

P.- M. Dworok, E. Veres

## Subjektive Wahrnehmung der Raumakustik studentischer Arbeitsräume

### 1. Einleitung

Um in studentischen Arbeitsräumen akustische Behaglichkeit entsprechend der Nutzungsfunktion ermöglichen und bewerten zu können, ist es unumgänglich die subjektive Wahrnehmung der Raumakustik zu untersuchen. Anstoß und Grundlage hierfür bilden die durchgeführten raumakustischen Messungen und Befragungen nach [1]. An Hand dieser Ergebnisse wird deutlich, dass eine Beeinflussung der subjektiven Wahrnehmung der Raumakustik durch andere im Raum vorliegende Parameter möglich ist. Dabei wird mit Hilfe einer virtuellen akustischen Raumnachbildung der raumakustische Einfluss auf eine Nutzerbeurteilung von sonstigen physikalischen Parametern getrennt betrachtet.

### 2. Ziel der Arbeit

Das Ziel der Arbeit [2] ist herauszufinden, ob die subjektiven Beurteilungen der raumakustischen Wahrnehmung in den realen und virtuellen Räumen miteinander korrelieren, wenn die nichtakustischen Bedingungen mit Hilfe des „High-Performance Indoor Environment“ Labors (HiPIE-Labors) des Fraunhofer Instituts für Bauphysik IBP neutralisiert werden.

### 3. Methodik

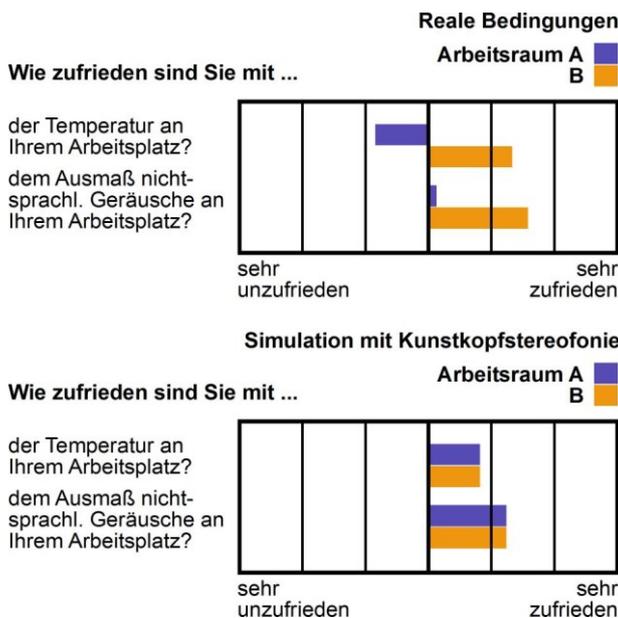
Den Untersuchungsrahmen zur Beurteilung der subjektiv wahrgenommenen Raumakustik bilden hierbei Probandentests unter unterschiedlichen Bedingungen. Es erfolgen Versuche in realen studentischen Arbeitsräumen und im virtuellen Raum. Dazu werden zwei reale studentische Arbeitsräume analysiert und deren Raumakustik im „HiPIE-Labor“, in dem die Simulation verschiedener Schall-, Klima- und Lichtverhältnisse möglich ist, nachgebildet. Beide Arbeitsräume weisen sehr ähnliche raumakustische Eigenschaften auf. Die Simulation der Raumakustiken erfolgt im HiPIE-Labor mittels zwei verschiedener Methoden. Es werden die Wellenfeldsynthese, mit der ein reales Schallfeld erzeugt wird, und die Kopfhörerstereophonie, welche die gehörrichtige Wiedergabe von Schallereignissen eines realen Raumes ermöglicht, genutzt.

