

Kurzbericht

Pegelgrößen zur Planung, Messung und Bewertung haustechnischer Anlagen

*M.A. Johannes Scheller
B.Eng. Ina Medebach*

Die Bewertung von Geräuschen haustechnischer Anlagen erfolgt auf der Basis gemessener Schalldruckpegel, die mittels der konkurrierenden Verfahren der Standardisierung bzw. Normierung auf vergleichbare raumakustische Verhältnisse, also einen „Normraum“, umgerechnet werden.

Sowohl die einschlägigen Anforderungsnormen als auch die verfügbaren Planungstools verfolgen dabei unterschiedliche Ansätze, was FachingenieurInnen sowohl in der Planung als auch in der Messdatenbewertung vor Herausforderungen stellt.

Diese Ausarbeitung widmet sich der zusammenfassenden Darstellung der verschiedenen Normierungsansätze und ergänzt diese durch einen Vergleich mit erhobenen Messdaten zur raumakustischen Ausstattung durchschnittlicher Wohnräume. Resultierend werden Empfehlungen für die Planungs- und Bewertungspraxis abgeleitet.

Datum
15.12.2020

Auftrags-Nr.
6652.1-19

Kurzbericht Nr.
V01

Verfasser/in
JS

BeSB GmbH Berlin
Schalltechnisches Büro
Undinestraße 43
12203 Berlin

Telefon: +49 30 844 90 8 - 0
Telefax: +49 30 844 90 8 - 44
E-Mail: info@besb.de
Internet: www.besb.de

Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Stefan Becker
Dipl.-Ing. Alexander Knobloch

Beirat
Prof. Dr.-Ing. Edelbert Schaffert

Postbank Berlin
IBAN: DE79 1001 0010 0405 3791 05
BIC: PBNKDEFF

Berliner Volksbank
IBAN: DE03 1009 0000 8520 0460 04
BIC: BEVODEBB

Handelsregister Berlin
HRB 14606
Steuerliche Id.-Nr.
DE 136585508

1. Schallpegel, Standardschallpegel und Normschallpegel

Bei der Messung und Bewertung der Geräusche haustechnischer Anlagen ist der A-bewertete Schalldruckpegel L_{pA} die primäre Messgröße. Im Gegensatz zur Messung und Bewertung von Anlagen nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), bei der Mittelungspegel betrachtet werden, werden zur Beurteilung haustechnischer Anlagen i.S.d. DIN 4109 die Fast- und A-bewerteten auftretenden Spitzenpegel L_{AFmax} ausgewertet..

Zur Berücksichtigung der in den Messräumen vorgefundenen Halligkeit und zur Rückführung der Messwerte auf einen Norm- bzw. Vergleichsraum sind die abgeleiteten Größen des Normschalldruckpegels und des Standardschalldruckpegels definiert, etwa in [5] und [6].

- Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT} = L_{AF,max} - 10 \cdot \log\left(\frac{T}{T_0}\right)$
mit $T_0 = 0,5$ s
- Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n} = L_{AF,max} - 10 \cdot \log\left(\frac{A_0}{A}\right)$
mit $A_0 = 10$ m²

Die Messnormen für das Standardverfahren [5] bzw. das Kurzverfahren [6] berücksichtigen die Frequenzabhängigkeit der Messgrößen in unterschiedlicher Weise. Während beim Kurzverfahren A-bewertete Gesamtpegel verwendet werden und die Nachhallzeiten für die weiteren Berechnungen über die Oktaven um 500 Hz, 1kHz und 2kHz gemittelt werden, erfolgt beim Standardverfahren die Bearbeitung frequenzabhängig zwischen 63 Hz und 8000 Hz und die Einzahlwertbildung der normierten bzw. standardisierten Oktavbandpegel erfolgt erst am Schluss. Auf diese unterschiedliche Vorgehensweise wird nachfolgend jedoch nicht eingegangen, da das Konzept vergleichbar ist.

2. Anforderungen und messtechnischer Nachweis

Die bauordnungsrechtlich verbindliche „Hauptnorm“ DIN 4109-1 in der Fassung von 2016 bzw. 2018 [1] sowie der Vorgänger DIN 4109 von 1989 benennen für haustechnische Anlagen einen höchstzulässigen Norm-Schalldruckpegel $L_{AFmax,n}$.

Derselben Systematik bedient sich für Anforderungen an einen erhöhten Schallschutz das (zurückgezogene) Beiblatt 2 zu DIN 4109 [3] sowie die Nachfolgenorm DIN 4109-5. Auch hier ist die Anforderungsgröße für Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung der Norm-Schalldruckpegel.

