

Gedanken über Musik und Sprache

Ein neuropsychologisches Entwicklungsmodell

1. Hypothetisches Evolutionsmodell der gegenseitigen Relationen zwischen Musik und Sprache

Bei den primitiven Wirbeltieren waren die lebensnotwendigen Kontrollprozesse von phylogenetisch primären Zellgruppen gesteuert. Der entscheidende Schritt, der von dieser Entwicklungsstufe wegführte, geschah in dem Augenblick, als diese Kontrollfunktion vom Neokortex übernommen wurde.

Bei der Ratte sind die Leitungsbahnen, die von der motorischen Zone im Gehirn zu den verschiedenen muskulären Organen führen, ziemlich eng; die Anzahl der nervösen Leitungsbahnen bei der Katze beträgt 186 000 und beim Menschen ungefähr 1 200 000. Eine solche Entwicklung erfordert ein größeres zelluläres Volumen, was erklärt, weshalb das Gehirn des Menschen größer als das des hominiden Affen ist. Diese Zunahme ist wahrscheinlich auf das Auftreten der Sprachkapazität zurückzuführen, deren Entwicklung den Menschen zu einem überlegenen Wesen mit einem Sinn für Kritik und der Fähigkeit zur Urteilskraft macht, fähig, die Ergebnisse seiner zum Überleben notwendigen Gebärden zu kontrollieren und damit unaufhörlich deren Wirksamkeit zu verbessern, indem er Werkzeuge herstellt, deren Vervollkommen durch methodisches Nachdenken möglich ist.

Das Gehirn des *homo loquens* hat nicht nur ein Bewußtsein, sondern ein Bewußtsein von sich selbst. Die Lautgebärden der höheren Säugetiere, die wir immer noch verwenden, wenn wir spontane Gefühlsreaktionen zum Ausdruck bringen wollen, haben eine Signal- und Indexfunktion. Diese Lautgebärden wurden weiter entwickelt, um einem Bedürfnis, Objekte zu benennen, zu beschreiben und zu argumentieren, zu entsprechen.

Der Neandertaler gebrauchte schon Werkzeuge und beerdigte seine Toten. Diese beiden Phänomene deuten darauf hin, daß seine Sprachfähigkeiten durchaus entwickelt waren. Beim modernen Menschen ist die Gehirnfunktion asymmetrisch mit einer sprachlichen Dominanz der linken Hemisphäre. Vor ungefähr 10 Jahren haben Geschwind (1973) und andere nachgewiesen, daß diese funktionelle Asymmetrie einer anatomischen Asymmetrie entspricht. Später hat man zeigen können, daß es diese Asymmetrie schon beim Fötus gibt, deshalb ist sie nicht ein Ergebnis der Sprachentwicklung während der ersten Lebensjahre, sondern eine kongenitale, anatomische Divergenz. M.L. LeMay hat in den Schädeln von Fossilien der Neandertaler Spuren von dieser Asymmetrie wiedergefunden: ein Knochenvorsprung am Rande der Innenseite des Schädels weist auf die Stelle hin. Der Entwurf dieses Gehirns wurde genetisch kodifiziert. Dobzhansky (1967) sagt unter anderem: »Gene machen den Ursprung von Kultur möglich, und sie spielen eine fundamentale Rolle bei deren Erhaltung und Evolution. Die Gene bestimmen jedoch nicht, welche Art von Kultur sich wann, wo und wie entwickelt. Eine analoge Situation ist die von Sprache und Rede. Gene machen die Sprache und das Sprechen möglich, aber sie bestimmen nicht, was gesagt werden wird. Es gibt kein Gen für Selbsterkenntnis oder Bewußtsein, weder für das Ich noch für den Verstand. Diese grundlegenden menschlichen Fähigkeiten entstammen der Ganzheit der menschlichen Begabung und nicht speziellen Genen.«

Der *homo erectus* ist vor mehr als 250 000 Jahren erschienen. Sein Hirnvolumen vergrößerte sich vermutlich in 100 000 Jahren um circa 4,6 %. Der Neandertaler, sein Nachfolger im Laufe der Evolution, hat in dem gleichen Zeitraum eine Hirnzunahme von 7,5 %, wonach sich das Gehirnvolumen des modernen Menschen um durchschnittlich circa 100 cm³ verringert hat. Ob das darauf beruht, daß wir eine weniger kräftige Muskulatur als der Neandertaler haben, oder ob die Expansion vor der Differenzierung stattgefunden hat, ist noch unbekannt. Es ist aber möglich, daß sich während des schnellen Wachstumsprozesses die Entwicklung der Sprachfähigkeit mit den dazugehörigen anatomischen Veränderungen vollzog.

Nicht nur die Primaten, sondern auch andere hochentwickelte Säugetiere besitzen ein spezifisches prosodisches Repertoire. Wahrscheinlich werden diese Lautgebärden vom Zentrum des Hirnstammes und dem retikulären System bestimmt, d.h. von dem ältesten Teil des Gehirns, wozu auch die Steuerung der Aufmerksamkeit, der Aktivität und der Emotion gehört. Hier liegt eine Koordination zwischen der spezifischen Aktivität der Laut-Quelle, d.h. des Reizmusters, und der Art der Verarbeitung dieses Musters in den Rezeptoren des auditiven Systems vor; das findet wahrscheinlich im Neocortex statt. Man findet beim Menschen einen analogen feed-back Mechanismus, der für die Entwicklung von Sprache und Musik eine wichtige Rolle spielt.

Wir wissen, daß die Sprachfunktionen sich im allgemeinen in der linken Hemisphäre abspielen. Wie schon gesagt, zeigen sie in der Gegend des Planum Temporale eine Hypertrophie im Vergleich zu den entsprechenden Teilen auf der rechten Hemisphäre. Geschwind betont, daß es eine anatomische Asymmetrie nicht nur im menschlichen Hirn, sondern auch bei den großen Affen und vielleicht in einem gewissen Maße im ganzen Tierreich gibt. Im Neocortex des Menschen entsteht eine Wechselreaktion zwischen den unterschiedlichen Sinnesarten, man hat allerdings keine direkten Zusammenhänge zeigen können. Die Stellen, an denen bei den großen Affen die Sinnesinformationen zusammenlaufen (in beiden Hemisphären des Gehirns), werden als homolog mit der Gegend in der linken Hemisphäre betrachtet, wo beim Menschen die Sprachverständigung liegt. Man sollte daran denken, daß sich in der Nähe des Wernicke'schen Zentrums die beiden Zonen befinden, in denen die visuelle und auditive Perzeption lokalisiert sind. Die Entwicklung des Wernicke'schen Zentrums in der linken Hirnhälfte könnte also erklären, wie es beim Menschen zu einer so außerordentlichen Sprachentwicklung kommen konnte, die anatomisch bei mehreren Säugetieren, wie bei den großen Affen, angelegt ist.

