

Andreas Rabold, Stefan Bacher

# **Wärmedämmverbundsysteme und Außendämmungen aus nachwach- senden Rohstoffen zum Einsatz in der Altbausanierung – Prognose und Optimierung der schalltechnischen Eigenschaften**

F 2898

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

2014

ISBN 978-3-8167-9238-3

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

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

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

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

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)

Bitte beachten:

Fehlende Seiten sind **Leerseiten**,  
die bei Erstellung  
der PDF-Datei für den Download nicht  
berücksichtigt wurden

Fraunhofer IRB Verlag

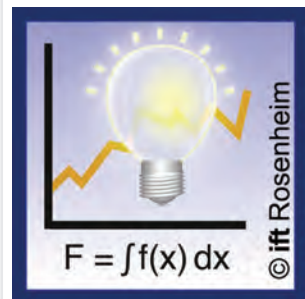


Das Institut für  
Fenster und Fassaden,  
Türen und Tore,  
Glas und Baustoffe

# Forschung & Entwicklung

## Abschlussbericht Nachwachsende Rohstoffe für WDVS-Altbausanierung

Januar 2014



$$F = \int f(x) dx$$



## Abschlussbericht Nachwachsende Rohstoffe für WDVS-Altbausanierung

<b>Thema</b>	Wärmedämmverbundsysteme und Außendämmungen aus nachwachsenden Rohstoffen zum Einsatz in der Altbausanierung – Prognose und Optimierung der schalltechnischen Eigenschaften
<b>Kurztitel</b>	Nachwachsende Rohstoffe für WDVS-Altbausanierung
<b>Gefördert durch</b>	Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung Aktenzeichen SWD-10.08.18.7-12-15
<b>Forschungsstelle</b>	ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Theodor-Gietl-Straße 7-9 83026 Rosenheim
<b>Projektleitung</b>	Dr.-Ing. Andreas Rabold
<b>Projektbearbeitung</b>	Dipl.-Ing. (FH) Stefan Bacher

Rosenheim, Januar 2014

Inhaltsverzeichnis	Seite
<b>1 Einleitung</b>	<b>2</b>
1.1 Kurzbeschreibung des Forschungsvorhabens	2
1.2 Motivation	2
1.3 Ausgangsbasis für das Vorhaben	4
1.4 Forschungsansatz und Untersuchungsmethodik	4
<b>2 Grundlagen</b>	<b>7</b>
2.1 Frequenzabhängige Berechnungsverfahren	7
2.2 Vereinfachte Berechnungsverfahren (Einzahlwerte)	14
<b>3 Messtechnik und Durchführung</b>	<b>17</b>
3.1 Normative Grundlagen der Messungen	17
3.2 Ausführung der Prüfstände und Durchführung der Messungen	17
<b>4 Ergebnisse</b>	<b>25</b>
4.1 Messergebnisse	25
4.2 Validierung und Ergänzung der Prognosemodelle	33
4.3 Planungsgrundlagen	41
4.4 Berechnungsbeispiel	42
<b>5 Zusammenfassung</b>	<b>43</b>
<b>6 Literaturverzeichnis</b>	<b>45</b>
<b>7 Danksagung</b>	<b>49</b>
<b>8 Anhang</b>	<b>51</b>
8.1 Ergebnisübersicht und Planungsdaten	51
8.2 Materialdaten	52
8.3 Datenblätter der Luftschallmessungen	53



## 1 Einleitung

### 1.1 Kurzbeschreibung des Forschungsvorhabens

Durch die kontinuierlich steigenden Anforderungen im Wärmeschutz und dem hohen Anteil an älteren Bestandsgebäuden wird der Anteil der Altbausanierung an der Gesamtbautätigkeit weiter zunehmen. Bei der Sanierung der Gebäudehülle eines Altbaus sind neben den Aspekten des Wärmeschutzes auch u.a. die Anforderungen an den Schallschutz zu berücksichtigen. Hierzu fehlen jedoch gerade bei der Verwendung von Dämmmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen die erforderlichen Planungshilfen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird daher für den Schallschutznachweis ein geeignetes Prognosemodell auf Basis vorhandener Ansätze festgelegt und die erforderlichen Eingangsgrößen durch Messung ermittelt.

### 1.2 Motivation

Bei der energetischen Modernisierung der Gebäudehülle spielt die Verbesserung des Wärmeschutzes der opaken Außenbauteile (Wände) eine entscheidende Rolle. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die entsprechenden Konstruktionen auch weiteren Anforderungen, wie z.B. den Anforderungen an den Schallschutz genügen müssen.

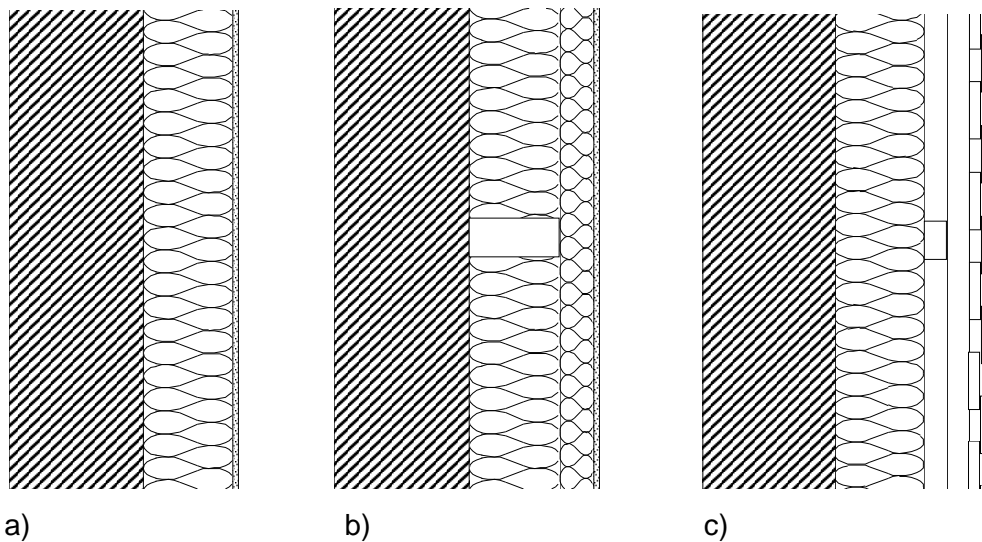
Zur Dämmung von Außenwänden werden unterschiedlichste Materialien verwendet. Neben Dämmstoffen aus Polystyrol, Polyurethan, Mineralfaser etc. stehen auch Materialien zur Verfügung, die aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden. Im Wesentlichen sind dies Holzfaserdämmstoffe sowie Zellulosedämmstoffe. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen bieten hinsichtlich des „ökologischen Rucksacks“ (CO<sub>2</sub>-Bilanz etc.) Vorteile gegenüber Materialien aus nicht nachwachsenden Rohstoffen.

Es ist bekannt, dass durch das Aufbringen einer Wärmedämmung bzw. eines WDVS auf eine Außenwand die schalltechnischen Eigenschaften des Außenbauteils massiv beeinflusst werden können. Für den Schallschutz sind in der Planung der Sanierungsmaßnahme die Anforderungen an die Schalldämmung der Außenbauteile nach DIN 4109 zu berücksichtigen, die aus dem maßgeblichen Außenlärmpegel am Standort des Gebäudes resultieren. Hierzu fehlen jedoch gerade bei der Verwendung von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen ein validiertes Berechnungsmodell sowie die erforderlichen Pla-

nungsdaten für den Schallschutznachweis. Vorhandene Modelle wurden im Rahmen von öffentlich geförderten Forschungsvorhaben bisher nur für die Verwendung von Hartschaum- und Mineralfaserdämmplatten entwickelt und validiert.

Eine Übertragbarkeit der Modelle auf Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen bzw. eine Anpassung solcher Modelle wurde bislang nicht untersucht. Hinzu kommen produktspezifische Systemaufbauten für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen (siehe Abbildung 1), die von bestehenden Berechnungsmodellen nicht abgedeckt werden können.

Die Erweiterung auf verschiedene Konstruktionsvarianten, die aus schalltechnischer Sicht deutliche Vorteile gegenüber konventionellen WDV-Systemen bieten können, fördert die Innovation in diesem Bereich und ermöglicht eine weitere Entwicklung und Ausbreitung von CO<sub>2</sub>-neutralen Dämmstoffen.



**Abbildung 1** Typische Ausführungsvarianten von Außendämmungen aus nachwachsenden Rohstoffen  
a) Klassisches Wärmedämmverbundsystem (WDVS)  
b) Verputzte Holzfaserdämmplatte auf Ständerwerk mit Hohlraumdämmung (WDVS + Ständer)  
c) Vorhangfassade (Boden-Deckel Schalung, Stülpschalung, Holzwerkstoffplatten o.ä.) mit Außendämmung





### 1.3 Ausgangsbasis für das Vorhaben

Derzeit ist ein Nachweis der Luftschalldämmung von Wänden aus Mauerwerk mit aufgebrachtem WDVS aus nachwachsenden Rohstoffen anhand der bestehenden DIN 4109 nicht möglich. Die DIN EN 12354, die als Basis für das Nachweisverfahren in der zukünftigen DIN 4109 dient, enthält ein Verfahren zur Abschätzung des Einflusses von WDVS auf die Luftschalldämmung in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz des Masse/Feder/Masse-Systems (Putz/Dämmplatte/Mauerwerk). In [4] bis [6] werden die Ansätze nach DIN EN 12354 für WDVS auf Mauerwerk weitergehend untersucht. Die Einflüsse der Befestigung (Verklebung, Verdübelung) und der Grundwand ( $R_w$ ) auf die Schalldämmung der Wand mit WDVS werden berücksichtigt. Die Untersuchungen wurden ausschließlich für WDVS aus EPS und Mineralfaser durchgeführt. In [8] wurden WDVS und Außendämmung auf Holzständerwänden und Massivholzwänden untersucht. Hierbei wurden auch die unterschiedlichen Konstruktionsdetails von Dämmstoffen aus Holzfasern und Zellulose berücksichtigt. Für Vorsatzschalen wurden in [4] entsprechende Untersuchungen durchgeführt. Diese können im Rahmen des beantragten Vorhabens für Innendämmung/Installationsebene verwendet werden.

Auf diesen Ansätzen aufbauend können die Modelle für die Anwendung bei Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen in der Altbausanierung angepasst und überprüft werden.

### 1.4 Forschungsansatz und Untersuchungsmethodik

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens vorhandenen Fragestellungen sollten im Wesentlichen durch experimentelle Untersuchungen beantwortet werden. Hierzu wurden umfangreiche Labormessungen der Luftschalldämmung von Wänden mit aufgebrachtem WDVS bzw. Wärmedämmung aus nachwachsenden Rohstoffen durchgeführt. Ebenso wurden die materialspezifischen Eigenschaften (Strömungswiderstand, dynamische Steifigkeit) ermittelt. Diese dienen zur „Erweiterung“ bzw. Anpassung eines Prognosemodells, das auf den bereits vorhandenen Ansätzen aufbaut. Die Ermittlung der schalltechnischen Eigenschaften von Wänden mit Wärmedämmung aus nachwachsenden Rohstoffen wird entsprechend DIN EN ISO 10140 durchgeführt. Um einen Rohdichtebereich der Wände (Flächengewicht) von ca. 200 kg/m<sup>2</sup> bis ca. 450 kg/m<sup>2</sup> abzudecken, wurden vier Wände mit unterschiedlichem Flächengewicht



errichtet. Auf diese wurden die zu untersuchenden nachwachsenden Dämmstoffe unter Variation entscheidender Parameter wie z.B. Befestigungsart, Dämmmaterial aufgebracht. Ebenso wurden im Labor die relevanten Materialkenndaten wie z.B. Rohdichte, dynamische Steifigkeit, Strömungswiderstand nach den einschlägigen technischen Regelwerken ermittelt.

Die aus den experimentellen Untersuchungen abgeleiteten Erkenntnisse und Zusammenhänge dienen zur Anpassung eines Prognosemodells zur Vorhersage der zu erwartenden Luftschalldämmung von Außenwänden in der Altbausanierung. Dieses Prognosemodell baut im Wesentlichen auf den bereits erarbeiteten Erkenntnissen anderer öffentlich geförderter Vorhaben auf.

## 2 Grundlagen

Für die Berechnung der schalltechnischen Verbesserung von einschaligen Wänden durch akustische Vorsatzschalen stehen verschiedene Berechnungsmodelle zur Verfügung [1] - [9]. Ein ausführlicher Vergleich der verschiedenen Modelle für die Anwendung bei Vorsatzschalen und Verbundsystemen erfolgte in [4]. Eine Übersicht der innerhalb dieses Projekts betrachteten Modelle wird in Tabelle 1 gegeben. Hierbei wird zwischen frequenzabhängigen Berechnungsmodellen (Abschnitt 2.1) und Einzahlwert-basierten Modellen (Abschnitt 2.2) unterschieden.

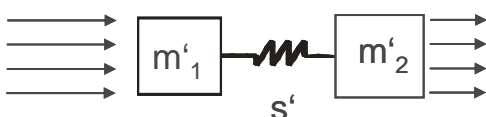
**Tabelle 1** Übersicht der Berechnungsverfahren

Modell nach	Bauteil	Typ
Gösele [1] und Wintergerst [2]	Vorsatzschalen	frequenzabhängig
Cremer, L., Heckl, M. [3]	Vorsatzschalen	frequenzabhängig
Weber, L., Büchele, A. [4]	WDV-Systeme, Vorsatzschalen	frequenzabhängig
Weber, L., Brandstetter, D. [5],[6]	WDV-Systeme	Einzahlwert
DIN EN 12354 [7], verbessert [4]	WDV-Systeme, Vorsatzschalen	Einzahlwert

### 2.1 Frequenzabhängige Berechnungsverfahren

#### 2.1.1 Berechnungsverfahren nach Gösele und Wintergerst

Die Berechnung von K. Gösele [1] hat als Ausgangspunkt ein Masse-Feder-Masse-Modell nach Wintergerst [2]. Bei diesem Modell sind zwei Massen  $m'_1$  und  $m'_2$  über eine Feder mit der dynamischen Steifigkeit  $s'$  verbunden.



**Abbildung 2** Modell der zweischaligen Wand nach Wintergerst [2]



Für die Schalldämmung der zweischaligen Wand wird für senkrechten Schalleinfall oberhalb der Resonanzfrequenz  $f_0$  folgender Zusammenhang angegeben:

$$R = 20 \log \frac{\pi f m'_1}{\rho_0 c_0} + 20 \log \frac{\pi f m'_2}{\rho_0 c_0} + 20 \log \frac{4 \pi f \rho_0 c_0}{s'} \quad \text{mit :} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{s' \left( \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad (1)$$

bzw:

$$R = R_1 + R_2 + 20 \log \frac{4 \pi f \rho_0 c_0}{s'} \quad (2)$$

Eingangsdaten:

$s'$  dynamische Steifigkeit des Dämmstoffs bei Verbundsystemen in  $\text{N/m}^2$  bei Vorsatzschalen mit Hohlraumdämmung ( $r \geq 5 \text{ kPa s/m}^2$ ) ist  $s' \approx 0,111 \cdot 10^6 / d$

$m'_1$  Flächenbezogene Masse der Grundwand (Mauerwerk) in  $\text{kg/m}^2$

$m'_2$  Flächenbezogene Masse der Vorsatzschale in  $\text{kg/m}^2$

$R_1$  Schalldämm-Maß der Grundwand

$R_2$  Schalldämm-Maß der Vorsatzschale aus Messwerten

$\rho_0 c_0$  Kennimpedanz der Luft. Dichte  $\rho_0 = 1,19 \text{ kg/m}^3$ , Schallgeschwindigkeit  $c_0 = 343 \text{ m/s}$

Für die Verbesserung  $\Delta R$  der Vorsatzschale ergibt sich somit:

$$\Delta R = R_2 + 20 \log \frac{4 \pi f \rho_0 c_0}{s'} \quad \text{bzw :} \quad \Delta R = 40 \log \frac{f}{f_0} \quad \text{dB} \quad (3)$$

Das ursprüngliche Modell von Wintergerst wurde von Gösele dahingehend erweitert, dass zur Berücksichtigung eines diffusen Schalleinfalls gegenüber dem in [2] angesetzten senkrechten Schalleinfall mit einer äquivalenten flächenbezogenen Masse gerechnet wird, die sich für biegeweiche Vorsatzschalen zu

$$m'^* = \frac{m'}{\sqrt{2}} \quad \text{kg/m}^2 \quad (4)$$

ergibt. Das Modell berücksichtigt keine Verbindungen (Befestigungspunkte) zwischen Grundwand und Vorsatzschale.

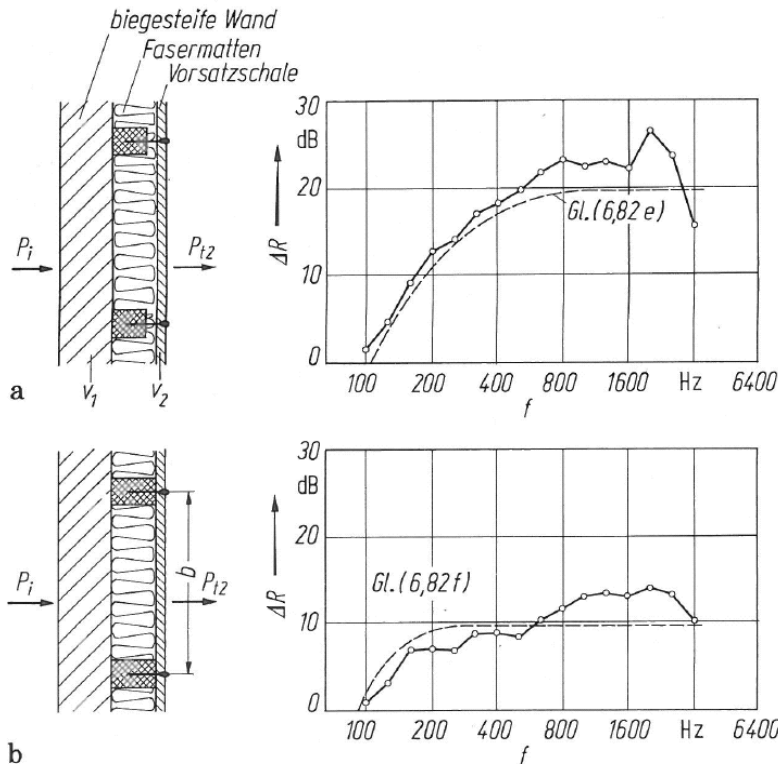
### 2.1.2 Berechnungsverfahren nach Cremer und Heckl

Ein frequenzabhängiges Berechnungsmodell für Massivwände mit Vorsatzschalen, die punkt- oder linienförmig befestigt sind, wird in [3] vorgeschlagen. Das Modell geht vom Verhältnis der auf die Massivwand auftreffenden Schallleistung  $P_i$  zur von der Vorsatzschale abgestrahlten Schallleistung  $P_{t,2}$  aus. Wird zusätzlich die von der Wand in die Vorsatzschale abgestrahlte Schallleistung  $P_{t,1}$  berücksichtigt, ergibt sich für die Schalldämmung  $R$ :

$$R = 10 \log \left( \frac{P_i}{P_{t,2}} \right) = 10 \log \left( \frac{P_i P_{t,1}}{P_{t,1} P_{t,2}} \right) = 10 \log \left( \frac{P_i}{P_{t,1}} \right) + 10 \log \left( \frac{P_{t,1}}{P_{t,2}} \right) \quad (5)$$

Das Verhältnis von  $P_i$  zu  $P_{t,1}$  beschreibt die Schalldämmung  $R_1$  der Massivwand ohne Vorsatzschale. Der zweite Term die Verbesserung  $\Delta R$  durch die Vorsatzschale.

$$R = R_1 + \Delta R \quad \text{mit :} \quad \Delta R = 10 \log \left( \frac{P_{t,1}}{P_{t,2}} \right) \quad (6)$$



**Abbildung 3** Verbesserung der Schalldämmung durch Vorsatzschalen nach [3]

a) punktförmige Verbindung, Berechnung nach (10)

b) linienförmige Verbindung, Berechnung nach (11)

Die abgestrahlte Schalleistung der Massivwand wird durch den Effektivwert der Schnelle  $v_1$ , der Rohdichte  $\rho_0$  der Luft, der Schallgeschwindigkeit  $c_0$ , der Fläche  $S$  und den Abstrahlgrad  $\sigma_1$  beschrieben:

$$P_{t,1} = \bar{v}_1^2 \rho_0 c_0 S \sigma_1 \quad (7)$$

Für die abgestrahlte Schalleistung der Vorsatzschale mit **punktförmiger** Verbindung zur Massivwand gilt nach [3] unterhalb der Grenzfrequenz der Vorsatzschale ( $f < f_{g,2}$ ):

$$P_{t,2} = \frac{8}{\pi^3} \bar{v}_2^2 \rho_0 c_0 n \lambda_g^2 \quad (8)$$

Hierbei entspricht  $n$  der Anzahl der Verbindungspunkte und  $\lambda_g$  der Wellenlänge bei der Grenzfrequenz ( $\lambda_g = c_0 / f_g$ ).

Die abgestrahlte Schalleistung der Vorsatzschale mit **linienförmiger** Verbindung zur Massivwand wird in [3] angegeben mit:

$$P_{t,2} = \frac{2}{\pi} \bar{v}_2^2 \rho_0 c_0 n / \lambda_g^2 \quad (9)$$

Hierbei entspricht  $n l_B$  dem Produkt aus Anzahl der Verbindungslinien und der Verbindungslänge.

Zusätzlich wird berücksichtigt, dass bei tiefen Frequenzen (in der Nähe der Resonanzfrequenz  $f_0$ ) die Übertragung durch das Gefach dominiert. Die Verbesserung der Schalldämmung wird dann mit  $40 \log(f/f_0)$  angesetzt (siehe Abschnitt 2.1.1).

Somit ergibt sich für die Verbesserung  $\Delta R$  durch die Vorsatzschale mit **punkt-förmiger** Verbindung genügend weit oberhalb der Grenzfrequenz der Massivwand ( $\sigma_1 = 1$ ):

$$\Delta R = \min \left\{ \begin{array}{l} 40 \log\left(\frac{f}{f_0}\right) \\ 10 \log\left(\frac{\tilde{v}_1^2 S \pi^3}{8 \tilde{v}_2^2 n \lambda_g^2}\right) \end{array} \right. \quad \text{mit :} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'}{m'_2}} \quad (10)$$

Und für Vorsatzschale mit **linienförmiger** Verbindung:

$$\Delta R = \min \left\{ \begin{array}{l} 40 \log\left(\frac{f}{f_0}\right) \\ 10 \log\left(\frac{\tilde{v}_1^2 S \pi}{2 \tilde{v}_2^2 n l_B \lambda_g}\right) \end{array} \right. \quad \text{mit :} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'}{m'_2}} \quad (11)$$

### 2.1.3 Berechnungsverfahren nach Weber und Buchele

Das in [4] vorgeschlagene Modell zur frequenzabhängigen Berechnung der Verbesserung durch Vorsatzschalen basiert auf dem analytischen Modell nach K. Gösele [1] (s. Abschnitt 2.1.1) und berücksichtigt zusätzliche Erkenntnisse aus experimentellen Untersuchungen. Es werden hierzu vier Frequenzbereiche unterschieden, die in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz  $f_0$  von Grundwand und Vorsatzschale und einer sogenannten Knickfrequenz  $f_K$  eingeteilt werden:

1)  $f \leq 0,5 f_0$  unterhalb der Resonanzfrequenz  $f_0$

Genügend weit unterhalb der Resonanzfrequenz wird die Verbesserung  $\Delta R$  durch die Vorsatzschale zu null gesetzt ( $\Delta R = 0$  dB).

2)  $0,5 f_0 < f \leq f_0$  Resonanzbereich von Grundwand und Vorsatzschale

Für den Bereich der Resonanzfrequenz wird der Einbruch in  $\Delta R$  durch die Resonanzüberhöhung der Schwingung anhand eines pauschalen Wertes erfasst,



der durch die statistische Auswertung von Messergebnissen verschiedener Vorsatzschalen-Systeme (freistehend oder Verbundsystem) festgelegt wurde.

3)  $f_0 < f \leq f_K$  oberhalb  $f_0$  und unterhalb der Knickfrequenz  $f_K$

Oberhalb der Resonanzfrequenz wird für die Berechnung von  $\Delta R$  das Modell nach [1] verwendet (siehe auch Abschnitt 2.1.1).

4)  $f > f_K$  oberhalb der Knickfrequenz  $f_K$

Das Modell nach [1] wurde durch die zusätzliche Einführung der Knickfrequenz  $f_K$  erweitert, die eine experimentell ermittelte Abnahme der Verbesserung oberhalb dieser Frequenz berücksichtigt.

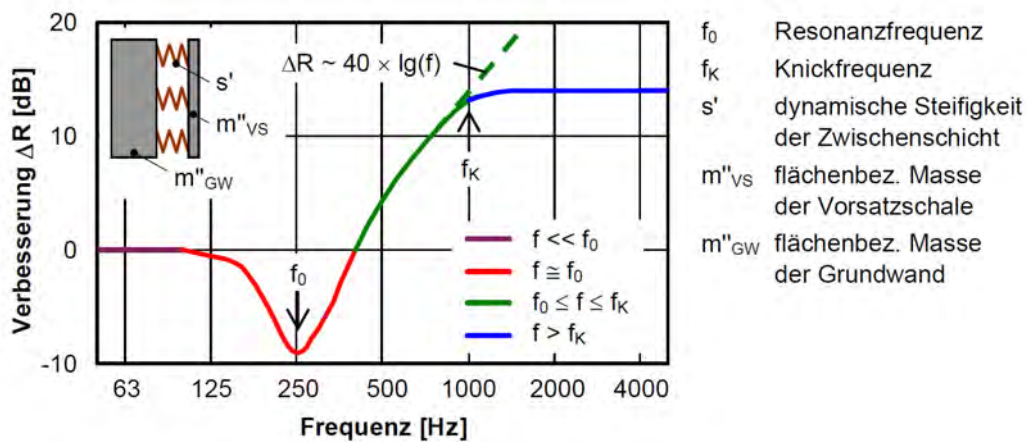


Abbildung 4 Schematischer Verlauf von  $\Delta R$  in den vier Frequenzbereichen [4].



Die Berechnung von  $\Delta R$  erfolgt für diese Frequenzbereiche mit:

- 1)  $f \leq 0,5 f_0$   $\Delta R = 0$
- 2)  $0,5 f_0 < f \leq f_0$   $\Delta R = \Delta R(f_0) \left( \frac{2f}{f_0} - 1 \right)$  mit :  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{s' \left( \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$  (12)
- 3)  $f_0 < f \leq f_K$   $\Delta R = \max(\Delta R_1, \Delta R(f_0))$
- 4)  $f > f_K$   $\Delta R = \max(\Delta R_2, 0)$

Ausdrücke in Gleichung (12):

$$\Delta R(f_0) = \begin{cases} -2,6 & \text{Freistehende Vorsatzschale} \\ -7,2 & \text{Verbundsysteme} \end{cases} \quad (13)$$

$$\Delta R_1 = R_{VS} + 20 \log \left( \frac{4 \pi \rho_0 c_0 f}{s'} \right) \quad (14)$$

$$\Delta R_2 = \Delta R_1 - 33 \log \left( \frac{f}{f_K} \right) \quad \text{mit : } f_K = 3,9 f_0 \sqrt{\frac{d_0 m'_2}{d m'_1}} \quad (15)$$

Eingangsgrößen:

- $s'$  dynamische Steifigkeit des Dämmstoffs bei Verbundsystemen in N/m<sup>2</sup>  
bei Vorsatzschalen mit Hohlraumdämmung ( $r \geq 5$  kPa s/m<sup>2</sup>) ist  $s' \approx 0,111 \cdot 10^6 / d$
- $m'_1$  Flächenbezogene Masse der Grundwand (Mauerwerk) in kg/m<sup>2</sup>
- $m'_2$  Flächenbezogene Masse der Vorsatzschale in kg/m<sup>2</sup>
- $R_{VS}$  Schalldämm-Maß der Vorsatzschale nach [4] oder aus Messwerten
- $d, d_0$  Schalenabstand der Vorsatzschale zur Grundwand in m,  $d_0 = 1$  m
- $\rho_0 c_0$  Kennimpedanz der Luft. Dichte  $\rho_0 = 1,19$  kg/m<sup>3</sup>, Schallgeschwindigkeit  $c_0 = 343$  m/s



## 2.2 Vereinfachte Berechnungsverfahren (Einzahlwerte)

### 2.2.1 Berechnungsverfahren nach DIN EN 12354-1

Das Modell nach DIN EN 12354-1, Anhang D [7] gibt die zu erwartende Verbesserung  $\Delta R_w$  des bewerteten Schalldämm-Maßes einer Vorsatzschale oder eines Verbundsystems in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz  $f_0$  und der Schalldämmung  $R_w$  der Grundwand an. Die Resonanzfrequenz wird hierzu ermittelt nach:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{s' \left( \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad (16)$$

mit:

$s'$  dynamische Steifigkeit des Dämmstoffs bei Verbundsystemen in  $\text{N/m}^2$   
 bei Vorsatzschalen mit Hohlraumdämmung ( $r \geq 5 \text{ kPa s/m}^2$ ) ist  $s' \approx 0,111 \cdot 10^6 / d$

$m'_1$  Flächenbezogene Masse der Grundwand (Mauerwerk) in  $\text{kg/m}^2$

$m'_2$  Flächenbezogene Masse der Vorsatzschale in  $\text{kg/m}^2$

$\Delta R_w$  kann nun aus Tabelle D.3 (siehe Abbildung 5) abgelesen werden.

Resonanzfrequenz $f_0$ der Vorsatzschale in Hz	$\Delta R_w$ in dB
$\leq 80$	$35 - R_w/2$
100	$32 - R_w/2$
125	$30 - R_w/2$
160	$28 - R_w/2$
200	-1
250	-3
315	-5
400	-7
500	-9
630 bis 1 600	-10
$> 1 600$	-5

Anmerkung 1 Für Resonanzfrequenzen unter 200 Hz beträgt der Mindestwert von  $\Delta R_w$  0 dB.  
 Anmerkung 2 Für die Zwischenresonanzfrequenzen können die Werte durch lineare Interpolation aus dem Frequenz-Logarithmus abgeleitet werden.  
 Anmerkung 3  $R_w$  bezeichnet das bewertete Schalldämm-Maß der Bezugswand/Bezugsdecke, in dB.

**Abbildung 5** Tabelle D.3 – Bewertetes Luftschallverbesserungsmaß durch eine Vorsatzkonstruktion in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz [7]

Das Verfahren berücksichtigt homogene massive Grundwände mit einem bewerteten Schalldämm-Maß  $R_w$  im Bereich 20 bis 60 dB. Untersuchungen in [4] haben gezeigt, dass  $\Delta R_w$  durch das Modell, besonders bei Resonanzen unter 200 Hz, systematisch unterschätzt wird. Es wird dort deshalb eine leicht veränderte Variante der Tabelle D.3 vorgeschlagen, die zu einer besseren Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung führt:

$f_0$ [Hz]	$\Delta R_w$ [dB]
$\leq 30$	$(45 - R_{w,GW}/2) \geq 0$
30 - 160	$(74,4 - 20 \lg(f_0) - R_{w,GW}/2) \geq 0$
200	-1
250	-3
315	-5
400	-7
500	-9
630 - 1600	-10
$> 1600$	-5

**Abbildung 6** Modifizierte Tabelle D.3 – Bewertetes Luftschallverbesserungsmaß durch eine Vorsatzkonstruktion in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz [4]

### 2.2.2 Berechnungsverfahren nach Weber und Brandstetter

Zur Ermittlung der Verbesserung von Wärmedämmverbundsystemen aus Mineralfaser oder Polystyrol wird in [5],[6] ein Modell vorgeschlagen, das neben dem Einfluss der Resonanzfrequenz und der Schalldämmung der Grundwand auch den Einfluss der Verdübelung, der Klebefläche  $F$  (in %) und des Strömungswiderstandes  $r$  der Dämmplatte berücksichtigt:

$$\Delta R_w = \Delta R_{w,S} - K_D - K_K - K_T - K_S \quad (17)$$

$$\Delta R_{w,S} = a \log(f_0) + b \quad (18)$$

$$K_D = \begin{cases} 0 & \text{ohne Dübel} \\ 0,34 \Delta R_{w,S} + 0,4 & \text{mit Dübeln} \end{cases} \quad (19)$$

$$K_K = 0,052 F - 2,1 \quad (20)$$

$$K_T = (-1,4 \log(f_0) + 3,6)(R_{w,0} - 53) \quad (21)$$

$$K_S = \begin{cases} -0,11 r + 3,8 & \text{für Mineralfaserplatten-Systeme} \\ -0,38 r + 9,8 & \text{für Mineralfaserlamellen-Systeme} \end{cases} \quad (22)$$



**Tabelle 2** Koeffizienten für a und b in Gleichung (18)

Frequenzbereich von $f_0$	Dämmplattentyp			
	Polystyrolsysteme		Mineralfasersysteme	
	a	b	a	b
$f_0 < 125$ Hz	-35,1	79,7	-35,9	82,4
$125 \text{ Hz} \leq f_0 < 250$ Hz	-26,7	62,0	-36,5	83,7
$f_0 \geq 250$ Hz	-2,4	3,8	5,4	-16,7

### 3 Messtechnik und Durchführung

#### 3.1 Normative Grundlagen der Messungen

Die Messung und Bewertung der Luftschalldämmung wurde nach den derzeit gültigen deutschen und internationalen Messnormen durchgeführt. Zusätzlich erfolgte die Untersuchung der Materialeigenschaften für die eingesetzten Materialien (Bepunktungen und Dämmstoffe). Hierzu wurden, falls vorhanden, eingeführte deutsche und internationale Normen herangezogen. Diese Mess- und Auswertnormen sind im Einzelnen in nachstehender Tabelle 3 aufgeführt.