Die Probanden sind bezüglich der zu untersuchenden Arbeitsräume drei Versuchsbedingungen (realer Raum, Simulation per Wellenfeldsynthese und per Kopfhörerstereophonie) ausgesetzt. Je Versuchsbedingung erfolgen Befragungen und kognitive Leistungstests. Die Leistungstests werden zur Schaffung einer konstanten Arbeitssituation verwendet. Die Erfassung der subjektiven Wahrnehmung der Raumakustik erfolgt mit allgemeinen Fragen zur Zufriedenheit sowie mittels eines semantischen Differentials. Eine Auswertung der Befragungen wird deskriptiv und analytisch durchgeführt. Während der Tests sind 17 Probanden unter allen Bedingungen einem Störschall in Form von zusammenhangslosen Sprachaufzeichnungen ausgesetzt.

### 4. Ergebnisse

Die Ergebnisse beider Arbeitsräume zeigen, dass die Simulation der Raumakustik mit beiden Methoden möglich ist. Entsprechend der vorliegenden beinahe identischen raumakustischen Eigenschaften empfinden die Probanden unter sämtlichen Bedingungen den genutzten Sprachschall als „störend“. Auch die „Zufriedenheit mit dem Ausmaß sprachlicher Geräusche“ wird sehr ähnlich mit einer Tendenz zu „unzufrieden“ eingeschätzt. So ist die Wahrnehmung des Sprachschalls durch die „angemessene“ bis „gute“ Sprachverständlichkeit als „deutlich“ und bei einer üblichen Nutzungssituation in studentischen Arbeitsräumen durch die Probanden als „störend“ zu beurteilen. Weiterhin ist die Raumakustik unter realen Bedingungen und bei den Simulationen als „deutlich“ und „verständlich“ einzustufen. Somit kann die vorliegende „angemessene“ bzw. „gute“ Sprachverständlichkeit in den untersuchten Arbeitsräumen durch die Befragungen bestätigt werden.

Es stellt sich durch die verschiedenen Untersuchungsbedingungen heraus, dass die subjektive Wahrnehmung der Raumakustik eine Temperaturabhängigkeit aufweist (Bild 1 oben). Besonders hervorzuheben ist, dass unter identischen Temperaturbedingungen im HiPIE-Labor die simulierten Arbeitsräume hinsichtlich der subjektiv wahrgenommenen Raumakustik nicht differenziert beurteilt werden (Bild 1 unten).



**Bild 1:** Mittelwerte mit der „Zufriedenheit mit der Temperatur“ und der „Zufriedenheit mit dem Ausmaß nichtsprachlicher Geräusche“ oben: unter realen Bedingungen unten: unter Simulation mit Kunstkopfstereofonie [2].

Darüber hinaus veranschaulichen die Testergebnisse der durchgeführten Varianzanalyse, dass die virtuellen Nachbildungen mit Wellenfeldsynthese und Kunstkopfstereofonie im Vergleich ähnliche Beurteilungen des semantischen Differentials zur Wahrnehmung der Raumakustik erzeugen. Es kann festgestellt werden, dass die Übereinstimmung der Ergebnisse der realen Räume mit den Resultaten der Kunstkopfstereofonie größer ist als mit denen der Wellenfeldsynthese. Folglich ist die Simulation per Kunstkopfstereofonie für eine Nachbildung der Raumakustik „besser“ geeignet.

Abschließend lassen sich die festgestellten Wechselwirkungen zwischen Temperatur und Raumakustik in Tabelle 1 veranschaulichen. Es sind die Testergebnisse der Varianzanalyse (Ergebnisse des F-Testes und der Überschreitungswahrscheinlichkeit oder Signifikanz p) dargestellt. Während keine Hervorhebung kein signifikanter Unterschied in der Wahrnehmung bedeutet, markiert „rot“ eine sehr deutliche Differenz. Der Unterschied in der „Zufriedenheit mit der Beleuchtung“, „orange“ hervorgehoben, konnte durch unterschiedliche Lichtbedingungen in den Arbeitsräumen zu den Versuchszeitpunkten begründet werden. Weiterhin ist zwischen der „Zufriedenheit mit dem Ausmaß nichtsprachlicher Geräusche“ und der „Zufriedenheit mit der Temperatur“ eine mittel bis große Korrelation unabhängig von den realen studentischen Arbeitsräumen festgestellt worden. Die Testergebnisse sowohl bei der Wellenfeldsynthese als auch bei den Kopfhörerversuchen liefern keine Signifikanz.

