

JOHN STEWART

# Wie Musik im Gehirn spielt

Woher kommt die seltsame Macht der Musik? Forscher be-lauschen das Gehirn beim Hören und eigenen Musizieren. Die Hirnzellen reagieren darauf erstaunlich plastisch.

Von Norman M. Weinberger

**M**usik kann Menschen bis zu Tränen rühren. Warum bewegt sie uns so stark, dass kaum ein Film, kaum ein Werbespot mehr darauf verzichten mag? Kinder beruhigt man mit Liedern. Bei manchen Sportveranstaltungen wird Musik eingesetzt, um die Massen aufzupeitschen.

Mindestens seit einigen zehntausend Jahren schlagen Menschen auf Klangkörper, spielen Maultrommel, blasen auf Knochenflöten und bringen aufgespannte Sehnen zum Schwingen. Wahrscheinlich ist uns die Liebe zur Musik angeboren. Jede Kultur pflegt ihre Tonkunst und Klangtradition. Und schon zwei Monate alte Säuglinge unterscheiden Wohl- und Missklänge. Wenn uns eine Sinfonie ergreift, erregt das im Gehirn die gleichen Lustzentren wie beim Konsum von Schokolade, von Kokain oder beim Sex.

Aus welchem Grund – oder zu welchem Zweck – entstand Musik? Und wie kommt es, dass sie unsere Gefühle anspricht? Warum ist sie dem Menschen so wichtig, dass er sie nicht missen mag? Wissenschaftler haben dafür verschiedene Erklärungen vorgeschlagen – so von evolutionsbiologischer Seite, in der Frühzeit habe Musik zum Überleben des Menschen beigetragen. Beispielsweise stellt sich der Evolutionspsychologe Geoffrey F. Miller von der Universität von New Mexico in Albuquerque vor, dass

Musik den Paarungspartner beeindruckte, also ein Faktor bei der sexuellen Selektion des Menschen war. Robin M. Dunbar von der Universität Liverpool vermutet hingegen, Musik habe geholfen, die Horden zusammenzuhalten, die irgendwann so groß wurden, dass gegenseitiges Lausen als sozialer Kitt nicht mehr reichte. Dagegen behauptet Steven Pinker von der Harvard-Universität in Cambridge (Massachusetts), Musik sei eher der »Käsekuchen fürs Ohr«. Durch einen glücklichen Zufall seien in unserer Evolution Zutaten zusammengekommen, die dem Gehirn schmeicheln, weil sie sich so wunderbar ergänzen.

Noch kennen Neurowissenschaftler die Wahrheit nicht. Zumindest aber lernen wir in den letzten Jahren immer mehr darüber, wo und wie das Gehirn Musik verarbeitet. Dabei ergänzen sich Beobachtungen an Hirnversehrten und Studien mit gesunden Testpersonen, deren Gehirnaktivität mit bildgebenden Verfahren dargestellt wurde. Eine große Überraschung war, dass im Gehirn offenbar kein spezielles Musikzentrum existiert. Wenn der Mensch Musik hört oder ausübt, sind etliche weit verteilte Areale aktiv, auch welche, die sich normalerweise mit anderen kognitiven Aufgaben befassen. Wie sich außerdem herausstellte, ändern sich die aktiven Bereiche abhängig von Erfahrung und musikalischer Betätigung.

Bei der geringen Zahl der Hörzellen ist das besonders erstaunlich. Kein anderes Sinnesorgan benutzt so wenige Sin-

◀ Musizieren gehört vermutlich zum Urerbe des Menschen, denn unser Gehirn scheint für Musik wie geschaffen zu sein.

▷ nezellen wie das Ohr. Im Auge sitzen rund 100 Millionen Lichtrezeptoren. Die Haarzellen im Innenohr kommen lediglich auf etwa 3500. Doch das genügt, damit das Gehirn sich verändert, sodass es schon nach kurzen Musikübungen künftig mit musikalischen Eindrücken anders umgeht. In dieser Hinsicht sind wir bemerkenswert anpassungsfähig – unser Gehirn ist für Musik auffallend plastisch.

