

Fachhochschule Rosenheim
Fachbereich Holztechnik

Diplomarbeit

Diplomprüfung SS 2001

Michael Bächle

Thema:

Verbesserung der Schalldämmung von
Pfosten-Riegelprofilen

Erstprüfer: Prof. Dipl.-Ing. J. Schmid

Zweitprüfer: Prof. G. Gicklhorn

Kurzfassung

Der Inhalt dieser Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit den Pfosten-Riegelprofilen, den sogenannten Statikprofilen, einer Fassade. Sie sind das Bindeglied zwischen Fassade und Wand/Decke.

Im ersten Teil werden die Pfosten-Riegelprofile hinsichtlich der Transmissionsdämmung (Schallübertragung zwischen zwei Räumen) untersucht und beurteilt. Die Profile verschiedener Hersteller werden nach mehreren Kriterien wie z.B. Abmessung, Bauart, Material gemessen und analysiert. Der zweite Teil befaßt sich mit verschiedenen Maßnahmen zur Verbesserung der Schalldämmung der Profile.

Die Diplomarbeit soll einen Überblick über die Schalldämmung der verschiedenen Profile geben und Einblick über Maßnahmen zur Verbesserung der Schalldämmung verleihen.

Schlagworte:

- Pfosten-Riegelprofile
- Schalldämmung
- Zweiraumverfahren
- Norm-Schallpegeldifferenz
- Schallübertragung

Vorwort

Die vorliegende Diplomarbeit beinhaltet das Thema „Verbesserung der Schalldämmung von Pfosten-Riegelprofilen“. Das Diplomarbeitsthema wurde vom ift Rosenheim gestellt. Dadurch konnte ich den Prüfstand im Labor des ift Rosenheim, für die Messungen der Luftschalldämmung, nutzen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Mitarbeitern des ift Rosenheim bedanken, die mich bei meiner Arbeit unterstützten.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Dr. Rolf Schumacher, Bernd Saß, und Markus Pütz, die mir durch fachliche Gespräche sowie konstruktive Diskussionen die nötige Unterstützung zuteil werden ließen.

Des weiteren möchte ich mich bei der Firma Eduard Hueck GmbH & Co. KG, Herr Weiß, Firma STABA Wuppermann GmbH, Herr Schmitz und Firma Schüco International KG, Herr Laing bedanken, die mir durch das zur Verfügung stellen von Prüfkörpern die Durchführung der Messungen ermöglichten.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Morgenroth, der mich bei der Suche nach Stahlprofilherstellern unterstützte.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	
Inhaltsverzeichnis	
Symbolverzeichnis	

1	Einleitung	5
2	Grundlagen	6
2.1	Grundbegriffe der Bauakustik	6
2.2	Normen	9
2.2.1	DIN EN ISO 717-1	9
2.2.2	DIN EN ISO 140-10	9
2.2.3	DIN EN ISO 140-3	10
2.2.4	Umrechnung der $D_{n,e,w}$ -Werte in R_w -Werte	10
3	Versuchsanordnung	11
3.1	Beschreibung des Prüfstandes	11
3.2	Beschreibung der Prüfkörper	13
3.3	Darstellung des Meßvorgangs	18
3.4	Vorstellung der Prüfaufbauten	20
3.4.1	Prüfaufbau 1	20
3.4.2	Prüfaufbau 2	23
4	Messungen	25
4.1	Prüfaufbauten 1 und 2	25
4.2	Profildichtungen und Holzleisten	31
4.3	Pfosten-Riegelprofile	36
4.4	Maßnahmen	49

5	Zusammenfassung der Ergebnisse	74
5.1	Ergebnisse Kapitel 4.1	75
5.2	Ergebnisse Kapitel 4.2	76
5.3	Ergebnisse Kapitel 4.3	77
5.4	Ergebnisse Kapitel 4.4	80
6	Untersuchung der Ergebnisse	84
6.1	Prüfaufbauten 1 und 2	84
6.2	Profildichtungen und Holzleisten	87
6.3	Pfosten-Riegelprofile	88
6.3.1	Variation der Pfostentiefe	88
6.3.2	Variation der Pfostenbreite	90
6.3.3	Vergleich verschiedener Bauarten	92
6.4	Maßnahmen	96
6.4.1	Hersteller „A“	96
6.4.2	Hersteller „B“	102
6.4.3	Hersteller „C“	104
7	Schlussbetrachtung und Ausblick	107

Literaturverzeichnis

Symbolverzeichnis

Symbol	Beschreibung	Einheit
A	äquivalente Schallabsorptionsfläche	[m ²]
A_0	Bezugs-Absorptionsfläche	[m ²]
D	Schallpegeldifferenz	[dB]
D_n	Norm-Schallpegeldifferenz	[dB]
$D_{n,e,w}$	bewertete Norm-Schallpegeldifferenz	[dB]
f	Frequenz	[Hz]
L	Schalldruckpegel	[dB]
L_1	Schallpegel im Senderraum	[dB]
L_2	Schallpegel im Empfangsraum	[dB]
n	Anzahl der eingebauten Einheiten	[-]
p	Schalldruck	[Pa]
p_0	Bezugsschalldruck (= 20 μ Pa)	[Pa]
R	Schalldämm-Maß	[dB]
R_w	bewertetes Schalldämm-Maß	[dB]
S	Prüffläche	[m ²]
T	Nachhallzeit	[s]
V, V_E	Volumen im Empfangsraum	[m ³]
V_S	Volumen im Senderraum	[m ³]
α	Schallabsorptionsgrad	[-]

1 Einleitung

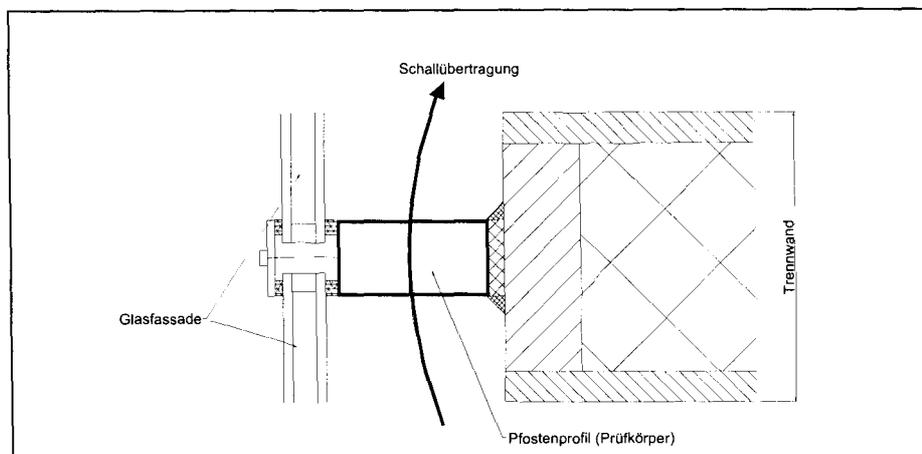
Lärm ist in der heutigen Zeit allgegenwärtig. Sei es in Form von Verkehrslärm, Lärm am Arbeitsplatz oder einfach nur Geräusche aus der Wohnung des Nachbarn. Dadurch hat die Bedeutung der Schalldämmung in den letzten Jahren stark zugenommen. Die Anforderungen an schalldämmte Bauteile ist daher von großer Wichtigkeit.

Betrachtet man eine Fassade im Skelettbau, gibt es zwei mögliche Wege der Schallübertragung. Einmal die Übertragung von außen nach innen, sowie die Schallübertragung im Gebäudeinneren. Bei dieser spielen vor allem die horizontale und vertikale Flankenübertragung eine Rolle.

Zwischen der Fassade und einer Trennwand bzw. Decke ist das Bindglied häufig ein Profil, welches in die Fassade integriert ist (Statikprofil). Diese Profile sollen in dieser Diplomarbeit hinsichtlich ihrer Transmissionsdämmung (Schallübertragung zwischen zwei Räumen; siehe Zeichnung 1-1) untersucht werden.

Es ist von Bedeutung, Kenntnis über das Schalldämm-Maß dieser Pfosten-Riegelprofile zu haben. Man kann dadurch Planungssicherheit erlangen und Einblick über mögliche Verbesserungsmaßnahmen erhalten.

Diese Diplomarbeit soll deshalb einen Überblick über die Schalldämmung, der im Fassadenbau verwendeten Alu- und Stahlprofile, geben. Des weiteren sollen durch verschiedene Maßnahmen an den Pfosten-Riegelprofilen Verbesserungsmöglichkeiten der Schalldämmung aufgezeigt und beurteilt werden.



Zeichnung 1-1

2 Grundlagen

2.1 Grundbegriffe der Bauakustik¹

Nachfolgend werden einige Begriffe erläutert, die für das Verständnis der folgenden Kapitel hilfreich sind.

- Schall
Schall sind mechanische Schwingungen eines elastischen Mediums, besonders im Hörbereich des menschlichen Ohrs von etwa 16 Hz bis 16000 Hz.

- Frequenz f [Hz]
Die Frequenz ist die Schwingungszahl je Sekunde eines Tones. Die Tonhöhe nimmt mit zunehmender Frequenz zu.

- Schalldruck p [Pa]
Als Schalldruck bezeichnet man den Wechseldruck der durch die Schallwellen erzeugt wird. Er überlagert sich mit dem atmosphärischen Druck der Luft.

- Schalldruckpegel L (Schallpegel) [dB]
Der Schalldruckpegel ist der zehnfache Logarithmus vom Verhältnis des Quadrats des Schalldrucks zum Quadrat des festgelegten Bezugsschalldrucks p_0 :

$$L = 10 \lg (p^2 / p_0^2) = 20 \lg (p / p_0) \text{ [dB]}$$

p : momentaner Schalldruck [Pa]

p_0 : Schalldruck bei der Hörschwelle (= 20 μ Pa) [Pa]

¹ Vgl. Deutsches Institut für Normung e.V., DIN-Taschenbuch 35 Schallschutz, 10. Aufl.; Berlin, Wien, Zürich 1999, S. 20-25

- Schallpegeldifferenz D [dB]
Die Schallpegeldifferenz ist die Differenz zwischen dem Schallpegel im Senderaum L_1 und dem Schallpegel im Empfangsraum L_2 .
- Norm-Schallpegeldifferenz D_n [dB]
Als Norm-Schallpegeldifferenz wird die Schallpegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum bezeichnet, wenn der Empfangsraum die Bezugsabsorptionsfläche A_0 hat. Sie bezeichnet die Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen. Wenn nichts anderes festgelegt ist, wird $A_0 = 10 \text{ m}^2$ gesetzt.

$$D_n = L_1 - L_2 + 10 \lg (A_0 / A) \text{ [dB]}$$

A_0 : Bezugs-Absorptionsfläche [m^2]

A : äquivalente Schallabsorptionsfläche [m^2]

L_1 : Schallpegel im Senderaum [dB]

L_2 : Schallpegel im Empfangsraum [dB]

- Schalldämm-Maß R [dB]
Das Schalldämm-Maß charakterisiert die Luftschalldämmung von Bauteilen.

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg (S / A) \text{ [dB]}$$

S : Prüffläche [m^2]

A : äquivalente Absorptionsfläche [m^2]

- Einzahl-Angaben
Für die Bewertung der frequenzabhängigen Luftschalldämmung von Bauteilen dienen Bezugskurven, mit deren Hilfe die Einzahl-Angaben ermittelt werden:

→ Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ [dB]

→ Bewertetes Schalldämm-Maß R_w [dB]

- Schallabsorption

Als Schallabsorption wird der Verlust an Schallenergie bezeichnet, der bei der Reflexion an den Begrenzungsflächen eines Raumes oder an Gegenständen in einem Raum entsteht. Der Verlust entsteht überwiegend dadurch, daß Schall in Wärme umgewandelt wird. Für die Schallabsorption im Raum ist die Nachhallzeit T kennzeichnend.

- Schallabsorptionsgrad α

Der Schallabsorptionsgrad ist folgendermaßen definiert:

$\alpha = \text{nicht reflektierte Schallenergie} / \text{auffallende Schallenergie}$

$\alpha = 0$: vollständige Reflexion

$\alpha = 1$: vollständige Absorption

- Nachhallzeit T [s]

Die Nachhallzeit ist diejenige Zeitspanne, in welcher der Schallpegel nach Beenden der Schallsendung um 60 dB abfällt.

- Äquivalente Schallabsorptionsfläche A [m²]

Sie charakterisiert die Schallabsorptionsfläche mit dem Schallabsorptionsgrad $\alpha = 1$, die den selben Teil der Schallenergie absorbieren würde wie die vollständige Oberfläche des Raumes und die in ihm enthaltenen Gegenstände. Sie wird nach der Sabine'schen Formel berechnet:

$$A = 0,163 (V / T) \text{ [m}^2\text{]}$$

V: Volumen im Empfangsraum [m³]

T: Nachhallzeit [s]

2.2 Normen

Es werden an dieser Stelle die Normen beschrieben, die für diese Diplomarbeit von Bedeutung bzw. für die Prüfungen und Bewertungen der Pfosten-Riegelprofile maßgebend sind.

2.2.1 DIN EN ISO 717-1²

„Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen“

Teil 1: Luftschalldämmung

- In diesem Teil von DIN EN ISO 717 wird ein Verfahren genormt, welches die akustischen Eigenschaften kennzeichnet. So können die in Abhängigkeit von der Frequenz vorhandenen Werte der Luftschalldämmung durch eine Einzahlangabe dargestellt werden.

2.2.2 DIN EN ISO 140-10³

„Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen“

Teil 10: Messung der Luftschalldämmung kleiner Bauteile in Prüfständen

- In dieser Norm werden vor allem Details zur Messung der Luftschalldämmung kleiner Bauteile in Prüfständen beschrieben. Diese Norm wird für die Messung der Riegel-Pfostenprofile herangezogen. Bei diesem Prüfverfahren wird die Norm-Schallpegeldifferenz des Bauteils angegeben mit:

$$D_{n,e} = L_1 - L_2 + 10 \lg (nA_0 / A) \text{ [dB]}$$

L_1 : mittlerer Schalldruckpegel im Senderraum [dB]

L_2 : mittlerer Schalldruckpegel im Empfangsraum [dB]

A_0 : Bezugs-Absorptionsfläche (im Prüfstand $A_0 = 10 \text{ m}^2$) [m^2]

A : äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum [m^2]

n : Anzahl der eingebauten Einheiten [-]

² Vgl. Deutsches Institut für Normung e.V., Schallschutz, a.a.O., S. 585-595

³ Vgl. Deutsches Institut für Normung e.V., Schallschutz, a.a.O., S. 443-448

2.2.3 DIN EN ISO 140-3⁴

„Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen“.

Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen

- In dieser Norm wird ein Verfahren zur Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen festgelegt (soweit diese nicht als kleine Bauteile klassifiziert sind). Das Schalldämm-Maß wird berechnet nach:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg (S / A) \text{ [dB]}$$

S: Prüffläche [m²]

A: äquivalente Absorptionsfläche [m²]

2.2.4 Umrechnung der $D_{n,e,w}$ -Werte in R_w -Werte⁵

Die unterschiedliche Benennung führt schnell zu falschen Schlüssen bei dem Vergleich eines R_w -Wertes einer Trennwand, mit dem $D_{n,e,w}$ -Wert z.B. eines Pfostenprofils. Für eine exakte Berechnung des Gesamtschalldämm-Maß, z.B. einer an eine Pfosten-Riegel-Fassade anschließende Trennwand, muß also der $D_{n,e,w}$ -Wert nach folgender Beziehung umgerechnet werden:

$$R_w = D_{n,e,w} - 10 \lg A_0 / S \text{ [dB]}$$

S: Prüffläche [m²]

A_0 : Bezugs-Absorptionsfläche (im Prüfstand: $A_0 = 10 \text{ m}^2$) [m²]

⁴ Vgl. Deutsches Institut für Normung e.V., Schallschutz, a.a.O., S. 420-434

⁵ Vgl. Lutz, Lehrbuch der Bauphysik, 3. Aufl., Stuttgart 1994., S. 102

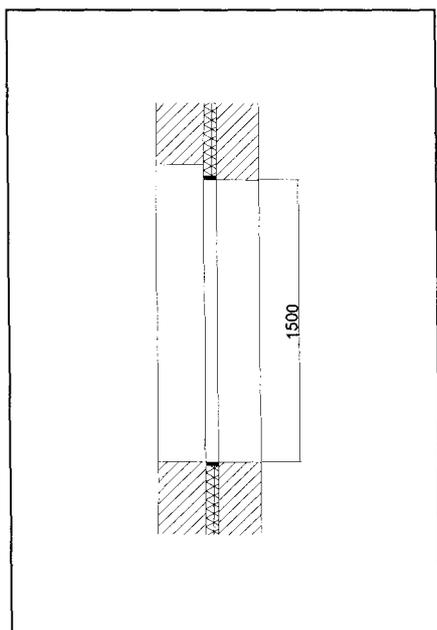
3 Versuchsanordnung

3.1 Beschreibung des Prüfstandes

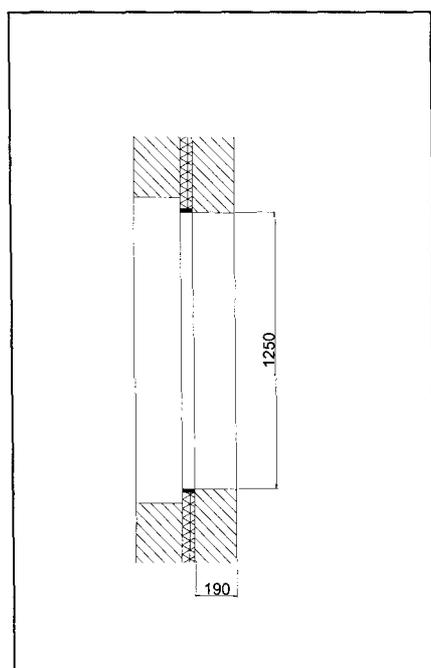
Die Prüfeinrichtung muß den Anforderungen von DIN EN ISO 140-1 entsprechen. Die Messungen der Prüfkörper wurden im Fensterprüfstand (Zweiraumverfahren) des ift Rosenheim durchgeführt (Zeichnungen 3-1 u. 3-2).

