

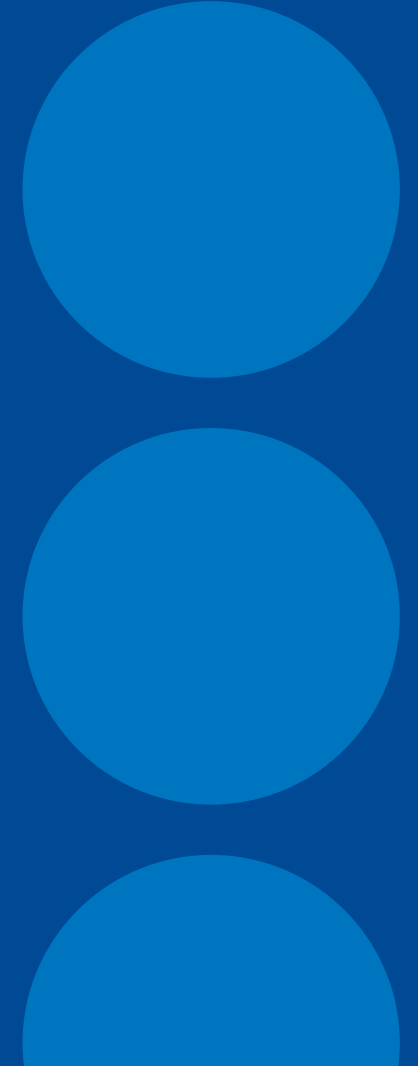


IFA

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Tätigkeiten und Messunsicherheit bei der Klassifizierung von Büroakustik

16. DEGA-Symposium
Jan Selzer, 15.11.2023



Übersicht



Regelwerk



Tätigkeiten im Büro



Messunsicherheit



Klassifizierung



Ausblick



Regelwerk

Staatliches Regelwerk, Normen und Richtlinien

Regelwerk | Staatliches Regelwerk

- Erstmalige Anforderungen an Raumakustik in Büros und Bildungseinrichtung über staatliches Regelwerk mit Erstausgabe im Mai 2018
- Technische Regel für Arbeitsstätten **ASR A3.7** „Lärm“, Aktuelle Ausgabe: März 2021
- Für unterschiedliche Nutzungsarten soll im unbesetzten Raum in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2000 Hz Nachhallzeit T nicht überschritten werden:

Raum	Nachhallzeit T [s]
Callcenter (Büro für kommunikationsbasierte Dienstleistungen)	0,5
Mehrpersonen- und Großraumbüro	0,6
Ein- und Zweipersonenbüro	0,8

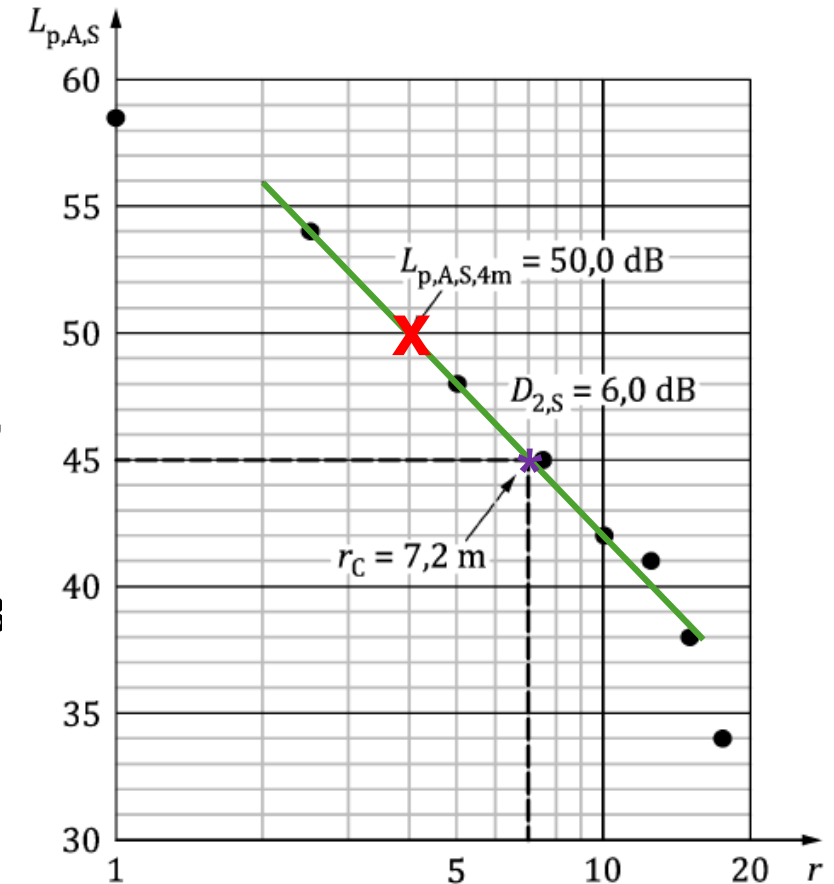
Regelwerk | Staatliches Regelwerk

- Fachausschuss Bau- und Raumakustik der DEGA: „*Memorandum zur ASR A3.7 „Lärm“ und den anerkannten Regeln der Technik in der Raumakustik*“
- Zielgerichtete Anforderung für die Planung in komplexen Situationen durch weiteres Regelwerk abdeckbar, z. B.
 - **DIN 18041**, Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung
 - **VDI 2569**, Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros
- Wichtig: Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten in vergleichbarer Weise sichern!



