

Überarbeitung von DIN 4109,
Beiblatt 1, Tabelle 40

T 2912

T 2912

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2000, ISBN 3-8167-5722-7

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

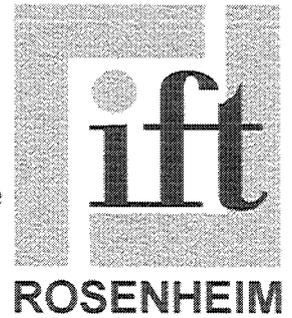
Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail irb@irb.fhg.de

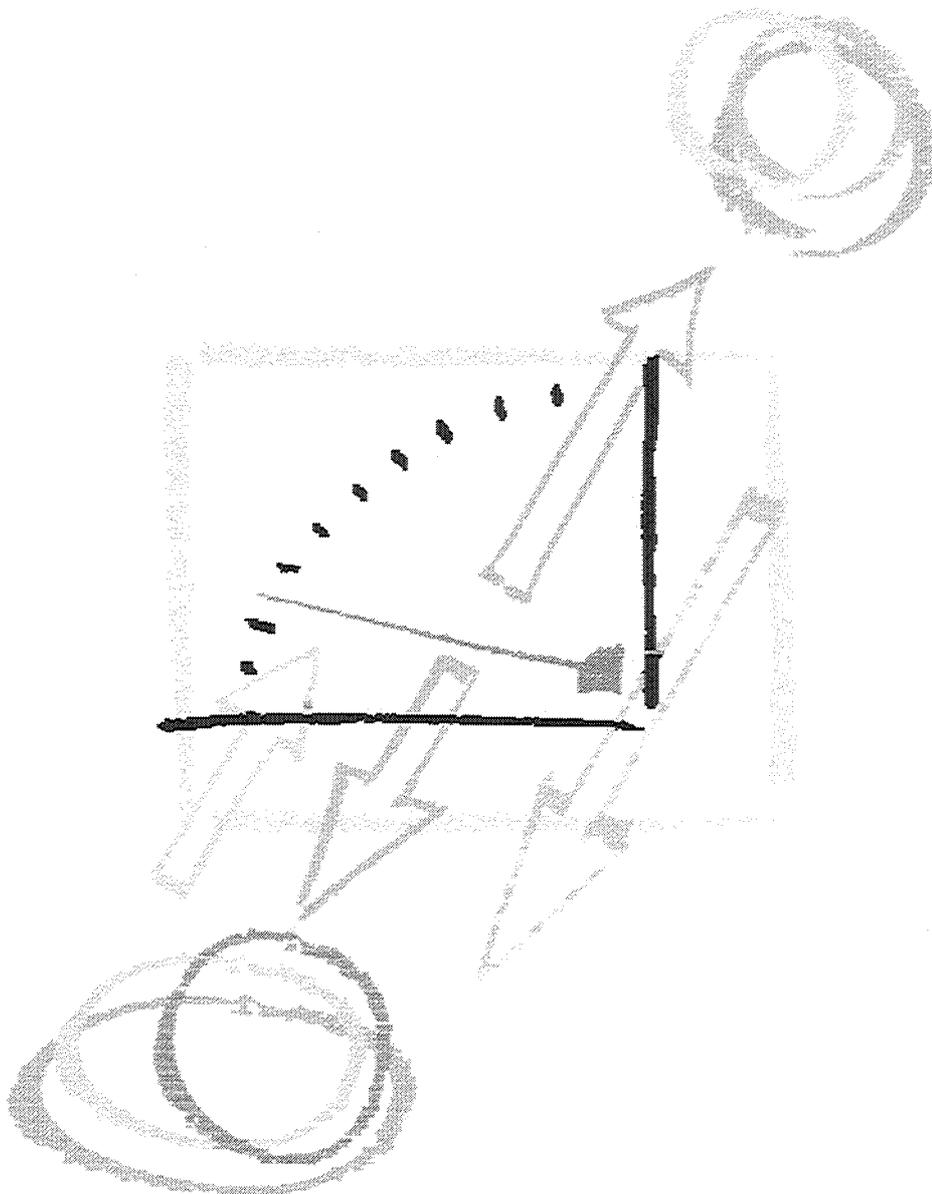
URL <http://www.irb.fhg.de>

Fenster
Türen
Fassaden
Werkstoffe
Zubehör



Forschungsvorhaben

**Überarbeitung von DIN 4109,
Beiblatt 1, Tabelle 40**



**Abschlußbericht
Ausgabe: Juni 1999**

Thema	Überprüfung und Erweiterung der Tabelle 40, Beiblatt 1 zu DIN 4109 Schallschutz im Hochbau
Kurztitel	Überarbeitung von DIN 4109, Beiblatt 1, Tabelle 40
Auftraggeber	Deutsches Institut für Bautechnik Kolonnenstr. 30 10829 Berlin Az.: DIBt IV 1-5-830/97
Gefördert durch	Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) Verband der Fenster- und Fassaden- hersteller e. V. (VFF)
Forschungsstelle	i.f.t. Rosenheim Theodor-Gietl-Straße 7-9 83026 Rosenheim
Bearbeiter	Dipl.-Ing. (FH) Hans Froelich Dipl.-Ing. (FH) Bernd Saß Dr. rer. nat. Rolf Schumacher
Institutsleitung	Professor Dipl.-Ing. Josef Schmid

Rosenheim, Juni 1999

Inhalt	Seite
1 Einleitung.....	5
2 Begriffe und Formelzeichen	7
3 Datenerfassung und statistisches Auswertungsverfahren.....	9
3.1 Vorbemerkung zur Fensterkonstruktion.....	9
3.2 Datenerfassung für die Statistik.....	10
3.2.1 Schalldämmung von Fenstern	10
3.2.2 Schalldämmung von Verglasungen	11
3.2.3 Schalldämmung von Rahmen	12
3.3 Datenbank.....	12
3.4 Auswertungsverfahren	14
3.4.1 Statistische Auswertung	14
3.4.2 Selektionen	15
4 Ergebnis der statistischen Auswertung	16
4.1 Einfachfenster mit Einfachverglasung	16
4.2 Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas	16
4.2.1 Einflügelige Fenster im Normformat	16
4.2.2 Stulpfenster	19
4.2.3 Festverglasungen	19
4.2.4 Fenster mit Sprossen	20
4.2.5 Fenster mit Ober- und/oder Unterlicht	20
4.2.6 Fenster mit unterschiedlichem Format	21
4.2.7 Fenstertüren	23
4.2.8 Fassaden	23
4.3 Verbund- und Kastenfenster.....	23
5 Ergebnis der Schallmessungen	24
5.1 Probekörper	24
5.1.1 Kunststofffenster	24
5.1.2 Aluminiumfenster	28
5.1.3 Verglasungen	29
5.2 Messergebnisse	30
5.2.1 Verglasungen	30
5.2.2 Kunststofffenster	31
5.2.3 Aluminiumfenster	33



1 Einleitung

5.3 Analyse der Schallmessungen	35
5.3.1 Undichtigkeiten	35
5.3.2 Fenster mit Mitteldichtungssystem	35
5.3.3 Einfluß der Konstruktion auf die Schalldämmung	36
5.3.4 Einfluß des Formates auf die Schalldämmung	37
5.3.5 Einfluß des Rahmens auf die Schalldämmung	38
5.3.6 Einfluß der Gasfüllung auf die Schalldämmung	41
5.4 Bedeutung der Messungen für die Tabelle 40	42
5.4.1 Vergleich des statistischen Teils mit den Schallmessungen	42
5.4.2 Stulpfenster	43
5.4.3 Fenster mit Sprossen	43
5.4.4 Fenster mit Unterlicht und/oder Seitenelement	44
5.4.5 Fenster mit unterschiedlichem Format	44
6 Konstruktionstabelle für Fenster	45
6.1 Konzeption	45
6.1.1 Aufteilung	45
6.1.2 Werte der Schalldämmung in der Tabelle	45
6.2 Überarbeitete Konstruktionstabelle für Einfachfenster	46
7 Ausblick	51
8 Literaturverzeichnis	52
Anlagen (47 Seiten)	

1 Einleitung

Für den Eignungsnachweis der Schalldämmung von Fenstern gibt es zwei Möglichkeiten: Nachweis durch Prüfung (Eignungsprüfung I im Labor nach DIN 52210) oder Zuordnung der Konstruktion nach Tabelle 40 in DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“, Beiblatt 1.

Diese Tabelle ist Gegenstand der Untersuchung. Die zur Zeit gültige Version basiert auf einer Erhebung des Jahres 1981 [5] und enthält auf Basis der Analyse von 931 Prüfberichten Angaben zur Konstruktion von Schallschutzfenstern (Einfach,- Verbund und Kastenfenster) für die Zuordnung nach Schallschutzklassen in 5-dB-Schritten für VDI 2719 „Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen“.

Seit dieser Erhebung haben sich einerseits die Konstruktionen, speziell die verwendeten Glassysteme und die Bewertungsmethode zur Berechnung der Einzahlangabe (Berücksichtigung der Grenzfrequenzen 100 Hz und 3150 Hz, Auswertung von Spektrum-Anpassungswerten C und C_{tr}) geändert. Andererseits gibt es seit der Ausgabe 1989 der DIN 4109 keine Schallschutzklassen mehr, sondern feste Rechenwerte $R_{w,R}$.

Das in DIN 4109 geforderte erforderliche bewertete Schalldämmmaß $R'_{w,res}$ stellt das Zusammenwirken von Außenwand und Fenster mit den zugehörigen anteiligen Flächen dar und wird über das Verhältnis von Grundriß zu Außenwandfläche sowie das Flächenverhältnis von Wand und Fenster korrigiert. Ausgangspunkt für die Ermittlung des erforderlichen bewerteten Schalldämmmaßes $R'_{w,res}$ ist der maßgebliche Außenlärmpegel, der wie folgt vorgegeben bzw. ermittelt werden kann:

- Vorgabe bei der Baugenehmigung
- Nachweis durch Ermittlung aus der Lärmkarte
- Nachweis durch Berechnung nach DIN 18005
- Nachweis bei Kenntnis der Verkehrsbelastung durch Ermittlung mittels Nomogramm aus DIN 4109
- Nachweis durch Messung und Bestimmung des Beurteilungspegels.

Die Lärmpegelbereiche sind zwar in 5-dB-Schritten abgestuft, ebenso wie die Anforderungen an die Außenbauteile je nach Nutzung der Räume (z. B. Bettenräume in Krankenhäusern, Aufenthaltsräume in Wohnungen und Büroräume); das erforderliche bewertete Schalldämmmaß $R'_{w,res}$ ist jedoch als Zahlenwert zu ermitteln, wobei sich in Abhängigkeit der einzelnen Parameter theoretisch für jeden Raum eines Gebäudes ein spezifischer $R'_{w,res}$ -Wert ergeben kann. In der Praxis wird man entweder den ungünstigsten Raum wählen oder Anforderungen für bestimmte Raumgruppen festlegen.

Weiterhin soll der neuen europäischen Normung [3] Rechnung getragen werden, indem die Erweiterung des Frequenzbereiches und die Einführung von Spektrum-Anpassungswerten C und C_{tr} berücksichtigt werden.

Von Bedeutung ist außerdem, daß durch die 1995 eingeführte Bauregelliste die Tabelle 40 Bestandteil des Nachweisverfahrens „ÜH“ geworden ist. Der Hersteller kann mit Hilfe dieser Tabelle ohne vorherige Prüfung eine Konstruktion mit einem bestimmten Schalldämmmaß auswählen. Um dieses Verfahren anwenden zu können, ist es erforderlich, auf ein umfangreiches Angebot an abgesicherten Konstruktionen zurückgreifen zu können. Dies ist mit der bisherigen Tabelle 40 aus Beiblatt 1 zu DIN 4109 nur eingeschränkt möglich.

Die oben genannten Punkte machen eine Überprüfung und Überarbeitung dieser Tabelle 40 erforderlich. Dabei sind die aktuellen Konstruktionen und die heute gültigen Regelwerke zu berücksichtigen. Hinzuweisen ist in diesem Zusammenhang darauf, daß zwischenzeitlich auch ein Arbeitsausschuß für die gesamte Überarbeitung des Beiblattes 1 zu DIN 4109 eingesetzt wurde. Es wird ein neuer Bauteilkatalog benötigt, der dem aktuellen technischen Entwicklungsstand und den zwischenzeitlich fertig gestellten europäischen Normen gerecht wird.

Grundlage der Arbeit ist eine Erhebung bei Fensterbauunternehmen in Deutschland und im europäischen Ausland, die dem i.f.t. bekannt sind (Mitglieder und Kunden) und die Prüfzeugnisse zur Datenerfassung zur Verfügung gestellt haben.

Zur Festigung bzw. Ergänzung der Aussage aus der neuerlichen statistischen Erhebung wurden Messungen an Fenstern mit unterschiedlichen Verglasungen, Formaten und Zusatzeinrichtungen wie Sprossen und Unterlichtern durchgeführt.

Für die Unterstützung bei der Bereitstellung von Probekörpern danken wir den Firmen

Sanco Glas GmbH, Nördlingen
Schüco AG, Bielefeld
Veka AG, Sendenhorst

2 Begriffe und Formelzeichen

C_i, C_{tr}	Spektrum-Anpassungswerte nach [3] in dB, die unterschiedliche Schallspektren berücksichtigen
C_{a-b}	Im Index verzeichnetes Frequenzspektrum in Hz, das bei der Bewertung berücksichtigt wird. Möglich sind a: 50 oder 100 b: 3150 oder 5000
i	Laufvariable von $R_{w,min}$ zu $R_{w,max}$
n	Anzahl der Einträge, die mit der Selektion übereinstimmen
n_C	Anzahl der Einträge, die mit der Selektion übereinstimmen und die eine C-Bewertung enthalten
n_{Ctr}	Anzahl der Einträge, die mit der Selektion übereinstimmen und die eine C_{tr} -Bewertung enthalten
n_i	Anzahl der Einträge mit dem Meßergebnis $R_{w,i}$
R	Schalldämmmaß in dB in Abhängigkeit der Frequenz. Bezugsgröße ist die Prüffläche.
$R_{w,P}$	Bewertetes Schalldämmmaß in dB, Prüfwert nach [1]
$R_{w,R}$	Bewertetes Schalldämmmaß in dB, Rechenwert nach [1]
$R_{w,Tab}$	Bewertetes Schalldämmmaß in dB, ermittelt aus einer statistischen Analyse der Prüfberichte (Tabellenwert) ohne Berücksichtigung des Vorhaltemaßes
$R_{w,i}$	bewertetes Schalldämmmaß des i-ten Eintrages
$R_{w,min}$	niedrigstes bewertetes Schalldämmmaß, das bei der Selektion gefunden wurde
$R_{w,max}$	höchstes bewertetes Schalldämmmaß, das bei der Selektion gefunden wurde
t	kritischer Wert zur Aussagewahrscheinlichkeit nach [4]
$\varepsilon_{95\%}$	Vertrauensbereich, berechnet nach $\varepsilon = \frac{t \times \sigma}{\sqrt{n}} \quad dB$ ermittelt für die Aussagewahrscheinlichkeit $\frac{1-\alpha}{2} = 95\%$
μ	statistischer Erwartungswert, berechnet nach $\mu = \sum_{i=R_{w,min}}^{R_{w,max}} \frac{R_{w,i} \times n_i}{n} \quad dB$ gerundet auf ganzzahlige dB-Werte.

2 Begriffe und Formelzeichen

σ^2	Varianz, berechnet nach $\sigma^2 = \frac{\sum_{i=R_{w,min}}^{R_{w,max}} (R_{w,i} - \mu)^2 \times n_i}{n - 1} \text{ dB}$
σ	Standardabweichung, berechnet nach $\sigma = \sqrt{\sigma^2} \text{ dB}$
Einfachfenster	Fenster mit einem Blendrahmen und einem Flügelrahmen, der die Verglasung trägt
Verbundfenster	Fenster mit einem Blendrahmen und zwei Flügelrahmen, wobei ein Flügelrahmen auf dem zweiten angeschlagen ist
Kastenfenster	Fenster mit zwei Blendrahmen und zwei Flügelrahmen. Die Blendrahmen sind mit Abstand hintereinander eingebaut.
Außendichtung	Dichtung im äußeren Funktionsfugenbereich platziert
Mitteldichtung	Dichtung im mittleren Funktionsfugenbereich platziert
Innendichtung oder Überschlagdichtung	Dichtung im inneren Funktionsfugenbereich platziert, häufig im Flügelüberschlag
AD	Kurzzeichen für Außendichtung
MD	Kurzzeichen für Mitteldichtung
ID	Kurzzeichen für Innendichtung oder Überschlagdichtung
MIG	Kurzzeichen für Mehrscheiben-Isolierglas
Normformat	Format eines Fensters zur Prüfung im Fensterprüfstand nach DIN 52210 (1,23 m × 1,48 m für stumpfen Anschlag)
SZR	Kurzzeichen für Scheibenzwischenraum
Vorhaltemaß	Das Vorhaltemaß für Fenster folgt nach [1] der Beziehung $R_{w,R} = R_{w,P} - 2 \text{ dB}$
RA	Rahmenanteil des Fensters in %

3 Datenerfassung und statistisches Auswertungsverfahren

3.1 Vorbemerkung zur Fensterkonstruktion

Die Schalldämmung des Fensters läßt sich beschreiben als Schalldämmung der Einzelkomponenten mit den dazugehörigen Flächen bzw. Längen:

$$R_{w,res} = -10 \times \log \left(\frac{1}{S_{ges}} \times \left(S_{Ra} \times 10^{-0,1 \times R_{w,Ra}} + S_{MIG} \times 10^{-0,1 \times R_{w,MIG}} + \frac{l_{ST} \times S_o}{l_o} \times 10^{-0,1 \times R_{w,ST}} + \frac{l_{AN} \times S_o}{l_o} \times 10^{-0,1 \times R_{w,AN}} \right) \right)$$

Es bedeuten

$R_{w,res}$	resultierendes bewertetes Schalldämmmaß des Fensters in dB
$R_{w,Ra}$	bewertetes Schalldämmmaß des Rahmens in dB
$R_{w,MIG}$	bewertetes Schalldämmmaß der Verglasung in dB
$R_{w,ST}$	bewertetes Fugenschalldämmmaß der Falzfuge in dB
$R_{w,AN}$	bewertetes Fugenschalldämmmaß der Bauanschlußfuge in dB
S_{ges}	Gesamtfläche in m ² , $S_{ges} = S_R + S_{MIG}$
S_{Ra}	Fläche des Rahmens in m ²
S_{MIG}	Fläche der Verglasung in m ²
l_{ST}	Länge der Falzfuge in m
l_{AN}	Länge der Bauanschlußfuge in m
S_o	Bezugsfläche (1 m ²)
l_o	Bezugslänge (1 m)

Über die Bedeutung der Falzfugen und der Anschlußfugen wurde an anderer Stelle ausführlich berichtet [9,10]; es soll hier angenommen werden, daß das Fugenschalldämmmaß $R_{w,ST}$ von Falzfuge und Bauanschlußfuge so groß ist (die Fuge also optimal dicht ist, d. h. $R_{w,ST} > 50$ dB), daß die beiden Terme in den weiteren Betrachtungen keine Rolle spielen.

Die Schalldämmung des Fensters ist also bei optimalem, bauphysikalisch korrektem Einbau, sachgemäßer Einstellung der Beschläge und Auswahl der Falzdichtungen ein resultierender Schalldämmwert von Rahmen und Verglasung.

Diese charakteristischen Eigenschaften der Schalldämmung des Fensters sollen sich explizit in der Tabelle wiederfinden.

3.2 Datenerfassung für die Statistik

Um eine Statistik für Fenster durchführen zu können, war es in einem ersten Schritt notwendig, alle Daten elektronisch zu erfassen. Grundlage bildet ein Archivierungsprogramm, das seit 1993 alle im i.f.t. Rosenheim durchgeführten Schallmessungen elektronisch sichert und archiviert. Für die Statistik wurde zusätzlich das Archiv an Messungen im i.f.t. Rosenheim vor 1993 in diesem Archivierungsprogramm erfaßt. In die mit diesen Daten erstellte Datenbank für Fenster wurden dann die eingesandten Prüfberichte anderer Prüfstellen eingetragen.

3.2.1 Schalldämmung von Fenstern

Mit Schreiben vom 17. Februar 1997 und 10. September 1997 wurden 1122 Firmen im deutschsprachigen Raum gebeten, Prüfberichte von Schalldämmmessungen an Fenstern, Fensterelementen und Fassaden im Labor und am Bau zur Verfügung zu stellen.

Nach Diskussion der Ergebnisse der Forschungsarbeit durch die begleitende Arbeitsgruppe am 16. Juli 1998 in Rosenheim wurden speziell Prüfberichte von Schallmessungen an Aluminium-Holzfenstern nachgereicht, um die vorläufige Aussage über Aluminium-Holzfenster durch mehr Prüfungen zu festigen.

Bei den zur Verfügung gestellten Prüfberichten handelt es sich in der Hauptsache um Unterlagen aus folgenden Labors:

- IBP Stuttgart,
- Labors für Schallmeßtechnik Stephanskirchen,
- EMPA Dübendorf/CH,
- BAM Berlin,
- MPA Nordrhein-Westfalen Dortmund.

Bei den Baumessungen handelt es sich im wesentlichen um Prüfberichte der EMPA Dübendorf/CH, des Labors für Schallmeßtechnik Stephanskirchen, der Fa. Moll Berlin, der Akustik Süd München, des ALB Berlin, der MFPA Leipzig, der Fa. Taubert und Ruhe Halstenbek und der Firma Müller-BBM Planegg.

Zusammen mit den im i.f.t. vorhandenen Meßergebnissen standen dann 2481 Labormessungen und 166 Baumessungen für die Auswertung zur Verfügung. Verwendung in der Statistik fanden solche Prüfberichte, die nach Einführung von DIN 52210 Teil 1 (8.1984) ausgestellt wurden und von Prüfstellen der Gruppe I oder renommierten Instituten im Ausland (bei Labormessungen) bzw. von Prüfstellen der Gruppe I und II oder renommierten Instituten im Ausland (bei Baumessungen) durchgeführt wurden.

Für die Einteilung der Prüfstellen in die beiden Gruppen galt bisher folgende Regelung: Prüfstellen der Gruppe I sind in das „Verzeichnis sachverständiger Prüfstellen im bauaufsichtlichen Verfahren für die Durchführung von Eignungs- und Güteprüfungen nach DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau -“ des DiBt in der Spalte „Prüfstellen der Gruppe I für Eignungs- und Güteprüfungen nach DIN 4109“ aufgenommene Labors, die im Abstand von 3 Jahren bei der PTB Braunschweig Vergleichsmessungen durchführen.

Prüfstellen der Gruppe II sind in das „Verzeichnis sachverständiger Prüfstellen im bauaufsichtlichen Verfahren für die Durchführung von Eignungs- und Güteprüfungen nach DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau -“ des DiBT (jetzt geführt von VMPA) in der Spalte „Prüfstellen der Gruppe II für Güteprüfungen nach DIN 4109“ aufgenommene Labors, die im Abstand von 3 Jahren bei der MPA in Dortmund Vergleichsmessungen durchführen.

Mit Einführung der neuen Bauordnungen und der Bauregelliste haben sich hier in den letzten 2 Jahren Änderungen ergeben, die jedoch für dieses Forschungsprojekt noch unberücksichtigt bleiben können.

3.2.2 Schalldämmung von Verglasungen

Die Schalldämmung von Fenstern wird durch die Schalldämmung der Verglasung wesentlich beeinflusst. Daher ist es erforderlich, die Verglasung zu beschreiben. Dies kann über den konstruktiven Aufbau (Scheibendicke und Art, Scheibenabstand und Gasfüllung im SZR) oder über die Angabe der Schalldämmung der Scheibe erfolgen. Diese Angabe wird in der Regel vom Glashersteller zur Verfügung gestellt. Grundlage hierfür sind Prüfberichte, die für die Schalldämmung der betroffenen Scheibe nach Messung im Normprüfstand nach DIN 52210 (Normformat 1,23 m × 1,48 m, Prüfung DIN 52210-E1-L-P-F-3) erstellt werden.

Da die Angabe der Schalldämmung der Verglasung häufig nicht in den Prüfberichten für Fenster enthalten ist, wurde eine Statistik erstellt, mit deren Hilfe dem geprüften Aufbau eine Schalldämmung zugewiesen werden kann. Grundlage der Statistik sind Messungen der Schalldämmung von Mehrscheiben-Isolierglas am i.f.t. Rosenheim sowie Veröffentlichungen anderer Institute und der Glasindustrie. Fehlende Angaben der Gaskonzentration im Prüfbericht ergeben für die Statistik eine Unsicherheit, die durch Vergleich der Meßkurven mit den dazugehörigen Angaben versucht wurde auszugleichen.

Mit Hilfe dieser statistischen Auswertung von vorliegenden Meßergebnissen und Veröffentlichungen konnte bei der Erfassung der Daten in der Datenbank den meisten Scheibenaufbauten eine Schalldämmung der Verglasung zugeordnet werden.

3.2.3 Schalldämmung von Rahmen

Es gibt einige, aber nicht aktuelle Untersuchungen über die Schalldämmung von Rahmenprofilen aus Holz, Aluminium und Kunststoff [12,13,14,15].

Für die vorliegende Untersuchung ist die Schalldämmung des Fensterrahmens im statistischen Teil nur insofern von Bedeutung, als für Schalldämmmaße > 42 dB der Rahmenanteil stärker ins Gewicht fällt und ab $R_w = 47$ dB die Grenze für Einfachfenster als Schallschutzfenster erreicht wird. Gewisse Unsicherheiten bestehen darin, daß bei einigen Prüfzeugnissen die Abweichungen vom plausiblen Wert entweder auf die Unbestimmtheit des Gasgehaltes der Mehrscheiben-Isolierverglasung oder auf den zunehmenden Einfluß der Schalldämmung des Rahmens (beschränkt auf etwa 42 dB) zurückzuführen sind. Im Abschnitt „Rahmenanteil“ wird die Problematik erneut behandelt.

3.3 Datenbank

Für die statistische Auswertung der Prüfberichte wurde eine Datenbank in MS Excel 5.0 angelegt. Das Datenmaterial wurde den Prüfunterlagen entnommen, die im i.f.t. Rosenheim vorhanden sind bzw. zur Verfügung gestellt wurden. Die Datenbank enthält folgende Auswahlkriterien:

Feld	Bemerkung
Labor	Mit der Durchführung der Messung beauftragte Prüfstelle
Prüfberichts-Nr.	Zur Identifikation des Prüfberichtes, sowie zur Vermeidung von Doppelseintragungen und zur Nachvollziehbarkeit bei späteren Unklarheiten
$R_{w,P}$	Meßergebnis (Labor- und Baumessungen)
$R_{w,P} + C$	Meßergebnis + Spektrum-Anpassungswert C
$R_{w,P} + C_{tr}$	Meßergebnis + Spektrum-Anpassungswert C_{tr}
Prüffläche	Prüffläche in m^2
Prüfdatum	Datum der Prüfung
Format	Markierung, falls Messung des Probekörpers im Normformat nach DIN 52210
Breite	Probekörperbreite in mm
Höhe	Probekörperhöhe in mm
Rahmenmaterial	Rahmenmaterial des Fensters

3 Datenerfassung und statistisches Auswertungsverfahren

Alu-Holz	Markierung, falls Rahmenmaterial Aluminium-Holz
Alu	Markierung, falls Rahmenmaterial Aluminium
Holz	Markierung, falls Rahmenmaterial Holz
Kunststoff	Markierung, falls Rahmenmaterial Kunststoff
Bauart	Bauart des Probekörpers, z.B. Einfach- oder Verbundfenster
Art	besondere Bauweise, z. B. Stulp oder Festverglasung
Zus. Bauteil	z. B. Oberlicht, Unterlicht
Besonderes	z. B. Lüftungsmaßnahme, mit Rolladenkasten, mit Sprossen
Außendichtung mit Belüftung (Bei Verbundfenstern)	
Außen- und Mitteldichtung	Markierung, falls zutreffend
Mitteldichtung	Markierung, falls zutreffend
Mittel- und Innendichtung	Markierung, falls zutreffend
Außen- und Innendichtung	Markierung, falls zutreffend
Außen-, Mittel- und Innendichtung	Markierung, falls zutreffend
Beschlag	Anschlag, z. B. Dreh oder Drehkipp
BR-Breite	Blendrahmen-Profilbreite in mm
BR-Dicke	Blendrahmen-Profildicke in mm
FR-Breite	Flügelrahmen-Profilbreite in mm
FR-Dicke	Flügelrahmen-Profildicke in mm
Scheibe 1	1. Scheibe der Verglasung in mm, Reihenfolge von außen nach innen
Zwischenraum 1	1. Scheibenzwischenraum der Verglasung in mm
Scheibe 2	2. Scheibe der Verglasung in mm
Zwischenraum 2	2. Scheibenzwischenraum der Verglasung in mm
Scheibe 3	3. Scheibe der Verglasung in mm
Gesamtglasdicke	Gesamtglasdicke in mm
Gasart	Füllung des Scheibenzwischenraumes, z. B. mit Argon, SF ₆ oder Gasgemisch
R _w MIG Stat.	bewertetes Schalldämmmaß der Verglasung nach statistischer Erhebung

R_w MIG PB.	bewertetes Schalldämmmaß der Verglasung nach Prüfbericht
R_w MIG PB. + Stat.	bewertetes Schalldämmmaß der Verglasung nach Prüfbericht bzw., falls die Angabe fehlt, nach statistischer Erhebung
Scheibenbreite	sichtbare Scheibenbreite in mm
Scheibenhöhe	sichtbare Scheibenhöhe in mm
RFA < 25%	Markierung, falls Rahmenflächenanteil RFA < 25 % ist
RFA \geq 25% bis < 30%	Markierung, falls Rahmenanteil zwischen 25 % und 30%
RFA \geq 30% bis < 35%	Markierung, falls Rahmenanteil zwischen 30 % und 35%
RFA \geq 35%	Markierung, falls Rahmenanteil \geq 35 %

Messungen mit unerwartet niedrigen bewerteten Schalldämmmaßen, beispielsweise aufgrund von Undichtigkeiten, die bei Folgemessungen behoben werden konnten, wurden nicht in die Datenbank aufgenommen oder mit einem Index versehen.

Es wird also davon ausgegangen, daß die Fenster dicht und gut eingestellt sind. Das ist eine Grundvoraussetzung für Fenster mit hoher Schalldämmung.

3.4 Auswertungsverfahren

Im folgenden wird das Verfahren beschrieben, nach dem eine statistische Auswertung der in der Datenbank gespeicherten Daten vorgenommen wurde.

