

Ohr-Asymmetrie in der Wahrnehmung dichotisch dargebotener Melodien als Funktion von musikalischer Begabung und musikalischer Erfahrung

Einführung

Die Tatsache, daß mentale Funktionen asymmetrisch in den cerebralen Hirnhälften des Menschen verteilt sind, ist schon seit Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt, als Broca (1861) Sprachstörungen mit Verletzungen der linken Hirnhälfte in Zusammenhang brachte. Auch Zusammenhänge zwischen Formen von Amusia und Hirnverletzungen sind schon früh beschrieben worden, aber ein starkes Interesse an den Verarbeitungsunterschieden der beiden Hemisphären für Musik und Sprache entstand erst in den sechziger Jahren dieses Jahrhunderts.

Beide cerebralen Hemisphären sind mit sensorischer Verarbeitung und motorischer Kontrolle der jeweils gegenüberliegenden Körperseite beschäftigt, mit der sie über efferente und afferente Nervenbahnen in Verbindung stehen. Die beiden Hirnhälften sind über das Corpus Callosum, einem Bündel von über 200 Millionen Nervenfasern, miteinander verbunden. Diese Verbindung erlaubt eine Integration der Information beider Seiten und ermöglicht eine einheitliche Repräsentation des gesamten Körpers und seiner Umwelt (vgl. Springer & Deutsch, 1985). Es könnte aufgrund dieser Symmetrie geschlossen werden, daß beide Hemisphären in Struktur und Funktion symmetrisch sind. Tatsächlich gibt es aber Unterschiede im strukturellen wie im funktionellen Bereich (vgl. Geschwind und Galaburda, 1984).

Frühere Berichte über Unterschiede der Hemisphären kamen hauptsächlich aus der klinischen Literatur, die spezifische Defizite nach spezifischen Hirnläsionen beobachteten (z.B. Reichardt, 1923; Weisenberg & McBride, 1935; Hebb, 1939; Alajouanine, 1948; Kimura, 1961a; Wertheim & Botez, 1961), die Methoden der direkten Hirnstimulation bei epilepti-

schen Patienten anwendeten (Penfield & Roberts, 1959) oder mit Hilfe von Natrium-amobarbital-Injektionen eine Hirnhälfte zeitweise anästhetisierten (Wada & Rasmussen, 1960). Technische Innovationen machten erst später die Anwendung von EEG (Electroencephalograph; Galin & Ornstein, 1972; Davidson & Schwartz, 1977; Osborne & Gale, 1976), AEP (average evoked potential; Molfrese, Freeman & Palermo, 1975), rCBF (regional cerebral blood flow; Risberg, Halsey, Wills & Wilson, 1975) und anderen Messungen möglich, die eine Beobachtung auch bei gesunden Menschen zuließen.

Aber schon die Entwicklung der dichotischen Hörmethode von Kimura (1961a, b) in den sechziger Jahren öffnete wegen ihrer relativ einfachen Durchführbarkeit und dem geringen technischen Aufwand dieses Forschungsfeld einer Reihe von Wissenschaftlern, die an der cerebralen Lateralisation von Sprache und Musik interessiert waren. Die dichotische Methode beruht auf der Arbeit von Rosenzweig (1951) und wurde bei Menschen zuerst im neurologischen Kontext von Kimura (1961b) eingesetzt. Beide Ohren projektieren über kontralaterale und ipsilaterale Nervenbahnen in den auditiven Cortex jeder Hirnhälfte, wobei die ipsilateralen Verbindungen das Ohr mit der Hirnhälfte auf der gleichen Seite und die kontralateralen Verbindungen das Ohr mit der gegenüberliegenden Hirnhälfte verbinden. Kimura nahm an, daß die akustische Information in den contralateralen Verbindungen die Information in den ipsilateralen Verbindungen unterdrückt. Im dichotischen Hörtest, in dem auf beiden Ohren zwei konkurrierende Stimuli gleichzeitig dargeboten werden, kommen unter dieser Annahme die Informationen zuerst in den den Ohren gegenüberliegenden Hirnhälften an, bevor sie über das Corpus Callosum ausgetauscht werden können (siehe Abb. 1).

Die heute vorherrschende Theorie über cerebrale Asymmetrie nimmt an, daß jede Hirnhälfte für einen bestimmten kognitiven Modus – eine bestimmte kognitive Verarbeitungsstrategie – spezialisiert ist: die linke für die analytische Verarbeitung, was für die Sprachwahrnehmung von Vorteil ist, und die rechte für die holistische, ganzheitliche Verarbeitung, was für die Musikwahrnehmung von Vorteil ist (vgl. Springer & Deutsch, 1985). Die Hemisphären sind nicht auf spezifische Stimuli sondern auf verschiedene Verarbeitungsstrategien spezialisiert. Es wird aber angenommen, daß

KIMURAS MODELL DES DICHOTISCHEN HÖRENS

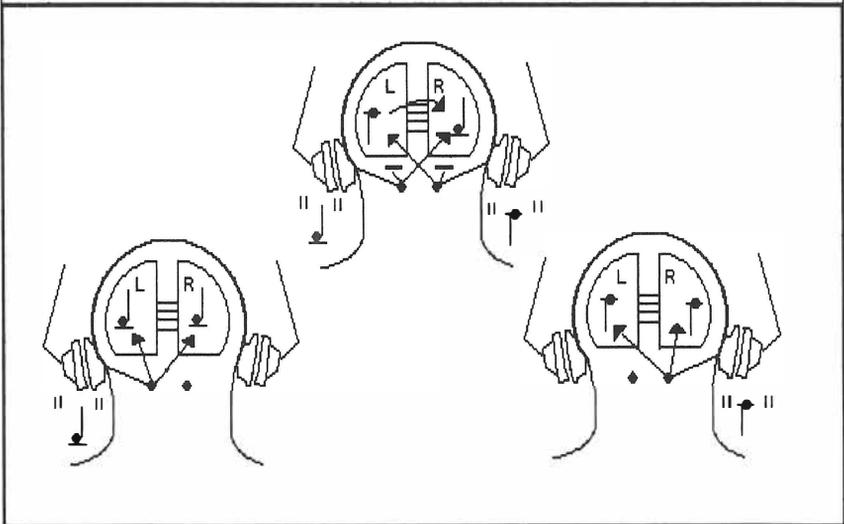


Abb. 1

ein bestimmtes Stimulusmaterial besser und schneller mit einer bestimmten Strategie verarbeitet wird als mit einer anderen. Beide Hemisphären werden als sich unterstützend und ergänzend in ihrer Informationsverarbeitung angesehen (Sperry, 1982).

