

Studie zur Raumakustik in Berliner Schulräumen

Fabian van de Sand ¹⁾, Tobias Kirchner ²⁾

¹⁾ Technische Universität Ilmenau

²⁾ Akustikbüro Rahe-Kraft GbR, Berlin; www.rahe-kraft.de

Ziel dieser Studie

Die in den letzten Jahren weltweit vorgestellten Forschungsergebnisse zur Akustik in Schulen geben momentan immer mehr Anstoß bei Betroffenen und Trägern, die raumakustischen Bedingungen in diesen Gebäuden zu untersuchen. Dieses Interesse ist eng an die über die letzten Jahre geänderten Unterrichtsformen (vom Frontalunterricht hin zu Gruppenarbeiten) gebunden, da die raumakustischen Anforderungen für diese beiden Unterrichtsformen grundsätzlich verschieden sind.

Aktuelle Studien präsentieren Ergebnisse raumakustischer Messungen oder feldexperimentelle Wirkungsstudien bei Schülern. Der Einfluss durch Verbesserungsmaßnahmen auf Wohlbefinden, den akustischen Komfort und das subjektiv empfundene Leistungsvermögen von Kindern ist ebenfalls Inhalt verschiedenster Untersuchungen.

Diese Studie untersucht explizit die raumakustischen Gegebenheiten in Schulen; es wird ein umfassender Überblick zur akustischen Situation in Berliner Schulen präsentiert. Dazu wurde eine repräsentative Anzahl von Berliner Schulen, verteilt über das gesamte Stadtgebiet, mit unterschiedlichen Schultypen (Grund- und Oberschulen sowie Alt- und Neubauten) betrachtet.

Untersuchungen

Methodik

Von den rund 900 Berliner Schulen wurden 32 Schulen (~ 4%) ausgewählt, in denen jeweils mindestens fünf Klassenräume und (soweit möglich) auch Turnhallen, Mensen, Aulen und Flure untersucht wurden.

Von den insgesamt 168 untersuchten Klassenräumen wurden 45 % in Grundschulen und 55 % in Oberschulen untersucht. Die Messungen wurden nach DIN EN ISO 3382 durchgeführt, wobei jeweils für alle Kombinationen von je zwei Schallquellen und fünf Empfängerpositionen Impulsantworten aufgezeichnet und ausgewertet wurden. Bei der Auswahl der Schulen wurde auf eine gleichmäßige Verteilung über sämtliche Stadtbezirke geachtet. Es wurden ausdrücklich keine Anfragen im Hinblick auf mögliche akustische Probleme gestellt, oder ob Untersuchungen in spezifischen Schulen gewünscht sind.

Parameter

Zur Quantifizierung der Raumakustik in den Schulräumen wurde die Nachhallzeit (T_{20} und T_{30}) aus den aufgezeichneten Impulsantworten gemäß DIN EN ISO 3382 ermittelt.

Neben den akustischen Parametern wurden ebenfalls geometrische Daten wie Grundfläche, Raumhöhe, Anzahl der Sitzplätze und Materialeigenschaften der Raumbegrenzungsflächen aufgenommen, um ebenfalls Rückschlüsse über die bautechnischen Voraussetzungen und Möglichkeiten zur Verbesserung der Raumakustik zu erhalten.

Die Erhebung subjektiv empfundener Daten der Lehrkräfte und der Vergleich dieser Daten mit den messtechnisch ermittelten Daten sind Bestandteil noch andauernder Untersuchungen.

Ergebnisse

Raumgeometrie

Die Kenntnis über die Anzahl der Sitzplätze in den einzelnen Klassenräumen liefert Auskunft darüber, wie viele potentielle „Lärmquellen“ (Schüler) in den Klassenräumen vorhanden sein können. Ferner kann über die Anzahl der Sitzplätze auch der Anteil der durch die Schüler eingebrachten Absorption in den Raum berücksichtigt werden.