3.4.1 Statistische Auswertung

Bei der Festlegung von Tabellenwerten ist eine Sicherheit zu berücksichtigen, damit die festgelegten Werte für das bewertete Schalldämmmaß $R_{w,Tab}$ auch mit guter Wahrscheinlichkeit zutreffen. Für die Statistik wurde ein Vertrauensbereich von 95 % gewählt, d. h. mit 95% Wahrscheinlichkeit erreicht eine Konstruktion, die der Selektion entspricht, das gefundene bewertete Schalldämmmaß $R_{w,Tab}$. Da die Statistik auf Prüfwerten $R_{w,P}$ basiert, sind auch die Werte $R_{w,Tab}$ als statistischer Prüfwert zu betrachten. Für die Festlegung von Rechenwerten in der Tabelle ($\Leftrightarrow R_{w,R,Tab}$), wie es in der Bauregelliste gefordert wird, wurde nach mehrfacher Diskussion eine eigene Spalte mit Rechenwerten $R_{w,R}$ unter Berücksichtigung des Vorhaltemaßes in den Vorschlag zu einer Fenstertabelle eingefügt.

Bei kleiner Anzahl n wird der Vertrauensbereich sehr groß. Somit würde für die Ermittlung eines Wertes für die Tabelle der festzulegende Wert $R_{w,Tab}$ unverhältnismäßig klein. Daher wurde als Untergrenze für $R_{w,Tab}$ der Wert angenommen, der mindestens bei der

Auswertung gefunden wurde ($R_{w,\min}$). Das bewertete Schalldämmmaß $R_{w,Tab}$ wurde also festgelegt nach der Beziehung

$$R_{w,Tab} = \begin{cases} \mu - \varepsilon_{95\%} & \left| \begin{array}{l} \mu - \varepsilon_{95\%} \geq R_{w,\min} \\ \mu - \varepsilon_{95\%} < R_{w,\min} \end{array} \right. \end{cases} \quad dB$$

3.4.2 Selektionen

Über die Funktion „Auto-Filter“ in MS-Excel können die Meßdaten nach den gewünschten Auswahlkriterien selektiert werden. Wird z. B. im Feld „Format“ der Eintrag „Normformat“ selektiert, sind nur die Messungen an Probekörpern im Normformat ausgewählt und können statistisch ausgewertet werden. Diese Selektion ist mit jedem Feld, auch parallel möglich, so daß gezielte Konstruktionsmerkmale selektiert und ausgewertet werden können.

In den Tabellen im Anhang sind die wesentlichen Daten der Statistik enthalten. Das sind im einzelnen die

- Anzahl der Messungen n ,
- der Erwartungswert μ ,
- der Erwartungswert μ , vermindert um den Vertrauensbereich $\varepsilon_{95\%}$, jeweils gerundet auf ganzzahlige dB-Werte,
- der kleinste und der größte Wert für das bewertete Schalldämmmaß bei der Selektion und
- das nach 3.4.1 festgelegte bewertete Schalldämmmaß $R_{w,Tab}$.

Sofern die Selektion gleichzeitig für R_w , R_w+C und R_w+C_{tr} [3] durchgeführt wurde, sind aus Platzgründen nur die Anzahl der Messungen n_C bzw. $n_{C_{tr}}$ und das nach 3.4.1 festgelegte bewertete Schalldämmmaß $R_{w,Tab}+C$ bzw. $R_{w,Tab} + C_{tr}$ aufgeführt.

Sind mehrere Merkmale in einer Selektion enthalten, z.B. Dichtungsanordnung oder Rahmenanteil, sind aus Platzgründen nur die Anzahl der Messungen n und das nach 3.4.1 festgelegte bewertete Schalldämmmaß $R_{w,Tab}$ aufgeführt.

Die Basis für die Selektionen bildet die Verglasung. Diese kann mit der Schalldämmung der Verglasung oder dem Aufbau beschrieben werden (vgl. 3.2.2). Die Tabellen im Anhang sind daher so beschrieben, daß die Selektion hintereinander für Schalldämmung und Aufbau der Verglasung durchgeführt wurden.

Die Tabellen enthalten nicht für alle Verglasungen statistische Werte. Das liegt daran, daß die Datenbank für die unterschiedlichen Fragestellungen nicht immer Auswertungsmöglichkeiten bietet. Sind also für verschiedene Fragestellungen keine Einträge vorhanden, so heißt das, daß in diesem Punkt weiterer Forschungsbedarf besteht.

Die einzelnen Selektionen sind in der **<Anlage Tabelle 1 bis 28>** enthalten.

4 Ergebnis der statistischen Auswertung

4.1 Einfachfenster mit Einfachverglasung

Einfachfenster mit Einfachverglasung sind in der Datenbank nicht enthalten, da in der Zeit seit 1984 nur Einfachfenster mit Isolierverglasung geprüft wurden. Da diese Konstruktionen in Sonderfällen nach wie vor Anwendung finden, wenn z.B. der Wärmeschutz keine Rolle spielt, wird für die Konstruktionstabelle die Angabe aus [5] und der alten Tabelle 40 in Beiblatt 1 zu DIN 4109 übernommen.

4.2 Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas

4.2.1 Einflügelige Fenster im Normformat

Die einzelnen Selektionen sind in der **<Anlage Tabelle 1 bis 8>** enthalten. Einflügelige Einfachfenster im Normformat (1,23 m × 1,48 m) stellen mit Abstand den größten Teil der geprüften Konstruktionen dar. Daher ist für diese Bauart die größte Anzahl von statistischen Aussagen möglich. Im einzelnen sind das, jeweils selektiert nach dem bewerteten Schalldämmmaß $R_{w,MIG}$ und Aufbau des MIG:

- Alle Selektionen ohne weitere Einschränkung, in der **<Anlage Tabelle 1 und 2>**
- Rahmenmaterial in der **<Anlage Tabelle 3>**
- Anordnung der Dichtungen in der **<Anlage Tabelle 4>**
- Rahmenmaterial mit unterschiedlicher Dichtungsanordnung, Aluminium-Holz in der **<Anlage Tabelle 5>**
Aluminium in der **<Anlage Tabelle 6>**
Holz in der **<Anlage Tabelle 7>**
Kunststoff in der **<Anlage Tabelle 8>**
- Flächenanteil des Fensterrahmens in der **<Anlage Tabelle 9>**
- Rahmenmaterial mit unterschiedlichem Rahmenflächenanteil, Aluminium-Holz in der **<Anlage Tabelle 10>**
Aluminium in der **<Anlage Tabelle 11>**
Holz in der **<Anlage Tabelle 12>**
Kunststoff in der **<Anlage Tabelle 13>**

Diese Statistik bildet das Grundgerüst für die neue Konstruktionstabelle.

4.2.1.1 Rahmenmaterial

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 3>** enthalten. Fenster aus Kunststoffprofilen haben nach dieser Statistik die höchsten Werte des bewerteten Schalldämmmaßes. Fenster aus Holz und Aluminium haben in einigen Fällen ein etwas geringeres bewertetes Schalldämmmaß als Kunststofffenster. Fenster mit diesen drei Rahmenmaterialien liegen bis auf Streuungen ± 1 dB um den statistischen Wert, der ohne Berücksichtigung der Rahmenmaterialien herauskommt.

Bei Fenstern aus Aluminiumprofilen mit einem bewerteten Schalldämmmaß der Verglasung bis 40 dB liegt die Schalldämmung um ca. 1 dB niedriger als die Schalldämmung ohne Berücksichtigung der Rahmenmaterialien. Das liegt an dem Rahmenanteil, der bei Aluminiumfenstern häufig niedriger ist als bei Holz- oder Kunststofffenstern. Da der Rahmenanteil gesondert betrachtet wird, muß - nach einem Vergleich der ausgewerteten Daten - dieser Punkt hier nicht gesondert berücksichtigt werden.

Nach Durchführung der Statistik für Fenster aus Aluminium-Holzprofilen ergab sich ein um ca. 2 dB geringeres bewertetes Schalldämmmaß als der statistische Wert der Schalldämmung aller Fenster. Da die Statistik auf einer geringen Anzahl von Messungen beruhte, wurde bei einer Besprechung der begleitenden Arbeitsgruppe am 16. Juli 1998 beschlossen, durch Bereitstellung weiterer Prüfberichte die statistische Aussage zu überarbeiten. Die Statistik für die Schalldämmung von Aluminium-Holzfenstern beruht nach Einbeziehung der nachgereichten Unterlagen unter den in Kapitel 3 beschriebenen Randbedingungen nun auf insgesamt 170 Schallprüfungen.

Ergebnis der neuerlichen Statistik ist, daß die Schalldämmung von Aluminium-Holzfenstern im Mittel um ca. 1 dB niedriger liegt als der statistische Wert der Schalldämmung aller Fenster. Da sich auch nach der neuerlichen Statistik zeigt, daß die Schalldämmung von Aluminium-Holzfenstern niedriger liegt, läßt sich durch das Konstruktionsprinzip einiger Aluminium-Holzfenstersysteme erklären, bei denen die Aluminiumschale aufgeklipst und nicht abgedichtet wird. Somit treten bei einigen Typen Undichtigkeiten auf, die zu erhöhtem Fugenschallanteil im Rahmen führen. Auch ist bei einigen Konstruktionen der Funktionsfugenquerschnitt so gestaltet, daß die Schalldämmung aufgrund fehlender Masse niedriger ist.

Als Ergebnis können die Rahmenmaterialien Aluminium, Holz und Kunststoff in den Abmessungen, wie sie üblicherweise im Fensterbau eingebaut werden, als gleichwertig in Bezug auf das bewertete Schalldämmmaß R_w angesehen werden. Fenster aus Aluminium-Holzprofilen haben nach dem Vergleich der Daten im Mittelwert eine um ca. 1 dB geringere Schalldämmung.

4.2.1.2 Dichtungsanordnung

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 4 bis 8>** enthalten. Fenster mit einer Dichtung (Mitteldichtung) haben die geringsten Werte des bewerteten Schalldämmmaßes. Ab einem bewerteten Schalldämmmaß von ca. 37 dB liegen Fenster mit Mitteldichtung 1 dB bis 2 dB niedriger als der statistische Wert der Schalldämmung für alle Fenster.

Ähnliches gilt für Fenster mit Außen- und mit Mitteldichtung. Diese Dichtungsanordnung ist bei Fenstern vorhanden, bei denen der Flügel innen bündig mit dem Blendrahmen abschließt, so daß keine Innendichtung eingebaut werden kann. Weiterhin wird diese Dichtungskombination häufig in Aluminium-Holzfenstern eingebaut, bei denen die Werte der Schalldämmung etwas niedriger liegen als bei den anderen Rahmenmaterialien. Diese Konstruktionen verlieren teilweise ca. 1 dB bis 2 dB im Vergleich zu dem statistischen Wert der Schalldämmung für alle Fenster. Es läßt sich jedoch keine Systematik bei diesen Abweichungen feststellen. Die Gründe für die Minderung der Schalldämmung wurden bisher nicht systematisch untersucht.

Bei Fenstern mit Mitteldichtung und Innendichtung (=Überschlagdichtung) ist keine signifikante Abweichung von dem statistischen Wert der Schalldämmung für alle Fenster feststellbar. Gleiches gilt für Fenster mit Außen- und Innendichtung.

Als Ergebnis können alle Fenster mit einem bewerteten Schalldämmmaß bis 37 dB mit mindestens einer umlaufenden Dichtung als ausreichend abgedichtet betrachtet werden. Für Fenster mit einer höheren Schalldämmung ist eine zweite umlaufende Innendichtung erforderlich. Fenster mit zusätzlicher Außendichtung erfüllen nicht in jedem Fall die Anforderungen wie Fenster mit zusätzlicher Innendichtung.

Ein strenger Vergleich der Ergebnisse in **<Anlage Tabelle 7>** zeigt, daß bei Holzfenstern mit einem bewerteten Schalldämmmaß $R_w = 38$ dB und $R_w = 39$ dB eine umlaufende Dichtung ausreicht.

4.2.1.3 Rahmenanteil

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 9 bis 13>** enthalten. Der größte Anteil der geprüften Konstruktionen hat einen Rahmenflächenanteil von 30% bis 35%.

Betrachtet man Fenster mit geringerem Rahmenanteil von 25% bis 30%, was gleichbedeutend mit mehr Glasanteil ist, so läßt sich folgende Tendenz ablesen: Bei bewerteten Schalldämmmaßen der Verglasung bis 40 dB nimmt die Schalldämmung bei einem geringeren Rahmenanteil um ca. 2 dB ab. Liegt die Schalldämmung der Verglasung höher als 40 dB, so ändert sich die Schalldämmung des Fensters nicht bei unterschiedlichem Rahmenanteil.

Betrachtet man Fenster mit größerem Rahmenanteil von mehr als 35%, was gleichbedeutend mit weniger Glasanteil ist, so läßt sich folgende Tendenz ablesen: Bei Kunststoffenstern nimmt die Schalldämmung bei einem größeren Rahmenanteil um ca. 1 dB ab. Bei Holzfenstern steigt die Schalldämmung bei einem größeren Rahmenanteil etwas an. Diese Tendenz ist nahezu unabhängig von der Schalldämmung der Verglasung. Für Aluminiumfenster und Aluminium-Holzfenster liegen für eine Aussage nicht genügend Daten vor. Da die genannten Abweichungen um den statistischen Wert der Schalldämmung für alle Fenster schwanken, erscheint es nicht notwendig, hier eine weitere Gesetzmäßigkeit zu ergründen.

Als Ergebnis können die gefundenen Werte des bewerteten Schalldämmmaßes für Fenster mit einem Rahmenanteil von 30% bis 35% in guter Näherung mit dem statistischen Wert der Schalldämmung für alle Fenster gleichgesetzt werden. Fenster mit einem geringeren Flächenanteil des Rahmens (um 25%) und einer Schalldämmung der Verglasung bis 40 dB, (d. h. alle Mehrscheiben-Isolierglasaufbauten ohne Gießharz-Verbundscheiben), haben ein um ca. 2 dB geringeres bewertetes Schalldämmmaß als Fenster mit einem Rahmenanteil von 30% bis 35%.

4.2.2 Stulpfenster

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 14 und 15>** enthalten. Bis zu einer Schalldämmung der Verglasung bis ca. 41 dB liegt das bewertete Schalldämmmaß von Stulpfenstern in guter Näherung entsprechend der Schalldämmung von Einfachfenstern im Normformat, siehe auch [8]. Das zeigt, daß die Dichtigkeit des Stulpfensters durch eine geeignete Anordnung der Dichtungen im Stulpbereich gewährleistet werden kann und weitgehend Stand der Technik ist.

Liegt die Schalldämmung der Verglasung bei 42 dB oder darüber, so ist das bewertete Schalldämmmaß eines Stulpfensters um ca. 2 dB niedriger als das eines Einfachfensters.

Daher erscheint es sinnvoll, eine eigene Spalte für Stulpfenster in der zu erstellenden Tabelle einzuführen.

4.2.3 Festverglasungen

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 16 und 17>** enthalten. Die Schalldämmung von Festverglasungen orientiert sich stärker an der Schalldämmung der Verglasung als Einfachfenster. Das liegt daran, daß der Flächenanteil der Verglasung größer ist als bei Fenstern und daß es keine Falzfugen gibt, die zu Undichtigkeiten führen können.

Daher erscheint es sinnvoll, eine eigene Spalte für Festverglasungen in der zu erstellenden Tabelle einzuführen. Nach Diskussion des Ergebnisses in der begleitenden Arbeitsgruppe wurde die Aussage im Vergleich zu der Aussage zum Rahmenanteil hin überprüft und nach Vergleich der Ergebnisse beschlossen, daß bei Festverglasungen eine zusätzliche Korrektur für Rahmenanteil nicht erforderlich ist.

4.2.4 Fenster mit Sprossen

Da nur eine geringe Anzahl von Messungen vorliegt, läßt sich eine gesicherte Aussage nicht treffen. Es erscheint nach dem Vergleich der Daten sinnvoll, für Sprossenfenster mit glasteilender Sprosse mit einem bewerteten Schalldämmmaß der Verglasung von 40 dB oder mehr einen Abschlag von 2 dB einzuführen. Für Fenster mit aufgesetzten Sprossen ist kein Abschlag zu berücksichtigen, siehe auch [7]. Weitere Untersuchungen zu Fenstern mit Sprossen werden in Kapitel 5 beschrieben.

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 18 und 19>** enthalten. Bis zu einer Schalldämmung der Verglasung von ca. 40 dB ist das bewertete Schalldämmmaß von Sprossenfenstern in guter Näherung gleich der Schalldämmung von Einfachfenstern im Normformat. Ist das bewertete Schalldämmmaß der Verglasung ≥ 40 dB, so ist die Schalldämmung des Sprossenfensters deutlich niedriger als die eines Einfachfensters. Das gilt vor allem für Fenster mit glasteilenden Sprossen. Eine Aussage zu aufgesetzten Sprossen ist aufgrund der Datenanalyse nicht möglich.

4.2.5 Fenster mit Ober- und/oder Unterlicht

Da nur eine geringe Anzahl von Messungen vorliegt, läßt sich eine gesicherte Aussage über das Verhalten von Ober- und Unterlichtern nicht treffen. Es erscheint nach dem Vergleich der Daten sinnvoll, für Fenster mit Ober- und Unterlicht einen Abschlag von 1 dB einzuführen. Weitere Untersuchungen zu Fenstern mit Ober- und Unterlicht werden in Kapitel 5 beschrieben.

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 20>** enthalten. Das bewertete Schalldämmmaß von Fenstern mit Ober- und/oder Unterlicht streut um das bewertete Schalldämmmaß von Einfachfenstern im Normformat mit einer Tendenz zu geringeren Schalldämmmaßen, besonders bei Verglasungen mit einem bewerteten Schalldämmmaß $R_{w,MIG}$ von 40 dB oder darüber.

4.2.6 Fenster mit unterschiedlichem Format

Die Schalldämmung von Fenstern in Abhängigkeit vom Format ist in der letzten Zeit viel diskutiert worden. Daher wurden Selektionen für einflügelige Einfachfenster mit unterschiedlichen Baugrößen (Blendrahmenaußenmaß) durchgeführt und jeweils mit den bewerteten Schalldämmmaßen von Einfachfenstern im Normformat verglichen. Im einzelnen sind das, jeweils selektiert nach dem bewerteten Schalldämmmaß und Aufbau des MIG $R_{w,MIG}$:

- Fenster mit einer Fläche von 1,0 m² bis 1,5 m² in der **<Anlage Tabelle 21>**
- Fenster mit einer Fläche von 1,5 m² bis 1,8 m² in der **<Anlage Tabelle 22>**
- Fenster mit einer Fläche von 1,85 m² bis 2,5 m² in der **<Anlage Tabelle 23>**
- Fenster mit einer Fläche von 2,5 m² bis 3,0 m² in der **<Anlage Tabelle 24>**
- Fenster mit einer Fläche von 3,0 m² bis 4,0 m² in der **<Anlage Tabelle 25>**
- Fenster mit einer Fläche mehr als 4,0 m² in der **<Anlage Tabelle 26>**

Im Bereich zwischen 1,8 m² und 1,85 m² liegt das Normformat. Da die Statistik unter 4.2.1 für Fenster im Normformat durchgeführt wurde, ist dieser Bereich nicht berücksichtigt worden. Weitere Untersuchungen zu Fenstern mit unterschiedlichem Format werden in Kapitel 5 beschrieben.

4.2.6.1 Fenster mit einer Fläche von 1,0 m² bis 1,5 m²

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 21>** enthalten. Das bewertete Schalldämmmaß von Fenstern mit der genannten Fläche streut um das bewertete Schalldämmmaß von Einfachfenstern im Normformat mit einer Tendenz zu geringeren Schalldämmmaßen.

Da nur eine geringe Anzahl von Messungen vorliegt, läßt sich eine gesicherte Aussage über das Verhalten von Fenstern mit der genannten Fläche nicht treffen. Es erscheint nach dem Vergleich der Daten sinnvoll, für Fenster mit einer Fläche von 1,0 m² bis 1,5 m² einen Abschlag von 1 dB einzuführen.

4.2.6.2 Fenster mit einer Fläche von 1,5 m² bis 1,8 m²

Da nur eine geringe Anzahl von Messungen vorliegt, läßt sich eine gesicherte Aussage über das Verhalten von Fenstern mit der genannten Fläche nicht treffen. Es erscheint nach dem Vergleich der Daten sinnvoll, für Fenster mit einer Fläche von 1,5 m² bis 1,8 m² die gleichen bewerteten Schalldämmmaße anzuwenden wie für Fenster im Normformat.

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 22>** enthalten. Das bewertete Schalldämmmaß von Fenstern mit der genannten Fläche streut um das bewertete Schalldämmmaß von Einfachfenstern im Normformat ohne erkennbare Tendenz zu geringeren oder höheren Schalldämmmaßen.

4.2.6.3 Fenster mit einer Fläche von 1,85 m² bis 2,5 m²

Da nur eine geringe Anzahl von Messungen vorliegt, läßt sich eine statistisch gesicherte Aussage über das Verhalten von Fenstern mit der genannten Fläche nicht treffen. Es erscheint nach dem Vergleich der Daten sinnvoll, für Fenster mit einer Fläche von 1,85 m² bis 2,5 m² die gleichen bewerteten Schalldämmmaße anzuwenden wie für Fenster im Normformat.

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 23>** enthalten. Das bewertete Schalldämmmaß von Fenstern mit der genannten Fläche streut um das bewertete Schalldämmmaß von Einfachfenstern im Normformat ohne erkennbare Tendenz zu geringeren oder höheren Schalldämmmaßen.

4.2.6.4 Fenster mit einer Fläche von 2,5 m² bis 3,0 m²

Da nur eine geringe Anzahl von Messungen vorliegt, läßt sich eine statistisch gesicherte Aussage über das Verhalten von Fenstern mit der genannten Fläche nicht treffen. Es erscheint nach dem Vergleich der Daten sinnvoll, für Fenster mit einer Fläche von 2,5 m² bis 3,0 m² die gleichen bewerteten Schalldämmmaße anzuwenden wie für Fenster im Normformat.

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 24>** enthalten. Das bewertete Schalldämmmaß von Fenstern mit der genannten Fläche streut um das bewertete Schalldämmmaß von Einfachfenstern im Normformat ohne erkennbare einer Tendenz zu geringeren oder höheren Schalldämmmaßen.

4.2.6.5 Fenster mit einer Fläche von 3,0 m² bis 4,0 m²

Da nur eine sehr geringe Anzahl von Messungen vorliegt, läßt sich eine gesicherte Aussage über das Verhalten von Fenstern mit der genannten Fläche nicht treffen. Es erscheint nach dem Vergleich der Daten sinnvoll, für Fenster mit einer Fläche von 3,0 m² bis 4,0 m² die gleichen bewerteten Schalldämmmaße anzuwenden wie für Fenster im Normformat.

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 25>** enthalten. Das bewertete Schalldämmmaß von Fenstern mit der genannten Fläche streut um das bewertete Schalldämmmaß von Einfachfenstern im Normformat ohne erkennbare Tendenz zu geringeren oder höheren Schalldämmmaßen.

4.2.6.6 Fenster mit einer Fläche von mehr als 4,0 m²

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 26>** enthalten. Da nur Werte für einen Scheibentyp vorliegen, läßt sich eine Aussage nicht treffen.

4.2.7 Fenstertüren

Da nur eine geringe Anzahl von Messungen vorliegt, läßt sich eine gesicherte Aussage über das Verhalten von Fenstertüren nicht treffen. Es erscheint nach dem Vergleich der Daten sinnvoll, für Fenstertüren die gleichen bewerteten Schalldämmmaße anzuwenden wie für Fenster im Normformat.

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 27>** enthalten. Unter Fenstertüren sind in der Datenbank in erster Linie einflügelige Balkontüren erfaßt. Das bewertete Schalldämmmaß von Fenstertüren streut um das bewertete Schalldämmmaß von Einfachfenstern im Normformat ohne erkennbare Tendenz zu geringeren oder höheren Schalldämmmaßen.

4.2.8 Fassaden

Da nur eine geringe Anzahl von Messungen vorliegt, läßt sich eine gesicherte Aussage über das Verhalten von Fassaden nicht treffen. Es erscheint nach dem Vergleich der Daten sinnvoll, für Fassaden die gleichen bewerteten Schalldämmmaße anzuwenden wie für Fenster im Normformat [25].

Einzelheiten sind in der **<Anlage Tabelle 28>** enthalten. Unter Fassaden sind in der Datenbank in erster Linie Pfosten-Riegel-Konstruktionen erfaßt. Das bewertete Schalldämmmaß von Fassaden streut um das bewertete Schalldämmmaß von Einfachfenstern im Normformat ohne erkennbare Tendenz zu geringeren oder höheren Schalldämmmaßen.

4.3 Verbund- und Kastenfenster

Verbund- und Kastenfenster sind in der Datenbank nur in geringer Anzahl enthalten, da seit 1984 in erster Linie Einfachfenster mit Isolierverglasung hergestellt wurden. Da diese Konstruktionen in Sonderfällen nach wie vor Anwendung finden bzw. ein steigender Bedarf zu erwarten ist, wird für die Konstruktionstabelle die Angaben aus [5], [6] und [8] und der alten Tabelle 40 übernommen.

5 Ergebnis der Schallmessungen

5.1 Probekörper

Zur Unterstützung der statistischen Aussage wurden an ausgewählten Fenstern Schallmessungen durchgeführt. Es wurden 6 verschiedene Kunststoffenster eines Systems und drei verschiedene Aluminiumfenster eines Systems untersucht. Es wurden Kunststoff- und Aluminiumsysteme mit Trockenverglasung für die Probekörper ausgewählt, da diese Systeme einfach und schnell umzuglasen sind.

Die Messungen wurden im Norm-Fensterprüfstand des i.f.t., Einbauart stumpf gemäß DIN 52210-P-F-2 und, bei abweichenden Fensterformaten, im mit hochschalldämmenden Elementen an das erforderliche Maß angepaßten Wandprüfstand des i.f.t., Einbauart stumpf in Anlehnung an die Einbauart DIN 52210-P-F-2, durchgeführt.

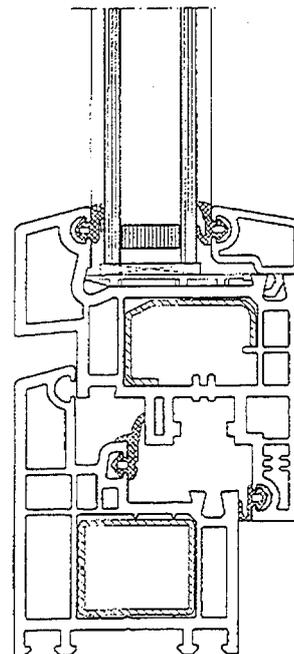
5.1.1 Kunststoffenster

Es wurde ein Mitteldichtungssystem ausgesucht mit folgenden Daten:

Dichtungen:	Mitteldichtung und Überschlagdichtung
Blendrahmen:	58 mm × 77 mm
Flügelrahmen:	77 mm × 84 mm

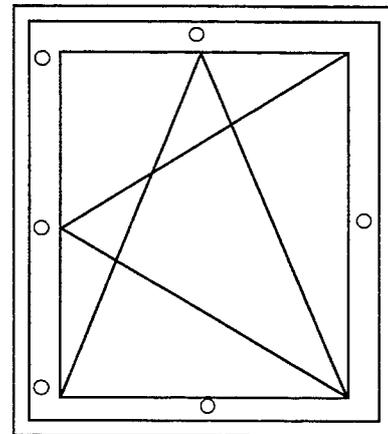
Zielsetzung war es, möglichst viele Konstruktionsarten zu erfassen

Die Probekörper haben im einzelnen folgende Merkmale:



5.1.1.1 Probekörper 1:

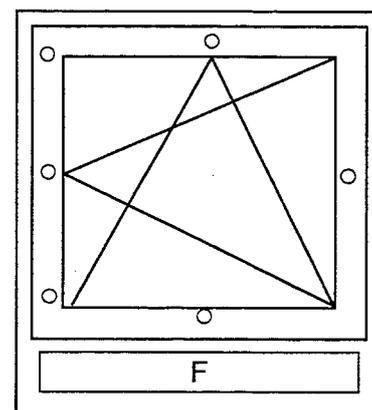
Besonderes Merkmal: Verglasung in Normformat
(1230 mm × 1480 mm)
Bauart: Einfachfenster einflügelig
Rahmenanteil: 28 %
Abmessungen: 1435 mm × 1685 mm



○ = Verriegelungspunkt

5.1.1.2 Probekörper 2:

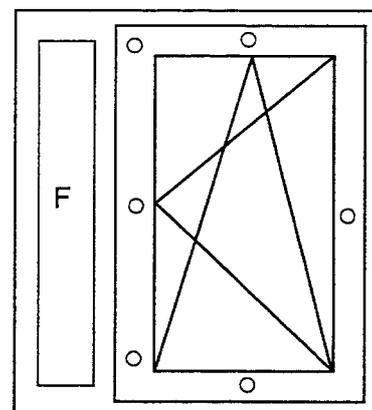
Besonderes Merkmal: Fenster mit Unterlicht
Bauart: Einfachfenster einflügelig
Rahmenanteil: 36 %
Abmessungen: 1230 mm × 1480 mm



○ = Verriegelungspunkt

5.1.1.3 Probekörper 3:

Besonderes Merkmal: Fenster mit Seitenelement
Bauart: Einfachfenster einflügelig
Rahmenanteil: 37 %
Abmessungen: 1230 mm × 1480 mm

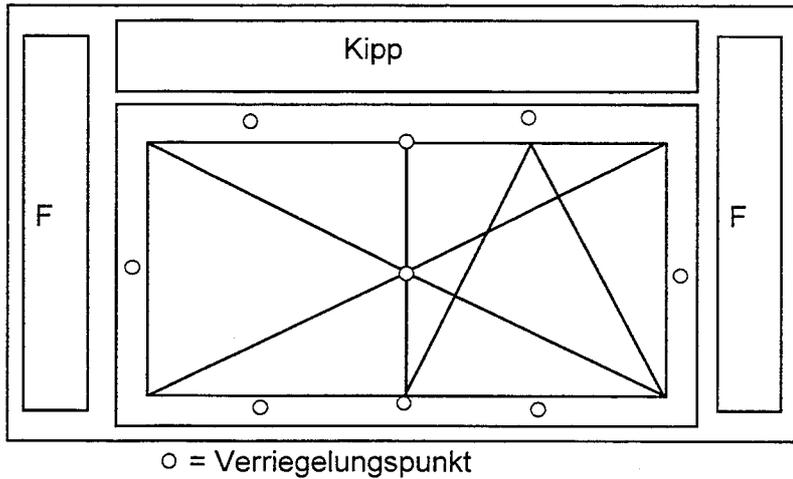


○ = Verriegelungspunkt

5 Ergebnis der Schallmessungen

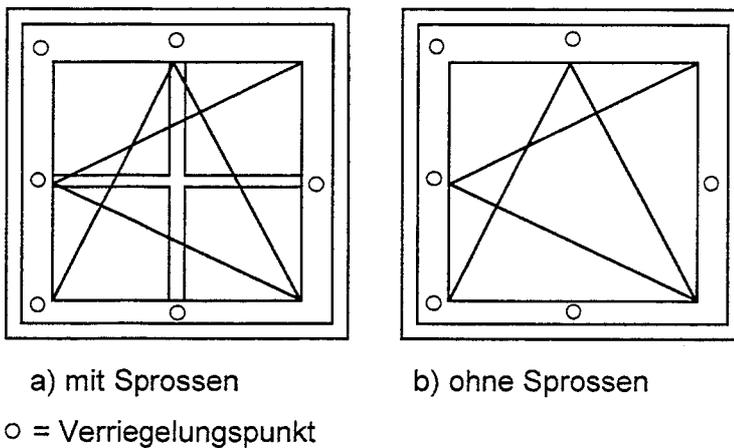
5.1.1.4 Probekörper 4:

Besonderes Merkmal: Stulpfenster mit Oberlicht und Seitenelementen
 Bauart: Einfachfenster zweiflügelig mit Stulp
 Rahmenanteil: 35 %
 Abmessungen: 3000 mm × 1680 mm



5.1.1.5 Probekörper 5:

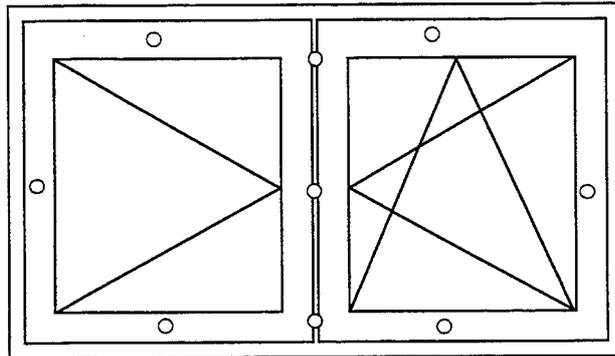
Besonderes Merkmal: Fenster ohne und mit glasteilenden Sprossen
 Bauart: Einfachfenster einflügelig
 Rahmenanteil: 35 % (ohne Sprossen), 43% (mit Sprossen)
 Abmessungen: 1230 mm × 1230 mm



5 Ergebnis der Schallmessungen

5.1.1.6 Probekörper 6:

Besonderes Merkmal: Fenster mit Stulp
Bauart: Einfachfenster zweiflügelig mit Stulp
Rahmenanteil: 35 %
Abmessungen: 1850 mm × 1400 mm



○ = Verriegelungspunkt

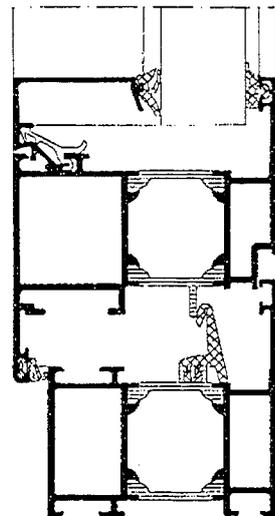
5.1.2 Aluminiumfenster

Im Rahmen der Fenstertage 1997 fand eine Besprechung zum Forschungsvorhaben statt. Ergebnis der Besprechung war unter anderem, daß zu den geprüften Konstruktionen auch die Abhängigkeit vom Format an ausgewählten Konstruktionen untersucht werden sollte. Daher wurden diese Fenster in die Untersuchung einbezogen.

