.04	(0.1)	(0.2)	(78.8)	(2)	78.8	(0.0)
A12	79.3	1	2	6.28	25.13	0.1	0.2	79.2	2	79	0.2

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Raumoberfläche [m²]:	9797
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.2
äquivalente Absorptionsfläche [m²]:	1970.7
Maschine:	Modellmaschine, offen

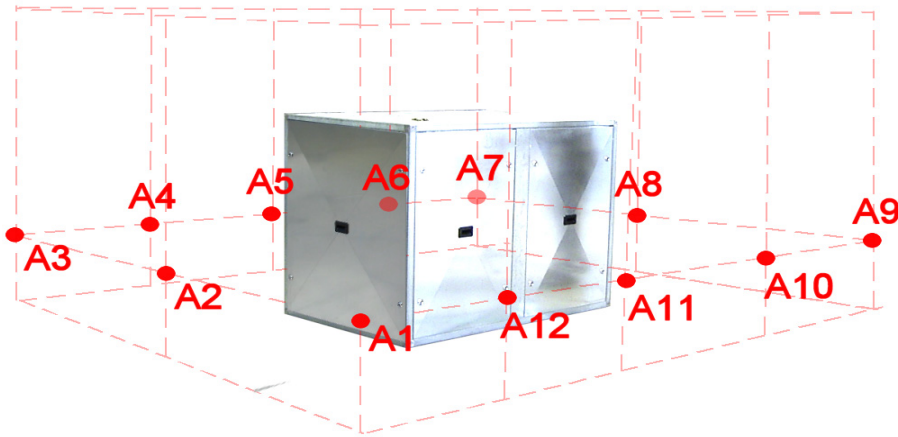


Messpunkt	gemessener Schall- druck- pegel am Arbeits- platz L_{pA} [dB(A)]	minimaler / maximaler Abstand zur Schall- quelle		minimale / maximale lokale Mess- fläche		lokale Umge- bungs- korrektur nach ISO 11202/A1/ A1.3		Emissi- ons- Schall- druck- pegel nach ISO 11202/A1 L_{pA} [dB(A)]	Genau- igkeits- klasse nach ISO 11202/ A1.3 (2 / 3)	gemessener Freifeld- Schall- druck- pegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A1 minus $L_{pA,true}$ [dB]
		d [m]	d_{max} [m]	S [m ²]	S_{max} [m ²]	K_{3A} [dB]	$K_{3A,max}$ [dB]				
A1	90.7	1.4	2.2	12.32	30.41	0.1	0.3	90.6	2	90.6	0
A2	96.1	1	1.1	6.28	7.6	0.1	0.1	96	2	96.1	-0.1
A3	90.5	1.4	2.2	12.32	30.41	0.1	0.3	90.4	2	90.4	0
A4	87	1	2	6.28	25.13	0.1	0.2	86.9	2	85.9	1
A5	84.1	1.25	2.15	9.82	29.04	0.1	0.2	84.0	-	81.3	(2.7)
A6	83.3	1.9	2.6	22.68	42.47	0.2	0.4	83.1	-	80.5	(2.6)
A7	81.1	2.7	3.2	45.8	64.34	0.4	0.5	80.7	-	75.6	(5.1)
A8	81	2.5	2.55	39.27	40.86	0.3	0.3	80.7	-	76.8	(3.9)
A9	80.6	2.7	3.2	45.8	64.34	0.4	0.5	80.2	-	76.4	(3.8)
A10	82.7	1.9	2.6	22.68	42.47	0.2	0.4	82.5	-	81.1	(1.4)
A11	83.4	1.25	2.15	9.82	29.04	0.1	0.2	83.3	-	82.4	(0.9)
A12	87.2	1	2	6.28	25.13	0.1	0.2	87.1	2	86.3	0.8

A 4 Anwendung 11202/A2

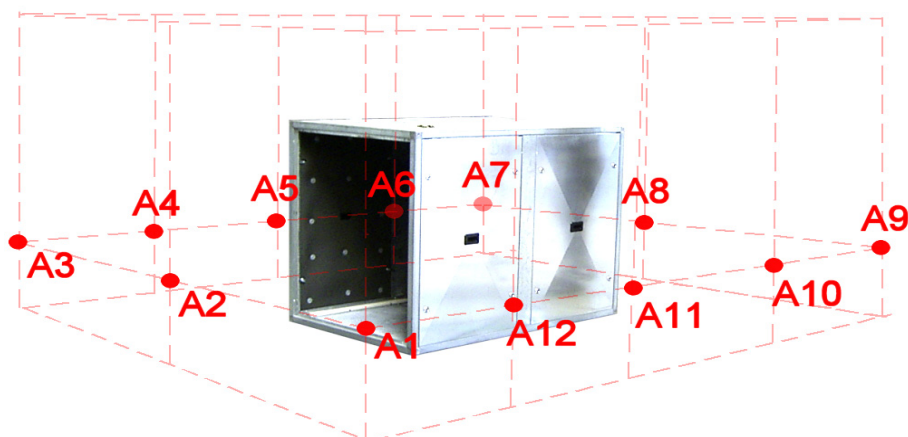
A 4.1 $K_{3A,max}$ 7 dB

Aufstellungsraum:	Seminarraum
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	82.1
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	6.9
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.2



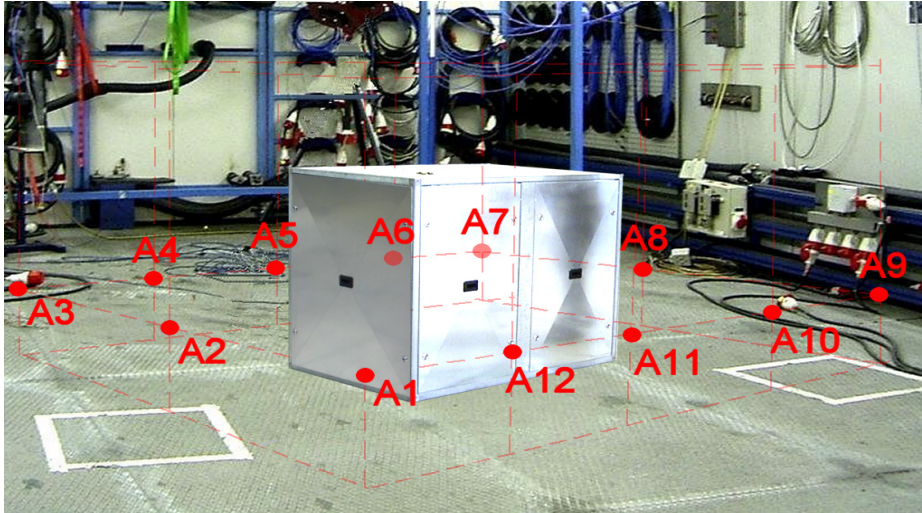
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	80.3	-1.8	-0.2	7	3	73.3	74.6	-1.3
A2	82	-0.1	0.19	7	3	75	80	-5
A3	80.2	-1.9	-0.23	7	3	73.2	74.5	-1.3
A4	81.6	-0.5	0.11	7	3	74.6	78.4	-3.8
A5	81.7	-0.4	0.13	7	3	74.7	79.5	-4.8
A6	81.7	-0.4	0.13	7	3	74.7	78.8	-4.1
A7	79.7	-2.4	-0.38	7	3	72.7	74.9	-2.2
A8	82.7	0.6	0.31	5.1	3	77.6	79.7	-2.1
A9	83	0.9	0.35	4.5	3	78.5	74.6	3.9
A10	83.9	1.8	0.47	3.2	3	80.7	77.8	2.9
A11	82.8	0.7	0.32	4.9	3	77.9	78.8	-0.9
A12	83	0.9	0.35	4.5	3	78.5	79	-0.5

Aufstellungsraum:	Seminarraum
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	92.2
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	6.9
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.2



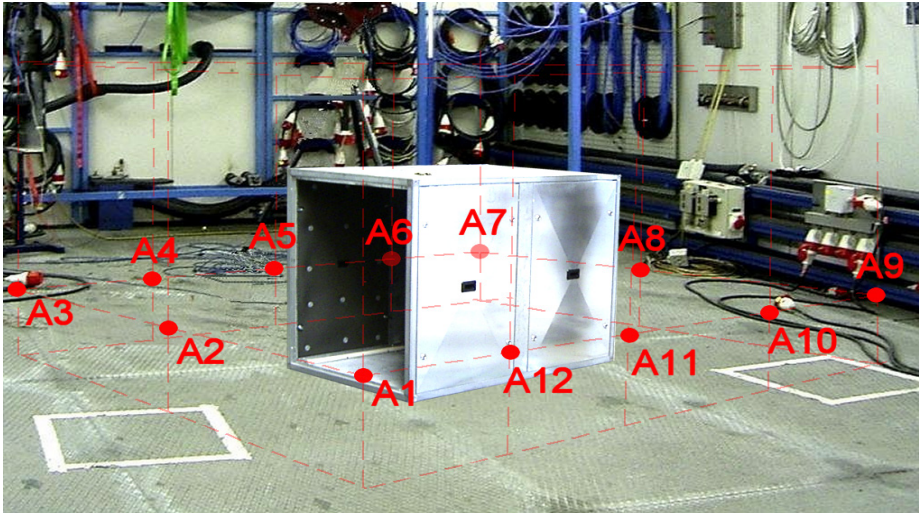
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	93.8	1.6	0.45	3.5	3	90.3	90.6	-0.3
A2	97.8	5.6	0.78	1.1	2	96.7	96.1	0.6
A3	93.7	1.5	0.44	3.6	3	90.1	90.4	-0.3
A4	91.3	-0.9	0.02	7	3	84.3	85.9	-1.6
A5	89.9	-2.3	-0.35	7	3	82.9	81.3	1.6
A6	89.6	-2.6	-0.45	7	3	82.6	80.5	2.1
A7	88.4	-3.8	-0.91	7	3	81.4	75.6	5.8
A8	88.6	-3.6	-0.82	7	3	81.6	76.8	4.8
A9	89	-3.2	-0.66	7	3	82	76.4	5.6
A10	90	-2.2	-0.32	7	3	83	81.1	1.9
A11	90.2	-2	-0.26	7	3	83.2	82.4	0.8
A12	92.1	-0.1	0.19	7	3	85.1	86.3	-1.2

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	82.7
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	9.6
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.7



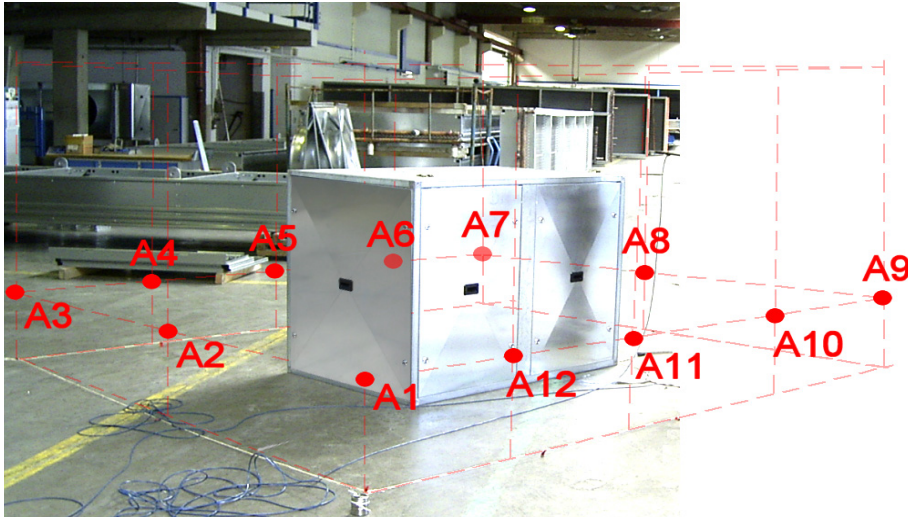
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	82.4	-0.3	0.05	7	3	75.4	74.6	0.8
A2	83.9	1.2	0.32	4.9	3	79	80	-1
A3	82	-0.7	-0.05	7	3	75	74.5	0.5
A4	83.2	0.5	0.21	6.9	3	76.3	78.4	-2.1
A5	82.8	0.1	0.13	7	3	75.8	79.5	-3.7
A6	83.5	0.8	0.26	5.9	3	77.6	78.8	-1.2
A7	82.6	-0.1	0.09	7	3	75.6	74.9	0.7
A8	83	0.3	0.17	7	3	76	79.7	-3.7
A9	82.1	-0.6	-0.02	7	3	75.1	74.6	0.5
A10	82.1	-0.6	-0.02	7	3	75.1	77.8	-2.7
A11	82.1	-0.6	-0.02	7	3	75.1	78.8	-3.7
A12	82.7	0	0.11	7	3	75.7	79	-3.3

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	94.4
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	9.6
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.7



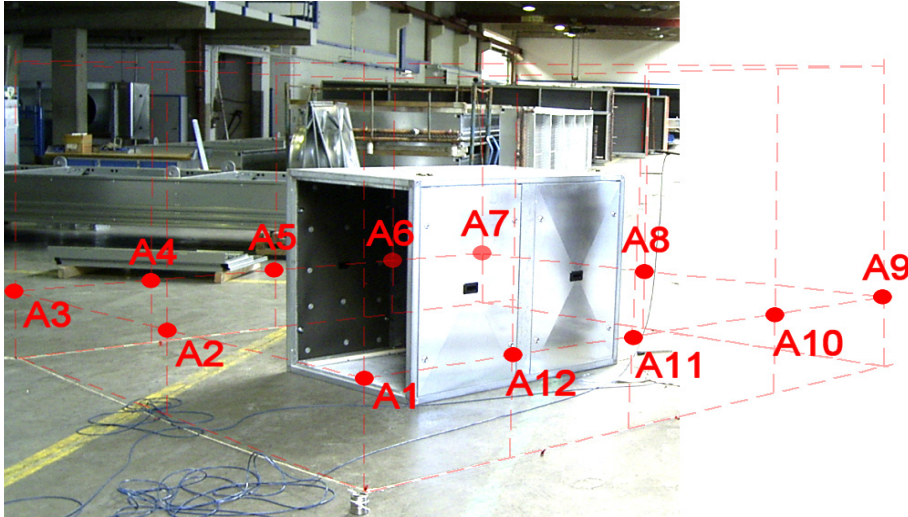
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	95.9	1.5	0.37	4.3	3	91.6	90.6	1
A2	97.6	3.2	0.57	2.4	2	95.2	96.1	-0.9
A3	96.1	1.7	0.4	4	3	92.1	90.4	1.7
A4	93.7	-0.7	-0.05	7	3	86.7	85.9	0.8
A5	93.6	-0.8	-0.07	7	3	86.6	81.3	5.3
A6	93.5	-0.9	-0.1	7	3	86.5	80.5	6
A7	92.4	-2	-0.41	7	3	85.4	75.6	9.8
A8	92.8	-1.6	-0.29	7	3	85.8	76.8	9
A9	92.8	-1.6	-0.29	7	3	85.8	76.4	9.4
A10	93.7	-0.7	-0.05	7	3	86.7	81.1	5.6
A11	93.3	-1.1	-0.15	7	3	86.3	82.4	3.9
A12	94	-0.4	0.02	7	3	87	86.3	0.7

