



# ANALOGUE AUDIO ASSOCIATION

Verein zur Erhaltung und Förderung der analogen Musikwiedergabe



Rückblick: Analog-Forum 2017 in Basel

Music in the brain – Die Musik spielt im Kopf

Die frühen Jahre des Jazz in der Schweiz

## Music in the brain

### Referat von Elke Hofmann und Jan Benner am Analog-Forum 2017

Text: Reinhard Hugentobler; Fotos: Peter Schneider

**Am Analog-Forum vom 19. November 2017 hielten Elke Hofmann, Professorin an der Hochschule für Musik Basel/FHNW, und Jan Benner, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Neuroradiologie am Universitätsspital Basel, ein Referat zu neuesten Forschungsergebnissen zum musikalischen Hören unter dem Titel «Music in the brain». Der vorliegende Text beruht u.a. auf die freundlicherweise zur Verfügung gestellten Folien der beiden Referenten.**

Kann Grundlagenforschung im Bereich des Hörens auch für Musikliebhaber interessant sein? Allfällige Zweifel wusste Frau Hofmann schon am Forum 2015 mit ihren spannenden Vorträgen auszuräumen. Mit ihrem Einblick in die gemeinsame Forschungsarbeit des Universitätsklinikums Heidelberg, des Universitätsspitals Basel und der Hochschule für Musik Basel löste sie bei den Zuhörern ein derart positives Echo aus, dass sie vom Organisationskomitee des Forums 2017 erneut eingeladen wurde.

Sie war gerne bereit, am AAA Forum teilzunehmen und liess sich diesmal von Jan Benner, einem Mitglied des Forschungsteams «Music and brain», begleiten und zeigte damit, wie wichtig fachübergreifende Zusammenarbeit in einem komplexen Forschungsprojekt ist.



Jan Benner (Foto: zVg)



Elke Hofmann (Foto: Urs Witschi)

#### **Musik? Objektiv nicht existent**

Gemeinhin reden wir von Musik, als ob sie ein objektiv fassbarer Gegenstand wie etwa ein Tisch wäre, dabei ist eigentlich nur eine Mischung aus Klangereignissen objektiv und auch physikalisch messbar vorhanden. Unser Ohr nimmt den Schall wahr, wandelt ihn in elektrische Signale und leitet diese über Nervenbahnen ins Gehirn. Was wir Musik nennen, «machen» wir eigentlich im Gehirn. Der Titel des Referats sagt es: «Music in the brain», das bedeutet auch, Forschung zum musikalischen Hören muss sich mit dem Gehirn befassen, weil Musik dort generiert wird.

Die Hörkortizes sind die beiden Bereiche in der Grosshirnrinde, welche auditive Signale verarbeiten. Auf beiden Seiten des Gehirns liegt jeweils ein Hörkortex, beide erhalten eingehende akustische Reize sowohl vom rechten wie vom linken Ohr. Die Heschlsche Querwindung ist besonders wichtig, weil sie unter anderem die primäre Hörrinde beherbergt, wo die auditorischen Informationen ankommen und verarbeitet werden.

Gehirne sind so unterschiedlich wie Gesichter, daher ist auch jede Wahrnehmung von Mensch zu Mensch unterschiedlich. Man kann also verkürzt sagen: «Ich höre, was du hörst, aber ich höre es anders.» Auch jede Musikerin hört ihre und jeder Musiker seine eigene, subjektive musikalische Wahrheit, was für Unterrichtende ein grosses Problem darstellt. Elke Hofmann sagt zu dieser Schwierigkeit, auch sie könne ja nur ihre eigene musikalische Wahrheit hören, es sei deshalb zum Teil sehr schwer, sich in das einzufühlen, was jemand anders höre. Wenn für Studierende etwas nicht erkennbar sei, was sie selbst ganz leicht erkenne, sehe sie nicht unbedingt, woran das liegen könnte. Daher kommt auch ihr Interesse für Forschung: Sie möchte ein besseres Verständnis dafür bekommen, was musikalisches Hören eigentlich ist.