Es wurde ein Mitteldichtungssystem ausgesucht mit folgenden Daten:

Dichtungen:	Mitteldichtung und Überschlagdichtung
Blendrahmen:	65 mm × 70 mm
Flügelrahmen:	76 mm × 70 mm

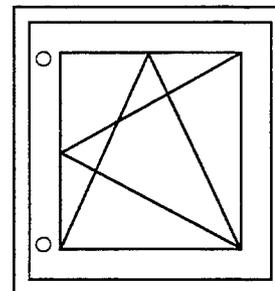
Zielsetzung war es, verschieden große Fenster zu erfassen



Die Probekörper haben im einzelnen folgende Merkmale:

5.1.2.1 Probekörper 7:

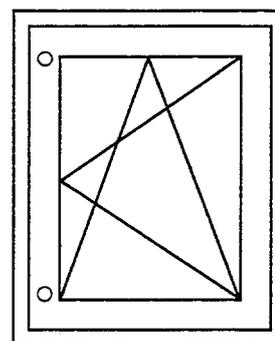
Bauart:	Einfachfenster einflügelig
Rahmenanteil RA:	47 %
Abmessungen:	800 mm × 800 mm



○ = Verriegelungspunkt

5.1.2.2 Probekörper 8:

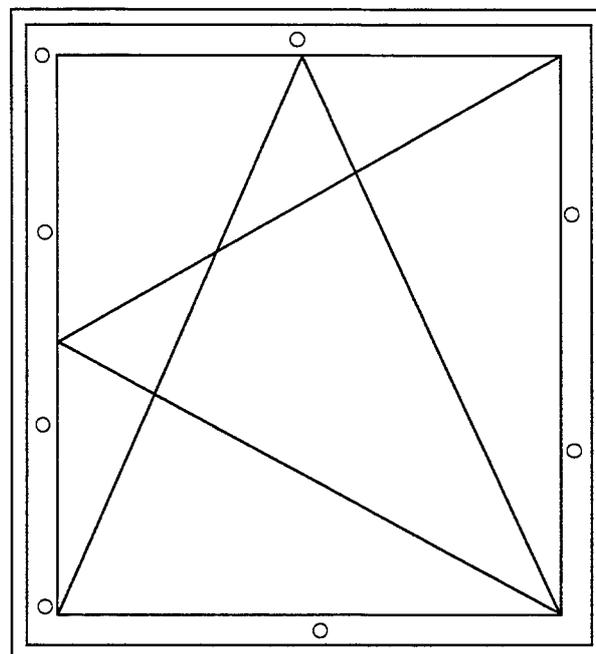
Bauart:	Einfachfenster einflügelig
Rahmenanteil RA:	42 %
Abmessungen:	800 mm × 1100 mm



○ = Verriegelungspunkt

5.1.2.3 Probekörper 9:

Bauart: Einfachfenster einflügelig
 Rahmenanteil RA: 21 %
 Abmessungen: 1800 mm × 2300 mm



○ = Verriegelungspunkt

5.1.3 Verglasungen

Für alle Fenster wurden folgende Verglasungen ausgewählt:

- 6/16/4,
- 9GH/16/6,
- 11GH/12/9GH,

jeweils mit Argonfüllung. Nach Durchführung der Prüfungen wurden die Verglasungen mit einer Gasmischung aus 60% Argon und 40% SF₆ gefüllt und nochmals untersucht.

Aufgrund des Zeitdruckes konnten die Varianten 4 und 6 nicht mehr mit der Mischgasfüllung untersucht werden. Die Untersuchung der Normscheibe mit dem Aufbau 6/16/4 und Gasfüllung 60% Argon und 40% SF₆ in Probekörper 1 konnte nicht durchgeführt werden, da die Scheibe vor dem Einbau beschädigt wurde und damit unbrauchbar war.

Von allen Verglasungen wurden Gasanalysen durchgeführt, deren Ergebnis sich wie folgt darstellt:

Argon- gefüllte Scheiben: Füllgrad 95 % bis 97 %
 Argon- und SF₆- gefüllte Scheiben: Füllgrad 60% Argon, 40% SF₆ ±5%

5.2 Messergebnisse

Die Messungen wurden nach DIN 52210 durchgeführt. Die Auswertung erfolgte nach DIN EN ISO 717 Teil 1 (01.1997), d.h. neben dem bewerteten Schalldämmmaß R_w wurden auch die Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} bestimmt.

Die Spektrum-Anpassungswerte für den erweiterten Frequenzbereich weichen von den Werten für 100 Hz bis 3150 Hz um maximal 1 dB ab. Daher wurde, auch aus Gründen der Übersichtlichkeit, auf die Angabe der Anpassungswerte für den erweiterten Frequenzbereich verzichtet.

5.2.1 Verglasungen

Die Verglasungen wurden für die Kunststoffenster bestellt. Da die Verglasungen für die Aluminiumfenster aus einer anderen Charge stammen, ist nicht auszuschließen, daß die Werte, gerade bei den Gießharzscheiben, von denen der Kunststoffenster etwas abweichen. Die Schallmessungen an den Verglasungen haben im einzelnen folgende Ergebnisse erbracht:

Tabelle 1 Meßergebnisse der Verglasungen im Normformat

Scheibe mm	Füllung	R_w (C; C_{tr}) in dB ($R_w \Leftrightarrow R_{w,P}$)
6/16/4	Argon	34 (-1;-4)
	60% Argon, 40% SF ₆	38 (-3;-8)
9GH/16/6	Argon	40 (-2;-6)
	60% Argon, 40% SF ₆	44 (-3;-8)
11GH/12/9GH	Argon	45 (-2;-6)
	60% Argon, 40% SF ₆	49 (-4;-9)

Die Füllung der Scheiben mit einem Anteil SF₆ erhöht die Schalldämmung R_w bei allen drei Scheibentypen um +4 dB. Aufgrund des Verlaufes der Meßkurve ist die Verbesserung der Schalldämmung bei den Spektrum-Anpassungswerten nicht so groß [23].

Die Verbesserung liegt für die R_w +C-Werte bei +2 dB bis +3 dB, für die R_w + C_{tr} -Werte nur bei +0 dB bis +2 dB.

5.2.2 Kunststoffenster

Die Ergebnisse der Messungen an den Kunststoffenstern sind in der folgenden Tabelle 2 aufgelistet. Zum Vergleich ist das Ergebnis aus der statistischen Erhebung ebenfalls in der Tabelle 2 in den Spalten $R_{w,Tab}$ (Statistik) dargestellt.

Die Spalte mit der Überschrift „Anlage Tabelle 1/2“ enthält die Daten aus den statistischen Analysen für alle Einfachfenster im Normformat ohne Berücksichtigung des Rahmenmaterials in **<Anlage Tabelle 1 und 2>**, sortiert nach der Schalldämmung / dem geometrischen Aufbau der MIG. Die Spalte mit der Überschrift „Anlage Tabelle 8“ enthält die Daten aus den statistischen Analysen für alle Einfachfenster im Normformat mit Berücksichtigung des Rahmenmaterials Kunststoff in **<Anlage Tabelle 8>**.

Die Spalte mit der Überschrift „Abweichung ΔR_w zur Statistik“ enthält die Differenz aus den Werten der Statistik und der Messung. Positive Abweichungen bedeuten, daß das Ergebnis der Messung größer ist, als nach der statistischen Analyse zu erwarten ist. Negative Abweichungen bedeuten, daß das Ergebnis der Messung niedriger ist, als nach der statistischen Analyse zu erwarten ist.

Der Vergleich der Prüfwerte mit den Werten der Statistik erfolgt aus Gründen der Übersichtlichkeit nur für das bewertete Schalldämmmaß R_w .

Der Vergleich mit der Statistik der vorliegenden Untersuchung zeigt für die meisten Messungen eine Abweichung ΔR_w des Meßergebnisses vom statistischen Mittelwert im Bereich $\Delta R_w = 0$ bis $+2$ dB. Größere Abweichungen sind bei Probekörper 5a mit glasteilenden Sprossen festzustellen mit $\Delta R_w = -2$ bis $+3$ dB. Die Werte der Spektrum-Anpassungswerte stimmen mit Abweichungen im Bereich von ± 1 dB mit denen der Statistik aus der vorliegenden Untersuchung in **<Anlage Tabelle 1 und 2>** überein.

5 Ergebnis der Schallmessungen

Tabelle 2 Meßergebnisse der Schalldämmung der Kunststoffenster unterschiedlicher Konstruktion und Abmessungen

PK Nr.	R _{w,MIG}	Verglasung		R _w (C;C _{tr}) (R _w =R _{w,P}) Messung	R _{w,Tab} (Statistik)		Abweichung ΔR _w zur Statistik
		Aufbau	Füllung		Anlage Tabelle 1/2	Anlage Tabelle 8	
	dB	mm		dB	dB	dB	dB
1 Fenster mit Normscheibe S = 2,48 m ² RA = 28 %	34	6/16/4	Argon	37 (-2;-5)	- / 37	38	-1 bis 0
	40	9GH/16/6	Argon	41 (-2;-6)	40 / 41	41	0 bis +1
	44		Ar + SF ₆	42 (-2;-6)	42 / 42	42	0
	45	11GH/12/9GH	Argon	44 (-2;-5)	43 / -	43	+1
	49		Ar + SF ₆	44 (-2;-6)	44 / -	-	0
2 Fenster mit Unterlicht S = 1,88 m ² RA = 36 %	34	6/16/4	Argon	38 (-2;-4)	- / 37	38	0 bis +1
	38		Ar + SF ₆	39 (-2;-5)	38 / 38	38	+1
	40	9GH/16/6	Argon	41 (-2;-5)	40 / 41	41	0 bis +1
	44		Ar + SF ₆	42 (-1;-4)	42 / 42	42	0
	45	11GH/12/9GH	Argon	45 (-2;-5)	43 / -	43	+2
	49		Ar + SF ₆	44 (-1;-4)	44 / -	-	0
3 Fenster mit Seitenelement S = 1,88 m ² RA = 37 %	34	6/16/4	Argon	39 (-1;-4)	- / 37	38	+1 bis +2
	38		Ar + SF ₆	39 (-1;-4)	38 / 38	38	+1
	40	9GH/16/6	Argon	42 (-2;-4)	40 / 41	41	+1 bis +2
	44		Ar + SF ₆	42 (-2;-5)	42 / 42	42	0
	45	11GH/12/9GH	Argon	44 (-1;-4)	43 / -	43	+1
	49		Ar + SF ₆	44 (-1;-4)	44 / -	-	0
4 Stulpfenster mit Oberlicht und Seiten- elementen S = 5,13 m ² RA = 35 %	34	6/16/4	Argon	38 (-2;-5)	- / 37	38	0 bis +1
	40	9GH/16/6	Argon	42 (-2;-5)	40 / 41	41	+1 bis +2
	45	11GH/12/9GH	Argon	44 (-2;-5)	43 / -	43	+1

RA = Rahmenanteil

Tabelle 2 Meßergebnisse der Schalldämmung der Kunststoffenster unterschiedlicher Konstruktion und Abmessungen (Fortsetzung)

PK Nr.	$R_{w,MIG}$	Verglasung		$R_w(C;C_{tr})$ ($R_w=R_{w,P}$) Messung	$R_{w,Tab}$ (Statistik)		Abweichung ΔR_w zur Statistik
		Aufbau	Füllung		Anlage Tabelle 1/2	Anlage Tabelle 8	
	dB	mm		dB	dB	dB	dB
5 a Fenster mit Sprossen S = 1,56 m ² RA = 43 %	34	6/16/4	Argon	40 (-3;-6)	- / 37	38	+2 bis +3
	38		Ar + SF ₆	39 (-1;-5)	38 / 38	38	+1
	40	9GH/16/6	Argon	41 (-2;-5)	40 / 41	41	0 bis +1
	44		Ar + SF ₆	40 (-2;-4)	42 / 42	42	-2
	45	11GH/12/9GH	Argon	44 (-1;-4)	43 / -	43	+1
	49		Ar + SF ₆	43 (-1;-4)	44 / -	-	-1
5 b Fenster ohne Sprossen S = 1,56 m ² RA = 35 %	34	6/16/4	Argon	39 (-2;-5)	- / 37	38	+1 bis +2
	38		Ar + SF ₆	40 (-2;-5)	38 / 38	38	+2
	40	9GH/16/6	Argon	42 (-2;-6)	40 / 41	41	+1 bis +2
	44		Ar + SF ₆	42 (-1;-4)	42 / 42	42	0
	45	11GH/12/9GH	Argon	45 (-1;-4)	43 / -	43	+2
	49		Ar + SF ₆	45 (-1;-4)	44 / -	-	+1
6 Stulpfenster S = 2,66 m ² RA = 35 %	34	6/16/4	Argon	38 (-2;-5)	- / 37	38	0 bis +1
	40	9GH/16/6	Argon	41 (-2;-6)	40 / 41	41	0 bis +1
	45	11GH/12/9GH	Argon	43 (-1;-4)	43 / -	43	0

RA = Rahmenanteil

5.2.3 Aluminiumfenster

Die Ergebnisse der Messungen an den Aluminiumfenstern sind in der folgenden Tabelle 3 aufgelistet. Zum Vergleich ist das Ergebnis aus der statistischen Erhebung ebenfalls in der Tabelle 3 in den Spalten $R_{w,Tab}$ (Statistik) dargestellt.

Die Spalte mit der Überschrift „Anlage Tabelle 1/2“ enthält die Daten aus den statistischen Analysen für alle Einfachfenster im Normformat ohne Berücksichtigung des Rahmenmaterials in **<Anlage Tabelle 1 und 2>**, sortiert nach der Schalldämmung / dem geometrischen Aufbau der MIG. Die Spalte mit der Überschrift „Anlage Tabelle 6“ enthält die Daten aus den statistischen Analysen für alle Einfachfenster im Normformat mit Berücksichtigung des Rahmenmaterials Aluminium in **<Anlage Tabelle 6>**. Dabei ist anzumerken, daß die Statistik in Tabelle 6 im Anhang teilweise einen geringen Stichprobenumfang aufweist und die Ergebnisse daher mit einer größeren Unsicherheit versehen sind als die Ergebnisse in Tabelle 8 für Kunststoffenster.

5 Ergebnis der Schallmessungen

Die Spalte mit der Überschrift „Abweichung ΔR_w zur Statistik“ enthält die Differenz aus den Werten der Statistik und der Messung. Positive Abweichungen bedeuten, daß das Ergebnis der Messung größer ist, als nach der statistischen Analyse zu erwarten ist. Negative Abweichungen bedeuten, daß das Ergebnis der Messung niedriger ist, als nach der statistischen Analyse zu erwarten ist.

Der Vergleich der Prüfwerte mit den Werten der Statistik erfolgt aus Gründen der Übersichtlichkeit nur für das bewertete Schalldämmmaß R_w .

Abweichungen sind bei allen Probekörpern festzustellen. Sie liegen im Bereich $\Delta R_w = -3$ bis $+3$ dB.

Tabelle 3 Meßergebnisse der Schalldämmung der Aluminiumfenster mit unterschiedlichen Abmessungen

PK Nr.	$R_{w,MIG}$	Verglasung		$R_w(C;C_{tr})$ ($R_w=R_{w,P}$) Messung	$R_{w,Tab}$ (Statistik)		Abweichung ΔR_w zur Statistik
		Aufbau	Füllung		Anlage Tabelle 1/2	Anlage Tabelle 6	
	dB	mm		dB	dB	dB	dB
7 S = 0,67 m ² RA = 47 %	34	6/16/4	Argon	37 (-1;-4)	- / 37	35	0 bis +2
	38		Ar + SF ₆	38 (-1;-3)	38 / 38	37	0 bis +1
	40	9GH/16/6	Argon	40 (-1;-3)	40 / 41	40	-1 bis 0
	44		Ar + SF ₆	41 (-1;-3)	42 / 42	41	-1 bis 0
	45	11GH/12/9GH	Argon	41 (-2;-4)	43 / -	-	-2
	49		Ar + SF ₆	41 (-1;-3)	44 / -	-	-3
8 S = 0,92 m ² RA = 42 %	34	6/16/4	Argon	38 (-1;-3)	- / 37	35	+1 bis +3
	38		Ar + SF ₆	38 (-1;-3)	38 / 38	37	0 bis +1
	40	9GH/16/6	Argon	41 (-1;-3)	40 / 41	40	0 bis +1
	44		Ar + SF ₆	40 (-1;-3)	42 / 42	41	-2 bis -1
	45	11GH/12/9GH	Argon	42 (-1;-4)	43 / -	-	-1
	49		Ar + SF ₆	42 (-1;-3)	44 / -	-	-2
9 S = 4,22 m ² RA = 21 %	34	6/16/4	Argon	34 (-1;-4)	- / 37	35	-3 bis -1
	38		Ar + SF ₆	36 (-3;-7)	38 / 38	37	-2 bis -1
	40	9GH/16/6	Argon	39 (-2;-5)	40 / 41	40	-2 bis -1
	44		Ar + SF ₆	40 (-1;-5)	42 / 42	41	-2 bis -1
	45	11GH/12/9GH	Argon	40 (-1;-4)	43 / -	-	-3
	49		Ar + SF ₆	42 (-2;-6)	44 / -	-	-2

RA = Rahmenanteil

5.3 Analyse der Schallmessungen

Im folgenden Kapitel soll eine Analyse der Messungen vorgenommen werden.

5.3.1 Undichtigkeiten

Bei den Aluminiumfenstern waren durchgehend leichte Undichtigkeiten feststellbar. Diese lagen im Bereich der Schere, da hier die Überschlagnichtung zur Aufnahme der Ausstellschere ausgeschnitten ist.

Nach Abdichten des inneren Falzes mit dauerelastischem Dichtstoff verbesserte sich die Schalldämmung der Fenster um bis zu 1 dB, wie in nachfolgender Tabelle 4 dargestellt ist.

Tabelle 4 Undichtigkeiten bei Aluminiumfenstern

PK-Nr.	Verglasung Aufbau mm	Füllung	Messung	
			Betriebsfertig $R_w (C;C_{tr})$ dB	Falz innen abgedichtet $R_w (C;C_{tr})$ dB
7	11GH/12/9GH	Ar + SF ₆	41 (-1;-3)	42 (-1;-3)
8	6/16/4	Ar + SF ₆	38 (-1;-3)	39 (-1;-4)
8	9GH/16/6	Argon	41 (-1;-3)	42 (-2;-4)
8	9GH/16/6	Ar + SF ₆	40 (-1;-3)	41 (-1;-4)
8	11GH/12/9GH	Ar + SF ₆	42 (-1;-3)	43 (-1;-4)

Die Schalldämmung der Fensterkonstruktion ließe sich also durch geeignetere Dichtungsprofile verbessern.

5.3.2 Fenster mit Mitteldichtungssystem

Bei dem Einsatz von Verglasungen mit einer hohen Schalldämmung ($R_{w,MIG} \geq \text{ca. } 40 \text{ dB}$) ergibt sich bei Fenstern mit Mitteldichtung und Innendichtung im Frequenzverlauf von ca. 800 Hz bis 1600 Hz ein Einbruch in der Schalldämmung, wie **<Anlage Bild 1 bis Bild 4>** zeigen. Die Terz-Bandbreite des Einbruches in der Schalldämmung schwankt bei den verschiedenen Systemen.

Dieser Einbruch ist nur zum Teil durch Undichtigkeiten zu begründen, da sich nach Abdichtung der inneren Falzfuge die Schalldämmung leicht erhöht. Wie oben beschrieben, waren bei den Aluminiumfenstern stärkere Undichtigkeiten festzustellen. Das zeigt sich auch an **<Anlage Bild 2>**, in dem der Frequenzverlauf der Schalldämmung des innen abgedichteten Fensters deutlich über dem des betriebsfertig gemessenen Fensters liegt.

Der Einbruch in der Schalldämmung verschwindet erst dann, wenn der Falz zusätzlich außen abgedichtet wird. Das entspricht auch der Meßpraxis des ift, wie die Beispiele in **<Anlage Bild 3 und 4>** zeigen. Je nach Rahmensystem kann der Einbruch in der Schalldämmung im Frequenzbereich von 800 bis 1600 Hz sehr stark sein und erst durch äußere Abdichtung reduziert oder entfernt werden. In der Praxis läßt sich dies häufig durch den Einsatz einer äußeren Anschlagdichtung realisieren.

Da aus Gründen der Fugen- und Schlagregendichtigkeit die Kammer vor der Mitteldichtung nach außen belüftet sein sollte, kann es zweckmäßig sein, die Außendichtung nicht umlaufend einzubauen, sondern an einer Stelle wegzulassen bzw. zu unterbrechen. Dadurch wird zwar der akustische Effekt vermindert; jedoch ist das Fenster dann schlagregendicht.

5.3.3 Einfluß der Konstruktion auf die Schalldämmung

Die Probekörper 1 bis 6 sind mit unterschiedlichen Konstruktionsdetails ausgestattet, um den Einfluß dieser Konstruktion auf die Schalldämmung zu untersuchen.

In der **<Anlage Bild 5 bis 9>** sind die Ergebnisse für das Kunststofffenster mit der Verglasung im Normformat (Probekörper 1) im Vergleich zur Verglasung im Normformat und der Schalldämmung des Rahmens dargestellt. Der Verlauf der Schalldämmung zeigt, daß die Schalldämmung des gesamten Fensters bei den Frequenzen im Bereich und oberhalb der Doppelscheibenresonanz (ab ca. 160 Hz) gleich gut oder höher ist als die Schalldämmung der Scheibe im Normformat. Bei den mittleren und hohen Frequenzen ist die Schalldämmung des Fensters niedriger als die Schalldämmung der Verglasung.

Das läßt zwei Schlüsse zu:

- Die Doppelscheiben-Resonanz der Verglasung bei ca. 160 Hz bis 200 Hz wird durch die Schalldämmung des Rahmens reduziert, d.h. die Schalldämmung des Fensters im tieffrequenten Bereich ist höher als die Schalldämmung der Scheibe.
- Die Schalldämmung des Rahmens begrenzt die Gesamtschalldämmung des Fensters bei hohen Frequenzen.

Die Erhöhung der Schalldämmung des Fensters im Vergleich zur Scheibe ist bei tiefen Frequenzen besonders bei der Verglasung 6/16/4 und bei den Scheiben mit Argonfüllung zu sehen (**<Anlage Bild 5, 6, 7 und 8>**).

Die Minderung der Schalldämmung des Fensters im Vergleich zur Scheibe ist bei hohen Frequenzen besonders bei den Verglasungen 9GH/16/6 mit Argon/SF₆-Füllung und 11GH/12/9GH zu sehen (<Anlage Bild 7 bis 9>).

In der <Anlage Bild 10 bis 15> sind die Ergebnisse aller Kunststoffenster (Probekörper 1 bis 6) im Vergleich zueinander dargestellt. Der Frequenzverlauf der Schalldämmung ist bei allen Fenstern ähnlich mit Ausnahme des Fensters mit glasteilenden Sprossen (Probekörper 5a). Das entspricht dem Ergebnis aus Tabelle 2, wonach größere Abweichungen in der Schalldämmung bei Probekörper 5a festzustellen sind. Da Probekörper 5b (Fenster wie Probekörper 5a, jedoch ohne Sprossen) im Vergleich zu den anderen Probekörpern keine signifikanten Abweichungen in der Schalldämmung aufweist, liegt die Ursache der beschriebenen Differenzen wahrscheinlich in den Verglasungen, deren Schalldämmung sich bei starker Abweichung der Abmessungen vom Normformat erheblich ändern kann.

5.3.4 Einfluß des Formates auf die Schalldämmung

Die Probekörper 7 bis 9 sind bis auf das Format baugleich, um den Einfluß des Formates auf die Schalldämmung zu untersuchen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich durch die unterschiedlichen Formate bedingt, der Rahmenanteil mit ändert. In der <Anlage Bild 16 bis 21> sind die Ergebnisse für die Aluminiumfenster im Vergleich zu einem Fenster in Normformat mit gleicher Verglasung dargestellt. Da die Messungen der Fenster im Normformat aus dem Archiv stammen und mit etwas anderen Rahmensystemen durchgeführt wurden, ist der Vergleich mit den Probekörpern 7 bis 9 mit einem Fehler in der Rahmenschalldämmung behaftet.

Der Frequenzverlauf der Schalldämmung zeigt Abweichungen bei allen Frequenzbereichen, wobei die stärksten Schwankungen im Bereich der Doppelscheibenresonanz liegen. Die Schalldämmung des Fensters mit großem Glasanteil (Probekörper 9) ist im Bereich der Doppelscheibenresonanz geringer als bei den anderen Fenstern, sie ist in diesem Bereich fast gleich der Schalldämmung der Scheibe im Normformat.

Die Ursache der Unterschiede in der Schalldämmung läßt sich nicht genau festlegen, da mit der Formatänderung bei gleichem Rahmensystem auch der Rahmenanteil geändert wird und sich somit 2 Effekte überlagern. Welcher Effekt (Rahmenanteil und / oder Format) wieviel Anteil an der Änderung der Schalldämmung hat, läßt sich nicht aus dieser Messung nicht bestimmen.

Aus den Diagrammen und aus der Tabelle 2 geht hervor, daß bei dem Fenster mit großen Format (Probekörper 9) die Schalldämmung durchgehend niedriger ist, als nach der Statistischen Analyse zu erwarten ist. Dies gilt ebenfalls bei den mit den Glastypen 9GH/16/6 und 11GH/12/9GH verglasten Probekörpern 7 und 8.

5.3.5 Einfluß des Rahmens auf die Schalldämmung

Wie die bisherigen Betrachtungen gezeigt haben, hängt die Schalldämmung des Fensters neben der Schalldämmung der Scheibe von der Schalldämmung des Rahmens ab [13, 14, 15, 22].

Um die Schalldämmung des Rahmens zu ermitteln, wurde ein Rahmenstück des Kunststoff- und des Aluminiumsystems in den mit hochschalldämmenden Elementen verkleinerten Fensterprüfstand DIN 52 210-P-F eingebaut und anschließend - bezogen auf die Rahmenfläche - das Rahmenschalldämmmaß bestimmt.

Zusätzlich wurde aus der Messung der Schalldämmung R_F von Probekörper 1 (Kunststofffenster mit Scheibe im Normformat) und Probekörper 9 (Aluminiumfenster mit den Abmessungen 1,8 m × 2,3 m) und der Messung der Schalldämmung R_{MIG} der Scheiben von Probekörper 1 im Prüfstand nach DIN 52210-P-F-3, gemessen im Normprüfstand, die Schalldämmung R_R des Rahmens berechnet nach der Beziehung.

$$R_R = -10 \times \log \left(\frac{1}{S_R} \times (S_{ges} \times 10^{-0,1 \times R_F} - S_{MIG} \times 10^{-0,1 \times R_{MIG}}) \right)$$

Es bedeuten

R_R	berechnetes Schalldämmmaß des Rahmens in dB
R_F	Schalldämmmaß des Fensters in dB
R_{MIG}	Schalldämmmaß der Verglasung in dB
S_R	Fläche des Rahmens in m ²
S_{ges}	Gesamtfläche in m ² , $S_{ges} = S_R + S_{MIG}$
S_{MIG}	Fläche der Verglasung in m ²

Das Ergebnis der Messung und der Berechnung ist in **<Anlage Bild 22 und 23>** enthalten. Da die Scheiben von Probekörper 9 nicht gemessen wurden und aus einer anderen Charge stammen als die Scheiben von Probekörper 1, ist die Aussage für den berechneten Aluminiumrahmen mit einer größeren Ungenauigkeit behaftet als bei dem Kunststoffrahmen. Aus dem berechneten Schalldämmmaß R_R wurde anschließend nach [3] das bewertete Rahmenschalldämmmaß ermittelt, das in den nachfolgenden Diagrammen angegeben ist.

