
RAUMAKUSTISCHE BEDINGUNGEN IN MUSIKALISCHEN PROBENRÄUMEN

EIN ANSATZ ZUR VARIABLEN NUTZUNG FÜR UNTERSCHIEDLICHE
INSTRUMENTENGRUPPEN

Björn Knöfel



Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
Nöthnitzer Straße 44, 01187 Dresden

AGENDA

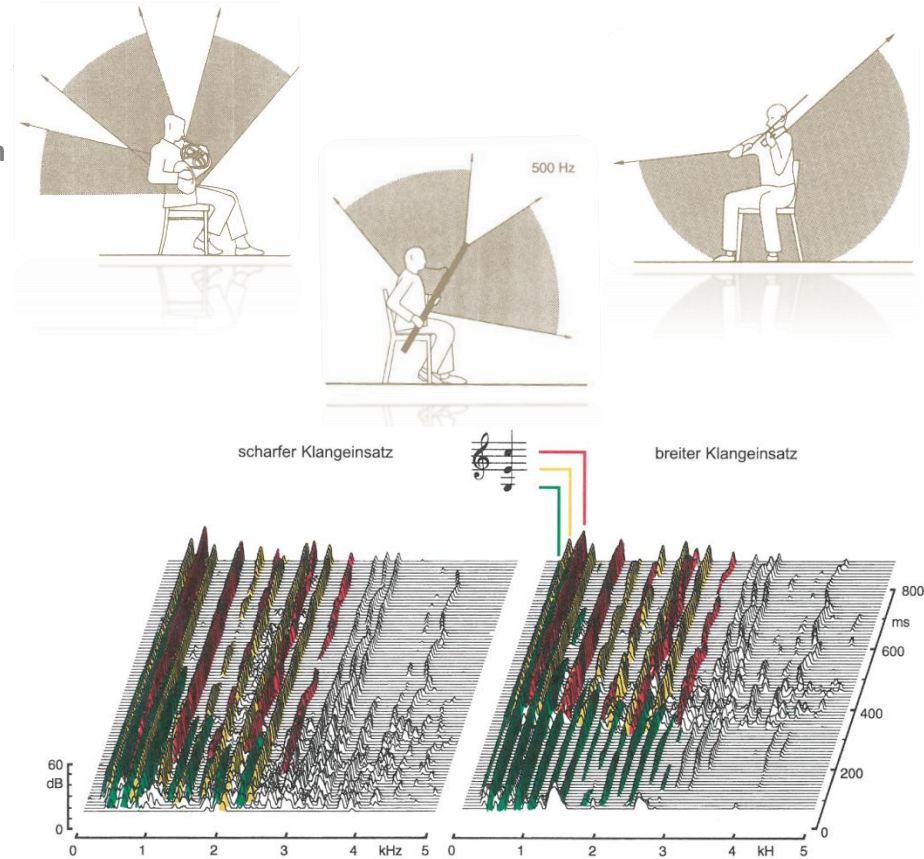
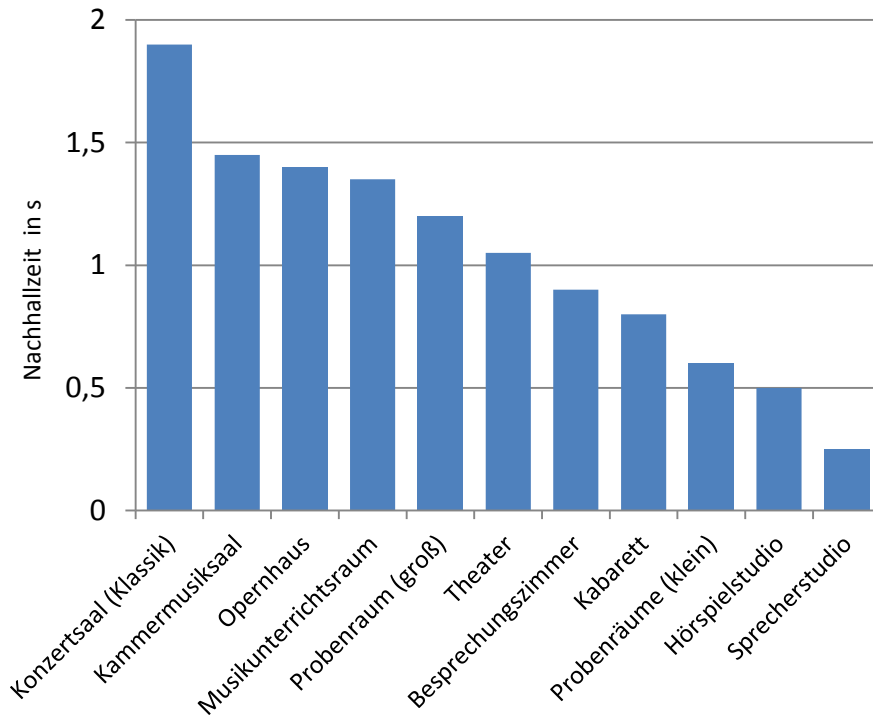
- 1. Motivation
- 2. Probenräume
- 3. Befragung
- 4. Akustikmodul, Entwürfe
- 5. Aktueller Stand und weiteres Vorgehen

1. Motivation

Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

1. Motivation: Jedes Instrument, jede Interpretation und jeder Raum klingt anders

Mittlere Nachhallzeiten bei unterschiedlichen Nutzungsszenarien
(übliche Raumvolumina, nach Fasold/Veres)



