



Bernd Saß

## **Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten für Bauelemente zur Integration in DIN 4109-35**

Bernd Saß

# Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten für Bauelemente zur Integration in DIN 4109-35

**T 3398**

T 3398

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2023

ISBN 978-3-7388-0831-5

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB** | Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

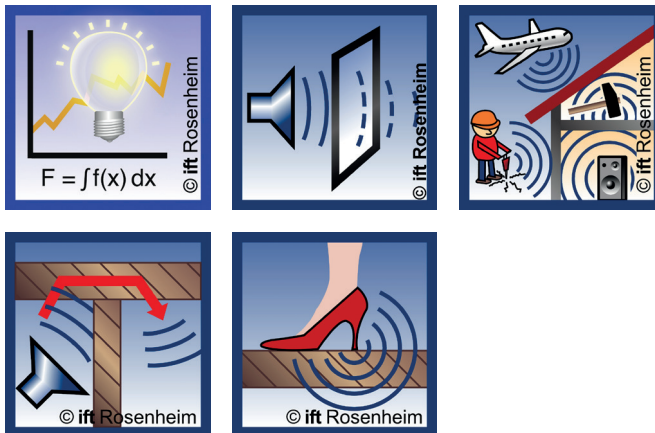
E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

---

## Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten für Bauelemente zur Integration in DIN 4109-35

---







## Abschlussbericht

<b>Thema</b>	<b>Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten für Bauelemente zur Integration in DIN 4109-35</b>
<b>Gefördert durch</b>	Deutsches Institut für Bautechnik Kolonnenstraße 30 B 10829 Berlin
<b>Forschungsstelle</b>	ift Rosenheim Theodor-Gietl-Straße 7–9 83026 Rosenheim
<b>Bearbeiter</b>	Bernd Saß
<b>Projektleiter</b>	Bernd Saß
<b>Institutsleitung</b>	Prof. Jörn Peter Lass

Rosenheim, November 2022





## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Projektziel</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Begriffe und Formelzeichen</b>	<b>3</b>
2.1	Begriffe	3
2.2	Formelzeichen	4
<b>3</b>	<b>Schalldämmung von Einfachfenstern mit MIG</b>	<b>5</b>
3.1	Datenerfassung	5
3.1.1	Filterkriterien	6
3.1.2	Schalldämmung der Füllung	6
3.2	Statistische Analyse	8
3.3	Schlussfolgerungen	9
3.4	Vorschlag für Vorgehensweise bei Einfachfenstern	10
<b>4</b>	<b>Schalldämmung von Verbundfenstern</b>	<b>11</b>
4.1	Datenerfassung	11
4.1.1	Filterkriterien	12
4.1.2	Schalldämmung der Füllung	12
4.2	Statistische Analyse	13
4.3	Schlussfolgerungen	15
4.4	Vorschlag für Vorgehensweise bei Verbundfenstern	16
<b>5</b>	<b>Schalldämmung von Kastenfenstern</b>	<b>17</b>
5.1	Datenerfassung	17
5.1.1	Filterkriterien	18
5.1.2	Schalldämmung der Füllung	18
5.2	Statistische Analyse	18
5.3	Schlussfolgerungen	20
5.4	Vorschlag für Vorgehensweise bei Kastenfenstern	21
<b>6</b>	<b>Schalldämmung von Glas</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Schalldämmung von Rollladenkästen</b>	<b>25</b>
7.1	Datenerfassung	25
7.2	Statistische Analyse	27
7.3	Schlussfolgerungen	28
7.4	Vorschlag für Vorgehensweise bei Rollladenkästen	29
<b>8</b>	<b>Schalldämmung von Fugen</b>	<b>31</b>
8.1	Datenerfassung	31



8.2	Statistische Analyse	32
8.2.1	Fugen, die während der Nutzungszeit geöffnet werden können	33
8.2.2	Fugen, die während der Nutzungszeit dauerhaft abgedichtet werden	33
8.3	Schlussfolgerungen	34
8.4	Vorschlag für Vorgehensweise bei Fugen	35
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>37</b>
9.1	Vorschlag für Einfachfenster mit MIG	37
9.2	Vorschlag für Verbundfenster	37
9.3	Vorschlag für Kastenfenstern	38
9.4	Vorschlag für Glas	38
9.5	Vorschlag für Rollladenkästen	39
9.6	Vorschlag für Öffnungen und Fugen	39
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>41</b>
<b>11</b>	<b>Danksagung</b>	<b>43</b>
<b>12</b>	<b>Anlagen</b>	<b>45</b>



## 1 Einleitung und Projektziel

Beim Nachweis der Schalldämmung der Gebäudehülle bestehen aktuell entsprechend DIN 4109-1: 2018 "nur" Anforderungen an das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  als kennzeichnende Größe. Das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  ist jedoch nur bedingt ein geeigneter Maßstab um die schalltechnische Eignung von Außenbauteilen gegenüber Außenlärm aus unterschiedlichen Schallquellen mit stark variierender spektraler Zusammensetzung zu beschreiben. Daher wird hinsichtlich der Anforderung an die Schalldämmung von Außenbauteilen in den derzeitigen Regelwerken und Verordnungen mit pauschalen Sicherheitsaufschlägen gearbeitet, welche aber die tatsächlichen Schalldämmspektren der konkreten Außenbauteile nicht direkt berücksichtigen.

Im Frühjahr 2021 wurde das durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) geförderte und durch Müller-BBM bearbeitete Forschungsvorhaben „Schallschutz gegen Außenlärm“ (AZ P 52-5-5.125-2036/19) abgeschlossen. Es wird darin vorgeschlagen, zukünftig die Anforderung und den Nachweis des Schallschutzes gegen Außenlärm auf Basis der Spektrum-Anpassungswerte aus DIN EN ISO 717-1 zu regeln und die Norm entsprechend zu überarbeiten. Nachzeitigem Diskussionsstand im zuständigen Normungsausschuss NA 005-55-74 AA ist zu erwarten, dass der Vorschlag umgesetzt wird.

Damit ist es auch erforderlich auf Bauteildaten zur Schalldämmung von Außenbauteilen inklusive der Spektrum-Anpassungswerte zurückgreifen zu können. In den in DIN 4109-35 enthaltenen Bauteilkatalogen sind jedoch nicht für alle Bauelemente Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$  enthalten [3]. Primäres Ziel dieses Forschungsvorhabens ist daher die Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten  $C$  und  $C_{tr}$  für Bauelemente zur Integration in den Bauteilkatalog der DIN 4109-35.

Da bei Schallprüfungen seit vielen Jahren die Spektrum-Anpassungswerte mit erfasst werden sollen die Bauteildaten auf der Basis bestehender Messungen ermittelt werden. Basis sind die aus Schallmessungen im Labor des ift Rosenheim gespeicherten Bauteildaten. Ergänzende Schallmessungen und eine externe Datenrecherche sind nicht vorgesehen, um den Aufwand in Grenzen zu halten.

In den entsprechenden Abschnitten der DIN 4109-35 existieren bereits Angaben zu den  $C$ - und  $C_{tr}$ -Werten für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas, Mehrscheiben-Isolierglas und Vorhangfassaden. Das gilt auch für das neue Kapitel Paneele, das in den Bauteilkatalog integriert werden soll. Die Kapitel für Vorhangfassaden sowie Paneele wurden erst vor kurzem entwickelt.

Für die Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas ist zu überprüfen, ob die bewerteten Schalldämm-Maße sowie Spektrum-Anpassungswerte noch den aktuellen Stand der Technik wiedergeben. In den Abschnitten für Verbund- und Kastenfenster, Rollladenkästen, Öffnungen und Fugen werden zu den  $C$ - und  $C_{tr}$ -Werten keine Angaben gemacht. Hier müssen nach Möglichkeit die entsprechenden Spektrum-Anpassungswerte ermittelt

werden. Gleichzeitig ist zu überprüfen, ob die bewerteten Schalldämm-Maße für diese Produkte noch aktuell sind.

Im Abschnitt Fenster sind auch Angaben für Einfachfenster mit Einfachglas zu finden. Da diese Konstruktion keine aktuelle Bauweise für Fenster ist, wird auf eine Thematisierung verzichtet, auch weil dazu keine aktuellen Messdaten vorliegen werden.

In dem Abschnitt zu Türen werden zu Spektrum-Anpassungswerten ebenfalls keine Angaben gemacht. Da es sich hier im Wesentlichen um Bauteile für den Innenbereich von Gebäuden handelt, wird eine Überarbeitung im Kontext der Außenlärmmthematik nicht durchgeführt.



## 2 Begriffe und Formelzeichen

### 2.1 Begriffe

In diesem Kapitel werden die in diesem Bericht verwendeten Begriffe erläutert. Die Erläuterungen ersetzen nicht die in den zitierten Normen enthaltenen Begriffsdefinitionen, sie dienen der Klarstellung des Begriffes für die Anwendung dieses Berichtes.

<b>Begriff</b>	<b>Erläuterung</b>
Doppelmessung	Messung eines Elementes in 2 Zuständen, z.B. Rollläden eingerollt und herabgelassen oder Lüfter geöffnet und geschlossen
Diagnosemessung	Ergänzende Messung zur Fehlersuche, z.B. mit Abdichtung von Fugen oder Beschwerung von Teilen des Prüfelementes
Einfachfenster	Fensterkonstruktion bestehend aus einem Blendrahmen und einem Flügelrahmen [12]
Kastenfenster	Fensterkonstruktion aus zwei hintereinander eingebauten Fenstern [12]
Labyrinthdichtung	Ein Dichtungssystem in zwei Ebenen mit einer im Labyrinth geführten Luftführung
MIG	Kürzel für Mehrscheiben-Isolierglas
Normformat	Elementformat 1,23 m × 1,48 m für die Prüfung im Fensterprüfstand nach DIN EN ISO 10140-5 Abschnitt 4.3.4 [10]
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid, Früher gebräuchliches Füllgas in Mehrscheiben-Isolierglas zur Verbesserung der Schalldämmung, das mittlerweile nicht mehr verwendet werden darf (und wird).
Stulp	Bauart von zweiflügeligen Fenstern mit Stand- und Gangflügel
SZR	Kürzel für Scheibenzwischenraum, angegeben in mm
Verbundfenster	Fensterkonstruktion mit einem Blendrahmen und zwei aufeinander befestigten Flügelrahmen (Haupt- und Verbundflügel) [12]
VSG	Kürzel für Verbundsicherheitsglas
VSG akustik	Kürzel für Verbund(sicherheits)glas mit einer Folienzwischenlage, die zur Verbesserung der schalldämmenden Eigenschaften modifiziert wurde

## 2.2 Formelzeichen

Zeichen	Erläuterung	Einheit
$A_0$	Bezugs-Absorptionsfläche für die Auswertung von Normschallpegeldifferenzen, i.d.R. ist $A_0 = 10 \text{ m}^2$	$\text{m}^2$
C	Spektrum-Anpassungswert unter Berücksichtigung von Spektrum 1 nach DIN EN ISO 717-1 [11]	dB
$C_{tr}$	Spektrum-Anpassungswert unter Berücksichtigung von Spektrum 2 nach DIN EN ISO 717-1 [11]	dB
$D_{n,e}$	Norm-Schallpegeldifferenz kleiner Bauteile, bezogen auf $A_0 = 10 \text{ m}^2$ , gemessen nach DIN EN ISO 10140-2 (spektral) [9]	dB
$D_{n,e,w}$	Einzahlangabe der Norm-Schallpegeldifferenz, bewertet nach DIN EN ISO 717-1 [11]	dB
R	Schalldämm-Maß, bezogen auf die Bauteilfläche S, gemessen nach DIN EN ISO 10140-2 (spektral) [9]	dB
$R_w$	Einzahlangabe des Schalldämm-Maßes, bewertet nach DIN EN ISO 717-1 [11]	dB
$R_{w,R}$	Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes mit Berücksichtigung des Vorhaltemaßes (Kenngröße veraltet, Verfahren nach DIN 4109:1989)	dB
$R_s$	Fugenschalldämm-Maß, bezogen auf die Länge einer Fuge l, gemessen nach DIN EN ISO 10140-1 (spektral) [9]	dB
$R_{s,w}$	Einzahlangabe des Fugenschalldämm-Maßes, bewertet nach DIN EN ISO 717-1 [11]	dB
$R_A$	Alternatives Symbol für die Einzahlangabe unter Berücksichtigung des Spektrum-Anpassungswertes C ( $R_w+C$ )	dB
$R_{A,tr}$	Alternatives Symbol für die Einzahlangabe unter Berücksichtigung des Spektrum-Anpassungswertes $C_{tr}$ ( $R_w+C_{tr}$ )	dB
S	Bauteilfläche	$\text{m}^2$
$u_{prog}$	Sicherheitsbeiwert nach DIN 4109-2:2016, i.d.R für Außenbauteile 2 dB	dB



### 3 Schalldämmung von Einfachfenstern mit MIG

In diesem Kapitel werden die Analysen zur Luftschalldämmung von Einfachfenstern mit Mehrscheiben-Isolierglas betrachtet. Basis der Betrachtung ist Tabelle 1 aus der DIN 4109-35 [3]. Diese Tabelle 1 enthält bereits Angaben zu den Spektrum-Anpassungswerten. Die Tabelle wurde in den 1990-er Jahren erstellt und spiegelt damit den Stand aus dieser Zeit wieder [19]. Ziel der Analyse hier ist es die Aktualität der tabellierten Daten zu überprüfen.

Die durchgeführten Analysen wurden getrennt für die Einzahlangaben des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_w$ ,  $R_w+C$  und  $R_w+C_{tr}$  durchgeführt. Die Aufgabenstellung bezieht sich auf Angaben der Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$ , die aus den Terzbandwerten des Schalldämm-Maßes im Frequenzbereich von 100 Hz bis 3150 Hz ermittelt werden. Der erweiterte Frequenzbereich von 50 Hz bis 5 kHz wird hier also nicht betrachtet; somit wurde auf die Analyse zu dem erweiterten Frequenzbereich von 50 Hz bis 80 Hz bzw. 4000 Hz bis 5000 Hz verzichtet, auch um den Aufwand in Grenzen zu halten.

Auch haben die Voruntersuchungen zu Einzahlangaben im Rahmen des gestoppten Normungsprojektes zu ISO 16717 mit Einzahlangaben ab 50 Hz gezeigt, dass für Elemente mit Isolierverglasung keine signifikanten Einflüsse auf die Schalldämmung zu erwarten sind bei der Betrachtung des erweiterten Frequenzbereiches ab 50 Hz bis 5000 Hz [17].

#### 3.1 Datenerfassung

Für die Analyse wurden MS-Excel-basierte Datensammlungen erstellt. Dazu wurde eine Analyse im Messdatenarchiv „Auswert“ des ift Rosenheim durchgeführt [16]. Berücksichtigt wurden dabei Messungen ab dem Jahr 2000.

Die Tabelle enthält insgesamt 6670 Messungen aus einer Vielzahl von Prüfaufträgen. In dieser Menge sind auch viele Messungen enthalten, die für die weitere Analyse nicht geeignet sind und daher aus der Analyse herausgenommen wurden.

Folgende Merkmale einer Messung führten dazu, Messergebnisse nicht bei der Analyse zu berücksichtigen.

- Messungen mit Brandschutzverglasungen oder Paneelfüllungen
- Diagnosemessungen, z.B. nach Abdichten der Funktionsfuge
- Sonderkonstruktionen wie Klappläden, Fenster mit Oberlicht
- Fenster mit Lüfter, Prallscheibe oder Rollläden
- Fenster mit heute veralteten Verglasungen, die  $SF_6$  oder GH-Scheiben enthalten
- Sonderprüfungen wie Messungen mit Montagezargen

Nach Ausschluss dieser, für die weitere Auswertung ungeeigneten, Messungen bleiben für die Analyse 3818 einzelne Messungen, von denen 3440 Messungen an Elementen im Normformat durchgeführt worden sind. Dokumentiert sind Elemente aus den

Rahmenmaterialien Aluminium, Holz, Kunststoff und Stahl sowie Kombinationen aus den Materialien.

### 3.1.1 Filterkriterien

Zur Datenanalyse wurden Filterkriterien festgelegt, anhand derer die weitere Analyse durchgeführt worden ist. Diese Kriterien sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

**Tabelle 1** Filterkriterien für Einfachfenster mit MIG

<b>Feld</b>	<b>Beschreibung</b>
Schalldämmung der Füllung	Wert $R_w$ ( $C;C_{tr}$ ) in dB ohne Abzug eines Vorhaltemaßes, siehe auch 3.1.2
Isolierglas	2-fach oder 3-fach, Geometrischer Aufbau
Dichtungen	Anordnung als Außen-, Mittel und / oder Innendichtung
Normformat	Ja / Nein
Rahmenmaterial	z.B. Aluminium, Holz, Stahl
Bauart	Einflügelig, Stulp, Festfeld ...

### 3.1.2 Schalldämmung der Füllung

Die Schalldämmung von Einfachfenstern hängt wesentlich von der Schalldämmung der verwendeten (Glas-) Füllung ab. Daher ist es erforderlich, im Zuge der Datenerfassung jeder dokumentierten Füllung ein bewertetes Schalldämm-Maß zuzuordnen, entsprechend der Vorgehensweise der Tabelle 1 aus DIN 4109-35. Eine gesonderte Zuordnung der Spektrum-Anpassungswerte zur Schalldämmung der Glasfüllungen erfolgte nicht.

In einem Teil der erfassten Messungen ist die Schalldämmung der eingebauten Glasfüllung dokumentiert; in diesen Fällen wurde hier die benannte Schalldämmung verwendet.

Für den Teil der Messungen, dem keine Angaben zur Schalldämmung der Füllung zu entnehmen sind, wurden für die geprüften Glasaufbauten Schalldämm-Maße ermittelt auf Basis der nachfolgend dargestellten Tabelle 2.

**Tabelle 2** Mittelwerte zur Schalldämmung  $R_w$  ( $C;C_{tr}$ ) von Isolierglasaufbauten, in dB

Aufbau	Summe der Scheibenzwischenräume SZR			
	$\leq 12$	$>12..16$	$>16..24$	$>24$
4-SZR-4	29 (-1;-3)	30 (-1;-4)	32 (-1;-5)	33 (-1;-5)
6-SZR-4	33 (-1;-4)	34 (-1;-5)	35 (-2;-6)	37 (-2;-6)
6-SZR-6		33 (-1;-3)		37 (-2;-6)
8-SZR-4	35 (-2;-5)	36 (-2;-5)	36 (-2;-5)	37 (-2;-6)
8-SZR-6	36 (-2;-4)	36 (-2;-4)	38 (-2;-6)	39 (-2;-5)
10-SZR-4		37 (-2;-6)	38 (-2;-6)	
10-SZR-6		38 (-2;-5)	40 (-2;-4)	41 (-1;-4)
6 VSG-SZR-4		35 (-1;-3)	37 (-2;-5)	
6 VSG-SZR-6 VSG		37 (-2;-6)	38 (-2;-7)	
8 VSG-SZR-6	37 (-2;-5)	39 (-2;-6)	41 (-2;-6)	
8 VSG-SZR-6 VSG			41 (-2;-7)	
8 VSG-SZR-8 VSG	37 (-1;-5)	39 (-2;-6)	40 (-2;-6)	
6 VSG akustik-SZR-6		39 (-2;-6)		
8 VSG akustik-SZR-4		38 (-1;-5)		
8 VSG akustik-SZR-6		41 (-2;-7)	42 (-2;-7)	44 (-3;-7)
8 VSG akustik-SZR-8		42 (-2;-6)	43 (-2;-6)	
8 VSG akustik-SZR-10		44 (-2;-6)		
10 VSG akustik-SZR-6			42 (-2;-6)	44 (-2;-6)
10 VSG akustik-SZR-8		43 (-2;-6)		46 (-2;-7)
12 VSG akustik-SZR-8		42 (-1;-5)		
8 VSG akustik-SZR-8 VSG akustik			45 (-2;-7)	46 (-2;-7)
10 VSG akustik-SZR-8 VSG akustik			47 (-2;-7)	
10 VSG akustik-SZR-10 VSG akustik			47 (-1;-5)	
12 VSG akustik-SZR-8 VSG akustik		47 (-2;-6)	49 (-2;-6)	50 (-2;-6)

Bei Dreifach-Isolierglas werden für die Anwendung der Tabelle die Scheibenzwischenräume addiert; beispielsweise ergibt sich für den Glasaufbau 6/12/4/12/4 eine Summe der Scheibenzwischenräume von  $12\text{ mm} + 12\text{ mm} = 24\text{ mm}$ .