### »Die Oper ist in meinem Kopf!«

Vor den Zeiten der modernen Gehirnbildgebung sammelten die Forscher ihr Wissen über die Musikverarbeitung hauptsächlich an Schlaganfallpatienten und anderen Hirnkranken oder Hirnverletzten. Darunter war mancher Musiker. Beispielsweise konnte der französische Komponist Maurice Ravel (1875–1937) ab 1933 keine neuen Stücke mehr notieren. Vermutlich litt er an einer fokalen zerebralen Degeneration, wobei einzelne Bereiche des Gehirngewebes verkümmern. Ravel behielt sein musikalisches Vorstellungsvermögen. Seine alten Kompositionen vermochte er noch zu erkennen und sich ins Gedächtnis zu rufen. Tonleitern konnte er noch spielen. Einem Freund vertraute er damals über ein geplantes Projekt an: »... diese Oper (Johanna von Orleans) ist hier, in meinem Kopf! Ich höre sie, aber ich werde sie nie aufschreiben. Es ist vorbei! Ich kann meine Musik nicht mehr schreiben!« Vier Jahre später starb der Künstler nach einer Gehirnoperation. Sein Fall unterstützt die Beobachtungen, dass es im Gehirn offenbar kein eigentliches Musikzentrum gibt.

Der russische Komponist Wissarion Schebalin (1902–1963) vermochte in seinen letzten zehn Lebensjahren nach einem Schlaganfall nicht mehr zu sprechen und auch Sprache nicht mehr zu verstehen. Doch komponieren konnte er noch. Unter anderem das ließ Neurophysiologen vermuten, dass Musik und

Sprache unabhängig voneinander verarbeitet werden. Allerdings sehen die Forscher das inzwischen differenzierter. Beide Phänomene haben durchaus einiges gemeinsam: Sprache wie Musik wollen etwas mitteilen, und beide haben eine Syntax, einen Satz an Regeln für die passende Kombination der Elemente, in dem Fall Wörter beziehungsweise Noten. Der Hirnforscher Aniruddh D. Patel vom Neurosciences Institute der Universität von Kalifornien in San Diego schließt aus Hirnaufnahmen, dass für die Syntax anscheinend in beiden Fällen derselbe Bereich der Stirnhirnrinde zuständig ist. Für einige andere Schritte der Verarbeitung von Sprache beziehungsweise Musik gilt Ähnliches.

Wie das Gehirn reagiert, wenn Musik erklingt, darüber haben wir von Gehirnaufnahmen mit modernen bildgebenden Techniken schon eine recht detaillierte Vorstellung. In vielem gleichen die Vorgänge natürlich dem, wie das Hörsystem auch sonst Klänge und Geräusche verarbeitet (Kasten rechts). In gewisser Weise ist dieses Sinnessystem, wie andere auch, hierarchisch aufgebaut. Die neuronalen Erregungen durchlaufen vom Ohr bis zur Hörrinde im Schläfenlappen, der höchsten Stufe der Hörbahn, mehrere Verarbeitungsstationen.

Schon im Innenohr – in der Schnecke, wo die Sinneszellen sitzen – werden komplexere Töne und Klänge in ihre Frequenzen zerlegt. Ein Geigenton etwa setzt sich aus mehreren überlagerten Schwingungen zusammen, auf die jeweils andere Sinneszellen ansprechen. Im Hörnerv fließen die Teilinformationen dann über getrennte Stränge als Serien elektrischer Entladungen zur nächsten Station. In der Art geht es weiter bis zur Hörrinde. Charakteristisch ist, dass die einzelnen Nervenzellen des Hörsystems jeweils bei einer bestimmten Tonfrequenz optimal reagieren. Etwas schwächer sprechen sie bei davon leicht abweichenden Tonfrequenzen an. Hierauf rea-

gieren wiederum benachbarte Zellgruppen stärker. Dadurch verschiebt sich die Empfindlichkeit für unterschiedlich hohe Töne auf der Hirnrinde kontinuierlich (siehe Kasten S. 34). Misst man, welche Neuronen bei einer bestimmten reinen Schwingung antworten, erhält man kleine Felder, die sich bei angrenzenden Schwingungen überlappen. Neurophysiologen können so auf der Hörrinde regelrechte Frequenzlandkarten zeichnen.