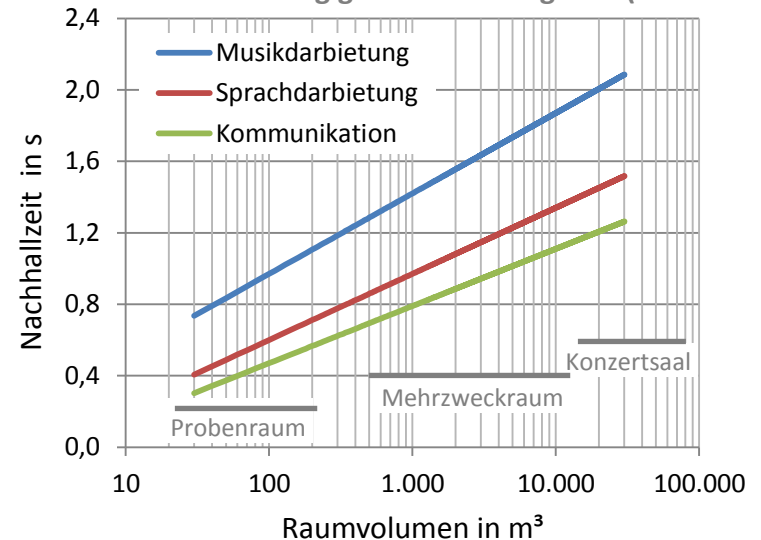
Bilder aus: Meyer, J.; Akustik und musikalische Aufführungspraxis

Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

1. Motivation: Das sagen die Musiker und Musikpädagogen

- „...Das, woran Sie da arbeiten, ist der **Traum aller aktiven Musiker**, das heißt, **aller**, die proben müssen und wollen. **Einen Raum zu haben, wo man gerne übt**, weil die Wände einem das wiedergeben, woran man noch arbeiten sollte oder worüber man sich freuen könnte. ...“
- „...Akustik spielt für uns Musiker immer eine wichtige Rolle. **Beim Musizieren müssen wir uns den räumlichen Gegebenheiten anpassen, und die lassen oftmals zu wünschen übrig.**“

Nachhallzeit in Abhängigkeit der Raumgröße (DIN 18041)



2. Probenräume

Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

2. Probenräume: Auswahl

Kreuzchor Dresden



Großer Probensaal

$$V = 850 \text{ m}^3$$

$$T_{60, \text{Messung}} = 1,3 \text{ s (leer)}$$

$$T_{60, \text{DIN18041, A1}} = 1,4 \text{ s}$$

max. ca. 100 Kreuzianer

Grundschule Dresden



Musikübungsraum

$$V = 80 \text{ m}^3$$

$$T_{60, \text{Messung}} = 1,2 \text{ s (leer)}$$

$$T_{60, \text{DIN18041, A1-A2}} = 0,6 - 0,4 \text{ s}$$

max. 3 Musiker

Berliner Philharmonie



Probenraum

$$V = 200 \text{ m}^3$$

$$T_{60, \text{Messung}} = 0,6 \text{ s (leer)}$$

$$T_{60, \text{DIN18041, A1-A3}} = 1,1 - 0,6 \text{ s}$$

max. 30 Musiker/Zuhörer

→ Variable Akustik für unterschiedliche Instrumente und Ensemblegrößen

Messungen gemeinsam mit Schirmer GmbH Beratende Ingenieure

3. Befragung

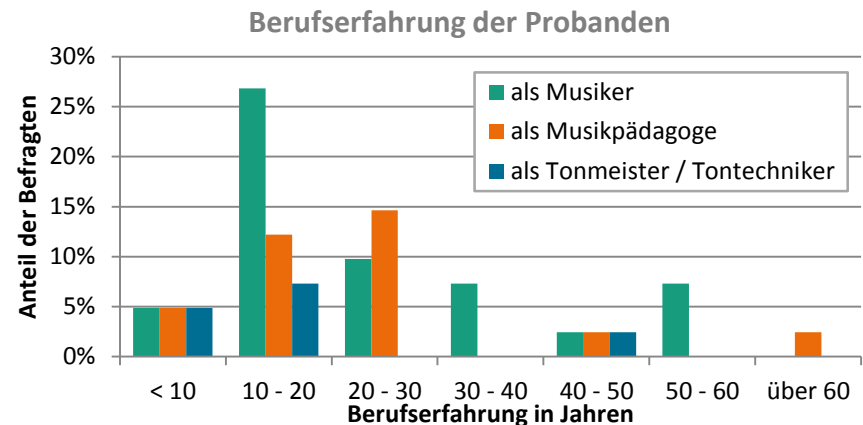
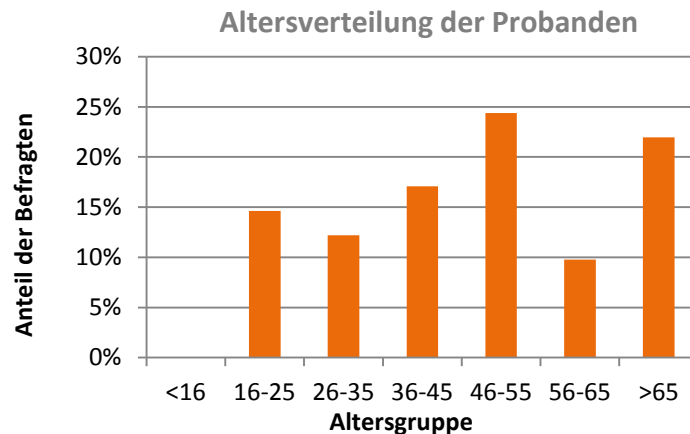
Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

3. Befragung: Abschätzung Bedarf

- In vielen Gesprächen mit Musikern wurde der Wunsch nach akustischen Veränderungen von Probenräumen geäußert