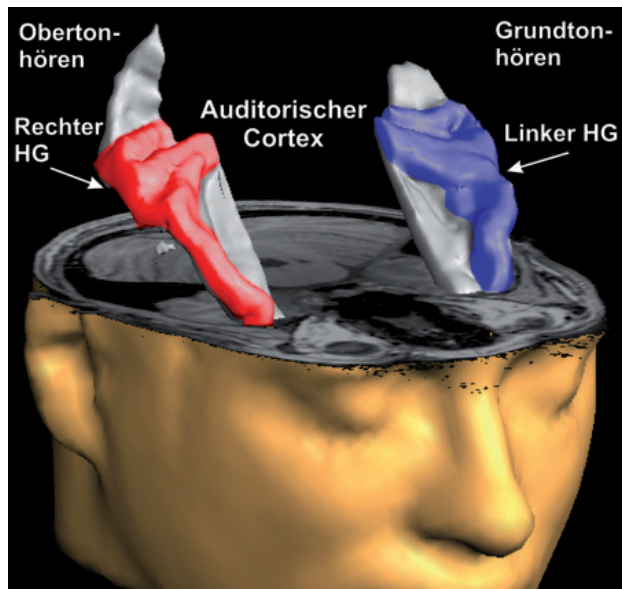


Bild 3  
Modellbild der beiden Hörkortizes. Bei den dunkleren Bereichen: den roten und blauen Bereichen) auf den Kortizes, die mit «Rechter HG» und «Linker HG» beschriftet sind, handelt es sich um die Heschlschen Querwindungen, im Englischen auch ‚Heschl’s gyrus‘ genannt.

## A. Methoden und Resultate der Forschung

### A.1. Hörtest 1

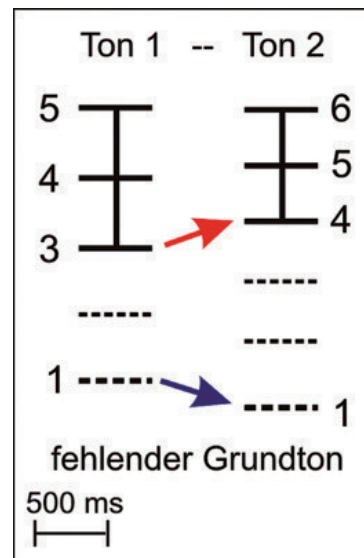
**Ein Test belegt: Klangwahrnehmung ist individuell**  
Für alle weiteren Untersuchungen zum musikalischen Hören ist die Aussage, Klangwahrnehmung sei etwas Individuelles, von grundlegender Bedeutung. Empirisch ist die Aussage wohl nicht gross umstritten, für die Forschung genügt das aber nicht. Die Forschungsgruppe suchte deshalb nach einer Möglichkeit, dies wissenschaftlich einwandfrei zu beweisen. Dem Teamleiter, PD Dr. Peter Schneider von Heidelberg, gelang es, einen einfachen Test zur Tonhöhenwahrnehmung zu entwickeln, der den gesuchten Beleg erbringt.

Im Artikel «Vom musikalischen Hören» im AAA-Magazin vom Frühling 2016 ist dieser Test ausführlich beschrieben. (Der Artikel ist auch mit nachstehendem Link über das Internet zugänglich:

[www.aaa-switzerland.ch/files/vom\\_musikalischen\\_ho\\_\\_ren.pdf](http://www.aaa-switzerland.ch/files/vom_musikalischen_ho__ren.pdf))

Ich beschränke mich deshalb im Folgenden auf eine Kurzfassung, welche genügen sollte, um die Forschungsergebnisse zu verstehen.

Den Testteilnehmern werden kurz nacheinander zwei Töne vorgespielt und sie müssen entscheiden, ob sie den zweiten Ton als höher oder tiefer wahrnehmen. Es handelt sich dabei um harmonisch komplexe Töne; das sind Töne, welche aus einer Reihe von Obertönen bestehen, die ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind. Für den Test werden die Töne aber manipuliert, man filtert ihre Grundtöne und den ersten oder den ersten und zweiten Oberton heraus. Beispiel:



Ton 1: Grundton 1 und erster Oberton fehlen (im Bild gestrichelte Linien); Obertöne 3, 4 und 5 sind vorhanden.

Ton 2: Grundton 1 und erster und zweiter Oberton fehlen (im Bild gestrichelte Linien); Obertöne 4, 5 und 6 sind vorhanden.

Der fehlende Grundton liegt tiefer als bei Ton 1, der erste vorhandene Oberton (Nummer 4) liegt höher als der erste vorhandene Oberton (Nummer 3) bei Ton 1.