Diese Tabelle wurde im Zuge eines Forschungsprojektes zu Vorhangfassaden auf Basis des Messdatenarchives „Auswert“ des ift Rosenheim erstellt und enthält typisierte Schalldämm-Maße von gängigen Glasfüllungen [16], [21]; die Daten wurden erfasst als Mittelwert ohne Abzug einer Standardabweichung. Die Angaben basieren auf einer Grundgesamtheit von 611 Glasmessungen an Zweifach- und Dreifach Isolierverglasungen mit einer Gasfüllung aus Luft und / oder Argon. Weitere Einzelheiten zu der Tabelle sind in Abschnitt 3.1.2 dieses Forschungsberichtes dokumentiert.

### 3.2 Statistische Analyse

Mit Hilfe der Filterungsfunktion des Programms MS Excel wurde die Datensammlung sortiert und ausgewertet. Ein Beispiel für eine Auswertung einer solchen Filterung ist nachfolgend in Tabelle 3 wiedergegeben.

**Tabelle 3** Beispiel für eine statistische Auswertung einer Filterung am Beispiel Einfachfenster, Glasfüllung 4/12/4/12/4

	$R_w$	$R_w+C$	$R_w+C_{tr}$	Anzahl n	$R_w$	C	$C_{tr}$
Mittelwert	33,6	31,9	28,2	57	34	-2	-5
Min	31	30	27				
Max	36	34	30				
<u>Stabw</u>	0,95	0,84	0,90	abzgl. 1 Stabw	33	-2	-5

In dem Beispiel hat die Filterung einen Stichprobenumfang von  $n = 57$  Messungen ergeben. Von den bewerteten Schalldämm-Maßen  $R_w$  und den Summen aus  $R_w$  und den Spektrum-Anpassungswerten  $R_w + C$  und  $R_w + C_{tr}$ , ( $R_A$  bzw.  $R_{A,tr}$ ), wurden Mittelwert, der Wertebereich (Min = Mindestwert, Max = Maximalwert) und die Standardabweichung bestimmt. Zudem wurde der Wert mit Abzug einer Standardabweichung ermittelt und auf ganzzahlige Werte gerundet. Diese Analyse erfolgt um die Genauigkeit der Filterung besser einschätzen zu können. Die Daten wurden erfasst als Mittelwert ohne Abzug einer Standardabweichung entsprechend der in DIN 4109-2:2018 beschriebenen Vorgehensweise, bei der ein Sicherheitsbeiwert erst nach Betrachtung der gesamten Konstruktion (das ist hier das gesamte Außenbauteil) als  $u_{prog}$  zu berücksichtigen ist.

In dieser Weise wurden Filterungen u.a. nach dem Glasaufbau, der Schalldämmung des Glases, der Dichtungsanordnungen und der Bauart durchgeführt, wie sie in Kapitel 3.1.1 beschrieben worden sind. Die ausgewählten Kriterien orientieren sich an den Angaben aus Tabelle 1 der DIN 4109-35. Auf eine Wiedergabe der einzelnen Filterungen wird aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

Ohne weitere Filterung ergibt die Datenbasis von 3440 Messungen von Einfachfenstern im Normformat einen Spektrum-Anpassungswert von  $C = -1$  dB bzw.  $C_{tr} = -5$  dB als Mittelwert. Der festgestellte Wertebereich liegt für den Spektrum-Anpassungswert C bei -5 bis 0 dB



und für den Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  bei -10 bis -1 dB. In der Anlage Bild A 1 ist dazu eine Häufigkeitsverteilung und ein Wertebereich grafisch dargestellt. Der Bereich der hier dokumentierten Schalldämm-Maße von Einfachfenstern mit MIG reicht bis zu einem Wert von  $R_w \leq 50$  dB,  $R_w+C \leq 49$  dB und  $R_w+C_{tr} \leq 48$  dB.

Mit Filterung der Konstruktionsmerkmale nach DIN 4109-35 Tabelle 1 wurden Daten erfasst die zum Vergleich mit der bestehenden Tabelle herangezogen werden. Gefiltert wurde nach den Merkmalen Einfachfenster im Normformat, Stulpfenster und Festverglasungen.

Die Tabelle 1 enthält weitere Korrektursummanden wie für Aluminium-Holzfenster, kleine Fenster, Fenster mit großen Einzelscheiben und Fenster mit glasteilenden Sprossen. Für diese Merkmale wurden keine aktuellen Filterungen vorgenommen um den Aufwand der Datenanalyse in Grenzen zu halten, da der Fokus auf den Spektrum-Anpassungswerten liegt und nicht auf der Revision der Tabelle 1.

Das Ergebnis des Vergleiches findet sich in der Anlage Tabelle A 1 bis Tabelle A 3. Darin sind die Daten aus der DIN 4109-35 enthalten und werden mit dem Ergebnis der aktuellen Datenanalyse verglichen. Es ergibt sich eine Differenz zwischen den tabellierten Werten und den neu ermittelten Werten. Diese wird dargestellt in der Spalte Differenz in der Form

$$R_{w,neu} - R_{w,DIN\ 4109-35} \quad ([R_w+C]_{neu} - [R_w+C]_{DIN\ 4109-35}; [R_w + C_{tr}]_{neu} - [R_w+C_{tr}]_{DIN\ 4109-35}).$$

Ein Beispiel für einen Eintrag ist „0 (0; 1)“.

„0“ bedeutet hier, dass das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  und die Summe aus  $R_w+C$  nach Tabelle 1 aus DIN 4109-35 durch die Datenanalyse bestätigt worden ist.

„1“ bedeutet das die Summe aus  $R_w$  und  $C_{tr}$  aus DIN 4109-35 Tabelle 1 um ein dB geringer ausfällt als das Ergebnis der Datenanalyse.

Positive Zahlenwerte bedeuten, dass der dazu gehörende Wert aus DIN 4109-35 auf der sicheren Seite im Sinne einer Prognose der Schalldämmung liegt, ein negativer Zahlenwert bedeutet eine unsichere Prognose und ist in den Tabellen rot gekennzeichnet.

### 3.3 Schlussfolgerungen

Der durchgeführte Datenabgleich zeigt, dass die Bauteildaten aus DIN 4109-35 Tabelle 1 auch durch aktuelle Messungen im Wesentlichen bestätigt werden.

Auffällig ist zum einen, dass es negative Differenzen für die Zeile 5 und 6 der Tabelle gibt. Schaut man sich die dazugehörigen Messungen an liegen in diesem Bereich die Dreifach-Glasaufbauten mit 4 mm Glas, z.B. 4/16/4/16/4. Dreifach-Isolierglasaufbauten waren zum

Zeitpunkt der Erstellung der Tabelle 1 noch nicht Stand der Technik. Hier hat sich die Fenstertechnik weiterentwickelt.

Zum anderen fällt auf, dass der Datenabgleich für Glasaufbauten mit höherer Schalldämmung keine negativen Differenzen ergeben hat, zum Teil liegen die Zahlenwerte bei 2 bis 3 dB, also höher als nach Tabelle 1 zu erwarten ist.

Die am häufigsten festgestellten Differenzen zwischen der Tabelle 1 und dem aktuellen Datenabgleich betragen 0 dB bis 1 dB.

Hinsichtlich der Spektrum-Anpassungswerte sind über die Streuung, die solche Analysen naturgemäß haben, keine signifikanten Unterschiede zwischen der Tabelle 1 und der hier durchgeführten neuen Analyse festzustellen.

Da bei der aktuellen Analyse auf eine externe Datenerfassung verzichtet wurde basieren die Aussagen auf den Prüfergebnissen aus den Laboren des ift Rosenheim. Somit sind Unterschiede zwischen den Laboren nicht erfasst.

Als Ergebnis kann festgestellt werden, dass die in Stichproben erfolgte Überprüfung der Tabelle 1 aus DIN 4109-35 ergeben hat, dass die Angaben auch für die Schalldämmung von heutigen Fensterkonstruktionen aktuell sind. Es zeigt sich ein leichter Einfluss durch Dreifach-Isolierglas. Für eine vollständige Überarbeitung der Tabelle reichen die hier durchgeführten Analysen jedoch nicht aus.

Es wird empfohlen die Tabelle in der bisherigen Form zu belassen.

### 3.4 Vorschlag für Vorgehensweise bei Einfachfenstern

Tabelle 1 aus DIN 4109 spiegelt die Schalldämmung von Einfachfenstern mit Mehrscheiben-Isolierglas auch für heutige Fensterkonstruktionen in ausreichender Genauigkeit wieder, eine Überarbeitung der Tabelle erscheint im Rahmen der Aufgabenstellung, Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$  für Bauteildaten zu ermitteln, nicht zwingend erforderlich zu sein.

Für Einfachfenster mit Isolierglas wurden nachfolgend beschriebene Mittelwerte für die Spektrum-Anpassungswerte ermittelt. Diese Werte können herangezogen werden, wenn Angaben von Spektrum-Anpassungswerten für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas fehlen.

Spektrum-Anpassungswert  $C$  für Einfachfenster mit MIG:  $C = -1$  dB  
Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  für Einfachfenster mit MIG:  $C_{tr} = -5$  dB.



## 4 Schalldämmung von Verbundfenstern

In diesem Kapitel werden die Analysen zur Luftschalldämmung von Verbundfenstern betrachtet. Im Vergleich zu Einfachfenstern werden Verbundfenster heutzutage deutlich seltener verwendet, da die Konstruktion aufwändiger ist. Basis der Betrachtung ist Tabelle 2 aus der DIN 4109-35 [3]. Diese Tabelle 2 enthält keine Angaben zu den Spektrum-Anpassungswerten. Die Tabelle wurde in den 1980-er Jahren erstellt und spiegelt damit den Stand der Technik aus dieser Zeit wieder [18], [20]. Ziel der Analyse hier ist es die Aktualität der tabellierten Daten zu überprüfen und zu schauen ob dazu Spektrum-Anpassungswerte ermittelt werden können.

Die durchgeführten Analysen wurden getrennt für die Einzahlangaben des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_w$ ,  $R_w+C$  und  $R_w+C_{tr}$  durchgeführt. Die Aufgabenstellung bezieht sich auf Angaben der Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$ , die aus den Terzbandwerten des Schalldämm-Maßes im Frequenzbereich von 100 Hz bis 3150 Hz ermittelt werden. Der erweiterte Frequenzbereich von 50 Hz bis 5 kHz wird hier nicht betrachtet.

### 4.1 Datenerfassung

Für die Analyse wurden MS-Excel-basierte Datensammlungen erstellt. Dazu wurde eine Analyse im Messdatenarchiv „Auswert“ des ift Rosenheim durchgeführt [16]. Die Tabelle enthält insgesamt 962 Messungen aus einer Vielzahl von Prüfaufträgen. In dieser Menge sind auch viele Messungen enthalten, die für die weitere Analyse nicht geeignet sind und daher aus der Analyse herausgenommen wurden.

Folgende Merkmale einer Messung führten dazu, Messergebnisse nicht bei der Analyse zu berücksichtigen.

- Diagnosemessungen, z.B. nach Abdichten der Funktionsfuge
- Sonderkonstruktionen wie Dachfenster, Türkonstruktionen, Fassaden
- Fenster mit Lüfter oder Prallscheibe
- Sonderprüfungen wie Messungen mit Paneelfüllung

Nach Ausschluss dieser, für die weitere Auswertung ungeeigneten, Messungen bleiben für die Analyse 519 einzelne Messungen, von denen 514 Messungen an Elementen im Normformat durchgeführt worden sind. Dokumentiert sind Elemente aus den Rahmenmaterialien Aluminium, Holz und Kunststoff sowie Kombinationen aus den Materialien.

### 4.1.1 Filterkriterien

Zur Datenanalyse wurden Filterkriterien festgelegt, anhand derer die weitere Analyse durchgeführt worden ist. Diese Kriterien sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

**Tabelle 4** Filterkriterien für Verbundfenster

Feld	Beschreibung
Schalldämmung der Füllung	Wert $R_w$ ( $C;C_{tr}$ ) in dB ohne Abzug eines Vorhaltemaßes, siehe auch 3.1.2, getrennt für Außen- und Innenflügel
Glasaufbau	Geometrischer Aufbau, getrennt für Außen- und Innenflügel
Glasabstand	Zwischen Außen- und Innenflügel
Dichtungen	In Innenflügel und / oder Außenflügel
Normformat	Ja / Nein
Rahmenmaterial	z.B. Aluminium, Holz

### 4.1.2 Schalldämmung der Füllung

Die Schalldämmung von Verbundfenstern hängt wesentlich von der Schalldämmung der verwendeten Glasfüllung ab und der Anordnung der verwendeten Scheiben mit dem dazugehörigen Abstand. Im Zuge der Datenerfassung wurde jeder dokumentierten Füllung getrennt für Außen- und Innenflügel, ein bewertetes Schalldämm-Maß zugeordnet mit der Erwartung, dadurch weitere Erkenntnisse für die Beschreibung der Schalldämmung von Verbundfenstern zu ermöglichen.

Die Zuordnung der Schalldämmung bei Mehrscheiben-Isolierglasscheiben erfolgte nach dem in Abschnitt 3.1.2, Tabelle 2 beschriebenen Verfahren.

In Verbundfenstern werden auch monolithische Scheiben verbaut, häufiger im äußeren Flügelrahmen. Auch für diese Bauart ist es sinnvoll eine Angabe zur Schalldämmung zu verwenden, um unterschiedliche Glastypen besser miteinander vergleichen zu können. Zu diesem Zweck wurde ebenfalls im Forschungsprojekt zur Schalldämmung von Vorhangfassaden eine Tabelle erstellt mit Angaben zur Schalldämmung von monolithischen Scheiben [21].

Die Tabelle ist nachfolgend auszugsweise wiedergegeben, mit den Angaben zur Schalldämmung von monolithischen Scheiben, vgl. Tabelle 5. Weitere Einzelheiten zu der Tabelle sind in Abschnitt 4.4 dieses Forschungsberichtes dokumentiert.

Die Daten wurden erfasst als Mittelwert ohne Abzug einer Standardabweichung. Bei den Daten aus EN 12758 wurde eine Standardabweichung berücksichtigt.

**Tabelle 5** Schalldämmung von monolithischen Scheiben

Glastyp [mm]	Datenquelle							Festgelegter Wert
	DIN EN 12758			ift Archiv				
	R <sub>w</sub> [dB]	C [dB]	C <sub>tr</sub> [dB]	n	R <sub>w</sub> [dB]	C [dB]	C <sub>tr</sub> [dB]	R <sub>w</sub> [dB]
4 mm Float	29	-2	-3					<b>29</b>
6 mm Float	31	-2	-3	2	32	-2	-3	<b>31</b>
8 mm Float	32	-2	-3	2	33	-1	-3	<b>32</b>
10 mm Float	33	-2	-3	12	34	-1	-3	<b>33</b>
12 mm Float	34	0	-2	1	35	-1	-3	<b>34</b>
8 VSG	33	-1	-3	16	34	-1	-2	<b>33</b>
8 VSG akustik				21	36	-1	-3	<b>36</b>
10 VSG	34	-1	-3	13	35	-1	-3	<b>34</b>
10 VSG akustik				16	37	-1	-3	<b>37</b>
12 VSG	35	-1	-3	11	36	-1	-2	<b>35</b>
12 VSG akustik				17	39	-1	-3	<b>39</b>
15 VSG	36	-1	-3	15	37	-1	-2	<b>36</b>
18 VSG				16	37	0	-2	<b>37</b>

## 4.2 Statistische Analyse

Mit Hilfe der Filterungsfunktion des Programms MS Excel wurde die Datensammlung sortiert und ausgewertet. Ein Beispiel für eine Auswertung einer solchen Filterung ist nachfolgend in Tabelle 6 wiedergegeben.

**Tabelle 6** Beispiel für eine statistische Auswertung einer Filterung am Beispiel Verbundfenster, Glasfüllung 4 – 43 -4/12/4

	R <sub>w</sub>	R <sub>w</sub> +C	R <sub>w</sub> +C <sub>tr</sub>	Anzahl n	R <sub>w</sub>	C	C <sub>tr</sub>
Mittelwert	36,0	34,3	30,0	4	36	-2	-6
Min	34	32	28				
Max	40	38	33				
<u>Stabw</u>	2,35	2,28	1,87	abzgl. 1 Stabw	34	-2	-6

In dem Beispiel hat die Filterung einen Stichprobenumfang von n = 4 Messungen ergeben. Von den bewerteten Schalldämm-Maßen R<sub>w</sub> und den Summen aus R<sub>w</sub> und den Spektrum-Anpassungswerten R<sub>w</sub> + C und R<sub>w</sub> + C<sub>tr</sub>, (R<sub>A</sub> bzw. R<sub>A,tr</sub>), wurden Mittelwert, der Wertebereich (Min = Mindestwert, Max = Maximalwert) und die Standardabweichung bestimmt. Zudem

wurde der Wert mit Abzug einer Standardabweichung ermittelt und auf ganzzahlige Werte gerundet. Diese Analyse erfolgt um die Genauigkeit der Filterung besser einschätzen zu können. Die Daten wurden erfasst als Mittelwert ohne Abzug einer Standardabweichung entsprechend der in DIN 4109-2:2018 beschriebenen Vorgehensweise, bei der ein Sicherheitsbeiwert erst nach Betrachtung der gesamten Konstruktion (das ist hier das gesamte Außenbauteil) als  $u_{\text{prog}}$  zu berücksichtigen ist.

In dieser Weise wurden Filterungen u.a. nach dem Glasaufbau und in Abhängigkeit der Schalldämmung der Verbundfenster durchgeführt. Letzteres um zu schauen ob die Spektrum-Anpassungswerte vom Niveau der Schalldämmung abhängig sind. Die ausgewählten Kriterien orientieren sich an den Angaben aus Tabelle 2 der DIN 4109-35. Auf eine Wiedergabe der einzelnen Filterungen wird aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

Ohne weitere Filterung ergibt die Datenbasis von 519 Messungen von Verbundfenstern einen Spektrum-Anpassungswert von  $C = -2$  dB bzw.  $C_{\text{tr}} = -6$  dB als Mittelwert. Der festgestellte Wertebereich liegt für den Spektrum-Anpassungswert  $C$  bei  $-3$  bis  $0$  dB und für den Spektrum-Anpassungswert  $C_{\text{tr}}$  bei  $-10$  bis  $-2$  dB. In der Anlage Bild A 2 ist dazu eine Häufigkeitsverteilung und ein Wertebereich grafisch dargestellt. Der Bereich der hier dokumentierten Schalldämm-Maße von Verbundfenstern reicht bis zu einem Wert von  $R_w \leq 55$  dB,  $R_w + C \leq 54$  dB und  $R_w + C_{\text{tr}} \leq 50$  dB.

