

Das improvisierende Gehirn

E. Altenmüller, Hannover

1. Was ist Improvisieren?

Wir alle improvisieren. Es wird improvisiert, wenn ein unangemeldeter Besuch zum Abendessen kommt, oder wenn während der aufwendig mit Folien vorbereiteten Vorlesung der Tageslichtprojektor ausfällt. Derartige Alltagssituationen sind Anlass, kreativ zu sein: Das Abendessen wird gestreckt, die Folien werden an der Tafel vereinfacht. Wir erleben als Improvisierende und als unangemeldete Gäste oder als Studenten unter Echtzeit-Bedingungen einen schöpferischen Prozess, durch den zielgerichtet ein Problem gelöst wird. Das ist das Wesen der Improvisation. Dient musizierendes Improvisieren einer zielgerichteten Problemlösung? Ein ungewohnter Gedanke, Themen, Ideen, die improvisierend variiert werden, als Problem zu betrachten. Aber in der Tradition der Improvisation in der Kirchenmusik, in der improvisierten Kadenz der klassischen Konzerte, in der Selbstwahrnehmung vieler zeitgenössischer improvisierender Musiker herrscht diese Auffassung häufig vor. Nicht immer ist das Problem im Akt der Improvisation offenbar. Es gibt auch spielerisches, erkundendes Improvisieren. Hier wird „auf Probe“ gehandelt um Möglichkeiten durchzuspielen, die im Ernstfall bei der Problemlösung helfen werden. Das Improvisieren wird improvisierend geübt. Die Situation beim Musizieren ist kompliziert. Wer für sich allein spielt, hört, fühlt, sieht die Erzeugnisse seines schöpferischen Prozesses. Das Wahrgenommene wird den weiteren Ablauf der Improvisation beeinflussen. Wenn mehrere Musiker¹ gemeinsam improvisieren, wird auf die Ideen der Partner Bezug genommen. So entwickelt sich ein Geflecht von jeweils individuellen, miteinander kommunizierenden schöpferischen Prozessen. Dieser Akt der gemeinsamen Problemlösung wird von Musikern und Zuhörern lustvoll wahrgenommen.

Was sind die hirneisologischen Grundlagen des Improvisierens? Im Folgenden wollen wir uns an die oben bereits angesprochene Definition halten:

Improvisieren ist eine senso-motorische Tätigkeit, die unter Echtzeit-Bedingungen einen

zielgerichteten schöpferischen Prozeß erlebbar macht.

Hirneisologische Voraussetzungen sind demnach intakte sensomotorische Systeme und die Fähigkeit, musikalische Elemente neu zu kombinieren. Diese Neukombination erfolgt innerhalb eines vorgegebenen Rahmens, der die Zielrichtung bestimmt. Entscheidend ist, daß umso mehr Neues kombiniert werden kann, je reichhaltiger der Fundus an Material ist, auf das zurückgegriffen werden kann². Die Summe des Materials soll hier als Wissensbasis bezeichnet werden. Die Wissensbasis enthält musikalische Repräsentationen, sensomotorische Fertigkeiten, Erinnerungen an frühere Konzerte, Personen, Erlebnisse, innere Bilder, also Gedächtnisinhalte jeglicher Art. Sie ist der durch Anlage und Biographie bedingte einzigartige innere Raum eines Menschen. Hirneisologisch ist dieser innere Raum durch Anzahl, Qualität und Lokalisation synaptischer Verbindungen definiert (Altenmüller et al. 2000). Auf der anderen Seite birgt eine zu große Wissensbasis auch eine Gefahr für den kreativen Prozeß - nämlich dann, wenn die zahlreich zur Verfügung stehenden formelhaften Elemente in immer der gleichen Art und Weise reproduziert werden. Die kreative Leistung während der Improvisation benötigt also auch den Verzicht auf einen zu starken Bezug zur Wissensbasis, um lebendig zu wirken.

In Abbildung 1 sind schematisch die Beziehungen zwischen dem Improvisierenden und seinen Zuhörern dargestellt. Der musikalisch schöpferische Prozeß des Improvisierenden kann auch als Mitteilung von Emotionen verstanden werden. Kommunikation ist nur denkbar, wenn der Musiker und der Hörer über ein ähnliches Wissenssystem verfügen. Nur wenn ein Mindestmaß an gemeinsamen mentalen Repräsentationen von Musik vorhanden ist, kann der Hörer lustvoll das Spiel mit den Möglichkeiten des Improvisierenden verfolgen. Erst dann kann er auch das eigentlich Dramatische des kreativen Prozesses miterleben, nämlich das Gelingen oder das Scheitern der Improvisation. Das Verhalten des Hörers, Beifall, Blickkontakt, Gleichgültigkeit wirken zurück auf

¹ Der besseren Lesbarkeit halber wird im ganzen Artikel die männliche Form bei den Substantiven verwendet, die sowohl weibliche wie männliche Form besitzen.

² Siehe hierzu die neue Untersuchung an erfahrenen und wenig erfahrenen Improvisierenden von J. A. Hoffmann und A. C. Lehmann in der Zeitschrift *Üben und Musizieren* 1/03

den Improvisierenden und werden dessen kreativen Prozess beeinflussen.