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	78.3
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	0.3
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	-8.6



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	75.2	-3.1	0.86	0.6	2	74.6	74.6	0
A2	80	1.7	0.95	0.2	2	79.8	80	-0.2
A3	75.6	-2.7	0.88	0.6	2	75	74.5	0.5
A4	78.6	0.3	0.94	0.3	2	78.3	78.4	-0.1
A5	79.5	1.2	0.95	0.2	2	79.3	79.5	-0.2
A6	78.8	0.5	0.94	0.3	2	78.5	78.8	-0.3
A7	75	-3.3	0.86	0.7	2	74.3	74.9	-0.6
A8	80.1	1.8	0.96	0.2	2	79.9	79.7	0.2
A9	74.9	-3.4	0.85	0.7	2	74.2	74.6	-0.4
A10	79	0.7	0.94	0.3	2	78.7	77.8	0.9
A11	78.9	0.6	0.94	0.3	2	78.6	78.8	-0.2
A12	79.3	1	0.95	0.2	2	79.1	79	0.1

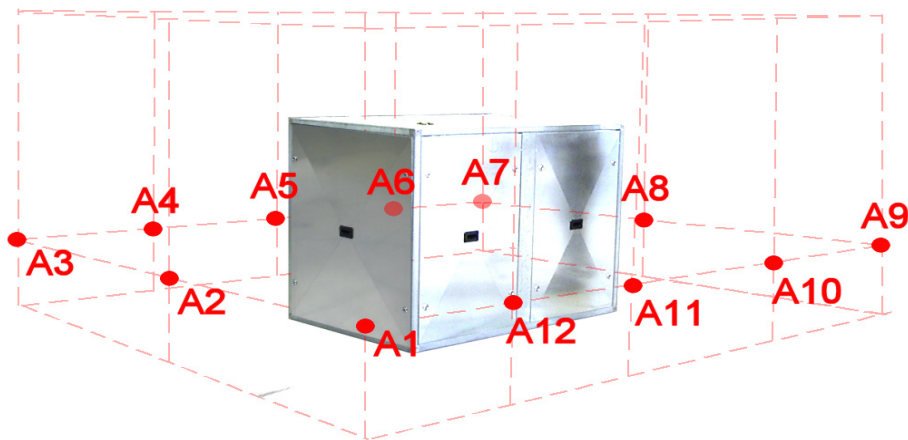
Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	88.6
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	0.3
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	-8.6



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	90.7	2.1	0.96	0.2	2	90.5	90.6	-0.1
A2	96.1	7.5	0.99	0.1	2	96	96.1	-0.1
A3	90.5	1.9	0.96	0.2	2	90.3	90.4	-0.1
A4	87	-1.6	0.9	0.4	2	86.6	85.9	0.7
A5	84.1	-4.5	0.81	0.9	2	83.2	81.3	1.9
A6	83.3	-5.3	0.77	1.1	2	82.2	80.5	1.7
A7	81.1	-7.5	0.62	2	2	79.1	75.6	3.5
A8	81	-7.6	0.62	2.1	2	78.9	76.8	2.1
A9	80.6	-8	0.58	2.4	2	78.2	76.4	1.8
A10	82.7	-5.9	0.74	1.3	2	81.4	81.1	0.3
A11	83.4	-5.2	0.78	1.1	2	82.3	82.4	-0.1
A12	87.2	-1.4	0.91	0.4	2	86.8	86.3	0.5

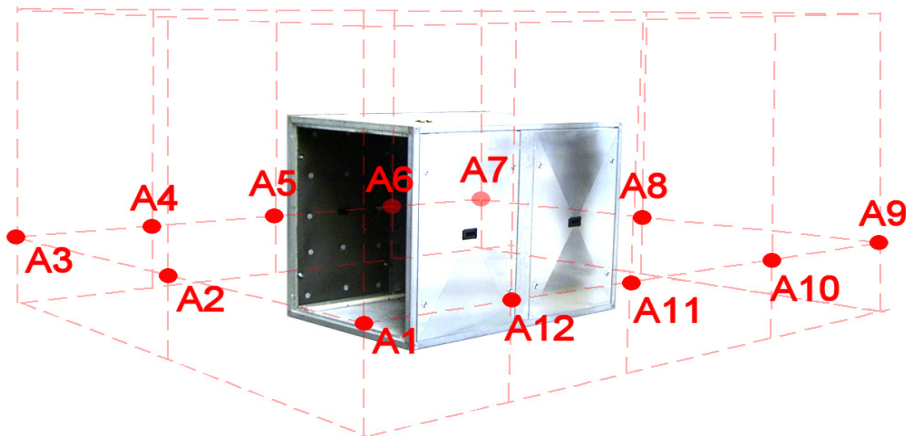
A 4.2 $K_{3A,max}$ 10 dB

Aufstellungsraum:	Seminarraum
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	82.1
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	6.9
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.2



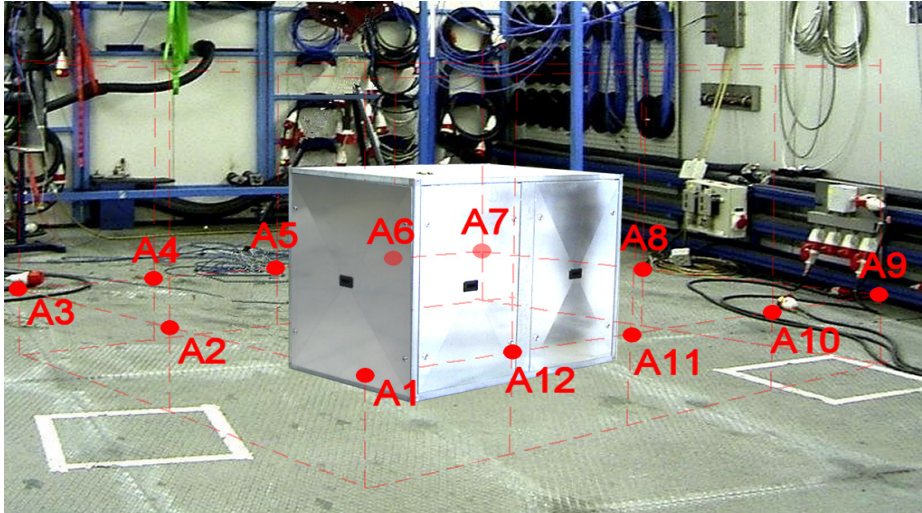
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	80.3	-1.8	-0.2	10	3	70.3	74.6	-4.3
A2	82	-0.1	0.19	7.3	3	74.7	80	-5.3
A3	80.2	-1.9	-0.23	10	3	70.2	74.5	-4.3
A4	81.6	-0.5	0.11	9.7	3	71.9	78.4	-6.5
A5	81.7	-0.4	0.13	8.9	3	72.8	79.5	-6.7
A6	81.7	-0.4	0.13	8.9	3	72.8	78.8	-6
A7	79.7	-2.4	-0.38	10	3	69.7	74.9	-5.2
A8	82.7	0.6	0.31	5.1	3	77.6	79.7	-2.1
A9	83	0.9	0.35	4.5	3	78.5	74.6	3.9
A10	83.9	1.8	0.47	3.2	3	80.7	77.8	2.9
A11	82.8	0.7	0.32	4.9	3	77.9	78.8	-0.9
A12	83	0.9	0.35	4.5	3	78.5	79	-0.5

Aufstellungsraum:	Seminarraum
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	92.2
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	6.9
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.2



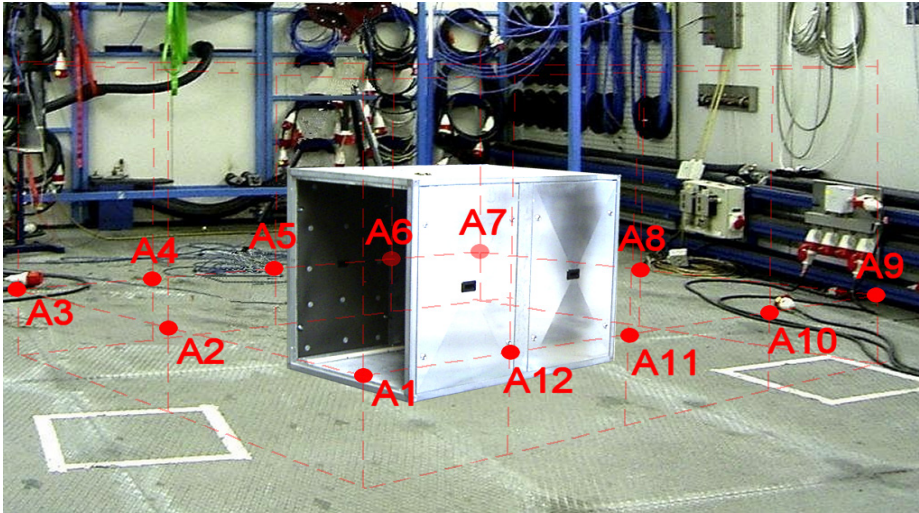
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	93.8	1.6	0.45	3.5	3	90.3	90.6	-0.3
A2	97.8	5.6	0.78	1.1	2	96.7	96.1	0.6
A3	93.7	1.5	0.44	3.6	3	90.1	90.4	-0.3
A4	91.3	-0.9	0.02	10	3	81.3	85.9	-4.6
A5	89.9	-2.3	-0.35	10	3	79.9	81.3	-1.4
A6	89.6	-2.6	-0.45	10	3	79.6	80.5	-0.9
A7	88.4	-3.8	-0.91	10	3	78.4	75.6	2.8
A8	88.6	-3.6	-0.82	10	3	78.6	76.8	1.8
A9	89	-3.2	-0.66	10	3	79	76.4	2.6
A10	90	-2.2	-0.32	10	3	80	81.1	-1.1
A11	90.2	-2	-0.26	10	3	80.2	82.4	-2.2
A12	92.1	-0.1	0.19	7.3	3	84.8	86.3	-1.5

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	82.7
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	9.6
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.7



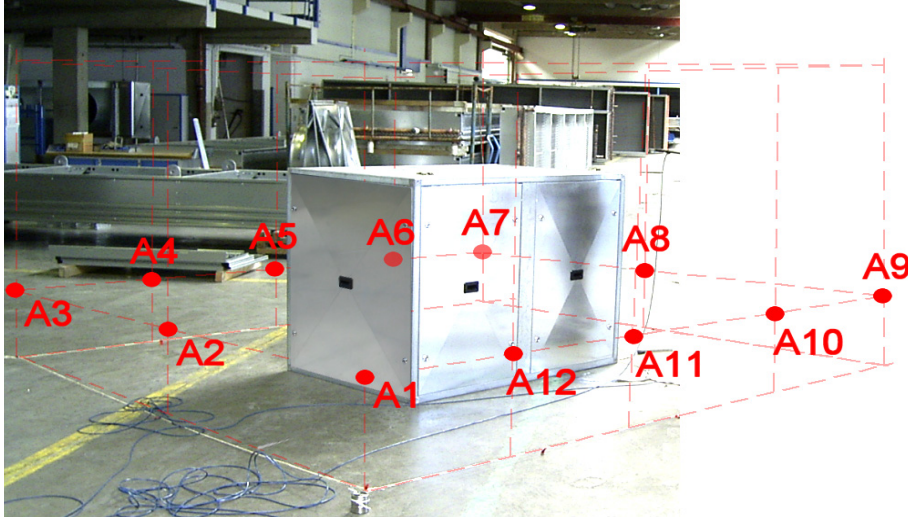
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	82.4	-0.3	0.05	10	3	72.4	74.6	-2.2
A2	83.9	1.2	0.32	4.9	3	79	80	-1
A3	82	-0.7	-0.05	10	3	72	74.5	-2.5
A4	83.2	0.5	0.21	6.9	3	76.3	78.4	-2.1
A5	82.8	0.1	0.13	8.9	3	73.9	79.5	-5.6
A6	83.5	0.8	0.26	5.9	3	77.6	78.8	-1.2
A7	82.6	-0.1	0.09	10	3	72.6	74.9	-2.3
A8	83	0.3	0.17	7.7	3	75.3	79.7	-4.4
A9	82.1	-0.6	-0.02	10	3	72.1	74.6	-2.5
A10	82.1	-0.6	-0.02	10	3	72.1	77.8	-5.7
A11	82.1	-0.6	-0.02	10	3	72.1	78.8	-6.7
A12	82.7	0	0.11	9.6	3	73.1	79	-5.9

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	94.4
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	9.6
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.7



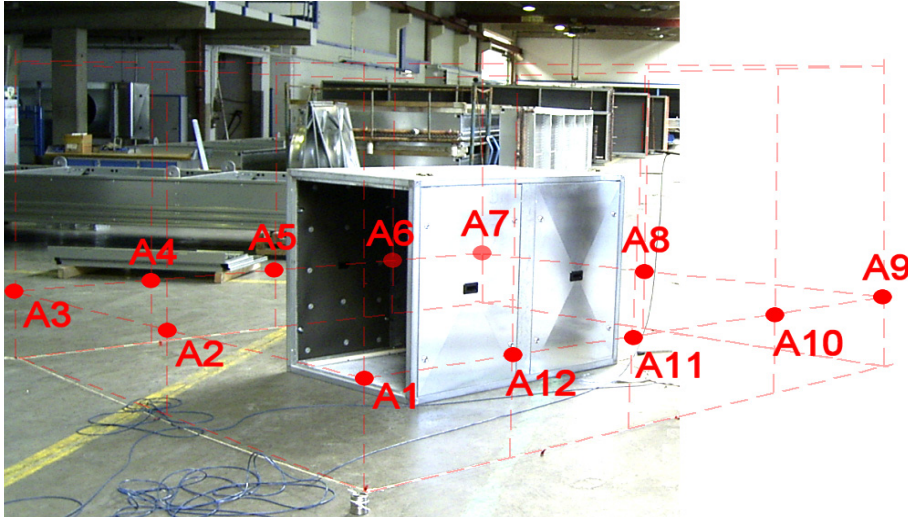
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	95.9	1.5	0.37	4.3	3	91.6	90.6	1
A2	97.6	3.2	0.57	2.4	2	95.2	96.1	-0.9
A3	96.1	1.7	0.4	4	3	92.1	90.4	1.7
A4	93.7	-0.7	-0.05	10	3	83.7	85.9	-2.2
A5	93.6	-0.8	-0.07	10	3	83.6	81.3	2.3
A6	93.5	-0.9	-0.1	10	3	83.5	80.5	3
A7	92.4	-2	-0.41	10	3	82.4	75.6	6.8
A8	92.8	-1.6	-0.29	10	3	82.8	76.8	6
A9	92.8	-1.6	-0.29	10	3	82.8	76.4	6.4
A10	93.7	-0.7	-0.05	10	3	83.7	81.1	2.6
A11	93.3	-1.1	-0.15	10	3	83.3	82.4	0.9
A12	94	-0.4	0.02	10	3	84	86.3	-2.3