Damit im Einklang steht auch die einschlägige DEGA-Empfehlung 103 [9], die als Anforderungsgröße für gebäudetechnische Anlagen ebenfalls den Norm-Schalldruckpegel verwendet.

Die „konkurrierende“ VDI 4100 [4] benennt als Anforderungsgröße hingegen den Standard-Schalldruckpegel $L_{AFmax,n,T}$.

Als Konsequenz dieser uneinheitlichen Herangehensweise ergibt sich für die messenden IngenieurInnen zunächst in vielen Fällen ein Mehraufwand.

Da die Begriffe der gebäudetechnischen Anlage i.S.d. DIN 4109 einerseits und der Anlage i.S.d. BImSchG andererseits nicht trennscharf abgegrenzt sind, unterliegen manche Anlagen beiden Regelwerken.

Die Bewertung nach TA Lärm für Ablagen nach BImSchG erfordert eine Messung nach DIN 45645-1 und eine Auswertung der (nicht normierten) Messwerte zur Ermittlung des Beurteilungspegels.

Bei der Auswertung nach den Vorgaben für haustechnische Anlagen erfordert der Nachweis des bauordnungsrechtlich geschuldeten Mindestschallschutzes zunächst eine Auswertung der nach DIN EN ISO 10052 gewonnenen Messdaten hinsichtlich des Norm-Schalldruckpegels $L_{AF,max,n}$.

In den meisten Fällen ist zivilrechtlich ein höherer Schallschutz als der Mindestschallschutz geschuldet. Je nach sachverständiger Einschätzung des Standes der Technik bzw. der für die Bewertung anzuwendenden Anforderungsnorm kann dafür zusätzlich die Auswertung des Standard-Schalldruckpegels $L_{AF,max,n,T}$ erforderlich werden.

3. Widersprüchliche Bewertung

Abhängig von der Raumgröße und schallabsorbierenden Ausstattung ergeben sich insbesondere für größere Räume bei der Standardisierung bzw. Normierung der Messwerte durch die Rückführung auf eine Bezugs-Nachhallzeit von 0,5 s bzw. eine Bezugs-Schallabsorptionsfläche von 10 m² teils erhebliche Abweichungen von den (immerhin tendenziell wahrnehmungsäquivalenten) Messwerten sowie eine erhebliche Spreizung der errechneten Kennwerte untereinander.

Eine rechnerische Annäherung soll das verdeutlichen. Oftmals geschieht die Abschätzung der äquivalenten Absorptionsfläche eines Raumes über dessen Grundfläche, multipliziert mit einem Faktor wie z.B.

$$A = 0,8 \cdot S_G$$

z.B. nach VDI 2719. Davon ausgehend lässt sich die äquivalente Schallabsorptionsfläche von Räumen verschiedener Grundflächen abschätzen und mit

$$T = 0,16 \cdot (V/A)$$

auch deren Nachhallzeiten. Da bei diesem Ansatz, eine einheitliche Raumhöhe unterstellt, Raumvolumina und Absorptionsflächen proportional mit der Grundfläche wachsen, bleibt die rechnerische Nachhallzeit für alle betrachteten Grundflächen gleich.

Die nachfolgende Abb. 3.1 zeigt die für diesen Fall resultierenden Korrekturglieder zur Ermittlung des Standard- bzw. Norm-Schallpegels aus Messwerten in Abhängigkeit von der Raumgrundfläche.

