



LAND

OBERÖSTERREICH

Erhebung der Raumakustik in den Hauptschulen und Polytechnischen Schulen des Bezirkes Rohrbach

Bericht



Zusammenfassung der Messungen an den
Hauptschulen und Polytechnischen Schulen
des Bezirkes Rohrbach



US

Erhebung der Raumakustik in den Hauptschulen und Polytechnischen Schulen des Bezirkes Rohrbach

Zusammenfassender Endbericht

Projektleiter

Holub Albert

Bezirkshauptmannschaft Rohrbach / Aufgabengruppe Sanitätsdienst

Projektmitarbeiter

Dobersberger Manfred

Bezirkshauptmannschaft Rohrbach / Aufgabengruppe Bildung

Messtechnik

Kaltenberger Johann

Nopp Stefan

Land Oberösterreich / Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft / Abteilung Umweltschutz

Fotos: Stefan Nopp und Manfred Dobersberger

Titelbild: Schülerinnen und Schüler der Klasse 2 A der Hauptschule Rohrbach in Oö.

Stand: Mai 2009

Impressum

Bezirkshauptmannschaft Rohrbach

4150 Rohrbach in OÖ. • Am Teich 1

Telefon (+43 7289) 8851-0

Fax (+43 7289) 8851-69399

bh-ro.post@ooe.gv.at

www.bh-rohrbach.gv.at

DVR 69272

1. MOTIVATION UND ZIELE	4
2. MEDIZINISCHE GESICHTSPUNKTE.....	5
2.1. Raumakustik in Klassenräumen:.....	5
2.2. Ist die Schule ein Lärmarbeitsplatz? Raumakustik in Gängen, Foyers und Turnsälen:	7
3. PROJEKTPLAN.....	8
4. ERGEBNISSE SCHULUMFRAGEN	9
5. ERGEBNISSE RAUMAKUSTIKMESSUNG	10
5.1. Untersuchungskonzept.....	10
5.2. Messmethoden und Durchführung.....	10
5.2.1. Messbedingungen	10
5.2.2. Messverfahren	10
5.2.3. Messgeräte und Auswertesoftware.....	11
5.3. Raumakustik - Allgemeines	12
5.4. Begriffe, Definitionen und Abkürzungen der Raumakustik.....	13
5.5. Ergebnisse der einzelnen Hauptschulen.....	14
5.5.1. Hauptschule Aigen-Schlägl.....	14
5.5.2. Hauptschule Haslach an der Mühl	16
5.5.3. Hauptschule Helfenberg	18
5.5.4. Hauptschule Hofkirchen im Mühlkreis	20
5.5.5. Hauptschule Lembach im Mühlkreis	22
5.5.6. Hauptschule Neufelden	24
5.5.7. Hauptschule Niederwaldkirchen	26
5.5.8. Hauptschule Peilstein im Mühlviertel.....	28
5.5.9. Hauptschule Rohrbach in Oö.....	30
5.5.10. Hauptschule Sarleinsbach.....	32
5.5.11. Hauptschule St. Martin im Mühlkreis.....	34
5.5.12. Hauptschule St. Peter am Wimberg.....	36
5.5.13. Hauptschule Ulrichsberg	38
5.6. Ergebnisse der einzelnen Polytechnischen Schulen.....	40
5.6.1. Polytechnische Schule Aigen-Schlägl	40
5.6.2. Polytechnische Schule Neufelden.....	42
5.6.3. Polytechnische Schule Rohrbach in Oö	44
5.7. Zusammenfassung der Hauptschulmessergebnisse	46
5.7.1. Klassenräume der Hauptschulen	46
5.7.2. Foyers der Hauptschulen.....	48
5.7.3. Turnsäle der Hauptschulen.....	50
5.8. Zusammenfassung der Messergebnisse an Polytechnischen Schulen	52
5.8.1. Klassenräume der Polytechnischen Schulen	52
5.8.2. Foyers der Polytechnischen Schulen.....	54
5.8.3. Arbeitsräume der Polytechnischen Schulen.....	56
6. EMPFEHLUNGEN FÜR DIE ZUKUNFT	58
7. LITERATUR	66

1. MOTIVATION UND ZIELE

Kinder und Jugendliche wollen kommunizieren. Entsprechend laut geht es in den Pausen in den Gängen und Foyers unserer Schulen zu. Auch in den Turnsälen herrscht oft ein hoher Lärmpegel.

Viele LehrerInnen klagen, dass sie diesen "Höllenslärm" nicht mehr aushalten.

Das muss wohl so sein, oder gibt es da ein Gegenmittel?

Hörbare Unterschiede zwischen "lauten" und "leisen" Schulen bestehen in Form unterschiedlicher Raumakustik, die aber in ihrer Wahrnehmung oftmals ein stiefmütterliches Dasein fristet. Raumakustisch ungünstige Gegebenheiten werden von den Lehrkräften oft nur undifferenziert als Antipathie gegenüber bestimmten Klassenräumen oder gar als Disziplinlosigkeit der Schüler wahrgenommen. Der Einfluss ungünstiger Akustik auf die Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung bleibt nur zu oft außerhalb der bewussten Wahrnehmung.

Für eine Institution, die so elementar auf Sprachverständnis und gelingende Kommunikation angewiesen ist wie die Schule, ist es erstaunlich, wie wenig bisher die äußeren - physikalischen - Bedingungen für gelingende verbale Kommunikation beachtet werden.¹

Ganz allgemein wird es aus Gründen einer ausreichenden Schulraumhygiene im erweiterten Sinnverständnis als erforderlich erachtet, die Raumakustik in den Unterrichts- und Pausenräumen zu optimieren, um eine unnötige Lärmüberbelastung von LehrerInnen und Schülern zu vermeiden.

Die Veränderungen der Unterrichtsformen hin zu offenem Unterricht mit Förderung des selbstbestimmten Lernens sowie der zunehmende Anteil an Kindern mit nichtdeutscher Muttersprache setzen ausreichende raumakustische Mindestanforderungen voraus.

Die Bezirkshauptmannschaft Rohrbach hat zur Beurteilung der Raumakustik in Hauptschulen und Polytechnischen Schulen des Bezirkes gemeinsam mit der Abteilung Umweltschutz beim Amt der Oberösterreichischen Landesregierung ein Projekt durchgeführt, in dem von Oktober 2008 bis Jänner 2009 Messungen der Nachhallzeiten in Foyers, Turnsälen und Klassenräumen erfolgten.

Anlass war die unterschiedliche Wahrnehmung des Pausenlärms und des Verhaltens der Schüler in den einzelnen Schulen bei den wiederholten Besuchen durch das Team des Sanitätsdienstes im Rahmen der Schulimpfaktion. Gleichzeitig berichteten viele Lehrkräfte im Rahmen der Begutachtung der Dienstfähigkeit durch den Amtsarzt regelmäßig über Beeinträchtigungen durch Lärmbelastung in der Schule.

2. MEDIZINISCHE GESICHTSPUNKTE

2.1. Raumakustik in Klassenräumen:

Als geeignetstes Maß zur Bewertung der Raumakustik hat sich die Nachhallzeit herausgestellt. Die Nachhallzeit kennzeichnet, wie lange jedes Geräusch noch im Raum verbleibt, bevor es verklingt. Sie ist direkt abhängig vom Raumvolumen sowie der Fähigkeit der dort verwendeten Materialien, den Schall zu absorbieren.

Ein Klassenraum soll nicht zu hallig sein, da ansonsten die Sprache bei der Übertragung im Raum verwischt wird, was zu einer schlechteren Verständlichkeit führt. Es ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass in halligen Räumen auch der Störgeräuschpegel durch das Geräuschverhalten der Kinder zunimmt. Eine hallige Umgebung und die damit verbundene schlechtere Verständlichkeit begünstigt ein unruhigeres Verhalten und hat sich als **die schädlichste Einflussgröße** in Bezug auf die Sprachverständlichkeit in Klassenräumen herausgestellt.²

Von diesem Hintergrundgeräusch muss sich nun die Stimme der LehrerIn deutlich abheben, damit er von den SchülerInnen verstanden werden kann. Hörgeschädigte SchülerInnen werden durch eine mangelhafte Akustik in besonderer Weise benachteiligt.

Man geht im Allgemeinen davon aus, dass für Kinder ein Abstand des Sprachpegels zum Hintergrundlärm von zirka 15 dB(A) notwendig ist, damit das Signal hinreichend verstanden werden kann.

Für Personen mit Hörbehinderungen oder mit nichtdeutsche Muttersprache sind noch größere Pegelunterschiede von etwa 20 dB(A) anzustreben. Geht man von einem mittleren Sprachpegel im Raum (bei normalem Stimmaufwand) von etwa 60 dB(A) aus, so bedeutet dies, dass der durch störende Geräusche verursachte Pegel in der Summe unter etwa 40 dB(A) liegen sollte.³

Für die LehrerInnen bedeutet eine schlechte Raumakustik ständiges Reden mit erhobener Stimme. Dies ist auf Dauer sehr anstrengend und führt zu Heiserkeit und Stimmproblemen.

Eine der wenigen Untersuchungen, die es über den Zusammenhang von raumakustischen Bedingungen und Wahrnehmungen von LehrerInnen gibt, zeigt dass diese offenbar dazu neigen, die durch akustische Bedingungen induzierten Beeinträchtigungen der Unterrichtsatmosphäre auf die SchülerInnen zu projizieren. So empfinden sie zum Beispiel SchülerInnen, die in einem halligen Raum unterrichtet werden, als lauter.⁴

Die Lärmbelastung wirkt somit nicht nur auf die mentalen Leistungen der Kinder, wie Sprachverarbeitungsprozesse, Kurzzeitgedächtnis, Aufmerksamkeit und Konzentration, sondern auch auf die psychische Verfassung von Lehrkräften.¹

Gutes Lernen braucht gute Akustik. Tatsächlich ist es aber so, dass vielen Schülerinnen und Schülern eine gute Schulbildung entgeht, nur weil sie nicht deutlich genug verstehen können, was die LehrerIn sagt. Zu diesem Ergebnis kam eine Studie der Heriot-Watt-Universität in Edinburgh, die 1996 bis 1999 erstmals umfassend die akustischen Arbeitsbedingungen in Klassenräumen untersuchte. Konkrete Sanierungsmaßnahmen wurden studienbegleitend durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine bedeutende Verbesserung der Sprachverständlichkeit in vielen Fällen schon durch den Einbau schallabsorbierender Deckenverkleidungen in den Klassen erreicht werden kann.⁵

Dass eine gute Klassenraumakustik die Arbeitsbedingungen für LehrerInnen und SchülerInnen wirkungsvoll verbessert, zeigte sich nicht zuletzt an der Tatsache, dass am Ende der dreijährigen Untersuchung die Lehrkräfte in Klassen mit guter bis sehr guter Akustik deutlich weniger Krankheits- und Fehltage zu verzeichnen hatten, als ihre Kollegen in akustisch nicht angemessen ausgestatteten Räumen

Zusammenfassend können die gegenseitigen Bedingungen wie folgt beschrieben werden:²

- **eine schlechte Raumakustik erschwert das Verstehen;**
- **ein schlechtes Verstehen verursacht eine zunehmende Unruhe;**
- **eine größere Unruhe zwingt zu einem lauterem Sprechen (Lombard-Effekt), aber**
- **eine erhobene Stimme führt in einer halligen Umgebung zu keinem besseren Verstehen.**
- **schlechte Raumakustik führt zu einer Verschlechterung des sozialen Klimas.**

2.2. Ist die Schule ein Lärmarbeitsplatz? Raumakustik in Gängen, Foyers und Turnsälen:

In der Schule kann es sehr laut werden. In Sporthallen aber auch in Pausenräumen von Schulen werden Lärmpegel gemessen, die über dem Grenzwert des Acht-Stunden-Beurteilungspegels von 85 dB(A) liegen. Allerdings sind solche Lärmpegel im Schulbereich nur über einige Minuten vorhanden, so dass ein direkter Gehörschaden sehr unwahrscheinlich ist. Trotzdem wird subjektiv von vielen PädagogInnen der Lärmpegel als einer der bedeutendsten Belastungsfaktoren eingeschätzt. Als Grenzwert für Räume, in denen überwiegend geistige Tätigkeiten ausgeübt werden gelten 55 dB(A).⁶

Lange Nachhallzeiten in Foyers bewirken, dass der Aufenthalt in den Pausen nicht mehr der kurzzeitigen Erholung dienen kann, da sich bedingt durch die schallharten Begrenzungsflächen der Schallpegel noch zusätzlich erhöht. Vermehrte Lärmbelastung wirkt sich unmittelbar auf die mentale Leistung von SchülerInnen und LehrerInnen aus. Auch das soziale Klima wird schlechter, denn Lärm fördert Aggressionen.⁷

Wir alle wissen aus eigener Erfahrung, dass Lärm ein wesentlicher Stressfaktor ist. Wie sehr dies auch in der Schule gilt, zeigen Befragungsuntersuchungen zur Arbeitsbelastung von Lehrerinnen und Lehrern. Von über 1000 befragten LehrerInnen nannten 75 Prozent den Faktor Lärm als eine wesentliche Belastungsquelle. Weiterhin zeigte sich, dass die Fähigkeit zum Ertragen von Lärm mit zunehmendem Dienstalter erheblich abnimmt: Lehrkräfte, die schon länger im Beruf stehen, leiden besonders stark unter dem Lärm.⁸

Lärm verursacht Unlust, Ärger und Erschöpfung.

Vor diesem Hintergrund ist es eine schulische Grundbedingung, gute raumakustische Verhältnisse nicht nur in Klassenräumen, sondern auch in Foyers, Gängen und Turnsälen, sicherzustellen.

3. PROJEKTPLAN

Abwicklung des Projektes

"Raumakustik in Hauptschulen und Polytechnischen Schulen des Bezirkes Rohrbach"

1. Grobanalyse:

Der Bezirk Rohrbach verfügt über 13 Hauptschulen und 3 Polytechnische Schulen. Im Rahmen von Erweiterungs- und Umbauten wurden vereinzelt raumakustische Maßnahmen gesetzt. Es soll nun eine Evaluierung der raumakustischen Gegebenheiten an den einzelnen Schulen des Bezirkes erfolgen.

2. Feinanalyse:

Die Vorstellung des Projektes erfolgt im Rahmen der Schul-Leiterkonferenz im März 2008 durch den Amtsarzt Dr. Holub der BH Rohrbach. Es wurde ein Fragebogen an die DirektorInnen ausgegeben mit dem Ersuchen die raumakustischen Gegebenheiten der Klassenräume, Turnsäle, Foyers und Gangbereiche aus eigener Einschätzung zu bewerten.

3. Realisierung: Die einzelnen Hauptschulen sind betreffend raumakustischer Gegebenheiten einer repräsentativen Klasse, Turnsäle und Foyers zu klassifizieren. Begehung der Hauptschulen: BH RO (Amtsarzt, Behördenvertreter), Land OÖ (Lärmtechniker der Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz), Bürgermeister, DirektorIn, Kustor der AG für Physik und Chemie. Die raumakustischen Gegebenheiten werden nicht nur subjektiv, sondern auch messtechnisch durch Lärmtechniker des Amtes der OÖ Landesregierung erfasst.

4. Abschluss: Nach dem Ergebnis der Messungen und der Begehung sind notwendige Sanierungsmaßnahmen in Form einer Prioritätenreihung abzuleiten. Erstellung eines Berichtes durch die BH Rohrbach in Zusammenarbeit mit dem Amt der Oberösterreichischen Landesregierung Abteilung Umweltschutz. Es erfolgt eine Auflistung der einzelnen Schulen mit den relevanten Messergebnissen und eine Definition der zu sanierenden Bereiche. Die Umsetzung notwendiger Maßnahmen zur Verbesserung der Raumakustik sind von den betroffenen Gemeinden in Abstimmung mit der Direktion Bildung und Gesellschaft beim Amt der Oberösterreichischen Landesregierung weiterzuverfolgen. (sinnvollerweise wird die Umsetzung im Zusammenhang mit Sanierungs- oder Umbaumaßnahmen zu erfolgen haben)

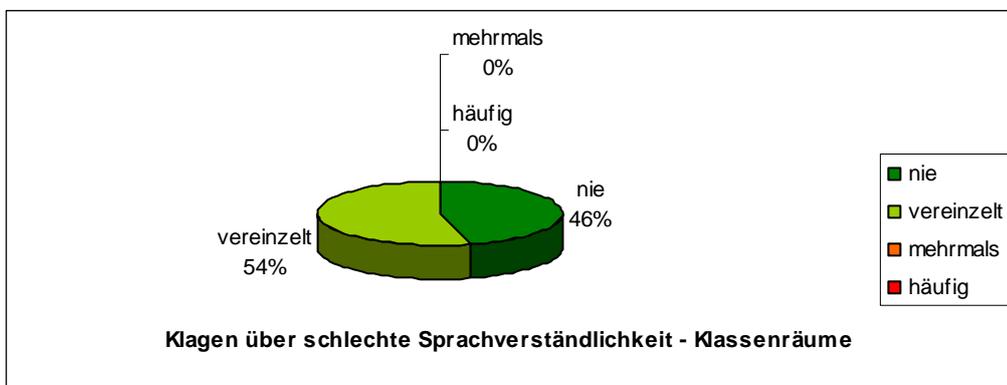
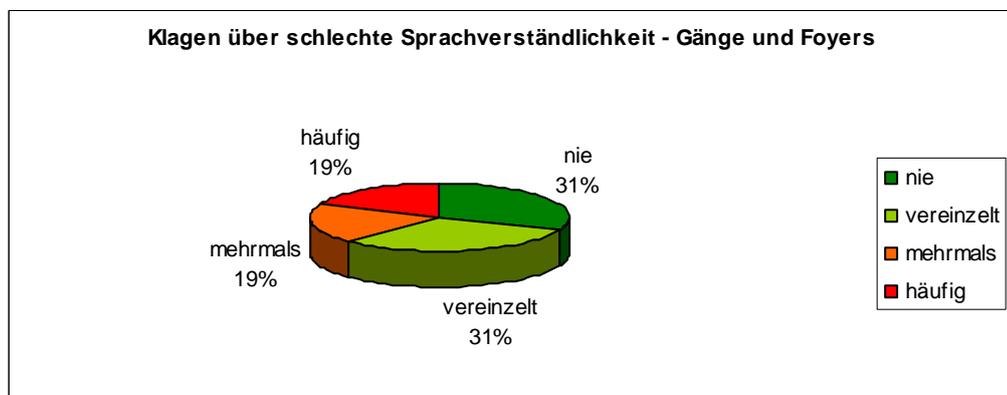
4. ERGEBNISSE SCHULUMFRAGEN

Im Rahmen des Projektes wurden an die beteiligten Schulen Fragebögen ausgegeben und von der Schulleitung ausgefüllt. Die Rücklaufquote betrug 100% (n=18).

Abgefragt wurden folgende Punkte:

- Waren Fragen der Raumakustik an der Schule bereits einmal Thema?
- Wurden bisher raumakustische Sanierungen durchgeführt?
- Gibt es derzeit ein hörbehindertes Kind in der Schule?
- Klagen Lehrkräfte über schlechte Sprachverständlichkeit durch hallende Räume?

- zur letzten Frage ergaben sich folgende Antworthäufigkeiten:



Turnsäle, Gänge und Foyers stellen also die raumakustisch kritischen Bereiche dar.

Die Sprachverständlichkeit in den Klassenräumen wird aus der Sicht der Schulleitung im Durchschnitt als akzeptabel eingestuft.

5. ERGEBNISSE RAUMAKUSTIKMESSUNG

5.1. Untersuchungskonzept

Die Bezirkshauptmannschaft Rohrbach führte im Rahmen eines auf den Bezirk Rohrbach beschränkten Projektes im Jahr 2008 eine Evaluierung der raumakustischen Gegebenheiten in den 13 Hauptschulen durch. Im Frühjahr 2009 folgten die 3 Polytechnischen Schulen des Bezirkes. Bei den örtlichen Begehungen wurden die raumakustischen Situationen nicht nur subjektiv, sondern auch messtechnisch im Foyer, im Turnsaal und in einem repräsentativen Klassenraum der jeweiligen Schulen festgestellt.

Die Abteilung Umweltschutz wurde im Februar 2008 von der Bezirkshauptmannschaft Rohrbach beauftragt, diese messtechnisch bzw. fachlich bei den Evaluierungen zu unterstützen.

5.2. Messmethoden und Durchführung

5.2.1. Messbedingungen

Um den Schulbetrieb so wenig wie möglich zu stören wurden die Messungen in allen Raumkategorien im unbesetzten Zustand (ohne SchülerInnen) durchgeführt. Unbesetzter Zustand bedeutet in diesem Bericht, dass während der Messung 2 Messtechniker, ein Vertreter der BH-Rohrbach und der Kustos der jeweiligen Schule anwesend waren.

Beim besetzten Zustand, der aufgrund der Messergebnisse errechnet wurde, ist für die Turnsäle, Foyers und die Klassen jeweils eine Besetzung von 20 Schülern und einer Lehrperson angenommen worden.

5.2.2. Messverfahren

Die Messung der Nachhallzeit T im Turnsaal, Foyer und im Klassenraum erfolgte nach den Vorgaben der ÖNORM EN ISO 3382 (Akustik, Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere akustische Parameter).

Als Messverfahren wurde die Impulsmethode gewählt:

Die Impulsantwort wird dabei direkt gemessen. Als Impulsschallquelle wird eine selbst nicht nachhallende Startschusspistole, welche ein hinreichend breites Spektrum erzeugt, benutzt. Die Impulsschallquelle muss einen solchen Spitzen-Schalldruckpegel erzeugen, damit der Beginn der Abklingkurve mindestens 45 dB über dem Störpegel im jeweiligen Frequenzband liegt.

Messpunktdichte:

Um eine ausreichende Wiederholbarkeit zu erreichen wurden 6 Impulsantworten an 2 verschiedenen Mikrofonpositionen (Die Höhe der Mikrofone hat 1,2 m über dem Fußboden zu betragen, entsprechend der Höhe des Ohrs durchschnittlicher Zuhörer auf typischen Sitzen).

Die Nachhallzeit in diesen Räumen wurde in Oktav-Frequenzbändern von 63 Hz - 8000 Hz gemessen. Für jedes Oktavband wird die Abklingkurve durch Rückwärtsintegration der quadrierten Impulsantwort erzeugt.

