

TONARTENIDENTIFIKATION KURZER MUSIKDARBIETUNGEN

E. Terhardt und M. Seewann

Lehrstuhl für Elektroakustik der Technischen Universität München

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit der Wahrnehmung von Musik wird häufig erwähnt, daß jede der musikalischen Tonarten einen mehr oder weniger ausgeprägten Ausdrucks- bzw. Stimmungswert (Tonartencharakter) besäße. Jedoch sind die Angaben über die Zuordnung der Charaktere zu den einzelnen Tonarten unterschiedlich. Darüber hinaus bleibt unklar, ob die Zuordnung, soweit vorhanden, auf Personen mit "absolutem Gehör" beschränkt ist. Experimentelle Untersuchungen der Fähigkeit zur Tonartenidentifikation bei Absoluthörern sowie Nichtabsoluthörern erscheinen daher für grundlegende Aspekte der Musikwahrnehmung von erheblichem Interesse. Erste systematische Experimente dieser Art wurden von Corso (1957) mit 27 Musikstudenten durchgeführt. Die Aussagekraft der dabei gewonnenen Ergebnisse erscheint jedoch im Hinblick auf die verwendeten Testklänge, die nicht ganz artifaktsichere Versuchsmethode und die begrenzte Zahl von Versuchspersonen zu gering um weitreichende Schlußfolgerungen zu erlauben. Wir haben deshalb weitere, umfangreiche Versuche zur Tonartenidentifikation durchgeführt, wobei als Testklänge durchweg die ersten 4 bis 5 Sekunden der 12 Dur-Präludien des Wohltemperierten Klaviers (Bd.1) von J.S. Bach verwendet wurden. Eine erste Serie von Versuchen dieses Typs wurde in einer früheren Arbeit beschrieben (Terhardt & Ward, 1982). Mit Hilfe der dabei gewonnenen Erfahrungen wurden umfangreiche weitere Tests durchgeführt, welche insbesondere statistische Aussagen über die individuelle Verteilung der Tonartenidentifikationsfähigkeit ermöglichen (Terhardt & Seewann, 1982). Der vorliegende Beitrag gibt eine kurzgefaßte Darstellung der letztgenannten Untersuchungen.

2. Versuchsdurchführung

Im folgenden wird über insgesamt vier verschiedene Versuche berichtet. Sie werden als Klavierversuch I bzw. II, sowie Kontrollversuch I bzw. II bezeichnet. Alle Versuche wurden mittels Tonbandwiedergabe durchgeführt. Die Tonbandaufnahmen entstanden durch manuelle Realisation der Musikbeispiele auf dem Klavier bzw. einem elektronischen Tasteninstrument durch einen geübten Pianisten. Dabei wurden nach einer zuvor festgelegten Reihenfolge die Ausschnitte der Präludien in verschiedenen Transpositionen gespielt. Klavierversuch I enthielt die Transpositionen 0 und plus/minus 1, 4, 6 und 7 Halbtöne; alle übrigen Versuche enthielten die Transpositionen 0 und plus/minus 1 und 4 Halbtöne. Vor jedem Testklang wurde die nominelle Tonart (entsprechend Transposition 0) verbal angekündigt. Die Reihenfolge der Testbeispiele war zufällig, wobei jedoch unmittelbar aufeinanderfolgende Wiederholungen ein- und desselben Präludiums, sei es in verschiedenen Transpositionen, ausgeschlossen wurden. Die Klavierversuche I und II, sowie der Kontrollversuch I wurden auf einem frischgestimmten Flügel (440 Hz für das eingestrichene a) realisiert, Klavierversuch I und II unterscheiden sich lediglich durch die darin enthaltenen Transpositionen, wie oben angegeben. Kontrollversuch I umfaßt dieselben Transpositionen wie Klavierversuch II, jedoch wurde das Testband auf folgende, spezielle Weise verwirklicht. Sämtliche Testklänge wurden der vorgegebenen Liste des Klavierversuchs II entnommen, jedoch um einen Halbton tiefer sowie 6% langsamer gespielt. Das fertige Tonband wurde mit einer um 6% erhöhten Bandgeschwindigkeit wiedergegeben. Auf diese Weise wurde erreicht, daß beispielsweise ein in C-Dur erklingendes Musikbeispiel auf dem normalgestimmten Flügel in H-Dur, also unter Benützung von Manualtasten, Klavierhämmern und Saiten, die nicht

"C-Dur-typisch" sind, verifiziert war. Kontrollversuch II stimmt inhaltlich mit Klavierversuch II überein, wurde jedoch auf einem elektronischen Instrument mit nahezu sinusförmigen Tonsignalen, denen eine perkussionsartige Zeithüllkurve aufgeprägt war, realisiert.

