

Überarbeitung der DIN 18041(2004)

Christian Nocke¹, Christian Burkart²

¹ Akustikbüro Oldenburg, 26121 Oldenburg, E-Mail: nocke@akustikbuero-oldenburg.de

² Akustikbüro Schwartzberger und Burkhart, 82343 Pöcking, E-Mail: cb@akustikbuero.com

Einleitung

Im Bereich der Raumakustik kann die DIN 18041 »Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen« [1] aus dem Jahr 2004 nach weit verbreiteter Ansicht vieler Fachleute als allgemein anerkannte Regel angesehen werden. Insofern war die im Jahr 2012 unter anderem im DEGA-Fachausschuss Bau- und Raumakustik begonnene Diskussion zur Fortschreibung dieser bewährten Norm mit Bedacht und in Kenntnis der auch internationalen Bedeutung des Regelwerts zu führen.

Vorbemerkung

Schon zu Beginn der Diskussion um eine Überarbeitung der DIN 18041 [1] kamen aus verschiedenen Richtungen Hinweise und Vorschläge zu den Inhalten der Fassung aus dem Jahr 2004. Viele bewährte Ansätze wie die Unterteilung in Räume der Gruppe A und Gruppe B oder auch die Zielsetzung, dass es sich um eine Anforderungsnorm handelt, sollten beibehalten werden. Andere Aspekte wie die sehr stark vereinfachte Darstellung anhand von Einzahlwerten der Schallabsorption in der Tabelle 6 für die Räume der Gruppe B oder auch die Zuordnungen zu den Nutzungsarten in der Gruppe A sollten hingegen grundlegend hinterfragt und gegebenenfalls neu gefasst werden.

Die DIN 18041:2004-05 [1] enthält eine Reihe von Unklarheiten und Interpretationsmöglichkeiten, die hier nicht einzeln angeführt werden können, aber im Rahmen der Überarbeitung aufzulösen und zu konkretisieren waren. Die Überarbeitung wurde im Unterausschuss NA 001-02-03-03 UA „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen – DIN 18041“ des Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI durchgeführt.

Allgemeines

Im Rahmen der Überarbeitung der DIN 18041 [1] wurde der Titel zu „Hörsamkeit in Räumen – Vorgaben und Hinweise zur Planung“ geändert. Damit wurde der fachlich kaum zu begründende Bezug zwischen Raumvolumen und Hörsamkeit aufgehoben. Die Struktur der Norm wurde weitestgehend beibehalten, d.h. auch weiterhin wird zwischen Anforderungen für Räume der Gruppe A mit einer Hörsamkeit über mittlere und größere Entfernungen sowie Empfehlungen für Räume der Gruppe B mit einer Hörsamkeit über geringe Entfernungen unterschieden. Räume mit speziellen Anforderungen wie Theater, Konzertsäle, Kinos, Sakralräume, sowie in Räumen zur hochwertigen Aufnahme von Musik und Sprache (z. B. Studios, Regieräume für Funk, Film, Fernsehen und Tonträgerproduktionen) werden nicht behandelt. Auch

Räume, die ausschließlich für klassische Musik genutzt werden, oder auch Wohnungen und Wohnräume werden nicht betrachtet.

Ein weiterer Anlass und wichtiger Aspekt bei der Überarbeitung ist das Thema Inklusion. Dazu heißt es im Vorwort des Entwurfs E DIN 18041:2015-2 [2] nun:

„Bei der Planung von Räumen für sprachliche Kommunikation sind auch Personen mit einem erhöhten Bedürfnis nach guter Hörsamkeit zu berücksichtigen. Hier gelten das Benachteiligungsverbot aus Art. 3, Abs. 3 GG, die Vorgaben des Bundesgleichstellungsgesetzes § 4 und die UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen. Hiernach haben alle Menschen das Recht, unabhängig von ihren Fähigkeiten oder Beeinträchtigungen sowie ihrer ethischen, kulturellen oder sozialen Herkunft einen gleichberechtigten Zugang zu allen relevanten Teilhabebereichen einer Gesellschaft zu haben.“

Weiterhin sind neue Bauweisen (energetisch optimierte Gebäude) und Bauteile (wie Absorberbaffel oder „Akustik-Deckensegel“) ein weiterer Anlass der Überarbeitung.