(überlappender grauer Bereich). Die Improvisation wird in einem Regelkreis durch das Ver-

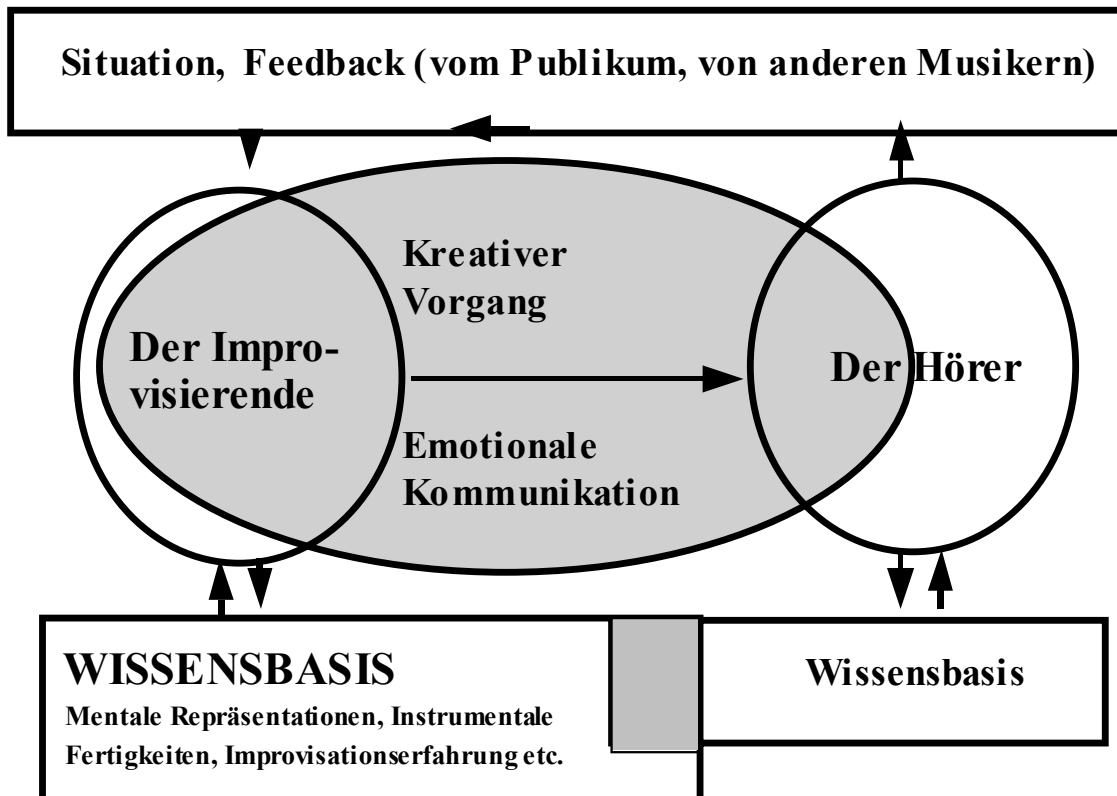


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Improvisation als kreativen Prozeß im Dienst der emotionalen Kommunikation. Der Improvisierende schöpft das Material, das er in seiner Wissensbasis. Jede neue Improvisation vergrößert wiederum seine Wissensbasis. Aus diesem Grund gehen die Pfeile in beide Richtungen. Die grau unterlegte Ellipse symbolisiert den Informationsfluß, der aus der Innenwelt des Improvisierenden (linker Kreis) im kreativen Vorgang den Hörer erreicht. Das Verständnis der Improvisation und die emotionale Resonanz (grauer Anteil im rechten Kreis) ist beim Hörer variabel. Der Hörer benutzt seine Wissensbasis wiederum, um daraus Schlüsselinformationen zum Verständnis der Improvisation zu gewinnen. Er lernt beim Zuhören der Improvisation dazu (Pfeil vom Hörer zur Wissensbasis). Die Wissensbasis von Improvisierenden und Zuhörer muß ein Mindestmaß an Gemeinsamkeit aufweisen, sonst verstehen³ sie sich nicht

halten der Zuhörer mit beeinflusst (oberer Kasten).

Im folgenden sollen einige Aspekte der Improvisation im Licht der Hirnforschung betrachtet werden. Im ersten Teil werden am Beispiel der Musikwahrnehmung die hirnelementarologischen Grundlagen der individuellen Wissensbasis dargestellt. Im zweiten Teil werden die hirnelementarologischen Korrelate der Kreativität, – soweit sie bis heute bekannt sind –, erläutert. Im dritten und letzten Teil steht die Frage im Zentrum, warum wir improvisieren.

2. Das wissende Gehirn

Als Wissensbasis bezeichnen wir die Gesamtheit der für den Akt des Improvisierens zur Verfügung stehenden mentalen Repräsentationen der Welt. Deren hirnelementarologischen Grundlagen darzustellen, würde ein ganzes Lehrbuch füllen. Ich möchte mich im folgenden

³ Es gibt mit großer Wahrscheinlichkeit Universalien der emotionalen Wahrnehmung in der Musik, die allen Menschen gemeinsam sind und die genetisch bedingt sein dürften. Der Einfachheit halber sollen sie hier als Teil der

gemeinsamen Wissensbasis aufgefasst werden. Das heißt, dass ein Restverständnis für die Botschaft der Musik unter Menschen immer bestehen bleibt.

auf die mentale Repräsentation von Musik beschränken und an diesem Beispiel einige Prinzipien der neuronalen Organisation der Wissensbasis aufzeigen.

2.1. Musik als komplexe auditive Gestalt

Musik ist ein komplex zusammengesetzter auditiver Reiz. Grundelemente der Musik sind einzelne Klänge, die durch Tonhöhe, Tondauer, Lautstärke und Klangfarbe charakterisiert werden können. Wird eine Serie derartiger Klänge nacheinander gespielt, entstehen auditive Muster, die im auditiven Arbeitsgedächtnis über die Zeit integriert werden und im Langzeitgedächtnis abgespeichert werden können. Das musikalische Langzeitgedächtnis kann als mental repräsentierte „Musikbibliothek“ aufgefaßt werden. Neu gehörte Musik wird mit abgespeicherten Mustern verglichen und auf Vertrautheit und musikalischen Sinngehalt geprüft. Als musikalische Imagination kann Musik aus dieser „Musikbibliothek“ abgerufen werden und vor dem „inneren Ohr“ erklingen.

der Wissensbasis unterschiedliche Wahrnehmungsstrategien bevorzugt werden. Ein Berufsmusiker wird Klangfarben sehr viel feiner heraushören als ein musikalischer Laie, er wird eher in der Lage sein, Intervalle und Rhythmen zu analysieren und wird somit unter Umständen eine andere Hemisphärenlateralisation für das Musikhören aufweisen als ein Laie.