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	78.3
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	0.3
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	-8.6



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	75.2	-3.1	0.86	0.6	2	74.6	74.6	0
A2	80	1.7	0.95	0.2	2	79.8	80	-0.2
A3	75.6	-2.7	0.88	0.6	2	75	74.5	0.5
A4	78.6	0.3	0.94	0.3	2	78.3	78.4	-0.1
A5	79.5	1.2	0.95	0.2	2	79.3	79.5	-0.2
A6	78.8	0.5	0.94	0.3	2	78.5	78.8	-0.3
A7	75	-3.3	0.86	0.7	2	74.3	74.9	-0.6
A8	80.1	1.8	0.96	0.2	2	79.9	79.7	0.2
A9	74.9	-3.4	0.85	0.7	2	74.2	74.6	-0.4
A10	79	0.7	0.94	0.3	2	78.7	77.8	0.9
A11	78.9	0.6	0.94	0.3	2	78.6	78.8	-0.2
A12	79.3	1	0.95	0.2	2	79.1	79	0.1

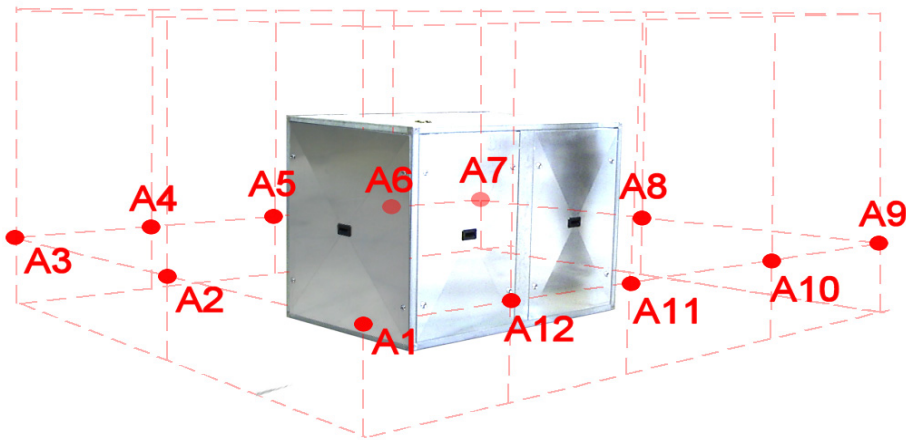
Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	88.6
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	0.3
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	-8.6



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	90.7	2.1	0.96	0.2	2	90.5	90.6	-0.1
A2	96.1	7.5	0.99	0.1	2	96	96.1	-0.1
A3	90.5	1.9	0.96	0.2	2	90.3	90.4	-0.1
A4	87	-1.6	0.9	0.4	2	86.6	85.9	0.7
A5	84.1	-4.5	0.81	0.9	2	83.2	81.3	1.9
A6	83.3	-5.3	0.77	1.1	2	82.2	80.5	1.7
A7	81.1	-7.5	0.62	2	2	79.1	75.6	3.5
A8	81	-7.6	0.62	2.1	2	78.9	76.8	2.1
A9	80.6	-8	0.58	2.4	2	78.2	76.4	1.8
A10	82.7	-5.9	0.74	1.3	2	81.4	81.1	0.3
A11	83.4	-5.2	0.78	1.1	2	82.3	82.4	-0.1
A12	87.2	-1.4	0.91	0.4	2	86.8	86.3	0.5

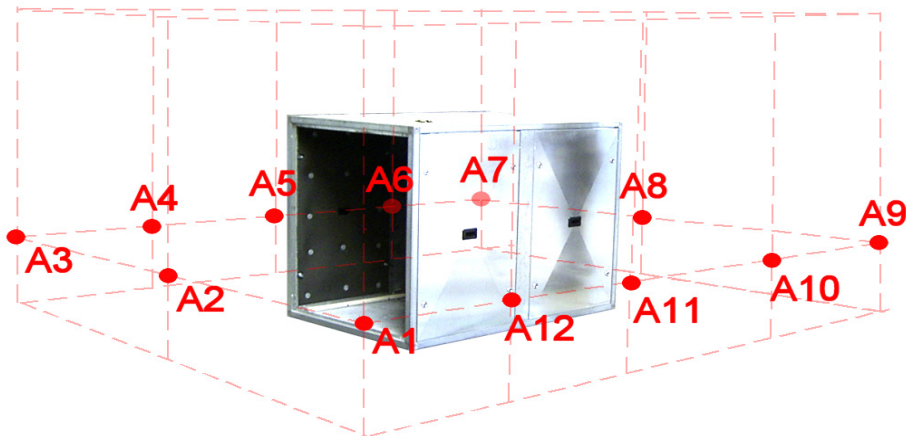
A 4.3 $K_{3A,max}$ 15 dB

Aufstellungsraum:	Seminarraum
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	82.1
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	6.9
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.2



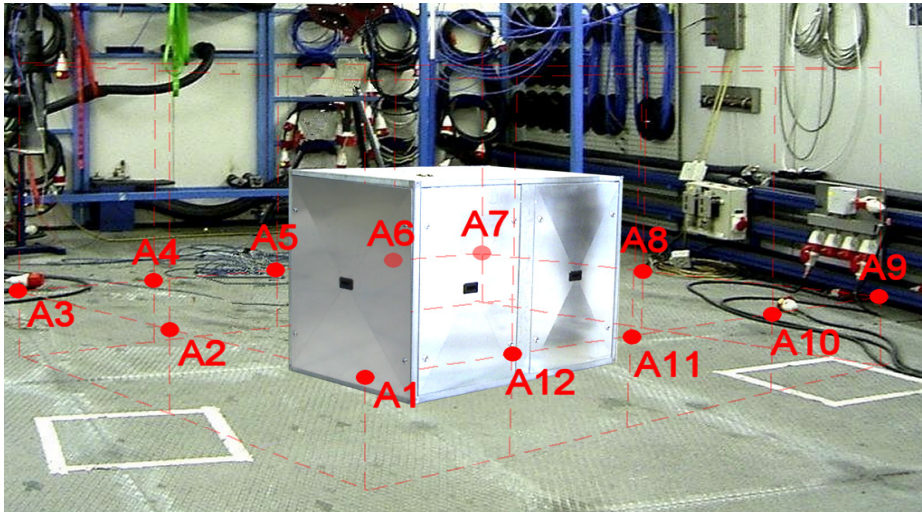
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	80.3	-1.8	-0.2	15	3	65.3	74.6	-9.3
A2	82	-0.1	0.19	7.3	3	74.7	80	-5.3
A3	80.2	-1.9	-0.23	15	3	65.2	74.5	-9.3
A4	81.6	-0.5	0.11	9.7	3	71.9	78.4	-6.5
A5	81.7	-0.4	0.13	8.9	3	72.8	79.5	-6.7
A6	81.7	-0.4	0.13	8.9	3	72.8	78.8	-6
A7	79.7	-2.4	-0.38	15	3	64.7	74.9	-10.2
A8	82.7	0.6	0.31	5.1	3	77.6	79.7	-2.1
A9	83	0.9	0.35	4.5	3	78.5	74.6	3.9
A10	83.9	1.8	0.47	3.2	3	80.7	77.8	2.9
A11	82.8	0.7	0.32	4.9	3	77.9	78.8	-0.9
A12	83	0.9	0.35	4.5	3	78.5	79	-0.5

Aufstellungsraum:	Seminarraum
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	92.2
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	6.9
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.2



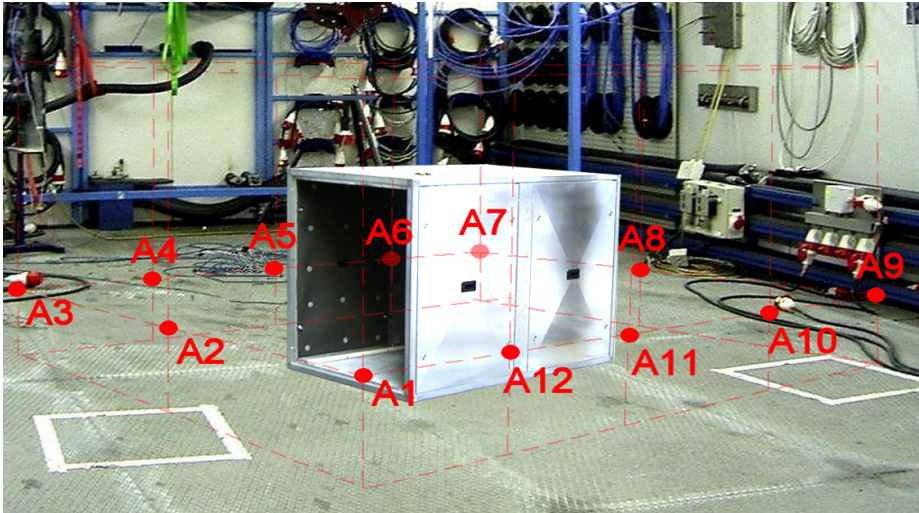
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	93.8	1.6	0.45	3.5	3	90.3	90.6	-0.3
A2	97.8	5.6	0.78	1.1	2	96.7	96.1	0.6
A3	93.7	1.5	0.44	3.6	3	90.1	90.4	-0.3
A4	91.3	-0.9	0.02	15	3	76.3	85.9	-9.6
A5	89.9	-2.3	-0.35	15	3	74.9	81.3	-6.4
A6	89.6	-2.6	-0.45	15	3	74.6	80.5	-5.9
A7	88.4	-3.8	-0.91	15	3	73.4	75.6	-2.2
A8	88.6	-3.6	-0.82	15	3	73.6	76.8	-3.2
A9	89	-3.2	-0.66	15	3	74	76.4	-2.4
A10	90	-2.2	-0.32	15	3	75	81.1	-6.1
A11	90.2	-2	-0.26	15	3	75.2	82.4	-7.2
A12	92.1	-0.1	0.19	7.3	3	84.8	86.3	-1.5

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	82.7
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	9.6
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.7



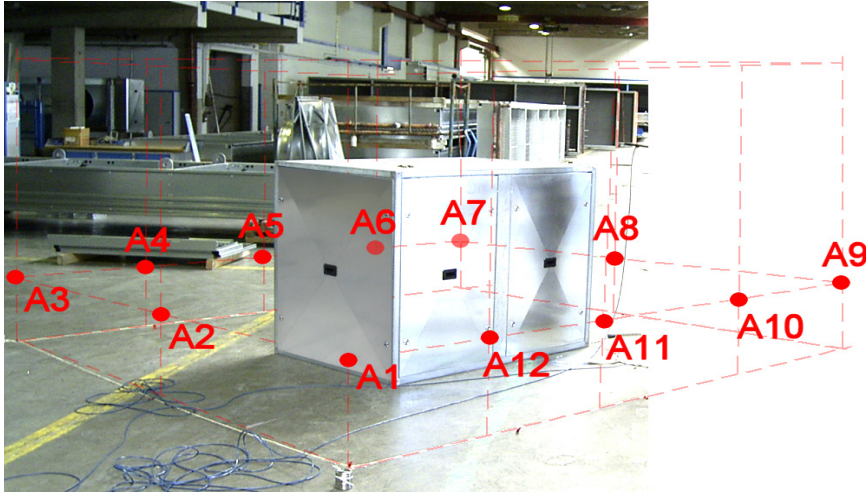
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	82.4	-0.3	0.05	13.4	3	69	74.6	-5.6
A2	83.9	1.2	0.32	4.9	3	79	80	-1
A3	82	-0.7	-0.05	15	3	67	74.5	-7.5
A4	83.2	0.5	0.21	6.9	3	76.3	78.4	-2.1
A5	82.8	0.1	0.13	8.9	3	73.9	79.5	-5.6
A6	83.5	0.8	0.26	5.9	3	77.6	78.8	-1.2
A7	82.6	-0.1	0.09	10.5	3	72.1	74.9	-2.8
A8	83	0.3	0.17	7.7	3	75.3	79.7	-4.4
A9	82.1	-0.6	-0.02	15	3	67.1	74.6	-7.5
A10	82.1	-0.6	-0.02	15	3	67.1	77.8	-10.7
A11	82.1	-0.6	-0.02	15	3	67.1	78.8	-11.7
A12	82.7	0	0.11	9.6	3	73.1	79	-5.9

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	94.4
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	9.6
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	2.7



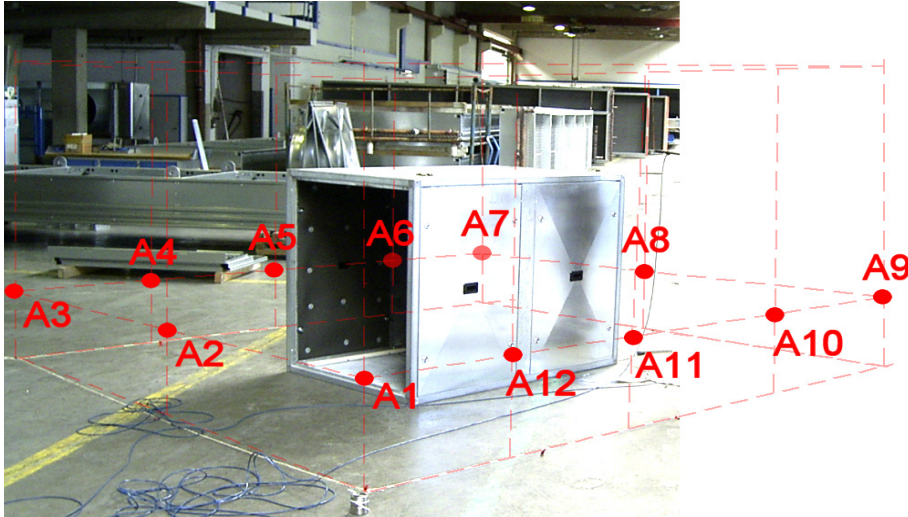
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	95.9	1.5	0.37	4.3	3	91.6	90.6	1
A2	97.6	3.2	0.57	2.4	2	95.2	96.1	-0.9
A3	96.1	1.7	0.4	4	3	92.1	90.4	1.7
A4	93.7	-0.7	-0.05	15	3	78.7	85.9	-7.2
A5	93.6	-0.8	-0.07	15	3	78.6	81.3	-2.7
A6	93.5	-0.9	-0.1	15	3	78.5	80.5	-2
A7	92.4	-2	-0.41	15	3	77.4	75.6	1.8
A8	92.8	-1.6	-0.29	15	3	77.8	76.8	1
A9	92.8	-1.6	-0.29	15	3	77.8	76.4	1.4
A10	93.7	-0.7	-0.05	15	3	78.7	81.1	-2.4
A11	93.3	-1.1	-0.15	15	3	78.3	82.4	-4.1
A12	94	-0.4	0.02	15	3	79	86.3	-7.3

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	78.3
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	0.3
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	-8.6