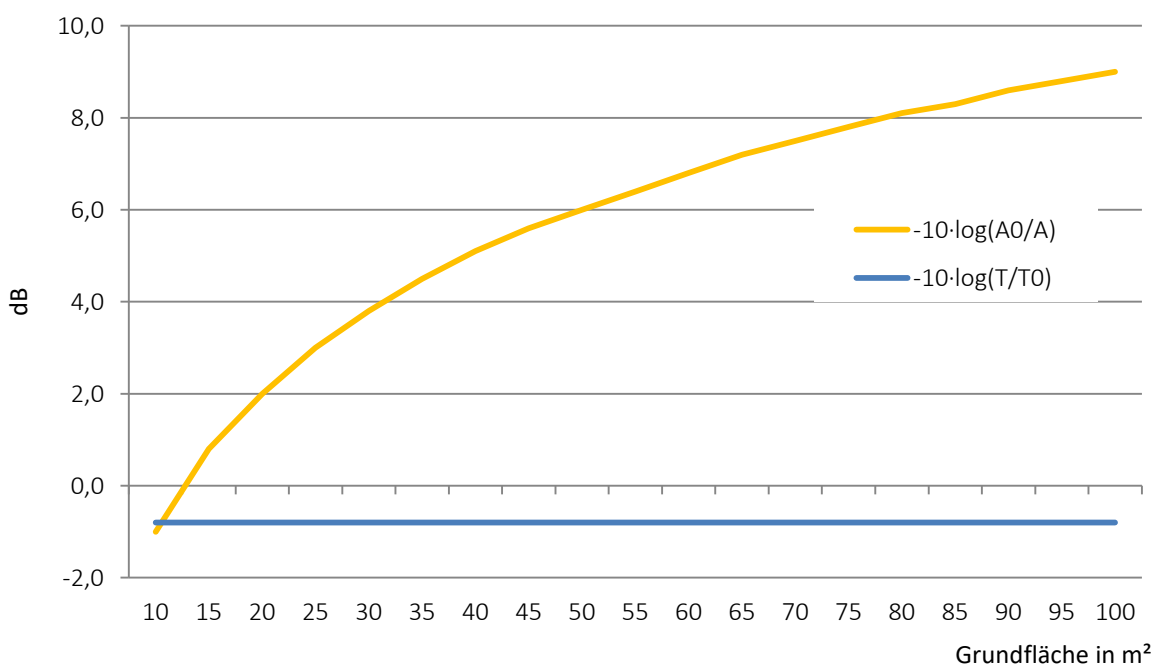


Abb. 3.1: Nachhallzeitbezogene Korrekturglieder für verschiedene Raumgrößen mit $A = 0,8 \cdot S_G$

Es wird deutlich, dass aufgrund der (unterstellt) gleichbleibenden Nachhallzeit das Korrekturglied für den Standard-Schalldruckpegel $-10 \cdot \log(T/T_0)$ konstant bleibt, das Korrekturglied für Norm-Schalldruckpegel $-10 \cdot \log(A_0/A)$ aber mit steigender Raumgröße immer stärker steigt. Anschaulich ist das nachvollziehbar, da mit anwachsender Grundfläche auch A kontinuierlich steigt und somit mehr Absorptionsfläche im Messraum als im Referenzraum vorhanden ist – die Korrektur dieser Tatsache erfordert dann Zuschläge auf den Messwert.

Bei kleinen Räumen mit einer Grundfläche von etwa 15 m^2 stimmen beide Ansätze überein; hier treffen sich die jeweils unterstellten „Norm-Räume“ mit der Realität.

Für größere Räume ergibt sich jedoch eine starke Spreizung der normierten Pegelgrößen. In der Praxis kann das dazu führen, dass je nach Bewertungskonzept widersprechende Konformitätsbewertungen resultieren. Beispiel: In einem 80 m^2 großen Raum ergeben sich mit $A = 0,8 \cdot S_G = 64 \text{ m}^2$ äquivalente Absorptionsfläche und mit $T = 0,16 \text{ V/A}$ eine Nachhallzeit von $T = 0,6 \text{ s}$.

In einem solchen Raum werden mit Messwerten von $L_{AF,max} = 23 \text{ dB(A)}$ bei Berücksichtigung des resultierenden Norm-Schallpegels $L_{AF,max,n} = 31 \text{ dB(A)}$ die Mindestanforderungen DIN 4109-1 verfehlt. Wertet man hingegen den Standard-Schallpegel aus, so ergibt sich mit $L_{AF,max,nT} = 22 \text{ dB(A)}$ eine Einhaltung der Schallschutzstufe 3 nach VDI 4100.

Allerdings kann der bei der obigen Betrachtung zugrundeliegende Ansatz einer mit der Raumgrundfläche mitwachsenden Absorptionsfläche berechtigt hinterfragt werden. Die Alltagserfahrung zeigt, dass größere Wohnräume tatsächlich in der Tendenz halliger scheinen als kleine und dass auch das Maß der schallabsorbierenden Raumausstattung nicht proportional mit der Grundfläche wächst. Die Raumausstattung in größeren Räumen erscheint in der Tendenz aufgelockerter.