Die zusätzlich relevanten raumakustischen Parameter der Klassenräume (Deutlichkeitsmaß, Speech Transmission Index, Articulation loss of Consonants) wurden für die Raummitte der Klassenräume bestimmt.

5.2.3. Messgeräte und Auswertesoftware

- Echtzeitanalysator Norsonic Type 840-2
- Echtzeitanalysator Larson Davis Modell 2900
- Auswertesoftware DIRAC

Alle Messungen in den Hauptschulen wurden parallel mit 2 unabhängigen Messsystemen durchgeführt. Im Bericht werden bei den Nachhallzeiten die Ergebnisse des Messgerätes Norsonic 840 und bei den zusätzlich relevanten raumakustischen Parametern der Klassen die Ergebnisse der Auswertesoftware DIRAC, wo als Grundlage die Messdaten des Messgerätes Larson Davis 2900 dienen.

Die Kalibrierung der gesamten Messkette für den Echtzeitanalysator Norsonic 840 und den Echtzeitanalysator Larson Davis 2900 erfolgte vor jeder Messserie mit einem geeichten Präzisionskalibrator BRÜEL & KJAER, Type 4231.

5.3. Raumakustik - Allgemeines

Die akustische Situation in einem Raum wird sehr wesentlich von seiner Lage im Gebäude und der Schalldämmung der Bauteile bestimmt. Wie sich jedoch der im Raum entstehende und der von außen eindringende Schall im Raum verteilt, ist vom Schallabsorptionsvermögen der Begrenzungsflächen und der Einrichtung des Raumes abhängig. Die Bemessung der Absorption ist daher eine wesentliche Einflussgröße sowohl in Räumen, in denen eine gute Hörsamkeit erzielt werden soll, als auch in solchen, in denen eine Lärminderung erforderlich ist. Von großer Bedeutung können aber auch die Geometrie des Raumes und die Verteilung der schallabsorbierenden und der schallreflektierenden Flächen im Raum sein.

Unterrichtsräume:

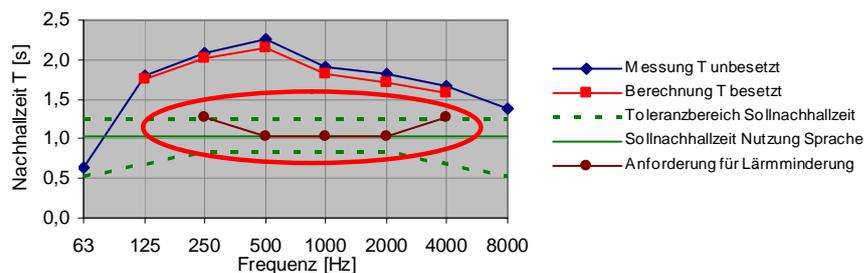
Für die raumakustischen Anforderungen für Unterrichtsräume in Schulen, in denen eine gute Hörsamkeit gesichert werden sollte, gilt die optimale Nachhallzeitanforderung für "Räume mit Kommunikation" gemäß ÖNORM B 8115-3. (Die optimalen Nachhallzeiten gelten für die volle Besetzung der Räume und für eine Frequenz von 500 Hz.)

Foyers und Gänge, Turnsäle:

Für die raumakustischen Anforderungen in Foyers und Gängen oder Turnsälen, in welchen die raumakustische Ausstattung vor allem der Lärminderung dient und auch eine ausreichende Sprachverständlichkeit notwendig ist, gelten die "Anforderungen für die Lärminderung" gemäß ÖNORM B 8115-3.

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden zur leichteren Verständlichkeit die Foyers und Turnsäle nicht nach den "Anforderungen für die Lärminderung", sondern nach der "optimalen Nachhallzeit für Räume mit Sprachdarbietung" beurteilt. Diese Beurteilungsart wurde gewählt, damit eine möglichst einfache und einheitliche Darstellung erzielt wird. Die optimale Nachhallzeitanforderung für Räume mit Sprachdarbietung wurde ausgewählt, da Vergleichsrechnungen ergeben haben, dass diese Anforderungen annähernd den Anforderungen für Lärminderung in Räumen mit geringer Einrichtung entsprechen, wie in der folgenden Abbildung ersichtlich ist.

Vergleichsrechnungen bei der HS Aigen-Schlägl im Turnsaal bei einem Volumen von 1543 m³



5.4. Begriffe, Definitionen und Abkürzungen der Raumakustik

T Nachhallzeit:

Die Nachhallzeit mit dem Formelzeichen T, im Englischen meistens RT (reverberation time), ist die bekannteste raumakustische Kenngröße. Unter der Nachhallzeit versteht man das Zeitintervall, innerhalb dessen der Schalldruck in einem Raum bei plötzlichem Verstummen der Schallquelle auf den tausendsten Teil seines Anfangswerts abfällt. Dieses entspricht einer Pegelabnahme von 60 dB.

C50 Deutlichkeitsmaß:

Das Deutlichkeitsmaß ist ein objektives Kriterium, bei dem die bis 50 ms einfallende Schallenergie $W_{0...50ms}$ zur restlichen $W_{50ms...^\infty}$ oder zur gesamten W_{ges} ins Verhältnis gesetzt wird. Je größer das Gütemaß ist, umso besser ist die Verständlichkeit. Mit einem Deutlichkeitsmaß $C50 > 0$ dB ist eine sehr gute Sprachverständlichkeiten gewährleistet.

STI Sprachverständlichkeit:

Die Sprachverständlichkeit STI (Speech Transmission Index) beschreibt wie gut eine Nachricht an verschiedenen Orten verstanden werden kann. Die Sprachverständlichkeit ist direkt abhängig vom Hintergrundgeräusch, von der Nachhallzeit und von der Raumform. Im vorliegenden Projekt wurde die Sprachverständlichkeit STI mittels der Auswertesoftware DIRAC aus den Impulsantworten abgeleitet.

STI	0 – 0,3	0,3 – 0,45	0,45 – 0,6	0,6 – 0,75	0,75 – 1,0
	unbrauchbar	dürftig	ausreichend	gut	ausgezeichnet
ALcons	100 – 33%	33 – 15%	15 – 7%	7 – 3%	3 – 0%

ALcons Artikulationsverlust gesprochener Konsonanten:

Den Artikulationsverlust gesprochener Konsonanten ALcons (Articulation Loss of CONSonants) bezeichnet den prozentualen Konsonantenverlust. Im vorliegenden Projekt wurde der Artikulationsverlust mittels empirischer Umrechnungsformel nach Farrel Becker aus der Sprachverständlichkeit STI errechnet.

$$\% \text{ ALcons} = 170,5405 e^{-5,419(\text{STI})}$$

dB ... Dezibel

f ... Frequenz

Hz ... Hertz

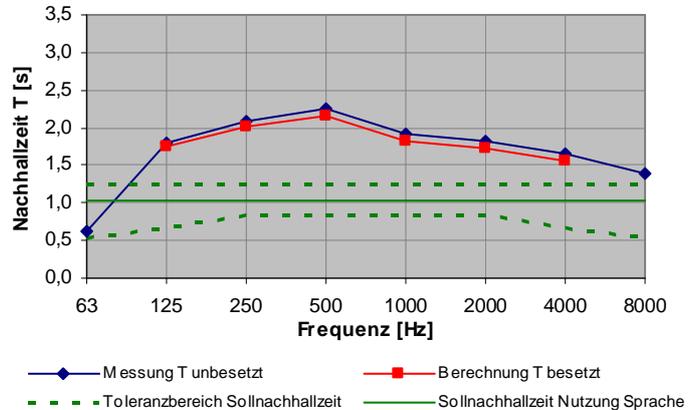
V ... Raumvolumen in m³

NHZ... Nachhallzeit

5.5. Ergebnisse der einzelnen Hauptschulen

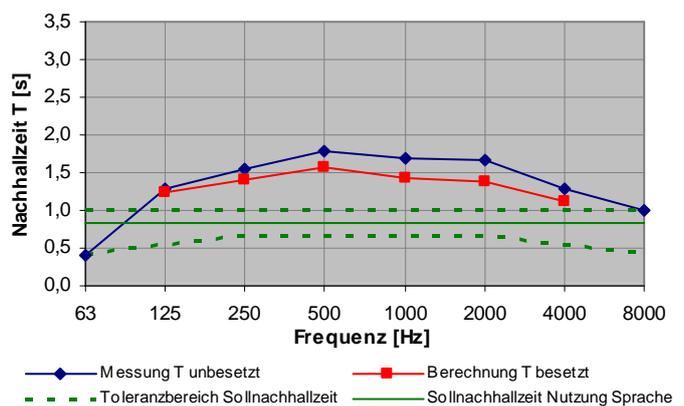
5.5.1. Hauptschule Aigen-Schlägl

Nachhallzeit im Turnsaal:



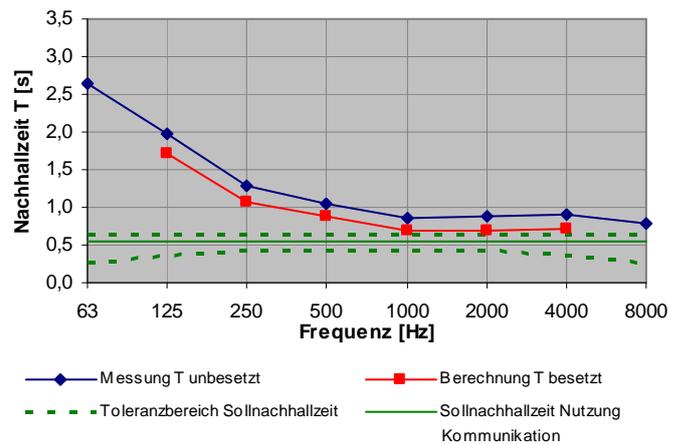
Der Turnsaal in der Hauptschule Aigen-Schlägl hat ein Volumen von rund 1543 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,04$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist im Frequenzbereich von 125 Hz – 4000 Hz deutlich zu lang, da großteils die Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind. Im tiefen Frequenzbereich wirkt sich die Deckenkonstruktion aus Nut und Feder Brettern und im hohen Frequenzbereich der an den Seitenwänden angebrachte Filz (bis 2,4m Höhe) positiv auf die Nachhallzeit aus.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule Aigen-Schlägl hat ein Volumen von rund 430 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,83$ s aufweisen. Auf fast allen Gängen dieser Schule ist eine abgehängte Akustikdecke vorhanden, jedoch im Bereich der Bibliothek im 1.Obergeschoß ist das Foyer über 2 Geschoße offen und hat als Decke Glaselemente zur Belichtung. Die Nachhallzeit ist in diesem Gebäudebereich zu lang, da nicht genügend Absorptionsflächen vorhanden sind.

Nachhallzeit in der Klasse 1B:



Die Klasse 1B der Hauptschule Aigen-Schlägl hat ein Volumen von rund 171 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,54$ s aufweisen. Die Raumbegrenzungsflächen sind schallhart und auch die Pinnwände aus Kork wirken nicht absorbierend. Diese Ausstattung führt zu einer zu langen Nachhallzeit über den gesamten Frequenzbereich. Insgesamt weisen 4 Klassenräume eine vergleichbare Ausstattung in dieser Form auf. Die im Neubau gelegenen Klassen sind dagegen mit abgehängten Akustikdecken ausgestattet, wie sie auch für die gemessene Klasse optimal wäre.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 1B:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = -1,76 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,57$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

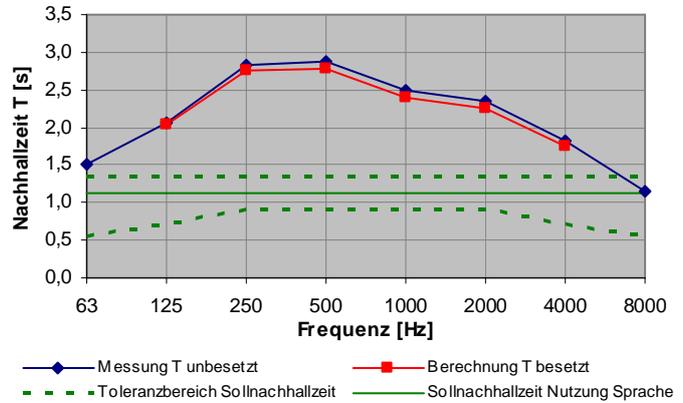
- Articulation loss of Consonants Al_{cons}

$$Al_{\text{cons unbesetzt}} = 7,77 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

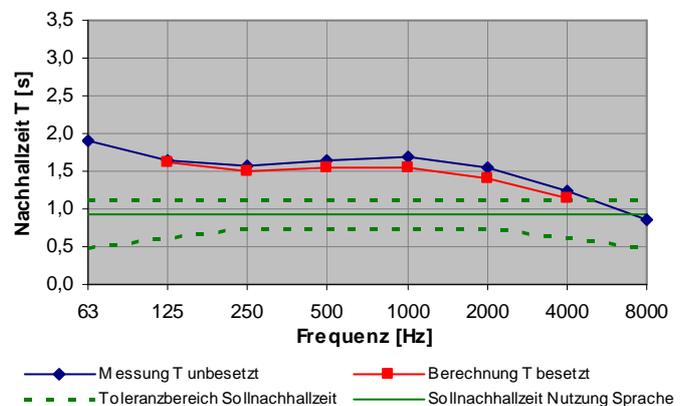
5.5.2. Hauptschule Haslach an der Mühl

Nachhallzeit in der Sporthalle:



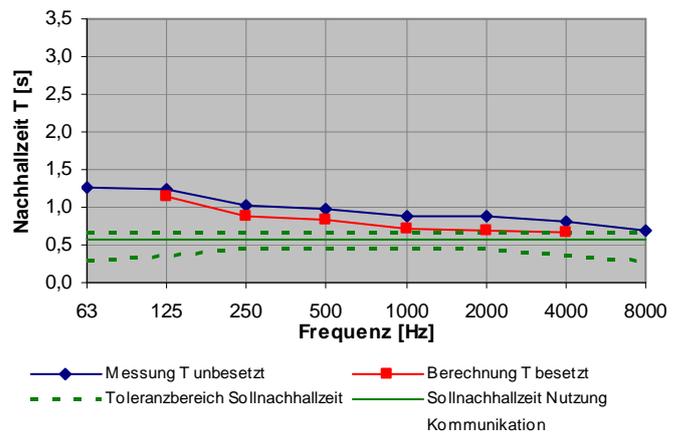
Die Sporthalle der Hauptschule Haslach an der Mühl hat ein Volumen von rund 2609 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von T = 1,12 s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den gesamten Frequenzbereich deutlich zu lang, da größtenteils die Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind. Im tiefen Frequenzbereich wirkt sich die Deckenkonstruktion aus Nut und Feder Brettern und im hohen Frequenzbereich der zum Teil an den Seitenwänden angebrachte Filz (bis 2,4m Höhe) positiv auf die Nachhallzeit aus.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule Haslach an der Mühl hat ein Volumen von rund 813 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von T = 0,94 s aufweisen. Im Freizeit-Bereich des Foyers ist eine gute Akustikdecke vorhanden. Ebenfalls wären im Eingangsbereich, für eine bessere Raumakustik, Weichfaserplatten an der Decke angebracht, jedoch sind diese übermalt und damit wirkungslos. Die restlichen Raumbegrenzungsflächen sind alle schallhart. Diese Ausstattung führt zu einer zu langen Nachhallzeit über den gesamten Frequenzbereich. Auf den restlichen Gängen der Schule sind keine Akustikmaßnahmen vorzufinden, daher sind dort noch etwas schlechtere raumakustische Bedingungen vorzufinden.

Nachhallzeit in der Klasse 4B:



Die Klasse 4B der Hauptschule Haslach an der Mühl hat ein Volumen von rund 187 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,56$ s aufweisen. Durch die im hinteren Teil der Klasse angebrachten Weichfaserplatten und der großen Couch sind schon zum Teil gute Absorptionsflächen vorhanden, jedoch sind die restlichen Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt. Diese Ausstattung führt im tieferen Frequenzbereich zu einer zu langen Nachhallzeit.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 4B:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = -1,30 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,59$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

- Articulation loss of Consonants AI_{cons}

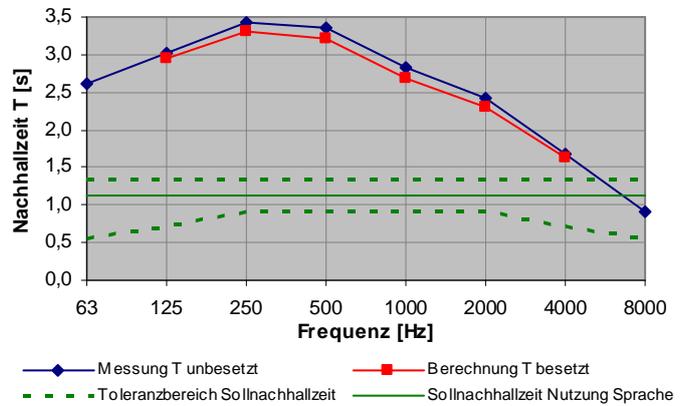
$$AI_{\text{cons unbesetzt}} = 6,97 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

In der Hauptschule Haslach an der Mühl sind große Umbauarbeiten geplant. Bei den Planungen sollte frühzeitig ein Augenmerk auf die raumakustischen Ausstattungen der Klassen, Foyers und dem Turnsaal gelegt werden, um gute Bedingungen für Schüler und LehrerInnen zu schaffen.

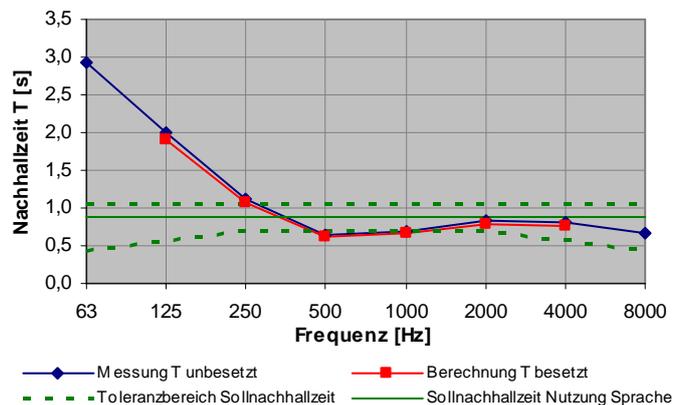
5.5.3. Hauptschule Helfenberg

Nachhallzeit im Turnsaal:



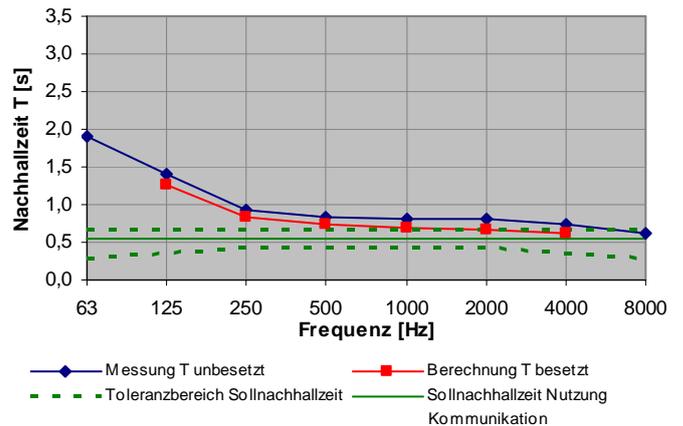
Der Turnsaal in der Hauptschule Helfenberg hat ein Volumen von rund 2541 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,12$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den Frequenzbereich von 63 Hz – 4000 Hz deutlich zu lang, da größtenteils die Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind. Im tiefen Frequenzbereich wirkt sich die Deckenkonstruktion aus Holzleimbändern und im hohen Frequenzbereich der an den gesamten Stirwandflächen angebrachte Filz und Teppichbelag etwas positiv auf die Nachhallzeit aus.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule Helfenberg hat ein Volumen von rund 541 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,87$ s aufweisen. Die gemessene Nachhallzeit ist im Frequenzbereich von 250 Hz – 8000 Hz im geforderten Toleranzbereich, da bei der letzten Hauptschulsanierung in den Foyers sehr gute abgehängte Akustikdecken angebracht wurden. Da es im normalen Schulbetrieb selten zu tieffrequenten Schallanregungen kommt, wird sich die längere Nachhallzeit im tiefen Frequenzbereich nicht negativ auswirken.