Mit Filterung der Konstruktionsmerkmale nach DIN 4109-35 Tabelle 2 wurden Daten erfasst die zum Vergleich mit der bestehenden Tabelle herangezogen werden. Gefiltert wurde nach den Merkmalen Glasaufbau und Dichtungen in Innen und / oder Außenflügel.

Das Ergebnis des Vergleiches findet sich in der Anlage Tabelle A 4. Darin sind die Daten aus der DIN 4109-35 enthalten und werden mit dem Ergebnis der aktuellen Datenanalyse verglichen. Es ergibt sich eine Differenz zwischen den tabellierten Werten und den neu ermittelten Werten.

Diese wird dargestellt in der Spalte Differenz in der Form

$$R_{w,\text{neu}} - R_{w,\text{DIN 4109-35}} \left( [R_w + C]_{\text{neu}} - [R_w + C]_{\text{DIN 4109-35}}; [R_w + C_{\text{tr}}]_{\text{neu}} - [R_w + C_{\text{tr}}]_{\text{DIN 4109-35}} \right).$$

Ein Beispiel für einen Eintrag ist „3 (-; -)“.

„3“ bedeutet hier, dass das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  aus DIN 4109-35 Tabelle 2 um drei dB geringer ausfällt als das Ergebnis der Datenanalyse. Da Tabelle 2 keine Spektrum-Anpassungswerte enthält sind vergleichende Angaben nicht möglich und mit „-“ gekennzeichnet. Positive Zahlenwerte bedeuten, dass der dazu gehörende Wert aus DIN 4109-35 auf der sicheren Seite im Sinne einer Prognose der Schalldämmung liegt.



Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass die Tabelle 2 aus DIN 4109-35 ohne Änderung der Zahlenwerte auf der Tabelle 40a der DIN 4109 Bbl. 1/A1 von 2003 basiert, in der Rechenwerte  $R_{w,R}$  ausgewiesen wurden, die das Vorhaltemaß von 2 dB berücksichtigen [5].

### 4.3 Schlussfolgerungen

Der durchgeführte Datenabgleich zeigt, dass die Bauteildaten für Verbundfenster aus DIN 4109-35 Tabelle 2 konservativ sind, also auf der sicheren Seite liegen. Allerdings ist es schwierig einen Datenabgleich durchzuführen da die hier erfassten Fensterkonstruktionen und speziell die verwendeten Glasaufbauten sich in aller Regel deutlich von den Tabellenwerten unterscheiden. Das betrifft die verwendeten Glastypen und den Abstand der Scheiben zueinander, wie auch zusätzliche Ausstattungsmerkmale wie Raffstore oder Dichtungsanordnungen zwischen den Flügelrahmen (sogenannte Labyrinthdichtungen). In der Datensammlung sind 519 Messungen für Datenanalysen verwertbar, davon waren jedoch nur 8 Messungen für den Vergleich mit den in DIN 4109-35 Tabelle 2 tabellierten Daten geeignet.

Die Datensammlung zeigt auch, dass über die Hälfte der verwertbaren Messdaten, die in Gänze einen Zeitraum von etwa 30 Jahren abdecken, jünger als 10 Jahre sind (330 einzelne Messungen); das Verbundfenster ist demnach im Labor des ift Rosenheim in den letzten Jahren wieder mehr in den Blickpunkt geraten zur Entwicklung schalldämmender Bauteile. Nur lassen sich diese Konstruktionen nicht mit der Tabelle 2 aus DIN 4109 beschreiben; diese Tabelle deckt in Punkte Verbundfenster demnach aktuelle Konstruktionen nicht vollständig ab.

Die Datenanalyse zeigt auch, dass die Schalldämmung von Verbundfenstern über das in Tabelle 2 beschriebene Niveau (bis  $R_w = 45$  dB) hinausragt, was ebenfalls für eine Überarbeitung der Tabelle spricht.

Als Ergebnis kann festgestellt werden, dass die Tabelle 2 aus DIN 4109-35 für Verbundfenster nicht aktuell ist in Hinblick auf die heutige Fenstertechnik; die enthaltenen Daten sind auf der deutlich sicheren Seite. Da die Zielsetzung dieses Projektes auf der Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten liegt ist eine Aktualisierung der Tabelle in diesem Zuge nicht vorgesehen. Es wird empfohlen nach Möglichkeit eine neue aktualisierte Tabelle zu erstellen.

Hinsichtlich der Spektrum-Anpassungswerte konnte ein charakteristischer Wert für C und  $C_{tr}$  von Verbundfenstern ermittelt werden, das gilt für den gesamten festgestellten Wertebereich der Schalldämmung.



#### 4.4 Vorschlag für Vorgehensweise bei Verbundfenstern

Die Schalldämmung von Verbundfenstern wird durch Tabelle 2 aus DIN 4109-35 nur sehr eingeschränkt wiedergegeben, die Tabelle ist nicht aktuell. Eine Überarbeitung der Tabelle ist im Rahmen der hier gestellten Aufgabenstellung, Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$  für Bauteilarten zu ermitteln, nicht vorgesehen, würde aber ggf. Sinn machen, auch da der Wertebereich für die Schalldämmung von Verbundfenstern über das in Tabelle 2 beschriebene Niveau hinausgeht.

Für die Anwendung der Tabelle 2 könnten die nachfolgend beschriebenen Mittelwerte für die Spektrum-Anpassungswerte von Verbundfenstern ermittelt werden. Diese Werte können auch herangezogen werden, wenn Angabe von Spektrum-Anpassungswerten für Verbundfenster fehlen:

Spektrum-Anpassungswert  $C$  für Verbundfenster:  $C = -2 \text{ dB}$  und  
Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  für Verbundfenster:  $C_{tr} = -6 \text{ dB}$ .



## 5 Schalldämmung von Kastenfenstern

In diesem Kapitel werden die Analysen zur Luftschalldämmung von Kastenfenstern betrachtet. Die Vorgehensweise ähnelt der Vorgehensweise im vorherigen Kapitel für Verbundfenster. Im Vergleich zu Einfachfenstern werden Kastenfenster heutzutage deutlich seltener verwendet, da die Konstruktion aufwändiger ist. In den vergangenen Jahren wurde die Kastenfensterkonstruktion als Basis für das sogenannte Hafencityfenster herangezogen, um das Thema Schalldämmung und Lüftung miteinander zu kombinieren. Das Thema Lüftung ist nicht Bestandteil dieser Ausarbeitung; Basis der Betrachtung ist Tabelle 2 aus der DIN 4109-35 [3].

Diese Tabelle 2 enthält keine Angaben zu den Spektrum-Anpassungswerten. Die Tabelle wurde in den 1980-er Jahren erstellt und spiegelt damit den Stand aus dieser Zeit wieder [18], [20]. Ziel der Analyse auch hier ist es die Aktualität der tabellierten Daten zu überprüfen und zu schauen ob dazu Spektrum-Anpassungswerte ermittelt werden können.

Die durchgeführten Analysen wurden getrennt für die Einzulangaben des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_w$ ,  $R_w+C$  und  $R_w+C_{tr}$  durchgeführt. Die Aufgabenstellung bezieht sich auf Angaben der Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$ , die aus den Terzbandwerten des Schalldämm-Maßes im Frequenzbereich von 100 Hz bis 3150 Hz ermittelt werden. Der erweiterte Frequenzbereich von 50 Hz bis 5 kHz wird hier nicht betrachtet.

### 5.1 Datenerfassung

Für die Analyse wurden MS-Excel-basierte Datensammlungen erstellt. Dazu wurde eine Analyse im Messdatenarchiv „Auswert“ des ift Rosenheim durchgeführt [16]. Die Tabelle enthält insgesamt 535 Messungen aus einer Vielzahl von Prüfaufträgen. In dieser Menge sind auch viele Messungen enthalten, die für die weitere Analyse nicht geeignet sind und daher aus der Analyse herausgenommen wurden.

Folgende Merkmale einer Messung führten dazu, Messergebnisse nicht bei der Analyse zu berücksichtigen.

- Diagnosemessungen, z.B. nach Abdichten der Funktionsfuge
- Sonderkonstruktionen wie Fenster mit Rollläden
- Fenster mit Lüfter, Lüftungseinrichtung oder Prallscheibe

Nach Ausschluss dieser, für die weitere Auswertung ungeeigneten, Messungen bleiben für die Analyse 194 einzelne Messungen, von denen 95 Messungen an Elementen im Normformat durchgeführt worden sind. Dokumentiert sind Elemente aus den Rahmenmaterialien Aluminium, Holz und Kunststoff sowie Kombinationen aus den Materialien.

### 5.1.1 Filterkriterien

Zur Datenanalyse wurden Filterkriterien festgelegt, anhand derer die weitere Analyse durchgeführt worden ist. Diese Kriterien sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

**Tabelle 7** Filterkriterien für Kastenfenster

<b>Feld</b>	<b>Beschreibung</b>
Schalldämmung der Füllung	Wert $R_w$ ( $C;C_{tr}$ ) in dB ohne Abzug eines Vorhaltemaßes, siehe auch 3.1.2, getrennt für Außen- und Innenfenster
Glasaufbau	Geometrischer Aufbau, getrennt für Außen- und Innenfenster
Glasabstand	Zwischen Außen und Innenflügel
Dichtungen	In Innenflügel und / oder Außenfenster
Normformat	Ja / Nein
Absorbierende Leibung	Ja / Nein
Rahmenmaterial	z.B. Aluminium, Holz

### 5.1.2 Schalldämmung der Füllung

Die Schalldämmung von Kastenfenstern hängt wesentlich von der Schalldämmung der verwendeten Glasfüllungen, dem Abstand und der Anordnung der verwendeten Scheiben ab. Im Zuge der Datenerfassung wurde jeder dokumentierten Füllung, getrennt für Außen- und Innenfenster, ein bewertetes Schalldämm-Maß zugeordnet mit der Erwartung, dadurch weitere Erkenntnisse für die Beschreibung der Schalldämmung von Verbundfenstern zu ermöglichen.

Die Zuordnung der Schalldämmung bei Mehrscheiben-Isolierglasscheiben erfolgte nach dem in Abschnitt 3.1.2, Tabelle 2 beschriebenen Verfahren. Für monolithische Scheiben wurde das Verfahren verwendet das auch bei der Analyse von Verbundfenstern angewendet wurde in Kapitel 4.1.2, Tabelle 5.

## 5.2 Statistische Analyse

Mit Hilfe der Filterungsfunktion des Programms MS Excel wurde die Datensammlung sortiert und ausgewertet. Ein Beispiel für eine Auswertung einer solchen Filterung ist nachfolgend in Tabelle 8 wiedergegeben.



**Tabelle 8** Beispiel für eine statistische Auswertung einer Filterung am Beispiel Kastenfenster, Glasfüllung 3 - 100 – 3, Fenster ohne Dichtungen

	$R_w$	$R_w+C$	$R_w+C_{tr}$	Anzahl n	$R_w$	C	$C_{tr}$
Mittelwert	29,7	27,7	25,3	3	30	-2	-4
Min	22	21	21				
Max	34	31	29				
<u>Stabw</u>	5,44	4,71	3,30	abzgl. 1 Stabw	24	-1	-2

In dem Beispiel hat die Filterung einen Stichprobenumfang von  $n = 3$  Messungen ergeben. Von den bewerteten Schalldämm-Maßen  $R_w$  und den Summen aus  $R_w$  und den Spektrum-Anpassungswerten  $R_w + C$  und  $R_w + C_{tr}$ , ( $R_A$  bzw.  $R_{A,tr}$ ), wurden Mittelwert, der Wertebereich (Min = Mindestwert, Max = Maximalwert) und die Standardabweichung bestimmt. Zudem wurde der Wert mit Abzug einer Standardabweichung ermittelt und auf ganzzahlige Werte gerundet. Diese Analyse erfolgt um die Genauigkeit der Filterung besser einschätzen zu können. Die Daten wurden erfasst als Mittelwert ohne Abzug einer Standardabweichung entsprechend der in DIN 4109-2:2018 beschriebenen Vorgehensweise, bei der ein Sicherheitsbeiwert erst nach Betrachtung der gesamten Konstruktion (das ist hier das gesamte Außenbauteil) als  $u_{prog}$  zu berücksichtigen ist.

In dieser Weise wurden Filterungen u.a. nach dem Glasaufbau und in Abhängigkeit der Schalldämmung der Kastenfenster durchgeführt. Letzteres um zu schauen ob die Spektrum-Anpassungswerte vom Niveau der Schalldämmung abhängig sind. Die ausgewählten Kriterien orientieren sich an den Angaben aus Tabelle 2 der DIN 4109-35. Auf eine Wiedergabe der einzelnen Filterungen wird aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

Ohne weitere Filterung ergibt die Datenbasis von 194 Messungen an Kastenfenstern einen Spektrum-Anpassungswert von  $C = -2$  dB bzw.  $C_{tr} = -6$  dB als Mittelwert. Der festgestellte Wertebereich liegt für den Spektrum-Anpassungswert C bei -6 bis -1 dB und für den Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  bei -10 bis -1 dB. In der Anlage Bild A 3 ist dazu eine Häufigkeitsverteilung und ein Wertebereich grafisch dargestellt. Der Bereich der hier dokumentierten Schalldämm-Maße von Kastenfenstern reicht bis zu einem Wert von  $R_w \leq 69$  dB,  $R_w+C \leq 66$  dB und  $R_w+C_{tr} \leq 61$  dB.

Auffällig ist, dass die meisten der dokumentierten Messungen (182 von 194 Messungen) von Kastenfenstern ein bewertetes Schalldämm-Maß von mindesten  $R_w = 45$  dB ergeben haben, bis zu einem bewerteten Schalldämm-Maß von mehr als 60 dB.

Mit Filterung der Konstruktionsmerkmale nach DIN 4109-35 Tabelle 2 wurden Daten erfasst die zum Vergleich mit der bestehenden Tabelle herangezogen werden. Gefiltert wurde nach den Merkmalen Glasaufbau und Dichtungen in Innen und / oder Außenflügel.

Das Ergebnis des Vergleiches findet sich in der Anlage Tabelle A 5. Darin sind die Daten aus der DIN 4109-35 enthalten und werden mit dem Ergebnis der aktuellen Datenanalyse verglichen. Es ergibt sich eine Differenz zwischen den tabellierten Werten und den neu ermittelten Werten.

Diese wird dargestellt in der Spalte Differenz in der Form

$$R_{w,neu} - R_{w,DIN\ 4109-35} ([R_w+C]_{neu} - [R_w+C]_{DIN\ 4109-35}; [R_w + C_{tr}]_{neu} - [R_w+C_{tr}]_{DIN\ 4109-35}).$$

Ein Beispiel für einen Eintrag ist „2 (-; -)“.

„2“ bedeutet, dass das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  aus DIN 4109-35 Tabelle 2 um zwei dB geringer ausfällt als das Ergebnis der Datenanalyse. Da Tabelle 2 keine Spektrum-Anpassungswerte enthält sind vergleichende Angaben nicht möglich und mit „-“ gekennzeichnet. Positive Zahlenwerte bedeuten, dass der dazu gehörende Wert aus DIN 4109-35 auf der sicheren Seite im Sinne einer Prognose der Schalldämmung liegt.

Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass die Tabelle 2 aus DIN 4109-35 ohne Änderung der Zahlenwerte auf der Tabelle 40a der DIN 4109 Bbl. 1/A1 von 2003 basiert, in der Rechenwerte  $R_{w,R}$  ausgewiesen wurden, die das Vorhaltemaß von 2 dB berücksichtigen [5].

### 5.3 Schlussfolgerungen

Der durchgeführte Datenabgleich zeigt, dass die Bauteildaten für Kastenfenster aus DIN 4109-35 Tabelle 2 konservativ sind, also auf der sicheren Seite liegen. Allerdings ist es schwierig einen Datenabgleich durchzuführen da die hier erfassten Fensterkonstruktionen und speziell die verwendeten Glasaufbauten sich in aller Regel deutlich von den Tabellenwerten unterscheiden. Das betrifft die verwendeten Glastypeen und den Abstand der Scheiben zueinander, wie auch zusätzliche Ausstattungsmerkmale wie Dichtungsanordnungen, und Lüftungselementen und absorbierende Laibungen. In der Datensammlung sind 194 Messungen für Datenanalysen verwertbar, davon waren jedoch nur 13 Messungen für den Vergleich mit den in DIN 4109-35 Tabelle 2 tabellierten Daten geeignet.

Die Datensammlung zeigt auch, dass über  $\frac{3}{4}$  der verwertbaren Messdaten, die in Gänze einen Zeitraum von etwa 30 Jahren abdecken, jünger als 10 Jahre sind (159 einzelne Messungen); das Kastenfenster ist im Labor des ift Rosenheim demnach in den letzten Jahren wieder mehr in den Blickpunkt geraten zur Entwicklung schalldämmender Bauteile. Unterstützt wurde dies sicherlich durch die Thematik der sogenannten Hafencityfenster, die das Thema Schalldämmung bei Lüftungsstellung thematisiert. Diese Konstruktionen lassen sich nur nicht mit der Tabelle 2 aus DIN 4109 beschreiben; diese Tabelle deckt demnach im Hinblick auf Kastenfenster aktuelle Konstruktionen nicht vollständig ab.



Die Datenanalyse zeigt zudem, dass die Schalldämmung von Kastenfenstern deutlich über das in Tabelle 2 beschriebene Niveau (bis  $R_w = 45$  dB) hinausragt, was für eine Überarbeitung der Tabelle spricht.

Als Ergebnis kann festgestellt werden dass die Tabelle 2 aus DIN 4109-35 für Kastenfenster nicht aktuell ist in Hinblick auf die heutige Fenstertechnik; die enthaltenen Daten sind auf der sicheren Seite. Da die Zielsetzung dieses Projektes auf der Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten liegt ist eine Aktualisierung der Tabelle in diesem Zuge nicht vorgesehen. Es wird empfohlen nach Möglichkeit eine neue aktualisierte Tabelle zu erstellen.

Hinsichtlich der Spektrum-Anpassungswerte konnte ein charakteristischer Wert für C und  $C_{tr}$  von Kastenfenstern ermittelt werden. Das gilt für den Wertebereich der Schalldämmung bis zu einem Niveau von etwa  $R_w = 55$  dB. Darüber hinaus reduzieren sich die Werte für die Spektrum-Anpassungswerte, besonders für  $C_{tr}$ . Ein Grund für diese Reduktion ist sicherlich in der Prüfanordnung zu suchen, da bei steigender Schalldämmung ein zunehmender Einfluss des Prüfstandes durch die Maximalschalldämmung der Prüfanordnung erfolgt, die Messergebnisse sind dann nicht mehr unabhängig von der Prüfanordnung.

#### 5.4 Vorschlag für Vorgehensweise bei Kastenfenstern

Die Schalldämmung von Kastenfenstern wird, wie bei Verbundfenstern auch, durch Tabelle 2 aus DIN 4109-35 nur sehr eingeschränkt wiedergegeben, die Tabelle ist nicht aktuell. Eine Überarbeitung der Tabelle ist im Rahmen der Aufgabenstellung, Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_{tr}$  für Bauteilarten zu ermitteln, nicht vorgesehen, würde aber Sinn machen, auch da der Wertebereich für die Schalldämmung von Kastenfenstern weit über das in Tabelle 2 beschriebene Niveau hinausgeht.

Für die Anwendung der Tabelle 2 konnten die nachfolgend beschriebenen Mittelwerte für die Spektrum-Anpassungswerte von Kastenfenstern ermittelt werden. Diese Werte können herangezogen werden, wenn Angabe von Spektrum-Anpassungswerten für Verbundfenster fehlen.