Daher wird die oben ausgeführte rechnerische Abschätzung mit einer geänderten Prämisse wiederholt. Statt eines fixen Verhältnisses zwischen Raumgrundfläche und Absorptionsfläche wird dabei in einem ersten Ansatz unterstellt, dass in Wohnräumen von 10 m^2 bis 100 m^2 Grundfläche eine Schallabsorptionsfläche zwischen 10 m^2 und 50 m^2 zu erwarten ist.¹ Bei diesem Ansatz ergeben sich rechnerische Nachhallzeiten von $0,4 \text{ s}$ für die kleinsten Räume und 1 s für die größten.

Wieder werden in Abb. 3.2 die resultierenden Korrekturglieder für die Nachhallkorrektur von Messwerten über der Raum-Grundfläche aufgetragen.

¹ Der beschriebene Ansatz lässt sich als $A = 5,6 + 0,45 \cdot S_G$ formulieren.

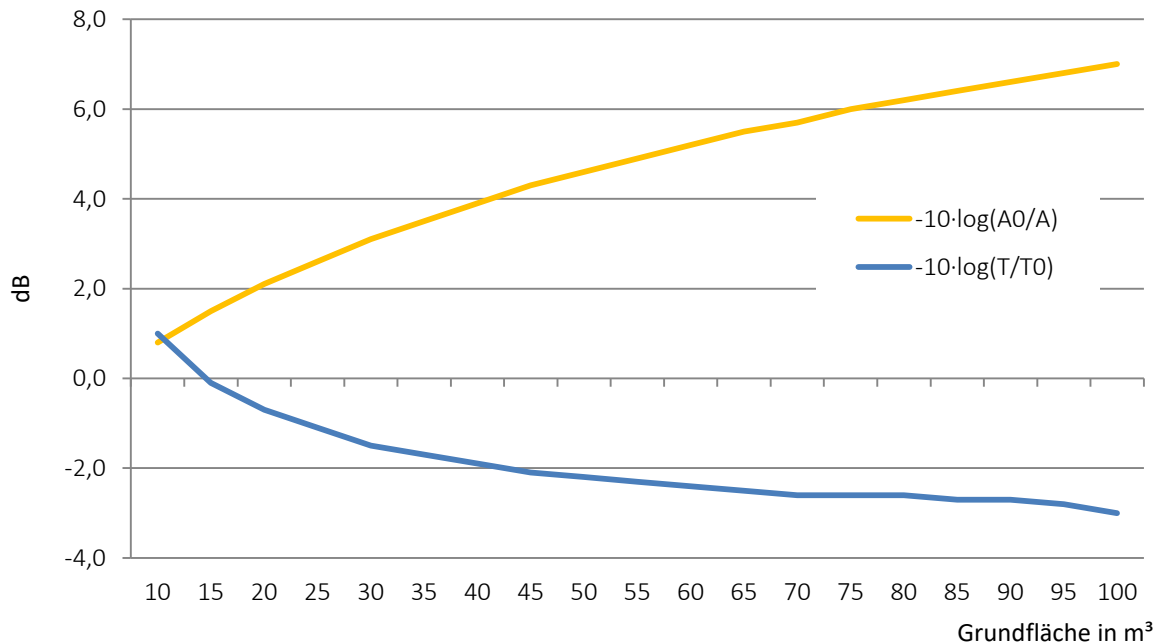


Abb. 3.2: Nachhallzeitbezogene Korrekturglieder für verschiedene Raumgrößen mit A anwachsend von 10 m^2 auf 50 m^2

Erneut ergibt sich die beste Passung der beiden Korrekturglieder bei kleinen Räumen mit 10 bis 15 m^2 Grundfläche. Die Spreizung bei den großen Räumen bleibt allerdings gleich. Aufgrund der gleichbleibenden Differenz für Standard- und Normschallpegel finden sich auch bei diesem Ansatz mühelos Raumbeispiele, bei denen ein gegebener Messwert als Standard-Schallpegel einen erhöhten Schallschutz nahelegt, als Norm-Schallpegel aber nicht.

Diese rechnerischen Abschätzungen machen zunächst deutlich, dass durch die unterschiedlichen Normierungsansätze eine klare Bewertung vorgefundener Anlagengeräusche erschwert wird. Was in dem einen Bewertungssystem konform ist, überschreitet im anderen die Vorgaben. Eine einheitliche Bewertungsgrundlage wäre daher wünschenswert und anzustreben.