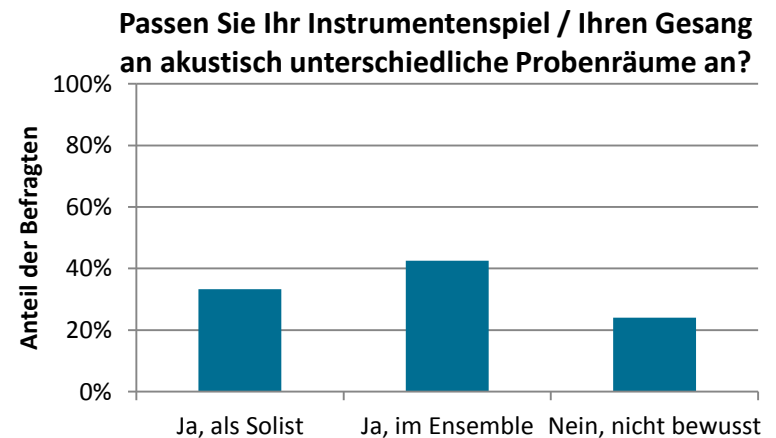
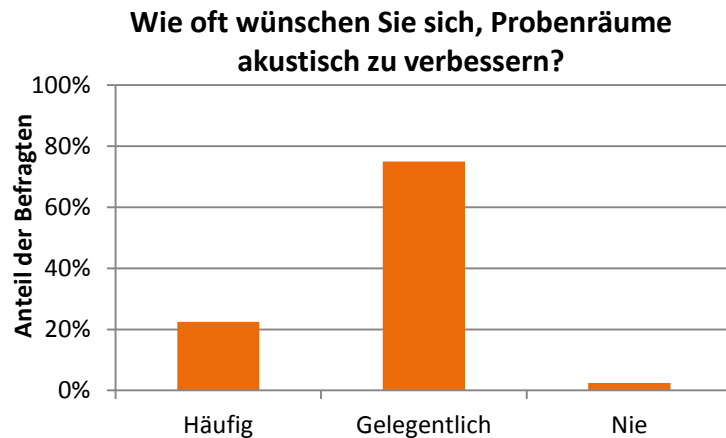
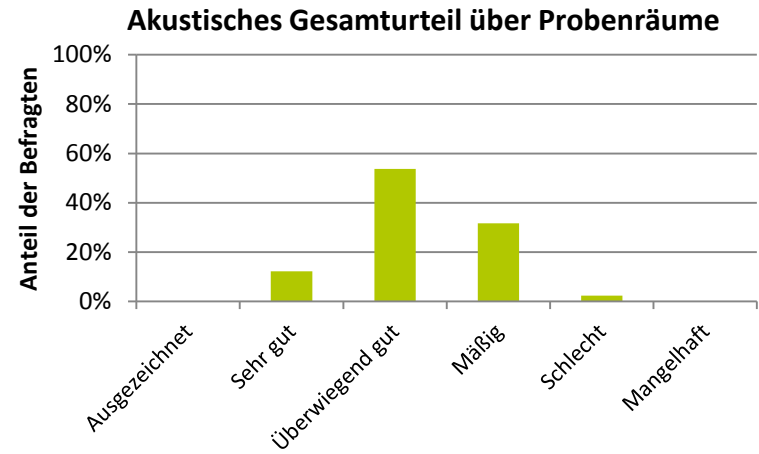
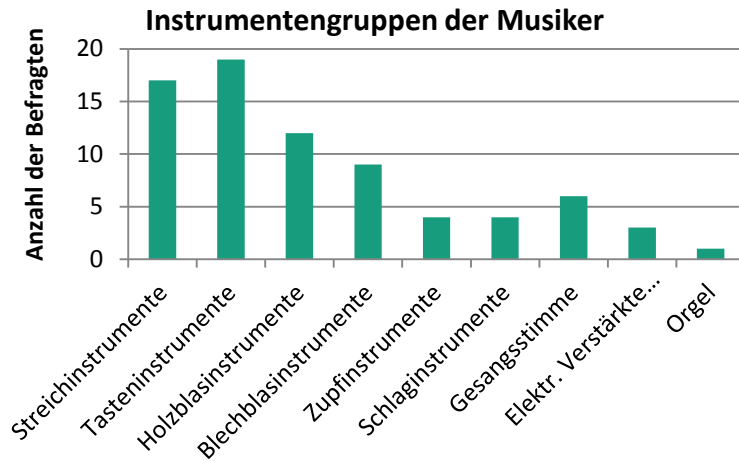
→ Befragung von 41 Musikern und Musikpädagogen

- Abschnitt A – Musik & Instrumente
- Abschnitt B – Raumakustik & Probenräume
- Abschnitt C – Tonmeister & Aufnahmetechnik
- Abschnitt D – Design