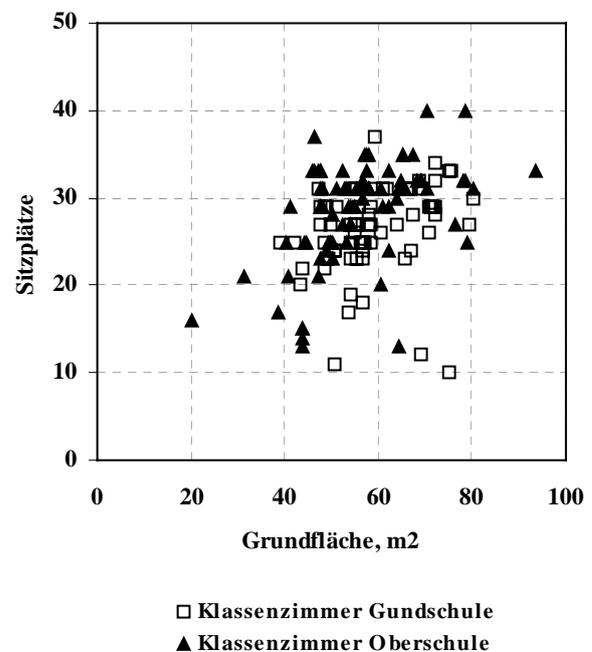


Diagramm 1: Anzahl der Sitzmöglichkeiten im Verhältnis zur Grundfläche der Klassenräume

Die Zusammenstellung der Ergebnisse macht eine breite Streuung der Anzahl der Sitzmöglichkeiten deutlich. In den Grundschulen liegt der Mittelwert der Sitzplätze bei 27, in den Oberschulen bei 29. Unter Berücksichtigung der gemittelten Raumgrundflächen führt dies zu einer Grundfläche von 2,4 m² pro Schüler in den Grundschulen und 2,0 m² Fußbodenfläche pro Sitzplatz in den Oberschulen.

Weitere Kenngrößen, die bei einer raumakustischen Optimierung Aufschluss über mögliche Sanierungskonzepte geben, sind Raumhöhe und Raumvolumen. Die erhaltenen Kenntnisse zu Raumvolumen und Raumhöhe (3,0 – 4,3 m) machen dem Akustiker deutlich, dass nur eine absorbierend ausgebildete Raumdecke nicht als ausreichend vorausgesetzt werden kann. Weitere absorbierende oder diffusierende Flächen müssen bei Sanierungsmaßnahmen in

den Raum eingebaut werden, um angemessene raumakustische Voraussetzungen zu schaffen.

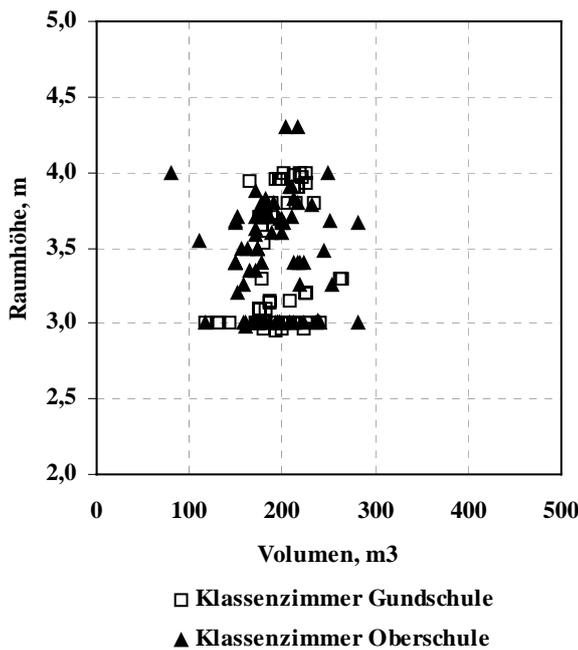


Diagramm 2: Raumhöhe und Raumvolumen der untersuchten Klassenräume

Die Volumina der untersuchten Klassenräume liegen im Bereich von 100 – 300 m³, woraus sich nach Gleichung (7) der DIN 18041 ein anzustrebender Sollwert für die Nachhallzeit von 0,5–0,6s berechnet, der bei der Planung anzustreben ist. Eine 20%ige Toleranzgrenze im besetzten Raumzustand darf dabei nicht überschritten werden. Im unbesetzten Zustand darf die Nachhallzeit nicht mehr als 0,2 Sekunden länger als der Sollwert sein.

Raumakustik

Die gemessenen Impulsantworten wurden nur im Hinblick auf die Nachhallzeit T₂₀ und T₃₀ ausgewertet. Da die DIN 18041 nicht explizit festlegt, ob T₂₀ oder T₃₀ zum Vergleich mit den Sollwerten herangezogen werden soll, wurde innerhalb dieser Studie zwar beide Werte zum Vergleich herangezogen, jedoch wird innerhalb dieses Artikels nur auf T₃₀ Bezug genommen. Dies hat den Grund, dass unter Annahme einer gekrümmten Abklingkurve der T₃₀-Wert der eigentlichen Definition des Nachhallzeit besser entspricht als der ermittelte T₂₀-Wert.