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	75.2	-3.1	0.86	0.6	2	74.6	74.6	0
A2	80	1.7	0.95	0.2	2	79.8	80	-0.2
A3	75.6	-2.7	0.88	0.6	2	75	74.5	0.5
A4	78.6	0.3	0.94	0.3	2	78.3	78.4	-0.1
A5	79.5	1.2	0.95	0.2	2	79.3	79.5	-0.2
A6	78.8	0.5	0.94	0.3	2	78.5	78.8	-0.3
A7	75	-3.3	0.86	0.7	2	74.3	74.9	-0.6
A8	80.1	1.8	0.96	0.2	2	79.9	79.7	0.2
A9	74.9	-3.4	0.85	0.7	2	74.2	74.6	-0.4
A10	79	0.7	0.94	0.3	2	78.7	77.8	0.9
A11	78.9	0.6	0.94	0.3	2	78.6	78.8	-0.2
A12	79.3	1	0.95	0.2	2	79.1	79	0.1

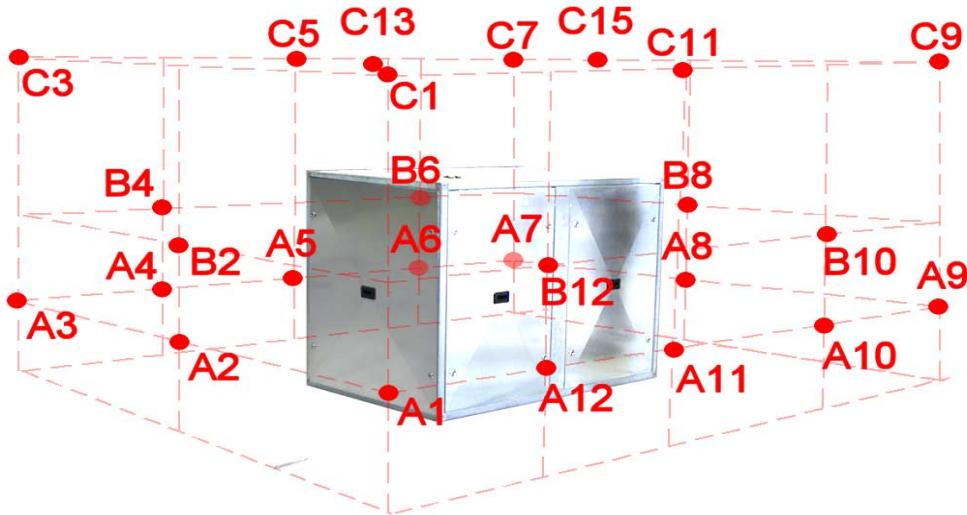
Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Modellmaschine, offen
größte Abmessung l_{\max} [m]:	1.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	88.6
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	0.3
Korrektur dDI' [dB]:	1
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	-8.6



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_3 [dB]	Genauigkeitsklasse nach 11202, Kurve B (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]	gemessener Freifeld-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11202/A2 minus $L_{pA,true}$ [dB]
A1	90.7	2.1	0.96	0.2	2	90.5	90.6	-0.1
A2	96.1	7.5	0.99	0.1	2	96	96.1	-0.1
A3	90.5	1.9	0.96	0.2	2	90.3	90.4	-0.1
A4	87	-1.6	0.9	0.4	2	86.6	85.9	0.7
A5	84.1	-4.5	0.81	0.9	2	83.2	81.3	1.9
A6	83.3	-5.3	0.77	1.1	2	82.2	80.5	1.7
A7	81.1	-7.5	0.62	2	2	79.1	75.6	3.5
A8	81	-7.6	0.62	2.1	2	78.9	76.8	2.1
A9	80.6	-8	0.58	2.4	2	78.2	76.4	1.8
A10	82.7	-5.9	0.74	1.3	2	81.4	81.1	0.3
A11	83.4	-5.2	0.78	1.1	2	82.3	82.4	-0.1
A12	87.2	-1.4	0.91	0.4	2	86.8	86.3	0.5

A 5 Anwendung 11204/A2

Aufstellungsraum:	Seminarraum
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	80.3
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	6.9

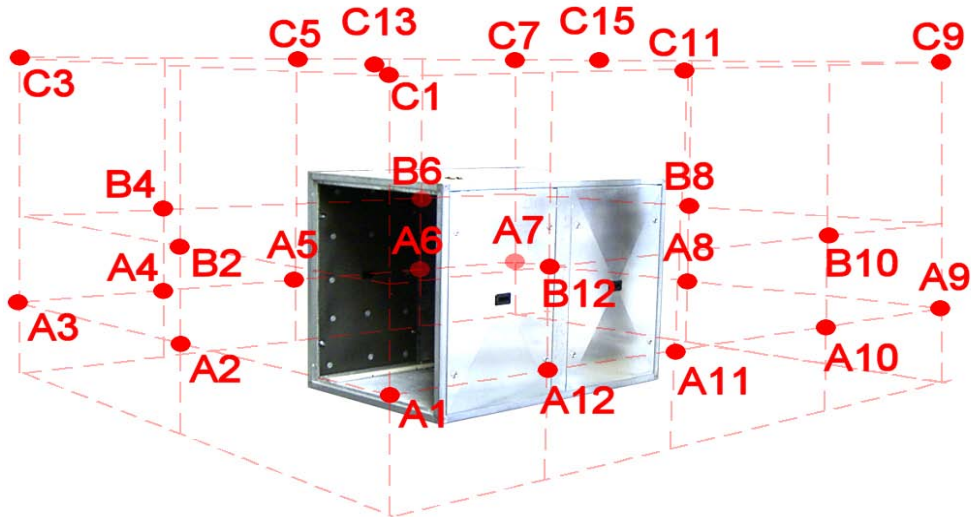


gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15
81.5	78.6	80.6	81.5	80.3	82	78.8	78.9	79.9	79.4	80.1	79.7	81.6	80

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A2 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	wahre lokale Umgebungskorrektur $K_{3A,true}$ [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A2 L_{pA} [dB(A)]	wahrer Emissions-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11204/A2 minus $L_{pA,true}$ ΔL [dB]
A1	80.3	0	0.2	7	5.7	73.3	74.6	-1.3
A2	82	1.7	0.46	3.4	2	78.6	80	-1.4
A3	80.2	-0.1	0.19	7	5.7	73.2	74.5	-1.3
A4	81.6	1.3	0.41	3.9	3.2	77.7	78.4	-0.7
A5	81.7	1.4	0.42	3.7	2.2	78	79.5	-1.5
A6	81.7	1.4	0.42	3.7	2.9	78	78.8	-0.8
A7	79.7	-0.6	0.09	7	4.8	72.7	74.9	-2.2
A8	82.7	2.4	0.54	2.7	3	80	79.7	0.3
A9	83	2.7	0.57	2.4	8.4	80.6	74.6	6
A10	83.9	3.6	0.65	1.9	6.1	82	77.8	4.2
A11	82.8	2.5	0.55	2.6	4	80.2	78.8	1.4
A12	83	2.7	0.57	2.4	4	80.6	79	1.6

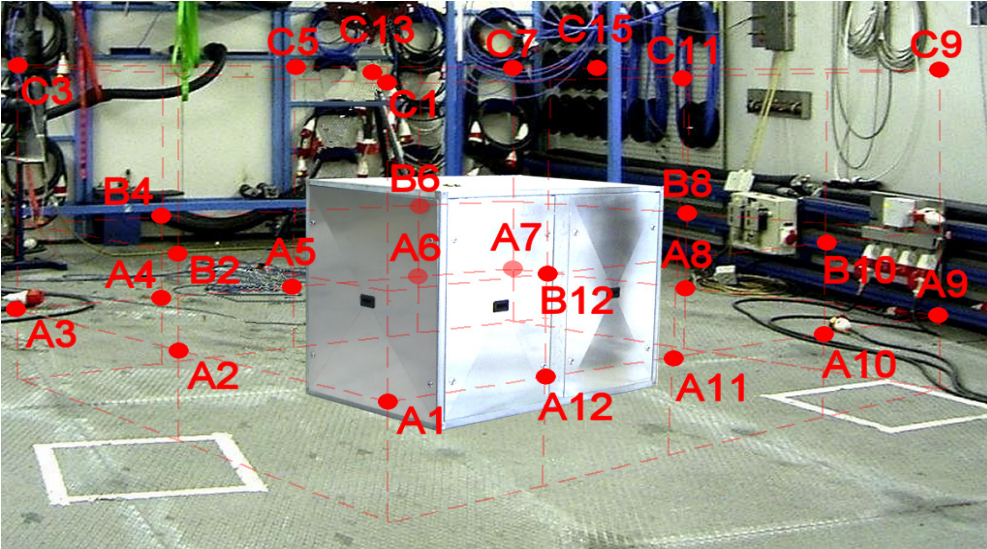
Aufstellungsraum:	Seminarraum
Maschine:	Modellmaschine, offen
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	90.8
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	6.9



gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt													
B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15
96.1	90.1	89.8	88.3	89.1	90.7	91.2	92	88.6	87.7	88.8	89.3	90.9	89.4

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A2 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	wahre lokale Umgebungskorrektur $K_{3A,true}$ [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A2 L_{pA} [dB(A)]	wahrer Emissions-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11204/A2 minus $L_{pA,true}$ ΔL [dB]
A1	93.8	3	0.6	2.2	3.2	91.6	90.6	1
A2	97.8	7	0.84	0.8	1.7	97	96.1	0.9
A3	93.7	2.9	0.59	2.3	3.3	91.4	90.4	1
A4	91.3	0.5	0.29	5.4	5.4	85.9	85.9	0
A5	89.9	-0.9	0.02	7	8.6	82.9	81.3	1.6
A6	89.6	-1.2	-0.05	7	9.1	82.6	80.5	2.1
A7	88.4	-2.4	-0.38	7	12.8	81.4	75.6	5.8
A8	88.6	-2.2	-0.32	7	11.8	81.6	76.8	4.8
A9	89	-1.8	-0.2	7	12.6	82	76.4	5.6
A10	90	-0.8	0.04	7	8.9	83	81.1	1.9
A11	90.2	-0.6	0.09	7	7.8	83.2	82.4	0.8
A12	92.1	1.3	0.41	3.9	5.8	88.2	86.3	1.9

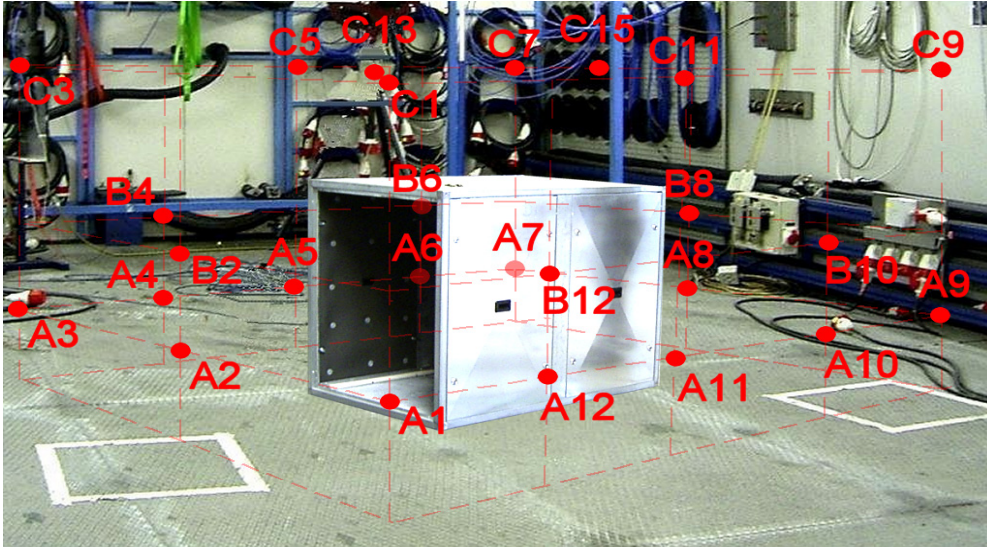
Aufstellungsraum:	Prüfraum
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	82.3
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	9.6



gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt													
B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15
83.4	83.3	81.7	82.9	82.1	82	82.5	81.5	83.2	81.1	81	81.6	82	82.3

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A2 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	wahre lokale Umgebungskorrektur $K_{3A,true}$ [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A2 L_{pA} [dB(A)]	wahrer Emissions-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11204/A2 minus $L_{pA,true}$ ΔL [dB]
A1	82.4	0.1	0.13	7	7.8	75.4	74.6	0.8
A2	83.9	1.6	0.38	4.2	3.9	79.7	80	-0.3
A3	82	-0.3	0.05	7	7.5	75	74.5	0.5
A4	83.2	0.9	0.28	5.6	4.8	77.6	78.4	-0.8
A5	82.8	0.5	0.21	6.9	3.3	75.9	79.5	-3.6
A6	83.5	1.2	0.32	4.9	4.7	78.6	78.8	-0.2
A7	82.6	0.3	0.17	7	7.7	75.6	74.9	0.7
A8	83	0.7	0.24	6.2	3.3	76.8	79.7	-2.9
A9	82.1	-0.2	0.07	7	7.5	75.1	74.6	0.5
A10	82.1	-0.2	0.07	7	4.3	75.1	77.8	-2.7
A11	82.1	-0.2	0.07	7	3.3	75.1	78.8	-3.7
A12	82.7	0.4	0.19	7	3.7	75.7	79	-3.3

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Maschine:	Modellmaschine, offen
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	94
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	9.6

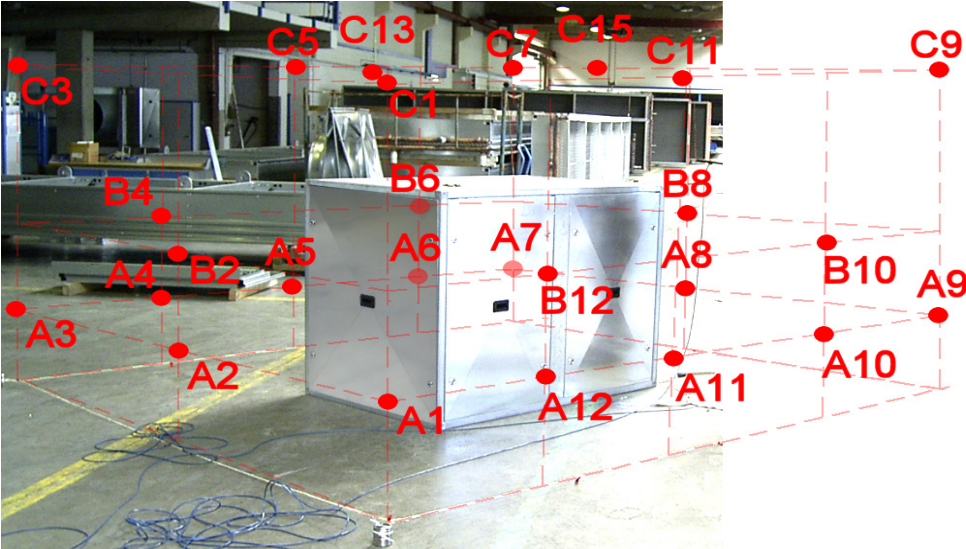


gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15
97.1	94.3	93.3	93.1	93.5	94.5	94.6	94.6	93.4	92.7	92.9	93.2	93.6	93.3

