

Schallabsorbierende Wandpaneele? Ein **MUSS** für die Klassenraum-Akustik!

Dipl.-Ing. Carsten Ruhe
hörgerecht planen und bauen
Beratungsbüro für Akustik
carsten.ruhe@ hoeren-und-bauen.de
www.carsten-ruhe.de

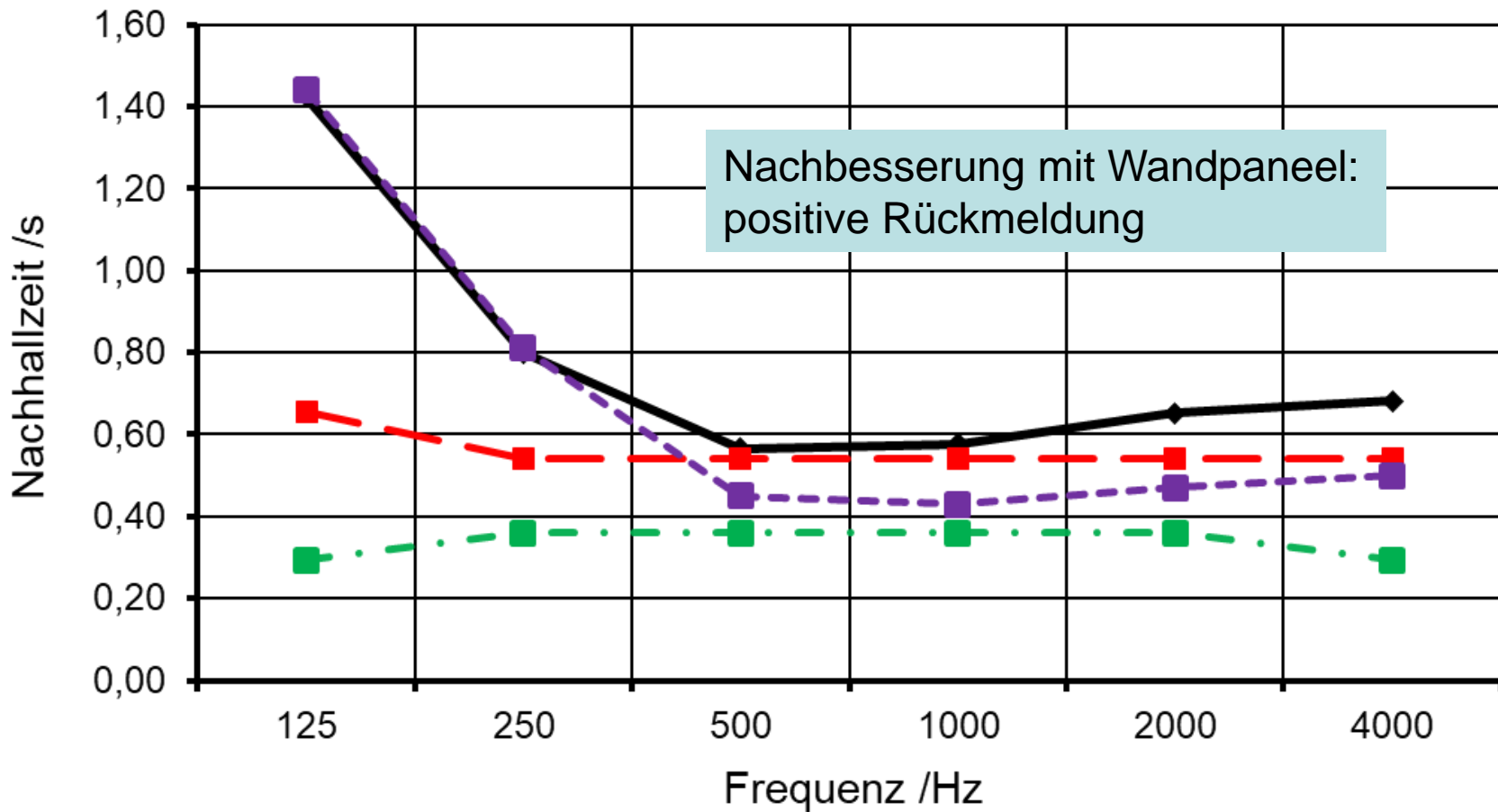
Messumfang und Rückmeldungen

In den letzten drei Jahren 27 Schulen mit ca. 100 Räumen gemessen, nach Sanierung Rückmeldungen wie:

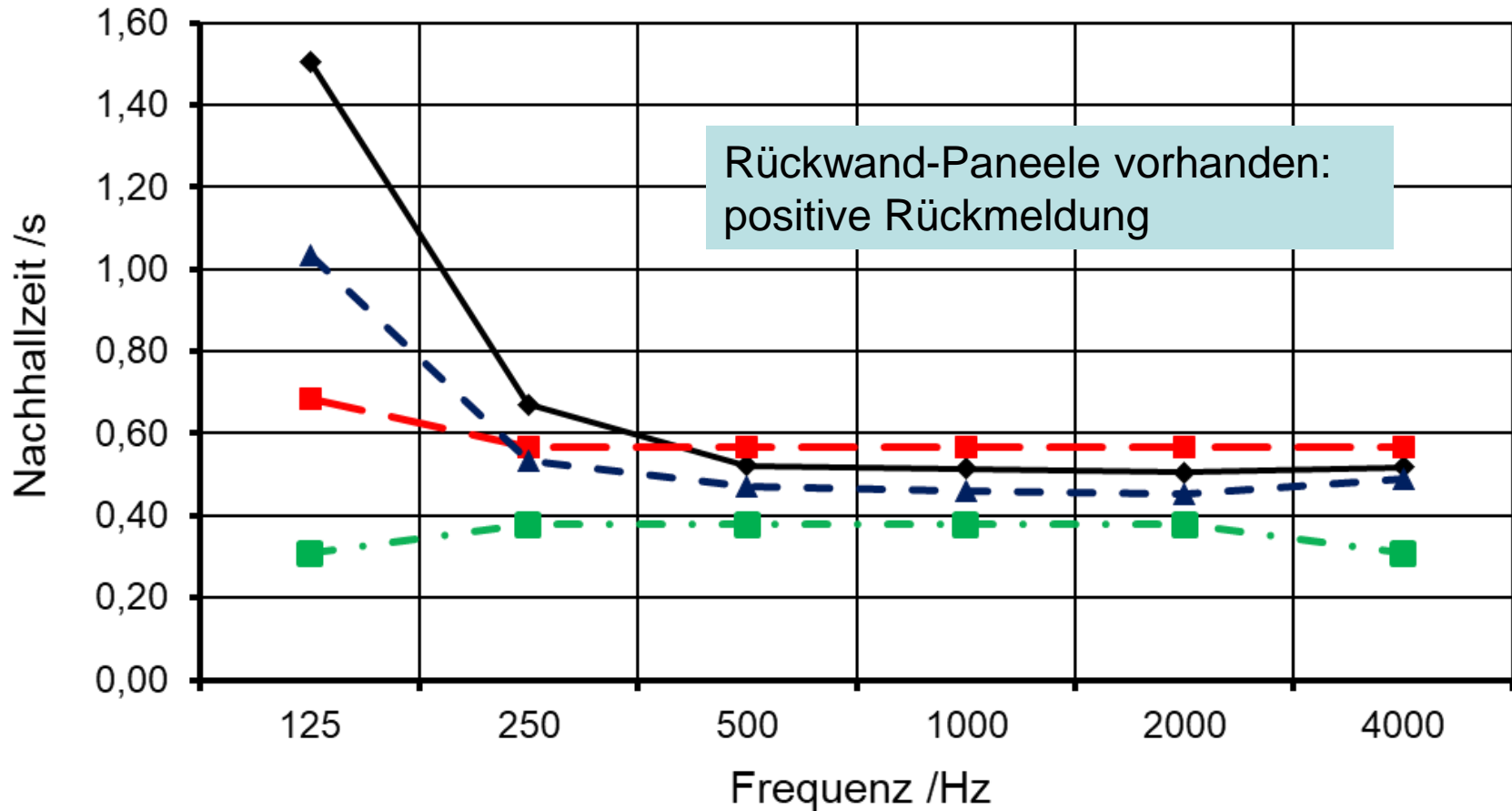
Bisher habe ich immer gedacht, ich sei als Lehrerin für die Lärm-Minderung in der Klasse ganz allein zuständig. Jetzt habe ich die Raumakustik als Sozial-Pädagogin an meiner Seite.

Seit kurzem kann ich den Klassenraum wieder nutzen, der nach Ihren Messungen und Planungen saniert und umgestaltet wurde. Ich bin ganz begeistert. Die Kinder sind viel ruhiger und auch viel konzentrierter bei der Arbeit. Innerlich habe ich bei denen schon Abbitte darüber getan, dass ich früher so viel geschimpft habe. DIE waren gar nicht so laut.