Im Folgenden werden einige Aspekte der Überarbeitung auf Grundlage des Entwurfs E DIN 18041:2015-2 [2] exemplarisch dargestellt.

Räume der Gruppe A

Die fünf Nutzungsarten bei den Räumen der Gruppe A wurden modifiziert und als Raumgruppen A1 bis A5 bezeichnet. Aus historischen Gründen wurden die bisherigen Bezeichnungen als Kurzbezeichnung weitergeführt, allerdings zur Klarstellung auch ergänzt. Die bislang bestehenden Nutzungsarten „Sport 1“ und „Sport 2“ wurden zu Nutzungsart A5 zusammengefasst. Im Hinblick auf die Anforderungen der Inklusion wurde die Raumgruppe A4 neu aufgenommen. Die Anforderungen dieser Raumgruppe entsprechen den, schon in der Fassung DIN 18041:2004-5 formulierten Hinweisen zur Berücksichtigung von Personen mit eingeschränktem Hörvermögen oder auch für die Kommunikation in einer Sprache, die nicht als Muttersprache gelernt wurde etc. Die Raumgruppen A3, A2 und A1 stimmen weitestgehend mit den bisherigen Nutzungsarten „Unterricht“, „Sprache“ und „Musik“ überein.

Zur Konkretisierung der Nutzungsarten A1 bis A5 wurde die zu erwartenden subjektive Wahrnehmung in die Beschreibung aufgenommen. In Tabelle 1 ist ein Auszug aus Tabelle 1 von E DIN 18041:2015-2 dargestellt.

Tabelle 1: Auszug aus Tabelle 1 von E DIN 18041:2015-2

| Raumgruppe | Kurzbezeichnung | Subjektive Wahrnehmung |
|------------|---------------------------------------|---|
| RG A1 | „Musik“ | Gute Hörsamkeit für unverstärkte Musik. Sprachliche Darbietungen sind nur mit gewissen Einschränkungen der Sprachverständlichkeit möglich. |
| RG A2 | „Sprache/ Vortrag“ | Sprachliche Darbietungen einzelner Sprecher erzielen eine hohe Sprachverständlichkeit. Musikalische Darbietungen werden in der Regel als zu transparent und klar empfunden, jedoch günstig für musikalische Probenarbeit. |
| RG A3 | „Sprache/ Vortrag inklusiv“ | Sprachliche Darbietungen einzelner Sprecher erzielen eine hohe Sprachverständlichkeit, auch für Personen mit Höreinschränkungen oder bei (z.B.) fremdsprachlicher Nutzung. |
| | „Unterricht / Kommunikation“ | Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich. |
| RG A4 | „Unterricht / Kommunikation inklusiv“ | Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich, auch für Personen mit Höreinschränkungen oder bei (z.B.) fremdsprachlicher Nutzung. |
| RG A5 | „Sport“ | Sprachliche Kommunikation über kurze Entfernungen ist im Allgemeinen gut möglich. |

Für die fünf Nutzungsarten RG A1 bis RG A5 werden in Abhängigkeit vom Raumvolumen V Sollwerte für die frequenzabhängige Nachhallzeit formuliert. In Abbildung 1 sind diese Sollwerte grafisch dargestellt; die zugehörigen Berechnungsformeln sind in E DIN 18041:2015-2 [2] angegeben.