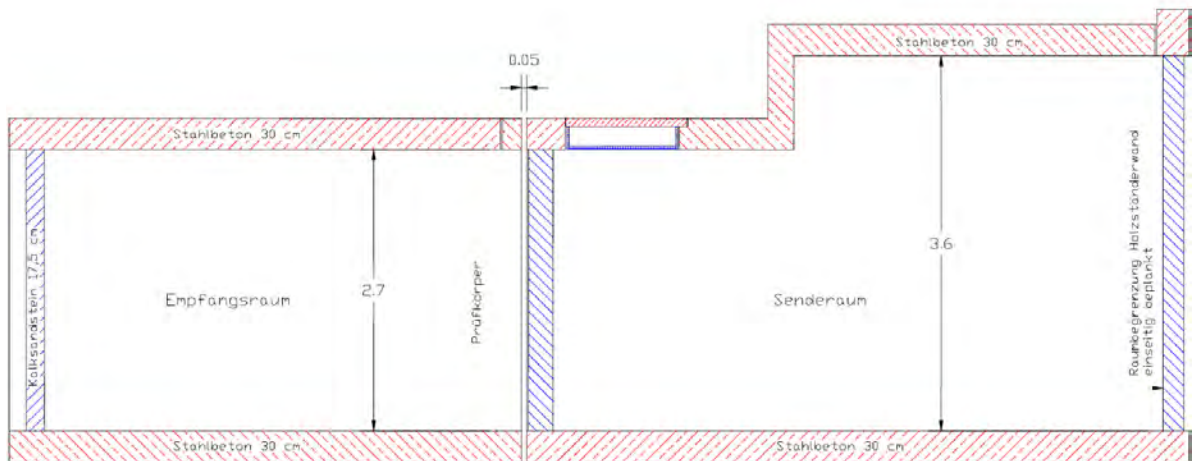
**Tabelle 3** Mess- und Bewertungsnormen

	Norm
Prüfstände für Schallmessungen an Wänden	DIN EN ISO 10140-1 [12]
Messung der Luftschalldämmung von Wänden im Labor	DIN EN ISO 10140-2 [11]
Bewertung der Luftschalldämmung	DIN EN ISO 717-1 [13]
Messung der dynamischen Steifigkeit	DIN EN 29052-1 [14]
Messung des Strömungswiderstands	DIN EN 29053 [15]

#### 3.2 Ausführung der Prüfstände und Durchführung der Messungen

##### 3.2.1 Schalldämmprüfstand (Wandprüfstand)

Die Messungen der Schalldämmung nach DIN EN ISO 10140-2 [12] wurden für die unterschiedlichen Grundwände mit den jeweiligen WDV-Systemen und Außendämmungen alle im gleichen Prüfstand (Wandprüfstand „V-Wand“ des ift Rosenheim) nach DIN EN ISO 10140-01 [11] durchgeführt. Die Volumina und Abmessungen des Prüfstands sind in Abbildung 7 dargestellt.



**Abbildung 7** Skizze des Wandprüfstands V-Wand.  
 Senderraumvolumen  $V_S = 105 \text{ m}^3$ , Empfangsraumvolumen  $V_E = 62 \text{ m}^3$   
 Prüffläche  $S = 10,12 \text{ m}^2$  (Wandfläche im Prüfraumen)

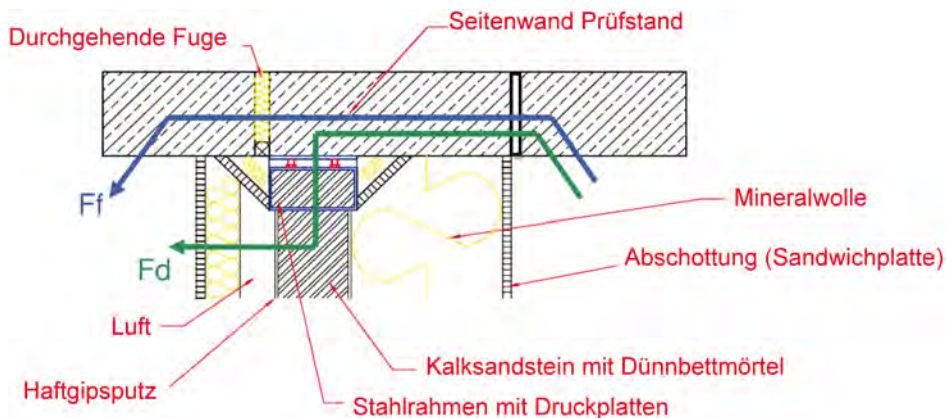
### 3.2.2 Wechselrahmen für die Prüfungen

Zur rationellen Durchführung der Messungen mit unterschiedlichen Grundwänden wurden zwei Stahl-Wechselrahmen entwickelt, die einen schnellen Ein- und Ausbau der Prüfraumen und gleichzeitig eine ausreichende Energieableitung in den Prüfstandskörper ermöglichen. Abbildung 8 zeigt ein Foto des Wechselrahmens mit Kalksandstein-Mauerwerk (grundiert). Die Hohlprofile und der obere H-Träger wurden ausbetoniert.



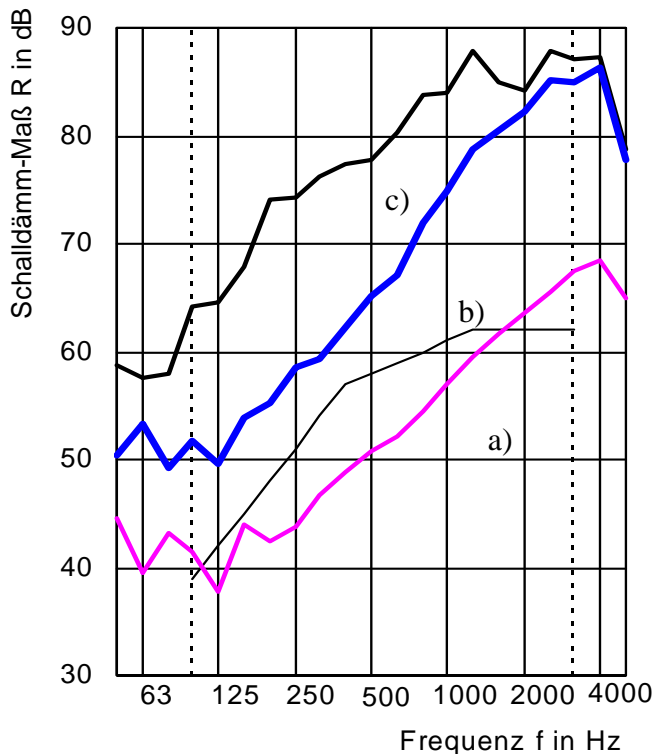
**Abbildung 8** Stahl-Wechselrahmen mit Mauerwerk (Kalksandstein)

Abbildung 9 zeigt die seitliche Anbindung des Wechselrahmens an die Prüfstandswand. Um einen kraftschlüssigen Anschluss an die Prüfstandswand zu gewährleisten, wird der Wechselrahmen mittels Stahlplatten und Gewindebolzen mit der Prüfstandswand verpresst. Auf dem Prüfstandsboden sitzt der Wechselrahmen in einem Mörtelbett. Von oben wird er mit einem Stahlbetonsturz belastet. Neben der schrägen Abschottung des Rahmens für die Prüfung ist in Abbildung 9 zusätzlich die Abschottung zur Ermittlung der Grenzdämmung zu erkennen.



**Abbildung 9** Einbausituation Prüfung Maximaldämmung und Grenzdämmung

Die Maximal- und die Grenzdämmung des Prüfstands inkl. dem Wechselrahmen ist in Abbildung 10 der Schalldämmung der Kalksandsteinwand gegenübergestellt.

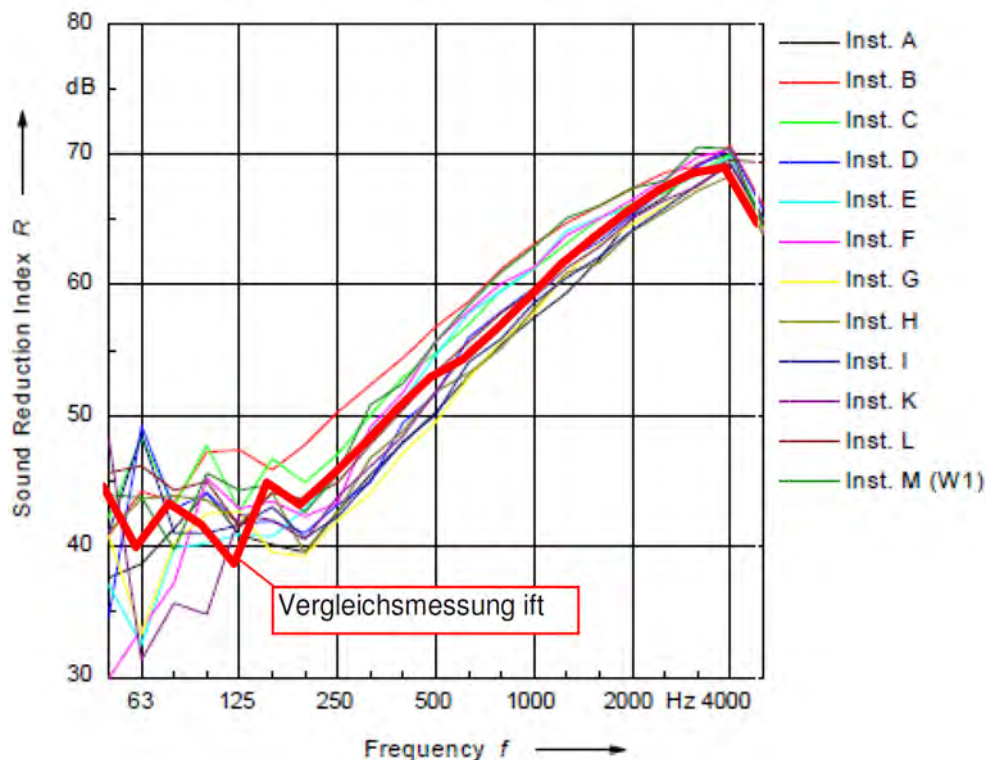


**Abbildung 10** Vergleich der Schalldämmung:  
 a) Bezugs wand aus 240 mm KSV,  $R_w = 58$  dB  
 b) Maximalschalldämmung,  $R_w = 69$  dB  
 c) Grenzdämmung des Prüfstands,  $R_w = 83$  dB

Während die Grenzdämmung eine Aussage über die Flankenübertragung des Prüfstands auf dem Weg Ff macht, wird bei der Maximalschalldämmung (Abschottung nur Senderraum-seitig) auch die Übertragung auf dem Weg Fd berücksichtigt. Diese ist, wie Abbildung 10 zeigt, deutlich größer als der Anteil auf dem Weg Ff. Geschuldet wird dies der starren Anbindung an die Prüfstandswand, die ausreichende Energieableitung gewährleisten soll. Zur näheren Untersuchung des Einflusses auf die Messgenauigkeit wurde deshalb eine Korrektur der Ergebnisse in Bezug auf die Maximalschalldämmung durchgeführt. Diese Maximalschalldämmungs-Korrektur hat im Einzahlwert eine Verbesserung zwischen 0 und 1 dB bewirkt (im Mittel 0,5 dB). Der Einfluss kann also als untergeordnet angesehen werden. Die im Bericht wiedergegebenen Ergebnisse sind, entsprechend den Vorgaben nach DIN EN ISO 10140 nicht korrigiert.



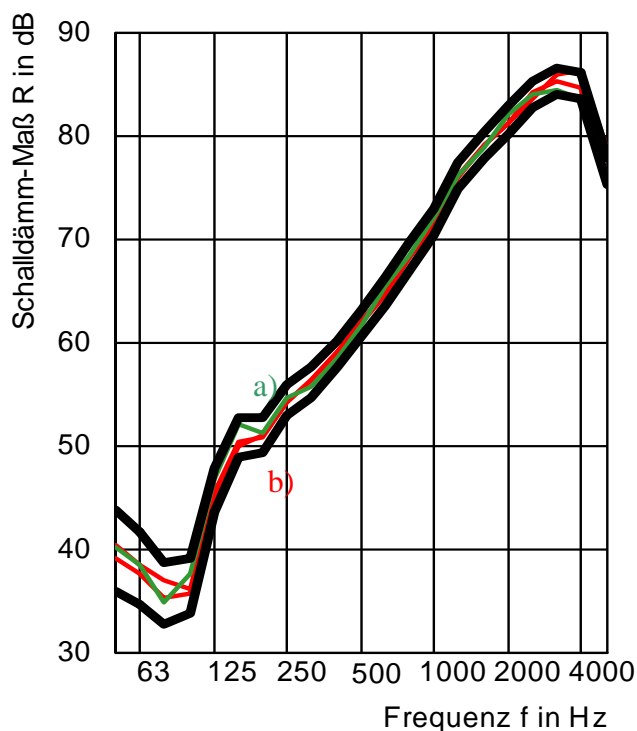
Neben der Maximal- und der Grenzdämmung war zu überprüfen, inwieweit die Ergebnisse der Wand im Wechselrahmen mit denen von konventionell eingebauten Wänden vergleichbar sind. Hierzu wurde auf die Ergebnisse eines Ringversuchs der PTB mit Kalksandsteinwänden zurückgegriffen [26]. Die Kalksandsteine wurden dem ift Rosenheim dankenswerterweise von der PTB aus Restbeständen des Ringversuchs zur Verfügung gestellt. Abbildung 11 zeigt den Vergleich der Schalldämmung der Kalksandsteinwand mit den Ergebnissen des Ringversuchs in 12 unterschiedlichen Prüfständen der Ringversuchsteilnehmer. Die frequenzabhängigen Schalldämm-Maße liegen über den gesamten Messbereich im mittleren Schwankungsbereich der Vergleichskurven. Man kann somit auf Grund der Zusatzmaßnahmen zur besseren Anbindung des Rahmens an den Prüfstand von einer Gleichwertigkeit der Montage im Wechselrahmen gegenüber dem konventionellen Einbau ausgehen.



**Abbildung 11** Vergleich der Schalldämmung der Bezugswand (240 mm KSV,  $R_w = 58$  dB) mit den Ergebnissen des Ringversuchs in 12 unterschiedlichen Prüfständen der Ringversuchsteilnehmer

### 3.2.3 Messungen zur Bestimmung des Einflusses der Trocknungsdauer

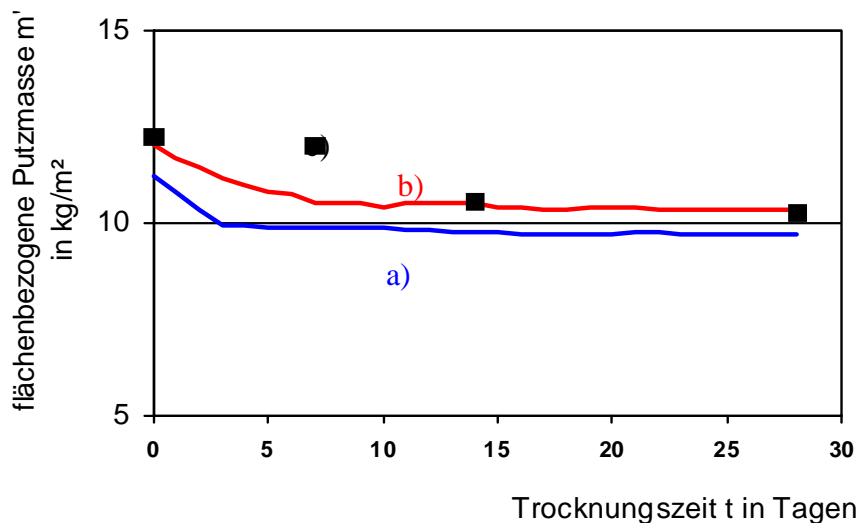
Da nur ein begrenzter Zeitraum für die Durchführung der Messungen innerhalb des Projekts zur Verfügung steht, war zusätzlich der Einfluss verkürzter Trocknungszeiten auf die Ergebnisse zu untersuchen. Hierzu wurden bei den ersten beiden verputzten WDV-Systemen sowohl nach 3 Tagen Trocknungszeit als auch nach 6 Tagen Trocknungszeit (Messung + Wiederholungsmessung) gemessen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 12 dargestellt. Die Kurvenverläufe der Schalldämm-Maße liegen im gesamten Frequenzbereich im Bereich der Wiederholgenauigkeit nach DIN EN ISO 12999-1 [27].



**Abbildung 12** Luftschalldämmung einer Mauerwerkswand (240 mm KSV) mit verputztem WDV in Abhängigkeit der Trocknungszeit.  
a) Messung nach 3 Tagen Trocknungszeit:  $R_w = 64,2$  dB  
b) Messung und Wiederholungsmessung nach 6 Tagen Trocknungszeit:  $R_w = 63,6$  dB  
c) Toleranzschlauch nach DIN EN ISO 12999-1, Tabelle 1

Zusätzlich wurde die flächenbezogene Masse des Putzes über der Trocknungsdauer anhand von Putzproben ermittelt und mit Erfahrungswerten der Fa. Knauf verglichen. Wie Abbildung 13 zeigt, lagen die flächenbezogenen

Massen nach 4 Tagen Trocknungszeit bereits sehr nahe am Erwartungswert für 14 bzw. 28 Tage. Eine Trocknungszeit von 3–5 Tagen erscheint also für dieses Projekt ausreichend zu sein.



**Abbildung 13** Flächenbezogene Masse der Putzproben, Typ Klebe- und Armiermörtel SM700 Pro Hersteller Fa. Knauf  
 a) Putzdicke  $d = 6,8$  mm, Lagerung oberhalb des Prüfstands bei Wand 1 (240 mm Porenbeton)  
 b) Putzdicke  $d = 6,9$  mm, Lagerung im Prüfstand bei Wand 2 (240 mm KSV)  
 c) Erwartungswerte von Knauf bei  $d = 6,8$  mm

### 3.2.4 Prüfstand zur Ermittlung der dynamischen Steifigkeit

Um Dämmplatten hinsichtlich ihrer elastischen Eigenschaften zu kennzeichnen, wurde die dynamische Steifigkeit der untersuchten Dämmplatten nach DIN EN 29052-1 gemessen. Der Prüfstand nach DIN EN 29052-1 ist zwar eigentlich für Untersuchungen an Trittschalldämmplatten ausgelegt, jedoch gibt es keine normativ geregelte Messvorschrift für Dämmplatten, die als WDVS auf Wänden eingesetzt werden. Bei der Interpretation der Messergebnisse muss daher berücksichtigt werden, dass die geprüfte Situation (Auflagermasse / Zusammendrückung der Dämmplatte) nicht repräsentativ für die Einbausituation in einer Wand ist.



Der eingesetzte Aufbau und die Durchführung der Messung entspricht der in Bild 1 der DIN EN 29052-1 beschriebenen Prüfanordnung mit einer Grundplatte von 8 kg Gewicht. Die Probekörperabmessungen der Dämmplatten entsprechen den Normvorgaben, d.h. 20 cm × 20 cm. Die Dicke der Dämmstoffe entspricht den gelieferten Dämmstoffdicken. Die Schwingungsanregung erfolgte über Shaker. Die Messung der Resonanzfrequenz erfolgte über Schwingungsaufnehmer und einen Mehrkanalechtzeitanalysator mit FFT-Funktion. Aus den gemessenen Resonanzfrequenzen wurde die dynamische Steifigkeit, falls erforderlich noch mit Korrektur der dynamischen Steifigkeit des eingeschlossenen Gases, ermittelt.

$$s'_t = 4 \cdot \pi^2 \cdot m'_t \cdot f_0^2 \quad \text{in } \frac{N}{m^3} \quad (23)$$

mit:

$s'_t$  dynamische Steifigkeit in N/m<sup>3</sup>

$f_0$  Resonanzfrequenz in Hz

$m'_t$  Gesamtmasse pro Flächeneinheit der Prüfanordnung in kg/m<sup>2</sup>

### 3.2.5 Prüfstand zur Messung des Strömungswiderstands

Die Messung des Strömungswiderstands erfolgte nach DIN EN 29053, wobei ein Luftgleichstromverfahren eingesetzt wurde. Die Probenabmessungen entsprechen denen der Prüfung der dynamischen Steifigkeit, d.h. 20 cm × 20 cm × Dämmstoffdicke. Es wurde der Luftdurchgang senkrecht zur Plattenebene gemessen.

## 4 Ergebnisse

Die Messergebnisse des Projekts werden als Übersicht in Abschnitt 4.1 dargestellt. Abschnitt 4.2 behandelt die unterschiedlichen Prognosemodelle und ihre Validierung anhand der Messergebnisse. Eine Zusammenstellung der Grundlagen für die schalltechnische Planung ist in Abschnitt 4.3 zu finden.

### 4.1 Messergebnisse

Die Datenblätter der Messergebnisse sind im Anhang (Abschnitt 8.3) enthalten. Eine Übersicht der Ergebnisse mit statistischer Auswertung erfolgt in Abschnitt 4.1.1. Abschnitt 4.1.2 zeigt den Vergleich der Ergebnisse mit den Anforderungen bzw. Zielwerten nach DIN 4109 und VDI 4100. Die Wirkungsweise der geprüften Wärmedämm-Verbund-Systeme und der Außendämmungen wird in Abschnitt 4.1.5 behandelt.

#### 4.1.1 Ergebnisübersicht

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden für 14 unterschiedliche Außendämmungen und WDV-Systeme 30 Varianten geprüft. Die Messungen erfolgten auf vier verschiedenen Grundwänden mit einer flächenbezogenen Masse zwischen 241 kg/m<sup>2</sup> und 463 kg/m<sup>2</sup>. Eine Übersicht der Prüfergebnisse wird im Anhang (Abschnitt 8.1) gezeigt.

Das bewertete Schalldämm-Maß der Grundwände lag zwischen  $R_w = 46$  dB für eine Hochlochziegelwand mit 241 kg/m<sup>2</sup> und einem für die 70er-Jahre typischen Lochbild (durchlaufende Stege) und  $R_w = 58$  dB für die „schwere Altbauwand“ mit 463 kg/m<sup>2</sup>. Mit den Dämmsystemen wurden bewertete Schalldämm-Maße zwischen  $R_w = 51$  dB und  $R_w = 64$  dB erreicht.

Neben dem Schalldämm-Maß  $R_w$  und dem Spektrumanpassungswert  $C_{tr,50-5000}$  für Verkehrslärm wurden auch die Verbesserungen der Schalldämmung ausgewertet:

$$\Delta R_{w,direct} = R_{w,with} - R_{w,without} \quad (24)$$

$$\Delta (R_w + C_{tr,50-5000})_{direct} = (R_w + C_{tr,50-5000})_{with} - (R_w + C_{tr,50-5000})_{without} \quad (25)$$



Die Spannweite der Messergebnisse für die unterschiedlichen Dämmsysteme wird in Tabelle 4 dargestellt.

**Tabelle 4** Ergebnisse im Überblick (Minimum ... **Mittelwert** ... Maximum)

Typ	Anzahl	$R_w$	$R_w + C_{tr,50-5000}$	$\Delta R_{w,direct}$	$\Delta(R_w + C_{tr,50-5000})_{direct}$
WDVS, klassisch	11	51.. <b>55</b> ..60 dB	43.. <b>46</b> ..50 dB	-1.. <b>2</b> ..6 dB	-4.. <b>-2</b> ..1 dB
WDVS + Ständer	9	57.. <b>61</b> ..64 dB	47.. <b>50</b> ..52 dB	5.. <b>7</b> ..11 dB	-2.. <b>1</b> ..4 dB
Außendämmung mit Schalung	8	56.. <b>59</b> ..64 dB	47.. <b>49</b> ..51 dB	3.. <b>5</b> ..7 dB	-3.. <b>-1</b> ..1 dB

#### 4.1.2 Schalldämm-Maße im Vergleich mit Zielwerten

Die Anforderungen an die Schalldämmung von Außenbauteilen werden nach DIN 4109 [18], Tabelle 8 an das Außenbauteil inklusive aller Einbauten gestellt. Sie sind in Abhängigkeit des vor der Fassade vorhandenen „maßgeblichen Außenlärmpegels“ und der Raumart bzw. -nutzung in sieben Bereiche unterteilt: erf.  $R'_{w,res} = 30$  dB bis 50 dB<sup>1</sup>. In Abhängigkeit der eingeplanten Fensterfläche und -qualität ergeben sich für die Außenwände erforderliche Schalldämm-Maße zwischen  $R_w = 30$  dB und  $R_w = 60$  dB. Die Vorschläge nach VDI 4100 [20], die im privatrechtlichen Bereich häufig angewendet werden, berufen sich in Schallschutzstufe I und II auf die Werte nach DIN 4109.

Um einem typischen Verkehrslärm-Spektrum mit tieffrequenten Anteilen gerecht zu werden, ist eine Beurteilung der Schalldämmung durch die Summe des Schalldämm-Maßes  $R_w$  und des Spektrumanpassungswertes  $C_{tr,50-5000}$  für Verkehrslärm möglich. Anforderungen an  $R_w + C_{tr,50-5000}$  werden weder in der DIN 4109 noch in der VDI 4100 gestellt und sind auch in der neuen - derzeit im Entwurf vorliegenden DIN 4109 [21] - nicht vorgesehen. In einem aktuellen Vorschlag für eine internationale akustische Klassifizierungsnorm [23] werden folgende Zielwerte für Klassifizierungsstufen von A bis F angegeben:

<sup>1</sup> Für die höheren Lärmbelastungen sind die Anforderungen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen

**Tabelle 5** Klassifizierung von Außenbauteilen in Abhängigkeit des Umgebungslärms  $L_{DEN}$  [23]

	Untere Grenze ( $L_{DEN} = 55$ dB)		Obere Grenze ( $L_{DEN} = 75$ dB)	
	$D_{2m,nT,50}$	$R'_w + C_{tr,50-5000}$ <sup>1)</sup>	$D_{2m,nT,50}$	$R'_w + C_{tr,50-5000}$ <sup>1)</sup>
Class A	≥ 35 dB	≥ 33 dB	≥ 55 dB	≥ 53 dB
Class B	≥ 31 dB	≥ 29 dB	≥ 51 dB	≥ 49 dB
Class C	≥ 27 dB	≥ 25 dB	≥ 47 dB	≥ 45 dB
Class D	≥ 23 dB	≥ 21 dB	≥ 43 dB	≥ 41 dB
Class E	≥ 19 dB	≥ 17 dB	≥ 39 dB	≥ 37 dB
Class F	≥ 15 dB	≥ 13 dB	≥ 35 dB	≥ 33 dB

<sup>1)</sup> Umrechnung der Klassifizierungswerte in [23] auf einen Beispielraum mit  $S = 10$  m<sup>2</sup>,  $V = 45$  m<sup>3</sup>, Fassadenfront durchlaufend

Die Klassifizierungswerte wurden in Tabelle 5 für einen Beispielraum ( $S = 10$  m<sup>2</sup>,  $V = 45$  m<sup>3</sup>, Fassadenfront durchlaufend) von  $D_{2m,nT,50}$  in  $R'_w + C_{tr,50-5000}$  umgerechnet, um bessere Vergleichsmöglichkeiten mit den Prüfergebnissen zu erhalten.

Eigene Untersuchungen [24] ergaben für Außenbauteile Zielwerte von  $R'_w + C_{tr,50-5000} > 43$  dB, um bei einem „üblichen Verkehrslärmspektrum“ einen Innenpegel ≤ 30 dB(A) zu erreichen.

Wie die in Tabelle 4 zusammengestellten Ergebnisse zeigen, können die Anforderungswerte nach DIN 4109 mit den geprüften Konstruktionen durchaus erreicht werden. Dies gilt auch für das resultierende Schalldämm-Maß aus Wand + Fenster für übliche Fensteranteile und -qualitäten.

Gleiches gilt prinzipiell für die Klassifizierungswerte in Tabelle 5. Ursache hierfür ist jedoch weniger die Wirksamkeit der Außendämmung oder WDV-Systeme, sondern eher die hohe flächenbezogene Masse der Wände. Die Verbesserung der Schalldämmung inklusive des Spektrumanpassungswertes  $C_{tr,50-5000}$  lag für die geprüften Aufbauten zwischen  $\Delta(R_w + C_{tr,50-5000})_{direct} = -4$  dB und +4 dB. Für tieffrequente Verkehrslärmbelastungen ist durch diese Systeme somit keine Verbesserung gegenüber der in der Regel schon ausreichenden Schalldämmung der Grundwand zu erwarten. Ursache hierfür ist die Lage der Resonanzfrequenz, die in Abschnitt 4.1.4 behandelt wird.



#### 4.1.3 Vergleich der Dämmsysteme

Der Vergleich der geprüften klassischen WDV-Systeme aus nachwachsenden Rohstoffen mit solchen aus Polystyrol- oder Mineralfaserplatten [5] zeigt sehr ähnliche Ergebnisse (Mittelwert bei konventionellen Dämmstoffen:  $\Delta R_{w, \text{direct}} = 2,7 \text{ dB}$ ,  $\Delta(R_w + C_{tr, 50-5000})_{\text{direct}} = -3,3 \text{ dB}$ ).

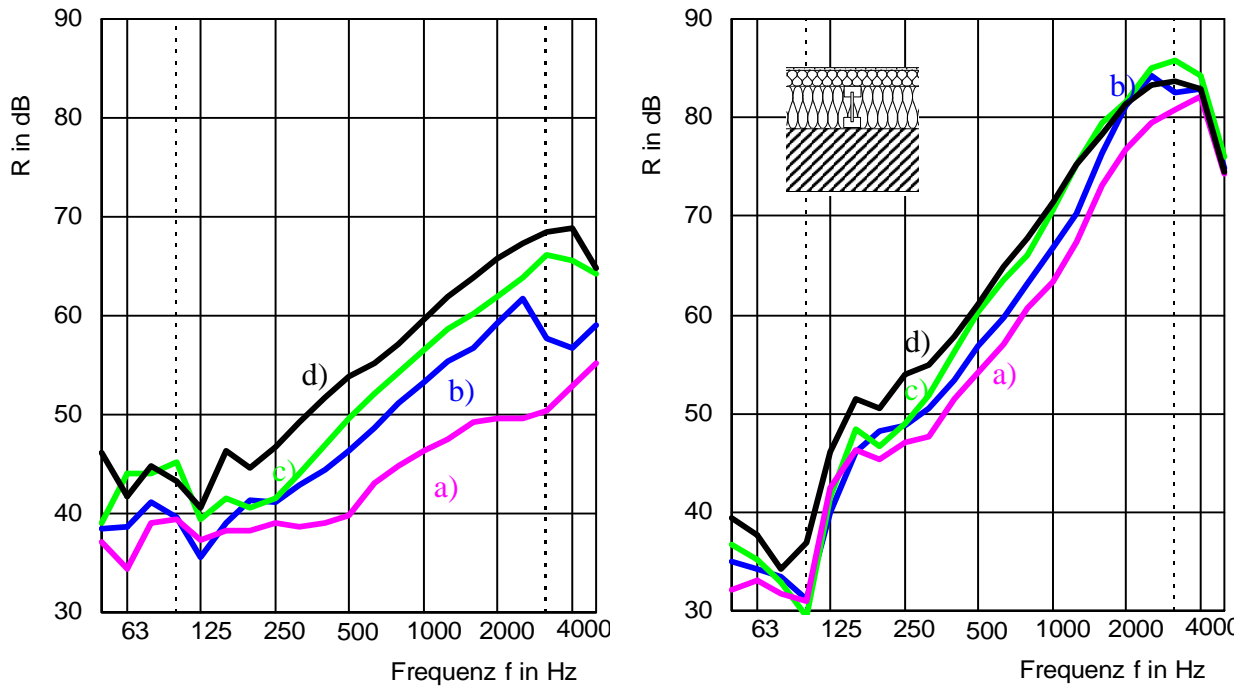
Deutlich besser haben hingegen Konstruktionen mit einem zusätzlichen Ständer in der Dämmebene abgeschnitten. In der Konstruktion dieser Dämmsysteme liegt auch durchaus noch Optimierungspotential in Bezug auf die Befestigung bzw. die Kopplung mit der Grundwand. Bei den aktuellen Messungen wurden die Ständer direkt an der Grundwand mit drei Befestigungspunkten auf der Wandhöhe verschraubt. Bei vorgefertigten Elementen dieser Bauart wäre eine ausschließliche Befestigung von Schwelle und Rähm und damit eine bessere Entkopplung von der Grundwand denkbar.

