

Raumakustik in österreichischen Unterrichtsräumen und ihr Einfluss auf subjektiv wahrnehmbare Arbeitsbedingungen von Lehrenden

Sarah Ambros

Einleitung

Die Raumakustik beeinflusst die Sprachübertragung im Raum und wie sich Menschen darin verhalten, zum Beispiel durch eine Anpassung der Sprechlautstärke bei schlechten akustischen Bedingungen. Das hat Auswirkungen auf die Lärmentwicklung und damit einhergehend auf das Stressempfinden und aufkommende Ermüdungserscheinungen. Positiv anzumerken ist, dass bereits diverse Studien mit Messdaten aus unterschiedlichen Ländern vorliegen und sich einige dabei auch mit der Perspektive der Lehrer:innen beschäftigen.

Einblicke in die Fachliteratur bestätigen die Relevanz bestehender Normen und Richtlinien, welche die Raumakustik in Bildungseinrichtungen meist anhand der Nachhallzeit regeln. Bei der Vermittlung von Informationen ist das relevant, da eine deutlich erhöhte Nachhallzeit negative Auswirkungen auf die Konzentrationsfähigkeit der Schüler:innen und das Stimmverhalten der Lehrenden haben kann.

Während es somit beispielsweise in Deutschland, Schweden oder China schon Studien und Messdaten zur Raumakustik in Bildungsräumen gibt, fehlen diese in Österreich bislang. Ziel dieser Untersuchung ist es daher, die Raumakustik an ausgewählten österreichischen Schulen zu untersuchen und mögliche Auswirkungen auf Lehrende, deren Hauptaufgabe das Kommunizieren in Klassenräumen darstellt, zu messen.

Anforderungen an die Raumakustik

Wie lange ein Sprachsignal in Bildungsräumen (nach)klingen sollte, wird in Österreich durch eine verbindliche Richtlinie vorgegeben – die OIB Richtlinie 5¹ – sie gilt für alle neu errichteten und renovierten Bildungseinrichtungen. Unterschiedliche Räume werden hier nach ihrem Hauptnutzungszweck

¹ Vgl. *Richtlinien des Österreichischen Instituts für Bautechnik*, OIB-Richtlinie 5: Schallschutz, hg. vom Österreichischen Institut für Bautechnik, 2023.

eingearbeitet, in allen Schul-Unterrichtsräumen, die in dieser Untersuchung fokussiert werden, liegt das Ziel in guter Hörsamkeit und Sprachverständlichkeit – es wird eine ideale Nachhallzeit in Abhängigkeit des Raumvolumens vorgeschrieben.

Ein Beispiel zur Anwendung: die ideale Nachhallzeit liegt bei einem 183 m³ großen Klassenraum in den relevanten Oktavbändern 250–2000 Hz gemäß der OIB-5 bei 0,55 Sekunden.² Zu beachten ist, dass sich diese Angabe auf den Raum im voll besetzten Zustand bezieht.³

Methode

Für die Bewertung der tatsächlichen Situation wurden täglich genutzte Unterrichtsräume raumakustisch gemessen. Die Ermittlung der Nachhallzeit T_{20} erfolgte anhand von Impulsantworten (Luftballone). Die Quellposition wurde an der Stelle einer: Lehrenden (typischerweise bei der Tafel) gewählt und der empfangene Impuls je nach Raumgröße an mindestens drei Messpositionen auf Ohrhöhe von sitzenden Schüler:innen aufgezeichnet.

Um subjektiv wahrgenommene Arbeitsbedingungen der Lehrenden zu erheben wurde ein Online-Fragebogen entwickelt. Dieser beinhaltete allgemeine Angaben zu Person und Lehrstil, die raumakustische Wahrnehmung eines vermehrt genutzten Klassenraums und des Konferenzzimmers, sowie Einschätzungen zu Lärm am Arbeitsplatz und subjektives Wohlbefinden. Verwendete Skalen sind angelehnt an bisherige Untersuchungen an Schulen in anderen Ländern aus der Sicht von Lehrenden.⁴ Zu Beginn des Fragebogens wurden persönliche Eigenschaften der Teilnehmenden und sensorische Verarbeitungsmuster anhand des *SEPPoS*⁵ und einer deutschen, angepassten Variante des *Short Sensory Profiles*⁶ eingebaut.