Jeder Testklangdarbietung folgte eine Pause von 5 s Dauer, in welcher die Vpn ihr Urteil in einen vorbereiteten Antwortbogen eintrugen. Es wurden die drei Kategorien "OK" (Übereinstimmung der Klangdarbietung mit der nominellen Tonart), "PLUS" (Transposition nach höheren Tonhöhen) und "MINUS" (Abwärtstransposition) zugelassen. Die Versuchspersonen wurden vor Versuchsbeginn ausführlich über die zu lösende Aufgabe unterrichtet. Jedoch wurde keine Lernphase durchgeführt und es wurde keine Bezugstonhöhe angegeben. Die Darbietungen erfolgten bei einem Teil der Vpn über Kopfhörer in einer schallgedämmten Meßkabine, zum anderen Teil über eine Lautsprecheranlage in einem kleinen Hörsaal. Die Wiedergabelautstärke betrug 75-85 phon.

Die Vpn waren größtenteils Musikstudenten. Fast alle Vpn spielen ein oder mehrere Instrumente. Am Klavierversuch I nahmen 13 Vpn, darunter 1 Absoluthörler, teil. Der Hauptversuch, d.h. Klavierversuch II, wurde mit derselben Gruppe von 13 Vpn und mit der Hauptgruppe von 135 Vpn (11 Absoluthörler) durchgeführt. An den beiden Kontrollversuchen war eine Gruppe von 11 Vpn (1 Absoluthörler) beteiligt, welche zugleich der Hauptgruppe angehörten. Die Unterscheidung zwischen Absoluthörern und Nichtabsoluthörern wird ohne weitere Überprüfung allein anhand der von den Vpn selbst gemachten Angaben getroffen.

3. Erkennungsleistungen

Die in Abb.1 dargestellte Verteilung der relativen Häufigkeit der OK-Antworten als Funktion der Transpositionsweite ist für die Ergebnisse aller bisher ausgeführter Versuche typisch. Durch Kreise ist die Verteilung der OK-Antworten von 13 Vpn (davon 1 Absoluthörler) im Klavierversuch I angegeben. Sie stimmt recht genau mit der entsprechenden, früher mit 22 anderen Vpn (3 Absoluthörler) gewonnenen Verteilung überein (Terhardt & Ward, 1982).

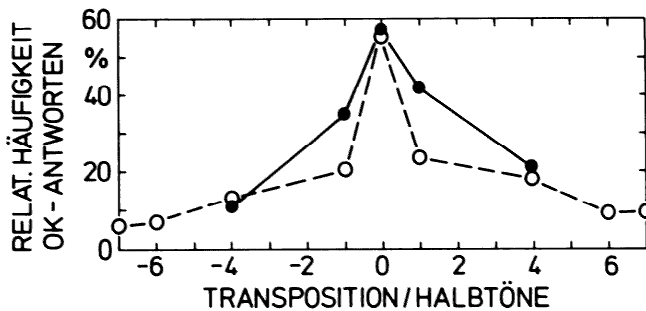


Abb.1. Relative Häufigkeit der bei verschiedenen Transpositionen (Abszisse) gegebenen OK-Antworten. Kreise: Klavierversuch I; 13 Vpn. Punkte: Klavierversuch II; 135 Vpn.

Die Punkte in Abb.1 stellen die entsprechende Verteilung aus dem Klavierversuch II mit 135 Vpn (davon 11 Absoluthörler) dar. Beide Verteilungen weisen ein deutliches, scharf ausgeprägtes Maximum bei der Transposition 0, also der Nominaltonart auf. Die Erkennungssicherheit nimmt beiderseits davon monoton ab; es treten keine Seitenmaxima auf. Die Erkennungssicherheit hängt also im wesentlichen nur von der "linearen", nicht von der "harmonischen" Transpositionsweite (Abstand im Quintenzirkel) ab. Weiterhin zeigt Abb.1 exemplarisch, daß die Sicherheit der Tonarterkennung insbesondere hinsichtlich der Unterscheidung von Halbtontranspositionen nicht davon abhängt, welche Transpositionen sonst noch im Versuch enthalten waren. In der Tat wurde gefunden, daß die Halbtonunterscheidung selbst dann dieselbe ist, wenn im ganzen Versuch außer der Nominaltonart nur

die beiden Halbtontranspositionen enthalten sind (Terhardt & Seewann, 1982). Dadurch wird es gerechtfertigt, die Erkennungsleistungen kurz und allgemein durch die Identifikationsleistung im Halbtonbereich zu kennzeichnen.