Der Prüfstand am ift Rosenheim hat folgende konstruktive Merkmale:

- Der Prüfstand besteht aus zwei nebeneinander liegenden Räumen. Die Prüfkörper werden in eine, zwischen den Räumen liegende, Prüföffnung eingebaut. → Zweiraumverfahren
- Die Prüföffnung ist 1250 mm x 1500 mm groß und hat eine Tiefe von 190 mm.
- Das Volumen des Senderraums (V_S) beträgt 109,9 m³ und das des Empfangsraumes (V_E) ist 101,3 m³ groß.
- Die Trennwand zwischen den beiden Räumen besteht aus zwei Betonwänden. Der Zwischenraum der Wände ist mit Mineralwolle gefüllt und mit luftdicht abschließendem, reflektierendem Material beschichtet.

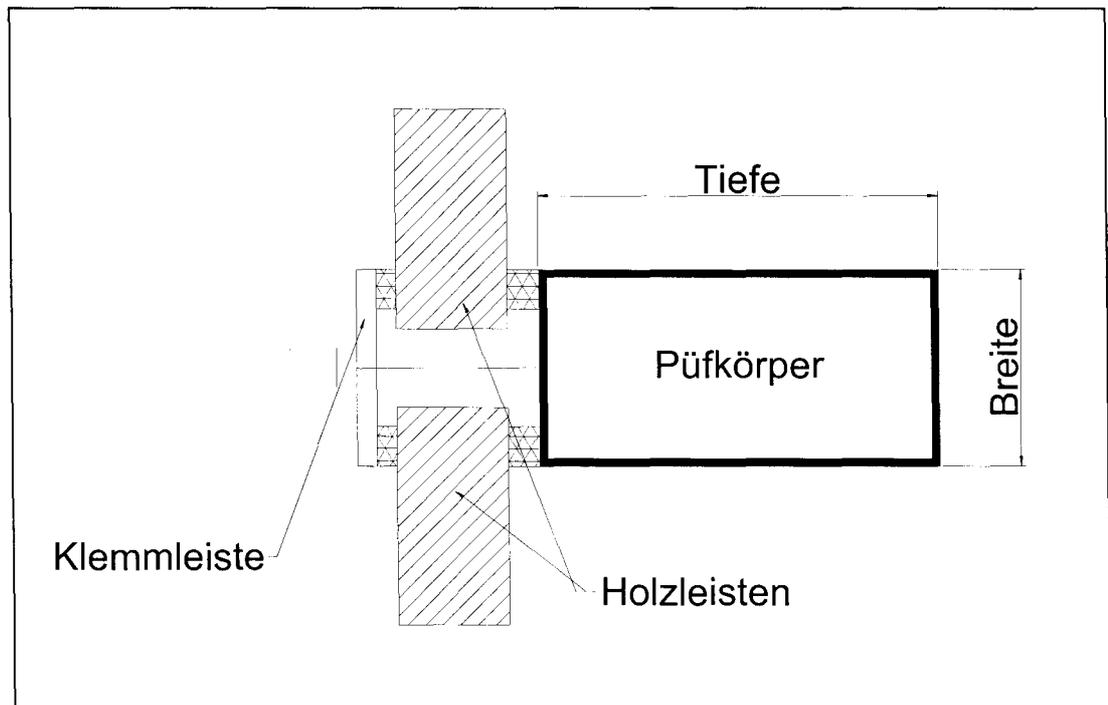


Zeichnung 3-1 zeigt den Höhengschnitt des Fensterprüfstandes mit der lichten Prüföffnungshöhe von 1500 mm.



Zeichnung 3-2 zeigt den Horizontalschnitt des Fensterprüfstandes mit der lichten Prüföffnungsbreite von 1250 mm und die 190 mm Tiefe der Prüföffnung.

Um die Prüfkörper einfach in den Prüfaufbau zu integrieren, werden jeweils zwei Holzleisten (Kiefer 28 x 55 mm, siehe Zeichnung 3-3) mit Klemmleisten eingespannt. An diese Holzleisten werden dann beim Prüfaufbau die schalldämmenden Elemente angeschraubt. Die Holzleisten sind in den Abbildungen der einzelnen Prüfkörper gut zu erkennen.



Zeichnung 3-3 zeigt den Prüfkörper mit eingespannten Holzleisten

3.3 Darstellung des Meßvorgangs

Für die Meßgeräte, bei Messungen der Luftschalldämmung, gelten die Anforderungen der DIN EN ISO 140-3.

Die Messungen der Prüfkörper wurden im Prüfstand des ift Rosenheim durchgeführt. Hierzu wurden folgende Geräte verwendet:

Geräte	Typ	Hersteller
Integrierende Messanlage	Typ Nortronic 840	Fa. Norsonic-Tippkemper
Mikrofon-Vorverstärker	Typ 1201	Fa. Norsonic-Tippkemper
Mikrofonkapseln	Typ 1220	Fa. Norsonic-Tippkemper
Kalibrator	Typ 1251	Fa. Norsonic-Tippkemper
Lautsprecher Dodekaeder	Typ 229, 96 Ohm	Fa. Norsonic-Tippkemper
Verstärker	Typ 235, 100 W	Fa. Norsonic-Tippkemper
Mikrofon-Schwenkanlage	Typ 231-N-360	Fa. Norsonic-Tippkemper

Zur Messung der Norm-Schallpegeldifferenz wurde über den Lautsprecher „Rosa Rauschen“ erzeugt. Mit Hilfe des Meß-Systems wurde die Schallpegeldifferenz der Schallpegel L1 im Senderraum, sowie der Schallpegel L2 im Empfangsraum gemessen. Es wurde je eine Messung in zwei verschiedenen Lautsprecher- und Mikrofonebenen durchgeführt (siehe Bild 3-1 bis 3-4), d.h. insgesamt zwei Messungen. Bei den Messungen wurde mit einem rotierenden Mikrofon in den Prüfräumen gearbeitet.

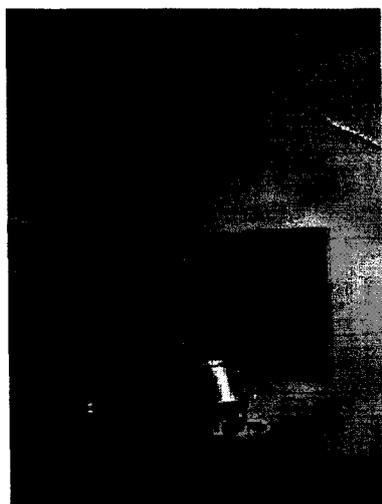


Bild 3-1 zeigt die obere Lautsprecherstellung im Senderraum und das rotierende Mikrofon im Vordergrund.

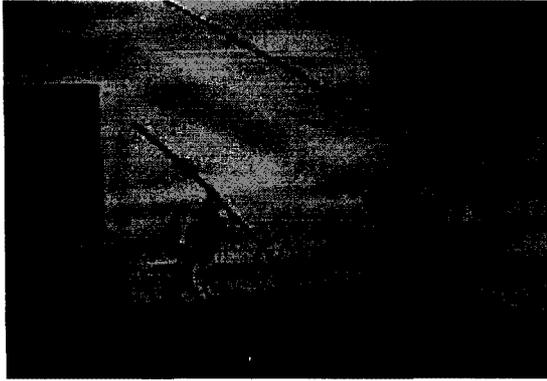


Bild 3-2 zeigt die untere Lautsprecherstellung im Senderraum und das rotierende Mikrofon im Vordergrund.

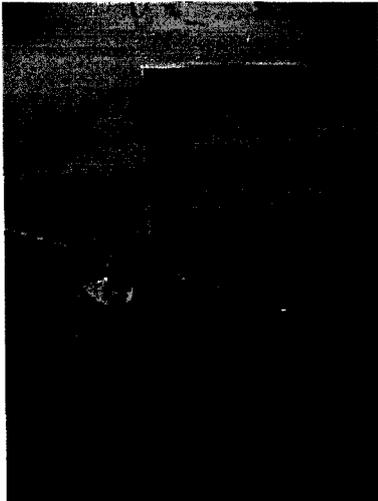


Bild 3-3 zeigt das rotierende Mikrofon im Empfangsraum in Position 1, im Hintergrund ist der Prüfaufbau zu sehen.



Bild 3-4 zeigt das rotierende Mikrofon im Empfangsraum in Position 2, mit dem Prüfaufbau im Hintergrund.

Zur Ermittlung der Nachhallzeiten wurden im Empfangsraum je zwei Messungen in zwei verschiedenen Lautsprecherebenen (in den beiden, der Prüföffnung gegenüber liegenden Ecken) und zwei verschiedene Mikrofonebenen (hohe und tiefe Position) durchgeführt. Die ermittelten Nachhallzeiten wurden arithmetisch gemittelt und mit der Sabine'schen Formel die äquivalenten Absorptionsflächen berechnet.

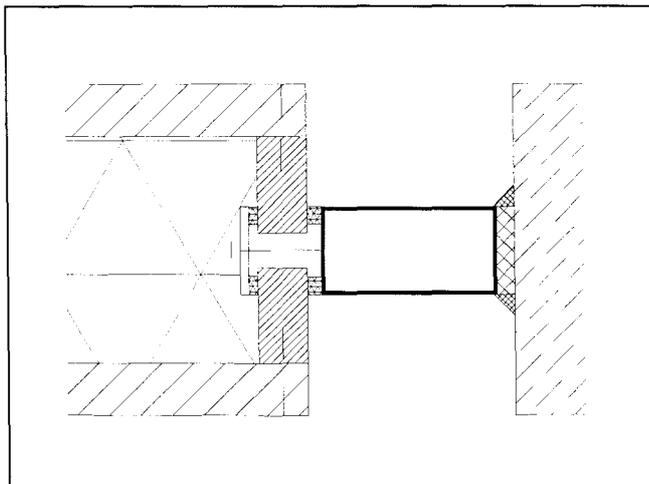
3.4 Vorstellung der Prüfaufbauten

Für die Bestimmung der Schalldämmung gilt das Prüfverfahren nach DIN EN ISO 140-10.

Um die Messungen der Prüfkörper durchzuführen, können mehrere alternative Messverfahren bzw. Prüfaufbauten eingesetzt werden. Es werden in dieser Diplomarbeit zwei alternative Meßverfahren untersucht. Dadurch soll überprüft werden, wie sich die Meßergebnisse bei verschiedenen Meßverfahren bzw. Prüfaufbauten verhalten.

Die Prüfaufbauten der beiden Alternativen werden in den Kapiteln 3.4.1 bzw. 3.4.2 beschrieben.

Es wird in diesem Kapitel noch keine Bewertung der beiden Alternativen stattfinden. Die Meßergebnisse der beiden Prüfaufbauten werden in Kapitel 4.1 und Kapitel 5.1 dargestellt und in Kapitel 6.1 untersucht.



Zeichnung 3-4 zeigt den Einbau der Prüfkörper in die Prüföffnung (im Horizontalschnitt). Das Prinzip des Einbaus der Prüfkörper ist bei beiden nachfolgend beschriebenen Prüfaufbauten identisch.

3.4.1 Prüfaufbau 1

Beim Prüfaufbau 1 wird **ein** Prüfkörper in die Prüföffnung eingebaut. Da der Prüfkörper sehr viel kleiner ist als die Prüföffnung im Prüfstand, wird der Rest der Prüföffnung beidseitig mit hochschalldämmenden Elementen und dazwischengelegter Mineralwolle verkleidet.

Nachfolgend wird der Aufbau des Prüfaufbaus 1 mit mehreren Bildern in chronologischer Reihenfolge beschrieben.

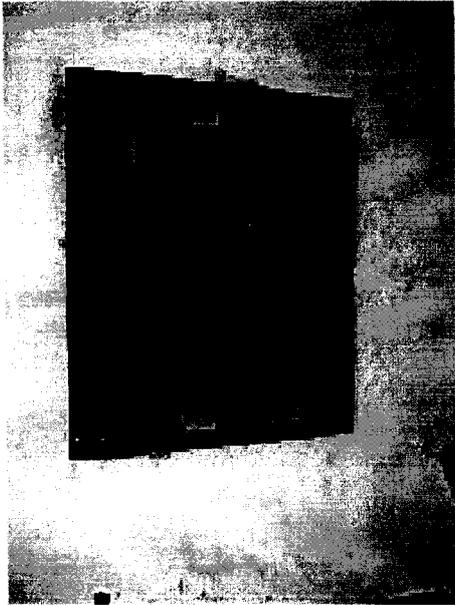


Bild 3-1 zeigt 4 Holzklötze die in die Prüföffnung geschraubt sind. Sie dienen zur Befestigung der Querlatten, an denen später die schalldämmenden Elemente befestigt werden.

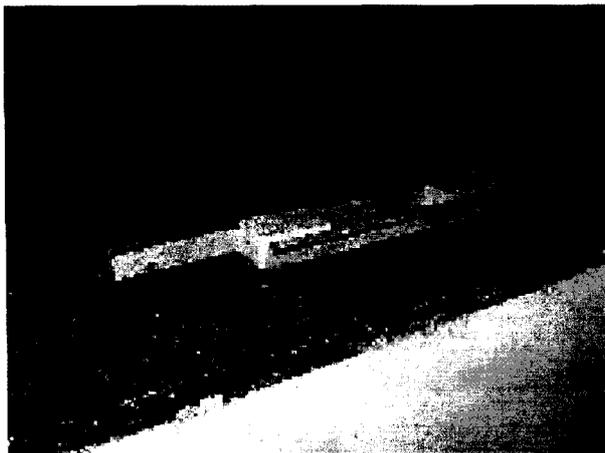


Bild 3-2 zeigt die an den unteren Holzklötzen befestigten Querlatten (selbe oben).



Bild 3-3 zeigt ein im oberen Bereich an der Querlatte befestigtes schalldämmendes Element.

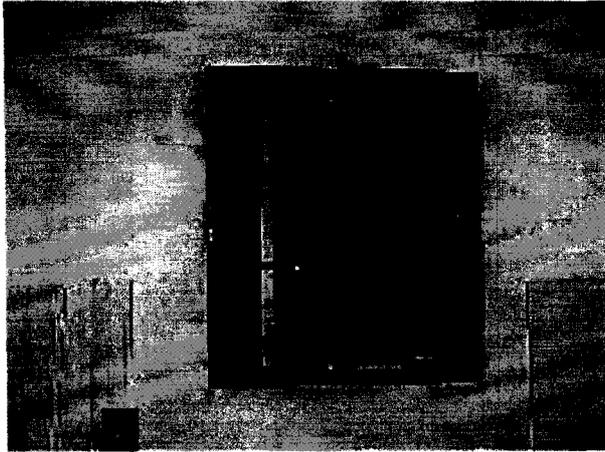


Bild 3-4 zeigt die zwischen die Elemente eingelegte Mineralwolle.

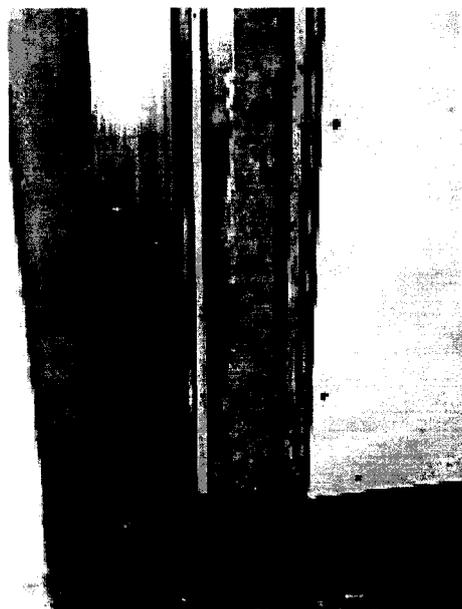


Bild 3-5 zeigt den nun fast vollständig geschlossenen Prüfaufbau. Auf der linken Seite ist der Prüfkörper zu erkennen.