Nachhallzeit in der Klasse 4A:



Die Klasse 4A der Hauptschule Helfenberg hat ein Volumen von rund 178 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von T = 0,55 s aufweisen. Durch die im seitlichen und hinteren Teil der Klasse angebrachten Weichfaserplatten und der großen Couch sind schon sehr viele Absorptionsflächen vorhanden. Diese Ausstattung führt dazu, dass die Nachhallzeit im besetzten Zustand über den Frequenzbereich von 250 Hz – 4000 Hz nur knapp über dem Toleranzbereich liegt. Da es im normalen Schulbetrieb selten zu tieffrequenten Schallanregungen kommt, wird sich die längere Nachhallzeit im tiefen Frequenzbereich nicht negativ auswirken.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 4A:

- Deutlichkeitsmaß C₅₀

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = 2,20 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,62$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

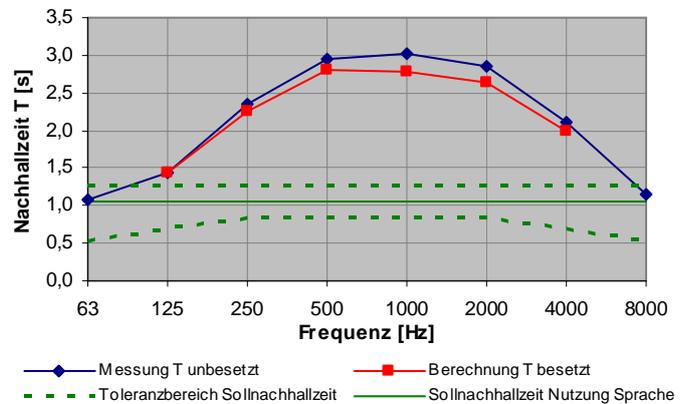
- Articulation loss of Consonants AI_{cons}

$$AI_{\text{cons unbesetzt}} = 5,93 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

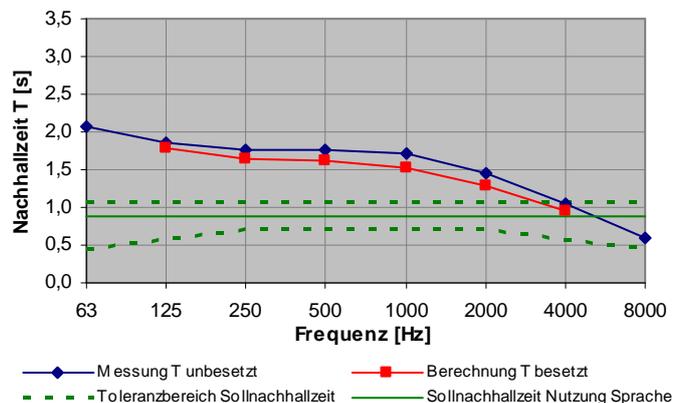
5.5.4. Hauptschule Hofkirchen im Mühlkreis

Nachhallzeit im Turnsaal:



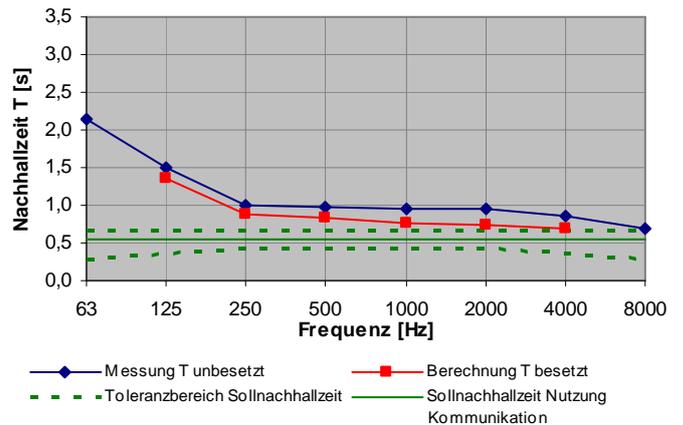
Der Turnsaal in der Hauptschule Hofkirchen hat ein Volumen von rund 1715 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,06$ aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den Frequenzbereich von 250 Hz – 4000 Hz deutlich zu lang, da großteils die Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt. Im tiefen Frequenzbereich wirkt sich die Deckenkonstruktion aus Nut und Feder Brettern und im hohen Frequenzbereich der an den Stirnwänden angebrachte Filz (bis 2,4m Höhe) positiv auf die Nachhallzeit aus.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule Hofkirchen hat ein Volumen von rund 605 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,89$ s aufweisen. In den Gängen sind Akustikgipsplatten an den Decken angebracht. Die Nachhallzeit ist jedoch im Frequenzbereich von 63 Hz – 2000 Hz zu lang, da diese Akustikgipsplatten einen unzureichenden Absorptionsgrad aufweisen und die restlichen Raumbegrenzungsflächen alle schallhart ausgeführt sind.

Nachhallzeit in der Klasse 3A:



Die Klasse 3A der Hauptschule Hofkirchen hat ein Volumen von rund 178 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,55$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den gesamten Frequenzbereich etwas zu lang, da zwar in dieser Klasse auf der Seiten- und Rückwand Weichfaserplatten angebracht sind, diese jedoch überstrichen wurden und daher einen Großteil ihres Absorptionsvermögens verloren haben und die restlichen Raumbegrenzungsflächen schallhart sind.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 3A:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = 0,80 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,57$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

- Articulation loss of Consonants AI_{cons}

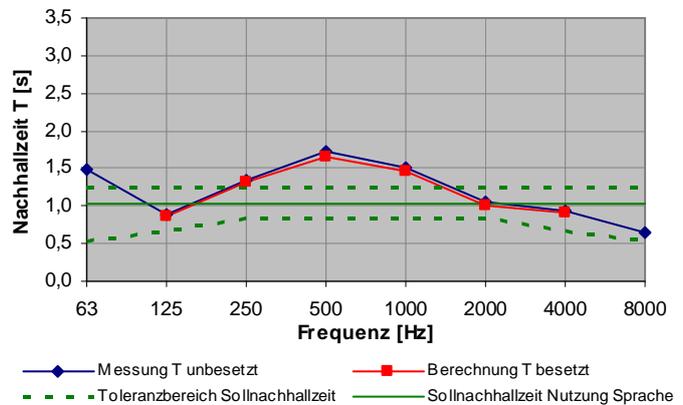
$$AI_{\text{cons unbesetzt}} = 7,77 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

In der Hauptschule Hofkirchen sind in den nächsten Jahren Sanierungsmaßnahmen geplant. Bei den Planungen sollte frühzeitig ein Augenmerk auf die raumakustischen Ausstattungen der Klassen, Foyers und dem Turnsaal gelegt werden, um gute Bedingungen für Schüler und LehrerInnen zu schaffen.

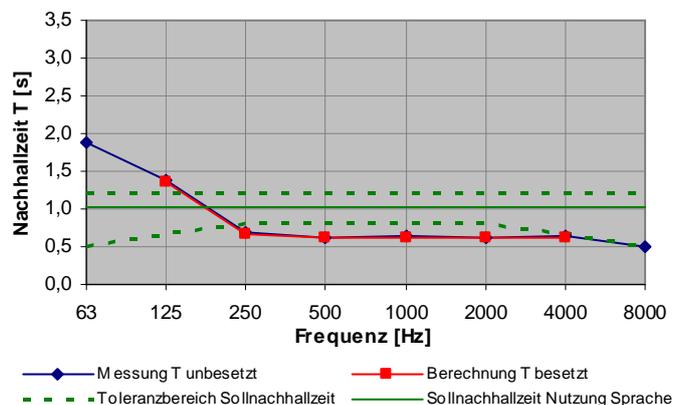
5.5.5. Hauptschule Lembach im Mühlkreis

Nachhallzeit im Turnsaal:



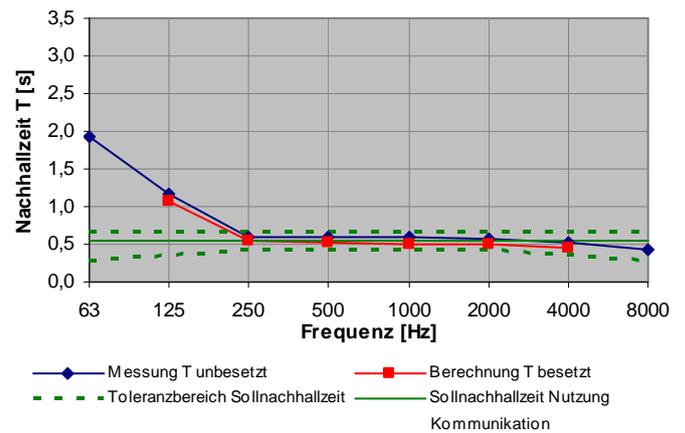
Der Turnsaal in der Hauptschule Lembach im Mühlkreis hat ein Volumen von rund 1552 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,04$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist in diesem Turnsaal im hohen und tiefen Frequenzbereich sehr gut, da der an allen Seitenwänden angebrachte Nadelfilz und die abgehängte Holzdecke mit Zwischenabständen - hinterlegt mit Akustikvlies - ein sehr gutes Absorptionsvermögen aufweisen. Lediglich im mittleren Frequenzbereich von 250 Hz bis 1000 Hz könnte die Nachhallzeit noch etwas kürzer sein.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule Lembach im Mühlkreis hat ein Volumen von rund 1334 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,02$ s aufweisen. Durch die Sanierung der Hauptschule sind in den Foyers der Schule sehr gute Akustikdecken angebracht worden, auf Grund dessen und der bei diesem Foyerbereich angeschlossenen Garderobe mit der dort hängenden Winterbekleidung ist die Nachhallzeit von 250 Hz – 8000 Hz sehr gut und sogar unter dem geforderten Toleranzbereich. Wie unter Punkt 5.3 beschrieben fallen Foyers unter die Anforderungen für Lärminderung und da ist eine höhere Absorption durchaus zweckmäßig.

Nachhallzeit in der Klasse 4A:



Die Klasse 4A der Hauptschule Lembach im Mühlkreis hat ein Volumen von rund 178 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,55$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den Frequenzbereich von 250 Hz – 8000 Hz im geforderten Toleranzbereich, da bei der kürzlich abgeschlossenen Schulsanierung in allen Klassen eine abgehängte Akustikdecke angebracht wurde. Da es im normalen Schulbetrieb selten zu tieffrequenten Schallanregungen kommt, wird sich die längere Nachhallzeit im tiefen Frequenzbereich nicht negativ auswirken.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 4A:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = 3,20 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,69$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

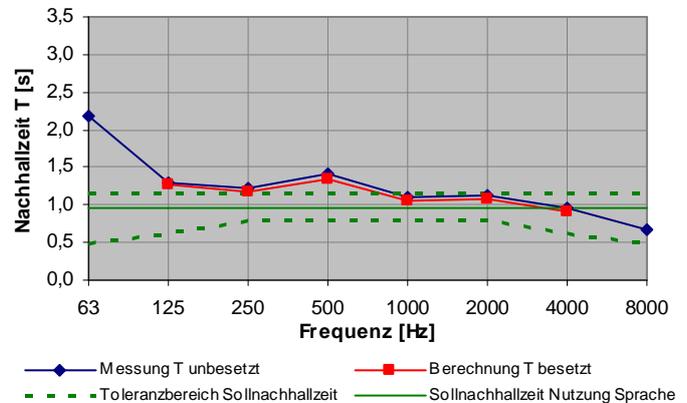
- Articulation loss of Consonants AI_{cons}

$$AI_{\text{cons unbesetzt}} = 4,06 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

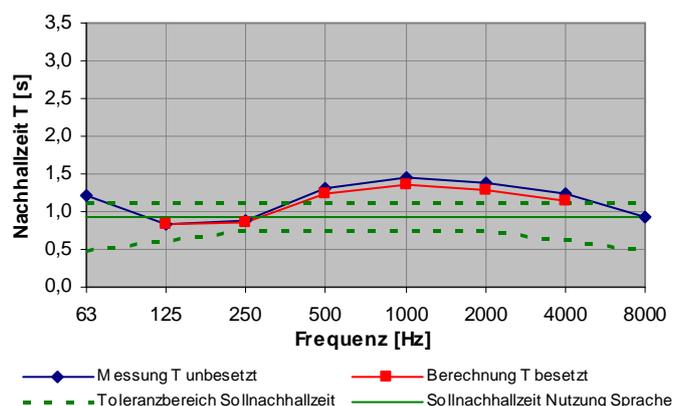
5.5.6. Hauptschule Neufelden

Nachhallzeit im Turnsaal:



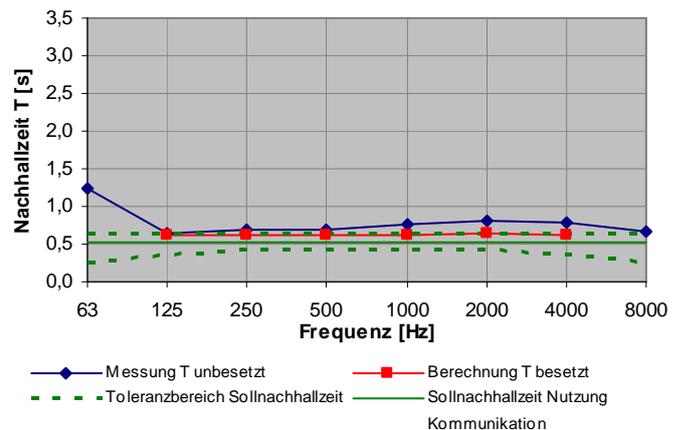
Der Turnsaal in der Hauptschule Neufelden hat ein Volumen von rund 1002 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,97$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über dem Frequenzbereich von 125 Hz – 500 Hz nur knapp über und ab 1000 Hz sogar im geforderten Toleranzbereich, da die Wände vollflächig mit Filzmatten verkleidet sind und die Deckenkonstruktion aus abgehängten Blechpaneelen mit Zwischenräumen - dahinter verbirgt sich ein Hohlraum mit den Heizregistern und darüber sind Isoliermatten in einer Stärke von 3 cm auf Rigipsplatten angebracht - besteht.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule Neufelden hat ein Volumen von rund 826 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,94$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist im Frequenzbereich von 500 Hz – 4000 Hz außerhalb und im restlichen Frequenzbereich im geforderten Toleranzbereich, da im gemessenen Foyerbereich die Deckenkonstruktion aus gefalzten Blechpaneelen besteht. Weiters ist in den sanierten Gängen der Hauptschule eine gut wirksame abgehängte Akustikdecke vorhanden.

Nachhallzeit in der Klasse 4B:



Die Klasse 4B der Hauptschule Neufelden hat ein Volumen von rund 158 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,53$ s aufweisen. Die Nachhallzeit liegt im besetzten Zustand über den Frequenzbereich von 125 Hz – 4000 Hz im geforderten Toleranzbereich, da durch die auf der Rückwand angebrachten Weichfaserplatten und der Deckenkonstruktion aus Nut und Feder Brettern ausreichend Absorptionsflächen vorhanden sind. Weiters ist in den sanierten Schulklassen der Hauptschule bereits eine gut wirksame abgehängte Akustikdecke vorhanden.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 4B:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = 3,00 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,64$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

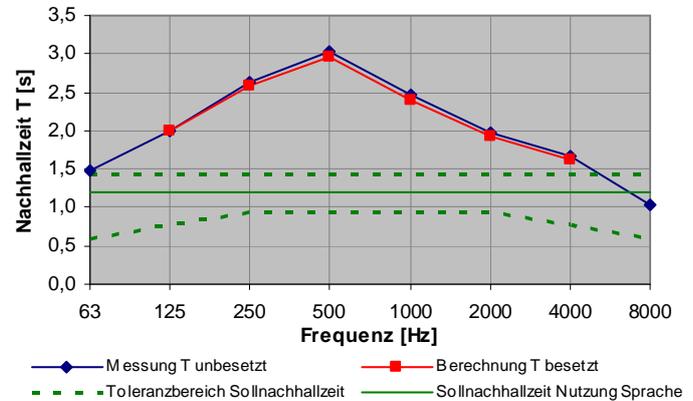
- Articulation loss of Consonants AI_{cons}

$$AI_{\text{cons unbesetzt}} = 5,30 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

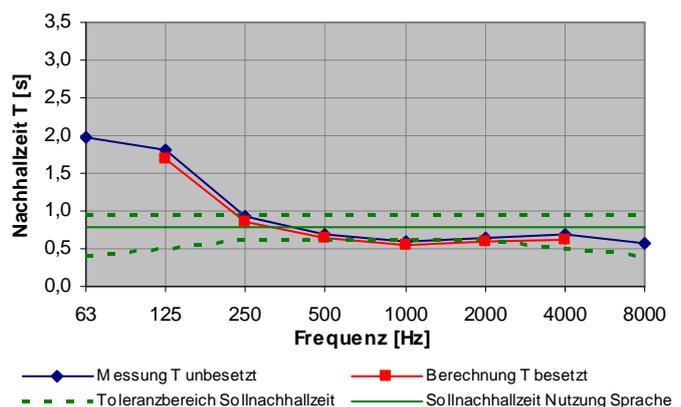
5.5.7. Hauptschule Niederwaldkirchen

Nachhallzeit im Turnsaal:



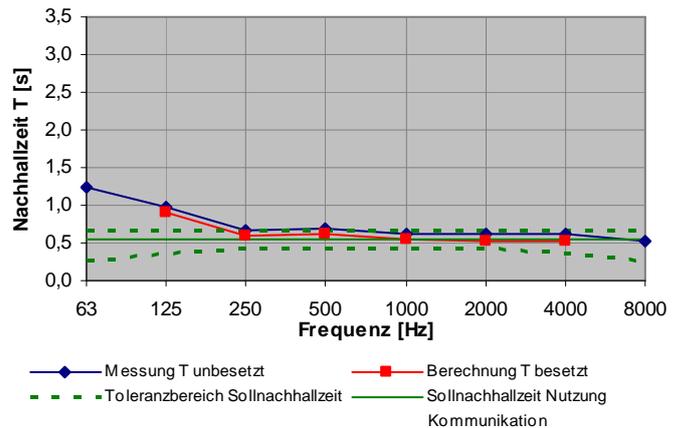
Der Turnsaal in der Hauptschule Niederwaldkirchen hat ein Volumen von rund 3876 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,19$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist im mittleren Frequenzbereich deutlich zu lang (Speziell im Sprachbereich bei 500 Hz), da großteils die Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind. Im tiefen Frequenzbereich wirkt sich die Deckenkonstruktion aus Holzbrettern und im hohen Frequenzbereich der zum Teil an den Seitenwänden angebrachte Nadelfilz positiv auf die Nachhallzeit aus.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule Niederwaldkirchen hat ein Volumen von rund 330 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,79$ s aufweisen. Durch die Sanierung der Hauptschule sind in den Foyers der Schule gut wirksame Akustikdecken angebracht worden, auf Grund dessen liegt die Nachhallzeit von 250 Hz – 8000 Hz im geforderten Toleranzbereich. Da es im normalen Schulbetrieb selten zu tieffrequenten Schallanregungen kommt, wird sich die längere Nachhallzeit im tiefen Frequenzbereich nicht negativ auswirken.

Nachhallzeit in der Klasse 3B:



Die Klasse 3B der Hauptschule Niederwaldkirchen hat ein Volumen von rund 176 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,54$ s aufweisen. Die Nachhallzeit liegt über den Frequenzbereich von 250 Hz – 8000 Hz im geforderten Toleranzbereich, da bei der gerade laufenden Schulsanierung in allen Klassen eine abgehängte Akustikdecke angebracht wird. Da es im normalen Schulbetrieb selten zu tieffrequenten Schallanregungen kommt, wird sich die längere Nachhallzeit im tiefen Frequenzbereich nicht negativ auswirken.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 3B:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = 2,60 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,67$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

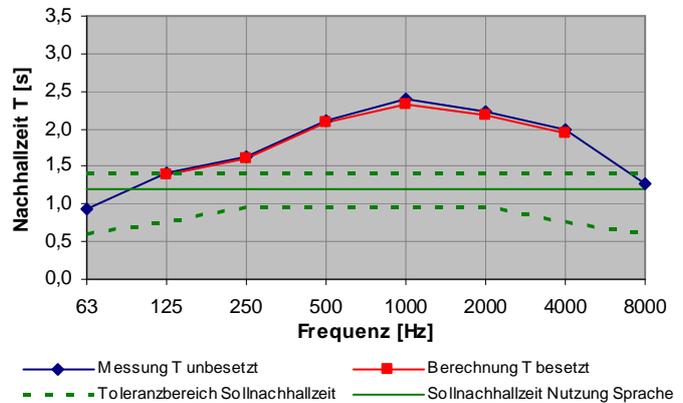
- Articulation loss of Consonants AI_{cons}

$$AI_{\text{cons unbesetzt}} = 4,52 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

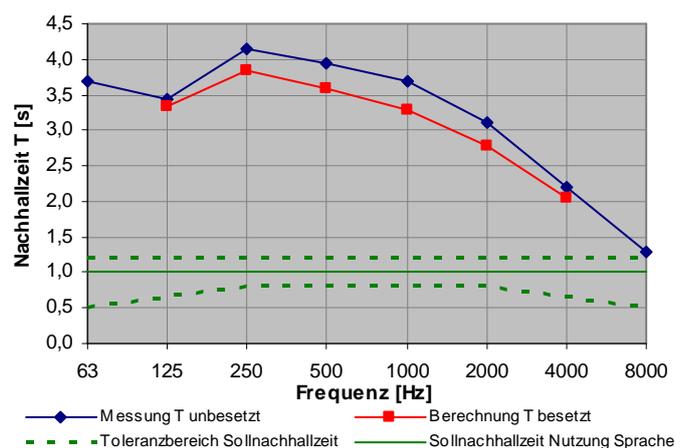
5.5.8. Hauptschule Peilstein im Mühlviertel

Nachhallzeit im Turnsaal:



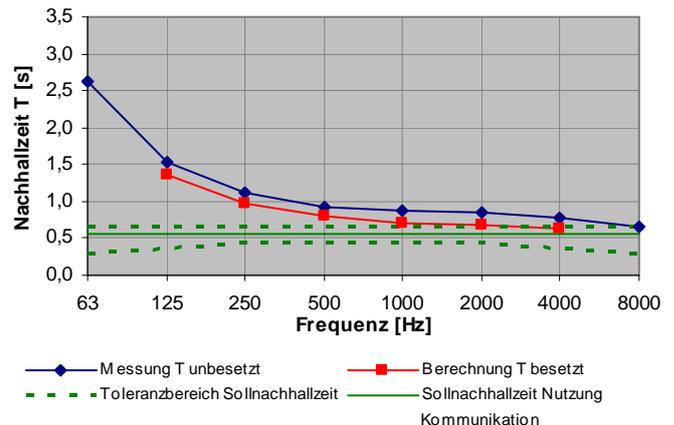
Der Turnsaal in der Hauptschule Peilstein im Mühlviertel hat ein Volumen von rund 3862 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,19$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist im Frequenzbereich von 250 Hz – 8000 Hz etwas zu lang, da in diesem Turnsaal zwar eine Holzdecke mit Zwischenräumen vorhanden ist, diese aber ein besseres Absorptionsvermögen aufweisen könnte. Trotzdem ist die Nachhallzeit auf Grund des großen Volumens noch akzeptabel.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule Peilstein im Mühlviertel hat ein Volumen von rund 1343 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,02$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den gesamten Frequenzbereich deutlich zu lang, da alle Raumbegrenzungsflächen äußerst schallhart ausgeführt sind.