Dazu eignet sich die sogenannte *Erkennungsrates*. Sie wird definiert als die Differenz zwischen der relativen Häufigkeit der richtigen (d.h. auf die Transposition 0 entfallenden) OK-Antworten und der relativen Häufigkeit der falschen (d.h. auf andere Transpositionen gegebenen) OK-Antworten. Die Erkennungsrate ist 100%, wenn alle Testklänge der Nominaltonart als OK und darüber hinaus alle übrigen Darbietungen als nicht OK (entweder PLUS oder MINUS) bezeichnet werden. Die Erkennungsrate tendiert gegen 0, wenn nur zufällige oder einseitige Aussagen gemacht werden. Die Erkennungsrate spiegelt demnach weitgehend die richtige Erkennung des "Chroma" einer Tonart, im Gegensatz zur bloßen Empfindung für die ungefähre Tonlage wider. Sie hängt selbstverständlich davon ab, welche Transpositionswerten im Versuch vorkommen. Zu einer allgemeinen, von der Zusammensetzung des Versuchs weitgehend unabhängigen Kennzeichnung der Erkennungsleistung gelangt man, indem man die Erkennungsrate sinngemäß nur aus denjenigen OK-Antworten berechnet, welche auf die Transpositionen 0 und plus/minus 1 Halbton entfallen; diese wird als Halbton-Erkennungsrate bezeichnet.

	Anzahl		NAH		AH		TABELLE I. Erkennungs- raten (Differenz zwi- schen der relat. Anz. richtiger OK-Antworten und der relat. Anzahl falscher OK-Antworten) in Prozent. AH=Absol.- Hörer; NAH=Nichtabs.-
	d. Vpn	ges. HT	ges. HT	ges. HT	ges. HT	ges. HT	
Klaviersversuch I	13	41 34	36 28	99 99			
Klaviersversuch II	13	31 21	25 14	98 96			
Klaviersversuch II	135	29 18	25 14	81 76			
Klaviersversuch II	11	28 18	21 10	98 96			
Kontrollversuch I	11	34 22	28 15	97 94			
Kontrollversuch II	11	31 22	24 16	93 85			

Tabelle I zeigt eine Übersicht über die Erkennungsraten, die in den einzelnen Versuchen von verschiedenen Personengruppen erzielt wurden. Man erkennt, daß die Erkennungsraten der verschiedenen Personengruppen für ein- und denselben Versuch recht gut übereinstimmen, daß die Halbton-Erkennungsraten stets geringer sind als die Gesamt-Erkennungsraten, und daß die Gesamt-Erkennungsraten von der Weite der im Versuch enthaltenen Transpositionen abhängen (im Klaviersversuch I, welcher Transpositionen bis zu einer Quint enthält, sind die Gesamterkennungsraten am höchsten). Weiterhin erkennt man, daß diejenigen Personen, welche sich selbst als Absolut Hörer bezeichnen, weit über dem Durchschnitt liegende Erkennungsraten erzielen, wobei nur ein geringer Unterschied zwischen Gesamt- und Halbton-Erkennungsraten besteht.

Die in Tabelle I angegebenen Ergebnisse der beiden Kontrollversuche unterscheiden sich nicht wesentlich von denen derselben Personengruppe aus dem Klaviersversuch II. Dies bedeutet, daß weder die beschriebenen Modifikationen des Klavierklanges (Kontrollversuch I) noch die Verwendung elektronischer Klänge (Kontrollversuch II) die Tonartenidentifikationsleistung herabgemindert haben. Die Erkennungsleistungen sind nicht klavierspezifisch und können deshalb nicht wesentlich von Klangfarbenänderungen, Anschlagsnuancen, Schwebungseffekten etc. abhängen; sie müssen vielmehr auf die Tonhöhenwahrnehmung zurückgeführt werden. In diesem Sinne muß die Fähigkeit des "absoluten Gehörs" in begrenztem Maße auch den Nichtabsolut Hörern unter unseren Vpn zugeschrieben werden, denn sie erreichen im Durchschnitt deutlich positive Erkennungsraten (Tabelle I).