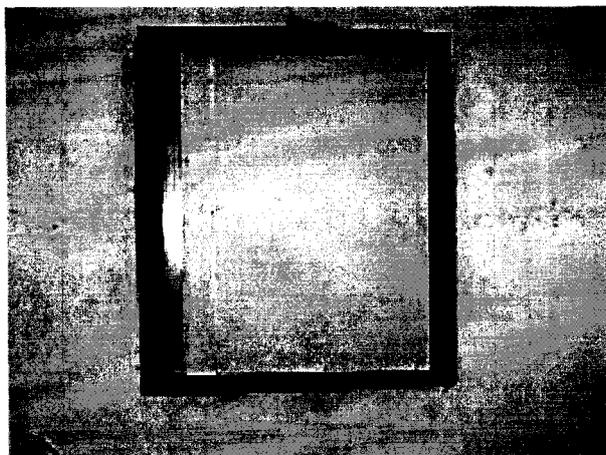


Bild 3-6 zeigt den vollständig von beiden Seiten geschlossenen Prüfaufbau.

Zusätzlich werden noch sämtliche Fugen und Stoßstellen des Prüfaufbaus mit Dichtungsmasse abgedichtet.

3.4.2 Prüfaufbau 2

Bei Prüfaufbau 2 werden **vier** gleiche Prüfkörper in die Prüföffnung eingebaut, d.h. die Prüffläche wird um das Vierfache vergrößert.

Der Rest der Prüföffnung wird beidseitig, wie bei Prüfaufbau 1, mit hochschalldämmenden Elementen und dazwischengelegter Mineralwolle verkleidet.

Nachfolgend wird der Aufbau des Prüfaufbaus 2 mit mehreren Bildern in chronologischer Reihenfolge beschrieben.

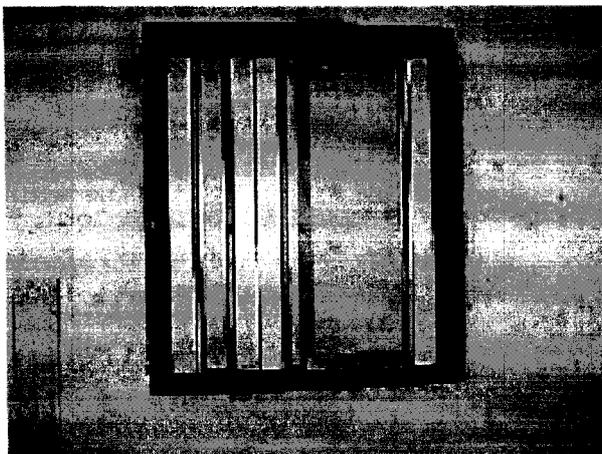


Bild 3-7 zeigt je ein Prüfkörper außen und die anderen zwei Prüfkörper in der Mitte. Ein schalldämmendes Element ist an derselben Konstruktion wie bei Prüfaufbau 1 befestigt. Das Andere ist in die Prüföffnung verkeilt.



Bild 3-8 zeigt drei der vier eingebauten Prüfkörper.

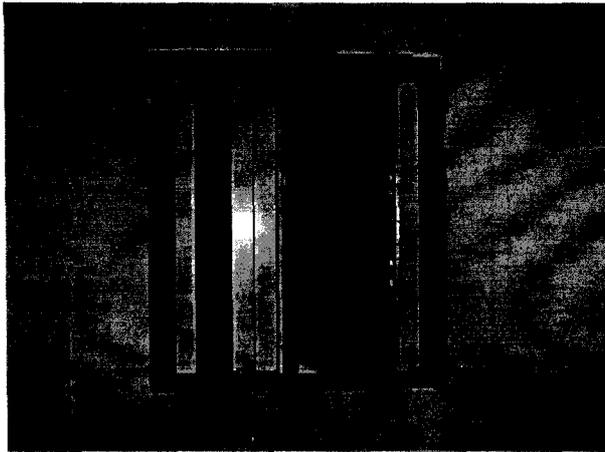


Bild 3-9 zeigt die zwischen den schalldämmenden Elementen eingelegte Mineralwolle.

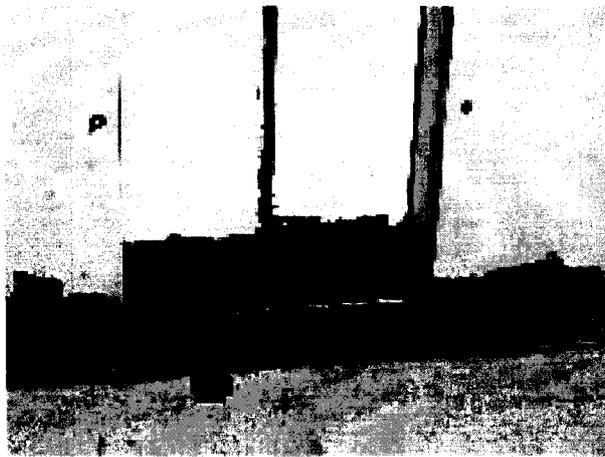


Bild 3-10 zeigt zwei der vier Prüfkörper im Detail. Der Prüfaufbau ist jetzt vollständig verschlossen und mit Dichtungsmasse abgedichtet.

4 Messungen

In diesem Kapitel werden die durchgeführten Messungen in Meßdatenblätter zusammengefaßt. Das Meßdatenblatt enthält die Profil-Beschreibung, die Zeichnung, die Meßgegebenheiten, die Meßkurve und die „bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ “ des jeweils untersuchten Prüfkörpers.

Eine Bewertung der Messungen und Ergebnisse findet in Kapitel 6 statt.

Da sich während des Einbaus, der unter 3.4 beschriebenen Prüfaufbauten, der Prüfaufbau 1 einbautechnisch als der geeignetere herausstellte, wurden die Messungen ab Kapitel 4.2 nur noch auf Basis des Prüfaufbaus 1 durchgeführt. Diese Maßnahme wurde durch das Meßergebnis (siehe Kapitel 4.1) noch zusätzlich bestätigt, da sich die Ergebnisse durch Vergrößerung der Prüffläche S (bei Prüfaufbau 2) nur unwesentlich unterscheiden.

4.1 Prüfaufbauten 1 und 2

Auf den folgenden Seiten werden die Meßergebnisse der unter Kapitel 3.4 beschriebenen Prüfaufbauten dargestellt.

Es wurde je Prüfaufbau eine Messung des selben Prüfkörpers vorgenommen, um die Ergebnisse der beiden Messungen vergleichen zu können. Zusätzlich wurde jeweils noch die Maximaldämmung der beiden Prüfaufbauten (siehe Bilder 4-1 bis 4-3) bestimmt.

Die Maximaldämmung wurde ermittelt, um die Grenzschalldämmung der beiden Prüfaufbauten zu erkennen. Dies ist insofern wichtig, da bei einer ausreichend hohen Schalldämmung der Prüfkörper davon ausgegangen werden muß, daß ein Teil der Schallenergie auch durch den Prüfaufbau übertragen wird.

Die Bewertung der Ergebnisse von Kapitel 4.1 erfolgt in Kapitel 6.1.

Meßdatenblatt-Übersicht Kapitel 4.1			
Herstellercode	Kurzbeschreibung	Meß-Nr.	Seite
A-1001	Eingangsmessung Prüfaufbau 1	1	27
A-1001	Maximaldämmung Prüfaufbau 1	2	28
A-1001	Eingangsmessung Prüfaufbau 1	3	29
A-1001	Maximaldämmung Prüfaufbau 1	4	30

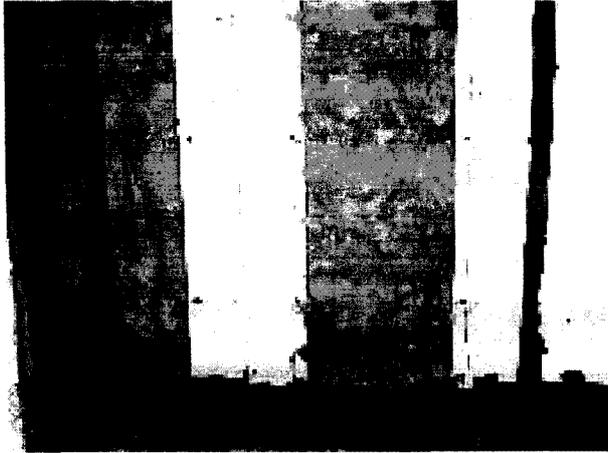


Bild 4-1 zeigt die mit Mineralwolle gefüllten Zwischenräume.



Bild 4-2 zeigt die mittleren, beidseitig vollständig abgedeckten Pfostenprofile und den linken, noch offenen, mit Mineralwolle ausgefüllten Bereich.



Bild 4-3 zeigt den vollständig verschlossenen und mit Dichtungsmasse abgedichteten Prüfaufbau.

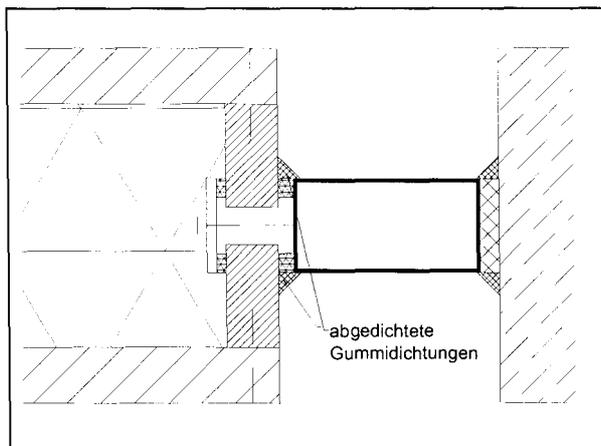
4.2 Profildichtungen und Holzleisten

In der Zeichnung 3-3 in Kapitel 3.4 „Beschreibung der Prüfkörper“ ist zu erkennen, wie die Holzleisten und Gummidichtungen (Profildichtungen) der Pfosten-Riegelprofile mit dem Klemmprofil angepreßt werden.

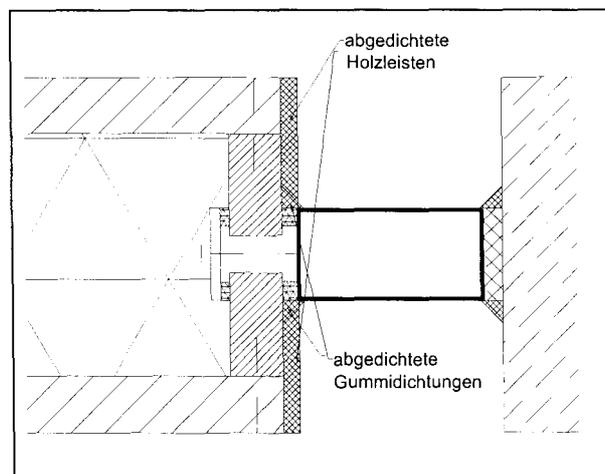
Es ist deshalb wichtig zu untersuchen, ob durch die integrierten Holzleisten oder die Profildichtungen die Schalldämmung des Profils beeinflusst wird.

Aus diesem Grund wurde ein Prüfkörper mit hoher Schalldämmung in den Prüfaufbau eingebaut. Dies wurde durch Füllung des Profils mit Quarzsand erreicht. Danach wurde die Profildichtung beidseitig mit Dichtungsmasse abgedichtet (siehe Zeichnung 4-1) und die Schalldämmung ermittelt. Nach dieser Maßnahme wurden die beiden Holzleisten abgedichtet (siehe Zeichnung 4-2) und ebenfalls gemessen.

Die Bewertung der Ergebnisse von Kapitel 4.2 erfolgt in Kapitel 6.2.



Zeichnung 4-1 zeigt die abgedichteten Gummiprofile.



Zeichnung 4-2 zeigt die zusätzliche Abdichtung der Holzleisten.

Meßdatenblatt-Übersicht Kapitel 4.2			
Herstellercode	Kurzbeschreibung	Meß-Nr.	Seite
A-1002	Profil und Quarzsandfüllung	10	33
A-1002	zusätzlich abgedichtete Gummiprofile	11	34
A-1002	zusätzlich abgedichtete Holzleisten	12	35

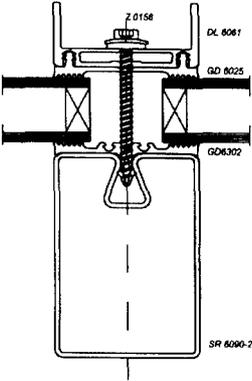
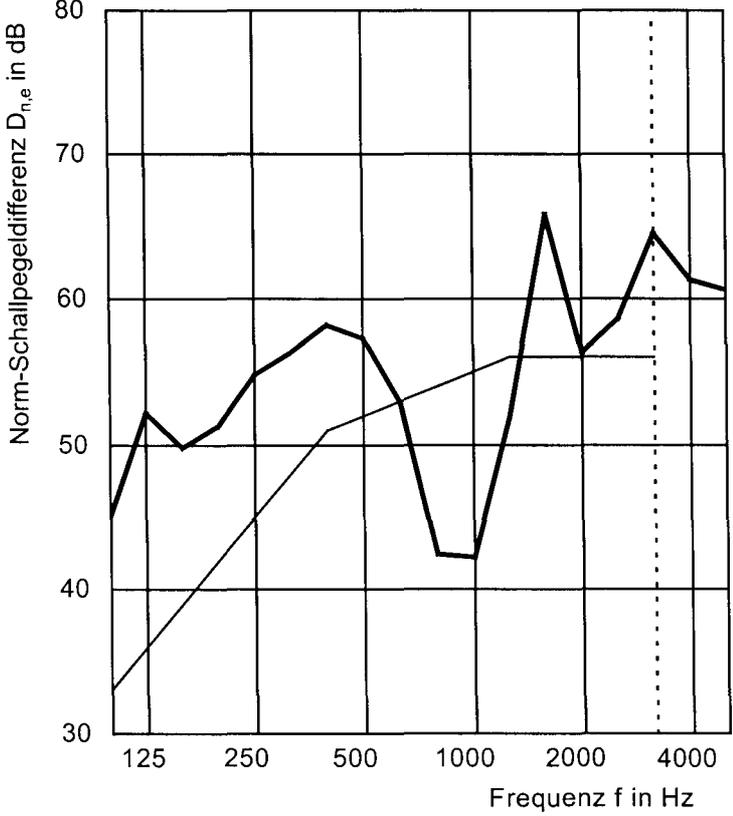
4.3 Pfosten-Riegelprofile

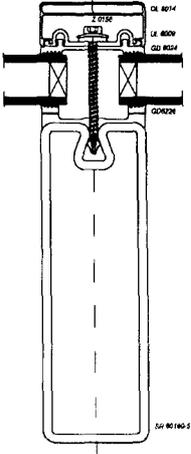
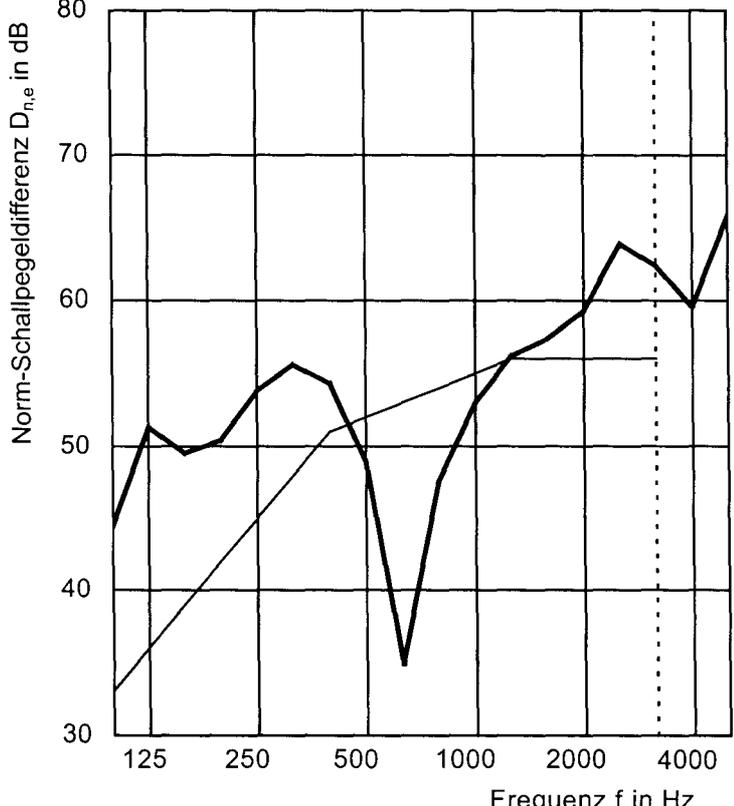
Auf den folgenden Seiten werden die Messungen (Bestandsaufnahmen) der von den Profilherstellern zur Verfügung gestellten Pfosten-Riegelprofile (Prüfkörper) dargestellt.

Die Pfosten-Riegelprofile wurden in ihrem ursprünglichen Zustand, wie unter Kapitel 3.2 beschrieben, in Prüfaufbau 1 eingebaut und gemessen.

Die Untersuchung der Ergebnisse von diesem Kapitel erfolgt in Kapitel 6.3.