Teilnehmende

Der Datensatz umfasste 73 vollständige Fragebögen von 22–62-jährigen Lehrenden (56♀, 16♂, 1♀, Ø 42,8 Jahre) aus neun Schulen, die zum Zeitpunkt der Teilnahme durchschnittlich seit elf Jahren als Lehrer:in

2 Vgl. OIB-Richtlinie 5, (wie Anm. 1), S. 7.

3 Siehe erläuternde Bemerkungen zur OIB-Richtlinie 5.

4 Vgl. z.B. Viveka Lyberg-Åhlander, Roland Rydell und Anders Löfqvist, „Speaker’s Comfort in Teaching Environments: Voice Problems in Swedish Teaching Staff“, in: *Journal of Voice* 25/4 (2011), S. 430–440.

5 Vgl. Richard von Georgi und Julia Herr, *SEPPoS – Short Eysenck Personality Profiler with NEO-PI-R Openness. Unpublished ongoing research project. Berlin Institute of Biomusicology and Empirical Research (BIBER)*, Laufendes Forschungsprojekt, Berlin School of Popular Arts, Berlin 2020. Erfolgreich angewendet in: Julia Herr, Richard von Georgi und Katrin Starcke, „Massenmagnet oder Publikumskiller? Eine experimentelle Online-Studie zum Einfluss von Hintergrundmusik und Persönlichkeit auf die subjektive Bewertung despräsentierenden Unternehmens eines Messestandes“, in: *Events und Wege aus der Krise*, hg. von Cornelia Zanger, Wiesbaden: Springer Gabler 2022, S. 139–158.

6 Vgl. Daniel N. McIntosh, Lucy Jane Miller, V. Shyu und Winnie Dunn, „Overview of the short sensory profile“, in: *Sensory profile user’s manual*, hg. von Dunn Winnie, San Antonio, TX: The Psychological Corporation 1999, S. 59–73.

tätig waren. Die meisten Befragten (43%) unterrichteten an Gymnasien, gefolgt von Volksschullehrenden (21%), und etwa im gleichen Ausmaß Lehrer:innen an Mittelschulen und Oberstufen (je 18%).

Ergebnisse

Bei den erhobenen Messdaten wurden von der Impulsantwort aus jedem Raum die gemittelten Nachhallzeiten pro Oktavband berechnet. Zusätzlich wurde die Nachhallzeit über die Oktavbänder 250–2000 Hz gemittelt, da der Vergleich mit Vorgaben diesen Bereich festlegt. Da es sich um Nachhallzeiten im leeren Zustand handelt, wurde das Absorptionsverhalten von 20 Schüler:innen und einer Lehrkraft für alle Räume einberechnet, und zwar anhand vorgegebener Absorptionswerte gemäß Vorgaben in der ÖNORM.⁷ Die Befragungsdaten wurden auf Unterschiede nach Einrichtungsart der Räume und Persönlichkeitsausprägungen der Lehrenden ausgewertet.

Raumakustik

Die beschriebenen Messdaten bezogen sich auf 34 gemessene Unterrichtsräume. Die Raumvolumina reichten von 123 bis 415 m³, gemessene Nachhallzeiten im leeren Raum lagen zwischen 0,38 und 1,19 Sekunden (gemittelt über alle Messpositionen für 250–2000 Hz).

Drei der untersuchten Räume wiesen Inklusionsbedarf auf, der beim Richtlinienvergleich mit einer um 20% reduzierten Nachhallzeit berücksichtigt wurde. Nach der theoretischen Berechnung des vollen Raumzustands, erfüllten 14 der untersuchten Räume die Vorgaben zur Nachhallzeit, die restlichen 20 Räume wiesen im Durchschnitt 0,21 Sekunden längere Nachhallzeiten als vorgegebene Optima auf (R: 0,02–0,63 s).⁸