Auf diesem Hintergrund kann man sich eine Evolution vorstellen, die von den biologischen Notwendigkeiten des Systems ausgeht, nämlich Lokalisation und Orientierung. Sie entwickeln sich in selek-

tiver Wechselbeziehung zu den Mechanismen, die die charakteristischen Laute der Gattung erzeugen, um gradweise anatomisch, strukturell und funktionell vervollständigt zu werden und eine supramodale, erkenntnisfähige Perzeption zu ermöglichen. Von Economo (1931) hat betont, daß die spezifische Entwicklung der Frontallappen ein menschliches Merkmal sei. Wissenschaftler, die die ontogenetische Entwicklung der lateralen Funktionen studiert haben, sagen, daß das Kind sich ziemlich spät der kognitiven Spezialisierung bedient, wozu es wahrscheinlich die Asymmetrie der linken Hemisphäre braucht: Sprechen und Sprache sind ontogenetisch bilateral angelegt. Das könnte man hypothetisch so erklären, daß diese doppelte Anlage zur Koordination (oder Assoziation) ein phylogenetisch älteres System widerspiegelt, das expressiv, aber prä-verbal war.

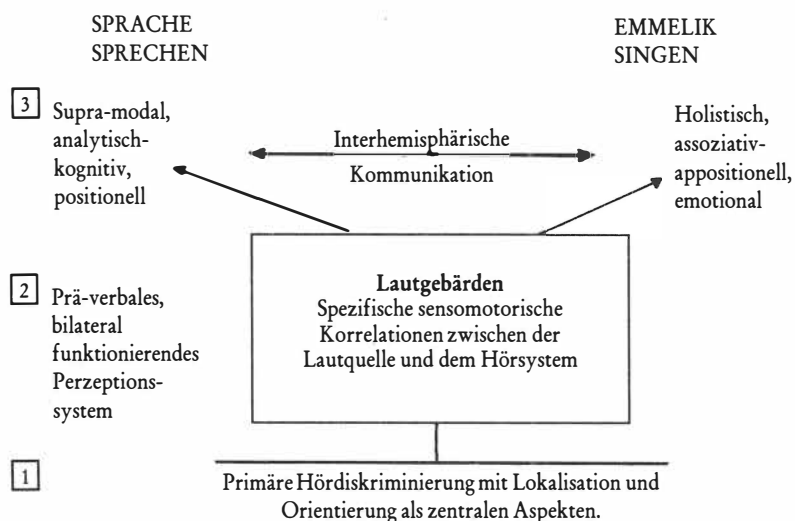


Abb. 1: Hypothetisches Modell für die Beziehungen zwischen Lautgebärden, Sprache und Melik

Aufgrund von vorhandenen Daten und Argumenten möchte ich eine Hypothese entwickeln (s. Abb. 1). Von einem prä-verbalen System aus entwickelt sich in eine Richtung die Sprache, in die andere die archaische Musik, die ich Emmelik nenne. Beide sind in ihrer jeweiligen Hemisphäre verwurzelt, mit ausgeprägten Verbindungen untereinander. Die linke Hemisphäre ist auf supramodale, analytisch kognitive Perzeption spezialisiert, während die rechte von dem prä-verbalen System eine holistische Perzeptionsweise beibehalten hat. Dieses rechte Perzeptionssystem ist nicht analytisch kognitiv, sondern appositionell kognitiv und steht in Verbindung mit den ältesten Teilen des Hirnsystems, wo die Wahrnehmungen affektiv eingefärbt werden.

Der Perzeptionsverlauf der beiden Ausdruckssysteme ist zeitlich-räumlich verschieden, denn sie nutzen die Möglichkeiten des auditiven Systems teilweise unterschiedlich. Die musikalische Perzeption ist langsamer als die sprachliche und außerdem immer periodisch und regelmäßig. Das erklärt sich daraus, daß sie nicht an schnelle semantische Definitionen äußerer Stimuli gebunden ist. In einer Entwicklung von Tausenden von Jahren hat sich die musikalische Perzeption einem langsamen, periodischen Stimulus, nämlich Musik, angepaßt. Linguisten betonen oft, daß die Produktionsbedingungen der Vokale von denen der explosiven Konsonanten, ihres phonetischen Gegenpols, sehr verschieden seien. Die explosiven Konsonanten können im Gegensatz zu den Vokalen nur von der linken Hirnhälfte identifiziert werden. Ich habe dies in Zusammenhang mit dem schnellen Wechsel der Formanten bei den explosiven Konsonanten und der eher stabilen Formantstruktur der Vokale gestellt.

Verschiedene Perzeptionsmodelle

1971 berichteten J.E. Bogen und H.W. Gordon über Beobachtungen, die sie in Zusammenhang mit Gehirnoperationen gemacht hatten. Es war notwendig, die Sprachfunktion vor dem Eingriff genau zu lokalisieren, um Schäden bei der Operation zu vermeiden. Links-