Die Untersuchungen zum Format der Fenster haben gezeigt, daß die Schalldämmung des Fensters vom Flächenanteil der Rahmen abhängig ist. Dies ist in Abbildung 1 bis 4 dargestellt, in denen die Meßergebnisse der Verglasung (Meßpunkt bei 0% Rahmenanteil), des Rahmens (berechneter Wert wie oben beschrieben, Meßpunkt bei 100% Rahmenanteil) und die Meßergebnisse der Fenster mit den dazugehörigen Rahmenanteilen dargestellt sind. Die eingezeichnete Verbindungslinie der Meßpunkte ist eine polynomi-sche Trendlinie zweiten Grades aus den einzelnen Meßpunkten. Die Trendlinie wird berechnet durch das Programm MS Graph 5.0.

5 Ergebnis der Schallmessungen

Wie die statistische Analyse in dieser Untersuchung und die Messungen zeigt, haben Fenster einen Rahmenanteil, der je nach Konstruktion zwischen ca. 25% und 45 % liegt. Dieser Bereich ist in dem Diagramm durch eine gestrichelte Linie markiert.

Für Kunststofffenster zeigt sich folgendes Bild:

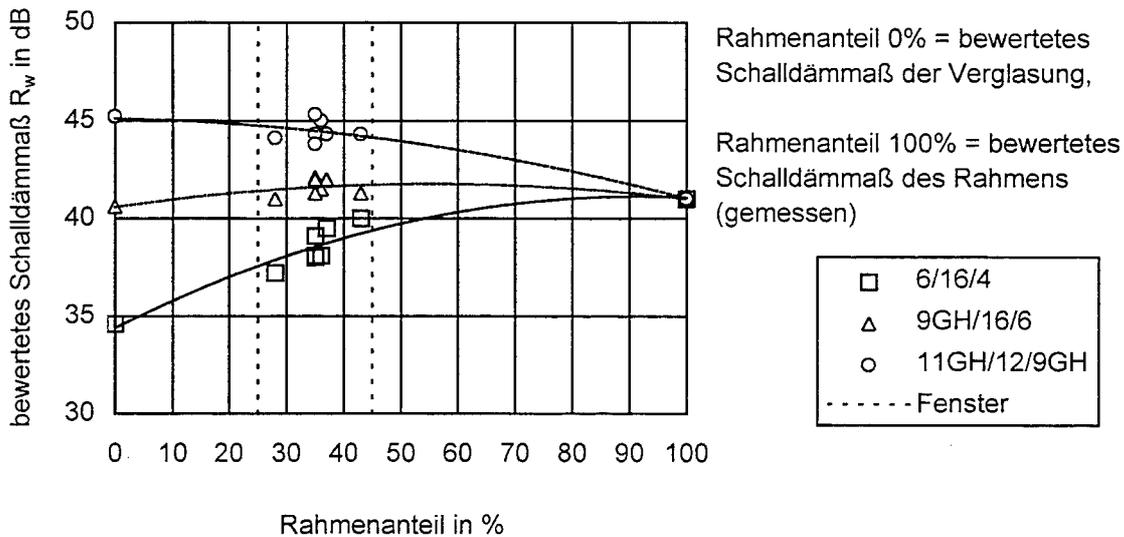


Abbildung 1 Schalldämmung von Kunststofffenstern (Probekörper 1 bis 6) mit unterschiedlichem Rahmenanteil im Vergleich zur Schalldämmung des Rahmens und der Verglasung, Verglasung mit Argon gefüllt

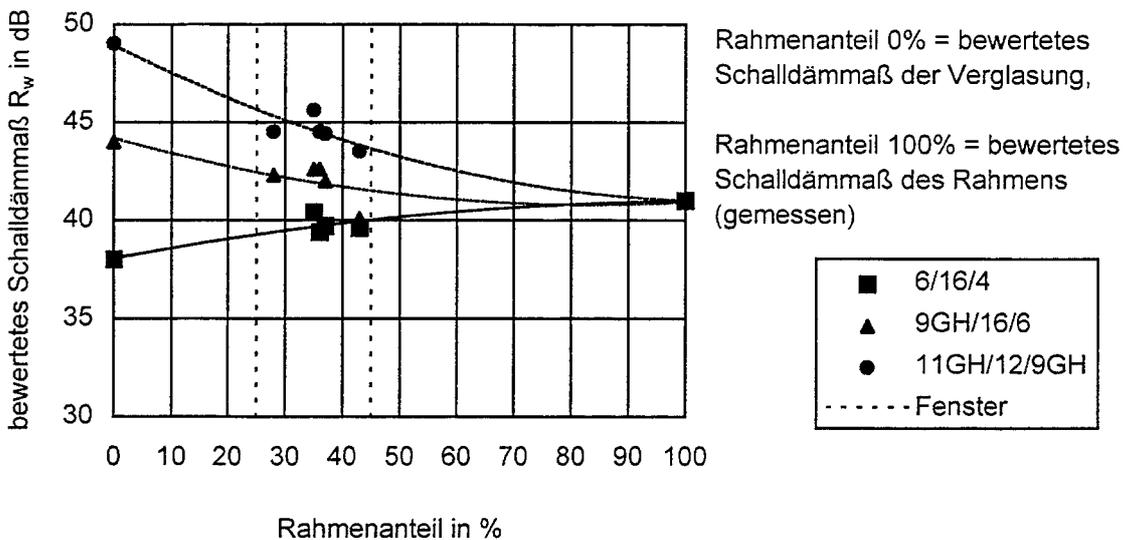


Abbildung 2 Schalldämmung von Kunststofffenstern (Probekörper 1 bis 6) mit unterschiedlichem Rahmenanteil im Vergleich zur Schalldämmung des Rahmens und der Verglasung, Verglasung mit 60% Argon und 40% SF₆ gefüllt

5 Ergebnis der Schallmessungen

Für Aluminiumfenster zeigt sich folgendes Bild:

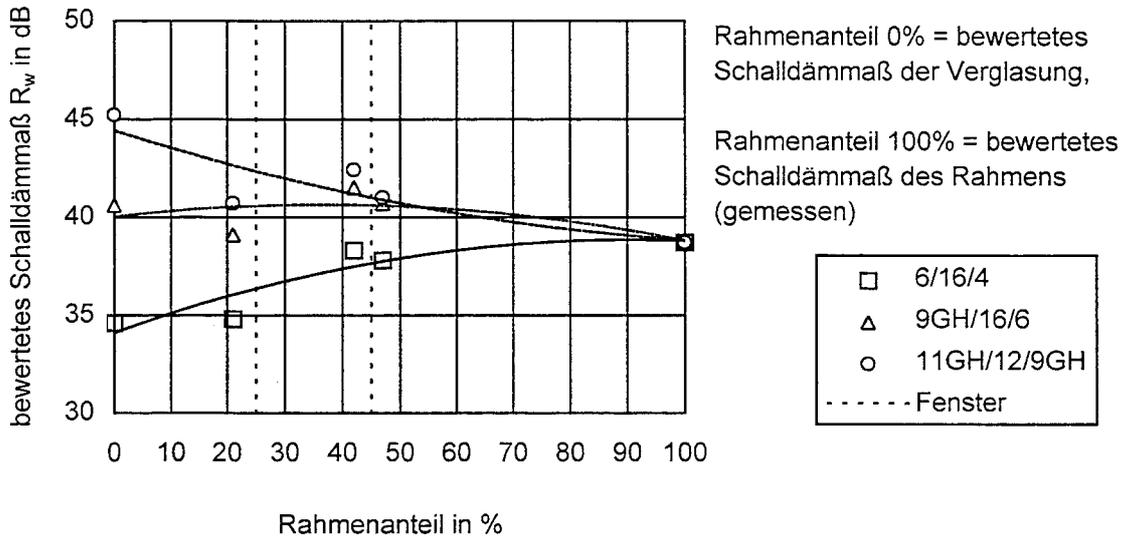


Abbildung 3 Schalldämmung von Aluminiumfenstern (Probekörper 7 bis 9) mit unterschiedlichem Rahmenanteil im Vergleich zur Schalldämmung des Rahmens und der Verglasung, Verglasung mit Argon gefüllt

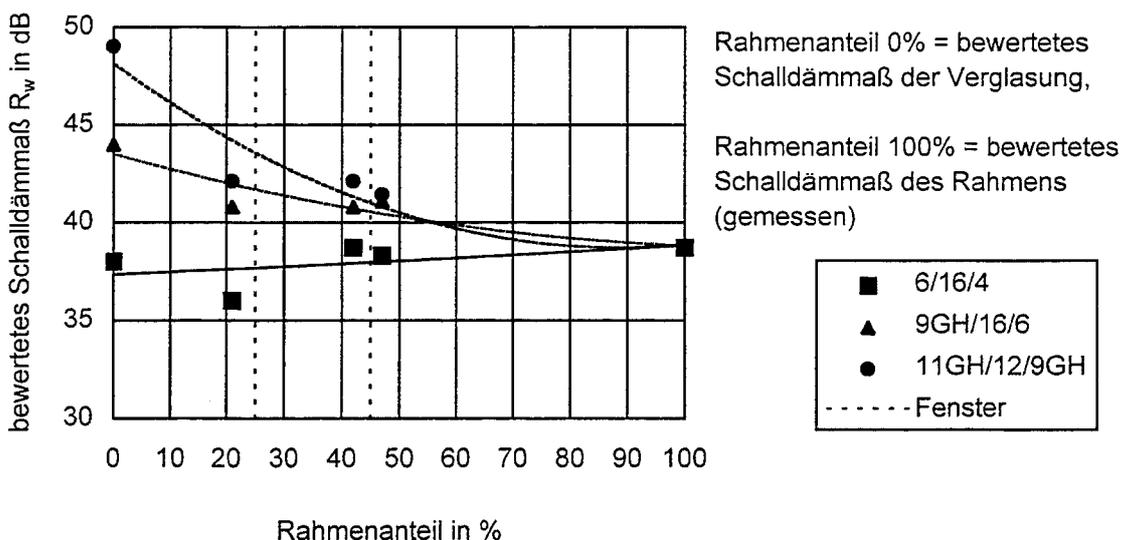


Abbildung 4 Schalldämmung von Aluminiumfenstern (Probekörper 7 bis 9) mit unterschiedlichem Rahmenanteil im Vergleich zur Schalldämmung des Rahmens und der Verglasung, Verglasung mit 60% Argon und 40% SF₆ gefüllt

5 Ergebnis der Schallmessungen

Die Abhängigkeit der Schalldämmung des Fensters vom Rahmenanteil läßt sich deutlich ablesen. Besonders bei den Kunststofffenstern zeigt sich der Zusammenhang mit Hilfe der Trendlinie deutlich ab.

Da die Schalldämmung des Fensters nicht nur von der Rahmenschalldämmung und dem Rahmenanteil, sondern auch vom Format der Scheiben abhängig ist, zeigen sich in den Diagrammen Streuungen um die Trendlinie. Besonders bei den Aluminiumfenstern, die konstruktionsbedingt Undichtigkeiten aufweisen, läßt sich kein eindeutiger Trend ablesen.

5.3.6 Einfluß der Gasfüllung auf die Schalldämmung

Die Messungen an den Verglasungen haben ergeben, daß sich das bewertete Schalldämmmaß R_w der Verglasung um 4 dB erhöht, wenn anstelle von 100% Argon ein Anteil von 60% Argon und 40% SF_6 in den Scheibenzwischenraum gefüllt wird. Das entspricht den Erfahrungen des i.f.t. und anderer Prüfstellen.

Der Einfluß des SF_6 an der Gasfüllung im Scheibenzwischenraum stellt sich beim Fenster anders dar, wie Tabelle 5 zeigt:

Tabelle 5 Änderung der Schalldämmung $\Delta R_w(\Delta R_{w,C}; \Delta R_{w,C_{tr}})$ in dB durch Änderung der Gasfüllung von 100% Argon auf eine Mischung aus 60% Argon, 40% SF_6

Probekörper Nr.	Aufbau der Verglasung					
	6/16/4		9GH/16/6		11GH/12/9GH	
	$R_{w,Ar}$	ΔR_w	$R_{w,Ar}$	ΔR_w	$R_{w,Ar}$	ΔR_w
1			41	+1 (+1;+1)	44	0 (0;-1)
2	38	+1 (+1;0)	41	+1 (+2;+2)	45	-1 (0;0)
3	39	0 (0;0)	42	0 (0;-1)	44	0 (0;0)
5 a, mit Sprossen	40	-1 (+1;0)	41	-1 (-1;0)	44	-1 (-1;-1)
5 b, ohne Sprossen	39	+1 (+1;+1)	42	0 (+1;+2)	45	0 (0;0)
7	37	+1 (+1;+2)	40	+1 (+1;+1)	41	0 (+1;+1)
8	38	0 (0;0)	41	-1 (-1;-1)	40	0 (0;+1)
9	34	+2 (0;-1)	39	+1 (+2;+1)	40	+2 (+1;0)

Die Verbesserung ΔR_w des bewerteten Schalldämmmaßes durch die Gasfüllung aus Argon und SF_6 gegenüber dem bewerteten Schalldämmmaß mit reinem Argon $R_{w,Ar}$ beträgt bei 2 Konstruktionen +2 dB, bei 7 Konstruktionen +1 dB, bei 9 Konstruktionen 0 dB und bei 5 Konstruktionen verringert sich das bewertete Schalldämmmaß um -1 dB.

Die Ursache für diesen Zusammenhang ist wahrscheinlich darin zu suchen, daß die Verminderung Schalldämmung von Isolierglas durch Gasfüllungen ohne SF₆-Anteil (z.B. reine Argonfüllung) im Bereich oberhalb der Doppelscheibenresonanz bei ca. 160 bis 200 Hz liegt. Wie die Analyse der Konstruktion gezeigt hat, verbessert der Rahmen die Schalldämmung des gesamten Fensters in diesem Frequenzbereich im Vergleich zur Verglasung.

Das Schalldämmmaß des Fensters ändert sich somit bei den geprüften Gasfüllungen (100% Argon, Mischgas aus 60% Argon, 40% SF₆) nur geringfügig im Vergleich zu den Messungen an den Verglasungen allein.

Bei einigen Konstruktionen hat das Füllen mit SF₆ sogar eine Verringerung der Schalldämmung ergeben. Das ist dadurch zu erklären, daß bei Abweichungen vom Normformat 1230 mm × 1480 mm sich die Schalldämmung der Verglasung ändern kann. Die Abhängigkeit vom Format von Verglasungen ist nicht eindeutig, da auch der Typ der Verglasung und die Art der Gasfüllung Einfluß auf die Schalldämmung haben [16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 26].

5.4 Bedeutung der Messungen für die Tabelle 40

5.4.1 Vergleich des statistischen Teils mit den Schallmessungen

Das Ergebnis der Untersuchungen an den unterschiedlichen Konstruktionen von Kunststoffenstern hat ergeben, daß die bewerteten Schalldämmmaße, die die Analyse der Messungen im statistischen Teil dieser Untersuchung erbracht hat, durch die Konstruktion erfüllt oder sogar übertroffen werden.

Einzige Ausnahme ist das Kunststoffenster mit glasteilenden Sprossen (Probekörper 5a). Hier haben die Messungen mit den Scheibenaufbauten 9GH/16/6 und 11GH/12/9GH mit Argon/SF₆-Füllung geringere bewertete Schalldämmmaße ergeben als nach der statistischen Analyse zu erwarten war. Die Ursache liegt möglicherweise in den Verglasungen, deren Schalldämmung sich bei starker Abweichung der Abmessungen vom Normformat erheblich ändern kann.

Das Ergebnis der Untersuchungen an den unterschiedlichen Formaten von Aluminiumfenstern hat ergeben, daß die bewerteten Schalldämmmaße im Vergleich zum statistischen Teil teilweise bestätigt werden, teilweise jedoch niedriger sind. Die Ursache ist nicht exakt zu klären, da sich 2 Effekte - Abhängigkeit der Schalldämmung vom Format und vom Rahmenanteil - überlagern.

5 Ergebnis der Schallmessungen

Bei den beiden Fenstern in kleinen Formaten (Probekörper 7 und 8) mit dem Scheibentyp 6/16/4 werden die bewerteten Schalldämmmaße, die durch die Analyse der Messungen im statistischen Teil zu erwarten waren, erreicht oder sogar übertroffen. Für die Tabelle 40 heißt das, daß diese Scheibentypen für kleine Formate mit guter Wahrscheinlichkeit geeignet sind.

Mit den Scheibentypen 9GH/16/6 und 11GH/12/9GH werden die bewerteten Schalldämmmaße, die durch die Analyse der Messungen im statistischen Teil zu erwarten waren, bei Probekörper 7 und 8 um bis zu 3 dB unterschritten. Bei dem Fenster in großem Format (Probekörper 9) werden die bewerteten Schalldämmmaße, die durch die Analyse der Messungen im statistischen Teil zu erwarten waren, bei allen Scheibentypen um 1 dB bis zu 3 dB unterschritten.

Das ist teilweise auf die konstruktionsbedingte Undichtigkeit dieses Fenstertyps zurückzuführen; da diese Fenster jedoch auch nach Abdichten der Falzfuge den Erwartungswert nicht erreicht haben, muß für Tabelle 40 geschlossen werden, daß mit den Scheibentypen 9GH/16/6 und 11GH/12/9GH für kleine Formate und bei sehr großen Scheibenformaten mit guter Wahrscheinlichkeit mit einem Abschlag in der Schalldämmung zu rechnen ist.

5.4.2 Stulpfenster

Unter 4.2.2 wurde eine Statistik für Fenster mit Stulp durchgeführt. Ergebnis dieser Analyse ist, daß für zweiflügelige Fenster mit aufgehendem Mittelstück mit einem bewerteten Schalldämmmaß der Verglasung von 40 dB oder mehr ein Abschlag von 2 dB einzuführen ist.

Die Messungen an Probekörper 6 haben ergeben, daß für alle 3 Verglasungen, die in dem Fenster geprüft wurden, die bewertete Schalldämmmaße gemessen wurden, die nach der Statistik zu erwarten sind.

Da die Statistik für Stulpfenster jedoch sehr umfangreich und damit genau ist, läßt sich durch diese Messungen keine systematische Abweichung von der gefundenen Regel herleiten. Unter Berücksichtigung der Meßwerte und der Werte aus der statistischen Analyse wurden die Korrekturfaktoren in der Tabelle erstellt. Die Höhe des jeweiligen Abschlages wird zur Diskussion gestellt.

5.4.3 Fenster mit Sprossen

Unter 4.2.4 wurde eine Statistik für Fenster mit Sprossen durchgeführt. Ergebnis dieser Analyse ist, daß für Fenster mit glasteilenden Sprossen mit einem bewerteten Schalldämmmaß der Verglasung von 40 dB oder mehr ein Abschlag von 2 dB einzuführen ist.

Die Messungen an Probekörper 5a haben ergeben, daß bei Fenstern mit glasteilenden Sprossen, deren Verglasungen ein bewertetes Schalldämmmaß von mehr als 40 dB aufweisen, niedrigere bewertete Schalldämmmaße gemessen werden als nach der Statistik zu erwarten ist. Somit ist diese Forderung durch die Messung untermauert worden.

5.4.4 Fenster mit Unterlicht und/oder Seitenelement

Unter 4.2.5 wurde eine Statistik für Fenster mit Ober- und/oder Unterlicht durchgeführt. Ergebnis dieser Analyse ist, daß für Fenster mit Ober- und/oder Unterlicht ein Abschlag von 1 dB einzuführen ist.

Die Messungen an den Probekörpern 2 bis 4 haben diese Aussage nicht bestätigen können. Das gemessene bewertete Schalldämmmaß der Probekörper liegt für alle Glastypeen bei dem Wert, der nach der Statistik zu erwarten ist oder sogar darüber. Aus diesem Grund, und da die Statistik für Fenster mit Ober- und /oder Unterlicht nur einen sehr geringen Umgang enthält, kann die Forderung aus der Statistik nicht aufrechterhalten werden.

5.4.5 Fenster mit unterschiedlichem Format

Unter 4.2.6 wurde eine Statistik für Fenster mit unterschiedlichem Format durchgeführt. Ergebnis dieser Analyse ist, daß für Fenster mit einem Format von 1,0 m² bis 1,5 m² ein Abschlag von 1 dB einzuführen ist.

Die Messungen an den Probekörpern 7 bis 8 haben diese Aussage teilweise bestätigen können. Das gemessene bewertete Schalldämmmaß der Probekörper liegt für die Glastypeen mit einem gemessenen bewerteten Schalldämmmaß < 40 dB bei dem Wert, der nach der Statistik zu erwarten ist oder sogar darüber. Für Scheiben mit einem gemessenen bewerteten Schalldämmmaß ≥ 40 dB wurden niedrigere bewertete Schalldämmmaße gemessen werden als nach der Statistik zu erwarten sind. Somit kann diese Forderung durch die Messung teilweise untermauert werden.

Die Messungen an Probekörper 9 haben ergeben, daß die Schalldämmung von großformatigen Fenstern mit großformatigen Scheiben eine geringere Schalldämmung haben, als durch die Statistik in dieser Untersuchung zu erwarten ist. Diese Aussage deckt sich mit der Anmerkung in der bisherigen Tabelle 40 : „Bei Fenstern mit Glasflächen > 3 m² (größte Einzelscheibe) dürfen die Tabellen ebenfalls angewendet werden, jedoch ist das bewertete Schalldämmmaß $R_{w,R}$ nach Tabelle 40 um 2 dB abzumindern.“

Da sich die Aussagen der bisherigen Tabelle 40 mit den Messungen decken, bleibt diese Regelung bestehen.

6 Konstruktionstabelle für Fenster

6.1 Konzeption

Die grundsätzliche Konzeption der Tabelle 40 hat sich bewährt und soll daher beibehalten werden. Es sollen einer gewünschten Schalldämmung eines Fensters eindeutige Konstruktionsmerkmale zugeordnet werden können.

Da sich bei der Erstellung der Statistik herausgestellt hat, daß die geprüften Konstruktionen Einfachfenster sind und Verbund- und Kastenfenster nur in einem sehr geringen Umfang enthalten sind, wird vorgeschlagen, die Tabelle zu teilen in einen Teil Einfachfenster und einen Teil Verbund- und Kastenfenster. Dieser Teil wird aus der alten Tabelle übernommen, da nicht genügend neue Daten hinzugekommen sind.

6.1.1 Aufteilung

Die Teilung der Tabelle in 1-dB-Schritte oder wie bisher 2/3-dB-Schritte wurde diskutiert mit unterschiedlichen Meinungen.

- Für eine Verfeinerung der Tabelle auf 1-dB-Schritte spricht, daß die DIN 4109 keine Schallschutzklassen mehr kennt. Daher sind nach einer Berechnung Schalldämmwerte in 1-dB-Schritten für ein Fenster möglich. Auch erleichtert eine 1-dB-Einteilung das Arbeiten mit Korrektursummanden.
- Für eine Beibehaltung der bisherigen Teilung spricht, daß eine Untergliederung in 1-dB-Schritten bauphysikalisch fragwürdig ist. Statistisch gesicherte Unterschiede in 1-dB-Schritten sind zwar in den Konstruktionen möglich, liegen jedoch im Bereich der Meßtoleranz.

Die Tabelle wird nach Beschluß der begleitenden Arbeitsgruppe in 1-dB-Schritten abgedruckt.

6.1.2 Werte der Schalldämmung in der Tabelle

Aufgrund der Einführung von [3] im Januar 1997 werden, soweit vorhanden, in die Tabelle Werte für C- und C_{tr} mit aufgenommen. Nach Diskussion der Darstellung des $R_{w,R}$ -Wertes ist in der Tabelle eine eigene Spalte (Tabelle 6 Spalte 2) mit $R_{w,R}$ -Werten unter Berücksichtigung des Vorhaltemaßes eingeführt worden.

6.2 Überarbeitete Konstruktionstabelle für Einfachfenster

Tabelle 6 Konstruktionstabelle für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zeile	$R_{w,P}$ dB	$R_{w,R}$ dB	C dB	C_{tr} dB	Konstruktions- merkmale	Einfachfenster mit MIG ¹⁾⁶⁾	Korrekturen				
							K_{RA} dB	K_S dB	K_{FV} dB	$K_{F,1.5}$ dB	K_{Sp} dB
1	²⁾	25	²⁾	²⁾	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] oder $R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 6 - ≥ 8 ≥ 27 -	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
2	²⁾	30	²⁾	²⁾	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] oder $R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 6 - ≥ 12 ≥ 30 ①	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
3	33	31	-2	-5	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] oder $R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 8 $\geq 4+4$ ≥ 12 ≥ 30 ①	-2	0	-1	0	0
4	34	32	-2	-6	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] oder $R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 8 $\geq 4+4$ $\geq 16^{4)}$ ≥ 30 ①	-2	0	-1	0	0
5	35	33	-2	-4	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] oder $R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 10 $\geq 6+4$ ≥ 12 ≥ 32 ①	-2	0	-1	0	0
6	36	34	-1	-4	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] oder $R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 10 $\geq 6+4$ $\geq 16^{4)}$ ≥ 33 ①	-2	0	-1	0	0
7	37	35	-1	-4	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] oder $R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 10 $\geq 6+4$ $\geq 16^{4)}$ ≥ 35 ①	-2	0	-1	0	0

Tabelle 6 Konstruktionstabelle für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas, Fortsetzung

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zeile	$R_{w,P}$ dB	$R_{w,R}$ dB	C dB	C_{tr} dB	Konstruktions- merkmale	Einfachfenster mit MIG ¹⁾⁶⁾	Korrekturen				
							K_{RA} dB	K_S dB	K_{FV} dB	$K_{F,1.5}$ dB	K_{Sp} dB
8	38	36	-2	-5	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] oder $R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 12 $\geq 8+4$ $\geq 16^{4)}$ ≥ 38 ② (AD/MD+ID) ⁵⁾	-2	0	0	0	0
9	39	37	-2	-5	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] oder $R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 14 $\geq 10+4$ ≥ 20 ≥ 39 ② (AD/MD+ID) ⁵⁾	-2	0	0	0	0
10	40	38	-2	-5	$R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 40 ② (AD/MD+ID)	-2	0	0	-1	-1
11	41	39	-2	-5	$R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 41 ② (AD/MD+ID)	0	0	0	-1	-2
12	42	40	-2	-5	$R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 44 ② (AD/MD+ID)	0	-1	0	-1	-2
13	43	41	-2	-4	$R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 46 ② (AD/MD+ID)	0	-2	0	-1	-2
14	44	42	-1	-4	$R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 49 ② (AD/MD+ID)	0	-2	+1	-1	-2
15	45	43	-1	-5	$R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 51 ② (AD/MD+ID)	0	-2	+1	-1	-2
16	≥ 46	≥ 44	3)	3)	3)	3)	3)	3)	3)	3)	3)

d_{ges} Gesamtglasdicke

Glasaufbau Zusammensetzung der beiden Einzelscheiben

SZR Scheibenzwischenraum; mit Luft oder Argon gefüllt

$R_{w,P,GLAS}$ Prüfwert der Scheibe im Normformat im Labor

Falzdichtung AD = umlaufende Außendichtung, MD = umlaufende Mitteldichtung, ID = umlaufende Innendichtung im Flügelüberschlag

① mindestens eine umlaufende elastische Dichtung, in der Regel als Mitteldichtung angeordnet

② 2 umlaufende elastische Dichtungen, in der Regel als Mittel- und Innendichtung oder auch als Außen und Innendichtung angeordnet

MIG Mehrscheiben-Isolierglas

1) Sämtliche Flügel müssen bei Holzfenstern mindestens Doppelfalze, bei Metall- und Kunststoffenstern mindestens 2 wirksame Anschläge haben. Erforderliche Falzdichtungen müssen umlaufend, ohne Unterbrechung angebracht sein; sie müssen weichfedernd, dauerelastisch, alterungsbeständig und leicht auswechselbar sein.

Um einen möglichst gleichmäßigen und hohen Schließdruck im gesamten Falzbereich sicherzustellen, muß eine genügende Anzahl von Verriegelungsstellen vorhanden sein (wegen der Anforderungen an Fenster siehe auch DIN 18055)

6 Konstruktionstabelle für Fenster

- 2) Zeile wurde aus der alten Tabelle übernommen, da keine neueren Konstruktionen in der Statistik enthalten sind. Daher liegen C -, C_v - und Korrekturwerte nicht vor,
- 3) Keine allgemein gültige Aussage möglich, Nachweis über Eignungsprüfung I für DIN 4109
- 4) Gilt auch für 15 mm SZR
- 5) Bei Holzfenstern genügt 1 umlaufende Dichtung
- 6) Die Schalldämmung der beschriebenen Verglasungen ist nicht identisch mit den alternativ angegebenen Schalldämmungen

Der aus dieser Tabelle 6 abzulesende Wert für die Schalldämmung $R_{w,R,Fenster}$ beträgt

$$R_{w,R,Fenster} = R_{w,R} + K_{AH} + K_{RA} + K_S + K_{FV} + K_{F,1.5} + K_{F,3} + K_{Sp} \text{ dB}$$

mit

- K_{AH} Korrektur für Aluminium-Holzfenster; $K_{AH} = -1$ dB
- K_{RA} Korrekturwert für einen Rahmenanteil < 30%. Der Rahmenanteil ist die Gesamtfläche des Fensters abzüglich der sichtbaren Scheibengröße. K_{RA} darf bei Festverglasungen nicht berücksichtigt werden.
 K_{RA} siehe Tabelle
- K_S Korrekturwert für Stulpfenster (zweiflügelige Fenster ohne festes Mittelstück);
 K_S siehe Tabelle
- K_{FV} Korrekturwert für Festverglasungen mit erhöhtem Scheibenanteil;
 K_{FV} siehe Tabelle
- $K_{F,1.5}$ Korrektur für Fenster < 1,5 m²;
 $K_{F,1.5}$ siehe Tabelle
- $K_{F,3}$ Korrektur für Fenster mit Einzelscheibe ≥ 3 m²;
 $K_{F,3} = -2$ dB
- K_{Sp} Korrekturwert für glasteilende Sprossen;
 K_{Sp} siehe Tabelle

Die Anforderungen an die Fensterkonstruktionsdetails, die nicht in der Untersuchung behandelt wurden, werden nicht berührt und bleiben bestehen. Das betrifft insbesondere die Falzausbildung (Doppelfalz bei Holzfenstern, zwei wirksame Anschläge bei Kunststoff- und Aluminiumfenstern), die Anforderung an die Dichtungen und die Verglasung, die Art und Anzahl der Verriegelungen und die Steifigkeit.

Die Werte gelten für ringsum dicht schließende Fenster. Fenster mit Lüftungseinrichtungen werden nicht erfaßt.