Meßdatenblatt-Übersicht Kapitel 4.3			
Herstellercode	Kurzbeschreibung	Meß-Nr.	Seite
A-1001	Pfostenprofil; b = 50 mm, t = 104 mm	1	37
A-1002	Riegelprofil; b = 50 mm, t = 101 mm	9	38
A-1003	getrenntes Pfostenprofil	16	39
B-1001	Pfostenprofil; b = 60 mm, t = 90 mm	13	40
B-1002	Pfostenprofil; b = 60 mm, t = 140 mm	14	41
B-1003	Pfostenprofil; b = 60 mm, t = 180 mm	15	42
C-1001	Pfostenprofil; b = 50 mm, t = 125 mm	23	43
C-1002	Pfostenprofil; b = 60 mm, t = 125 mm	24	44
C-1003	Pfostenprofil; b = 50 mm, t = 50 mm	25	45
C-1004	Pfostenprofil; b = 50 mm, t = 200 mm	26	46
C-1005	getrenntes Pfostenprofil	30	47
C-1006	Riegelprofil; b = 50 mm, t = 130 mm	31	48

Meßdatenblatt	Diplomarbeit Michael Bächle	Meß-Nr.: 13
Norm-Schallpegeldifferenz nach DIN EN ISO 140-10		
Zeichnung des Profils: 	Profil-Beschreibung: Herstellercode: B-1001 Bauart: Pfostenprofil Material: Stahl Abmessungen: 1480x90x60 [mm] Materialdicke: 2,2 mm Gewicht: 10 kg Hohlkammer: 82x52 [mm] Oberfläche: verzinkt	Meßgegebenheiten: Prüfdatum: 30.08.2001 Bezugsfläche A_0: 10 m ² Volumen V_E: 101,3 m ³ Volumen V_S: 109,9 m ³ Prüfschall: Rosa Rauschen Klima: 25°C, 52%
Maßnahme: Pfostenprofil; 1480 mm x 90 mm x 60 mm (Beschreibung)		
Diagramm:	 <p style="text-align: center;"> Meßkurve Verschobene Bezugskurve </p>	
Ergebnis: $D_{n,e,w} (C; C_{tr}) = 52 (-3; -5) \text{ dB}$		

Meßdatenblatt	Diplomarbeit Michael Bächle	Meß-Nr.: 15
Norm-Schallpegeldifferenz nach DIN EN ISO 140-10		
Zeichnung des Profils: 	Profil-Beschreibung: Herstellercode: B-1003 Bauart: Pfostenprofil Material: Stahl Abmessungen: 1480x180x60 [mm] Materialdicke: 5,2 mm Gewicht: 30,52 kg Hohlkammer: 169,6x49,6 [mm] Oberfläche: verzinkt	
	Meßgegebenheiten: Prüfdatum: 31.08.2001 Bezugsfläche A_0: 10 m ² Volumen V_E: 101,3 m ³ Volumen V_S: 109,9 m ³ Prüfschall: Rosa Rauschen Klima: 21°C, 46%	
Maßnahme: Pfostenprofil; 1480 mm x 180 mm x 60 mm (Beschreibung)		
Diagramm:	 <p style="text-align: center;"> Meßkurve Verschobene Bezugskurve </p>	
Ergebnis: $D_{n,e,w} (C; C_{tr}) = 52 (-6; -7) \text{ dB}$		

4.4 Maßnahmen

In diesem Kapitel werden die Messungen der Maßnahmen zur Verbesserung der Schalldämmung dargestellt.

Die verschiedenen Maßnahmen wurden nicht an allen Pfosten-Riegelprofilen wiederholt. Dies war vor allem der Fall, wenn sich eine Maßnahme bei einem Profil als nicht vorteilhaft herausstellte.

Es wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Hohlraum gefüllt mit Quarzsand
→ Bild 4-4
- Hohlraum gefüllt mit Wasser
- Hohlraum gefüllt mit Mineralwolle
- Hohlraum gefüllt mit Beton
→ Bild 4-5
- Hohlraum gefüllt mit Montageschaum
→ Bild 4-6
- Varianten von Gipskartonfüllungen (Sandwichbauweise)
→ Bild 4-7, Bild 4-8
- Oberfläche der Hohlkammer verändert
→ Bild 4-9, Bild 4-10

Die Ergebnisse der verschiedenen Maßnahmen werden in Kapitel 6.4 bewertet.

Meßdatenblatt-Übersicht Kapitel 4.4			
Herstellercode	Kurzbeschreibung	Meß-Nr.	Seite
A-1001	Quarzsandfüllung	5	53
A-1001	Mineralwolle gepreßt	6	54
A-1001	Wasser	7	55
A-1001	Mineralwolle locker	8	56
A-1001	Montageschaumfüllung	20	57
A-1001	Betonfüllung	21	58
A-1001	„Deckel“ abgetrennt und angeklebt	17	59
A-1001	ohne hinteren „Deckel“	18	60
A-1001	die Nase herausgeschnitten (sonst wie 17)	19	61
A-1001	innen mit Bitumen beschichtet	22	62
A-1001	2 x 9,5er GK-Platten (längs) + angedrückt	36	63
A-1002	Quarzsandfüllung	10	64
A-1002	2 x 9,5er GK-Platten (längs) + angedrückt	35	65
B-1001	Quarzsandfüllung	37	66
B-1001	2 x 9,5er GK-Platten (längs) + angedrückt	38	67
C-1001	Quarzsandfüllung	33	68
C-1001	4 x 9,5er GK-Platten (längs) + Quarzsand	27	69
C-1001	10 x 9,5er GK-Platten (quer) + Quarzsand	28	70
C-1001	4 x 9,5er GK-Platten (längs) angedrückt	29	71
C-1001	4 x 9,5er GK-Platten (längs) lose	32	72
C-1001	2 x 9,5er GK-Platten (längs) + angedrückt	34	73

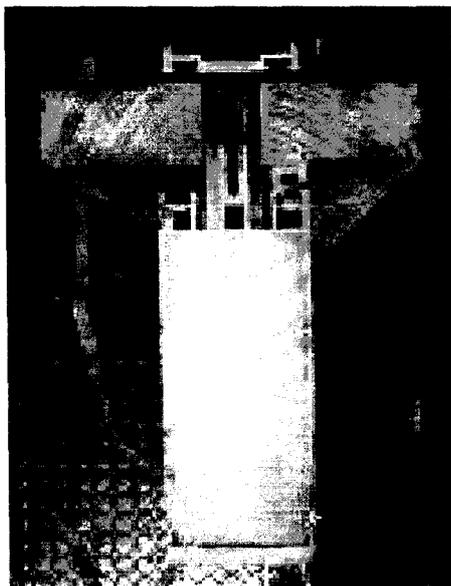


Bild 4-4 zeigt Profil C-1001 mit Quarzsandfüllung.

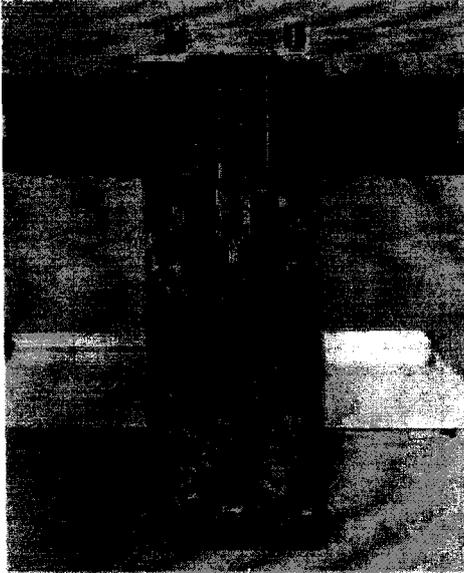


Bild 4-5 zeigt Profil A-1001 mit Betonfüllung.



Bild 4-6 zeigt Profil A-1001 mit Montageschaum gefüllt.

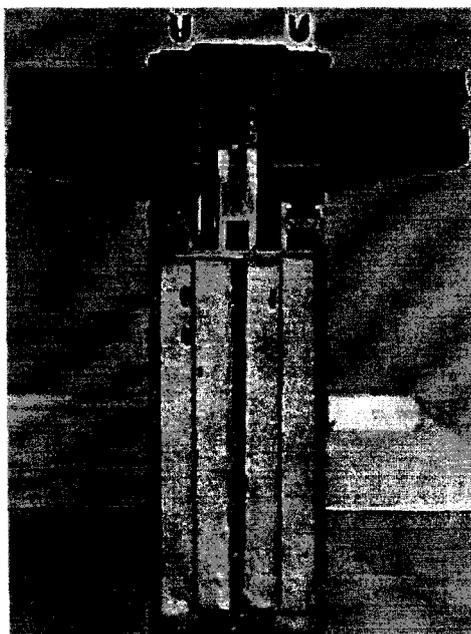


Bild 4-7 zeigt Profil C-1001 mit vier 9,5 mm starken Gipskartonplatten, je zwei sind an jede Seitenfläche lose eingeschoben.



Bild 4-8 zeigt Profil B-1001 mit je einer 9,5 mm starken Gipskartonplatte pro Seite. Sie werden durch eine Schaumstoffschnur an die Wand gedrückt.

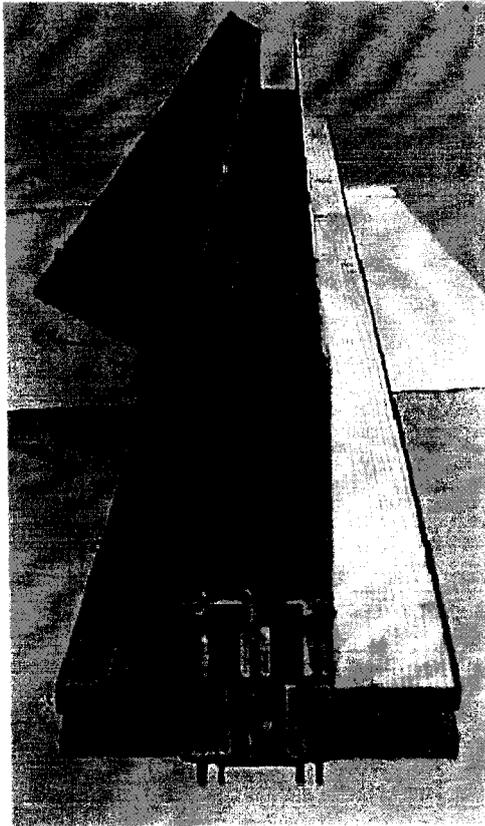
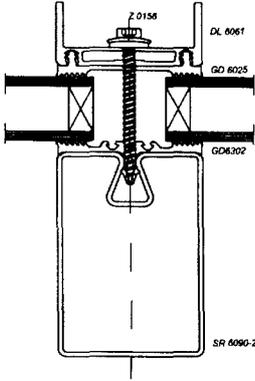
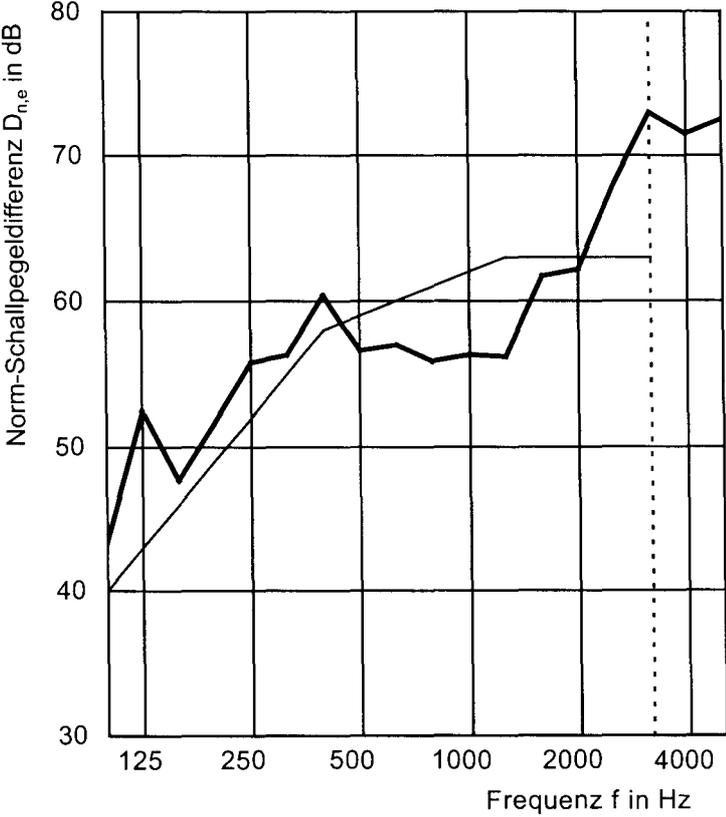
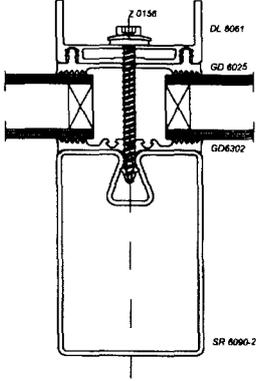
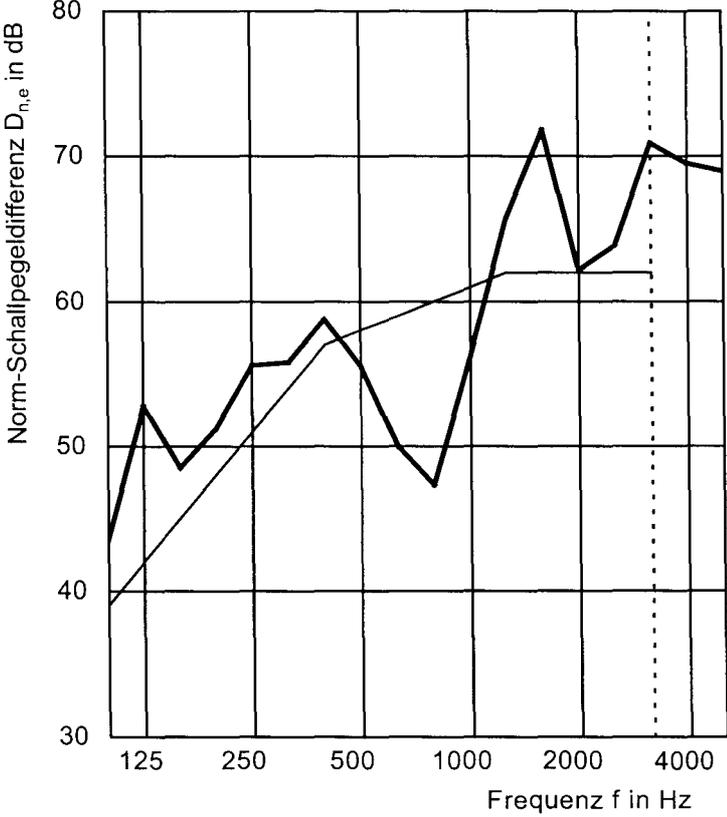


Bild 4-9 zeigt Profil A-1001; das Profil wurde aufgeschnitten und mit Bitumen beschichtet.

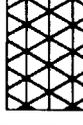
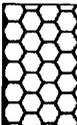
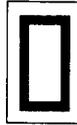
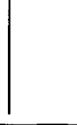
Meßdatenblatt	Diplomarbeit Michael Bächle	Meß-Nr.: 37
Norm-Schallpegeldifferenz nach DIN EN ISO 140-10		
<p>Zeichnung des Profils:</p> 	<p>Profil-Beschreibung:</p> <p>Herstellercode: B-1001 Bauart: Pfostenprofil Material: Stahl Abmessungen: 1480x90x60 [mm] Materialdicke: 2,2 mm Gewicht: 20,21 kg Hohlkammer: 85,6x55,6 [mm] Oberfläche: verzinkt</p> <p>Meßgegebenheiten:</p> <p>Prüfdatum: 01.10.2001 Bezugsfläche A_0: 10 m² Volumen V_E: 101,3 m³ Volumen V_S: 109,9 m³ Prüfschall: Rosa Rauschen Klima: 22°C, 51%</p>	
<p>Maßnahme: Quarzsandfüllung (Beschreibung)</p>		
<p>Diagramm:</p>	 <p style="text-align: center;">Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e}$ in dB</p> <p style="text-align: center;">Frequenz f in Hz</p> <p style="text-align: center;"> Meßkurve Verschobene Bezugskurve </p>	
<p>Ergebnis: $D_{n,e,w}(C;C_{tr}) = 59 (-1;-3) \text{ dB}$</p>		

Meßdatenblatt	Diplomarbeit Michael Bächle	Meß-Nr.: 38
Norm-Schallpegeldifferenz nach DIN EN ISO 140-10		
Zeichnung des Profils: 	Profil-Beschreibung: Herstellercode: B-1001 Bauart: Pfostenprofil Material: Stahl Abmessungen: 1480x90x60 [mm] Materialdicke: 2,2 mm Gewicht: 11,97 kg Hohlkammer: 85,6x55,6 [mm] Oberfläche: verzinkt	
	Meßgegebenheiten: Prüfdatum: 01.10.2001 Bezugsfläche A_0: 10 m ² Volumen V_E: 101,3 m ³ Volumen V_S: 109,9 m ³ Prüfschall: Rosa Rauschen Klima: 22°C, 51%	
Maßnahme: (Beschreibung)	Gipskartonplatten; 2 x 9,5 mm, zusätzlich mit durchgehender Schaumstoffschnur angedrückt	
Diagramm:	 <p style="text-align: center;"> Meßkurve Verschobene Bezugskurve </p>	
Ergebnis:	$D_{n,e,w} (C; C_{tr}) = 58 (-3; -5) \text{ dB}$	

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

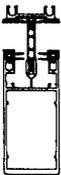
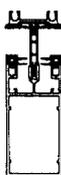
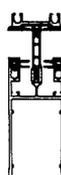
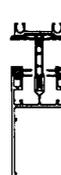
Im Kapitel 5 werden die unter Kapitel 4 gesammelten Ergebnisse tabellarisch zusammengefaßt.