Spektrum-Anpassungswert C für Kastenfenster	C = -2 dB und
Spektrum-Anpassungswert $C_{tr}$ für Kastenfenster	$C_{tr}$ = -6 dB.





## 6 Schalldämmung von Glas

Im Kapitel 4.2 der DIN 4109-35 ist eine Bauteiltabelle für die Schalldämmung von Glas und Isolierglas enthalten mit Angaben der bewerteten Schalldämm-Maße  $R_w$  und Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$ . Diese Tabelle entstammt der DIN EN 12758:2011. Im Jahr 2019 wurde diese Norm aktualisiert und die Tabelle für die Schalldämmung von Glas deutlich erweitert, unter anderem für Dreifach-Isolierglas. Eine weitere Neuerung ist die Angabe der Terzbandwerte von 100 Hz bis 5 kHz anstelle von Oktavbandwerten.

Es wird vorgeschlagen die Tabelle 3 aus DIN 4109-35 mit der Tabelle 1 aus DIN EN 12758:2019 zu aktualisieren. Für die Anwendung im Kontext der DIN 4109 kann auf die Angabe der Terzbandwerte verzichtet werden, da diese für den Nachweis nach DIN 4109 Teil 1 nicht erforderlich sind.







## 7 Schalldämmung von Rollladenkästen

In diesem Kapitel werden die Analysen zur Luftschalldämmung von Rollladenkästen betrachtet. Basis der Betrachtung ist Tabelle 6 aus der DIN 4109-35 [3]. Diese Tabelle 6 enthält keine Angaben zu den Spektrum-Anpassungswerten. Die Tabelle wurde in den 1980-er Jahren erstellt und spiegelt damit den Stand aus dieser Zeit wieder [20]. Ziel der Analyse hier ist es die Aktualität der tabellierten Daten nach Möglichkeit zu überprüfen und zu schauen ob dazu Spektrum-Anpassungswerte ermittelt werden können.

Rollladenkästen sind sogenannte kleine technische Bauteile nach der Sichtweise von DIN EN ISO 10140-2 Kapitel 3.4, mit einer Fläche von weniger als 1 m<sup>2</sup> [9]. Für solche Bauteile ist das übliche Messverfahren die Bestimmung der Normschallpegeldifferenz als Kenngröße, bezogen auf eine Bezugs-Absorptionsfläche von  $A_0 = 10 \text{ m}^2$ . Tabelle 6 weist hier ein bewertetes Schalldämm-Maß aus welches auf die stirnseitige Fläche des Rollladenkastens bezogen ermittelt wird. Die Zahlenwerte unterscheiden sich im Verhältnis der Fläche zur Bezugs-Absorptionsfläche von 10 m<sup>2</sup>, meist im Bereich um etwa 15 dB im Zahlenwert. Für den Vergleich der Zahlenwerte muss also eine Umrechnung erfolgen vom Zahlenniveau der Normschallpegeldifferenz  $D_{n,e}$  auf das Niveau des Schalldämm-Maßes  $R$ .

Prüfberichte zur Messung der Luftschalldämmung von Rollladenkästen weisen meist beide Kenngrößen aus ( $D_{n,e}$  und  $R$ ), häufig als sogenannte Doppelmessung in den beiden Zuständen mit aufgezogenem und herabgelassenem Rollladenpanzer aus. In der Planung wird dann üblicherweise der geringere der beiden Zahlenwerte für die Planung verwendet.

Die durchgeführten Analysen wurden getrennt für die Einzulangaben der bewerteten Normschallpegeldifferenz  $D_{n,e,w}$ ,  $D_{n,e,w}+C$  und  $D_{n,e,w}+C_{tr}$  und des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_w$ ,  $R_w+C$  und  $R_w+C_{tr}$  durchgeführt. Die Aufgabenstellung bezieht sich auf Angaben der Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$ , die aus den Terzbandwerten des Schalldämm-Maßes im Frequenzbereich von 100 Hz bis 3150 Hz ermittelt werden. Die  $C$  und  $C_{tr}$ -Werte sind Anpassungswerte und damit prinzipiell für beide Kenngrößen gültig, da sich die Anpassungswerte aus der spektralen Betrachtung ergeben, die bei beiden Kenngrößen gleich ist, nur parallel verschoben. Der erweiterte Frequenzbereich von 50 Hz bis 5 kHz wird hier nicht betrachtet.

### 7.1 Datenerfassung

Für die Analyse wurden MS-Excel-basierte Datensammlungen erstellt. Dazu wurde eine Analyse im Messdatenarchiv „Auswert“ des ift Rosenheim durchgeführt [16]. Die Tabelle enthält insgesamt 3969 einzelne Messungen aus einer Vielzahl von Prüfaufträgen, meist gepaart zu Doppelmessungen. In dieser Menge sind auch viele Messungen enthalten, die für die weitere Analyse nicht geeignet sind und daher aus der Analyse herausgenommen wurden.

Folgende Merkmale einer Messung führten dazu, Messergebnisse nicht bei der Analyse zu berücksichtigen.

- Diagnosemessungen, z.B. nach Abdichten der Funktionsfuge
- Sonderkonstruktionen wie Lamellenelemente
- Rollladenkästen mit Lüfter

Nach Ausschluss dieser, für die weitere Auswertung ungeeigneten, Messungen bleiben für die Analyse 2802 einzelne Messungen. Dokumentiert sind Bauarten als Aufsatzkasten, Sturzkasten, Einputz-Aufsatzkasten, Storenkasten und Elementen als Leibungselement. Basismaterialien für die Rollladenkästen sind EPS, PVC, PUR, Holzwerkstoffe und Ziegel, zum Teil verputzt, sowie Kombinationen aus den Materialien.

Zur Datenanalyse wurden Filterkriterien festgelegt, anhand derer die weitere Datenanalyse durchgeführt worden ist. Diese sind in den nachfolgenden Tabellen aufgelistet.

**Tabelle 9** Filterkriterien für Rollladenkästen

<b>Feld</b>	<b>Beschreibung</b>
Bauart	z.B. Aufsatzkasten, Sturzkasten
Behang	Rollladenpanzer, Raffstore
Antrieb	Gurt, Motorisch
Revision	Innen oder außen
Beschwerung	Ja / Nein, Typ
Material	z.B. PVC, PUR, Ziegel



## 7.2 Statistische Analyse

Mit Hilfe der Filterungsfunktion des Programms MS Excel wurde die Datensammlung sortiert und ausgewertet. Ein Beispiel für eine Auswertung einer solchen Filterung ist nachfolgend in Tabelle 10 wiedergegeben.

**Tabelle 10** Beispiel für eine statistische Auswertung einer Filterung am Beispiel Rollladen-Aufsatzkasten mit Außenrevision

	$D_{n,e,w}$	$D_{n,e,w} + C$	$D_{n,e,w} + C_{tr}$	$R_w$	$R_w + C$	$R_w + C_{tr}$	Anzahl n	$D_{n,e,w}$	$R_w$	C	$C_{tr}$
Mittelwert	57,9	56,4	53,4	43,2	41,7	38,7	39	58	43	-1	-4
Min	48	47	44	32	31	28					
Max	67	65	61	52	50	46					
<u>Stabw</u>	4,83	4,45	4,17	4,74	4,39	4,13	abzgl. 1 Stabw	53	38	-1	-4

In dem Beispiel hat die Filterung einen Stichprobenumfang von  $n = 39$  Messungen ergeben. Von den bewerteten Normschallpegeldifferenzen  $D_{n,e,w}$ ,  $D_{n,e,w} + C$  (bzw.  $D_{n,e,A}$ ) und  $D_{n,e,w} + C_{tr}$  (bzw.  $D_{n,e,Atr}$ ) und den bewerteten Schalldämm-Maßen  $R_w$  mit den Summen aus  $R_w$  und den Spektrum-Anpassungswerten  $R_w + C$  und  $R_w + C_{tr}$ , ( $R_A$  bzw.  $R_{A,tr}$ ), wurden Mittelwert, der Wertebereich (Min = Mindestwert, Max = Maximalwert) und die Standardabweichung bestimmt. Die Standardabweichungen bei den  $D_{n,e}$ - und  $R$ -Werten weichen geringfügig voneinander ab, was daran liegt das die Datenbasis die ganzzahligen Werte für  $D_{n,e,w}$  und  $R_w$  und damit gerundete Werte sind.

Zudem wurde der Wert mit Abzug einer Standardabweichung ermittelt und auf ganzzahlige Werte gerundet. Diese Analyse erfolgt um die Genauigkeit der Filterung besser einschätzen zu können. Die Daten wurden erfasst als Mittelwert ohne Abzug einer Standardabweichung entsprechend der in DIN 4109-2:2018 beschriebenen Vorgehensweise, bei der ein Sicherheitsbeiwert erst nach Betrachtung der gesamten Konstruktion (das ist hier das gesamte Außenbauteil) als  $u_{prog}$  zu berücksichtigen ist.

In dieser Weise wurden Filterungen u.a. nach Bauart und Lage der Revisionsöffnung und in Abhängigkeit der Schalldämmung der Rollladenkästen durchgeführt. Letzteres um zu schauen ob die Spektrum-Anpassungswerte vom Niveau der Schalldämmung abhängig sind. Die ausgewählten Kriterien orientieren sich an den Angaben aus Tabelle 6 der DIN 4109-35. Auf eine Wiedergabe der einzelnen Filterungen wird aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

Ohne weitere Filterung ergibt die Datenbasis von 2802 Messungen von Rollladenkästen einen Spektrum-Anpassungswert von  $C = -1$  dB bzw.  $C_{tr} = -4$  dB als Mittelwert. Der

festgestellte Wertebereich liegt für den Spektrum-Anpassungswert  $C$  bei -5 bis 0 dB und für den Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  bei -12 bis 0 dB. In der Anlage Bild A 4 und Bild A 5 ist dazu eine Häufigkeitsverteilung und ein Wertebereich grafisch dargestellt. Der Bereich der hier dokumentierten Normschallpegeldifferenzen von Rollladenkästen reicht bis zu einem Wert von  $D_{n,e,w} \leq 69$  dB,  $D_{n,e,w}+C \leq 68$  dB und  $D_{n,e,w}+C_{tr} \leq 64$  dB; der Bereich der Schalldämm-Maße reicht bis zu einem Wert von  $R_w \leq 55$  dB,  $R_w+C \leq 53$  dB und  $R_w+C_{tr} \leq 50$  dB.

Die Konstruktionstabelle aus DIN 4109-35 Tabelle 6 lässt sich, auch aufgrund der Architektur der Tabelle, nur eingeschränkt mit einzelnen Messdaten abgleichen, somit wurden exemplarisch zwei Konstruktionsweisen ausgewählt und mit den Angaben in Tabelle 6 verglichen. Das Ergebnis ist in der Anlage Tabelle A 6 enthalten. Es ergeben sich Differenzen zwischen den tabellierten Werten und den neu ermittelten Werten, die nur quantitativ bewertet werden können, da die Filterungen eine sehr große Streuung erbracht haben, die eine zahlenmäßige Bewertung leider nicht zulässt.

### 7.3 Schlussfolgerungen

Der durchgeführte Datenabgleich zeigt, dass die Bauteildaten für Rollladenkästen aus DIN 4109-35 Tabelle 6 konservativ sind, also auf der sicheren Seite liegen. Allerdings ist eine Aussage schwierig aufgrund des Aufbaus der Tabelle, die eine Zuordnung zu bestimmten Konstruktionen nur sehr eingeschränkt zulässt. Die Datenanalyse zeigt, dass die Schalldämmung von Rollladenkästen über das in Tabelle 6 beschriebene Niveau (bis  $R_w = 40$  dB) hinausragt.

Die Datensammlung zeigt auch, dass viele der verwertbaren Messdaten, die in Gänze einen Zeitraum von etwa 30 Jahren abdecken, jünger als 10 Jahre sind. Viele Untersuchungen wurden durchgeführt als Systemnachweis und auch im Zusammenhang mit integrierten Lüftern. Diese Konstruktionen lassen sich aber nicht mit der Tabelle 6 aus DIN 4109 beschreiben; diese Tabelle ist nicht aktuell.

Als Ergebnis kann festgestellt werden das die Tabelle 6 aus DIN 4109-35 für Rollladenkästen nicht aktuell ist; die enthaltenen Daten sind auf der deutlich sicheren Seite. Da die Zielsetzung dieses Projektes auf der Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten liegt ist eine Aktualisierung der Tabelle in diesem Zuge nicht vorgesehen. Es wird empfohlen nach Möglichkeit eine neue aktualisierte Tabelle zu erstellen.

Hinsichtlich der Spektrum-Anpassungswerte konnte ein charakteristischer Wert für  $C$  und  $C_{tr}$  von Rollladenkästen ermittelt werden. Das gilt für den Wertebereich der Schalldämmung bis zu einem Niveau von etwa  $R_w = 45$  dB bzw.  $D_{n,e,w} = 60$  dB. Darüber hinaus reduzieren sich die Werte für die Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und besonders  $C_{tr}$ .



Ein Grund für diese Reduktion ist in der Prüfanordnung zu suchen, da bei steigender Schalldämmung ein zunehmender Einfluss des Prüfstandes durch die Maximalschalldämmung der Prüfanordnung erfolgt, die Messergebnisse sind dann nicht mehr unabhängig von der Prüfanordnung. Das zeigt ein Messbeispiel in der Anlage Bild A 6. In dem Beispiel liegen die Messwerte für die Normschallpegeldifferenz  $D_{n,e}$  in weiten Teilen im Bereich der Maximaldämmung, bis auf die Terzbandwerte von 630 Hz bis 2500 Hz. Das Ergebnis der Messung der Schalldämmung des Rollladenkastens wird hier also deutlich von der Maximalschalldämmung beeinflusst.

Im Labor des ift Rosenheim wird im Regelfall die Maximalschalldämmung der gewählten Prüfanordnung eines Projektes zur Messung von Rollladenkästen mit ermittelt und liegt im Mittelwert bei  $D_{n,e,w} (C;C_{tr}) = 69 (-2;-7)$  dB bzw.  $R_w (C;C_{tr}) = 55 (-2;-7)$  dB.

#### 7.4 Vorschlag für Vorgehensweise bei Rollladenkästen

Die Schalldämmung von Rollladenkästen wird durch Tabelle 6 aus DIN 4109-35 nur sehr eingeschränkt wiedergegeben, die Tabelle ist nicht aktuell. Eine Überarbeitung der Tabelle ist im Rahmen der hier gestellten Aufgabenstellung, Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_{tr}$  für Bauteildaten zu ermitteln, nicht vorgesehen.

Für die Anwendung der Tabelle 6 konnten die nachfolgend beschriebenen Mittelwerte für die Spektrum-Anpassungswerte von Rollladenkästen ermittelt werden. Diese Werte können auch herangezogen werden, wenn Angabe von Spektrum-Anpassungswerten für Rollladenkästen fehlen:

Spektrum-Anpassungswert C für Rollladenkästen:	C = -1 dB und
Spektrum-Anpassungswert $C_{tr}$ für Rollladenkästen:	$C_{tr}$ = -4 dB.

Die Werte gelten gleichermaßen für das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  und die bewertete Normschallpegeldifferenz  $D_{n,e,w}$ .





## 8 Schalldämmung von Fugen

In diesem Kapitel werden die Analysen zur Luftschalldämmung von Öffnungen und Fugen betrachtet. Basis der Betrachtung sind Tabelle 7 und Tabelle 8 aus der DIN 4109-35 [3]. Diese Tabellen enthalten keine Angaben zu den Spektrum-Anpassungswerten. Die Tabellen wurden auf der Basis von Messungen im ift Rosenheim erstellt im Rahmen der Arbeiten zur Erstellung von DIN 4109-35. Ziel der Analyse hier ist es zu schauen ob dazu Spektrum-Anpassungswerte ermittelt werden können.

Die Schalldämmung von Fugen ist Messtechnisch ein Sonderfall, da sie nicht wie bei der Messung der Schalldämmung üblich auf eine Bauteilfläche bezogen ermittelt werden kann. Bestimmt wird ein auf die Länge der Fuge bezogenes sogenanntes Fugenschalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-1 Anhang J [8].

Prüfberichte zur Messung der Fugenschalldämmung weisen demnach ein längenbezogenes Schalldämm-Maß auf. Bei offenbaren Fugen kann zudem eine Wertetabelle in Abhängigkeit der Fugenbreite erstellt werden. Das kann beispielsweise bei Bodendichtungen Sinn machen, wenn die Breite der Bodenfuge unter einer Tür variiert.

Die durchgeführten Analysen wurden für die Einzahlangaben des bewerteten Fugenschalldämm-Maßes  $R_{S,w}$ ,  $R_{S,w}+C$  und  $R_{S,w}+C_{tr}$  durchgeführt. Die Aufgabenstellung bezieht sich auf Angaben der Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$ , die aus den Terzbandwerten des Fugenschalldämm-Maßes im Frequenzbereich von 100 Hz bis 3150 Hz ermittelt werden. Der erweiterte Frequenzbereich von 50 Hz bis 5 kHz wird hier nicht betrachtet.

### 8.1 Datenerfassung

Für die Analyse wurden MS-Excel-basierte Datensammlungen erstellt. Dazu wurde eine Analyse im Messdatenarchiv „Auswert“ des ift Rosenheim durchgeführt [16]. Die Tabelle enthält insgesamt 3479 einzelne Messungen aus einer Vielzahl von Prüfaufträgen. In dieser Menge sind auch viele Messungen enthalten, die für die weitere Analyse nicht geeignet sind und daher aus der Analyse herausgenommen wurden. Dies waren im wesentlichen Diagnosemessungen, Wiederholungsmessungen und Messungen zur Maximalschalldämmung.

Nach Ausschluss dieser, für die weitere Auswertung ungeeigneten, Messungen bleiben für die Analyse 2243 einzelne Messungen. Dokumentiert sind unterschiedliche Bauarten von Falz- und Bodendichtungen sowie Varianten von Bauanschlussfugen mit unterschiedlichen Füllstoffen wie Montageschaum, Dichtbändern oder Mineralwolle.

Zur Datenanalyse wurden Filterkriterien festgelegt, anhand derer die weitere Datenanalyse durchgeführt worden ist. Diese sind in den nachfolgenden Tabellen aufgelistet.



**Tabelle 11** Filterkriterien für Fugen

Feld	Beschreibung
Bauart	Bodendichtung, Falzdichtung, Dichtband, ..
Fugenbreite	In mm
Fugentiefe	In mm
Merkmal	z.B. Kombinationen von Dichtmaterialien

## 8.2 Statistische Analyse

Mit Hilfe der Filterungsfunktion des Programms MS Excel wurde die Datensammlung sortiert und ausgewertet. Ein Beispiel für eine Auswertung einer solchen Filterung ist nachfolgend in Tabelle 12 wiedergegeben.

**Tabelle 12** Beispiel für eine statistische Auswertung einer Filterung am Beispiel Bodendichtung in Holztür mit Passung, Bodenluft 7 mm

	$R_{S,w}$	$R_{S,w}+C$	$R_{S,w}+C_{tr}$	Anzahl n	$R_{S,w}$	C	$C_{tr}$
Mittelwert	47,3	46,1	46,6	42	47	-1	-1
Min	35	34	33				
Max	52	51	52				
<u>Stabw</u>	3,13	3,00	3,22	abzgl. 1 Stabw	44	-1	-1

In dem Beispiel hat die Filterung einen Stichprobenumfang von  $n = 42$  Messungen ergeben. Von den bewerteten Fugenschalldämm-Maßen  $R_{S,w}$  mit den Summen aus  $R_{S,w}$  und den Spektrum-Anpassungswerten  $R_{S,w} + C$  und  $R_{S,w} + C_{tr}$ , ( $R_{S,A}$  bzw.  $R_{S,A,tr}$ ), wurden Mittelwert, der Wertebereich (Min = Mindestwert, Max = Maximalwert) und die Standardabweichung bestimmt.