Tabelle 7 Konstruktionstabelle für Einfachfenster mit Einfachglas, Verbund- und Kastenfenster

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	$R_{w,R}$ dB	Konstruktions- merkmale	Einfachfenster mit Einfachglas ¹⁾	Verbund- fenster ¹⁾	Kasten- fenster ¹⁾²⁾
1	25	d_{Ges} [mm] oder $R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 4 ≥ 27 ①	≥ 6 - -	- - -
2	30	d_{Ges} [mm] SZR [mm] oder $R_{w,P,GLAS}$ [dB] Falzdichtung	≥ 8 - ≥ 32 ①	≥ 6 ≥ 30 - ①	- - - -
3	32	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] Falzdichtung	³⁾	≥ 8 bzw. $\geq 4+4/12/4$ ≥ 30 ①	- - - ①
4	35	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] Falzdichtung	³⁾	≥ 8 bzw. $\geq 6+4/12/4$ ≥ 40 ①	- - - ①
5	37	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] Falzdichtung	³⁾	≥ 10 bzw. $\geq 6+6/12/4$ ≥ 40 ①	≥ 8 bzw. $\geq 4+4/12/4$ ≥ 100 ①
6	40	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] Falzdichtung	³⁾	≥ 14 bzw. $\geq 8+6/12/4$ ≥ 50 AD+ID ⁴⁾	≥ 8 bzw. $\geq 6+4/12/4$ ≥ 100 AD+ID
7	42	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] Falzdichtung	³⁾	≥ 16 bzw. $\geq 8+8/12/4$ ≥ 50 AD+ID ⁴⁾	≥ 10 bzw. $\geq 8+4/12/4$ ≥ 100 AD+ID
8	45	d_{Ges} [mm] Glasaufbau [mm] SZR [mm] Falzdichtung	³⁾	≥ 18 bzw. $\geq 8+8/12/4$ ≥ 60 AD+ID ⁴⁾	≥ 12 bzw. $\geq 8+6/12/4$ ≥ 100 AD+ID
9	≥ 46		³⁾	³⁾	³⁾

d_{ges} Gesamtglasdicke, bei Verbund- und Kastenfenstern alternativ zum Glasaufbau für Konstruktionen mit Einfachgläsern
 Glasaufbau Zusammensetzung der Einzelscheiben
 SZR Scheibenzwischenraum
 $R_{w,P,GLAS}$ Prüfwert der Scheibe im Normformat im Labor
 Falzdichtung AD = Außendichtung, bei Verbundfenstern mit Belüftung des SZR nach [6], ID = Dichtung im inneren Flügel, umlaufend

¹⁾ Sämtliche Flügel müssen bei Holzfenstern mindestens Doppelfalze, bei Metall- und Kunststoffenstern mindestens 2 wirksame Anschläge haben. Erforderliche Falzdichtungen müssen umlaufend, ohne Unterbrechung angebracht sein; sie müssen weichfedernd, dauerelastisch, alterungsbeständig und leicht auswechselbar sein.
 Um einen möglichst gleichmäßigen und hohen Schließdruck im gesamten Falzbereich sicherzustellen, muß

6 Konstruktionstabelle für Fenster

eine genügende Anzahl von Verriegelungsstellen vorhanden sein (wegen der Anforderungen an Fenster siehe auch DIN 18055)

- 2) Eine schallabsorbierende Leibung ist sinnvoll, da sie durch Alterung der Falzdichtung entstehende Fugenundichtigkeiten teilweise ausgleichen kann
- 3) Keine allgemein gültige Aussage möglich, Nachweis über Eignungsprüfung I für DIN 4109
- 4) Werte gelten nur, wenn keine zusätzlichen Maßnahmen zur Belüftung des Scheibenzwischenraumes getroffen sind oder wenn eine ausreichende Luftumlenkung im äußeren Dichtungssystem vorgenommen wurde (Labyrinthdichtung)

7 Ausblick

Das Forschungsprojekt hat mit Hilfe von statistischen Methoden und einer Auswahl an Messungen eine überarbeitete Tabelle 40 erbracht, die bereits viele spezielle Konstruktionsdetails berücksichtigt, die in den heute angewandten Fensterkonstruktionen zum Einsatz kommen. Im Rahmen der Messungen wurde jedoch deutlich, daß auf dem Gebiet der Schalldämmung von Fenstern weiterer Forschungsbedarf besteht.

- **Schalldämmung der Verglasung in Abhängigkeit vom Format**
Die Abhängigkeit der Schalldämmung vom Format hat zu Abweichungen der Schalldämmung von den Tabellenwerten geführt. Das macht deutlich, daß diese Fragestellung weiterhin ungelöst ist und gesondert untersucht werden sollte.
- **Schalldämmung des Rahmens**
Die Untersuchung hat gezeigt, daß unter anderem bei der Berechnung der Schalldämmung des Rahmens ein wesentlicher Faktor für die Bestimmung der Schalldämmung von Fenstern ist. Das hat insbesondere die Diskussion um Aluminium-Holzfenster gezeigt. Die hier vorliegenden Untersuchungen lassen keine Aussage zu, wie weit z.B. die Dichtungsanordnung oder die Art und Größe von Hohlkammern die Rahmenschalldämmung beeinflussen.

8 Literaturverzeichnis

- [1] DIN 4109
„Schallschutz im Hochbau“; 11/89; Beuth-Verlag, Berlin
- [2] DIN 52 210
„Bauakustische Prüfungen, Luft- und Trittschalldämmung“;
Teil 1, 2, 4 (1984), Teil 3 (1987) , Teil 5 (1985); Beuth-Verlag, Berlin
- [3] DIN EN ISO 717-1
„Einzahlangaben für die Schalldämmung in Gebäuden“; 1997; Beuth-Verlag, Berlin
- [4] REFA-Betriebliche Statistik, 1993,
Carl Hanser Verlag, München
- [5] H. Froelich, „Beispielsammlung bewährter Schallschutzfensterkonstruktionen“;
1981, ift Rosenheim
- [6] H. Froelich, „Schalltechnisches Verhalten von Verbundfenstern ohne und mit belüftetem Scheibenzwischenraum“; Fenster und Fassade 3/84
- [7] E. Sälzer, „Schallschutz von Holzfenstern, Teil 1: Einfluß von Sprossen auf die Schalldämmung von Holzfenstern“, Bauphysik 6/1985
- [8] E. Sälzer, „Schallschutz von Holzfenstern, Teil 2: Einflüsse der Einglasungsart, der Stulpausbildung, der Dichtungsführung und der Verbundfensterausbildung auf die Schalldämmung von Holzfenstern“, Bauphysik 10/1988
- [9] Ertel H., Mechel F.P.
„Akustische Dichtungen von Fugen durch akustisch wirksame Nebenvolumen und akustische Lippendichtungen“; IBP, Bericht Nr. BS 35/79, 6.7.79
- [10] Ertel H., Mechel F.P.
„Experimentelle Untersuchungen von akustischen Fugendichtungen; Prinziplösungen für wirksame Dichtungskonstruktionen“; IBP, Bericht Nr. BS 57/81, 12.3.79
- [11] DIN 4109, Beiblatt 1
„Schallschutz im Hochbau“; 11/89; Beuth-Verlag, Berlin
- [12] Gösele K. und Lakatos B.
„Der Einfluß des Rahmens auf die Schalldämmung von Fenstern“, Mitteilung 28 des Institutes für Bauphysik, Stuttgart (1978)
- [13] Mechel, F.P., Koch S. und Lakatos B.
„Die Schalldämmung von Fensterrahmen“, IBP-Mitteilungen 64 (1981)
- [14] Gösele K.
„Berechnung der Schalldämmung von Fenstern“, Bauphysik 10/1986, Heft 5

- [15] Schumacher R.
Untersuchungen über die Schalldämmung von Rahmen im i.f.t. (nicht veröffentlicht)
- [16] Schumacher R.
Untersuchungen über die Formatabhängigkeit von Verglasungen im i.f.t. (nicht veröffentlicht)
- [17] Derner P., Mertin D.
„Untersuchung der Schalldämmung von Isolierglasscheiben in Abhängigkeit von deren Seitenabmessungen“, Glastechnischer Bericht 54 (1981)
- [18] Derner P., Mertin D.
„Einfluß der Scheibengröße auf die Schalldämmung von Isolierglas“, Glastechnischer Bericht 55 (1982)
- [19] Gösele K.
„Einfluß einer Gasfüllung auf die Schalldämmung von Isolierglasscheiben“, Acoustica Vol. 38, 1977
- [20] Gösele K.
„Verbesserung der Schalldämmung von Isolierglasscheiben durch Gasfüllung“, Glastechnischer Bericht 48 (1975)
- [21] Gösele K.
„Verbessern Gasfüllungen die Schalldämmung von Fenstern mit Isolierglasscheiben?“, Glastechnischer Bericht 55 (1982)
- [22] Koch S.
„Einfluss des Rahmens auf die Schalldämmung von Fenstern“, IBP, Bericht Nr. BS 102/84, 14.4.1984
- [23] Koch S.
„Schalldämmung von Isolierglasscheiben im Kontext neuer Regelwerke“, IBP-Mitteilung 284 (1995)
- [24] Michelsen Nic
„Effect of Size on Measurements of the Sound Reduction Index of a Window or a Pane“, Danish Acoustical Institute, 6. Juli 1982
- [25] Schumacher R.
Untersuchungen über die Längsschalldämmung von Fassaden, i.f.t.-Bericht (teilweise veröffentlicht)
- [26] Koch S.
„Schalldämmung von Isolierglasscheiben für den Wärmeschutz“, Vortrag DAGA 98

Anlagen

Tabelle 1	Schalldämmung von Einfachfenstern, einflügelig im Normformat (Sortiert nach Schalldämmung des MIG)	4
Tabelle 2	Schalldämmung von Einfachfenstern, einflügelig im Normformat (sortiert nach Scheibenaufbauten)	5
Tabelle 3	Schalldämmung von Einfachfenstern mit unterschiedlichem Rahmenmaterial, einflügelig im Normformat	6
Tabelle 4	Schalldämmung von Einfachfenstern mit unterschiedlicher Anordnung der Dichtungen, einflügelig im Normformat	7
Tabelle 5	Schalldämmung von Einfachfenstern aus Aluminium-Holz Profilen ⁴⁾ mit unterschiedlicher Dichtungsanordnung, einflügelig im Normformat	8
Tabelle 6	Schalldämmung von Einfachfenstern aus Aluminium mit unterschiedlicher Dichtungsanordnung, einflügelig im Normformat	9
Tabelle 7	Schalldämmung von Einfachfenstern aus Holz mit unterschiedlicher Dichtungsanordnung, einflügelig im Normformat	10
Tabelle 8	Schalldämmung von Einfachfenstern aus Kunststoffprofilen mit unterschiedlicher Dichtungsanordnung, einflügelig im Normformat	11
Tabelle 9	Schalldämmung von Einfachfenstern mit unterschiedlichem Rahmenanteil (alle Werkstoffe), einflügelig im Normformat	12
Tabelle 10	Schalldämmung von Einfachfenstern aus Aluminium-Holz Profilen ⁴⁾ mit unterschiedlichem Rahmenanteil, einflügelig im Normformat	13
Tabelle 11	Schalldämmung von Einfachfenstern aus Aluminium mit unterschiedlichem Rahmenanteil, einflügelig im Normformat	14
Tabelle 12	Schalldämmung von Einfachfenstern aus Holz mit unterschiedlichem Rahmenanteil, einflügelig im Normformat	15
Tabelle 13	Schalldämmung von Einfachfenstern aus Kunststoffprofilen mit unterschiedlichem Rahmenanteil, einflügelig im Normformat	16
Tabelle 14	Schalldämmung von Einfachfenstern mit Stulp, im Normformat	17
Tabelle 15	Schalldämmung von Einfachfenstern mit Stulp (alle Formate)	18
Tabelle 16	Schalldämmung von Festverglasungen im Normformat	19
Tabelle 17	Schalldämmung von Festverglasungen (Alle Formate)	19
Tabelle 18	Schalldämmung von Einfachfenstern mit glasteilender Sprosse / glasteilenden Sprossen, im Normformat	20
Tabelle 19	Schalldämmung von Einfachfenstern mit Sprossen, im Normformat	20
Tabelle 20	Schalldämmung von Einfachfenstern mit Ober/Unterlichtern, im Normformat	21
Tabelle 21	Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche von 1,0 m ² bis 1,5 m ²	21
Tabelle 22	Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche von 1,5 m ² bis 1,8 m ²	22
Tabelle 23	Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche von 1,85 m ² bis 2,5 m ²	22

Tabelle 24	Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche von 2,5 m ² bis 3,0 m ²	23
Tabelle 25	Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche von 3,0 m ² bis 4,0 m ²	23
Tabelle 26	Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche größer 4,0 m ²	23
Tabelle 27	Schalldämmung von Fenstertüren	24
Tabelle 28	Schalldämmung von Fassaden	24
Bild 1	Schalldämmung von Probekörper 1 mit Mitteldichtung und Überschlagdichtung mit 11GH/12/9GH und Argon/SF ₆ -Füllung	25
Bild 2	Schalldämmung von Probekörper 8 mit Mitteldichtung und Überschlagdichtung mit 11GH/12/9GH und Argon/SF ₆ -Füllung	26
Bild 3	Schalldämmung eines Aluminiumfensters mit Mitteldichtung und Überschlagdichtung in Normformat mit 9GH/16/6 und Argon-Füllung	27
Bild 4	Schalldämmung eines Aluminiumfensters mit Mitteldichtung und Überschlagdichtung in Normformat mit 13GH/12/9GH und Argon/SF ₆ -Füllung.....	28
Bild 5	Schalldämmung von Probekörper 1 (Kunststofffenster) im Vergleich der Schalldämmung der Scheibe und der Schalldämmung des Rahmens, Glasaufbau 6/16/4 und Argonfüllung	29
Bild 6	Schalldämmung von Probekörper 1 (Kunststofffenster) im Vergleich der Schalldämmung der Scheibe und der Schalldämmung des Rahmens, Glasaufbau 9GH/16/6 und Argonfüllung	30
Bild 7	Schalldämmung von Probekörper 1 (Kunststofffenster) im Vergleich der Schalldämmung der Scheibe und der Schalldämmung des Rahmens, Glasaufbau 9GH/16/6 und Argon/SF ₆ -Füllung	31
Bild 8	Schalldämmung von Probekörper 1 (Kunststofffenster) im Vergleich der Schalldämmung der Scheibe und der Schalldämmung des Rahmens, Glasaufbau 11GH/12/9GH und Argonfüllung	32
Bild 9	Schalldämmung von Probekörper 1 (Kunststofffenster) im Vergleich der Schalldämmung der Scheibe und der Schalldämmung des Rahmens, Glasaufbau 11GH/12/9GH und Argon/SF ₆ -Füllung	33
Bild 10	Schalldämmung der Kunststofffenster mit 6/16/4 und Argonfüllung	34
Bild 11	Schalldämmung der Kunststofffenster mit 6/16/4 und Argon/SF ₆ -Füllung	35
Bild 12	Schalldämmung der Kunststofffenster mit 9GH/16/6 und Argonfüllung.....	36
Bild 13	Schalldämmung der Kunststofffenster mit 9GH/16/6 und Argon/SF ₆ -Füllung	37
Bild 14	Schalldämmung der Kunststofffenster mit 11GH/12/9GH und Argonfüllung.....	38
Bild 15	Schalldämmung der Kunststofffenster mit 11GH/12/9GH und Argon/SF ₆ -Füllung.....	39
Bild 16	Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) im Vergleich zu einem Fenster im Normformat, mit 6/16/4 und Argonfüllung.....	40

Anlagen

Bild 17	Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) im Vergleich zu einem Fenster im Normformat, mit 6/16/4 und Argon/SF ₆ -Füllung.....	41
Bild 18	Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) im Vergleich zu einem Fenster im Normformat, mit 9GH/16/6 und Argonfüllung.....	42
Bild 19	Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) im Vergleich zu einem Fenster im Normformat, mit 9GH/16/6 und Argon/SF ₆ -Füllung.....	43
Bild 20	Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) mit 11GH/12/9GH und Argonfüllung	44
Bild 21	Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) mit 11GH/12/9GH und Argon/SF ₆ -Füllung	45
Bild 22	Schalldämmung des Kunststoffrahmens von Probekörper 1, bezogen auf die Rahmenfläche 0,68 m ² , berechnet aus der Schalldämmung der Verglasung und der Schalldämmung des Fensters und gemessen im Fensterprüfstand des i.f.t.....	46
Bild 23	Schalldämmung des Aluminiumrahmens von Probekörper 9, bezogen auf die Rahmenfläche 0,85 m ² , berechnet aus der Schalldämmung der Verglasung und der Schalldämmung des Fensters und gemessen im Fensterprüfstand des i.f.t.....	47

Anmerkungen in den Tabellen:

- ¹⁾ Bei einigen Scheibentypen (8/24/4, 10/12/4) ist die Angabe der Schalldämmung der Verglasung mit 43 dB im Prüfbericht angegeben. Da dieser Wert für die Scheibe unrealistisch hoch ist, wurden diese Messungen nicht berücksichtigt.
- ²⁾ Bei einem Scheibentyp (8/16/4) steht im Prüfbericht die Angabe 48 dB. Da dieser Wert für die Scheibe unrealistisch hoch ist, wurde diese Messung nicht berücksichtigt.
- ³⁾ Bei einem niedrigen Stichprobenumfang $n \leq 15$ Messungen sind für allgemeine Rückschlüsse Aussagefehler von etwa 1 bis 2 dB möglich. Dieser Fehler ist umso größer, je kleiner der Stichprobenumfang ist
- ⁴⁾ Für Aluminium-Holz-Fenster wurde eine nachträgliche Statistik durchgeführt, um die Aussage zu K_R zu stützen. Daher beruhen die Werte in der Tabelle 3 Spalte Alu-Holz und in den gesamten Tabellen 5 und 10 auf der neuerlichen Statistik.

Anlagen

Tabelle 1 Schalldämmung von Einfachfenstern, einflügelig im Normformat (Sortiert nach Schalldämmung des MIG)

R_w MIG in dB	$n^{3)}$	μ dB	$\mu-\varepsilon_{95\%}$ dB	$R_{w,min}$ dB	$R_{w,max}$ dB	$R_{w,Tab}$ dB	$n_C^{3)}$	$R_{w,Tab+C}$ dB	$n_{Ctr}^{3)}$	$R_{w,Tab+C_{tr}}$ dB
29	36	33	33	31	36	33	30	31	30	28
30	99	34	34	30	36	34	69	32	69	28
33	20	37	36	33	39	36	18	35	18	32
35	97	37	37	34	39	37	59	35	59	33
36	51	38	37	34	41	37	36	36	36	33
37	71	38	37	34	44	37	52	35	52	32
38	101	38	38	35	43	38	74	36	74	33
39	97	39	38	35	43	38	76	36	76	33
40	111	40	40	36	45	40	81	38	81	35
41	57	41	41	38	43	41	42	39	42	35
42	33	41	41	39	46	41	31	39	31	36
43 ¹⁾	31	41	41	38	45	41	26	39	26	35
44	141	42	42	37	45	42	107	40	107	36
45	65	43	43	38	47	43	46	40	46	37
46	16	44	43	41	48	43	13	41	13	39
47	17	44	43	41	46	43	13	41	13	39
48 ²⁾	8	44	43	42	45	43	6	41	6	38
49	6	46	44	44	47	44	5	43	5	40
50	39	45	45	43	47	45	31	44	31	40
51	50	46	45	42	48	45	27	44	27	42
52	12	47	46	44	48	46	9	44	9	41
53	6	46	45	45	47	45	5	44	5	41
54	7	46	46	45	47	46	7	44	7	42

Anlagen

Tabelle 2 Schalldämmung von Einfachfenstern, einflügelig im Normformat (sortiert nach Scheibenaufbauten)

MIG Aufbau*	$n^{3)}$	μ dB	$\mu-\varepsilon_{95\%}$ dB	$R_{w,min}$ dB	$R_{w,max}$ dB	$R_{w,Tab}$ dB	$n_C^{3)}$	$R_{w,Tab+C}$ dB	$n_{Ctr}^{3)}$	$R_{w,Tab+C_{tr}}$ dB
4/12/4 L	32	33	33	31	35	33	26	31	26	28
4/16/4 L	89	34	34	31	35	34	63	32	63	28
6/12/4 L	9	36	35	33	39	35	7	33	7	31
6/12/4 M	11	37	36	34	38	36	11	35	11	32
6/12/4 S	16	37	37	35	39	37	10	34	10	32
6/16/4 L	91	37	37	34	39	37	55	36	55	33
6/16/4 M	20	38	38	36	40	38	14	35	14	32
6/16/4 S	37	38	38	36	40	38	28	35	28	32
8/16/4 L	21	38	38	37	40	38	17	36	17	33
8/16/4 M	16	37	37	35	40	37	14	35	14	32
8/16/4 S	46	38	38	35	41	38	34	36	34	32
10/20/4 L	13	40	39	37	43	39	10	37	10	34
10/24/4 L	6	41	40	39	43	40	4	37	4	34
10/24/4 S	35	41	41	39	45	41	18	39	18	35
9GH -10GH/12/6 L	6	41	40	39	42	40	4	38	4	35
9GH -10GH/12/6 M	21	42	41	40	44	41	15	39	15	36
9GH -10GH/16/6 L	40	41	41	37	43	41	31	39	31	36
9GH -10GH/16/6 M	36	42	42	38	44	42	31	40	31	37
13GH/20/10GH M	16	45	45	43	47	45	13	44	13	42

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 3 Schalldämmung von Einfachfenstern mit unterschiedlichem Rahmenmaterial, einflügelig im Normformat

R _w MIG in dB	Alle Selektionen		Rahmenmaterial							
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	Alu-Holz ⁴⁾		Alu		Holz		Kunststoff	
			n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB
29	36	33	6	32	6	31	6	33	19	33
30	99	34	2	32	9	33	41	34	47	34
35	97	37	5	37	9	36	26	37	55	38
36	51	37	4	34	6	37	14	37	29	38
37	71	37	3	35	14	36	17	37	37	38
38	101	38	11	37	15	37	29	38	47	38
39	97	38	5	37	35	37	26	38	31	39
40	111	40	4	38	26	39	24	39	58	41
41	57	41	2	39	9	40	18	40	28	41
42	33	41	2	43	3	40	16	40	14	41
43 ¹⁾	31	41			10	40	8	41	12	40
44	141	42	13	40	20	41	54	42	55	42
45	65	43	6	40	18	43	18	42	24	43
46	16	43					6	42	10	43
47	17	43			3	44	3	42	11	43
48 ²⁾	8	43					2	44	5	42
50	39	45			6	45	14	45	19	45
51	50	45	6	44	9	45	14	45	20	45
52	12	46			6	46	5	45		
54	7	46			4	45			2	45
Aufbau*										
4/12/4 L	32	33	5	32	6	31	5	32	17	33
4/16/4 L	89	34			9	33	38	34	41	34
6/16/4 L	91	37	2	37	6	35	28	37	53	38
6/16/4 M	20	38			2	37	6	36	11	38
6/16/4 S	37	38	2	37	7	36	12	37	14	38
8/16/4 L	21	38	3	37	4	37	6	37	12	38
8/16/4 M	16	37			4	35	5	36	6	37
8/16/4 S	46	38	4	37	10	37	12	38	19	39
10/20/4 L	13	39			2	39	2	39	5	38
10/24/4 S	35	41			6	40	3	40	25	41
9GH -10GH/16/6 L	40	41			7	41	13	41	19	41
9GH -10GH/16/6 M	36	42	5	39	9	40	19	42	14	42
13GH/20/10GH M	16	45			5	45	5	43	6	44

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 4 Schalldämmung von Einfachfenstern mit unterschiedlicher Anordnung der Dichtungen, einflügelig im Normformat

R _w MIG in dB	Alle		Dichtungsanordnung									
	Selektionen		AD+MD		MD		MD+ID		AD+ID		AD+MD+ID	
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB
29	36	33	3	33	5	32	21	33	5	32	2	32
30	99	34	2	32	33	34	30	33	21	34	11	34
33	20	36	2	36	3	37	4	33			8	36
35	97	37	9	37	14	36	32	37	31	37	10	37
36	51	37	2	38	10	36	18	37	16	38	4	37
37	71	37			19	36	21	37	14	38	12	38
38	101	38	8	37	15	37	43	38	21	38	12	38
39	97	38	16	37	20	37	35	38	16	39	8	39
40	111	40			14	36	45	40	26	40	25	41
41	57	41	3	39	5	37	27	41	11	42	8	41
42	33	41	3	42			20	40	4	41	5	40
43 ¹⁾	31	41	4	38	4	39	10	41	7	39	5	41
44	141	42	8	40	12	40	66	41	33	42	13	42
45	65	43	4	40	3	40	40	43	7	41	11	43
46	16	43					9	43	2	42	3	44
47	17	43					8	42	2	44	6	43
48 ²⁾	8	43					4	42	3	42		
49	6	44					4	44				
50	39	45	2	45	2	44	23	45	6	44	6	45
51	50	45					24	45	9	45	17	46
Aufbau*												
4/12/4 L	32	33	2	34	4	32	21	33	5	32		
4/16/4 L	89	34	2	32	29	34	26	33	20	34	10	33
6/16/4 L	91	37	4	37	21	36	26	37	31	38	9	37
6/16/4 M	20	38			3	37	11	37	5	38		
6/16/4 S	37	38	4	36	5	37	17	37	7	38	4	38
8/16/4 L	21	38	4	35	4	36	4	36			3	37
8/16/4 S	46	38	6	36	9	37	17	38	7	38	6	38
10/24/4 S	35	41					14	40	5	41	10	41
9GH -10GH/16/6 L	40	41			2	39	15	41	7	41	8	41
9GH -10GH/16/6 M	36	42	2	42	3	38	21	42	8	42	2	41

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 5 Schalldämmung von Einfachfenstern aus Aluminium-Holz Profilen⁴⁾ mit unterschiedlicher Dichtungsanordnung, einflügelig im Normformat

R _w MIG in dB	Alle Selektionen		Dichtungsanordnung					
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	AD+MD		MD+ID		AD+MD+ID	
			n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB
29	6	32	2	33	2	32		
35	5	37	4	37				
36	4	34	2	37				
38	11	37	5	36	3	36	2	38
39	5	37	3	37	1	37		
40	4	38			1	38	2	41
41	2	39	1	39	1	40		
44	13	40	2	41	6	38	2	41
45	6	40	1	40	2	43	1	43
51	6	44			4	42	2	46
Aufbau*								
4/12/4 L	5	32			2	32		
6/16/4 S	2	37			1	37	1	38
8/16/4 S	4	37	2	37	2	37		

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 6 Schalldämmung von Einfachfenstern aus Aluminium mit unterschiedlicher Dichtungsanordnung, einflügelig im Normformat

R _w MIG in dB	Alle Selektionen		Dichtungsanordnung							
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	AD+MD		MD		MD+ID		AD+MD+ID	
			n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB
29	6	31					6	31		
30	9	33	1	32	2	34	5	32	1	33
35	9	36					6	35	2	37
36	6	37	2	38			4	36		
37	14	36			5	34	6	35	3	38
38	15	37	3	37	2	35	9	37		
39	35	37	10	37	5	36	18	37		
40	26	39			2	36	13	39	11	40
41	9	40	1	41			3	40	5	41
42	3	40	2	42			1	40		
43 ¹⁾	10	40	4	38			2	40	2	41
44	20	41	4	41	3	38	12	41		
45	18	43	3	43			14	43		
50	6	45	2	45			2	45		
51	9	45					4	44	5	46
Aufbau*										
4/12/4 L	6	31					6	31		
4/16/4 L	9	33	1	32	2	34	5	32	1	33
6/16/4 L	6	35					4	34	2	37
6/16/4 M	2	37					2	37		
6/16/4 S	7	36	2	37			5	36		
8/16/4 L	4	37	2	38			2	37		
8/16/4 M	4	35	3	35					1	37
8/16/4 S	10	37	3	38			6	36		
10/20/4 L	2	39					2	39		
10/24/4 S	6	40					4	39	2	42
9GH -10GH/16/6 L	7	41					1	40	6	41
9GH -10GH/16/6 M	9	40	2	42	1	38	5	41	1	42

*Beschriftung : L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 7 Schalldämmung von Einfachfenstern aus Holz mit unterschiedlicher Dichtungsanordnung, einflügelig im Normformat

R _w MIG in dB	Alle Selektionen		Dichtungsanordnung			
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	MD	MD+ID		
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB
29	6	33	4	32		
30	41	34	29	34	11	33
35	26	37	14	36	8	36
36	14	37	9	37	4	37
37	17	37	13	37	4	36
38	29	38	12	37	17	38
39	26	38	15	38	9	39
40	24	39	11	37	12	39
41	18	40	4	38	13	40
42	16	40			16	40
43 ¹⁾	8	41	3	39	5	41
44	54	42	9	40	37	42
45	18	42			17	42
46	6	42	1	42	5	43
47	3	42			3	42
50	14	45			13	45
51	14	45			14	45
Aufbau*						
4/12/4 L	5	32	3	32		
4/16/4 L	38	34	26	34	11	33
6/16/4 L	28	37	21	36	7	36
6/16/4 M	6	36	2	37	4	36
6/16/4 S	12	37	5	37	7	37
8/16/4 L	6	37	3	37	3	37
8/16/4 M	5	36	4	36	1	38
8/16/4 S	12	38	8	37	3	38
10/24/4 S	3	40			2	40
9GH -10GH/16/6 L	13	41	2	39	10	41
9GH -10GH/16/6 M	19	42	3	41	15	42

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 8 Schalldämmung von Einfachfenstern aus Kunststoffprofilen mit unterschiedlicher Dichtungsanordnung, einfügelig im Normformat

R _w MIG in dB	Alle Selektionen		Dichtungsanordnung					
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB
29	19	33	12	33	5	32	2	32
30	47	34	14	33	21	34	10	34
35	55	38	17	37	30	37	6	37
36	29	38	9	38	16	38	4	37
37	37	38	10	38	14	38	8	38
38	47	38	14	38	21	38	9	39
39	31	39	7	38	14	39	8	39
40	58	41	19	41	26	40	12	41
41	28	41	8	40	11	42	3	41
42	14	41	3	40	4	41	5	40
43 ¹⁾	12	40	2	42	7	39	3	41
44	55	42	10	41	33	42	10	42
45	24	43	8	42	7	41	8	42
46	10	43	4	43	2	42	3	44
47	11	43	4	41	2	44	5	43
48	6	41	2	42	4	39		
50	19	45	8	44	6	44	5	45
51	20	45	3	46	9	45	8	45
Aufbau*								
4/12/4 L	17	33	12 ¹⁾	33	5	32		
4/16/4 L	41	34	10	33	20	34	9	34
6/16/4 L	53	38	15	38	31	38	6	37
6/16/4 M	11	38	5	38	5	38		
6/16/4 S	14	38	4	37	7	38	3	39
8/16/4 L	12	38	5	37	5	38	2	37
8/16/4 S	19	39	6	38	7	38	6	38
10/20/4 L	5	38			2	37	3	38
10/24/4 S	25	41	8	41	5	41	7	41
9GH -10GH/16/6 L	19	41	4	41	7	41	3	41
9GH -10GH/16/6 M	14	42	4	41	8	42	2	41