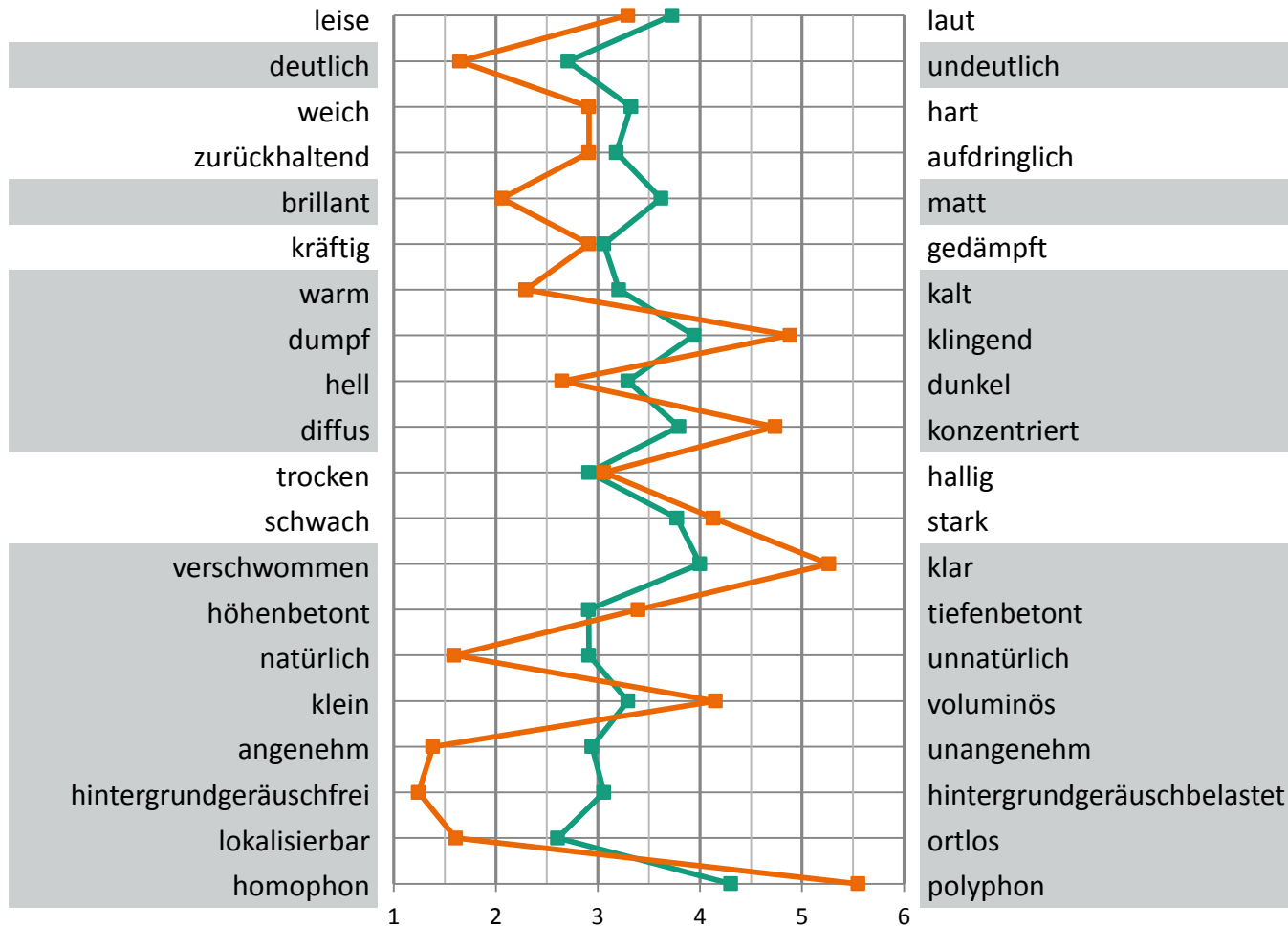
Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

3. Befragung: Ergebnisse (1)



Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

3. Befragung: Ergebnisse (2)



Typischer Raum,
Idealer Raum

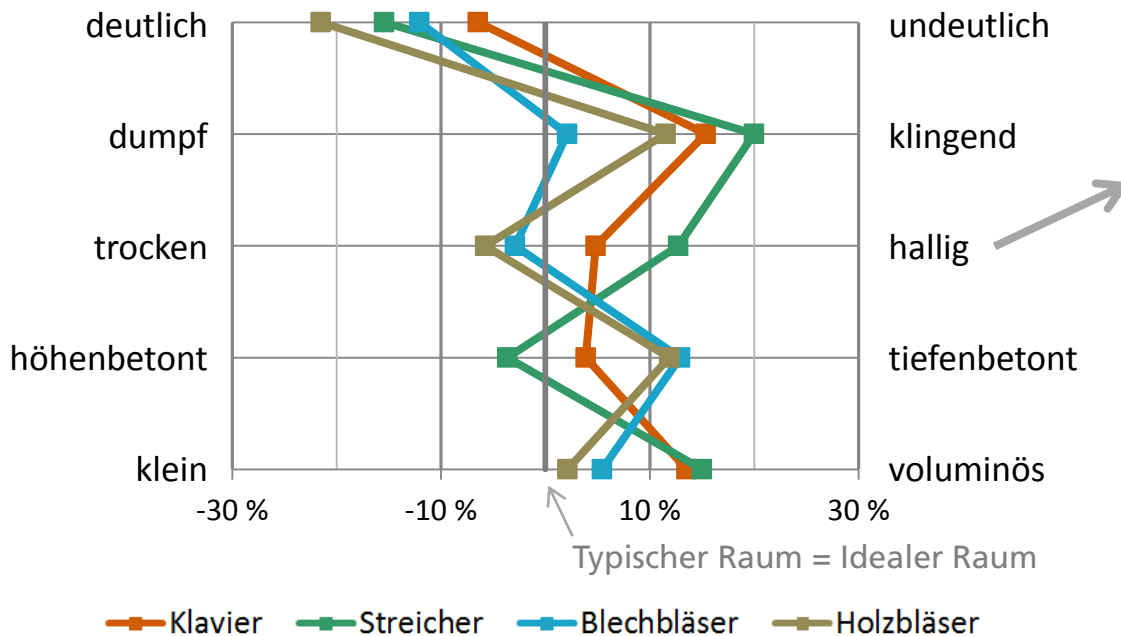
Grau markiert:
Unterschiede signifikant
(t-Test, 95% Vertrauensintervall)