Außerdem ist zu hinterfragen, welchem Zweck die auf die eine oder andere Art durchgeführte Normierung im Grundsatz dient. Prinzipiell soll berechnet werden, wie sich die vorgefundene Geräuschsituation in einem anderen Bezugsraum anhören würde, d.h. wenn dieselbe Schalleistung eingeleitet würde. Dieser Bezugsraum hat die Nachhallzeit $T_0 = 0,5 \text{ s}$ (Standardisierung) bzw. die Bezugs-Absorptionsfläche $A_0 = 10 \text{ m}^2$. Diese Nachhallkorrektur soll Messergebnisse aus akustisch ungewöhnlichen, d.h. untypisch halligen oder bedämpften Räumen auf den „Normalraum“ umrechnen, muss also den Bezugspunkt bei möglichst typischen raumakustischen Verhältnissen suchen. Der anschließenden Frage, welche raumakustischen Verhältnisse von Wohnräumen in der Messpraxis typischerweise vorgefunden werden, wird in Abschnitt 5 durch die Auswertung der letztjährigen Messdaten unseres Büros nachgegangen.

4. Planungstools

Die den Schallschutz haustechnischer Anlagen planenden IngenieurInnen müssen die konkurrierenden Anforderungsgrößen geeignet berücksichtigen. Bei der Prüfung der grundsätzlichen Eignung der Hochbauplanung zur Wahrung eines erhöhten Schallschutzes haustechnischer Anlagen ist eines der zentralen Regelwerke die DIN 8989 [8], die konkrete prüffähige Vorgaben an die flächenbezogene Masse relevanter Massivbauteile an Aufzugsanlagen enthält. Die entsprechenden Vorgaben in Tab. 4

sind für verschieden große Räume und Schallschutzziele untergliedert. Hinsichtlich der Norm-Schalldruckpegel lassen sich für unterschiedliche Raumvolumina Planungsvorgaben zur Einhaltung des Mindestschallschutzes nach DIN 4109-1 entnehmen, nicht jedoch Planungshinweise auf einen erhöhten Schallschutz.

Die zugeordneten Schallschutzziele des Standard-Schalldruckpegels hingegen gelten volumenunabhängig, so dass sich für verschiedene Schallschutzstufen die jeweiligen Planungshinweise entnehmen lassen (allerdings nur für jeweils eine Klasse an Raumvolumina).

Die Planung eines erhöhten Schallschutzes nach den Vorgaben von DIN 4109 Bbl.2, DIN 4109-5 oder DEGA-Empfehlung, also unter Verwendung eines höchstzulässigen Norm-Schalldruckpegels, ist damit erheblich erschwert.

Hinweis: In der Planungspraxis des erhöhten Schallschutzes ist es fachlich sinnvoll, für einen einzuhaltenden Norm-Schalldruckpegel $L_{AFmax,n} = 27 \text{ dB(A)}$ die Planungsvorgaben aus derjenigen Spalte zu verwenden, die nicht das konkret zutreffende sondern das nächstgrößere Raumvolumen beschreibt.

5. Messdaten

Zur Klärung der üblicherweise zu erwartenden raumakustischen Verhältnisse wurden die Messdaten schalltechnischer Messungen hinsichtlich Raumvolumen und Nachhallzeit der Messräume ausgewertet. Die berücksichtigte Anzahl von 104 Wohnräumen ist dabei womöglich nicht statistisch repräsentativ, gibt aber schon deutliche Hinweise.

Die Räume waren sämtlich schutzbedürftige Wohnräume i.S.d. DIN 4109, sowohl bei fertiggestellten Neubauvorhaben als auch in älteren oder jüngeren Bestandsbauten. Alle Räume waren zum Zeitpunkt der Messung eingerichtet, d.h. möbliert.

Die Auswertung der gemessenen Nachhallzeiten ergibt einen Wertebereich zwischen 0,3 s und 2,5 s, wobei keine klare Abhängigkeit von der Raumgröße zu bestehen scheint. Deutlich wird jedoch, dass die für die Ermittlung des Standard-Schallpegels verwendete Referenz-Nachhallzeit von $T_0 = 0,5 \text{ s}$ in der Realität nicht die Regel ist