Milner (1962) war eine der ersten Wissenschaftlerinnen, die musikalische Fähigkeiten bei Patienten mit Gehirnverletzungen untersuchte. Sie beobachtete, daß Patienten mit Exzisionen in den rechtsseitigen temporalen Bereichen der Schläfenlappen viele Fehler bei Aufgaben mit Lautstärke, Klangfarbe, Tondauer und melodischer Struktur machten, jedoch nicht bei linksseitigen Exzisionen. Milner hypothesierte daraufhin, daß die Verarbeitung von Musik rectxshemisphärisch lokalisiert ist. Andere Untersuchungen mit hirnverletzten Patienten (z.B. Shankweiler, 1966; Roeser & Daly, 1974; Shapiro, Grossmann & Gardener, 1981) und Studien mit der dichotischen Hörmethode (z.B. McCarthy, 1969; Spellacy, 1970; Spreen, Spellacy & Reid, 1970; King & Kimura, 1972; Blumstein, Goodglass &

Tartter, 1975; Goodglass & Calderon, 1977) unterstützten diese Ergebnisse und zeigten eine rechtshemisphärische Verarbeitung für die Wiedererkennung von kurzen Melodien und tonalen Sequenzen, die auf musikalischen Instrumenten aufgeführt oder gesungen wurden. Einige Untersuchungen berichteten aber auch konträre Ergebnisse und fanden entweder keine Lateralisierungen (z.B. Selby & Rosenfeld, 1982; Rainbow & Herrick, 1982; Baumgarte & Franklin, 1981; Gates & Bradshaw, 1977) oder eine rechtsohrige Lateralisierung (linke Hemisphäre) für rhythmisches Stimulusmaterial (Gordon, 1970; Robinson & Solomon, 1974; Gordon, 1978).

Um diese Ergebnisse in Einklang mit der funktionalen Dichotomie der Hemisphäre zu bringen, wurde angenommen, daß Lateralisierungen von bestimmten Eigenschaften des Stimulusmaterials abhängen. Aspekte der musikalischen Verarbeitung, welche Beurteilungen über Dauer, zeitliche Abfolge, Sequenzierung und Rhythmus verlangen, wurden als linkshemisphärisch lokalisiert angenommen; tonales Gedächtnis, Klangfarbe, melodische Kontur und Lautstärke aber als rechtshemisphärisch (vgl. Springer & Deutsch, 1985). Andere Forscher wiederum hielten diese Lateralisationseffekte zusätzlich für abhängig von musikalischem Training und Erfahrung (Bever & Chiarello, 1974; Kellar & Bever, 1980; Gaede, Parsons & Bertera, 1978; Selby & Rosenfeld, 1982). Bever und Chiarello berichteten für Musiker eine rechtsohrige und für Laien eine linksohrige Lateralisierung. Sie nahmen an, daß Musiker gelernt haben, Musik als eine Reihe von Beziehungen von verschiedenen Segmenten zu verstehen und zu verarbeiten. Sie nehmen dieses Material analytischer auf. Laien dagegen konzentrieren sich auf den generellen Melodieverlauf, auf die globale Kontur, nehmen Musik also mehr in einem holistischen Modus auf. Einige Studien konnten diese Effekte aber nicht replizieren und berichteten entweder von keinen Unterschieden zwischen den Gruppen oder von Effekten in umgekehrter Richtung (Zatorre, 1979; Peretz & Morais, 1980; Baumgarte & Franklin, 1981). Eine Unterscheidung von Musikern und Laien auf der Basis von musikalischer Erfahrung kann aber auf einem konfundierenden Faktor beruhen. Vielleicht trägt nicht die Zeit, die mit musikalischen Aktivitäten verbracht wird, sondern musikalische Begabung zu den Lateralitätseffekten bei. Ziel der Studie war es, dies zu untersuchen.

Methode

Versuchspersonen

103 freiwillige Jungen und Mädchen der Klassen 5 und 6 einer amerikanischen Grundschule nahmen an der Studie teil. Alle Kinder waren gesund und hatten weder bei der Untersuchung noch zu einem früheren Zeitpunkt Hörprobleme. Die Kinder beantworteten zu Hause zusammen mit ihren Eltern zwei Fragebögen zu ihrer Händigkeit und ihrer musikalischen Erfahrung. Sie nahmen dann an einem musikalischen Begabungstest und einem dichotischen Hörtest teil.

Material

Händigkeit. Auf dem Fragebogen zur Händigkeit – einer adaptierten Version des »Edinburgh Inventory« (Oldfield, 1971) – gaben die Schüler den Grad ihrer Handpräferenzen auf einer fünfstufigen Likert-Skala an. Sie gaben an, ob sie bestimmte Tätigkeiten wie Schreiben, Malen, Schneiden usw. »immer«, »meistens« oder »gleichberechtigt« mit der linken oder/und rechten Hand ausführen. Zusätzlich wurden Fragen zur Händigkeit der Familie gestellt. Ein Gesamtwert von 60 Punkten auf dem Fragebogen bedeutet maximale Rechtshändigkeit und ein Gesamtwert von 12 Punkten maximale Linkshändigkeit. Der Mittelwert von 50.29 (*S.D.* = 11.24) und die relativ schiefe Verteilung (*Skew* = -1.97) zeigen an, daß die untersuchte Personengruppe hauptsächlich rechtshändig war.

Untersuchungen von Wada & Rasmussen (1960) mit der »Sodium amobarbital Injektionsmethode«, in der eine Hirnhälfte gezielt anästhetisiert wird, ergaben, daß für über 95% der getesteten Rechtshänder die sprachdominante Hirnhälfte links lokalisiert war, während dies nur auf ungefähr 70% der Linkshänder zutrif. Auch scheint familiäre Linkshändigkeit mit der Lateralität von Sprache in Beziehung zu stehen (Bryden, 1973). Ein Maß der Händigkeit ist also unbedingt erforderlich, wenn man von Verhaltensbeobachtungen, wie z.B. dem dichotischen Hörtest, auf mögliche zugrundeliegende hemisphärische Funktionen und deren Lateralisierung schließen möchte, und wenn keine direkteren Methoden zur Feststellung der sprachdominanten Hemisphäre zur Verfügung stehen.