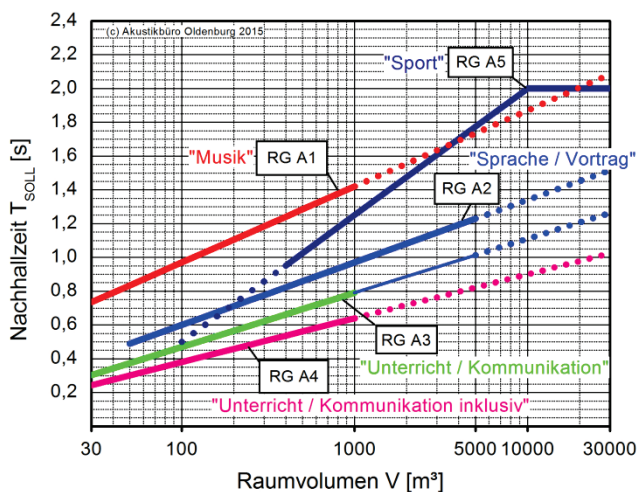


Abbildung 1: Sollwert der Nachhallzeit T_{SOLL} für die verschiedenen Nutzungsarten RG A1 bis RG A5.

Auf Grundlage des Sollwerts T_{SOLL} für 500 Hz wird mit Hilfe des in Abbildung 2 dargestellten Toleranzbereichs die Anforderung an die frequenzabhängige Nachhallzeit festgelegt. Dieser Toleranzbereich gilt für die Nutzungsarten RG A1 bis RG A4. Für Frequenzen außerhalb des Toleranzbereiches von 125 Hz bis 4 000 Hz sind Orientierungswerte mit Strichen angegeben. Eine Erweiterung des normativ gefassten Frequenzbereichs ist vor dem Hintergrund der Normen zur Messung der Schallabsorption (DIN EN ISO 354) sowie der Messung raumakustischer Parameter (DIN EN ISO 3382-Serie) nicht sinnvoll, siehe auch [3]. Für die Nutzungsart RG A5 ist der ermittelte Sollwert T_{SOLL} zwischen 250 Hz und 2 000 Hz mit einer Genauigkeit von $\pm 20\%$ einzuhalten.

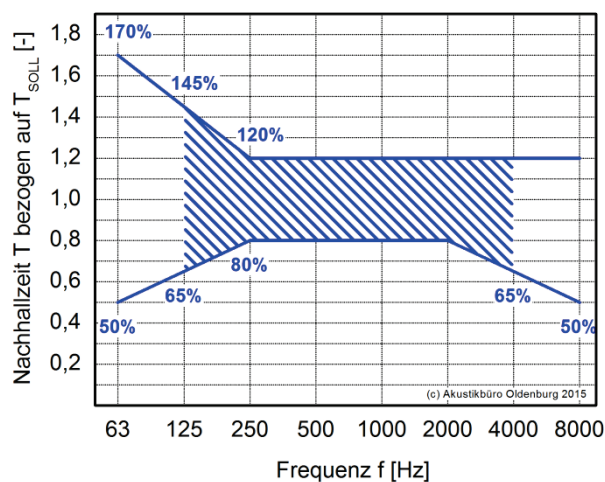


Abbildung 2: Toleranzbereich für die frequenzabhängige Nachhallzeit bezogen auf den Wert T_{SOLL} aus Abb. 1.

Die Anforderungen an die Nachhallzeit beziehen sich auf den besetzten Zustand des jeweiligen Raumes. Bei Planungen wie auch bei Nachweismessungen muss die Umrechnung zwischen dem unbesetzten und besetzten Zustand nach den Vorgaben des neuen normativen Anhangs A in E DIN 18041:2015-2 [2] erfolgen. Mit diesem Vorgehen wird die bestehende Unklarheit beseitigt, die durch die Anmerkung „im unbesetzten Zustand die Nachhallzeit des Raumes im Allgemeinen nicht mehr als 0,2 s über dem Sollwert liegen sollte“ in DIN 18041:2004-5 [1] ausgelöst wurde.