Tabelle 1: Übersicht über die relative Hemisphärenlateralisation unterschiedlicher musikalischer Teilleistungen

Experimentelle Befunde bestätigen eine solche Abhängigkeit der Hemisphärendominanz von der musikalischen Ausbildung: Berufsmusiker entwickeln bei analytischen Musikaufgaben stärkere linkshemisphärische, Laien stärkere rechtshemisphärische Großhirnaktivierung (Altenmüller 1986). Im Folgenden sollen weitere Faktoren aufgezeigt werden, die Einfluß auf die neuronalen Korrelate der Musikwahrnehmung haben.

	Linke Hemisphäre	Rechte Hemisphäre
Artikulation	+ + + +	+
Klangfarben	+	+ + +
Dynamik	+	+ + +
Tonhöhe	+	+ + +
Intervalle	+ + +	+
Konturen	+	+ + +
Perioden	Abhängig von	Ausbildung
Rhythmen	+ + +	+
Metren	+	+ + +
Gedächtnis	+	+ + + + ?
Emotionen	Positiv	Negativ

Tabelle. 1: Relative Hemisphärendominanz unterschiedlicher musikalischer Teilleistungen.

Die Struktur musikalischer Muster kann durch mehrere Parameter beschrieben werden. Dazu gehören die Melodistruktur, die Zeitstruktur, die vertikale harmonische Struktur, und die dynamische Struktur. Die jeweiligen Parameter werden in unterschiedlichen Hirnarealen verarbeitet. Die weitverbreitete Auffassung, daß Musik auf der rechten Hirnhälfte, Sprache auf der linken Hirnhälfte verarbeitet wird, ist also falsch. Die Hirnlateralisation unterscheidet sich, je nach dem unter welchem Aspekt Musik gerade verarbeitet wird. In Tabelle 1 ist das heutige Wissen über die Hemisphärenlateralisation unterschiedlicher musikalischer Teilleistungen zusammengetragen. Fünf Kreuze auf einer Hemisphäre würden eine maximale Lateralisation bedeuten. Die meisten Wahrnehmungsleistungen werden in unterschiedlicher Gewichtung von beiden Hemisphären übernommen. Interessant ist, daß je nach Größe

2.2. Die Plastizität des auditiven Systems beim Musikhören

Die Anpassung des Gehörs an akustische Bedingungen kann bereits nach sehr kurzer Zeit eine Veränderung der auditiven Mustererkennung bewirken. Dies wird von Musikern als „Einhören“ bezeichnet. Nach wenigen Stunden Training lassen sich im zentralen Nervensystem Korrelate dieser raschen Anpassung mit objektiven Methoden nachweisen. Pantev und Mitarbeiter (1999) zeigten, daß durch künstliches Entfernen eines bestimmten Frequenzbandes beim Musikhören schon nach drei Stunden eine Verringerung der neuronalen Antwort der Hörrinde in der oberen Schläfenwindung selektiv in diesem Frequenzbereich entstand. Umgekehrt führt intensives musikalisches Training zu einer Vergrößerung neuronaler Antworten in den Hörregionen der Hirnrinde (Pantev et al. 1998). Dabei sind diese Veränderungen spezifisch für die jeweiligen Instrumente und musikalischen Erfordernisse. Trompeter beispielsweise besitzen nur für Trompetenklänge, nicht aber für Geigenklänge vergrößerte neuronale Antworten (Pantev et al. 2001).

Die oben geschilderte Anpassungsfähigkeit oder Plastizität des Zentralnervensystems bei der Musikwahrnehmung mag mit der besonders starken Divergenz der aufsteigenden auditorischen Bahnen zusammenhängen. Den 2 mal ca. 3500 inneren Haarzellen im Innenohr stehen ungefähr 100 Milliarden zentraler Neu-

rone gegenüber. Das bedeutet, daß pro Sinneszelle auf der Basilarmembran des Innenohres etwa 14 Millionen Nervenzellen zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung stehen. Wie Gerhard Roth ausführt „muß das menschliche Gehirn einen ungeheuren Aufwand treiben, um aus der extrem spärlichen Information, die vom Innenohr kommt, all die ungeheuren Details der auditorischen Wahrnehmung zu erzeugen, die etwa beim Sprachverstehen oder bei der Musikwahrnehmung vorliegen. Je „dürftiger“ aber ein von der Peripherie kommendes Signal ist, desto mehr Aufwand müssen die Gehirnzentren treiben, um diesen Signalen eine eindeutige Bedeutung zuzuweisen. Diese Bedeutungszuweisung ist dann hochgradig erfahrungsabhängig. (Gerhard Roth, *Das Gehirn und seine Wirklichkeit*, Edition Suhrkamp, Seite 111-112, 1995). Der Prozeß des Musikhörens ist also ein strukturierender, Bedeutung generierender Vorgang, als dessen Resultat erfahrungsabhängig komplexe auditive Muster als Musik wahrgenommen werden.

Deutliche Veränderungen der neuronalen Netzwerke können beobachtet werden, wenn die Wissensbasis durch Lernvorgänge gezielt erweitert wird. Dies geschieht im Fach Gehörbildung an den Musikschulen. In diesem Unterricht werden auditive Diskriminationsfähigkeit, Mustererkennung und die Fertigkeit, musikalische Strukturen zu kategorisieren und zu benennen trainiert. Gehörbildung und musikalisches Lernen im allgemeinen bedeutet den Erwerb zusätzlicher mentaler Repräsentationen von Musik. Ein Beispiel mag dies verdeutlichen. Während ungeübte Hörer eine unbekannte Orchestermusik in der Regel ausschließlich ganzheitlich auditiv erleben, verfügen geschulte Hörer über multiple Repräsentationen. Sie erkennen Instrumente, Strukturen und Stilmerkmale des Stückes, können sie benennen und z.B. als Notenbild zusätzlich visuell repräsentieren. Spielen die Hörer selbst ein Instrument, wird zusätzlich eine kinästhetisch-sensomotorische Repräsentation der Musik aktiviert. Darüberhinaus gelingt es ihnen aber, zusätzlich zu diesen auditiven, visuellen, sensomotorischen und symbolischen Repräsentationen Musik durchaus wie ungeübte Hörer ganzheitlich wahrzunehmen und unterschiedliche Wahrnehmungsweisen abwechselnd, teilweise auch parallel zu aktivieren.