In unserem Beispiel nehmen die einen Testteilnehmer den zweiten Ton als tiefer wahr, ihre Hörkortizes ergänzen also das Gehörte mit dem Grundton. Die anderen nehmen ihn als höher wahr, ihre Hörkortizes nehmen also die Obertöne als solche wahr (Spektraltonhöhe), ungeachtet des Grundtons.

Um aussagekräftige Resultate zu erhalten, werden den Probanden 162 Tonpaare vorgespielt. Es hat sich gezeigt, dass es Personen gibt, die bei diesem Test stärker die Grundtöne oder aber stärker die Obertöne wahrnehmen. Die einen bezeichnet man als «Grundtonhörer», die anderen als «Obertonhörer». Zwischen den eindeutigen Obertonhörern und Grundtonhörern sind aber alle Abstufungen vorhanden. Bei vielen Menschen ist die Wahrnehmung auch frequenzabhängig, im unteren Frequenzbereich können sie Obertonhörer, im oberen Frequenzbereich Grundtonhörer sein, bei anderen ist es genau umgekehrt.

Die grafische Auswertung der Tests zur Grundton- und Obertonerkennung von 420 Personen illustriert diese Variantenvielfalt der Klangwahrnehmung sehr schön.



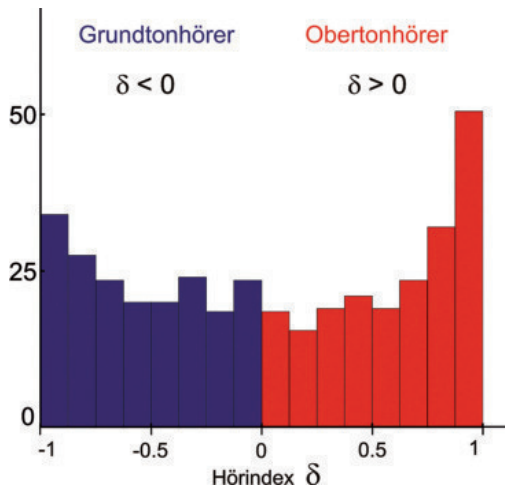


Bild 5  
 Test zur Grundton und Obertonerkennung: Klassifikation in Grundton- und Obertonhörer  
 Grafische Auswertung der Tests von 420 Personen. Links von der 0-Linie (beim Bild auf Umschlag S. 3 blau) sind die Grundtonhörer eingetragen. Je weiter links die Balken liegen, desto eindeutiger sind die Probanden Grundtonhörer. Rechts von der 0-Linie (beim Bild auf Umschlag S. 3 rot) sind die Obertonhörer eingetragen. Je weiter rechts die Balken liegen, desto eindeutiger sind die Probanden Obertonhörer.

Mit modernen bildgebenden Untersuchungsmethoden konnte man belegen, dass bei Grundtonhörern gewisse Bereiche des linken Hörkortex (blau eingefärbter Heschl Gyrus), bei Obertonhörern Bereiche des rechten Hörkortex (rot eingefärbter Heschl Gyrus) stärker ausgebildet sind.

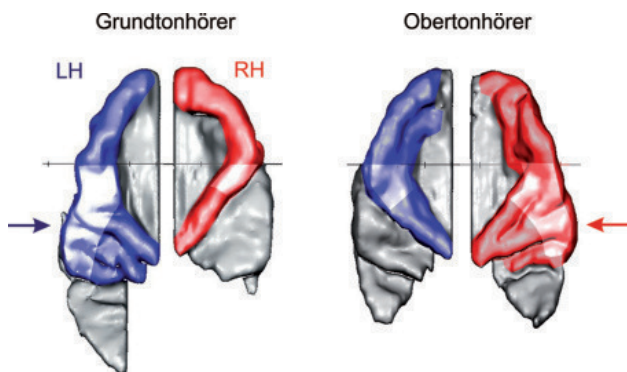


Bild 7  
 Links/Rechts-Asymmetrie bei Grundton- und Obertonhörern

### A.2. Bildgebendes Verfahren: MRI (Magnetic Resonance Imaging)

Die Abbildung zur Links/Rechts-Asymmetrie bei Grundton- und Obertonhörern zeigt, was MRI leisten kann. Dieses Verfahren ermöglicht es Wissenschaftlern, einen Einblick in Gewebestrukturen im Körperinnern zu erhalten, der früher nur durch Sezieren erreicht werden konnte.

