

Klassenraumakustik: Umsetzung einer Studie

Bernhard Becker ¹, Jürgen Nickel ²

¹ Deutsche Rockwool Mineralwoll GmbH & Co. OHG Email: Bernhard.Becker@Rockwool.de

² Rockwool International A/S, Dänemark, Email: jurgen.nickel@Rockwool.com

Einleitung

Bei der Planung einer Schule und den Klassenzimmern bleibt es meist dem Zufall überlassen, ob eine angemessene Akustik erzielt wird. Auch nach Veröffentlichung der neuen DIN 18041:2004 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“ wird der Raumakustik wenig Beachtung geschenkt. Ausnahmen findet man bei Räumen mit hohen akustischen Anforderungen (Konzertsäle, Hörsäle, Kinosäle etc.). Eine ganze Portion Eigeninitiative gehört heute in jedes Unternehmen um das Thema einer angemessenen Akustik umzusetzen. Die Ergebnisse der hier vorgestellten Untersuchung behandeln die praxiserfahrene Umsetzung einer ganzheitlichen Schulstudie („Moderner Klassenraum“-Projekt: 20030025 Hörzentrum Oldenburg, Dr. Markus Meis/Nov.2003). In dieser Studie wurden die positiven Resultate der optischen, akustischen und baulichen Renovierung auf die Lehr- und Lernbedingungen für Schüler und Lehrer durch objektive Messungen und Befragungen aller Beteiligten dokumentiert.

Die Erfahrungen der genannten Studie wurden im Rahmen einer anstehenden Brandschutzsanierung für eine Grundschule umgesetzt. Es sollten neben den geforderten Brandschutzanforderungen auch die Anforderungen an den alltäglichen rauen Schulalltag und darüber hinaus die raumakustischen Anforderungen (Empfehlung der Nachhallzeit DIN 18041:2004) erfüllt werden.

Dieser Beitrag beschreibt den Projektverlauf von den ersten Kontakten zu Schule und Behörden, der Erstellung eines Musterraumes und der anschließenden Umsetzung für die gesamte Schule. Ziel des Projektes war es zu zeigen, dass die praxiserfahrene Umsetzung einer wissenschaftlichen Studie mit erheblichen Verbesserungen der Raumakustik weit über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinaus auch mit einem vertretbaren finanziellen Aufwand möglich ist.

Erste Schritte:

An der St.-Jürgen-Schule in Schleswig trafen sich Vertreter der Schulleitung, der Stadtverwaltung und der Industrie und diskutierten die genannte Schulstudie. Man einigte sich darauf, einen Klassenraum als Musterraum zu erstellen, um diesen Klassenraum anschließend mit den anderen Klassenräumen vergleichen zu können. Die Stadt Schleswig stimmte dem Vorschlag zu und die Industriepartner erklärten sich dazu bereit die Planung zur Herstellung dieses Musterklassenraumes zu übernehmen und stellten dabei sämtliche Materialien kostenfrei zur Verfügung. Nachdem alle Klassenräume besichtigt und dabei Licht- und Nachhallzeitmessungen durchgeführt wurden, war der der Klassenraum für die beispielhafte Sanierung ausgesucht. Bei der Sanierung im Dezember 2004 wurden alle Raumfaktoren berücksichtigt und von den Beteiligten eine ganzheitliche Lösung geplant und durchgeführt. Dazu gehörte eine Farbgestaltung (durch das Farb Design Studio, Caparol), bei der die Bodenbeläge

(Freudenberg), die Beleuchtung (Philips Lighting) und die Akustikdecken (Deutsche Rockwool) genau aufeinander abgestimmt wurden. Besondere Aufmerksamkeit galt der Raumakustik. Basis dafür war die Neufassung der DIN 18041:2004, die insbesondere für Unterrichtsräume geringere Nachhallzeiten fördert und damit eine bessere Sprachverständlichkeit anstrebt.

Durch die akustische Sanierung konnte die Nachhallzeit deutlich reduziert werden, wodurch sich die Lern- und Lehrbedingungen spürbar verbesserten. Das Ergebnis war so anschaulich, so dass man sich entschloss, im Rahmen einer Brandschutzsanierung alle Klassenräume nach diesem „Musterklassenraum“ zu erstellen bzw. zu sanieren.

Planung

Vor der Sanierung bestanden alle Oberflächen im Raum aus mehr oder weniger akustisch harten Oberflächen mit entsprechend langen Nachhallzeiten und einer als mäßig bis schlecht empfundenen Raumakustik zur Folge.