Die verschiedenen mentalen Repräsentationen musikalischer Strukturen werden in unterschiedlichen neuronalen Netzwerken abgelegt. Ein weiterer Faktor, der Struktur und Lokalisa-

tion der beteiligten neuronalen Netzwerke beeinflusst, ist die Art und Weise, wie musikalisches Wissen erworben wurde. So scheint überwiegend prozedurales musikalisches Handlungslernen durch Musizieren ohne verbale Intervention eher auf neuronalen Netzwerken der rechten Stirnhirn- und Schläfenregion zu beruhen, Erwerb von explizitem Faktenwissen „über“ Musik aber eher auf den homologen links-hemisphärischen Strukturen (Altenmüller et al. 1997). Zusammenfassend sind die neuroanatomischen Substrate des Musikhörens stark erfahrungsabhängig und repräsentieren eher die Art und Weise, wie wir gelernt haben, Musik zu hören, als feststehende „Musikzentren“. Sie spiegeln also die individuellen Hörbiographien wieder. Daraus ergibt sich, daß die Wissensbasis der Musikwahrnehmung bei jedem Menschen unterschiedlich ist, sich aber durch gemeinsame Hörerfahrungen annähern lassen. Eventuell ist das Miterleben dieses Vorgangs der Annäherung beim Hören einer Improvisation eine wichtige Quelle der Freude und Befriedigung: Wir lernen einen Menschen kennen.

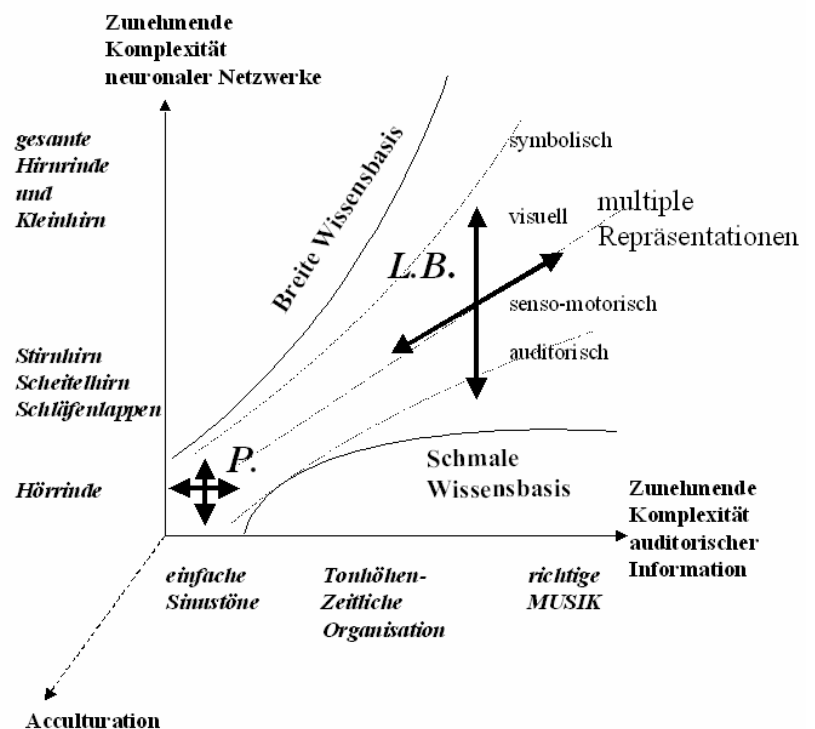


Abb. 2 Vereinfachtes Modell der Beziehung zwischen Komplexität auditorischer Information und Ausdehnung der beteiligten neuronalen Netzwerke. Die Analyse einfacher Sinustöne vollzieht sich in der Hörrinde des Schläfenlappens. Stimuli, die Tonhöhen- und zeitliche Organisation aufweisen findet man vor allem in Laborexperimenten, in denen üblicherweise 2 – 4 Sekunden lange Melodien oder Rhythmen vorgespielt werden. Derartige künstliche Reize

sind noch viel einfacher strukturiert als „richtige“ Musik. Im Gegensatz zum ungeübten Hörer verfügen Musiker über eine breite Wissensbasis mit multiplen Repräsentationen von Musik. Das Kreuz „P“ links verdeutlicht die Plastizität der Hörinde, wie sie beispielsweise in den Arbeiten von Christo Pantev gezeigt wurde. Das rechts eingezeichnete Kreuz „L.B.“ verdeutlicht die Rolle der auditiven „Lernbiographie“, durch die individuell unterschiedliche mentale Repräsentationen von Musik entstehen. Diese können abwechselnd aktiviert werden. Geübte Hörer können musikalische Strukturen vereinfachen (Pfeil nach links unten) oder komplizieren (Pfeil nach rechts oben). Die Hirnlokalisationen auf der y-Achse sind nicht wörtlich zu verstehen, sondern sollen die zunehmende Ausdehnung der neuronalen Netzwerke andeuten. Die z-Achse „Acculturation“ verdeutlicht, daß mentale Repräsentationen von Musik auch vom jeweiligen kulturellen Rahmen abhängen (Verändert nach Altenmüller 2001).

