

Das Verstehen der Bedeutung von Musik

Vortrag zum Symposium Musik und Natur am 25. September 2004

Wenn ich einen Satz höre wie *Hannah singt ein Lied*, erwarte ich das Wort Musik eher als das Wort Stift. Dieser Effekt ist der semantische Priming-Effekt; er hat zur Folge, daß Wörter mit semantisch enger Relation zu einem vorhergehenden Kontext schneller und leichter verarbeitet werden als semantisch unverwandte Wörter.

Ein elektrophysiologischer Index semantischen Primings ist die N400-Komponente des ereigniskorrelierten elektrischen Hirnpotentials (EKP; EKPs können mit elektroencephalographischen Methoden gemessen werden). Die N400 entsteht normalerweise um zirka 250 bis 400 Millisekunden (ms) nach der Darbietung eines Wortes. Die durch Wörter evozierte N400 ist sensitiv für Manipulationen semantischer Relationen: sie ist kleiner, wenn auf einen Satz wie *Hannah singt ein Lied* ein Wort mit enger semantischer Relation zu dem Satz folgt (zum Beispiel *Musik*), und größer, wenn das Wort keinen semantischen Bezug zum Satz hat (zum Beispiel *Stift*).

Semantik ist selbstverständlich eine basale Dimension der Sprache, und für viele Menschen ist der Gedanke ungewohnt, daß auch Musik semantische Informationen übermittelt. Musik ist jedoch in erster Linie Mittel der Kommunikation, und Komponisten nutzen Musik als Mittel des Ausdrucks. Theoretisch können unterschiedliche Aspekte musikalischer Semantik unterschieden werden. (1) Musikalische Semantik übermittelt durch Information, die an Objekte erinnert (zum Beispiel an einen Vogel), oder musikalische Information, die Eigenschaften bezeichnet (zum Beispiel hoch, hell, schnell). (2) Musikalische Semantik, die durch das Entstehen beziehungsweise das Erkennen einer Stimmung vermittelt wird (zum Beispiel fröhlich). (3) Bedeutung durch extramusikalische Assoziationen (zum Beispiel eine Nationalhymne), und (4) Bedeutung, die durch das Arrangement formaler Strukturen entsteht (zum Beispiel Überraschung durch einen unerwarteten Akkord).

Intuitiv scheint es plausibel, daß auch Musik semantische Information übermitteln kann: Bei bestimmten Passagen von Beethoven-Symphonien zum Beispiel denken wir eher an einen *Helden* als an einen *Floh*, und bei bestimmten Passagen von Mozart-Symphonien denken wir eher an einen

Engel als an einen *Flegel*. Es war bisher jedoch unklar, wie es zu solchen semantischen Assoziationen beim Hören von Musik kommt, und ob die kognitiven Mechanismen, die beim Hören von Musik semantische Informationen entschlüsseln, diejenigen Mechanismen sind, die auch der Verarbeitung sprachlicher Semantik dienen.

Wir führten ein semantisches Priming-Experiment durch, in dem (a) Sätze sowie (b) kurze musikalische Exzerpte als Prime-Stimuli präsentiert wurden (die Exzerpte wurden von normalen Musik-CDs aufgenommen). Diese Prime-Stimuli hatten semantisch entweder einen starken oder einen schwachen Bezug zu einem Zielwort. Das Wort *Weite* hat beispielsweise einen starken semantischen Bezug zum Satz: *Die Blicke schweifen in die Ferne*, und einen schwachen Bezug zum Satz: *Die Fesseln erlauben wenig Bewegung*. Zielwörter waren 44 Wörter (zum Beispiel *Illusion, Weite, Keller, König, Nadel, Treppe, Fluß, Mann*), die Hälfte der Wörter waren konkrete Wörter, die andere Hälfte abstrakte Wörter.

Die musikalischen Prime-Stimuli wurden aufgrund musiktheoretischer Terminologie oder aufgrund von Aussagen von Komponisten über ihre Stücke ausgewählt. Zum Beispiel war der musikalische Prime-Stimulus für das Wort *Nadel* eine Passage aus einem Streichterzett von A. Schönberg, in dem Schönberg Stiche während seiner Herzattacke beschrieb. In einem Ausschnitt aus der »Salome« von R. Strauss waren die Akkorde in weiter Lage gesetzt (die Töne umfassen also ein weites Frequenzspektrum), daher wurde dieses Exzerpt als Prime-Stimulus für das Wort *Weite* benutzt.

