

Subjektive Beurteilung der Qualität und Ähnlichkeit von Flügelklängen **M. N. VALENZUELA** (Fachgebiet Akustische Kommunikation, Technische Universität München)

Einleitung

Zur Gewinnung von Kriterien, die bei der klanglichen Beurteilung von Flügeln von Bedeutung sind, wurden Qualitätsbeurteilungen mit einzelnen Tönen verschiedener Flügel vorgenommen. Insbesondere wurden folgende Fragen untersucht:

- Wie gut können Einzeltöne verschiedener Flügel voneinander unterschieden werden (Diskrimination)?
- Wie groß sind die Unähnlichkeiten zwischen Einzeltönen verschiedener Flügel (Distanz)?
- Können einzelne Töne hinsichtlich ihrer Qualität in eine Rangfolge gebracht werden?

In zwei Hörversuchen wurden Einzeltonaufnahmen tiefer, mittlerer und hoher Tonlage (C2, C4, C6) von vier Flügeln (b, i, s, y) verschiedener Hersteller, aber gleicher Größe, bezüglich der genannten Fragen verglichen. An den Experimenten nahmen acht normalhörende Versuchspersonen im Alter von 22 bis 52 Jahren teil, die über eine gute bis sehr umfassende musikalische Bildung verfügen.

Diskrimination

Zur Ermittlung der Unterscheidbarkeit der einzelnen Töne wurden den Versuchspersonen jeweils vier Einzelklänge gleicher Tonlage in zwei Paaren dargeboten, wobei höchstens einer der vier Töne von einem anderen Flügel stammte. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe anzugeben, ob sie einen Unterschied hören konnten. Bei Bejahung dieser Frage war dasjenige Paar zu nennen, in dem sich der andersartige Klang befand. Alle möglichen Vergleiche zwischen den Flügelklängen einer Tonlage wurden in derartigen Quadrupeln je acht mal in randomisierter Folge dargeboten.

Die Ergebnisse zeigen, daß sowohl in tiefer wie auch in mittlerer Tonlage nur geringe Verwechslungen auftreten. Bei C2 liegt die Diskrimination zwischen 97% und 100%; bei C4 zwischen 91% und 100%. In der hohen Tonlage treten erhebliche Verwechslungen auf (Diskrimination für C6: 41% - 100%). Einzelne Vergleiche zeigen jedoch auch in der hohen Tonlage gute Unterscheidbarkeit (Diskrimination für die Vergleiche "is" und "sy" beträgt 80% bzw. 82%).

Distanz

Zusammen mit der Diskrimination, also im gleichen Hörversuch, wurden die Unähnlichkeiten zwischen den Tönen gleicher Tonlage ermittelt. Neben der Beantwortung der Diskriminationsfrage hatten die Versuchspersonen die Aufgabe ein Unähnlichkeitsmaß anzugeben, das die subjektive Distanz zwischen den beiden unterschiedlichen Klängen im Quadrupel beschreibt. Hierzu war folgende Skala vorgegeben:

- kein Unterschied: 0
- sehr ähnlich: 1 - 3
- mittlere Ähnlichkeit: 4 - 6
- sehr unterschiedlich: 7 - 9

In Abb. 1 sind für die drei untersuchten Tonlagen die arithmetischen Mittel (kurz: mittlere Distanzen) der Mediane der einzelnen Versuchspersonen sowie deren gemittelte Interquartilbereiche für die einzelnen Vergleiche angegeben. Diese Art der Darstellung gemittelter Interquartilbereiche läßt eine Aussage über die intraindividuellen Schwankungen zu, da sie im Mittel die Konstanz der einzelnen Versuchspersonen bei der Beurteilung der Distanzen abbildet. Für alle drei Tonlagen überstreichen die gemittelten Interquartilbereiche etwa 2, maximal 3 Distanzmaße, so daß eine hohe Konstanz der einzelnen Versuchspersonen bei den Beurteilungen festgestellt werden kann.