Zudem wurde der Wert mit Abzug einer Standardabweichung ermittelt und auf ganzzahlige Werte gerundet. Diese Analyse erfolgt um die Genauigkeit der Filterung besser einschätzen zu können. Die Daten wurden erfasst als Mittelwert ohne Abzug einer Standardabweichung entsprechend der in DIN 4109-2:2018 beschriebenen Vorgehensweise, bei der ein Sicherheitsbeiwert erst nach Betrachtung der gesamten Konstruktion als  $u_{prog}$  zu berücksichtigen ist.

In dieser Weise wurden Filterungen u.a. nach Bauart der Fuge und in Abhängigkeit der Fugenschalldämmung durchgeführt. Letzteres um zu schauen ob die Spektrum-Anpassungswerte vom Niveau der Fugenschalldämmung abhängig sind. Die ausgewählten Kriterien orientieren sich an den Angaben aus Tabelle 7 und 8 der DIN 4109-35. Auf eine Wiedergabe der einzelnen Filterungen wird aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.



### 8.2.1 Fugen, die während der Nutzungszeit geöffnet werden können

Für öffnende Fugen mit Dichtungen ergibt sich auf einer Datenbasis von 1503 Messungen ein Spektrum-Anpassungswert von  $C = -1$  dB bzw.  $C_{tr} = -1$  dB als Mittelwert. Der festgestellte Wertebereich liegt für den Spektrum-Anpassungswert  $C$  bei  $-4$  bis  $0$  dB und für den Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  bei  $-5$  bis  $2$  dB. In der Anlage Bild A 7 ist dazu eine Häufigkeitsverteilung und ein Wertebereich grafisch dargestellt. Der Bereich der hier dokumentierten Fugenschalldämmung von öffnenden Fugen reicht bis zu einem Wert von  $R_{S,w} \leq 57$  dB,  $R_{S,w} + C \leq 56$  dB und  $R_{S,w} \leq 55$  dB.

Ab einem bewerteten Fugenschalldämm-Maß von  $R_{S,w} = 50$  dB und höher ändern sich die Spektrum-Anpassungswerte, speziell der  $C_{tr}$ -Wert, zu kleineren Zahlenwerten hin. Das lässt sich, ähnlich wie bei Rollladenkästen oder anderen kleinen Bauteilen, durch den zunehmenden Einfluss der Maximalschalldämmung erklären, also durch einen Einfluss der Prüfanordnung.

Mit Filterung der Konstruktionsmerkmale nach DIN 4109-35 Tabelle 7 wurden Daten erfasst die zum Vergleich mit der bestehenden Tabelle herangezogen werden. Das Ergebnis des Vergleiches findet sich in der Anlage Tabelle A 7. Darin sind die Daten aus der DIN 4109-35 enthalten und werden mit dem Ergebnis der aktuellen Datenanalyse verglichen. Es ergibt sich eine Differenz zwischen den tabellierten Werten und den neu ermittelten Werten.

Diese wird dargestellt in der Spalte Differenz in der Form

$$R_{S,w,neu} - R_{S,w,DIN\ 4109-35} ([R_{S,w}+C]_{neu} - [R_{S,w}+C]_{DIN\ 4109-35}; [R_{S,w} + C_{tr}]_{neu} - [R_{S,w}+C_{tr}]_{DIN\ 4109-35}).$$

Ein Beispiel für einen Eintrag ist „2 (-; -)“.

„2“ bedeutet, dass das bewertete Fugenschalldämm-Maß  $R_{S,w}$  nach DIN 4109-35 Tabelle 7 um zwei dB geringer ausfällt als das Ergebnis der Datenanalyse. Da Tabelle 7 keine Spektrum-Anpassungswerte enthält sind vergleichende Angaben nicht möglich und mit „-“ gekennzeichnet. Positive Zahlenwerte bedeuten, dass der dazu gehörende Wert aus DIN 4109-35 auf der sicheren Seite im Sinne einer Prognose der Schalldämmung liegt.

### 8.2.2 Fugen, die während der Nutzungszeit dauerhaft abgedichtet werden

Für Bauanschlussfugen ergibt sich auf einer Datenbasis von 740 Messungen ein Spektrum-Anpassungswert von  $C = -1$  dB bzw.  $C_{tr} = -3$  dB als Mittelwert. Wertet man die Messungen bis zu einem bewerteten Fugenschalldämm-Maß von  $R_{S,w} = 50$  dB aus, so ergibt sich ein Spektrum-Anpassungswert von  $C = -1$  dB bzw.  $C_{tr} = -1$  dB als Mittelwert, wie bei den öffnenden Fugen auch.

Der festgestellte Wertebereich liegt für den Spektrum-Anpassungswert C bei -10 bis 0 dB und für den Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  bei -10 bis 2 dB. In der Anlage Bild A 8 ist dazu eine Häufigkeitsverteilung und ein Wertebereich grafisch dargestellt. Der Bereich der hier dokumentierten Fugenschalldämmung von Bauteilfugen reicht bis zu einem Wert von  $R_{S,w} \leq 64$  dB,  $R_{S,w} + C \leq 63$  dB und  $R_{S,w} \leq 60$  dB.

Ab einem bewerteten Fugenschalldämm-Maß von etwa  $R_{S,w} = 50$  dB und höher ändern sich die Spektrum-Anpassungswerte, speziell der  $C_{tr}$ -Wert, zu kleineren Zahlenwerten hin. Das lässt sich, ähnlich wie bei Rollladenkästen oder anderen kleinen Bauteilen, durch den zunehmenden Einfluss der Maximalschalldämmung erklären, also durch einen Einfluss der Prüfanordnung. Speziell bei tiefen Frequenzen liegen die Messwerte dann häufig bereits im Bereich der Maximalschalldämmung, die hier also das Messergebnis bestimmt. In dem Messbeispiel in der Anlage Bild A 9 ist erst ab einer Terzbandmittenfrequenz von 500 Hz ein signifikanter Messwert festzustellen; bis zum Terzbandwert von 400 Hz bestimmt die Maximalschalldämmung das Prüfergebnis.

Mit Filterung der Konstruktionsmerkmale nach DIN 4109-35 Tabelle 8 wurden Daten erfasst die zum Vergleich mit der bestehenden Tabelle herangezogen werden. Das Ergebnis des Vergleiches findet sich in der Anlage Tabelle A 8. Darin sind die Daten aus der DIN 4109-35 enthalten und werden mit dem Ergebnis der aktuellen Datenanalyse verglichen. Es ergibt sich eine Differenz zwischen den tabellierten Werten und den neu ermittelten Werten.

Diese wird dargestellt in der Spalte Differenz in der Form

$$R_{S,w,neu} - R_{S,w,DIN\ 4109-35} \left( [R_{S,w}+C]_{neu} - [R_{S,w}+C]_{DIN\ 4109-35}; [R_{S,w} + C_{tr}]_{neu} - [R_{S,w}+C_{tr}]_{DIN\ 4109-35} \right).$$

Ein Beispiel für einen Eintrag ist „2 (-; -)“.

„2“ bedeutet, dass das bewertete Fugenschalldämm-Maß  $R_{S,w}$  nach DIN 4109-35 Tabelle 8 um zwei dB geringer ausfällt als das Ergebnis der Datenanalyse. Da Tabelle 8 keine Spektrum-Anpassungswerte enthält sind vergleichende Angaben nicht möglich und mit „-“ gekennzeichnet. Positive Zahlenwerte bedeuten, dass der dazu gehörende Wert aus DIN 4109-35 auf der sicheren Seite im Sinne einer Prognose der Schalldämmung liegt.

### 8.3 Schlussfolgerungen

Der durchgeführte Datenabgleich zeigt, dass die Bauteildaten für Fugen aus DIN 4109-35 Tabelle 7 und Tabelle 8 konservativ sind, also auf der sicheren Seite liegen. In einigen Bereichen sind die Angaben in den Tabellen mit „≥“ gekennzeichnet, was daran liegt, dass die Kategorie nicht alle Details der verwendeten Materialien oder Bauarten beschreiben kann, die Einfluss auf das Fugenschalldämm-Maß haben. Dazu gehören auch unterschiedlich tiefe Bauteilfugen, da die meisten Messungen an Fugentiefen von 100 mm



vorgenommen wurden. Daher wurde hier nicht der Mittelwert, sondern die Untergrenze des festgestellten Wertebereiches angegeben. In einzelnen Fällen können durch einen konkreten Prüfnachweis auch deutlich höhere Fugenschalldämm-Maße erreicht werden.

Als Ergebnis kann festgestellt werden, dass die Tabellen 7 und 8 aus DIN 4109-35 aktuell sind und die enthaltenen Daten auf der deutlich sicheren Seite liegen. Speziell die Tabelle 8 ließe sich erweitern durch weitere Produkte wie Dichtbänder oder Multifunktionsbänder, dazu liegen mittlerweile Daten vor. Da die Zielsetzung dieses Projektes auf der Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten liegt ist eine Aktualisierung der Tabelle in diesem Zuge nicht vorgesehen. Es wird empfohlen nach Möglichkeit eine neue aktualisierte erweiterte Tabelle 8 zu erstellen.

Hinsichtlich der Spektrum-Anpassungswerte konnte zwar ein Mittelwert für die Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$  von Fugen ermittelt werden mit  $-1$ ; aus pragmatischen Gründen und auch weil die tabellierten Daten auf der deutlich sicheren Seite liegen kann für die Anwendung des Fugenschalldämm-Maßes gesagt werden, dass die Werte nach Tabelle 7 und 8 für die kennzeichnenden Größen  $R_{S,w}$ ,  $R_{S,w} + C$  und  $R_{S,w} + C_{tr}$  gelten; die Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$  also mit  $0$  angenommen werden können.

Das gilt für den Wertebereich der Fugenschalldämmung bis zu einem Niveau von etwa  $R_{S,w} = 50$  dB. Darüber hinaus reduzieren sich die gemessenen Werte für die Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und besonders  $C_{tr}$ , nur liegt dies meist nicht an der Fugenschalldämmung, sondern an der Prüfeinrichtung. Der Einfluss der Maximalschalldämmung wächst mit größer werdendem Fugenschalldämm-Maß. Die Messergebnisse sind dann nicht mehr unabhängig von der Prüfanordnung.

Das zeigt beispielhaft ein Messbeispiel in der Anlage Bild A 9. In dem Beispiel liegen die Messwerte für die Fugenschalldämmung  $R_S$  im Frequenzbereich bis 400 Hz im Bereich der Maximaldämmung. Das Ergebnis der Messung der Fugenschalldämmung wird hier also von der Maximalschalldämmung beeinflusst. Der Einfluss steigt mit höher werdender Fugenschalldämmung bis zu dem Fall das zwischen dem Messwert und der Maximalschalldämmung keine Differenz mehr besteht, wenn also das Prüfelement sehr hoch (Fugen-)schalldämmend ist. Dann sind die Messwerte eine Untergrenze.

Im Labor des ift Rosenheim wird die Maximalschalldämmung der gewählten Prüfanordnung eines Projektes mit bestimmt und liegt im Mittelwert bei  $R_{S,w} (C;C_{tr}) = 59 (-1;-4)$  dB bei offenbaren Fugen bzw.  $R_{S,w} (C;C_{tr}) = 61 (-1;-5)$  dB für Bauteilfugen.

#### **8.4 Vorschlag für Vorgehensweise bei Fugen**

Die Schalldämmung von Öffnungen und Fugen wird durch die Tabellen 7 und 8 aus DIN 4109-35 wiedergegeben. Es wird empfohlen nach Möglichkeit die Tabelle 8 zu erweitern.

Für die Anwendung der Tabellen konnten die nachfolgend beschriebenen Mittelwerte für die Spektrum-Anpassungswerte von Fugen ermittelt werden. Diese Werte können auch herangezogen werden, wenn Angabe von Spektrum-Anpassungswerten für Fugen fehlen:

Spektrum-Anpassungswert  $C$  für Fugen:  $C = 0$  dB und  
Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  für Fugen:  $C_{tr} = 0$  dB.



## 9 Zusammenfassung

Nachfolgend werden die Ergebnisse zu einem Vorschlag für die Ergänzung von Spektrum-Anpassungswerten in DIN 4109-35 und weiteren Hinweisen für die Aktualität der Tabellen zusammengefasst.

Auffällig bei der Sichtung der Unterlagen ist, dass in vielen Bereichen auch Lüftungseinrichtungen untersucht werden, sei es als Fensterfalzlüfter, Lüfter in Rollladenkästen und auch Elemente mit teilgeöffneten Fenstern zur Kombination von Lüftung und Schalldämmung. Das Thema Lüftung wird aktuell in der Auslegung der DIN 4109 nicht thematisiert. Lüftung und Lüftungseinrichtungen sind ein immer aktuelles Thema das eine eigenständige Betrachtung auch hinsichtlich der Schalldämmung fordert. Insofern wäre dies auch ein Thema für zukünftige Arbeiten im Zuge der Erstellung von Bauteilsammlungen.

### 9.1 Vorschlag für Einfachfenster mit MIG

Tabelle 1 aus DIN 4109 spiegelt die Schalldämmung von Einfachfenstern mit Mehrscheiben-Isolierglas auch für heutige Fensterkonstruktionen in ausreichender Genauigkeit wieder.

Das Kapitel 4.1.4 aus DIN 4109-35, Tabelle 1 kann durch nachfolgende Regelung ergänzt werden.

*„Für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas können nachfolgend beschriebene Werte für die Spektrum-Anpassungswerte herangezogen werden, wenn Angaben von Spektrum-Anpassungswerten für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas fehlen.“*

Spektrum-Anpassungswert  $C$  für Einfachfenster mit MIG:  $C = -1 \text{ dB}$   
 Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  für Einfachfenster mit MIG:  $C_{tr} = -5 \text{ dB.}$ “

### 9.2 Vorschlag für Verbundfenster

Die Schalldämmung von Verbundfenstern wird durch Tabelle 2 aus DIN 4109-35 nur sehr eingeschränkt wiedergegeben, die Tabelle ist nicht aktuell. Eine Überarbeitung der Tabelle ist im Rahmen der hier gestellten Aufgabenstellung, Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$  für Bauteildaten zu ermitteln, nicht vorgesehen, würde aber ggf. Sinn machen, auch da der Wertebereich für die Schalldämmung von Verbundfenstern über das in Tabelle 2 beschriebene Niveau hinausgeht.

Das Kapitel 4.1.4 aus DIN 4109-35, Tabelle 2 kann durch nachfolgende Regelung ergänzt werden.

„Für Verbundfenster können die nachfolgend beschriebenen Werte für die Spektrum-Anpassungswerte herangezogen werden, wenn wie in Tabelle 2 Angaben von Spektrum-Anpassungswerten für Verbundfenster fehlen:

Spektrum-Anpassungswert  $C$  für Verbundfenster:  $C = -2 \text{ dB}$  und  
Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  für Verbundfenster:  $C_{tr} = -6 \text{ dB}$ .“

Alternativ könnten die vorgenannten Spektrum-Anpassungswerte in Tabelle 2 der DIN 4109-35 integriert werden. Desweiteren ist zu überprüfen, ob die bewerteten Schalldämmmaße in Tabelle 2 hinsichtlich des Vorhaltemaßes zu korrigieren wären (vgl. Kapitel 4.2).

### 9.3 Vorschlag für Kastenfenstern

Die Schalldämmung von Kastenfenstern wird, wie bei Verbundfenstern auch, durch Tabelle 2 aus DIN 4109-35 nur sehr eingeschränkt wiedergegeben, die Tabelle ist nicht aktuell. Eine Überarbeitung der Tabelle ist im Rahmen der Aufgabenstellung, Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$  für Bauteildaten zu ermitteln, nicht vorgesehen, würde aber Sinn machen, auch da der Wertebereich für die Schalldämmung von Kastenfenstern weit über das in Tabelle 2 beschriebene Niveau hinausgeht.

Das Kapitel 4.1.4 aus DIN 4109-35, Tabelle 2 kann durch nachfolgende Regelung ergänzt werden.

„Für Kastenfenster können die nachfolgend beschriebenen Werte für die Spektrum-Anpassungswerte herangezogen werden, wenn wie in Tabelle 2 Angaben von Spektrum-Anpassungswerten für Kastenfenster fehlen.

Spektrum-Anpassungswert  $C$  für Kastenfenster  $C = -2 \text{ dB}$  und  
Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  für Kastenfenster  $C_{tr} = -6 \text{ dB}$ .“

Alternativ könnten die vorgenannten Spektrum-Anpassungswerte in Tabelle 2 der DIN 4109-35 integriert werden. Desweiteren ist zu überprüfen, ob die bewerteten Schalldämmmaße in Tabelle 2 hinsichtlich des Vorhaltemaßes zu korrigieren wären (vgl. Kapitel 5.2).

### 9.4 Vorschlag für Glas

Es wird vorgeschlagen die Tabelle 3 aus DIN 4109-35 mit der Tabelle 1 aus DIN EN 12758:2019 zu aktualisieren. Für die Anwendung im Kontext der DIN 4109 kann auf die Angabe der Terzbandwerte verzichtet werden, da diese für den Nachweis der Schalldämmung von Außenbauteilen nicht erforderlich sind.



## 9.5 Vorschlag für Rollladenkästen

Die Schalldämmung von Rollladenkästen wird durch Tabelle 6 aus DIN 4109-35 nur sehr eingeschränkt wiedergegeben, die Tabelle ist nicht aktuell. Eine Überarbeitung der Tabelle ist im Rahmen der hier gestellten Aufgabenstellung, Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$  für Bauteildaten zu ermitteln, nicht vorgesehen.

Das Kapitel 4.3.4 aus DIN 4109-35, Tabelle 6 kann durch nachfolgende Regelung ergänzt werden.

*„Für Rollladenkästen können die nachfolgend beschriebenen Werte für die Spektrum-Anpassungswerte herangezogen werden, wenn wie in Tabelle 6 Angaben von Spektrum-Anpassungswerten für Rollladenkästen fehlen:*

Spektrum-Anpassungswert  $C$  für Rollladenkästen:  $C = -1 \text{ dB}$  und  
 Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  für Rollladenkästen:  $C_{tr} = -4 \text{ dB}$ .

*Die Werte gelten gleichermaßen für das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  und die bewertete Normschallpegeldifferenz  $D_{n,e,w}$ .“*

Alternativ könnten die vorgenannten Spektrum-Anpassungswerte in Tabelle 6 der DIN 4109-35 integriert werden.

## 9.6 Vorschlag für Öffnungen und Fugen

Die Schalldämmung von Öffnungen und Fugen wird durch die Tabellen 7 und 8 aus DIN 4109-35 wiedergegeben. Es wird empfohlen nach Möglichkeit die Tabelle 8 zu erweitern.

Das Kapitel 4.5.4 aus DIN 4109-35, Tabelle 7 und 8 kann durch nachfolgende Regelung ergänzt werden.

*„Für Öffnungen und Fugen können die nachfolgend beschriebenen Werte für die Spektrum-Anpassungswerte herangezogen werden, wenn wie in Tabelle 7 und 8 Angaben von Spektrum-Anpassungswerten für Fugen fehlen:*

Spektrum-Anpassungswert  $C$  für Fugen:  $C = 0 \text{ dB}$  und  
 Spektrum-Anpassungswert  $C_{tr}$  für Fugen:  $C_{tr} = 0 \text{ dB}$ .“

Alternativ könnten die vorgenannten Spektrum-Anpassungswerte in Tabelle 7 und 8 der DIN 4109-35 integriert werden.