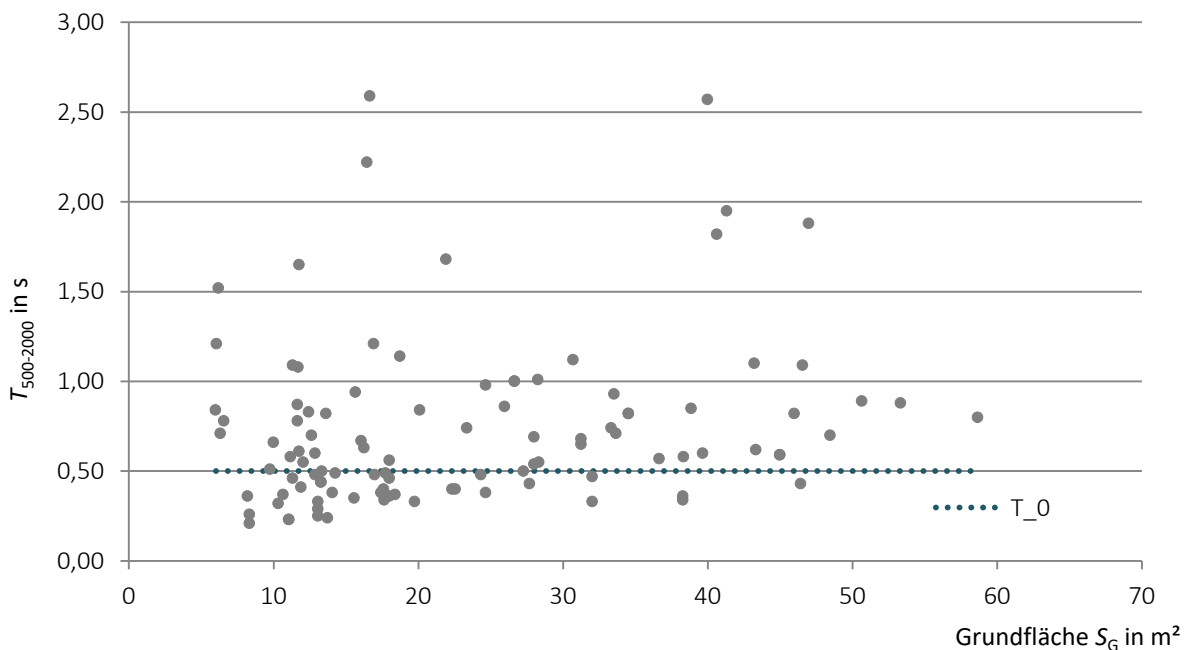


Abb. 5.1: Gemessene Nachhallzeiten in eingerichteten Wohnräumen zusammen mit $T_0 = 0,5 \text{ s}$

Die Auswertung der Messdaten hinsichtlich der jeweils vorhandenen äquivalenten Absorptionsfläche ergibt Werte zwischen 2 m^2 und 55 m^2 , wobei hier eine ansteigende Tendenz bei größeren Raumvolumina erkennbar wird.