Befragung

Eine deskriptive Auswertung ergab, dass die Mehrheit der Befragten im Allgemeinen zufrieden mit ihrer Tätigkeit als Lehrer:innen wären und sich beim Unterrichten wohlfühlten (trifft zu oder trifft eher zu; bei n=66). Im Durchschnitt wurden in einem Klassenraum 21 Schüler:innen unterrichtet, die individuelle Anzahl zeigte jedoch keinen signifikanten Einfluss auf abgefragte Skalen. Deutlicher wirkte sich die Art der Einrichtung auf das beurteilte Wohlbefinden der Teilnehmenden aus. So ergaben sich bei der Beurteilung, wie sich die Lehrenden nach einem typischen Arbeitstag fühlten signifikante Unterschiede zwischen Lehrenden an Mittelschulen und Oberstufen: Erstgenannte gaben häufiger an, sich nach einem Arbeitstag angespannter zu fühlen als Lehrer:innen an Oberstufen. Bei den Angaben von Lehrer:innen an Mittelschulen wurde außerdem eine geringere Streuung der Antworten festgestellt (Abb. 1).

7 Vgl. ÖNORM B 8115-3: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 3: Raumakustik, hg. von Austrian Standards International, 2023, S. 16.

8 Hinweis: Die OIB-5 sieht eine 20%-Toleranzgrenze für einzelne Oktavbänder vor, die in dieser Berechnung nicht berücksichtigt wurde.

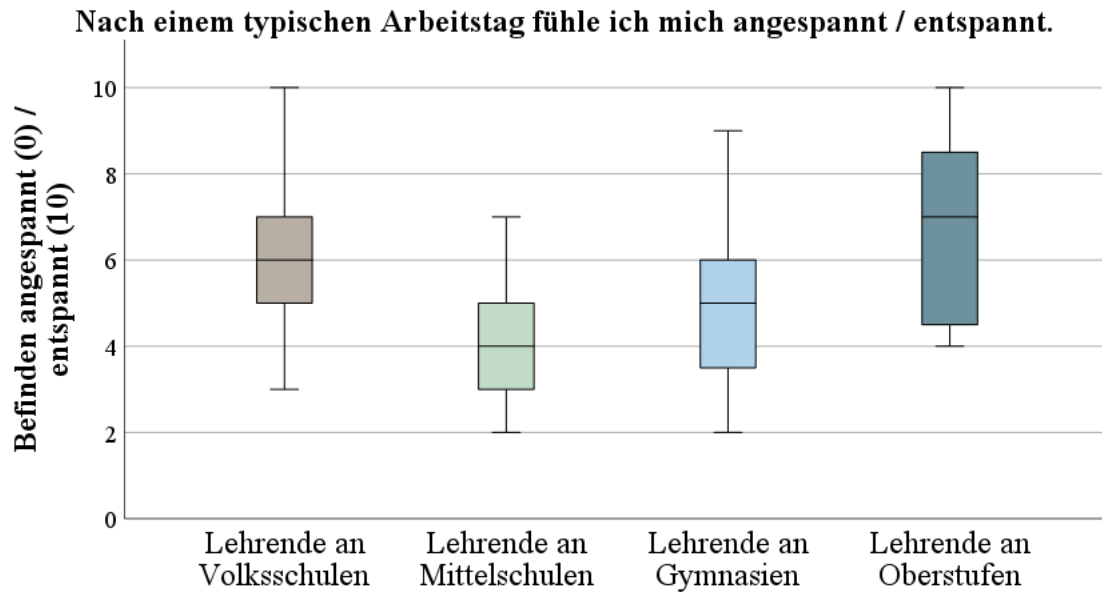


Abbildung 1: Einschätzungen zum Wohlbefinden von Lehrenden an verschiedenen Einrichtungen

Neben Bewertungen mittels Schiebereglern wurden Aussagen zum Unterricht und dem eigenen Verhalten auf einer 5-Punkt Likert-Skala (trifft nicht zu – trifft zu) angegeben. Hier zeigte besonders das Item „*Ich muss meine Stimme erheben, um gehört zu werden*“ signifikante Unterschiede in Abhängigkeit der Klassenraumausstattung. In Klassen ohne absorbierende Decke wurde dieser Aussage deutlich häufiger zugestimmt als in Klassenräumen, die mit vollflächigen Rasterdecken ausgestattet waren (Abb. 2): Räume, die dank der absorbierenden Decke (z. B. Abb. 3) kürzere Nachhallzeiten aufweisen, wirken sich demnach positiv auf das eingeschätzte Stimmverhalten aus.