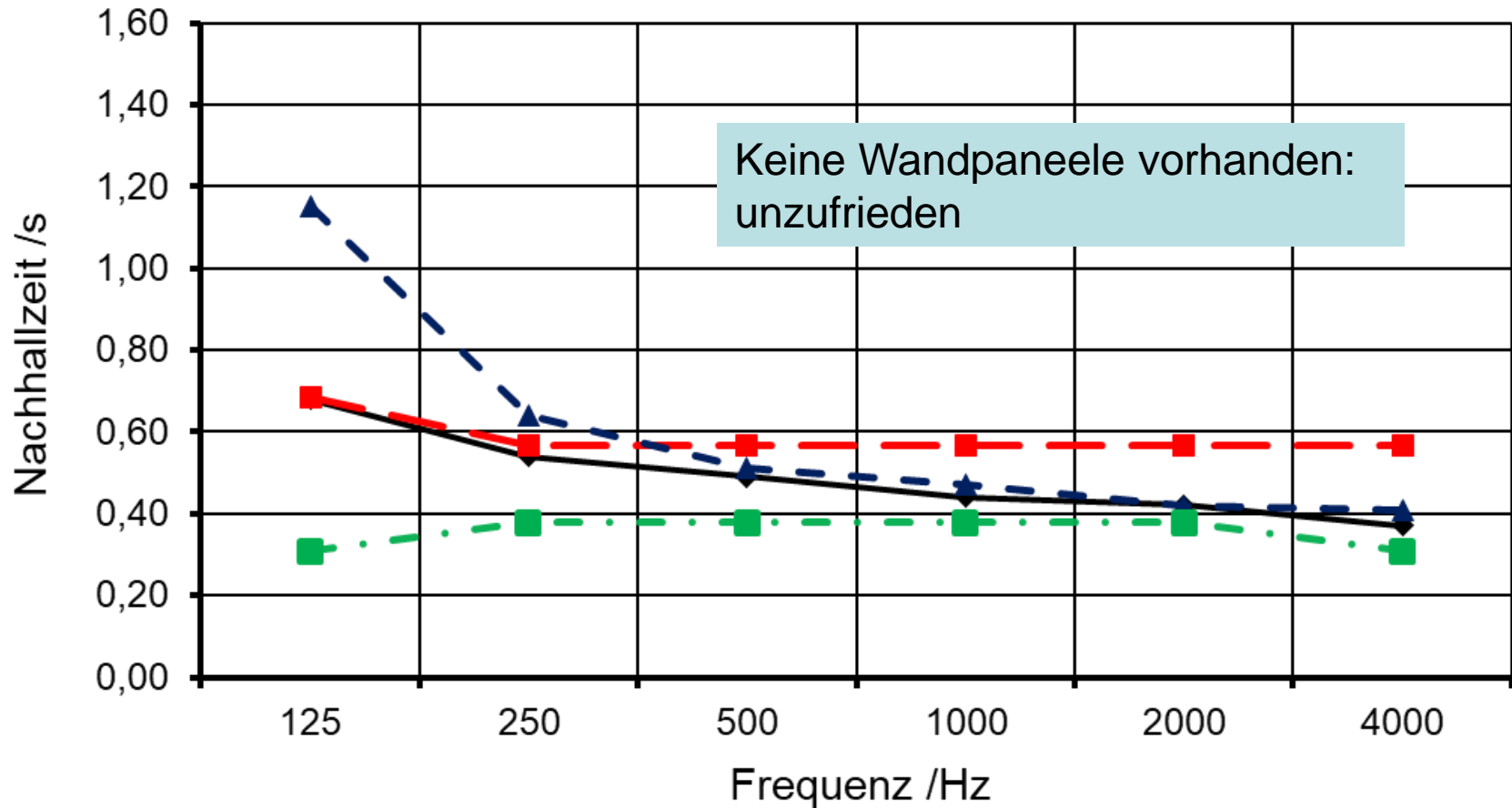
Mittelwerte 13 + 2 Räume im Altbau



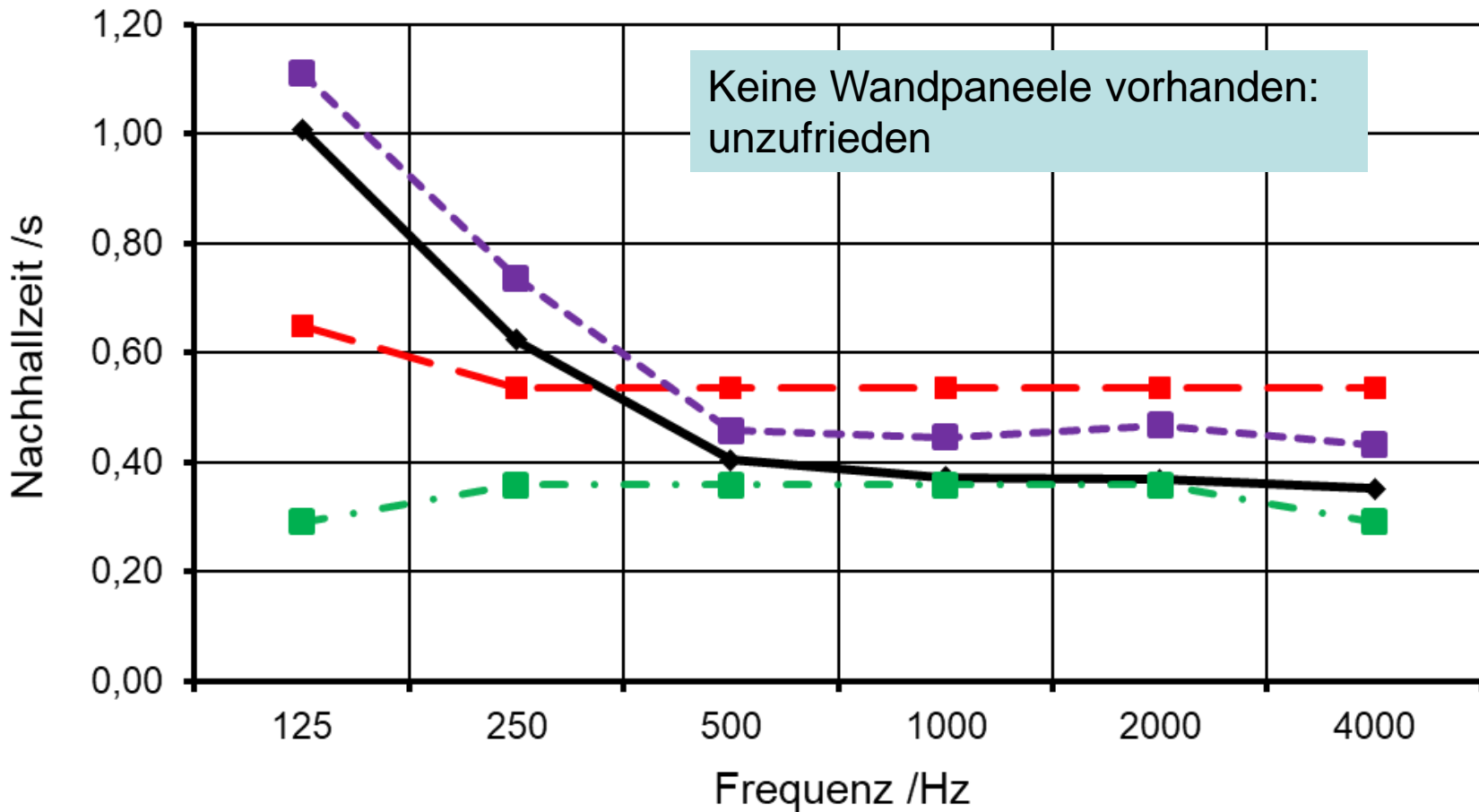
Zwei baugleiche Räume im Neubau



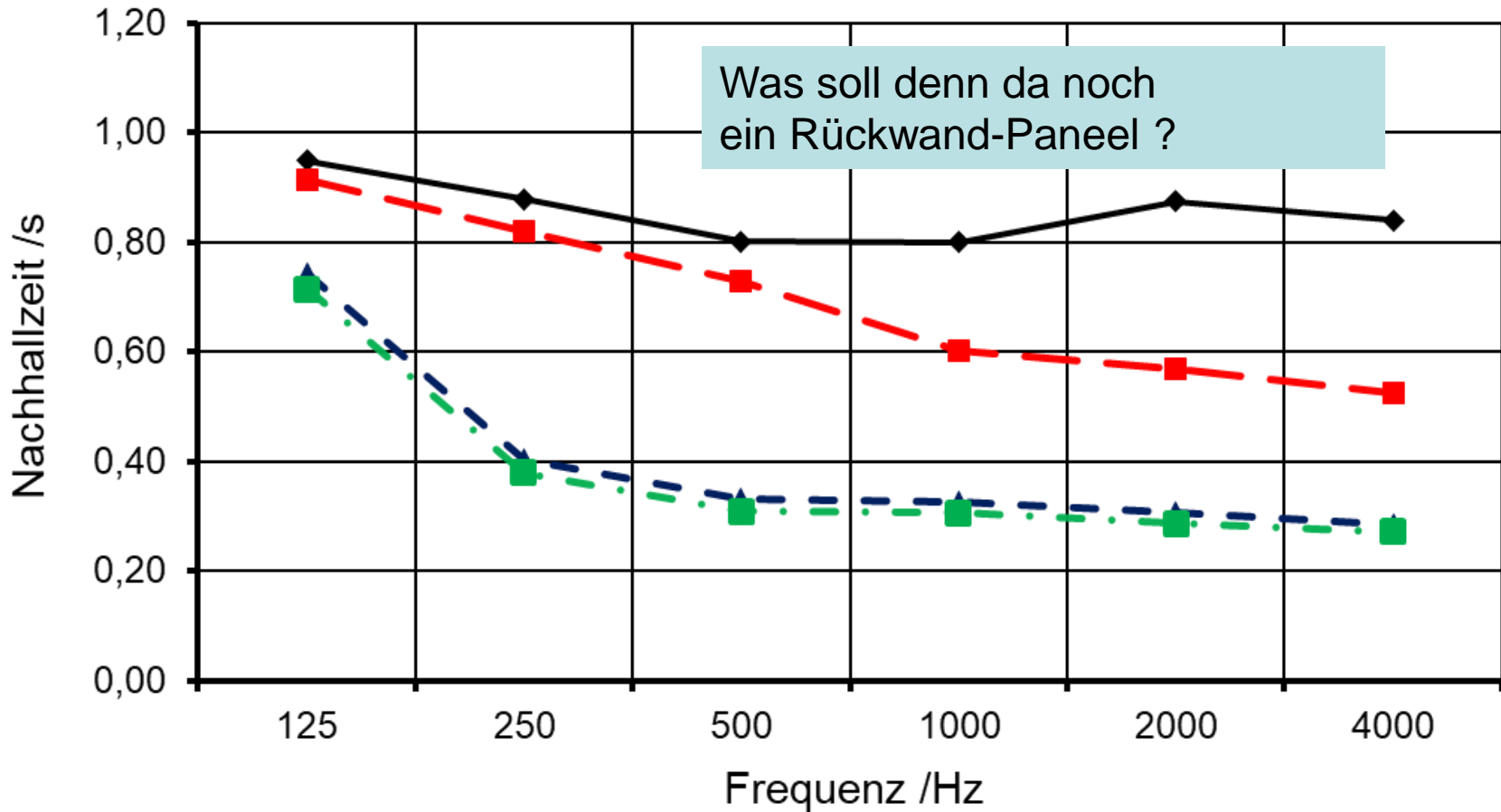
Zwei baugleiche Räume im EG und DG



HWL auf Lattung, Nachbesserung Basotect®



Rechenbeispiel zu vorgefundener Situation