Nachhallzeit in der Klasse 2A:



Die Klasse 2A der Hauptschule Peilstein im Mühlviertel hat ein Volumen von rund 180 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,55$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den gesamten Frequenzbereich etwas zu lang, da zwar auf einer Seitenwand gut absorbierende Pinnwände aus Weichfaserplatten angebracht sind, jedoch die restlichen Raumbegrenzungsflächen alle schallhart sind.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 2A:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = -0,10 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,59$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

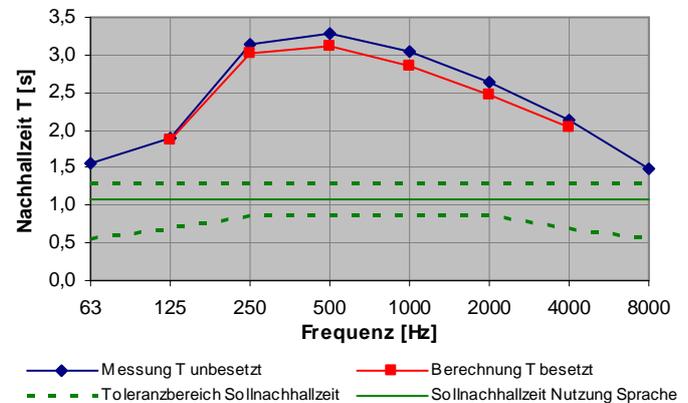
- Articulation loss of Consonants Al_{cons}

$$Al_{\text{cons unbesetzt}} = 6,97 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

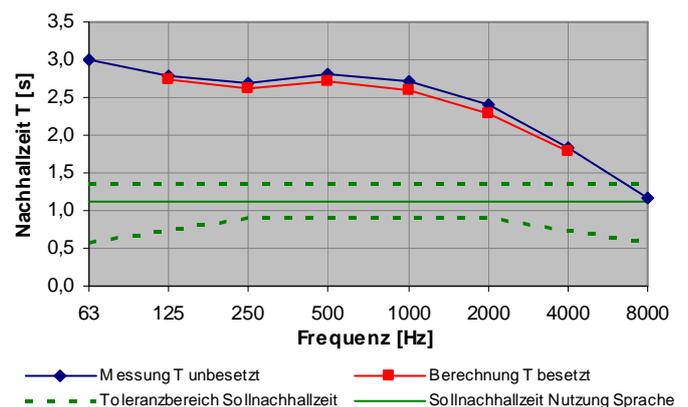
5.5.9. Hauptschule Rohrbach in Oö

Nachhallzeit im Großen Turnsaal:



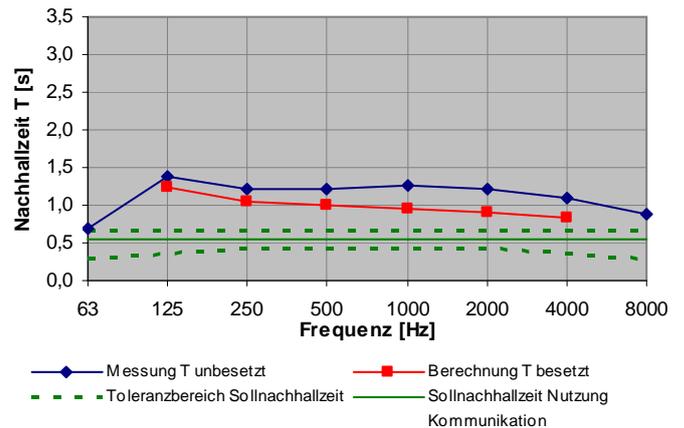
Der große Turnsaal der Hauptschule Rohrbach in Oö hat ein Volumen von rund 1973 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,08$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den gesamten Frequenzbereich deutlich zu lang, da größtenteils die Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind. Im tiefen Frequenzbereich wirkt sich die Deckenkonstruktion aus Vollholzleimbändern und im hohen Frequenzbereich der zum Teil an den Seitenwänden angebrachte Filz (bis 2,4m Höhe) etwas positiv auf die Nachhallzeit aus.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule Rohrbach in Oö hat ein Volumen von rund 2638 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,13$ s aufweisen. Die Nachhallzeit über den gesamten Frequenzbereich deutlich zu lang, da in diesem Foyerbereich alle Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind.

Nachhallzeit in der Klasse 2A:



Die Klasse 2A der Hauptschule Rohrbach in Oö hat ein Volumen von rund 178 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von T = 0,55 s aufweisen. Die Raumbegrenzungsflächen sind schallhart und auch die Pinnwände aus Kork wirken nicht absorbierend. Diese Ausstattung führt zu einer deutlich zu langen Nachhallzeit über den gesamten Frequenzbereich.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 2A:

- Deutlichkeitsmaß C₅₀

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = -1,60 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,64$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

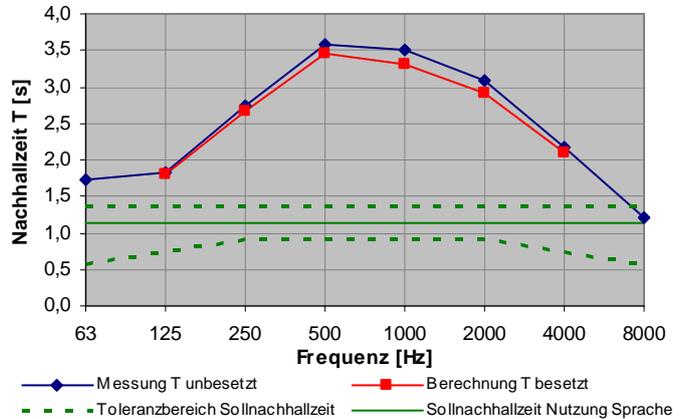
- Articulation loss of Consonants Al_{cons}

$$Al_{\text{cons unbesetzt}} = 5,30 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

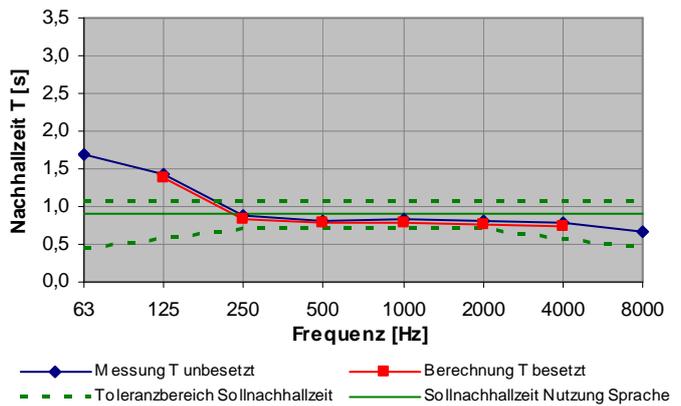
5.5.10. Hauptschule Sarleinsbach

Nachhallzeit im Turnsaal:



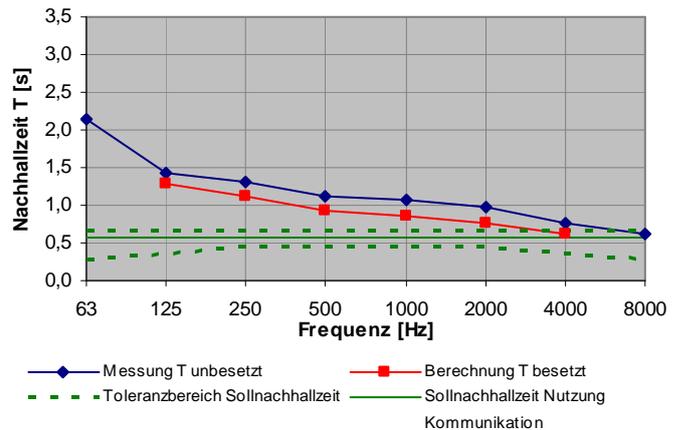
Der Turnsaal in der Hauptschule Sarleinsbach hat ein Volumen von rund 2756 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,13$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den gesamten Frequenzbereich deutlich zu lang, da großteils die Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind. Im tiefen Frequenzbereich wirkt sich die Deckenkonstruktion aus Nut und Feder Brettern und im hohen Frequenzbereich der an den Seitenwänden angebrachte Nadelfilz (bis 2,4m Höhe) positiv auf die Nachhallzeit aus.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule Sarleinsbach hat ein Volumen von rund 640 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,90$ s aufweisen. Durch die Sanierung der Hauptschule sind in den Foyers der Schule gut wirksame Akustikdecken angebracht worden, auf Grund dessen ist die Nachhallzeit von 250 Hz – 8000 Hz sehr gut und daher im geforderten Toleranzbereich. Da es im normalen Schulbetrieb selten zu tieffrequenten Schallanregungen kommt, wird sich die etwas längere Nachhallzeit im tiefen Frequenzbereich nicht negativ auswirken.

Nachhallzeit in der Klasse 2A:



Die Klasse 2A der Hauptschule Sarleinsbach hat ein Volumen von rund 189 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,56$ s aufweisen. Die Raumbegrenzungsflächen sind schallhart und auch die Pinnwände aus Kork wirken nicht absorbierend. Diese Ausstattung führt zu einer deutlich zu langen Nachhallzeit über den gesamten Frequenzbereich.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 2A:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = 0,70 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,58$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

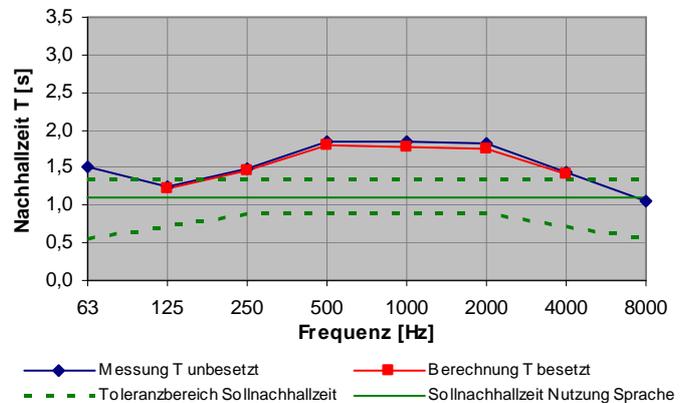
- Articulation loss of Consonants Al_{cons}

$$Al_{\text{cons unbesetzt}} = 7,36 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

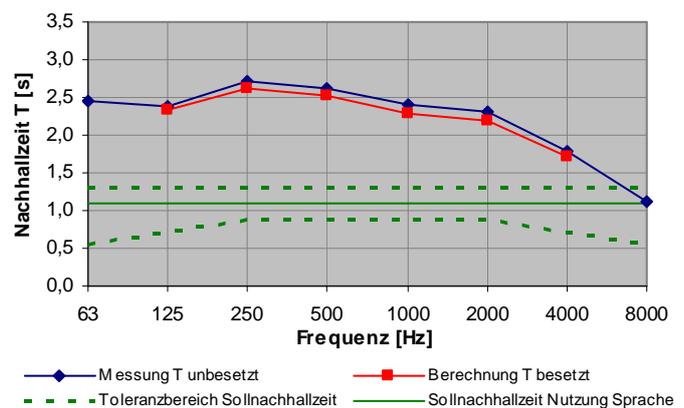
5.5.11. Hauptschule St. Martin im Mühlkreis

Nachhallzeit im Turnsaal:



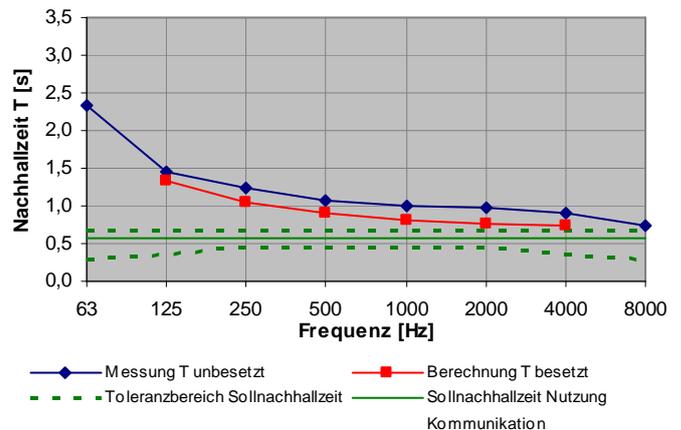
Der Turnsaal in der Hauptschule St. Martin im Mühlkreis hat ein Volumen von rund 2459 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,11$ s aufweisen. Die Decke ist mit abgehängten Holzwohle - Leichtbauplatten verkleidet, die ein gutes Absorptionsvermögen aufweisen, jedoch sind die restlichen Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt. Diese Ausstattung führt zu einer etwas längeren Nachhallzeit im Frequenzbereich von 250 Hz – 4000 Hz, diese liegt außerhalb des geforderten Toleranzbereiches, ist aber für einen Turnsaal noch akzeptabel.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule St. Martin im Mühlkreis hat ein Volumen von rund 2056 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,09$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den gesamten Frequenzbereich deutlich zu lang, da in diesem Foyerbereich alle Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind.

Nachhallzeit in der Klasse 4A:



Die Klasse 4A der Hauptschule St. Martin im Mühlkreis hat ein Volumen von rund 187 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von T = 0,56 s aufweisen. Die Raumbegrenzungsflächen sind großteils schallhart ausgeführt. Einzig die an der Rückwand der Klasse angebrachten Weichfaserplatten sind zu einem geringen Teil gut schallabsorbierend. Diese Ausstattung führt zu einer zu langen Nachhallzeit über den gesamten Frequenzbereich.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 4A:

- Deutlichkeitsmaß C₅₀

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = - 0,60 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,56$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

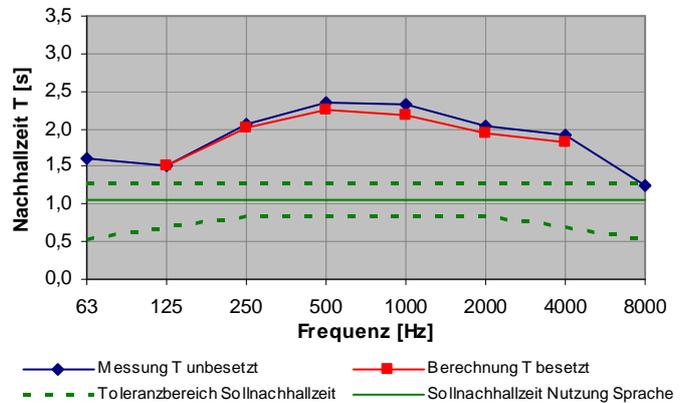
- Articulation loss of Consonants Alcons

$$Al_{\text{cons unbesetzt}} = 8,20 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

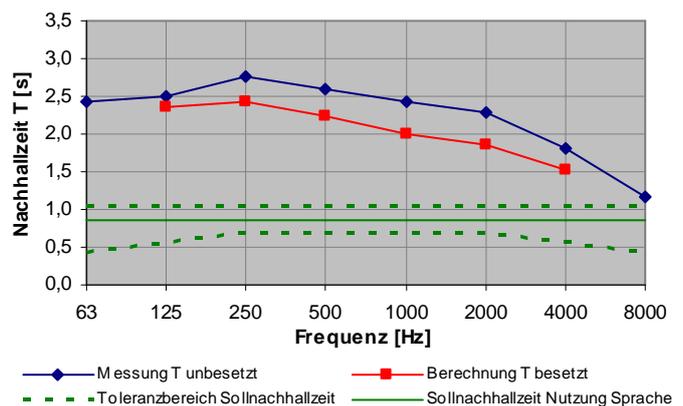
5.5.12. Hauptschule St. Peter am Wimberg

Nachhallzeit im Turnsaal:



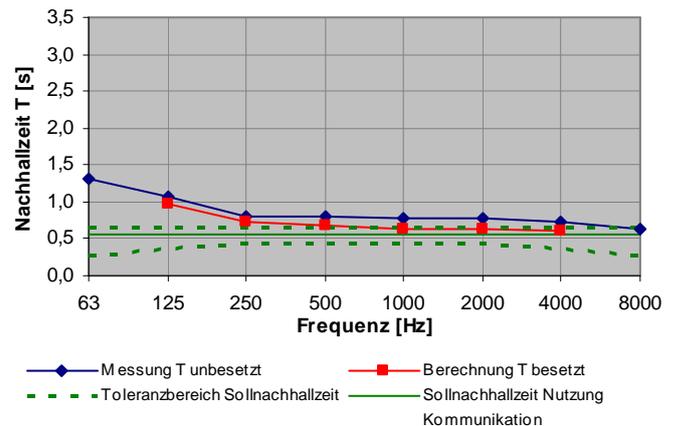
Der Turnsaal in der Hauptschule St. Peter am Wimberg hat ein Volumen von rund 1799 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,06$ s aufweisen. Die Decken und Wandflächen sind alle mit Holzbrettern verkleidet, diese wirken sich speziell im tiefen Frequenzbereich etwas positiv auf die Nachhallzeit aus, sonst sind keine absorbierenden Flächen vorhanden. Diese Ausstattung führt zu einer zu langen Nachhallzeit über den Frequenzbereich von 250 Hz – 4000 Hz.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule St. Peter am Wimberg hat ein Volumen von rund 516 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,86$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den gesamten Frequenzbereich deutlich zu lang, da in diesem Foyerbereich alle Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind.

Nachhallzeit in der Klasse 3A:



Die Klasse 3A der Hauptschule St. Peter am Wimberg hat ein Volumen von rund 174 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,55$ s aufweisen. In dieser Klasse sind durch die auf der Seiten- und Rückwand angebrachten Stoffüberzogenen Weichfaserplatten und der im Raum stehenden Couch schon viele Absorptionsflächen vorhanden. Diese Ausstattung führt dazu, dass die Nachhallzeit im besetzten Zustand über den Frequenzbereich von 250 Hz – 8000 Hz an der oberen Grenze des geforderten Toleranzbereiches ist. Da es im normalen Schulbetrieb selten zu tieffrequenten Schallanregungen kommt, wird sich die längere Nachhallzeit im tiefen Frequenzbereich nicht negativ auswirken.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 3A:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = 2,80 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,62$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

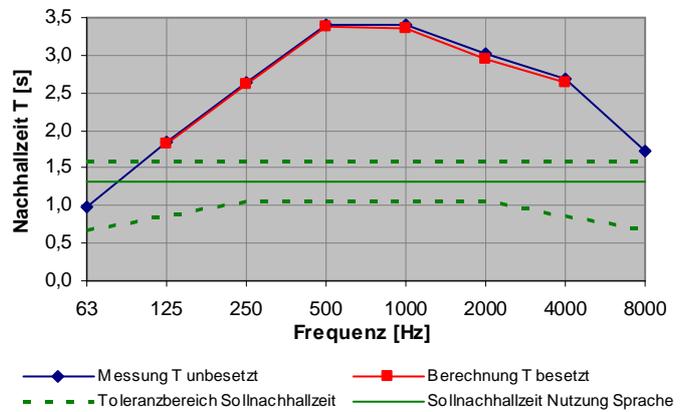
- Articulation loss of Consonants Al_{cons}

$$Al_{\text{cons unbesetzt}} = 5,93 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

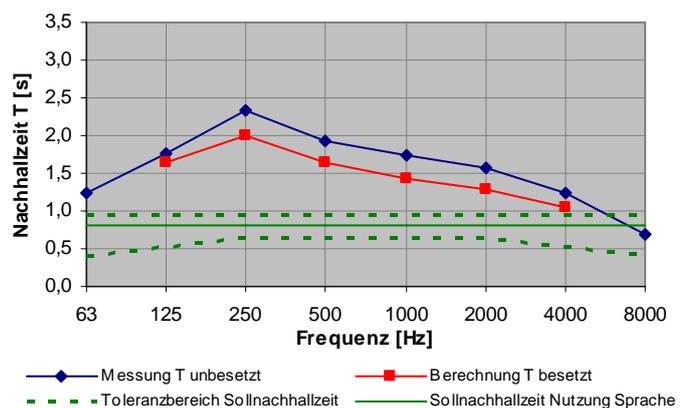
5.5.13. Hauptschule Ulrichsberg

Nachhallzeit im Turnsaal:



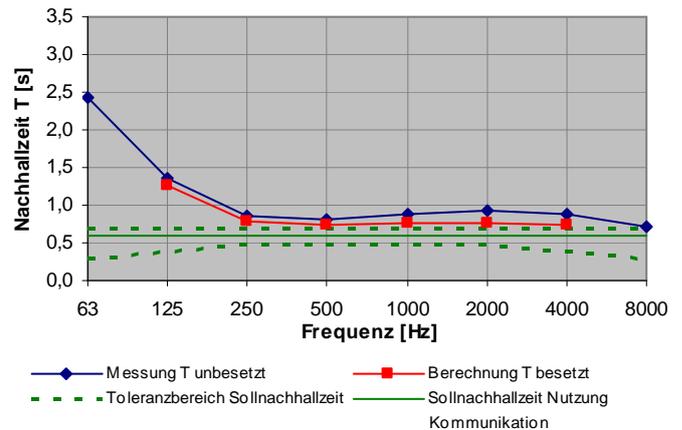
Der Turnsaal in der Hauptschule Ulrichsberg hat ein Volumen von rund 8633 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 1,32$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den Frequenzbereich von 125 Hz – 4000 Hz deutlich zu lang, da großteils die Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind. Im tiefen Frequenzbereich wirkt sich die Deckenkonstruktion aus offenen Leimbändern und im hohen Frequenzbereich der an den Seitenwänden angebrachte Nadelfilz (bis 2,4m Höhe) positiv auf die Nachhallzeit aus.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Hauptschule Ulrichsberg hat ein Volumen von rund 353 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,80$ s aufweisen. Im sanierten Altbau der Schule ist eine sehr gute Akustikdecke vorhanden, jedoch im gemessenen Bereich des 70er Neubaus sind die Foyers an den Decken mit Gipsplatten verkleidet. Diese Ausstattung führt dazu, dass die die Nachhallzeit im Frequenzbereich von 63 Hz – 4000 Hz zu lang ist, da die Gipsplatten einen unzureichenden Absorptionsgrad aufweisen..