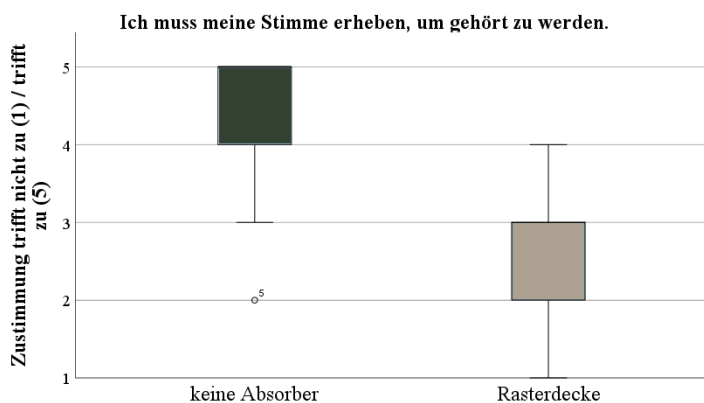


Abbildung 2: Zustimmungen zum Stimmverhalten in Abhängigkeit der akustischen Ausstattung des Klassenraums

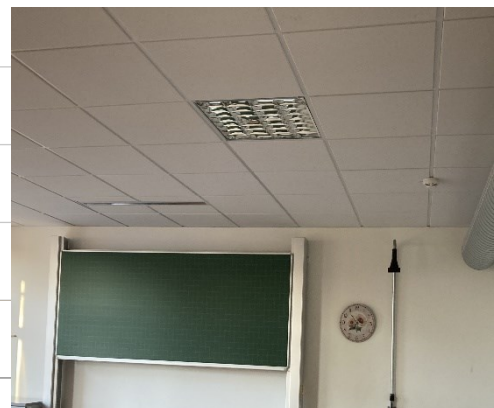


Abbildung 3: Beispiel für eine Rasterdecke im Klassenraum

Ein Blick auf personenbezogene Aspekte belegt darüber hinaus Auswirkungen durch Persönlichkeitsausprägungen und die subjektive Art und Weise, wie sensorische Eindrücke verarbeitet werden. Im Zuge des Persönlichkeitsfragebogens beschrieben sich Teilnehmende selbst durch ihre Zustimmung zu einzelnen Eigenschaften, die insgesamt vier Persönlichkeitsdimensionen (Extraversion, Neurotizismus,

Psychotizismus, Offenheit für neue Erfahrungen) abbilden. Für jede:n Lehrende:n wurde anschließend ein Ausprägungswert in allen Dimensionen berechnet.

Es zeigten sich deutliche Unterschiede von Teilnehmenden in der Wahrnehmung ihrer Unterrichtsräume, die auf die Ausprägtheit des Merkmals Neurotizismus zurückzuführen sind. Diese Skala beinhaltet die Eigenschaften „schweremütig“, „besorgt“, „unsicher“, „pedantisch“ und „emotional“.⁹ Anhand der Ausprägungswerte wurden zwei Gruppen von Personen gebildet (0 = gering ausgeprägter Neurotizismus, 1 = stark ausgeprägter Neurotizismus) und ihre Antworten miteinander verglichen.

Lehrende mit ausgeprägterem Neurotizismus stimmten der Aussage *„Ich habe beim Unterrichten schon einmal ein Echo im Raum gehört“* stärker zu als die Vergleichsgruppe ($t_{(71)} = 2,492$; $p < 0,05$). Auch bei den subjektiven Beschreibungen des hauptsächlich genutzten Unterrichtsraums unterschieden sich die Antworten der beiden Gruppen voneinander: Lehrende mit ausgeprägterem Neurotizismus-Eigenschaften beurteilten ihren Klassenraum als lauter ($t_{(71)} = -2,946$; $p < 0,05$) und bewerteten den Faktor Lärm als störender ($t_{(71)} = 3,364$; $p < 0,001$).