Was soll denn da noch ein Rückwand-Paneel?

Die Klassenraum-Decke umfasst ca. 65 m².

Das Rückwandpaneel ist nur etwa 6,5 m² groß → 10%.

Entsprechend gering ist nach Sabine seine Wirkung.

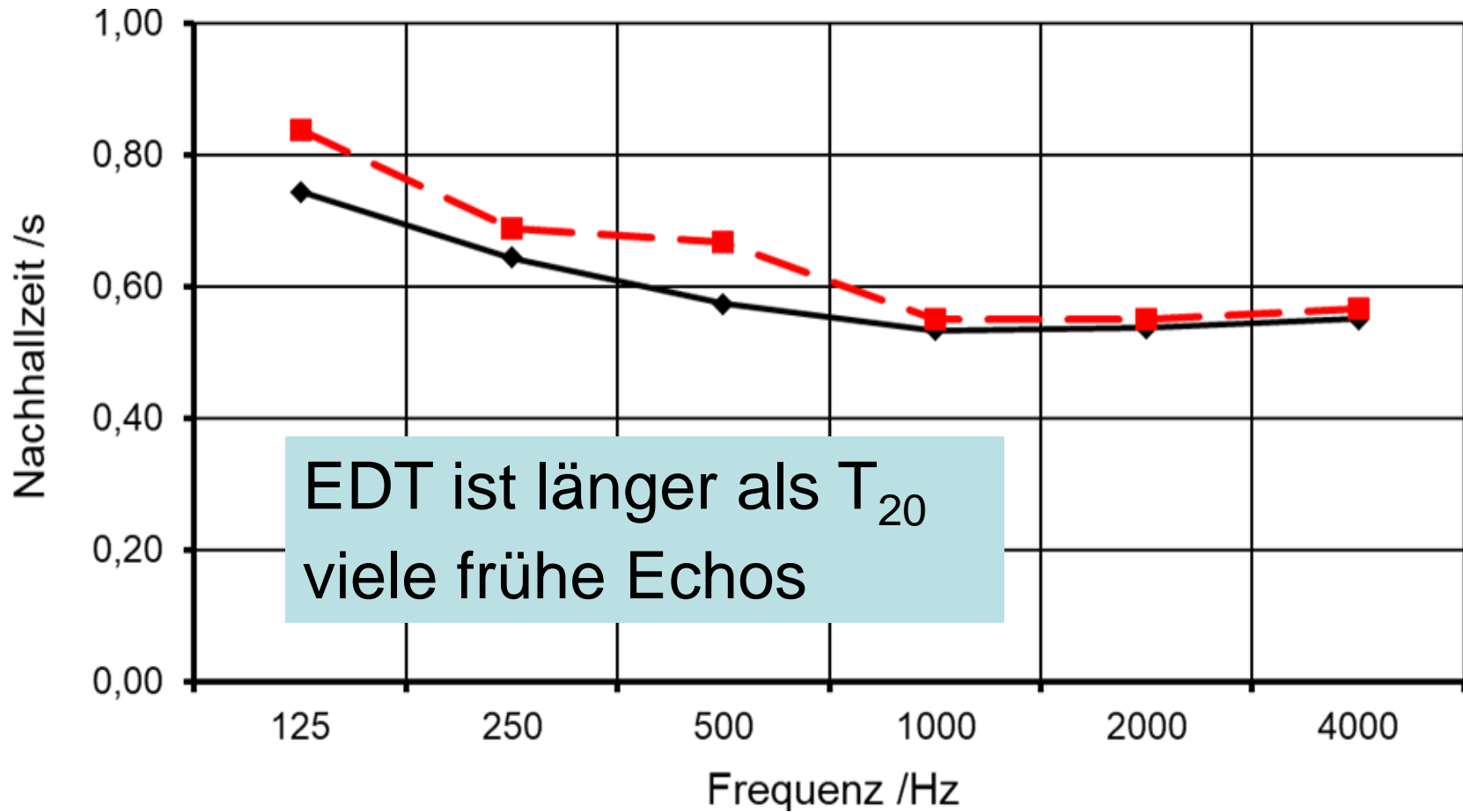
Wozu dann der Aufwand?

50 ms Zeitverzögerung werden nicht überschritten, und die haben wir schließlich schon seit 50 Jahren.