#### 4.1.4 Schalldämmung der Grundwände mit Dämmsystem

Für die Grundwände wurden bewusst nur Mauerwerkstypen gewählt, die keine ausgeprägten Dickenresonanzen aufweisen. Auch bei den Hochlochziegeln wurde ein Lochbild mit durchgehenden Stegen verwendet, wie es in den 70er-Jahren bei Außenwänden noch üblich war.

Ein Vergleich der Schalldämmung der Grundwände wird in Abbildung 14 links gezeigt. Die Schalldämmung dieser Wände mit einem WDV-System + Ständer wird in Abbildung 14 rechts dargestellt. Der Vergleich zeigt deutlich, dass die Unterschiede der Grundwände durch die akustische Vorsatzschale des Dämmsystems teilweise ausgeglichen werden. Entsprechend ist die Wirkungsweise der Dämmsysteme abhängig von der Grundwandausbildung. Auf einer schlechteren Grundwand ergibt sich eine größere Verbesserung durch das Dämmsystem. Ein Erklärungsansatz hierfür kann im veränderten Einfluss der Koinzidenzgrenzfrequenz gefunden werden. Die schräg einfallende Schallwelle führt bei den Grundwänden im Frequenzbereich zwischen 125 Hz und 500 Hz zur verstärkten Übertragung durch „Spuranpassung“, bei den Grundwänden mit senderaumseitigem Dämmsystem im Frequenzbereich größer 2000 Hz. Die Lage der Koinzidenzfrequenz der Grundwand ist dann im Kurvenverlauf kaum noch erkennbar, vielmehr zeigen die Kurvenverläufe nun näherungsweise eine Parallelverschiebung in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse der Grundwand (6 dB Parallelverschiebung bei Masseverdoppelung).



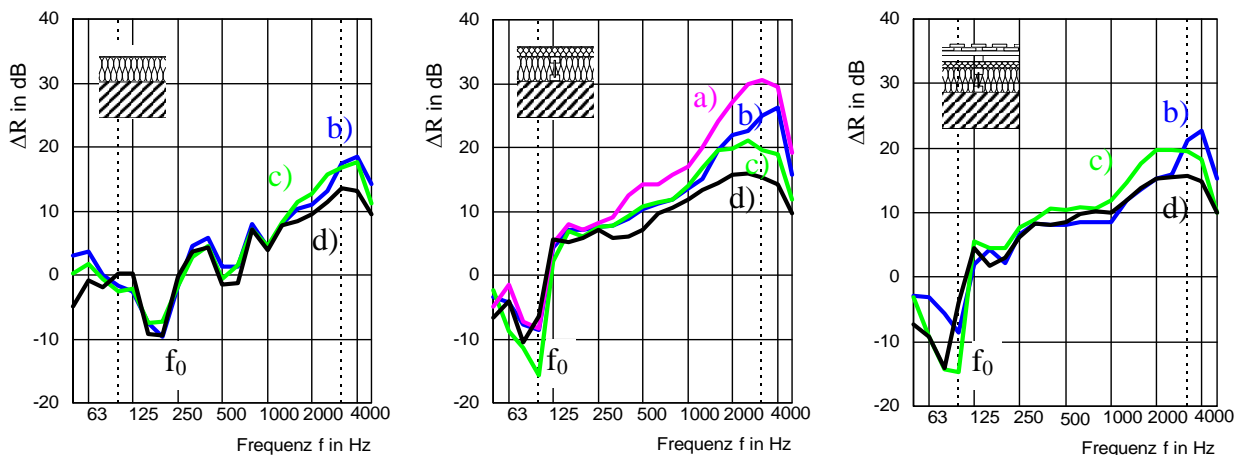


**Abbildung 14** Schalldämmung der vier Grundwände im Vergleich. Links: Grundwände ohne Zusatzmaßnahmen. Rechts mit Wärmedämmverbundsystem + Ständer

- a) 240 mm Hochlochziegel,  $m' = 241 \text{ kg/m}^2$   $R_w = 46 \text{ dB}$  mit WDVS+Ständer:  $R_w = 57 \text{ dB}$
- b) 240 mm Porenbeton,  $m' = 252 \text{ kg/m}^2$   $R_w = 52 \text{ dB}$  mit WDVS+Ständer:  $R_w = 59 \text{ dB}$
- c) 175 mm Kalksandstein,  $m' = 349 \text{ kg/m}^2$   $R_w = 53 \text{ dB}$  mit WDVS+Ständer:  $R_w = 60 \text{ dB}$
- d) 240 mm Kalksandstein,  $m' = 463 \text{ kg/m}^2$   $R_w = 58 \text{ dB}$  mit WDVS+Ständer:  $R_w = 64 \text{ dB}$

#### 4.1.5 Wirkungsweise der Dämmsysteme

Die unterschiedliche Wirkungsweise der Dämmsysteme auf den Grundwänden lässt sich durch die frequenzabhängige Verbesserung  $\Delta R$  am deutlichsten darstellen. Abbildung 15 zeigt dies für die drei untersuchten Dämmsystem-Typen auf den unterschiedlichen Grundwänden.



**Abbildung 15** Verbesserung der Luftschalldämmung in Abhängigkeit der Frequenz.

Ermittelt auf den unterschiedlichen Grundwänden

(Zuordnung von a bis d nach Abbildung 14)

Links: Klassisches WDVS

$$\Delta R_{w,direct} = -1 \text{ dB}$$

Mitte: WDVS mit Ständer

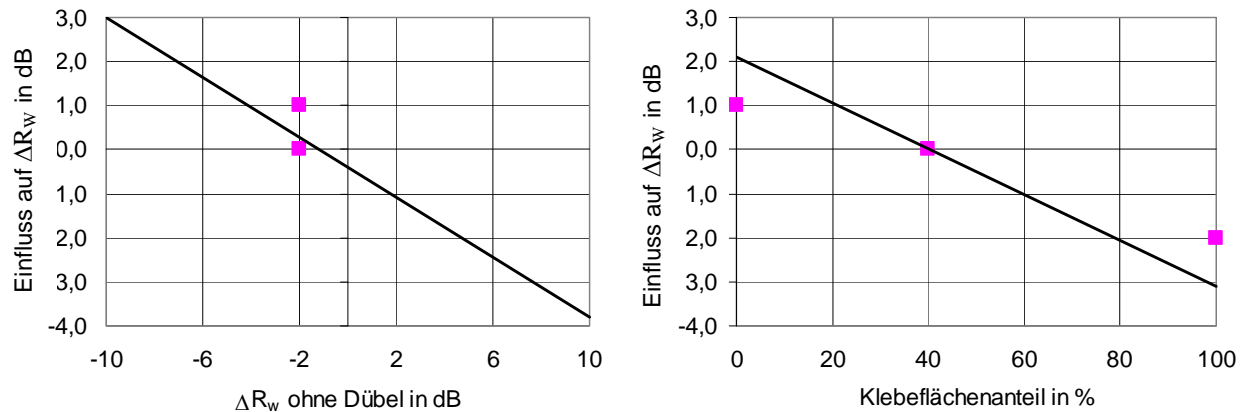
$$\Delta R_{w,direct} = 6 \text{ dB bis } 11 \text{ dB}$$

Rechts: Außendämmung mit Schalung

$$\Delta R_{w,direct} = 5 \text{ dB bis } 7 \text{ dB}$$

Die Verbesserung zeigt für den unteren Frequenzbereich den zu erwartenden Verlauf. Unterhalb der Masse-Feder-Masse Resonanz  $f_0$  ist die Verbesserung nahezu gleich null, da die zusätzliche Masse durch das Dämmsystem klein ist gegenüber der Masse der Grundwand. Im Bereich der Resonanz ergibt sich eine deutliche Verschlechterung der Schalldämmung. Oberhalb der Resonanz dann der steile Anstieg von  $\Delta R$ . Dieser Anstieg erfolgt allerdings lediglich im Bereich von ca. einer Oktave, danach wird die Verbesserung durch weitere Effekte beeinflusst. Als Einflussgröße ist die Kopplung durch Dübel oder Ständer, die Verklebung der Dämmplatte auf der Grundwand, der Einfluss der Koizidenzfrequenz und Dickenresonanzen im Dämmsystem zu nennen.

Der Einfluss des Klebeflächenanteils und der Verdüblung der Dämmplatten wurde bereits von L. Weber in [5] ausführlich untersucht. Abbildung 16 zeigt den zu erwartenden Einfluss nach [5] im Vergleich mit Messwerten aus diesem Projekt. Die Ergebnisse sind vergleichbar.



**Abbildung 16** Einfluss der Kopplung durch Verdübelung (links) und Verklebung der Dämmplatten (rechts) auf die Verbesserung der Luftschalldämmung. Rechtecke: Differenz von vergleichbaren Aufbauten. Linie: Erwartungswert nach [5]

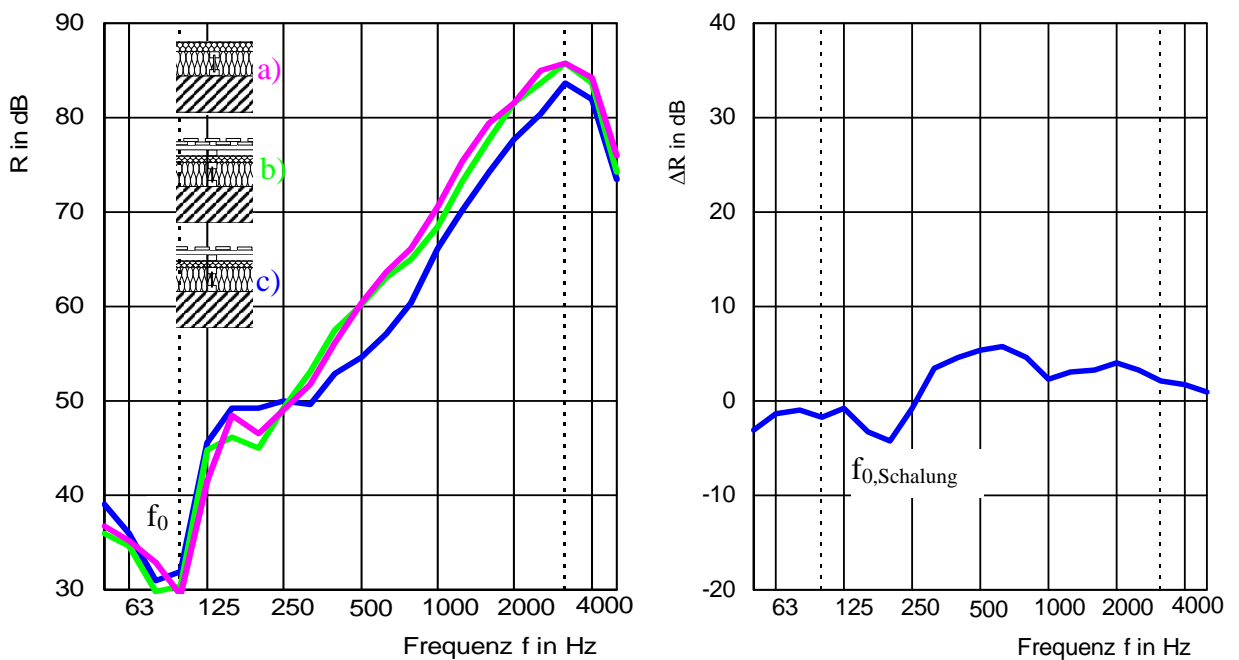
Bei den Dämmsystemen mit zusätzlichem Ständer bzw. Träger in der Dämmebene wurden geschlossene und offene Bekleidungen geprüft. Ein Vergleich dieser Systeme auf der gleichen Grundwand (175 mm Kalksandstein) wird in Abbildung 17 links gezeigt. Hierzu wurde zunächst das System mit Boden-Deckel-Schalung geprüft (Kurve b), dann die Deckelbretter entfernt (Kurve c). Im letzten Schritt wurde die Schalung entfernt und die Dämmplatte verputzt (Kurve a). Die Differenz der Kurven b) und c) in Abbildung 17 rechts zeigt die Wirkungsweise der Boden-Deckel-Schalung.

Die Resonanzfrequenz der drei Systeme liegt bei ca. 100 Hz (Abbildung 17 links). Interessanterweise verschiebt sich die Resonanzfrequenz nicht, wenn die äußere Schalung offen ist und somit der Lufthohlraum unter der Schalung nicht mehr als Feder wirken kann. Dies bedeutet, dass die Resonanz des Dämmsystems unabhängig von der äußeren Schalung ist. Die auf die Schalung und den darunterliegenden Hohlraum rückführbare Resonanz erkennt man hingegen aus der Differenz der Kurven b) und c) (Abbildung 17 rechts) im Frequenzbereich zwischen 125 Hz und 250 Hz.

Die für die Prognose von  $\Delta R_w$  relevante Resonanz des Dämmsystems scheint hingegen von der dynamischen Steifigkeit der zwischen den Trägern eingebrachten flexiblen Holzfaserdämmung abzuhängen. Mit der gemessenen dynamischen Steifigkeit der flexiblen Holzfaserdämmung ( $s' = 2 \text{ MN/m}^3$ ) und der



äußeren Holzfaserdämmplatte ( $s' = 69 \text{ MN/m}^3$ ) in Reihe und der Putzmasse (Aufbau a) bzw. der Masse der äußeren Holzfaserdämmplatte (Aufbau b und c) ergeben sich Resonanzfrequenzen zwischen 70 Hz und 100 Hz. Eine Zusammenstellung gemessener Resonanzfrequenzen, ermittelt aus der Lage des Resonanzeinbruchs bei den Kurvenverläufen von  $\Delta R$ , ist in Tabelle 6 zu finden.



**Abbildung 17** Vergleich der Schalldämmung der 175 mm Kalksandstein-Wand mit drei unterschiedlichen Dämmsystemen (links) und Verbesserung durch die geschlossene Schalung aus der Differenz der Kurven b) und c) (rechts):

- a) WDVS + Ständer  $R_w = 60 \text{ dB}$
- b) Außendämmung mit Boden-Deckel-Schalung  $R_w = 61 \text{ dB}$
- c) Außendämmung mit offener Schalung  $R_w = 59 \text{ dB}$

**Tabelle 6** Lage des Resonanzeinbruchs bei den Kurvenverläufen von  $\Delta R$

Typ	Gesamt	Unterscheidungskriterium	
WDVS, klassisch	$f_0 = 100 \dots 200 \text{ Hz}$	Dämmplatte einlagig: $f_0 = 160 \dots 200 \text{ Hz}$	Dämmplatte zweilagig: $f_0 = 100 \dots 125 \text{ Hz}$
WDVS + Ständer und Außendämmung mit Schalung	$f_0 = 50 \dots 100 \text{ Hz}$	Holzfaser Dämmmatte: $f_0 = 80 \dots 100 \text{ Hz}$	Zellulose Einblasdämmung: $f_0 = 50 \dots 63 \text{ Hz}$

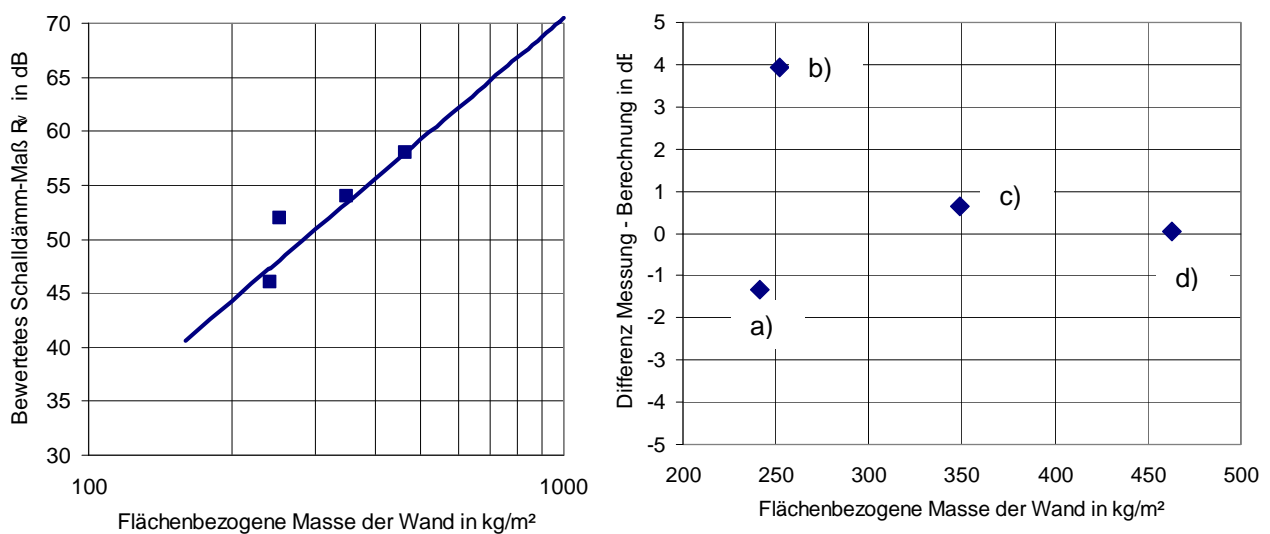
## 4.2 Validierung und Ergänzung der Prognosemodelle

### 4.2.1 Grundwand

Die Berechnung der Grundwände kann nach DIN EN 12354-1 [7] anhand der flächenbezogenen Masse erfolgen:

$$R_{w,0} = 37,5 \log\left(\frac{m'_{Wand}}{m'_0}\right) - 42 \text{ dB} \quad \text{mit : } m'_0 = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad (26)$$

Ein Vergleich der berechneten bewerteten Schalldämm-Maße der vier Grundwände mit den Messwerten ist in Abbildung 18 dargestellt.



**Abbildung 18** Berechnung der Schalldämmung nach DIN EN 12354-1 [7] für die vier Grundwände.

Links: Berechnung nach (26) im Vergleich zu den Messwerten.

Rechts: Differenz Messung – Berechnung. (Zuordnung von a bis d nach Abbildung 14)

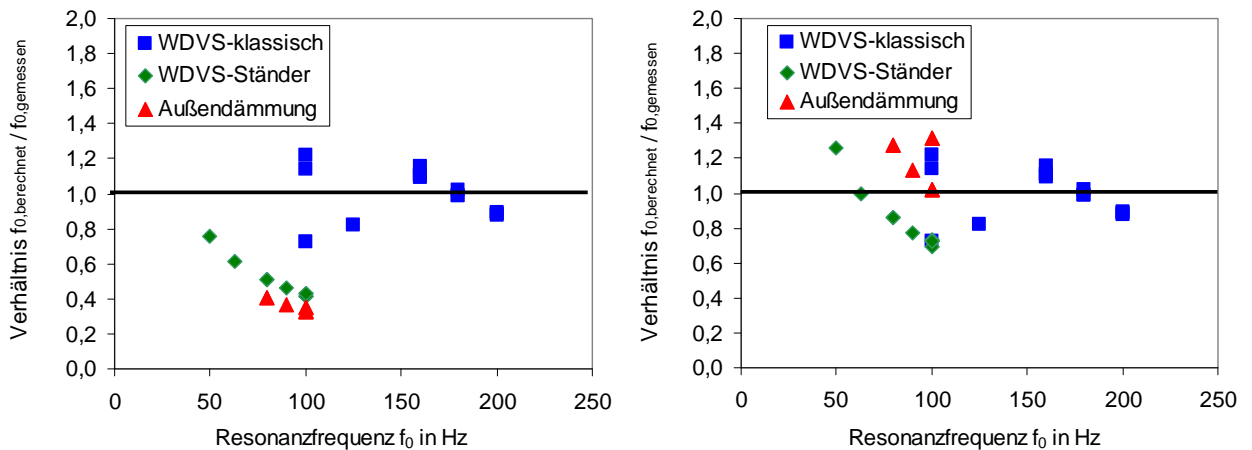
Die Berechnung nach [7] liegt für die vier Wände im zu erwartenden Genauigkeitsbereich. Dass größere Abweichungen bei Porenbetonwänden auftreten (hier 4 dB besser als berechnet), ist bekannt und wird beispielsweise in DIN 4109, BBl. 1 für Wände mit  $m' < 250 \text{ kg/m}^2$  durch einen Zuschlag von 2 dB berücksichtigt.



### 4.2.2 Resonanzfrequenz

Als Ausgangsbasis für die Prognose von  $\Delta R_w$  ist neben der Schalldämmung der Grundwand die zu erwartende Resonanzfrequenz zwischen Grundwand und Dämmsystem erforderlich.

Die Berechnung erfolgt hierzu nach Gleichung (16) (siehe Kapitel 2.2.1). Bei den Dämmsystemen war zu klären, mit welchen Eingangsdaten die Berechnung zu erfolgen hat. Während bei den klassischen WDVS die Eingangsdaten klar festgelegt sind, war für die Systeme mit Ständer zu klären, welche Schicht als Masse anzusetzen ist und ob die dynamische Steifigkeit der Luftschicht oder der eingebrachten Hohlraumdämmung (i.d.R. aus flexibler Holzfaserdämmung) maßgeblich ist. Das Verhältnis der berechneten Resonanzfrequenz zur messtechnisch ermittelten Resonanzfrequenz (Zusammenstellung siehe Tabelle 6) wird in Abbildung 19 gezeigt. Die Berechnung erfolgte hierzu mit den Eingangsdaten nach Tabelle 7.



**Abbildung 19** Verhältnis der berechneten zur gemessenen Resonanzfrequenz  $f_0$  für die unterschiedlichen Dämmsysteme. Eingangsdaten nach Tabelle 7  
 Links: Berechnung mit ursprünglichen Eingangsdaten: Mittelwert 0,7,  $\sigma = 0,3$   
 Rechts: Berechnung mit modifizierten Eingangsdaten: Mittelwert 1,0,  $\sigma = 0,2$

**Tabelle 7** Eingangsdaten für die Berechnung von  $f_0$  und  $R_{w,0}$

Typ	$f_0$			$R_{w,0}$	Zuordnung
	$s'$	$m'_{1}$	$m'_{2}$		
WDVS, klassisch	Messung	$m'_{\text{Putz}}$	$m'_{\text{Wand}}$	$m'_{\text{Wand}}$	Abbildung 19, links Abbildung 20, links
WDVS + Ständer	Lufthohlraum	$m'_{\text{Putz}}$			
Außendämmung	Lufthohlraum	$m'_{\text{Schalung}}$			
WDVS, klassisch	Messung	$m'_{\text{Putz}}$	$m'_{\text{Wand}}$	$m'_{\text{Wand}}$	Abbildung 19, rechts Abbildung 20, rechts
WDVS + Ständer	Messung	$m'_{\text{Putz}}$			
Außendämmung	Messung	$0,5 \cdot m'_{\text{Dämmung}}$			

#### 4.2.3 Verbesserung der Luftschalldämmung $\Delta R_w$

Für die Prognose von  $\Delta R_w$  stehen drei Modelle zur Verfügung (siehe auch Kapitel 2)

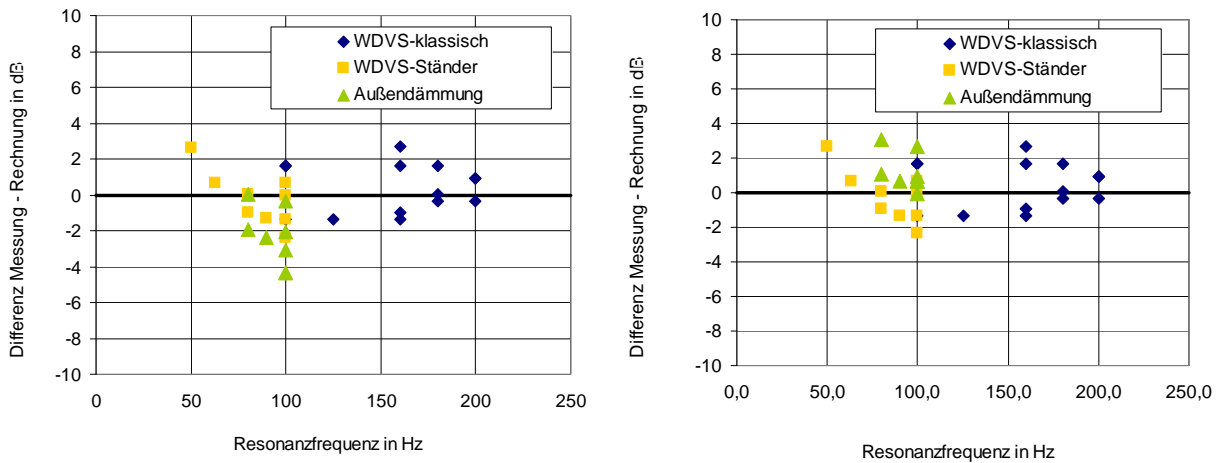
- Berechnung für akustische Vorsatzschalen ohne Kopplung nach DIN EN 12354-1 [7]
- Berechnung für akustische Vorsatzschalen ohne Kopplung mit biegeweichen Bepankungen nach modifiziertem EN-Verfahren [4]
- Berechnung für WDVS aus Polystyrol- oder Mineralfaserplatten nach [5],[6]

Ein Vergleich der Modelle ist in Abbildung 21 dargestellt. Die Berechnung erfolgte hierzu mit Messwerten der Resonanzfrequenz  $f_0$  und der Schalldämmung der Grundwand  $R_{w,0}$ , so dass bei den Eingangsdaten von der größtmöglichen Genauigkeit ausgegangen werden kann.

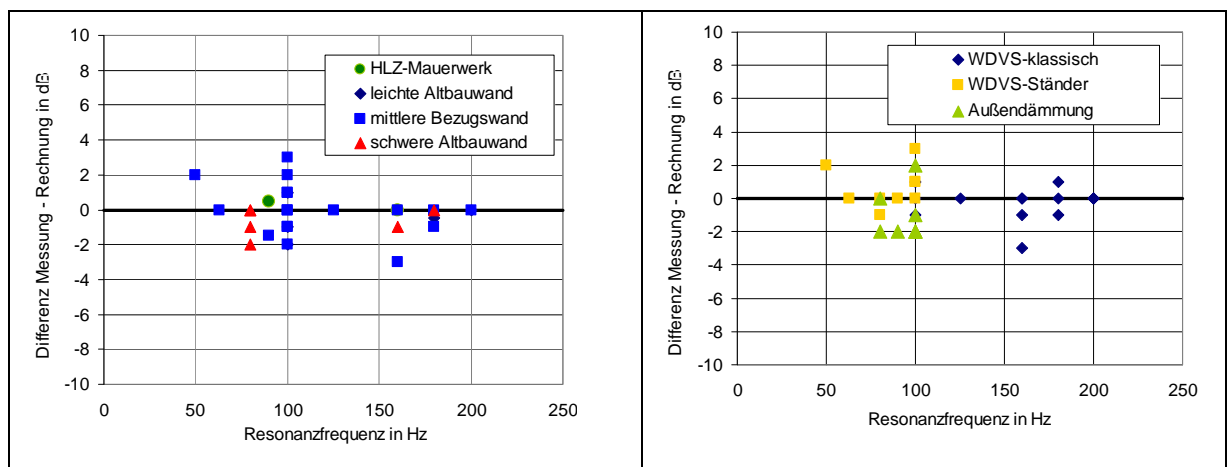
Wie Abbildung 21 zeigt, ergibt das sehr einfache Verfahren nach DIN EN 12354 eine erstaunlich gute Genauigkeit, obwohl bei allen Dämmsystemen eine Kopplung über Dübel oder Ständer vorhanden war. Das modifizierte EN-Verfahren nach [4], das die größere Verbesserung von freistehenden biegeweichen Vorsatzschalen berücksichtigt, ist für diesen Anwendungsfall erwartungsgemäß ungeeignet. Das Berechnungsmodell für WDVS aus Polystyrol- oder Mineralfaserplatten nach [5],[6] ergibt bei geeigneter Wahl der Korrektur für den Strömungswiderstand ( $K_S = 0,02 \cdot r - 3,4$  dB) eine gute Übereinstimmung, die allerdings nicht besser ist als beim deutlich einfacheren EN-Verfahren. Da das Verfahren nur für klassische WDV-Systeme angewendet werden kann, wurde das EN-Verfahren bevorzugt.



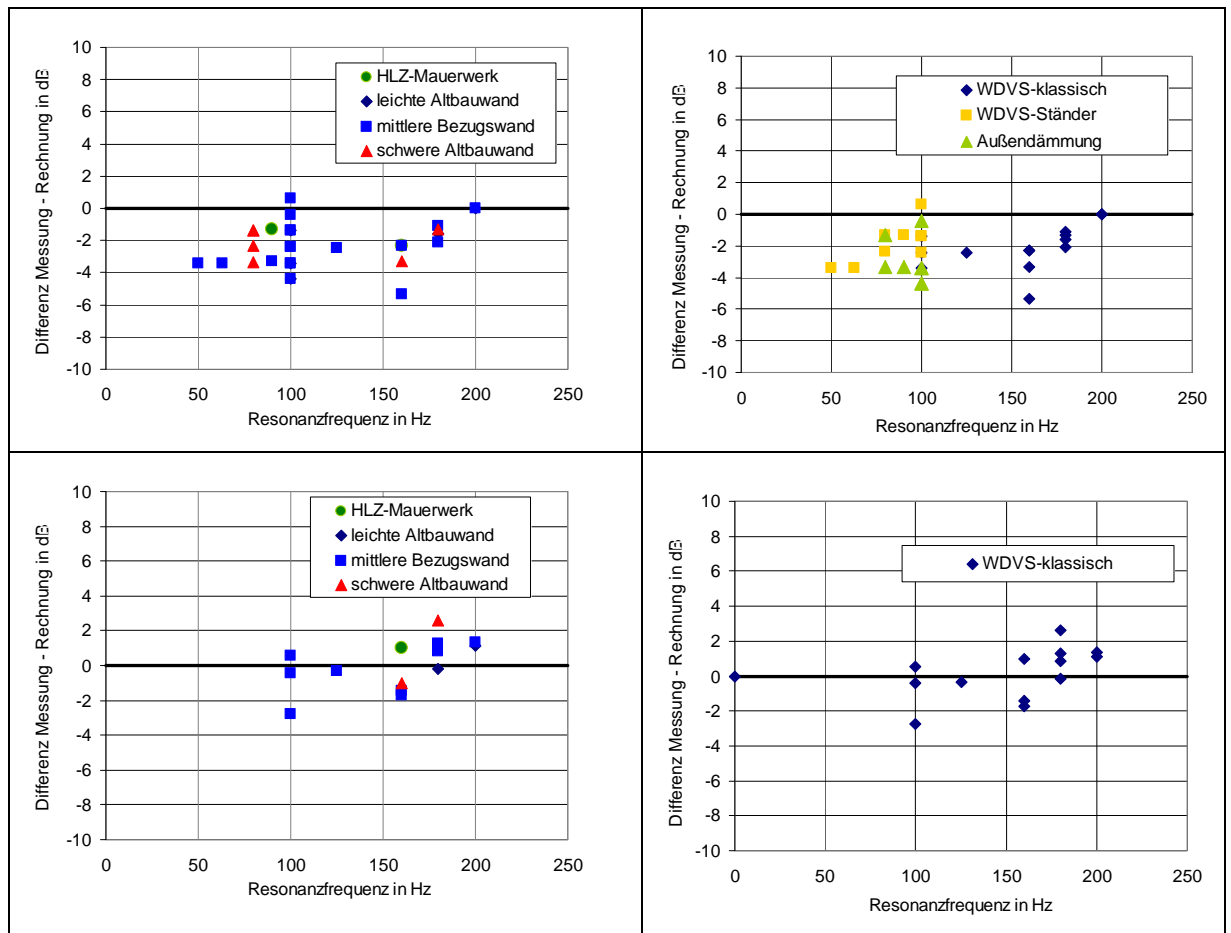
Im nächsten Schritt erfolgte nun die vollständige Berechnung nach [7]. Wie Abbildung 20 zeigt, ist hierbei die Wahl der Eingangsgrößen für die Berechnung der Resonanzfrequenz entscheidend. Wenn eine genügende Genauigkeit der Resonanzfrequenz als Eingangswert gewährleistet werden kann, ergibt sich eine hohe Genauigkeit des berechneten Schalldämm-Maßes  $R_w$  der Wand + Dämmsystem.