Parallel zu einer Messung der Nachhallzeiten im Ist-Zustand wurden Berechnungen der Nachhallzeiten durchgeführt. Dabei wurde von folgenden Werten für den Musterraum der 2b ausgegangen:

Volumen 177 m ³ ; Oberfläche 206 m ²			Absorptionskoeffizient					
Fläche [m ²]		Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Fenster	18.9	Fenster	0.25	0.15	0.1	0.05	0.03	0.03
Wände	76.5	Kalkzementputz	0.03	0.03	0.02	0.04	0.05	0.08
Boden	55.3	PVC Belag	0.02	0.03	0.03	0.04	0.06	0.05
Decke	55.3	Kalkzementputz	0.03	0.03	0.02	0.04	0.05	0.08

Tabelle 1: Materialien und Absorptionskoeffizienten vor der Sanierung

Die Berechnung der Nachhallzeiten in den Oktavbändern von 125Hz bis 4000Hz nur mit diesen Oberflächen und den genannten Absorptionswerten nach Sabine ergibt die im nachfolgenden Diagramm gezeigten unrealistisch hohen Werte von bis zu 4,5 s in 500 Hz. Berücksichtigt man die Absorption der Möblierung entsprechend EN 12354-6 ergeben sich immer noch sehr hohe Werte. Dabei sind allerdings die im Klassenraum existierenden Vorhänge und diverses Inventar (z.B. Bücher, Unterrichtsmaterialien etc.) nicht berücksichtigt. Eine Berechnung mit dem Raumakustik Programm CADNA-SAK mit Berücksichtigung von Streukörpern (schwach absorbierend, Streukörperdichte dicht = 0.1 /m) ergibt Werte zwischen ca. 1,0 und 1,5 s, die sich schon relativ gut mit den gemessenen Werten decken.

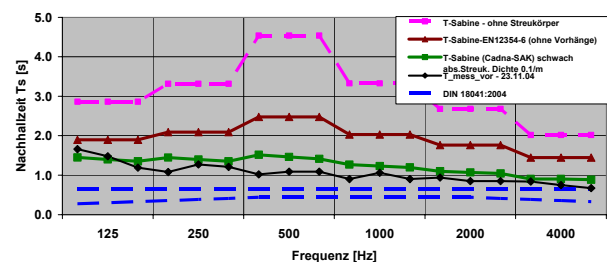


Abb. 1: Berechnung und Messung der Nachhallzeit vor der Sanierung

Diese sehr unterschiedlichen Werte zeigen, dass eine Berechnung der Nachhallzeiten in verhältnismäßig schallharten Räumen sehr große Unsicherheiten aufweist, da sich die Absorptionseigenschaften des Inventars nur recht unsicher abschätzen lassen. Somit ist bei geplanten Renovierungen/Umbauten zu empfehlen, wenn möglich Messungen im Ist-Zustand durchzuführen, um sichere Ausgangswerte für die nachfolgenden akustischen Maßnahmen zu haben.

Im hier beschriebenen Projekt wurden die Absorptionseigenschaften der Streukörper an die tatsächlich gemessenen Nachhallzeiten angepasst, da geplant war, identisches oder akustisch gleichwertiges Inventar auch nach der Sanierung einzusetzen. Mit diesen Ausgangswerten wurden die akustischen Maßnahmen geplant, wobei als Ziel die Vorgaben der DIN 18041-2004 galten. Für den vorliegenden Musterraum bedeutet dies einen Sollwert der Nachhallzeit von 0,55s, gegenüber dem gemessenen Mittelwert (250 Hz ... 2000 Hz) von 1,01 s praktisch eine Halbierung.

Für die Sanierung wurde für die Decke ein Produkt mit möglichst über alle Frequenzen gleichmäßiger Absorption gesucht. Um die Absorptionsflächen möglichst weitgehend im Raum zu verteilen, wurden ebenfalls Wandabsorber im oberen Wandbereich als 600mm hohes Fries eingepplant. Für die Decke wurde das Produkt Rockfon Pagos ($\alpha_w = 0,55$) und für das Wandfries das Produkt Rockfon Facett ($\alpha_w = 0,95$) gewählt. Wie im Diagramm dargestellt liegen damit die zu erwartenden Nachhallzeiten nahezu perfekt am unteren Rand der DIN Anforderungen.

Die Berechnung mit einem Produkt mit höherem α_w -Wert (Klasse A Produkt entspr. ISO 11654), aber dafür nicht so gleichmäßig über den gesamten Frequenzbereich absorbierendem Produkt zeigt, dass damit nicht bessere Ergebnisse erzielt werden, sondern die Nachhallzeiten in den verschiedenen Frequenzbändern größere Unterschiede aufweisen.