Regelwerk | Internationale Normen

- **DIN EN ISO 3382-3**, Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Großraumbüros
- Beschreibung der Büroakustik u. a. auf Basis der schalldruckpegelbasierten Parameter
 - $D_{2,S}$: räumliche Abklingrate von Sprache [dB]
 - $L_{p,A,S,4m}$: Sprachpegel in einem Abstand von 4 m [dB], durch **x** gekennzeichnet
 - r_C : Komfortabstand [m]; gekennzeichnet durch *****, Entfernung an dem der Sprachschalldruckpegel 45 dB unterschreitet



Regelwerk | Messmethode nach ISO 3382-3

- Messung
 - in Abwesenheit von Personen
 - entlang von mind. zwei Messpfaden
 - entlang des „gradestmöglichen Pfades“
 - jeweils eine Messung pro „akustischen Bereich“ eines Büros
 - mindestens vier Messpositionen, besser sechs bis zehn
 - maximale Messpfadlänge von 16 m
 - alle Arbeitsplätze entlang eines Messpfades müssen gemessen werden

Regelwerk | Messmethode nach ISO 3382-3

- Sende- und Empfängerposition auf Höhe von 1,2 m
- Positionen mit einem Mindestabstand von 0,4 m zu Tischen und 1 m zu Wänden
- Bei vorhandenen Hindernissen (Schallschirmen/Mobiliar) mit einer Höhe von $\geq 1,2$ m zwischen Arbeitsplätzen, soll zwischen der ersten Messposition und OSS ein Hindernis vorhanden sein.
- Tischplattenhöhe bei elektrisch verstellbaren Tischen: $(0,75 \pm 0,05)$ m
- Anforderungen an Messequipment
 - Ungerichtete Schallquelle (omnidirectional sound source – OSS), Anforderungen nach ISO 3382-1
 - Messgerät der Klasse 1 nach DIN EN 61672-1

Regelwerk | Internationale Normen

- **ISO 22955**, Akustik - Akustische Qualität von offenen Büroräumlichkeiten
- Empfehlungen zur Planung und Gestaltung offener Bürokonzepte
- Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten bei Einrichtung von Büros
- Nutzung von ISO 3382-3 Parametern:
 - $D_{2,S}$: räumliche Abklingrate von Sprache [dB]
 - $L_{p,A,S,4\text{ m}}$: Sprachpegel in einem Abstand von 4 m [dB]
- Nutzung von weiteren Parametern
 - $D_{A,S} = L_{p,A,S,1\text{ m}} - L_{p,A,S}$: in situ acoustic attenuation of speech [dB]
 - $L_{Aeq,T}$: workstation noise level measured over a period of time T [dB]
 - T_r : Nachhallzeit [s]; ISO 3382-2

Regelwerk | Nationale Richtlinien

- **VDI 2569**, Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros
- Empfehlungen zur bau- und raumakustischen Gestaltung von Einzel- und Mehrpersonenbüros
- Klassifizierung von Mehrpersonenbüros in Raumakustik-Klassen A, B, C und keine
 - in „kleinen Mehrpersonenbüros“ (Abstand zwischen den am weitesten entfernten Arbeitsplätzen < 8 m) nach Nachhallzeit T und Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche $L_{NA,Bau}$
 - in „großen Mehrpersonenbüros“ (Abstand zwischen den am weitesten entfernten Arbeitsplätzen ≥ 8 m) zusätzlich auf Grundlage der schalldruckpegelbasierten Parameter aus Messungen nach DIN EN ISO 3382-3

Regelwerk | Messmethode nach ISO 3382-3 und VDI 2569

- VDI 2569 konkretisiert die Messung nach DIN EN ISO 3382-3 mit folgenden Aspekten
 - *↳ Bei Messpfaden über schirmende Elemente hinweg muss mindestens ein Messpunkt von der Schallquelle aus gesehen vor dem Schirm erfasst werden* *↳*

- Pfad zwischen Punkten maximale Krümmung von 30°
- Anzahl der Messpfade (davon kann jedoch begründet abgewichen werden)

Anzahl der Arbeitsplätze N	Anzahl Messpfade
$N \leq 6$	max. 3, Bestimmung der Schallausbreitung in der Regel nicht sinnvoll
$6 < N \leq 15$	3
$15 < N \leq 24$	$N/4$, möglichst jedoch 3 oder 6
$25 < N \leq 50$	$N/5 + 1$, möglichst jedoch 6 oder 9
$50 < N$	12

Regelwerk

ASR A3.7

Nachhallzeit

DIN EN ISO 3382-3

(Sprach)schalldruckpegelbasierte
Parameter und STI

ISO 22955

(sprach)schalldruckpegelbasierte
Parameter

VDI 2569

(sprach)schalldruckpegelbasierte
Parameter und Nachhallzeit




Tätigkeiten im Büro

Unterteilung nach Tätigkeiten

Tätigkeiten im Büro

ASR A3.7

- *Tätigkeit ... eine zielgerichtete mit einer Aufgabenerfüllung verbundene Arbeit, die ein bestimmtes Maß an Konzentration oder eine bestimmte Qualität der Sprachverständlichkeit erfordert.*
- Einteilung in drei Tätigkeitskategorien in Abhängigkeit der Konzentration oder Sprachverständlichkeit