Musikalische Erfahrung. Ein Fragebogen zur musikalischen Erfahrung

erhob die Zeit, welche die Kinder mit verschiedenen musikalischen Tätigkeiten, praktisch, theoretisch, in der Klasse, einem Orchester oder privat verbracht hatten. Zusätzlich wurde in einem zweiten Teil der musikalische Hintergrund der Familie und die Zeit, die mit bewußtem Zuhören von Musik im Radio oder von Schallplatte und die mit dem Üben eines Instrumentes verbracht wurde, erfaßt. Der Mittelwert der gesamten Stichprobe liegt bei 16.31 mit einer Standardabweichung von 8.24 (*Skew* = .63). Die Korrelation zwischen den beiden Teilen des Erfahrungsmaßes ist moderat $r = .51, p < .01$).

Musikalische Begabung. Musikalische Begabung wurde mit Hilfe des »Gordon Musical Aptitude Profile« (MAP; Gordon, 1965) untersucht. Allerdings besteht der MAP aus insgesamt 250 Fragen in 7 Untertests und ist damit sehr lang. Aus diesem Grund wurden hier nur die Untertests Tonale Vorstellung-Melodie (Tonal Imagery-Melody) und Rhythmus Vorstellung-Taktrhythmus (Rhythm Imagery-Meter) verwendet. Beide Untertests wurden zu einem Gesamtfaktor der musikalischen Begabung zusammengefaßt. Die Reliabilität in der hier vorgestellten Untersuchung (Split-half, Items mit geraden versus ungeraden Ordnungszahlen) ist $r = .69$ ($p < .01$). Die Beschränkung auf die beiden Untertests geschah aus rein praktischen Gründen. Auch ein komplett durchgeführter Begabungstest dürfte kaum musikalische Begabung in seiner ganzen Bandbreite erfassen (vgl. Behne, 1986). Musikalische Begabung wird also im Rahmen dieser Untersuchung als aus den beiden erhobenen Faktoren bestehend definiert. Wir hoffen natürlich, mit den beiden Untertests wichtige Teilfaktoren der musikalischen Begabung, nämlich Melodiegedächtnis, tonales Gefühl und Rhythmusgefühl, zu erfassen. Der Mittelwert für den tonalen Test liegt bei 27.54 (*S.D.* = 4.99; *Skew* = .19) und für den rhythmischen Test bei 28.54 (*S.D.* = 5.57; *Skew* = -.28) von je 40 maximal zu erreichenden Punkten. Der Mittelwert des Gesamtfaktors beträgt 56.13 (*S.D.* = 9.38; *Skew* = .03).

Dichotischer Hörtest. (Abb. 2) Als abhängige Variable dient die Ohrüberlegenheit in der Erkennung von Melodiesegmenten. Es wurde ein dichotischer Hörtest benutzt, der von Spellacy (1970) entwickelt wurde und von ihm (Spellacy, 1970) sowie anderen (Spreen, Spellacy & Reid, 1970; Johnson, 1977) zur Untersuchung von Lateralitätsunterschieden in der Musikwahrnehmung eingesetzt worden ist. Der Hörtest besteht aus 48

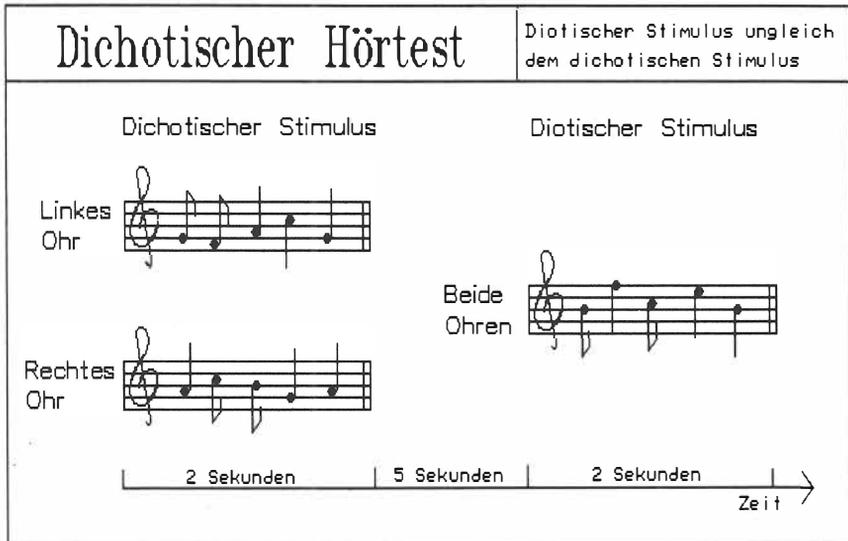


Abb.2

kurzen dichotischen Melodie-segmentpaaren (zwei verschiedene Melodie-segmente werden gleichzeitig, aber jeweils nur einem Ohr, dargeboten) mit einer Länge von jeweils 2 Sekunden. Auf jedes Melodiepaar folgt nach einer Pause von 5 Sekunden ein diotisches Melodie-segment (ein Melodie-segment, das beiden Ohren gleichzeitig dargeboten wird) von wiederum 2 Sekunden. Die Hälfte aller diotischen Melodie-segmente kamen nicht in den dichotischen Melodie-segmentpaaren vor, ein Viertel war identisch mit dem Melodie-segment des dichotischen Paares im linken Kanal, und ein weiteres Viertel war identisch mit dem Melodie-segment des dichotischen Paares im rechten Kanal. Alle Melodien wurden auf einer Geige gespielt.

Der Lateralitätsindex, der für die weitere Analyse benutzt wurde, ist

$$((L\% - R\%) : [L\% + R\%]) \cdot 100$$

(L% = Prozent der mit dem linken Ohr richtig wiedererkannten Melodie-segmente; R% = Prozent der mit dem rechten Ohr richtig wiedererkannten Melodie-segmente) und korrigiert für die unterschiedlichen Wiedererkennungseleistungen der Versuchspersonen (Studdert-Kennedy & Shankweiler, 1970). Eine Linksdominanz, eine größere Wiedererkennungslei-

stung des linken Ohres, erscheint also als positiver Wert und eine Rechtsdominanz als negativer Wert.

