

HÖRTESTS ZUR WAHRNEHMUNG VON GEHSCHALL

Ennes Sarradj^{1,2}, Volker Bormann¹

¹Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH, Stauffenbergallee 15, 01099 Dresden,

²Institut für Verkehrstechnik, BTU Cottbus, Siemens-Halske-Ring 14, 03046 Cottbus

Im Beitrag wird über Untersuchungen zur Wahrnehmung von Gehschall berichtet. Ziel der Untersuchungen war, herauszufinden, welche Eigenschaften der Klang beim Begehen des Bodens haben sollte, um als vorteilhafte Produkteigenschaft empfunden zu werden. Dazu wurden in Hörtests 7 verschiedene Böden verglichen und von insgesamt 28 Personen bewertet. Über die Vorbereitung und Durchführung der Tests wird berichtet. Die Auswertemethodik wird erläutert. Die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchung werden vorgestellt und bewertet.

1. Einleitung

In den letzten Jahren hat sich die Berücksichtigung der akustischen Eigenschaften bei Laminatböden als starkes Verkaufsargument auf dem Markt etabliert [1,2]. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt und besonders in der Zukunft ist daher davon auszugehen, dass sich die Marktchancen eines akustisch unzureichenden Bodens deutlich verschlechtern. In einer empirischen Untersuchung anhand von Hörtests mit Versuchspersonen sollte deshalb die Frage geklärt werden, welche akustischen Eigenschaften eines Laminatbodens als günstig zu bewerten sind, d.h. welcher Art der Klang beim Begehen des Bodens sein sollte, um als vorteilhafte Produkteigenschaft empfunden zu werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollten als Grundlage für die Entwicklung eines in Bezug auf Gehschall akustisch günstigen Laminatbodens bzw. eines entsprechenden Dämpf- oder Dämmsystems dienen. Deshalb waren auch zusätzlich Aussagen zur Korrelation der abgegebenen Urteile mit subjektiven (z.B. persönlicher Bezug zu Laminatboden) und objektiven (z.B. optisches Erscheinungsbild) nicht-akustischen Einflüssen wünschenswert.

2. Methodik und Durchführung der Untersuchung

Konzeption: Grundsätzlich wird in Hörtests den Versuchspersonen eine Reihe von verschiedenen Tonaufzeichnungen (Hörproben) dargeboten, zu denen sie Urteile abgeben müssen. Damit die erforderlichen Aussagen aus den Ergebnissen der Hörtests gewonnen werden konnten, war eine sorgfältige Konzeption der Tests nötig. Zunächst war zu klären, welche Kriterien (Items) in die Befragung der Versuchspersonen einbezogen werden sollten. Aus den prinzipiell in Frage kommenden Kriterien wurden solche ausgewählt, die bei den Versuchspersonen möglichst wenig „Entschei-

dungs-Stress“ verursachen. Solchen Kriterien werden beispielsweise durch die Eigenschaftspaare:

- laut – leise
- hell – dunkel, hoher Klang – tiefer Klang
- angenehm – unangenehm

beschriebenen. Bei Kriterien wie Hochwertigkeit des Klangs und ähnlichem ist zu erwarten, dass die Versuchsperson größere Schwierigkeiten in der Entscheidung hat.

Nachfolgend konnte das psychometrische Konzept der Tests, also auf welche Weise das Empfinden der Versuchspersonen gemessen wird, festgelegt werden. Wegen der zu erwartenden geringen Unterschiede der Hörproben fiel die Entscheidung auf einen Vergleichstest. Wegen der problematischen Auswahl wurde auf die Verwendung eines Ankerschalls verzichtet und alle möglichen Kombinationen von je zwei Hörproben zum Vergleich angeboten. Zur Abgabe der Urteile für die abgefragten Kategorien wurde entschieden, eine kontinuierliche Skala einzusetzen, d.h. die Versuchspersonen sollten sich nicht für eine begrenzte Anzahl vorgegebener Urteile entscheiden müssen, sondern freie Wahl, z.B. für jedes zwischen den Urteilen „A ist lauter“ und „B ist lauter“ liegende Urteil, haben.