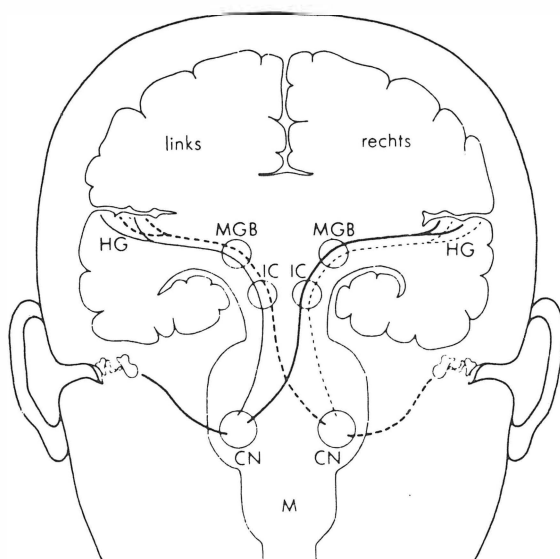


Abb. 2: Die Leitungsbahnen des Hörsystems vom Ohr bis zum Neocortex. Die (kontralateralen) Kreuzverbindungen sind stärker als die ipsilateralen Verbindungen. CN = nucleus cochlearis; IC = colliculus inferior; MGB = corpus geniculatum mediale. (aus: Popper & Eccles 1977)

oder Rechtshändigkeit ist nämlich nicht immer ein ausreichendes Zeichen dafür, daß das Sprachzentrum kontralateral liegt (s. Abb. 2). In einer Reihe von Fällen hat man diese Gelegenheit wahrgenommen, auch die musikalischen Funktionen zu lokalisieren. Der Grundgedanke hierzu war, daß man die Fähigkeit zu singen selbst nach Ablatio der linken Hemisphäre nicht verliert, und daß eine Hemiplegie, die die rechte Hemisphäre lähmt, die Sprachfunktion nicht verändert. Eine Injektion von Amytal in die linke oder rechte Karotis bewirkte eine vorübergehende Hemmung der entsprechenden Hemisphäre. Dabei wurde die Fähigkeit zu singen sehr stark gestört, wenn die Injektion auf der rechten Seite durchgeführt wurde und damit die linke Körperhälfte lähmte; die Sprechfähigkeit war reduziert (langsamer, einsilbiger), wogegen Aussprache, Intonation und die Fähigkeit, an einem Gespräch teilzunehmen, sich nicht veränder-

ten. Der Gesang wurde insoweit verflacht, daß Tonhöhenänderungen rein zufällig wurden. Das tonale Gedächtnis, der Sinn für den melodischen Raum, waren vollkommen gestört.

Bogen und Gordon (1971) zogen daraus den Schluß, daß die rechte »stumme« Hemisphäre, was die tonale Kapazität betrifft, dominiert, sofern die tonale Kapazität keine bilaterale Funktion ist, die aus der Zusammenarbeit der beiden Hemisphären entsteht, was ich »musikalischen Relativismus« genannt habe (Wallin 1981).

Bei jedem sprachlichen Prozeß, der an der Perzeption beteiligt ist, gibt die linke Hirnhälfte den überwiegenden Teil der Antworten. Aber bei jeder visuellen Aufgabe – eine Form oder ein entsprechendes Modell zu finden – dominiert die rechte Hemisphäre. Das trifft vor allem für Formen zu, bei denen eine verbale Übertragung nicht möglich ist. Selbst wenn Wörter Reize für die rechte Hemisphäre sind, ist diese der linken überlegen, jedoch nur, wenn das Objekt der Perzeption nicht der semantische Inhalt der Botschaft ist; ist die Wahrnehmung hingegen auf den semantischen Inhalt gerichtet, wird die Aufgabe sofort von der linken Hemisphäre übernommen. Dies bestätigt meine These, daß gesungener Text anders wahrgenommen wird als gesprochener Text.

Das Gehirn, das durch einen chirurgischen Eingriff in zwei Teile geteilt wird, bietet dem Forscher einmalige Möglichkeiten, die Spezifität der beiden Hirnhälften zu studieren. Da ihre Eigenarten dabei besonders deutlich werden, wird gleichzeitig auch ihre Zusammenarbeit verständlich. Zahlreiche Forscher haben mit verschiedenen Zielen und Methoden untersucht, wie wir die Verbindungen von sinnfreien Konsonanten und Vokalen (KV) im Gegensatz zu einfachen Vokalen (V) wahrnehmen. Die Ergebnisse sind bekannt, aber ich möchte an einige Untersuchungen erinnern, die das Verhältnis zwischen Sprache und Musik als biologisches Phänomen besonders deutlich werden lassen. Ich beginne mit einigen Erfahrungen von Zaidel (1976, 1977), Schüler und Assistent von Roger Sperry, der in seinen Untersuchungen zur Lateralwahrnehmung des Hirns wesentliche Beiträge zum Modell des »split brain« geleistet hat. Zaidel geht von drei Thesen aus:

- die linke Hirnhälfte hat sich langsam für den sprachlichen Prozeß spezialisiert;
- das ipsilaterale Signal des linken Ohres zur linken Hemisphäre wird im Subkortex gehemmt;
- das Signal, das vom linken Ohr zur rechten Hemisphäre kommt und via *corpus callosum* zur linken Hemisphäre zurückgeht (ipsilateral), tritt mit dem Input in Wettstreit, der am contralateralen Ohr (rechts) ankommt und sich mit diesem Input vermischt.

Von dieser Voraussetzung ausgehend, versucht Zaidel zu verstehen, wie weit diese Resultate auch auf die Versuche mit KV Silben übertragbar sind und ob die ipsilaterale Hemmung subkortikal ist. Sechs Silben aus explosiven Konsonanten und dem Vokal a (pa – ta – ka – ba – da – ga) wurden auf ein dichotisches Tonband aufgenommen und Patienten mit durchtrennten Kommissuren vorgeführt, sowie auch einer Kontrollgruppe von rechtshändigen Patienten dargeboten. Diese KV Silben unterscheiden sich voneinander durch ihre akustischen Eigenschaften (ba – pa), durch den Artikulationsort in der Mundhöhle (ba – ga) oder durch eine Kombination der beiden Varianten (ga – pa).

Frühere Experimente haben eine gewisse Überlegenheit des rechten Ohres (linke Hemisphäre) erkennen lassen. Diese Überlegenheit sollte für Silbenpaare ohne gemeinsame phonetische Eigenschaften größer sein als für die, die eine solche Eigenschaft teilen, d.h., daß die Überlegenheit des rechten Ohres bei ba – ga größer ist als bei pa – ba. Die Resultate der Kontrollgruppe zeigen, daß bei den normalen Patienten das *corpus callosum* einen größeren Teil des linksohrigen Inputs via rechter Hemisphäre zur linken weiterleitet und daß dieser Signalweg mit dem Input des rechten Ohres in Wettstreit tritt. Der ipsilaterale Informationsweg funktioniert offenbar nur dann, wenn er nicht mit dem kontralateralen Weg konkurriert. Es scheint außerdem die Hemmung des linken Ohres für KV-Paare mit zwei phonetischen Unterschieden dreimal stärker zu sein als für solche mit nur einem (z.B. pa – ga im Vergleich zu pa – ba oder ba – ka im Vergleich zu ba – ga; der Prozentsatz der richtigen Antworten für das rechte Ohr ist in beiden Fällen gleich). Das bestärkt die früheren Hypothe-

sen. Zaidel schließt daraus, daß die Hemmung der ipsilateralen Leitungsbahnen eine Funktion der hemisphärischen Spezialisierung ist.