## 10 Literaturverzeichnis

- [1] DIN 4109-1:2018-01, "Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen"
- [2] DIN 4109-2:2018-01, "Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen"
- [3] DIN 4109-35:2016-07, "Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden"
- [4] DIN 4109-35/A1: 2019-12, "Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden; Änderung A1"
- [5] Beiblatt 1 / A1 zu DIN 4109: 2003-09, "Schallschutz im Hochbau – Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren; Änderung A1" "
- [6] DIN EN 12758:2019-12, "Glas im Bauwesen – Glas und Luftschalldämmung – Produktbeschreibungen, Bestimmung der Eigenschaften und Erweiterungsregeln"
- [7] DIN EN 14351-1:2016-12, „Fenster und Türen-Produktnorm, Leistungseigenschaften, Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit“
- [8] DIN EN ISO 10140-1:2021-09, " Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 1: Anwendungsregeln für bestimmte Produkte (ISO 10140-1:2021)"
- [9] DIN EN ISO 10140-2:2021-09, "Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 2: Messung der Luftschalldämmung (ISO 10140-2:2021)"
- [10] DIN EN ISO 10140-5:2021-09, " Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 5: Anforderungen an Prüfstände und Prüfeinrichtungen (ISO 10140-5:2021)"
- [11] DIN EN ISO 717-1: 2021-05, "Akustik; Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung (ISO 717-1:2020)"
- [12] DIN EN 12519: 2019-02, "Fenster und Türen - Terminologie "
- [13] DIN EN 12354-1:2000, "Bauakustik; Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen "
- [14] DIN EN ISO 12354-3: 2017-11, „Bauakustik –Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 3: Luftschalldämmung von Außenbauteilen gegen Außenlärm“
- [15] DIN EN ISO 12999-1:2021-04, " Akustik Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik - Teil 1: Schalldämmung (ISO 12999-1:2020)"
- [16] Messdatenarchiv „Auswert“ des ift Rosenheim, Labor Bauakustik (nicht veröffentlicht)
- [17] Unterlagen zum Normungsprojekt von ISO TC 43 SC 2 und CEN TC 126 zum Normungsprojekt ISO 16717 (zwischenzeitlich gestoppt, nicht veröffentlicht)
- [18] Froelich H: Forschungsbericht "Beispielsammlung bewährter Schallschutzfensterkonstruktionen“ ift Rosenheim, 1981-09
- [19] Froelich H., Saß B., Schumacher R.: Forschungsbericht "Überarbeitung von DIN 4109, Beiblatt 1, Tabelle 40“ ift Rosenheim, 1999-06
- [20] VDI 2719: 1987-08, "Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen"
- [21] Abschlussbericht zum Forschungsprojekt „Erarbeitung eines Bauteilkataloges zur Ermittlung der Luftschalldämmung sowie Längsschalldämmung von Vorhangfassaden“, des **ift**-Rosenheim, März 2017, gefördert durch das BBSR im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau
- [22] Abschlussbericht zum Forschungsprojekt „Erarbeitung eines Bauteilkatalogs zur Ermittlung der Luftschalldämmung von opaken Ausfachungen“, des **ift**-Rosenheim, Dezember 2019, gefördert durch das BBSR im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau





## 11 Danksagung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des DIBt gefördert (Aktenzeichen P52-5-5.126.2089.22).

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.



## 12 Anlagen

**Tabelle A 1** Abgleich der Angaben aus DIN 4109-35 Tabelle 1 mit den aktualisierten Messdaten des ift Rosenheim (Angabe der Mittelwerte ohne Abzug einer Standardabweichung).

DIN 4109-35 Tabelle 1							Datenanalyse			Vergleich Tabelle / Datenanalyse		
Zeile	Glasaufbau		R <sub>w,Glas</sub> dB	Dichtung	R <sub>w</sub> dB	C dB	C <sub>tr</sub> dB	R <sub>w</sub> dB	C dB	C <sub>tr</sub> dB	Differenz in dB	Bemerkung Hinweise
	d <sub>Ges</sub> mm	SZR mm										
1	≥ 6	≥ 8	27	Keine	25			Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
2	≥ 6	≥ 12	30	1	30			32	-1	-4	2 (-; -)	Glas 4/12/4
								34	-2	-5	4 (-; -)	
3	≥ 4+4	≥ 12	30	1	33	-2	-5	32	-1	-4	-1 (0; 0)	Glas 4/12/4
								34	-2	-5	1 (1; 1)	
4	≥ 4+4	≥ 16	30	1	34	-2	-6	34	-2	-5	0 (0; 1)	Glas 4/16/4
								34	-2	-5	0 (0; 1)	
5	≥ 6+4	≥ 12	32	1	35	-2	-4	37	-1	-4	2 (3; 2)	Glas 6/12/4
								34	-2	-5	-1 (-1;-2)	Wert durch 4/12/4/12/4
6	≥ 6+4	≥ 16	33	1	36	-1	-4	37	-2	-5	1 (0; 0)	Glas 6/16/4
								35	-2	-5	-1 (-2;-2)	Wert durch 4/16/4/16/4
7	≥ 6+4	≥ 16	35	1	37	-1	-4	37	-2	-5	0 (-1;-1)	Glas 6/16/4
								37	-2	-5	0 (-1;-1)	
8	≥ 8+4	≥ 16	38	2	38	-2	-5	38	-1	-4	0 (1; 1)	Glas 8/16/4
								39	-2	-5	1 (1; 1)	
9	≥ 10+4	≥ 20	39	2	39	-2	-5	39	-2	-5	0 (0; 0)	Glas 10/20/4
								40	-2	-5	1 (1; 1)	
10			40	2	40	-2	-5	41	-2	-4	1 (1; 2)	
11			41	2	41	-2	-5	41	-2	-5	0 (0; 0)	
12			44	2	42	-2	-5	43	-1	-4	1 (2; 2)	
13			46	2	43	-2	-4	45	-1	-5	2 (3; 1)	
14			49	2	44	-1	-4	46	-1	-4	2 (2; 2)	
15			51	2	45	-1	-5	47	-1	-3	2 (2; 4)	

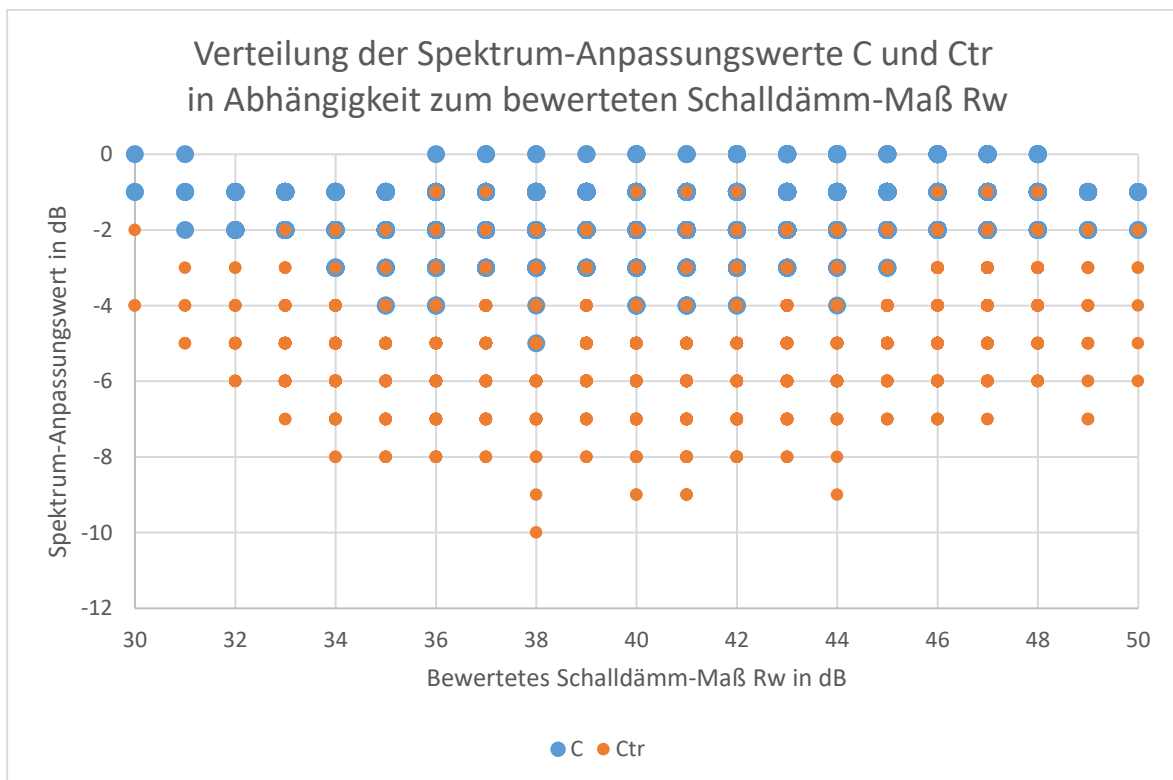
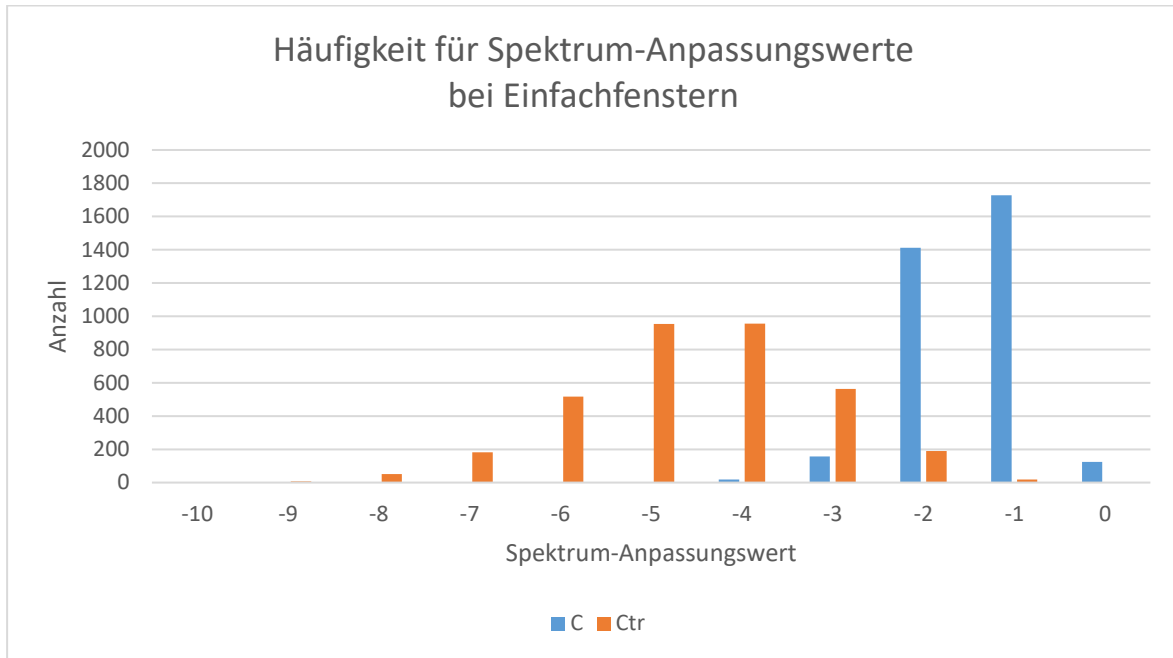
**Tabelle A 2** Abgleich der Angaben aus DIN 4109-35 Tabelle 1 für Stulpfenster mit den aktualisierten Messdaten des ift Rosenheim (Angabe der Mittelwerte ohne Abzug einer Standardabweichung).

DIN 4109-35 Tabelle 1, mit Korrektur Stulpfenster $K_S$						Datenanalyse			Vergleich Tabelle / Datenanalyse	
Zeile	$R_{w,Glas}$ dB	Dichtung	$R_w$ dB	C dB	$C_{tr}$ dB	$R_w$ dB	C dB	$C_{tr}$ dB	Differenz in dB	Bemerkung Hinweise
1	27	Keine	25			Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
2	30	1	30							
3	30	1	33	-2	-5	35	-2	-5	2 ( 2; 2)	
4	30	1	34	-2	-6	35	-2	-5	1 ( 1; 2)	
5	32	1	35	-2	-4	36	-2	-6	1 ( 1; -1)	
6	33	1	36	-1	-4	36	-3	-7	0 (-2; -3)	Wert durch 4/16/4/16/4
7	35	1	37	-1	-4	37	-1	-4	0 ( 0; 0)	
8	38	2	38	-2	-5	39	-2	-4	1 ( 1; 2)	
9	39	2	39	-2	-5	41	-2	-4	2 ( 2; 3)	
10	40	2	40	-2	-5	43	-2	-4	3 ( 3; 4)	
11	41	2	41	-2	-5	41	-1	-3	0 ( 1; 2)	
12	44	2	41	-2	-5	43	-1	-4	2 ( 3; 3)	
13	46	2	41	-2	-4	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
14	49	2	42	-1	-4	45	-1	-4	3 ( 3; 3)	
15	51	2	43	-1	-5	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				

**Tabelle A 3** Abgleich der Angaben aus DIN 4109-35 Tabelle 1 für Festverglasungen mit den aktualisierten Messdaten des ift Rosenheim (Angabe der Mittelwerte ohne Abzug einer Standardabweichung).

DIN 4109-35 Tabelle 1, mit Korrektur Festverglasungen $K_{FV}$					Datenanalyse			Vergleich Tabelle / Datenanalyse	
Zeile	$R_{w,Glas}$ dB	$R_w$ dB	C dB	$C_{tr}$ dB	$R_w$ dB	C dB	$C_{tr}$ dB	Differenz in dB	Bemerkung Hinweise
1	27	25			Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
2	30	30							
3	30	32	-2	-5					
4	30	33	-2	-6					
5	32	34	-2	-4					
6	33	35	-1	-4	33	-1	-5	<b>-2 (-2;-3)</b>	Wert durch 4/16/4/16/4
7	35	36	-1	-4	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
8	38	38	-2	-5	38	-2	-4	0 ( 0; 1)	Auswertung Glas 36 dB
9	39	39	-2	-5	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
10	40	40	-2	-5					
11	41	41	-2	-5					
12	44	42	-2	-5					
13	46	43	-2	-4					
14	49	45	-1	-4	45	-1	-4	0 ( 0; 0)	Auswertung Glas 47 dB
15	51	46	-1	-5	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				



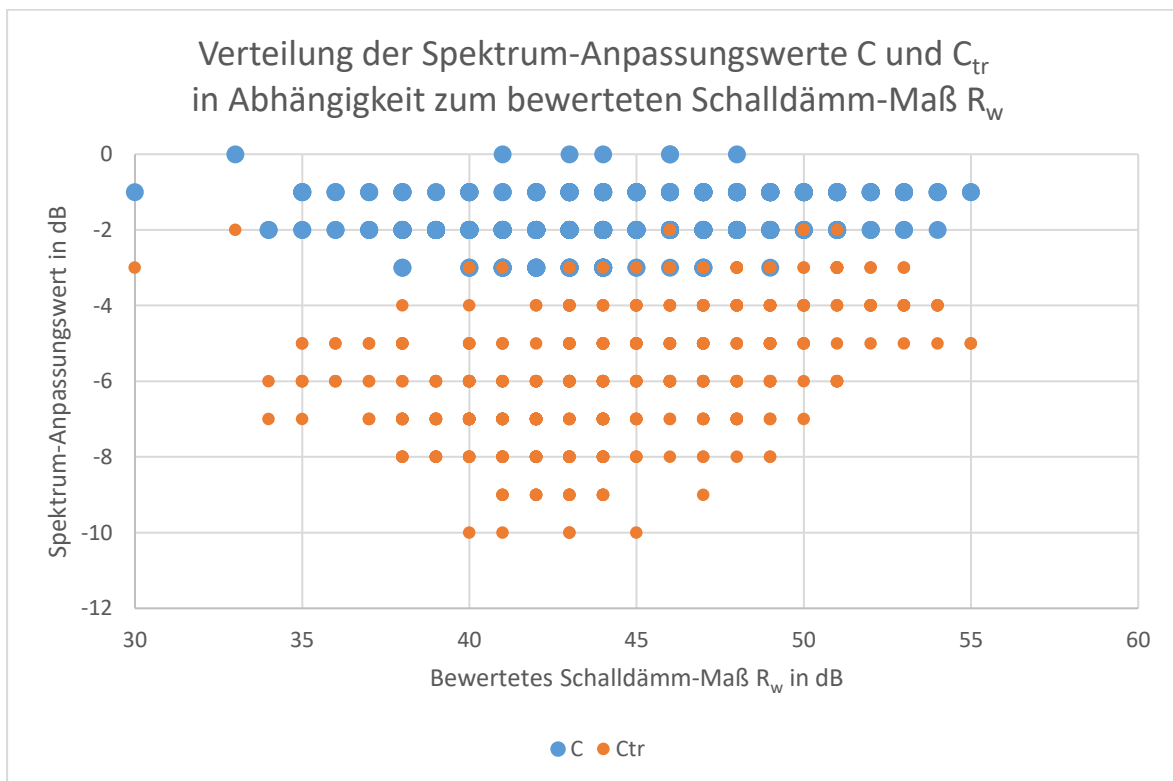
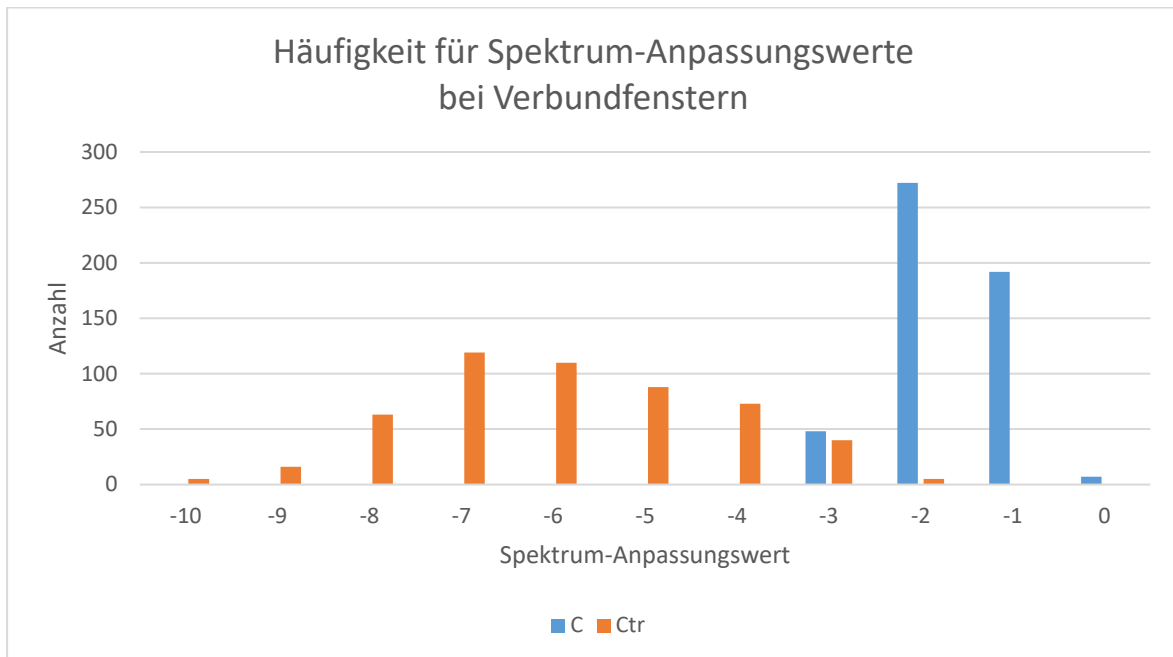


**Bild A 1** Häufigkeitsverteilung und Abhängigkeit der Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_{tr}$  vom Niveau der Schalldämmung  $R_w$  von Einfachfenstern mit MIG

**Tabelle A 4** Abgleich der Angaben aus DIN 4109-35 Tabelle 2 für Verbundfenster mit den aktualisierten Messdaten des ift Rosenheim (Angabe der Mittelwerte ohne Abzug einer Standardabweichung).