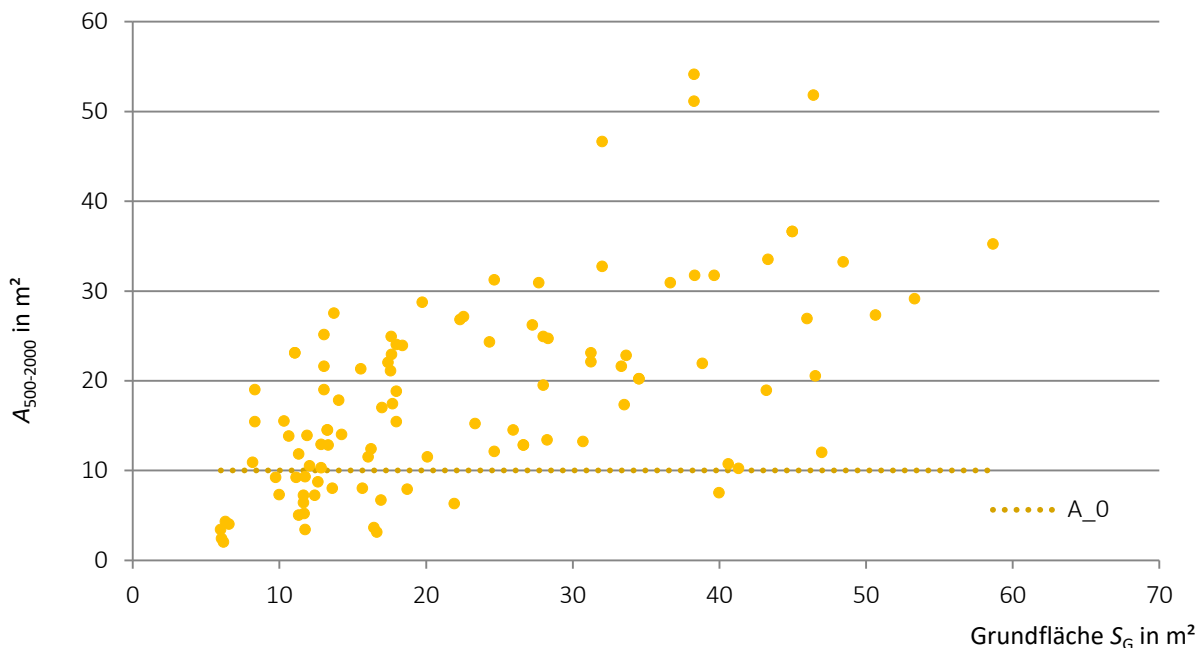


Abb. 5.2: Ermittelte Absorptionsflächen in eingerichteten Wohnräumen zusammen mit $A_0 = 10\text{ m}^2$

Auch hier übersteigt die Mehrzahl der Werte das für die Normierung von Schallpegeln verwendete $A_0 = 10\text{ m}^2$.

6. Fazit

Zunächst ist hervorzuheben, dass die Parallelität von Standard- und Norm-Schalldruckpegel in den einschlägigen Normen und Vorgaben zu Schwierigkeiten für die planenden IngenieurInnen führt.

Bei der Auswertung von Messdaten setzen sich diese Schwierigkeiten fort und können zu widersprüchlichen Bewertungen hinsichtlich der jeweils angewandten „Philosophie“ führen.

In der Berufspraxis ist es daher empfehlenswert, diesen Sachverhalt stets mit zu berücksichtigen.

In der Planung ist die jeweils angesetzte Empfehlung für höchstzulässige Geräusche haustechnischer Anlagen gut zu durchdenken und gegenüber dem Auftraggeber zu erläutern. Auf die Frage verschiedener Kenngrößen sollte dabei eingegangen werden, auch um später möglichen rechtlichen Auseinandersetzungen vorzubeugen.

Bei der Messung und Auswertung sollten grundsätzlich beide Kenngrößen ermittelt und bewertet werden. Daraus in einigen Fällen resultierende widersprüchliche Bewertungen sollten dem Auftraggeber transparent gemacht und gutachterlich eingeordnet werden, auch wenn dies einen argumentativen Mehraufwand bedeutet.

Mittel- und langfristig führt kein Weg daran vorbei, die unterschiedlichen Ansätze zusammenzuführen. Im Gegensatz zum ebenso diskussionswürdigen Nebeneinander der unterschiedlichen Kenngrößen z.B. für Luftschalldämmung (bauteilbezogen nach DIN 4109, nachhallkorrigiert nach VDI 4100) ist die

Zweigleisigkeit bei Geräuschbewertung nicht nachvollziehbar – beide Verfahren beinhalten eine Korrektur für Raumhalligkeit, aber eben auf unterschiedliche Art.

Hier sollte mit aller Kraft eine Vereinheitlichung angestrebt werden, zumal keines der beiden Verfahren „besser“ ist, d.h. die tatsächlichen raumakustischen Verhältnisse besser abbildet.

Im Optimalfall umfasst diese Vereinheitlichung auch die Bewertung von Anlagen nach TA Lärm inklusive der dafür erforderlichen Messungen – auch wenn die Hürde der Anpassung einer Verwaltungsvorschrift des Bundes formal noch anspruchsvoller ist. Die Vorschläge der DEGA zur Berücksichtigung von Zuschlägen bei der Bewertung haustechnischer Anlagen, also der Bildung eines Beurteilungspegels analog zur TA Lärm, gehen bereits in diese Richtung. In diesem Zuge sollte u.E. auch das Verfahren der Nachhallkorrektur auf den Prüfstand gestellt werden.

Hinsichtlich der weiteren Entwicklung einer vereinheitlichten Nachhallkorrektur wird nach Auswertung der vorliegenden Messdaten ein dritter Weg vorgeschlagen. So scheint die Verwendung eines Korrekturterms für die äquivalente Absorptionsfläche sinnvoll, allerdings mit gleitendem A_0 in Abhängigkeit vom Raumvolumen. Ein solcher Ansatz würde am ehesten mit der Realität korrelieren. Zur Verdeutlichung sind nachfolgend die aus den ermittelten Absorptionsflächen errechneten Korrekturglieder $-10 \cdot \log(A_0/A)$ als Einzelpunkte dargestellt. In derselben Grafik ist der in Abschnitt 3 erläuterte theoretische Ansatz aufgetragen (gelbe Kurve in Abb. 3.2). Dabei wird davon ausgegangen, dass zwischen 10m^2 und 100m^2 Raumgrundfläche die Absorptionsfläche eines Raumes von 10m^2 auf 50m^2 kontinuierlich anwächst².