Andere Experimente haben gezeigt, daß die rechte Hemisphäre trotz ihrer Fähigkeit, gesprochene Sprache zu dechiffrieren, mehr Schwierigkeiten hat, die Unterschiede zwischen den Konsonantenpaaren wahrzunehmen. Die Wahrnehmung dieser Konsonanten findet deshalb in der linken Hemisphäre statt. Die Schwierigkeiten der rechten Hemisphäre beim Erfassen der Konsonanten erklären sich daraus, daß hier das Kurzzeitgedächtnis nur schwach entwickelt ist und man festgestellt hat, daß ein schneller Wechsel der Formanten bei den explosiven Konsonanten einen guten Kurzzeitspeicher erfordert. Von diesen Ergebnissen ausgehend unterstreicht Zaidel, daß die rechte Hemisphäre nur eine geringe Fähigkeit besitzt, kategoriale Informationen weiterzuleiten und daß sie gesprochene Sprache eher so wahrnimmt, daß sie dauernd Muster einander gegenüberstellt, was akutes Gestalthören genannt werden könnte. Die linke Hemisphäre arbeitet dagegen kategorial und unabhängig von den Zusammenhängen, während die Rezeptionsfähigkeit der rechten Hemisphäre kontinuierlich und von den Zusammenhängen abhängig ist. Diese Meinung teilt Zaidel mit anderen Forschern. Diese Experimente zeigen auch, daß die Theorie von Libermann et al. (1962) über die artikulatorische Erfahrung als Grundlage für die sprachliche Perception nicht das einzig mögliche Modell ist.

Wenn man bedenkt, daß die rechte Hemisphäre im Gegensatz zur linken einige Schwierigkeiten hat, die phonetischen Kategorien auseinanderzuhalten, zu analysieren, scheint die Unterscheidung der Vokale kein Problem zu sein. Man könnte deshalb die rechte Hemisphäre als akustischen Gestaltdetektor bezeichnen.

Von der Sprachtheorie wurden die klassischen Etappen formuliert: »Vom Schrei zum Satz«, vom Wortschatz zur Grammatik, etc. In welche Richtung kann sich die rechte Hirnhälfte phylogenetisch entwickelt haben? Wenn es sich um isolierte Wörter handelt, so verfügen Patienten nach der Kommissurotomie auf der rechten Hemisphäre immer noch über einen sehr reichen Wortschatz (Zaidel), entwicklungspsychologisch etwa dem eines 16jährigen entsprechend.

Es gibt wahrscheinlich zwischen diesen beiden »Wörterbüchern« Unterschiede, die durch weitere Experimente aufgezeigt werden sollten. Es scheint aber schon jetzt, daß der Wortschatz der rechten Hemisphäre deutlich mehr konnotativ und assoziativ ausgerichtet ist, während der Wortschatz der linken Hemisphäre präziser und bezeichnender ist. Das bedeutet, daß die rechte Hemisphäre mehr Schwierigkeiten hat, eine semantische Ambiguität zu lösen, aber viel reicher an Wortassoziationen ist. Man denkt hierbei an die Definition der Poesie von Paul Valéry: »Ein Zögern zwischen Laut und Sinn«.

Mit der semantischen Kontinuität der Wörter hat die rechte Hemisphäre Schwierigkeiten, vor allem bei Sätzen, in denen zwei Adjektive genügen, um die Struktur zu verändern. Es ist also immer die Zusammenkettung der Wörter, die Probleme schafft. Zaidel hat überzeugend dargelegt, daß die Ursache dafür im Fehlen einer Kurzzeiterinnerung zu suchen sei, die es ermöglichen würde, eine Information zu dechiffrieren, die nicht überflüssig ist. Die Erklärung ist interessant, denn der Ausdruck »non-redondante« bedeutet hier nicht physiologische oder neurologische Redundanz, sondern semantische. Diese Überlegungen bestärken die Vorstellung, daß die Spezifität der beiden Hemisphären nicht den Unterschied der Reize als solche widerspiegelt (Sprache versus Musik; Arithmetik versus Geometrie etc.), sondern zwei verschiedene Denkweisen, die modal nicht spezifisch sind, wie Sperry (1977) gesagt hat. Arbeiten der letzten Jahre haben gezeigt, daß diese beiden Verhaltensweisen sich ebenso für visuelle, hör- und berührungssinnliche Reize nachweisen lassen.

Wenn die archaische Emmelik die Spezifität der rechten Hemisphäre widerspiegelt, so kann das Erleben einer isorhythmischen Motette, einer Bachfuge, eines Streichquartetts oder der »Vingt regards sur l'Enfant Jesus« von Messiaen nicht allein in einer Hemisphäre stattfinden, weil dabei zu viele verschiedenartige Perzeptions-elemente zusammenwirken; auch die linke Hemisphäre, die eine kategoriale Reizverarbeitung ermöglicht, wird daran beteiligt sein. Kategoriale Perzeption gibt es also auch außerhalb der Sprache, nämlich in der Musik. In einer Studie von 1974 haben J.E. Cutting und

The image displays a page of a musical score, likely a piano reduction or a full orchestral score, from the fourth movement of Hector Berlioz's *Symphonie Fantastique*. The score is written on multiple staves, with various musical notations and performance instructions.