ANTWORT:

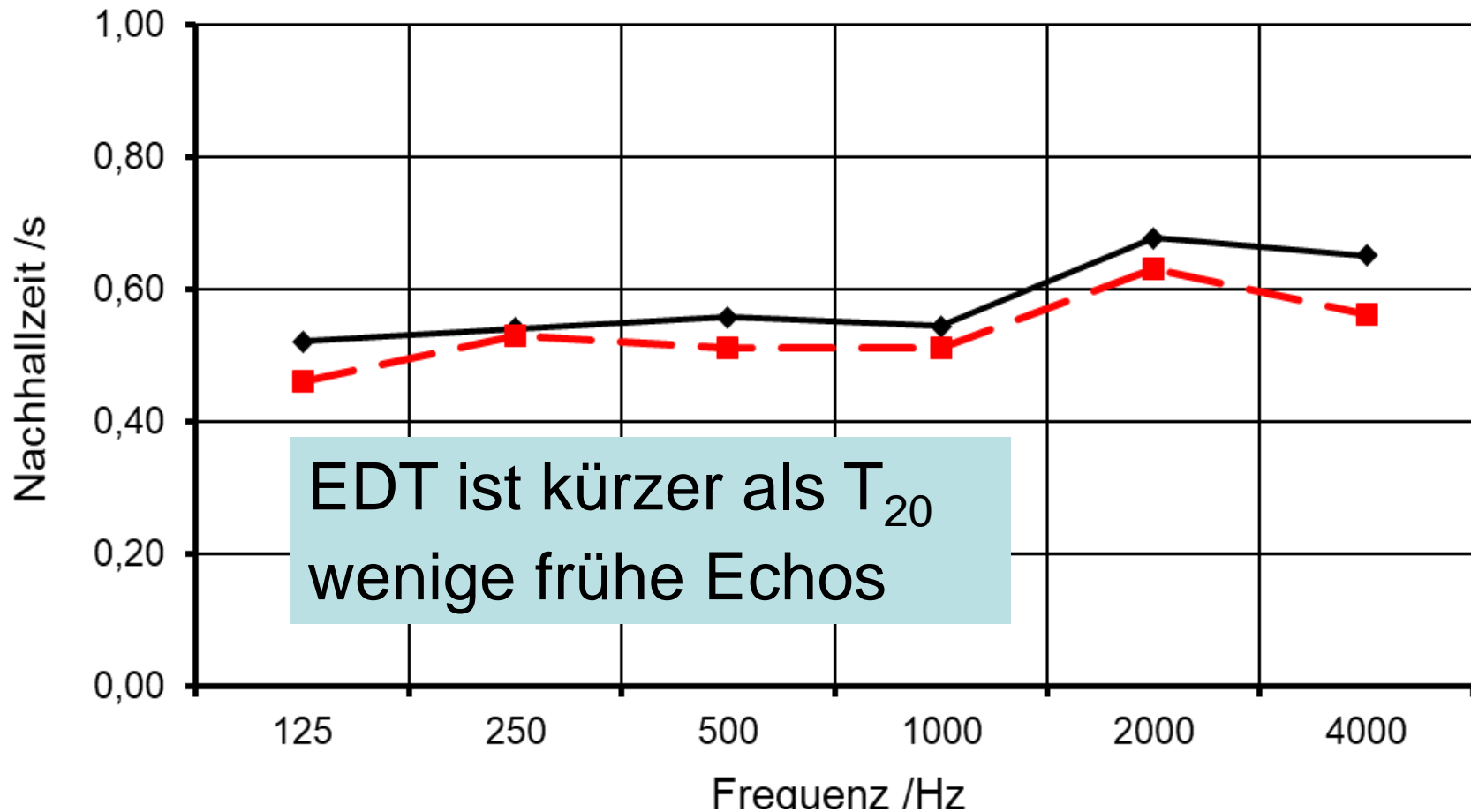
Unsere Ohren hören mehr, als wir messen (können?).

Vergleich EDT/ T_{20} , Räume ohne Wandpaneel



EDT ist länger als T_{20}
viele frühe Echos

Vergleich EDT/ T_{20} , Räume mit Wandpaneel



DIN 18041:2004 Kapitel 5.2.1.2.2

Schon in der vorigen Fassung der Norm stand:

*Hat der betrachtete Raum einen **rechtwinkligen Grundriss** und sind die **Wände eben** und nicht durch Möbel, Regale... gegliedert, besteht bei einer vollständig schallabsorbierend bekleideten Decke die Gefahr, dass **Flutterechos** auftreten.*

*Da bei Räumen mit einem Volumen bis ca. 250 m³ **keine** Gefahr der akustischen **Überdämpfung** besteht, kann hier eine vollflächig **schallabsorbierende Decke in Kombination** mit einer ebenfalls **schallabsorbierenden Rückwand** eingesetzt werden.*

DIN 18041:2016 Kapitel 5.4

In der jetzigen Fassung der Norm wurde ergänzt:

*In Räumen mit einer **Länge** von **mehr als** etwa **9 m** können von der **Rückwand** direkt oder über Winkelspiegel-Reflexionen **langverzögerte Schallanteile** in den vorderen Raumbereich gelenkt werden, die zu einer **Minderung** der **Sprachverständlichkeit** führen.*

*In diesem Fall müssen die **Reflexionsflächen** entweder **schallabsorbierend bekleidet** oder so geneigt werden, dass der auftreffende Schall als nützliche Verstärkung zu den von der Schallquelle entfernteren Hörern hin reflektiert wird.*

*Auch **stark gegliederte schallstreuende Oberflächen** (zum Beispiel Bücherregale) sind zweckmäßig.*

„mit einer *Länge* von *mehr als etwa 9 m*“

Woher kommen die „etwa 9 m“?

Klassenraum-Tiefe 9 m,

vom Lehrer zur Rückwand → 8 m,

von der Rückwand zum vordersten Platz → 7 m,

macht „etwa“ 17 m Schall-Umweg,

ergibt „etwa“ 50 ms Zeitverzögerung – und das ist „verboten“!

Andere Länder lassen nur 35 ms Zeitverzögerung zu.

Sind dort die Klassenräume kleiner?