#### Musiker haben besondere Gehirne

Wer es nicht glaubt, wird mit dem Bild eines Besseren belehrt: Hörkortizes von Profimusikern haben bis zu 130% mehr graue Substanz als von Nichtmusikern.

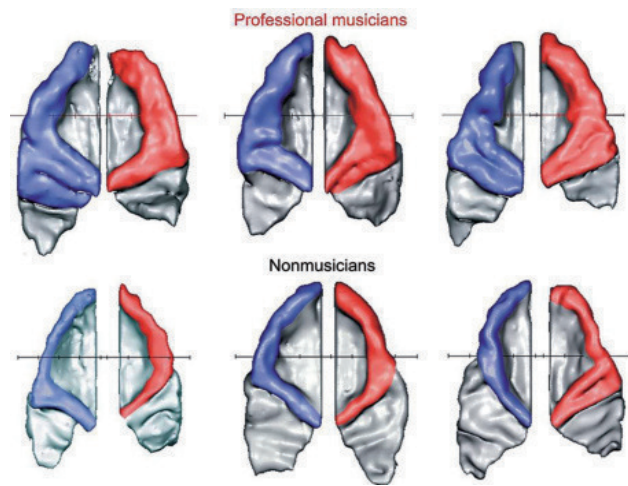


Bild 6  
 Vergleich zwischen professionellen Musikern (oben) und Nichtmusikern

Die Wissenschaftler haben interessanterweise festgestellt, dass der Grössenunterschied der Hörkortizes angeboren ist und sich durch viel Üben nicht merklich vergrössern lässt.

### Das zerebrale Symphonieorchester

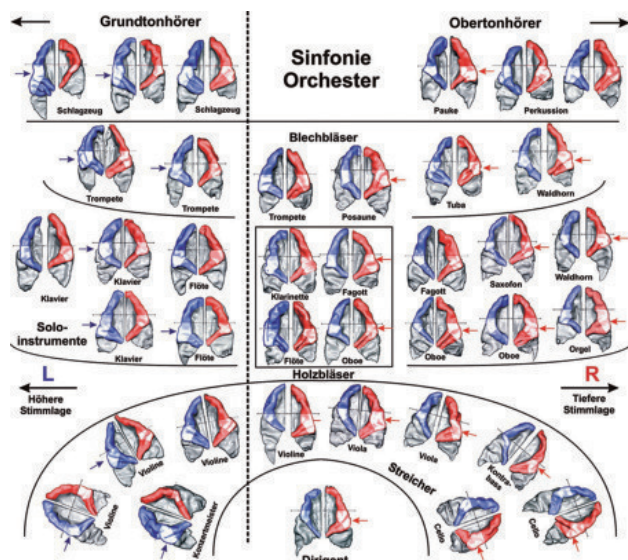


Bild 8  
 Ein Blick auf die Hörkortizes eines ganzen Symphonieorchesters

Das Bild des ‚zerebralen Symphonieorchesters‘ kann als eindeutiger Beleg für verschiedene wissenschaftliche Erkenntnisse dienen.

Ich nenne zwei Beispiele:

- Die Heschlischen Querwindungen sind bei Profimusikern auffallend gross.
- Grundtonhörer fokussieren mehr auf Metrum und Rhythmus, Obertonhörer mehr auf Tonhöhe und Melodie (vgl. Verteilung der Instrumente).

### A.3. Hörtest 2

#### AMMA-Test (Advanced Measures of Musical Audiation), ein Test zur Musikalität

Als weiteres Forschungsinstrument verwendet das Team seit vielen Jahren den AMMA-Test, der vom amerikanischen Musikpsychologen Edwin E. Gordon ausgearbeitet wurde.

Von Gordon stammt auch der Begriff «Audiation». Der Ausdruck bezeichnet die Fähigkeit, sich akustisch (physisch) nicht vorhandene musikalische Töne innerlich vorstellen zu können, also sozusagen im Kopf zu hören. Für Musikerinnen und Musiker ist dieses innere Hören sehr wichtig, sie sollten dazu auch in der Lage sein, wenn sie einen Notentext lesen. Gordon bezeichnet das innere Hören als einen Grundpfeiler der Musikalität und diese Fähigkeit zur «Audiation» als ein Zeichen von musikalischer Begabung.