Die Abweichungen der Mediane der einzelnen Versuchspersonen von den dargestellten Mittelwerten weisen für alle drei Tonlagen Standardabweichungen von etwa 1.5 auf, so daß die Mediane der

einzelnen Versuchspersonen durch die dargestellten Mittelwerte beschrieben werden können. Auf Grund der geringen interindividuellen Schwankungen wurden die aussagekräftigeren Mittelwerte der Mediane der einzelnen Versuchspersonen anstelle der Gesamtzentralwerte, die sich ohnehin kaum von den Mittelwerten unterscheiden, für die einzelnen Vergleiche verwendet. Zusammenfassend kann man feststellen, daß die Versuchspersonen die Distanzen recht ähnlich beurteilen.

Eine Wiederholung des Hörversuchs mit sechs von den acht Versuchspersonen ergab eine hohe Reproduzierbarkeit der in Abb.1 dargestellten Ergebnisse.

Zusammenhang zwischen Diskrimination und Distanz

Aus Abb.1 ist die Abnahme der mittleren Distanzen zu höheren Tonlagen hin deutlich ersichtlich. Bei C2 beispielsweise liegen die meisten mittleren Distanzen beim Distanzmaß 6, in der mittleren Tonlage dagegen bei ca. 5. Am deutlichsten ist die Abnahme der mittleren Distanzen für alle Vergleiche in der hohen Tonlage zu sehen, wo sie nur etwa 2 betragen. Da auch die Diskrimination zu hohen Tonlagen hin abnimmt, scheint sich ein Zusammenhang zwischen Diskrimination und Distanz zu bestätigen.

Qualität

Zur Überprüfung der Frage, ob einzelne Töne hinsichtlich ihrer Qualität in eine reproduzierbare Rangordnung eingeordnet werden können, wurden in einem zweiten Hörversuch für die drei Tonlagen getrennt alle möglichen Paarvergleiche der vier Flügel dargeboten, wobei niemals ein und derselbe Flügel zu vergleichen war. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe anzugeben, welcher der beiden Flügelklänge im dargebotenen Paar die bessere Qualität besitzt. Hierbei konnten die Versuchspersonen die Darbietung des Paares so oft wiederholen, bis sie in der Lage waren, eine eindeutige Entscheidung abzugeben. Alle Paarvergleiche wurden jeweils sechs mal in randomisierter Folge dargeboten.

Anhand der Wiederholungen kann die Konstanz der Aussagen der Versuchspersonen überprüft werden. In der tiefen Tonlage ergibt sich im Mittel eine Konstanz von 80%, d.h. daß im Mittel in 80% aller Fälle die einzelne Versuchsperson die gleiche Entscheidung trifft. Die Konstanz in der mittleren Tonlage beträgt im Mittel 82%, in der hohen Tonlage liegt sie immer noch im Mittel bei 79%. Auf Grund der in allen drei Tonlagen gleichbleibenden, relativ hohen Konstanz kann von einer guten Reproduzierbarkeit der Qualitätsrangfolgen gesprochen werden. Dies gilt insbesondere auch für die hohe Tonlage, bei der, wegen der geringen Diskrimination, eher eine geringe Konstanz zu erwarten war.

Die über alle Versuchspersonen gemittelten Konstanz für die einzelnen Flügelvergleiche zeigen, daß in allen drei Tonlagen einzelne Vergleiche sehr eindeutig, andere dagegen mit geringerer Konstanz beurteilt werden. In der tiefen Tonlage wird beispielsweise der Vergleich der beiden Flügel "bs" mit einer Konstanz von 94% sehr eindeutig entschieden. Der Vergleich "sy" dagegen bereitet den meisten Versuchspersonen Schwierigkeiten, was sich durch die geringere Konstanz von 69% ausdrückt. Auch in der hohen Tonlage findet man Vergleiche, die sehr eindeutig beurteilt werden (z.B. Konstanz von "by" beträgt 94%) und Vergleiche mit geringerer Konstanz (z.B. 69% beim Vergleich "is"). In der mittleren Tonlage liegen die Konstanz der einzelnen Vergleiche zwischen 75% und 92% (z.B. 92% bei "is", 75% bei "bs" bzw. "by"), so daß hier kein Flügelvergleich besondere Schwierigkeiten bei der Entscheidung bereitet. Die Schwankungen bei der Qualitätsbeurteilung innerhalb einer Versuchsperson, die zu einer geringeren Konstanz führen, ergeben sich durch Variation der für die Beurteilung herangezogenen Kriterien und deren zugeordneten Gewichte, die ebenfalls variieren können. Bei Flügelvergleichen, die von allen Versuchspersonen mit hoher Konstanz beurteilt wurden, ordneten gleichwohl nicht alle Versuchspersonen dem gleichen Flügel die bessere Qualität zu. Es stellt sich also heraus, daß auf Grund der Mehrdimensionalität des Flügelklanges bei den Qualitätsbeurteilungen wechselnde