**Abbildung 20** Differenz Messung - Berechnung für  $R_w$  nach [7] (s. Abschnitt 2.2.1) mit  $f_0$  nach (16) und  $R_{w,0}$  nach (26). Eingangsdaten nach Tabelle 7  
 Links: Berechnung mit ursprünglichen Eingangsdaten: Mittlere Abweichung -0,5 dB,  $\sigma = 1,8$  dB  
 Rechts: Berechnung mit modifizierten Eingangsdaten: Mittlere Abweichung 0,4 dB,  $\sigma = 1,4$  dB



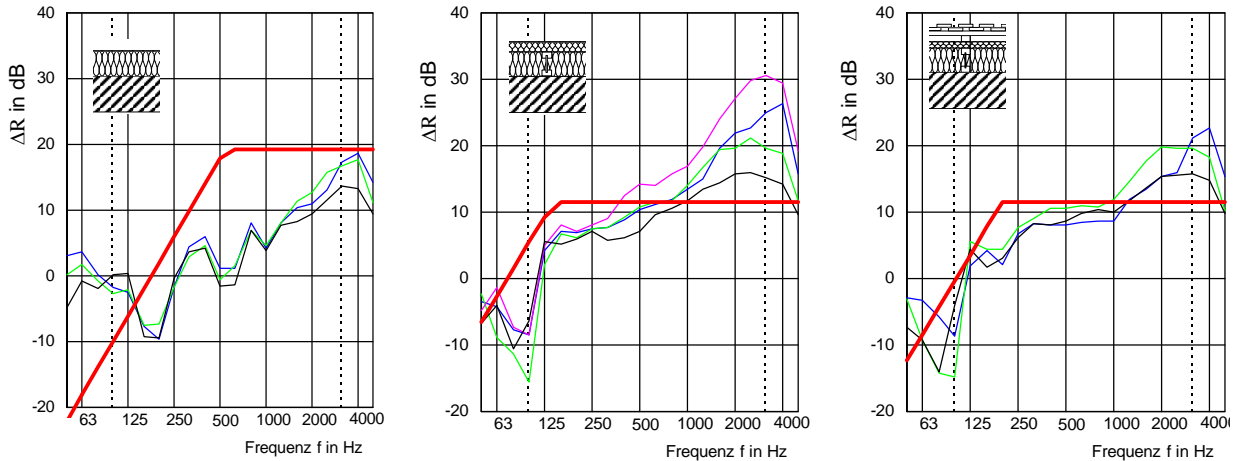




**Abbildung 21** Differenz Messung - Berechnung für  $\Delta R_w$  mit  $f_0$  und  $R_{w,0}$  aus Messdaten.  
 Oben: Berechnung nach DIN EN 12354 [7] (s. Abschnitt 2.2.1) Mittl. Abweichung -0,2 dB,  $\sigma = 1,3$  dB  
 Mitte: Berechnung nach mod. DIN EN 12354 [4] (s. Abschnitt 2.2.1) Mittl. Abweichung -2,3 dB,  $\sigma = 1,4$  dB  
 Unten: Berechnung für WDVS nach [5],[6] (s. Abschnitt 2.2.2) Mittl. Abweichung 0,1 dB,  $\sigma = 1,5$  dB  
 linke Spalte jeweils differenziert nach Wandtyp, rechte Spalte nach Typ der Außendämmung

#### 4.2.4 frequenzabhängige Verbesserung der Luftschalldämmung $\Delta R$

Für die frequenzabhängige Berechnung von  $\Delta R$  wurde zunächst das Modell nach Cremer Heckel [3] verwendet und mit den Messergebnissen der drei Dämmsysteme nach Abbildung 15 verglichen.



**Abbildung 22** Vergleich von Messung und Berechnung für die Verbesserung der Luftschalldämmung auf den unterschiedlichen Grundwänden, Berechnung nach (10) bzw. (11)

Links: Klassisches WDVS,  $m'_{\text{Putz}} = 10 \text{ kg/m}^2$ ,  $s' = 12 \text{ MN/m}^3$ ,  $n_{\text{Dübel}} = 10 \text{ Stk/m}^2$ ,  $f_g = 5000 \text{ Hz}$   
 Mitte: WDVS mit Ständer,  $m'_{\text{Putz}} = 10 \text{ kg/m}^2$ ,  $s' = 2 \text{ MN/m}^3$ ,  $e = 0,625 \text{ m}$ ,  $f_g = 5000 \text{ Hz}$   
 Rechts: Außendämmung mit Schalung,  $0,5 \cdot m'_{\text{Dämmung}} = 5 \text{ kg/m}^2$ ,  $s' = 2 \text{ MN/m}^3$ ,  $e = 0,625$ ,  $f_g = 5000 \text{ Hz}$

Eine deutlich bessere Übereinstimmung mit den Messergebnissen kann erreicht werden, wenn die Verbesserung  $\Delta R$  des Dämmsystems durch die Summe der Transmissionsgrade  $\tau_i$  auf den verschiedenen Übertragungswegen ausgedrückt wird:

$$\Delta R = -10 \log \left( \frac{P_{i,2}}{P_{i,1}} \right) = -10 \log \left( \sum \tau_i \right) \quad (27)$$

Für die Übertragung im „Gefachbereich“, also zwischen den Ständern oder Dübeln, kann der Transmissionsgrade  $\tau_{\text{Gefach}}$  aus dem Verhältnis der Schwingungsschnellen  $v_1^2/v_2^2$  und der Abstrahlgrade  $\sigma_1/\sigma_2$  errechnet werden:

$$\tau_{\text{Gefach}} = \frac{P_{i,2,\text{Gefach}}}{P_{i,1}} = \frac{\tilde{v}_2^2 \rho_0 c_0 S \sigma_2}{\tilde{v}_1^2 \rho_0 c_0 S \sigma_1} = \frac{\tilde{v}_2^2 \sigma_2}{\tilde{v}_1^2 \sigma_1} \quad (28)$$

Das Verhältnis der Schwingungsschnellen ergibt sich aus der Differenzialgleichung des fußpunkterregten Einmasseschwingers aus  $f_0$  und dem Verlustfaktor  $\eta$  zu:

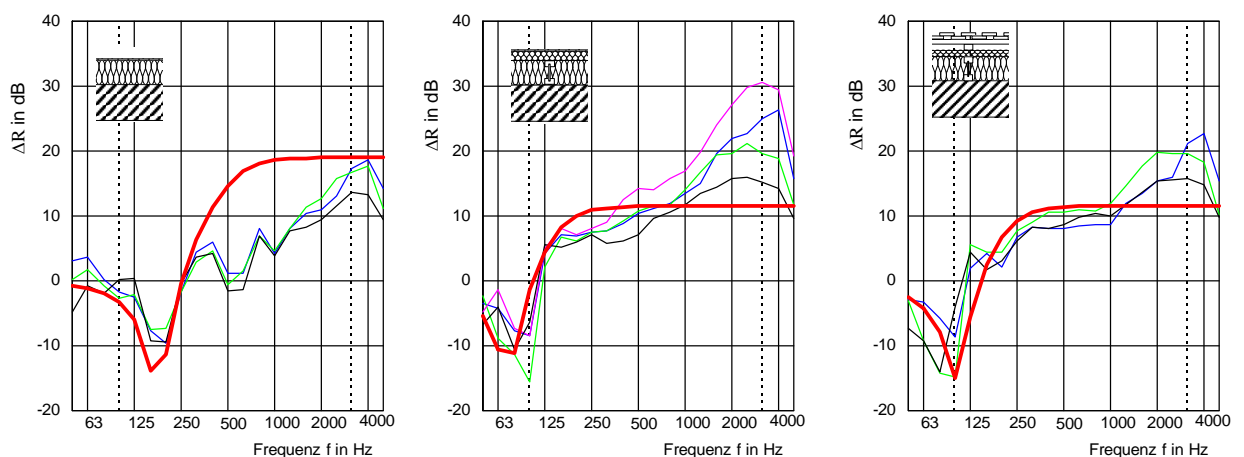
$$\frac{\bar{v}_2^2}{\bar{v}_1^2} = \frac{1 + 4D^2 \frac{f^2}{f_0^2}}{\left(1 - \frac{f^2}{f_0^2}\right)^2 + 4D^2 \frac{f^2}{f_0^2}} \quad \text{mit :} \quad D = \frac{\eta}{2} \quad (29)$$

Für den Bereich der Ständer können die Ansätze nach [3] ebenso in Form eines Transmissionsgrades für **punktförmige** bzw. **linienförmige** Verbindungen ausgedrückt werden:

$$\tau_{\text{Dübel}} = \frac{8\bar{v}_2^2 n \lambda_g^2}{\bar{v}_1^2 S \pi^3} = \frac{8n_{\text{Dübel}} c_0^2}{\pi^3 f_g^2} \quad \text{bzw.} \quad \tau_{\text{Träger}} = \frac{2\bar{v}_2^2 n l_B \lambda_g}{\bar{v}_1^2 S \pi} = \frac{2c_0}{\pi e f_g} \quad (30)$$

Gleichung (30) gilt genügend weit oberhalb der Grenzfrequenz der Massivwand ( $\sigma_1 = 1$ ). Das Verhältnis der Schwingungsschnellen  $v_1^2/v_2^2$  wird an der Verbindungsstelle zu 1 angenommen (starre Verbindung).  $n_{\text{Dübel}}$  entspricht der Anzahl der Verbindungspunkte pro  $m^2$ ,  $f_g$  der Grenzfrequenz (mit:  $f_g = c_0 / \lambda_g$ ) und  $e$  dem Achsabstand der Träger ( $e = B / n$ ).

Weiter wurde berücksichtigt, dass die auf die Fläche bezogene Verbindungslänge  $(n \times l_B) / S = (n \times H) / (B \times H)$  durch die Breite  $B$  und die Höhe  $H$  der Prüfwand ausgedrückt werden kann.



**Abbildung 23** Vergleich von Messung und Berechnung (rot) für die Verbesserung der Luftschalldämmung auf den unterschiedlichen Grundwänden, Berechnung nach (27) bis (30), ergänzende Daten zu den Angaben in Abbildung 22

Links: Klassisches WDVS,  $\eta = 0,07$ ,  $c_0 = 343$  m/s,  $\sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Mitte: WDVS mit Ständer,  $\eta = 0,07$ ,  $c_0 = 343$  m/s,  $\sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Rechts: Außendämmung mit Schalung,  $\eta = 0,07$ ,  $c_0 = 343$  m/s,  $\sigma_1 / \sigma_2 = 1$

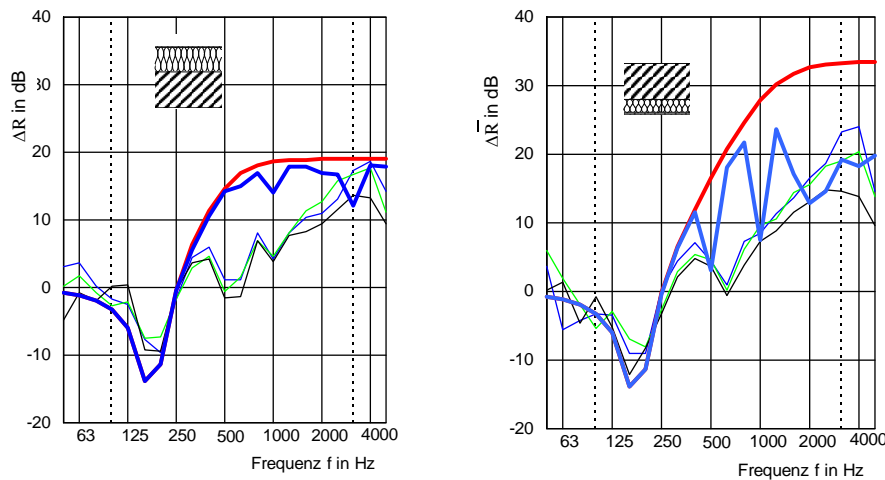


Wie Abbildung 23 zeigt, wird der untere Frequenzbereich durch den Ansatz des fußpunkterregten Einmasseschwingers bereits recht gut getroffen. Der Ansatz für die linienförmige Verbindung überschätzt die Kopplung offensichtlich ab ca. 500–1000 Hz. Bei der Modellierung punktförmiger Verbindungen wird offensichtlich, dass noch weitere Effekte den Verlauf von  $\Delta R$  beeinflussen. Besonders deutlich wird dies, wenn man den Vergleich für die Messung der Innendämmung (ohne Dübel-Verbindungen) durchführt (Abbildung 24).

Als weiterer bekannter Effekt kann die Dickenresonanz der Dämmung berücksichtigt werden. Der Transmissionsgrad wird in [3] in Abhängigkeit der Impedanz  $Z$ , der Wellenzahl  $k$  und der Plattendicke  $d$  angegeben:

$$\tau_{\text{Dickenresonanz}} = \frac{1}{\cos^2(kd) + \frac{1}{4} \left( \frac{Z_1}{Z_2} + \frac{Z_2}{Z_1} \right)^2 \sin^2(kd)} \quad \text{mit} \quad k = \frac{2\pi f}{c_L} \quad \text{und} \quad c_L = \sqrt{\frac{E_{\text{dyn}}}{\rho(1-\mu^2)}} \quad (31)$$

Für den dynamischen E-Modul wurde  $E_{\text{dyn}} = s' \cdot d$  angesetzt.  $Z_1/Z_2$  wurde durch das Verhältnis der Masse-Impedanzen der Grundwand und des Putzes ersetzt.



**Abbildung 24** Vergleich von Messung und Berechnung (rot) für ein WDVS und eine Innendämmung (ohne Dübel), Berechnung nach (27) bis (30), zusätzliche Berücksichtigung der Dickenresonanzen (blau) nach (31).  
 Ergänzende Daten zu den Angaben in Abbildung 22  
 Links: Klassisches WDVS,  $\eta = 0,07$ ,  $c_0 = 343$  m/s,  $d = 0,16$  m  
 Rechts: Innendämmung,  $m'_{\text{Putz}} = 12$  kg/m<sup>2</sup>,  $s' = 14$  MN/m<sup>3</sup>,  $f_g = 5000$  Hz,  $\eta = 0,07$ ,  $d = 0,10$  m

Die Berücksichtigung der Dickenresonanzen führt zwar zu einer etwas besseren Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung; es ist aber offensichtlich, dass die Berechnung der Resonanzeinbrüche ohne Berücksichtigung der Dämpfung keine realistischen Werte liefern kann.

### 4.3 Planungsgrundlagen

Zur bauakustischen Planung von Sanierungsmaßnahmen an Außenwänden in Altbauten können die im Anhang (Abschnitt 8.1) angegebenen Messergebnisse und Planungsdaten verwendet werden. Für die Berechnung der zu erwartenden Schalldämmung bestehen folgende Möglichkeiten:

- 1) **Bestimmung der Schalldämmung der Altbauwand**
  - a) Ablesen aus den Planungsdaten (bei Übereinstimmung)
  - b) Berechnung von  $R_{w,0}$  nach Gleichung (26) (Kapitel 4.2.1)
  - c) Messung von  $R_{w,0}$  im Ist-Zustand
  
- 2) **Bestimmung der Verbesserung durch das Dämmsystem nach DIN EN 12354-1**
  - a) Ablesen  $\Delta R_w$  aus den Planungsdaten (bei Übereinstimmung)
  - b) Berechnung von  $\Delta R_w$  in Abhängigkeit von  $R_{w,0}$  und  $f_0$  aus den Planungsdaten
  - c) Bestimmung von  $\Delta R_w$  in Abhängigkeit von  $R_{w,0}$  und  $f_0$  nach Gleichung (16) (Kapitel 2.2.1) mit Messwerten der dynamischen Steifigkeit
  
- 3) **Bestimmung der Schalldämmung der Altbauwand inklusive Dämmsystem**
  - a) Berechnung  $R_w = R_{w,0} + \Delta R_w$
  - b) Baumessung zum Nachweis von  $R'_{w,res}$



4.4 Berechnungsbeispiel

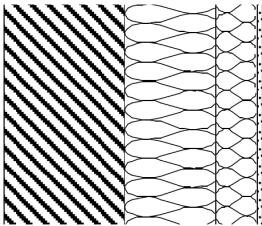
<p>Wandaufbau:</p>  <p>200 mm Mauerwerk, verputzt, m' = 350 kg/m<sup>2</sup></p> <p>180 mm Holzfaserdämmplatte, s' = 8 MN/m<sup>3</sup></p> <p>80 mm Holzfaserdämmplatte, s' = 28 MN/m<sup>3</sup></p> <p>10 mm Putz, m' = 11 kg/m<sup>2</sup></p> <p>Prüfwert: R<sub>w</sub> = 58 dB</p>	<p>a) Eingangsgrößen aus Messdaten</p> <p>Schalldämmung der Grundwand (Messwert Labor oder Bau<sup>1)</sup>) R<sub>w,0</sub> = 54 dB</p> <p>Verbesserung durch das Dämmsystem (Anhang 8.1, Zeile 3, Spalte 5) ΔR<sub>w</sub> = 4 dB</p> <p>Schalldämmung der Wand inklusive Dämmsystem R<sub>w</sub> = 54 dB + 4 dB = 58 dB ± 2 dB</p> <p>b) Eingangsgrößen aus Materialdaten</p> <p>Schalldämmung der Grundwand R<sub>w,0</sub> = 37,5 log<math>\left(\frac{350 \text{ kg/m}^2}{1 \text{ kg/m}^2}\right) - 42 \text{ dB} = 53,4 \text{ dB}</math></p> <p>Verbesserung durch das Dämmsystem</p> $s'_{\text{ges}} = \frac{1}{\frac{1}{s'_1} + \frac{1}{s'_2}} = \frac{1}{\frac{1}{8 \text{ MN/m}^3} + \frac{1}{28 \text{ MN/m}^3}} = 6 \text{ MN/m}^3$ $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{6 \cdot 10^6 \text{ N/m}^3 \left( \frac{1}{350 \text{ kg/m}^2} + \frac{1}{11 \text{ kg/m}^2} \right)} = 119 \text{ Hz}$ <p>ΔR<sub>w</sub> = 30 dB - <math>\frac{53,4 \text{ dB}}{2} = 3,3 \text{ dB}</math>, (Abbildung 5) oder mit Messwert für f<sub>0</sub> aus Anhang 8.1, Spalte 5 f<sub>0</sub> = 100 Hz, ΔR<sub>w</sub> = 32 dB - <math>\frac{53,4 \text{ dB}}{2} = 5,3 \text{ dB}</math>, (Abbildung 5)</p> <p>Schalldämmung der Wand inklusive Dämmsystem R<sub>w</sub> = 53,4 dB + 3,3 dB = 56,7 dB ± 2 dB oder mit Messwert für f<sub>0</sub> R<sub>w</sub> = 53,4 dB + 5,3 dB = 58,7 dB ± 2 dB</p> <p><sup>1)</sup> Bei Ergebnissen aus Baumessungen ist der Einfluss von Fenstern und sonstigen Einbauten auszuschließen.</p>
--	--

Abbildung 25 Berechnungsbeispiel für die Schalldämmung einer Wand mit Dämmsystem

## 5 Zusammenfassung

Die Schalldämmung von Außenbauteilen wird durch das Aufbringen von WDV-Systemen und Außendämmungen deutlich beeinflusst. Für den Nachweis der Schalldämmung eines Außenbauteils ist deshalb die Berücksichtigung dieser Systeme erforderlich. Hierzu stehen neben speziellen Verfahren für WDV-Systeme [5], [6] allgemeine Verfahren für akustische Vorsatzschalen zu Verfügung [4], [7], die in der neuen DIN 4109 berücksichtigt werden [21].

Die Zielsetzung des Projekts lag entsprechend in der Validierung und Anpassung dieser Berechnungsmodelle für die Bemessung und Optimierung von Wärmedämmverbundsystemen, Außendämmungen und Innendämmungen aus nachwachsenden Rohstoffen. Der Fokus der Untersuchungen lag hierbei auf einem praxisnahen Modell, das von Planern und Ausführenden verwendet werden kann. Zusätzlich wurden auch frequenzabhängige Modelle berücksichtigt [3], [4], die ein besseres Verständnis der Wirkungsweise dieser Dämmsysteme ermöglichen.

In der Projektbearbeitung erfolgte hierzu zunächst eine Zusammenführung vorhandener Prognosemodelle für die Anwendung in der Altbausanierung sowie die Zusammenstellung relevanter Konstruktionsvarianten in Abstimmung mit der projektbegleitenden Arbeitsgruppe in Form einer Untersuchungsmatrix. Das Prüfprogramm enthielt neben der Ermittlung der Verbesserung der Luftschalldämmung auch Materialmessungen der dynamischen Steifigkeit, des Strömungswiderstandes und der Materialdämpfung. Die Messergebnisse wurden als Planungsgrundlagen zusammengefasst und dazu verwendet, die Berechnungsmodelle zu validieren.

Die Validierung zeigte, dass sowohl das einfache Verfahren nach DIN EN 12354-1 [7] als auch das speziell für WDV-Systeme entwickelte Verfahren [5] für die Anwendung prinzipiell geeignet sind. Für das Verfahren nach [5] wurde hierzu der Einfluss des Strömungswiderstandes für Holzfaserdämmstoffe ergänzt. Das Verfahren nach DIN EN 12354-1 für akustische Vorsatzschalen (siehe Abschnitt 2.2.1) bietet den Vorteil, dass es sowohl für klassische WDV-Systeme als auch für WDV-Systeme mit zusätzlichem Ständer/Träger oder Außendämmungen mit Vorhangfassade anwendbar ist. Für die in diesem Vorhaben untersuchten Konstruktionsvarianten und Grundwände hat es sich als ausreichend genau gezeigt, um die bauakustische Planung für die Bemessung und Optimierung von Wärmedämmverbundsystemen, Außendämmun-



gen und Innendämmungen aus nachwachsenden Rohstoffen durchführen zu können. Voraussetzung hierfür ist eine ausreichende Sicherheit bei der Bestimmung der Resonanzfrequenz des Dämmsystems.





## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Gösele, K., Zur Berechnung der der Luftschalldämmung von doppelschaligen Bauteilen. *Acustica* 45, S. 218-227, 1980
- [2] Wintergerst, E., Theorie der Schalldurchlässigkeit von einfachen und zusammengesetzten Wänden, *Schalltechnik* 4, 1931 und 5, 1932
- [3] Cremer, L., Heckl, M., *Körperschall, physikalische Grundlagen und technische Anwendungen*, Springer, 1996
- [4] Weber, L., Büchele A., *Akustische Sanierung von Wohngebäuden mit Vorsatzschalen und Vorsatzkonstruktionen - Berechnung, Planung und Optimierung* ; Fraunhofer-Institut Bauphysik, Stuttgart, 2009  
Förderkennzeichen: Z6-10.07.03-05.13; II 3 - 80 01 05 – 13
- [5] Weber L., Brandstetter D., *Einheitliche schalltechnische Bemessung von Wärmedämmverbundsystemen*, Fraunhofer Institut Bauphysik, Stuttgart, 2003,  
Förderkennzeichen: P32-5-5.54-945/00
- [6] Weber L., Brandstetter D., *Einheitliche schalltechnische Bemessung von Wärmedämm-Verbundsystemen - Ergänzung des Berechnungsverfahrens*, Fraunhofer-Institut Bauphysik, Stuttgart, 2003  
Förderkennzeichen: P32-5-5.54-945/00 Fraunhofer IRB Verlag
- [7] DIN EN 12354-1  
*Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen*, 2000  
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [8] Rabold A.; Hessinger J.; Bacher S.; Fuhrer M., *Erarbeitung eines Prognoseverfahrens zur Bestimmung der Schalldämmung von Holzständerwänden auf Grundlage der Konstruktion und der verwendeten Werkstoffe*, ift Rosenheim 2006  
Förderkennzeichen: Z 6 - 10 07 04 14; II 13 - 80 01 04 - 14; II 13-80 01 04 – 1,  
Fraunhofer IRB Verlag
- [9] Wissel, C., *Diplomarbeit. Erarbeitung eines frequenzabhängigen Prognoseverfahrens zur Ermittlung der Verbesserung der Schalldämmung von Holzwänden durch zusätzliche funktionale Schichten*, 2009
- [10] DIN 1311-2  
*Schwingungen und schwingungsfähige Systeme – Teil 2: Lineare, zeitinvariante schwingungsfähige Systeme mit einem Freiheitsgrad*, 2002  
Beuth Verlag GmbH, Berlin



- [11] DIN EN ISO 10140-02  
Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 2:  
Messung der Luftschalldämmung (ISO 10140-2:2010); Deutsche Fassung  
EN ISO 10140-2:2010  
Beuth Verlag GmbH, Berlin
  
- [12] DIN EN ISO 10140-1  
Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 1:  
Anwendungsregeln für bestimmte Produkte (ISO 10140-1:2010 + Amd.1:2012);  
Deutsche Fassung EN ISO 10140-1:2010 + A1:2012  
Beuth Verlag GmbH, Berlin
  
- [13] DIN EN ISO 717:2013-06  
Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1 Luft-  
schalldämmung  
Beuth Verlag GmbH, Berlin
  
- [14] DIN EN 29052-1:1992-08  
Bestimmung der dynamischen Steifigkeit, Teil 1: Materialien, die unter schwim-  
menden Estrichen in Wohngebäuden verwendet werden  
Beuth Verlag GmbH, Berlin
  
- [15] DIN EN 29053:1993-05  
Materialien für akustische Anwendungen, Bestimmung des Strömungswiderstands  
Beuth Verlag GmbH, Berlin
  
- [16] ETAG 004, Guideline for european technical approval of external thermal  
insulation composite systems with rendering, 2011
  
- [17] DIN EN 13171  
Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holz-  
fasern (WF) – Spezifikation, 2008  
Beuth Verlag GmbH, Berlin
  
- [18] DIN 4109  
Schallschutz im Hochbau – Anforderungen und Nachweise, 1989  
Beuth Verlag GmbH, Berlin
  
- [19] Beiblatt 1 zu DIN 4109  
Schallschutz im Hochbau – Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, 1989  
Beuth Verlag GmbH, Berlin
  
- [20] VDI 4100  
Schallschutz im Hochbau - Wohnungen – Beurteilung und Vorschläge für  
erhöhten Schallschutz, Ausgabedatum: 2012-10



- [21] E DIN 4109-1:2013-06  
Schallschutz im Hochbau - Teil 1: Anforderungen an die Schalldämmung  
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [22] OENORM B 8115-2, Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 2:  
Anforderungen an den Schallschutz, Ausgabedatum: 2006-12-01
- [23] ISOTC43/SC2-COST Proposal – Acoustic classification of dwellings – Draft,  
CEN/TC 126, 2013-11-21
- [24] Holtz, F.; Rabold, A.; Buschbacher, H.P.; Hessinger J., Hochschalldämmende  
Außenbauteile aus Holz, DGfH-Forschungsbericht der LSW – Labor für Schall-  
und Wärmemesstechnik GmbH, 2003
- [25] Möser M., Technische Akustik, 2012
- [26] Meier, A.; Schmitz, A.; Raabe, G., Inter-laboratory Test of Sound Insulation  
Measurements on Heavy Walls. Part II – Results of Main Test. Building Acoustics  
6 (3/4) 1999, 171-186.
- [27] DIN EN ISO 12999-1  
Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik –  
Teil 1: Schalldämmung (ISO/DIS 12999-1:2012); Deutsche Fassung prEN ISO  
12999-1:2012  
Beuth Verlag GmbH, Berlin



## 7 Danksagung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert. (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-12-15). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

Das Forschungsprojekt wird in beratender Funktion durch eine projektbegleitende Arbeitsgruppe betreut. Den Mitgliedern des Beratergremiums gilt besonderer Dank:

- Herr Prof. Dr. Ulrich Schanda, Hochschule Rosenheim
- Herr Prof. Dr. Ulrich Grimminger, Hochschule Rosenheim
- Herr Christian Burkhart, Akustikbüro Schwarzenberger und Burkhart
- Herr Dr. Lutz Weber, Fraunhofer-Institut für Bauphysik
- Herr Dr. Brüggemann, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Besonderer Dank gebührt auch folgenden Industriepartnern und dem Verband Holzfasern Dämmstoffe e.V. (VHD), die das gesamte Projekt sowohl ideell als auch finanziell unterstützen und somit zum Gelingen beigetragen haben:

- Herr Stahl / Herr Sax / Herr Krapichler, Steico SE, D-85622 Feldkirchen
- Herr Wilms / Herr Blum, Gutex Holzfasernplattenwerk, D-79761 Waldshut-Tiengen
- Herr Schintze / Herr Mosch, Pavatex GmbH, D-88299 Leutkirch
- Herr Unger / Herr Fitzner, Unger-Diffutherm GmbH, D-09114 Chemnitz
- Herr Doser / Herr Friedrich, Doser Holzfasern-Dämmsysteme GmbH, D-87459 Pfronten,
- Herr Böhringer, Knauf Gips KG, D-97346 Iphofen



8 Anhang

8.1 Ergebnisübersicht und Planungsdaten

Messnummer $R_w$ ( $C_{fr,50-5000}$ ; $C_{fr,50-5000}$ ) $\Delta R_{w,direct}$ $\Delta(R_w + C_{fr,50-5000})_{direct}$	Stelco		Knauf		Gutex		Pavatex		Doser		Unger		VHD	
	8 Putz 40 WF 160 WF+ Träger	8 Putz 80 WF 160 WF+ KvH	8 Putz 80 WF 160 WF 180 WF	8 Putz 100 WF+ KvH	8 Putz 60 WF 160 WF+ KvH	8 Putz 60 WF 140 WF+ KvH	8 Putz 60 WF 200 Zell+ FJI	8 Putz 50 WF 200 Zell+ Täger <sup>a)</sup>	8 Putz 80 WF ohne Kleber	8 Putz 160 WF ohne Kleber	20 BD 30 Lat 40 Lat 160 WF+ Träger 100 Hz	20 BD 30 Lat 40 Lat 160 WF Träger 100 Hz	20 BD 30 Lat 40 Lat 160 WF Träger 100 Hz	20 BD 30 Lat 40 Lat 160 WF Träger 100 Hz
V24 46 dB (0; -3)	V23 57 dB 11 dB 4 dB	V26 51 dB (-2; -8) 5 dB 0 dB	V17 52 dB (-3; -9) 0 dB -4 dB	V15 51 dB (-2; -7) -1 dB -3 dB	V32 58 dB (-1; -8) 4 dB 1 dB	V33 59 dB (-1; -9) 5 dB 1 dB	V36 52 dB (-2; -6) -2 dB -3 dB	V38 62 dB (-1; -11) 8 dB 2 dB	V41 60 dB (-2; -11) 6 dB 0 dB	V34 57 dB (-2; -8) 3 dB 0 dB	V07 57 dB (-1; -9) 5 dB 1 dB	V08 <sup>a)</sup> 56 dB (-1; -9) 4 dB -2 dB	V20 61 dB (-4; -14) 7 dB -2 dB	V21 <sup>b)</sup> 59 dB (-2; -11) 5 dB -1 dB
V05 52 dB (-1; -5)	V14 59 dB (-2; -11) 7 dB 1 dB	V15 51 dB (-2; -7) -1 dB -3 dB	V17 52 dB (-3; -9) 0 dB -4 dB	V30 53 dB (-2; -7) -1 dB -3 dB	V32 58 dB (-1; -8) 4 dB 1 dB	V33 59 dB (-1; -9) 5 dB 1 dB	V36 52 dB (-2; -6) -2 dB -3 dB	V38 62 dB (-1; -11) 8 dB 2 dB	V41 60 dB (-2; -11) 6 dB 0 dB	V07 57 dB (-1; -9) 5 dB 1 dB	V08 <sup>a)</sup> 56 dB (-1; -9) 4 dB -2 dB	V20 61 dB (-4; -14) 7 dB -2 dB	V21 <sup>b)</sup> 59 dB (-2; -11) 5 dB -1 dB	
V19 55 dB (0; -5)	V22 60 dB (-3; -13) 6 dB -2 dB	V25 54 dB (-3; -9) 0 dB -4 dB	V28 53 dB (-2; -8) -1 dB -4 dB	V30 53 dB (-2; -7) -1 dB -3 dB	V32 58 dB (-1; -8) 4 dB 1 dB	V33 59 dB (-1; -9) 5 dB 1 dB	V36 52 dB (-2; -6) -2 dB -3 dB	V38 62 dB (-1; -11) 8 dB 2 dB	V41 60 dB (-2; -11) 6 dB 0 dB	V07 57 dB (-1; -9) 5 dB 1 dB	V08 <sup>a)</sup> 56 dB (-1; -9) 4 dB -2 dB	V20 61 dB (-4; -14) 7 dB -2 dB	V21 <sup>b)</sup> 59 dB (-2; -11) 5 dB -1 dB	
V03 58 dB (-1; -6)	V11 <sup>b)</sup> 64 dB (-3; -13) 6 dB -1 dB	V25 54 dB (-3; -9) 0 dB -4 dB	V28 53 dB (-2; -8) -1 dB -4 dB	V30 53 dB (-2; -7) -1 dB -3 dB	V32 58 dB (-1; -8) 4 dB 1 dB	V33 59 dB (-1; -9) 5 dB 1 dB	V36 52 dB (-2; -6) -2 dB -3 dB	V38 62 dB (-1; -11) 8 dB 2 dB	V41 60 dB (-2; -11) 6 dB 0 dB	V07 57 dB (-1; -9) 5 dB 1 dB	V08 <sup>a)</sup> 56 dB (-1; -9) 4 dB -2 dB	V20 61 dB (-4; -14) 7 dB -2 dB	V21 <sup>b)</sup> 59 dB (-2; -11) 5 dB -1 dB	

<sup>1)</sup> Bezugswand: Nach DIN EN ISO 10140-5 festgelegte Prüfwand für WDVS-Systeme und Außendämmungen  
<sup>2)</sup> Lochbild der 70er Jahre mit durchgehendem Stieg  
<sup>3)</sup> Zusatzmessung mit 20 mm Putzstärke  
<sup>4)</sup> 100% Klebefläche ohne Dübel  
<sup>5)</sup> Spezialträger System Doser  
<sup>6)</sup> Zusatzmessung ohne Deckel der Boden-Deckel-Schalung (Vergleich zu Rhombus)  
<sup>7)</sup> Zusatzmessung mit 40% Klebefläche - sonst immer 100%  
<sup>8)</sup> Zusatzmessung ohne Anpressdruck  
<sup>9)</sup> Trockenzeit Putz 3 Tage  
<sup>10)</sup> Trockenzeit Putz 6 Tage