Produkt	Absorptionskoeffizient						ISO 11654	
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	class
Pagos Oris (200mm abgeh.)	0.55	0.59	0.57	0.52	0.63	0.49	0.55	D
Facett 80mm direkt montiert	0.59	0.91	0.97	0.99	1.00	0.96	0.95	A
Klasse A Absorber	0.46	0.72	0.91	0.91	1.04	1.07	0.90	A

Tabelle 2: Materialien und Absorptionskoeffizienten für die Sanierung

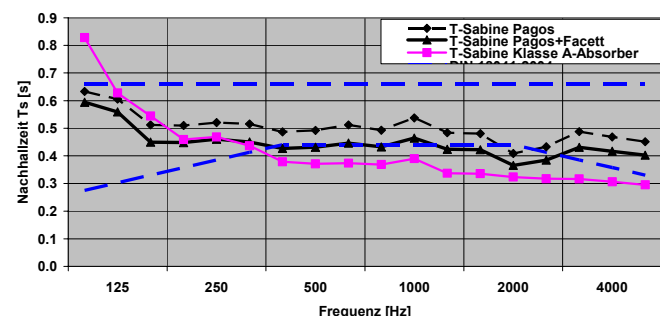


Abb. 2: Berechnung der Nachhallzeiten mit verschiedenen akustischen Maßnahmen

Ausführung

Entsprechend den Berechnungen wurde der Musterraum mit den beschriebenen Produkten Rockfon Pagos für die Decke und Rockfon Facett für das Wandfries ausgeführt.

Nach erfolgreicher Umsetzung des Musterraumes wurden dann 2006 im Rahmen einer anstehenden Brandschutzsanierung alle Klassenräume der Schule in gleicher Weise akustisch saniert. Die Ergebnisse der Nachhallzeitmessungen vor und nach der Sanierung sind in Abb. 3 dargestellt. Folgendes ist nun deutlich ablesbar: Im tieffrequenten Bereich ist die Nachhallzeit zwar immer noch am höchsten aber im Weiteren ist ebenso ablesbar, dass nur wenige Messpunkte dort außerhalb des Toleranzfeldes für Unterricht (DIN 18041-2004) liegen. Die durchschnittlichen Nachhallzeiten in dem für Sprache relevanten Bereich (Unterricht) von 200 Hz – 2000 Hz bewegten sich nach der Sanierung von 0,41 s bis 0,46 s und damit im unteren Bereich des Toleranzfeldes. Die verbesserte Sprachqualität fiel Schülern wie Lehrern bereits nach kurzer Zeit auf. Die Schulleiterin erinnert sich: „Die Kinder sind ruhiger geworden, sprechen nicht mehr so laut und auch wir reden jetzt deutlich leiser.“

Wohlbefinden muss nicht teuer sein

Viele Studien über zu hohe Nachhallzeiten konnten bislang belegen: Nur ein klares Sprachsignal und ein niedriger Hintergrundgeräuschpegel bringen die notwendigen Voraussetzungen für einwandfreies Verstehen und fördern die Konzentrations- und Lernfähigkeit.

Mit dieser modellhaften Sanierung, an dem neben der Industrie auch die Stadt Schleswig und die St.- Jürgen Schule in Schleswig beteiligt waren, wurde eine „Musterschule“ entwickelt, die zeitgemäßen Anforderungen entspricht und die innovative Ansätze mehrerer Hersteller vereint. Es wurden gemäß der „Oldenburger Studie“ zukunftsweisende und zugleich praktikable Lösungen entwickelt, indem bewusst auf kostenintensive Materialien verzichtet wurde. Damit konnte erneut unter Beweis gestellt werden, dass die Effekte der Raumsanierung bezüglich Beleuchtung, Bodenbelag, Farbgestaltung und insbesondere der Raumakustik von nicht zu unterschätzender Relevanz für die Lehr- und Lernbedingung der Schüler und Lehrer sind.

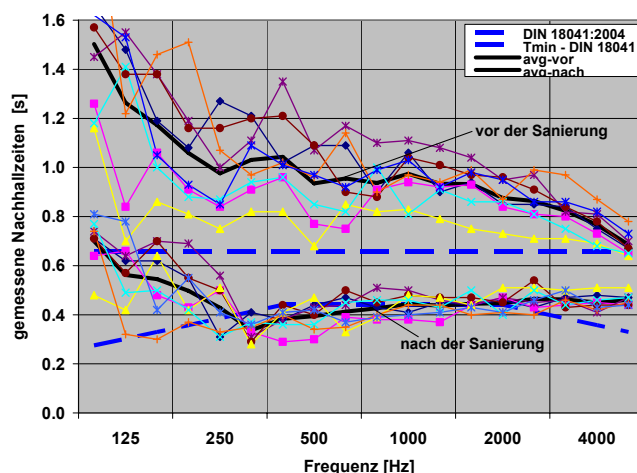


Abb. 3: Nachhallzeiten der Klassenräume der St.-Jürgen-Schule in Schleswig vor und nach der Sanierung