Dieses grobe Schema erklärt noch nicht, wie Musik verarbeitet wird, wie das Gehirn Beziehungen zwischen Tönen herstellt, also Melodien, Rhythmen, Klänge, Klangfolgen erfasst oder die Lautstärke und Klangfarbe (das Frequenzspektrum) von Tönen registriert. An diesen Vorgängen beteiligen sich, wie wir heute wissen, eine Reihe weiterer Hirngebiete, jedes zuständig für bestimmte Aspekte.

### Scharfstellen auf wichtige Töne

Bei diesen Leistungen reagiert das Gehirn keineswegs starr. Früher vermuteten die Wissenschaftler beispielsweise, dass bei einer bestimmten Tonfrequenz immer dieselben Zellen in immer gleicher Weise ansprechen würden. Hieran kamen David M. Diamond, Thomas M. McKenna und mir Zweifel, als wir Ende der 1980er Jahre bei Katzen an kurzen Tonfolgen testeten, ob die Kontur (das Muster des Auf und Ab, das auch eine Melodie prägt) die Reaktion einzelner Zellen der Hörrinde beeinflusst. Wir verwendeten immer die gleichen fünf unterschiedlich hohen Töne, variierten aber die Reihenfolge und somit die Kontur – wir präsentierten den Katzen gewissermaßen lauter verschiedene kleine Melodien.