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 9 Schalldämmung von Einfachfenstern mit unterschiedlichem Rahmenanteil (alle Werkstoffe), einflügelig im Normformat

R _w MIG in dB	Alle Selektionen		Rahmenflächenanteil							
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	<25%	25% bis <30%	30% bis <35%	≥35%	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB
29	36	33			9	32	15	33	4	31
30	99	34	2	33	10	32	52	34	10	33
35	97	37			6	37	40	38	16	37
36	51	37					23	38	5	37
37	71	37			6	35	30	38	9	37
38	101	38	6	38	11	36	44	38	9	38
39	97	38	2	37	16	37	27	39	9	38
40	111	40			13	38	57	40	14	41
41	57	41			6	40	24	40	13	41
42	33	41					18	41		
43 ¹⁾	31	41			3	40	16	41	5	40
44	141	42	2	43	12	41	64	41	18	42
45	65	43	4	42	7	42	29	43		
46	16	43					4	42	5	42
47	17	43			4	44	9	43	2	41
48 ²⁾	8	43					7	43		
49	6	44			3	45	3	44		
50	39	45			9	44	13	45	6	44
51	50	45	2	46	2	45	23	45	5	45
Aufbau*										
4/12/4 L	32	33			8	32	12	33	4	31
4/16/4 L	89	34	2	33	8	32	46	34	9	34
6/16/4 L	91	37			3	36	43	37	17	37
6/16/4 M	20	38			2	37	6	37	4	38
6/16/4 S	37	38	2	38	4	36	17	38	5	38
8/16/4 L	21	38					11	38	5	38
8/16/4 M	16	37			2	35	7	37		
8/16/4 S	46	38			3	37	12	38	7	38
10/20/4 L	13	39					3	37		
10/24/4 S	35	41			2	39	12	41	6	41
9GH - 10GH/16/6 L	40	41			4	39	16	41	6	42
9GH - 10GH/16/6 M	36	42					23	42		

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 10 Schalldämmung von Einfachfenstern aus Aluminium-Holz Profilen⁴⁾ mit unterschiedlichem Rahmenanteil, einflügelig im Normformat

R _w MIG in dB	Alle Selektionen		Rahmenflächenanteil							
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	<25%		25% bis <30%		30% bis <35%		≥35%	
			n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB
29	6	32					4	32		
30	2	32			1	32	1	34		
35	5	37					5	37		
37	3	35					3	35		
38	11	37			2	36	6	37		
39	5	37			1	39	1	37	1	38
40	4	38			2	43				
41	2	39			1	39				
44	13	40			2	41	6	39		
45	6	40			2	40	3	40		
51	6	44	1	47			5	43		
Aufbau*										
4/12/4 L	5	32					3	32		
6/16/4 L	2	37					2	37		
6/16/4 S	2	37					2	37		

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 11 Schalldämmung von Einfachfenstern aus Aluminium mit unterschiedlichem Rahmenanteil, einflügelig im Normformat

R _w MIG in dB	Alle Selektionen		Rahmenflächenanteil							
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	<25%		25% bis <30%		30% bis <35%		≥35%	
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB
29	6	31			5	31				
30	9	33			3	33	3	32		
35	9	36			3	37				
36	6	37			1	36	2	38		
37	14	36			4	34	5	38		
38	15	37	2	38	6	35	2	37		
39	35	37	2	37	14	37	4	37		
40	26	39			12	39	7	39		
41	9	40			3	41				
42	3	40	1	40						
43 ¹⁾	10	40			2	40	3	40		
44	20	41	1	43	3	39	3	41		
45	18	43	4	42	4	43	3	42		
47	3	44			2	44	1	44		
49	5	44								
50	6	45			4	45	2	45		
≥ 51	23	46			8	46	8	45		
Aufbau*										
4/12/4 L	6	31			5	31	1	34		
4/16/4 L	9	33			3	33	3	32		
6/16/4 L	6	35			1	37	2	34		
6/16/4 M	2	37			2	37				
6/16/4 S	7	36	1	38	1	39	1	37		
8/16/4 L	4	37								
8/16/4 M	4	35			2	35	2	37		
8/16/4 S	10	37			2	37				
10/20/4 L	2	39								
10/24/4 S	6	40			2	39				
9GH -10GH/16/6 L	6	40			2	41	1	41		
9GH -10GH/16/6 M	7	40	1	42			4	40		

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 12 Schalldämmung von Einfachfenstern aus Holz mit unterschiedlichem Rahmenanteil, einflügelig im Normformat

R _w MIG in dB	Alle Selektionen		Rahmenflächenanteil							
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	<25%	25% bis <30%		30% bis <35%		≥35%		
			n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB
29	6	33					3	33		
30	41	34					24	34		
35	26	37					8	37		
36	14	37					6	37		
37	17	37	1	39	1	37	11	37		
38	29	38			2	39	11	37	2	39
39	26	38			1	39	9	38	1	38
40	24	39					16	38	1	42
41	18	40			2	42	12	40		
42	16	40					10	40		
43 ¹⁾	8	41					5	40	2	42
44	54	42	1	43	4	41	21	41	3	42
45	18	42			1	42	7	41	1	44
46	6	42					1	42	3	42
47	3	42					3	42		
48	2	44					2	44		
50	14	45			5	43	1	44	4	45
≥51	22	46			1	46	8	46	4	47
Aufbau*										
4/12/4 L	5	32					2	33		
4/16/4 L	38	34					27	34		
6/16/4 L	28	37			1	37	15	37		
6/16/4 M	6	36								
6/16/4 S	12	37					6	37		
8/16/4 L	6	37					2	37		
8/16/4 M	5	36								
8/16/4 S	12	38					4	36	1	38
10/20/4 L	2	39								
10/24/4 S	3	40								
9GH -10GH/16/6 L	15	40					9	41		
9GH -10GH/16/6 M	15	42			1	41	8	42		

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 13 Schalldämmung von Einfachfenstern aus Kunststoffprofilen mit unterschiedlichem Rahmenanteil, einfügelig im Normformat

R _w MIG in dB	Alle Selektionen		Rahmenflächenanteil							
	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	<25%	25% bis <30%	30% bis <35%	≥35%	n ³⁾	R _{w,Tab} dB	n ³⁾	R _{w,Tab} dB
29	19	33			3	32	8	33	4	31
30	47	34	2	33	5	32	24	34	10	33
35	55	38					26	38	16	37
36	29	38					15	38	5	37
37	37	38					11	38	9	37
38	47	38	4	37			26	38	7	38
39	31	39					13	40	7	38
40	58	41					32	41	16	40
41	28	41					9	42	11	41
42	14	41					8	41		
43 ¹⁾	12	40					8	40	3	39
44	55	42			3	40	34	42	14	42
45	24	43					16	43		
46	10	43					3	42	2	43
47	11	43	1	44	2	44	5	43	2	41
48 ²⁾	5	42					4	42		
50	19	45	1	44			10	45	2	43
≥ 51	26	45					16	45	6	45
Aufbau*										
4/12/4 L	17	33	1	33	3	32	8	33	4	31
4/16/4 L	41	34	4	33	4	31	30	34	9	34
6/16/4 L	53	38			2	36	32	38	18	37
6/16/4 M	11	38					4	38	4	38
6/16/4 S	14	38					8	38	5	38
8/16/4 L	11	38					7	37	2	39
8/16/4 M	6	37					4	37		
8/16/4 S	19	39					6	40	6	38
10/20/4 L	8	38								
10/24/4 S	25	41					10	41	5	41
9GH -10GH/16/6 L	19	41					6	41	6	42
9GH -10GH/16/6 M	14	42					11	42		

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 14 Schalldämmung von Einfachfenstern mit Stulp, im Normformat

R_w MIG in dB	$n^{3)}$	μ dB	$\mu - \varepsilon_{95\%}$ dB	$R_{w,min}$ dB	$R_{w,max}$ dB	$R_{w,Tab}$ dB	$n_C^{3)}$	$R_{w,Tab+C}$ dB	$n_{Ctr}^{3)}$	$R_{w,Tab+C_{tr}}$ dB
29	2	33	33	33	33	33	2	31	2	29
30	12	35	34	33	37	34	6	32	6	29
35	7	39	38	38	40	38	2	36	2	34
36	6	40	38	38	41	38	6	37	6	34
38	8	40	38	38	43	38				
39	3	40	36	38	42	38	2	36	2	35
40	13	41	41	39	44	41	6	38	6	35
41	4	42	42	42	43	42				
42	4	42	40	40	43	40	2	39	2	37
44	10	41	41	40	43	41	7	39	7	36
45	3	41	39	40	42	40	2	39	2	37
46	2	45	41	44	45	44				
47	2	43	37	42	44	42	2	40	2	37
≥ 50	3	45	42	43	46	43	3	42	3	39
Aufbau*										
4/16/4 L	13	34	34	33	37	34	7	32	7	30
6/16/4 L	9	39	38	38	40	38	4	36	4	34
9GH -10GH/16/6 S	6	41	40	40	42	40	5	39	5	36

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 15 Schalldämmung von Einfachfenstern mit Stulp (alle Formate)

R_w MIG in dB	$n^{3)}$	μ dB	$\mu-\epsilon_{95\%}$ dB	$R_{w,min}$ dB	$R_{w,max}$ dB	$R_{w,Tab}$ dB	$n_C^{3)}$	$R_{w,Tab+C}$ dB	$n_{Ctr}^{3)}$	$R_{w,Tab+C_{tr}}$ dB
29	3	33	33	33	33	33	3	30	3	27
30	15	34	33	31	37	33	7	31	7	29
35	14	38	37	34	40	37	4	33	4	30
36	15	38	37	35	41	37	11	37	11	34
38	11	39	38	37	43	38	2	35	2	32
39	8	40	39	38	43	39	3	36	3	35
40	13	41	41	39	44	41	6	38	6	35
41	10	42	42	40	44	42	2	41	2	38
42	11	41	40	39	43	40	7	38	7	34
44	13	41	40	38	43	40	10	38	10	35
45	4	41	39	40	43	40	3	39	3	35
47	3	43	41	42	44	42	3	40	3	37
≥ 50	8	44	43	42	46	43	8	42	8	39
Aufbau*										
4/16/4 L	13	34	34	33	37	34	7	32	7	30
6/16/4 L	11	38	38	36	40	38	4	36	4	34
6/16/4 S	6	39	38	38	40	38				
8/16/4 L	8	38	36	35	41	36	4	36	4	33
10/24/4 S	9	42	42	41	42	42				
9GH -10GH/12/6 M	5	40	39	38	42	39	5	37	5	33
9GH -10GH/12/6 S	4	40	39	39	42	39	4	37	4	34

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Anlagen

Tabelle 16 Schalldämmung von Festverglasungen im Normformat

R_w MIG in dB	$n^{3)}$	μ dB	$\mu - \varepsilon_{95\%}$ dB	$R_{w,min}$ dB	$R_{w,max}$ dB	$R_{w,Tab}$ dB	$n_C^{3)}$	$R_{w,Tab+C}$ dB	$n_{Ctr}^{3)}$	$R_{w,Tab+C_{tr}}$ dB
29	2	32	32	32	32	32				
35	6	37	36	36	38	36				
39	2	37	37	37	37	37				
44	1					43				
46	1					45				
≥ 50	3	48	44	46	50	46				

Tabelle 17 Schalldämmung von Festverglasungen (Alle Formate)

R_w MIG in dB	$n^{3)}$	μ dB	$\mu - \varepsilon_{95\%}$ dB	$R_{w,min}$ dB	$R_{w,max}$ dB	$R_{w,Tab}$ dB	$n_C^{3)}$	$R_{w,Tab+C}$ dB	$n_{Ctr}^{3)}$	$R_{w,Tab+C_{tr}}$ dB
29	2	32	32	32	32	32				
35	6	37	36	36	38	36				
38	3	40	37	38	41	38				
39	1					37				
42	4	42	42	42	42	42				
44	9	41	40	39	43	40				
45	3	44	42	43	45	43				
46	1					45				
47	2	47	43	46	47	46				
50	2	47	43	46	51	46				
≥ 51	7	48	47	46	51	47				
Aufbau*										
4/16/4 L	3	32	31	32	33	32				
6/16/4 L	9	36	36	35	38	36				
9GH - 10GH/12/6 S	2	42	42	42	42	42				
9GH - 10GH/16/6 M	14	42	41	39	45	41				

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Tabelle 18 Schalldämmung von Einfachfenstern mit glasteilender Sprosse / glasteilenden Sprossen, im Normformat

R_w MIG in dB	$n^{3)}$	μ dB	$\mu-\varepsilon_{95\%}$ dB	$R_{w,min}$ dB	$R_{w,max}$ dB	$R_{w,Tab}$ dB	$n_c^{3)}$	$R_{w,Tab+C}$ dB	$n_{Ctr}^{3)}$	$R_{w,Tab+C_{tr}}$ dB
29	3	36	35	36	37	36				
38	2	41	41	41	41	41				
40	2	39	35	38	39	38	2	36	2	34
41	2	39	39	39	39	39				
45	1					38				

Tabelle 19 Schalldämmung von Einfachfenstern mit Sprossen, im Normformat

R_w MIG in dB	$n^{3)}$	μ dB	$\mu-\varepsilon_{95\%}$ dB	$R_{w,min}$ dB	$R_{w,max}$ dB	$R_{w,Tab}$ dB	$n_c^{3)}$	$R_{w,Tab+C}$ dB	$n_{Ctr}^{3)}$	$R_{w,Tab+C_{tr}}$ dB
29	3	36	35	36	37	36				
30	1					35				
35	1					39				
37	1					37				
38	4	41	41	41	41	41				
39	2	39	35	38	39	38				
40	3	39	37	38	41	38	3	36	3	34
41	2	39	39	39	39	39				
Aufbau*										
10/24/4 M	7	41	40	40	42	40				
9GH -10GH/16/6 L	4	39	38	38	39	38	2	37	2	34

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,

Anlagen

Tabelle 20 Schalldämmung von Einfachfenstern mit Ober/Unterlichtern, im Normformat

R_w MIG in dB	$n^{3)}$	μ dB	$\mu-\varepsilon_{95\%}$ dB	$R_{w,min}$ dB	$R_{w,max}$ dB	$R_{w,Tab}$ dB	$n_C^{3)}$	$R_{w,Tab+C}$ dB	$n_{Ctr}^{3)}$	$R_{w,Tab+C_{tr}}$ dB
35	2	35	31	34	35	34	2	33	2	30
37	2	40	40	40	40	40	2	39	2	37
39	2	39	35	38	39	38				
44	2	41	41	41	41	41	2	40	2	37
47	2	42	42	42	42	42	2	41	2	39

Tabelle 21 Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche von 1,0 m² bis 1,5 m²

R_w MIG in dB	$n^{3)}$	μ dB	$\mu-\varepsilon_{95\%}$ dB	$R_{w,min}$ dB	$R_{w,max}$ dB	$R_{w,Tab}$ dB	$n_C^{3)}$	$R_{w,Tab+C}$ dB	$n_{Ctr}^{3)}$	$R_{w,Tab+C_{tr}}$ dB
30	2	35	25	33	36	33	2	30	2	27
33	1					37	1	36	1	33
37	1					39				
40	2	40	27	38	42	38	2	35	2	32
44	2	42	38	41	42	41	2	40	2	36
45	1					40	1	39	1	36
52	1					45	1	44	1	41
Aufbau*										
4/16/4 L	4	35	33	33	36	33	3	30	3	27

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR

Anlagen

Tabelle 22 Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche von 1,5 m² bis 1,8 m²

R _w MIG in dB	n ³⁾	μ dB	μ-ε _{95%} dB	R _{w,min} dB	R _{w,max} dB	R _{w,Tab} dB	n _C ³⁾	R _{w,Tab} +C dB	n _{Ctr} ³⁾	R _{w,Tab} +C _{tr} dB
29	1					34				
33	1					37				
35	1					39				
36	2	36	32	35	36	35				
39	2	43	39	42	43	42				
40	1					43				
42	1					42				
44	3	43	41	42	44	42				
46	1					45				
Aufbau*										
8/16/4 L	2	36	32	35	36	35				

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR

Tabelle 23 Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche von 1,85 m² bis 2,5 m²

R _w MIG in dB	n ³⁾	μ dB	μ-ε _{95%} dB	R _{w,min} dB	R _{w,max} dB	R _{w,Tab} dB	n _C ³⁾	R _{w,Tab} +C dB	n _{Ctr} ³⁾	R _{w,Tab} +C _{tr} dB
38	1					37	1	35	1	33
39	2	38	38	38	38	38				
43	1					41	1	40	1	37
44	1					42	1	39	1	36
45	2	42	38	41	42	41	2	40	2	37
50	3	43	41	42	44	42	3	40	3	39
51	5	44	43	43	45	43				
Aufbau*										
9GH - 10GH/12/6 M	2	42	38	41	42	41	2	39	2	36

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR,
M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,

Anlagen

Tabelle 24 Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche von 2,5 m² bis 3,0 m²

R _w MIG in dB	n ³⁾	μ dB	μ-ε _{95%} dB	R _{w,min} dB	R _{w,max} dB	R _{w,Tab} dB	n _C ³⁾	R _{w,Tab+C} dB	n _{Ctr} ³⁾	R _{w,Tab+C_{tr}} dB
30	1					34				
33	1					37	1	35	1	31
35	2	38	34	37	38	37				
36	2	39	35	38	39	38				
37	1					39				
39	1					40				
42	4	41	39	39	43	39	4	37	4	34
45	1					42				
Aufbau*										
6/16/4 L	3	37	37	37	37	37				

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR

Tabelle 25 Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche von 3,0 m² bis 4,0 m²

R _w MIG in dB	n ³⁾	μ dB	μ-ε _{95%} dB	R _{w,min} dB	R _{w,max} dB	R _{w,Tab} dB	n _C ³⁾	R _{w,Tab+C} dB	n _{Ctr} ³⁾	R _{w,Tab+C_{tr}} dB
30	1					33				
40	1					40	1	39	1	36
45	2	42	42	42	42	42				
51	2	44	44	44	44	44				
Aufbau*										
4/16/4 L	1					33				

*Beschriftung: L = Luft oder Argonfüllung im SZR

Tabelle 26 Schalldämmung von Einfachfenstern mit einer Fläche größer 4,0 m²

R _w MIG in dB	n ³⁾	μ dB	μ-ε _{95%} dB	R _{w,min} dB	R _{w,max} dB	R _{w,Tab} dB	n _C ³⁾	R _{w,Tab+C} dB	n _{Ctr} ³⁾	R _{w,Tab+C_{tr}} dB
44	4	40	39	39	41	39	4	36	4	32

Anlagen

Tabelle 27 Schalldämmung von Fenstertüren

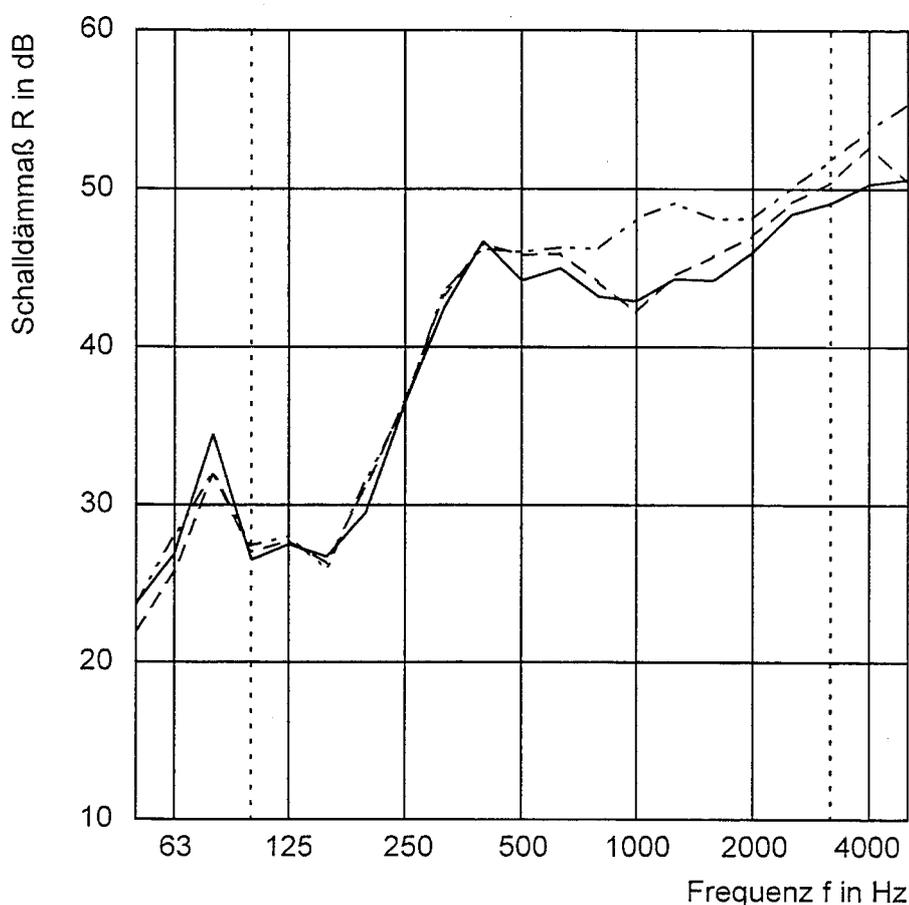
R _w MIG in dB	n ³⁾	μ dB	μ-ε _{95%} dB	R _{w,min} dB	R _{w,max} dB	R _{w,Tab} dB	n _C ³⁾	R _{w,Tab+C} dB	n _{Ctr} ³⁾	R _{w,Tab+C_{tr}} dB
38	2	37	37	37	37	37	2	35	2	32
39	1					43				
40	1					42				
42	2	40	40	40	40	40	2	38	2	35
44	5	42	41	41	43	41				
46	1					44				
50	2	46	42	45	46	45				
Aufbau*										
6/16/4 M	2	37	37	37	37	37	2	35	2	32
9GH - 10GH/12/6 M	2	40	40	40	40	40	2	38	2	35
9GH - 10GH/16/6 S	4	42	41	41	43	41				

*Beschriftung: M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR,
S = SF₆ im SZR

Tabelle 28 Schalldämmung von Fassaden

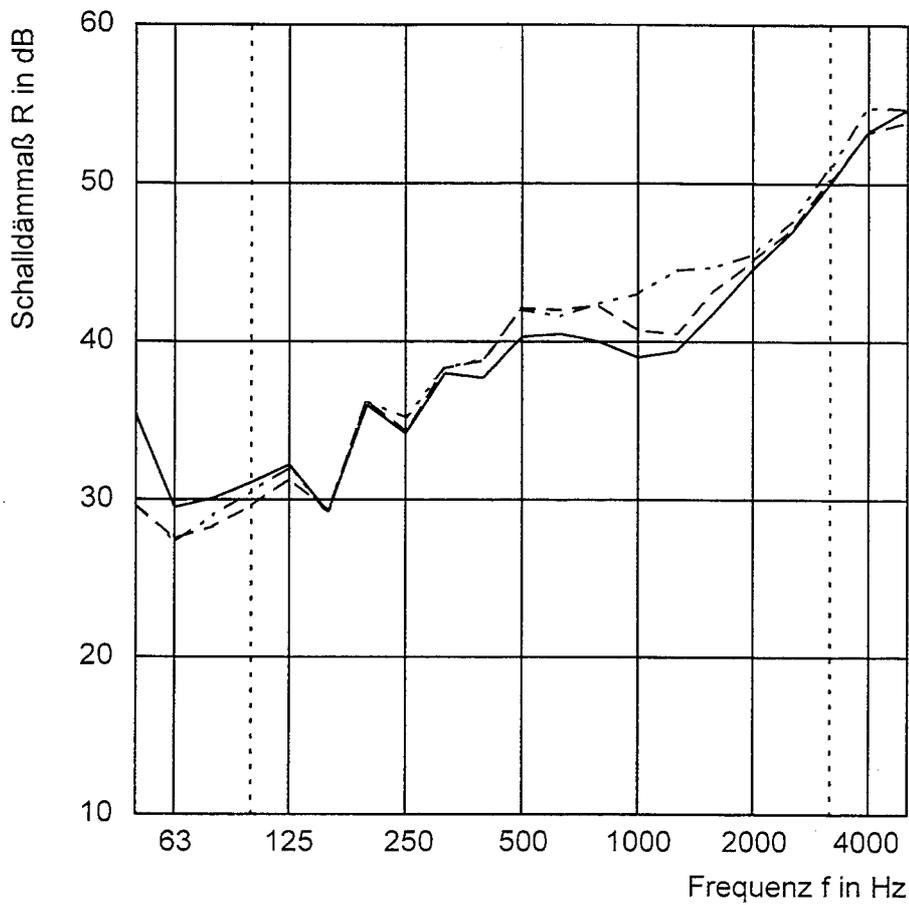
R _w MIG in dB	n ³⁾	μ dB	μ-ε _{95%} dB	R _{w,min} dB	R _{w,max} dB	R _{w,Tab} dB	n _C ³⁾	R _{w,Tab+C} dB	n _{Ctr} ³⁾	R _{w,Tab+C_{tr}} dB
30	1					33				
35	2	38	38	38	38	38				
36	1					37				
37	10	36	35	32	38	35				
38	7	37	36	36	40	36				
39	3	37	35	36	38	36				
42	3	42	42	42	42	42				
43	1					42				
44	10	42	41	40	43	41				
45	4	44	42	42	45	42				
47	2	47	43	46	47	46				
51	8	47	46	45	50	46				
Aufbau*										
9GH - 10GH/16/6 M	15	42	41	39	45	41				

*Beschriftung: M = Mischgas aus Argon und SF₆ im SZR



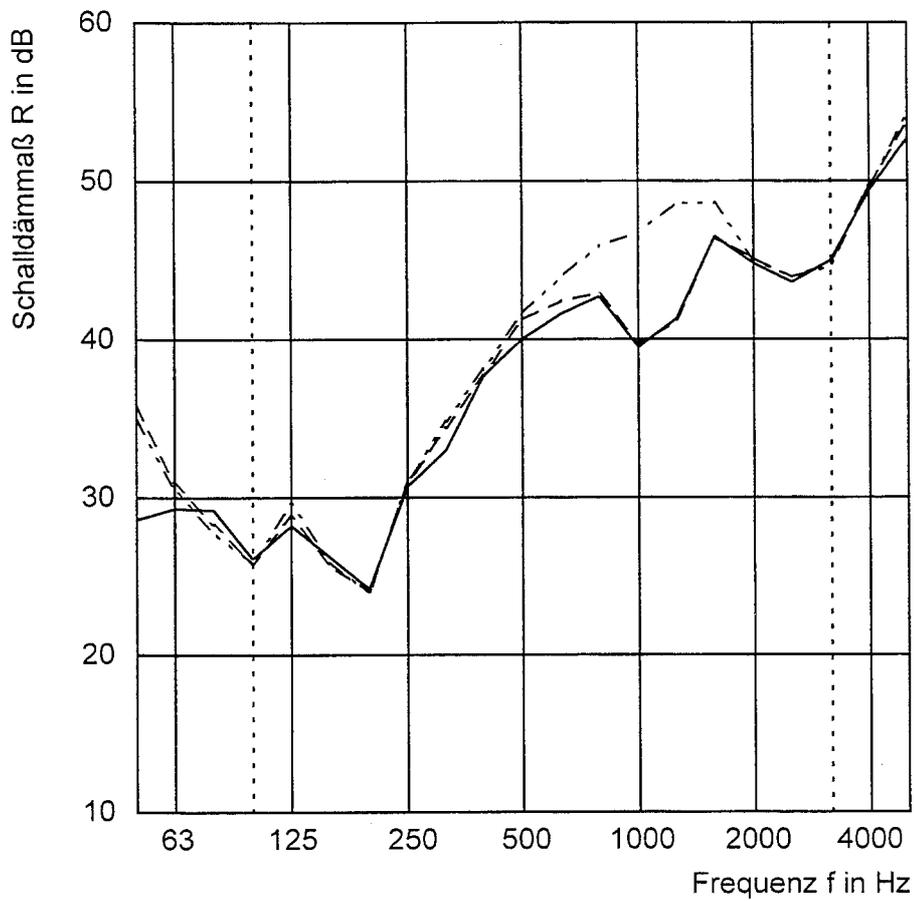
Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
————— Fenster betriebsfertig	44 (-2;-6) dB
- - - - - Falzfuge innen abgedichtet	45 (-2;-6) dB
- · - · - Falzfuge innen & außen abgedichtet	46 (-2;-7) dB

Bild 1 Schalldämmung von Probekörper 1 mit Mitteldichtung und Überschlagdichtung mit 11GH/12/9GH und Argon/SF₆-Füllung



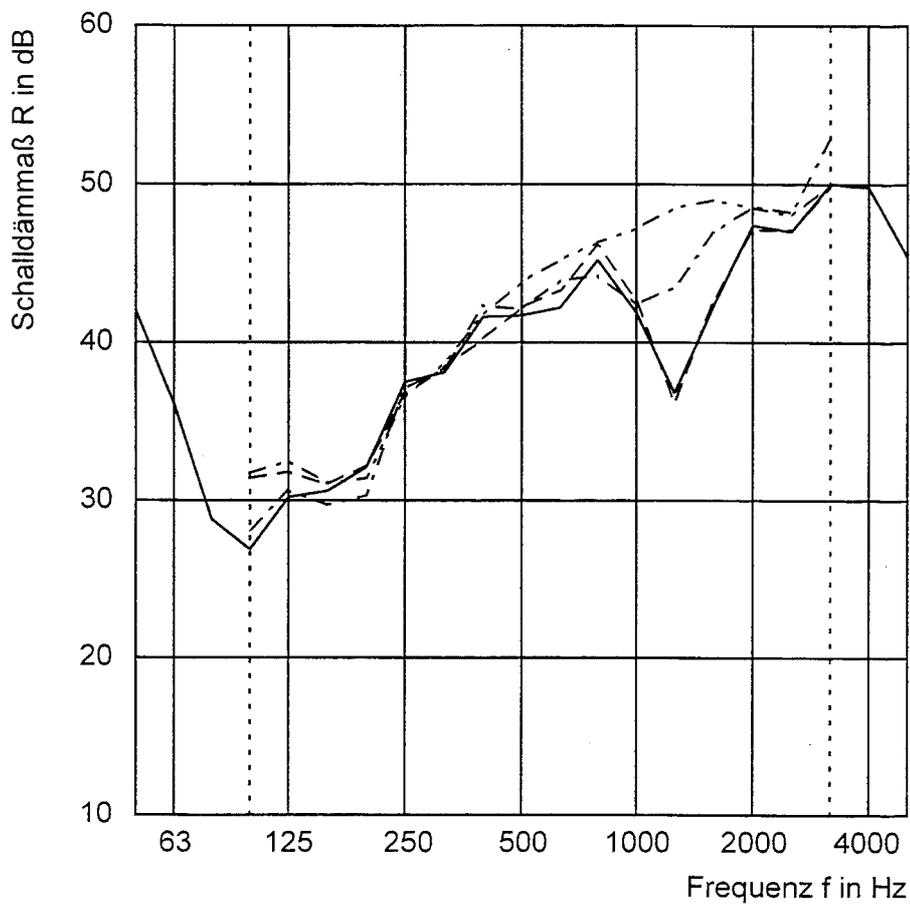
Beschreibung	R_w (C;C _{tr})
————— Fenster betriebsfertig	42 (-1;-3) dB
----- Falzfuge innen abgedichtet	43 (-1;-4) dB
- · - · - Falzfuge innen & außen abgedichtet	43 (0;-3) dB