Nachhallzeit in der Klasse 3B:



Die Klasse 3B im 70er Neubau der Hauptschule Ulrichsberg hat ein Volumen von rund 229 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von T = 0,59 s aufweisen. In dieser Klasse sind durch die an der Rückwand angebrachten Weichfaserplatten und der im Raum stehenden Couch sehr viele gut absorbierende Flächen vorhanden. Diese Ausstattung führt dazu, dass die Nachhallzeit im besetzten Zustand über den Frequenzbereich von 250 Hz – 8000 Hz nur geringfügig über dem geforderten Toleranzbereich liegt. Da es im normalen Schulbetrieb selten zu tieffrequenten Schallanregungen kommt, wird sich die längere Nachhallzeit im tiefen Frequenzbereich nicht negativ auswirken. Um einen optimalen raumakustischen Zustand in den 4 Klassen des 70er Neubaus zu schaffen wäre bei weiteren Sanierungen die gleiche Akustikdecke, wie sie schon in den acht Klassen des sanierten Altbaus vorhanden ist, empfehlenswert.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse 3B:

- Deutlichkeitsmaß C₅₀

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = - 1,05 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,58$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

- Articulation loss of Consonants Alcons

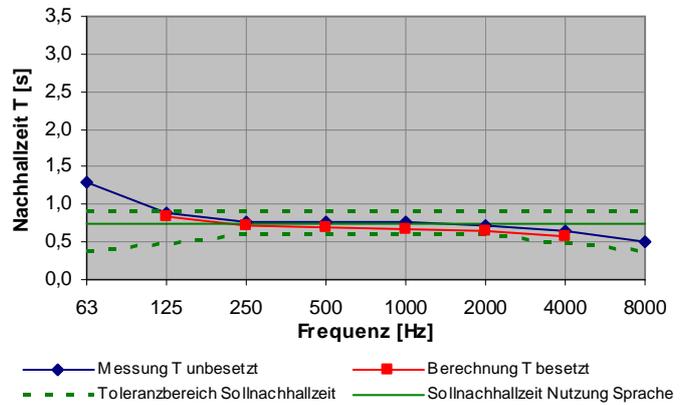
$$Al_{\text{cons unbesetzt}} = 7,36 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

5.6. Ergebnisse der einzelnen Polytechnischen Schulen

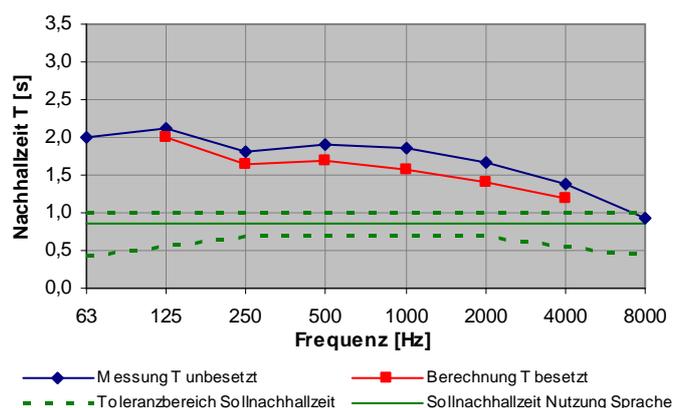
5.6.1. Polytechnische Schule Aigen-Schlägl

Nachhallzeit in der Metall-Werkstätte:



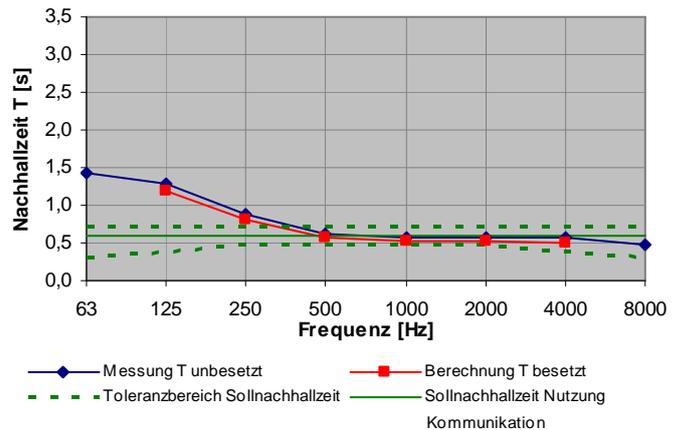
Die Metall - Werkstätte der Polytechnische Schule Aigen-Schlägl hat ein Volumen von rund 256 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,75$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist für diesen Raum optimal, da genügend Absorptionsflächen durch die am überwiegenden Teil der Decke befestigten magnesitgebundenen Holzwohle – Akustikplatten mit Mineralwolle – Auflage vorhanden sind.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers (Mehrzweckraum) der Polytechnischen Schule Aigen-Schlägl hat ein Volumen von rund 460 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,85$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist in diesem Gebäudebereich zu lang, da alle Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind.

Nachhallzeit in der Klasse PTS3:



Die Klasse PTS3 der Polytechnischen Schule Aigen-Schlägl hat ein Volumen von rund 256 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,60$ s aufweisen. Die Nachhallzeit ist in dieser Klasse im Frequenzbereich von 500 Hz – 8000 Hz optimal, da an der Deckenfläche genügend Schaumstoffabsorberplatten aufgeklebt wurden. Da es im normalen Schulbetrieb selten zu tieffrequenten Schallanregungen kommt, wird sich die längere Nachhallzeit im tiefen Frequenzbereich nicht negativ auswirken.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse PTS3:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = 4,10 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,68$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

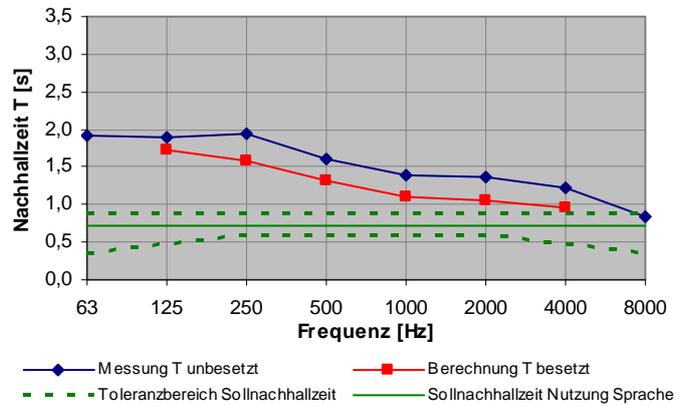
- Articulation loss of Consonants AI_{cons}

$$AI_{\text{cons unbesetzt}} = 4,28 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

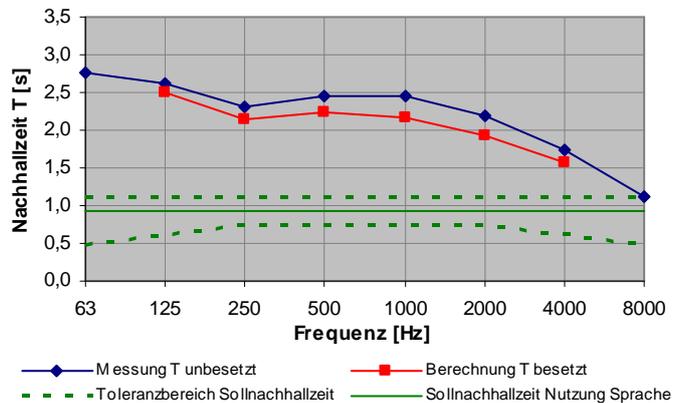
5.6.2. Polytechnische Schule Neufelden

Nachhallzeit in der Metall-Werkstätte:



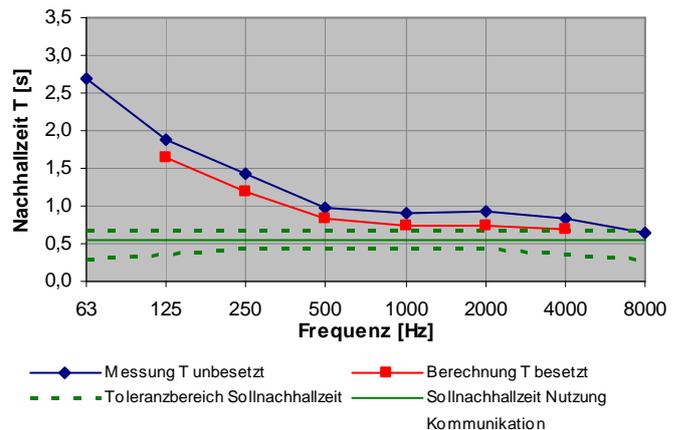
Die Metall-Werkstätte der Polytechnische Schule Neufelden hat ein Volumen von rund 230 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von T = 0,73 s aufweisen. Die Nachhallzeit ist über den gesamten Frequenzbereich zu lang, da alle Raumbegrenzungsflächen schallhart ausgeführt sind.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Polytechnischen Schule Neufelden hat ein Volumen von rund 849 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von T = 0,94 s aufweisen. Die Raumbegrenzungsflächen sind alle schallhart ausgeführt, einzig die im Garderobenbereich hängende Winterbekleidung der Schüler wirkt absorbierend. Diese Ausstattung führt zu einer zu langen Nachhallzeit über den gesamten Frequenzbereich.

Nachhallzeit in der Klasse PT1:



Die Klasse PT1 der Polytechnischen Schule Neufelden hat ein Volumen von rund 180 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,55$ s aufweisen. Die Raumbegrenzungsflächen sind schallhart und auch die Pinnwände aus Hartfaserplatten wirken nicht absorbierend. Diese Ausstattung führt zu einer zu langen Nachhallzeit über den gesamten Frequenzbereich.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse PT1:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = -0,20 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,58$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

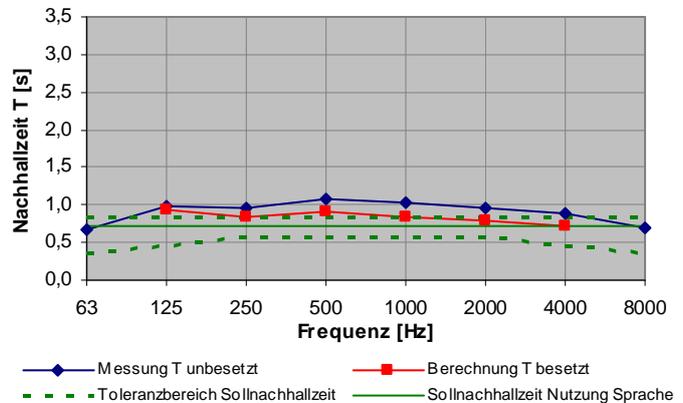
- Articulation loss of Consonants AI_{cons}

$$AI_{\text{cons unbesetzt}} = 7,36 \%$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

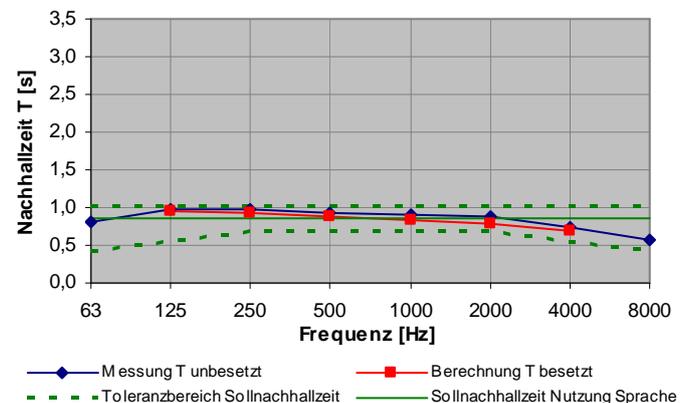
5.6.3. Polytechnische Schule Rohrbach in Oö

Nachhallzeit in der Lehrküche:



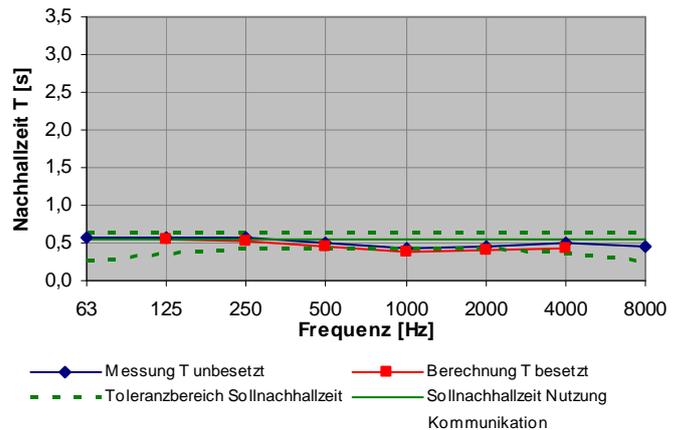
Die Lehrküche der Polytechnische Schule Rohrbach in Oö hat ein Volumen von rund 199 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,71$ s aufweisen. Die Raumbegrenzungsflächen sind alle schallhart ausgeführt, einzig das Küchenmobiliar wirkt absorbierend. Diese Ausstattung führt dazu, dass die Nachhallzeit im besetzten Zustand über den gesamten Frequenzbereich an der oberen Grenze des geforderten Toleranzbereiches ist.

Nachhallzeit im Foyer:



Ein Teilbereich des Foyers der Polytechnischen Schule Rohrbach in Oö hat ein Volumen von rund 468 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,85$ s aufweisen. In den gesamten Foyers der Polytechnischen Schule sind sehr gute Akustikdecken angebracht und ein Großteil der Innenwände sind aus Gipskarton, die im tiefen Frequenzbereich absorbieren wirken. Weiters wirkt die im Garderobenbereich hängende Winterkleidung absorbierend. Diese Ausstattung führt zu einer optimalen Nachhallzeit über den gesamten Frequenzbereich.

Nachhallzeit in der Klasse P3:



Die Klasse P3 der Polytechnischen Schule Rohrbach in Oö hat ein Volumen von rund 161 m³ und sollte bei einer Frequenz von 500 Hz eine optimale Nachhallzeit von $T = 0,54$ s aufweisen. Die Nachhallzeit liegt über den gesamten Frequenzbereich im geforderten Toleranzbereich, da eine abgehängte Akustikdecke vorhanden ist. Weiters wirken sich die Innenwänden aus Gipskarton positiv auf die Nachhallzeit aus, da diese speziell im tiefen Frequenzbereich absorbierend wirken.

Zusätzlich relevante raumakustische Parameter in der Klasse P3:

- Deutlichkeitsmaß C_{50}

$$C_{50 \text{ unbesetzt}} = 6,30 \text{ dB}$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≥ 0 dB sein)

- Speech Transmission Index STI

$$STI_{\text{unbesetzt}} = 0,74$$

(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau $\geq 0,75$ sein)

- Articulation loss of Consonants AI_{cons}

$$AI_{\text{cons unbesetzt}} = 3,09 \%$$

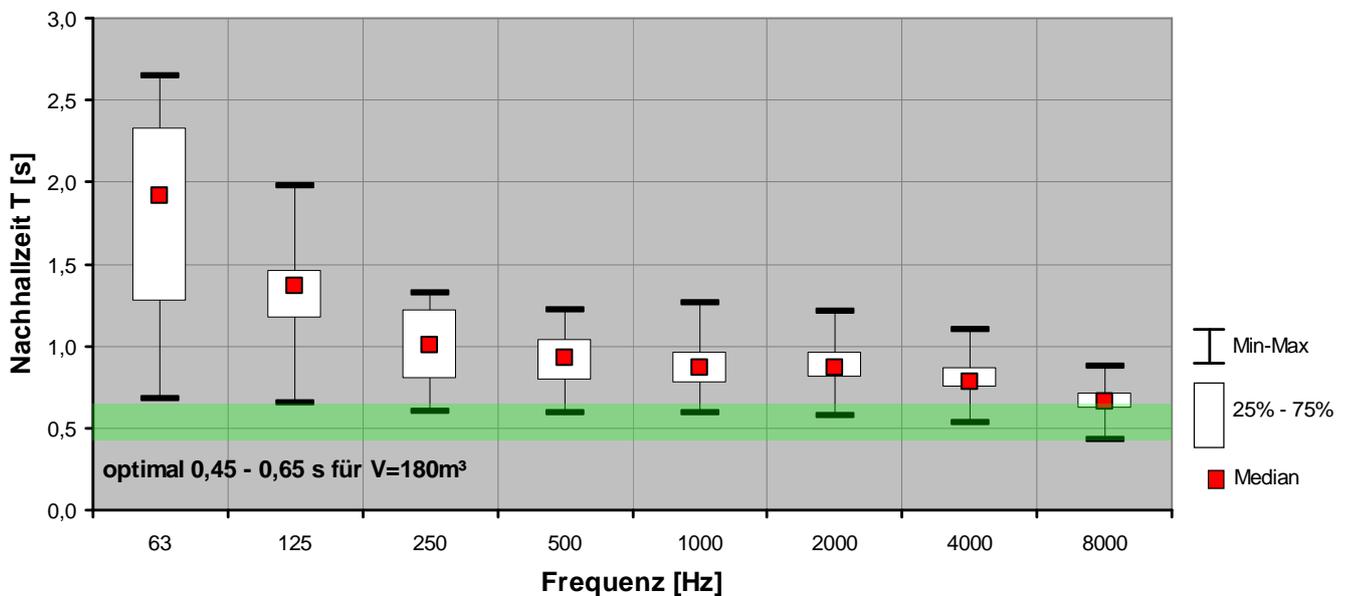
(sollte laut ÖISS – Richtlinien für den Schulbau ≤ 8 % sein)

5.7. Zusammenfassung der Hauptschulmessergebnisse

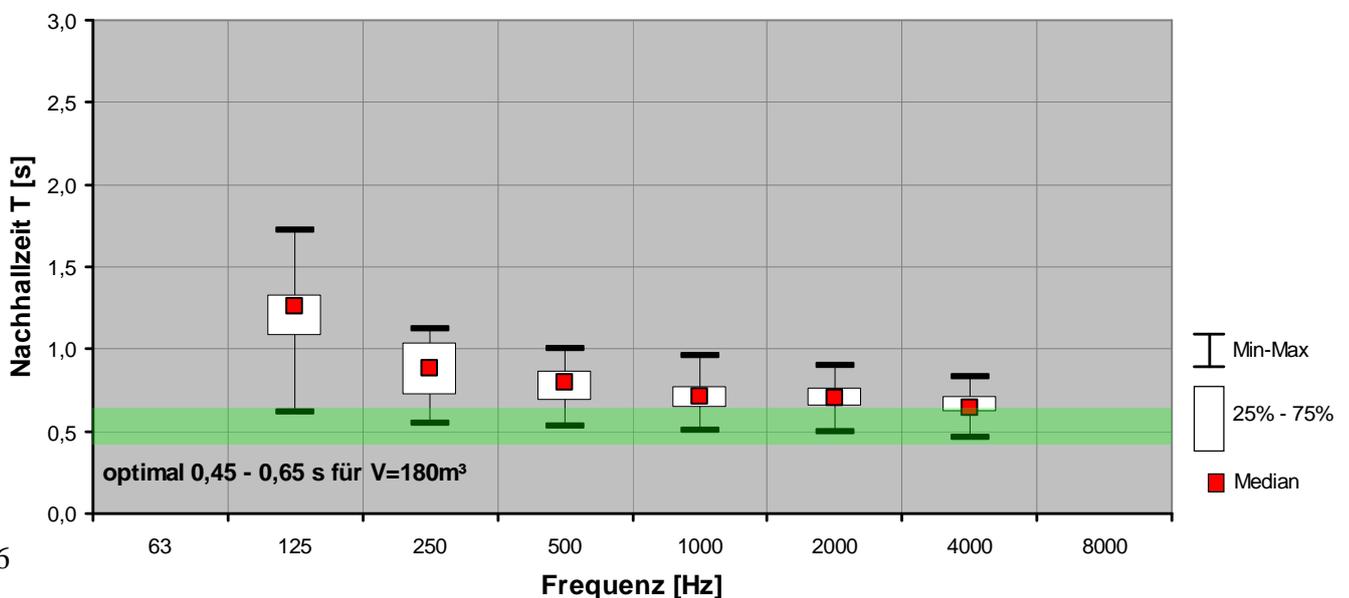
5.7.1. Klassenräume der Hauptschulen

Die optimale Nachhallzeit für Klassenräume liegt zwischen $T = 0,45$ und $0,65$ s. Wie aus den nachfolgenden Abbildungen ersichtlich ist, sind in vielen Räumen die Nachhallzeiten im unbesetzten Zustand (obere Abbildung) bei ca. $0,9$ s, in manchen Räumen überschreiten die Nachhallzeiten die optimale Anforderung wesentlich. Die Anforderungen der ÖNORM gelten für vollbesetzte Räume, deshalb wurden für einen genaueren Vergleich Messergebnisse auf den besetzten Zustand umgerechnet (untere Abbildung). Der Mittelwert über aller Klassenräume (Median) liegt außerhalb des Toleranzbereiches. Die teilweise optimalen Nachhallzeiten sind auf bereits vorhandene Akustikdecken oder auf Weichfaserplatten im hinteren bzw. seitlichen Bereich der Klassenräume zurückzuführen.