Gesichtspunkte der Beurteilung möglich sind und somit sowohl innerhalb einer Versuchsperson wie auch zwischen den Versuchspersonen Schwankungen in den Qualitätsbeurteilungen auftreten können. Dennoch zeigt sich in Abb.2, in der die mit allen Versuchspersonen gebildeten relativen Häufigkeiten der Bevorzugung und damit die Gesamtbeurteilung für die drei Tonlagen dargestellt sind, daß besonders gute bzw. besonders schlechte Flügelklänge sich deutlich abheben.

Zusammenhang zwischen Diskrimination und Qualität

Aus geringer Diskrimination kann offenbar nicht auf geringe Konstanz bei den Qualitätsbeurteilungen geschlossen werden. Dies zeigt sich deutlich in der hohen Tonlage, bei der trotz geringer Diskrimination eine hohe Konstanz (79%) der Qualitätsbeurteilungen auftritt. Der Grund für dieses Ergebnis liegt wahrscheinlich in der durch die Versuchsmethode geförderten Wahrnehmung einzelner Dimensionen des Flügelklanges bei der Qualitätsbeurteilung. Durch mehrmaliges Anhören ein und desselben Paares ist die Versuchsperson in der Lage, zunächst überhörte Details herauszuhören und somit eine eindeutige Entscheidung hinsichtlich der Qualität zu treffen. Die einmalige Darbietung der Quadrupel bei den Diskriminationsversuchen hingegen beschränkt die Versuchsperson auf spontane Aussagen über den ersten Höreindruck, bei dem Details noch nicht ins Gewicht fallen, so daß Verwechslungen leicht möglich sind. Aus demselben Grund läßt sich auch die Vermutung, daß geringe Diskriminationen zu kleinen Qualitätsunterschieden führen, nicht halten. In der hohen Tonlage sind trotz der geringen Diskriminationen die Unterschiede zwischen den relativen Häufigkeiten der Bevorzugung der einzelnen Flügelklänge recht deutlich ausgeprägt (Abb.2).

Zusammenhang zwischen Distanz und Qualität

Wegen des bereits erwähnten Zusammenhangs zwischen Diskrimination und Distanz ergeben sich für den Zusammenhang zwischen Distanz und Qualität dieselben Ergebnisse wie für den Zusammenhang zwischen Diskrimination und Qualität. Folglich kann aus kleinen mittleren Distanzen weder auf geringe Konstanz in den Qualitätsbeurteilungen noch auf geringe Qualitätsunterschiede, d.h. ähnliche relative Häufigkeiten der Bevorzugung der einzelnen Flügelklänge geschlossen werden (Abb.2).

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Distanz und Qualität sollte sich im Hinblick auf die Mehrdimensionalität des Flügelklanges nicht auf eindimensionale Distanzen beschränken. Deshalb wurde aus den in Abb.1 eindimensional dargestellten mittleren Distanzen der einzelnen Vergleiche anhand eines multidimensionalen Skalierungsalgorithmus für jede Tonlage ein zweidimensionales Distanzmodell berechnet (Abb.3). Die ermittelten Konfigurationen stellen die jeweils beste Repräsentation der subjektiven mittleren Distanzen, die zwischen den einzelnen Flügelklängen beobachtet werden, in der Ebene dar. Es zeigt sich, daß aus geringen Konstanz bei der Qualitätsbeurteilung zweier Klänge signifikante Aussagen über deren Lage im Distanzmodell gemacht werden können. Im Hinblick auf einen Zusammenhang zwischen Distanz und Konstanz bei der Qualitätsbeurteilung sind folgende Fälle möglich:

- a) Die beiden Klänge liegen in allen Dimensionen eng benachbart.
(Beispiel C2: Konstanz von "sy" beträgt 69%)
- b) Die beiden Klänge liegen in einer der Dimensionen eng benachbart.
(Beispiel C6: Konstanz von "is" beträgt 69%)

Aussagen über einen Zusammenhang zwischen Distanz und Qualität müssen also die Mehrdimensionalität des Flügelklanges berücksichtigen.