Bild 2 Schalldämmung von Probekörper 8 mit Mitteldichtung und Überschlagdichtung mit 11GH/12/9GH und Argon/SF₆-Füllung



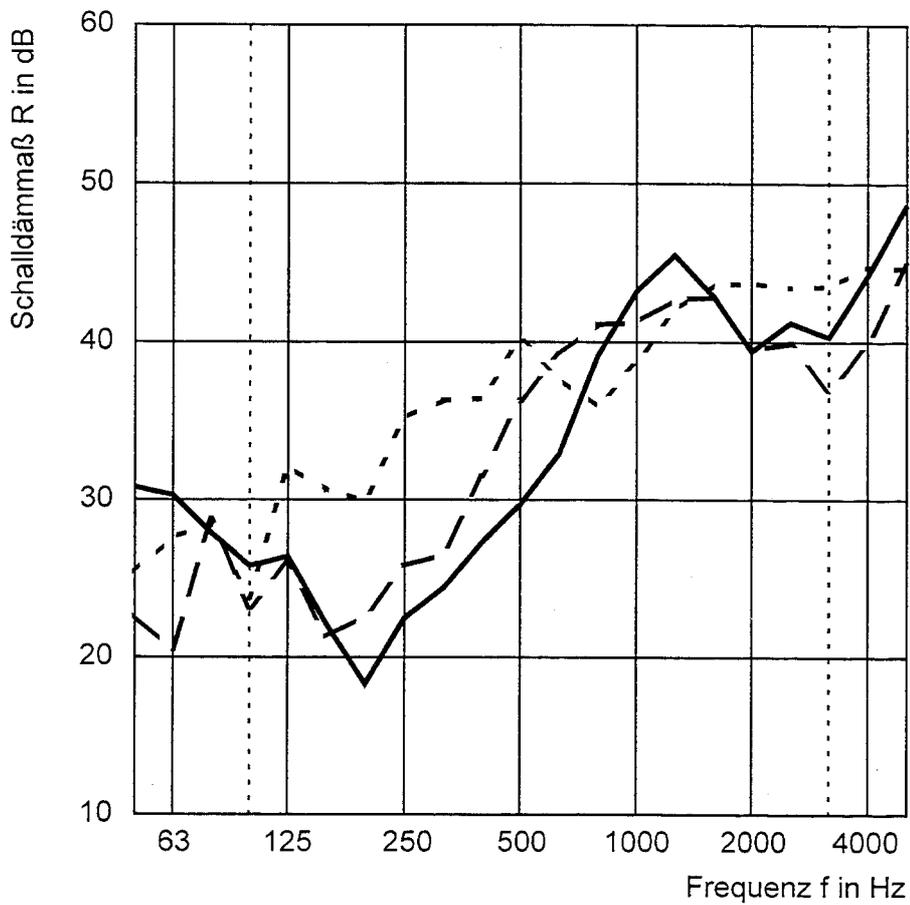
Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
————— Fenster betriebsfertig	41 (-2;-6) dB
- - - - - Falzfuge innen abgedichtet	41 (-2;-5) dB
- · - · - Falzfuge innen & außen abgedichtet	42 (-2;-6) dB

Bild 3 Schalldämmung eines Aluminiumfensters mit Mitteldichtung und Überschlagdichtung in Normformat mit 9GH/16/6 und Argon-Füllung



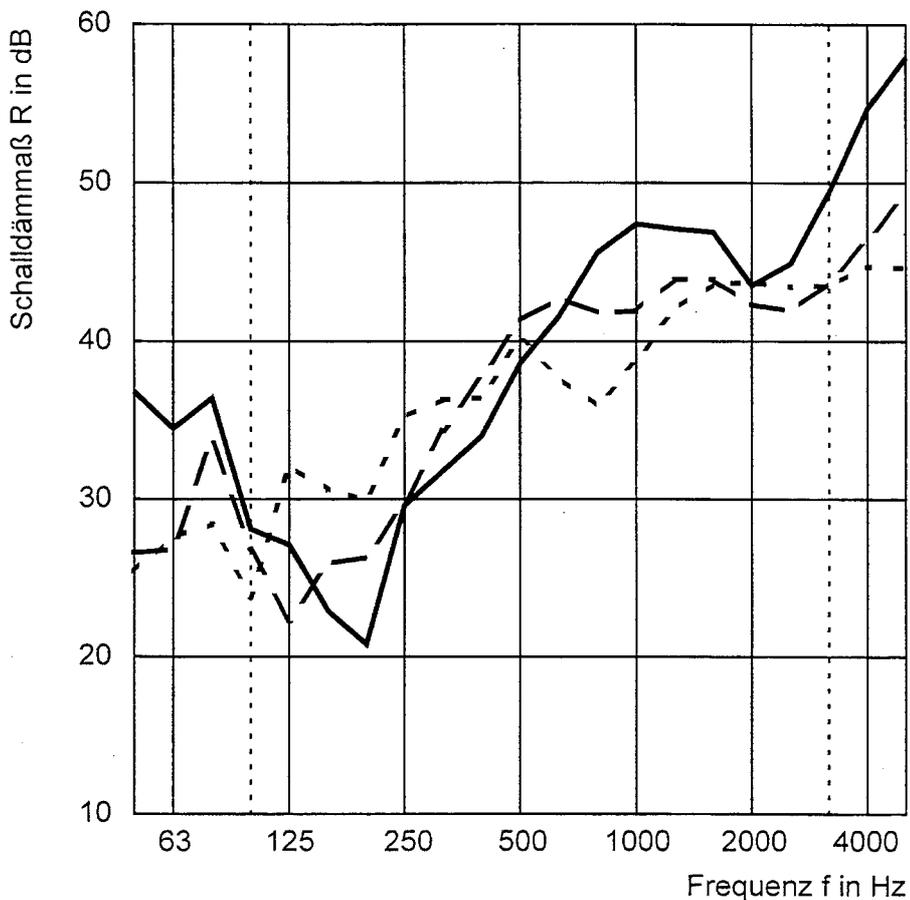
Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
— Fenster betriebsfertig	43 (-2;-4) dB
- - - Falzfuge innen abgedichtet	43 (-2;-4) dB
- · - · - Falzfuge innen & außen abgedichtet	46 (-2;-5) dB
- · - - - Außendichtung eingezogen	44 (-1;-4) dB

Bild 4 Schalldämmung eines Aluminiumfensters mit Mitteldichtung und Überschlagdichtung in Normformat mit 13GH/12/9GH und Argon/SF₆-Füllung



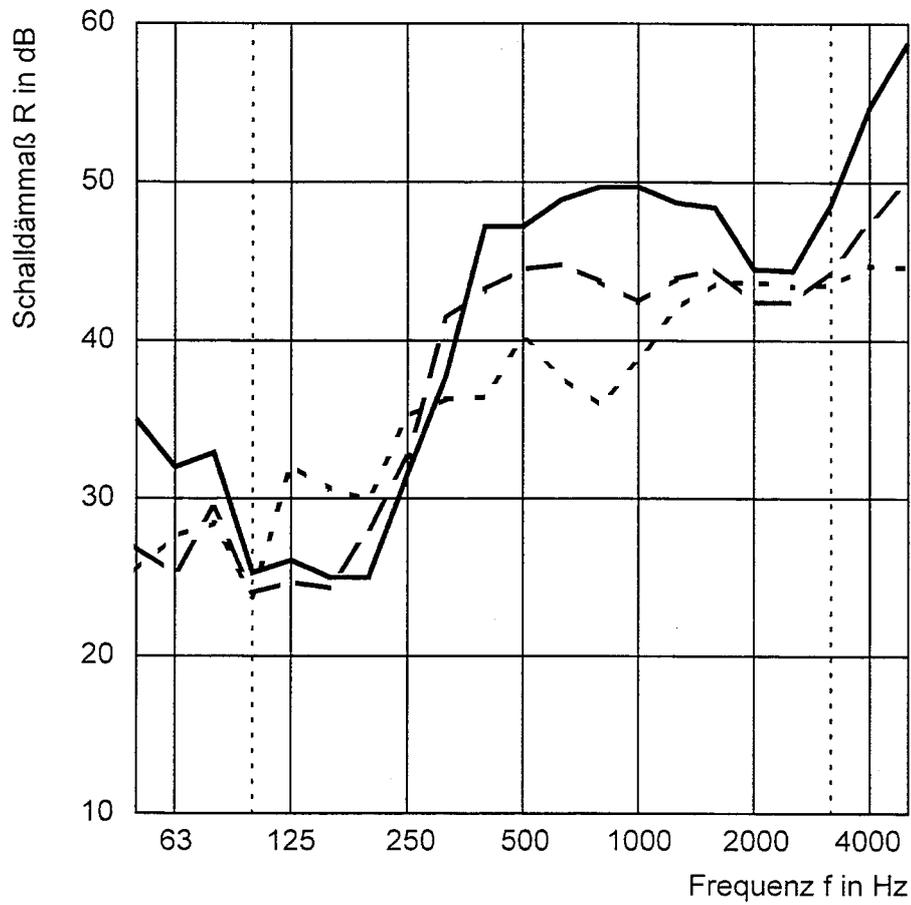
Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
————— Normscheibe	34 (-1;-4) dB
- - - - - Rahmen	41 (-2;-4) dB
- · - · - · Probekörper 1 (mit Normscheibe)	37 (-2;-5) dB

Bild 5 Schalldämmung von Probekörper 1 (Kunststoffenster) im Vergleich der Schalldämmung der Scheibe und der Schalldämmung des Rahmens, Glasaufbau 6/16/4 und Argonfüllung



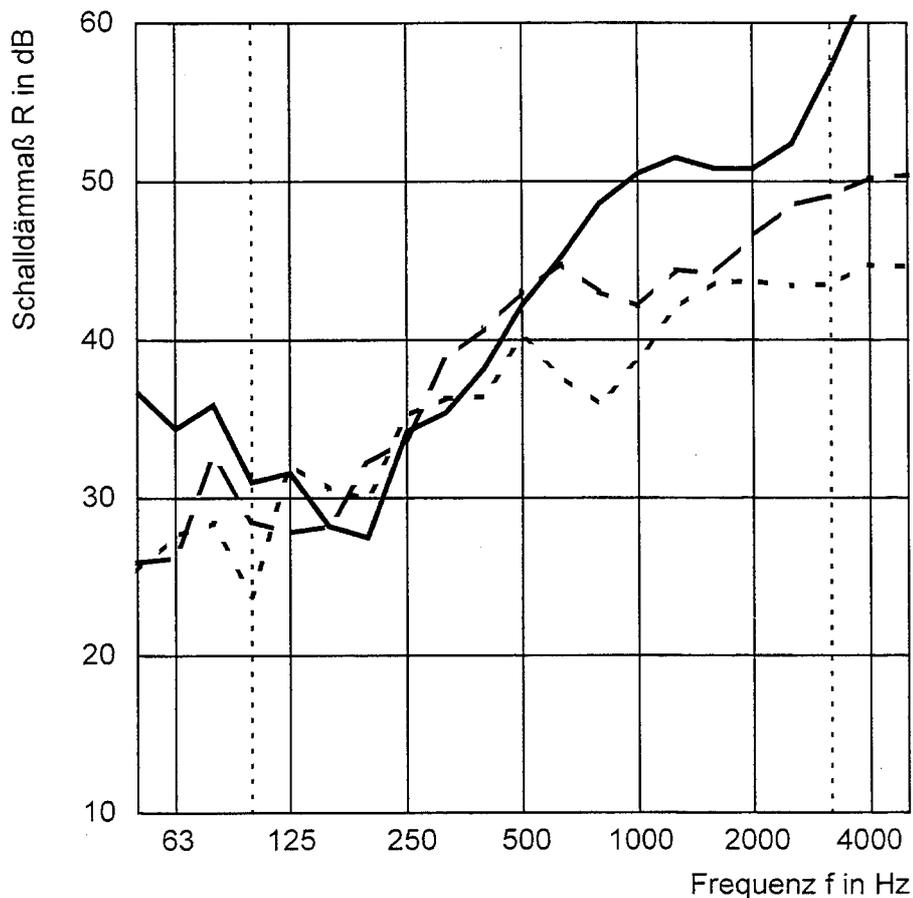
Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
————— Normscheibe	40 (-2;-6) dB
- - - - - Rahmen	41 (-2;-4) dB
- · - · - · Probekörper 1 (mit Normscheibe)	41 (-2;-6) dB

Bild 6 Schalldämmung von Probekörper 1 (Kunststofffenster) im Vergleich der Schalldämmung der Scheibe und der Schalldämmung des Rahmens, Glasaufbau 9GH/16/6 und Argonfüllung



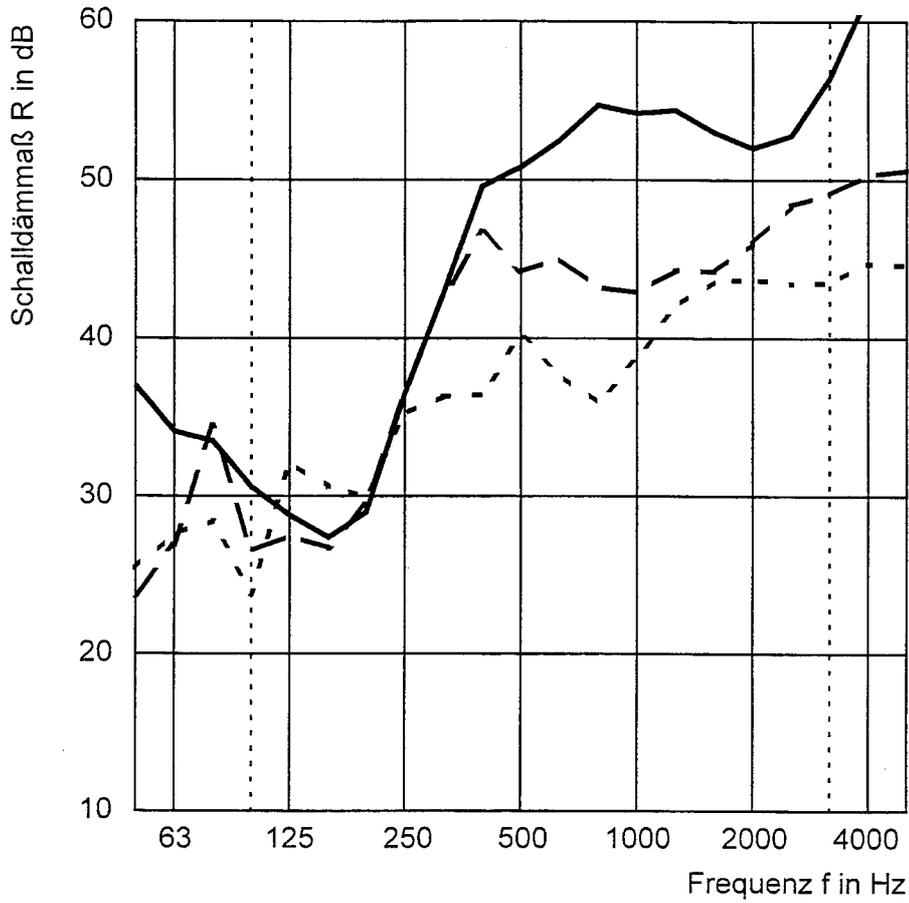
Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
————— Normscheibe	44 (-3;-8) dB
- - - - - Rahmen	41 (-2;-4) dB
- · - · - · Probekörper 1 (mit Normscheibe)	42 (-2;-6) dB

Bild 7 Schalldämmung von Probekörper 1 (Kunststofffenster) im Vergleich der Schalldämmung der Scheibe und der Schalldämmung des Rahmens, Glasaufbau 9GH/16/6 und Argon/SF₆-Füllung



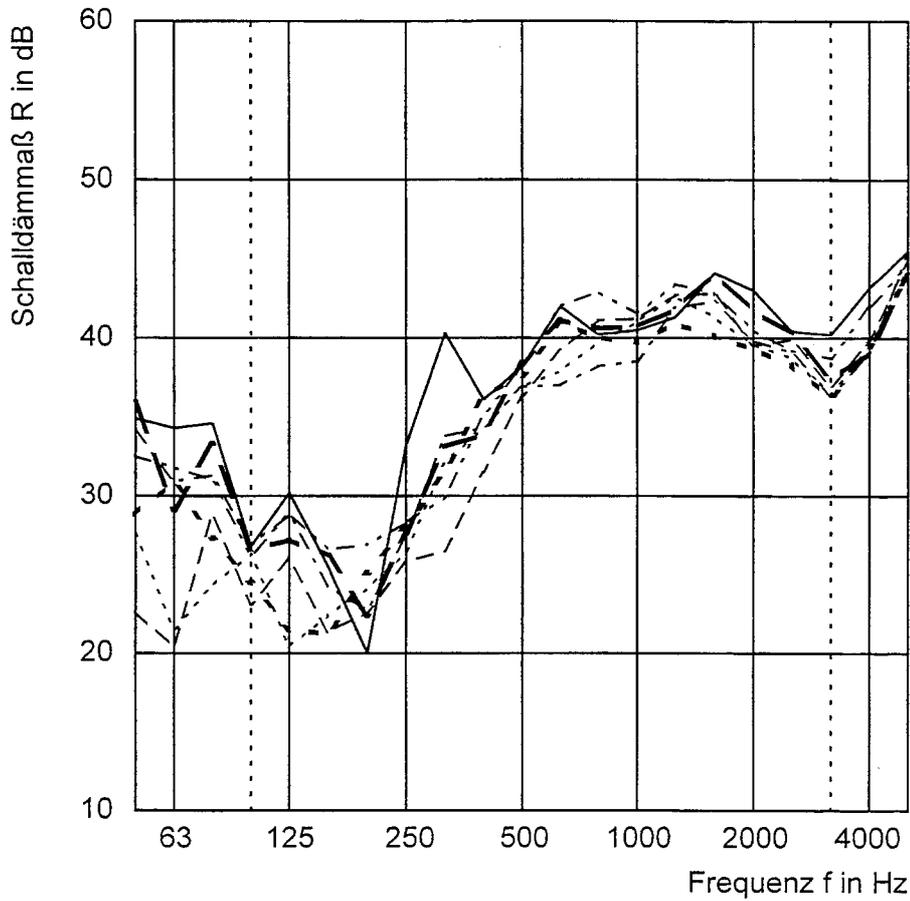
	Beschreibung	$R_w (C;C_{tr})$
	Normscheibe	45 (-2;-6) dB
	Rahmen	41 (-2;-4) dB
	Probekörper 1 (mit Normscheibe)	44 (-2;-5) dB

Bild 8 Schalldämmung von Probekörper 1 (Kunststofffenster) im Vergleich der Schalldämmung der Scheibe und der Schalldämmung des Rahmens, Glasaufbau 11GH/12/9GH und Argonfüllung



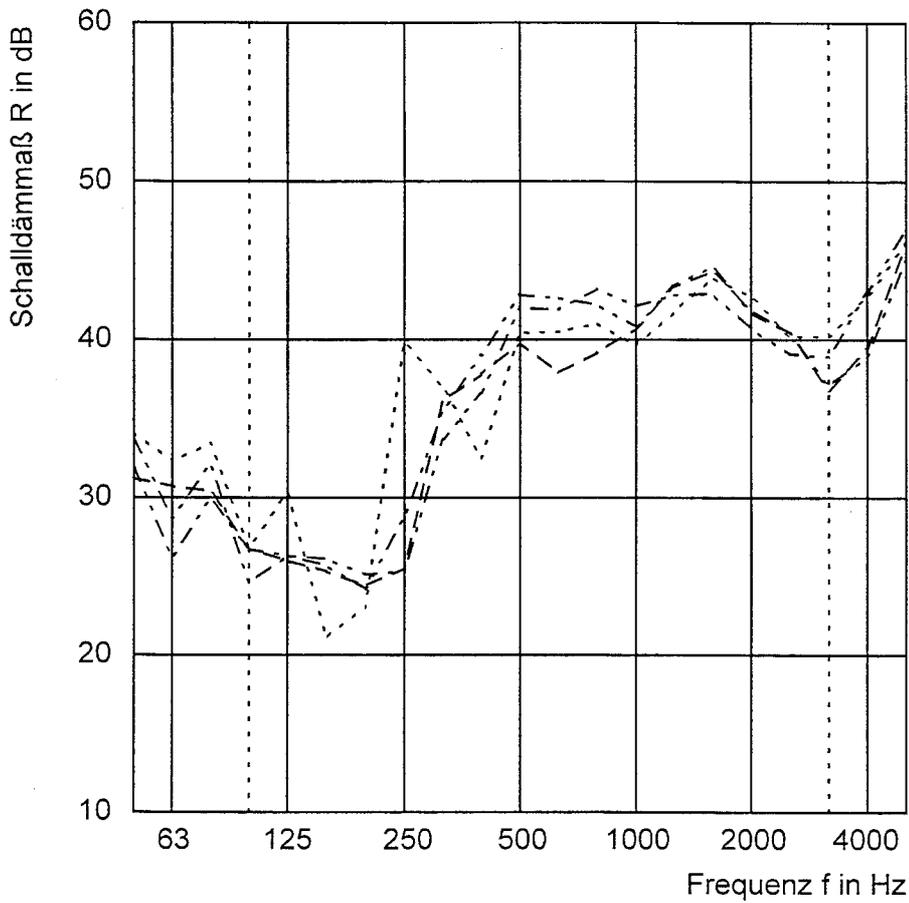
Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
————— Normscheibe	49 (-4;-9) dB
- - - - - Rahmen	41 (-2;-4) dB
- · - · - · Probekörper 1 (mit Normscheibe)	44 (-2;-6) dB

Bild 9 Schalldämmung von Probekörper 1 (Kunststofffenster) im Vergleich der Schalldämmung der Scheibe und der Schalldämmung des Rahmens, Glasaufbau 11GH/12/9GH und Argon/SF₆-Füllung



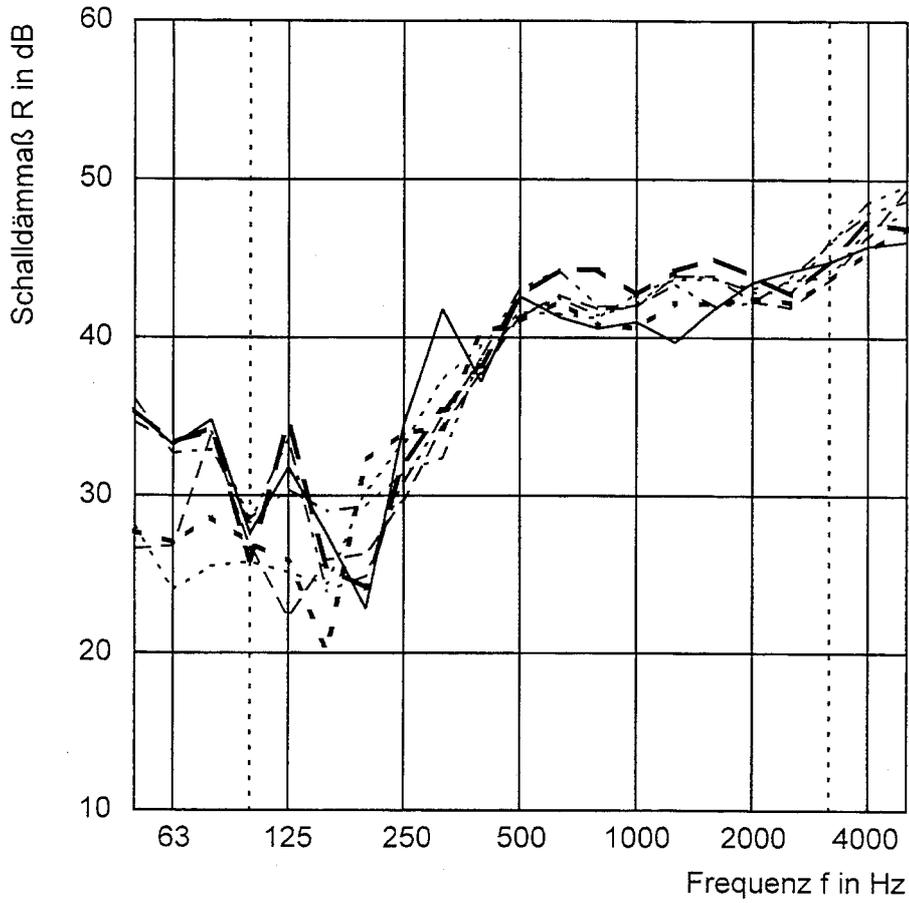
Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
Probekörper 1 (mit Normscheibe)	37 (-2;-5) dB
Probekörper 2 (mit Unterlicht)	38 (-2;-4) dB
Probekörper 3 (mit Seitenelement)	39 (-1;-4) dB
Probekörper 4 (Stulp & Oberl. & Seitenel.)	38 (-2;-5) dB
Probekörper 5a (mit Sprossen)	40 (-3;-6) dB
Probekörper 5b (ohne Sprossen)	39 (-2;-5) dB
Probekörper 6 (Stulp)	38 (-2;-5) dB

Bild 10 Schalldämmung der Kunststoffenster mit 6/16/4 und Argonfüllung



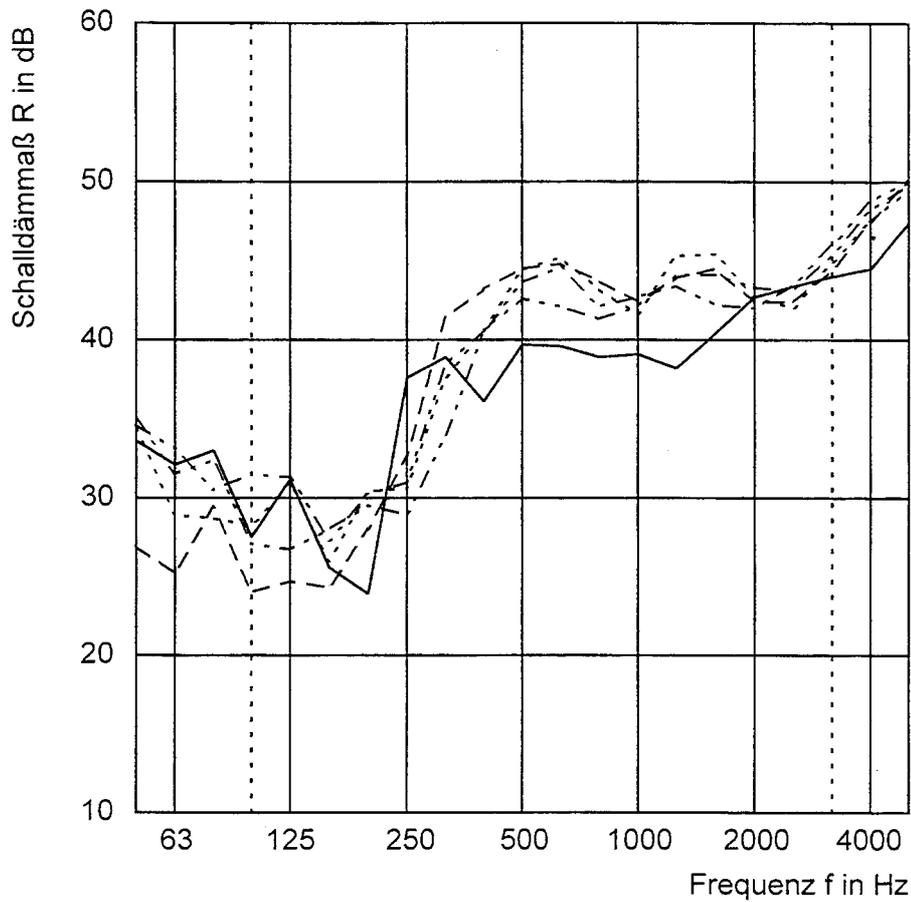
Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
----- Probekörper 2 (mit Unterlicht)	39 (-2;-5) dB
----- Probekörper 3 (mit Seitenelement)	39 (-1;-4) dB
----- Probekörper 5b (ohne Sprossen)	40 (-2;-5) dB
----- Probekörper 5a (mit Sprossen)	39 (-1;-5) dB

Bild 11 Schalldämmung der Kunststoffenster mit 6/16/4 und Argon/SF₆-Füllung



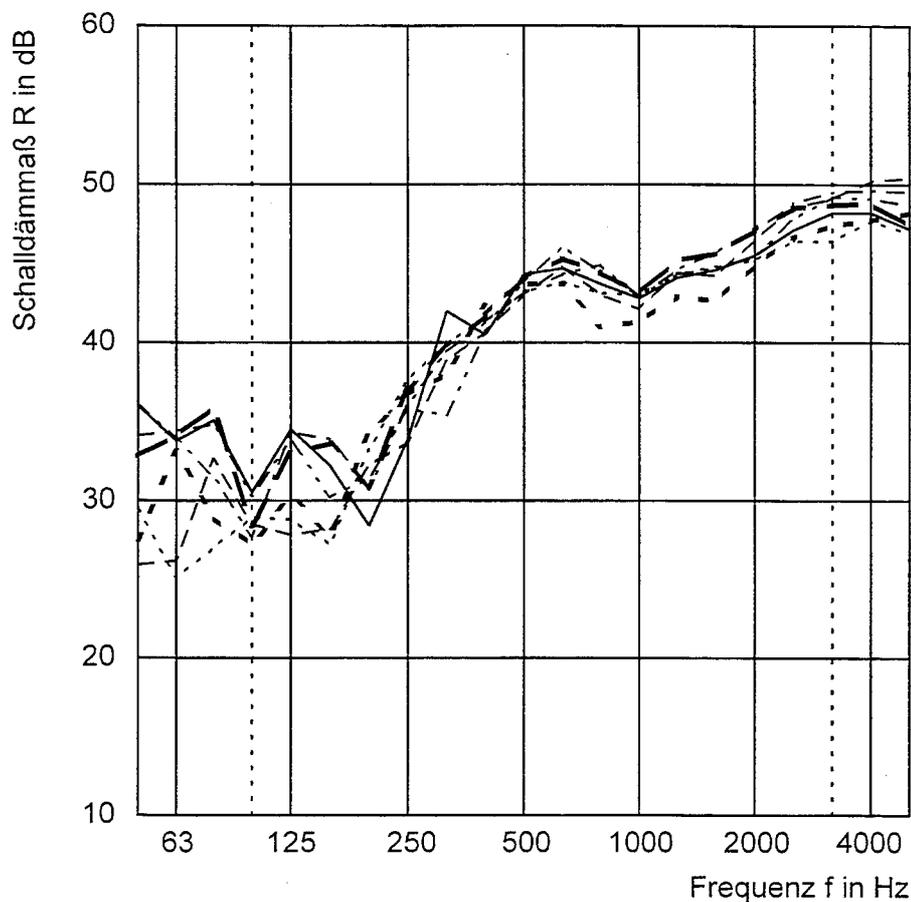
Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
----- Probekörper 1 (mit Normscheibe)	41 (-2;-6) dB
----- Probekörper 2 (mit Unterlicht)	41 (-2;-5) dB
----- Probekörper 3 (mit Seitenelement)	42 (-2;-4) dB
..... Probekörper 4 (Stulp & Oberf. & Seitenel.)	42 (-2;-5) dB
———— Probekörper 5a (mit Sprossen)	41 (-2;-5) dB
——— Probekörper 5b (ohne Sprossen)	42 (-2;-6) dB
- - - - - Probekörper 6 (Stulp)	41 (-2;-6) dB