DIN 4109-35 Tabelle 2, Verbundfenster				Datenanalyse			Vergleich Tabelle / Datenanalyse		
Zeile	Glasaufbau		Dichtung	R <sub>w</sub> dB	R <sub>w</sub> dB	C dB	C <sub>tr</sub> dB	Differenz in dB	Bemerkung Hinweise
	d <sub>ges</sub> mm	SZR mm							
1	≥ 6	-	Keine	25	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
2	≥ 6	≥ 30	1	30					
3	≥ 8 bzw. ≥ 4+4/12/4	≥ 30	1	32	38	-2	-6	6 (-; -)	Glas 4+4/12/4 SZR ≥ 43
4	≥ 8 bzw. ≥ 6+4/12/4	≥ 40	1	35	38	-2	-6	3 (-; -)	Glas 6+4/12/4 SZR ≥ 38
5	≥ 10 bzw. ≥ 6+6/12/4	≥ 40	1	37	38	-2	-7	1 (-; -)	Glas 6+6/12/4 SZR 45*
6	≥ 14 bzw. ≥ 8+6/12/4	≥ 40	AD+ID	40	47	-2	-6	7 (-; -)	Glas 8+6/16/4 SZR 74
7	≥ 16 bzw. ≥ 8+8/12/4	≥ 50	AD+ID	42	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
8	≥ 18 bzw. ≥ 8+8/12/4	≥ 60	AD+ID	45					

\* = Einzelne Messung



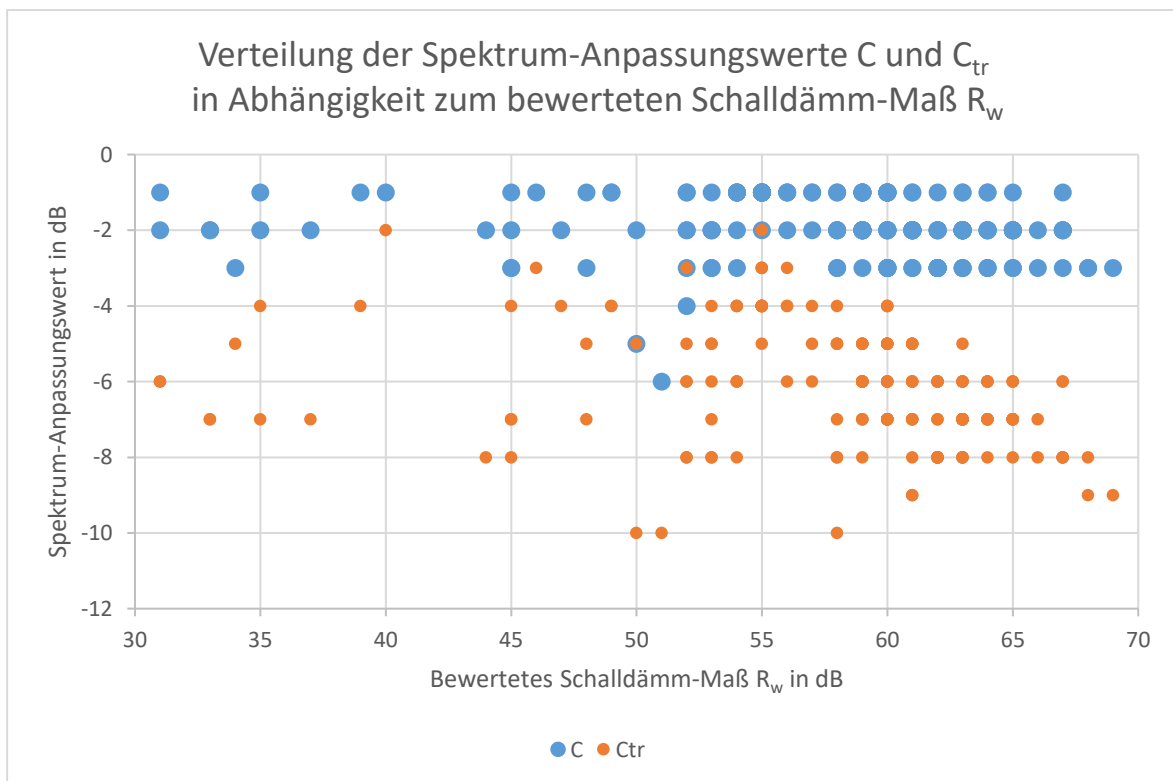
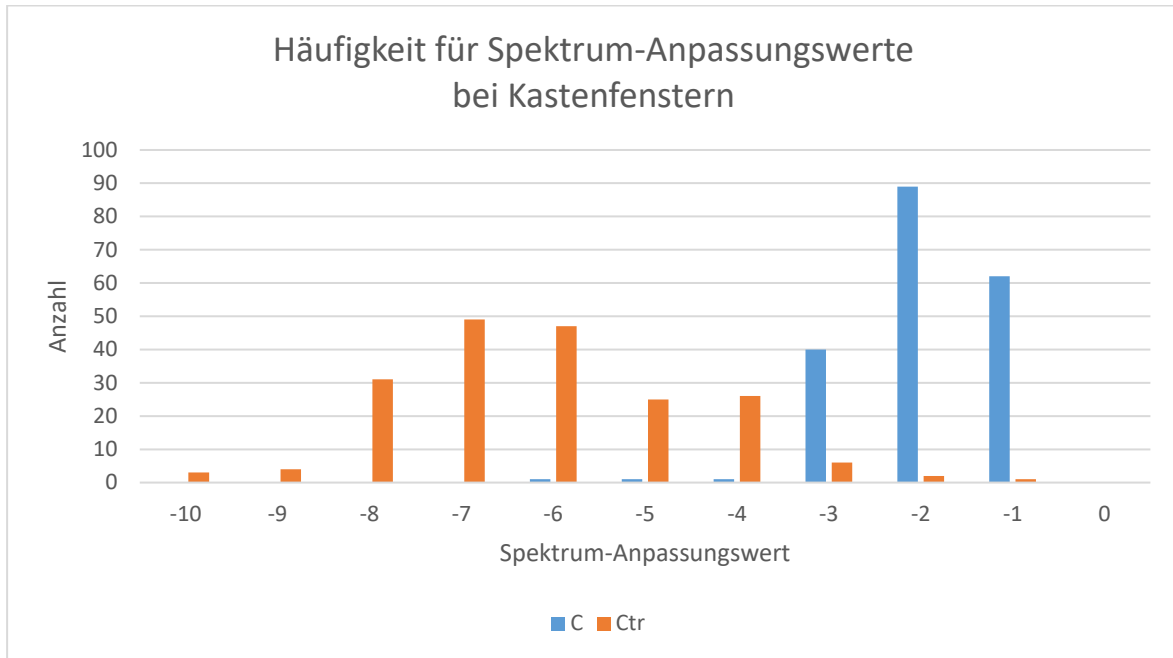
**Bild A 2** Häufigkeitsverteilung und Abhängigkeit der Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_{tr}$  vom Niveau der Schalldämmung  $R_w$  von Verbundfenstern

**Tabelle A 5** Abgleich der Angaben aus DIN 4109-35 Tabelle 2 für Kastenfenster mit den aktualisierten Messdaten des ift Rosenheim (Angabe der Mittelwerte ohne Abzug einer Standardabweichung).

DIN 4109-35 Tabelle 2, Kastenfenster				Datenanalyse			Vergleich Tabelle / Datenanalyse		
Zeile	Glasaufbau		Dichtung	R <sub>w</sub> dB	R <sub>w</sub> dB	C dB	C <sub>tr</sub> dB	Differenz in dB	Bemerkung Hinweise
	d <sub>ges</sub> mm	SZR mm							
1	≥ 6	-	Keine	25	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
2	≥ 6	≥ 30	Keine	30	30	-2	-4	0 (-; -)	Glas 3+3, SZR 100*
3	≥ 8	≥ 30	1	32	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
4	≥ 8	≥ 40	1	35	37	-2	-7	2 (-; -)	Glas 4+4 SZR 70**
5	≥ 8 bzw. ≥ 4+4/12/4	≥ 100	1	37	40	-2	-6	3 (-; -)	Glas 4+4/12/4 SZR ≥ 70*
6	≥ 8 bzw. ≥ 6+4/12/4	≥ 100	AD+ID	40	53	-2	-7	13 (-; -)	Glas 6+4/16/4 SZR 132**
7	≥ 10 bzw. ≥ 8+4/12/4	≥ 100	AD+ID	42	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
8	≥ 12 bzw. ≥ 8+6/12/4	≥ 100	AD+ID	45	49	-1	-5	4 (-; -)	Glas 8+6/12/4 SZR 142**

\* = großer Wertebereich

\*\* = einzelne Messung

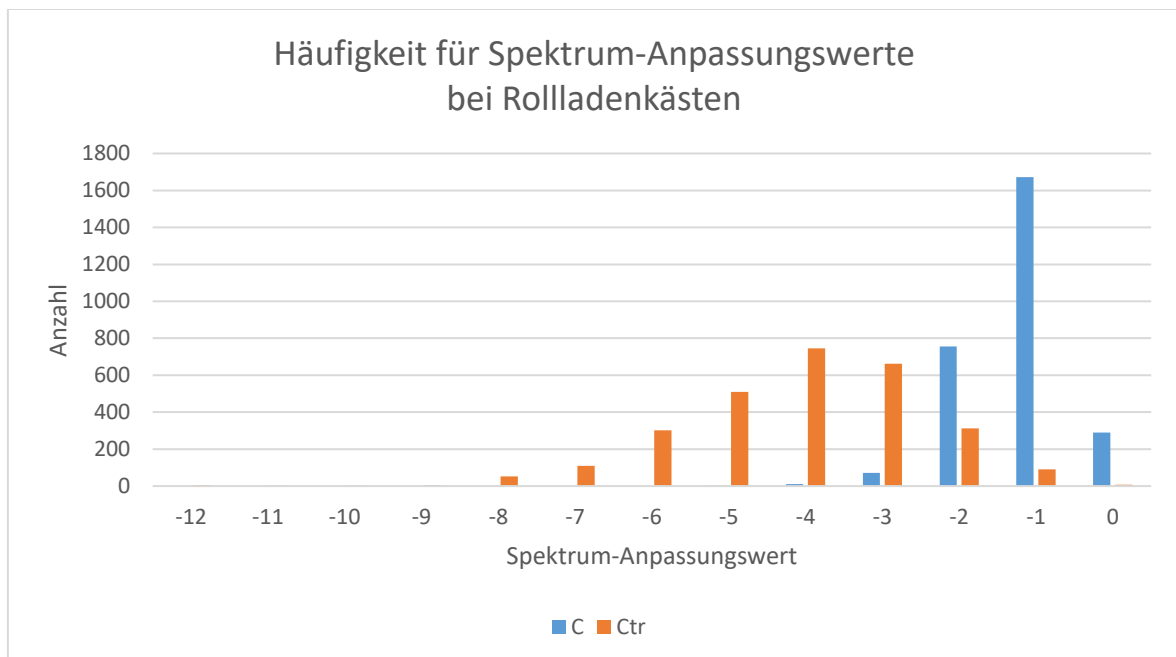


**Bild A 3** Häufigkeitsverteilung und Abhängigkeit der Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_{tr}$  vom Niveau der Schalldämmung  $R_w$  von Kastenfenstern

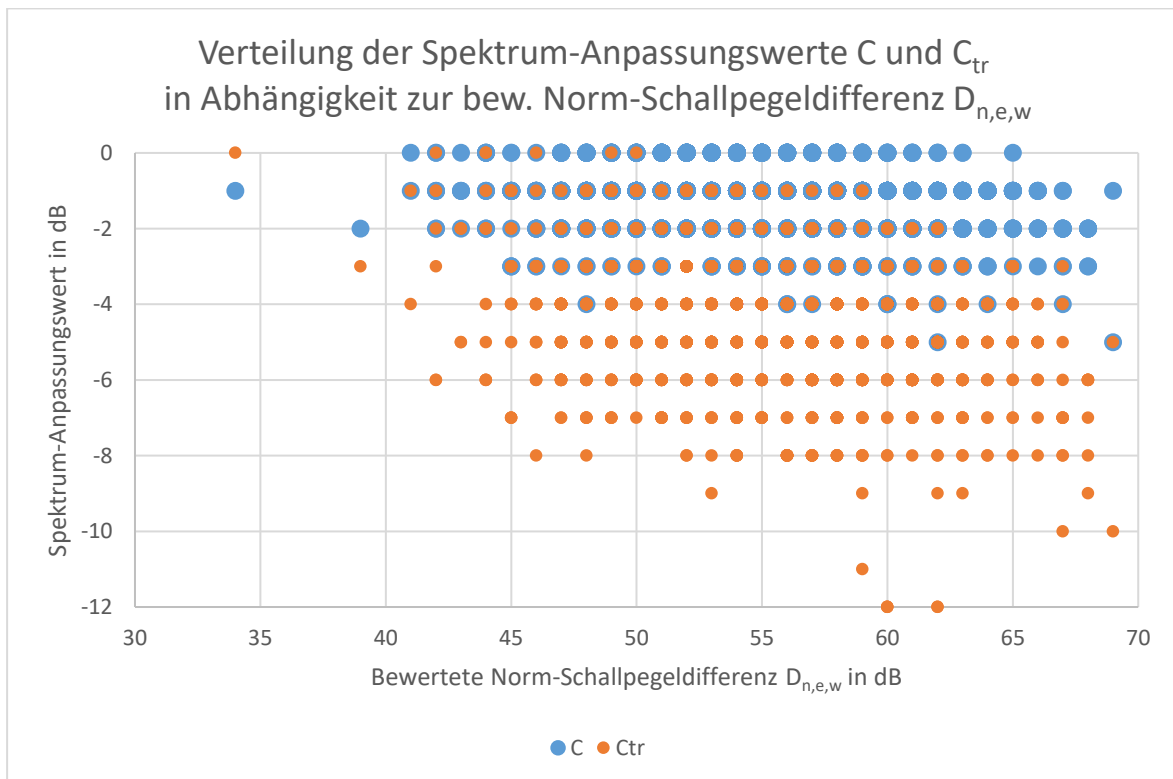
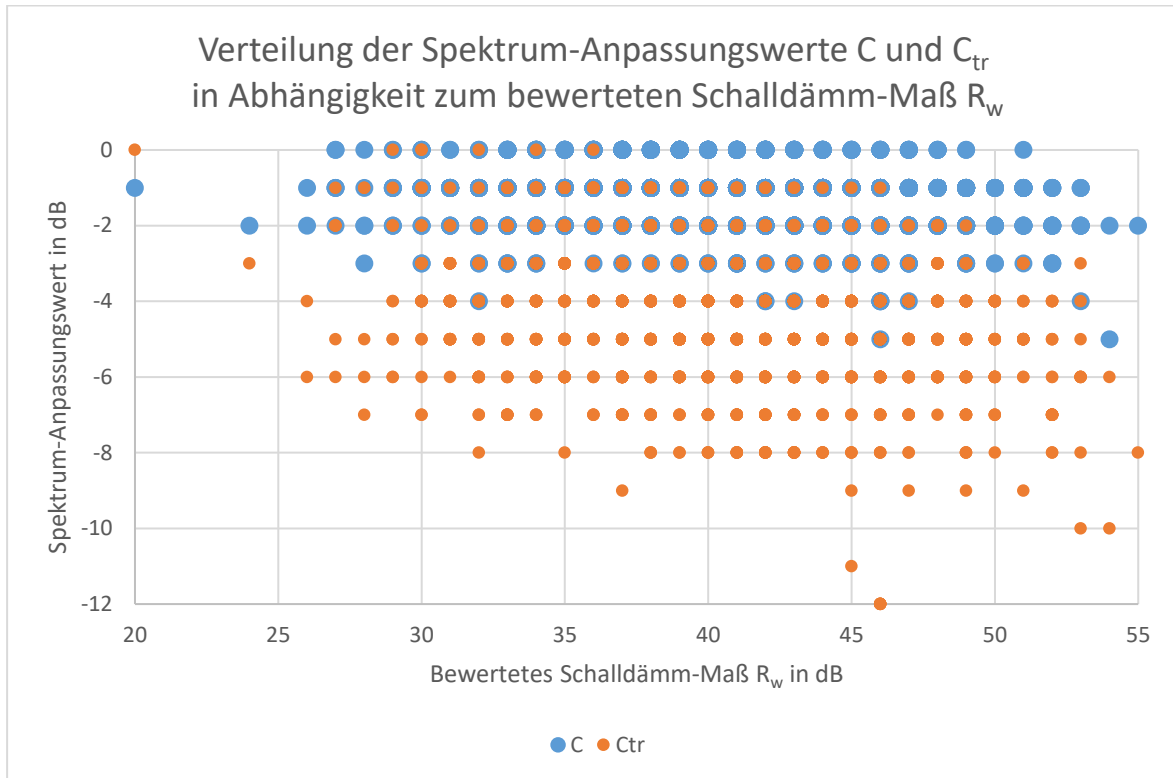


**Tabelle A 6** Abgleich der Angaben aus DIN 4109-35 Tabelle 6 für Rollladenkästen mit den aktualisierten Messdaten des ift Rosenheim (Angabe der Mittelwerte ohne Abzug einer Standardabweichung).