Key features of the score include:

- Staff 1 (Top):** Features a melodic line with a *tr* (trill) marking.
- Staff 2:** Marked *Soli* and *p* (piano).
- Staff 3:** Marked *Soli* and *p*.
- Staff 4:** Marked *p*.
- Staff 5:** Marked *p*.
- Staff 6:** Marked *p*.
- Staff 7:** Marked *p*.
- Staff 8:** Marked *p*.
- Staff 9:** Marked *p*.
- Staff 10:** Marked *p*.
- Staff 11:** Marked *p*.
- Staff 12:** Marked *p*.
- Staff 13:** Marked *p*.
- Staff 14:** Marked *p*.
- Staff 15:** Marked *p*.
- Staff 16:** Marked *p*.
- Staff 17:** Marked *p*.
- Staff 18:** Marked *p*.
- Staff 19:** Marked *p*.
- Staff 20:** Marked *p*.
- Staff 21:** Marked *p*.
- Staff 22:** Marked *p*.
- Staff 23:** Marked *p*.
- Staff 24:** Marked *p*.
- Staff 25:** Marked *p*.
- Staff 26:** Marked *p*.
- Staff 27:** Marked *p*.
- Staff 28:** Marked *p*.
- Staff 29:** Marked *p*.
- Staff 30:** Marked *p*.
- Staff 31:** Marked *p*.
- Staff 32:** Marked *p*.
- Staff 33:** Marked *p*.
- Staff 34:** Marked *p*.
- Staff 35:** Marked *p*.
- Staff 36:** Marked *p*.
- Staff 37:** Marked *p*.
- Staff 38:** Marked *p*.
- Staff 39:** Marked *p*.
- Staff 40:** Marked *p*.
- Staff 41:** Marked *p*.
- Staff 42:** Marked *p*.
- Staff 43:** Marked *p*.
- Staff 44:** Marked *p*.
- Staff 45:** Marked *p*.
- Staff 46:** Marked *p*.
- Staff 47:** Marked *p*.
- Staff 48:** Marked *p*.
- Staff 49:** Marked *p*.
- Staff 50:** Marked *p*.
- Staff 51:** Marked *p*.
- Staff 52:** Marked *p*.
- Staff 53:** Marked *p*.
- Staff 54:** Marked *p*.
- Staff 55:** Marked *p*.
- Staff 56:** Marked *p*.
- Staff 57:** Marked *p*.
- Staff 58:** Marked *p*.
- Staff 59:** Marked *p*.
- Staff 60:** Marked *p*.
- Staff 61:** Marked *p*.
- Staff 62:** Marked *p*.
- Staff 63:** Marked *p*.
- Staff 64:** Marked *p*.
- Staff 65:** Marked *p*.
- Staff 66:** Marked *p*.
- Staff 67:** Marked *p*.
- Staff 68:** Marked *p*.
- Staff 69:** Marked *p*.
- Staff 70:** Marked *p*.
- Staff 71:** Marked *p*.
- Staff 72:** Marked *p*.
- Staff 73:** Marked *p*.
- Staff 74:** Marked *p*.
- Staff 75:** Marked *p*.
- Staff 76:** Marked *p*.
- Staff 77:** Marked *p*.
- Staff 78:** Marked *p*.
- Staff 79:** Marked *p*.
- Staff 80:** Marked *p*.
- Staff 81:** Marked *p*.
- Staff 82:** Marked *p*.
- Staff 83:** Marked *p*.
- Staff 84:** Marked *p*.
- Staff 85:** Marked *p*.
- Staff 86:** Marked *p*.
- Staff 87:** Marked *p*.
- Staff 88:** Marked *p*.
- Staff 89:** Marked *p*.
- Staff 90:** Marked *p*.
- Staff 91:** Marked *p*.
- Staff 92:** Marked *p*.
- Staff 93:** Marked *p*.
- Staff 94:** Marked *p*.
- Staff 95:** Marked *p*.
- Staff 96:** Marked *p*.
- Staff 97:** Marked *p*.
- Staff 98:** Marked *p*.
- Staff 99:** Marked *p*.
- Staff 100:** Marked *p*.

Abb. 3: H. Berlioz – aus dem vierten Satz der *Symphonie Fantastique*.

B.S. Rosner gezeigt, daß Instrumentenklänge, also nicht sprachgebundene Laute, von den Zuhörern leicht als Pizzicato (»pluck«) oder Arco (»bow«) bezeichnet und somit kategorisiert werden können. Berlioz z.B. verwendet im 4. Satz seiner »Symphonie Fantastique« (s. Abb. 3) innerhalb des gleichen Motivs die Abfolge von Pizzicato – Arco, um einen überraschenden Kontrast zu schaffen. Die Wahrnehmung des Pizzicatos erfordert, wie die der explosiven Konsonanten, eine besondere Anstrengung.

Auch für die höheren Primaten ließ sich feststellen, daß die Perzeptionsphänomene, von denen man glaubte, sie seien auf die Sprachsphäre beschränkt, einem viel weiteren Bereich angehören (Beecher et al. 1979). Für kategoriale Perzeption und perzeptuelle Konstanz, wie das Phänomen des Lateralhörens einiger Tiere, finden sich analoge Erscheinungen bei Neugeborenen, auch gibt es eine gewisse morphologische, anatomische Ähnlichkeit zwischen Neugeborenen und einigen Primaten. Das Stimmregister des oberen Kehlkopfs beim Neugeborenen ist nicht sehr viel anders als das des Schimpansen. Wahrscheinlich gibt es jedoch keinen Primaten, der die ganze Skala von Sprachlauten der menschlichen Stimme wiedergeben kann, denn bei ihnen ist die anatomische Bildung der Lautorgane etwas anders als beim Menschen, bei dem der hintere Teil des Rachens entwickelter und beweglicher ist und der Kehlkopf im Verhältnis zur Zunge tiefer steht. Für Kuhl (1979) gibt es keinen Zweifel: gewisse Anlagen der Sprach-Laut Perzeption sind bei höheren Säugetieren vorhanden, was daran denken läßt, daß das Repertoire der Sprachlaute das Ergebnis einer natürlichen Auslese ist.