Attributpaare u.a. anlehnd an
Bismarck 1973, Wilckens 1977
und Lindau 2014

Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

3. Befragung: Ergebnisse (3)

- Unterteilt nach den vier häufigsten Instrumentengruppen:
 - Unterschiede zwischen idealen und typischen Räumen
 - Fünf am stärksten unterschiedliche Attributpaare



Wunsch der Nachhallzeiten

Holzbläser	-0.1 s
Blechbläser	-0.05 s
Klavier	+0.1 s
Streicher	+0.2 s

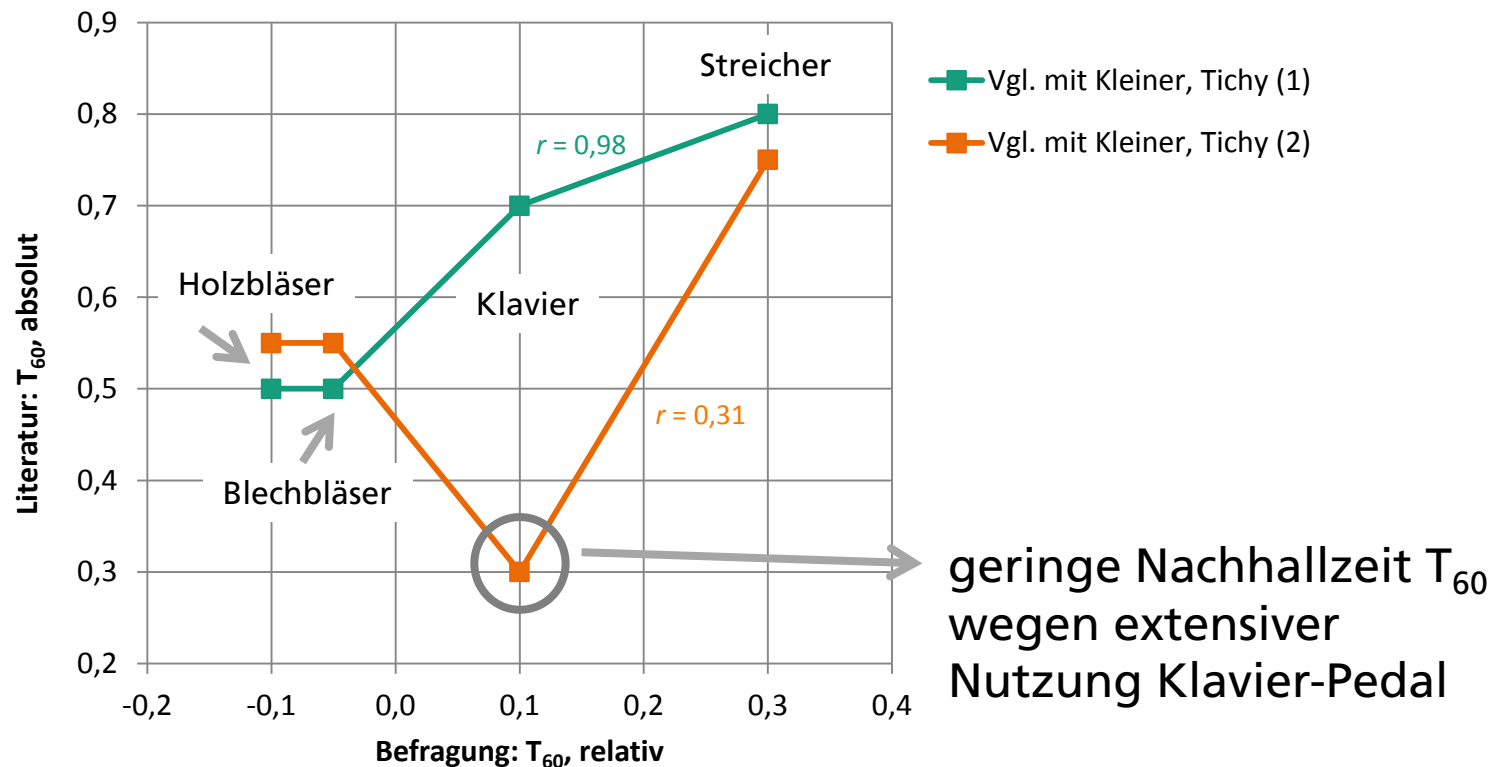
(bezogen auf T_{60} Spanne von 0.3 – 2s)

Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

3. Befragung: Ergebnisse (4)

■ Instrumentengruppen, Wunsch der Nachhallzeiten

■ Vergleich mit Literatur (Kleiner, Tichy: Acoustics of small rooms, 2014)



Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

3. Befragung: Ergebnisse (5)

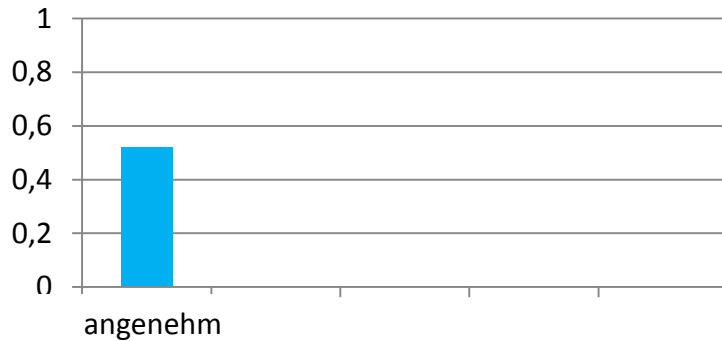
- 10 Attributpaare für Faktorenanalyse
(Ladungssumme der ersten 4 Faktoren > 0,65)
 - 4 Faktoren für 81% erklärte Varianz
 - Rotation mit Varimax
 - Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium = 0,63
- 20 Attributpaare für Faktorenanalyse (knapp nicht geeignet (Test: KMO-Kriterium = 0,46))