Die Verteilung der individuell erreichten Erkennungsraten der 135 Vpn im Klaviersversuch II zeigen die beiden Histogramme Abb.2. Beide Verteilungen weisen ein deutliches Minimum in der Umgebung der Erkennungsrate 75% auf; das heißt, die

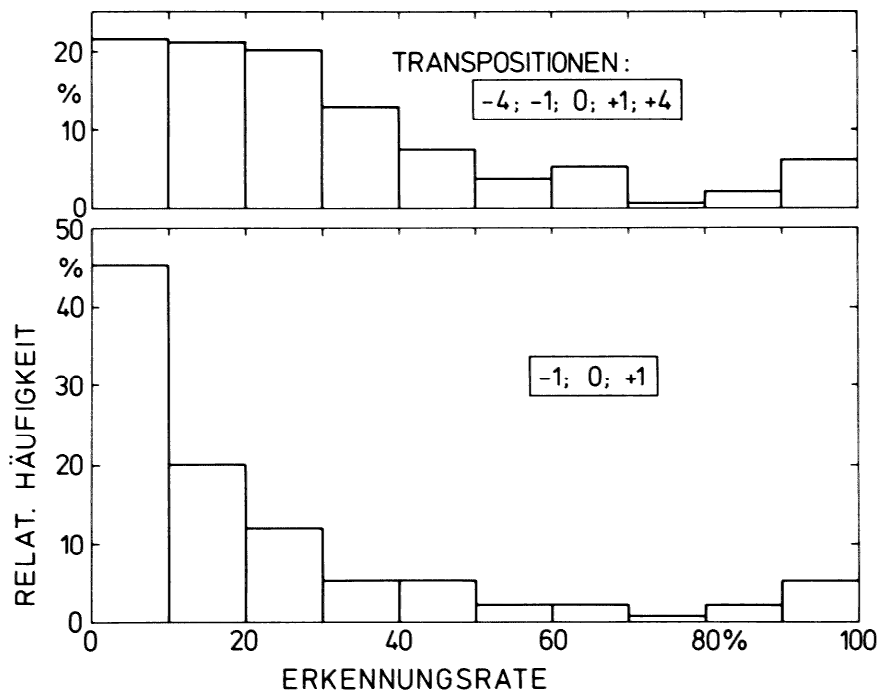


Abb.2. Relative Häufigkeit, mit welcher individuelle Erkennungsrate in eines der an der Abszisse angegebenen 10%-Intervalle fielen. Klavierversuch II; 135 Vpn. Oben: Erkennungsrate des Gesamtversuchs; unten: Halbton-Erkennungsrate.

Häufigkeit, mit welcher man in der Versuchspersonengruppe auf eine Individuelle Erkennungsrate dieses Bereichs trifft, ist besonders gering. Oberhalb davon findet man die Absoluthörler, unterhalb die Nichtabsoluthörler. Eine statistische Analyse zeigte, daß bedingt durch die Anzahl von Einzelentscheidungen damit gerechnet werden muß, daß im Falle des oberen Histogramms die unterhalb 10% liegenden Erkennungsrate, im Falle des unteren Histogramms die unterhalb 15% liegenden Erkennungsrate zufallsbedingt sind. Die oberhalb dieser Grenzwerte liegenden Erkennungsrate können also als signifikant angesehen werden. Damit ergibt sich, daß 78% unserer Vpn signifikante Tonartenidentifikation innerhalb von 4 Halbtonen, 45% der Vpn innerhalb von 1 Halbton erzielt haben. Wie zu erwarten, enthalten diese Vpn-Gruppen die Absoluthörler; letztere machen aber nur 8% der Vpn aus.

Die Ergebnisse zeigen, daß viele Nichtabsoluthörler in Wirklichkeit als Absoluthörler mit begrenzter Erkennungsleistung anzusehen sind wobei die Begrenztheit der Erkennungssicherheit zur Folge hat, daß sie sich ihrer Fähigkeit nicht bewußt sind. Bei der Tonartenidentifikation machen Absoluthörler und Nichtabsoluthörler von verschiedenen Strategien Gebrauch: Die ersteren erkennen leicht und spontan einzelne Töne und leiten davon die Tonart ab. Diese Möglichkeit haben die letzteren nicht; sie lösen die Aufgabe, indem sie sich mehr oder weniger unbewußt eine Vorstellung von der Tonalität des Musikbeispiels bilden.

SCHRIFTTUM. Corso, J.F., Absolute judgments of musical tonality, J. Acoust. Soc. Am. 29, 138 (1957). Terhardt, E. und Seewann, M., Aural key identification and its relationship to absolute pitch, eingereicht (1982). Terhardt, E. und Ward, W.D., Recognition of musical key: exploratory study. J. Acoust. Soc. Am. 72, 26 (1982).