Bild 12 Schalldämmung der Kunststoffenster mit 9GH/16/6 und Argonfüllung



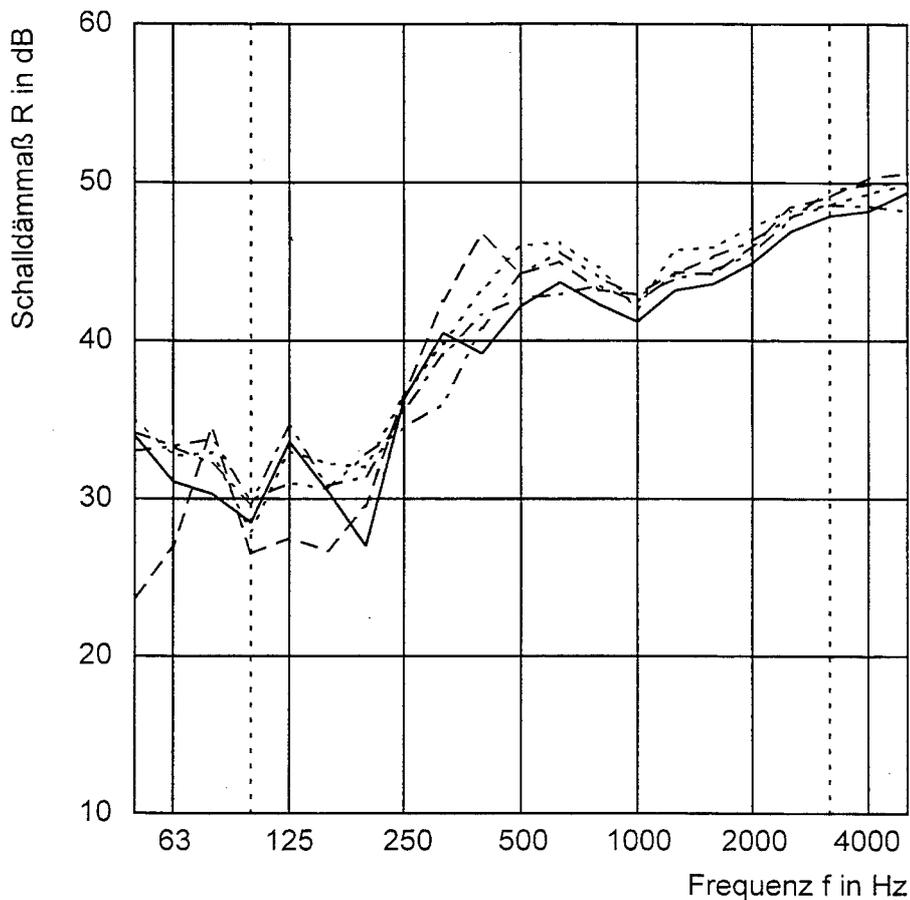
Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
----- Probekörper 1 (mit Normscheibe)	42 (-2;-6) dB
- - - - - Probekörper 2 (mit Unterlicht)	42 (-1;-4) dB
- . - . - Probekörper 3 (mit Seitenelement)	42 (-2;-5) dB
..... Probekörper 5b (ohne Sprossen)	42 (-1;-4) dB
————— Probekörper 5a (mit Sprossen)	40 (-2;-4) dB

Bild 13 Schalldämmung der Kunststoffenster mit 9GH/16/6 und Argon/SF₆-Füllung



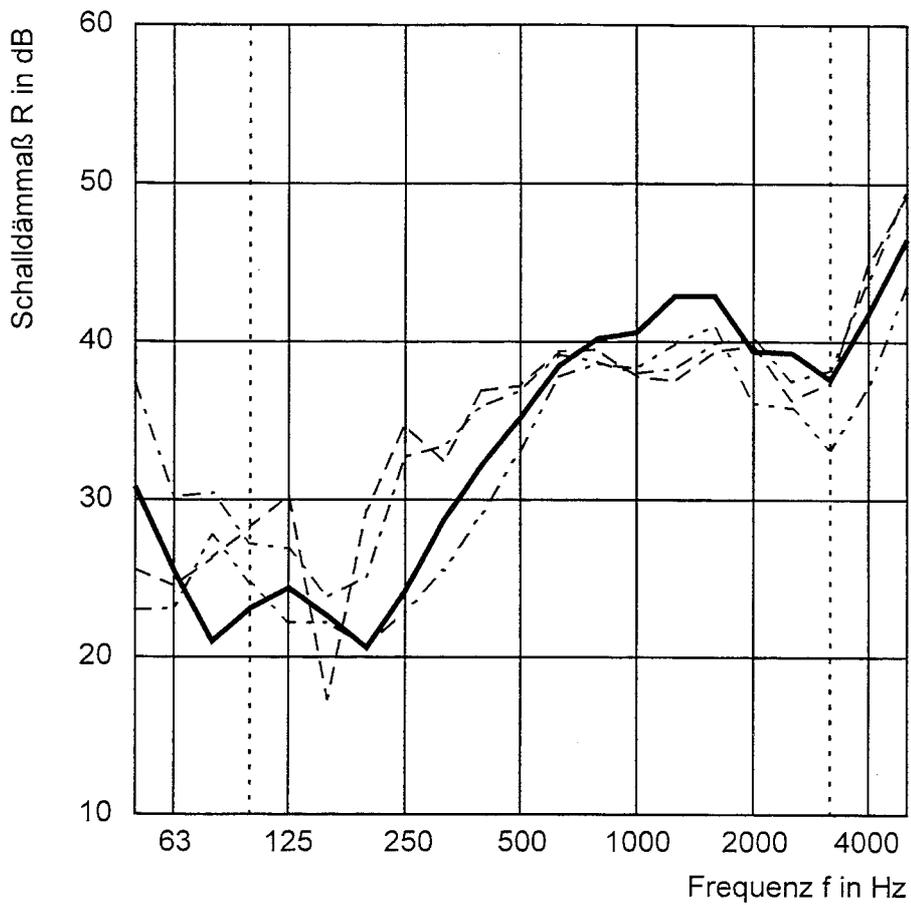
Beschreibung	R_w (C; C_{tr})
----- Probekörper 1 (mit Normscheibe)	44 (-2;-5) dB
- - - - - Probekörper 2 (mit Unterlicht)	45 (-2;-5) dB
- · - · - · Probekörper 3 (mit Seitenelement)	44 (-1;-4) dB
· · · · · Probekörper 4 (Stulp & Oberl. & Seitenel.)	44 (-2;-5) dB
————— Probekörper 5a (mit Sprossen)	44 (-1;-4) dB
— — — — — Probekörper 5b (ohne Sprossen)	45 (-1;-4) dB
- · - · - · Probekörper 6 (Stulp)	43 (-1;-4) dB

Bild 14 Schalldämmung der Kunststoffenster mit 11GH/12/9GH und Argonfüllung



Beschreibung	R_w (C;C _{tr})
----- Probekörper 1 (mit Normscheibe)	44 (-2;-6) dB
-.-.-.-.- Probekörper 2 (mit Unterlicht)	44 (-1;-4) dB
-.-.-.-.- Probekörper 3 (mit Seitenelement)	44 (-1;-4) dB
..... Probekörper 5b (ohne Sprossen)	45 (-1;-4) dB
———— Probekörper 5a (mit Sprossen)	43 (-1;-4) dB

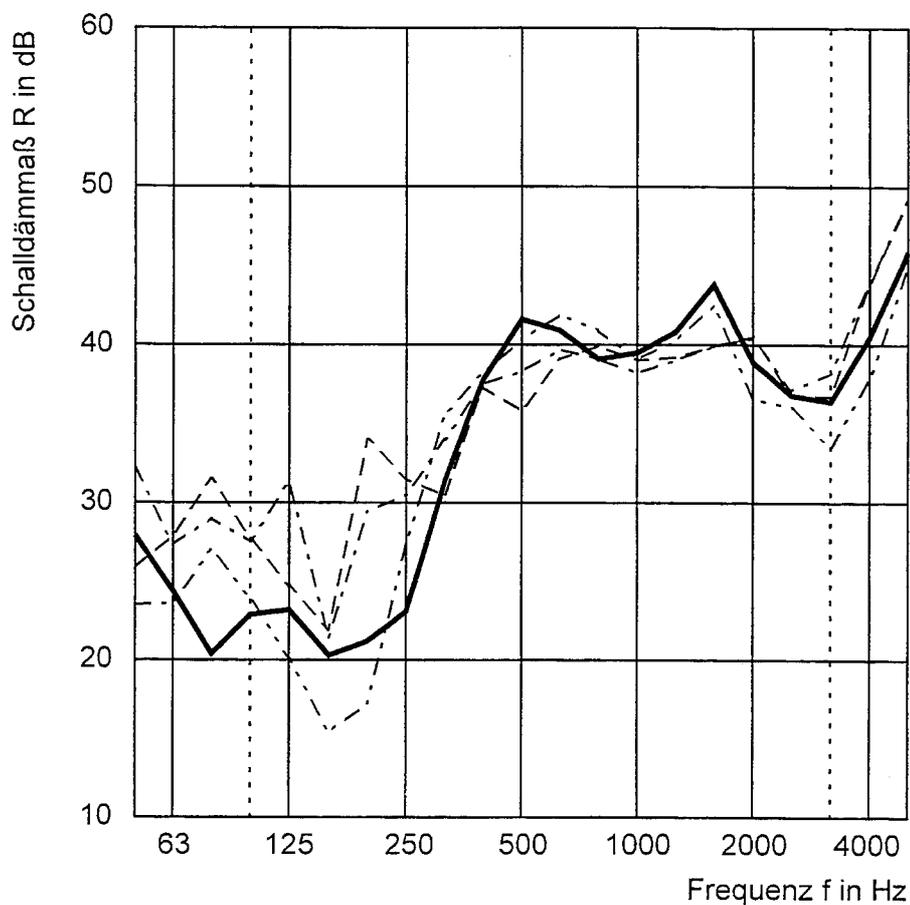
Bild 15 Schalldämmung der Kunststoffenster mit 11GH/12/9GH und Argon/SF₆-Füllung



	Beschreibung	R_w (C;C _{tr})
	Fenster in Normformat, 1,88 m ²	37 (-2;-5) dB
	Probekörper 7, 0,67 m ² , RA 47%	37 (-1;-4) dB
	Probekörper 8, 0,92 m ² , RA 42%	38 (-1;-3) dB
	Probekörper 9, 4,22 m ² , RA 21%	34 (-1;-4) dB

RA = Rahmenanteil

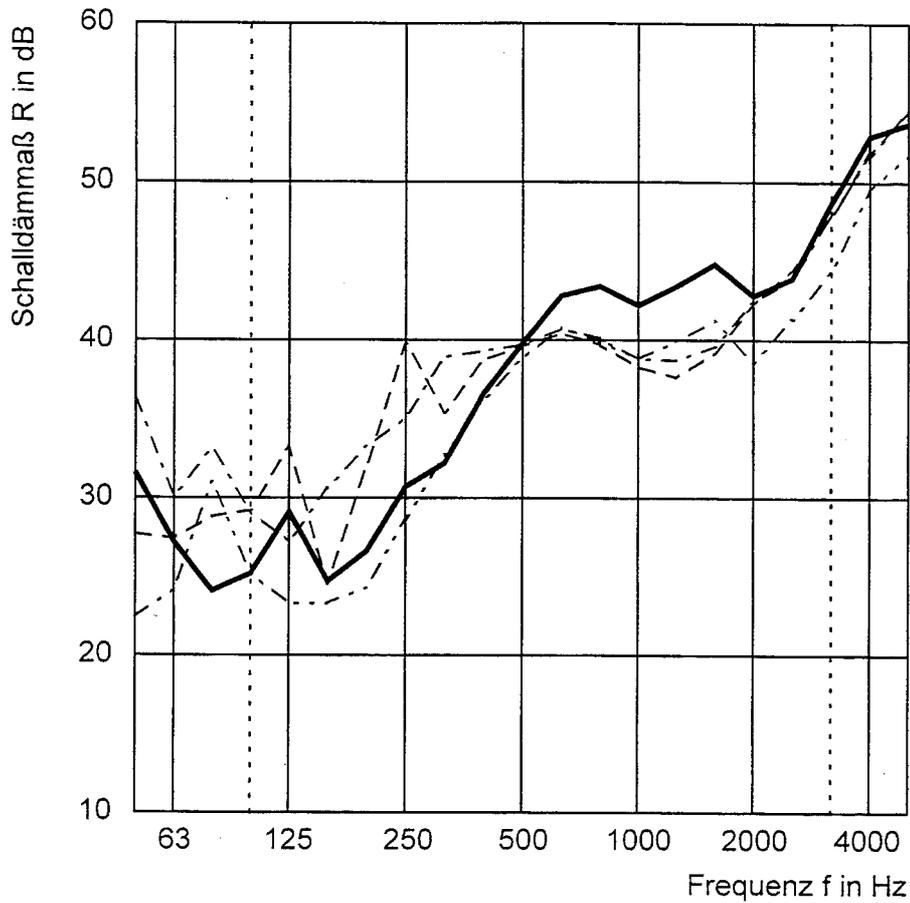
Bild 16 Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) im Vergleich zu einem Fenster im Normformat, mit 6/16/4 und Argonfüllung



Beschreibung	R_w (C;C _{tr})
— Fenster in Normformat, 1,88 m ²	37 (-2;-6) dB
- - - - - Probekörper 7, 0,67 m ² , RA 47%	38 (-1;-3) dB
- · - · - Probekörper 8, 0,92 m ² , RA 42%	38 (-1;-3) dB
- · - · - Probekörper 9, 4,22 m ² , RA 21%	36 (-3;-7) dB

RA = Rahmenanteil

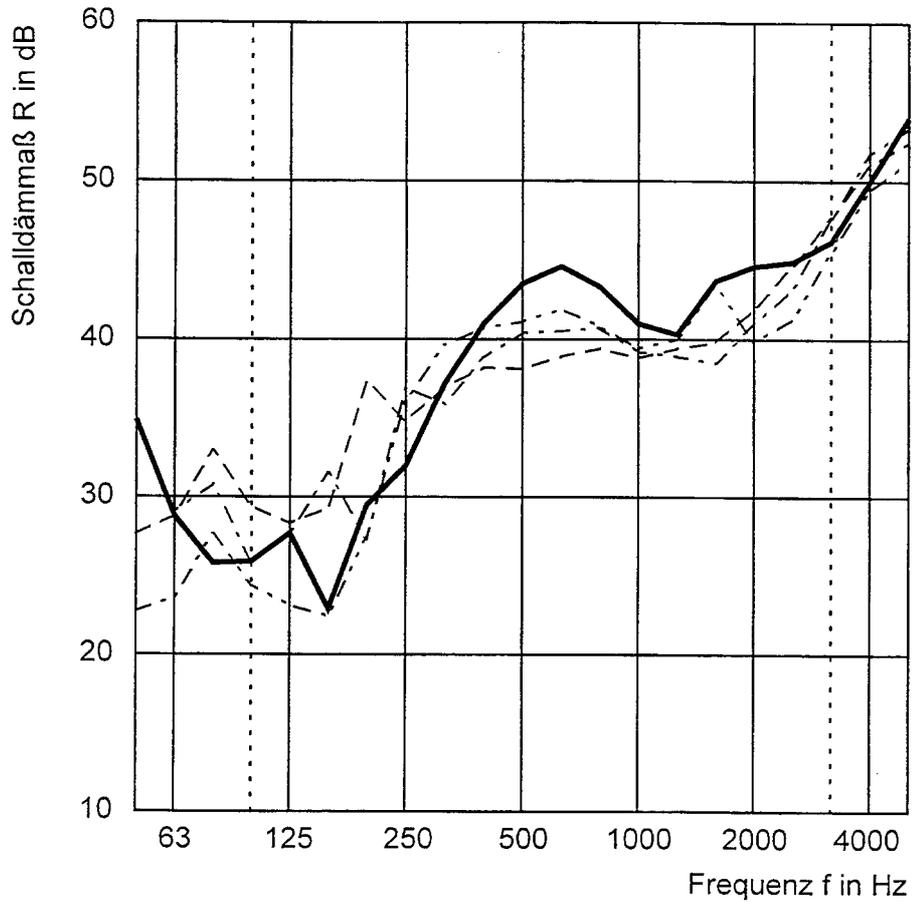
Bild 17 Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) im Vergleich zu einem Fenster im Normformat, mit 6/16/4 und Argon/SF₆-Füllung



	Beschreibung	R_w (C;C _{tr})
	Fenster in Normformat, 1,88 m ²	41 (-2;-5) dB
	Probekörper 7, 0,67 m ² , RA 47%	40 (-1;-3) dB
	Probekörper 8, 0,92 m ² , RA 42%	41 (-1;-3) dB
	Probekörper 9, 4,22 m ² , RA 21%	39 (-2;-5) dB

RA = Rahmenanteil

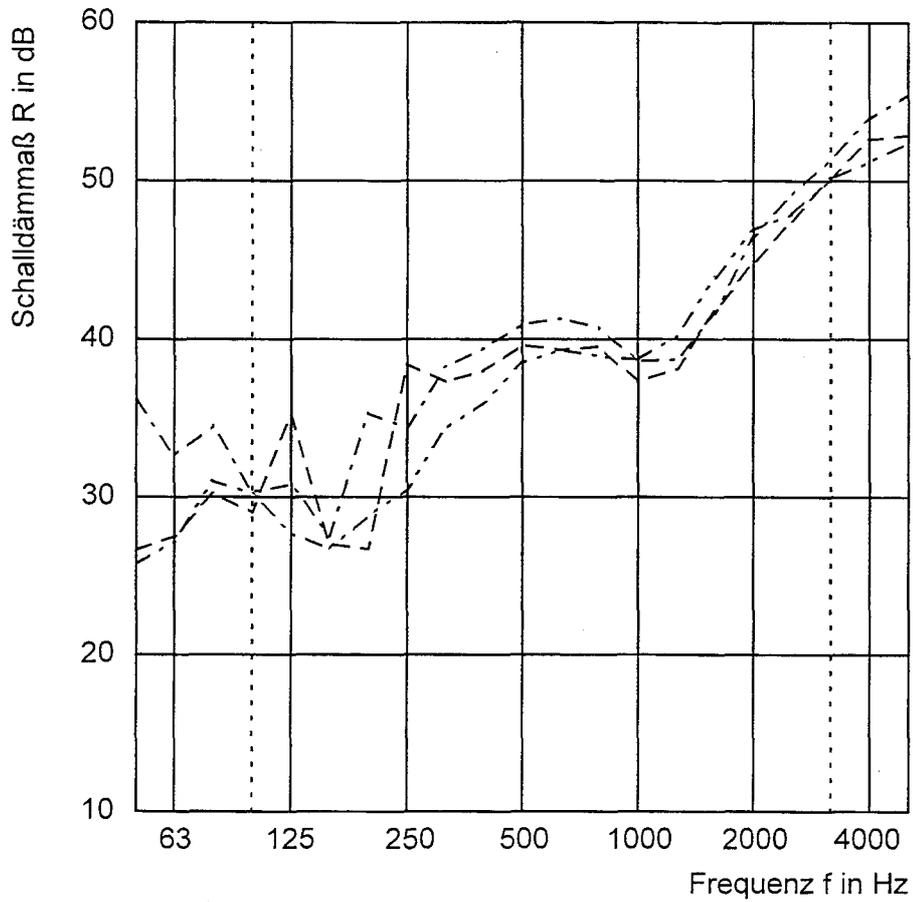
Bild 18 Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) im Vergleich zu einem Fenster im Normformat, mit 9GH/16/6 und Argonfüllung



Beschreibung	R_w (C;C _{tr})
— Fenster in Normformat, 1,88 m ²	42 (-2;-6) dB
- - - - - Probekörper 7, 0,67 m ² , RA 47%	41 (-1;-3) dB
- · - · - Probekörper 8, 0,92 m ² , RA 42%	40 (-1;-3) dB
- · · - · Probekörper 9, 4,22 m ² , RA 21%	40 (-1;-5) dB

RA = Rahmenanteil

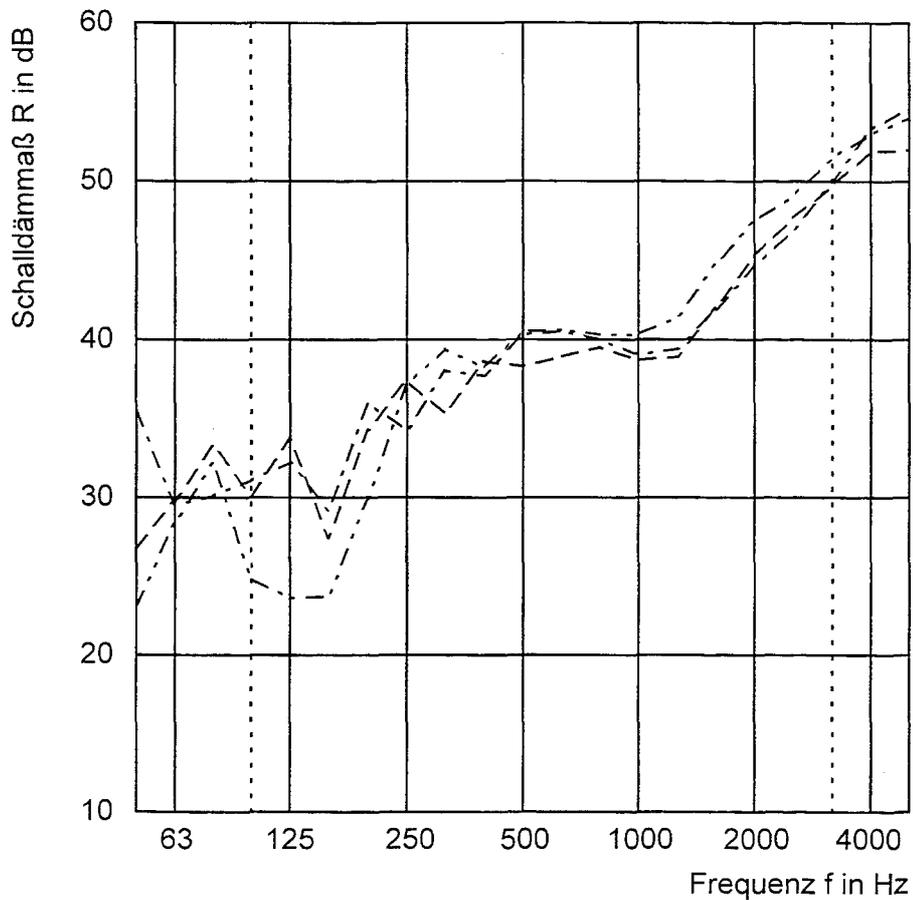
Bild 19 Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) im Vergleich zu einem Fenster im Normformat, mit 9GH/16/6 und Argon/SF₆-Füllung



-----	Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
-----	Probekörper 7, 0,67 m ² , RA 47%	41 (-2;-4) dB
-----	Probekörper 8, 0,92 m ² , RA 42%	42 (-1;-4) dB
-----	Probekörper 9, 4,22 m ² , RA 21%	40 (-1;-4) dB

RA = Rahmenanteil

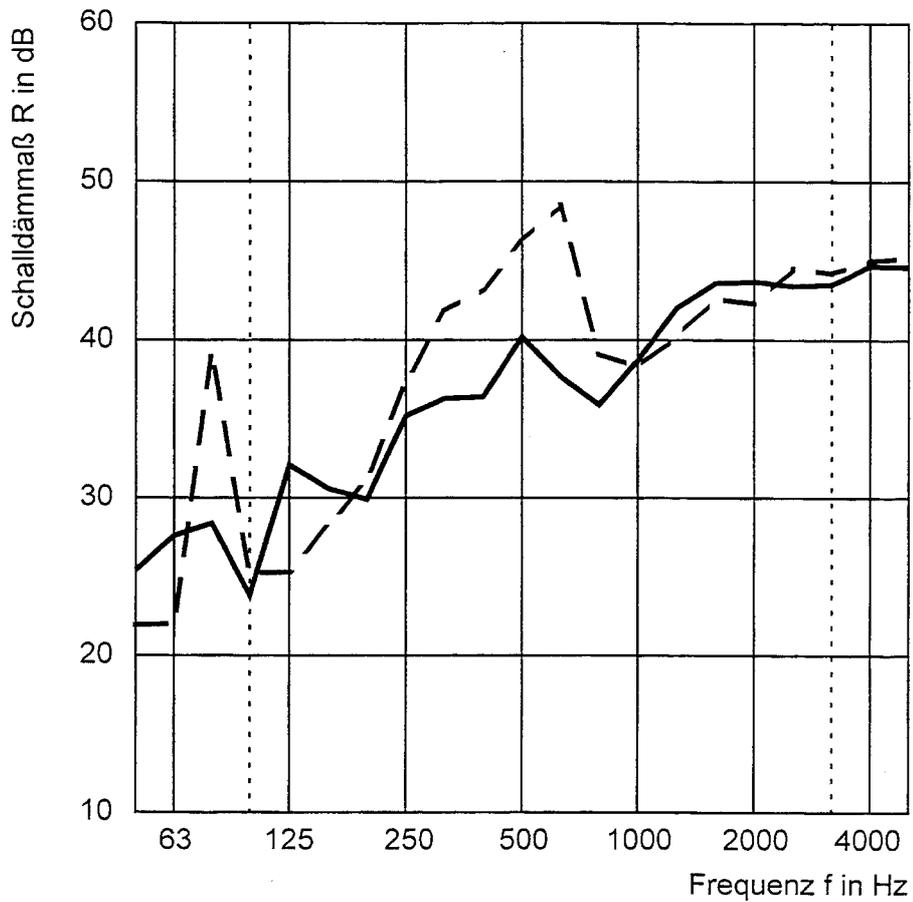
Bild 20 Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) mit 11GH/12/9GH und Argonfüllung



Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
----- Probekörper 7, 0,67 m ² , RA 47%	41 (-1;-3) dB
-.-.-.-.- Probekörper 8, 0,92 m ² , RA 42%	42 (-1;-3) dB
..... Probekörper 9, 4,22 m ² , RA 21%	42 (-2;-6) dB

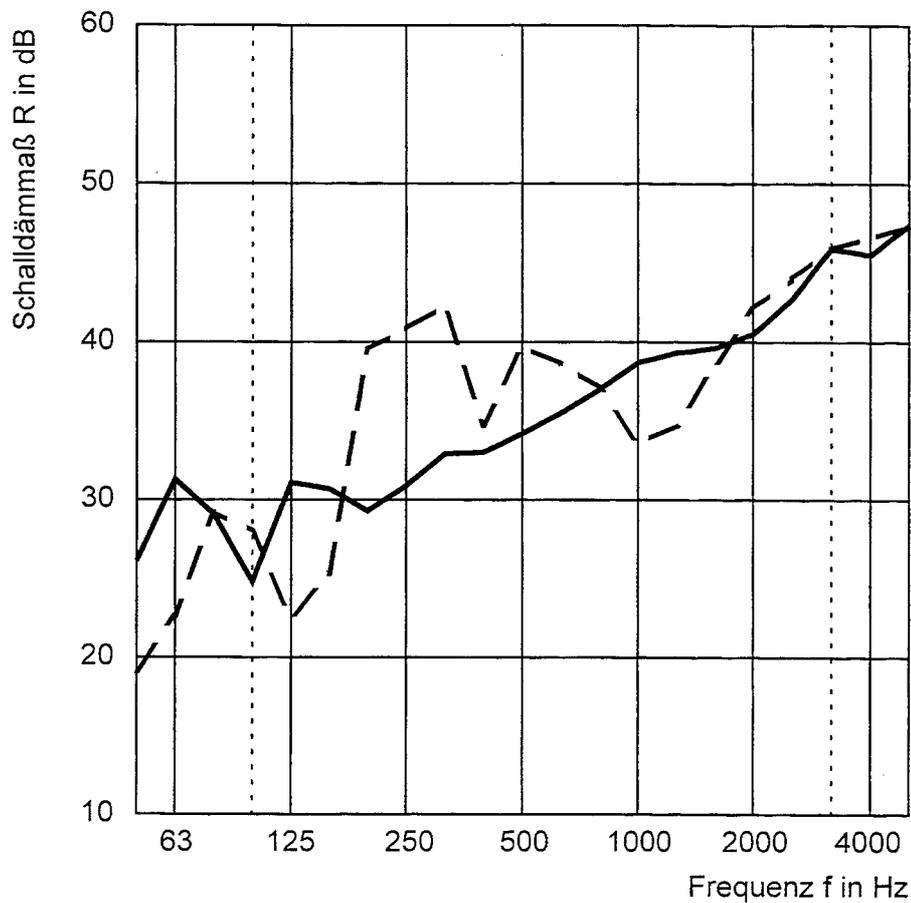
RA = Rahmenanteil

Bild 21 Schalldämmung der Aluminiumfenster (Probekörper 7-9) mit 11GH/12/9GH und Argon/SF₆-Füllung



Beschreibung	$R_w (C;C_{tr})$
----- Kunststoffrahmen, berechnet	42 (-2;-5) dB
———— Kunststoffrahmen, gemessen	41 (-2;-4) dB

Bild 22 Schalldämmung des Kunststoffrahmens von Probekörper 1, bezogen auf die Rahmenfläche 0,68 m², berechnet aus der Schalldämmung der Verglasung und der Schalldämmung des Fensters und gemessen im Fensterprüfstand des i.f.t.



Beschreibung	$R_w (C; C_{tr})$
 Aluminiumrahmen, berechnet	39 (-2;-4) dB
 Aluminiumrahmen, gemessen	38 (0;-3) dB

Bild 23 Schalldämmung des Aluminiumrahmens von Probekörper 9, bezogen auf die Rahmenfläche 0,85 m², berechnet aus der Schalldämmung der Verglasung und der Schalldämmung des Fensters und gemessen im Fensterprüfstand des i.f.t.