Die Testergebnisse veranschaulichen, dass eine Wechselwirkung „zwischen der Wahrnehmung nichtsprachlicher Geräusche“ und der „Temperaturbedingung“ vorliegt. Eine Nachbildung von Raumakustik ist mit beiden Simulationsmethoden möglich. Allerdings kann festgehalten werden, dass die Kunstkopfstereofonie für eine Simu-

lation der Raumakustik derzeit „besser“ geeignet ist, als die Wellenfeldsynthese. Auch die gemessenen raumakustischen Kenngrößen lassen sich durch die subjektive Wahrnehmung bestätigen.

**Tabelle 1:** Testergebnisse der Varianzanalysen, F-Wert und p unter realen Bedingungen.

Wie zufrieden sind Sie mit ...	Testergebnis	
	F-Wert	p
der Temperatur an Ihrem Arbeitsplatz?	14,918	0,001
dem Ausmaß der Luftbewegung an Ihrem Arbeitsplatz?	–	–
der Luftqualität an Ihrem Arbeitsplatz?	–	–
dem Ausmaß der Beleuchtung an Ihrem Arbeitsplatz?	4,734	0,045
dem visuellen Komfort der Beleuchtung?	–	–
dem Ausmaß der sprachl. Geräusche an Ihrem Arbeitsplatz?	–	–
dem Ausmaß der nichtsprachl. Geräusche an Ihrem Arbeitsplatz?	7,125	0,017

N = 17

Testergebnis nicht signifikant: –

## 5. Fazit und Ausblick

Um eine umfassende und abschließende Aussage über die subjektive raumakustische Wahrnehmung und deren Abhängigkeit von anderen physikalischen Parametern erstellen zu können, sollten Versuchsdurchgänge erfolgen, bei denen sämtliche physikalische Parameter eines realen Raumes erfasst werden. Damit wäre eine Beeinflussung der Wahrnehmung der Raumakustik durch eine Kombination mehrerer physikalischer Parameter messtechnisch eindeutig nachweisbar. Des Weiteren sollten Versuche mit größerer Probandenzahl, mit einer häufigkeitsverteilten Altersstruktur und in einer Vielzahl unterschiedlichster Räume erfolgen, um eine größere Allgemeingültigkeit und Aussagekraft hinsichtlich der Ergebnisse zu erzielen. Außerdem sollten zukünftige Versuche möglichst zu identischen Tageszeiten durchgeführt werden, um tageszeitliche Einflüsse auszuschließen und die geschaffenen Versuchsbedingungen so konstant wie möglich zu gestalten. Zusätzlich sind die Aspekte der Erwartungshaltung der Nutzer und die visuelle „Zufriedenheit mit der umgebenden Raumstruktur“ als mögliche Einflussparameter und deren Wirkungen zu diskutieren und zu untersuchen.

## Literatur

- [1] P.- M. Dworok: Untersuchung des akustischen Komforts in studentischen Arbeitsräumen – Vergleich der raumakustischen Kenngrößen und der subjektiven Beurteilung durch die Nutzer. Seminararbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2012).
- [2] P.- M. Dworok: Subjektive Wahrnehmung der Raumakustik studentischer Arbeitsräume. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2013).



**Universität Stuttgart**  
Lehrstuhl für Bauphysik

## Lehrstuhl für Bauphysik

Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra

70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, Tel.: 0711/685-66578, Fax: 0711/685-66583

E-Mail: bauphysik@lbp.uni-stuttgart.de