Die Beschreibung der einzelnen Maßnahmen bzw. Messungen wird in den Tabellen durch nachfolgende Symbole ersetzt (nicht nach Norm schraffiert):

Symbol	Beschreibung	Symbol	Beschreibung
	Eingangsmessung bei Messung der Prüfaufbauten 1 und 2		Quarzsandfüllung
	Maximaldämmung der Prüfaufbauten 1 und 2		Mineralwollfüllung (fest)
	Bestandsaufnahme der Pfosten-Riegelprofile		Wasserfüllung
	Vergleichsmessung (Meß-Nr. 11, 12, 17)		Mineralwollfüllung (locker)
	Montageschaumfüllung		Betonfüllung
	Profil innen mit dauerelastischem Bitumen beschichtet; mit angeklebter Querseite (Alu-Klebeband)		2 x 9,5 mm Gipskartonplatten (längs) mit durchgehender Schaumstoffschnur angepreßt
	4 x 9,5 mm Gipskartonplatten (längs); über Profillänge (1,5 m) an 3 Stellen angedrückt		4 x 9,5 mm Gipskartonplatten (längs) und mittig mit Quarzsandfüllung
	4 x 9,5mm Gipskartonplatten (längs) lose eingeschoben		10 x 9,5 mm Gipskartonplatten (quer) und mittig mit Quarzsandfüllung
	Querseite (Deckel) herausgeschnitten		„Nasen“ bei A-1001 herausgeschnitten; mit angeklebter Querseite (Alu-Klebeband)

5.1 Ergebnisse Kapitel 4.1

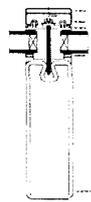
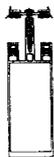
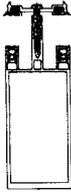
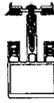
Hier werden die ermittelten Ergebnisse der beiden alternativen Prüfaufbauten dargestellt.

Zeichnung	Maßnahme/ Messung	Meß- Nr.:	Prüffläche [m ²]	D _{n,e,w} (C;C _{tr}) [dB]	R _w (C;C _{tr}) [dB]
Herstellercode: A-1001		1	0,156	55 (-1;-2)	37 (-1;-2)
					
Herstellercode: A-1001		2	0,156	67 (-2;-7)	49 (-2;-7)
					
Herstellercode: A-1001		3	0,624	54 (-1;-2)	35 (-0;-1)
					
Herstellercode: A-1001		4	0,624	69 (-3;-5)	50 (-3;-5)
					

5.2 Ergebnisse Kapitel 4.2

Die ermittelten Ergebnisse des Kapitel 4.2 werden hier übersichtlich dargestellt.

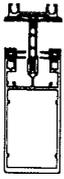
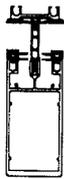
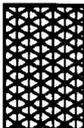
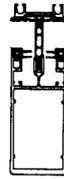
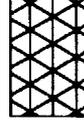
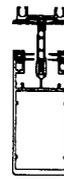
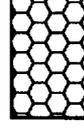
Zeichnung	Maßnahme/ Messung	Meß- Nr.:	Prüffläche [m ²]	$D_{n,e,w}(C;C_{tr})$ [dB]	$R_w(C;C_{tr})$ [dB]
Herstellercode: A-1002 		10	0,152	58 (-2;-4)	39 (-1;-3)
Herstellercode: A-1002 		11	0,152	58 (-2;-3)	40 (-2;-4)
Herstellercode: A-1002 		12	0,152	58 (-2;-3)	39 (-1;-2)

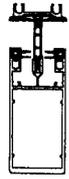
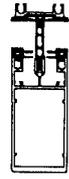
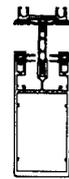
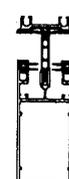
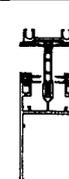
Zeichnung	Maßnahme/ Messung	Meß- Nr.:	Prüffläche [m ²]	D _{n,e,w} (C;C _{tr}) [dB]	R _w (C;C _{tr}) [dB]
Herstellercode: B-1003 	B	15	0,270	52 (-6;-7)	36 (-5;-7)
Herstellercode: C-1001 					
Herstellercode: C-1002 	B	24	0,188	49 (-1;-1)	31 (-0;-1)
Herstellercode: C-1003 					
Herstellercode: C-1004 	B	26	0,300	46 (-4;-7)	30 (-3;-6)
Herstellercode: C-1004 					

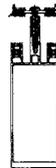
Zeichnung	Maßnahme/ Messung	Meß- Nr.:	Prüffläche [m ²]	$D_{n,e,w}(C;C_{tr})$ [dB]	$R_w(C;C_{tr})$ [dB]
Herstellercode: C-1005 	B	30	0,188	48 (0;-1)	31 (-1;-2)
Herstellercode: C-1006 					
Herstellercode: C-1006 	B	31	0,195	43 (-2;-3)	26 (-2;-3)
Herstellercode: C-1005 					

5.4 Ergebnisse Kapitel 4.4

In der folgenden Zusammenfassung der Maßnahmen, zeigt die Spalte „ ΔD “ die Abweichung gegenüber den Pfosten- bzw. Riegelprofilen, ohne die entsprechende Maßnahme.

Zeichnung	Maßnahme/ Messung	Meß- Nr.:	Prüffläche [m ²]	$D_{n,e,w}(C;C_{tr})$ [dB]	ΔD [dB]	$R_w(C;C_{tr})$ [dB]
Herstellercode: A-1001		5	0,156	62 (-1;-4)	7	44 (-1;-4)
						
Herstellercode: A-1001		6	0,156	56 (-1;-3)	1	38 (-1;-3)
						
Herstellercode: A-1001		7	0,156	58 (-1;-4)	3	40 (-1;-4)
						
Herstellercode: A-1001		8	0,156	56 (-1;-3)	1	38 (-1;-3)
						
Herstellercode: A-1001		20	0,156	55 (-1;-2)	0	37 (-1;-2)
						

Zeichnung	Maßnahme/ Messung	Meß- Nr.:	Prüffläche [m ²]	$D_{n,e,w}(C;C_{tr})$ [dB]	ΔD [dB]	$R_w(C;C_{tr})$ [dB]
Herstellercode: A-1001 		21	0,156	59 (-1;-3)	4	41 (-1;-3)
Herstellercode: A-1001 		17	0,156	53 (-1;-3)	-2	34 (0;-2)
Herstellercode: A-1001 		18	0,156	56 (0;-3)	3	38 (0;-3)
Herstellercode: A-1001 		19	0,156	52 (0;-2)	-1	34 (0;-2)
Herstellercode: A-1001 		22	0,156	54 (-1;-2)	1	36 (-1;-2)
Herstellercode: A-1001 		36	0,156	57 (-1;-3)	2	39 (-1;-3)

Zeichnung	Maßnahme/ Messung	Meß- Nr.:	Prüffläche [m ²]	D _{n,e,w} (C;C _{tr}) [dB]	ΔD [dB]	R _w (C;C _{tr}) [dB]
Herstellercode: C-1001		28	0,188	58 (-1;-3)	12	41 (-2;-4)
						
Herstellercode: C-1001		29	0,188	56 (-1;-3)	10	39 (-1;-3)
						
Herstellercode: C-1001		32	0,188	54 (0;-2)	8	37 (-0;-2)
						
Herstellercode: C-1001		34	0,188	54 (-1;-3)	8	37 (-1;-3)
						

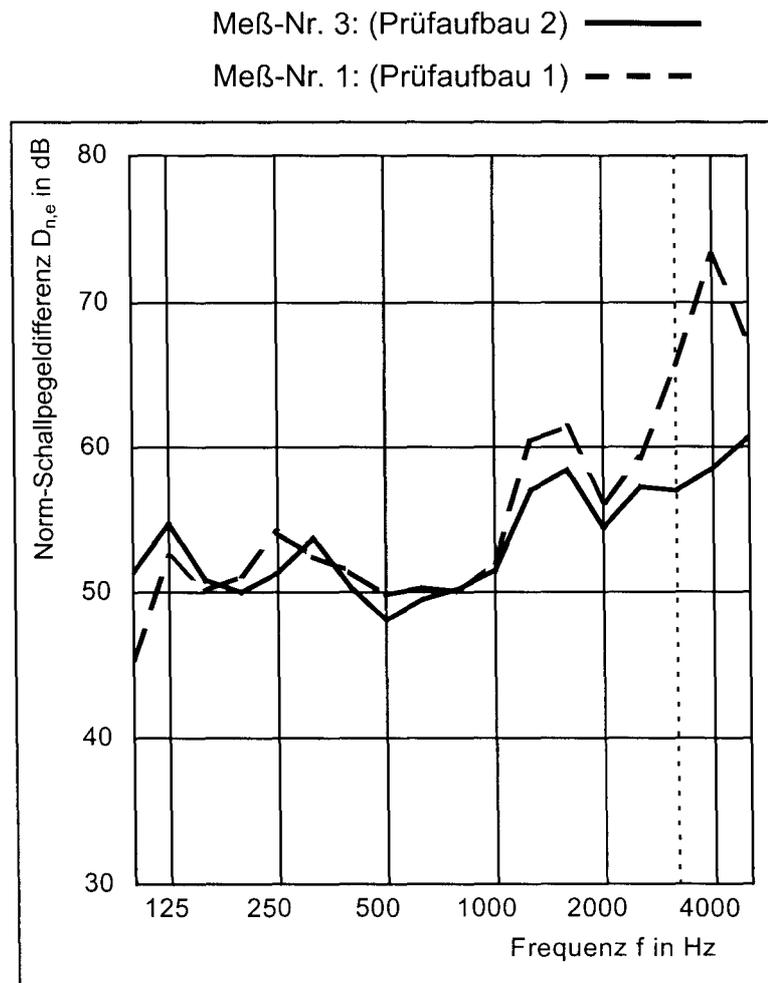
6 Untersuchung der Ergebnisse

In Kapitel 6 werden die zuvor in Kapitel 4 ermittelten und in Kapitel 5 zusammengefaßten Ergebnisse untersucht und beurteilt.

6.1 Prüfaufbauten 1 und 2

Um die beiden Prüfaufbauten zu untersuchen, wurden je Prüfaufbau zwei Messungen durchgeführt (Meß-Nr. 1 - 4).

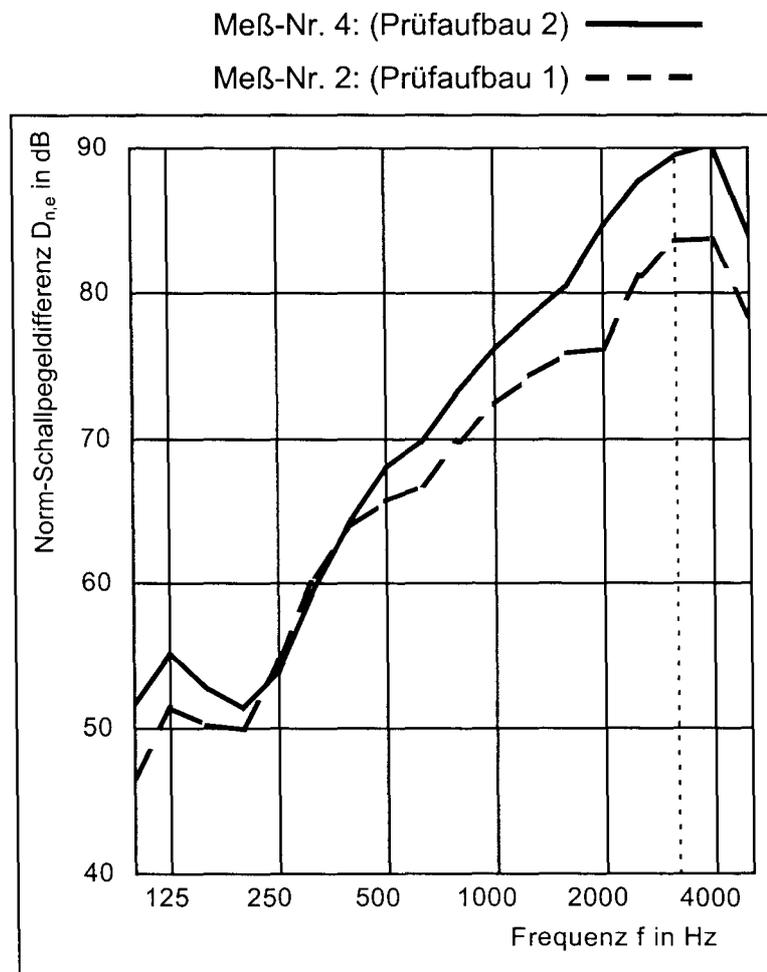
Die Meß-Nr. 1 (**ein Prüfkörper**) und 3 (**vier Prüfkörper**) werden in folgendem Vergleich 6-1 untersucht.



Vergleich 6-1

Bei Betrachtung der Meßergebnisse aus Kapitel 4.1, $D_{n,e,w} = 55$ dB (Meß-Nr. 1) und $D_{n,e,w} = 54$ dB (Meß-Nr. 3), ist kein bedeutender Unterschied zu erkennen. Die Differenz der beiden Werte liegt bei nur 1 dB. Wenn man den Meßkurvenverlauf der beiden Messungen genauer betrachtet, sieht man kleinere Abweichungen zwischen 1 und 3 dB im Frequenzbereich von 125 - 2500 Hz. Größere Unterschiede von bis zu 9 dB sind vor allem im Bereich von 3150 – 5000 Hz und bei 100 Hz zu beobachten.

Nachfolgend werden die **Maximalschalldämmungen** der Prüfaufbauten verglichen (Vergleich 6-2).



Vergleich 6-2

Bei Vergleich der Einzahlwerte, $D_{n,e,w} = 67$ dB von Prüfaufbau 1 und $D_{n,e,w} = 69$ dB von Prüfaufbau 2, liegt lediglich eine Differenz von 2 dB vor.

Bei der Untersuchung der beiden Meßkurven zeigt sich, daß sich die Maximaldämmung von Prüfaufbau 2 in dem Bereich 160 – 200 Hz bis zu 5 dB und zwischen 500 und 4000 Hz bis zu 8 dB verbessert.

Man kann also abschließend sagen, daß sich die beiden Prüfaufbauten nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Daher macht es keinen großen Unterschied für welchen Aufbau man sich entscheidet.

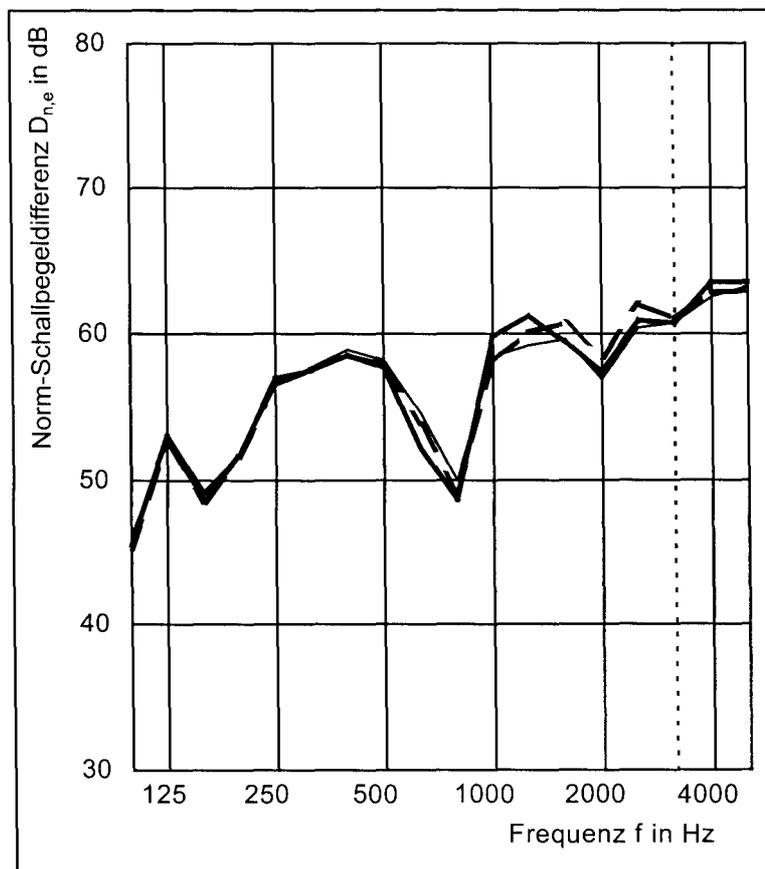
Da man während des Einbaus der beiden Prüfaufbauten erkannte, daß man Prüfaufbau 1 im Gegensatz zu Prüfaufbau 2 wesentlich schneller umbauen konnte, wurde für die restlichen Messungen auf Prüfaufbau 1 zurückgegriffen.