Da je nach gehender Person (Geher) und Schuhwerk deutliche Unterschiede im Ergebnis zu erwarten sind, war es wünschenswert, hier auf jedem untersuchten Boden mehrere gehende Personen aufzuzeichnen. Mit der Entscheidung das Begehen durch je eine weibliche und männliche Person aufzuzeichnen wurde ein Mittelweg zwischen dieser Forderung und der möglichst klein zu haltenden Anzahl von Hörproben gefunden.

Um zu sinnvollen Aussagen zu gelangen, wurde festgelegt, dass neben verschiedenen „schallgeminderten“ Produkten auch solche ohne schallmindernde Massnahmen sowie Böden, mit denen sich eine besonders hohe Qualitätserwartung verbindet (z.B. Parkett) mit einbezogen werden sollten.

Nach der Wahl der Items, des psychometrischen Konzepts und der Skalen fiel die Entscheidung darauf, sieben verschiedene Böden (mit je zwei

gehenden Personen) in die Untersuchung einzubeziehen. Da ein Vergleich zwischen den Aufnahmen von Geher und Geherin nicht sinnvoll erschien, waren Paarvergleiche mit zweimal sieben Hörproben durchzuführen. Jede Person musste also 42 Paare von Hörproben vergleichen.

Da zu den Nebenzielen auch die Untersuchung nicht-akustischer Einflüsse auf das Urteil gehörte, wurde in einem einfachen Zuordnungstest untersucht, ob sich ein Zusammenhang zwischen einem angenehmen Dekor und einem angenehmen Klang herstellen lässt. Weiterhin schien es sinnvoll, noch einige persönliche Daten und Einstellungen der Versuchspersonen zu erfassen. Damit sollte zum einen die Kontrolle über die Repräsentativität der Auswahl der Versuchspersonen überprüft werden und zum anderen Zusammenhänge zwischen Erfahrungen und Vorurteilen einerseits und den abgegebenen Urteilen andererseits ermittelt werden.

Tonaufnahmen: Für die Tonaufnahmen wurde ein Kunstkopf mit einem digitalen Aufnahmesystem eingesetzt. Im Aufnahmeraum befand sich eine Fundamentplatte von 2,40 m Länge und 1,95 m Breite, auf der die Proben verlegt wurden (Bild 1). Insgesamt wurden Aufnahmen von elf unterschiedlichen Böden bzw. Boden / Unterlage - Kombinationen gemacht, von denen später sieben ausgewählt wurden. Beide Geher wurden in einer Testphase für einen besonders gleichmäßigen Gang trainiert.



Bild 1. Versuchsaufbau

Durchführung der Hörtests:

Die Durchführung der Hörtests erfolgte vollständig am Computer mit einem eigens erstellten Programm, welches den folgenden Versuchsablauf vorsah:

1. Persönliche Angaben zu den Versuchspersonen (Altersgruppen 1: bis 30 Jahre, Gruppe 2: bis 50 Jahre und Gruppe 3: darüber; Geschlecht; Erfahrungen mit Laminatböden; positive oder negative Vorurteile; bevorzugte Eigenschaften bei einer angenommenen Kaufabsicht.
2. Aufeinanderfolgende und beliebig oft wiederholbare Präsentation von 42 Paaren von Gehgeräuschen,

wobei nach jedem Paar ein Vergleichsurteil bezüglich der Kriterium „lauter empfundene Hörprobe“, „in der Klangfarbe höher empfundene Hörprobe“ und „als angenehmer empfundene Hörprobe“ zu treffen war. Hierzu diente eine freie Skala, auf der ein Cursor in die jeweilige Richtung des für das gerade bewertete Merkmal zutreffenden Geräusches zu verschieben war. (Bild 2)