WDVS: Putzstärke: 6 ... 8 ... 10 mm  
 Klebefläche: 40% ... 100%  
 Dübelanzahl: 5 ... 8 ... 10 Stk/m<sup>2</sup>  
 Dämmstoffstärke: 80 ... 260 mm

Außendämmung: Ständer: 140 ... 200 mm, e = 625 mm  
 WF-Plattenstärke: 40 ... 60 mm  
 Befestigung WF: Klammer, e = 150 ... 250 mm  
 Befestigung Ständer: Dübel, e = 500 ... 800 mm

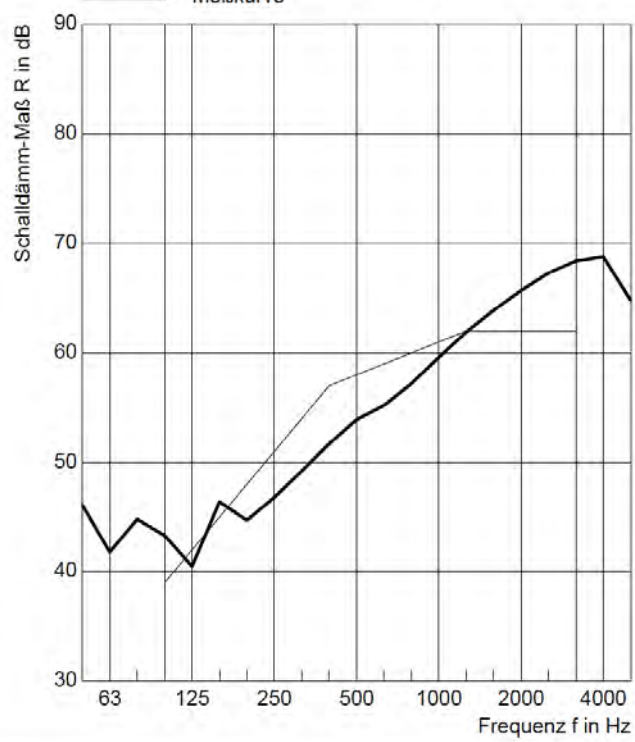
Vorhangfassade: Verkleidung: Nut & Feder, Stulpeschalung  
 Boden-Deckel-Schalung, Rhombus



## 8.2 Materialdaten

Hersteller	Produkt	Dichte	Prüfnr. 310 44790.	Ergebnis
Steico SE	STEICO protect H 40 mm	$\rho = 251 \text{ kg/m}^3$	AF01	$r = 1448 \text{ kPa s/m}^2$
			SD01	$s' = 69 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,12$
	STEICO protect L dry 80 mm	$\rho = 113 \text{ kg/m}^3$	AF02	$r = 82 \text{ kPa s/m}^2$
			SD02	$s' = 14 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,09$
GUTEX	Thermowall-gf 60 mm	$\rho = 203 \text{ kg/m}^3$	AF03	$r = 252 \text{ kPa s/m}^2$
			SD03	$s' = 53 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,11$
	Thermowall-gf 80 mm	$\rho = 154 \text{ kg/m}^3$	AF04	$r = 125 \text{ kPa s/m}^2$
			SD04	$s' = 28 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,09$
	Thermoroom 100 mm	$\rho = 135 \text{ kg/m}^3$	AF05	$r = 98 \text{ kPa s/m}^2$
			SD05	$s' = 14 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,07$
	Thermowall 160 mm	$\rho = 147 \text{ kg/m}^3$	AF06	$r = 110 \text{ kPa s/m}^2$
			SD06	$s' = 12 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,07$
	Thermosafe-homogen 180 mm	$\rho = 120 \text{ kg/m}^3$	AF07	$r = 67 \text{ kPa s/m}^2$
			SD07	$s' = 8 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,11$
Pavatex	DIFFUTHERM 60 mm	$\rho = 186 \text{ kg/m}^3$	AF08	$r = 441 \text{ kPa s/m}^2$
			SD08	$s' = 33 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,10$
	PAVATHERM-PLUS 160 mm	$\rho = 191 \text{ kg/m}^3$	AF09	$r = 113 \text{ kPa s/m}^2$
			SD09	$s' = 11 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,10$
	PAVAWALL-BLOC 160 mm	$\rho = 145 \text{ kg/m}^3$	AF10	$r = 90 \text{ kPa s/m}^2$
			SD10	$s' = 12 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,07$
Doser	DHD 50 W 50 mm	$\rho = 299 \text{ kg/m}^3$	AF11	$r = 2626 \text{ kPa s/m}^2$
			SD11	$s' = 73 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,13$
Unger	UdiRECO NF 80 mm	$\rho = 142 \text{ kg/m}^3$	AF12	$r = 292 \text{ kPa s/m}^2$
			SD12	$s' = 4 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,18$
	UdiRECO NF 160 mm	$\rho = 103 \text{ kg/m}^3$	AF13	$r = 126 \text{ kPa s/m}^2$
			SD13	$s' = 2 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,17$
Steico SE	STEICOflex 160 mm	$\rho = 57 \text{ kg/m}^3$	AF14	$r = 6 \text{ kPa s/m}^2$
			SD14	$s' = 2 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,18$
GUTEX	Thermofibre 160 mm	$\rho = 38 \text{ kg/m}^3$	AF15	$r = 5 \text{ kPa s/m}^2$
Pavatex	PAVAFLEX 140 mm	$\rho = 60 \text{ kg/m}^3$	AF16	$r = 8 \text{ kPa s/m}^2$
			SD16	$s' = 2 \text{ MN/m}^3, \eta = 0,21$
Pavatex	Cell 200, $\rho = 67 \text{ kg/m}^3$	$\rho = 67 \text{ kg/m}^3$	AF17	$r = 30 \text{ kPa s/m}^2$
Doser	Cell 200, $\rho = 80 \text{ kg/m}^3$	$\rho = 80 \text{ kg/m}^3$	AF18	$r = 66 \text{ kPa s/m}^2$

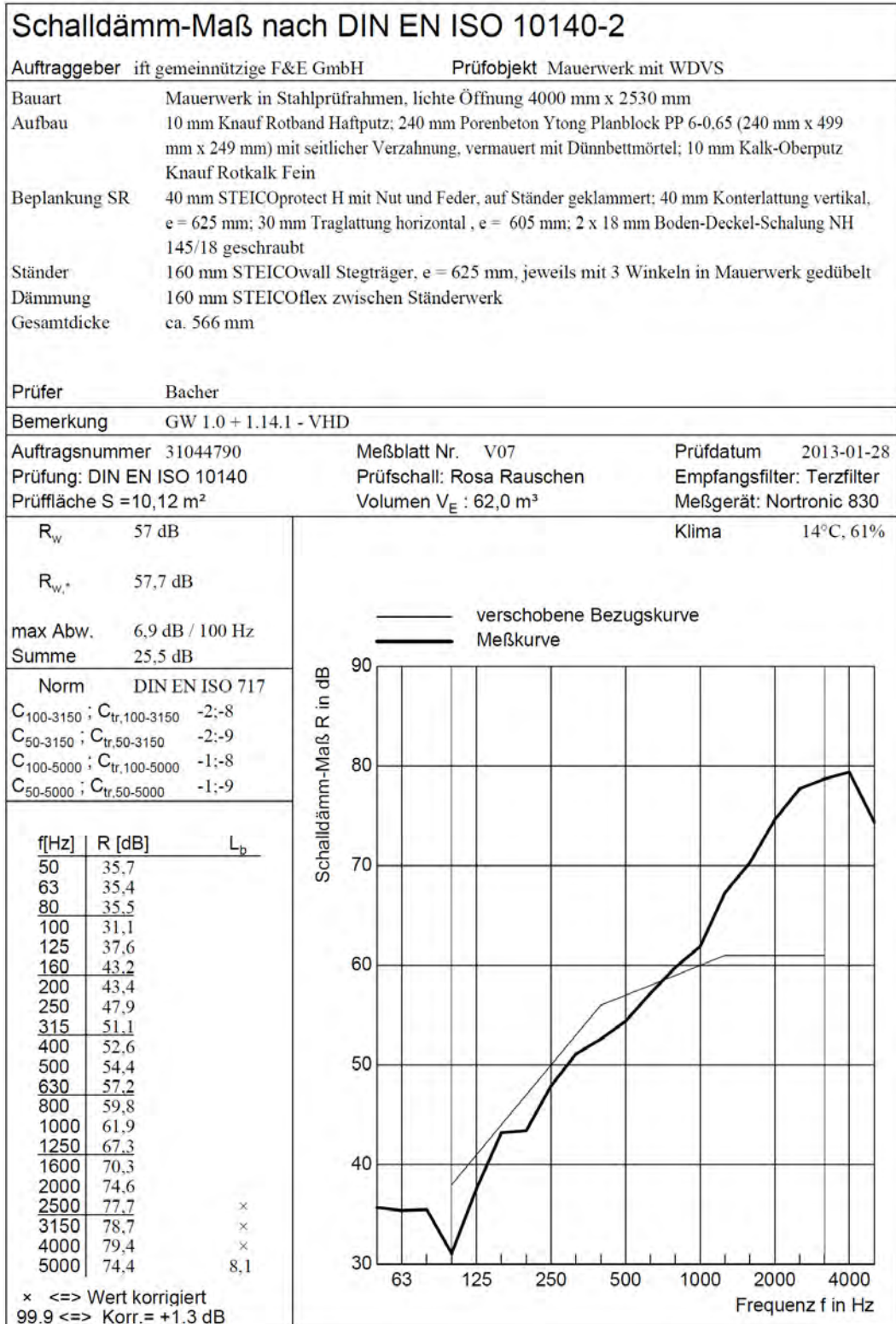
8.3 Datenblätter der Luftschallmessungen

Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2																																																																			
Auftraggeber	ift gemeinnützige F&E GmbH																																																																		
Prüfobjekt	Mauerwerk																																																																		
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm																																																																		
Aufbau	5 mm Gips-Haftputz (weber.mur 656 = maxit ip 27) 240 mm Kalksandsteine KS-R Plan 20-1.8 4 DF (240 mm x 248 mm x 122 mm) mit seitlicher Verzahnung, vermauert mit Dünnbettmörtel; 5 mm Gips-Haftputz																																																																		
Gesamtdicke	ca. 250 mm																																																																		
Prüfer	Bacher																																																																		
Bemerkung	Grundwand 4.0 - schwere Altbauwand																																																																		
Auftragsnummer	31044790																																																																		
Meßblatt Nr.	V03																																																																		
Prüfung: DIN EN ISO 10140	Prüfschall: Rosa Rauschen																																																																		
Prüfdatum	2012-12-13																																																																		
Prüffläche S = 10,12 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>E</sub> : 62,0 m <sup>3</sup>																																																																		
	Empfangsfilter: Terzfilter																																																																		
	Meßgerät: Nortronic 830																																																																		
R <sub>w</sub>	58 dB																																																																		
R <sub>w,-</sub>	58,0 dB																																																																		
max Abw.	5,3 dB / 400 Hz																																																																		
Summe	31,3 dB																																																																		
Norm	DIN EN ISO 717																																																																		
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-2;-5																																																																		
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-2;-6																																																																		
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	-1;-5																																																																		
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-1;-6																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>f[Hz]</th> <th>R [dB]</th> <th>L<sub>b</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>46,1</td><td></td></tr> <tr><td>63</td><td>41,8</td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td>44,8</td><td></td></tr> <tr><td>100</td><td>43,3</td><td></td></tr> <tr><td>125</td><td>40,5</td><td></td></tr> <tr><td>160</td><td>46,4</td><td></td></tr> <tr><td>200</td><td>44,7</td><td></td></tr> <tr><td>250</td><td>46,8</td><td></td></tr> <tr><td>315</td><td>49,2</td><td></td></tr> <tr><td>400</td><td>51,7</td><td></td></tr> <tr><td>500</td><td>53,9</td><td></td></tr> <tr><td>630</td><td>55,2</td><td></td></tr> <tr><td>800</td><td>57,2</td><td></td></tr> <tr><td>1000</td><td>59,6</td><td></td></tr> <tr><td>1250</td><td>61,9</td><td></td></tr> <tr><td>1600</td><td>63,9</td><td></td></tr> <tr><td>2000</td><td>65,7</td><td></td></tr> <tr><td>2500</td><td>67,3</td><td></td></tr> <tr><td>3150</td><td>68,4</td><td></td></tr> <tr><td>4000</td><td>68,8</td><td></td></tr> <tr><td>5000</td><td>64,8</td><td>*</td></tr> </tbody> </table>	f[Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>	50	46,1		63	41,8		80	44,8		100	43,3		125	40,5		160	46,4		200	44,7		250	46,8		315	49,2		400	51,7		500	53,9		630	55,2		800	57,2		1000	59,6		1250	61,9		1600	63,9		2000	65,7		2500	67,3		3150	68,4		4000	68,8		5000	64,8	*	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>— verschobene Bezugskurve</p> <p>— Meßkurve</p> </div> <div>  </div> </div>
f[Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>																																																																	
50	46,1																																																																		
63	41,8																																																																		
80	44,8																																																																		
100	43,3																																																																		
125	40,5																																																																		
160	46,4																																																																		
200	44,7																																																																		
250	46,8																																																																		
315	49,2																																																																		
400	51,7																																																																		
500	53,9																																																																		
630	55,2																																																																		
800	57,2																																																																		
1000	59,6																																																																		
1250	61,9																																																																		
1600	63,9																																																																		
2000	65,7																																																																		
2500	67,3																																																																		
3150	68,4																																																																		
4000	68,8																																																																		
5000	64,8	*																																																																	
	Klima 15°C, 46%																																																																		
<p>* &lt;=&gt; Wert korrigiert</p>																																																																			



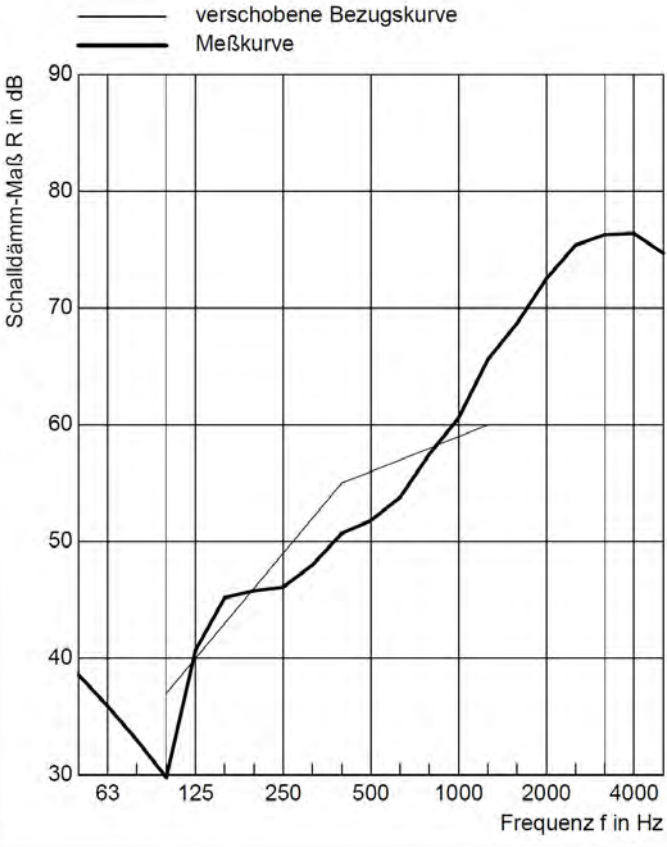
Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2																																													
Auftraggeber	ift gemeinnützige F&E GmbH																																												
Prüfobjekt	Mauerwerk																																												
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm																																												
Aufbau	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 240 mm Porenbeton Ytong Planblock PP 6-0,65 (240 mm x 499 mm x 249 mm) mit seitlicher Verzahnung, vermauert mit Dünnbettmörtel; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein																																												
Gesamtdicke	ca. 260 mm																																												
Prüfer	Bacher																																												
Bemerkung	Grundwand 1.0 - leichte Altbauwand																																												
Auftragsnummer	31044790																																												
Prüfung:	DIN EN ISO 10140																																												
Prüffläche S	=10,12 m <sup>2</sup>																																												
Meßblatt Nr.	V05																																												
Prüfschall:	Rosa Rauschen																																												
Volumen V <sub>E</sub>	: 62,0 m <sup>3</sup>																																												
Prüfdatum	2013-01-09																																												
Empfangsfilter:	Terzfilter																																												
Meßgerät:	Nortronic 830																																												
R <sub>w</sub>	52 dB																																												
R <sub>w,*</sub>	52,0 dB																																												
max Abw.	6,5 dB / 400 Hz																																												
Summe	31,7 dB																																												
Norm	DIN EN ISO 717																																												
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-2;-5																																												
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-2;-5																																												
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	-1;-5																																												
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-1;-5																																												
Klima	14°C, 61%																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>f[Hz]</th> <th>R [dB]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>38,5</td></tr> <tr><td>63</td><td>38,6</td></tr> <tr><td>80</td><td>41,2</td></tr> <tr><td>100</td><td>39,7</td></tr> <tr><td>125</td><td>35,6</td></tr> <tr><td>160</td><td>39,0</td></tr> <tr><td>200</td><td>41,3</td></tr> <tr><td>250</td><td>41,2</td></tr> <tr><td>315</td><td>42,8</td></tr> <tr><td>400</td><td>44,5</td></tr> <tr><td>500</td><td>46,4</td></tr> <tr><td>630</td><td>48,7</td></tr> <tr><td>800</td><td>51,2</td></tr> <tr><td>1000</td><td>53,3</td></tr> <tr><td>1250</td><td>55,3</td></tr> <tr><td>1600</td><td>56,8</td></tr> <tr><td>2000</td><td>59,3</td></tr> <tr><td>2500</td><td>61,7</td></tr> <tr><td>3150</td><td>57,6</td></tr> <tr><td>4000</td><td>56,7</td></tr> <tr><td>5000</td><td>59,1</td></tr> </tbody> </table>	f[Hz]	R [dB]	50	38,5	63	38,6	80	41,2	100	39,7	125	35,6	160	39,0	200	41,3	250	41,2	315	42,8	400	44,5	500	46,4	630	48,7	800	51,2	1000	53,3	1250	55,3	1600	56,8	2000	59,3	2500	61,7	3150	57,6	4000	56,7	5000	59,1	
f[Hz]	R [dB]																																												
50	38,5																																												
63	38,6																																												
80	41,2																																												
100	39,7																																												
125	35,6																																												
160	39,0																																												
200	41,3																																												
250	41,2																																												
315	42,8																																												
400	44,5																																												
500	46,4																																												
630	48,7																																												
800	51,2																																												
1000	53,3																																												
1250	55,3																																												
1600	56,8																																												
2000	59,3																																												
2500	61,7																																												
3150	57,6																																												
4000	56,7																																												
5000	59,1																																												

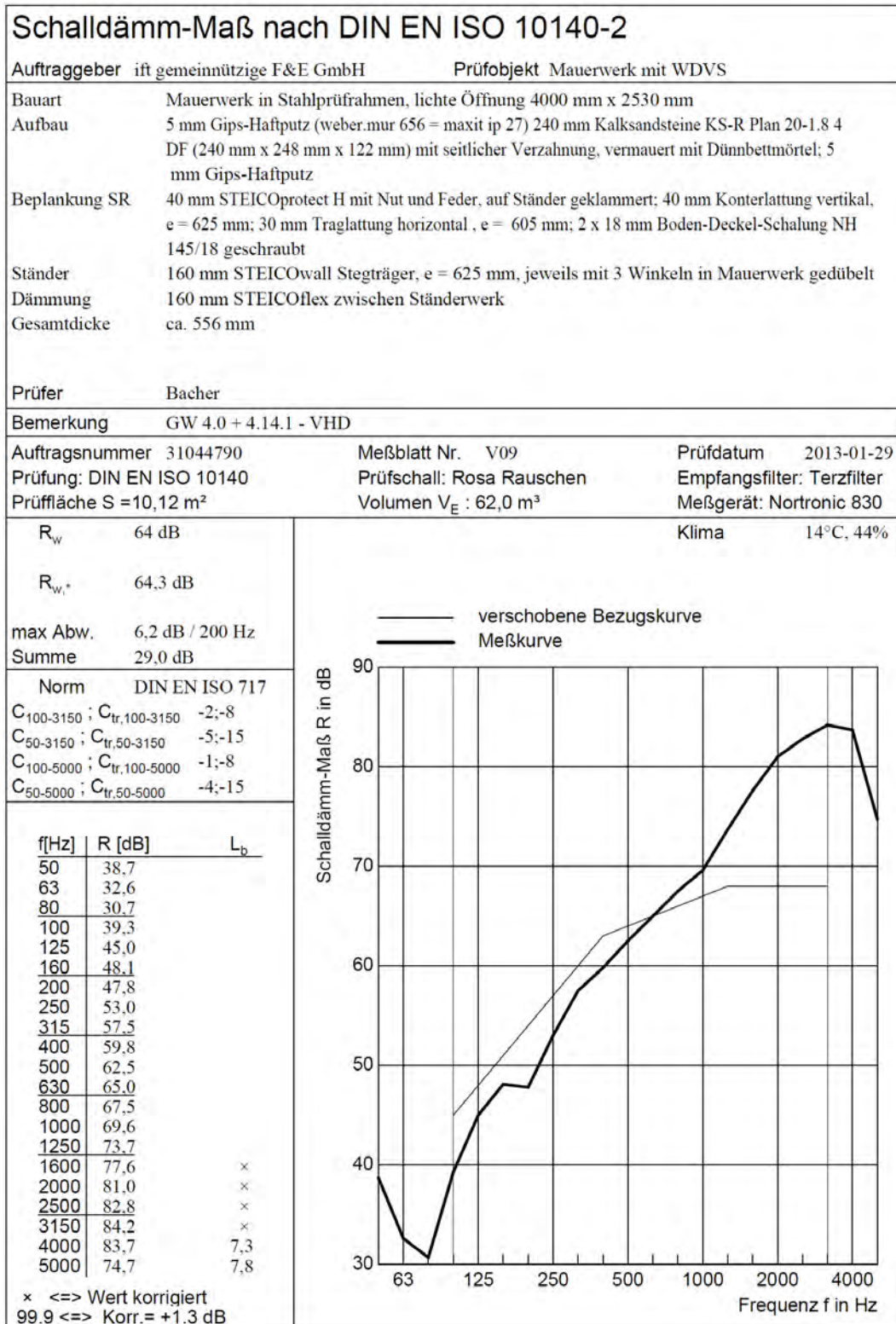






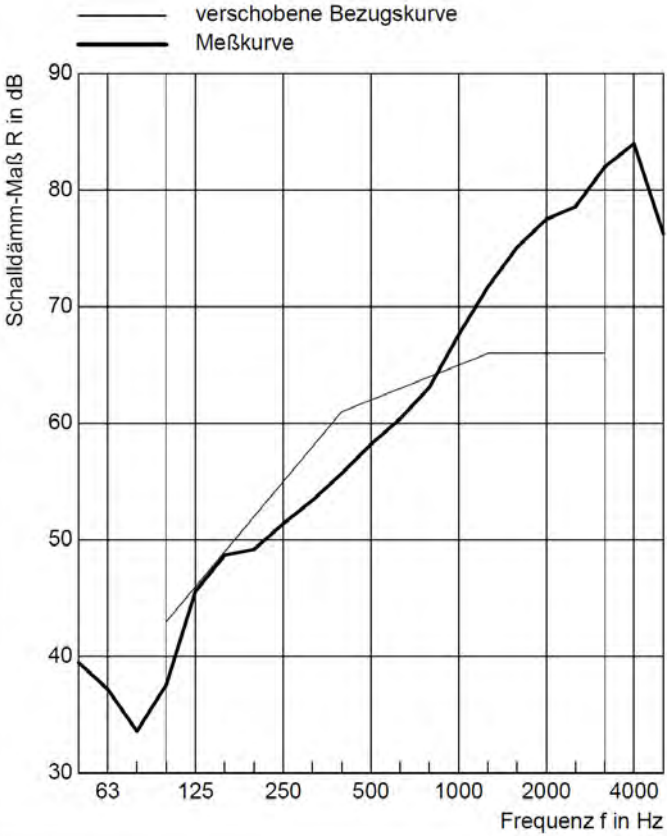
Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
<b>Auftraggeber</b>	ift gemeinnützige F&E GmbH	
<b>Prüfobjekt</b>	Mauerwerk mit WDVS	
<b>Bauart</b>	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
<b>Aufbau</b>	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 240 mm Porenbeton Ytong Planblock PP 6-0,65 (240 mm x 499 mm x 249 mm) mit seitlicher Verzahnung, vermauert mit Dünnbettmörtel; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
<b>Bepankung SR</b>	40 mm STEICOp Protect H mit Nut und Feder, auf Ständer geklammert; 40 mm Konterlattung vertikal, e = 625 mm; 30 mm Traglattung horizontal, e = 605 mm; 18 mm Boden-Deckel-Schalung NH 145/18 geschraubt, DECKEL ENTFERNT	
<b>Ständer</b>	160 mm STEICOWall Stegträger, e = 625 mm, jeweils mit 3 Winkeln in Mauerwerk gedübelt	
<b>Dämmung</b>	160 mm STEICOFlex zwischen Ständerwerk	
<b>Gesamtdicke</b>	ca. 548 mm	
<b>Prüfer</b>	Bacher	
<b>Bemerkung</b>	GW 1.0 + 1.14.2 - VHD; ohne Deckel!	
<b>Auftragsnummer</b>	31044790	
<b>Meßblatt Nr.</b>	V08	
<b>Prüfung:</b>	DIN EN ISO 10140	
<b>Prüffläche S</b>	= 10,12 m <sup>2</sup>	
<b>Volumen V<sub>E</sub></b>	= 62,0 m <sup>3</sup>	
<b>Prüfdatum</b>	2013-01-28	
<b>Empfangsfilter:</b>	Terzfilter	
<b>Meßgerät:</b>	Nortronic 830	
<b>R<sub>w</sub></b>	56 dB	
<b>R<sub>w,*</sub></b>	56,6 dB	
<b>max Abw.</b>	7,2 dB / 100 Hz	
<b>Summe</b>	26,5 dB	
<b>Norm</b>	DIN EN ISO 717	
<b>C<sub>100-3150</sub> ; C<sub>tr,100-3150</sub></b>	-2;-8	
<b>C<sub>50-3150</sub> ; C<sub>tr,50-3150</sub></b>	-2;-9	
<b>C<sub>100-5000</sub> ; C<sub>tr,100-5000</sub></b>	-1;-8	
<b>C<sub>50-5000</sub> ; C<sub>tr,50-5000</sub></b>	-1;-9	
<b>f [Hz]</b>	<b>R [dB]</b>	<b>L<sub>p</sub></b>
50	38,6	
63	35,9	
80	33,0	
100	29,8	
125	40,7	
160	45,2	
200	45,8	
250	46,1	
315	48,0	
400	50,7	
500	51,8	
630	53,8	
800	57,5	
1000	60,6	
1250	65,6	
1600	68,7	
2000	72,5	
2500	75,4	x
3150	76,3	x
4000	76,4	x
5000	74,7	8,1
x <=> Wert korrigiert		
99,9 <=> Korr.= +1,3 dB		

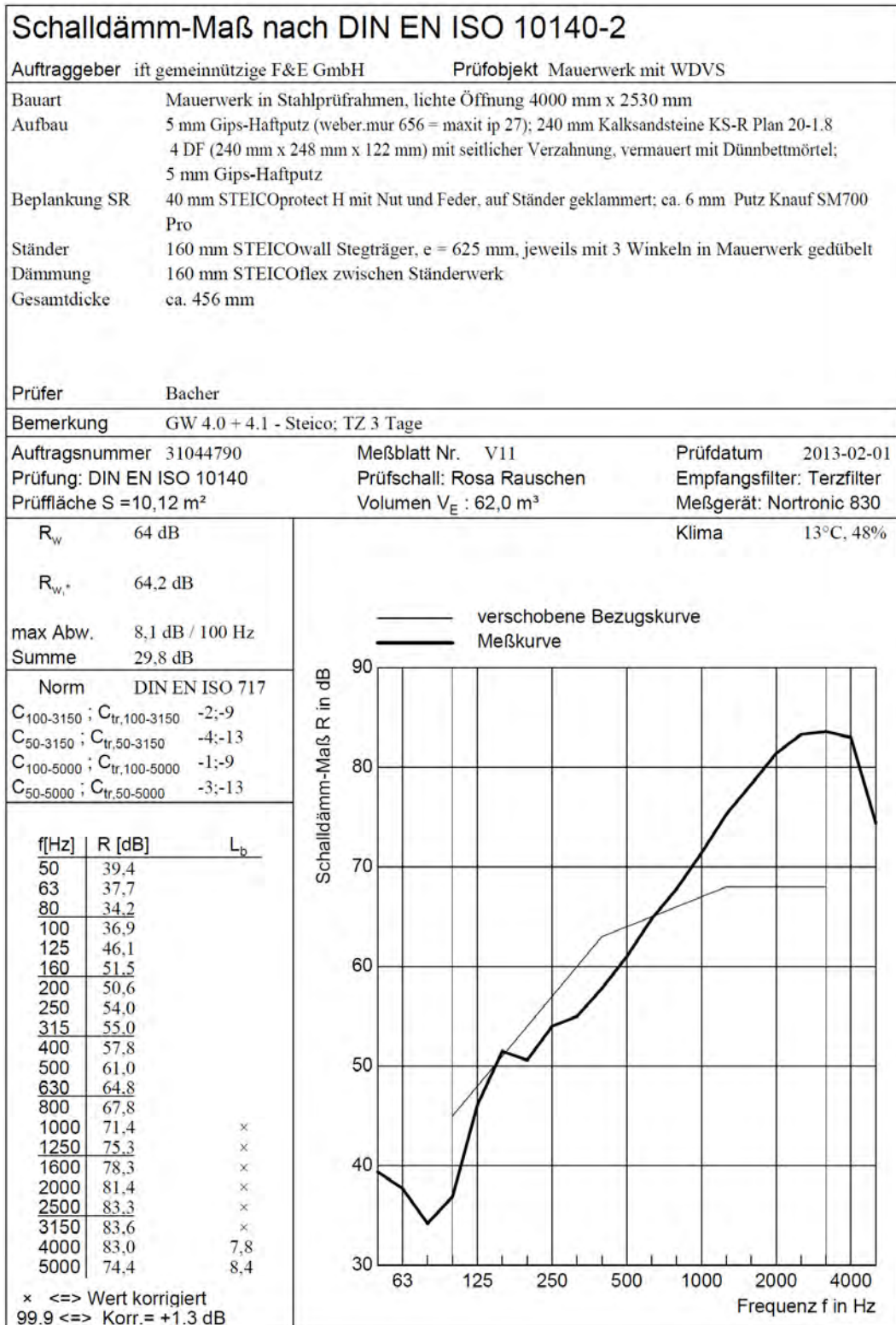






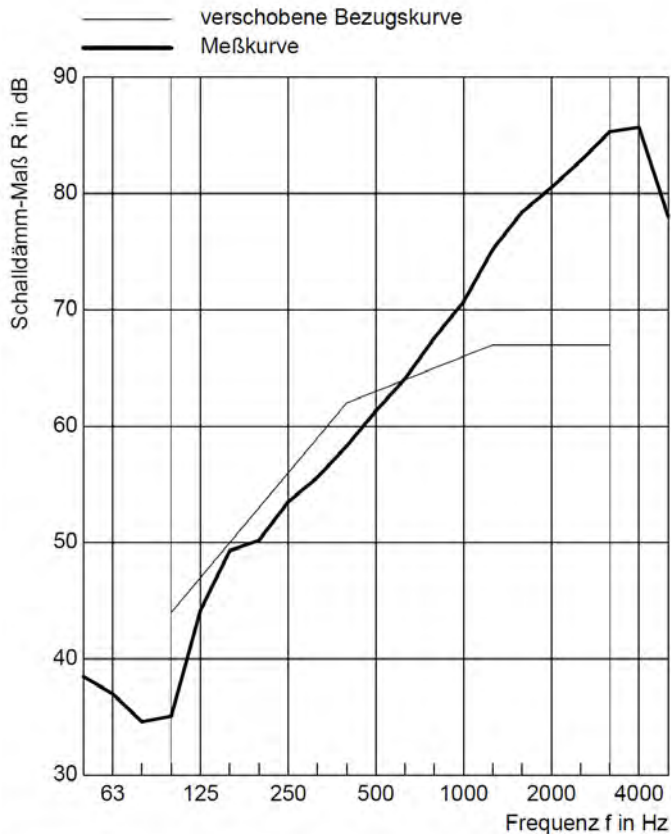
Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber ift gemeinnützige F&E GmbH		Prüfobjekt Mauerwerk mit WDVS
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	5 mm Gips-Haftputz (weber.mur 656 = maxit ip 27) 240 mm Kalksandsteine KS-R Plan 20-1.8 4 DF (240 mm x 248 mm x 122 mm) mit seitlicher Verzahnung, vermauert mit Dünnbettmörtel; 5 mm Gips-Haftputz	
Bepankung SR	40 mm STEICOProtect H mit Nut und Feder, auf Ständer geklammert; 40 mm Konterlattung vertikal, e = 625 mm; 30 mm Traglattung horizontal, e = 605 mm; 18 mm Boden-Deckel-Schalung NH 145/18 geschraubt, DECKEL ENTFERNT	
Ständer	160 mm STEICOWall Stegträger, e = 625 mm, jeweils mit 3 Winkeln in Mauerwerk gedübelt	
Dämmung	160 mm STEICOFlex zwischen Ständerwerk	
Gesamtdicke	ca. 538 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung	GW 4.0 + 4.14.2 - VHD; ohne Deckel!	
Auftragsnummer	31044790	Meßblatt Nr. V10
Prüfung:	DIN EN ISO 10140	Prüfschall: Rosa Rauschen
Prüffläche S =	10,12 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>E</sub> : 62,0 m <sup>3</sup>
		Prüfdatum 2013-01-29
		Empfangsfilter: Terzfilter
		Meßgerät: Nortronic 830
R <sub>w</sub>	62 dB	Klima 13°C, 48%
R <sub>w</sub> *	62,2 dB	
max Abw.	5,4 dB / 100 Hz	
Summe	29,7 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-2;-7	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-3;-11	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	-1;-7	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-2;-11	
f [Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>
50	39,5	
63	37,2	
80	33,6	
100	37,6	
125	45,6	
160	48,7	
200	49,2	
250	51,4	
315	53,4	
400	55,7	
500	58,2	
630	60,4	
800	63,1	
1000	67,6	x
1250	71,7	x
1600	75,1	x
2000	77,5	x
2500	78,6	x
3150	82,0	x
4000	84,0	7,4
5000	76,3	7,8
x <=> Wert korrigiert		
99,9 <=> Korr.= +1,3 dB		