Tätigkeitskategorie	Beschreibung	Beispiele 
I	andauernd hohe Konzentration oder eine hohe Sprachverständlichkeit	exaktes sprachliches Formulieren, verstehen komplexer Texte, Treffen von Entscheidungen mit hoher Tragweite unter hohem Entscheidungsdruck ...
II	mittlere bzw. nicht andauernd hohe Konzentration oder gutes Verstehen gesprochener Sprache	wiederkehrende leicht zu bearbeitende Aufgaben, Treffen von Entscheidungen mit geringer Tragweite ohne Zeitdruck
III	geringere Konzentration infolge überwiegend vorgegebener Arbeitsabläufe mit hohen Routineanteilen sowie geringere Anforderungen an die Sprachverständlichkeit	allgemein industrielle und gewerbliche Tätigkeiten, einfache Montagearbeiten, handwerkliche Tätigkeiten ...



Tätigkeiten im Büro | VDI 2569

- Empfehlungen für Raumakustik-Klassen werden in Abhängigkeit der Raumnutzung gegeben
- Genauere Angabe von Tätigkeiten ist nicht vorhanden

Raumakustik-Klasse	Empfehlung in Abhängigkeit von der Nutzung
A	gut geeignet für Call Center und Räume mit kommunikations-intensiven Nutzungen
B	gut geeignet für Räume für Vertrieb, Konstruktion, Verwaltung; geeignet für Call-Center
C	geeignet für Räume für Vertrieb, Konstruktion, Verwaltung



Tätigkeiten im Büro | ISO 22955

- Definiert sechs Büro-Typen
 - Type I – Noch nicht bekannte Tätigkeit (activity not known yet – vacant floor plate)
 - Type II – Kommunikation mit Personen außerhalb des Raums (activity mainly focusing on outside of the room communication (by telephone/audio/video))
 - Type III – Teamarbeit (activity mainly based on collaboration between people at nearest workstation)
 - Type IV – Individuelle Arbeit mit gelegentlichem Austausch (activity based on a small amount of collaborative work)
 - Type V – Empfang und/oder direkter Kundenkontakt (activity that can involve receiving public)
 - Type VI – Gemischte Tätigkeiten (combining activities within the same space)



Tätigkeiten im Büro | ISO 22955

Type VI – Gemischte Tätigkeiten (combining activities within the same space):
Empfehlungen $D_{A,S}$ zwischen unterschiedlichen Tätigkeiten im gleichen Büro

Source/receiver space type	Informal meetings (open plan)	Outside of the room communication	Collaborative	Non-collaborative	Focused phone	Focused individual work
Social and welfare	15	15	18	24	27	32
Informal meetings (open plan)	15	12	15	21	24	29
Outside of the room communication (phone)			12	18	21	29
Collaborative				18	21	26
Non-collaborative					18	23
Focused phone					21	26



Tätigkeiten im Büro

ASR A3.7 drei Tätigkeitskategorien nach Maß an Konzentration oder Qualität der Sprachverständlichkeit

VDI 2569 drei Raumakustik-Klassen, geeignet für unterschiedliche Nutzung

ISO 22955 sechs Büronutzungstypen

Messunsicherheit

Messunsicherheit bei Büroakustikmessungen

Messunsicherheit bei Büroakustikmessungen

- Veröffentlichung Acta Acustica 2021, „*Uncertainties of ISO 3382-3 sound pressure level quantities*“
- Betrachtung der Messunsicherheit nach GUM (*Guide to the expression of Uncertainty in Measurement*)
- Vorbereitung einer gemeinsamen Veröffentlichung von INRS (Nationales Arbeitsschutzinstitut Frankreichs) und IFA – „Vereinfachte Berechnung und Angabe der Messunsicherheit für Schallpegelgrößen der ISO 3382-3“
- Angabe der Messunsicherheit in ISO 3382-3:2022 und weiteren Veröffentlichungen vorhanden^{1, 2}

Acta Acustica 2021, 5, 27
 © M. Schneider et al., Published by EDP Sciences, 2021
<https://doi.org/10.1051/aacus/2021022>



doi: 10.1051/aacus/2021022

Available online at:
<https://acta-acustica.edpsciences.org>

TECHNICAL & APPLIED ARTICLE

OPEN ACCESS

Uncertainties of ISO 3382-3 sound pressure level quantities

Moritz Schneider*, Jan Selzer*, Jörg Rissler, Andrea Wolff, and Florian Schelle

Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA), 53757 Sankt Augustin, Germany

Received 9 September 2020, Accepted 30 May 2021

Abstract – The ISO 3382-3 standard uses the measurable sound pressure based parameters $D_{2,S}$ and $L_{p,A,S,4m}$ to describe the acoustic properties of open-plan offices. As yet however, no treatment of the measurement uncertainty of these parameters according to the Guide to the expression of Uncertainty in Measurement (GUM) is to be found in the peer-reviewed literature. This technical note therefore describes how the measurement uncertainty can be declared according to GUM. The mathematical framework presented here can be used and expanded by other laboratories to derive their own uncertainty estimates. It is also applied in this document to 44 measurements yielding combined uncertainties for $D_{2,S}$ of $0.55 \text{ dB} \leq \sigma_{c,D_{2,S}} \leq 0.67 \text{ dB}$ and for $L_{p,A,S,4m}$ of $0.19 \text{ dB} \leq \sigma_{c,L_{p,A,S,4m}} \leq 0.83 \text{ dB}$. The implications of this result are discussed with regard to limit values in technical regulations.

