

■ Editorial

Mit der vorliegenden Ausgabe der ISU-Nachrichten widmen wir uns einem Thema, das abseits aller städtebaulichen Fragestellungen angesiedelt ist und dennoch im Alltag – sowohl für Kommunalpolitiker, als auch für Verwaltungsmitarbeiter – oftmals eine wichtige Rolle spielt

und das fast jeder von uns aus eigener Erfahrung kennen dürfte. Es geht um akustische Probleme in unseren Schulen, die leider fast schon an der Tagesordnung sind und trotzdem vielerorts noch immer nicht genügend Berücksichtigung finden.

■ Thema

Schauplatz Schule



Wer hat das selbst nicht schon erlebt:

- sich unterhaltende und spielende Kinder bei Regen in der Pausenhalle der Schule und zwei, die sich etwas zurufen wollen. Aber der allgemeine Lärm ist so groß, dass sie laut schreien müssen, um überhaupt eine Chance zu haben, sich verständigen zu können und dann ist da noch einer, der seinen Freund aus den Augen verloren hat und auch nach ihm ruft
- oder im Gruppenraum: es ist Projektwoche, Mädchen und Jungen haben sich in Vierergruppen zusammengefunden, um ein Thema zu bearbeiten. Sie wollen die Ergebnisse sammeln und diskutieren, wie sie diese am besten präsentieren können. Dazu unterhalten sie sich. In 2 Meter Abstand die gleiche Situation, auch hier eine angeregte Debatte, unterbrochen von Rufen am Nachbartisch „Könnt ihr nicht mal leiser reden, ich kann sonst gar nichts verstehen!“ ...
- oder beim Englischunterricht: es wird eine Geschichte vorgelesen. Alle Schülerinnen und Schüler sind aufmerksam und versuchen, den Sinn zu erfassen. Während vorne in der Klasse alles gut zu hören ist, beschweren sich Kinder aus den hinteren Reihen, dass sie kaum etwas verstehen können. Das Problem ist bekannt und die Lehrerin versucht, noch lauter und deutlicher zu sprechen ...

Alltäglichen Problemen dieser Art kann dadurch begegnet werden, dass die Akustik der Räumlichkeiten bereits bei der Planung einer Schule hinreichend berücksichtigt wird. Hierzu sollte unbedingt ein Fachmann hinzugezogen werden. Falls dies – wie leider viel zu oft der Fall – nicht geschehen ist, kann auch im Nachhinein – z.B. im Rahmen von Renovierungen – mit geeigneten Mitteln die Raumakustik noch verbessert werden.

Nachfolgend wollen wir daher aus fachlicher Sicht einige Hintergründe zu diesem Thema erläutern, denn bei unserer täglichen Arbeit haben wir zunehmend häufig hiermit zu tun.

Raumakustische Anforderungen an Schulen

Im schulischen Leben spielt sprachliche Kommunikation eine wesentliche Rolle. Diese findet in Räumen statt, die unterschiedlichen Zwecken dienen. In Klassenzimmern und Fachunterrichtsräumen ist es wünschenswert, dass die Verständigung durch die baulichen Gegebenheiten gefördert wird. Hinsichtlich des Ortes von Sprechern und Zuhörern treten verschiedenartige Konfigurationen auf. Häufig befindet sich vorne in der Klasse ein Sprecher

(Lehrer), der an allen Plätzen im Raum gleich gut verstanden werden soll. Aber auch Sprachbeiträge an beliebigen Stellen im Klassenzimmer sollen möglichst überall gut gehört werden können. Gewünscht ist eine gute Sprachverständlichkeit. Nebengeräusche durch technische Geräte oder im Unterricht verwendete Medien und Störgeräusche durch Schüler sollen hingegen abgeschwächt werden.

In Fluren und Pausenhallen ist es wünschenswert, dass der allgemeine Lärmpegel gering gehalten wird, damit Kommunikation und Erholung möglich sind. Darüber hinaus gibt es weitere Räume mit speziellen Funktionen (z.B. Musikraum, Aula, Sporthalle) und – damit verbunden – besonderen Anforderungen an die Akustik.

Die Eignung eines Raumes für bestimmte Darbietungen wird als „Hörsamkeit“ bezeichnet. Wesentlichen Einfluss hierauf haben die Geometrie (z.B. der Grundriss) und die Verteilung reflektierender und absorbierender (schallschluckender) Oberflächen, die von den verwendeten Materialien der Wände, der Decke und des Bodens abhängen. Diese beeinflussen die Qualität eines Zimmers hinsichtlich der Sprachverständlichkeit und der Ausbreitung von Störgeräuschen.