Der Test läuft folgendermassen ab:

Den Testpersonen wird ein erstes Mal eine kurze Melodie vorgespielt und unmittelbar darauf ein zweites Mal. Die wiederholte Melodie ist gleich oder sie zeigt entweder rhythmische oder tonale Änderungen.

Beispiel:



Bei diesem Beispiel zum AMMA-Test weist die wiederholte Melodie zwei geringe tonale Änderungen auf

Den Probanden werden in kurzen Abständen insgesamt 30 Melodiepaare vorgespielt und sie müssen entscheiden, welche der drei Möglichkeiten zutrifft. Die maximal erreichbare Punktzahl im Test beträgt 40.



Elke Hofmann ganz Ohr (Foto: Urs Witschi)

Im folgenden Diagramm sind die Resultate eines Vergleichstests zwischen Nichtmusikern, Amateurmusikern und professionellen Musikern festgehalten.

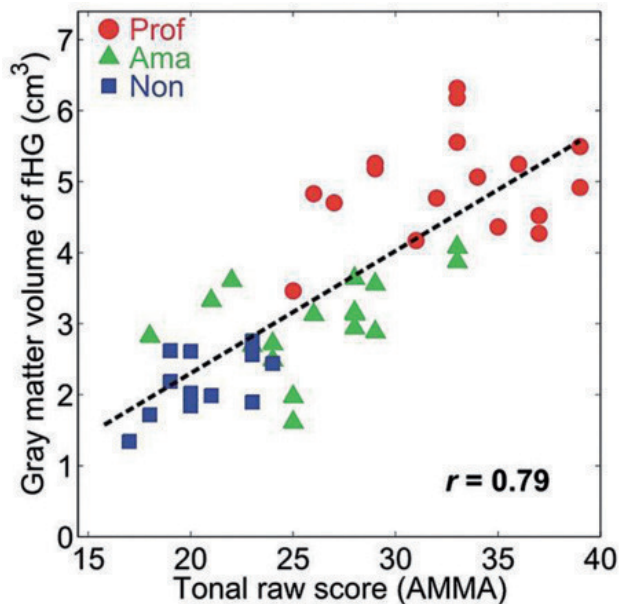


Bild 11

Auf der horizontalen Achse (Abszisse) des Diagramms sind die AMMA-Test Punktzahlen von 15 bis 40 und auf der vertikalen Achse (Ordinate) die Volumen der Heschl Gyri von 0 bis 7 cm<sup>3</sup> aufgeführt.

Blaue Vierecke = Nichtmusiker, grüne Dreiecke = Amateurmusiker, rote Kreise = professionelle Musiker

Das Diagramm zeigt eindrücklich, dass die Grösse der Heschl Gyri mit den Ergebnissen im AMMA-Test korreliert. Dies ist ein wissenschaftlicher Beleg dafür, dass Musikalität und Volumen der Hörkortizes voneinander abhängen. Personen, die im AMMA-Test eine hohe Punktzahl erreichen, können davon ausgehen, dass sie einen grossen Hörkortex besitzen. Laut Elke Hofmann sind Ausreisser äusserst selten.

## B. Longitudinalstudie

Zum Schluss ihres Referats stellten uns Elke Hofmann und Jan Benner eine besondere Form der Forschung vor. Das Team von Basel und Heidelberg führte zum Thema «**Auditorische Neuroplastizität des erwachsenen Musikersgehirns**» eine Longitudinalstudie über drei Jahre durch. Bei dieser Art der Studien werden zu mehreren Zeitpunkten die genau gleichen Untersuchungen durchgeführt und die Resultate miteinander verglichen. So kann man Veränderungen am Studienobjekt innerhalb eines bestimmten Zeitraums erkennen.

Bei den Forschungen am Musikersgehirn geht es um die Entwicklung musikalischer Hörfähigkeiten. Eine Frage ist nämlich noch immer nicht vollständig beantwortet: Sind die ausserordentlichen musikalischen Hörfähigkeiten bei Musikerinnen und Musikern einer Veranlagung, dem vielen Üben oder beidem zusammen zu verdanken?