3. Das kreative Gehirn

Bevor die Hirnphysiologie des Improvisierens besprochen wird, soll kurz zusammengefaßt werden, welche Aufgaben das Zentralnervensystem beim Improvisieren bewältigt. Vom Standpunkt der Kognitionspsychologie aus muß der Improvisierende aus der Wissensbasis und aus dem aktuellen Geschehen die Informationen abrufen, die er zur Lösung des improvisatorischen Problems benötigt. Der kreative Vorrang besteht dabei in der Neukombination vertrauter musikalischer Repräsentationen und in dem Einhalten einer Ordnung. Dazu wird eine Kontrollinstanz benötigt, die entscheidet, welche Repräsentation gerade jetzt am Besten paßt. Die Schwierigkeit an diesem kreativen Vorgang ist, daß er in Echtzeit abläuft und nur wenig Spielraum zur Korrektur läßt. Der Improvisierende kann nicht wie der Komponist seine kreative Arbeit ruhen lassen und auf einen Moment der Inspiration warten – das Spiel muß weiter gehen.

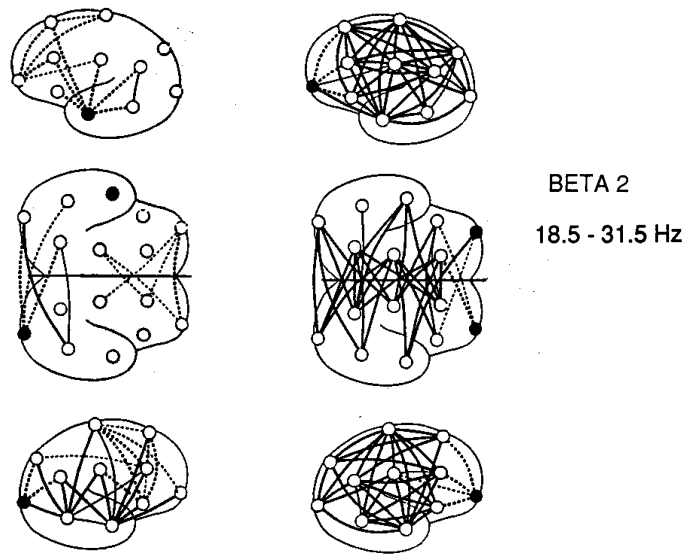
Von erfahrenen Improvisierenden können die enormen Anforderungen des Echtzeitgeschehens durch eine Reihe von kognitiven Fertigkeiten bewältigt werden (Hoffmann und Lehmann 2003). Dazu gehört die Fähigkeit zum „Voraus hören“ musikalischer Repräsentationen, deren sichere manuell-technische Bewältigung (ein Bestandteil der Wissensbasis) und die Fähigkeit, die Ordnung der Improvisation parallel zum ständigen Abruf mentaler Repräsentationen aufrecht zu erhalten. Letzteres benötigt die Möglichkeit zur „Vogelperspektive“: der Improvisierende ist gleichzeitig im Ge-

schehen und steht doch auch kreativ gestaltend darüber. Der Akt des Improvisierens benötigt also hohe Aufmerksamkeit und ein geschärftes Bewußtsein, da das Zentralnervensystem zahlreiche Aufgaben gleichzeitig bewältigen muß.

Die hirnphysiologischen Leistungen beim Improvisieren sind so komplex, daß eine systematischen Erforschung bisher unmöglich war und vielleicht auch immer unmöglich bleiben wird. Es gehört zum Wesen der Improvisation, daß sie sich nicht in ein Versuchsdesign zur Messung der Hirnaktivierung einfügen läßt. Derartige Studien benötigen in aller Regel größere Probandengruppen, kontrollierte Bedingungen, ein abrufbares Verhalten das mehrfach nacheinander zu einem definierten Zeitpunkt erfolgt (sei jetzt kreativ!). Selbst wenn ein Versuchsteilnehmer im Kernspintogramm in der Lage wäre, zu einem bestimmten Zeitpunkt dreißig mal hintereinander zu improvisieren, wäre der Erkenntnisgewinn gering, da aus den Aktivitätsbildern nicht hervorginge, welcher Teil der Aktivierung auf mentale Repräsentation von Musik, auf Beachtung der Ordnungsparameter, auf Gedächtniszugriff oder auf den eigentlichen kreativen Kern, auf die geordnete Neukombination zurückzuführen ist. Die neurophysiologische Kreativitätsforschung hat daher eher Hypothesen, weniger Ergebnisse vorzuweisen.

3.1. Hypothesen zur Neurophysiologie der Kreativität

Die erste Hypothese könnte Kohärenzhypothese genannt werden: Häufig wird Kreativität mit einem stärkeren Austausch neuronaler Information in weit verzweigten neuronalen Netzwerken in Verbindung gebracht. Hellmuth Petsche aus Wien erhob Befunde, die sich in dieser Richtung interpretieren lassen (Petsche 1997). In einer Einzelfallstudie an einem 34-jährigen Komponisten erfaßte Petsche mit der EEG-Methode die Kohärenz, das heißt die Ähnlichkeit des EEG-Signals über verschiedenen Hirnregionen beim Hören von Musik Mozarts und beim Komponieren (Abb. 3). Die Kohärenz ist ein Maß des Informationsaustausches zwischen verschiedenen Hirnregionen. Beim Komponieren entstand ein deutlich stärkerer Informationsaustausch zwischen verschiedenen Hirnarealen beider Hirnhälften, als beim Hören der Komposition Mozarts. Die Unterschiede waren besonders deutlich im hohen Beta-Frequenzbereich des EEGs. Dieser Frequenzbereich (Beta 2: -18,5- 31,5 Hz) wird mit hoher Aufmerksamkeit und bewußt ablaufenden Denkprozessen in Verbindung gebracht.

Mozart hören**Komponieren**

BETA 2

18.5 - 31.5 Hz

Abb. 3. Gesteigerte Kohärenz des EEG-Signals im hohen Frequenzbereich des EEGs (Beta- 2 Frequenz, 18, 5 – 31, 5 Hz) während des Komponierens (rechts) verglichen mit dem Hören von Musik Mozarts (links). Die durchgezogenen Linien entsprechen einer Zunahme der Kohärenz, die Gestrichelten einer Abnahme gegenüber einer Ruhebedingung. Oben ist die Aufsicht auf die linke Hemisphäre, in der Mitte auf beide Hemisphären und unten auf die rechte Hemisphäre abgebildet. Die Zunahme der Kohärenz während des kreativen Vorgangs betrifft vor allem das Zusammenspiel beider Hemisphären (mittleres Bild) und die linke Hemisphäre isoliert (oberes Bild). Modifiziert aus Petsche, 1997.