Die akustischen Eigenschaften eines Raumes können durch zahlreiche Größen beschrieben werden, deren Quantifizierung mehr oder weniger Aufwand mit sich bringt. Am besten zu handhaben und reproduzierbar darzustellen ist die „Nachhallzeit“. Sie gibt die Zeitspanne an, während der der Schalldruckpegel in einem Raum nach Beenden der Schallfeldanregung um 60 dB abfällt. Bei reflektierenden Raumbegrenzungsflächen (beispielsweise Decken und Wänden aus Beton und Linoleumböden) ergeben sich lange Nachhallzeiten, bei absorbierenden Oberflächen deutlich kürzere. Der Höreindruck bei Kommunikation im Raum ist dementsprechend entweder „hallig“ oder „trocken“.

Außer den beschriebenen Eigenschaften der Raumbegrenzungsflächen hat auch die Möblierung und die Anzahl der Personen, die sich darin aufhalten, einen Einfluss auf die Nachhallzeit: Im leeren bzw. unbesetzten Zustand ist sie länger als im besetzten Zustand.

Welche Nachhallzeit in einem Raum anzustreben ist, hängt von der Art der Nutzung und dem Volumen ab. Die nachfolgende Tabelle gibt einige Beispiele für die anzustrebende Nachhallzeiten in Abhängigkeit vom Raumvolumen. Die dort genannten Werte gehen von besetzten Räumen aus. Die Angaben basieren auf DIN 18041 „Hörsamkeit in kleinen bis mittleren Räumen“, Ausgabe 2004-05.

Nutzung des Raumes bei folgendem Raumvolumen	Sollwert der Nachhallzeit T_{Soll}		
	100 m ³	200 m ³	300 m ³
Klassenraum	0,5 s	0,5 s	0,6 s
Musikunterricht	1,0 s	1,1 s	1,2 s

Anzustrebende Nachhallzeit (im besetzten Zustand) für verschiedene Nutzungen in Abhängigkeit vom Raumvolumen

Die Frequenzabhängigkeit der anzustrebenden Nachhallzeit und der Toleranzbereich sind als relative Größen bezogen auf den Sollwert T_{Soll} im Diagramm 1 für Sprache und im Diagramm 2 für Musik dargestellt. Für Räume, in denen vorwiegend sprachliche Kommunikation stattfindet, ist eine relativ kurze, im Frequenzbereich zwischen 250 und 2000 Hz in etwa konstante Nachhallzeit zu empfehlen. Im mittleren Frequenzbereich sind Abweichungen von +/- 20% vom Sollwert (siehe Tabelle) tolerierbar, bei tiefen und hohen Frequenzen kann der Raum auch stärker bedämpft werden.

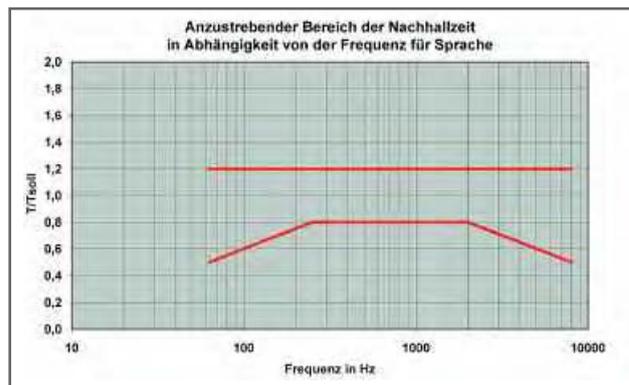


Diagramm 1: Anzustrebender Bereich der Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Frequenz für Sprache

Für Räume, die dem Musikunterricht bzw. der Musikausübung dienen, ist bei gleichem Volumen eine deutlich längere Nachhallzeit als für Sprache zu empfehlen. Der Toleranzbereich im mittleren Frequenzbereich liegt bei +/- 20%. Bei niedrigen Frequenzen sind höhere Nachhallzeiten geeignet, bei hohen Frequenzen ist auch ein niedrigerer Wert angemessen.