Wie wir gesehen haben, ist es wissenschaftlich erwiesen, dass die Hörkortizes bei Musikern wesentlich voluminöser sind als diejenigen bei Nichtmusikern. Wie diese Unterschiede entstehen und welche Auswirkungen sie haben, ist bisher nur teilweise geklärt. Innerhalb der drei Jahre wurden alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer an der Studie dreimal in den Bereichen **individuelle Hörcharakteristik, Struktur des Gehirns und Funktion des Gehirns** untersucht. Es sind Studierende von der Musikhochschule, als Kontrollgruppe aber auch Amateur-Musiker, die Medizin studieren. Diese wurden gemäss Grösse der Heschl Gyri und Werten im AMMA-Test mit den Studierenden der Musikhochschule ‚gematched‘, das heisst, man konnte davon ausgehen, dass sie zu Beginn des Studiums vergleichbare Voraussetzungen wie die Musikstudierenden mitbrachten, jedoch nicht deren intensives Training während des Studiums durchliefen. So war es möglich, die zu untersuchenden Effekte des Trainings im Musikstudium von dem abzuheben, was an natürlicher Begabung und vorausgehendem Training mitgebracht wurde.

Als weitere Forschungsmethode in der Longitudinalstudie ist neben den beschriebenen Verfahren (AMMA-Test, Grundton-Obertontest, MRI) auch noch die bildgebende **Magnetoenzephalographie (MEG)** eingesetzt worden. Mit MEG kann zum Beispiel die Reaktion des Gehirns auf Instrumentalklänge sichtbar gemacht werden.

Als Abschluss für den Bericht über das Referat «Music in the brain» soll ein Bild dienen, das mittels MEG gemacht wurde. Es führt uns zurück an den Anfang des Referats und belegt jetzt auch optisch eine Feststellung: Was wir Musik nennen, «machen» wir eigentlich im Gehirn, und Klangwahrnehmung ist individuell.

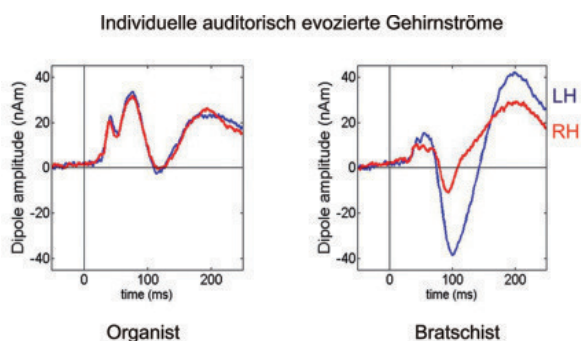


Bild 12  
RH = rechter Heschl Gyri (rot) / LH = linker Heschl Gyri (blau)  
Obwohl die beiden Probanden das gleiche Musiksignal hörten, löste es in deren Gehirn unterschiedliche Reaktionen aus. Der Organist ist ein professioneller Musiker. Beim Amateurmusiker (Bratschist) reagierten sogar der linke und der rechte Heschl Gyri verschieden.

## Forschung, die Grundlagen schafft

Einige Leser werden sich nach der Lektüre des Artikels vielleicht fragen: «Das sind zwar interessante Erkenntnisse, aber lohnen sich der zeitliche und finanzielle Aufwand tatsächlich?» Dieser utilitaristische Ansatz greift zu kurz, das lässt sich an der Forschung zum Thema «Musik und Gehirn» sehr gut zeigen. Das Forschungsteam ging von der Hoffnung aus, dass ihre Erkenntnisse über die Entwicklung musikalischer Hörfähigkeiten zu Resultaten führen, die zur Optimierung der Lehrgänge von Musikerinnen und Musikern und zu neuen Lösungsansätzen bei der Behandlung von Menschen mit auditiven Wahrnehmungsstörungen beitragen könnten.

Jetzt zeigen bereits weitere Forschungsprojekte, die auf Erkenntnisse von «Musik und Gehirn» aufbauen und unter der Leitung von PD Dr. Peter Schneider stehen, in welchen Bereichen praktische Umsetzungen denkbar sind. Ein Projekt befasst sich mit lernauffälligen Kindern, bei denen ADS/ADHS (Aufmerksamkeit-Defizit-/Hyperaktivitäts-Störung) und Legasthenie diagnostiziert wurden, ein anderer Fokus ist auf Menschen mit Tinnitus gerichtet. Diesbezügliche Veröffentlichungen können unter <http://musicandbrain.de/root/veroeffentlichungen.html> nachgelesen werden.