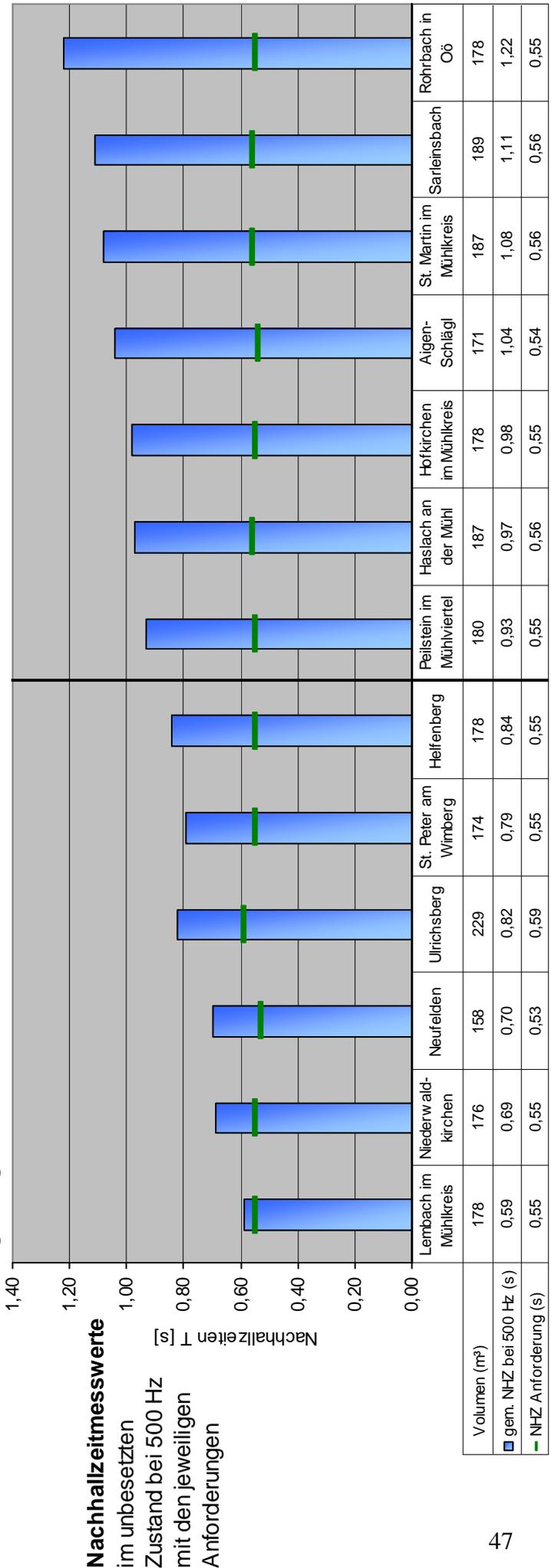
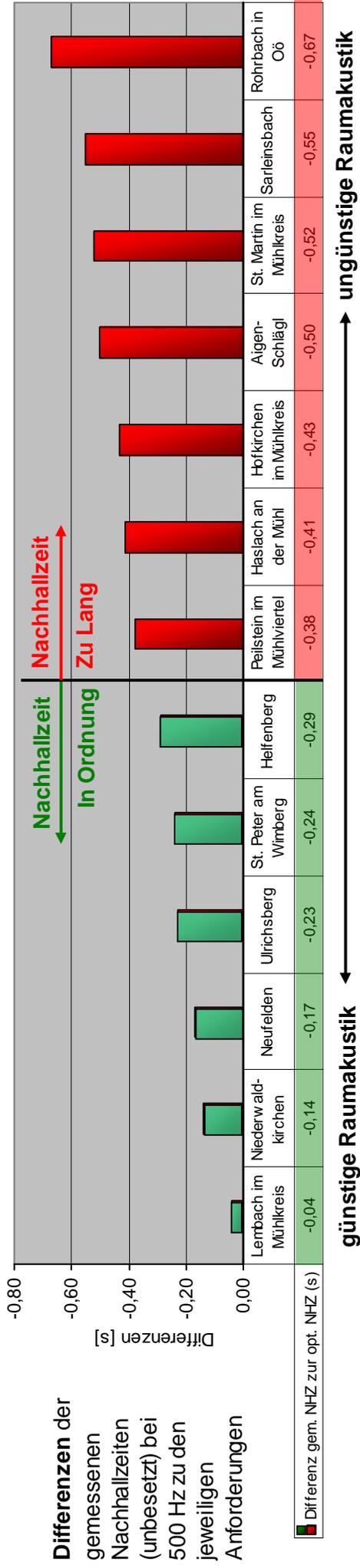
Nachhallzeit-Messergebnisse des unbesetzten Zustandes in den Klassenräumen der Hauptschulen des Bezirkes Rohrbach



Nachhallzeit-Berechnungsergebnisse des besetzten Zustandes in den Klassenräumen der Hauptschulen des Bezirkes Rohrbach

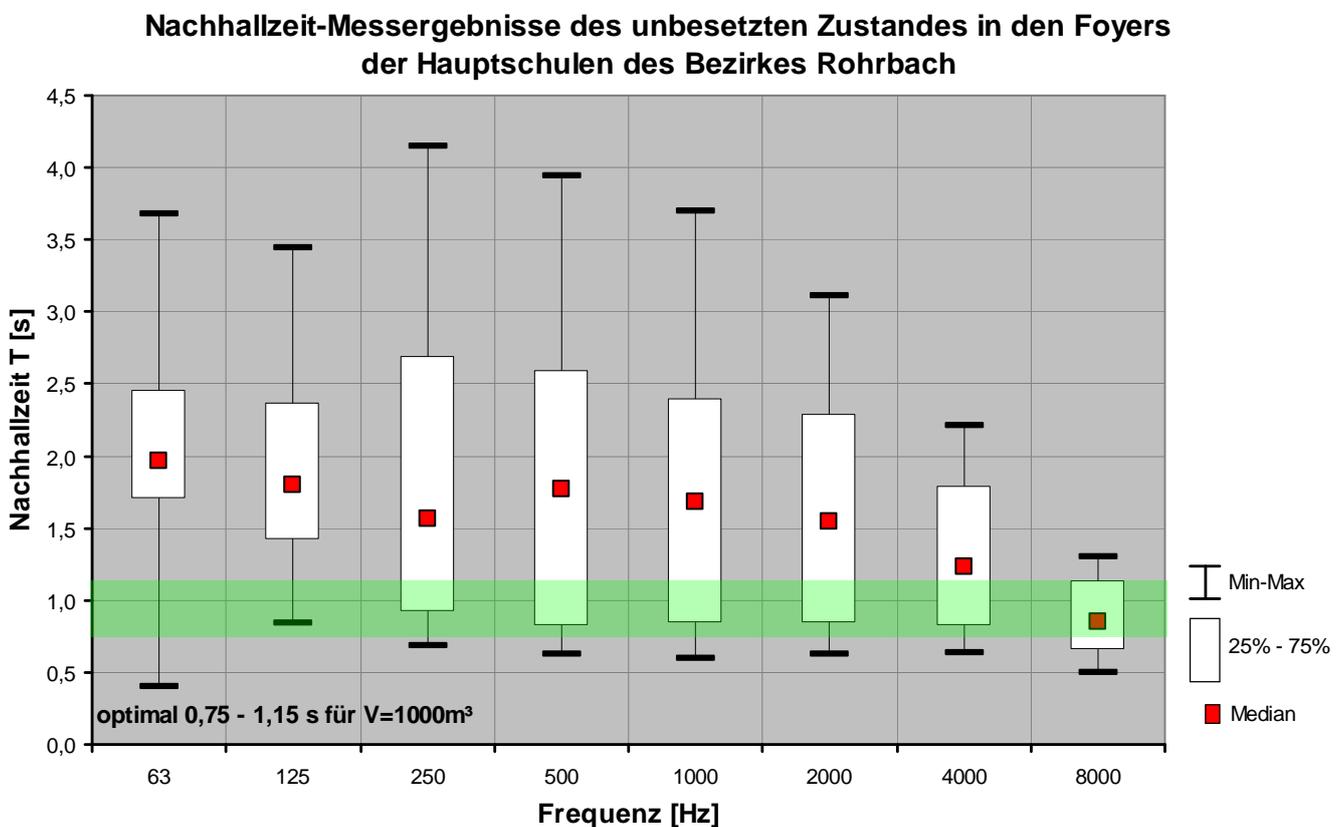


Nachhallzeitmesswerte der Klassenräume in den Hauptschulen des Bezirkes Rohrbach

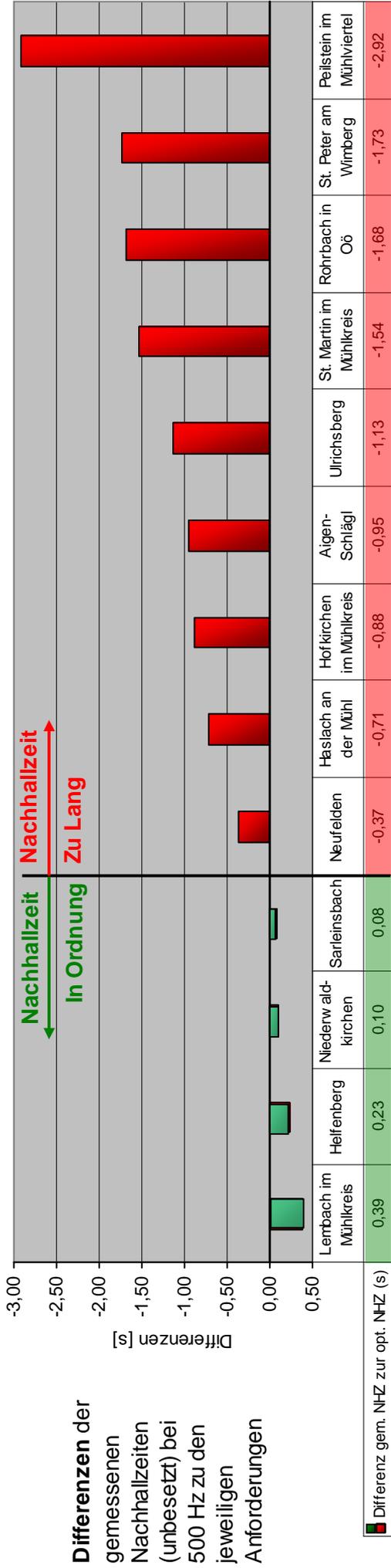


5.7.2. Foyers der Hauptschulen

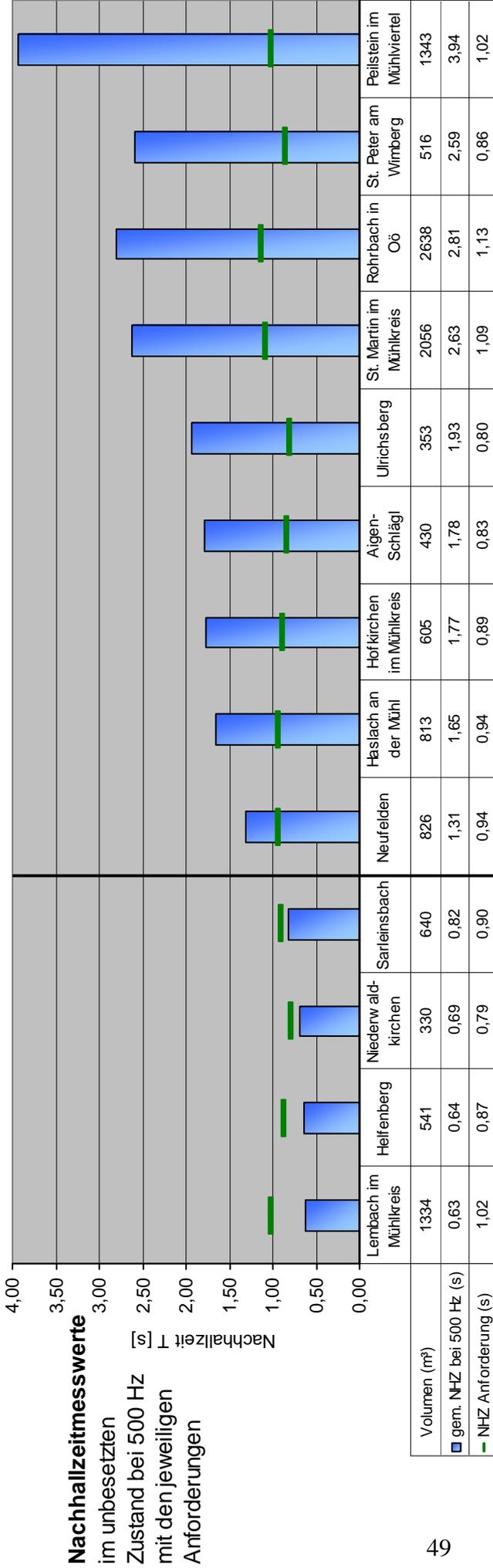
Da die wenigsten Foyers raumakustische Ausstattungen aufweisen, sind die gemessenen Nachhallzeiten großteils über den gesamten Frequenzbereich zu lang (sehr hallend). Aus Lärminderungsgründen sollte die Nachhallzeit in den Foyers, Garderoben, Gängen und Stiegenhäusern rund $T = 1,0$ s betragen. Wie aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich ist, befindet sich bei 500 Hz der Median in den Foyers der Hauptschulen bei ca. 1,7 s, in manchen Räumen überschreiten die Nachhallzeiten die optimale Anforderung wesentlich. Die teilweise Unterschreitung der Nachhallzeiten ist auch auf das jeweils geringere Raumvolumen und daher geringere Anforderung an die Nachhallzeit zurückzuführen.



Nachhallzeitmesswerte der Foyers in den Hauptschulen des Bezirkes Rohrbach

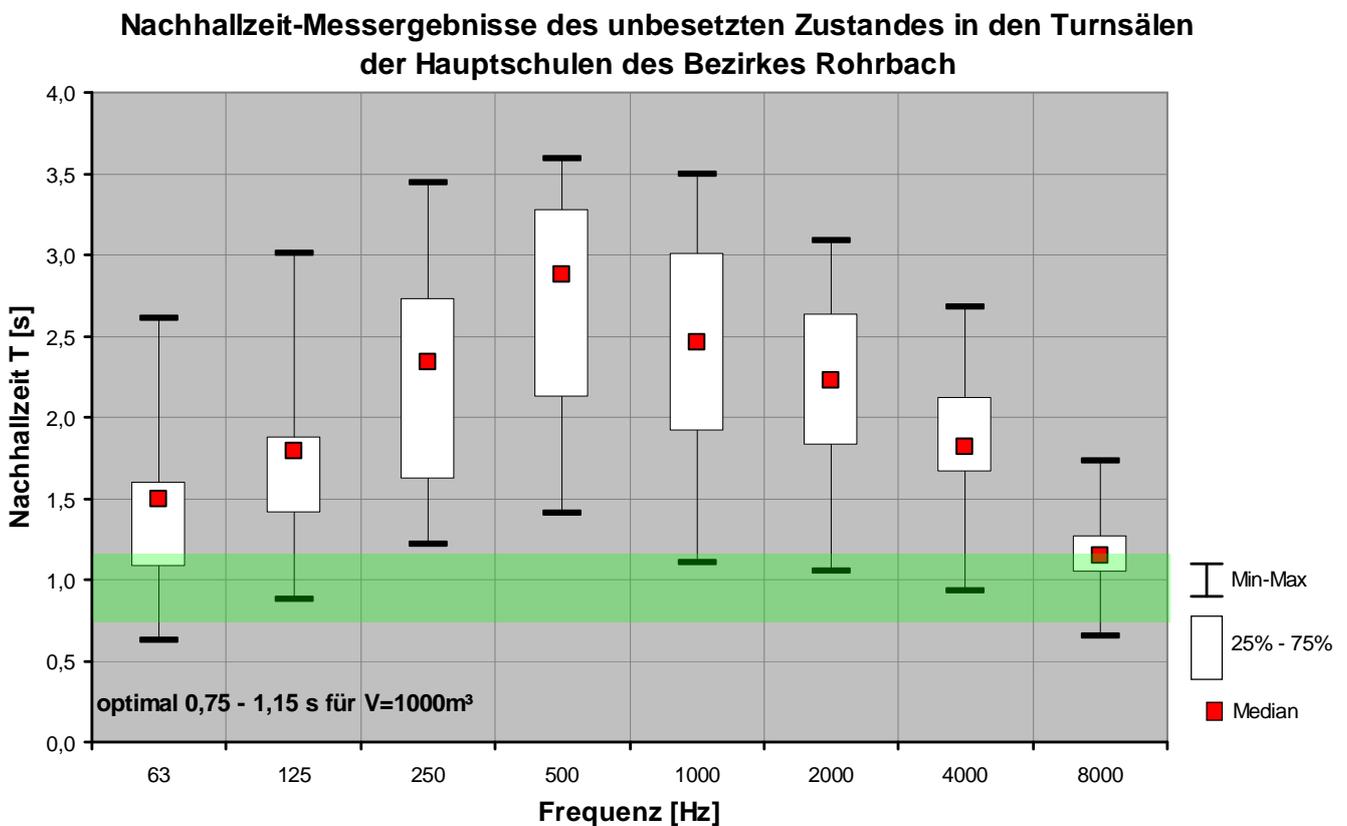


← günstige Raumakustik ungünstige Raumakustik →

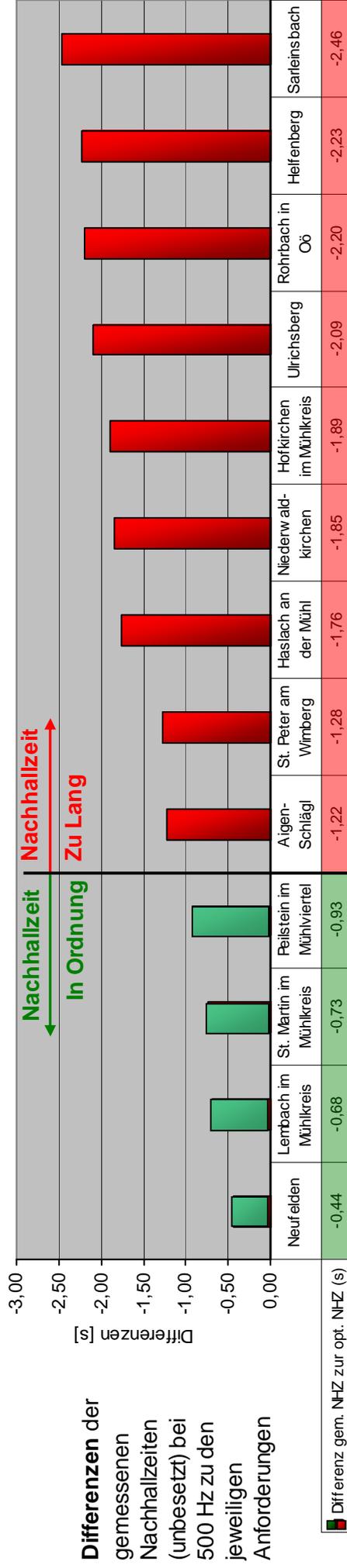


5.7.3. Turnsäle der Hauptschulen

Die in den Turnsälen angebrachten Decken entsprechen meist baulichen und optischen Anforderungen, die akustische Wirksamkeit ist dagegen sehr oft nicht ausreichend. Die ballwurfsichere Ausführung scheint für die Wahl der Deckenverkleidung ausschlag gebend zu sein. Die Nachhallzeiten sind vor allem im mittleren Frequenzbereich deutlich zu lang. Die optimale Nachhallzeit für Turnsäle mit einem Raumvolumen von ca. 1000 m³ sollte höchstens T = 1,15 s betragen.



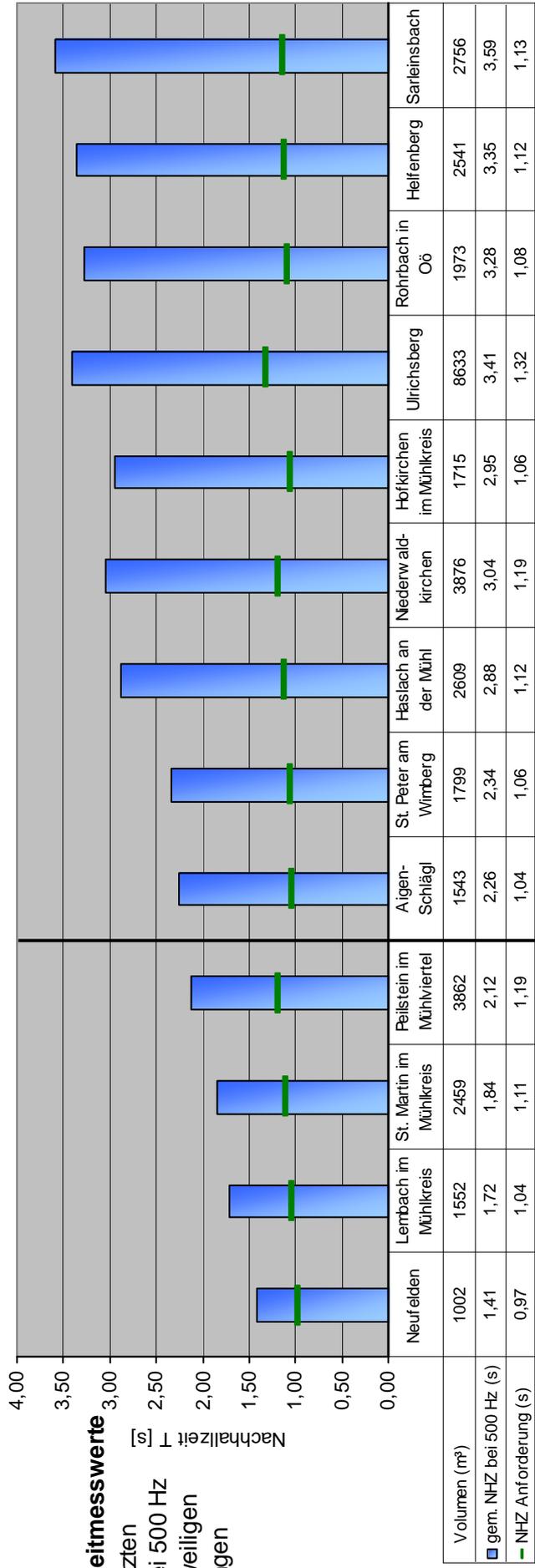
Nachhallzeitmesswerte der Turnsäle in den Hauptschulen des Bezirkes Rohrbach



günstige Raumakustik ←

→ ungünstige Raumakustik

Nachhallzeitmesswerte
im unbesetzten
Zustand bei 500 Hz
mit den jeweiligen
Anforderungen