6.2 Profildichtungen und Holzleisten

Um den Einfluß der Profildichtungen und Holzleisten auf die Schalldämmung zu untersuchen, wurden drei Messungen durchgeführt.

Der Vergleich 6-3 zeigt nachfolgend die Gegenüberstellung der drei Meßkurven.

- Meß-Nr. 10: (Quarzsand) —
Meß-Nr. 11: (wie 10 und Gummi abgedichtet) - - -
Meß-Nr. 12: (wie 11 und Leisten abgedichtet) —



Vergleich 6-3

Aus den fast identischen Kurvenverläufe der drei Messungen in Vergleich 6-3 kann man den Schluß ziehen, daß die Profildichtungen und Holzleisten keinen Einfluß auf die Messung der Norm-Schallpegeldifferenz haben.

6.3 Pfosten-Riegelprofile

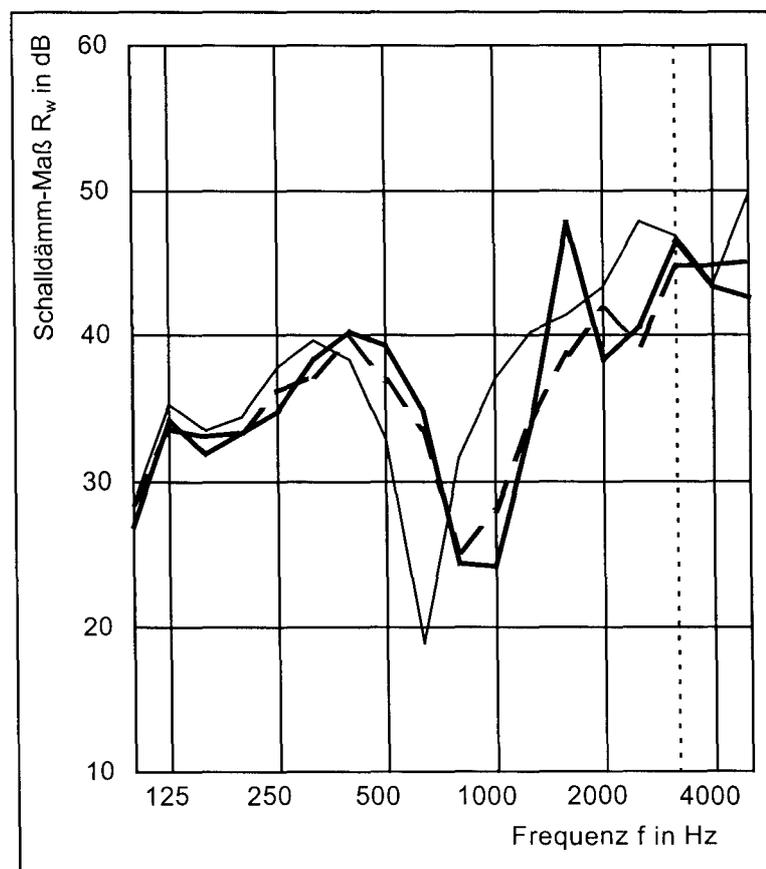
Zur Analyse der Bestandsmessungen aus Kapitel 4.3, werden die Pfosten-Riegelprofile nach folgenden Kriterien zusammengefaßt.

6.3.1 Variation der Pfostentiefe

Zum Vergleich der Pfosten hinsichtlich ihrer Tiefe, werden die R_w -Werte herangezogen. Der Grund dafür ist, daß sich die $D_{n,e,w}$ -Werte auf die Bezugsfläche von $A_0 = 10 \text{ m}^2$ und die R_w -Werte auf die reale Prüffläche beziehen und hier der Einfluß der Prüffläche untersucht werden soll.

Folgend sind die Profile verschiedener Tiefen des **Herstellers B** dargestellt:

- Meß-Nr. 13: $t = 90 \text{ mm}$ ———
- Meß-Nr. 14: $t = 140 \text{ mm}$ - - -
- Meß-Nr. 15: $t = 180 \text{ mm}$ ———



Vergleich 6-4

Mit der Profiltiefe nimmt bei Hersteller B auch die Materialdicke des Profils zu:

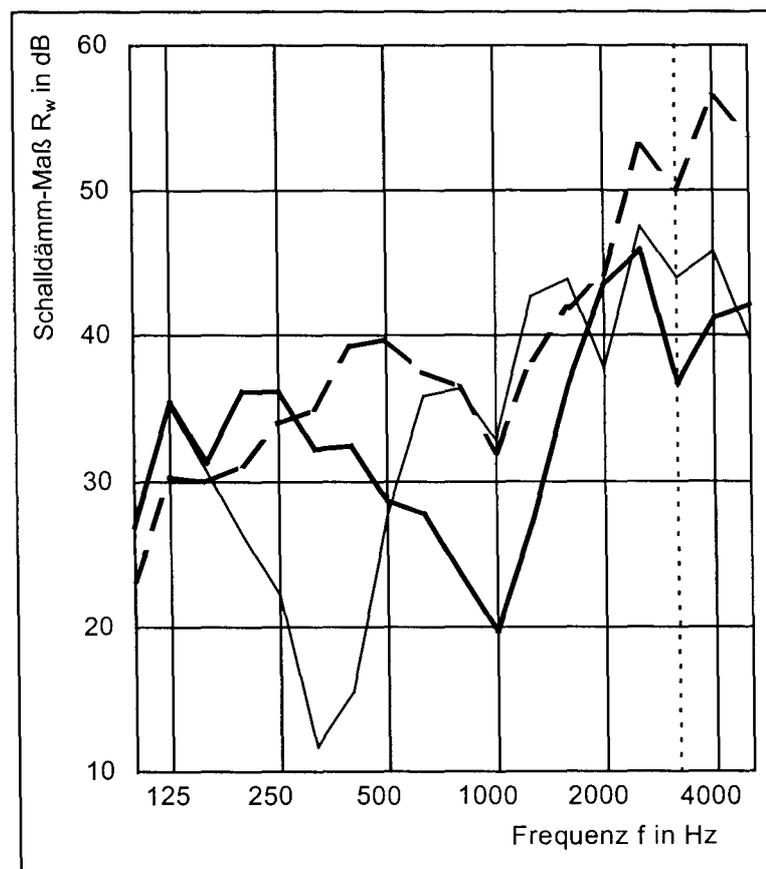
- Meß-Nr. 13 : $t = 90 \text{ mm} \rightarrow 2,1 \text{ mm}$ ($R_w = 34 \text{ dB}$)
- Meß-Nr. 14 : $t = 140 \text{ mm} \rightarrow 4,0 \text{ mm}$ ($R_w = 35 \text{ dB}$)
- Meß-Nr. 15 : $t = 180 \text{ mm} \rightarrow 5,2 \text{ mm}$ ($R_w = 36 \text{ dB}$)

Die R_w -Einzahlwerte der drei Profile steigen demnach mit der Tiefe an. Daraus eine Gesetzmäßigkeit abzuleiten wäre jedoch falsch, da sich gleichzeitig auch die Materialdicke verändert.

Bei Betrachtung der Meßkurvenverläufe ist zu sehen, daß sich der Einbruch der Kurve mit zunehmender Tiefe um eine Terz nach unten verschiebt.

Nachfolgend der Vergleich 6-5 der unterschiedlichen Tiefen von **Hersteller C**:

- Meß-Nr. 23: $t = 125,2 \text{ mm}$ ———
- Meß-Nr. 25: $t = 50,2 \text{ mm}$ - - -
- Meß-Nr. 26: $t = 200,0 \text{ mm}$ ———



Vergleich 6-5

Die R_w -Werte betragen:

- Meß-Nr. 23: $t = 125,2 \text{ mm} \rightarrow R_w = 29 \text{ dB}$
- Meß-Nr. 25: $t = 50,2 \text{ mm} \rightarrow R_w = 40 \text{ dB}$
- Meß-Nr. 26: $t = 200,0 \text{ mm} \rightarrow R_w = 30 \text{ dB}$

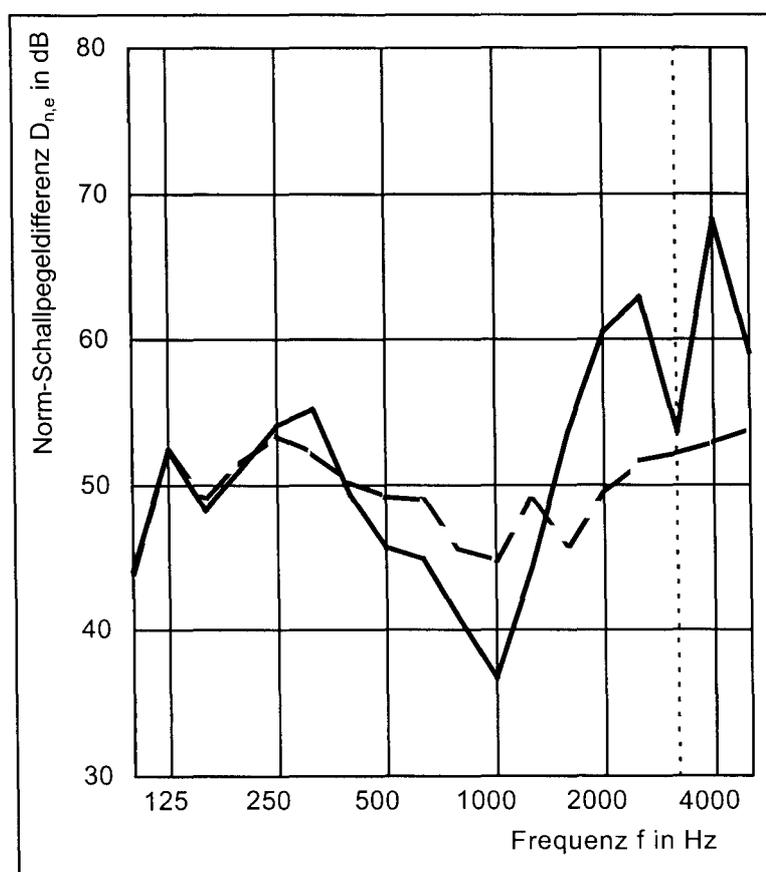
Im Gegensatz zu den Profilen des Vergleichs 6-4 bleibt hier die Materialdicke mit Zunahme der Profiltiefe konstant.

Bei allen drei Meßkurven fällt auf, daß alle drei Profile bei 1000 Hz einen Resonanzeinbruch haben. Wobei das Profil mit $t = 200 \text{ mm}$ bei 315 Hz noch einen zusätzlichen Abfall erleidet.

6.3.2 Variation der Pfostenbreite

Nachfolgend wird untersucht, welchen Einfluß die unterschiedliche **Pfostenbreite „b“**, bei gleicher Tiefe (Vergleich 6-6) hat:

- Meß-Nr. 23: $b = 50,4 \text{ mm}$ ———
- Meß-Nr. 24: $b = 60,4 \text{ mm}$ - - -



Vergleich 6-6

Es ist hier wiederum zu beachten, daß die Materialdicke der beiden Pfostenprofile nicht gleich ist. Sie beträgt bei dem schmaleren Profil 2,2 mm (Meß-Nr. 23) und bei dem Breiteren 3,1 mm (Meß-Nr. 24).

Die $D_{n,e,w}$ -Werte betragen:

- Meß-Nr. 23: $b = 50,4 \text{ mm} \rightarrow R_w = 46 \text{ dB}$
- Meß-Nr. 24: $b = 60,4 \text{ mm} \rightarrow R_w = 49 \text{ dB}$

Man kann deshalb auch hier nicht sagen, daß sich die Schalldämmung mit zunehmender Breite der Profile verbessert.

Bei Betrachtung der Meßkurve von Meß-Nr. 24 kann man einen flacheren Verlauf erkennen. Im Unterschied dazu, hat der Verlauf von Meß-Nr. 23 ab 1600 Hz die wesentlich größeren $D_{n,e}$ -Werte, die bis zu 16 dB.

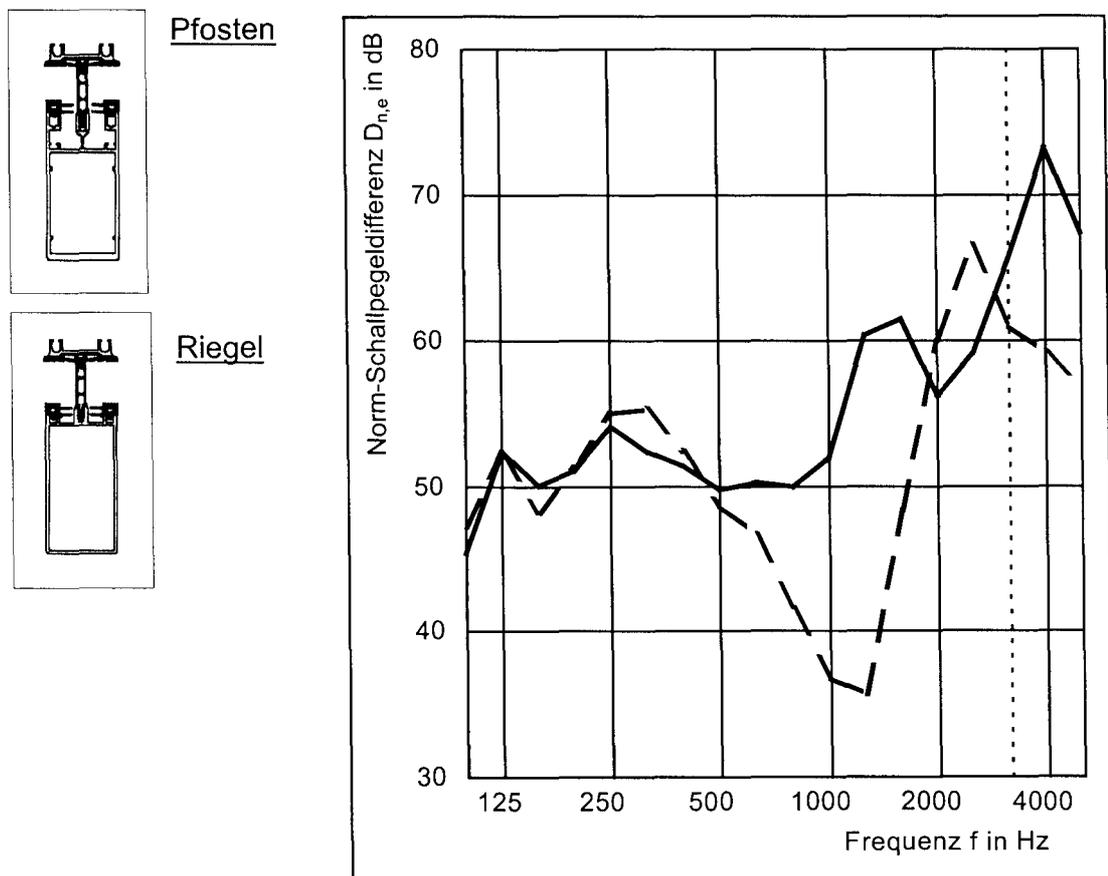
Auch bei dem breiterem Profil ist wie bei den unterschiedlich Tiefen (Vergleich 6-5), ein Einbruch bei 1000 Hz zu erkennen.

6.3.3 Vergleich verschiedener Bauarten

Es wird untersucht, wie sich die Ergebnisse verschiedener Bauarten z.B. zu Riegelprofilen und getrennten Pfostenprofilen verhalten. Die Kurvenverläufe werden für Hersteller „A“ und „C“ in den Vergleichen 6-7 bzw. 6-8 dargestellt. Um ein leichtere Zuordnung der Meßkurven zu ermöglichen, werden jeweils die dazugehörigen Zeichnung neben dem Diagramm dargestellt.

Nachfolgend der Vergleich der verschiedenen **Bauarten** des **Herstellers A**:

Meß-Nr. 1: (Pfosten) ———
 Meß-Nr. 9: (Riegel) - - -



Vergleich 6-7

Es muß festgehalten werden, daß sich die äußeren Abmessungen nicht wesentlich verändern. Lediglich die Profiltiefe variiert von 104 mm beim Pfosten auf 101 mm beim Riegel.

Die $D_{n,e,w}$ -Werte der verschiedenen Bauarten betragen:

- Meß-Nr. 1: (Pfosten). → 55 dB
- Meß-Nr. 9: (Riegel) → 45 dB

Bei Betrachtung der beiden Meßkurven fällt auf, daß der Verlauf des Riegelprofils von einem Resonanz bei 1000 Hz gestört wird, was auch bei den vorhergehenden Profilen zu erkennen ist.