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A2 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	wahre lokale Umgebungskorrektur $K_{3A,true}$ [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A2 L_{pA} [dB(A)]	wahrer Emissions-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11204/A2 minus $L_{pA,true}$ ΔL [dB]
A1	95.9	1.9	0.43	3.7	5.3	92.2	90.6	1.6
A2	97.6	3.6	0.61	2.1	1.5	95.5	96.1	-0.6
A3	96.1	2.1	0.45	3.5	5.7	92.6	90.4	2.2
A4	93.7	-0.3	0.05	7	7.8	86.7	85.9	0.8
A5	93.6	-0.4	0.02	7	12.3	86.6	81.3	5.3
A6	93.5	-0.5	0	7	13	86.5	80.5	6
A7	92.4	-1.6	-0.29	7	16.8	85.4	75.6	9.8
A8	92.8	-1.2	-0.17	7	16	85.8	76.8	9
A9	92.8	-1.2	-0.17	7	16.4	85.8	76.4	9.4
A10	93.7	-0.3	0.05	7	12.6	86.7	81.1	5.6
A11	93.3	-0.7	-0.05	7	10.9	86.3	82.4	3.9
A12	94	0	0.11	7	7.7	87	86.3	0.7

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	75.6
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	0.3

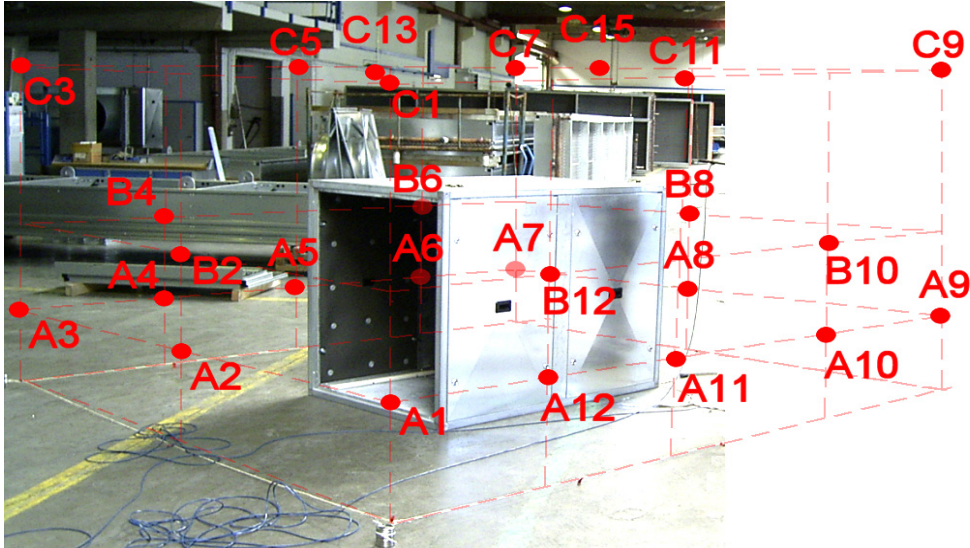


gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15
78.4	75.6	74.5	78.3	75.9	75.1	72.8	73	75.9	72.6	72.1	75.2	76.6	76.5

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A2 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	wahre lokale Umgebungskorrektur $K_{3A,true}$ [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A2 L_{pA} [dB(A)]	wahrer Emissions-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11204/A2 minus $L_{pA,true}$ ΔL [dB]
A1	75.2	-0.4	0.93	0.3	0.6	74.9	74.6	0.3
A2	80	4.4	0.98	0.1	0	79.9	80	-0.1
A3	75.6	0	0.93	0.3	1.1	75.3	74.5	0.8
A4	78.6	3	0.97	0.1	0.2	78.5	78.4	0.1
A5	79.5	3.9	0.97	0.1	0	79.4	79.5	-0.1
A6	78.8	3.2	0.97	0.1	0	78.7	78.8	-0.1
A7	75	-0.6	0.92	0.3	0.1	74.7	74.9	-0.2
A8	80.1	4.5	0.98	0.1	0.4	80	79.7	0.3
A9	74.9	-0.7	0.92	0.4	0.3	74.5	74.6	-0.1
A10	79	3.4	0.97	0.1	1.2	78.9	77.8	1.1
A11	78.9	3.3	0.97	0.1	0.1	78.8	78.8	0
A12	79.3	3.7	0.97	0.1	0.3	79.2	79	0.2

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Modellmaschine, offen
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	86.2
Umgebungskorrektur K_2 [dB]:	0.3



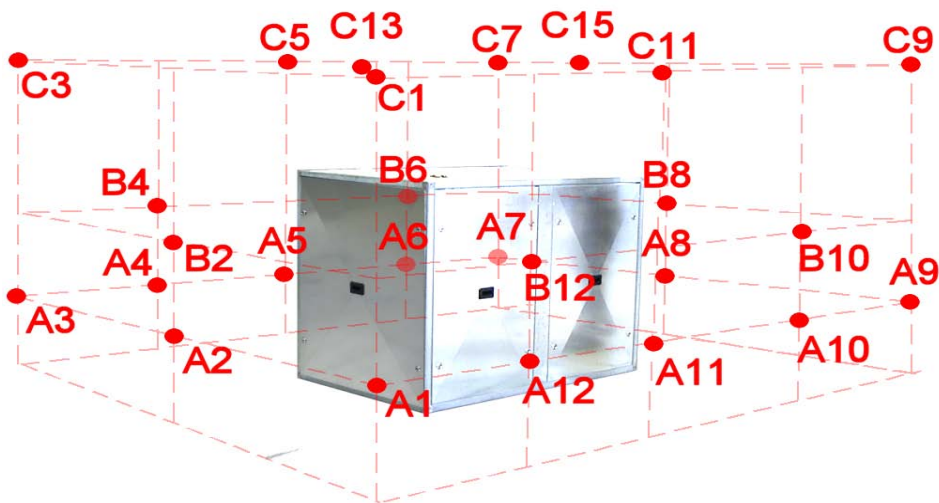
gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15
94.3	85.6	81.9	80.5	81.7	86.2	86.4	86.4	82	80.6	80.2	82	85.6	82.1

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A2 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	wahre lokale Umgebungskorrektur $K_{3A,true}$ [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A2 L_{pA} [dB(A)]	wahrer Emissions-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11204/A2 minus $L_{pA,true}$ ΔL [dB]
A1	90.7	4.5	0.98	0.1	0.1	90.6	90.6	0
A2	96.1	9.9	0.99	0	0	96.1	96.1	0
A3	90.5	4.3	0.98	0.1	0.1	90.4	90.4	0
A4	87	0.8	0.94	0.2	1.1	86.8	85.9	0.9
A5	84.1	-2.1	0.89	0.5	2.8	83.6	81.3	2.3
A6	83.3	-2.9	0.87	0.6	2.8	82.7	80.5	2.2
A7	81.1	-5.1	0.78	1.1	5.5	80	75.6	4.4
A8	81	-5.2	0.78	1.1	4.2	79.9	76.8	3.1
A9	80.6	-5.6	0.76	1.2	4.2	79.4	76.4	3
A10	82.7	-3.5	0.85	0.7	1.6	82	81.1	0.9
A11	83.4	-2.8	0.87	0.6	1	82.8	82.4	0.4
A12	87.2	1	0.95	0.2	0.9	87	86.3	0.7

A 6 Anwendung 11204/A3

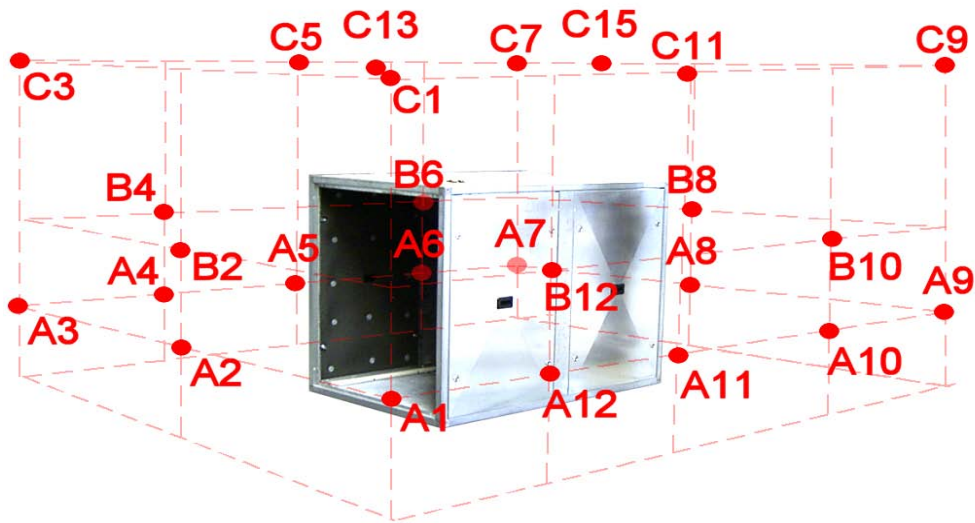
Aufstellungsraum:	Seminarraum
Raumoberfläche [m ²]:	200
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.3
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	40.7
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
Messfläche [m ²]:	39.1
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	80.3



gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt													
B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15
81.5	78.6	80.6	81.5	80.3	82	78.8	78.9	79.9	79.4	80.1	79.7	81.6	80

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A3 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	wahre lokale Umgebungskorrektur $K_{3A,true}$ [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A3 L_{pA} [dB(A)]	wahrer Emissions-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11204/A3 minus $L_{pA,true}$ ΔL [dB]
A1	80.3	0	0.21	6.8	5.7	73.5	74.6	-1.1
A2	82	1.7	0.46	3.4	2	78.6	80	-1.4
A3	80.2	-0.1	0.19	7	5.7	73.2	74.5	-1.3
A4	81.6	1.3	0.41	3.9	3.2	77.7	78.4	-0.7
A5	81.7	1.4	0.43	3.7	2.2	78	79.5	-1.5
A6	81.7	1.4	0.43	3.7	2.9	78	78.8	-0.8
A7	79.7	-0.6	0.09	7	4.8	72.7	74.9	-2.2
A8	82.7	2.4	0.54	2.7	3	80	79.7	0.3
A9	83	2.7	0.57	2.4	8.4	80.6	74.6	6
A10	83.9	3.6	0.65	1.9	6.1	82	77.8	4.2
A11	82.8	2.5	0.55	2.6	4	80.2	78.8	1.4
A12	83	2.7	0.57	2.4	4	80.6	79	1.6

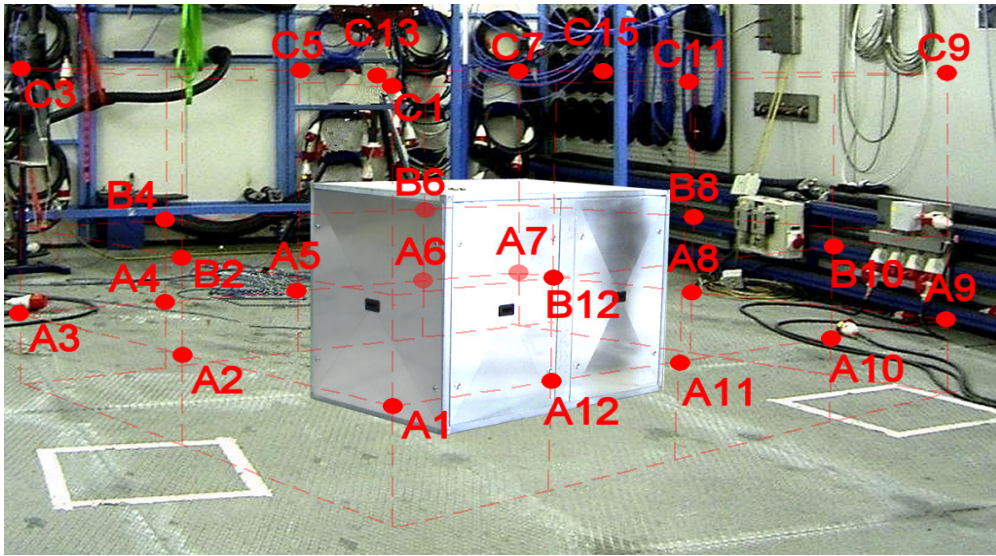
Aufstellungsraum:	Seminarraum
Raumoberfläche [m ²]:	200
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.3
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	40.7
Maschine:	Modellmaschine, offen
Messfläche [m ²]:	39.1
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	90.8



gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt													
B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15
96.1	90.1	89.8	88.3	89.1	90.7	91.2	92	88.6	87.7	88.8	89.3	90.9	89.4

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A3 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	wahre lokale Umgebungskorrektur $K_{3A,true}$ [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A3 L_{pA} [dB(A)]	wahrer Emissions-Schalldruckpegel $L_{pA,true}$ [dB(A)]	L_{pA} nach 11204/A3 minus $L_{pA,true}$ ΔL [dB]
A1	93.8	3	0.6	2.2	3.2	91.6	90.6	1
A2	97.8	7	0.84	0.8	1.7	97	96.1	0.9
A3	93.7	2.9	0.59	2.3	3.3	91.4	90.4	1
A4	91.3	0.5	0.29	5.4	5.4	85.9	85.9	0
A5	89.9	-0.9	0.02	7	8.6	82.9	81.3	1.6
A6	89.6	-1.2	-0.05	7	9.1	82.6	80.5	2.1
A7	88.4	-2.4	-0.38	7	12.8	81.4	75.6	5.8
A8	88.6	-2.2	-0.32	7	11.8	81.6	76.8	4.8
A9	89	-1.8	-0.2	7	12.6	82	76.4	5.6
A10	90	-0.8	0.05	7	8.9	83	81.1	1.9
A11	90.2	-0.6	0.09	7	7.8	83.2	82.4	0.8
A12	92.1	1.3	0.41	3.9	5.8	88.2	86.3	1.9