Orgelbauer Gottfried Silbermann

Der sächsische Orgelbauer hat bei der Akquise für einen Orgel-Neubau jeweils in der entsprechenden Kirche an etlichen Stellen mit seinem Spazierstock auf den Boden „getackert“. Mit der Metallspitze gab das jedes Mal einen lauten und scharfen Impuls. Danach hat er entschieden, wo die Orgel aufgestellt wird.

Immer wieder wird behauptet, er habe mit diesem Impuls den Nachhall angeregt.

Das hat er damit zwar auch getan. Aber der Nachhall ist eher eine maßgebliche Größe für die Orgel-Disposition, nicht für den Standort.



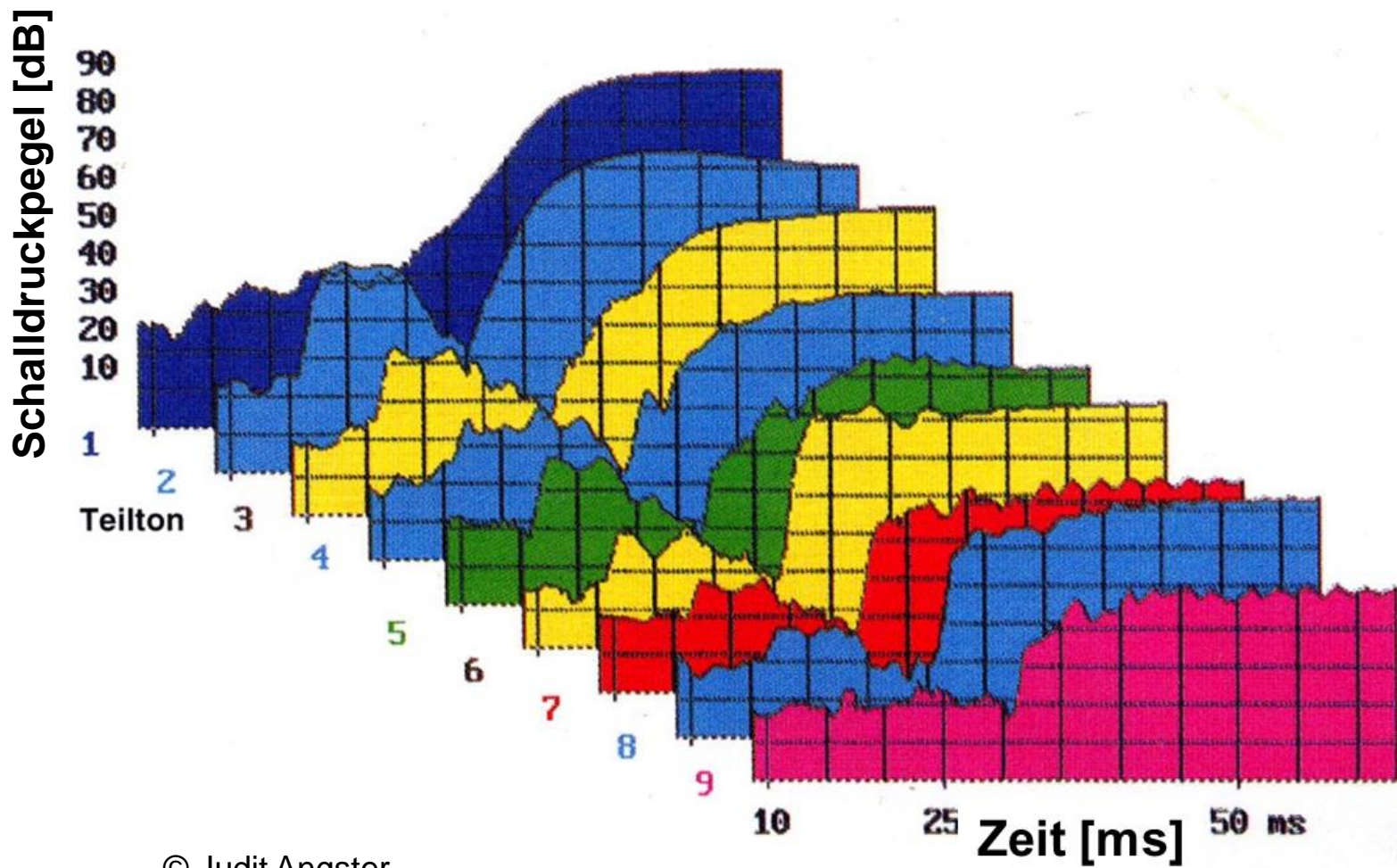
Orgelbauer Gottfried Silbermann

Silbermann hatte, wie viele gute Orgel-Intonateure, ein extrem gutes – und vor allem schnelles – Gehör. Für die Intonation ist der Einschwingvorgang jeder einzelnen Pfeife wichtig. Der dauert nur wenige hundertstel Sekunden.

Und in einem ähnlich kurzen Zeitraum kamen (noch vor dem Einsetzen des Nachhalls) die ersten Schallreflexionen aus der Kirche an sein Ohr. Solche Reflexionen sind ganz wichtig für das „Aussprechen“ der Pfeifen und ihre Schallabstrahlung in den Raum. Und die sind – für entsprechend geübte Ohren – eben nur dann wahrnehmbar, wenn die Schallimpulse nicht nur laut sondern auch extrem kurz sind.

Wer nicht so gute Ohren hat, nimmt solche Reflexionen zwar nicht bewusst wahr. In Klassen stören sie aber trotzdem.

Orgelbauer Jozsef Angster, DAGA 1990 Wien



© Judit Angster

Schallquellen-Lokalisation

In der Horizontal-Ebene sind Abweichungen von 5° gegen „vorne“ feststellbar.

Die Laufstrecken-Unterschiede zu beiden Ohren betragen nicht 17 m, sondern nur 17 mm!

Die Laufzeit-Unterschiede zwischen beiden Ohren betragen nicht 50 ms, sondern nur 50 μ s!

Unsere Ohren arbeiten also viel schneller, als wir Raumakustiker glauben.

Warum soll das nur für rechts-links gelten?
Warum nicht auch für Echos von hinten?