Der Mittelwert der im dichotischen Test richtig wiedererkannten Melodien beträgt für das linke Ohr 68.57% ($S.D. = 17.94$; $Skew = -.64$) und für das rechte Ohr 64.34% ($S.D. = 19.44$; $Skew = -.38$). Der durchschnittliche Lateralitätswert von 4.43 ($S.D. = 21.31$) zeigt, daß insgesamt besser mit dem linken Ohr als mit dem rechten Ohr wiedererkannt wurde. Dieser Unterschied ist allerdings nicht signifikant ($t [102] = 1.77$ ns [two-tailed]). Die Werte des Lateralitätsindex variieren zwischen -49 und $+75$.

Die Reliabilitätsüberprüfung (Split-half) zeigt signifikante Korrelationen für Linkes-Ohr-Wiedererkennung ($r = .37, p < .01$), für Rechtes-Ohr-Wiedererkennung ($r = .45, p < .01$) und für den Lateralitätsindex ($r = .25, p = .012$). Die relativ schwachen Korrelationen lassen sich vielleicht mit der sehr geringen Anzahl der Items erklären (12 Items für jedes Ohr für den ganzen Test).

Untersuchung

Die Versuchspersonen wurden in der vertrauten Umgebung des Klassenzimmers in Gruppen von 5 bis 15 Kindern untersucht. Der musikalische Begabungstest wurde in einer offenen Raumsituation durchgeführt. Der dichotische Hörtest wurde über Kopfhörer dargeboten.

Versuchspersonen markierten ihre Antworten in beiden Tests auf vorbereiteten Antwortbögen. Um mögliche Aufmerksamkeitseffekte während des dichotischen Hörtests auszuschalten, wurde ein Aufmerksamkeit-links/Aufmerksamkeit-rechts Design benutzt. Die Versuchspersonen wurden gebeten, während einer Hälfte des Versuches auf ihr linkes Ohr und während der anderen Hälfte auf ihr rechtes Ohr zu hören. Vor jeder Testhälfte wurden die Versuchspersonen gebeten, das Ohr der jeweiligen Aufmerksamkeit mit dem Finger zu berühren, um sicherzugehen, daß sie die Aufgabe verstanden. Alle Versuchspersonen nahmen erst an dem Begabungstest und dann an dem dichotischen Test teil. Zwischen den beiden Tests lagen jeweils mehrere Tage.

Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die Korrelationen zwischen den prädiktiven Maßen: musikalische Begabung, Erfahrung und Händigkeit mit dem dichotischen

Tabelle 1

Matrix der Pearson-Produkt-Moment Korrelationen für die Vorhersagevariablen mit Prozent richtiger Wiedererkennung linkes Ohr, rechtes Ohr und den absoluten Werten des Lateralitätsindex

	Melodie	Metrum	MAP	Erfahrung	Händigkeit
Linkes Ohr %	.34	.37	.40	.29	.17
Rechtes Ohr %	.31	.39	.40	.19	.17
Absolute Lateralität	-.42	-.33	-.42	-.20	-.38

Werte größer als .19 sind unter dem .05 Level signifikant

Werte größer als .28 sind unter dem .01 Level signifikant

Test. Alle prädiktiven Variablen außer Händigkeit sind signifikant mit der Wiedererkennung im dichotischen Hörtest korreliert. Besseres Abschneiden auf dem dichotischen Test ist also mit höherer musikalischer Begabung und Erfahrung assoziiert.

Um zu prüfen, ob die Größe der Ohrlateralität unabhängig von der Richtung mit den prädiktiven Faktoren in Beziehung steht, wurden die Werte des Lateralitätsindex als absolute Werte verwendet. Alle Korrelationen sind zwar moderat aber signifikant und negativ. Versuchspersonen mit relativ niedrigen Werten auf dem musikalischen Begabungs- und Erfahrungstest tendierten mehr dahin, mit dem einen oder dem anderen Ohr besser zu erkennen, während Personen mit hohen Werten auf dem musikalischen Begabungs- und Erfahrungstest mit beiden Ohren fast gleich gute Werte erreichten¹. Die Vorhersagefaktoren (tonale Vorstellung, Rhythmus Vorstellung, Händigkeit, musikalische Erfahrung Teil 1 und 2) wurden dann einer mehrstufigen Regressionsanalyse zugeführt (siehe Tabelle 2). Die Variable Tonale Vorstellung geht zuerst in die Analyse ein und erklärt fast 18% der Varianz im Lateralitätsindex. Die Händigkeits-, Rhythmus Vorstellungs-, und Erfahrungsvariablen tragen kaum noch zu weiterer Aufklärung bei. Dies könnte mit dem großen Anteil gemeinsamer Varianz erklärt sein. Obwohl die Variable Tonale Vorstellung der beste Prädiktor für die Ohrlateralisierung in der Erkennung musikalischer Melo-

Tabelle 2

Zusammenfassung der mehrstufigen Regressionsanalyse mit den Absolutwerten des Lateralitätsindexes als Kriteriumsvariable

Variable	Mehrfaches	R ²	R ²	Einfaches	F
	R	Änderung		R	
Melodie	.429	.179	.179	-.423	21.30*
Händigkeit	.516	.087	.266	-.378	18.14*
Metrum	.529	.014	.280	-.326	12.85*
Erfahrung 1	.535	.006	.286	-.197	9.83*
Erfahrung 2	.536	.001	.287	-.157	7.82*

* $p < .001$

diesegmente zu sein scheint, ist der F-Wert der Händigkeitsvariable auch signifikant ($F = 11.91, p < .01$). Beide Faktoren zusammen erklären fast 27% der Varianz in den absoluten Werten des Lateralitäts-Indexes.

Tabelle 3 zeigt die Relationen zwischen den Prädiktionsfaktoren. Die beiden Begabungsvariablen sind moderat miteinander korreliert. Die Erfahrungsvariable ist moderat mit der Begabungsgesamtvariable und den Untervariablen korreliert. Versuchspersonen mit hoher musikalischer Erfahrung erreichten im Durchschnitt auch höhere Werte auf den musikalischen Begabungstests. Der Händigkeitsfaktor korrelierte signifikant nur mit der Begabungsvariablen Tonale Vorstellung. Stärker rechtshändige Personen schnitten hier generell besser ab als weniger Rechtshändige.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Es wurden keine signifikanten Ohrdifferenzen in der Erkennung dichotisch gehörter Melodiesegmente für die Gesamtgruppe gefunden. Die Daten unterstützen daher nicht die Auffassung, daß die der Verarbeitung von Musik innewohnenden cerebralen Funktionen in der rechten Gehirnhälfte lateralisiert sind (Kimura, 1964; King & Kimura, 1972). Die Ergebnisse stehen besonders im Gegensatz zu denen von Spellacy (1970) und Spreen, Spellacy & Reid (1970), deren original dichotischer Test in dieser

Tabelle 3

Matrix der Pearson-Produkt-Moment Korrelationen der Variablen musikalische Begabung, musikalische Erfahrung und Händigkeit

	Metrum	Gesamt	Erfahrung	Händigkeit
MAP-Melodie	.57	.87	.35	.21
MAP-Metrum		.90	.32	.08
MAP-Gesamt			.38	.16
Erfahrung				.05

Werte größer als .19 sind über dem .05 Level signifikant

Studie verwendet wurde. Sowohl Spellacy als auch Spreen et al. berichteten eine signifikant größere Linksohrigkeit in der Verarbeitung von musikalischen Stimuli.