Der bei den Nutzungsarten RG A2 und RG A3 nun zulässige moderate Anstieg der Nachhallzeit zu tiefen Frequenzen beeinträchtigt die akustische Nutzungsqualität des Raumes nicht. Dieser erweiterte Toleranzbereich bei tiefen Frequenzen wird den größeren Mess- und Prognoseunsicherheiten in der Praxis gerecht. Für die Nutzungsarten RG A1 und RG A4 entspricht der neue Toleranzbereich den Vorgaben und Hinweisen der DIN 18041:2004-5 [1].

Der Nachweis der geforderten frequenzabhängigen Nachhallzeit erfolgt während der Planungsphase rechnerisch und gegebenenfalls nach Fertigstellung des Raumes durch Messungen. Hinweise enthält der normative Anhang A in E DIN 18041:2015-02 [2].

Räume der Gruppe B

Für die Räume der Gruppe B wird eine Raumbädämpfung zur Minderung des Grundgeräuschpegels im Raum empfohlen. Dazu werden Empfehlungen für das Verhältnis der äquivalenten Absorptionsfläche A des Raums zum Raumvolumens V im Frequenzbereich von 250 Hz bis 2 000 Hz gestellt. Mit diesem Vorgehen wird der in der DIN 18041:2004-5 verwendete bewertete Schallabsorptionsgrad α_w nach DIN EN ISO 11654 [4] nicht weiter verwendet.

Auch die Räume der Gruppe B werden in fünf Nutzungsarten je nach Nutzungsintensität unterteilt, siehe Tabelle 2.

Tabelle 2: Auszug aus Tabelle 2 von E DIN 18041:2015-2

| Raumgruppe | Beschreibung der Nutzungsart |
|------------|--|
| RG B1 | Räume ohne Aufenthaltsqualität |
| RG B2 | Räume zum kurzfristigen Verweilen |
| RG B3 | Räume zum längerfristigen Verweilen |
| RG B4 | Arbeitsräume |
| RG B5 | Räume mit besonderen Anforderungen an Lärminderung und Raumkomfort |

In Tabelle 3 sind die Orientierungswerte für das Verhältnis A/V bei einer Raumhöhe von 2,5 m aus der Tabelle 2 in E DIN 18041:2015-2 [2] angegeben. Für die Nutzungsarten RG B2 bis RG B5 werden Orientierungswerte für das Verhältnis von äquivalenter Absorptionsfläche eines Raumes A und des Raumvolumens V empfohlen. Für größere Raumhöhen wird das Verhältnis A/V verringert, um bautechnischen Gegebenheiten gerecht zu werden.

Tabelle 2: Auszug aus Tabelle 2 von E DIN 18041:2015-2

| Raumgruppe | Orientierungswert für A/V bei Raumhöhe $h = 2,5$ m in m^2/m^3 |
|------------|---|
| RG B1 | ohne Anforderung |
| RG B2 | $A/V \geq 0,15$ |
| RG B3 | $A/V \geq 0,20$ |
| RG B4 | $A/V \geq 0,25$ |
| RG B5 | $A/V \geq 0,30$ |

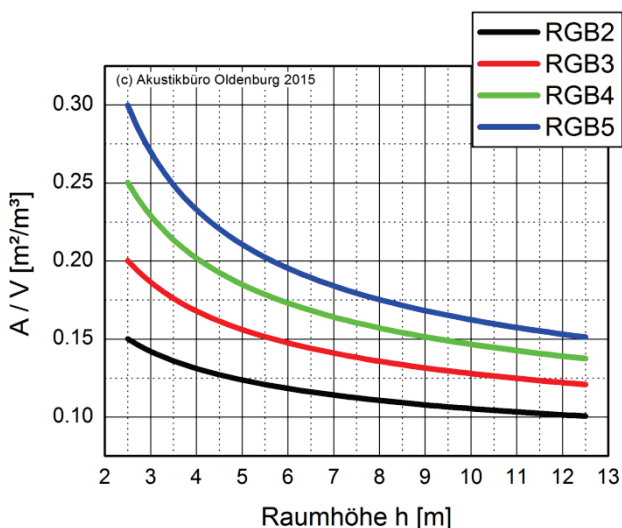


Abbildung 3: Grafische Darstellung der Orientierungswerte für das Verhältnis A/V für die Nutzungsarten RG B2 bis RG B5.