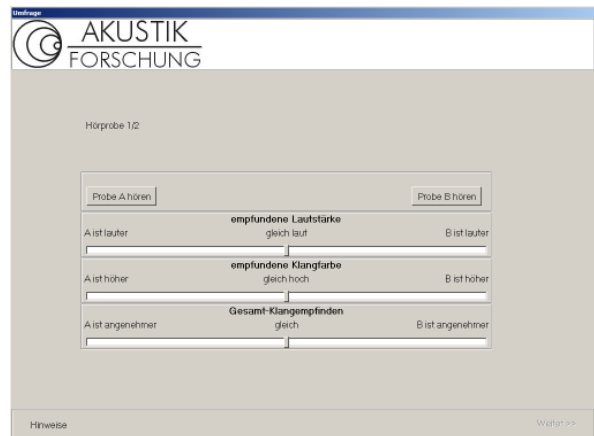


Bild 2. Eingabemaske der Software für Pkt.2

3. Fragen nach der Wichtigkeit von Lautstärke und Tonhöhe für das gesamte Klangempfinden und nach der bevorzugten Lautstärke und Tonhöhe für ein besseres (angenehmeres) Klangempfinden. Die Antworten wurden mit einer vergleichbaren Skala erfasst, wie sie unter 2. benutzt wurde.

4. Präsentation von vier Laminatbeispielen als digitale Farb fotografie und Frage nach dem optisch als am angenehmsten empfundenen.

5. erneute Präsentation dieser vier Laminatbeispiele verbunden mit der Darbietung der sieben Klangproben der weiblichen Testläuferin, wobei versucht werden sollte, in wie weit es der Versuchsperson gelingt, dem aus dem optischen Bild suggerierten Gesamtqualitätsurteil ein Gehgeräusch zuzuordnen.

Es konnten 28 Versuchspersonen einbezogen werden. Damit wurde die folgende, ausreichend ausgeglichene Verteilung auf Geschlecht und Altersklasse erzielt:

	16-30 Jahre	31-50 Jahre	51- Jahre
weiblich	4	4	3
männlich	8	5	4

Die Versuchsdauer pro Testperson betrug im Mittel ca. 30 Minuten. Vor Beginn des Versuchs wurde sichergestellt, dass bei den Versuchspersonen keine Schwerhörigkeit vorlag.

Technische Analyse: Da die Ergebnisse der Untersuchung als Grundlage für eine anschließende Produktentwicklung verwendbar sein müssen, wur-

den in einer technischen Analyse der für die Hörtests benutzten Tonaufnahmen auch objektive Merkmale in Form von Frequenzspektren und Zeitverläufen ermittelt. Zur technischen Einschätzung der Lautstärke wurde der Schalldruckpegel ermittelt. Zur einfachen Kennzeichnung des spektralen Verlaufs wurde die Mittenfrequenz des 1/6-Oktav-Bandes mit dem größten Energiegehalt verwendet. **Auswertung:** Die Auswertung der in den Hörtests erfassten Daten erfolgte mit Hilfe einer Datenbank-Software. Um die unterschiedliche Entscheidungsfreudigkeit der Versuchspersonen auszugleichen, erfolgte eine personenbezogene Skalierung der Vergleichsurteile. Alle weiteren Auswertungen wurden ausgehend von den skalierten Werten erstellt. Neben dem Gesamtergebnis wurden auch einzelne Ergebnisse getrennt nach Geher, nach Geschlecht

der Versuchsperson und nach Alter der Versuchsperson ermittelt.

3. Ergebnisse

Bewertung: Die in den Test einbezogenen Böden wurden nach den akustischen Kriterien Gesamtempfinden (Angenehmheit des Klangs), Lautstärke und Klangfarbe bewertet. Die Böden mit Dämm- bzw. Dämpfungssystem oder entsprechender Unterlage schneiden durchweg gut ab. Obwohl nicht mit einer Dämm- oder Dämpf-Unterlage versehen, wurde das Mehrschichtparkett sowohl in der Lautstärke als auch in der Angenehmheit recht gut bewertet. Erwartungsgemäß fallen die nicht schallgedämpften oder -gedämmten Laminatböden in der Bewertung zurück.