Die Ergebnisse unserer Studie unterstützen die Daten von Gaede, Parsons & Bertera (1977). Versuchspersonen mit hoher musikalischer Begabung zeigten kleinere Ohrpräferenzen als Versuchspersonen mit geringerer musikalischer Begabung. Gaede et al. fanden aber keinen Zusammenhang mit musikalischer Erfahrung, obwohl dies aufgrund der Relationen zwischen musikalischer Erfahrung und Begabung erwartet werden könnte. Radocy & Boyle (1970) hypothesierten, daß musikalische Begabung die Fähigkeiten einer Person beinhaltet, die aufgrund genetischer Anlagen und Reifungen sowie von Umwelteinflüssen außerhalb des formalen Unterrichtes entstanden sind. Der hier benutzte Fragebogen zur musikalischen Erfahrung erhob nicht nur formales Training der Versuchspersonen, sondern auch Umwelteinflüsse wie den musikalischen Hintergrund der Familie und Zeit, die mit Hören von Musik verbracht wurde. Zusätzlich mag es eine Beziehung zwischen formalem Training und musikalischer Begabung geben. Obwohl zwar einige Personen ohne musikalisches Training in musikalischen Begabungstests besser abschneiden können als Personen mit viel Training, schneiden doch generell diejenigen besser ab, die auch musikalisches Training aufweisen (Shuter-Dyson & Gabriel, 1981). Die hier gefundene Beziehung zwischen musikalischer Erfahrung und dem Grad der Ohrlateralisierung kann daher auf dem Anteil gemeinsamer Varianz von

Begabung und Erfahrung beruhen. Diese Interpretation wird dadurch unterstützt, daß die Erfahrungsvariable nicht viel mehr Varianz des Lateralisationsfaktors erklärt, als schon von der Begabungsvariable erklärt wurde, und dies, obwohl beide nur moderat miteinander korrelierten ($r = .38$, $p < .01$).

Die Beziehung von Händigkeit zur Ohrlateralisation ist schwieriger zu erklären. Linkshänder zeigen nicht immer die gleichen funktionalen Asymmetrien wie Rechtshänder (Wada & Rasmussen, 1960), und es gibt auch einige Evidenz für eine bilaterale Sprachrepräsentation bei Linkshändern (vgl. Bryden, 1982). Man könnte also spekulieren, daß diese Personen nicht nur Sprache, sondern auch nichtsprachliche Funktionen bilateral lokalisiert haben. Da auch einige Verarbeitungsfunktionen für musikalische Stimuli bilateral lokalisiert zu sein scheinen (Gates & Bradshaw, 1977), könnte man erwarten, daß Linkshänder in der Verarbeitung von Musik ein geringeres Ausmaß an Ohrlateralität zeigen als Rechtshänder. Die Ergebnisse zeigen aber genau das Gegenteil an.

Man könnte aber auch annehmen, daß die bilaterale Repräsentation von Sprache bei Linkshändern auf Kosten anderer nichtsprachlicher Funktionen besteht (vgl. Levy, 1970). Diese Annahme könnte das schwächere Abschneiden der Linkshänder beim Wiedererkennen musikalischer Stimuli erklären. Allerdings ist die Interpretation der Händigkeitsdaten sehr schwierig und muß mit Vorsicht betrieben werden, da die Verteilung der Händigkeit in der hier beschriebenen Population ein deutliches Überwiegen der Rechtshändigkeit zeigte.

Diskussion und Schlußfolgerungen

Obwohl sich eine große Anzahl von Forschungsarbeiten mit Fragen der hemisphärischen Spezialisierung für musikalische Funktionen beschäftigt hat und eine Anzahl verschiedener Faktoren, die zur funktionellen Spezialisierung beitragen, identifiziert wurde, gibt es immer noch kein deutliches Bild über dieses Phänomen. Viele Untersuchungen liefern weiterhin widersprüchliche Ergebnisse. Trotzdem scheinen die Resultate der bisherigen Forschung anzudeuten, daß cerebrale Prozesse in der Verarbeitung musikalischer Stimuli nicht in dem selben Maß der Kontrolle nur einer Hemisphäre unterliegen, wie das bei Sprachprozessen der Fall ist. Oberflächlich

gesehen könnte dies Zweifel an der üblicherweise angenommenen strikten Dichotomie der Hirnhälften, links-analytisch versus rechts-holistisch (Levy-Agresti & Sperry, 1968) oder links-verbal versus rechts-visuspatial (Milner, 1962), aufkommen lassen.

Die beidseitige Aktivierung der Hemisphären kann aber auch am Charakter des »musikalischen« Stimulus liegen. Musik ist ein reichhaltiger und komplexer Stimulus, für dessen Verarbeitung sich möglicherweise eine Reihe verschiedener funktionaler Verarbeitungsstrategien und Prozesse anbietet (Schweiger & Malzman, 1985). Beurteilungen über Dauer, zeitliche Anordnung, Sequenzierung und Rhythmus beanspruchen aller Wahrscheinlichkeit nach linkshemisphärische Prozesse, während Beurteilungen über Tonalität, Klangfarbe, Melodiekontur und Intensität rechtshemisphärische Prozesse beanspruchen (Springer & Deutsch, 1985). Jeder musikalische Aspekt kann aber auch unterschiedlich verarbeitet werden, je nachdem ob er in seine grundlegenden Teile analysiert wird, oder ob er als Ganzes wahrgenommen wird (Bever & Chiarello, 1974; Sheep, 1978). Die Fähigkeit, musikalische Stimuli zu analysieren und sie in einer »analytischen« Art zu verarbeiten, kann wiederum auch von der Komplexität, dem Vertrautheitsgrad mit dem Stimulusmaterial und dem Wissen um die zugrundeliegenden wesentlichen Elemente des jeweiligen Materials abhängen. Man kann also nicht erwarten, daß Lateralitätseffekte bei der Musikwahrnehmung über mehrere Versuche oder auch über verschiedene Personen hinweg stabil bleiben.