Experimentelle Bestätigung der Hypothese

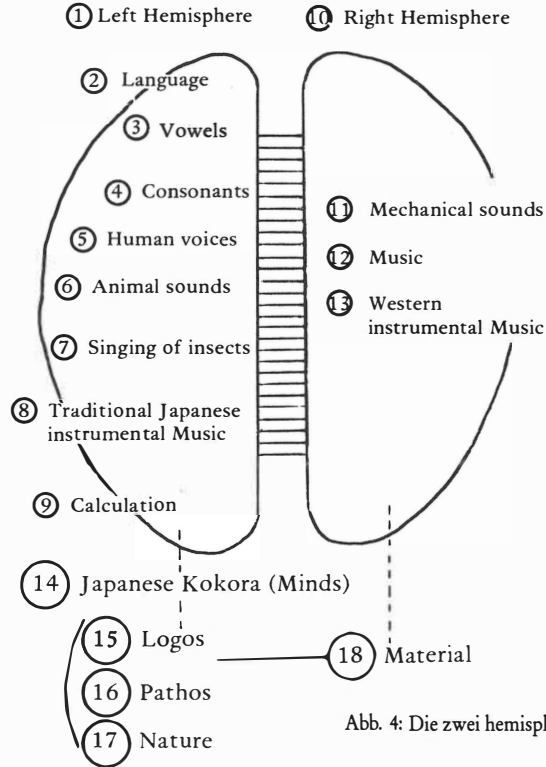
Wie schon gesagt, wissen wir, daß Sprache und Rede grundsätzlich eine unilaterale Fähigkeit der linken Hemisphäre sind und daß Musik grundsätzlich eine unilaterale Fähigkeit der rechten ist. Diese Lokalisierung ist jedoch nicht absolut, sondern relativ: die Sprache hat Varianten mit rechts-hemisphärischen Zügen und Melik ist sehr

stark von Konzepten und Elementen kategorialer Perzeption der linken Hemisphäre gesteuert. Außerdem gibt es eine starke Verbindung zwischen den beiden Teilen, den Gefühlsstrom, der durch den Hirnstamm, hauptsächlich von rechts nach links, fließt.

Die Forschungsarbeiten des japanischen Neurologen und Wissenschaftlers Tadanoto Tsunoda haben eine scheinbar paradoxe Variante dieses Standardschemas gezeigt.

Tsunoda hat seit 1972 in wiederholten Tests die hemisphärische Dominanz für unveränderliche (steady-state) Vokale, Silben und Sinustöne bei Westeuropäern, Hebräisch sprechenden Israelis und Asiaten aus verschiedenen Sprachräumen (chinesisch, koreanisch, vietnamesisch, kambodschanisch, thailändisch, indonesisch) untersucht. Die Ergebnisse stimmten alle mit dem Standardschema – einer rechts-hemisphärischen Dominanz – überein. Wurde der gleiche Test auf Japaner angewandt, zeigte sich jedoch eine deutliche Abweichung, indem sich links-hemisphärische Dominanz für Geräusche von Sinustönen ergab, auch japanische Musik wurde in der linken Hemisphäre verarbeitet, während europäische Instrumentenklänge und Gesang in der rechten Hemisphäre stattfanden (Abb. 4). Die einzigen Versuchspersonen, die die gleiche vom Schema abweichende Tendenz zeigten, waren Personen mit polynesischen Muttersprachen (Tonganesisch, Ost-Samoaisch und Maorisch). Diese interessanten Ergebnisse geben zu denken. Die Relativität von Musik- und Sprachlateralisation ist durch zahlreiche Experimente demonstriert worden, die z.B. zeigen, daß bei geschulten Musikern und Hörern Musik mit zunehmender Beteiligung auch der linken Hemisphäre aufgenommen wird. Ihr Verhalten reflektiert eine mehr konzeptualisierte Annäherung an Musik, die stärker melisch als gewöhnlich üblich ist. Wir haben aber auch Grund zur Annahme, daß es Menschen gibt, die wie die Hopi-Indianer (Wallin 1982) aufgrund einer divergierenden, holistischen Sicht von Zeit und Raum, was auch in der Struktur ihrer Sprache zum Ausdruck kommt, eine rechtshemisphärische Dominanz für Sprache zeigen. Außerdem wissen wir, daß ein Vokal von sehr kurzer Dauer (40–50ms.) von der linken Hemisphäre wie ein explosiver Konsonant erfaßt wird, was für die katego-

Japanese Pattern



Western Pattern

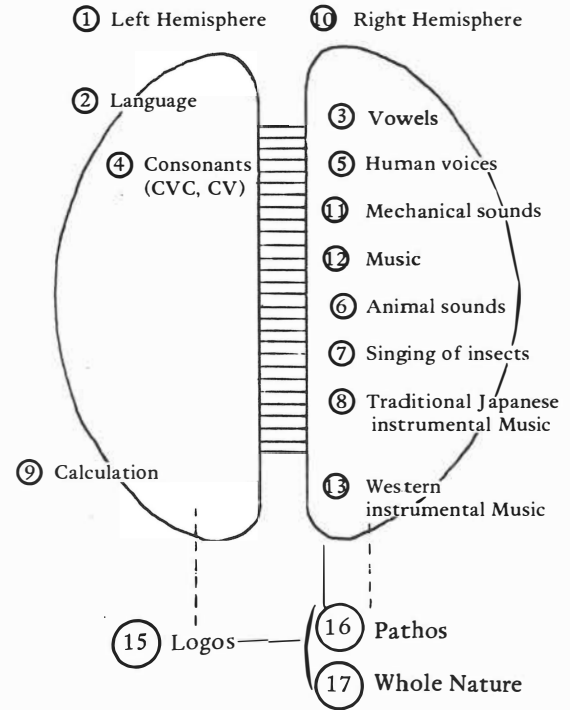


Abb. 4: Die zwei hemisphärischen Perzeptionstypen (nach Tsunoda, 1981)

riale Perzeption von Sprache wichtig ist. Das Gleiche gilt für ein ausgeprägtes Pizzicato, während der gestrichene Instrumentalton zur rechten Hemisphäre gehört: »pluck« und »bow« entsprechen häufig den Konsonanten bzw. Vokalen.

Tsunoda unterstreicht bei der Erklärung der ungewöhnlichen Abweichungen der japanischen Testergebnisse eine zentrale Eigenschaft der japanischen und polynesischen Sprache: die sehr starke Rolle der Vokale. Die fünf Vokale wirken in Reihen von Vokalen ganz selbständig voneinander, d.h. in Wörtern, die nur aus Vokalen bestehen »ue« – »oi« – »oui« – »oisii« etc. und zusammen mit Konsonanten zwischen Vokalen (VKV) im Gegensatz zu der vorherrschenden Kombination (KVK) der meisten Sprachen.

In den Tests wurden die Vokale mit kurzer Dauer (50–75 ms.) dargestellt; linkshemisphärische Dominanz wurde dann bestätigt, wenn die Vokale nicht länger als 10 ms. waren, was als Summen empfunden wurde.