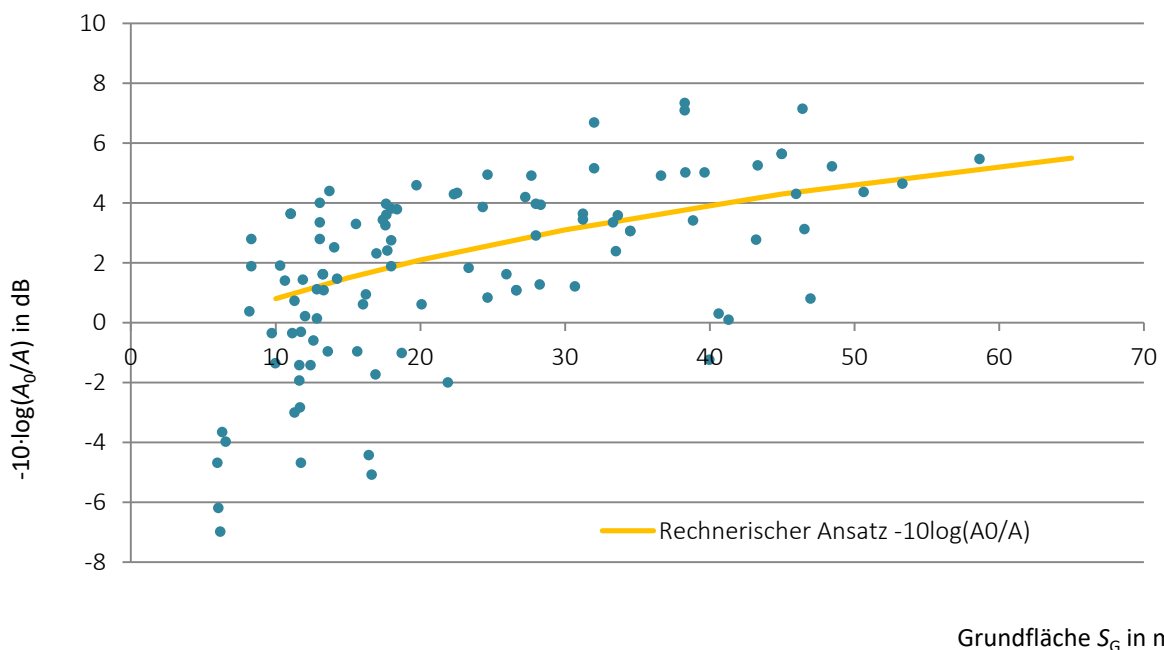


Abb. 6.1: Korrekturglied $-10 \cdot \log(A_0/A)$ aus Messdaten und mit rechnerischem Ansatz

Die gute Übereinstimmung des rechnerischen Ansatzes (gelbe Linie) mit der Messwertwolke in Abb. 6.1 zeigt, dass die Nachhallkorrektur mithilfe einer gleitenden Normierung geeignet ist, tatsächlich vorhandene raumakustische Verhältnisse besser nachzuvollziehen.

² Der beschriebene Ansatz lässt sich als $A = 5,6 + 0,45 \cdot S_G$ formulieren.

7. Verwendete Unterlagen

- [1] DIN 4109 Teil 1 *Schallschutz im Hochbau - Mindestanforderungen* (01/2018)
- [2] DIN 4109 Teil 5 *Schallschutz im Hochbau - Erhöhte Anforderungen* (08/2020)
- [3] DIN 4109 Beiblatt 2 *Schallschutz im Hochbau; Hinweise für Planung und Ausführung; Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz; Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich* (11/1989)
- [4] VDI 4100 *Schallschutz im Hochbau - Wohnungen - Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz* (10/2012)
- [5] DIN EN ISO 16032 *Akustik – Messung des Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Standardverfahren* (12/2004)
- [6] DIN EN ISO 10052 *Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden* (10/2010)
- [7] DIN 45645-1 *Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen - Geräuschemissionen in der Nachbarschaft* (07/1996)
- [8] DIN 8989 *Schallschutz in Gebäuden – Aufzüge* (08/2019)
- [9] DEGA-Empfehlung 103 *Schallschutz im Wohnungsbau - Schallschutzausweis* (01/2018)