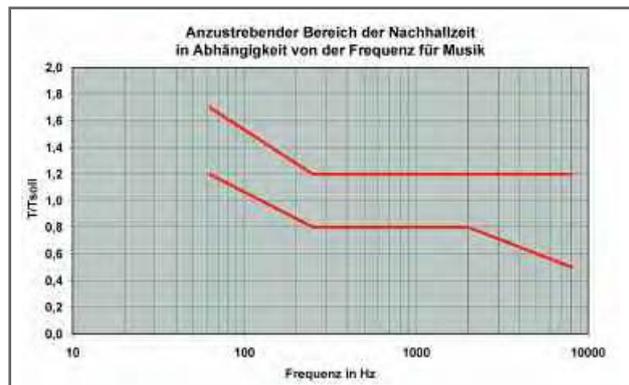


Diagramm 2: Anzustrebender Bereich der Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Frequenz für Musik

Die Nachhallzeit eines Raumes lässt sich bei der Planung gezielt beeinflussen. Insbesondere für Räume mit einfachem rechteckigen Grundriss können die akustischen Eigenschaften im Voraus hinreichend durch Berechnung der Nachhallzeit bestimmt werden. Dabei gehen die Raumbegrenzungsflächen (Wände, Decken, Fußboden) mit ihrer jeweiligen Größe und den spezifisch geplanten

Materialien ein. Die hierbei wesentliche Materialeigenschaft ist der Absorptionsgrad (Schallschluckgrad). Er gibt an, welcher Anteil der auf eine Fläche einfallenden Schallenergie nicht reflektiert wird.

Der Absorptionsgrad ist frequenzabhängig und kann für viele Materialien aus Tabellen oder Herstellerangaben entnommen werden. Aus Absorptionsgrad und Flächengröße ergibt sich die „äquivalente Absorptionsfläche“ der verschiedenen Materialien. Im Hinblick auf die zu erwartende Nachhallzeit sind auch die voraussichtliche Inneneinrichtung, wie Tische und Stühle, und die typische Besetzung mit Personen einzurechnen.

Aus den äquivalenten Absorptionsflächen aller in einem Raum vorhandenen Begrenzungsflächen einschließlich der Inneneinrichtung und der Personen, die sich darin in der Regel aufhalten, lässt sich die zu erwartende Nachhallzeit ableiten. Liegt diese bei der geplanten Bauweise über dem Sollwert, werden Materialien mit höherem Absorptionsgrad benötigt, um die Nachhallzeit zu reduzieren. Ist dies nicht möglich, müssen ggf. zusätzliche absorbierende Flächen im Raum angebracht werden.

Grundsätzlich ist allerdings zu beachten, dass reflektierende Flächen nicht unbedingt ungünstig für die Raumakustik sein müssen; im Gegenteil, sie können sogar positive Wirkungen haben. So verstärken Reflexionen, die mit nur geringer zeitlicher Verzögerung nach dem direkten Signal beim Hörer auftreffen, das Nutzsignal, ohne die Sprachverständlichkeit negativ zu beeinflussen. Hohe Beiträge durch Reflexionen, die stark verzögert nach dem Direktschall eintreffen, beeinträchtigen hingegen die Sprachverständlichkeit. Neben dem Absorptionsgrad der verschiedenen Materialien ist also auch deren räumlicher Verteilung in Bezug auf die Standorte der Schallquelle (beispielsweise Sprecher) und der Hörer Bedeutung beizumessen.

Bei Klassenräumen bieten sich, auch aus praktischen Erwägungen, insbesondere der Deckenbereich und der obere Wandbereich für schallabsorbierende Materialien an. An der Decke ist, von der Tafel bzw. dem Lehrerplatz aus gesehen, in der Regel eine U-förmige Anordnung von absorbierenden Flächen zu bevorzugen, die den mittleren Deckenbereich sowie den vorderen Abschnitt (bei der Tafel bzw. Lehrerposition) frei lässt.

Die Möglichkeiten, die akustischen Eigenschaften von Klassenzimmern und Funktionsräumen zu verbessern sind zahlreich. Die heute zur Verfügung stehenden Materialien bringen dabei in der Regel auch bauphysikalische Vorteile (z.B. Verbesserung der Wärmedämmung) mit sich und erlauben zudem eine Gestaltverbesserung durch individuelle Oberflächen und eine freundliche Farbwahl. Im Zuge anstehender Baumaßnahmen können so verschiedenartige Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden, ohne hierfür wesentlich höhere Kosten veranschlagen zu müssen.