Einige der musikalischen Prime-Stimuli erinnerten an Klänge von Objekten (zum Beispiel einer Spieluhr), oder an Objektqualitäten (zum Beispiel tiefe Töne und *Keller*, aufsteigende Intervallstufen und *Treppe*). Andere musikalische Prime-Stimuli (besonders diejenigen für abstrakte Wörter) erinnerten an prosodische und gestische Merkmale, die mit bestimmten Wörtern assoziiert sind (zum Beispiel *Seufzer, Trost*). Außerdem wurden musikalische Prime-Stimuli eingesetzt, die stereotypische musikalische Stile und Formen repräsentieren, die üblicherweise mit bestimmten Wörtern assoziiert werden (zum Beispiel ein Kirchenchoral und das Wort *Andacht*).

Im Experiment wurden die EKP's analysiert, die durch Zielwörter evoziert wurden, die entweder eine starke oder schwache semantische Relation zu einem Prime-Satz oder einem musikalischen Prime-Stimulus hatten. In der Satzbedingung evozierten semantisch unpassende Wörter (im Vergleich mit passenden Wörtern) eine deutliche N400-Komponente. Dieser Befund repliziert den klassischen semantischen Priming-Effekt (bei dem Wörter, die semantisch nicht zum vorhergehenden Kontext passen, ein

N400-Potential evozieren). Der Effekt reflektiert, daß kognitive Prozesse semantischer Verarbeitung abhängig waren vom Grad der semantischen Relation zwischen Zielwort und vorhergehendem Satz.

In den Musikbedingungen sollte untersucht werden, ob die hirnelektrischen Antworten auf die Wörter ähnlich sind wie in der Satzbedingung. Erstaunlicherweise evozierten Wörter, die semantisch nicht zu dem vorhergehenden musikalischen Exzerpt paßten, ebenfalls eine deutliche N400 (verglichen mit Wörtern, die semantisch zum vorhergehenden musikalischen Kontext paßten). Der N400-Effekt unterschied sich nicht zwischen der Sprachbedingung (in der die Zielwörter den Sätzen folgten) und der Musikbedingung (in der die Zielwörter der Musik folgten): der Unterschied zwischen den Potentialen, evoziert durch semantisch passende und unpassende Wörter, hatte den gleichen Amplituden-Wert, die gleiche Latenz und die gleiche Schädelverteilung in der Sprach- wie in der Musik-Bedingung. Quell-Lokalisationen der N400-Effekte zeigten, daß sich auch die neuronalen Generatoren der N400 nicht zwischen der Sprachbedingung und der Musikbedingung unterschieden. In beiden Bedingungen wurden die primären Quellen der N400 bilateral im posterioren Anteil des Gyrus temporalis medius lokalisiert (Brodmann-Areale 21/37); diese Regionen sind bekannt für die Verarbeitung semantischer Information während der Perzeption von Sprache.

Der N400-Effekt in der Musik-Bedingung zeigt, daß musikalische Information einen systematischen Einfluß auf die semantische Verarbeitung von Wörtern haben kann. Der Befund, daß sich der N400-Effekt nicht zwischen Sprach- und Musikbedingung unterscheidet, zeigt, daß musikalische Information dieselben Effekte auf semantische Verarbeitungsprozesse haben kann wie sprachliche Information. Das heißt, die Daten demonstrieren, daß Musik Repräsentationen semantischer Konzepte aktivieren kann und daß daher Musik erheblich mehr semantische Information vermitteln kann als bisher angenommen.

Der N400-Effekt wurde sowohl bei abstrakten als auch bei konkreten Wörtern beobachtet, was bedeutet, daß Musik abstrakte wie konkrete semantische Information vermitteln kann. Außerdem wurde der Effekt auch unabhängig von emotionalen Beziehungen zwischen Prime-Stimuli und Zielwörtern gemessen, was bedeutet, daß Musik nicht nur emotionale Information vermitteln kann.