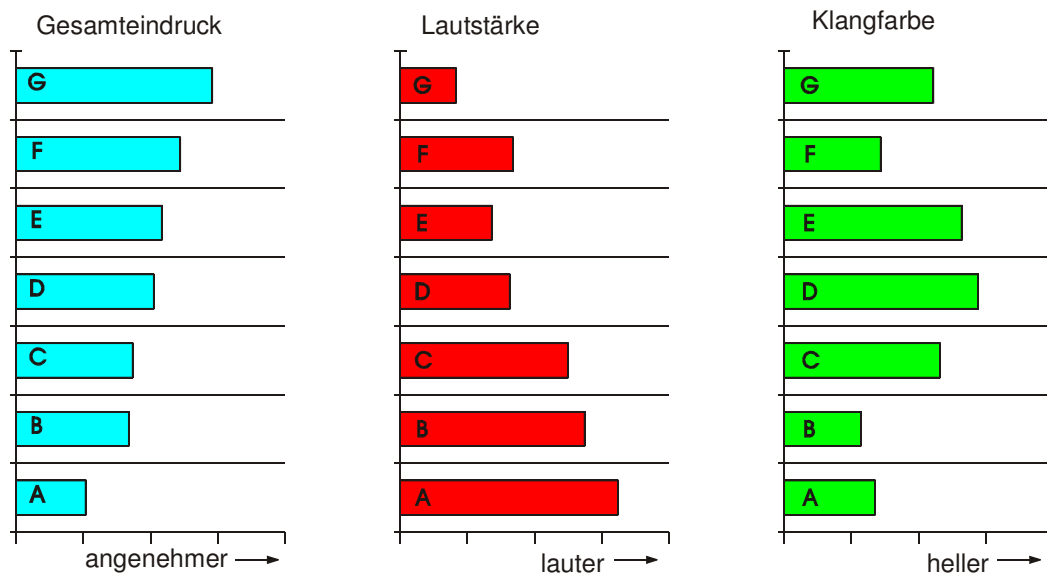


Bild 3: Einschätzung der Hörproben zu den einzelnen Böden durch insgesamt 28 Versuchspersonen (A-C: Böden ohne Dämpf- oder Dämmsystem, D,F,G: Böden mit Dämpf- oder Dämmsystem, E: Mehrschichtparkett)

Zusammenhänge zwischen den Kriterien untereinander und Ergebnisse der technischen Analyse: Die Art und Stärke dieser Zusammenhänge kann gut durch die Korrelation der Ergebnisse ausgedrückt werden. Bei einer Korrelation von 0 gibt es keinen Zusammenhang, bei einer Korrelation von 1 würden beide untersuchten Merkmale die gleiche Aussage liefern und bei einer Korrelation von -1 ein Merkmal im gleichen Maße zunehmen, wie ein anderes abnimmt.

Zwischen den Antworten zum Gesamtempfinden und zur Lautstärke gibt es einen klaren Zusammenhang, die Korrelation über die Antworten

aller Versuchspersonen beträgt -0,62, das bedeutet, eine geringere Lautstärke wird von den meisten als angenehm empfunden. Bei der Klangfarbe kann mit einer Korrelation von 0,10 kaum ein erkennbarer Zusammenhang festgestellt werden. Zwischen den einzelnen Gruppen von Versuchspersonen gibt es hier jedoch Unterschiede. Neben der Abhängigkeit von Alter und Geschlecht wurde auch untersucht, ob die Aufnahmen mit Geher und Geherin unterschiedlich beurteilt wurden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es durch die Betrachtung von Einzelgruppen bei den Antworten kaum zu deutlich anderen Rangfolgen kommt. Das zeigt,

dass die Ergebnisse der Untersuchung als repräsentativ gelten können.

Zwischen den Ergebnissen der technischen Analyse und der Einschätzung durch die Versuchspersonen besteht ein deutlicher Zusammenhang: Schallpegel und durch die Versuchspersonen bewertete Lautstärke korrelieren für die Aufnahmen mit Geherin und Geher mit jeweils 0,95 und dominante Frequenz und Urteil zur Klangfarbe mit 0,88 und 0,8. Damit besteht auch eine sehr gute Korrelation des Schalldruckpegels zum Gesamt-Empfinden (-0,91). Der Zusammenhang zwischen dominanter Frequenz und Gesamt-Empfinden ist nicht so stark ausgeprägt, aber doch wesentlich deutlicher als zwischen den Urteilen zur Klangfarbe und dem Gesamt-Empfinden.