Abgesehen von diesen Tests meint Tsunoda, daß Japaner nicht nur bei Konsonanten, sondern auch bei unveränderlichen (steady state) Vokalen Dominanz der linken Hemisphäre zeigen. Aus diesem Grunde hat er versucht, den Charakter der Vokale, was ihre Formantenstruktur betrifft, zu analysieren. Durch Filtern der Töne ist es ihm gelungen, herauszufinden, daß der erste Formant eines a oder u eine rechtes Ohr-linke Hemisphäre Dominanz hervorrief, während F1 und F2 zusammen im linken Ohr und der rechten Hemisphäre verarbeitet wurden. Tsunoda meint, daß es die mittlere inharmonische Frequenz in dem Formantenband eines Vokals ist, die den entscheidenden Faktor für Ohrdominanz ausmacht: »Das japanische Gehirn ist in rechtshemisphärische Dominanz (linkes Hörsystem) für Töne mit harmonischen und in linkshemisphärische Dominanz (rechtes Hörsystem) für Töne mit inharmonischen Verhältnissen eingeteilt.« Tsunoda fand, daß es eine Verschiebung von linker zu rechter Ohrdominanz gab, wenn die Frequenzmodulation beim F 2 über 1,5 % lag.

Da nicht-japanische Versuchspersonen, die in Japan geboren oder als Kinder in Japan erzogen wurden, die gleiche links-hemisphäri-

sche Dominanz zeigen, während japanische Versuchspersonen, die im Westen geboren oder erzogen wurden, das Standardmuster der hemisphärischen Dominanz aufweisen, meint Tsunoda, daß die Ursache der japanischen und polynesischen Abweichung die Muttersprache ist, die den bedeutsamsten Unterschied zwischen den Kulturen darstellt. Diese Erklärung ist wahrscheinlich richtig, jedoch nur in zweiter Linie und nicht ausreichend. Spezifischer ausgedrückt: Dem Standardmuster entsprechend werden Vokale oder vokalähnliche Töne von der rechten Hemisphäre aufgenommen. Warum aber durch die linke Hemisphäre bei in Japan oder Polynesien geborenen Menschen? Warum sollte sich ein Vokal in einer Sprache, die reich an Vokalen ist, bei einem Japaner in der linken Hemisphäre abspielen und vokalähnliche Töne wie westliche Instrumentengeräusche (»bowing«) und die westliche Art zu singen in der rechten?

Die Sprache spielt sich in der linken Hemisphäre ab, weil diese spezifische Fähigkeiten besitzt, um auf Merkmale zu antworten, die in der Sprache reichlich vorhanden sind: im Hörsystem ist die linke Hemisphäre ausschlaggebend für schnelle Antworten und kurze Onsets von Tönen, kombiniert mit einem guten Kurzzeitgedächtnis, das einen Ton mit unveränderlichen (steady-state) Formanten und Obertönen zur Identifizierung behalten soll. Dies ist die kategoriale Perzeption, die nicht nur bei der Sprachperzeption gebraucht wird. Ergänzend hierzu antwortet die rechte Hemisphäre auf emmelische Stimuli, denn sie hat bestimmte Fähigkeiten, um auf spezifische Merkmale zu antworten, die häufig in der Musik vertreten sind. Dabei ist die spezielle Fähigkeit der rechten Hemisphäre, einen regulären Fluß unveränderlicher Töne zusammenzuhalten, wichtiger als ein gutes Kurzzeitgedächtnis; dies ist die angemessene holistische Perzeption.

Die beiden Hemisphären reagieren unterschiedlich auf die Raum-Zeit Qualität eines Reizes – sie stellen zwei verschiedene Denkweisen dar. Wahrscheinlich akzeptieren wir deshalb als äquivalent die Würgeszene in Shakespeares »Othello« mit einer Dauer von X Minuten und die gleiche Szene in Verdis »Othello« mit einer Dauer von XY

Minuten; zwei verschiedene Denkweisen in einem Gehirn, eine analytisch, die andere holistisch mit eingebauter Gefühlsaura (Wallin 1983).

Der Grund, weshalb der japanische Vokal von der linken Hemisphäre dargestellt wird, wäre, wenn man diesen Gedanken verfolgt, seine extrem kurze Dauer in Verbindung mit seiner inharmonischen Struktur. Eine normale Länge des Vokals in Verbindung mit einer unveränderlichen (steady-state) Konstruktion, die in der rechten Hemisphäre wirkt, wäre ungeeignet für eine kategoriale Perzeption, die notwendig ist, um Sprache verständlich zu machen. Der Vokal sollte kurz und inharmonisch sein, um in phonetischer Stellung, die in den meisten Sprachen von Konsonanten besetzt werden, identifiziert und verstanden zu werden.

Ich erinnere noch einmal daran, daß es auch in der Musik eine kategoriale Perzeption gibt, die z.B. bei starken Pizzicato-Effekten zustandekommt, kurze inharmonische Onsets von Blasinstrumenten, Schlagzeugstrukturen, etc. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß auch die traditionelle japanische Musik mit ihrem ausgesprochenem »pluck« Charakter und dem grellen Timbre von Japanern in der linken Hemisphäre gehört wird, westliche Musik (»bowing«) aber eher in der rechten. Dieser Sprung ist derselbe, den im Prinzip alle Menschen machen, wenn sie vom Hören der alltäglichen Standardsprache zum Musikhören übergehen, ebenso wie beim Übergang von Shakespeares Othello zu Verdis mit nicht standardisierter Sprache. Der plötzliche Sprung von einem System zu einem anderen wird wahrscheinlich einerseits durch die Kürzung der Vokaldauer von normalerweise 150 ms. zu ca. 75–50 ms. verursacht, andererseits durch zunehmende Modulation des zweiten Formanten, d.h. durch Übergang von einfachen zu komplexeren Frequenzverhältnissen (Wallin 1983).