Dagegen ist beim Pfostenprofil kein größerer Einbruch zu sehen.

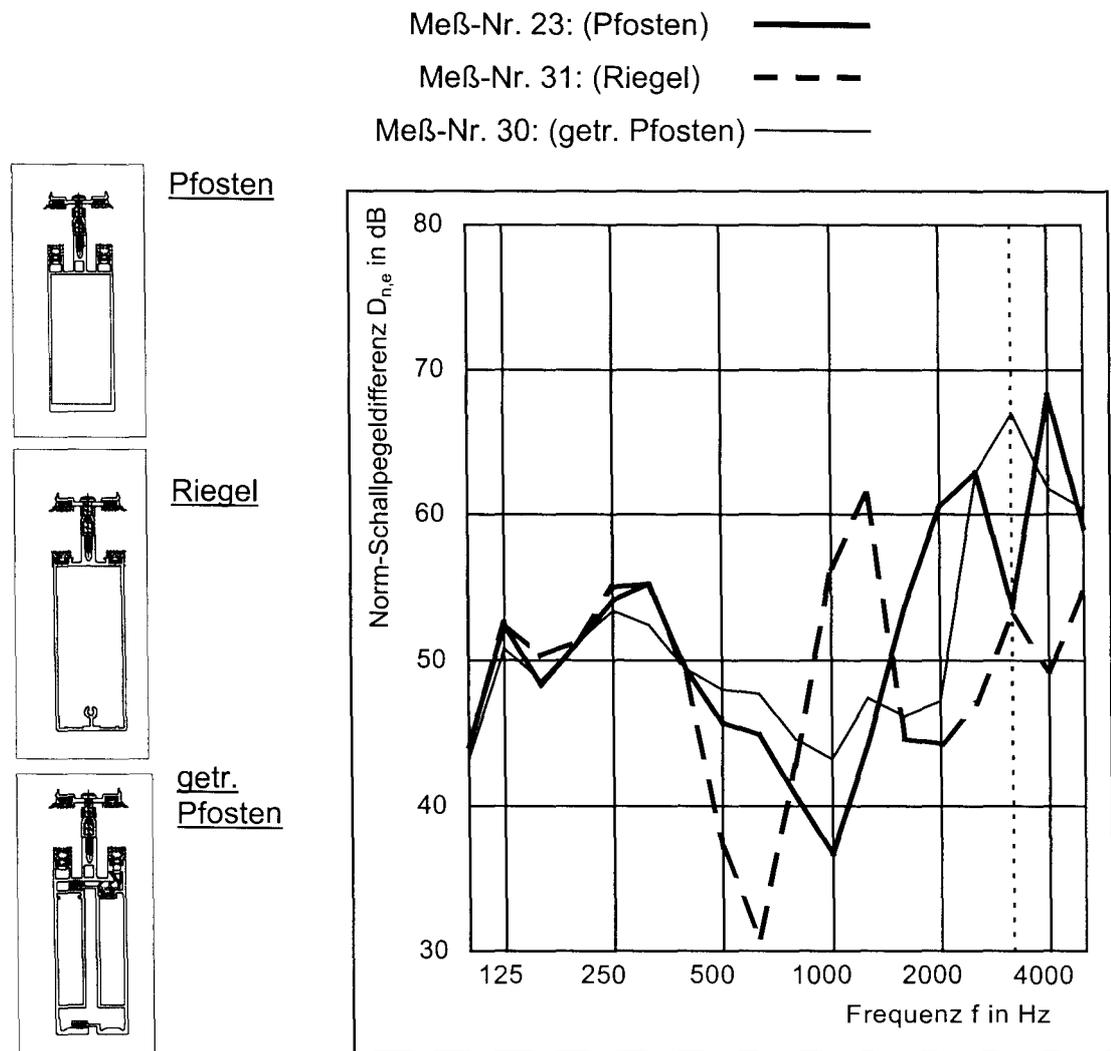
Dadurch stellt sich die Frage, was die beiden Bauarten voneinander unterscheidet. Sie haben fast die gleichen äußeren Abmessungen (Breite: Pfosten : Riegel; 104 mm : 101 mm). Die Materialdicke der beiden Profile beträgt 2,3 mm.

Bei genauerer Betrachtung des Profils wird deutlich, daß sich die Bauweise im wesentlichen auf 3 Details beschränkt.

Der größte Unterschied liegt in der Größe der Hohlkammer (Pfosten : Riegel; 70 x 45 mm : 90 x 45 mm) und der „Nasen“ in der Hohlkammer beim Pfostenprofil (siehe Zeichnung in Kapitel 3.2), die bei dem Riegelprofil nicht vorhanden sind. Der dritte Unterschied liegt in der Materialstärke der hinteren Querseite (Pfosten : Riegel; 4,8 mm : 2,3 mm).

Da die Nasen, wie später in Kapitel 6.4 zu sehen ist, keinen so großen Einfluß auf die Schalldämmung haben, ist der Unterschied auf die Hohlkammer, d.h. auf die zusätzliche Querverbindung, zurückzuführen.

Nachfolgend der Vergleich mit verschiedenen **Bauarten des Herstellers C:**



Vergleich 6-8

Die $D_{n,e,w}$ -Werte betragen:

- Meß-Nr. 23: (Pfosten) → $D_{n,e,w} = 46$ dB
- Meß-Nr. 31: (Riegel) → $D_{n,e,w} = 43$ dB
- Meß-Nr. 30: (getr. Pfosten) → $D_{n,e,w} = 48$ dB

Durch den Vergleich der Meßkurven sieht man, daß der Pfosten und der getrennte Pfosten einen großen Resonanzeinbruch bei 1000 Hz haben und der Pfosten nochmals bei 3150 Hz.

Der Riegel dagegen hat einen großen Einbruch bei 630 Hz und wiederum im Bereich von 1600 – 2000 Hz.

Der größte Unterschied des Pfosten gegenüber dem Riegel ist, wie bei Vergleich 6-7, die Größe der Hohlkammer (Pfosten : Riegel; 104,2 x 46 mm : 122,1 mm x 44,6 mm), wobei sich hier keine so beträchtliche Verbesserung ergibt. Wie auch bei Vergleich 6-7, ist die Materialdicke bei beiden identisch (2,2 mm).

Abschließend ist zu sagen, daß wenn man die Unterschiede der Riegel gegenüber den Pfosten aus Vergleich 6-7 bzw. 6-8 gegenüberstellt, es entscheidend ist wie man die Hohlkammer gestaltet. Eine Querverbindung an der richtigen Stelle zwischen den Wänden der Profile, erzielt eine Verbesserung 10 dB.

6.4 Maßnahmen

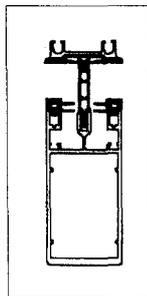
Aus Gründen der Übersichtlichkeit erfolgt die Darstellung der Vergleiche nach den Herstellern A, B und C.

Um das Resultat der einzelnen Maßnahmen leichter zuordnen zu können, wird zusätzlich die Meßkurve und die Zeichnung des „Original“-Profils dargestellt:

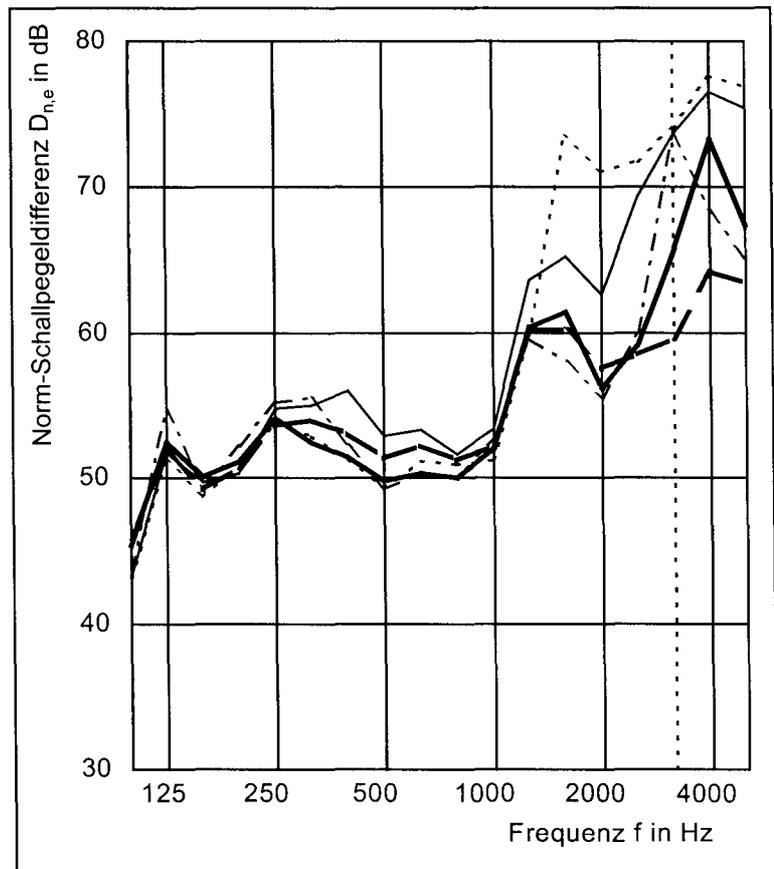
6.4.1 Hersteller „A“

Von Hersteller „A“ werden Maßnahmen an Pfosten- (A-1001) und Riegelprofil (A-1002) untersucht.

Meß-Nr. 1 (Pfosten; original)	—————	Meß-Nr.8 (Mineralwolle; locker.)	- - - - -
Meß-Nr. 6 (Mineralwolle; fest)	- - - - -	Meß-Nr.20 (Montageschaum)	- · - · - ·
Meß-Nr. 7 (Wasser)	—————		



Pfosten



Vergleich 6-9

Die $D_{n,e,w}$ -Werte betragen:

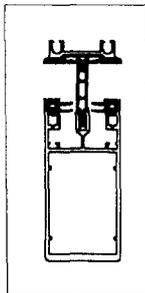
- Meß-Nr. 1 (Pfosten; original) → $D_{n,e,w} = 55$ dB
- Meß-Nr. 6 (Mineralwolle; f.est) → $D_{n,e,w} = 56$ dB
- Meß-Nr. 7 (Wasser) → $D_{n,e,w} = 58$ dB
- Meß-Nr.8 (Mineralwolle; locker.) → $D_{n,e,w} = 56$ dB
- Meß-Nr.20 (Montageschaum) → $D_{n,e,w} = 55$ dB

Im Vergleich der Maßnahmen mit dem „Original“-Pfostenprofil erkennt man, daß bei keiner dieser Maßnahmen eine wesentliche Verbesserung der Schalldämmung erzielt wird.

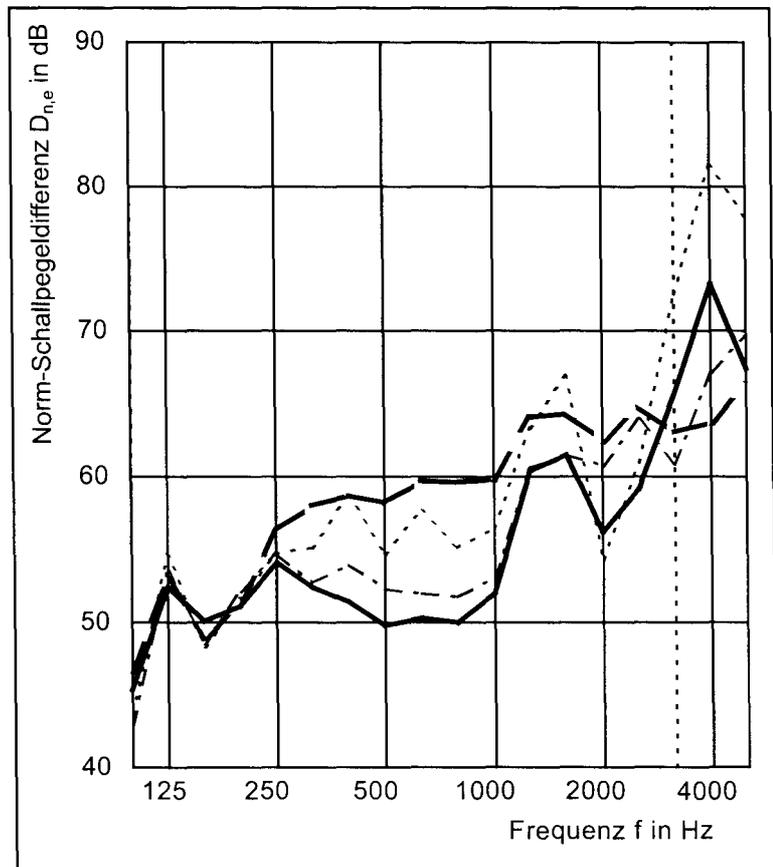
Als „beste“ Alternative des Vergleichs 6-9 zeigt sich Wasser, diese Maßnahme erbringt über den gesamten Frequenzbereich eine Verbesserung der $D_{n,e}$ -Werte.

Somit stellen diese untersuchten Maßnahmen keine brauchbaren Alternativen zur Verbesserung der Schalldämmung dar.

Meß-Nr. 1 (Pfosten; original) ————— Meß-Nr.21 (Beton) - - - - -
 Meß-Nr. 5 (Quarzsand) - - - - - Meß-Nr.36 (GK-Platten) - · - · - ·



Pfosten



Vergleich 6-10

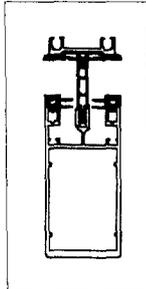
Die $D_{n,e,w}$ -Werte betragen:

- Meß-Nr. 1 (Pfosten; original) → $D_{n,e,w} = 55$ dB
- Meß-Nr. 5 (Quarzsand) → $D_{n,e,w} = 62$ dB
- Meß-Nr.21 (Beton) → $D_{n,e,w} = 59$ dB
- Meß-Nr.36 (GK-Platten) → $D_{n,e,w} = 57$ dB

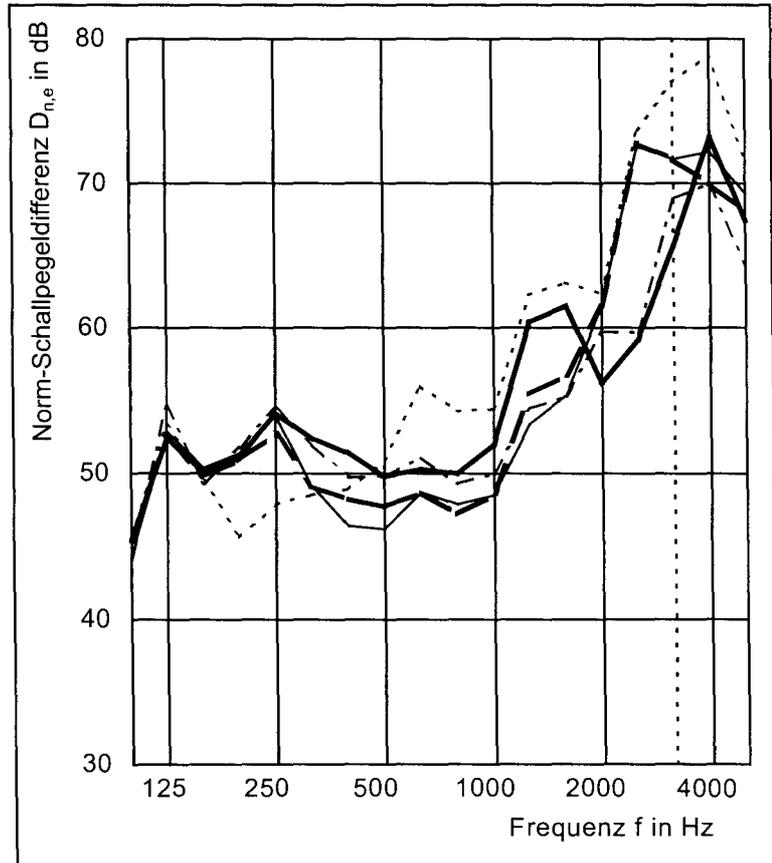
Von den in Vergleich 6-10 aufgeführten Maßnahmen erreicht die Füllung mit Quarzsand die beste Verbesserung. Sie erzielt nur im Bereich von 3150 – 5000 Hz keine Verbesserung.

Dagegen bringen die Maßnahmen mit Beton nur eine Verbesserung von 4 dB und die der GK-Platteneinlage 2 dB.

Meß-Nr. 1 (Pfosten; original)	—	Meß-Nr.18 (ohne Deckel)	-----
Meß-Nr. 17 (mit Deckel)	- - -	Meß-Nr.22 (Bitumen)	- · - · -
Meß-Nr. 19 (ohne Nasen)	—		



Pfosten



Vergleich 6-11

Da die Maßnahmen (Bitumen, Nasen) ohne das Heraustrennen des Deckels nicht machbar waren, mußte man eine Vergleichsmessung (Meß-Nr. 17) durchführen, um die Messungen mit dem „Original“-Pfosten vergleichen zu können.