Faktorenanalyse				
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
deutlich/ undeutlich	0,41	0,40	0,12	-0,03
weich/ hart	0,38	-0,17	-0,70	-0,47
zurückhaltend/ aufdringlich	0,36	-0,41	-0,63	0,17
kräftig/ gedämpft	-0,06	-0,10	0,57	-0,78
trocken/ hallig	0,03	1,00	-0,05	-0,05
trocken/ hallig	-0,38	-0,16	-0,64	0,52
natürlich/ unnatürlich	0,38	0,40	0,27	0,26
klein/ voluminös	-0,12	0,96	-0,21	-0,11
angenehm/ unangenehm	0,52	0,14	0,00	-0,52
lokalisierbar/ ortlos	0,17	-0,22	0,63	0,69
Interpretation	Gefallen	Raumgefühl (Intimität)	Dominanz	Präzision

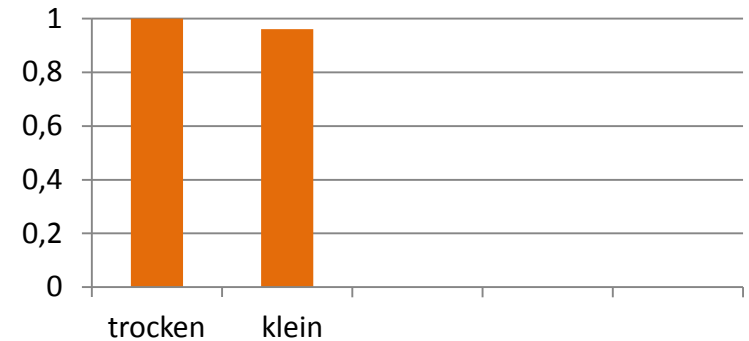
Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

3. Befragung: Ergebnisse (6)

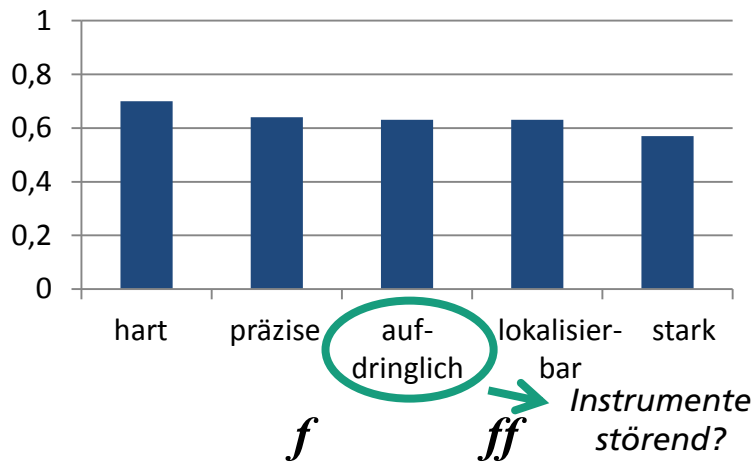
Gefallen



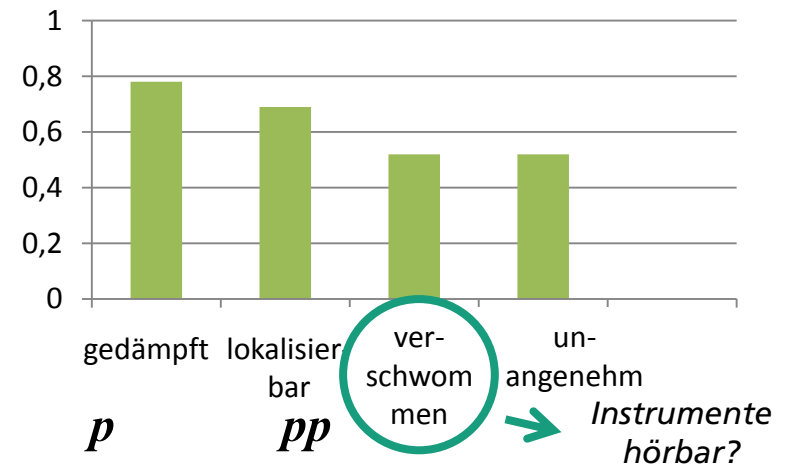
Raumgefühl



Dominanz



Präzision



Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

3. Befragung: Zusammenfassung

- Herausforderung:
 - *Unterschiedliche* Räume werden bewertet von
 - Musikern *unterschiedlicher* Instrumentengruppen,
 - die sich *verschiedene* Musikstücke in Erinnerung rufen
- Ansprechen der Musiker auf verschiedenen Wahrnehmungsebenen (Attributpaare), da das akustische Sprachvokabular sehr unterschiedlich ist
- Relevanter Unterschied zwischen derzeitigen und idealen Übungsräumen
- Musiker der Instrumentengruppen Klavier, Streicher, Blechbläser und Holzblasinstrumente präferieren eine um 0,3s unterschiedliche Nachhallzeit
- 10 Attributpaare lassen sich auf 4 dominante Faktoren reduzieren:



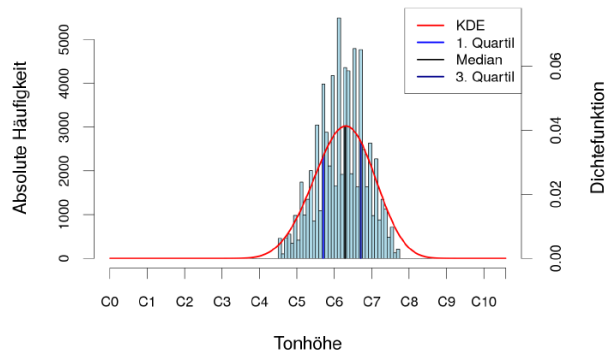
4. Akustikmodul

Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

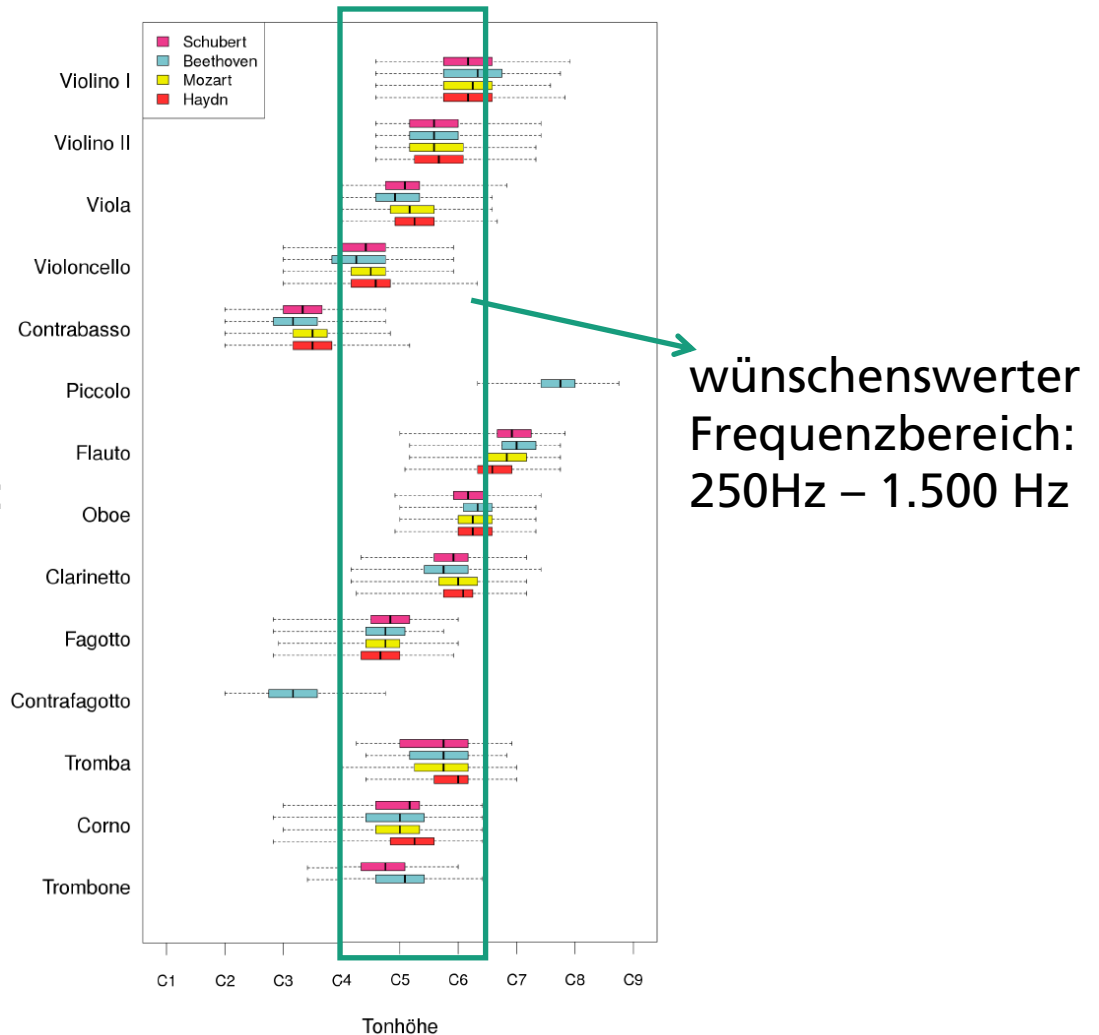
4. Akustikmodul: Frequenzbereich

- Tonhöhenverteilung im klassischen Orchester¹:

- Histogramm für 1. Violine¹:



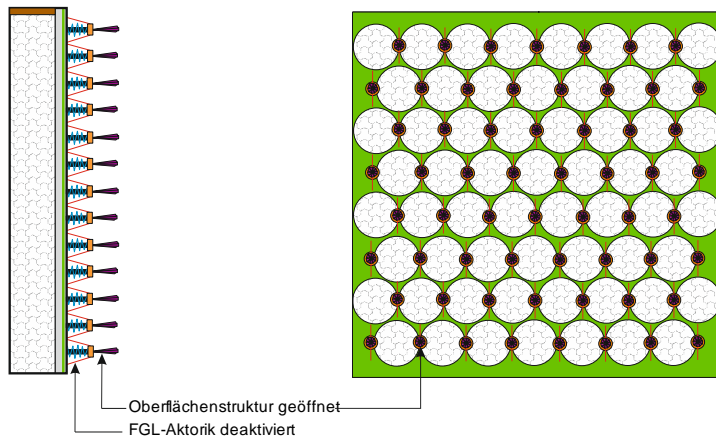
¹ nach Quiring, Weinzierl (TU Berlin, 2016)