¹ Lenne L, Chevret P, Parizet É (2021): Measurement uncertainty and unicity of single number quantities describing the spatial decay of speech level in open-plan offices. Applied Acoustics 182.

² Yadav M et al. (2019): Reliability and repeatability of ISO 3382-3 metrics based on repeated acoustic measurements in open-plan offices. Applied Acoustics 150.

Messunsicherheit bei Büroakustikmessungen

- Angabe in DIN EN ISO 3382-3, Anhang D „Präzision“ auf Grundlage von Hongisto et al.³
- Round Robin in einem Büro mit sieben Messteams
- Büroergebnisse im Mittel für sprachschalldruckpegelbasierte Parameter
 $r_C = 17 \text{ m}, D_{2,S} = 4 \text{ dB}, L_{p,A,S,4 \text{ m}} = 52 \text{ dB}, L_{p,A,B} = 38 \text{ dB}$
- Ermittelte Vergleichsstandardabweichung s_R für die o. g. Parameter
 - r_C : $\pm 21 \%$
 - $D_{2,S}$: $\pm 0,3 \text{ dB}$
 - $L_{p,A,S,4 \text{ m}}$: $\pm 1,1 \text{ dB}$
 - $L_{p,A,B}$: $\pm 0,7 \text{ dB}$

³Hongisto et al. (2021): Precision of ISO 3382-2 and ISO 3382-3 – A Round-Robin test in an open-plan office. Applied Acoustics 175.

Messunsicherheit bei Büroakustikmessungen

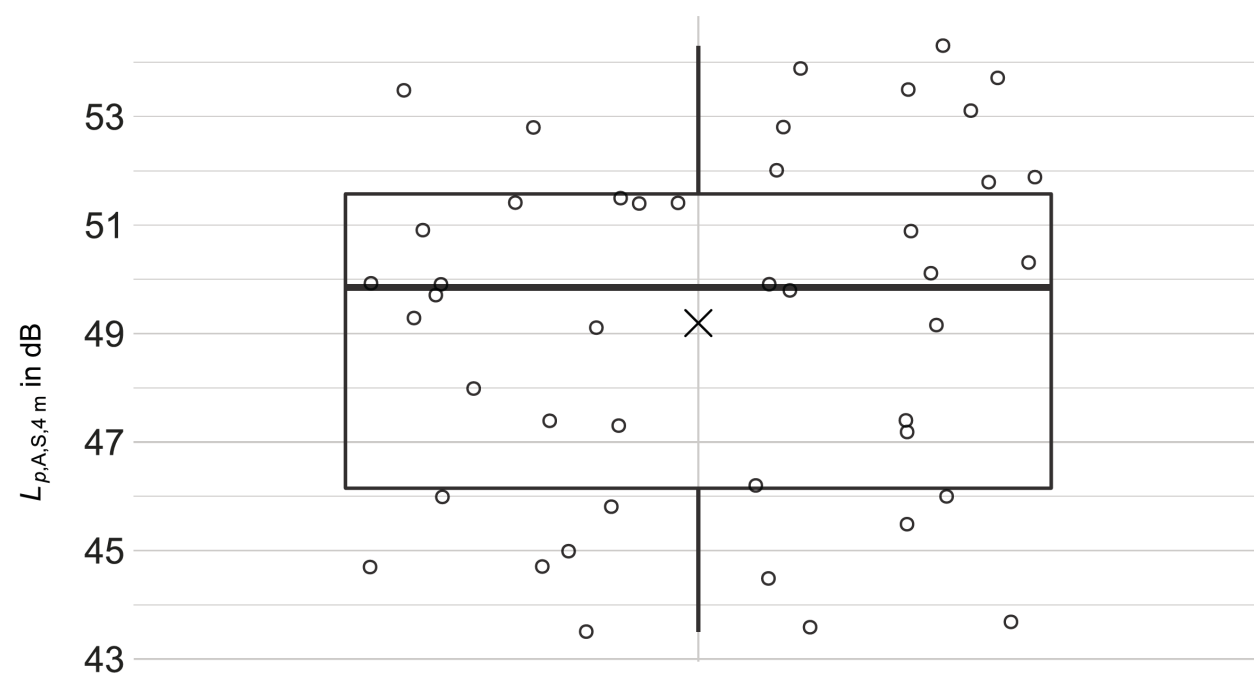
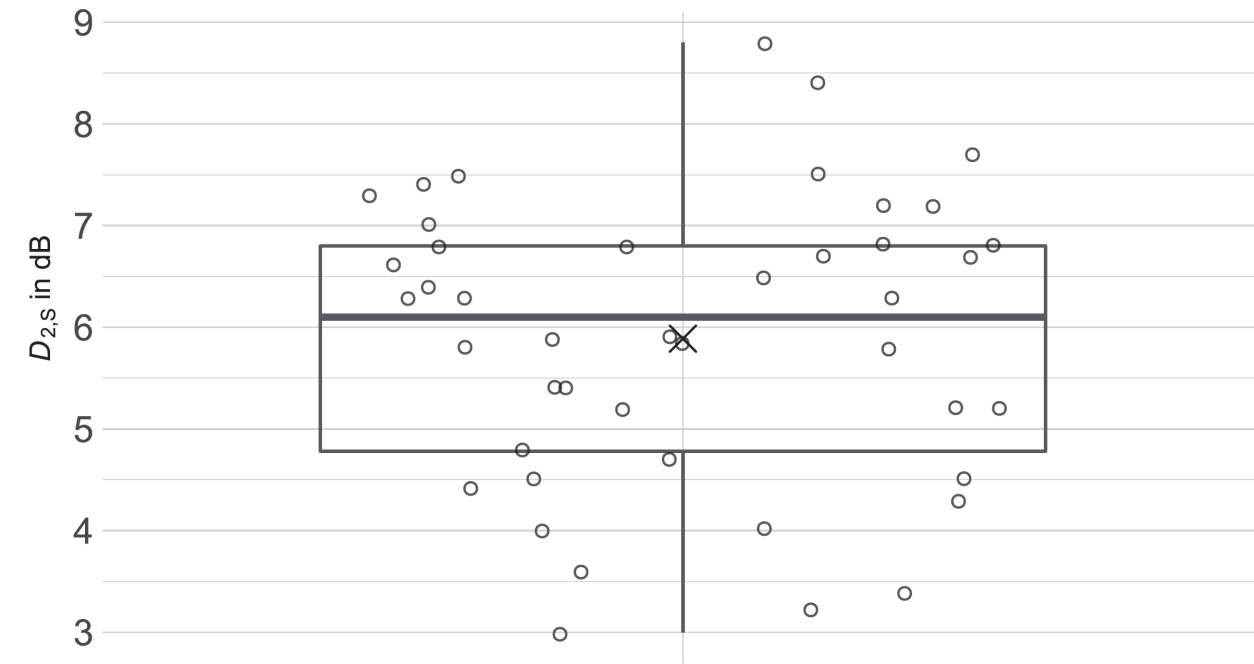
- Ermittlung der Messunsicherheit auf Basis von GUM und theoretischer Überlegungen⁴ zum Einfluss der Messunsicherheit
 - des Messgerätes: Annahme auf Basis von DIN EN ISO 9612 für Klasse 1-Messgeräte nach DIN EN 61672-1 von 0,7 dB
 - bei Entfernungsmessungen zwischen Schallquelle und Messposition, Annahme von $\pm 0,01$ m
 - bei Auswahl der Messpfade in einem Büro, Annahme auf Basis von Ringversuch⁵ in Höhe von $\pm 0,9$ dB
- Unsicherheiten bei der Kalibrierung der Lautsprecher wurden nicht berücksichtigt, welche einen Einfluss auf die Messgröße $L_{p,A,S,4\text{ m}}$ haben könnten.