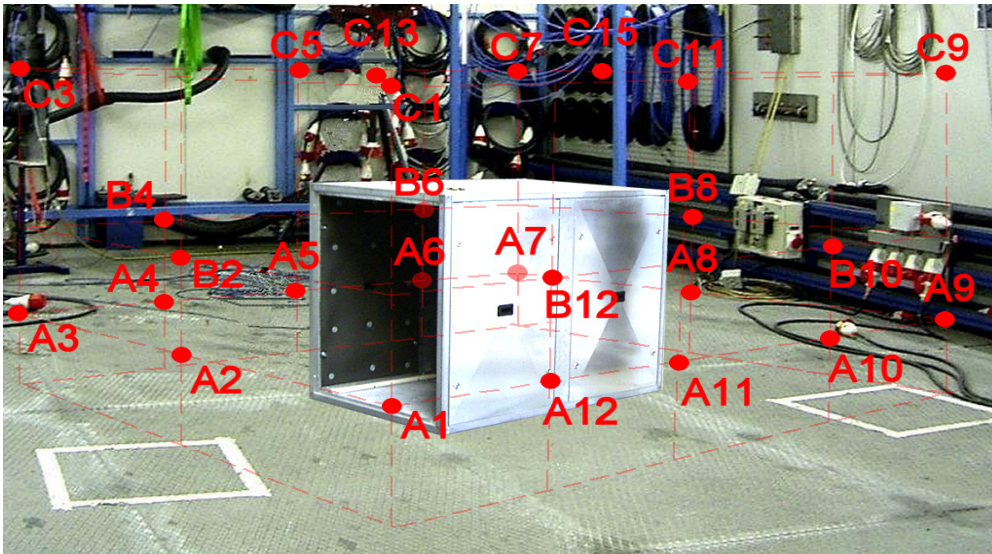
Aufstellungsraum:	Prüfraum
Raumoberfläche [m²]:	181.8
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.25
äquivalente Absorptionsfläche [m²]:	19.4
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
Messfläche [m²]:	39.1
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	82.3



gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt													
B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15
83.4	83.3	81.7	82.9	82.1	82	82.5	81.5	83.2	81.1	81	81.6	82	82.3

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A3 ($K_{3A,max}=7$ dB)	wahre lokale Umgebungskorrektur	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A3	wahrer Emissions-Schalldruckpegel	L_{pA} nach 11204/A3 minus $L_{pA,true}$
	L'_{pA} [dB(A)]	DI'_{op} [dB]		K_{3A} [dB]	$K_{3A,true}$ [dB]	L_{pA} [dB(A)]	$L_{pA,true}$ [dB(A)]	ΔL [dB]
A1	82.4	0.1	0.13	7	7.8	75.4	74.6	0.8
A2	83.9	1.6	0.38	4.2	3.9	79.7	80	-0.3
A3	82	-0.3	0.05	7	7.5	75	74.5	0.5
A4	83.2	0.9	0.28	5.5	4.8	77.7	78.4	-0.7
A5	82.8	0.5	0.21	6.8	3.3	76	79.5	-3.5
A6	83.5	1.2	0.33	4.8	4.7	78.7	78.8	-0.1
A7	82.6	0.3	0.17	7	7.7	75.6	74.9	0.7
A8	83	0.7	0.24	6.2	3.3	76.8	79.7	-2.9
A9	82.1	-0.2	0.07	7	7.5	75.1	74.6	0.5
A10	82.1	-0.2	0.07	7	4.3	75.1	77.8	-2.7
A11	82.1	-0.2	0.07	7	3.3	75.1	78.8	-3.7
A12	82.7	0.4	0.19	7	3.7	75.7	79	-3.3

Aufstellungsraum:	Prüfraum
Raumoberfläche [m²]:	181.8
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.25
äquivalente Absorptionsfläche [m²]:	19.4
Maschine:	Modellmaschine, offen
Messfläche [m²]:	39.1
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	94

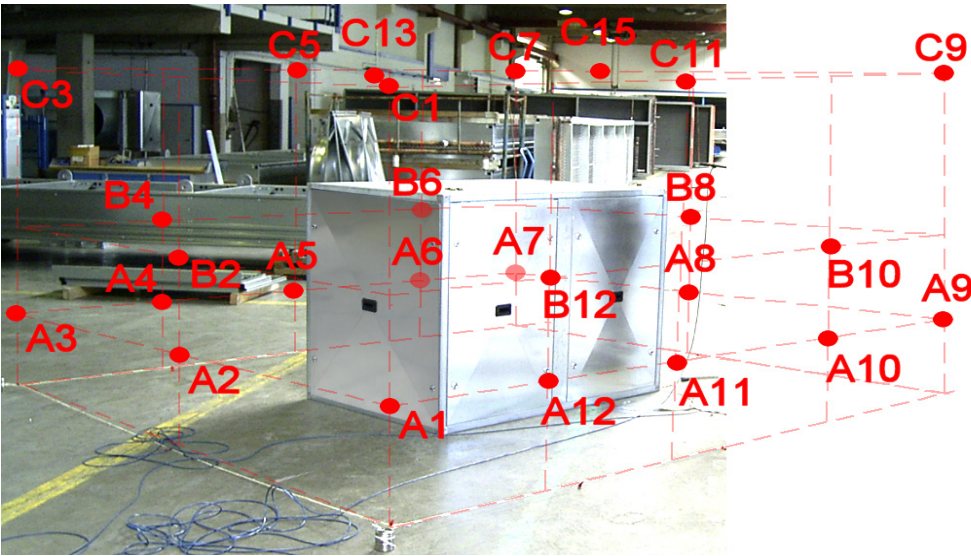


gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15
97.1	94.3	93.3	93.1	93.5	94.5	94.6	94.6	93.4	92.7	92.9	93.2	93.6	93.3

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A3 ($K_{3A,max}=7$ dB)	wahre lokale Umgebungskorrektur	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A3	wahrer Emissions-Schalldruckpegel	L_{pA} nach 11204/A3 minus $L_{pA,true}$
	L'_{pA} [dB(A)]	DI'_{op} [dB]		K_{3A} [dB]	$K_{3A,true}$ [dB]	L_{pA} [dB(A)]	$L_{pA,true}$ [dB(A)]	ΔL [dB]
A1	95.9	1.9	0.43	3.7	5.3	92.2	90.6	1.6
A2	97.6	3.6	0.61	2.1	1.5	95.5	96.1	-0.6
A3	96.1	2.1	0.45	3.5	5.7	92.6	90.4	2.2
A4	93.7	-0.3	0.05	7	7.8	86.7	85.9	0.8
A5	93.6	-0.4	0.02	7	12.3	86.6	81.3	5.3
A6	93.5	-0.5	0	7	13	86.5	80.5	6
A7	92.4	-1.6	-0.29	7	16.8	85.4	75.6	9.8
A8	92.8	-1.2	-0.17	7	16	85.8	76.8	9
A9	92.8	-1.2	-0.17	7	16.4	85.8	76.4	9.4
A10	93.7	-0.3	0.05	7	12.6	86.7	81.1	5.6
A11	93.3	-0.7	-0.05	7	10.9	86.3	82.4	3.9
A12	94	0	0.11	7	7.7	87	86.3	0.7

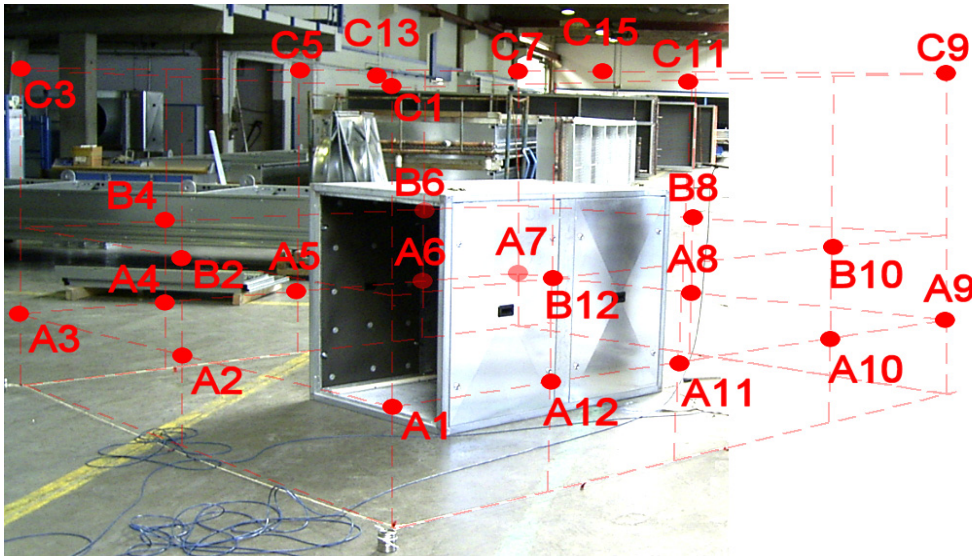
Aufstellungsraum:	Werkhalle
Raumoberfläche [m ²]:	9797
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.2
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	1970
Maschine:	Modellmaschine, geschlossen
Messfläche [m ²]:	39.1
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	75.6



gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt													
B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15
78.4	75.6	74.5	78.3	75.9	75.1	72.8	73	75.9	72.6	72.1	75.2	76.6	76.5

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A3 ($K_{3A,max}=7$ dB)	wahre lokale Umgebungskorrektur	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A3	wahrer Emissions-Schalldruckpegel	L_{pA} nach 11204/A3 minus $L_{pA,true}$
	L'_{pA} [dB(A)]	DI'_{op} [dB]		K_{3A} [dB]	$K_{3A,true}$ [dB]	L_{pA} [dB(A)]	$L_{pA,true}$ [dB(A)]	ΔL [dB]
A1	75.2	-0.4	0.92	0.4	0.6	74.8	74.6	0.2
A2	80	4.4	0.97	0.1	0	79.9	80	-0.1
A3	75.6	0	0.93	0.3	1.1	75.3	74.5	0.8
A4	78.6	3	0.96	0.2	0.2	78.4	78.4	0
A5	79.5	3.9	0.97	0.1	0	79.4	79.5	-0.1
A6	78.8	3.2	0.96	0.2	0	78.6	78.8	-0.2
A7	75	-0.6	0.92	0.4	0.1	74.6	74.9	-0.3
A8	80.1	4.5	0.97	0.1	0.4	80	79.7	0.3
A9	74.9	-0.7	0.91	0.4	0.3	74.5	74.6	-0.1
A10	79	3.4	0.97	0.1	1.2	78.9	77.8	1.1
A11	78.9	3.3	0.97	0.1	0.1	78.8	78.8	0
A12	79.3	3.7	0.97	0.1	0.3	79.2	79	0.2

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Raumoberfläche [m²]:	9797
Absorptionskoeffizient (nach ISO 3746):	0.2
äquivalente Absorptionsfläche [m²]:	1970
Maschine:	Modellmaschine, offen
Messfläche [m²]:	39.1
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	86.2



gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt														
B2	B4	B6	B8	B10	B12	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	
94.3	85.6	81.9	80.5	81.7	86.2	86.4	86.4	82	80.6	80.2	82	85.6	82.1	

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A3 ($K_{3A,max}=7$ dB)	wahre lokale Umgebungskorrektur	Emissions-Schalldruckpegel nach 11204/A3	wahrer Emissions-Schalldruckpegel	L_{pA} nach 11204/A3 minus $L_{pA,true}$
	L'_{pA} [dB(A)]	DI'_{op} [dB]		K_{3A} [dB]	$K_{3A,true}$ [dB]	L_{pA} [dB(A)]	$L_{pA,true}$ [dB(A)]	ΔL [dB]
A1	90.7	4.5	0.97	0.1	0.1	90.6	90.6	0
A2	96.1	9.9	0.99	0	0	96.1	96.1	0
A3	90.5	4.3	0.97	0.1	0.1	90.4	90.4	0
A4	87	0.8	0.94	0.3	1.1	86.7	85.9	0.8
A5	84.1	-2.1	0.88	0.6	2.8	83.5	81.3	2.2
A6	83.3	-2.9	0.86	0.7	2.8	82.6	80.5	2.1
A7	81.1	-5.1	0.76	1.2	5.5	79.9	75.6	4.3
A8	81	-5.2	0.76	1.2	4.2	79.8	76.8	3
A9	80.6	-5.6	0.73	1.4	4.2	79.2	76.4	2.8
A10	82.7	-3.5	0.84	0.8	1.6	81.9	81.1	0.8
A11	83.4	-2.8	0.86	0.7	1	82.7	82.4	0.3
A12	87.2	1	0.94	0.3	0.9	86.9	86.3	0.6

A 7 Lamellenstanze

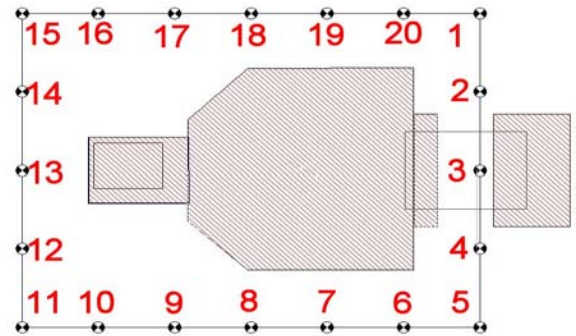
A 7.1 Anwendung 11204/A2

Aufstellungsraum:	Nebenraum Werkhalle
Maschine:	Lamellenstanze
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	89.9
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.9

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt									
A2	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16	A18	A20
91.8	93	88.4	89.8	89.9	90.6	90.8	89.4	89.1	86.9

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt									
C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	C19
89.3	92.7	89.7	88.7	89.4	88.9	91.4	89.1	89.3	87

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt									
D2	D4	D6	D8	D10	D12	D14	D16	D18	D20
91.2	91.5	88.7	89.3	88.7	90.1	90.8	88.8	88.3	86.7



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A2 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A2 L_{pA} [dB(A)]
C1	89.3	-0.6	0.44	3.6	85.7
C3	92.7	2.8	0.74	1.3	91.4
C5	89.7	-0.2	0.49	3.1	86.6
C7	88.7	-1.2	0.36	4.5	84.2
C9	89.4	-0.5	0.45	3.4	86
C11	88.9	-1	0.39	4.1	84.8
C13	91.4	1.5	0.66	1.8	89.6
C15	89.1	-0.8	0.41	3.8	85.3
C17	89.3	-0.6	0.44	3.6	85.7
C19	87	-2.9	0.05	7	80

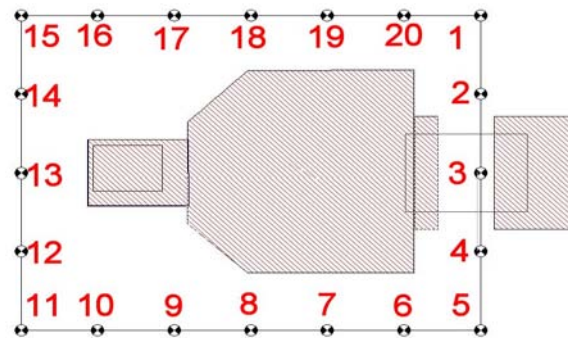
A 7.2 Anwendung 11204/A3

Maschine:	Lamellenstanze
Messfläche [m ²]:	86.1
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	89.9
Aufstellungsraum:	Nebenraum Werkhalle
Referenzschallquelle	
- Messabstand [m]:	2
- halbkugelförmige Messfläche [m ²]:	25.13
- $K_{2A,red}$ [dB]:	1.4
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	264.26

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt										
A2	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16	A18	A20	A20
91.8	93	88.4	89.8	89.9	90.6	90.8	89.4	89.1	89.1	86.9

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt										
C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	C19	C19
89.3	92.7	89.7	88.7	89.4	88.9	91.4	89.1	89.3	87	87