Die Orientierungswerte für das erforderliche A/V -Verhältnis gelten in den einzelnen Oktaven von 250 Hz bis 2 000 Hz ohne die Berücksichtigung der Schallabsorption durch Personen und sind in Abbildung 3 grafisch dargestellt.

Hinweise für die Planung für Räume der Gruppe A

Die schon in der Vorgängerfassung der DIN 18041:2004-05 [1] aus dem Jahr 1968 bestehenden Hinweise für die Planung sind im Rahmen der Aktualisierung der Norm weitestgehend erhalten, aber auch zeitgemäß ergänzt und erweitert worden.

Nachweis der Anforderungen

Anforderungen an die frequenzabhängige Nachhallzeit bestehen für Räume der Gruppe A. Zum Nachweis dieser raumakustischen Anforderungen wurde in E DIN 18041:2015-02 [2] der normative Anhang A aufgenommen. Anzumerken ist, dass Anforderungen nur im Rahmen einer Planung oder Abnahme nachgewiesen werden müssen oder sollten. Empfehlungen wie die Orientierungswerte für die Räume der Gruppe B können, müssen aber nicht nachgewiesen werden. Letztlich ist es allerdings eine rechtliche Frage in welchem Umfang der Nachweis von Anforderungen oder auch Empfehlungen vereinbart wird.

Mit dem Anhang A „Nachweis der raumakustischen Anforderungen“ wird insbesondere ein Verfahren zur Umrechnung zwischen einem unbesetzten und besetzten Raumzustand definiert. Dieser Schritt war im Rahmen der Überarbeitung als notwendig erachtet worden, da Messungen typischerweise in fertig eingerichteten, aber unbesetzten Räumen durchgeführt werden. Andererseits beziehen sich die Anforderungen an die frequenzabhängige Nachhallzeit für die Räume der Gruppe A auf den eingerichteten und mit Personen besetzten Raumzustand. Statt die Umrechnung zwischen besetztem und unbesetztem Raumzustand normativ vorzugeben, hätten auch die Anforderungen an die frequenzabhängige Nachhallzeit geändert werden können. Diese Variante wurde aus Gründen der Fortführung der bisherigen Praxis in der Raumakustik allerdings verworfen.

Die kennzeichnende Größe zum Nachweis der Anforderungen ist die Nachhallzeit in den Oktaven mit den Mittenfrequenzen von 125 Hz bis 4 000 Hz. Bei Auswertung der Abklingkurven aus Messungen oder rechnerischen Prognosen wird als Beurteilungsgröße vorzugsweise die Nachhallzeit T_{20} nach DIN EN ISO 3382-1 [5] bzw. DIN EN ISO 3382-2 [6] zugrunde gelegt.

Die Anforderungen an die Nachhallzeiten gelten als eingehalten, wenn die Nachhallzeiten in den Oktaven 125 Hz bis 4 000 Hz auf zwei Nachkommastellen mathematisch gerundet im Toleranzbereich Abbildung 2 liegen. Der Nachweis der geforderten frequenzabhängigen Nachhallzeit erfolgt während der Planungsphase rechnerisch und gegebenenfalls nach Fertigstellung des Raumes durch Messungen.