Feinheiten verschwinden

· STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

Feinheiten verschwinden

· **STRUKTUR-ERKENNEN**

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

Feinheiten bleiben erhalten

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

STRUKTUR-ERKENNEN

„Kochrezept“ für gute Raumakustik

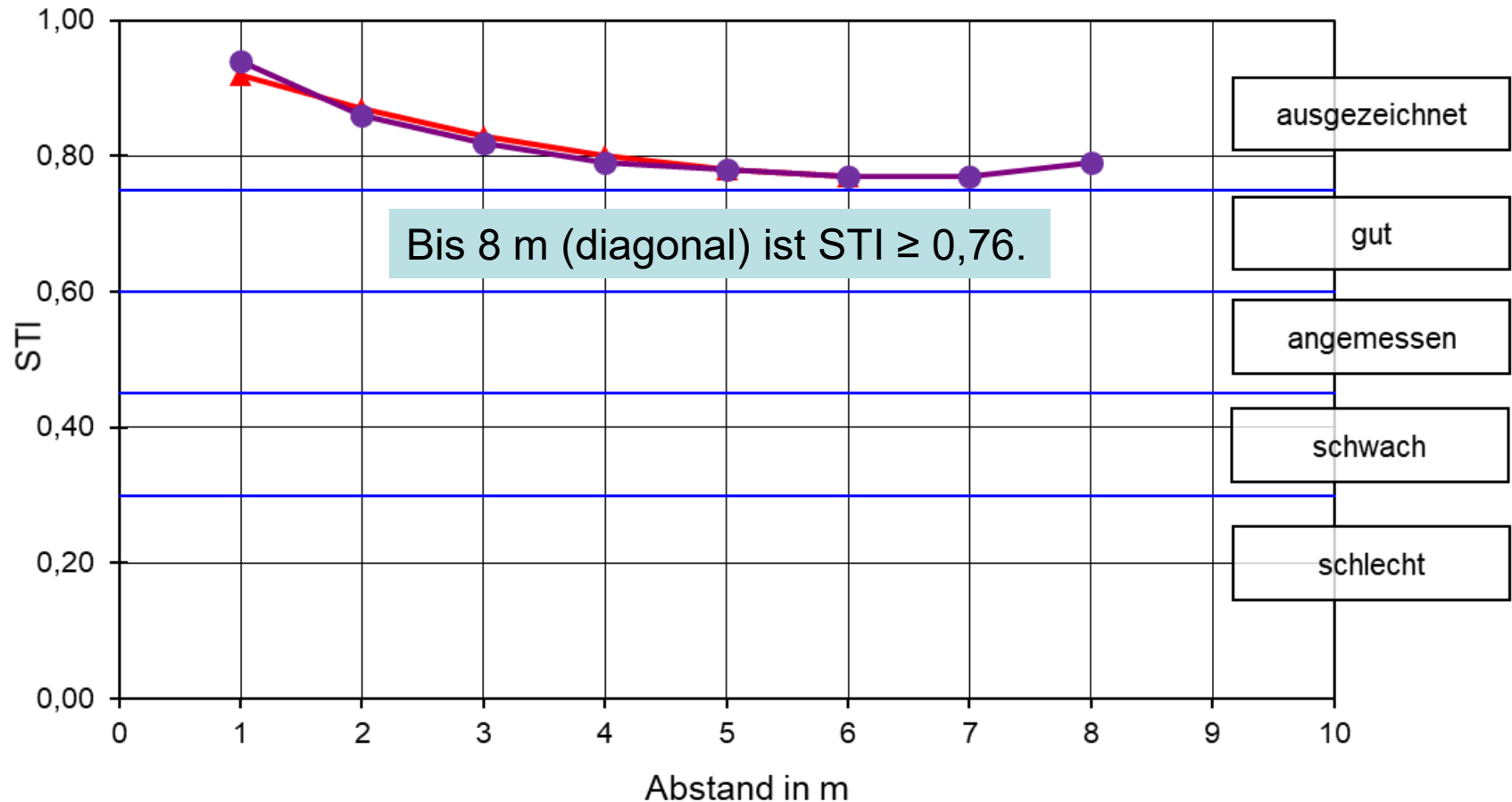
Decke vollflächig hochgradig absorbierend

Rückwandpaneel !