Der Einfluss von Lärm auf die Arbeit als Lehrkraft ist zudem bei jenen Befragten relevanter, die Schwierigkeiten haben, ihre auditive Umgebung auszublenden. Diese Fähigkeit wurde anhand des sensorischen Profils erfragt, indem Zustimmungen zu verschiedenen Aussagen berücksichtigt wurden. Beispielsweise beurteilten Teilnehmende die Aussage *„Es fällt mir schwer eine Aufgabe fertigzustellen, wenn das Radio läuft“*. Anhand dessen wurden erneut zwei Gruppen eingeteilt (0 = wenig Schwierigkeiten beim Filtern, 1 = Schwierigkeiten beim Filtern). Signifikant unterschieden sich die Gruppen beispielsweise bei der beurteilten Störung durch Lärm im Unterricht ($t_{(71)} = 2,544$; $p < 0,05$) und besonders deutlich wird dies, wenn es um das konzentrierte Arbeiten im Lehrer:innenzimmer geht ($t_{(71)} = 3,782$; $p < 0,001$), welches mit abnehmender Fähigkeit zur auditiven Filterung als schwieriger eingestuft wurde.

Problematisch sind diese Ergebnisse, da 44% der Teilnehmenden mindestens in einem der genannten Merkmale (Neurotizismus und/oder Fähigkeit, auditiv zu filtern) jener Gruppe mit erhöhten Ausprägungswerten zugeordnet wurden. 18% der Lehrer:innen wiesen sowohl beim Merkmal Neurotizismus als auch bei Schwierigkeiten des auditiven Filterns Werte über dem Median auf.

Diskussion

Die raumakustischen Zustände in den 25 gemessenen Schulen sind bei knapp 42% der untersuchten Klassenräume ausreichend. Auch wenn die Anforderungen der OIB in vielen der teilnehmenden Schulen nicht bindend sind (da es sich um Altbauten handelt), beinhalten die Ergebnisse auch Messdaten aus gänzlich neu erbauten Einrichtungen. Anhand der bislang vorliegenden Messergebnisse kann daher nicht geschlussfolgert werden, dass in unrenovierten Altbeständen kausal schlechtere raumakustische Bedingungen vorzufinden sind, als in Neubauten.

Zusammengefasst bestätigen die Befragungsergebnisse einige bisher beobachtete Effekte, die auch in der Literatur Erwähnung finden. Beispielsweise zeigt das Alter der Schüler:innen (hier gemessen an der Art der Einrichtung) einen Einfluss auf das Wohlbefinden der Lehrenden, wobei bisherige Studien

9 Vgl. Richard von Georgi und Julia Herr, *SEPO* (wie Anm. 5).

in dieser Hinsicht höhere Lärmpegel in jüngeren Klassen aufweisen, was bei Lehrenden mit vermehrtem Stressempfinden einhergeht.¹⁰

Das Einbauen personenbezogener Verarbeitungs- und Verhaltensmuster in Befragungen zur Raumakustik ist bislang nicht üblich. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass höhere Sensibilität für auditive Einflüsse (gemessen am sensorischen Profil) und bestimmte Eigenschaften (gemessen am Persönlichkeitsmerkmal Neurotizismus) die Wahrnehmung von Raumakustik beeinflussen können. Dass viele der Befragten hohe Ausprägungswerte in mindestens einer der Dimensionen zeigen, bestätigt darüber hinaus, wie relevant das Berücksichtigen solcher Verarbeitungs- und Verhaltensmuster bei der Umsetzung von raumakustischen Maßnahmen ist.

Limitierende Faktoren der Untersuchung sind die Größe der Stichprobe sowie die Einteilung von Befragten in zwei Gruppen. Zusammengefasst gaben die Lehrer:innen das bewertete Wohlbefinden und die allgemeine Zufriedenheit größtenteils als sehr gut an. Nichtsdestotrotz bestätigen einzelne Skalen zur Raumakustik und zum eigenen Stimmverhalten, wie wichtig eine funktionierende raumakustische Ausstattung für den Unterrichtsalltag ist.

.....

Diese Untersuchung wurde als Teil eines laufenden Doktoratsprojekts am Institut für Musikwissenschaft der Universität Wien durchgeführt. Bei der Befragung handelt es sich um eine Pilotstudie; die raumakustischen Messdaten stammen von Messungen an öffentlichen Schulen aus sechs Bundesländern, wobei die meisten Daten in Niederösterreich und Wien erhoben wurden.

¹⁰ Vgl. etwa Peng Jianxin, Zhang Honghu und Wang Dan, „Measurement and analysis of teaching and background noise level in classrooms of Chinese elementary schools“, in: *Applied Acoustics* 131 (2018), S. 1–4, hier S. 3.