Der rechnerische Nachweis der Nachhallzeiten erfolgt nach dem in DIN EN 12354-6 [7] genannten Rechenmodell für Räume mit näherungsweise diffusem Schallfeld. Sind die Voraussetzungen eines näherungsweise diffusen Schallfelds nicht erfüllt, kann der Nachweis mit erweiterten Rechenmethoden (z. B. DIN EN 12354-6 [7] - Anhang D, Numerische Methoden wie Strahlverfolgung etc.) erfolgen.

Ein Nachweis der Nachhallzeiten in fertiggestellten Räumen erfordert Messungen nach DIN EN ISO 3382-1 [5] oder DIN EN ISO 3382-2 [6] im eingerichteten Raum. Messungen können im unbesetzten oder besetzten Raum durchgeführt werden. Im letztgenannten Fall sollte der Raum zu mindestens 80 % der Regelbesetzung belegt sein.

Erfolgen die Messungen im unbesetzten Zustand muss die Schallabsorption von Personen/Publikum rechnerisch für die Oktaven mit den Mittenfrequenzen zwischen 125 Hz und 4 000 Hz wie folgt berücksichtigt werden:

$$T_{\text{besetzt}} = T_{\text{unbesetzt}} / \left[1 + T_{\text{unbesetzt}} \cdot (\Delta A_{\text{Personen}}) / 0,16V \right] \quad [\text{m}^2] \quad (1)$$

Dabei ist

T_{besetzt} Nachhallzeit für den besetzten Raum in Sekunden

$T_{\text{unbesetzt}}$ Nachhallzeit für den unbesetzten Raum (Messergebnis) in Sekunden

V Raumvolumen in Kubikmeter

$\Delta A_{\text{Personen}}$ zusätzliche äquivalente Schallabsorptionsfläche der Personen zwischen unbesetztem Zustand (Messbedingungen) und besetztem Raum in Quadratmeter

Die zusätzliche äquivalente Schallabsorptionsfläche der Personen $\Delta A_{\text{Personen}}$ hängt von vielen Faktoren ab wie insbesondere der Besetzungsdichte, Alter bzw. Körperumfang der Personen, Art der Kleidung (Winter / Sommer) und den akustischen Eigenschaften der Bestuhlung. Im Anhang A ist daher eine Tabelle mit Werten für die standardisierte zusätzliche Schallabsorptionsfläche je Person $\Delta A_{1\text{Person}}$ angeführt. Mit diesen Werten kann der Nachweis eindeutig und nachvollziehbar geführt werden.

Anhänge

Die bereits bestehenden Anhänge der DIN 18041:2004-5 [1] wurden teilweise aktualisiert und fortgeschrieben. Die Anhänge „Sprachkommunikation“, „Raumakustische Empfehlungen und Planungshinweise für Räume mit Beschallungsanlagen“, „Planung und Inbetriebnahme elektroakustischer Beschallungsanlagen für die Sprachübertragung“ sowie „Hilfsmittel für Maßnahmen zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit bei Schwerhörigkeit“ wurden aktualisiert. Die bewährten „Absorptionsgradtabellen“ wurden deutlich erweitert.

Aktueller Stand der Überarbeitung

Die Veröffentlichung des Entwurfs E DIN 18041:2015-2 „Hörsamkeit in Räumen – Vorgaben und Hinweise für die Planung“ erfolgte am 9.1.2015. Die Frist zur Einreichung von Einsprüchen, Hinweisen und Anmerkungen endet am 9.4.2015. Der Unterausschuss NA 001-02-03-03 UA „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen – DIN 18041“ des Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI wird noch im April 2015 die Eingaben zum Entwurf einer fachlichen Prüfung unterziehen und anschließend die finale Fassung der neuen DIN 18041 verabschieden.

Danksagung

Die beiden Autoren danken allen Kolleginnen und Kollegen im Ausschuss zur Überarbeitung der DIN 18041 für die konstruktive und stets von kollegialem Austausch geprägte Zusammenarbeit.