⁴ Schneider M et al. (2021): Uncertainties of ISO 3382-3 sound pressure level quantities. Acta Acustica 5, 27

⁵ Kelz P (2018): Ringversuch zur Raumakustischen Messung von Großraumbüros gemäß DIN EN ISO 3382-3. DAGA München, S. 402–404.

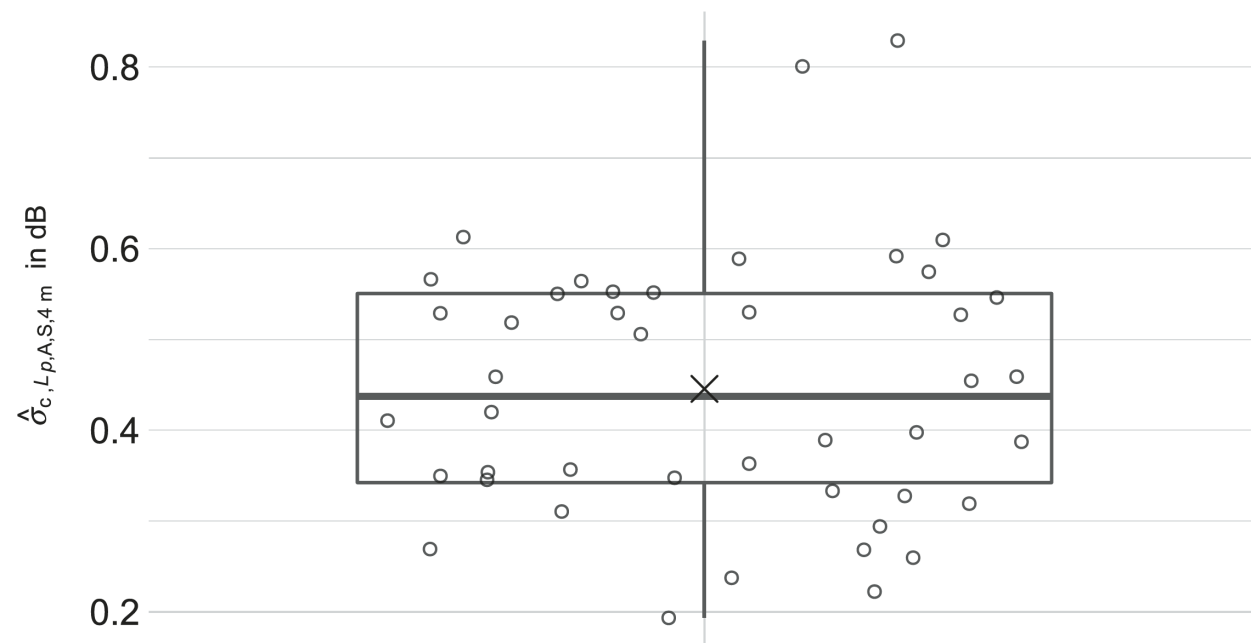
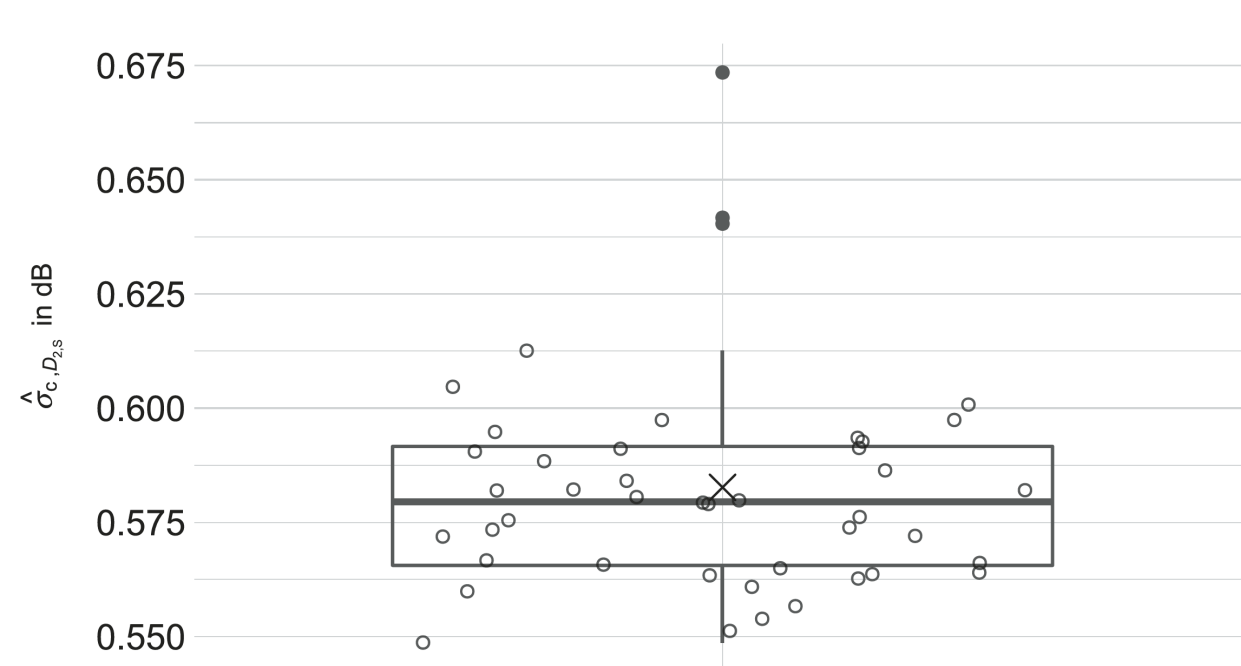