Schon Levy (1983) nahm an, daß funktionale cerebrale Asymmetrien nicht festgelegt sind, sondern einem dynamischen Prozeß des ständigen Kompetenzwettstreites der beiden Hemisphären unterliegen. Ein solcher dynamischer Prozeß kann ein Aktivierungswechsel von einer Hemisphäre zur anderen mit gleichzeitiger funktionaler Unterdrückung der gegenüberliegenden Hemisphäre sein, der durch Aufmerksamkeitsverschiebungen kontrolliert wird. Kinsbourne hat dies in seinem Aufmerksamkeitsmodell der Lateralität beschrieben (Kinsbourne, 1970/75; attentional model of lateralisation). Andererseits gibt es auch Annahmen darüber, daß eine unabhängige, parallele Verarbeitung in den Hemisphären stattfindet (Goodglass & Calderon, 1977). Allen (1983) unterstützt diese Ansicht, unterscheidet aber zusätzlich zwischen verschiedenen Verarbeitungsstufen

innerhalb einer Hirnhälfte. Er nimmt an, daß innerhalb jeder Hemisphäre eine Anzahl von Unterprozessen lokalisiert ist, die alle für unterschiedliche Verarbeitungsstrategien verantwortlich sind. Einige dieser Unterprozesse sind nun wiederum unilateral, links oder rechts, andere aber bilateral lokalisiert. Einfache Aufgaben, die nur unilateral lokalisierte Prozesse beanspruchen, könnten also Asymmetrien auf der linken oder rechten Seite zeigen. Komplexe Prozesse und Aufgaben, die eine große Zahl dieser Unterprozesse benutzen, welche wahrscheinlich teilweise unilateral und teilweise bilateral lokalisiert sind, würden keine klaren Asymmetrien zeigen. Da Musik ein komplexer Stimulus ist, der – wie schon vorher beschrieben – eine Reihe von unterschiedlichen Verarbeitungsstrategien beanspruchen kann, können unterschiedliche musikalische Stimuli sowohl unterschiedliche Unterprozesse als auch eine unterschiedliche Kombination von Unterprozessen, die unilateral und bilateral lokalisiert sind, beanspruchen. Personen mit hoher musikalischer Begabung könnten dazu tendieren, komplexere und parallele Verarbeitungsstrategien zu verwenden, die gleichzeitig zu einer besseren Leistung führen, als einfache Strategien, die schlechtere Leistungen erbringen.

Wenn die obigen Annahmen auf die Ergebnisse dieser Studie angewendet werden, können sie erklären, warum Personen mit geringer Ohrlateralität im Begabungstest und im dichotischen Test besser abschneiden als Personen mit großer Ohrlateralität. Untersuchungen von Musikern und Laien zeigten ein ähnliches Bild. Während Laien, die auch schlecht auf musikalischen Tests abschnitten, große Ohrlateritäten entweder links oder rechts zeigten, fand man bei Musikern, die auch auf den Tests gut abschnitten, keine Ohrlateritäten (Aiello, 1978; Franklin & Baumgarte, 1978).

Ohrlateritäten in der Wahrnehmung und Verarbeitung von Musik zeigen also nicht unbedingt funktionale Unterschiede der beiden cerebralen Hemisphären auf, sondern zeigen das Ausmaß der parallelen Verarbeitung. Die Beziehung zwischen Ausmaß der Ohrlateralität und musikalischer Begabung sowie das Fehlen eines entsprechenden Zusammenhangs mit musikalischer Erfahrung deuten ein stabiles Phänomen an, welches früh im Leben erworben wird, und welches sich vielleicht nicht mit musikalischer Erfahrung verändert. Diese Deutung ist allerdings spekulativ. Untersuchungen, die Veränderungen in cerebralen Asymmetrien vor und nach

musikalischem Training erheben, könnten diese Fragen vielleicht beantwortet werden.

Summary

Many variables affect ear advantage obtained for musical stimuli. Our research assessed effects of music aptitude and music experience. 103 children (5th and 6th graders) of both sexes took part in a musical aptitude test and a dichotic listening test. They also filled out a handedness questionnaire and a questionnaire about music experience. Results show that higher aptitude, more music experience, and more right-handedness are associated with lower absolute laterality (i.e. less laterality, either left or right) in the recognition of short musical melodies. Stepwise multiple regression shows that melody aptitude accounts for 18% of the variance in laterality, handedness 9%, meter aptitude 1%, and experience less than 1%. Our results suggest that variation in aptitude (and presumably processing strategy) contributes to the diverse results on ear advantage for musical stimuli.

Literatur

- R. Aiello, 1978 – *Cerebral dominance for the perception of arpeggiated triads*. Journal of Research in Music Education 26, 470–478.
- T. Alajouanine, 1948 – *Aphasia and artistic realization*. Brain 71, 229–241.
- M. Allen, 1983 – *Models of hemispheric specialization*. Psychological Bulletin 93, 73–104.
- R. Baumgarte & E. Franklin, 1981 – *Lateralization of components of melodic stimuli: musicians vs. non-musicians*. Journal of Research in Music Education 29, 199–208.
- K.-E. Behne, 1986 – *Begabtenförderung – Forschungsförderung – Kulturförderung*. In: E. Rohlfs (Ed.), Musikalische Begabung finden und fördern. Materialien und Dokumente Kieler-Woche-Kongress 1985, Regensburg: Bosse.
- T.G. Bever & R.J. Chiarello, 1974 – *Cerebral dominance in musicians and non-musicians*. Science 185, 537–540.
- S. Blumstein, H. Goodglass & V. Tartter, 1975 – *The reliability of ear advantage in dichotic listening*. Brain and Language 2, 226–236.
- J.L. Bradshaw & N.C. Nettleton, 1981 – *The nature of hemispheric specialization in man*. The Behavioral and Brain Sciences 4, 51–92.
- P. Broca, 1861 – *Nouvelle observation d'aphemie produite par une lesion de la moite posterieure des deuxieme et troisieme circonvolutions frontales*. Bulletin de la Society Anatomique de Paris 36, 398–407.