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt										
D2	D4	D6	D8	D10	D12	D14	D16	D18	D20	D20
91.2	91.5	88.7	89.3	88.7	90.1	90.8	88.8	88.3	86.7	86.7



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A3 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A3 L_{pA} [dB(A)]
C1	89.3	-0.6	0.35	4.6	84.7
C3	92.7	2.8	0.7	1.5	91.2
C5	89.7	-0.2	0.41	3.9	85.8
C7	88.7	-1.2	0.25	6	82.7
C9	89.4	-0.5	0.37	4.3	85.1
C11	88.9	-1	0.29	5.4	83.5
C13	91.4	1.5	0.6	2.2	89.2
C15	89.1	-0.8	0.32	4.9	84.2
C17	89.3	-0.6	0.35	4.6	84.7
C19	87	-2.9	-0.1	7	80

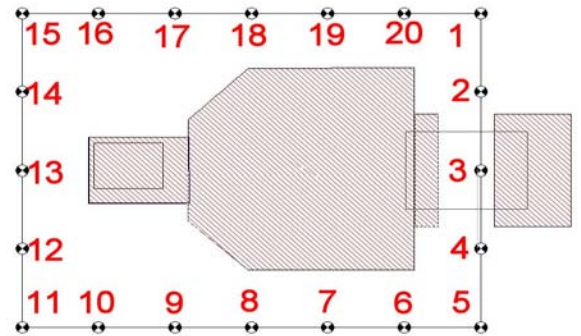
A 7.3 Anwendung 11201

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Lamellenstanze
größte Abmessung l_{max} [m]:	3.4
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	90.2
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.9
Korrektur dDI' [dB]:	1.5
maximal zulässiger Fehler [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	3.7

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt									
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
89.1	91	94.1	92.6	89.6	88.3	88.8	89.1	89.8	89.9

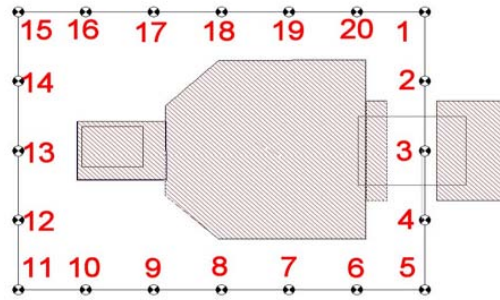
gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt									
B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20
90.1	90.9	91.4	90.7	89.9	89.1	88.9	88.5	88	86.9

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren Schalldruckpegel $DI'_{op,approx}$ [dB]	Anwendbarkeit der ISO 11201 (j/n)	Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11201 L_{pA} [dB(A)]
C1	89.3	-0.9	n	89.3
C3	92.7	2.5	n	92.7
C5	89.7	-0.5	n	89.7
C7	88.7	-1.5	n	88.7
C9	89.4	-0.8	n	89.4
C11	88.9	-1.3	n	88.9
C13	91.4	1.2	n	91.4
C15	89.1	-1.1	n	89.1
C17	89.3	-0.9	n	89.3
C19	87	-3.2	n	87



A 7.4 Anwendung 11202/A1

Maschine:	Lamellenstanze
Aufstellungsraum:	Nebenraum Werkhalle
Referenzschallquelle	
- Messabstand [m]:	2
- halbkugelförmige Messfläche [m ²]:	25.13
- $K_{2A,red}$ [dB]:	1.4
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	264.26



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz	minimaler / maximaler Abstand zur Schallquelle		minimale / maximale lokale Messfläche		lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A1/A1.3		Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A1	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202/A1.3 (2 / 3)
	L'_{pA} [dB(A)]	d [m]	d_{max} [m]	S [m ²]	S_{max} [m ²]	K_{3A} [dB]	$K_{3A,max}$ [dB]	L_{pA} [dB(A)]	
C1	89.3	2.1	3.8	27.71	90.73	1.5	3.8	87.8	2
C3	92.7	1.15	1.5	8.31	14.14	0.5	0.8	92.2	2
C5	89.7	2.1	3.8	27.71	90.73	1.5	3.8	88.2	2
C7	88.7	2.2	3.8	30.41	90.73	(1.6)	(3.8)	(87.1)	(2)
C9	89.4	2.1	3.2	27.71	64.34	1.5	3	87.9	2
C11	88.9	3.2	4.1	64.34	105.62	3	4.1	85.9	3
C13	91.4	2.5	2.5	39.27	39.27	2	2	89.4	2
C15	89.1	3.2	4.1	64.34	105.62	3	4.1	86.1	3
C17	89.3	2.1	3.2	27.71	64.34	1.5	3	87.8	2
C19	87	2.2	3.8	30.41	90.73	(1.6)	(3.8)	(85.4)	(2)

A 7.5 Anwendung 11202/A2

A 7.5.1 K_{3A,max} 7 dB

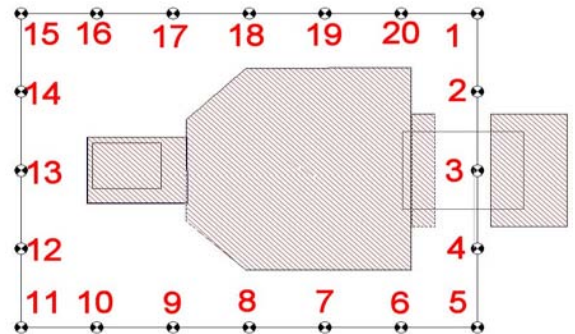
Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Lamellenstanze
größte Abmessung l_{\max} [m]:	3.4
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	90.2
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.9
Korrektur dDI' [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	0.6

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
89.1	91	94.1	92.6	89.6	88.3	88.8	89.1	89.8	89.9

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20
90.1	90.9	91.4	90.7	89.9	89.1	88.9	88.5	88	86.9



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_{3A} [dB]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202, Kurve C (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]
C1	89.3	-0.9	0.4	4	3	85.3
C3	92.7	2.5	0.73	1.4	2	91.3
C5	89.7	-0.5	0.45	3.4	3	86.3
C7	88.7	-1.5	0.31	5.1	3	83.6
C9	89.4	-0.8	0.41	3.8	3	85.6
C11	88.9	-1.3	0.34	4.6	3	84.3
C13	91.4	1.2	0.63	2	2	89.4
C15	89.1	-1.1	0.37	4.3	3	84.8
C17	89.3	-0.9	0.4	4	3	85.3
C19	87	-3.2	-0.02	7	3	80

A 7.5.2 K3A,max 10 dB

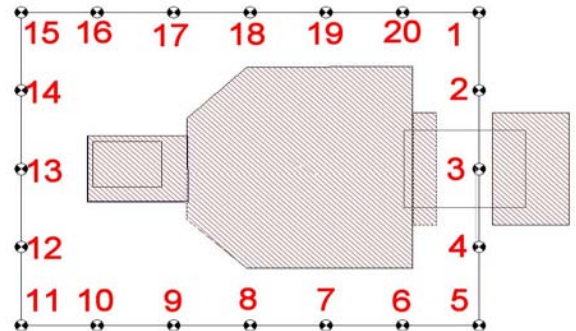
Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Lamellenstanze
größte Abmessung l_{\max} [m]:	3.4
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	90.2
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.9
Korrektur dDI' [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	0.6

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
89.1	91	94.1	92.6	89.6	88.3	88.8	89.1	89.8	89.9

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20
90.1	90.9	91.4	90.7	89.9	89.1	88.9	88.5	88	86.9



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_{3A} [dB]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202, Kurve C (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]
C1	89.3	-0.9	0.4	4	3	85.3
C3	92.7	2.5	0.73	1.4	2	91.3
C5	89.7	-0.5	0.45	3.4	3	86.3
C7	88.7	-1.5	0.31	5.1	3	83.6
C9	89.4	-0.8	0.41	3.8	3	85.6
C11	88.9	-1.3	0.34	4.6	3	84.3
C13	91.4	1.2	0.63	2	2	89.4
C15	89.1	-1.1	0.37	4.3	3	84.8
C17	89.3	-0.9	0.4	4	3	85.3
C19	87	-3.2	-0.02	10	3	77

A 7.5.3 K3A,max 15 dB

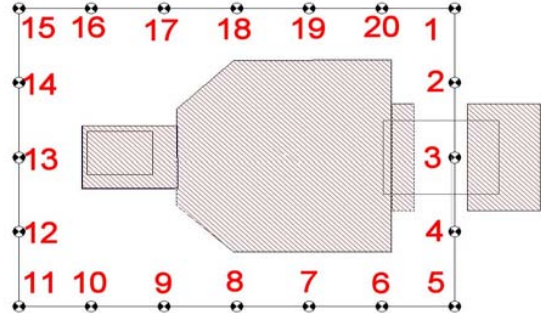
Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Lamellenstanze
größte Abmessung l_{max} [m]:	3.4
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	90.2
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.9
Korrektur dDI' [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	0.6

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
89.1	91	94.1	92.6	89.6	88.3	88.8	89.1	89.8	89.9

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20
90.1	90.9	91.4	90.7	89.9	89.1	88.9	88.5	88	86.9



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_{3A} [dB]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202, Kurve C (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]
C1	89.3	-0.9	0.4	4	3	85.3
C3	92.7	2.5	0.73	1.4	2	91.3
C5	89.7	-0.5	0.45	3.4	3	86.3
C7	88.7	-1.5	0.31	5.1	3	83.6
C9	89.4	-0.8	0.41	3.8	3	85.6
C11	88.9	-1.3	0.34	4.6	3	84.3
C13	91.4	1.2	0.63	2	2	89.4
C15	89.1	-1.1	0.37	4.3	3	84.8
C17	89.3	-0.9	0.4	4	3	85.3
C19	87	-3.2	-0.02	15	3	72

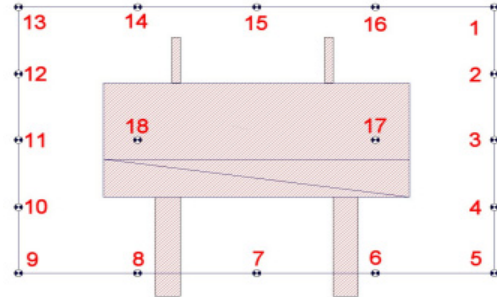
A 8 Schlagschere

A 8.1 Anwendung 11204/A2

Aufstellungsraum:	Nebenraum Werkhalle
Maschine:	Hydraulische Schlagschere
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	88.1
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.3

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt							
B2	B4	B6	B8	B10	B12	B14	B16
87.6	87.1	87.8	85.9	87.1	88.6	91.1	91.7

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt									
C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	C18
87.4	86.6	87	85.1	85.8	86.7	88.4	88.6	89	87.5



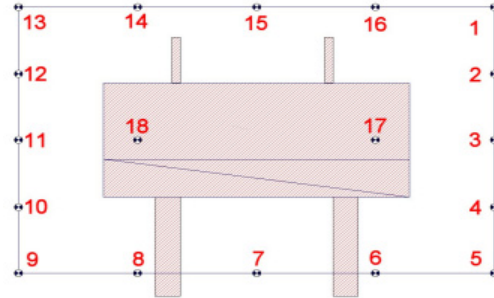
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A2 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A2 L_{pA} [dB(A)]
B2	87.6	-0.5	0.54	2.7	84.9
B4	87.1	-1	0.48	3.2	83.9
B6	87.8	-0.3	0.56	2.5	85.3
B8	85.9	-2.2	0.32	5	80.9
B10	87.1	-1	0.48	3.2	83.9
B12	88.6	0.5	0.63	2	86.6
B14	91.1	3	0.79	1	90.1
B16	91.7	3.6	0.82	0.9	90.8

A 8.2 Anwendung 11204/A3

Maschine:	Hydraulische Schlagschere
Messfläche [m²]:	68.74
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	88.1
Aufstellungsraum:	Nebenraum Werkhalle
Referenzschallquelle	
- Messabstand [m]:	2
- halbkugelförmige Messfläche [m²]:	25.13
- $K_{2A,red}$ [dB]:	1.3
äquivalente Absorptionsfläche [m²]:	288.05

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt							
B2	B4	B6	B8	B10	B12	B14	B16
87.6	87.1	87.8	85.9	87.1	88.6	91.1	91.7

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt									
C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	C18
87.4	86.6	87	85.1	85.8	86.7	88.4	88.6	89	87.5

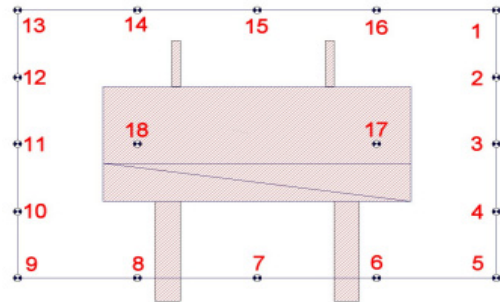


Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A3 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A3 L_{pA} [dB(A)]
B2	87.6	-0.5	0.45	3.5	84.1
B4	87.1	-1	0.39	4.1	83
B6	87.8	-0.3	0.48	3.2	84.6
B8	85.9	-2.2	0.19	7	78.9
B10	87.1	-1	0.39	4.1	83
B12	88.6	0.5	0.56	2.5	86.1
B14	91.1	3	0.76	1.2	89.9
B16	91.7	3.6	0.79	1	90.7

A 8.3 Anwendung 11201

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Hydraulische Schlagschere
größte Abmessung l_{\max} [m]:	3.6
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	89.7
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.3
Korrektur dDI' [dB]:	1.5
maximal zulässiger Fehler [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	3

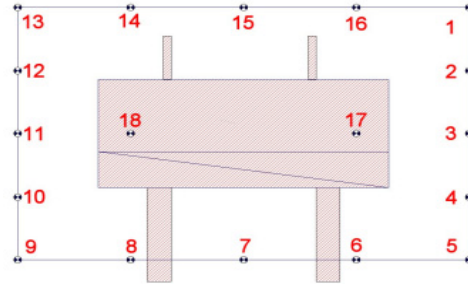
gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt							
A2	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
87.9	87.7	88.3	86.2	87.8	89.3	92.6	92.6



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren Schalldruckpegel $DI'_{op,approx}$ [dB]	Anwendbarkeit der ISO 11201 (j/n)	Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11201 L_{pA} [dB(A)]
B2	87.6	-2.1	n	87.6
B4	87.1	-2.6	n	87.4
B6	87.8	-1.9	n	87.8
B8	85.9	-3.8	n	85.9
B10	87.1	-2.6	n	87.4
B12	88.6	-1.1	n	88.6
B14	91.1	1.4	n	91.4
B16	91.7	2	n	91.7

A 8.4 Anwendung 11202/A1

Maschine:	Hydraulische Schlagschere
Aufstellungsraum:	Nebenraum Werkhalle
Referenzschallquelle	
- Messabstand [m]:	2
- halbkugelförmige Messfläche [m ²]:	25.13
- $K_{2A,red}$ [dB]:	1.3
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	288.05