Als weitere Einflussgröße der hier präsentierten Ergebnisse soll genannt werden, dass selbst die Rundung der ermittelten Nachhallzeit einen Einfluss auf die statistische Auswertung (z.B. wie viele Räume liegen im Toleranzbereich der DIN 18041) hat. Die Auswertung der raumakustischen Messergebnisse und die vorgestellten Richtwerte werden in diesem Artikel mit einer Genauigkeit von einer Dezimalstelle präsentiert. Erste Voruntersuchungen zeigen jedoch, dass eine Auswertung mit zwei Dezimalstellen die statistische Auswertung beeinflusst.

Beim Vergleich der Messergebnisse für Grund- und Oberschulen wird deutlich, dass Grundschulen generell geringere Nachhallzeiten aufweisen. Dies ist der Fall, obwohl die Räume der Grundschulen

im Mittel um 8m³ größer sind als die Räume der Oberschulen (und hierdurch längere Nachhallzeiten zu erwarten wären).

Die längeren Nachhallzeiten in Oberschulen lassen sich eher auf das Fehlen von Möblierung (Regale, Schränke) zurückführen, die in vielen der untersuchten Grundschulen vorgefunden wurde.

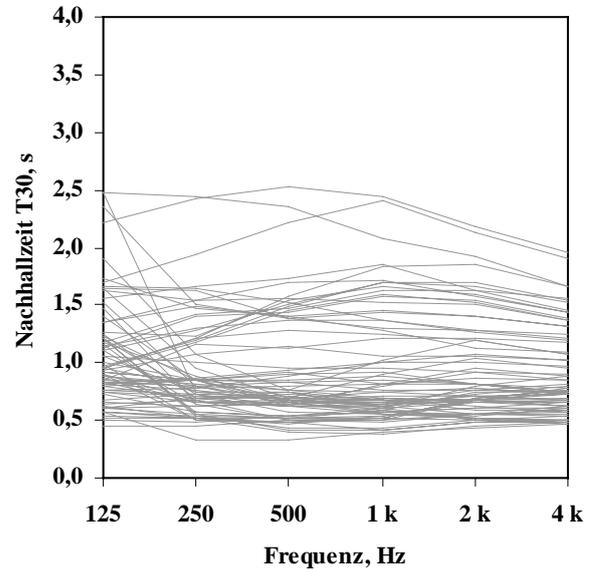


Diagramm 3: Gemessene Nachhallzeiten in Klassenräumen in Grundschulen, unbesetzter Zustand

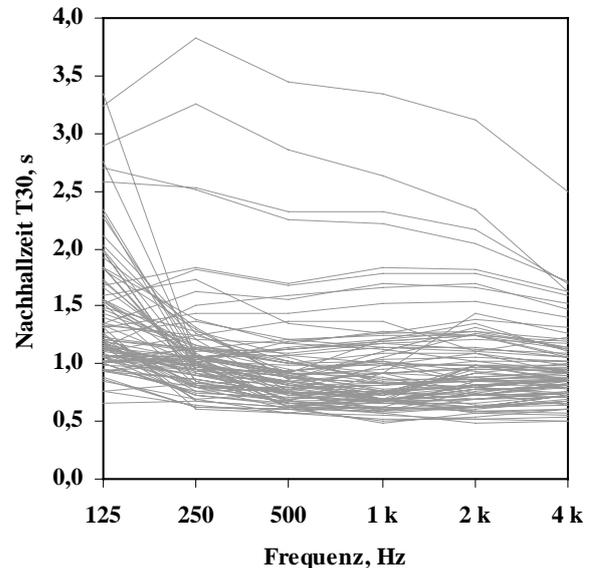


Diagramm 4: Gemessene Nachhallzeiten in Klassenräumen in Oberschulen, unbesetzter Zustand

Bei der Betrachtung der gemessenen Nachhallzeiten wird deutlich, dass die Sollwerte inkl. der Toleranzbereiche der DIN 18041 in den meisten Räumen überschritten werden. In einer großen Anzahl der Räume sind die Nachhallzeiten sogar länger als 1,5 Sekunden, in Extremfällen liegen die Ergebnisse im Bereich von 2,0 – 3,8 Sekunden.