Literatur

- M.D. Beecher, M.R. Petersen, S.R. Zoloth, D.B. Moody, W.C. Stebbins, 1979. Perception of non-specific vocalization by Japanese macaques. Evidence for selective attention and neutral lateralization. *Brain, Behavior and Evolution*, 16, (5-6), 443.
- J.E. Bogen, H.W. Gordon, 1971 - Musical tests for functional lateralization with intracarotid amobarbital. *Nature*, 230, 524.
- F.H.C. Crick, 1979 - Thinking about the brain. *Sci. American*, 241, (3) 131.
- J.E. Cutting, B.J. Rosner, 1974 - Categories and boundaries in speech and music. *Percept. Psychophys.* 16, 564.
- T. Dobzhansky, 1967 - *The Biology of Ultimate Concern*. New American Libr., New York.
- C. von Economo, 1951 - Über progressive Cerebration. *Wien, Kl. Wochenschrift*, 44, 597.
- J.L. Flanagan, 1955 - A Difference limen for vowel formant frequency. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 27, 613.
- J.P. Gautier, 1974 - Field and laboratory studies of the vocalizations of talopoin monkeys. *Miopithecus talopoin. Behavior*, 41, 209.
- N. Geschwind, 1973 - The Anatomical basis of hemispheric differentiation. *Experimental Studies of Hemisphere Function in the Human Brain*. (Edit. Dimond-Baumont).
- , 1978 - Anatomical asymmetry as the basis for cerebral dominance. *Fed. Proc.* 37 (9), 2263.
- M. Imberty, 1981-a) - Acculturation tonale et structuration perceptive du temps musical chez l'enfant. b) Peut-on parler de compétence musicale à propos de la structuration du temps musical chez l'enfant? *Basic Musical Functions and Musical Ability*. Publication de l'Académie royale suédoise de Musique. 32, 131.
- D. Kimura, 1967 - Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*, 3, 163.
- P.K. Kuhl, 1977 - Speech perception in early infancy: perceptual constancy for the vowel categories (a) and (c). *J. Acoust. Soc. Amer.*, 61, suppl. I S39 (A), 374.
- , 1979 - Models and mechanisms in speech perception. Species comparisons provide further contributions. *Brain, Behavior and Evolution*, 16, (5-6).
- J. Levy, R.D. Nebes, W. Sperry, 1971 - Expressive language in the surgically separated minor hemisphere. *Cortex*, VII, 48.
- A.M. Libermann, F.S. Cooper, K.S. Harris, P. MacNeilage, 1962 - A motor theory of speech perception. *Proc. Speech Communication Seminar*, Stockholm.
- Ph. Liebermann, 1975 - *On the Origin of Language. An Introduction to the Evolution of Human Speech*. Mac Millan, Londres-New York.
- G.H. Monrad-Krohn, 1963 - The Third element of speech; prosody and its disorders. *Problems of Dynamic Neurol.*, Jérusalem, 101.
- G. Nicholas, J. Prigogine, 1971 - Fluctuation in non-equilibrium systems. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 68, 2102.
- J.H.K. Nketia, 1974 - *The Music of Africa*, W.W. Norton & Company, Inc. New York.
- D.B. Pisoni, 1979 - On the perception of speech sounds as biologically significant signals. *Brain, Behavior and Evolution*, 16, (5-6), 330.
- K.R. Popper, J.C. Eccles, 1977 - *Das Ich und sein Gehirn*. München: R. Piper & Co.
- J. Prigogine, 1976 - Order through fluctuations: Self organizations and social system. In: E. Jantsch & C.H. Waddington (ed.) *Evolution and Consciousness*. London - Amsterdam: Addison-Wesley Publ. Co.

- R. Sinz, 1980 – *Chronopsychophysiologie. Chronobiologie und Chronomedizin*. Berlin: Akademie Verlag.
- R.W. Sperry, 1977 – Forebrain commissurotomy and conscious awareness. *J. Med. and Phil.*, 2, (2), 101.
- K.N. Stevens, 1972 – The quantal nature of speech: evidence from articulatory-acoustic data. In: D.Jr. Denes (ed.), *Human Communication*. New York: McGraw Hill.
- T.Tsunoda, 1966 – Tsunoda's method. A new objective testing method available for the orientation of the dominant cerebral hemisphere toward various sound and its clinical use. *Indian Journal of Otology, Rhinology and Laryngology*, 18, 78–88.
- ders., 1976 – Logos and Pathos, Difference in the mechanism of vowel sound and natural sound perception in the East and West, and mental structure. *Reports of The Third World Congress of Phonetician*, Tokyo, 90–91.
- H.J. Ustvedt, 1937 – Über die Untersuchung der musikalischen Funktionen bei Patienten mit Gehirnleiden, besonders bei Patienten mit Aphasie. *Acta Med. Scan.*, suppl. LXXXVI. Stockholm-Helsingfors.
- N.L. Wallin, 1981 – Some notes on the neurobiological and genetic aspects of music and musicality. *Basic Musical Functions and Musical Ability*, *op. cit.*
- ,–: 1982 – Den musikaliska hjärnan. En kritisk essä om musik och perception i biologisk belysning (avec un résumé en anglais). *KUNGL. Musikaliska Akademiens Skriftserie*, 34, Skrifter från musikvetenskapliga institutionen, Göteborg, 6, Stockholm.
- ,–: 1983 – Des Relations entre Musique et Langage envisagées sous l'aspect Biologique. *Diogenes*, 122. Paris
- ,–: 1983 – Pitch Perception as Expression for Exogene and Endogene Coordinated Oscillations. *The World of Music*, 3.
- ,–: 1983 – Further Remarks on a Biological Approach to Musicology. Paper read October 1983 at the IMC Conference on Perception, Stockholm.
- E. Zaidel, 1976 – Language, dichotic listening and the disconnected hemispheres. *Brain inform. Serv. Conference Report*, 42, Los Angeles, 103.
- ,–: 1977 – Lexical organization in the right hemisphere. In: P.A. Buser & A. Rougel-Buser, *Cerebral Correlates of Conscious Experience*. Inserm Symposium 6, 1978.
- S. Zoloth, S. Green, 1979 – Monkey vocalization and human speech: parallels in perception? *Brain, Behaviour and Evolution*, 16, (5–6), 430.

Summary

The ability of man to understand language and music can be traced back through evolution to a pre-verbal system of sound discrimination. The present functional division of the hemispheres does not imply equal treatment of different kinds of stimuli, but different treatment of equal stimuli, with the categorial perception situated in the left hemisphere and sound pattern discrimination in the right. Seemingly paradoxical results from Japan prove this hypothesis and offer possible explanations of the peculiarities of Japanese music.