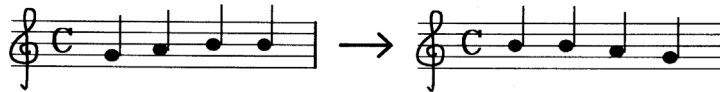
An dieser Stelle muß einschränkend angemerkt werden, daß derartige Veränderungen der EEG-Parameter auch bei vielen anderen anspruchsvollen Denkvorgängen auftreten. So konnten wir zeigen, daß zwanzig Minuten andauerndes Klaviertraining eine ganz ähnliche Zunahme der Kohärenz bewirkte. Die gesteigerte Kohärenz kann also als notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung des kreativen Vorganges aufgefaßt werden. Es ist denkbar, daß sie hirnpfysiologisch der Neukombination mentaler Repräsentationen entspricht.

Eine zweite Hypothese könnte man die Hemisphären-Hypothese nennen. Häufig wird kreatives Denken der rechten Hirnhälfte zugesprochen. Dafür sprechen Fallberichte von Komponisten, die nach einem linkshirnigen Schlaganfall zwar die Fähigkeit zu sprechen verloren

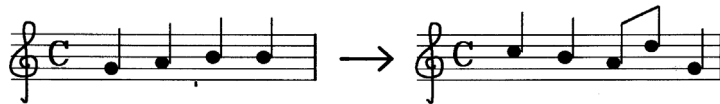
hatten, aber mit der intakten rechten Hirnhälfte sehr wohl noch in der Lage waren, zu komponieren. Der russische Komponist Shebalin ist hierfür ein eindrucksvoller Beleg. Nach seinem linkshemisphärischen Schlaganfall im Jahr 1953 litt er unter einer schweren globalen Aphasie, komponierte aber noch bis zu seinem Tod 1963 herausragende Werke. Umgekehrt existieren jedoch auch Befunde, die zeigen, daß eine linkshemisphäri-

sche Schädigung die Kreativität beeinträchtigt. Als Beispiel könnte Maurice Ravel angeführt werden, der vorwiegend unter einem Schwund der Hirnsubstanz der linken Hirnhälfte mit rasch voranschreitender Aphasie litt. Seine kreativen Fertigkeiten kamen bereits früh im Krankheitsverlauf zum Erliegen (Ammaducci et al. 2002).

Wir haben in einem kontrollierten Experiment versucht, die Großhirnlateralisation bei einer musikalischen Improvisation zu erfassen. Dabei wurde mit der Methode der Gleichspannungs-Elektroenzephalographie die Hirnaktivierung bei achtzehn rechtshändigen Studenten der Wiener Musikhochschule während musikalischen Denkens gemessen (Beisteiner et al. 1994, Altenmüller und Beisteiner 1996). Um kreative musikalische Vorstellung von analytischer Zugangsweise zu unterscheiden, wurden zwei Aufgabentypen verglichen. Der eine Aufgabentyp bestand darin, eine kurze Melodie anzuhören und danach „mental“ den Krebs zu dieser Melodie zu bilden. Es handelte sich also um eine Aufgabe, die analytischen Umgang mit musikalischem Material erforderte. Beim zweiten Aufgabentyp wurden die gleichen kurzen Melodien gespielt, aber die Probanden hatten jetzt die Aufgabe, improvisierend diese Melodie im Kopf fortzuführen (Abbildung 4). Als weitere Unterscheidung wurden diatonische „tonale“ Melodien und chromatisch aufgebaute „atonale“ Melodien verglichen.

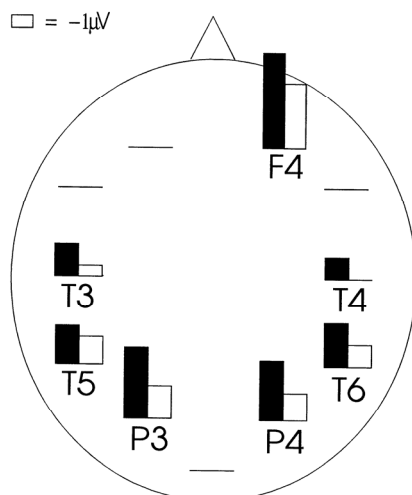


„Analytische“ Aufgabe: Bilde den Krebs



„Kreative“ Aufgabe: Improvisiere

Abbildung 4: Beispiele der Versuchsaufgaben. Alle Versuchsteilnehmer waren Studenten der Wiener Musikhochschule. Sie hörten den Beginn einer kurzen Melodie und sollten dann mental entweder den Krebs bilden oder improvisierend die Melodie fortführen. Es wurden entweder „tonale“ (Beispiele) oder „atonale“, komplexe chromatische Melodiefragmente gespielt. Pro Aufgabentyp wurden jeweils 30 derartiger Melodien präsentiert und die Hirnaktivierung während der analytischen oder kreativen Aufgabe gemessen (Modifiziert aus Beisteiner et al. 1994).



In Abbildung 5 sind die Gruppenmittelwerte der Hirnaktivierungen über den elf durch Elektroden erfaßten Hirnregionen aufgezeichnet. Der Übersichtlichkeit halber sind nur die Werte aufgezeichnet, die sich bei der analytischen und der kreativen Aufgabe statistisch bedeutsam unterschieden. Schon auf den ersten Blick erkennt man, daß durchgehend die analytische

Aufgabe eine höhere Hirnaktivität erzeugte als die Kreative.

Abbildung 5: Ergebnisse der Hirnaktivitätsmessung. Abgebildet sind nur die Hirnregionen, über denen statistisch bedeutsame Unterschiede erhoben wurden. Die analytische Aufgabe erzeugt über allen Hirnregionen (F = Frontal, oder Stirnhirn T = Temporal oder Schläfenhirn, P = Parietal oder Scheitelhirn, ungerade Ziffern bezeichnen die linke Hirnhälfte, gerade die Rechte) größere Aktivität.