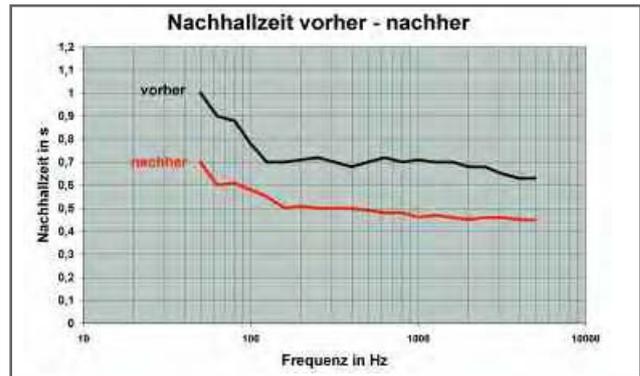


Diagramm 3: Projektbeispiel - Nachhallzeit vor und nach Durchführung der Maßnahmen

Verbesserung der Akustik in vorhandenen Gebäuden

Besteht bei vorhandenen Räumen der Verdacht, dass die Raumakustik verbesserungsbedürftig sein könnte, kann dies durch Messungen der Nachhallzeit überprüft werden. Hierzu wird ein genormter Lautsprecher nacheinander an verschiedenen Positionen im Raum aufgestellt und dann die Nachhallzeit an mehreren Stellen gemessen. In diesem Zusammenhang wird ein spezielles System verwendet, das so konstruiert ist, dass der Lautsprecher den Schall in alle Richtungen gleichmäßig abstrahlt (siehe nachfolgende Abbildung). Er wird vorzugsweise dort aufgestellt, wo sich bei der alltäglichen Nutzung die Schallquelle (zum Beispiel der Lehrer) befindet. Die Anordnung wird durch einen leistungsfähigen Verstärker und einen Rauschgenerator ergänzt. Hierbei wird zunächst das stationäre Schallfeld eines statistischen Rauschens (sogenanntes „Rosa-Rauschen“) im Raum aufgebaut und dann abrupt abgeschaltet. Für das Mikrofon sind typische Hörerplätze zu wählen.



Lautsprecher für die Messung der Nachhallzeit

Die Nachhallzeit wird frequenzabhängig in Terz oder Oktavschritten für mehrere Anordnungen von Lautsprecher und Mikrofon ermittelt. Für den gesamten Raum ergibt sich aus dem Mittelwert über die verschiedenen räumlichen Konfigurationen im interessierenden Frequenzbereich.

Durch Vergleich der gemessenen mit der für die Raumnutzung zu empfehlenden Nachhallzeit kann abgeleitet

werden, ob (nachträgliche) Maßnahmen notwendig sind, um die akustischen Bedingungen für die normale Nutzung zu optimieren. Bei der Dimensionierung können konkrete Produkte mit ihren akustischen Eigenschaften einfließen. In der Regel stellen die Hersteller Datenblätter zur Verfügung, die auch den Absorptionsgrad angeben. Anhand von Produktmustern und Fotografien kann eine anschauliche Vorstellung des Raums gewonnen werden. Bei größeren Maßnahmen ist unter Umständen auch eine Computersimulation mit fotorealistischen Vorher-Nachher-Studien sinnvoll.

Die verschiedenen Produkte und Gestaltungsvarianten sollten im Zuge der Planung natürlich auch hinsichtlich ihres Kosten-Nutzen-Verhältnisses analysiert und verglichen werden. Nach Realisierung der Baumaßnahmen ist durch eine erneute Messung die Wirkung nochmals zu überprüfen, um sicher zu stellen, dass die in der Theorie ermittelten Werte auch tatsächlich erreicht werden.

Fazit

Akustische Aspekte werden bei der Planung von Schulen häufig vernachlässigt, obwohl sie den Lernerfolg und das Wohlbefinden von Schülern und Lehrern entscheidend beeinflussen. Im Rahmen von Renovierungen ist es daher sinnvoll, die akustischen Eigenschaften der Räume mit zu betrachten und ggf. gezielt zu verbessern. Die Optimierung muss auf die jeweilige Nutzung der Räume (Unterrichtsraum, Musiksaal, Pausenhalle, Sporthalle, Aula, Flure) ausgerichtet sein. Dies kann nur ein Fachmann sicherstellen, so dass bei anstehenden Maßnahmen frühzeitig ein in bauakustischen Fragestellungen erfahrenes Büro eingeschaltet werden sollte, um eine möglichst effektive und kostengünstige Ausführung zu gewährleisten.