Messunsicherheit bei Büroakustikmessungen

- Messergebnisse für $D_{2,S}$ und $L_{p,A,S,4\text{ m}}$ aus 44 Messpfaden in 17 Büros für den Zeitraum 2015 - 2019, Angabe des Mittelwerts über „x“



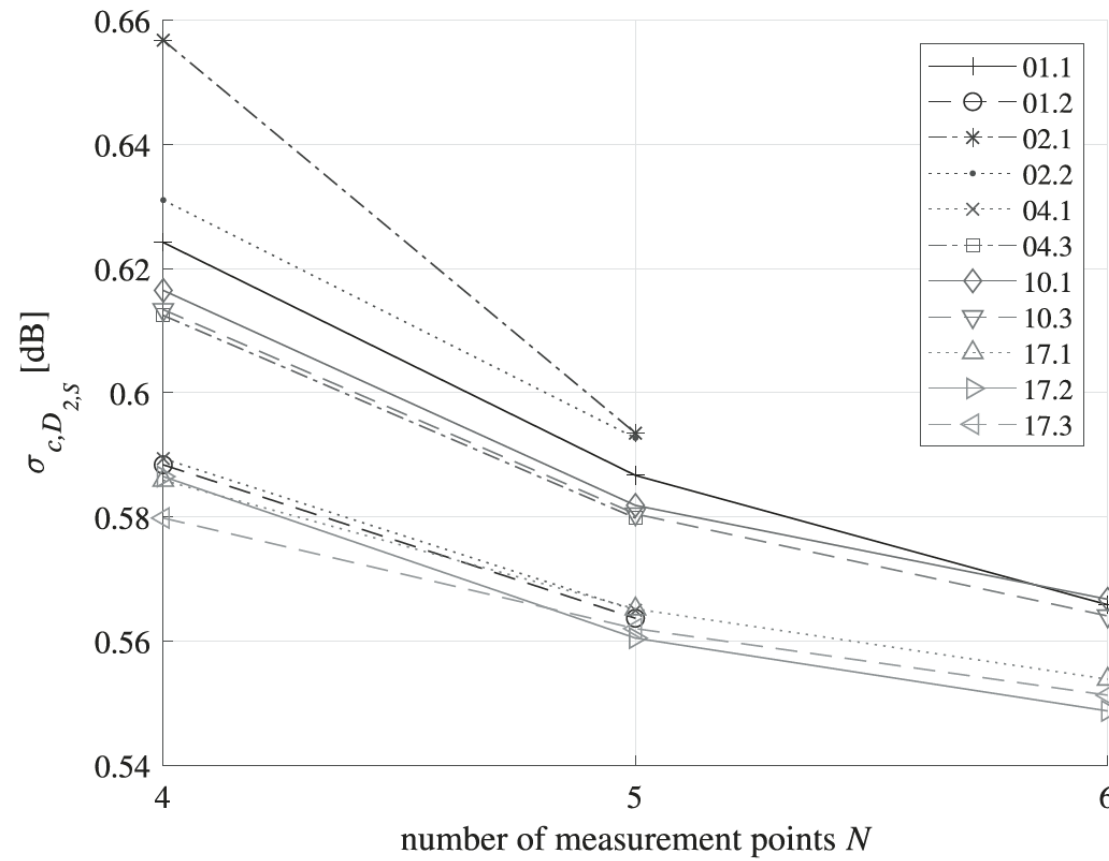
Messunsicherheit bei Büroakustikmessungen