Die Befunde zur Hemisphärenlateralisation sind in Abbildung 6 gezeigt. Während das Hören der Melodie in allen Versuchsbedingungen eine leichte Rechtsdominanz erzeugt, kommt es sowohl bei der analytischen wie auch bei der kreativen Aufgabe zu einer deutlichen Linksdominanz der Hemisphärenlateralisation.

Wie sind diese Ergebnisse zu interpretieren? Sichtet man die Fallberichte über Komponisten, die Schlaganfälle erlitten hatten und unsere Befunde, dann wird deutlich, daß Kreativität nicht einer Hirnhälfte zugesprochen werden kann, sondern auf der Kooperation beider Hemisphären beruht. Denkbar wäre, daß die rechte Hirnhälfte den ganzheitlichen Verarbeitungsmodus, die Vogelperspektive, repräsentiert, während die linke Hemisphäre die einzelnen Elemente der Wissensbasis neu anordnet.

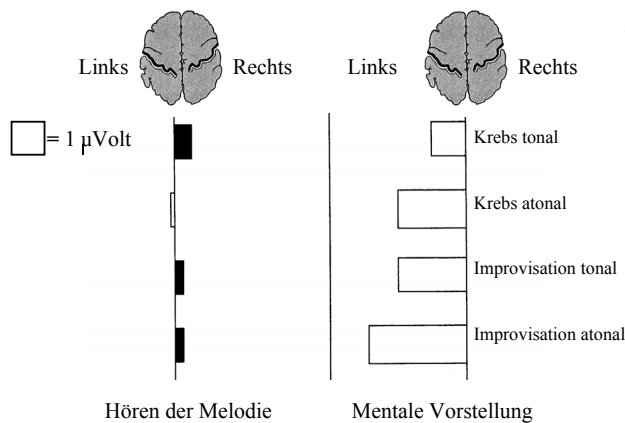


Abbildung 6: Hemisphärenlateralisation bei den oben gezeigten Aufgaben. Auf der linken Seite die Lateralisation während des Hörens der 4-Ton Melodien, auf der rechten Seite während der mentalen Arbeit mit dem musikalischen Material. Während beim Hören beide Hemisphären weitgehend gleich beansprucht sind, wird deutlich, daß sowohl die Aufgabe, einen Krebs zu bilden, als auch die Aufgabe, zu improvisieren stärker die linke Hirnhälfte aktiviert.

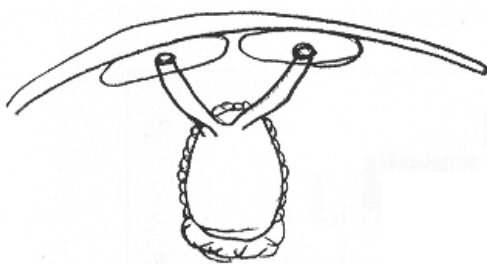
Die dritte Hypothese könnte man als die Stirnhirnhypothese bezeichnen. Eine der wichtigsten Funktionen des Stirnhirns besteht in der Kontrolle von Denkvorgängen. Kontrolliertes Denken bezieht in die Verarbeitung neuer Information immer auch die Erfahrungen und Erwartungen des Individuums ein. Eine derartige „top-down“-Kontrolle kann bei kreativen Leistungen eher hinderlich sein und zum Überwiegen des Konventionellen führen. Nach der Einnahme von Rauschdrogen und bei psychischen Erkrankungen wie der Schizophrenie kommt es zu einer verminderten Kontrollfunktion des Stirnhirns, wodurch kreative Gedankengänge erleichtert werden. An der Universität Bochum wurden gesunde Probanden durch psychologische Tests als „stärker kontrolliert“

und „weniger kontrolliert“ klassifiziert. Dann wurde den Probanden die Aufgabe gestellt, ein außerirdisches Tier zu zeichnen. Die „stärker kontrollierten“ Probanden hielten sich dabei eher an traditionelle Vorstellungen und übernahmen Konzepte wie Gliedmaßen, Kopf, Augen etc. Die „weniger kontrollierten“ Probanden tendierten zu sehr viel kreativeren Lösungen und lösten sich weitgehend von überkommenen Vorstellungen. Ein eindrucksvolles Beispiel hierfür ist in Abbildung 7 gezeigt.

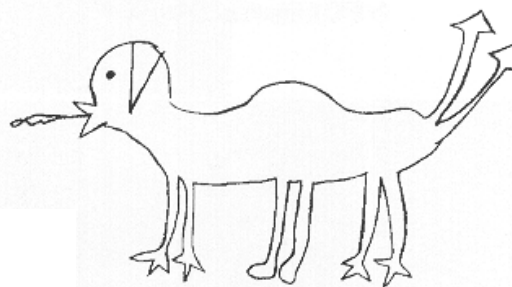
Abbildung 7: Beispiel für die Lösung der Aufgabe, ein außerirdisches Tier zu zeichnen. Ein Proband, der nach psychologischen Tests als „weniger kontrolliert“ klassifiziert wurde, kam zu einer sehr viel kreativeren Lösung (A), als der weitgehend in traditionellen Vorstellungen verhaftete „stärker kontrollierte“ Proband (B). Modifiziert aus Anne Abraham, Meike Driesen, Bochumer Universitätsblätter 2003.