Die vorliegenden Befunde stützten die Annahme, daß das menschliche Gehirn Musik und Sprache teilweise mit denselben kognitiven Prozessen und in denselben Strukturen des Gehirns verarbeitet. Diese Annahme basiert auf Ergebnissen vorhergehender Studien, die zeigen, daß auch musikalische Syntax vom Gehirn ähnlich wie sprachliche Syntax ver-

arbeitet wird. Mit magnetencephalographischen Methoden (MEG) haben wir entdeckt, daß ein musik-syntaktisch irregulärer Akkord in Arealen des Gehirns verarbeitet wird, die auch der Verarbeitung sprachlicher Syntax dienen (unter anderem auch im sogenannten Broca-Areal). Mit funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) konnten wir zeigen, daß die Verarbeitung unerwarteter Akkorde im Gehirn nicht nur das Broca-Areal (und das homotope Areal in der rechten Hemisphäre) aktiviert, sondern auch posterior-temporale Areale. Diese Areale werden in der linken Hemisphäre oft auch als Wernicke-Region bezeichnet. Sowohl Broca-Areal als auch Wernicke-Region sind von entscheidender Bedeutung für die Perzeption und Produktion von Sprache; das Zusammenspiel dieser beiden Regionen wurde lange Zeit als sprachspezifisch angenommen. Die fMRT-Daten zur Musikverarbeitung zeigen erstmals, daß dieses kortikale »Sprachnetzwerk« auch der Verarbeitung von Musik dient (im Bereich der Sprache ist dieses Netzwerk oft links-hemisphärisch lateralisiert, im Musik-Experiment war es leicht rechts-lateralisiert).

Die hier vorgestellten Befunde zeigen, daß das menschliche Gehirn oft keinen wesentlichen Unterschied zwischen musikalischer und sprachlicher Information macht – oder anders gesagt: daß für das Gehirn oft Musik Sprache beziehungsweise Sprache Musik ist. Der Befund eines musiksprachlichen neuronalen Netzwerkes erklärt auch, warum musikalische Elemente der Sprache bereits sehr früh im Verlauf der Sprachakquisition von großer Wichtigkeit sind: Es wird angenommen, (a) daß Musik und Sprache in frühen Stadien der Sprachentwicklung sehr eng miteinander verbunden sind, (b) daß musikalische Elemente der Sprache den Weg zu linguistischen Kompetenzen früher bereiten als phonetische Elemente, und (c) daß melodische Aspekte der Erwachsenen-Sprache für Babies deren früheste Assoziationen sowohl zwischen Klangmustern und semantischer Bedeutung, als auch zwischen Klangmustern und syntaktischer Struktur repräsentieren. Nicht zu vergessen spricht ein Großteil der Erdbevölkerung Tonsprachen, das heißt Sprachen, in denen die Semantik eines Wortes auch durch die Sprechmelodie vermittelt wird. Auch in nicht-tonsprachlichen Sprachen ist die Prosodie (das heißt die musikalische Information der Sprache, zum Beispiel Melodie und Metrum), von großer Bedeutung für das Verständnis gesprochener Sprache.

Interessanterweise waren alle Versuchspersonen der hier vorgestellten Studien sogenannte »Nichtmusiker« (das heißt Menschen ohne formelles musikalisches Training). Dies zeigt, daß auch Menschen ohne explizites musiktheoretisches Wissen und ohne spezielles musikalisches Training musikalische Syntax verarbeiten und musikalische Semantik verstehen können. Das (implizite) musikalische Wissen wird vermutlich durch all-

tägliche Hörerfahrungen erworben. Diese Annahmen stimmen mit Studien überein, die zeigen, daß der Erwerb musikalischen Wissens und die Verarbeitung musikalischer Information entsprechend dieses Wissens eine allgemeine menschliche Fähigkeit ist. Diese allgemeine menschliche Musikalität war phylogenetisch vermutlich von großer Bedeutung für die Entwicklung von Sprache und hatte wichtige soziale Funktionen wie zum Beispiel Erleben von Gemeinschaft und Koordination kooperativer Handlungen. In diesem Sinne zeugt die menschliche Musikalität auch von der besonderen biologischen Relevanz von Musik.

Für die Veröffentlichung bearbeitete Fassung.

Dr. Stefan Koelsch

Geboren 1968 in Texas, USA · nach dem Abitur 1988–94 Studium der Musik in Bremen und 1994–98 der Psychologie und Soziologie in Leipzig · 2000 Promotion · 2004 Habilitation · 2001/2002 Arbeitsaufenthalt an der Harvard Medical School in Boston, USA · seit 2003 Leiter der »Selbständigen Nachwuchsgruppe Neurocognition der Musik« des Max Planck Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften, Leipzig