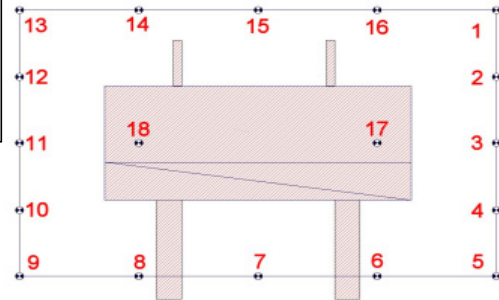
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	minimaler / maximaler Abstand zur Schallquelle		minimale / maximale lokale Messfläche		lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A1/A1.3		Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A1 L_{pA} [dB(A)]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202/A1.3 (2 / 3)
		d [m]	d_{max} [m]	S [m ²]	S_{max} [m ²]	K_{3A} [dB]	$K_{3A,max}$ [dB]		
B2	87.6	1	4.6	6.28	133	(0.4)	(4.5)	(87.2)	(3)
B4	87.1	1	4.6	6.28	133	(0.4)	(4.5)	(86.7)	(3)
B6	87.8	1	3.3	6.28	68.42	(0.4)	(2.9)	(87.4)	(2)
B8	85.9	1	3.3	6.28	68.42	(0.4)	(2.9)	(85.5)	(2)
B10	87.1	1	4.6	6.28	133	(0.4)	(4.5)	(86.7)	(3)
B12	88.6	1	4.6	6.28	133	(0.4)	(4.5)	(88.2)	(3)
B14	91.1	1	3.3	6.28	68.42	(0.4)	(2.9)	(90.7)	(2)
B16	91.7	1	3.3	6.28	68.42	(0.4)	(2.9)	(91.3)	(2)

A 8.5 Anwendung 11202/A2

A 8.5.1 K_{3A},max 7 dB

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Schlagschere
größte Abmessung l_{\max} [m]:	3.6
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	89.7
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.3
Korrektur dDI' [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	-0.2

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt							
A2	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
87.9	87.7	88.3	86.2	87.8	89.3	92.6	92.6

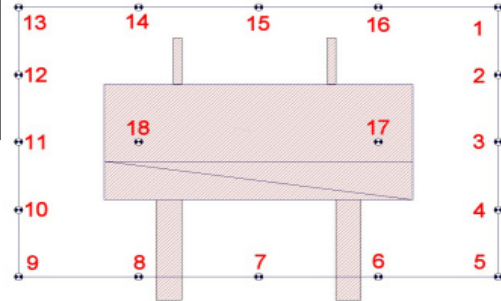


Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_{3A} [dB]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202, Kurve C (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]
B2	87.6	-2.1	0.33	4.8	3	82.8
B4	87.1	-2.6	0.25	6	3	81.1
B6	87.8	-1.9	0.36	4.4	3	83.4
B8	85.9	-3.8	0.01	7	3	78.9
B10	87.1	-2.6	0.25	6	3	81.1
B12	88.6	-1.1	0.47	3.3	3	85.3
B14	91.1	1.4	0.7	1.5	2	89.6
B16	91.7	2	0.74	1.3	2	90.4

A 8.5.2 K3A,max 10 dB

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Schlagschere
größte Abmessung l_{\max} [m]:	3.6
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	89.7
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.3
Korrektur dDI' [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	-0.2

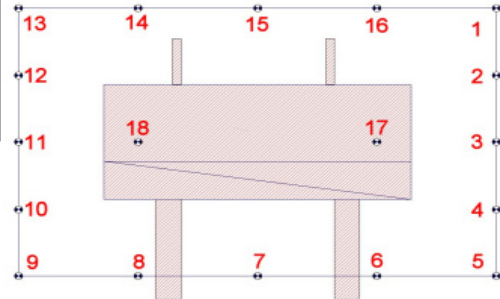
gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt							
A2	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
87.9	87.7	88.3	86.2	87.8	89.3	92.6	92.6



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_{3A} [dB]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202, Kurve C (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A2 L'_{pA} [dB(A)]
B2	87.6	-2.1	0.33	4.8	3	82.8
B4	87.1	-2.6	0.25	6	3	81.1
B6	87.8	-1.9	0.36	4.4	3	83.4
B8	85.9	-3.8	0.01	10	3	75.9
B10	87.1	-2.6	0.25	6	3	81.1
B12	88.6	-1.1	0.47	3.3	3	85.3
B14	91.1	1.4	0.7	1.5	2	89.6
B16	91.7	2	0.74	1.3	2	90.4

A 8.5.3 K3A,max 15 dB

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	Schlagschere
größte Abmessung l_{\max} [m]:	3.6
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	89.7
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.3
Korrektur dDl' [dB]:	1.5
$Dl'_{op,approx}$ [dB]:	-0.2



gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt							
A2	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
87.9	87.7	88.3	86.2	87.8	89.3	92.6	92.6

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren $Dl'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_{3A} [dB]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202, Kurve C (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]
B2	87.6	-2.1	0.33	4.8	3	82.8
B4	87.1	-2.6	0.25	6	3	81.1
B6	87.8	-1.9	0.36	4.4	3	83.4
B8	85.9	-3.8	0.01	15	3	70.9
B10	87.1	-2.6	0.25	6	3	81.1
B12	88.6	-1.1	0.47	3.3	3	85.3
B14	91.1	1.4	0.7	1.5	2	89.6
B16	91.7	2	0.74	1.3	2	90.4

A 9 CNC-Lochstanzmaschine

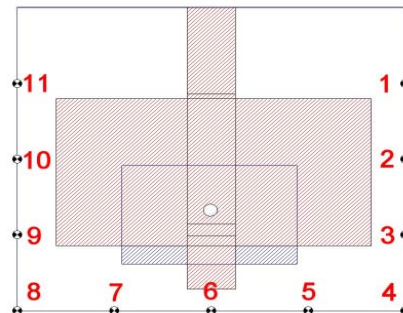
A 9.1 Anwendung 11204/A2

Aufstellungsraum:	Nebenraum Werkhalle
Maschine:	CNC-Lochstanze
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	85.3
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.6

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt					
A1	A3	A5	A7	B9	B11
84.7	86	82.5	88.6	86.3	82

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt				
C2	C4	C6	C8	C10
87.6	85.2	89.1	86.3	79.9

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt					
D1	D3	D5	D7	D9	D11
86.4	84.4	85.2	82.8	78.1	76.9



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A2 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A2 L_{pA} [dB(A)]
C2	87.6	2.3	0.73	1.3	86.3
C4	85.2	-0.1	0.54	2.7	82.5
C6	89.1	3.8	0.81	0.9	88.2
C8	86.3	1	0.64	1.9	84.4
C10	79.9	-5.4	-0.56	7	72.9

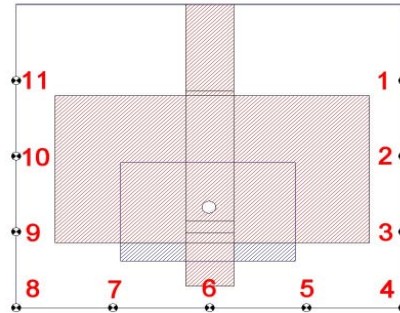
A 9.2 Anwendung 11204/A3

Maschine:	CNC-Lochstanze
Messfläche [m ²]:	77
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	85.3
Aufstellungsraum:	Nebenraum Werkhalle
Referenzschallquelle	
- Messabstand [m]:	4
- halbkugelförmige Messfläche [m ²]:	100.53
- $K_{2A,red}$ [dB]:	3.4
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	338.55

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt					
A1	A3	A5	A7	B9	B11
84.7	86	82.5	88.6	86.3	82

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt				
C2	C4	C6	C8	C10
87.6	85.2	89.1	86.3	79.9

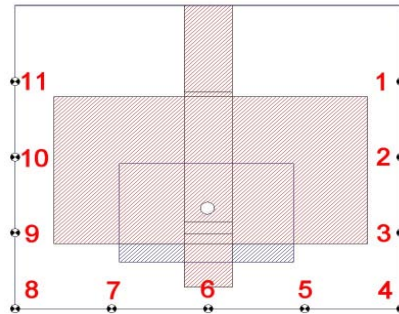
gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt					
D1	D3	D5	D7	D9	D11
86.4	84.4	85.2	82.8	78.1	76.9



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den Arbeitsplatz DI'_{op} [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach 11204/A3 ($K_{3A,max}=7$ dB) K_{3A} [dB]	Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11204/A3 L_{pA} [dB(A)]
C2	87.6	2.3	0.72	1.4	86.2
C4	85.2	-0.1	0.51	2.9	82.3
C6	89.1	3.8	0.8	1	88.1
C8	86.3	1	0.62	2.1	84.2
C10	79.9	-5.4	-0.65	7	72.9

A 9.3 Anwendung 11201

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	CNC-Lochstanze
größte Abmessung l_{\max} [m]:	6.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	86.1
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.6
Korrektur dI' [dB]:	1.5
maximal zulässiger Fehler [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	3.4



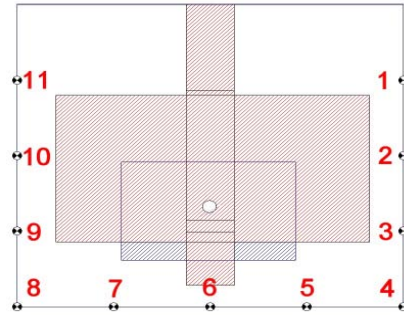
gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt

B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11
85.1	88	86	85.6	82.3	88.2	88.5	86.4	86.3	82.9	82

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren Schalldruckpegel $DI'_{op,approx}$ [dB]	Anwendbarkeit der ISO 11201 (j/n)	Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11201 L_{pA} [dB(A)]
C2	87.6	1.5	n	87.6
C4	85.2	-0.9	n	85.2
C6	89.1	3	n	89.1
C8	86.3	0.2	n	86.3
C10	79.9	-6.2	n	79.9

A 9.4 Anwendung 11202/A1

Maschine:	CNC-Lochstanze
Aufstellungsraum:	Nebenraum Werkhalle
Referenzschallquelle	
- Messabstand [m]:	4
- halbkugelförmige Messfläche [m ²]:	100.53
- $K_{2A,red}$ [dB]:	3.4
äquivalente Absorptionsfläche [m ²]:	338.55



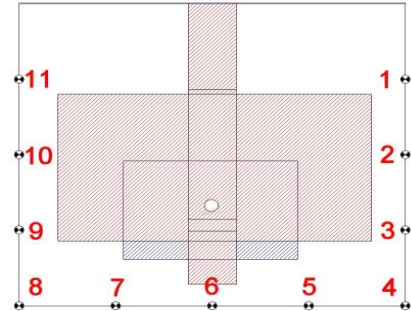
Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	minimaler / maximaler Abstand zur Schallquelle		minimale / maximale lokale Messfläche		lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A1/A1.3		Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A1 L_{pA} [dB(A)]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202/A1.3 (2 / 3)
		d [m]	d_{max} [m]	S [m ²]	S_{max} [m ²]	K_{3A} [dB]	$K_{3A,max}$ [dB]		
C2	87.6	4.25	4.25	113.5	113.5	3.7	3.7	83.9	2
C4	85.2	4.65	4.65	135.9	135.9	4.2	4.2	81	3
C6	89.1	2.4	2.4	36.19	36.19	1.5	1.5	87.6	2
C8	86.3	4.65	4.65	135.9	135.9	4.2	4.2	82.1	3
C10	79.9	4.25	4.25	113.5	113.5	(3.7)	(3.7)	(76.2)	(2)

A 9.5 Anwendung 11202/A2

A 9.5.1 K3A,max 7 dB

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	CNC-Lochstanze
größte Abmessung l_{\max} [m]:	6.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	86.1
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.6
Korrektur dDI' [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	0.2

gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt										
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11
85.1	88	86	85.6	82.3	88.2	88.5	86.4	86.3	82.9	82

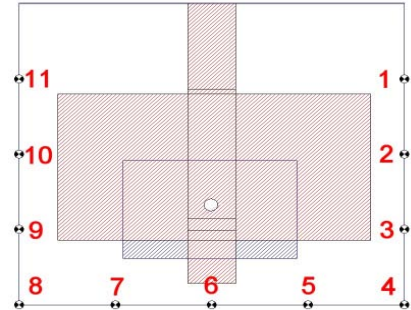


Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_{3A} [dB]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202, Kurve C (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]
C2	87.6	1.5	0.68	1.7	2	85.9
C4	85.2	-0.9	0.45	3.5	3	81.7
C6	89.1	3	0.77	1.1	2	88
C8	86.3	0.2	0.57	2.4	2	83.9
C10	79.9	-6.2	-0.88	7	3	72.9

A 9.5.2 K3A,max 10 dB

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	CNC-Lochstanze
größte Abmessung l_{\max} [m]:	6.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	86.1
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.6
Korrektur dDI' [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	0.2

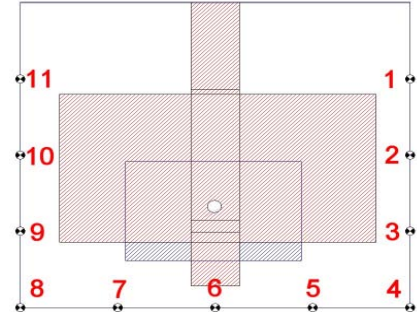
gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt										
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11
85.1	88	86	85.6	82.3	88.2	88.5	86.4	86.3	82.9	82



Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_{3A} [dB]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202, Kurve C (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A2 L_{pA} [dB(A)]
C2	87.6	1.5	0.68	1.7	2	85.9
C4	85.2	-0.9	0.45	3.5	3	81.7
C6	89.1	3	0.77	1.1	2	88
C8	86.3	0.2	0.57	2.4	2	83.9
C10	79.9	-6.2	-0.88	10	3	69.9

A 9.5.3 K3A,max 15 dB

Aufstellungsraum:	Werkhalle
Maschine:	CNC-Lochstanze
größte Abmessung l_{\max} [m]:	6.5
mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche [dB(A)]:	86.1
Umgebungskorrektur K_{2A} [dB]:	2.6
Korrektur dDI' [dB]:	1.5
$DI'_{op,approx}$ [dB]:	0.2



gemessener Schalldruckpegel L'_{pA} [dB(A)] am Messpunkt										
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11
85.1	88	86	85.6	82.3	88.2	88.5	86.4	86.3	82.9	82

Messpunkt	gemessener Schalldruckpegel am Arbeitsplatz L'_{pA} [dB(A)]	Richtcharakteristik bezogen auf den näherungsweise bestimmten mittleren $DI'_{op,approx}$ [dB]	z	lokale Umgebungskorrektur nach ISO 11202/A2 K_{3A} [dB]	Genauigkeitsklasse nach ISO 11202, Kurve C (2 / 3)	Schalldruckpegel am Arbeitsplatz nach ISO 11202/A2 L'_{pA} [dB(A)]
C2	87.6	1.5	0.68	1.7	2	85.9
C4	85.2	-0.9	0.45	3.5	3	81.7
C6	89.1	3	0.77	1.1	2	88
C8	86.3	0.2	0.57	2.4	2	83.9
C10	79.9	-6.2	-0.88	15	3	64.9