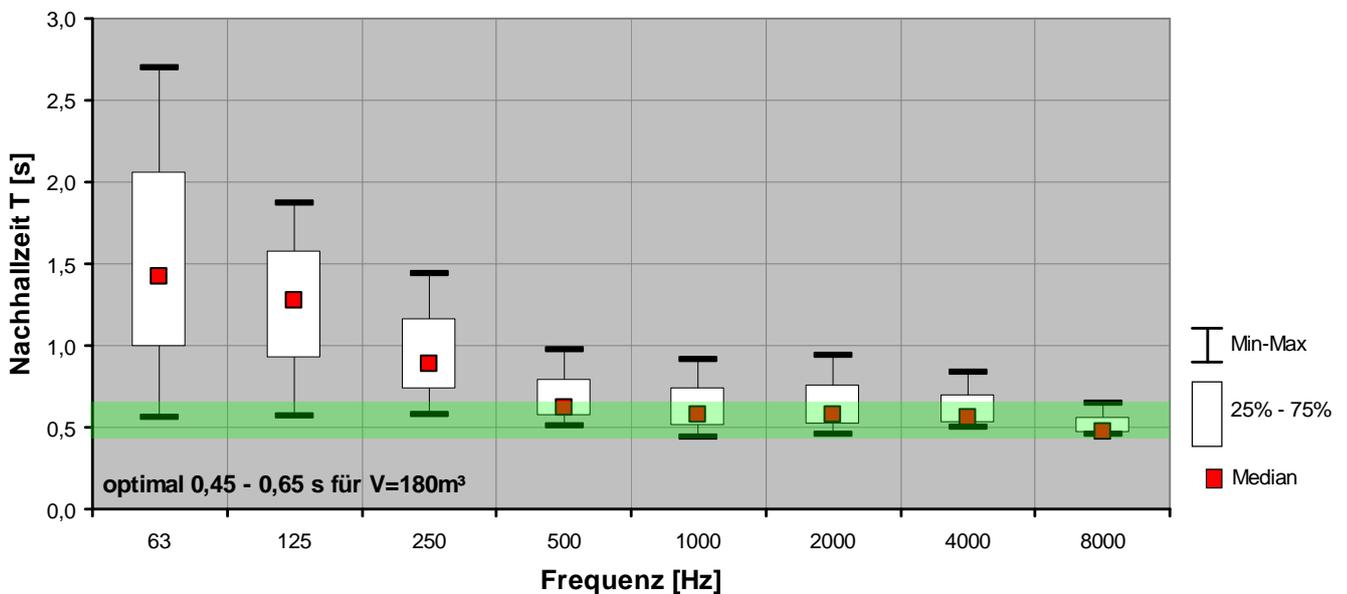


5.8. Zusammenfassung der Messergebnisse an Polytechnischen Schulen

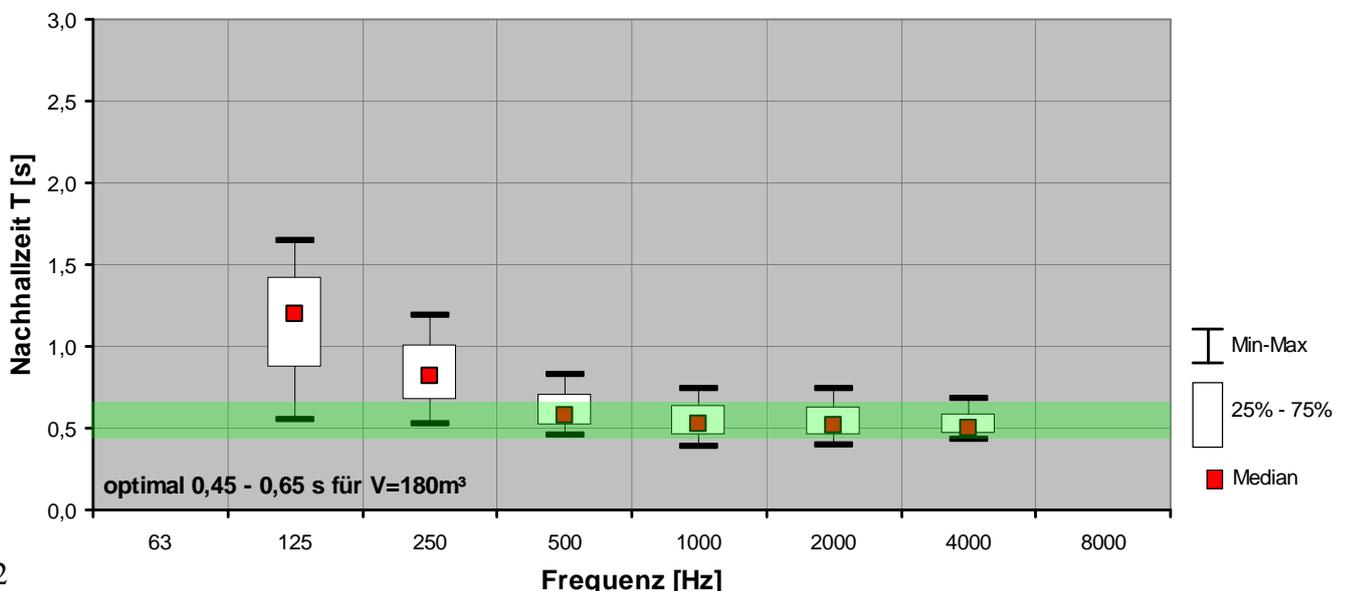
5.8.1. Klassenräume der Polytechnischen Schulen

Die optimale Nachhallzeit für Klassenräume liegt zwischen $T = 0,45$ und $0,65$ s. Wie aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich ist, liegt die Nachhallzeit in vielen Klassen in diesem optimalen Bereich. Bei den Messwerten ist zu berücksichtigen ist, dass die Anforderungen der ÖNORM für vollbesetzte Räume gelten, die Messungen jedoch im unbesetzten Zustand durchgeführt wurden. Deshalb wurden die Messergebnisse für einen genaueren Vergleich auf den besetzten Zustand umgerechnet (untere Abbildung). Die großteils optimalen Nachhallzeiten sind auf teilweise bereits vorhandene Akustikdecken zurückzuführen.

Nachhallzeit-Messergebnisse des unbesetzten Zustandes in den Klassenräumen der Polytechnischen Schulen des Bezirkes Rohrbach

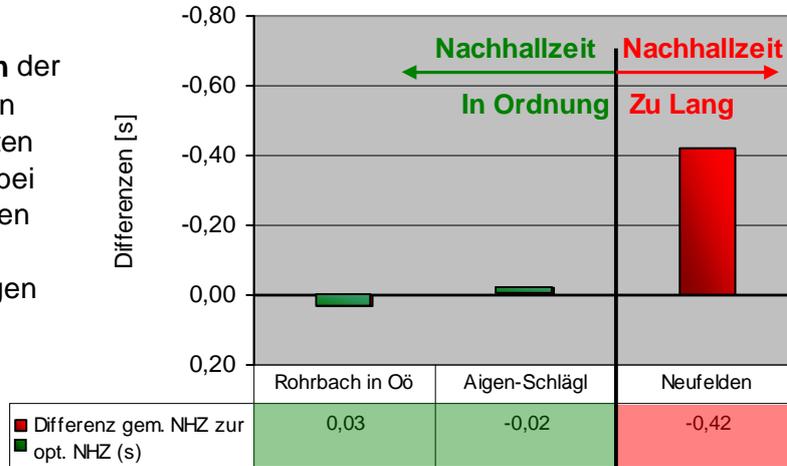


Nachhallzeit-Berechnungsergebnisse des besetzten Zustandes in den Klassenräumen der Polytechnischen Schulen des Bezirkes Rohrbach



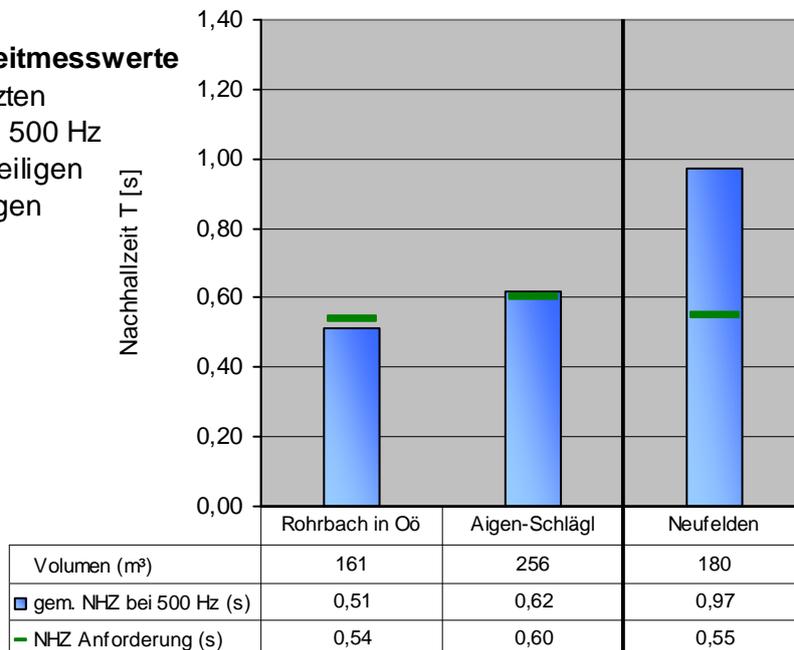
Nachhallzeitmesswerte der Klassenräume in den Polytechnischen Schulen des Bezirkes Rohrbach

Differenzen der gemessenen Nachhallzeiten (unbesetzt) bei 500 Hz zu den jeweiligen Anforderungen



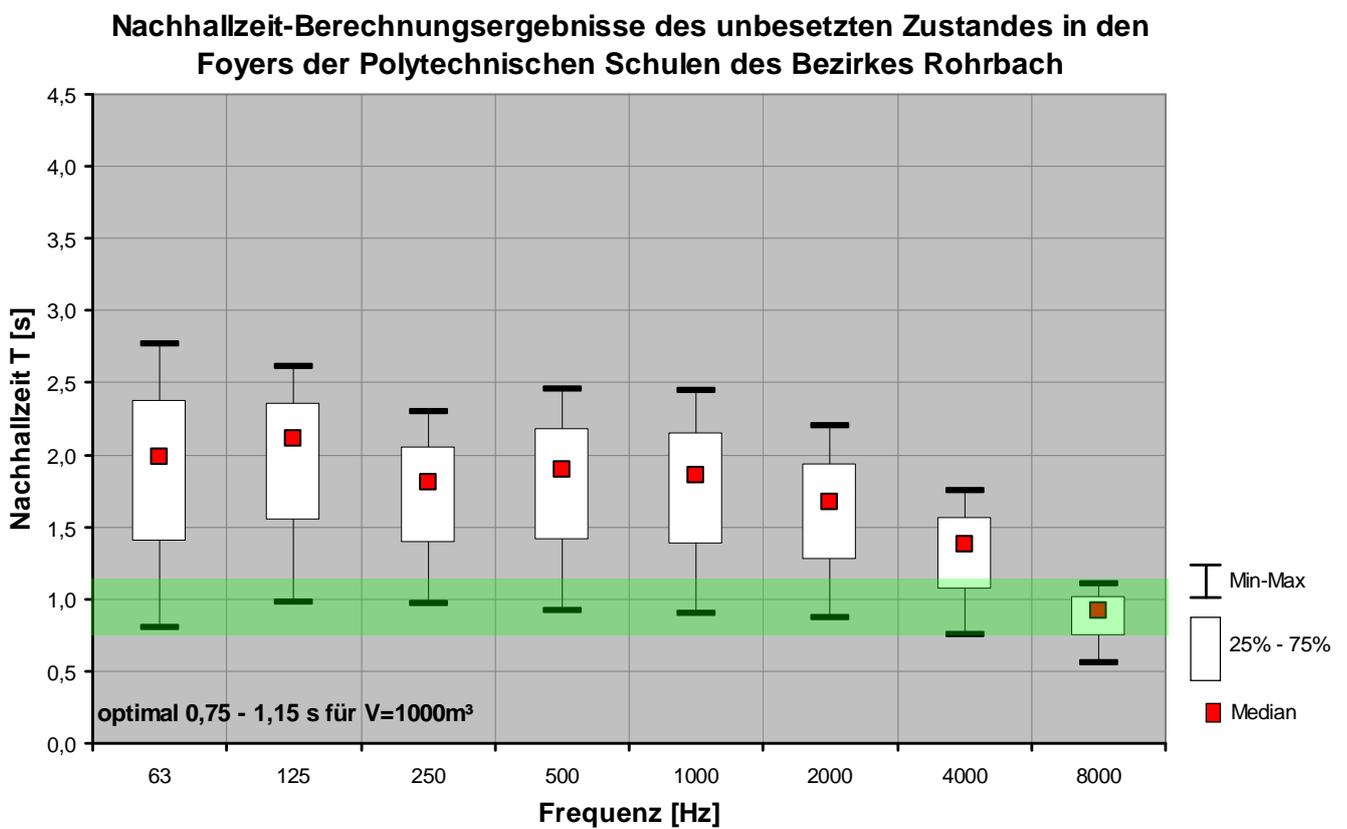
günstige Raumakustik ↔ ungünstige Raumakustik

Nachhallzeitmesswerte im unbesetzten Zustand bei 500 Hz mit den jeweiligen Anforderungen

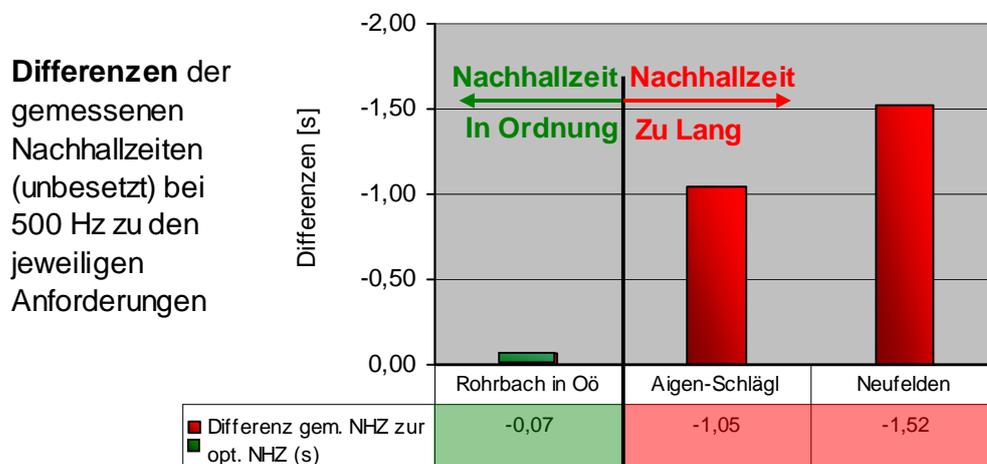


5.8.2. Foyers der Polytechnischen Schulen

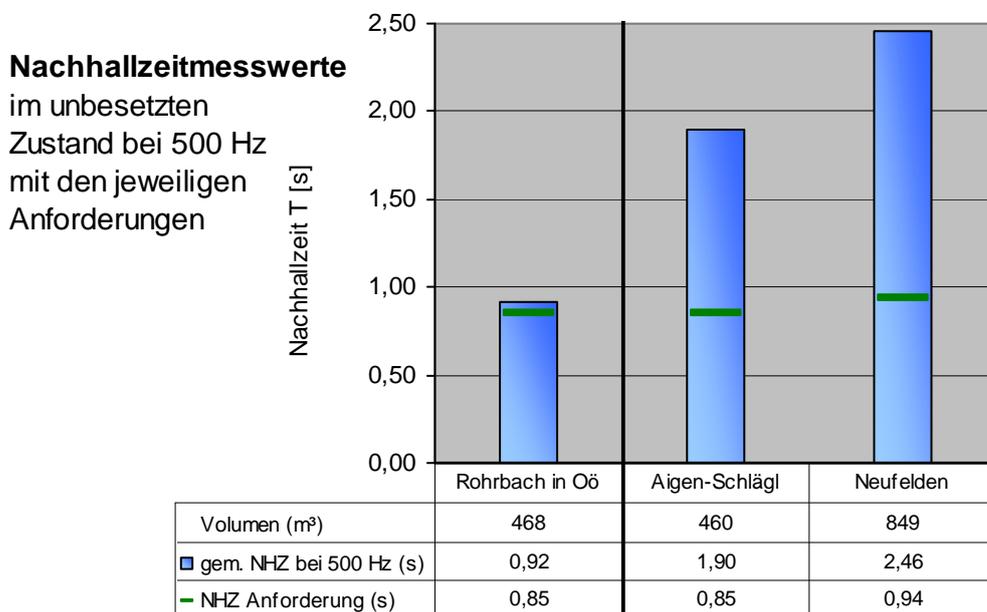
Da die wenigsten Foyers raumakustische Ausstattungen aufweisen, sind die gemessenen Nachhallzeiten groÙteils über den gesamten Frequenzbereich zu lang (sehr hallend). Aus Lärminderungsgründen sollte die Nachhallzeit in den Foyers, Garderoben, Gängen und Stiegenhäusern rund $T = 1,0$ s betragen. Wie aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich ist, befindet sich bei 500 Hz der Median in den Foyers der Hauptschulen bei ca. 1,8 s, in manchen Räumen überschreiten die Nachhallzeiten die optimale Anforderung wesentlich.



Nachhallzeitmesswerte der Foyers in den Polytechnischen Schulen des Bezirkes Rohrbach



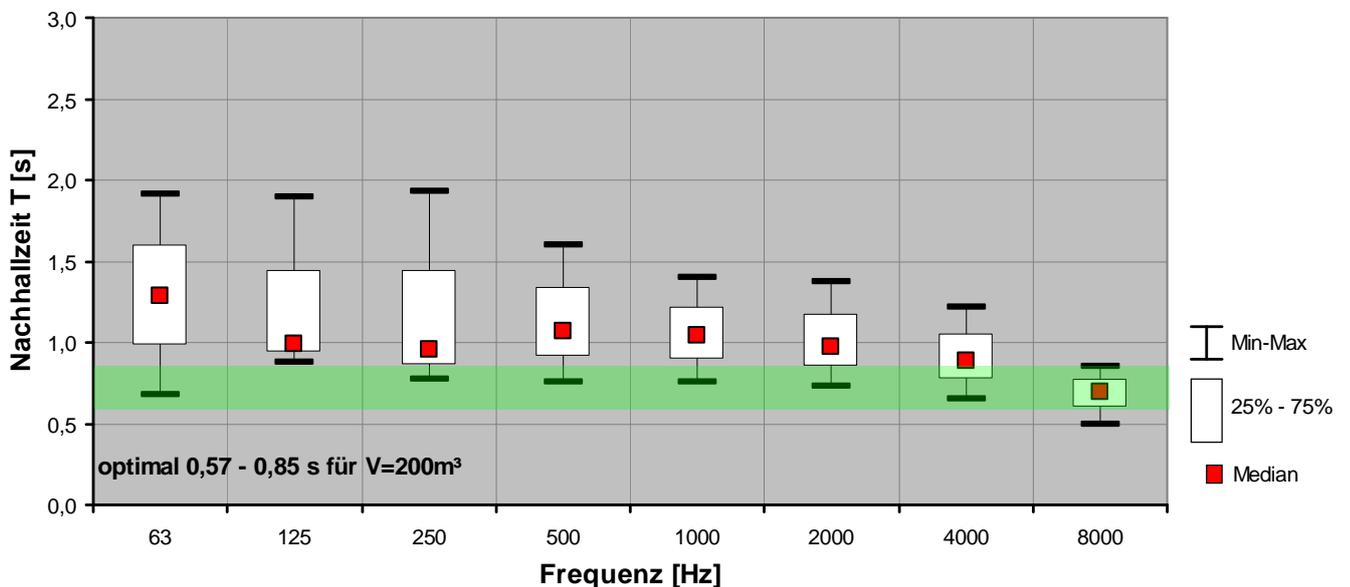
günstige Raumakustik ↔ ungünstige Raumakustik



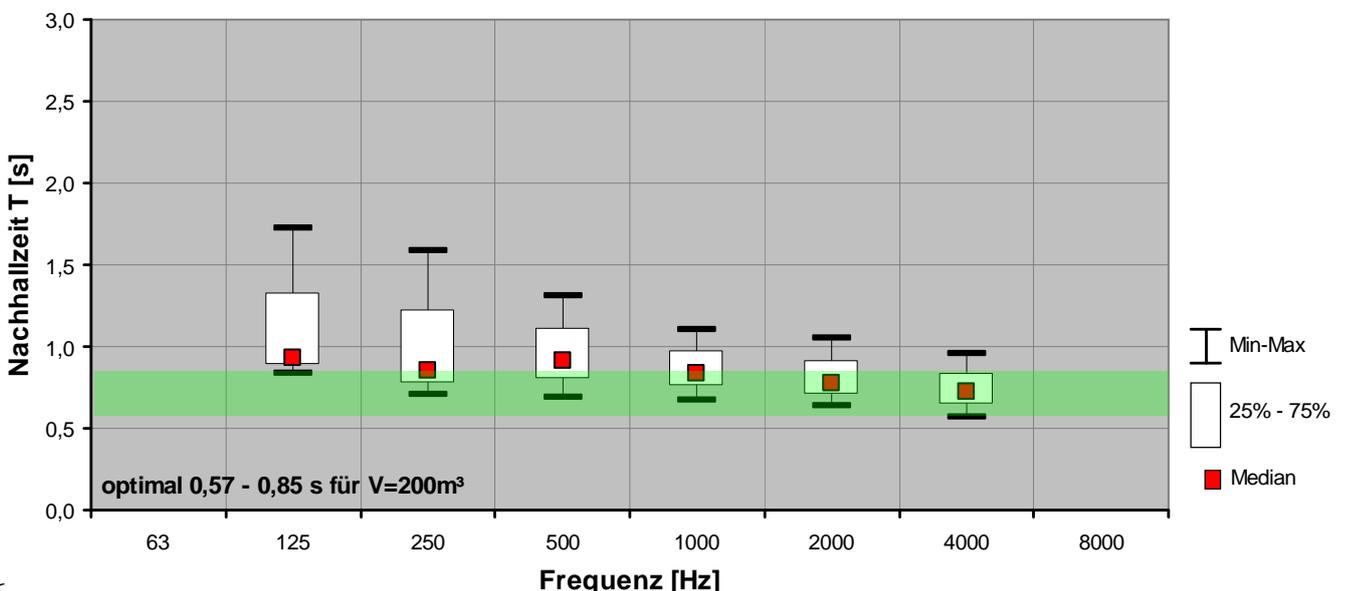
5.8.3. Arbeitsräume der Polytechnischen Schulen

Die optimale Nachhallzeit für Arbeitsräume (z.B. Werkstätten oder Lehrküchen) liegt zwischen $T = 0,57$ und $0,85$ s. Wie aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich ist, befindet sich die Nachhallzeit in vielen Arbeitsräumen knapp über diesem optimalen Bereich. Bei den Messwerten ist zu berücksichtigen, dass die Anforderungen der ÖNORM für vollbesetzte Räume gelten, die Messungen jedoch in unbesetzten Räumen durchgeführt wurden. Deshalb wurden die Messergebnisse für einen genaueren Vergleich auf den besetzten Zustand umgerechnet (untere Abbildung). Die großteils optimalen Nachhallzeiten sind auf teilweise bereits vorhandene Akustikdecken zurückzuführen.