Mit Hilfe der erfassten Raumgeometrie sowie der Anzahl der verfügbaren Sitzplätze lässt sich die gemessene Nachhallzeit des unbesetzten Raumes in ein verringerte Nachhallzeit für den besetzten Zustand umrechnen.

Für die Auswertung wurden sowohl die gemessenen Nachhallzeiten in den unbesetzten Räumen als auch die errechneten Nachhallzeiten für den besetzten Zustand den jeweils hierfür gültigen Sollwerten unter Berücksichtigung der zulässigen Toleranzen nach DIN 18041 verglichen.

Eine statistische Auswertung der Ergebnisse, (bei der nur verglichen wird, ob ein Raum die zuvor dargestellten Toleranzen einhält) zeigt, dass gerade einmal 1% der Oberschulen und 10% der Grundschulen innerhalb der zulässigen Abweichungen vom Sollwert nach DIN 18041 für den unbesetzten Raumzustand liegen. Für die Rechenwerte des besetzten Zustandes sind ca. 4% der Oberschulen und 17% der Grundschulen innerhalb des Toleranzbereiches.

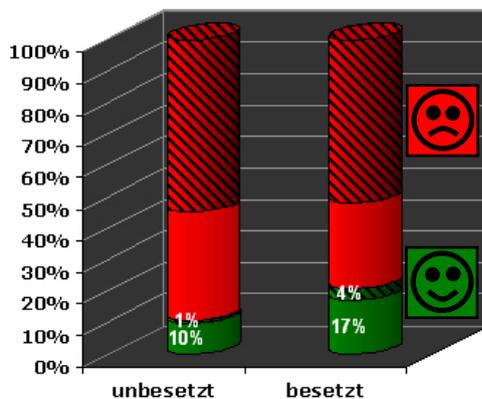


Diagramm 5: Anteil der untersuchten Räume, die den Toleranzbereich nach DIN 18041 einhalten (grün) bzw. nicht einhalten (rot). Oberschulen sind schraffiert markiert.

Bei der Betrachtung dieser Zusammenstellung stellt sich die Frage, ob die Richtwerte nach DIN 18041 zu hoch angesetzt sind. Hierzu wurde ein Vergleich mit anderen europäischen Normen durchgeführt, wobei gültige Normen aus Schweden, Dänemark, Norwegen, Finnland, Großbritannien, Frankreich und den Niederlanden herangezogen wurden.

Dänemark, Norwegen, Finnland und Großbritannien weisen maximale Richtwerte im Bereich von 0,6 – 0,8 s auf, zwar abhängig von Schultyp (Grund-/Oberschule), jedoch unabhängig vom Besetzungsgrad bzw. Raumvolumen. Die schwedische SS 25268:2007 fordert für Klassenräume (bis Klasse 9) sogar Nachhallzeiten (arithmetischer Mittelwert) von 0,5s, unabhängig vom Raumvolumen und Besetzungsgrad, wobei jedoch der Höchstwert der einzelnen Oktavbänder 0,6s nicht überschreiten darf.

Fazit

Die Ergebnisse der Studie zeigen eindeutig, dass die raumakustischen Bedingungen an Berliner Schulen die Empfehlungen der DIN 18041 überwiegend nicht einhalten.

Selbst bei der „günstigsten“ Betrachtung der untersuchten Räume (besetzter Zustand) liegen gerade einmal 21% der Klassenzimmer

innerhalb der zulässigen Toleranzgrenzen der DIN 18041. Bei diesen Betrachtungen wurden jedoch die Sollwerte für Normalhörende und deutsche Muttersprachler angesetzt. Gerade im Einzugsgebiet Berlin kann zumindest von letzterem nicht ausgegangen werden. Berücksichtigt man den hierfür vorgesehenen Abschlag von 20%, so würden noch weitaus weniger Schulen das Kriterium für gute Hörsamkeit erfüllen.

Ausblick

Die in der DIN 18041 aufgeführten Sollwerte für den besetzten Raumzustand sind zwar präzise definiert, erweisen sich aber in der Praxis für den raumakustischen Laien als umständlich, da durch unterschiedliche Raumvolumina und Besetzungsgrade verschiedene Sollwerte sowie Toleranzbereiche hergeleitet werden können. Dies führt zumindest bei den betroffenen Parteien (z.B. Lehrpersonal und Behörden) zu Verwirrung. Definierte Einzahlangaben wie in der schwedischen SS 25268:2007 sind für die Praxis und speziell für den akustischen Laien weitaus sinnvoller.