- Angabe der kombinierten Unsicherheit $\hat{\sigma}_{c,D_{2,s}}$ und $\hat{\sigma}_{c,L_{p,A,S,4m}}$ aus 44 Messpfaden in 17 Büros für den Zeitraum 2015 - 2019, Angabe des Mittelwerts über „x“



Messunsicherheit bei Büroakustikmessungen

- Abhängigkeit der kombinierten Unsicherheit $\hat{\sigma}_{c,D_{2,S}}$ von Anzahl der Messpunkte in einem Messpfad
- Mehr Messpunkte in einem Messpfad verringern die Unsicherheit



Messunsicherheit bei Büroakustikmessungen

	Min	Max	Mittelwert
$D_{2,S}$ [dB]	3,0	8,8	5,9
$L_{p,A,S,4\text{ m}}$ [dB]	43,5	54,9	49,2

	Min	Max	Mittelwert
$\hat{\sigma}_{c,D_{2,S}}$ [dB]	0,55	0,67	0,58
$\hat{\sigma}_{c,L_{p,A,S,4\text{ m}}}$ [dB]	0,19	0,83	0,45

- Die erweiterte Messunsicherheit U mit einem Erweiterungsfaktor $k = 2$ erlaubt bei Normalverteilung einen **Grad des Vertrauens** von etwa 95 %
- $\pm U$ liegt auf Basis der präsentierten Messwerte im Mittel bei

$$\pm U_{D_{2,S}} = k \cdot \hat{\sigma}_{c,D_{2,S}} = \pm 1,2 \text{ dB}$$

$$\pm U_{L_{p,A,S,4\text{ m}}} = k \cdot \hat{\sigma}_{c,L_{p,A,S,4\text{ m}}} = \pm 0,9 \text{ dB}$$

Messunsicherheit bei Büroakustikmessungen

- Zusammengetragene Messwerte für 36 Büros (15 INRS und 21 IFA) mit 95 Messpfaden aus Frankreich und Deutschland
- Vereinfachte Berechnung und Angabe der Messunsicherheit

Beitrag in Vorbereitung

- Mittels der vereinfachten Methode lassen sich folgende mittlere kombinierte Unsicherheiten $\hat{\sigma}_c$ und erweiterbare Unsicherheiten U auf Basis der Daten beider Institute festlegen:
 - $\hat{\sigma}_{c,D_{2,S}}$: 0,6 dB $\Rightarrow U_{D_{2,S}} = k \cdot \hat{\sigma}_{c,D_{2,S}} = 1,2$ dB
 - $\hat{\sigma}_{c,L_{p,A,S,4\text{ m}}}$: 0,6 dB $\Rightarrow U_{L_{p,A,S,4\text{ m}}} = k \cdot \hat{\sigma}_{c,L_{p,A,S,4\text{ m}}} = 1,2$ dB

Messunsicherheit

erweiterte Messunsicherheit U beträgt für die schalldruckpegelbasierten Parameter der DIN EN ISO 3382-3 etwa **1,2 dB**