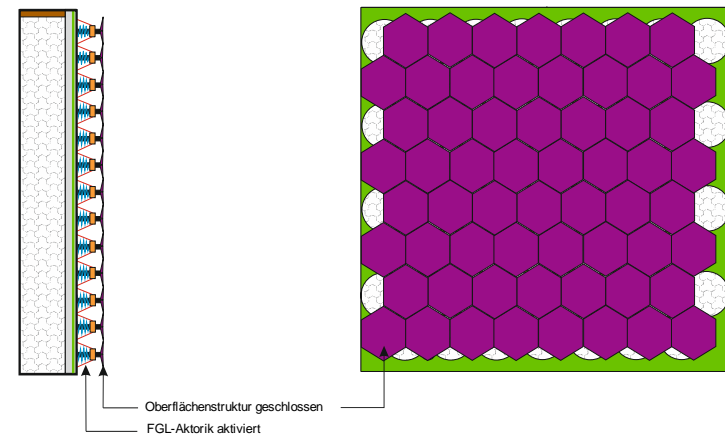
Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

4. Akustikmodul: Beispiel-Entwurf 1

- Variables Akustikmodul unter Verwendung von Formgedächtnislegierungen (smart materials)
- Geräuschloses Verstellen der Segmente (Anforderung)



- Struktur geöffnet: Absorption



- Struktur geschlossen: Reflexion

Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

4. Akustikmodul: Beispiel-Entwurf 2



- Struktur geöffnet: Reflexion (schallhart)

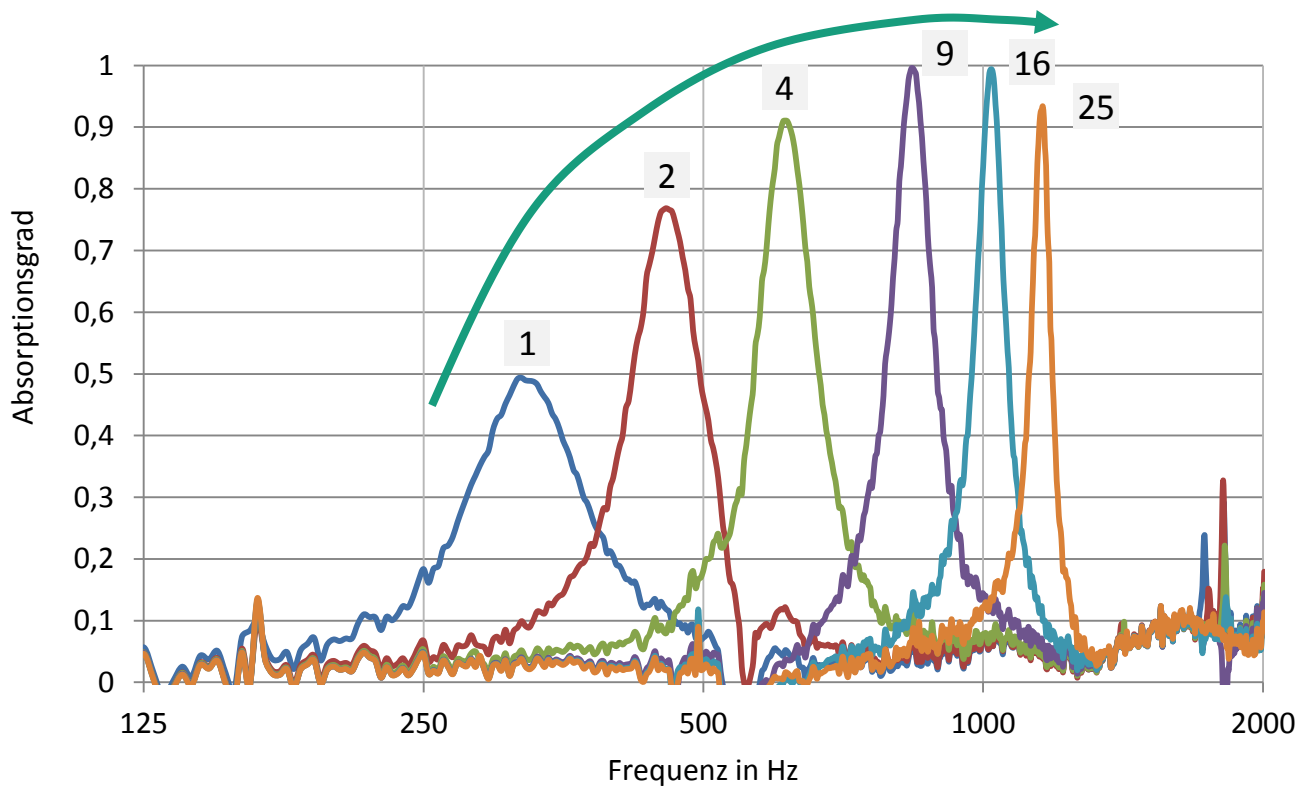


- Struktur geschlossen: Absorption durch Helmholtz-Resonator (Masse-Feder-System)

Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

4. Akustikmodul: Beispiel-Entwurf 2

■ Absorptionsgrad in Abhängigkeit der Schlitzfläche:



5. Weiteres Vorgehen

Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

5. Aktueller Stand und weiteres Vorgehen

Raumakustische Bestandsaufnahme (*abgeschlossen*)

- Messung der Impulsantworten in ausgewählten Probenräumen
- Befragung von Musikern, Tonmeistern, Musikpädagogen

Entwicklung von veränderlichen Oberflächenmodulen (*in Arbeit*)

- Akustische, aktorische und gestalterische Konzeptentwicklung
- Auralisierung ausgewählter Probenräume

Nachweis der akustischen Wirksamkeit (*2018/19ff*)

- Messung der Impulsantworten in ausgewählten Probenräumen
- Subjektive Einschätzung durch Musiker, Tonmeister und Musikpädagogen

Raumakustische Bedingungen in musikalischen Probenräumen

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
Reichenhainer Straße 88, 09126 Chemnitz

bjoern.knoefel@iwu.fraunhofer.de + 49 351 4772 2791



Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung



Projektpartner:

weißensee
kunsthochschule berlin



SBS BÜHNENTECHNIK GMBH