■ Kurz notiert § § §

Änderung der Sportanlagenlärmschutzverordnung

Die Bundesregierung erwägt, noch vor dem Sommer 2006 eine 1. Änderung der 18. BImSchV (Sportanlagenlärmschutzverordnung) in Kraft zu setzen, um befürchtete Konflikte im Zusammenhang mit Spielen der Fußball-Weltmeisterschaft auszuräumen.

Hintergrund der Überlegungen ist die Tatsache, dass „Sportveranstaltungen von herausragender Bedeutung“, so z.B. die anstehende Fußball-WM, häufig erst gegen 20 Uhr beginnen und bis nach 22 Uhr andauern. In Abhängigkeit von den konkreten örtlichen Verhältnissen könnte dies zu unzulässigen Überschreitungen der einschlägigen Immissionsgrenzwerte führen und im Extremfall die Durchführung einzelner Spiele unmöglich machen.

Auch andere Veranstaltungen von hohem Rang verursachen abends sowie in der Ruhezeit von 13 bis 15 Uhr oftmals erhebliche Probleme. Dies betrifft z.B. andere Feld-

sportarten (z.B. Hockey), aber auch Leichtathletikwettkämpfe u.ä..

Durch das Einfügen des neuen § 6 soll eine über die bereits nach § 5 Abs. 5 der jetzigen Fassung geltenden Sonderregelungen für „seltene Ereignisse“ hinausgehende Möglichkeit für Abweichungen von den normalerweise einzuhaltenden Grenzwerten geschaffen werden.

Der Entwurf der Änderungsverordnung sieht vor, die „Zulassung von Ausnahmen“ künftig wie folgt zu regeln:

„Die zuständige Behörde kann für internationale oder nationale Sportveranstaltungen von herausragender Bedeutung im öffentlichen Interesse Ausnahmen von den Bestimmungen des § 5 Abs. 5, einschließlich einer Überschreitung der Anzahl der seltenen Ereignisse nach Nummer 1.5 des Anhangs, zulassen. Satz 1 gilt entsprechend auch für Verkehrsgeräusche auf öffentlichen Verkehrsflächen außerhalb der Sportanlage durch das der Anlage zuzurechnende Verkehrsaufkommen nach Nummer 1.1 Satz 2 des Anhangs, einschließlich der durch Zu- und Abgang der Zuschauer verursachten Geräusche.“

Hiermit wird endlich eine nach Fachmeinung längst überfällige Lösung für die bekannten Probleme von Sportarenen in gewachsenen städtebaulichen Strukturen geschaffen. Bislang waren Großsportveranstaltungen hier in manchen Fällen quasi nur über eine rechtlich nicht in jedem Fall einwandfrei legitimierte Duldung möglich. Im Falle von Klagen wären Konflikte vorprogrammiert gewesen.

Die Änderungsverordnung kommt den praktischen Anforderungen an die Durchführung entsprechender Spiele oder Wettkämpfe nach, indem sie ausdrücklich auch den (oft ja erheblich zeitverzögerten) Zu- und Abfahrtsverkehr auf öffentlichen Straßen und die Geräusche der zum Stadion oder von hier weg gehenden Menschen in die Ausnahmeregelungen einbezieht.

Die Entscheidung wird von der zuständigen Behörde im Einzelfall – nach pflichtgemäßem Ermessen – getroffen, wobei einerseits Abweichungen vom normalerweise zulässigen Immissionsgrenzwert möglich sind, andererseits aber auch eine Reduzierung oder gar eine Aufhebung der Ruhezeiten und die Verschiebung des Beginns der Nachtzeit in Frage kommt. Dem „öffentlichen Interesse“ an der Durchführung der Veranstaltung ist bei der Entscheidung eine besondere Bedeutung beizumessen.

Impressum:

isu-Nachrichten ist eine Veröffentlichung der isu Ingenieurgesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigungen, auch auszugsweise, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen zu kommerziellen Zwecken nur mit schriftlicher Genehmigung der isu GmbH.

Herausgeber: isu GmbH, Steinwendener Straße 8a, 66877 Ramstein-Miesenbach

Redaktion: Dipl.-Physikingenieur (FH) Michael Huster, Dipl.-Physikerin Wilburg Guys, Dipl.-Ing. Klaus Zimmermann

DTP-Realisation: BohnFoto&Design, 54636 Trimport

Copyright: Inhalte, Konzept und Layout unterliegen dem Urheberrecht.