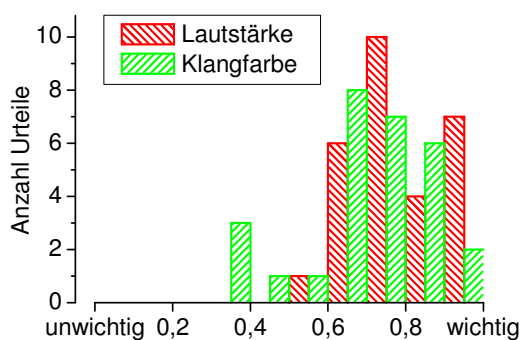


Bild 4. Welche Kriterien sind für die Versuchspersonen wichtig ?

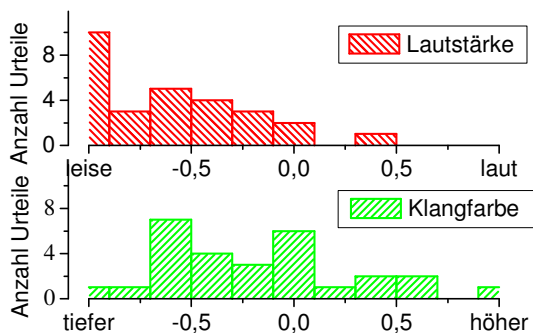


Bild 5: Erwartungen der Versuchspersonen an Lautstärke und Klangfarbe

Erwartungshaltungen der Versuchspersonen:

Nach den Vergleichstests wurden die Versuchspersonen um eine eigene Einschätzung gebeten, welche Kriterien ihnen wichtig sind. Aus der Auswertung (Bild 4) geht klar hervor, dass die Lautstärke als wichtiger empfunden wird als die Klangfarbe, die Klangfarbe aber auch nicht als unwichtig angesehen wird. Weiterhin fällt auf, dass eine deutliche Mehrheit der Versuchspersonen sich eine geringe Lautstärke wünscht (Bild 5). Beim Klang ergibt sich jedoch kein einheitliches Bild. Im Gegensatz zu den tatsächlich abgegebenen Urteilen wird von einigen sogar angegeben, einen leicht tieferen Klang zu bevorzugen.

sonen sich eine geringe Lautstärke wünscht (Bild 5). Beim Klang ergibt sich jedoch kein einheitliches Bild. Im Gegensatz zu den tatsächlich abgegebenen Urteilen wird von einigen sogar angegeben, einen leicht tieferen Klang zu bevorzugen.

Zusammenhang zwischen Dekor und Klang:

Die optische Bewertung der vier dargebotenen Dekorbeispiele ergab in der über alle Versuchspersonen gemittelten Rangfolge, dass das angenehmste Dekor mit jenem Laminat mit dem am angenehmsten empfundenen Gesamtklangempfinden übereinstimmt und in der Reihenfolge bis zum Dekor mit Rang 4 (von keiner Versuchsperson als angenehm gewählt!) der Rangfolge bis hin zum unangenehmsten Gesamtklangempfinden entspricht.

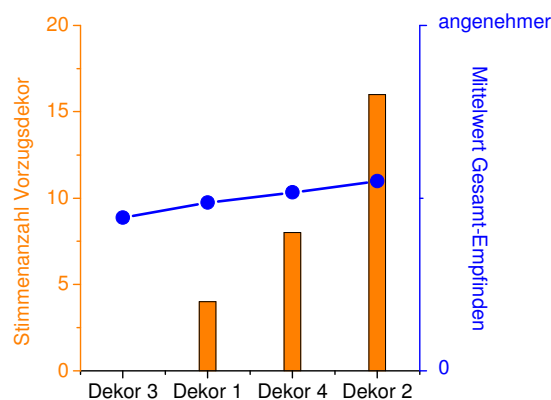


Bild 6: Zusammenhang zwischen Vorzugsdekor und Klangempfinden

4. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Ergebnisse deutlich zeigen, dass ein beim Begehen leiser Boden als angenehm empfunden wird und die geringe Lautstärke deutlich als wichtige Käufererwartung eingeschätzt werden muss. Da zwischen Dekor und akustischen Erwartungen ein Zusammenhang besteht, kann dieser nutzbar gemacht werden.

Literatur:

- [1] E. Sarradj: Walking noise -- physics and perception. Proc. CFA/DAGA 2004
- [2] E. Sarradj: Walking noise and its characterisation. Proc. ICA 2001