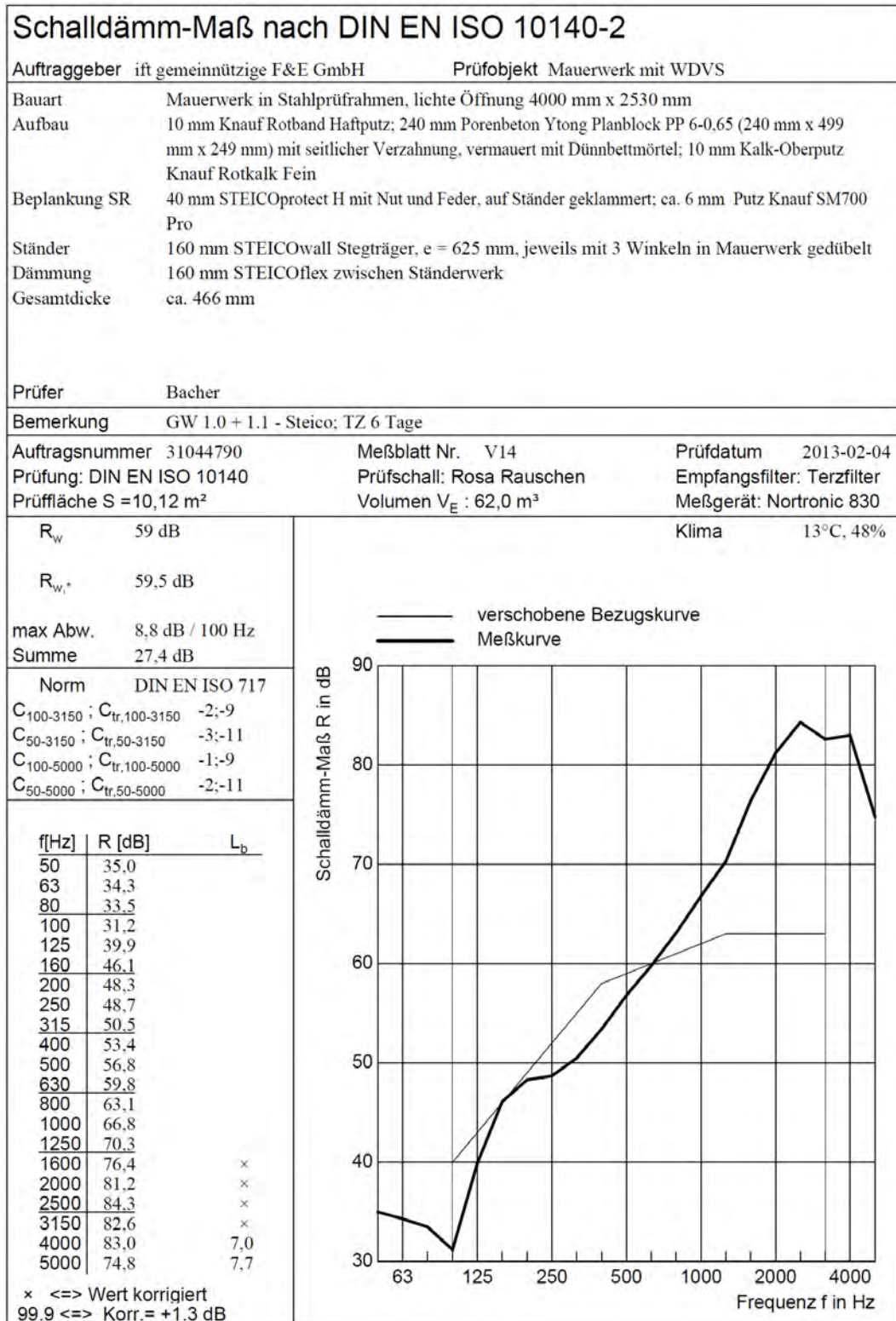






Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber ift gemeinnützige F&E GmbH		Prüfobjekt Mauerwerk mit WDVS
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	5 mm Gips-Haftputz (weber.mur 656 = maxit ip 27); 240 mm Kalksandsteine KS-R Plan 20-1.8 4 DF (240 mm x 248 mm x 122 mm) mit seitlicher Verzahnung, vermauert mit Dünnbettmörtel; 5 mm Gips-Haftputz	
Bepankung SR	40 mm STEICOp Protect H mit Nut und Feder, auf Ständer geklammert; ca. 6 mm Putz Knauf SM700 Pro	
Ständer	160 mm STEICOWall Stegträger, e = 625 mm, jeweils mit 3 Winkeln in Mauerwerk gedübelt	
Dämmung	160 mm STEICOFlex zwischen Ständerwerk	
Gesamtdicke	ca. 456 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung	GW 4.0 + 4.1 - Steico: TZ 6 Tage	
Auftragsnummer	31044790	Meßblatt Nr. V13
Prüfung:	DIN EN ISO 10140	Prüfschall: Rosa Rauschen
Prüffläche S	=10,12 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>E</sub> : 62,0 m <sup>3</sup>
		Prüfdatum 2013-02-04
		Empfangsfilter: Terzfilter
		Meßgerät: Nortronic 830
R <sub>w</sub>	63 dB	Klima 13°C, 48%
R <sub>w,*</sub>	63,6 dB	
max Abw.	8,9 dB / 100 Hz	
Summe	26,5 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-2;-9	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-3;-12	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	-1;-9	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-2;-12	
f[Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>
50	38,5	
63	37,0	
80	34,6	
100	35,1	
125	44,2	
160	49,3	
200	50,2	
250	53,5	
315	55,6	
400	58,3	
500	61,3	
630	64,1	
800	67,6	
1000	70,7	x
1250	75,2	x
1600	78,4	x
2000	80,5	x
2500	82,8	x
3150	85,3	6,2
4000	85,7	7,1
5000	78,0	7,7
x <=> Wert korrigiert 99,9 <=> Korr.= +1.3 dB		







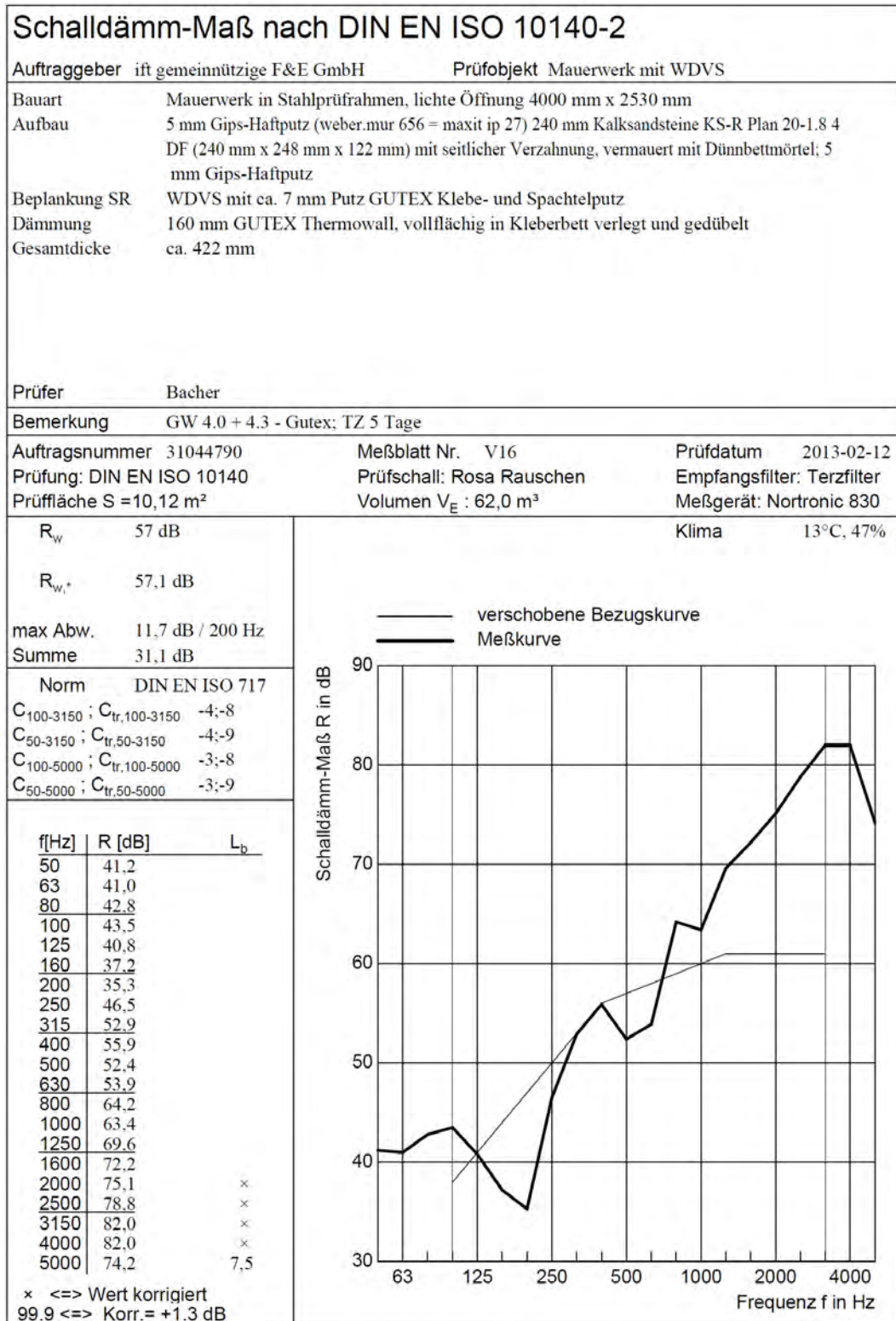
Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber		ift gemeinnützige F&E GmbH
Prüfobjekt		Mauerwerk mit WDVS
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 240 mm Porenbeton Ytong Planblock PP 6-0,65 (240 mm x 499 mm x 249 mm) mit seitlicher Verzahnung, vermauert mit Dünnbettmörtel; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
Bepflanzung SR	WDVS mit ca. 7 mm Putz GUTEX Klebe- und Spachtelputz	
Dämmung	160 mm GUTEX Thermowall, vollflächig in Kleberbett verlegt und gedübelt	
Gesamtdicke	ca. 432 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung	GW 1.0 + 1.3 - Gutex; TZ 5 Tage	
Auftragsnummer	31044790	Meßblatt Nr. V15
Prüfung:	DIN EN ISO 10140	Prüfschall: Rosa Rauschen
Prüffläche S	=10,12 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>E</sub> = 62,0 m <sup>3</sup>
		Prüfdatum 2013-02-11
		Empfangsfilter: Terzfilter
		Meßgerät: Nortronic 830
R <sub>w</sub>	51 dB	Klima 12°C, 51%
R <sub>w,*</sub>	51,6 dB	
max Abw.	9,3 dB / 200 Hz	
Summe	27,8 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-3;-7	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-3;-7	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	-2;-7	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-2;-7	
f[Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>
50	41,6	
63	42,2	
80	41,3	
100	37,9	
125	33,1	
160	31,4	
200	31,7	
250	39,5	
315	47,3	
400	50,4	
500	47,6	
630	49,9	
800	59,2	
1000	57,6	
1250	63,3	
1600	67,1	
2000	70,2	
2500	74,8	
3150	75,0	
4000	75,3	×
5000	73,3	×
× <=> Wert korrigiert		

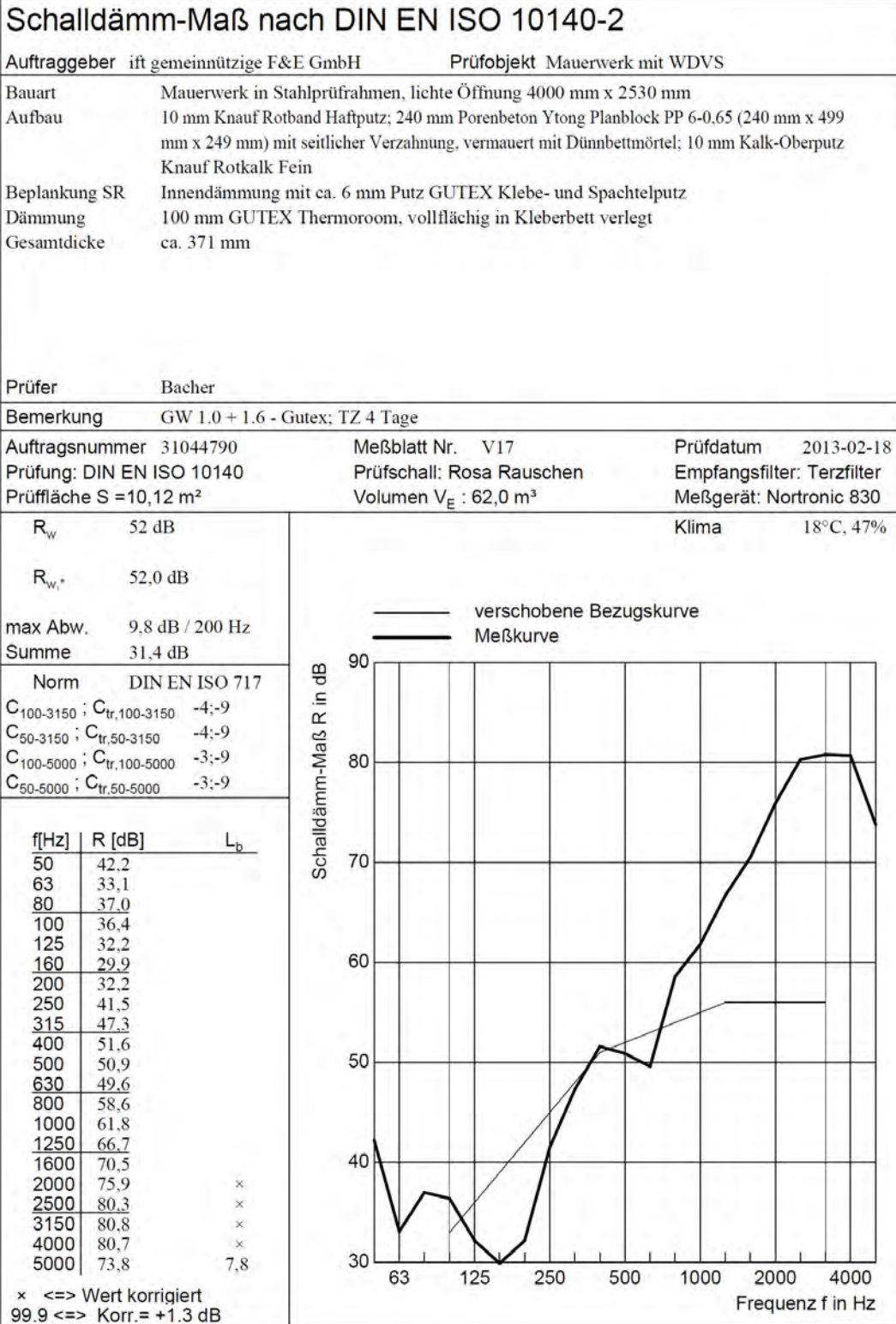
  

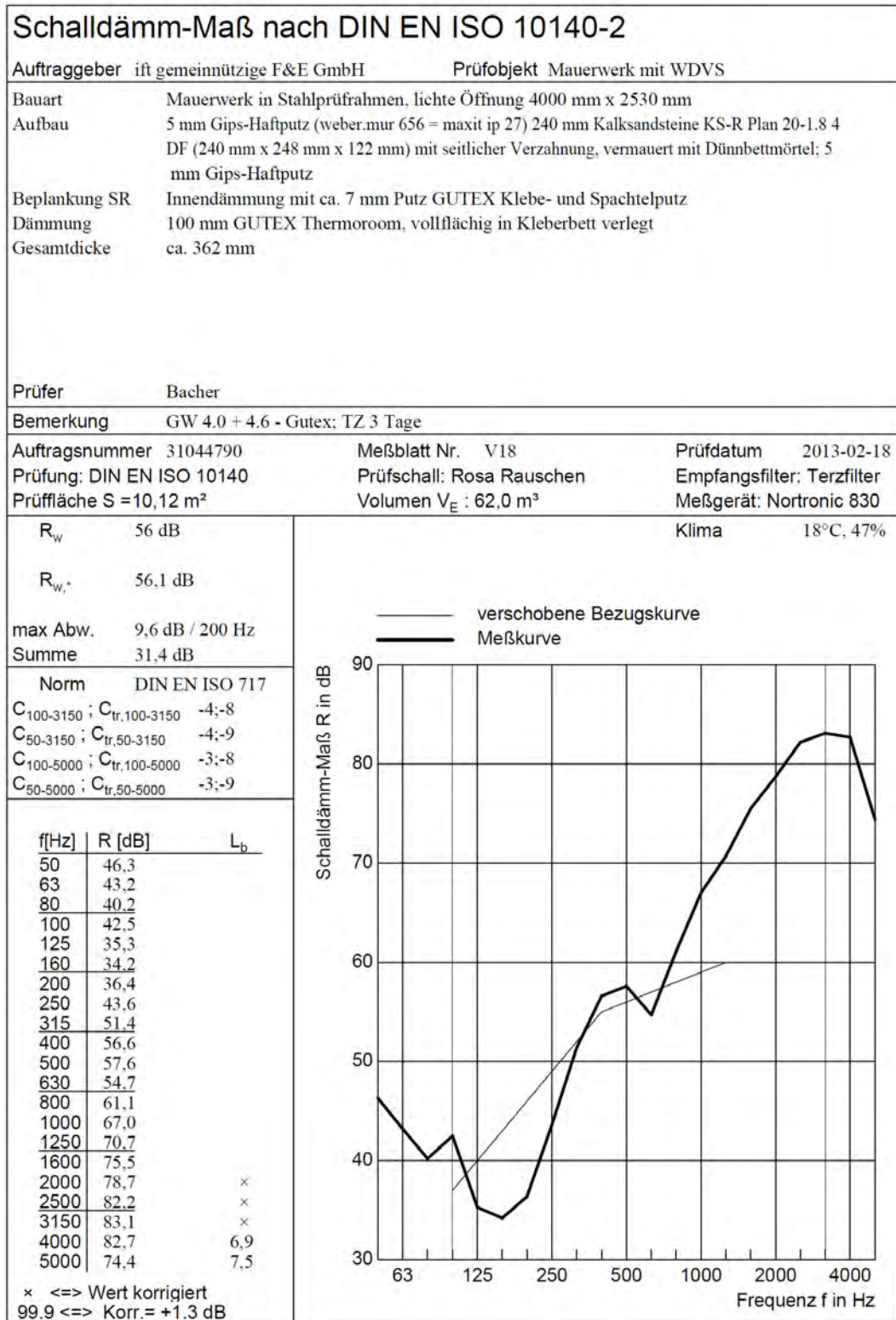
— verschobene Bezugskurve

— Meßkurve









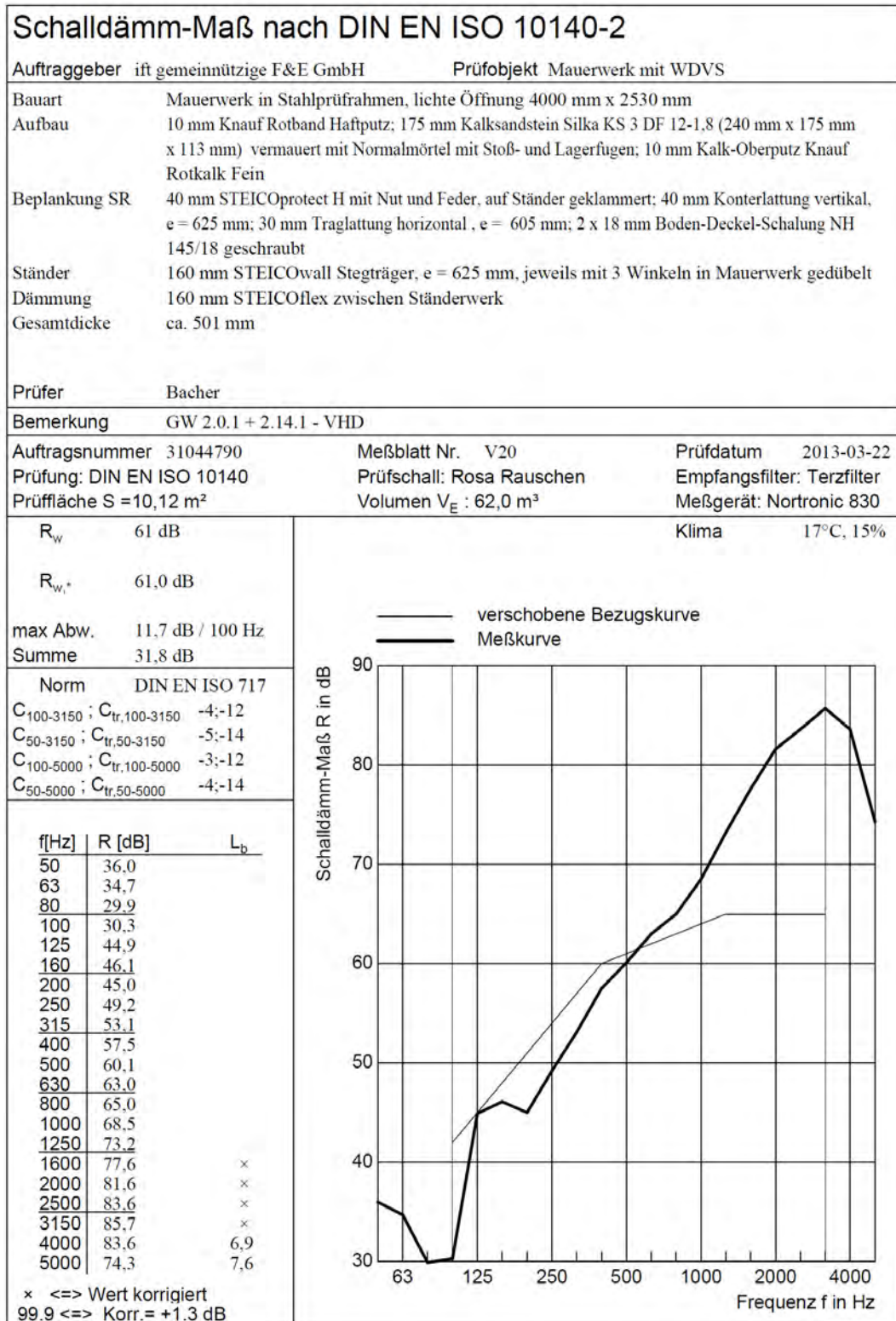


Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber ift gemeinnützige F&E GmbH		Prüfobjekt Mauerwerk
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 175 mm Kalksandstein Silka KS 3 DF 12-1,8 (240 mm x 175 mm x 113 mm) vermauert mit Normalmörtel mit Stoß- und Lagerfugen; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
Gesamtdicke	195 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung	Grundwand 2.0.1 - mittlere Bezugswand	
Auftragsnummer 31044790	Meßblatt Nr. V19	Prüfdatum 2013-03-15
Prüfung: DIN EN ISO 10140	Prüfschall: Rosa Rauschen	Empfangsfilter: Terzfilter
Prüffläche S = 10,12 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>E</sub> : 62,0 m <sup>3</sup>	Meßgerät: Nortronic 830
R <sub>w</sub>	55 dB	Klima 17°C, 15%
R <sub>w,*</sub>	55,9 dB	
max Abw.	5,5 dB / 400 Hz	
Summe	24,1 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-1;-4	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-1;-5	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	0;-4	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	0;-5	
f[Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>
50	41,3	
63	40,1	
80	40,7	
100	43,8	
125	40,0	
160	42,8	
200	43,4	
250	43,4	
315	46,4	
400	48,5	
500	51,4	
630	53,3	
800	55,5	
1000	58,1	
1250	60,8	
1600	62,5	
2000	64,0	
2500	66,5	
3150	69,7	
4000	67,1	
5000	64,9	x
x <=> Wert korrigiert		

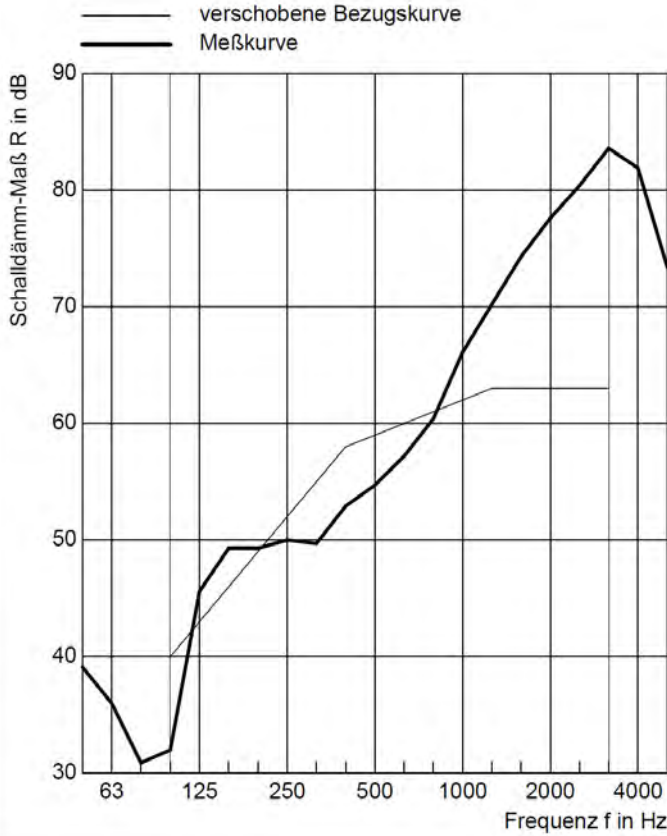
— verschobene Bezugskurve

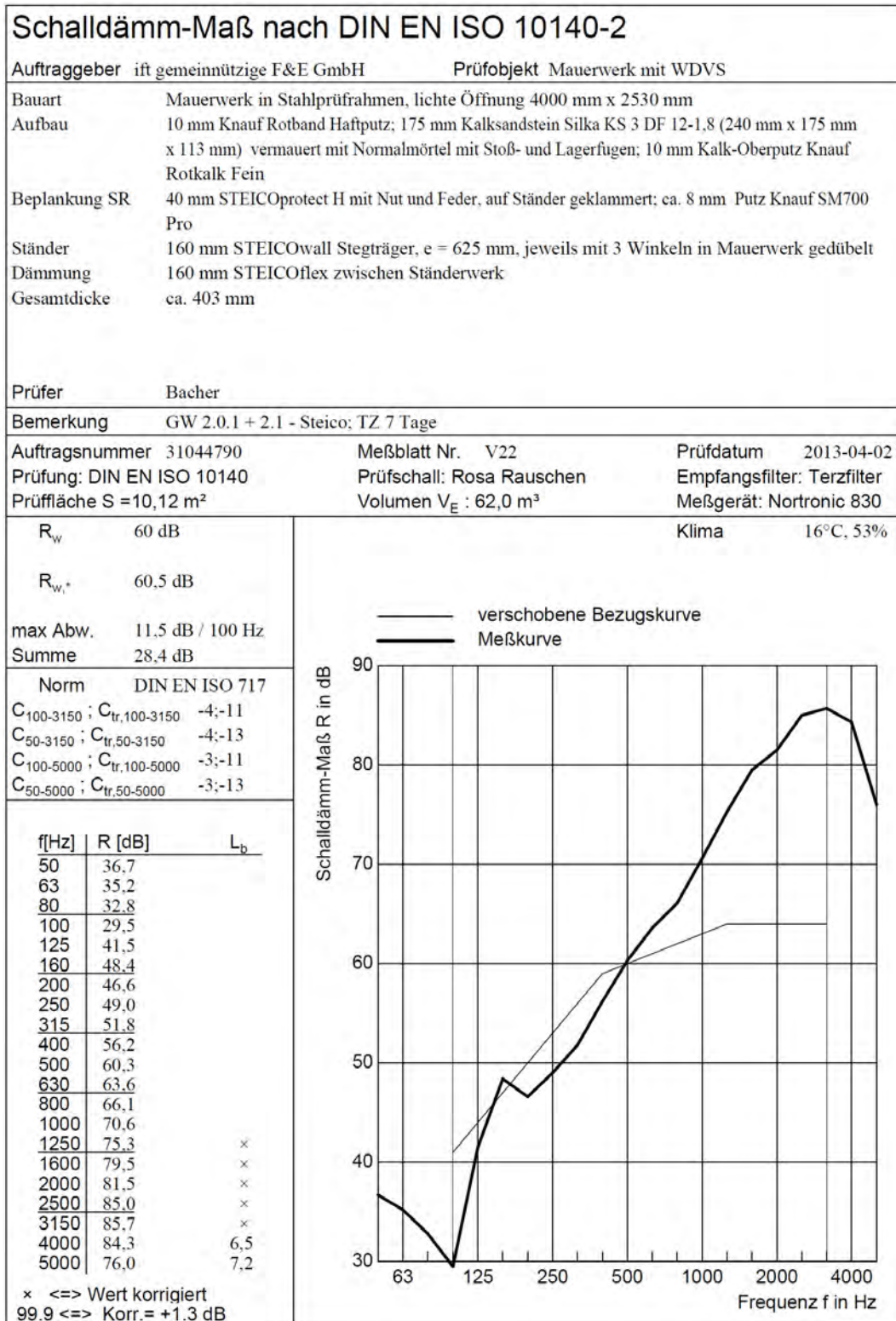
— Meßkurve





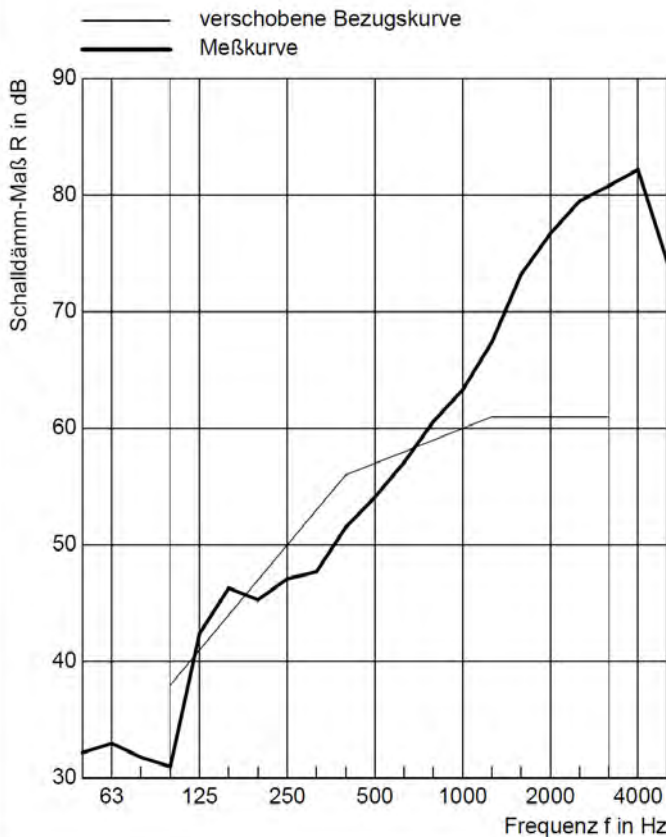
Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber ift gemeinnützige F&E GmbH		Prüfobjekt Mauerwerk mit WDVS
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 175 mm Kalksandstein Silka KS 3 DF 12-1,8 (240 mm x 175 mm x 113 mm) vermauert mit Normalmörtel mit Stoß- und Lagerfugen; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
Bepankung SR	40 mm STEICOp Protect H mit Nut und Feder, auf Ständer geklammert; 40 mm Konterlattung vertikal, e = 625 mm; 30 mm Traglattung horizontal, e = 605 mm; 18 mm Boden-Deckel-Schalung NH 145/18 geschraubt, DECKEL ENTFERNT	
Ständer	160 mm STEICOWall Stegträger, e = 625 mm, jeweils mit 3 Winkeln in Mauerwerk gedübelt	
Dämmung	160 mm STEICOflex zwischen Ständerwerk	
Gesamtdicke	ca. 483 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung	GW 2.0.1 + 2.14.2 - VHD; ohne Deckel!	
Auftragsnummer	31044790	Meßblatt Nr. V21
Prüfung:	DIN EN ISO 10140	Prüfschall: Rosa Rauschen
Prüffläche S	= 10,12 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>E</sub> = 62,0 m <sup>3</sup>
		Prüfdatum 2013-03-22
		Empfangsfilter: Terzfilter
		Meßgerät: Nortronic 830
R <sub>w</sub>	59 dB	Klima 17°C, 15%
R <sub>w,*</sub>	59,5 dB	
max Abw.	8,0 dB / 100 Hz	
Summe	28,1 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-2; -8	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-3; -11	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	-1; -8	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-2; -11	
f [Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>
50	39,1	
63	36,0	
80	30,9	
100	32,0	
125	45,6	
160	49,3	
200	49,3	
250	50,0	
315	49,7	
400	52,9	
500	54,7	
630	57,2	
800	60,4	
1000	66,1	
1250	70,2	
1600	74,3	
2000	77,6	×
2500	80,4	×
3150	83,6	×
4000	81,9	6,9
5000	73,4	7,6
× <=> Wert korrigiert 99,9 <=> Korr. = +1,3 dB		