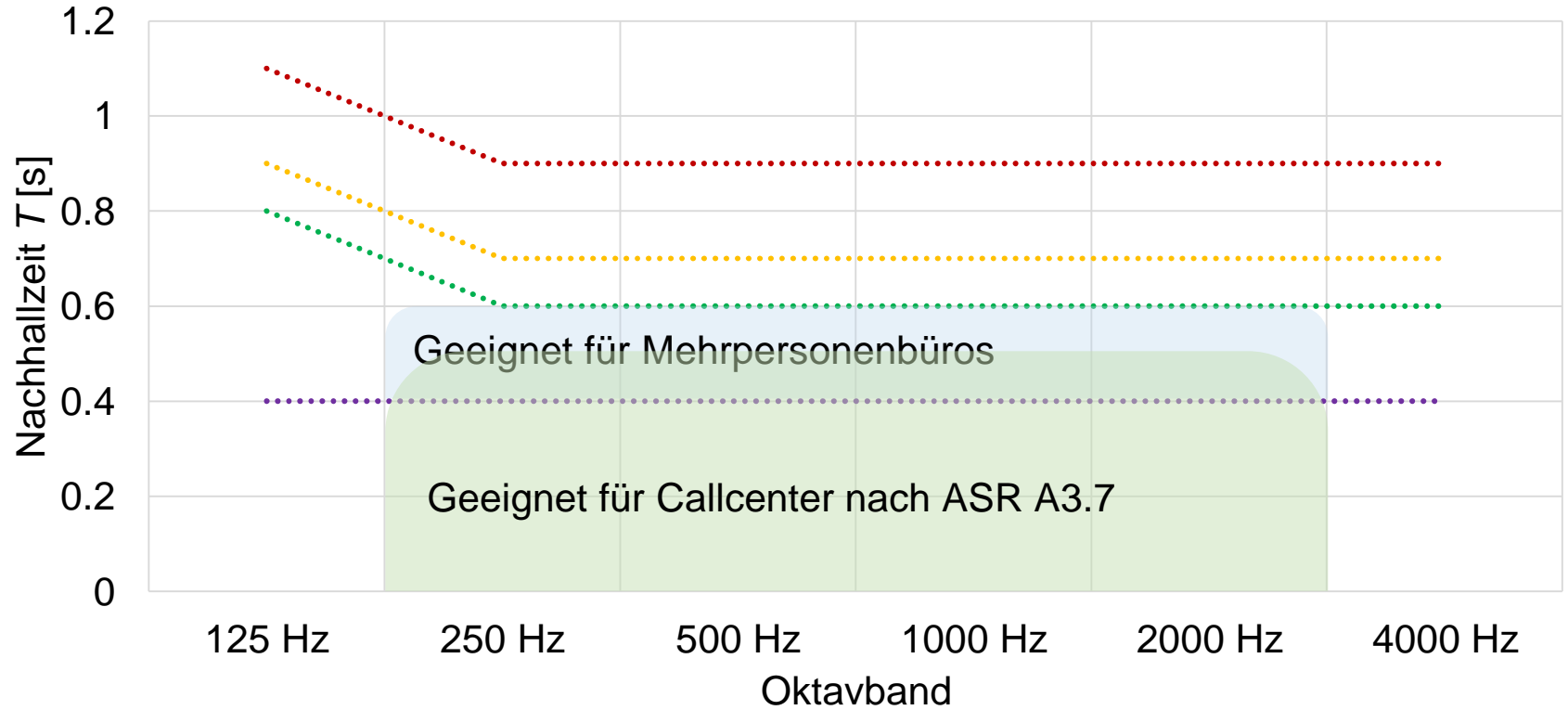
Klassifizierung

Auswirkung der Messunsicherheit auf Klassifizierung

Einfluss der Unsicherheit auf Klassifizierung

VDI 2569

- Nachhallzeit
- $D_{2,S}$
- $L_{p,A,S,4 m}$
- $L_{NA,Bau}$



— Mittlere Nachhallzeit RA-KI. A RA-KI. B RA-KI. C Min. Nachhallzeit

Einfluss der Unsicherheit auf Klassifizierung

- Einstufung der Messpfade in Stufen der Schallausbreitung
- Stufenbreite: ± 1 dB

Stufe der Schallausbreitung	$D_{2,S}$ [dB]	$L_{p,A,S,4\text{ m}}$ [dB]
1	≥ 8	≤ 47
2	≥ 6	≤ 49
3	≥ 4	≤ 51

$\pm U = \pm 1, 2$ dB

Raumakustik-Klasse	Empfehlung für Stufen der Schallausbreitung	$L_{NA,Bau}$ [dB]
A	2/3 der Pfade in Stufe 1, restliche Pfade mind. in Stufe 2	≤ 35
B	2/3 der Pfade mind. in Stufe 2, restliche Pfade mind. in Stufe 3	≤ 40
C	1/3 der Pfade mind. in Stufe 2, restliche Pfade mind. in Stufe 3	≤ 40

Klassifizierung

Erweiterte Messunsicherheit ist größer
als Stufenbreite zur Klassifizierung nach VDI 2569

Ausblick

- Klassifizierung der Raumakustik – Überarbeitung der VDI 2569
 - Berücksichtigung der Messunsicherheit bei Klassifizierung
 - Anpassung der Messmethode auf den aktuellen Stand der Messnorm ISO 3382-3:2022
 - Untersuchung der Vorgaben auf ihre Eignung für die jeweilige Tätigkeit und Nutzungsart (vgl. ISO 22955 und zugehörige Studien, bspw. Lenne et al. 2022⁶)
- Grundsätzlich
 - Klassifizierung von Tätigkeiten
 - Definition des kognitiven Anspruchs an Tätigkeiten
 - raumakustische Vorgaben an Tätigkeiten

⁶ Lenne L, Parizet E, Chevret P (2022): Assessment of annoyance and cognitive fatigue of open-plan office occupants subjected to noise from two different activities. INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, InterNoise 22, Glasgow, Scotland, 1631-1634.



IFA

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Jan Selzer, M.Sc.

Sachgebietsleiter Psychoakustik und Raumakustik
Bereich Lärm

Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA),
Alte Heerstr. 111, 53757 Sankt Augustin

+49 30 13001-3424
jan.selzer@dguv.de

www.dguv.de/d4682



**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit.**