- M.P. Bryden, 1973 – *Perceptual asymmetry in vision: Relation to handedness, eyedness, and speech lateralization*. *Cortex* 9, 418–435.
- M.P. Bryden, 1978 – *Strategy effects in the assessment of hemispheric asymmetry*. In: G. Underwood (Ed.), *Strategies of Information Processing*. New York: Academic Press.
- M.P. Bryden, 1982 – *Laterality: Functional Asymmetry in the Intact Brain*. New York: Academic Press.
- R. Davidson & G.E. Schwartz, 1977 – *The influence of musical training on patterns of EEG asymmetry during musical and non-musical self-generation tasks*. *Psychophysiology* 14, 58–63.
- E. Franklin & R. Baumgarte, 1978 – *Auditory laterality effects for melodic stimuli among musicians and non-musicians*. *Journal of Research in Music Education* 26, 48–56.
- S.E. Gaede, O.A. Parsons & J.H. Bertera, 1978 – *Hemispheric differences in music perception: Aptitude vs. experience*. *Neuropsychologia* 16, 369–372.
- D. Galin & R. Ornstein, 1972 – *Lateral specialization of cognitive mode: An EEG study*. *Psychophysiology* 9, 412–418.
- A. Gates & J.L. Bradshaw, 1977a – *The role of cerebral hemispheres in music*. *Brain and Language* 4, 413–431.
- A. Gates & J.L. Bradshaw, 1977b – *Music perception and cerebral asymmetries*. *Cortex* 13, 390–401.
- N. Geschwind & A.M. Galaburda, 1984 – *Cerebral dominance: The biological foundations*. Cambridge: Harvard University Press.
- H. Goodglass & M. Calderon, 1977 – *Parallel processing of verbal and musical stimuli in right and left hemispheres*. *Neuropsychologia* 15, 397–407.
- E. Gordon, 1965 – *Musical Aptitude Profile*. Boston, Mass.: Houghton Mifflin.
- E. Gordon, 1969 – *An investigation of the intercorrelation among Musical Aptitude Profile and Seashore Measures of Musical Talents subtests*. *Journal of Research in Music Education* 17, 263–271.
- H.W. Gordon, 1970 – *Hemispheric asymmetry in the perception of musical chords*. *Cortex* 6, 387–398.
- H.W. Gordon, 1978 – *Left hemisphere dominance for rhythmic elements in dichotically presented melodies*. *Cortex* 14, 58–70.
- D.O. Hebb, 1939 – *Intelligence in man after large removals of cerebral tissue: Deficits following right temporal lobectomy*. *Journal of General Psychology* 21, 437–446.
- P. Johnson, 1977 – *Dichotically-stimulated ear differences in musicians and non-musicians*. *Cortex* 13, 385–389.
- L. Kellar & T. Bever, 1980 – *Hemispheric asymmetries in the perception of musical intervals as a function of musical experience and family handedness background*. *Brain and Language* 10, 24–38.
- D. Kimura, 1961a – *Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception*. *Canadian Journal of Psychology* 15, 156–165.
- D. Kimura, 1961b – *Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli*. *Canadian Journal of Psychology* 15, 166–171.
- D. Kimura, 1964 – *Left-right differences in the perception of melodies*. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 26, 355–356.
- F.L. King & D. Kimura, 1972 – *Left-ear superiority in dichotic perception of vocal non-verbal sounds*. *Canadian Journal of Psychology* 26, 111–116.
- M. Kinsbourne, 1970 – *The cerebral basis of lateral asymmetries in attention*. *Acta Psychologica* 33, 193–201.
- M. Kinsbourne, 1975 – *The mechanism of hemispheric control of the lateral gradient of attention*. In: P.M.A. Rabitt and S. Dornie (Eds.), *Attention and Performance 5*. New York: Academic Press.
- J. Levy, 1970 – *Information processing and higher psychological functions in the disconnected hemi-*

- sphere of human commissurotomy patients (Doctoral dissertation, California Institute of Technology)*. Dissertation Abstracts International 31, 1542B.
- J. Levy, 1983 – *Is cerebral asymmetry of function a dynamic process? Implications for specifying degree of lateral differentiation*. Neuropsychologia 21, 3–11.
- J. Levy-Agresti & R.W. Sperry, 1968 – *Differential perceptual capacities in major and minor hemispheres*. Proceedings of the National Academy of Science 61, 115.
- J. McCarthy, 1969 – *Accuracy of recognition for verbal and tonal stimuli presented to the left and right ears*. Council of Research in Music Education Bulletin 16, 18–21.
- B. Milner, 1962 – *Laterality effects in audition*. In V.B. Mountcastle (Ed.), *Interhemispheric Relations and Cerebral Dominance*. Baltimore, Maryland: John Hopkins.
- B. Milner, L. Taylor & R.W. Sperry, 1968 – *Lateralized suppression of dichotically presented digits after commissural section in man*. Science 161, pp. 184–186.
- D.L. Molfese, R.B. Freeman & D.S. Palermo, 1975 – *The ontogeny of brain lateralization for speech and nonspeech stimuli*. Brain and Language 2, 356–368.
- R. Oldfield, 1971 – *The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory*. Neuropsychologia 9, 97–113.
- K. Osborne & A. Gale, 1976 – *Bilateral EEG differentiation of stimuli*. Biological Psychology 4, 185–196.
- W. Penfield & L. Roberts, 1959 – *Speech and Brain Mechanisms*. N.J. Princeton: Princeton University Press.
- I. Peretz & J. Morais, 1980 – *Modes of processing melodies and ear asymmetry in non-musicians*. Neuropsychologia 18, 477–489.
- R.E. Radocy & J.D. Boyle, 1979 – *Psychological Foundations of Musical Behavior*. Springfield, Illinois: Charles C. Thomas.
- E. Rainbow & C. Herrick, 1982 – *An investigation of hemispheric specialization for the pitch and rhythmic aspects of melody (Special Issue: Proceedings of the Ninth International Seminar on Research in Music Education)*. Psychology of Music, 96–100.
- M. Reichardt, 1923 – *Allgemeine und Spezielle Psychiatrie: Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte*. 3rd Ed., Jena.
- J.H. Risberg, J.H. Halsey, E.I. Wills & E.M. Wilson, 1975 – *Hemispheric specialization in normal man studied by bilateral measurements of the regional cerebral blood flow: A study with the 133 Xe Inhalation Technique*. Brain 98, 511–524.
- G.M. Robinson & D.J. Solomon, 1974 – *Rhythm is processed by the speech hemisphere*. Journal of Experimental Psychology 102, 508–511.
- R.J. Roeser & D.D. Daly, 1974 – *Auditory cortex disconnection associated with thalamic tumor*. Neurology 24, 555–559.
- M.R. Rosenzweig, 1951 – *Representations of the two ears at the auditory cortex*. American Journal of Physiology 167, 147–214.
- A. Schweiger & I. Maltzman, 1985 – *Behavioral and electrodermal measures of lateralization for music perception in musicians and non-musicians*. Biological Psychology 20, 129–145.
- B. Selby, J. Rosenfeld, E. Styles & J. Westcott, 1982 – *Which hemisphere is trained? The need for a new strategy for interpreting hemispheric asymmetries in music. (Special Issue: Proceedings of the Ninth International Seminar on Research in Music Education.)* Psychology of Music, 101–103.
- D. Shankweiler, 1966 – *Effects of temporal-lobe damage on perception of dichotically presented melodies*. Journal of Comparative Physiological Psychology 62, 115–119.
- B.E. Shapiro, M. Grossmann & H. Gardner, 1981 – *Selective musical processing deficits in brain damaged populations*. Neuropsychologia 19, 161–169.