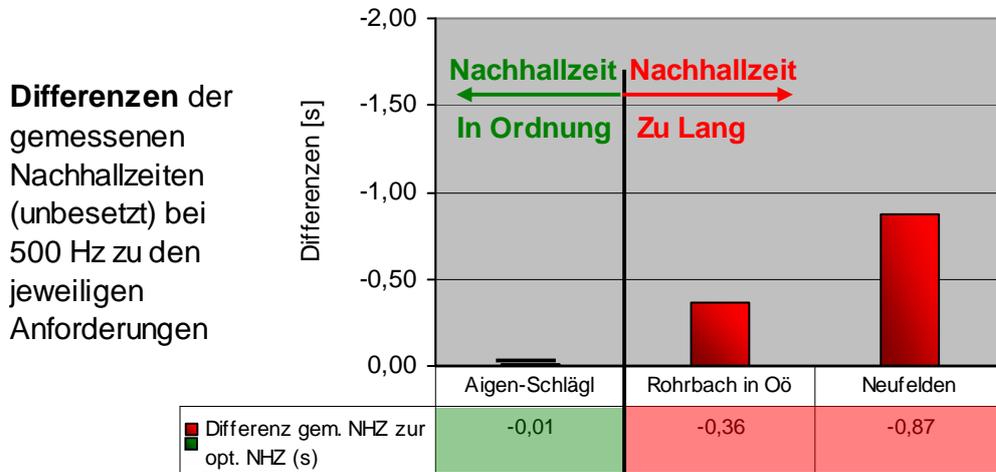
Nachhallzeit-Berechnungsergebnisse des unbesetzten Zustandes in den Arbeitsräumen der Polytechnischen Schulen des Bezirkes Rohrbach



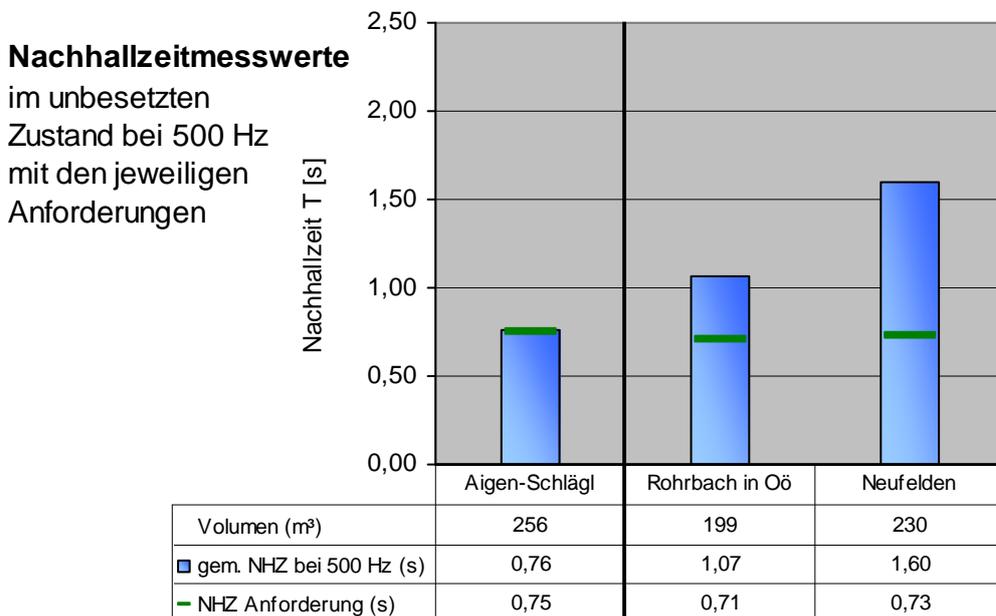
Nachhallzeit-Berechnungsergebnisse des besetzten Zustandes in den Arbeitsräumen der Polytechnischen Schulen des Bezirkes Rohrbach



Nachhallzeitmesswerte der Arbeitsräume in den Polytechnischen Schulen des Bezirkes Rohrbach



günstige Raumakustik ↔ ungünstige Raumakustik



6. EMPFEHLUNGEN FÜR DIE ZUKUNFT

Von den verantwortlichen Planern wurde bisher die optische Gestaltung der Klassenräume in den Vordergrund gestellt. Bei Neubauten aber auch bei Sanierungen soll künftig jedenfalls eine akustische Grundabsorption vorgesehen werden. Bei der Planung sollte daher frühzeitig eine akustische Beratung beigezogen werden. So können Form und Material überprüft und optimiert werden. Aus Erkenntnissen bisheriger Studien lassen sich klare akustische Anforderungen für Klassenräume ableiten. Die Lautstärke von Fremdgeräuschen muss begrenzt werden, Direktschall und frühe Reflexionen sollen gefördert werden. Späte Raumreflexionen sind hingegen weitgehend zu vermeiden und die Nachhallzeit ist kurz zu halten. Besondere Anforderungen gelten für Hörbehinderte. Zu berücksichtigen gilt, dass auch bei normalhörenden Kindern ein Anteil von bis zu 20 % durch eine Erkältung temporär ein etwas vermindertes Hörvermögen aufweisen. Die Sprachverständlichkeit hängt neben der Nachhallzeit als dem ältesten bekannten raumakustischen Beurteilungskriterium auch vom Störschallpegel im Raum und von den Reflexionen ab. Sie kann entsprechend der Raumnutzung durch das gezielte Einbringen von Absorbern mit definierten Eigenschaften und die Erhaltung erwünschter Reflexionsflächen zur Schalllenkung verbessert werden. Die Nachhallzeit eines Raumes ist diejenige Zeit in Sekunden, die vom Zeitpunkt des Ausschaltens einer Quelle vergeht, bis der Schalldruckpegel um 60 dB abgefallen ist. Neben den raumakustischen Wirkungen lassen sich mit dem Einbringen von Absorptionsmaterialien auch begrenzte Schallpegelminderungen im diffusen Schallfeld erzielen.

Zu verweisen sind an dieser Stelle auf die großteils in Eigeninitiative vorgenommenen Maßnahmen zur Lärminderung an der Volksschule Aigen-Schlägl im Bezirk Rohrbach in Oberösterreich. Hier wurde durch Anbringen lärmabsorbierender Schaumstoffwürfel und Schaumstoffplatten, die jeweils mit bunten Stoffen überzogen wurden, eine Reduktion der Nachhallzeiten in Klassenräumen, Gängen und Foyers erzielt.



Normalhörende sind in der Lage, Sprache auch dann noch zu verstehen, wenn der Pegel der Störgeräusche geringfügig höher liegt als das Sprachsignal. Als Maximalwert von Störgeräuschen wird ein Pegel von **38 dB(A)** bei den Zuhörenden vorgeschlagen.⁹

Für Hörbehinderte sollte nach Möglichkeit der Pegel der Störgeräusche noch tiefer liegen.

Damit der Störgeräuschpegel von außen oder aus Nachbarräumen so niedrig wie möglich wird, muss die Schalldämmung der Wände auf jeden Fall die Mindestanforderungen der Oö. Bautechnikverordnung erfüllen. Im eigenen Raum sollten Störgeräusche z.B. vom Videobeamer, von einer Lüftungsanlage oder einer anderen haustechnischen Anlage so gering wie möglich sein.

Mit einer akustisch guten Raumform kann der Schall günstig gelenkt werden, und es können negative Erscheinungen wie Echos und Flatterechos vermieden werden. Angaben zur richtigen Gestaltung finden sich in der ÖNORM B 8115-3.

Vorschläge für eine optimale Klassenraumgestaltung lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Der Störlärm von außen oder aus Nachbarräumen soll so niedrig wie möglich sein
- Der Störgeräuschpegel im eigenen Raum soll so niedrig wie möglich gehalten werden
- Die Nachhallzeit soll so kurz wie bautechnisch und wirtschaftlich möglich sein
- Schallreflexionen von der Rückwand sind zu vermeiden
- Eine gute Sichtbeziehung zur Tafel, zur LehrerIn (Mund), zu den MitschülerInnen (Mund) muss gegeben sein (eine gute Beleuchtung ist wichtig, Blendungen sollen vermieden werden)
- Hörgeschädigte Kinder benötigen, wenn erforderlich, auch eine elektroakustische Unterstützung

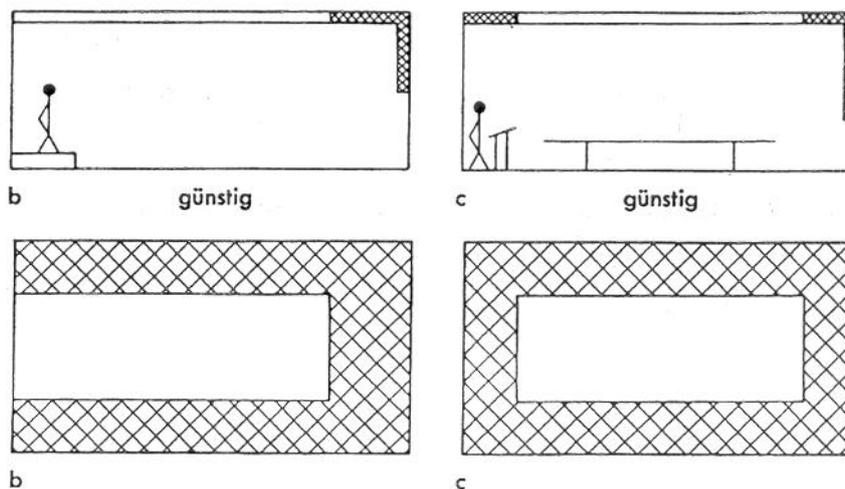
Klassenräume neuer Bauart haben meistens eine Fläche von 50 – 55 m² und ein Volumen von etwa 170 m³ im Gegensatz zu Klassenräumen älterer Bauart, die häufig eine Fläche von 60 – 65 m² und ein Volumen von ca. 200 m³ aufweisen. Die Raumhöhe beträgt bei neueren wie älteren Bauarten rund 3 m. Räume mit noch größerem Volumen haben meist keine größere Grundfläche, sondern oft eine in Hinblick auf die Akustik ungünstige Raumhöhe. Dies trifft vor allem bei Altbauten zu.

Von Personen mit Hörschäden wird die raumakustische Situation für Sprachkommunikation umso günstiger empfunden, je kürzer die Nachhallzeit ist. Für Personen mit eingeschränktem Hörvermögen sollte die Nachhallzeit in Räumen mit der Hauptnutzung

Sprache/Kommunikation um 20 % unter den für diese Kurve in der Norm angegebenen Werte liegen.

Zur Schallabsorption und zur Störgeräuschvermeidung ergeben sich die wesentlichsten Schallabsorptionsflächen durch Maßnahmen an der Decke und an der hinteren Wandfläche (siehe nächste Abbildung). Insbesondere soll der Sprachfrequenzbereich zwischen 250 Hz und 2.000 Hz berücksichtigt werden. In Klassenräumen mit integrierten hörgeschädigten Kindern empfiehlt es sich an glatten Flächen (z.B. Fenstern) Vorhänge anzubringen und im Sitzbereich dieser SchülerInnen einen Teppich aufzulegen. Auch eine optimale Sitzanordnung – Sichtbeziehung (Mund) – für hörgeschädigte Kinder gehören zu einem sinnvollen Gesamtkonzept eines integrativen Unterrichts.

Durch die Schallabsorptionsmaßnahmen verkürzt sich die Nachhallzeit, dadurch verringern sich die diffusen Schallanteile der Sprache. Das führt zu einer besseren Sprachdeutlichkeit und zu einer Verringerung der Störgeräusche. Schallpegelmessungen vor und nach einer raumakustischen Klassenraumsanierung haben Lärmpegelsenkungen bis zu 10 dB ergeben. Dies ist durch einen „positiven Rückkoppelungseffekt“ zu begründen, der dadurch entsteht, dass man in einem ruhigeren Raum selbst leiser sprechen kann und dennoch gut verstanden wird. Durch diesen Effekt ist an den hinteren Plätzen ein besseres Signal/Störgeräusch-Verhältnis gegeben. Auf diese Weise wird ein entspanntes Reden und Zuhören in einer angenehmen Unterrichts- und Lernatmosphäre ermöglicht.



Lange Nachhallzeiten in Foyers bewirken, dass der Aufenthalt in den Pausen nicht mehr der kurzzeitigen Erholung dienen kann, da sich bedingt durch die schallharten Begrenzungsflächen der Schallpegel noch zusätzlich erhöht. Da in Gängen und Pausenhallen von Schulen die raumakustische Ausstattung vor allem der Lärminderung dient, sind die hier angeführten Anforderungen an die schallabsorbierende Ausstattung als Minimalwerte anzusehen.

Messungen beim Raumakustikprojekt der BH-Rohrbach haben ergeben, dass in akustisch unbehandelten Räumen die Nachhallzeiten im für die Sprache bedeutsamen Frequenzbereich (250 Hz bis 2.000 Hz) zum Teil erheblich über den geforderten Nachhallzeiten liegen.

Abschätzung der Absorptionsflächen für Standardklassen

Standard(klassen)räume erfordern Standardlösungen. Nach den Vorgaben der ÖNORM B 8115-3 sollte bei einem Raumvolumen von 200 m³ und vorwiegend sprachlicher Kommunikation die Nachhallzeit höchstens $T = 0,6$ s betragen. Aus der nachfolgenden Tabelle sind die einzubauenden Absorptionsflächen für Unterrichtsräume mit sprachlicher Kommunikation je nach Volumen leicht zu ermitteln. Die notwendigen Absorberflächen werden raumgrößenabhängig und vereinfacht in Stufen ausgewiesen. Die tatsächlich einzubauenden Absorptionsflächen sollten mindestens den in der Tabelle angegebenen Werten entsprechen.

Gesamte Absorptionsflächen in Unterrichtsräume mit sprachlicher Kommunikation		
Raumvolumen	Absorberflächen $\alpha_w = 0,5 \dots 0,6$	Absorberflächen $\alpha_w = 0,7 \dots 0,8$
90 – 120 m ³	64 m ²	46 m ²
121 – 150 m ³	80 m ²	57 m ²
151 – 180 m ³	96 m ²	69 m ²
181 – 210 m ³	112 m ²	80 m ²
211 – 240 m ³	128 m ²	91 m ²
241 – 270 m ³	144 m ²	103 m ²
271 – 300 m ³	160 m ²	114 m ²

Materialauswahl (Ausführungsbeispiele):



gelochte Gipskartonplattendecke

Gipskartonplattendecke

Gerade Rundlochung 8/18

Plattendicke: 12,5 mm

Lochanteil: 15,5 %

Luftabstand: 60 mm

Paratex Akustikvliesauflage 45 g/m² mit Mineralfaser 20 mm

Absorptionsgrad α_s					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0,29	0,55	1,07	0,86	0,45	0,56

Befestigungsuntergrund:

Stahlbeton / Holzbalken / Grund- und Tragprofile



Dekorplatten

Akustik-Dekorplatten

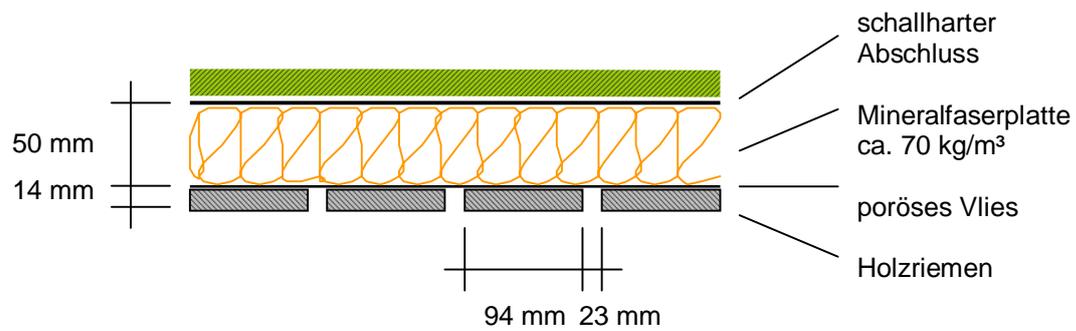
weiß und unbeschichtet, glatte Oberfläche

Format in mm: 615 x 615 x 60

Absorptionsgrad α_s					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0,19	0,73	1,01	1,10	1,04	1,05

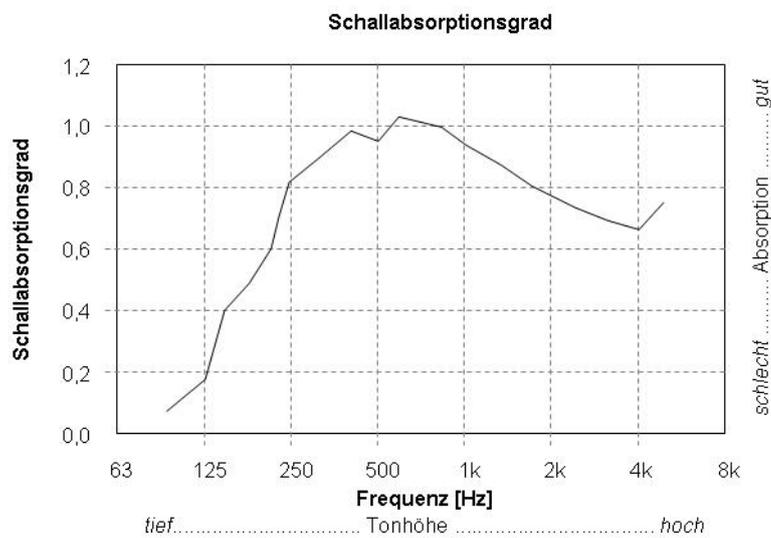


Schallabsorber aus Holzriemen mit Luftspalten



Guter Schallabsorber aus Holzriemen mit Luftspalten

Aufbau eines Schallabsorbers aus Holzriemen mit Luftspalten



Schallabsorptionsgrad der Holzriemendecke

Vereinfachtes Berechnungsbeispiel:

Welche Absorptionsfläche ist für einen Raum mit $V = 200 \text{ m}^3$ erforderlich um eine Nachhallzeit von $T_{\text{soll}} = 0,6 \text{ s}$ zu erreichen?

$$\text{Berechnung nach Sabine: } T = 0,16 * \frac{V}{A} \longrightarrow A = 0,16 * \frac{V}{T} = 0,16 * \frac{200}{0,6} = 53 \text{m}^2$$

Für gelochte Gipskartonplatten und Akustik Dekorplatten ist bei 500 Hz der Schallabsorptionsgrad ca. $\alpha = 1,0$, daher ist es ausreichend 53m^2 dieser Materialien anzubringen. Für Materialien mit einem niedrigeren Absorptionsgrad α ist es erforderlich die äquivalente Absorptionsfläche mit folgender Formel umzurechnen:

z.B. für Vorhänge ist bei 500 Hz der Schallabsorptionsgrad ca. $\alpha = 0,3$

$$A_{\text{Vorhänge}} = \frac{A}{\alpha} = \frac{53}{0,3} = 176 \text{m}^2$$

Daraus ist ersichtlich, dass das Anbringen von Vorhängen alleine in diesem Fall nicht ausreicht.

T...Nachhallzeit [s] V...Volumen [m^3] A...äquivalente Absorptionsfläche [m²]
 α ...Schallabsorptionsgrad

Akustik – Sanierungsmaßnahmen:

Sinnvollster Zeitpunkt für die Umsetzung akustischer Sanierungsmaßnahmen ist ein Umbau oder eine Generalsanierung. Analog zur Luft- und Trittschalldämmung sollte im Hochbauprojekt der Nachweis einer ausreichenden Raumakustik geführt werden. Die akustischen Sanierungsmaßnahmen bedürfen einer sorgfältigen Planung. Eine Verkürzung der Nachhallzeit in den gemessenen Raumkategorien, die durch einfache Maßnahmen erreicht werden kann, wie z.B. durch schwere Vorhänge aus schwerbrennbarem und schwachqualmendem Material, sollte sofort ausgeführt werden. Das Anbringen von Akustikdecken in Klassen, Werk-, Gruppenräumen, Turnsälen sowie in den Foyers ist bei einem Umbau oder bei einer Sanierung des Gebäudes auf jeden Fall in Betracht zu ziehen. Die Anbringung und Berechnung der notwendigen Absorptionsflächen sollten von befugten Personen durchgeführt werden. Als ausreichend kann ein Nachweis gemäß ÖNORM B 8115-3 (für Klassenräume, Foyers/Gänge) und ÖNORM B 2608 (Sporthallen) gelten. Bei den verwendeten Schallschlucksystemen sind die Vorschriften der Oö. Schulbau- und Einrichtungsverordnung, der einschlägigen ÖNORMEN und die Brandschutzvorschriften hinsichtlich der Brennbarkeit Qualm- bzw. Tropfenbildung zu berücksichtigen.

Außenlärmbelastung:

Bei bestehenden Schulen wird bei einer Lärmbelastigung der Schüler durch Lärm von Außen meist nur die Möglichkeit des Einbaus von Schallschutzfenstern bestehen. Hier ergibt sich jedoch die Problematik des Öffnens der Fenster. Bei der Planung sollte daher darauf geachtet werden, dass die Räume ohne Lärmbelastigung mit genügend Frischluft versorgt werden (wenn notwendig mit dem Einbau entsprechender Lüftungsanlagen).

Neue gesetzliche Regelungen in Oö:

Die Oö Bautechnikverordnungs-Novelle 2008, gültig seit 01.01.2009, legt unter §4 Abs.7 Anforderungen an die Raumakustik für Neu-, Zu- und Umbauten von Gebäuden fest. Für Klassenräume gelten die jeweiligen Anforderungen zur Hörsamkeit nach dem Stand der Technik, eingeschränkt jedoch auf die Oktavbänder von 250-2000 Hz Abweichungen von +/- 20% für die optimale Nachhallzeit sind zulässig.

7. LITERATUR

- 1 L. Huber, J. Kahlert, M. Klatte (Herausgeber), Die akustisch gestaltete Schule, 2002 Vandenhoeck & Ruprecht
- 2 Mommertz, E., in: L. Huber, J. Kahlert, M. Klatte (Herausgeber), Die akustisch gestaltete Schule, 2002 Vandenhoeck & Ruprecht
- 3 Kamps, P., Oberdörster, M. Akustik in Klassenzimmern in: L. Huber, J. Kahlert, M. Klatte (Herausgeber), Die akustisch gestaltete Schule, 2002 Vandenhoeck & Ruprecht
- 4 Ritterstaedt et al, 1980 zit. in: L. Huber, J. Kahlert, M. Klatte (Herausgeber), Die akustisch gestaltete Schule, 2002 Vandenhoeck & Ruprecht
- 5 MacKenzie u. Airey 1999 zit in: L. Huber, J. Kahlert, M. Klatte (Herausgeber), Die akustisch gestaltete Schule, 2002 Vandenhoeck & Ruprecht
- 6 Unfallkasse Thüringen, 2004: Empfehlungen für den Gesundheits- und Arbeitsschutz in der Schule.
http://www.ukt.de/fileadmin/berichte_pdf/SI8480Th.pdf
- 7 Eggenschwiler, 2002
- 8 Klatte, Maria.. Könnt ihr denn nicht zuhören, in: EINBLICKE Nr. 35/2002, Schriftenreihe der Universität Oldenburg.
- 9 S.R. Bistafa and J.S. Bradley 2000 zit in: K. Eggenschwiler, Akustik von Schulzimmern und Auditorien, Forum gesundes Bauen 2002