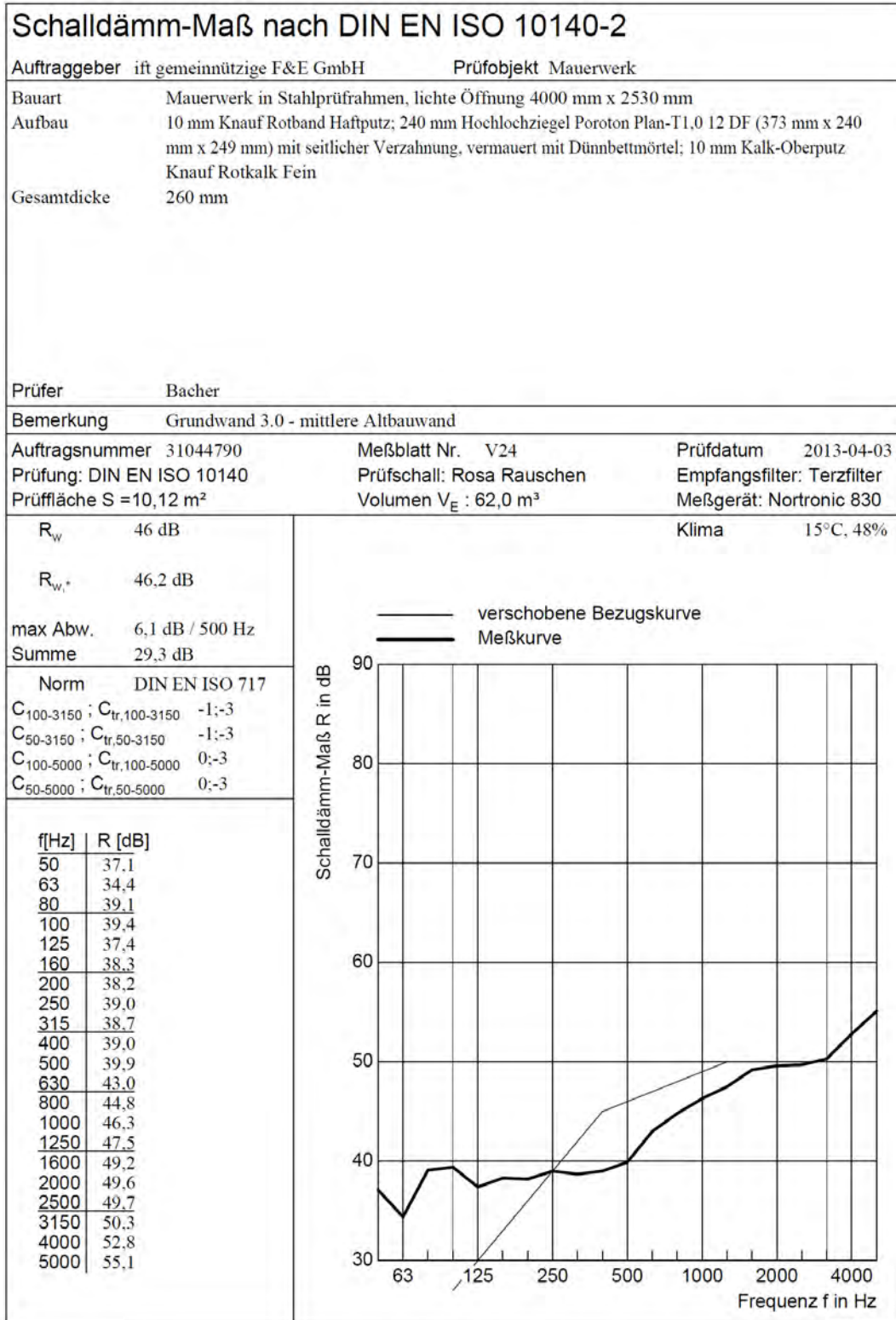




Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber ift gemeinnützige F&E GmbH		Prüfobjekt Mauerwerk mit WDVS
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 240 mm Hochlochziegel Poroton Plan-T1,0 12 DF (373 mm x 240 mm x 249 mm) mit seitlicher Verzahnung, vermauert mit Dünnbettmörtel; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
Bepankung SR	40 mm STEICOprotect H mit Nut und Feder, auf Ständer geklammert; ca. 8 mm Putz Knauf SM700 Pro	
Ständer	160 mm STEICOWall Stegträger, e = 625 mm, jeweils mit 3 Winkeln in Mauerwerk gedübelt	
Dämmung	160 mm STEICOflex zwischen Ständerwerk	
Gesamtdicke	ca. 468 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung	GW 3.0 + 3.1 - Steico; TZ 8 Tage	
Auftragsnummer	31044790	Meßblatt Nr. V23
Prüfung:	DIN EN ISO 10140	Prüfschall: Rosa Rauschen
Prüffläche S =	10,12 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>E</sub> = 62,0 m <sup>3</sup>
		Prüfdatum 2013-04-02
		Empfangsfilter: Terzfilter
		Meßgerät: Nortronic 830
R <sub>w</sub>	57 dB	Klima 16°C, 48%
R <sub>w,*</sub>	57,9 dB	
max Abw.	7,0 dB / 100 Hz	
Summe	25,2 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-1; -8	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-2; -10	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	0; -8	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-1; -10	
f [Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>
50	32,2	
63	33,0	
80	31,8	
100	31,0	
125	42,4	
160	46,3	
200	45,3	
250	47,1	
315	47,7	
400	51,5	
500	54,1	
630	57,1	
800	60,6	
1000	63,3	
1250	67,4	
1600	73,2	
2000	76,7	×
2500	79,5	×
3150	80,8	×
4000	82,2	7,1
5000	74,3	7,7
× <=> Wert korrigiert 99,9 <=> Korr. = +1,3 dB		

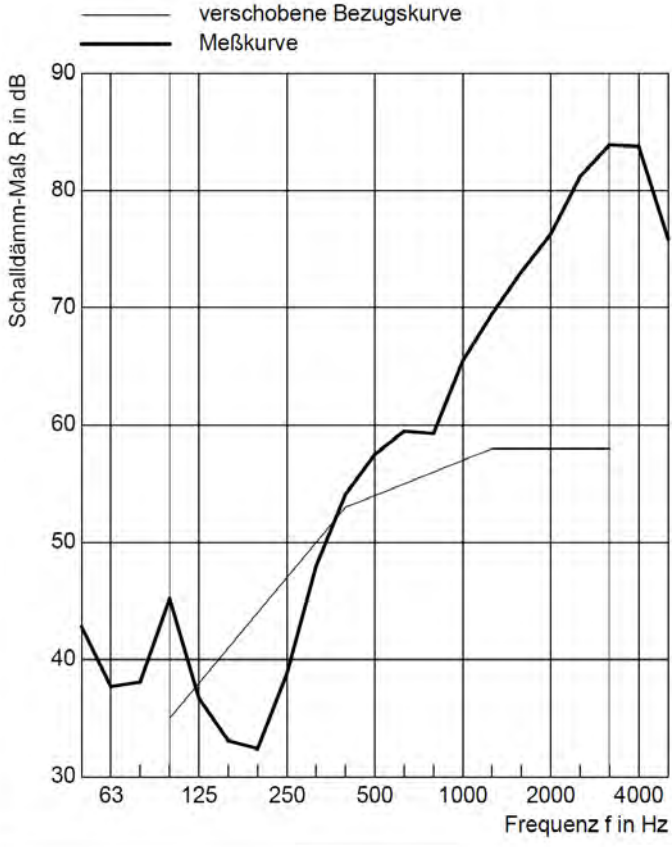


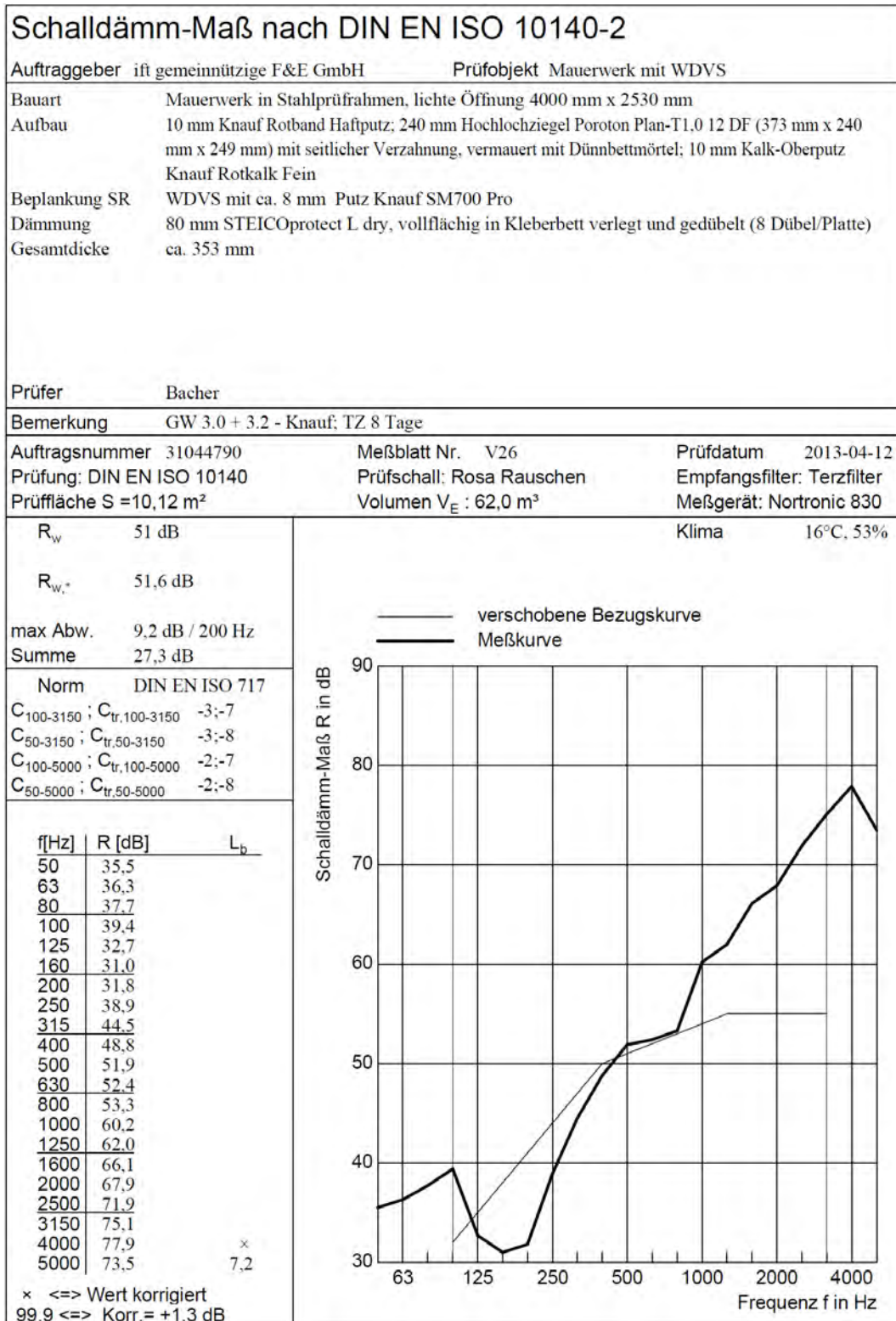






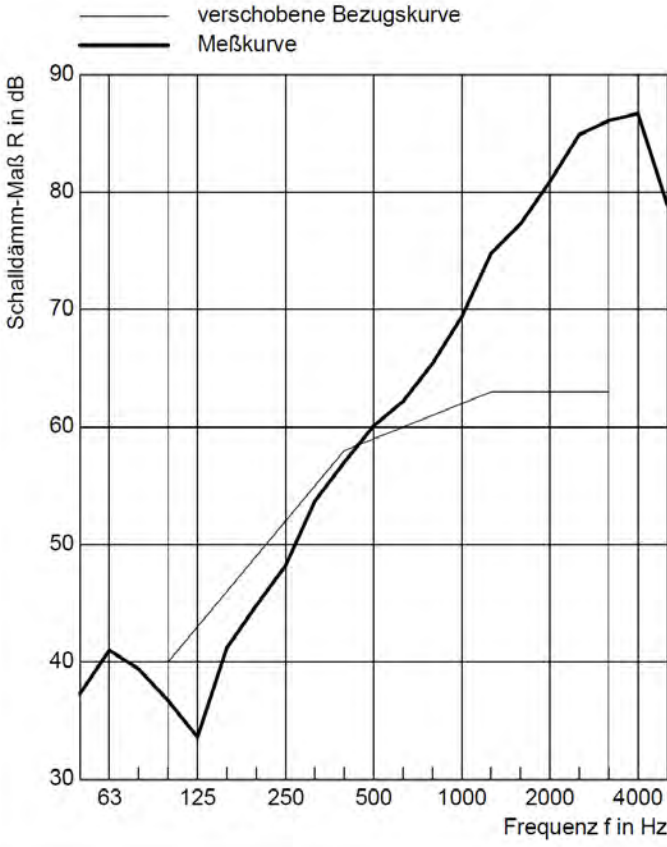
Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber ift gemeinnützige F&E GmbH		Prüfobjekt Mauerwerk mit WDVS
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 175 mm Kalksandstein Silka KS 3 DF 12-1,8 (240 mm x 175 mm x 113 mm) vermauert mit Normalmörtel mit Stoß- und Lagerfugen; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
Beplankung SR	WDVS mit ca. 8 mm Putz Knauf SM700 Pro	
Dämmung	80 mm STEICOprotect L dry, vollflächig in Kleberbett verlegt und gedübelt (8 Dübel/Platte)	
Gesamtdicke	ca. 288 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung	GW 2.0.1 + 2.2.1 - Knauf; TZ 8 Tage	
Auftragsnummer 31044790	Meßblatt Nr. V25	Prüfdatum 2013-04-11
Prüfung: DIN EN ISO 10140	Prüfschall: Rosa Rauschen	Empfangsfilter: Terzfilter
Prüffläche S = 10,12 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>E</sub> : 62,0 m <sup>3</sup>	Meßgerät: Nortronic 830
R <sub>w</sub>	54 dB	Klima 16°C, 52%
R <sub>w,*</sub>	54,2 dB	
max Abw.	11,6 dB / 200 Hz	
Summe	31,0 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-4;-9	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-4;-9	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	-3;-9	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-3;-9	
f [Hz]	R [dB]	L <sub>p</sub>
50	42,8	
63	37,7	
80	38,1	
100	45,2	
125	36,7	
160	33,1	
200	32,4	
250	38,8	
315	48,0	
400	54,1	
500	57,5	
630	59,5	
800	59,3	
1000	65,5	
1250	69,5	
1600	73,1	
2000	76,3	×
2500	81,2	×
3150	83,9	×
4000	83,8	7,0
5000	75,9	7,6
× <=> Wert korrigiert 99.9 <=> Korr.= +1.3 dB		

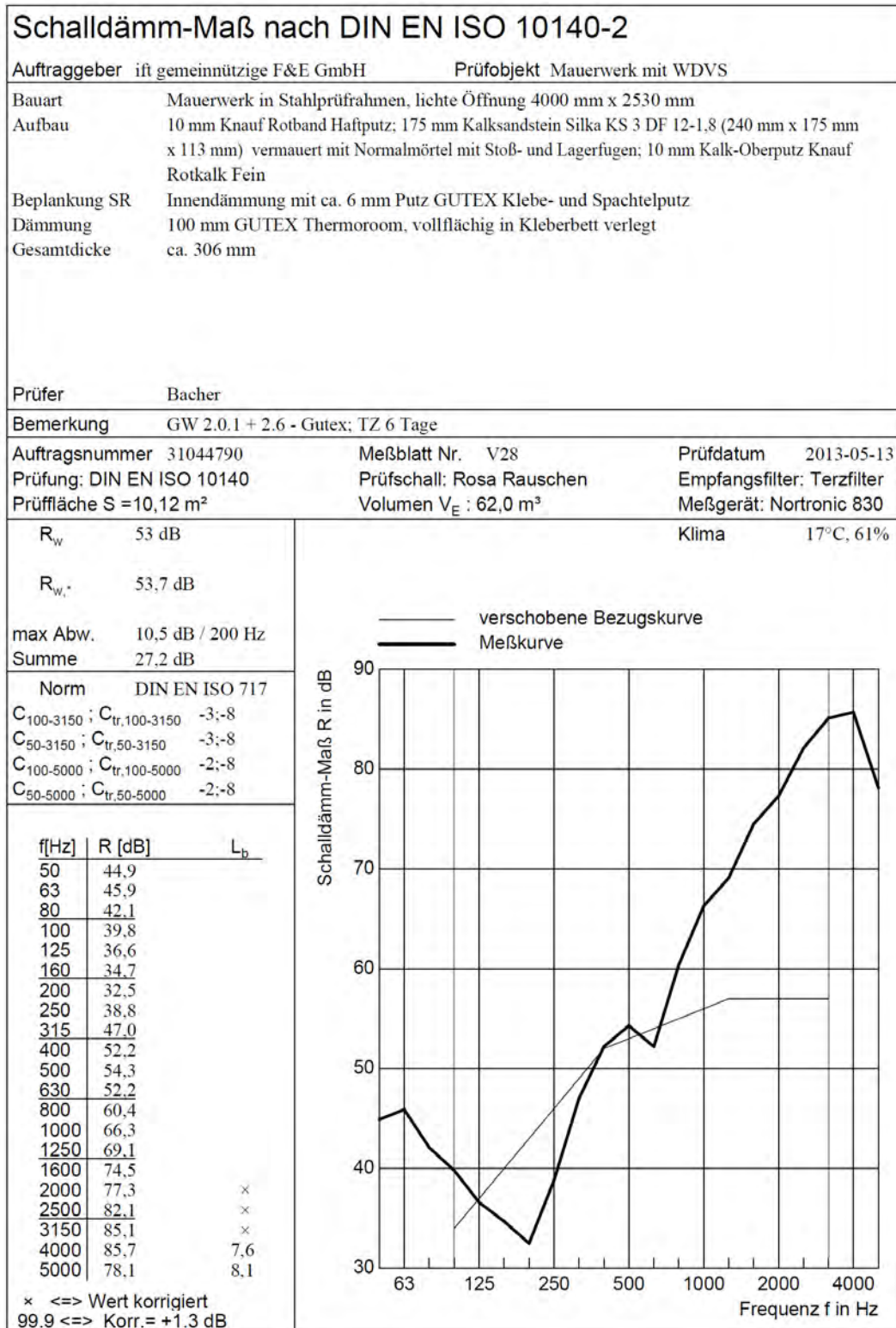






Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber ift gemeinnützige F&E GmbH		Prüfobjekt Mauerwerk mit WDVS
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 175 mm Kalksandstein Silka KS 3 DF 12-1.8 (240 mm x 175 mm x 113 mm) vermauert mit Normalmörtel mit Stoß- und Lagerfugen; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
Bepankung SR	WDVS mit ca. 22 mm Putz Knauf SM700 Pro	
Dämmung	80 mm STEICOprotect L dry, vollflächig in Kleberbett verlegt und gedübelt (8 Dübel/Platte)	
Gesamtdicke	ca. 302 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung	GW 2.0.1 + 2.2.2 - Knauf; TZ 7 Tage	
Auftragsnummer	31044790	Meßblatt Nr. V27
Prüfung: DIN EN ISO 10140		Prüfschall: Rosa Rauschen
Prüffläche S = 10,12 m²		Volumen V <sub>E</sub> = 62,0 m³
		Prüfdatum 2013-04-19
		Empfangsfilter: Terzfilter
		Meßgerät: Nortronic 830
R <sub>w</sub>	59 dB	Klima 17°C, 61%
R <sub>w,*</sub>	59,6 dB	
max Abw.	9,4 dB / 125 Hz	
Summe	27,8 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-3;-9	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-3;-10	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	-2;-9	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-2;-10	
f [Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>
50	37,3	
63	41,0	
80	39,4	
100	36,7	
125	33,6	
160	41,2	
200	44,8	
250	48,2	
315	53,7	
400	57,0	
500	60,1	
630	62,2	
800	65,4	
1000	69,4	
1250	74,8	×
1600	77,3	
2000	80,9	×
2500	84,9	×
3150	86,1	×
4000	86,7	6,6
5000	78,9	7,3
× <=> Wert korrigiert		
99,9 <=> Korr.= +1,3 dB		



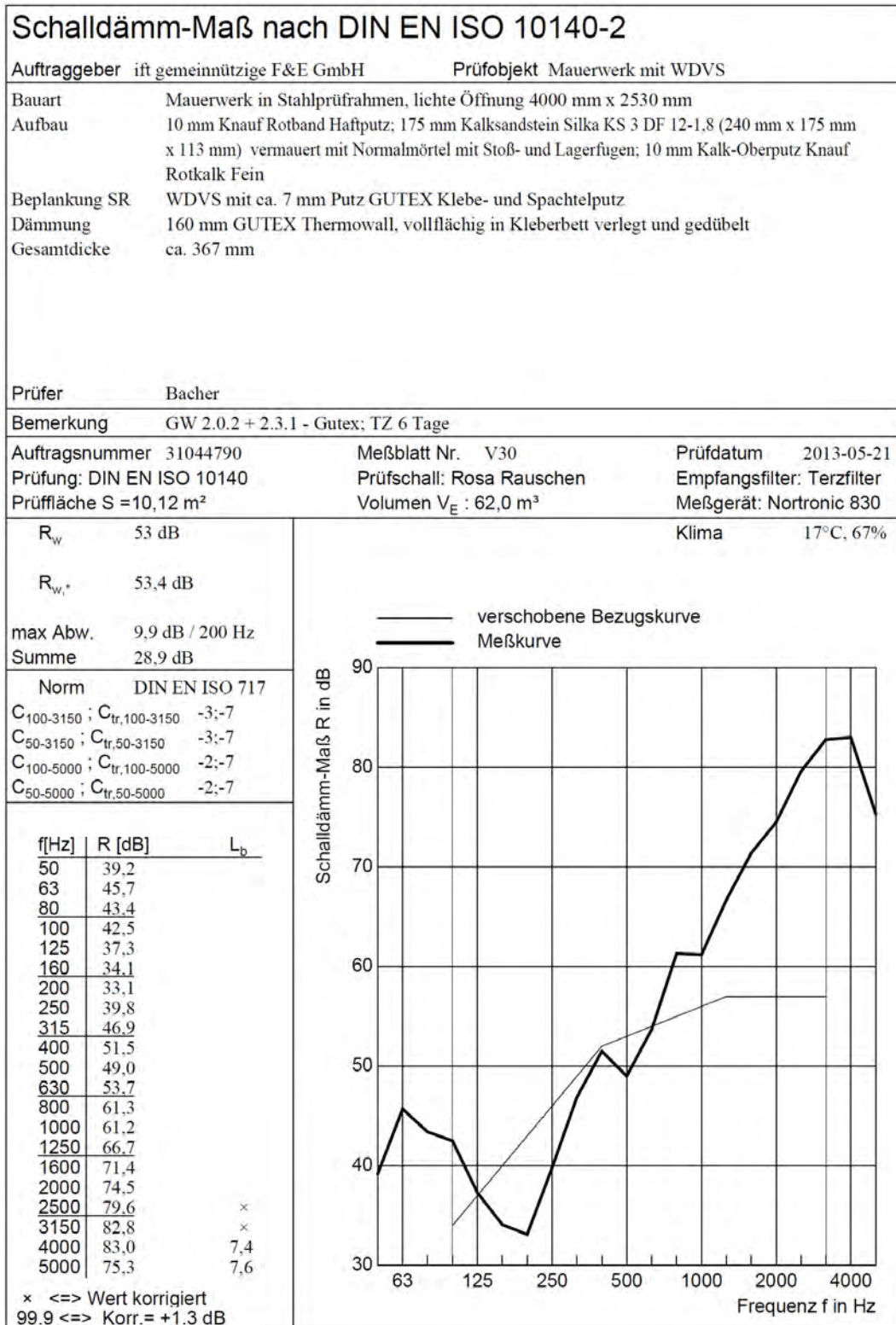




Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber	ift gemeinnützige F&E GmbH	
Prüfobjekt	Mauerwerk	
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 175 mm Kalksandstein Silka KS 3 DF 12-1.8 (240 mm x 175 mm x 113 mm) vermauert mit Normalmörtel mit Stoß- und Lagerfugen; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
Gesamtdicke	195 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung	Grundwand 2.0.2 - mittlere Bezugswand	
Auftragsnummer	31044790	
Prüfung: DIN EN ISO 10140	Meßblatt Nr. V29	
Prüffläche S = 10,12 m <sup>2</sup>	Prüfschall: Rosa Rauschen	
	Volumen V <sub>E</sub> : 62,0 m <sup>3</sup>	
	Prüfdatum 2013-05-13	
	Empfangsfilter: Terzfilter	
	Meßgerät: Nortronic 830	
R <sub>w</sub>	54 dB	
R <sub>w,*</sub>	54,5 dB	
max Abw.	6,2 dB / 400 Hz	
Summe	28,2 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-1;-4	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-1;-5	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	0;-4	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	0;-5	
f[Hz]	R [dB]	L <sub>p</sub>
50	38,3	
63	43,4	
80	46,5	
100	46,0	
125	40,6	
160	41,9	
200	39,8	
250	42,6	
315	43,9	
400	46,8	
500	49,8	
630	53,0	
800	54,9	
1000	57,5	
1250	59,8	
1600	62,1	
2000	64,1	
2500	66,0	
3150	68,3	
4000	69,1	
5000	67,4	x
x <=> Wert korrigiert		

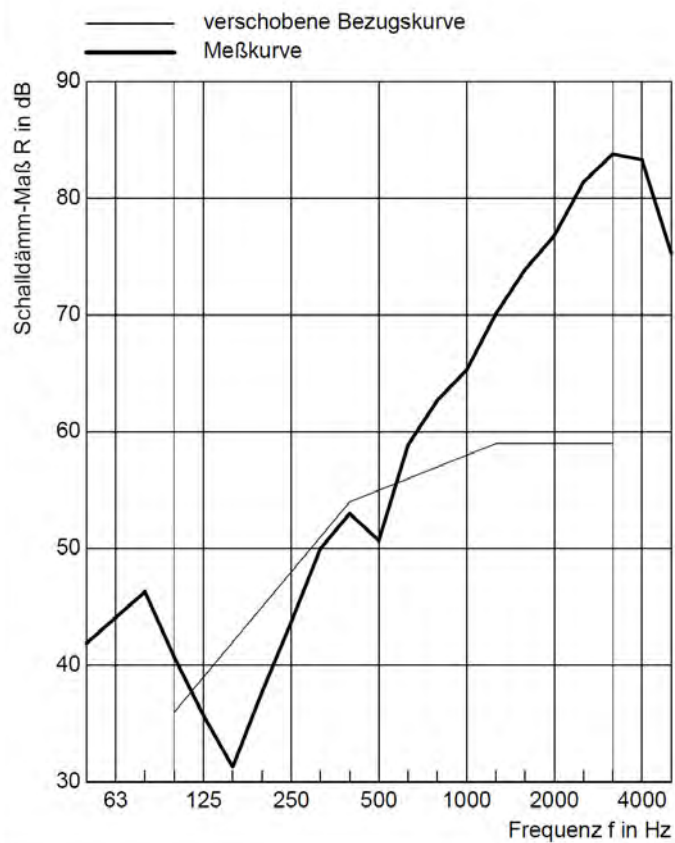
  

—	verschobene Bezugskurve
—	Meßkurve

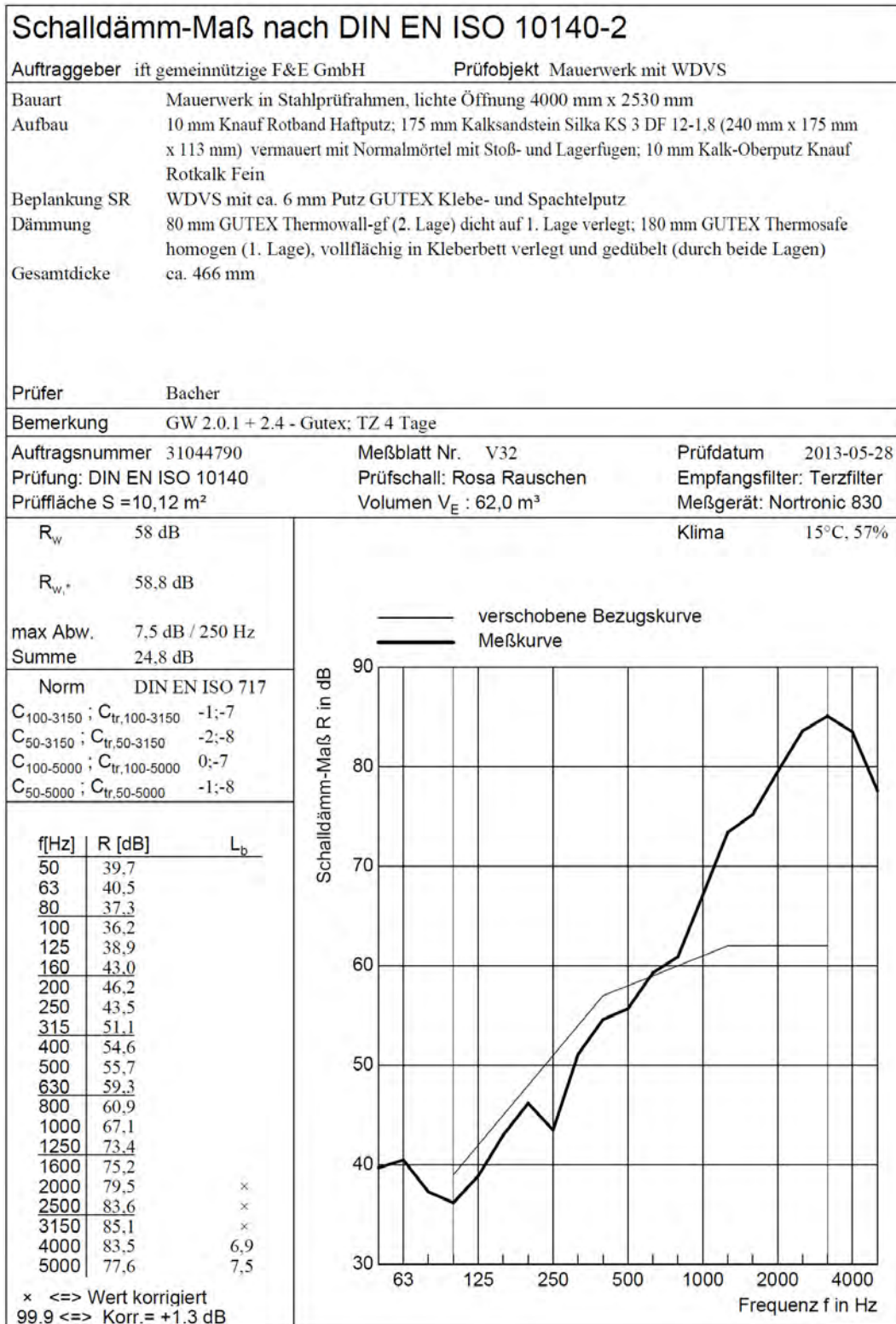




Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber ift gemeinnützige F&E GmbH		Prüfobjekt Mauerwerk mit WDVS
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 175 mm Kalksandstein Silka KS 3 DF 12-1.8 (240 mm x 175 mm x 113 mm) vermauert mit Normalmörtel mit Stoß- und Lagerfugen; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
Bepankung SR	WDVS mit ca. 6 mm Putz GUTEX Klebe- und Spachtelputz	
Dämmung	160 mm GUTEX Thermowall, mit Punkt-Rand-Verklebung (Soll 40%; Ist ca. 65 %) verlegt und gedübelt	
Gesamtdicke	ca. 376 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung	GW 2.0.1 + 2.3.2 - Gutex; TZ 6 Tage	
Auftragsnummer	31044790	Meßblatt Nr. V31
Prüfung:	DIN EN ISO 10140	Prüfschall: Rosa Rauschen
Prüffläche S	=10,12 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>E</sub> : 62,0 m <sup>3</sup>
		Prüfdatum 2013-05-21
		Empfangsfilter: Terzfilter
		Meßgerät: Nortronic 830
R <sub>w</sub>	55 dB	Klima 17°C, 67%
R <sub>w,*</sub>	55,0 dB	
max Abw.	10,7 dB / 160 Hz	
Summe	31,9 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-4;-8	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-4;-9	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	-3;-8	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-3;-9	
f[Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>
50	41,9	
63	44,1	
80	46,3	
100	40,7	
125	35,7	
160	31,3	
200	37,7	
250	43,7	
315	50,0	
400	53,0	
500	50,7	
630	58,9	
800	62,7	
1000	65,3	
1250	70,1	
1600	73,9	
2000	76,8	×
2500	81,4	×
3150	83,8	×
4000	83,3	7,4
5000	75,3	7,7
× <=> Wert korrigiert 99,9 <=> Korr.= +1,3 dB		