Was für «Musik und Gehirn» gilt, ist übertragbar auf andere Grundlagenforschung: Sie bringt die Erkenntnisse, welche die Voraussetzungen für weitere Forschungsprojekte bilden. Wer in diesen Bereichen der Universitäten mit linearen Budgetkürzungen eingreifen will, spart am falschen Ort.

### Hinweis

Das grenzüberschreitende Forschungsprojekt «Auditorische Neuroplastizität im erwachsenen Musikergehirn» wird vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) unterstützt.

### Mein Dank geht an:

- PD Dr. Peter Schneider von der Universität Heidelberg, der mir freundlicherweise gestattete, die Bilder 3 bis 9 sowie 11 und 12 im Artikel zu verwenden.
- Elke Hofmann und Jan Benner; sie haben mir die am Forum gezeigten Folien zur Verfügung gestellt, den Artikel gegengelesen, korrigiert und meinen Text an einer Stelle ergänzt.



# Analog-Forum 2017: «Music in the brain»

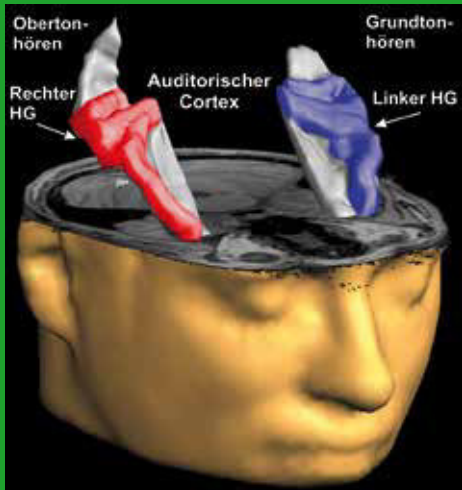


Bild 4

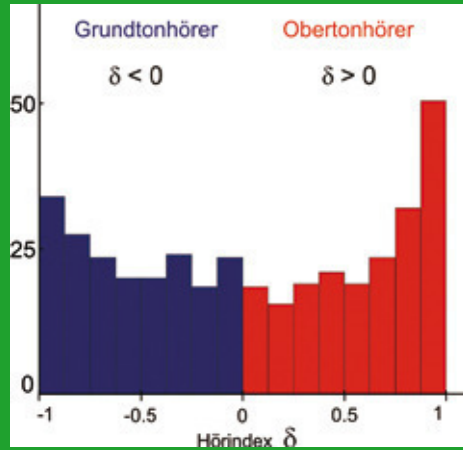


Bild 5

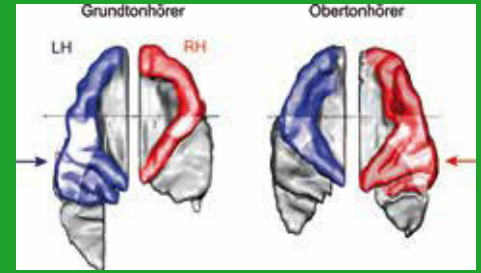


Bild 6

Bild 8

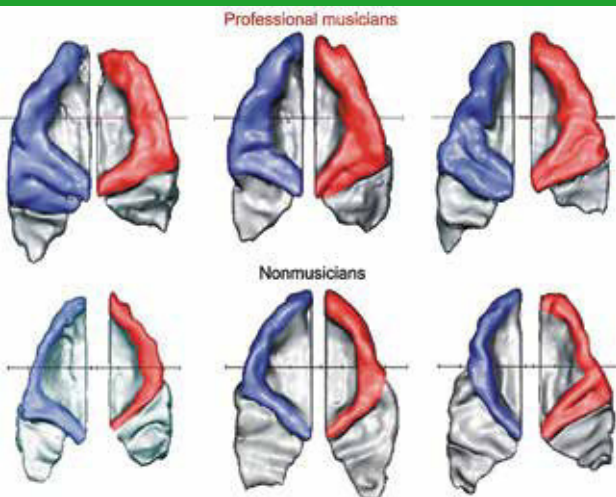


Bild 7

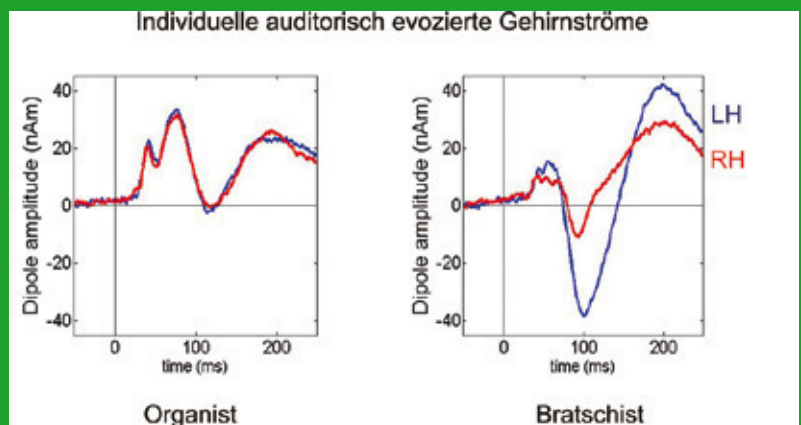
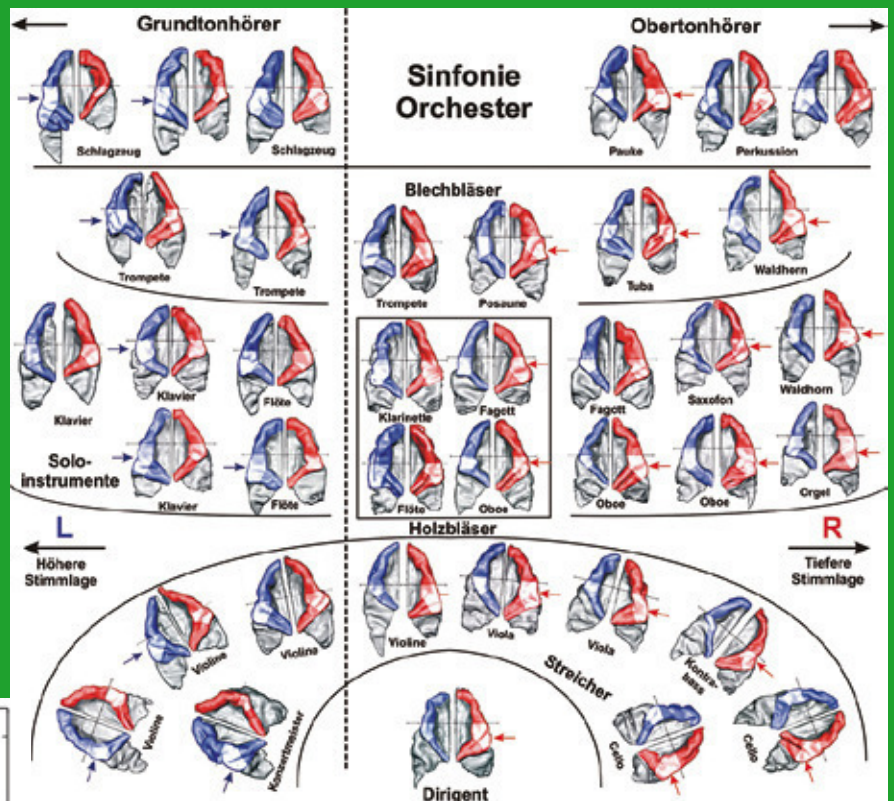


Bild 12

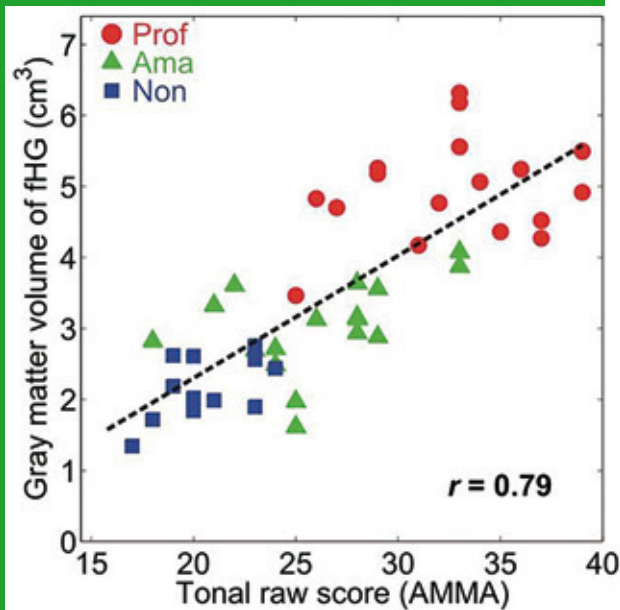


Bild 11