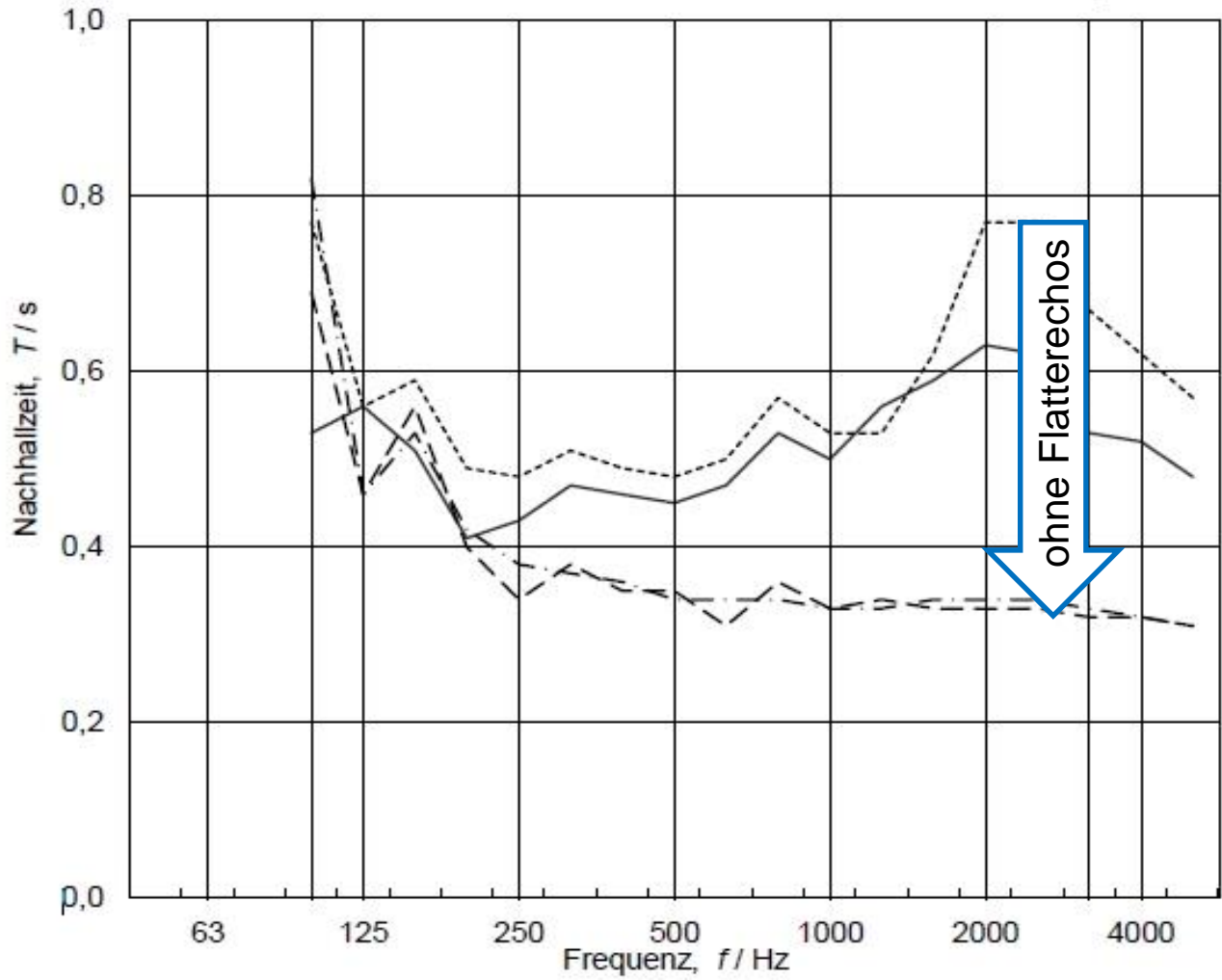
Teppichboden

„Kochrezept“ für gute Raumakustik

Sprachübertragungsindex



Nachhallzeit-Vergleich ohne / mit Wandpaneel





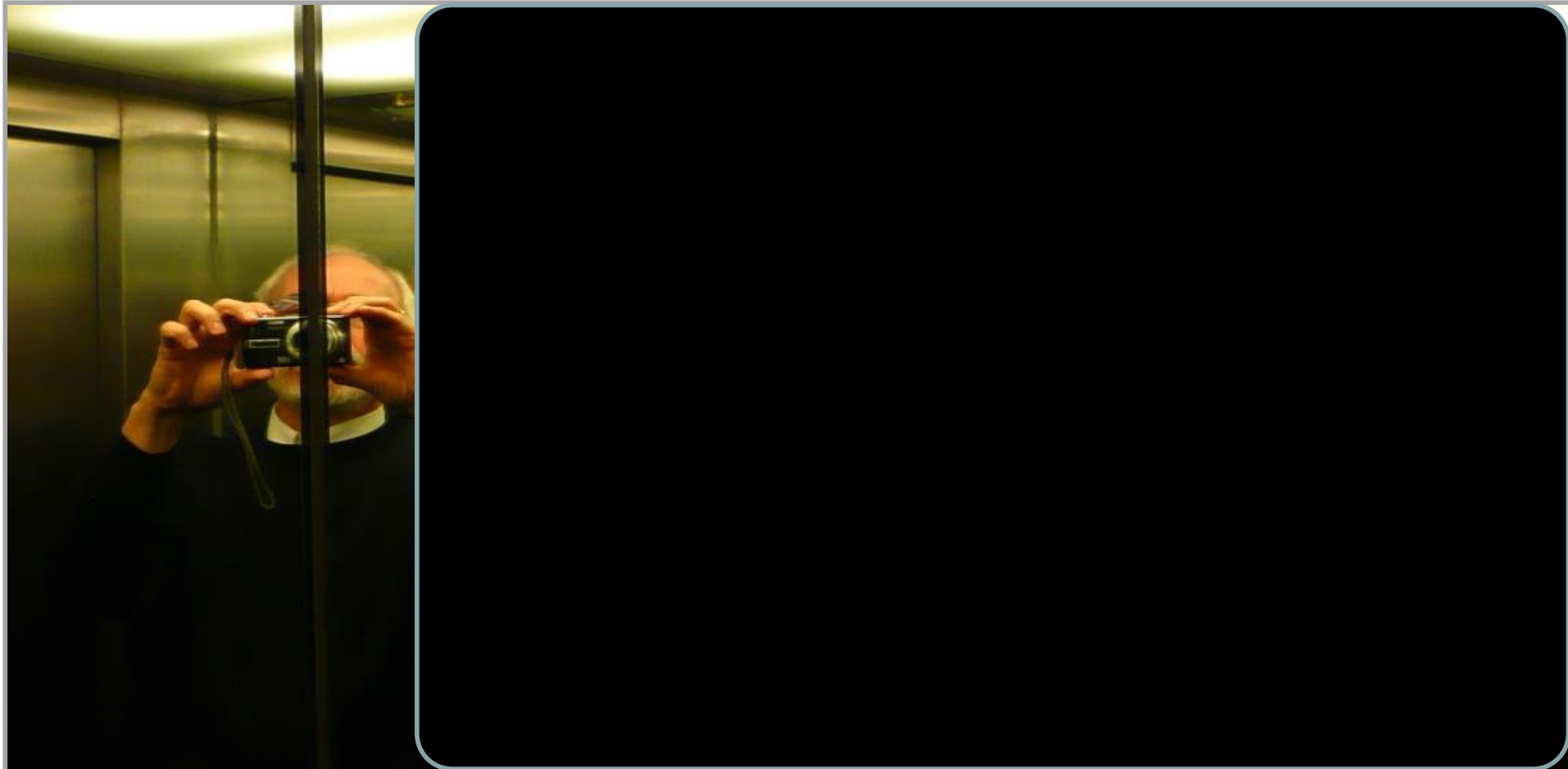
Optisches Flatterecho

Mit dem ersten Echo verschwinden auch die folgenden.



Optisches Flatterecho

Mit dem ersten Echo verschwinden auch die folgenden.



Merke:

Mehr als auf einen
Bierdeckel passt,
kann man auf einmal
nicht behalten.


Merke:



Merke:

**Wandpaneele
sind viel
wirksamer,
als man
glaubt!**

Wissenschaft $\leftarrow \rightarrow$ Wirtschaft

Christian Nocke 2015-01-14 beim  in Berlin:

In der Klassenraum-Akustik

gibt es kein

Erkenntnisproblem.

Es gibt nur ein

Umsetzungsproblem !