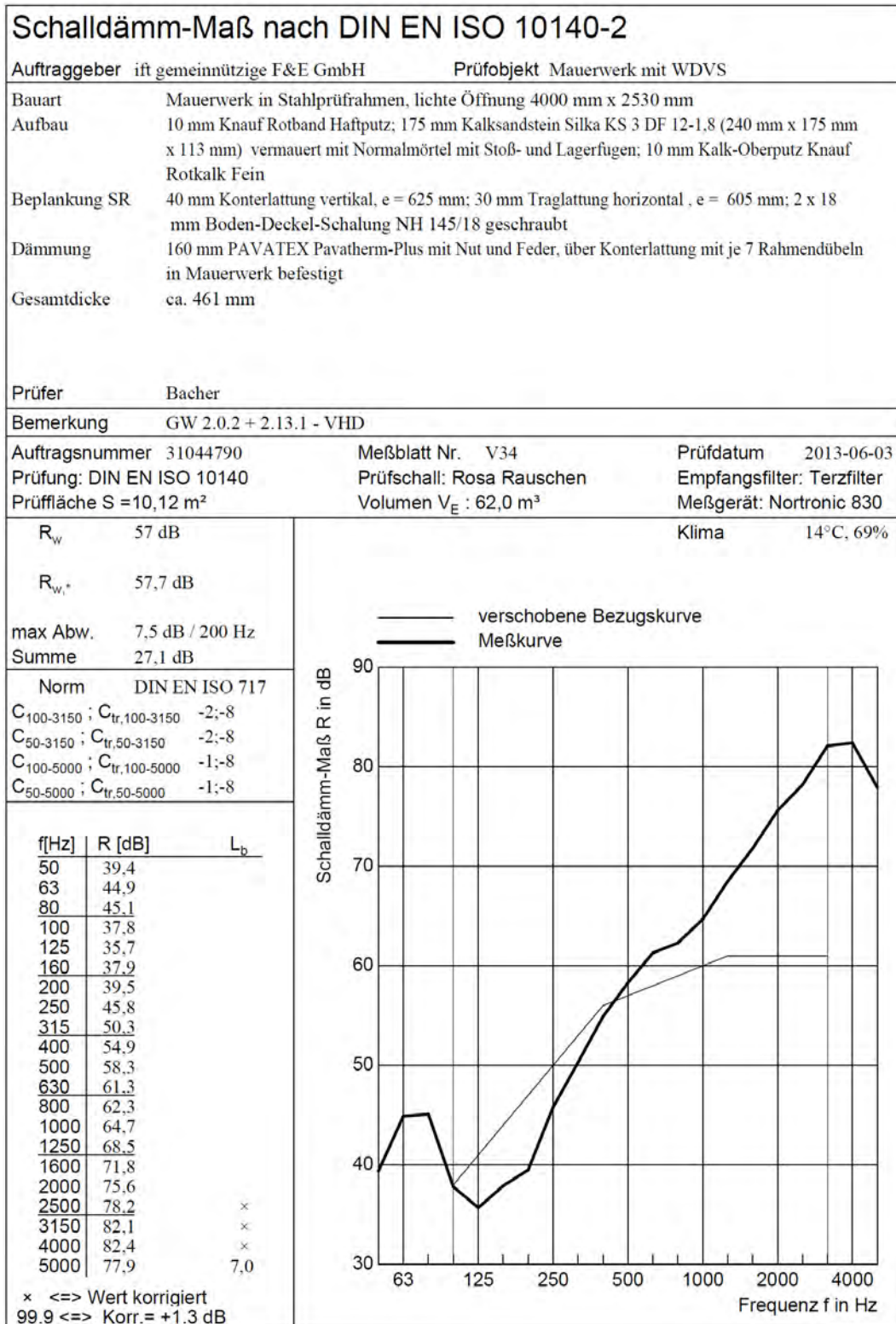








Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
<b>Auftraggeber</b>	ift gemeinnützige F&E GmbH	
<b>Prüfobjekt</b>	Mauerwerk mit WDVS	
<b>Bauart</b>	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
<b>Aufbau</b>	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 175 mm Kalksandstein Silka KS 3 DF 12-1.8 (240 mm x 175 mm x 113 mm) vermauert mit Normalmörtel mit Stoß- und Lagerfugen; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
<b>Bepunktung SR</b>	60 mm GUTEX Thermowall-gf mit Nut und Feder, mit Tellerschrauben auf KVH geschraubt; ca. 6 mm Putz GUTEX Klebe- und Spachtelputz	
<b>Ständer</b>	160 mm KVH 60/160, e = 625 mm, mit Kompriband 15 mm x 2-5 mm hinterlegt und jeweils mit 3 Rahmendübeln im Mauerwerk befestigt	
<b>Dämmung</b>	160 mm Gutex Thermofibre Einblasdämmung zwischen Ständerwerk, $\rho = 38 \text{ kg/m}^3$	
<b>Gesamtdicke</b>	ca. 421 mm	
<b>Prüfer</b>	Bacher	
<b>Bemerkung</b>	GW 2.0.2 + 2.5 - Gutex; TZ 4 Tage	
<b>Auftragsnummer</b>	31044790	
<b>Meßblatt Nr.</b>	V33	
<b>Prüfung:</b>	DIN EN ISO 10140	
<b>Prüffläche S</b>	=10,12 m <sup>2</sup>	
<b>Prüfschall:</b>	Rosa Rauschen	
<b>Volumen V<sub>E</sub></b>	: 62,0 m <sup>3</sup>	
<b>Prüfdatum</b>	2013-05-28	
<b>Empfangsfilter:</b>	Terzfilter	
<b>Meßgerät:</b>	Nortronic 830	
<b>R<sub>w</sub></b>	59 dB	
<b>R<sub>w,*</sub></b>	59,0 dB	
<b>max Abw.</b>	6,3 dB / 100 Hz	
<b>Summe</b>	31,4 dB	
<b>Norm</b>	DIN EN ISO 717	
<b>C<sub>100-3150</sub> ; C<sub>tr,100-3150</sub></b>	-2;-8	
<b>C<sub>50-3150</sub> ; C<sub>tr,50-3150</sub></b>	-2;-9	
<b>C<sub>100-5000</sub> ; C<sub>tr,100-5000</sub></b>	-1;-8	
<b>C<sub>50-5000</sub> ; C<sub>tr,50-5000</sub></b>	-1;-9	
<b>f [Hz]</b>	<b>R [dB]</b>	<b>L<sub>p</sub></b>
50	35,9	
63	44,8	
80	43,2	
100	33,7	
125	38,7	
160	44,5	
200	45,4	
250	48,7	
315	50,6	
400	52,9	
500	56,1	
630	61,9	
800	64,7	
1000	66,8	
1250	72,8	
1600	76,5	
2000	79,7	×
2500	84,2	×
3150	85,1	×
4000	85,8	6,7
5000	78,0	7,3
× <=> Wert korrigiert 99.9 <=> Korr.= +1.3 dB		

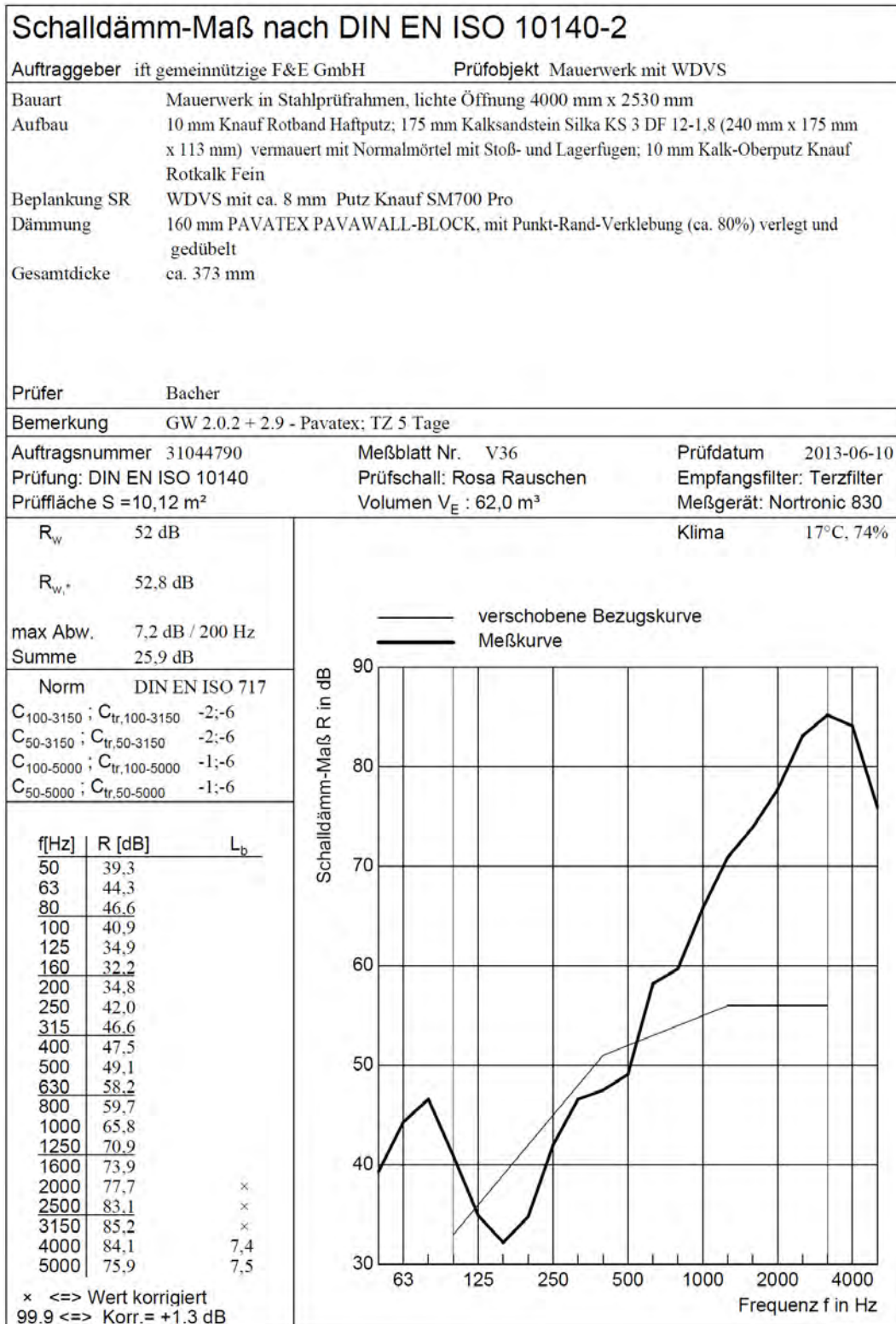




Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
<b>Auftraggeber</b>	ift gemeinnützige F&E GmbH	
<b>Prüfobjekt</b>	Mauerwerk mit WDVS	
<b>Bauart</b>	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
<b>Aufbau</b>	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 175 mm Kalksandstein Silka KS 3 DF 12-1.8 (240 mm x 175 mm x 113 mm) vermauert mit Normalmörtel mit Stoß- und Lagerfugen; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
<b>Bepankung SR</b>	40 mm Konterlattung vertikal, e = 625 mm; 30 mm Traglattung horizontal, e = 605 mm; 2 x 18 mm Boden-Deckel-Schalung NH 145/18 geschraubt	
<b>Dämmung</b>	160 mm PAVATEX Pavatherm-Plus mit Nut und Feder, über Konterlattung mit Rahmendübeln in Mauerwerk befestigt	
<b>Gesamtdicke</b>	ca. 461 mm	
<b>Prüfer</b>	Bacher	
<b>Bemerkung</b>	GW 2.0.2 + 2.13.2 - VHD; Konterlattung weniger Anpressdruck montiert	
<b>Auftragsnummer</b>	31044790	
<b>Meßblatt Nr.</b>	V35	
<b>Prüfung:</b>	DIN EN ISO 10140	
<b>Prüffläche S</b>	=10,12 m <sup>2</sup>	
<b>Volumen V<sub>E</sub></b>	: 62,0 m <sup>3</sup>	
<b>Prüfdatum</b>	2013-06-03	
<b>Empfangsfilter:</b>	Terzfilter	
<b>Meßgerät:</b>	Nortronic 830	
<b>R<sub>w</sub></b>	58 dB	
<b>R<sub>w</sub>*</b>	58,1 dB	
<b>max Abw.</b>	7,3 dB / 200 Hz	
<b>Summe</b>	30,9 dB	
<b>Norm</b>	DIN EN ISO 717	
<b>C<sub>100-3150</sub> ; C<sub>tr,100-3150</sub></b>	-3;-8	
<b>C<sub>50-3150</sub> ; C<sub>tr,50-3150</sub></b>	-3;-9	
<b>C<sub>100-5000</sub> ; C<sub>tr,100-5000</sub></b>	-2;-8	
<b>C<sub>50-5000</sub> ; C<sub>tr,50-5000</sub></b>	-2;-9	
<b>f [Hz]</b>	<b>R [dB]</b>	<b>L<sub>p</sub></b>
50	38,4	
63	43,2	
80	42,8	
100	35,9	
125	36,5	
160	37,9	
200	40,7	
250	47,4	
315	51,5	
400	55,2	
500	58,2	
630	60,0	
800	61,8	
1000	64,5	
1250	67,2	
1600	71,0	
2000	75,3	
2500	77,2	x
3150	81,2	x
4000	80,8	x
5000	77,0	7,0
x <=> Wert korrigiert		
99,9 <=> Korr.= +1,3 dB		

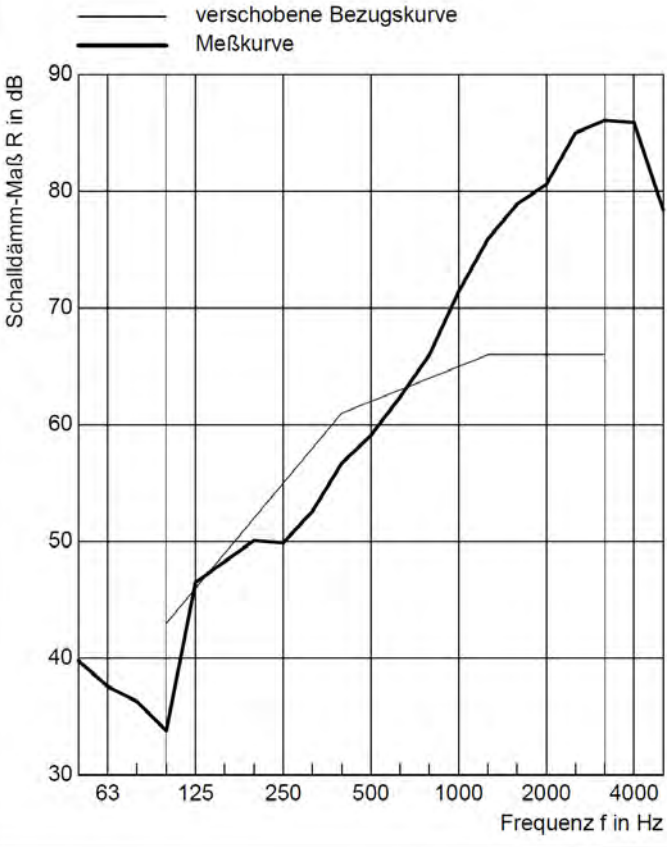
— verschobene Bezugskurve

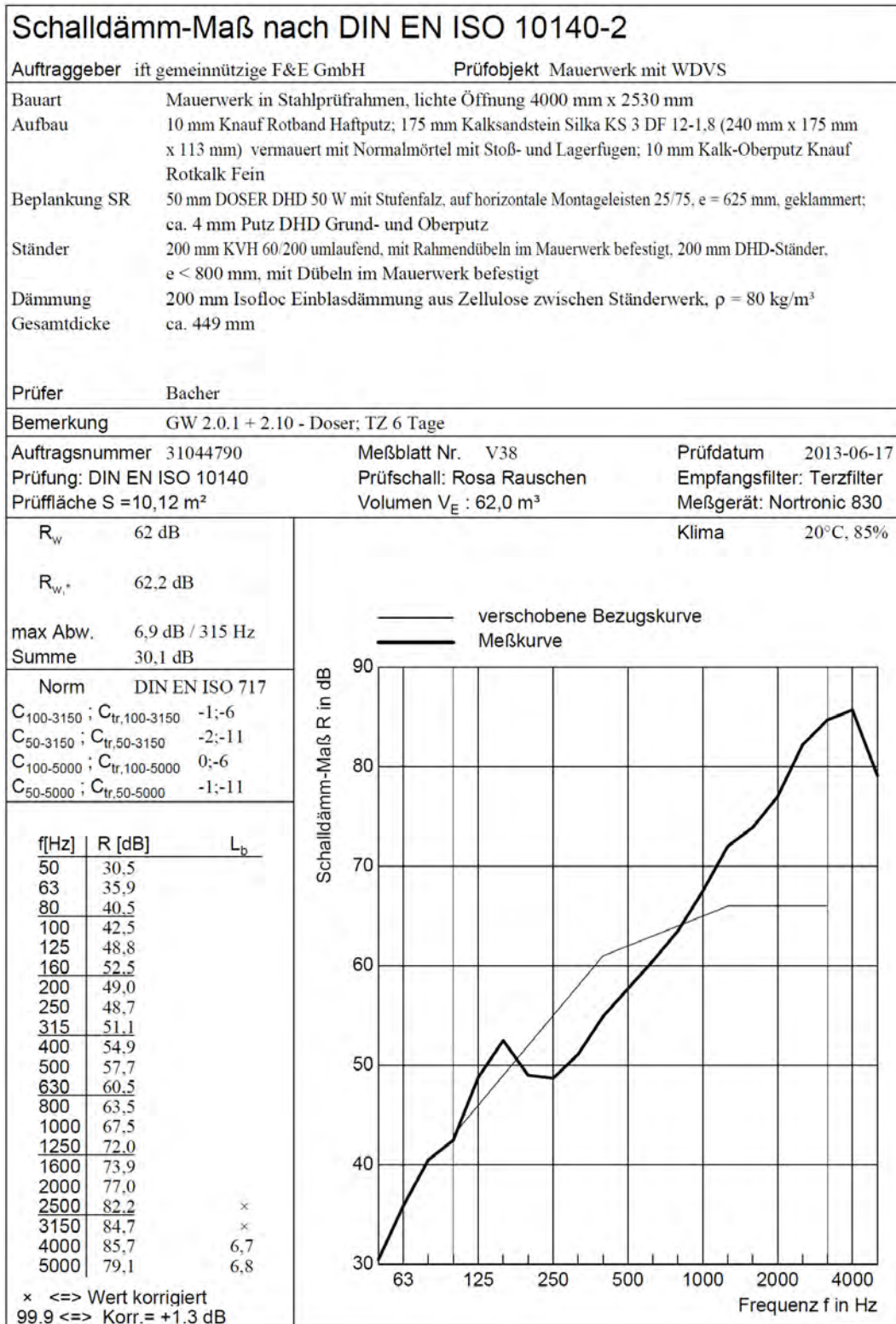
— Meßkurve





Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber ift gemeinnützige F&E GmbH		Prüfobjekt Mauerwerk mit WDVS
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 175 mm Kalksandstein Silka KS 3 DF 12-1.8 (240 mm x 175 mm x 113 mm) vermauert mit Normalmörtel mit Stoß- und Lagerfugen; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
Bepunktung SR	60 mm PAVATEX DIFFUTHERM mit Nut und Feder, mit Tellerschrauben auf Ständer geschraubt; ca. 9 mm Putz Knauf SM700 Pro	
Ständer	140 mm KVH 60/140, e = 625 mm, jeweils mit 3 Rahmendübeln im Mauerwerk befestigt	
Dämmung	140 mm PAVATEX PAVAFLEX zwischen Ständerwerk	
Gesamtdicke	ca. 404 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung GW 2.0.1 + 2.7 - Pavatex; TZ 5 Tage		
Auftragsnummer	31044790	Meßblatt Nr. V37
Prüfung:	DIN EN ISO 10140	Prüfschall: Rosa Rauschen
Prüffläche S =	10,12 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>E</sub> : 62,0 m <sup>3</sup>
		Prüfdatum 2013-06-10
		Empfangsfilter: Terzfilter
		Meßgerät: Nortronic 830
R <sub>w</sub>	62 dB	Klima 17°C, 72%
R <sub>w,*</sub>	62,2 dB	
max Abw.	9,2 dB / 100 Hz	
Summe	30,1 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-3;-10	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-3;-11	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	-2;-10	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-2;-11	
f[Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>
50	39,8	
63	37,6	
80	36,3	
100	33,8	
125	46,5	
160	48,3	
200	50,1	
250	49,9	
315	52,6	
400	56,7	
500	59,1	
630	62,4	
800	66,0	
1000	71,4	
1250	75,9	×
1600	78,9	×
2000	80,6	×
2500	85,0	×
3150	86,1	×
4000	85,9	7,4
5000	78,4	7,5
× <=> Wert korrigiert 99,9 <=> Korr.= +1.3 dB		

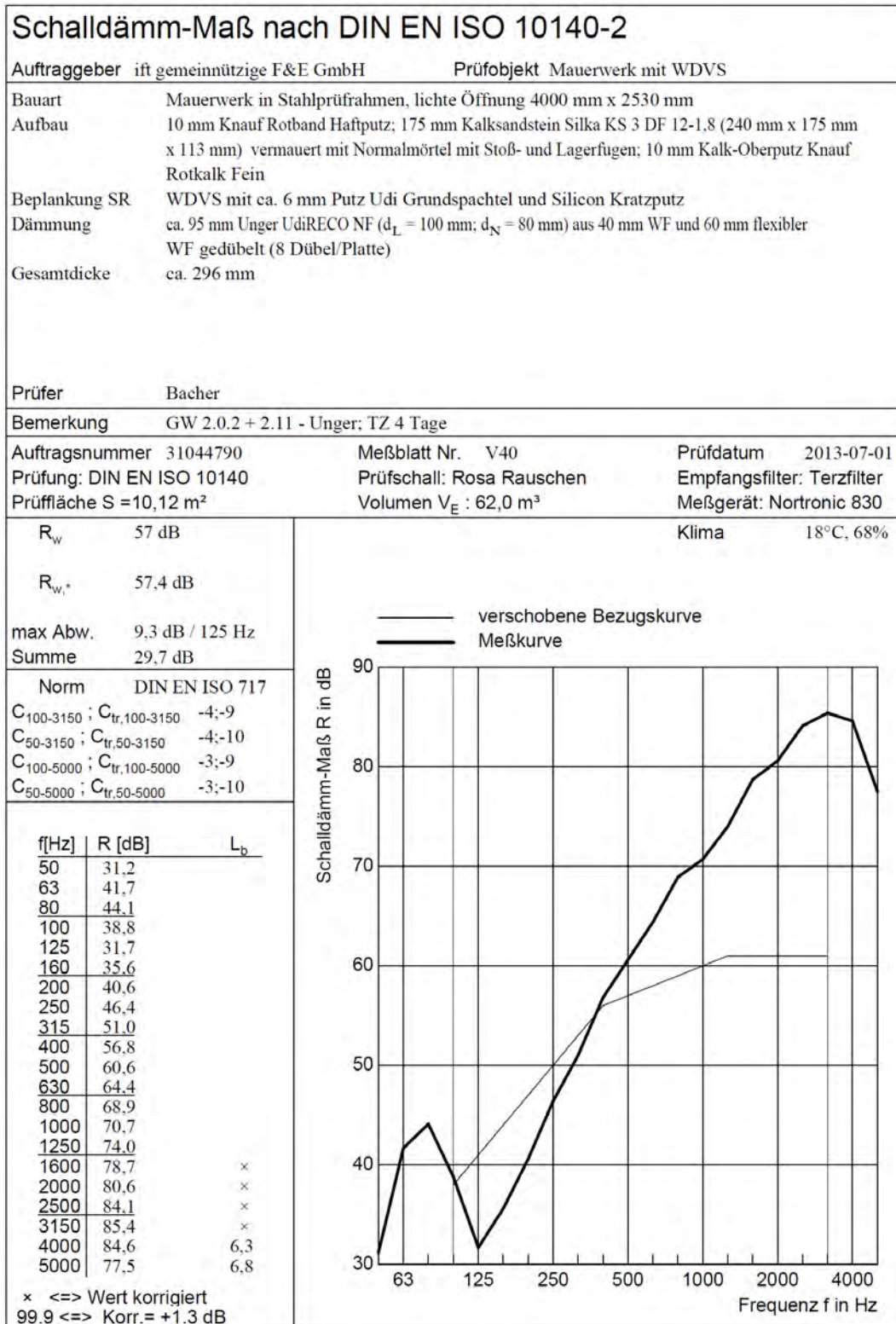






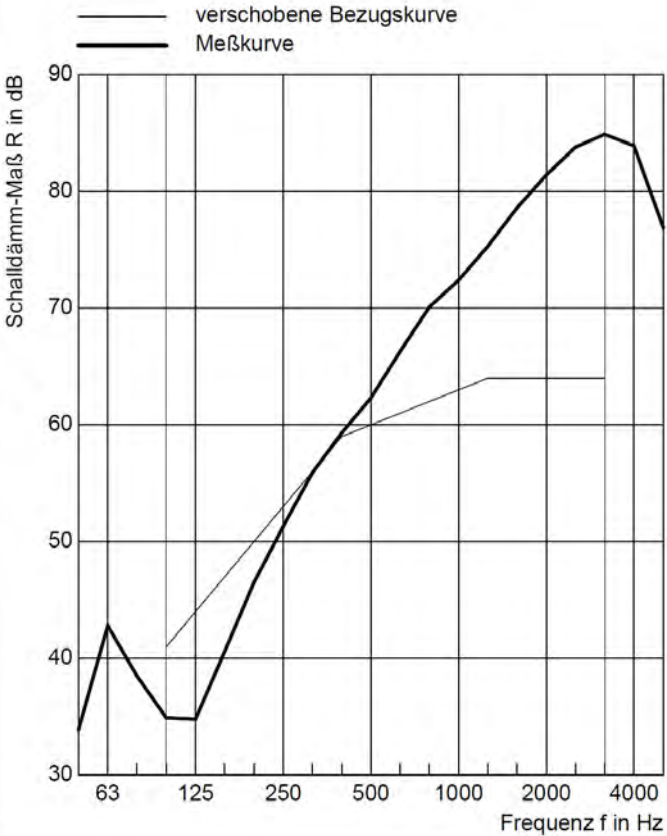
Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
<b>Auftraggeber</b>	ift gemeinnützige F&E GmbH	
<b>Prüfobjekt</b>	Mauerwerk mit WDVS	
<b>Bauart</b>	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
<b>Aufbau</b>	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 175 mm Kalksandstein Silka KS 3 DF 12-1.8 (240 mm x 175 mm x 113 mm) vermauert mit Normalmörtel mit Stoß- und Lagerfugen; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
<b>Bepunktung SR</b>	60 mm PAVATEX DIFFUTHERM mit Nut und Feder, auf Ständerwerk geklammert; ca. 5 mm Putz Knauf SM700 Pro	
<b>Ständer</b>	200 mm FJI Stegträger, e = 625 mm, jeweils mit 3 Winkeln in Mauerwerk gedübelt	
<b>Dämmung</b>	200 mm Isofloc Einblasdämmung aus Zellulose zwischen Ständerwerk, $\rho = 67 \text{ kg/m}^3$	
<b>Gesamtdicke</b>	ca. 460 mm	
<b>Prüfer</b>	Bacher	
<b>Bemerkung</b>	GW 2.0.2 + 2.8 - Pavatex; TZ 5 Tage	
<b>Auftragsnummer</b>	31044790	
<b>Meßblatt Nr.</b>	V39	
<b>Prüfung:</b>	DIN EN ISO 10140	
<b>Prüffläche S</b>	=10,12 m <sup>2</sup>	
<b>Prüfschall:</b>	Rosa Rauschen	
<b>Volumen V<sub>E</sub></b>	: 62,0 m <sup>3</sup>	
<b>Prüfdatum</b>	2013-06-17	
<b>Empfangsfilter:</b>	Terzfilter	
<b>Meßgerät:</b>	Nortronic 830	
<b>R<sub>w</sub></b>	64 dB	
<b>R<sub>w,*</sub></b>	64,1 dB	
<b>max Abw.</b>	6,9 dB / 315 Hz	
<b>Summe</b>	30,9 dB	
<b>Norm</b>	DIN EN ISO 717	
<b>C<sub>100-3150</sub> ; C<sub>tr,100-3150</sub></b>	-2;-7	
<b>C<sub>50-3150</sub> ; C<sub>tr,50-3150</sub></b>	-3;-13	
<b>C<sub>100-5000</sub> ; C<sub>tr,100-5000</sub></b>	-1;-7	
<b>C<sub>50-5000</sub> ; C<sub>tr,50-5000</sub></b>	-2;-13	
<b>f [Hz]</b>	<b>R [dB]</b>	<b>L<sub>b</sub></b>
50	28,7	
63	39,5	
80	39,1	
100	40,0	
125	47,1	
160	49,5	
200	50,9	
250	53,2	
315	53,1	
400	57,3	
500	60,6	
630	64,4	
800	67,5	
1000	72,4	
1250	79,2	×
1600	79,4	×
2000	81,2	×
2500	85,9	×
3150	87,2	×
4000	86,8	6,5
5000	79,0	6,9
× <=> Wert korrigiert 99,9 <=> Korr.= +1,3 dB		







Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 10140-2		
Auftraggeber ift gemeinnützige F&E GmbH		Prüfobjekt Mauerwerk mit WDVS
Bauart	Mauerwerk in Stahlprüfrahmen, lichte Öffnung 4000 mm x 2530 mm	
Aufbau	10 mm Knauf Rotband Haftputz; 175 mm Kalksandstein Silka KS 3 DF 12-1.8 (240 mm x 175 mm x 113 mm) vermauert mit Normalmörtel mit Stoß- und Lagerfugen; 10 mm Kalk-Oberputz Knauf Rotkalk Fein	
Bepankung SR	WDVS ca. 6 mm Putz Udi Grundspachtel und Silicon Kratzputz	
Dämmung	ca. 171 mm Unger UdiRECO NF ( $d_L = 180$ mm; $d_N = 160$ mm) aus 40 mm WF und 140 mm flexibler WF gedübelt (8 Dübel/Platte)	
Gesamtdicke	ca. 372 mm	
Prüfer	Bacher	
Bemerkung	GW 2.0.1 + 2.12 - Unger; TZ 3 Tage	
Auftragsnummer	31044790	Meßblatt Nr. V41
Prüfung:	DIN EN ISO 10140	Prüfschall: Rosa Rauschen
Prüffläche S =	10,12 m <sup>2</sup>	Volumen V <sub>E</sub> : 62,0 m <sup>3</sup>
		Prüfdatum 2013-07-01
		Empfangsfilter: Terzfilter
		Meßgerät: Nortronic 830
R <sub>w</sub>	60 dB	Klima 19°C, 68%
R <sub>w,*</sub>	60,7 dB	
max Abw.	9,2 dB / 125 Hz	
Summe	27,0 dB	
Norm	DIN EN ISO 717	
C <sub>100-3150</sub> ; C <sub>tr,100-3150</sub>	-3;-10	
C <sub>50-3150</sub> ; C <sub>tr,50-3150</sub>	-3;-11	
C <sub>100-5000</sub> ; C <sub>tr,100-5000</sub>	-2;-10	
C <sub>50-5000</sub> ; C <sub>tr,50-5000</sub>	-2;-11	
f[Hz]	R [dB]	L <sub>b</sub>
50	33,9	
63	42,8	
80	38,5	
100	34,9	
125	34,8	
160	40,6	
200	46,5	
250	51,3	
315	55,9	
400	59,3	
500	62,3	
630	66,3	
800	70,1	
1000	72,4	x
1250	75,3	x
1600	78,6	x
2000	81,4	x
2500	83,8	x
3150	84,9	x
4000	83,9	6,4
5000	76,9	6,8
x <=> Wert korrigiert		
99,9 <=> Korr.= +1,3 dB		





**ift** Rosenheim  
Theodor-Gietl-Str. 7-9  
83026 Rosenheim  
Telefon +49 (0) 8031 261-0  
Telefax +49 (0) 8031 261-290  
E-Mail: [info@ift-rosenheim.de](mailto:info@ift-rosenheim.de)  
<http://www.ift-rosenheim.de>