Die $D_{n,e,w}$ -Werte betragen:

- Meß-Nr. 1 (Pfosten; original) → $D_{n,e,w} = 55$ dB
- Meß-Nr. 17 (mit Deckel) → $D_{n,e,w} = 53$ dB
- Meß-Nr. 18 (ohne Deckel) → $D_{n,e,w} = 56$ dB
- Meß-Nr. 19 (ohne Nasen) → $D_{n,e,w} = 52$ dB
- Meß-Nr. 22 (Bitumen) → $D_{n,e,w} = 54$ dB

Man sieht durch die Vergleichsmessung, daß sich die Kurve nicht wesentlich gegenüber dem „Original“-Meßkurvenverlauf ändert.

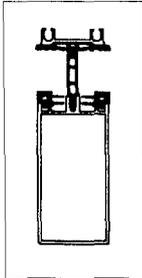
Daher kann man die daraufhin vorgenommenen Änderungen an dem Profil gut einordnen.

Durch das Heraustrennen der „Nasen“ hat sich die Schalldämmung nicht wesentlich verändert, aber es ist eine Veränderung zu erkennen. Man kann deshalb sagen, daß die Nasen einen kleinen Einfluß auf den Kurvenverlauf haben.

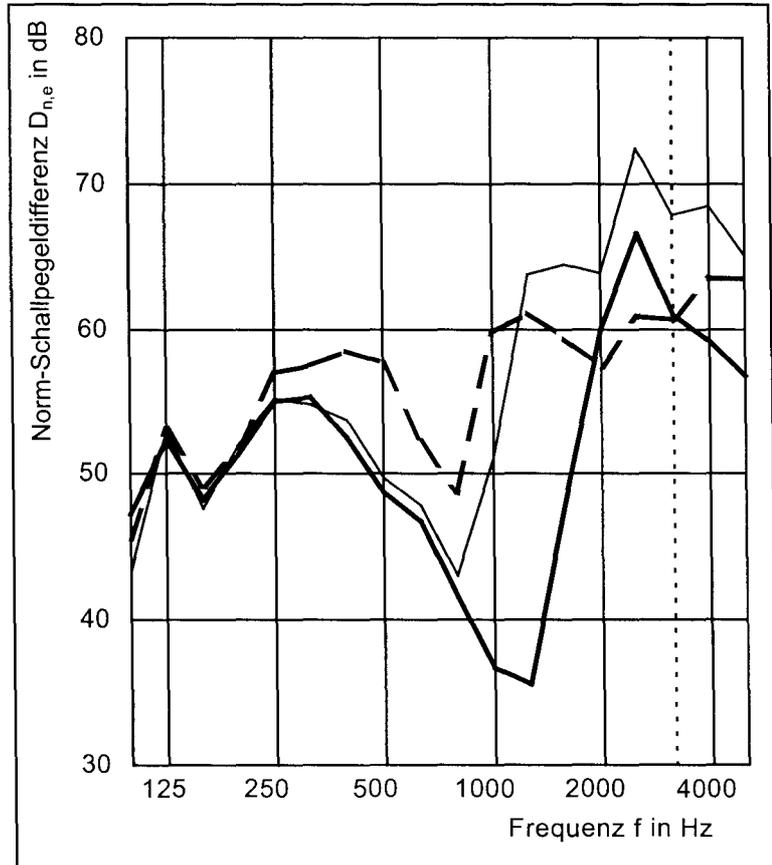
Die Maßnahme, die Hohlkammer zur Entdröhnung mit Bitumen zu beschichten, muß man mit dem Wert der herausgeschnittenen „Nasen“ vergleichen, da diese Maßnahme an diesem Profil durchgeführt wurde. Daraus kann man eine Verbesserung um 2 dB entnehmen, obwohl sich das Gewicht des Profils nur um 300 Gramm verändert hat. Es ist durchaus vorstellbar, daß sich die Schalldämmung durch einen dickeren Auftrag des Bitumens noch mehr verbessern wird. Das Problem liegt darin, das Bitumen in das geschlossene Profil zu spritzen. Denkbar wäre ein Art Sonde, wie sie in der Hohlraumversiegelung bei Kraftfahrzeugen verwendet wird.

Als überraschend gut erwies sich die Maßnahme den „Deckel“ ganz zu entfernen. Aber diese Maßnahme ist schon aus statischen Gründen nicht realisierbar!

Meß-Nr. 9 (Riegel; original) ———
 Meß-Nr. 10 (Quarzsand) - - - -
 Meß-Nr. 35 (GK-Platten) ———



Riegel



Vergleich 6-12

Die $D_{n,e,w}$ -Werte betragen:

- Meß-Nr. 9 (Riegel; original) → $D_{n,e,w} = 45$ dB
- Meß-Nr. 10 (Quarzsand) → $D_{n,e,w} = 58$ dB
- Meß-Nr. 35 (GK-Platten) → $D_{n,e,w} = 54$ dB

Bei Vergleich der Werte ist deutlich zu erkennen, wie sich die Schalldämmung mit beiden Maßnahmen verbessert.

Man sieht bei Betrachtung der Meßkurven, daß der Resonanzeinbruch der beiden Maßnahmen entschärft werden konnte.

Zu sehen ist auch, daß bei Meß-Nr. 35 im Frequenzbereich 1250 – 5000 Hz die $D_{n,e}$ -Werte um einiges besser sind als mit Sand (Meß-Nr. 10).

Man kann auch hier, bei Betrachtung der $D_{n,e,w}$ -Werte, erkennen, wie sich durch die beiden Maßnahmen der $D_{n,e,w}$ -Wert verbessert hat.

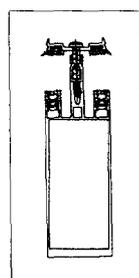
Durch Untersuchung der Kurvenverläufe kann man erkennen, daß sich bei diesem Profil (wie bei Riegel von Hersteller „A“) der Resonanzeinbruch bei der GK-Platteneinlage minimiert und bei der Quarzsandfüllung fast verschwindet.

Es ist also bei dem Stahlprofil die gleiche Tendenz erkennbar, wie bei den bisher geprüften Aluminium-Profilen.

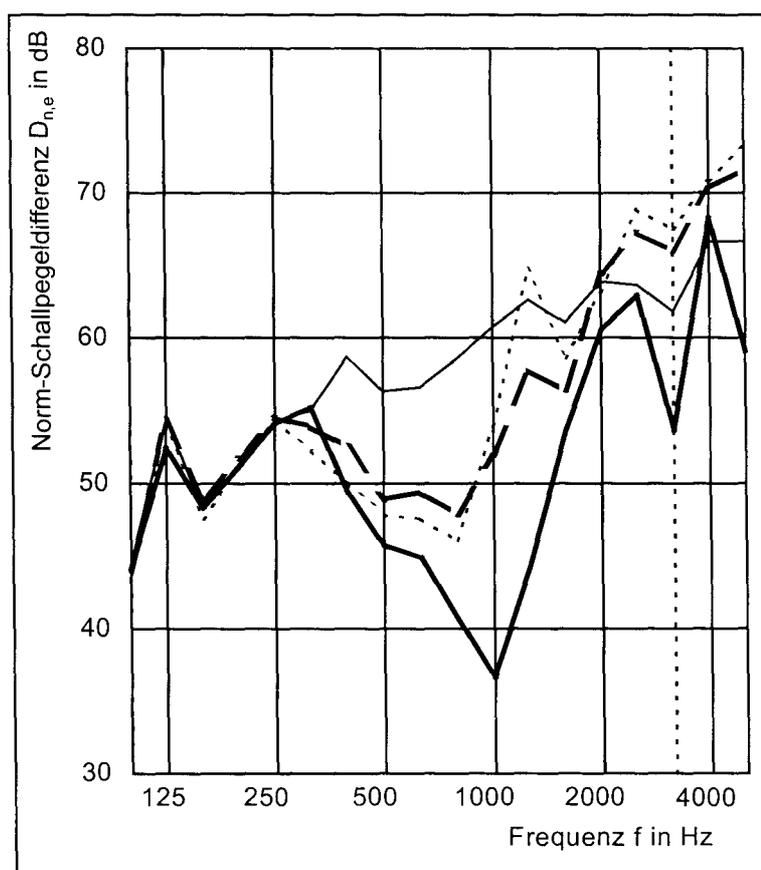
6.4.3 Hersteller „C“

Die Umsetzung der verschiedenen Maßnahmen werden am **Pfostenprofil C-1001** untersucht.

Meß-Nr. 23 (Pfosten; original) ———— Meß-Nr.33 (Quarzsand) ————
 Meß-Nr. 32 (4xGK-Platten,lose) - - - Meß-Nr.34 (2xGK-Platten) - - -



Pfosten



Vergleich 6-14

Die $D_{n,e,w}$ Werte betragen:

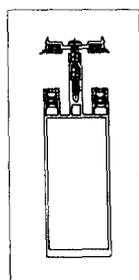
- Meß-Nr. 23 (Pfosten; original) → $D_{n,e,w} = 46$ dB
- Meß-Nr. 32 (4xGK-Platten,lose) → $D_{n,e,w} = 54$ dB
- Meß-Nr.33 (Quarzsand) → $D_{n,e,w} = 60$ dB
- Meß-Nr.34 (2xGK-Platten) → $D_{n,e,w} = 54$ dB

Bei Untersuchung der $D_{n,e,w}$ -Werte ist wiederum die gleiche Tendenz zu erkennen, wie bei den Vergleichen 6-12 und 6-13.

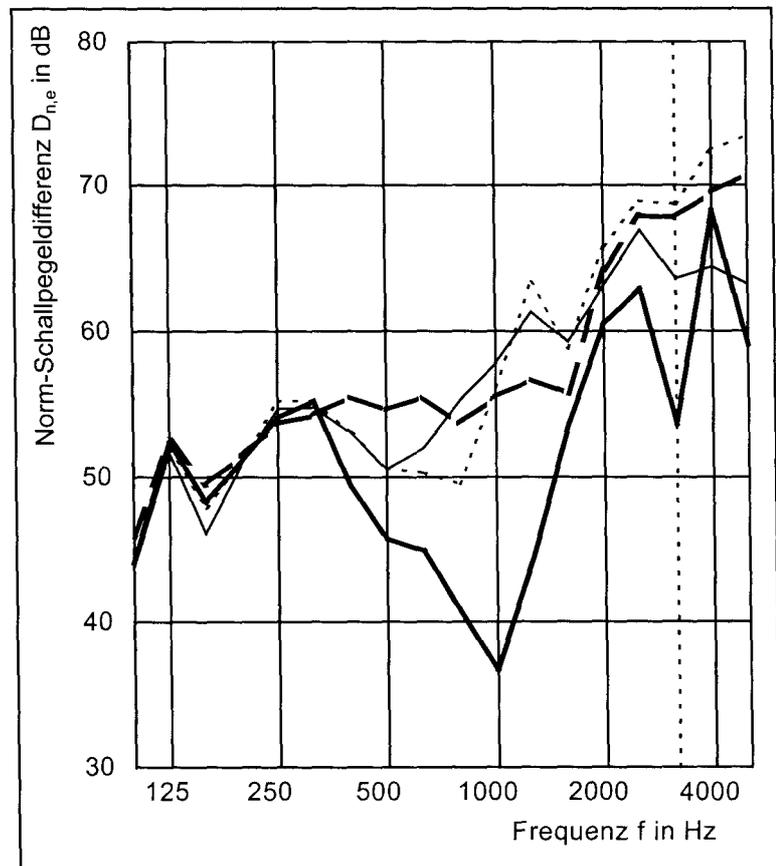
Bei der Sandfüllung verschwindet der Resonanzeinbruch bei 1000 Hz und bei den anderen beiden Maßnahmen wird er deutlich kleiner, wobei er sich etwas nach links verschiebt.

Ersichtlich wird auch, daß es für die Schalldämmung vorteilhafter ist, zwei GK-Platten gegen die Profilwand zu drücken, als vier GK-Platten einzuschieben.

Meß-Nr. 23 (Pfosten; original) ——— Meß-Nr.28 (10xGK-Platten,quer) ———
 Meß-Nr. 27 (4xGK-Platten,längs) - - - - Meß-Nr.29 (4xGK-Platten,3) - - - -



Pfosten



Vergleich 6-15

Die $D_{n,e,w}$ -Werte betragen:

- Meß-Nr. 23 (Pfosten; original) → $D_{n,e,w} = 46$ dB
- Meß-Nr. 27 (4xGK-Platten, längs) → $D_{n,e,w} = 58$ dB
- Meß-Nr. 28 (10xGK-Platten, quer) → $D_{n,e,w} = 58$ dB
- Meß-Nr. 29 (4xGK-Platten,3) → $D_{n,e,w} = 56$ dB

Man sieht auch hier, die wesentlich besseren Werte im Vergleich zum „Original“-Profil. Wobei die GK-Platteneinlage mit mittiger Quarzsandfüllung fast an den $D_{n,e,w}$ -Wert der kompletten Quarzsandfüllung heranreicht.

Man kann abschließend sagen, daß die Maßnahmen mit den GK-Platteneinlage effektiver sind wenn sie aneinander gedrückt werden, möglichst auf durchgehender Profillänge.

7 Schlußbetrachtung und Ausblick

In dieser abschließenden Betrachtung muß festgehalten werden, daß nicht alle aufgeworfenen Fragen beantwortet werden konnten.

Die Thematik erwies sich bei Analyse der Ergebnisse als sehr komplex und kann im Rahmen einer solchen Arbeit nicht vollständig geklärt werden.

Als Ergebnis dieser Arbeit können folgende Erkenntnisse festgehalten werden.

Die Schalldämmung der untersuchten Pfosten-Riegelprofile hat einen charakterisierenden Resonanzeinbruch, der sich störend auf die bauakustischen Eigenschaften der Profile auswirkt. Dieser Einbruch ist bei Stahlprofile, als auch bei Aluminium-Profilen zu erkennen und liegt vielfach im Frequenzbereich von 1000 Hz.

Es ist möglich, diesen Resonanzeinbruch durch die Ausführung verschiedener Maßnahmen einzudämmen bzw. ganz zu entfernen. Die Quarzsandfüllung stellt sich dabei als die Wirkungsvollste heraus. Als gute Alternative erweist sich auch das Ausfüllen der Profile mit Gipskartonplatten.

Als wichtigste Erkenntnis und Ansatz für zukünftige Untersuchungen ist anzuführen, daß bei einem Pfostenprofil der oben beschriebene Resonanzeinbruch, durch eine andere Bauweise, nicht zu erkennen ist. Die Unterschiede der Konstruktion liegen bei sonst gleichen äußeren Abmessungen in der kleineren Hohlkammer und den 4 „Nasen“, die sich in der dieser befinden.

Zusätzlich sollte auch noch verfolgt werden, welchen genauen Einfluß die Materialdicke auf das Schalldämm-Maß der Pfosten-Riegelprofile hat.

Auch die Auswirkungen der beschriebenen Maßnahmen auf die Längsschalldämmung von Pfosten-Riegelfassaden, könnten erforscht werden.

Ein anderer Ansatz könnte sein, weitere Anschlüsse von Trennwänden an eine Pfosten-Riegelfassade, z.B. verschiedene Schwertanschlüsse, zu untersuchen.

Literaturverzeichnis

Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN Taschenbuch 35, Schallschutz; Anforderungen, Nachweise, Berechnungsverfahren und bauakustische Prüfungen, 10. Aufl., Verlag Beuth; Berlin, Wien, Zürich 1999

Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN Taschenbuch 189, Bauphysik, Normen für das Studium, 4. Aufl., Verlag Beuth; Berlin, Wien, Zürich 1994

Gösele, Karl: Schallschutz, in: Gösele, Karl; Schüle, Walter; Künzel, Helmut (Hrsg.), Schall, Wärme, Feuchte; Grundlagen, neue Erkenntnisse und Ausführungshinweise für den Hochbau, 10. Aufl., Bauverlag; Wiesbaden, Berlin 1997

Lutz, Peter: Schall, in: Lutz, Peter, Jenisch, Richard u.a. (Hrsg.), Lehrbuch der Bauphysik; Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima, 3. Aufl., Verlag Teubner, Stuttgart 1994

Sälzer, Elmar; Moll, Wolfgang; Wilhelm, Hans-Ulrich: Schallschutz elementierter Bauteile; Fenster, Türen, Elementwände, Unterdecken, Bauverlag; Wiesbaden, Berlin 1979

Schmidt, Helmut: Schalltechnisches Taschenbuch, Schwingungskompodium, 5. Aufl., Verlag VDI, Düsseldorf 1996

Usemann, Klaus W., Gralle, Horst: Bauphysik; Problemstellungen, Aufgaben und Lösungen, Verlag Kohlhammer; Stuttgart, Berlin, Köln 1997

Erklärung

Ich versichere, daß ich diese Arbeit selbständig angefertigt, nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benützt, sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Rosenheim, den 12.10.2001

.....

(Michael Bächle)