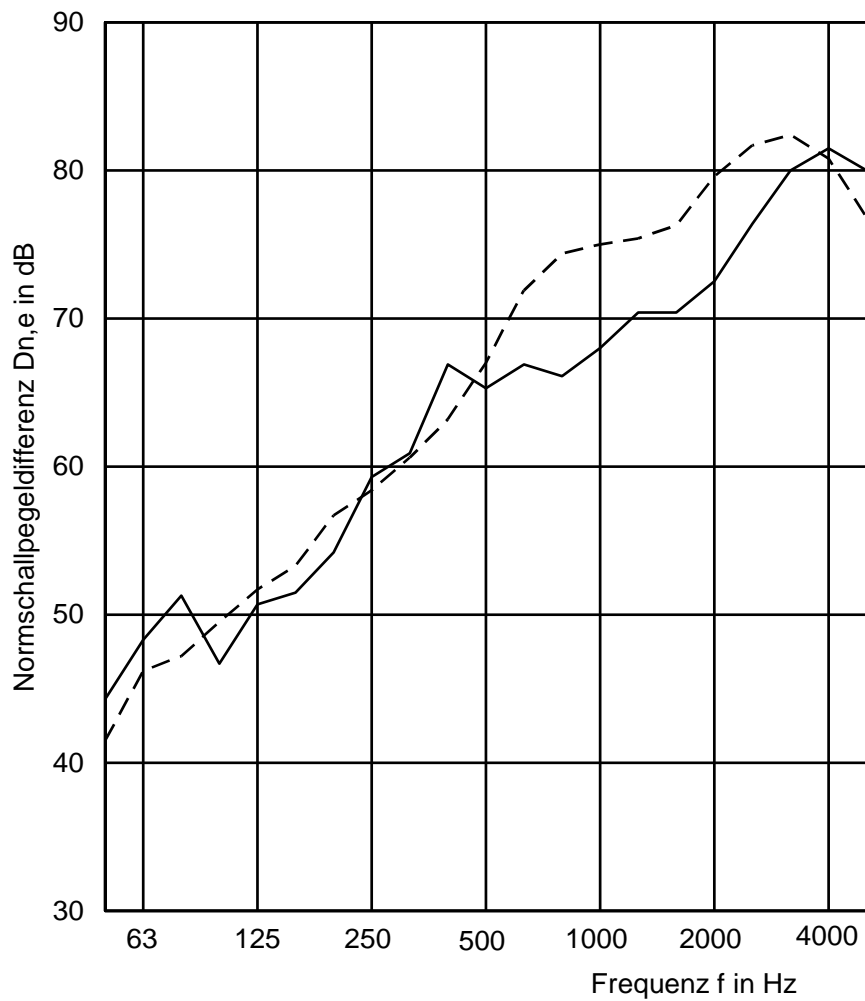
DIN 4109-35 Tabelle 6, Rollladenkästen		Datenanalyse			Vergleich Tabelle / Datenanalyse
Konstruktionsmerkmal	R <sub>w</sub> dB	R <sub>w</sub> dB	C dB	C <sub>tr</sub> dB	Bemerkung Hinweise
Aufsatzkasten PVC, Innenrevision	≥ 30	41	-1	-4	Großer Wertebereich von R <sub>w</sub> = 33 bis 48
Aufsatzkasten, Außenrevision	≥ 35	43	-1	-4	Großer Wertebereich von R <sub>w</sub> = 32 bis 52



**Bild A 4** Häufigkeitsverteilung der Spektrum-Anpassungswerte C und C<sub>tr</sub> von Rollladenkästen



**Bild A 5** Abhängigkeit der Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_{tr}$  vom Niveau der Schalldämmung  $R_w$  und Norm-Schallpegeldifferenz  $D_{n,e,w}$  von Rolladenkästen



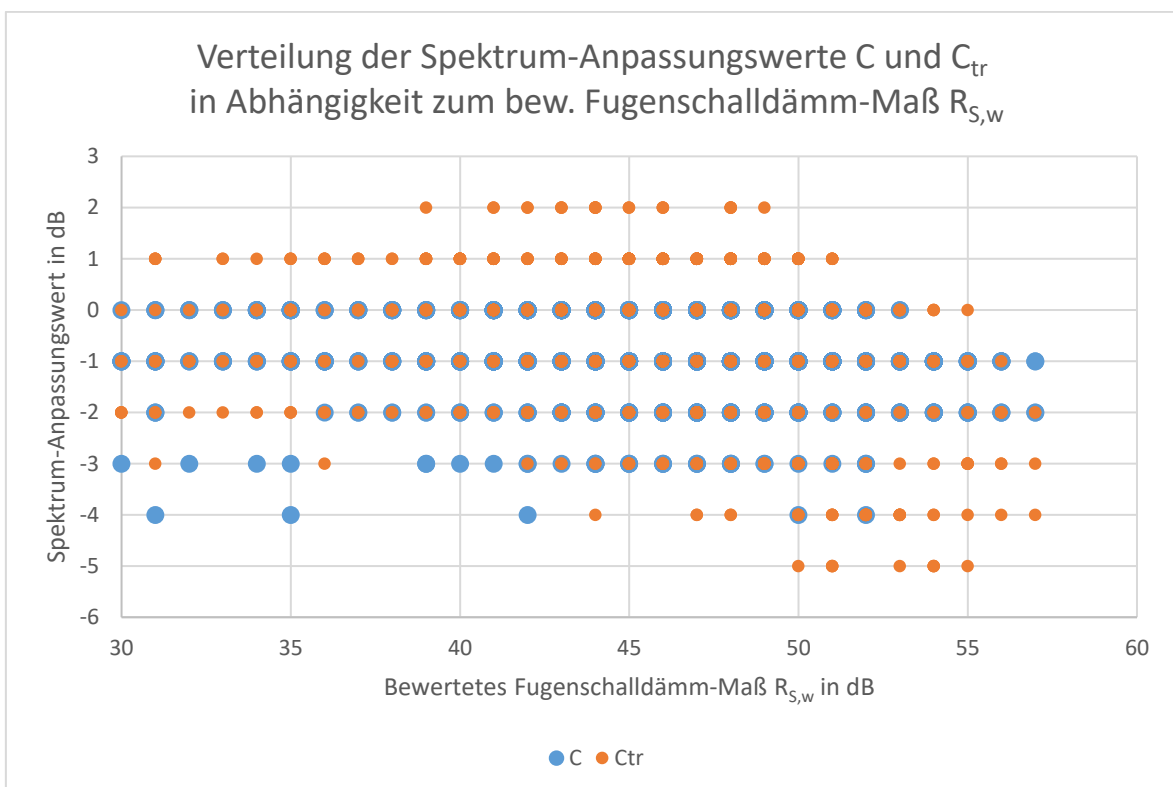
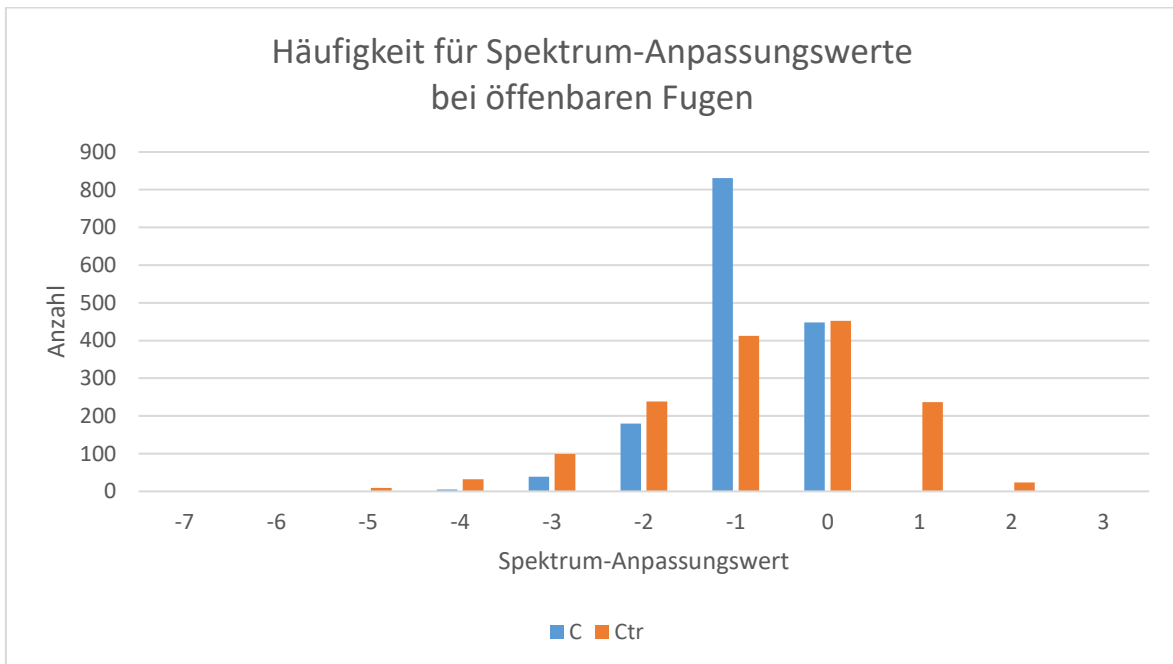
————— Messung Rollladenkasten  $D_{n,e,w} (C;C_{tr}) = 68 (-2;-6) \text{ dB}$   
 - - - - - Messung Maximaldämmung  $D_{n,e,w} (C;C_{tr}) = 70 (-2;-6) \text{ dB}$

**Bild A 6** Einfluss der Maximalschalldämmung auf die Schalldämmung eines Rollladenkastens mit hoher Schalldämmung (Messbeispiel aus 21-003487 T23)



**Tabelle A 7** Abgleich der Angaben aus DIN 4109-35 Tabelle 7 für Fugen die geöffnet werden können mit den aktualisierten Messdaten des ift Rosenheim (Angabe der Mittelwerte ohne Abzug einer Standardabweichung).

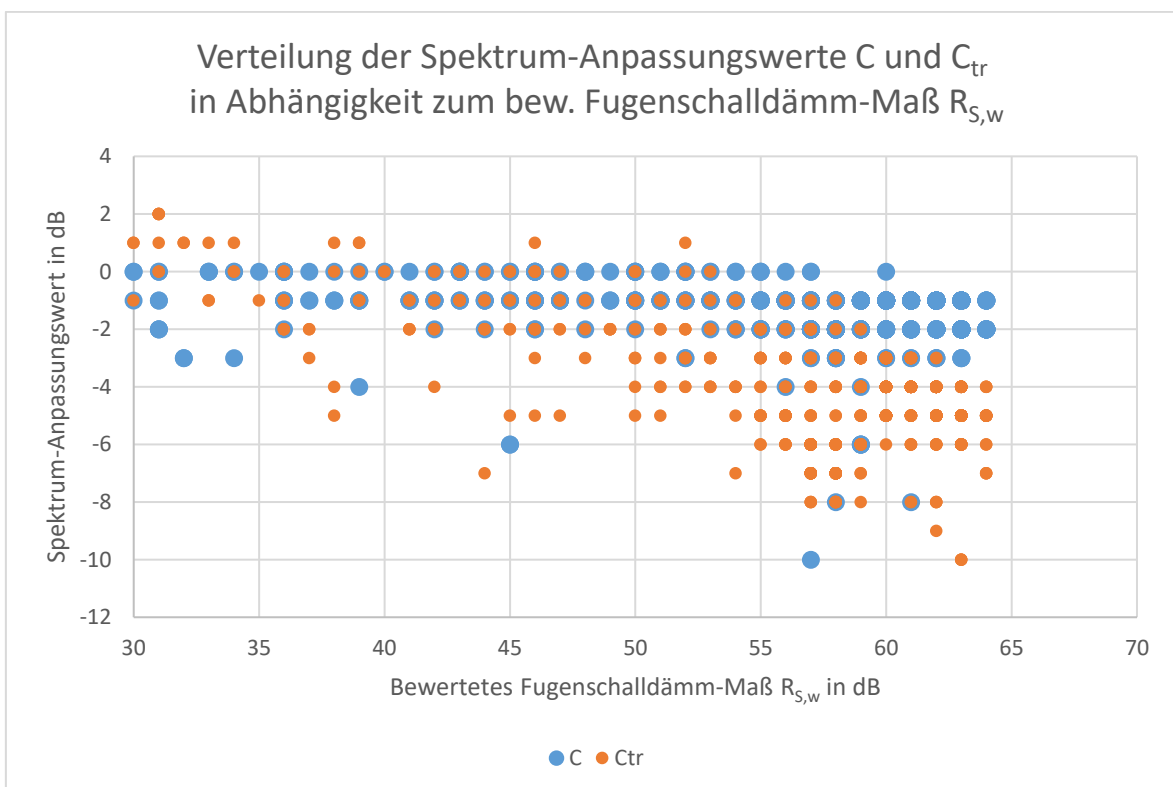
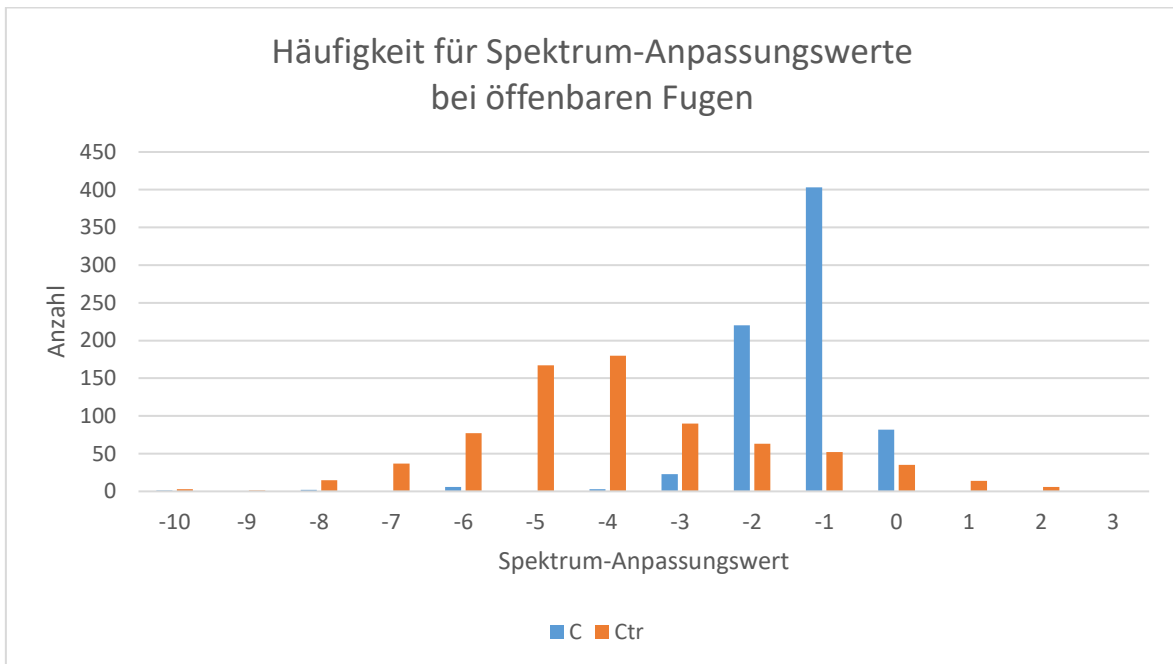
DIN 4109-35 Tabelle 7, Öffnbare Fugen				Datenanalyse			Vergleich Tabelle / Datenanalyse	
Zeile	Merkmal der Fuge	Fugenbreite in mm	R <sub>S,w</sub> dB	R <sub>S,w</sub> dB	C dB	C <sub>tr</sub> dB	Differenz in dB	Bemerkung Hinweise
1	Bodenfuge ohne Dichtung	5	20	21	-1	0	1 (-; -)	
2		7	18	20	-1	1	2 (-; -)	
3		10	15	17	0	1	2 (-; -)	
4	Bodendichtung über Teppich	5	25	27	0	1	2 (-; -)	
5	Bodendichtung über festem Boden, ohne Passung	7	≥ 30	37	-1	0	7 (-; -)	Große Streubreite
6	Bodendichtung über festem Boden, mit Passung	7	≥ 35	47	-1	-1	12 (-; -)	Große Streubreite
7	Falzfuge mit Dichtung	5	≥ 35	48	-1	-2	13 (-; -)	Große Streubreite



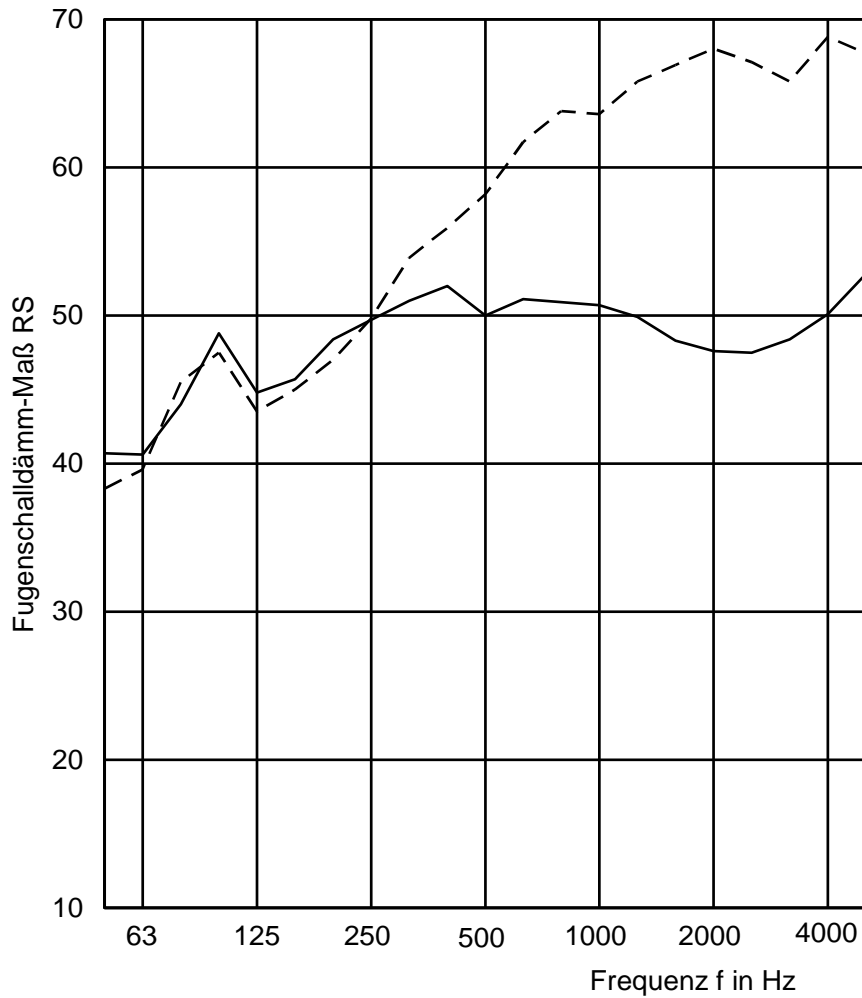
**Bild A 7** Abhängigkeit der Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_{tr}$  vom Niveau der Fugenschalldämmung  $R_{S,w}$  von offenen Fugen

**Tabelle A 8** Abgleich der Angaben aus DIN 4109-35 Tabelle 8 für Fugen die dauerhaft abgedichtet werden mit den aktualisierten Messdaten des ift Rosenheim (Angabe der Mittelwerte ohne Abzug einer Standardabweichung).

DIN 4109-35 Tabelle 8, Bauanschlussfugen				Datenanalyse			Vergleich Tabelle / Datenanalyse	
Zeile	Merkmal der Fuge	Fugenbreite in mm	R <sub>S,w</sub> dB	R <sub>S,w</sub> dB	C dB	C <sub>tr</sub> dB	Differenz in dB	Bemerkung Hinweise
1	Leere Fuge	10	15	17	0	1	2 (-; -)	
2		20	10	14	0	1	4 (-; -)	
3		30	5	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
4	Fuge mit Mineralwolle	10	35 - 45	45	0	-2	Großer Wertebereich	
5		20	30 - 40	35	-1	-2	Großer Wertebereich	
6		30	25 - 35	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
7	Fuge mit Montageschaum	10	≥ 50	60	-1	-5	10 (-; -)	
8		20	≥ 47	60	-1	-5	13 (-; -)	
9		30	≥ 45	57	-3	-3	12 (-; -)	
10	Fuge abgedichtet	10	≥ 55	60	-2	-4	5 (-; -)	
11		20	≥ 54	58	-2	-4	4 (-; -)	
12		30	≥ 53	57	-2	-3	4 (-; -)	
13	Beidseitig Bauanschlussfolie	10	≥ 50	55	-1	-3	5 (-; -)	Große Streubreite
14			≥ 45	Keine neuen vergleichbaren Daten verfügbar				
15			≥ 40					



**Bild A 8** Abhängigkeit der Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_{tr}$  vom Niveau der Fugenschalldämmung  $R_{S,w}$  von Bauanschlussfugen



—————	Messung Dichtband	$R_{S,w}(C;C_{tr}) = 50 (-1;-1) \text{ dB}$
-----	Messung Maximaldämmung	$R_{S,w}(C;C_{tr}) = 61 (-1;-5) \text{ dB}$

**Bild A 9** Einfluss der Maximalschalldämmung auf die Fugenschalldämmung eines Dichtbandes, (Messbeispiel aus 20-000594-Z03)





ift Rosenheim  
Theodor-Gietl-Straße 7-9  
83026 Rosenheim

Tel.: +49 (0) 80 31 / 261-0  
Fax: +49 (0) 80 31 / 261-290  
E-Mail: [info@ift-rosenheim.de](mailto:info@ift-rosenheim.de)  
[www.ift-rosenheim.de](http://www.ift-rosenheim.de)

© ift Rosenheim 2022