- B.E. Shepp, 1978 – *From perceived similarity to dimensional structure: A new hypothesis about perspective development*. In: E. Rosch & B.B. Lloyd (Eds.), *Cognition and Categorization*. N.J. Hillsdale: Erlbaum.
- R. Shuter-Dyson & C. Gabriel, 1981 – *The Psychology of Musical Ability*. New York: Methuen.
- J.J. Sidtis, 1981 – *The complex tone test: Implications for the assessment of auditory laterality effects*. *Neuropsychologia* 19, 103–112.
- F. Spellacy, 1970 – *Lateral preferences in the identification of patterned stimuli*. *The Journal of the Acoustical Society of America* 47, 574–578.
- R.W. Sperry, 1982 – *Some effects of disconnecting the cerebral hemispheres*. *Science* 217, pp. 1223–1226.
- O. Spreen, F. Spellacy & J.R. Reid, 1970 – *The effect of interstimulus interval and intensity on ear asymmetry for nonverbal stimuli in dichotic listening*. *Neuropsychologia* 8, 245–250.
- S.P. Springer & G. Deutsch, 1985 – *Left Brain, Right Brain*. New York: W.H. Freeman.
- M. Studdert-Kennedy & D. Shankweiler, 1970 – *Hemispheric specialization for speech perception*. *Journal of the Acoustical Society of America* 48, 579–594.
- J.A. Wada & T. Rasmussen, 1960 – *Intracarotid injection of sodium amytal for the lateralization of cerebral speech dominance: Experimental and clinical observations*. *Journal of Neurosurgery* 17, 266–282.
- T. Weisenberg & K.E. McBride, 1935 – *Aphasia: A clinical and psychological study*. New York: Commonwealth Fund.
- N. Wertheim & M.J. Botez, 1961 – *Receptive amusia: A clinical analysis*. *Brain* 84, 19–30.
- R.J. Zatorre, 1979 – *Recognition of dichotic melodies by musicians and non-musicians*. *Neuropsychologia* 17, 607–617.

Eine vorläufige Version dieses Artikels wurde auf der jährlichen Konferenz der Midwestern Psychological Association, Chicago, Mai 1987, und auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Musikpsychologie, Hannover, September 1988, vorgelesen.

Korrespondenz und Anfragen für Sonderdrucke sollten an Christoph Fassbender, Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Flugmedizin, Abt. Luft- und Raumfahrtpsychologie, Sportallee 54, 2000 Hamburg 63, oder Gabriel P. Frommer, PH. D. Prof., Indiana University, Department of Psychology, Bloomington, IN 47405, USA, gerichtet werden.

1 Bei der Vorbereitung dieses Artikels zur Veröffentlichung stellten wir fest, daß der hier benutzte Lateralitätsindex eine unerwünschte Eigenschaft besitzt. Bei gleichbleibenden absoluten Unterschieden in den Wiedererkennungseleistungen beider Ohren nehmen die Werte des Lateralitätsindex mit steigenden Gesamtwiedererkennungseleistungen ab. Es könnte also die hier berichtete Funktion zwischen Lateralität und musikalischer Begabung bzw. Erfahrung aufgrund dieser Eigenschaften des Index zustande gekommen sein. Allerdings deuten die relativ hohen Korrelationswerte zwischen den Vorhersagevariablen und den absoluten Werten des Lateralitätsindex an, daß die Funktion nicht allein auf diese Eigenschaft des Index zurückzuführen ist. In der Lateralitätsforschung sind bisher viele verschiedene Lateralitätsmaße verwendet worden, die alle unterschiedliche Eigenschaften aufweisen und zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen können. Die dadurch entstehenden Probleme sind allerdings bisher kaum in der Literatur diskutiert worden. Eine Aufarbeitung dieser Problematik und eine Reanalyse unserer Daten ist zur Zeit in Bearbeitung.

Methodendiskussion

Auf der 3. Jahrestagung der DGM im September 1987 in Hamburg wurde erstmals ein Methodensymposium unter einer speziellen musikpsychologischen Fragestellung durchgeführt. Die Daten eines kleineren Videoexperimentes wurden zwei Kollegen für eine vergleichende Analyse zur Verfügung gestellt: O. Schlosser (Berlin) sollte die Besonderheiten und die Eignung der Clusteranalyse, R. Wille (Darmstadt) jene der Formalen Begriffsanalyse am jeweils gleichen Datensatz demonstrieren. Als »vermittelnde« Instanz im Methodenstreit wurde H. Feger hinzugebeten. Aufgrund des ungewöhnlich positiven Echos haben sich die Herausgeber entschlossen, die Ergebnisse dieses Symposiums zu dokumentieren. Die drei Artikel wurden so konzipiert, daß sie für sich stehen können, was an einigen Stellen kleinere Überschneidungen bedingt. Einzelheiten des Experiments sind bei Schlosser & Behne etwas ausführlicher, bei Wille dagegen, um Wiederholungen zu vermeiden, knapper dargestellt. Die Herausgeber hoffen, daß die Methodendiskussion weitergeführt werden kann.

Klaus -Ernst Behne