Dank gebührt dem Hause Piano Lang in München, das für die Aufnahmen der untersuchten Instrumente sowohl Räumlichkeiten als auch Instrumente zur Verfügung gestellt hat. Auch Herrn Prof. Dr.-Ing. E. Terhardt sei für die vielen wertvollen Hinweise und die kritische Durchsicht des Manuskripts gedankt.

Literatur

- [1] Grey, J.M., Moorer, J.A., J. Acoust. Soc. Am. 62, 454-462 (1977).
 [2] Meyer, A.F., Das Musikinstrument 29, 1432-1441 (1980).
 [3] Kruskal, J.B., Psychometrika 29, 1-27 (1964).
 [4] Meyer, J., Lottermoser, W., Acustica 11, 291-297 (1961).

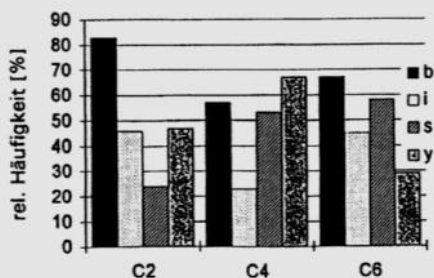
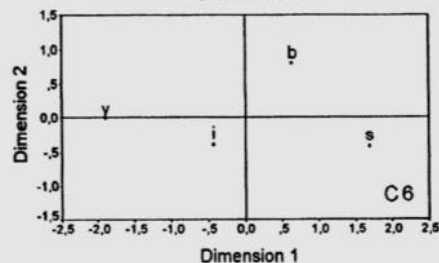
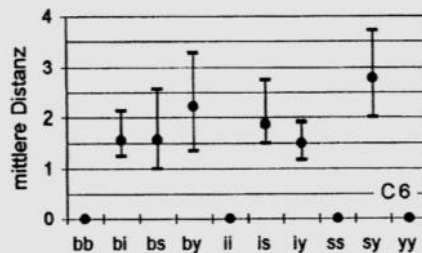
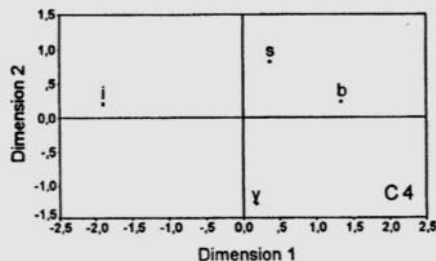
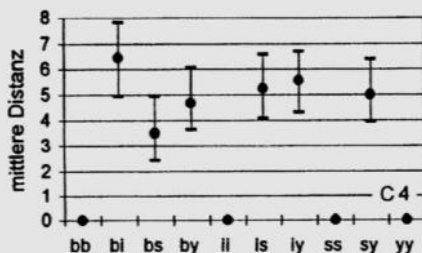
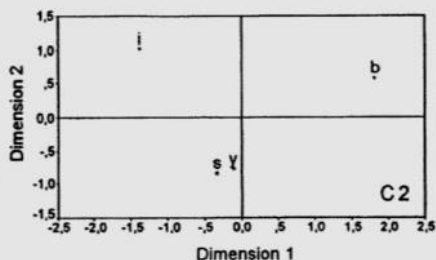
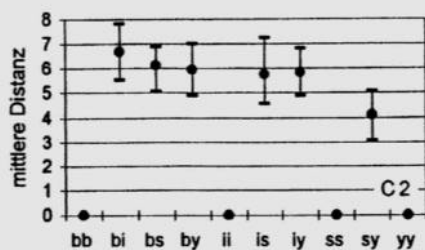


Abb.1 (links oben): Arithmetische Mittel der bei den Distanzuntersuchungen ermittelten Mediane der einzelnen Versuchspersonen und deren gemittelten Interquartilbereiche für die einzelnen Flügelvergleiche getrennt nach Tonlagen.

Abb.2 (links unten): Relative Häufigkeiten der Bevorzugung der einzelnen Flügelklänge in den drei Tonlagen.

Abb.3 (rechts oben): Zweidimensionale Euklidische Distanzmodelle für die einzelnen Tonlagen. Berechnungen aus den mittleren Distanzen anhand multidimensionaler Skalierung.