Zusammenfassend können wir für alle wesentlichen Anteile des Improvisierens hirnhysiologische Korrelate finden: die Neukombination musikalischer Einheiten könnte sich in der verstärkten Kohärenz widerspiegeln, das Einhalten einer Ordnung in der linkshemisphärischen Dominanz und die Kontrollinstanz in der Funktion der Stirnhirnregion. Aber damit sind nur die notwendigen Vorraussetzungen für eine kreative Improvisation beschrieben. Der eigentliche schöpferische Prozess wird nicht abgebildet. Howard Gardner hat dieses Dilemma der neurobiologischen Kreativitätsforschung treffend formuliert: „Selbst wenn wir jeden Bruchteil jedes einzelnen Neurons kennen würden, selbst wenn wir jedes Detail der neuronalen Netzwerke eines Menschen erfasst hätten, würden wir doch nicht wissen, ob dieser Mensch kreativ ist“ (zitiert nach Pfenninger und Shubik, 2001, Seite XII)

A



B



4. Warum improvisieren wir?

Diese Frage betrifft nicht nur den Ursprung der musikalischen Improvisation sondern allgemein den Ursprung der Musik. Als einzige Spezies besitzt Homo sapiens zwei lautliche Kommunikationssysteme, nämlich Sprache und Musik. Während sprachliche Kommunikation durch die Möglichkeit der Informationsübermittlung zweifellos einen evolutionären Vorteil mit sich brachte, ist bis heute umstritten, warum sich Musik als weiteres Kommunikationssystem erhielt oder entwickelte. Anthropologische Theorien betonen den Gemeinschaft stiftenden Aspekt des Musizierens. Früher dienten Wiegenlieder, Arbeitslieder („Spinnerlieder“, „Erntelieder“) oder Kriegslieder (Marschlieder) diesem Zweck, heute wird der soziale Aspekt eher im Musikhören und dort in der Identifikation und gegenseitigen Abgrenzung unterschiedlicher Jugendkulturen deutlich. Aber auch heute dient Musik als Mittel zur Organisation des Gemeinschaftslebens und stärkt die Bindung einer Gruppe bei Auseinandersetzungen oder Abgrenzung von anderen Gruppen.

Musik hat aber über die Schaffung sozialer Bindung hinaus noch weitere Wirkungen: Kein anderes Medium kann derartige starke positive emotionale Reaktionen auslösen. Dieser selbst belohnende Aspekt des Musizierens und Musikhörens spiegelt sich in der Rolle wider, die Musik in unserem Alltag spielt: in Umfragen wird auch heute noch regelmäßig Musizieren oder Musikhören am häufigsten als Hobby genannt. Musik wird nach Familie, Freundschaft und Gesundheit als wichtiger Grundwert angesehen (Gembris 1998).

Für das Improvisieren und das Erlebnis einer Improvisation sind zusätzliche Gesichtspunkte wichtig. Auf eine allgemeinere Ebene gehoben kann man Improvisieren als Metapher für soziale Grundkonstellationen verstehen: Improvisieren ist Suchen nach Verständigung. Das Prozesshafte und Flüchtige daran machen Improvisationen lebendig und aufregend. Die emotional gestaltete Neuordnung bekannter Elemente unter Echtzeitbedingungen verbindet Werben um Verständnis und Zeigen eines neuen Weges. Spielerisch werden Urformen zwischenmenschlicher Interaktion erprobt.

5. Danksagung

Herzlichen Dank den Mitarbeitern des IMMM, die durch zahlreiche Diskussionen die Entstehung dieses Textes begleiteten. Teile dieser Arbeit wurden durch die großzügige Unterstüt-

zung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Al 269/5-1) ermöglicht.

6. Literatur

Altenmüller E. Hirnelektrische Korrelate der cerebralen Musikverarbeitung beim Menschen. *Eur Arch Psychiatr Neurol Sci* 1986; 235: 342-354

Altenmüller E. How many music centers are in the brain? *Annals of the New York Academy of Sciences* 930:273-80 (2001)

Altenmüller E, Gruhn W, Parlitz D, Kahrs J. Music learning produces changes in brain activation patterns: a longitudinal DC-EEG-Study. *Int J Arts Medicine* 1997; 5: 28-34

Altenmüller E, Beisteiner R. Musiker hören Musik: Großhirnaktivierungsmuster bei der Verarbeitung rhythmischer und melodischer Strukturen. In: K.E. Behne, G. Kleinen, H. de la Motte-Haber (eds.) *Jahrbuch Musikpsychologie*, Band 12 Florian Noetzel Verlag, Oldenburg pp 89-109 (1996)

Altenmüller E, Bangert M, Liebert G, Gruhn W. Mozart in Us: How the Brain processes Music. *Medical Problems of Performing Artists*. 15: 99-106, (2000)

Amaducci L, Grassi E, Boller F. Maurice Ravel and right-hemisphere musical creativity: influence of disease on his last musical works. *European Journal of Neurology* 2002; 9: 75-82

Beisteiner R, Altenmüller E, Lang W, Lindinger G, Deecke L. Watching the musicians brain. *European J Cognitive Psychology* 1994; 6: 311-327

Gembris, H. Grundlagen musikalischer Entwicklung. Wißner, Augsburg 1998

Hoffmann, JA, Lehmann, AC. Anfänger und Profis bei der Improvisation. *Üben und Musizieren* 1/03: 34-42 (2003)

Pantev C, Oostenveld R, Engelien A, Ross B, Roberts LE, Hoke M. Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature* 1998; 392: 811-814

Pantev C, Wollbrink A, Roberts LE, Engelien A, Lutkenhoner B. Short-term plasticity of the human auditory cortex. *Brain Res* 1999; 842: 192-199

Pantev C, Roberts LE, Schulz M, Engelien A, Ross B. Timbre-specific enhancement of auditory cortical representations in musicians. *Neuroreport* 2001; 12: 169-74

Petsche H. Der Beitrag des Spontan-EEGs zum Verständnis kognitiver Funktionen. *Wiener klinische Wochenschrift* 109: 327-341 (1997).

Pfenninger K.H., Schubik V.R. The origins of creativity. Oxford University Press, Oxford 2001

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Eckart Altenmüller
Institut für Musikphysiologie und Musiker-Medizin, Hochschule für Musik und Theater Hannover,
Hohenzollerstr. 47
D-30161 Hannover
e mail: altenmueller@hmt-hannover.de

Telefon: 0049 511 3100 552
Fax: 0049 511 3100 557

Veröffentlicht in: Walter Fähndrich, Herausgeber: *Improvisation V*, Amadeus-Verlag, Winterthur, 2003