Literatur

- [1] DIN 18041 Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen, Mai 2004
- [2] Entwurf E DIN 18041 Hörsamkeit in Räumen – Vorgaben und Hinweise für die Planung, Februar 2015
- [3] DIN / DEGA: Gemeinsame Stellungnahme des DIN-Arbeitskreises zur Überarbeitung der DIN 18041 und des Fachausschusses Bau- und Raumakustik der Deutschen Gesellschaft für Akustik zur Thematik tiefer Frequenzen in der Akustik kleiner bis mittelgroßer Räume, Juni 2014.
- [4] DIN EN ISO 11654: 1997-07. Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden - Bewertung der Schallabsorption (ISO 11654:1997); Deutsche Fassung EN ISO 11654:1997. Berlin: Beuth-Verlag, Juli 1997
- [5] DIN EN ISO 3382-1: 2009-10. Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik - Teil 1: Aufführungsräume (ISO 3382-1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 3382-1:2009. Berlin: Beuth-Verlag, Oktober 2009.
- [6] DIN EN ISO 3382-2: 2008-09 Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik - Teil 2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen (ISO 3382-2:2008); Deutsche Fassung EN ISO 3382-1:2008. Berlin: Beuth-Verlag, September 2008
- [7] DIN EN 12354-6: 2004-04. Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 6: Schallabsorption in Räumen; Deutsche Fassung EN 12354-6:2003. Berlin: Beuth-Verlag, April 2004.

TAGUNGSBAND

DAGA 2015 - 41. Jahrestagung für Akustik

16.-19. März 2015, Nürnberg

ISBN 978-3-939296-08-9



DAGA 2015
N Ü R N B E R G

[START](#)

[SUCHE](#)

[SITZUNGEN](#)

[TAGESANSICHT](#)

[AUTOREN](#)

[SPONSOREN
UND](#)

[AUSSTELLER](#)

[IMPRESSUM](#)

[DRUCKVERSI...](#)

IMPRESSUM

DAGA 2015 - 41. Jahrestagung für Akustik
16. - 19. März 2015 in Nürnberg

Veranstalter

- [Deutsche Gesellschaft für Akustik \(DEGA\)](#)
- [Friedrich Alexander Universität Erlangen- Nürnberg, Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik](#)

In Zusammenarbeit mit

- [Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS](#)
- [International Audio Laboratories Erlangen](#)
- [Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik und Lehrstuhl für Multimediakommunikation und Signalverarbeitung](#)
- [Universitätsklinikum Erlangen, Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie und HNO-Klinik](#)

unter Mitwirkung von

- [Deutsche Physikalische Gesellschaft \(DPG\)](#)

- Informationstechnische Gesellschaft (ITG) im VDE
- NALS im DIN und im VDI

Wissenschaftliche Tagungsleitung

- Stefan Becker, Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik

Programmausschuss

- Stefan Becker
- Michael Döllinger
- Jürgen Herre
- Ulrich Hoppe
- Moni Islam
- Walter Kellermann
- Reinhard Lerch
- Hans Miehling
- Rudolf Rabenstein
- Eberhard Schlücker
- Andreas Silzle
- Ulrich Widmann

Organisationsteam

- Stefan Becker
- Martina Konein
- Reinhard Lerch
- Stefan Müller
- Teresa Samulewicz
- Ines Wischnewski

Bildnachweis

Logo: Ina Platte | www.inani-design.de

Fotos:

Kurt Fuchs | www.fuchs-foto.de (Startseite)

Teresa Samulewicz | DEGA e.V. (Startseite, die letzten 4 Fotos)

Wissenschaftliche Edition

- Stefan Becker

Verlag und Bezug

Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.

Voltastraße 5

Gebäude 10-6

13355 Berlin

www.dega-akustik.de

Zitierhinweis

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im
Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.
Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), Berlin, 2015
ISBN: 978-3-939296-08-9

© 2015 by Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA)