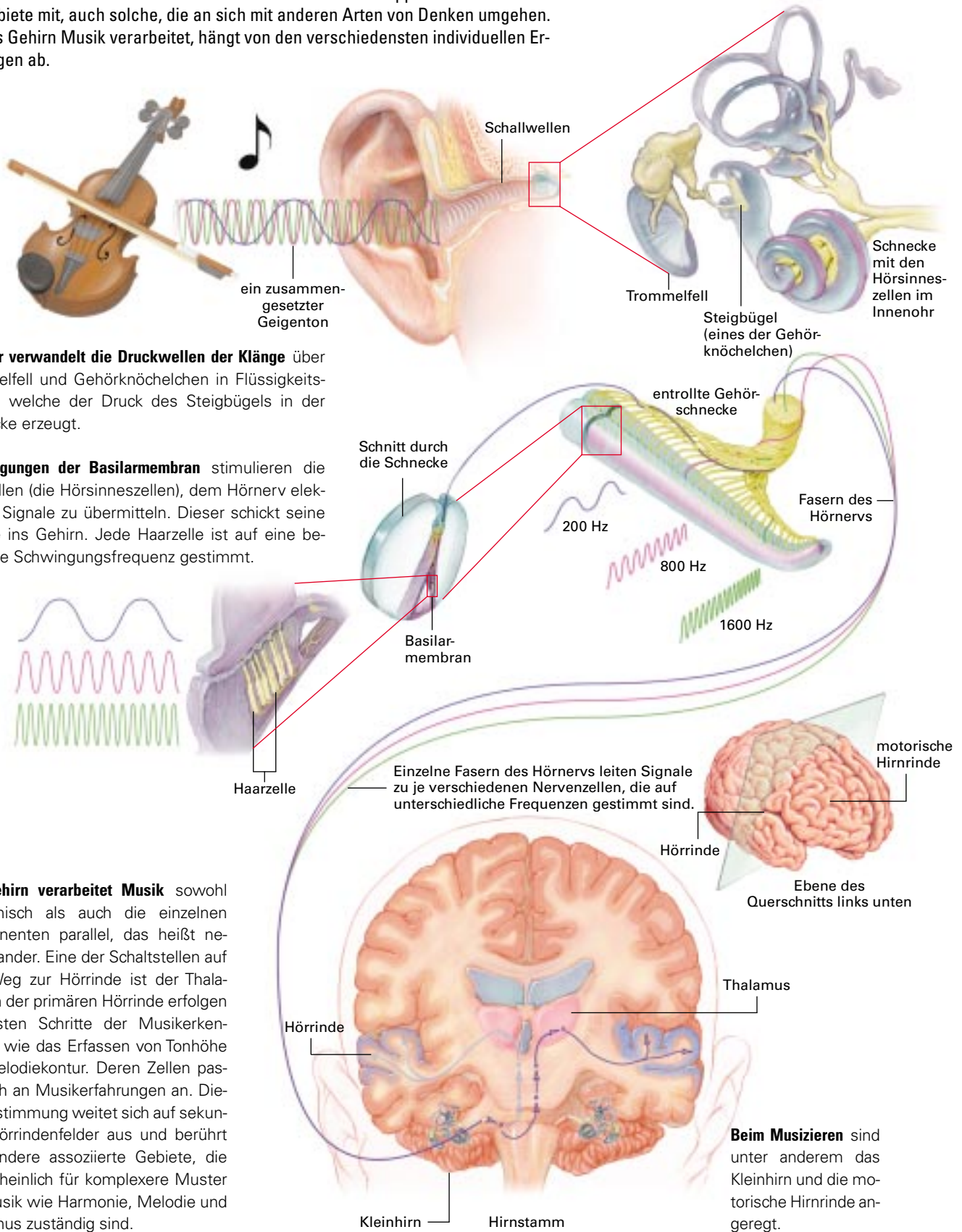
Zu unserer Verblüffung veränderte sich die Antwortstärke der einzelnen Hirnzellen auf »ihren« Ton – genauer gesagt auf ihren optimalen Frequenzbereich – abhängig von dessen Position in der Tonabfolge. So kam es vor, dass eine Zelle stärker ansprach, wenn »ihr« Ton nicht an erster Position stand. Es war auch nicht egal, ob der Ton in eine auf- oder in eine absteigende Folge eingebaut war, oder ob die Richtung innerhalb der Kontur wechselte. Das beweist, dass diese Verarbeitung nach einem anderen Prinzip funktioniert als etwa die Tonweitergabe über Lautsprecher oder Telefon. ▷

## IN KÜRZE

- ▶ Wahrscheinlich war Musik von Anbeginn **Teil der menschlichen Kultur**. Die Liebe zur Musik liegt tief in uns und dürfte angeboren sein.
- ▶ Eine **Anzahl von Hirnregionen** spricht jeweils auf die einzelnen Komponenten von Klängen und Musikstücken an. Dabei verändert sich das Gehirn passend zu deren Bedeutung für den Einzelnen.
- ▶ Tief verwurzelt ist auch das **Gefühlserleben von Musik**. Es funktioniert unabhängig vom aktiven Musikverstehen.

# Wege eines Klangs

Beim Musikhören wirken außer der Hörrinde im Schläfenlappen etliche weitere Hirngebiete mit, auch solche, die an sich mit anderen Arten von Denken umgehen. Wo das Gehirn Musik verarbeitet, hängt von den verschiedensten individuellen Erfahrungen ab.



**Das Ohr verwandelt die Druckwellen der Klänge** über Trommelfell und Gehörknöchelchen in Flüssigkeitswellen, welche der Druck des Steigbügels in der Schnecke erzeugt.

**Schwingungen der Basilarmembran** stimulieren die Haarzellen (die Hörsinneszellen), dem Hörnerv elektrische Signale zu übermitteln. Dieser schickt seine Signale ins Gehirn. Jede Haarzelle ist auf eine bestimmte Schwingungsfrequenz gestimmt.

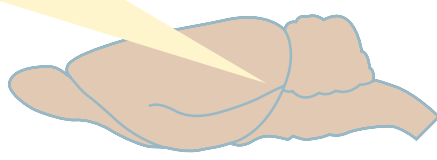
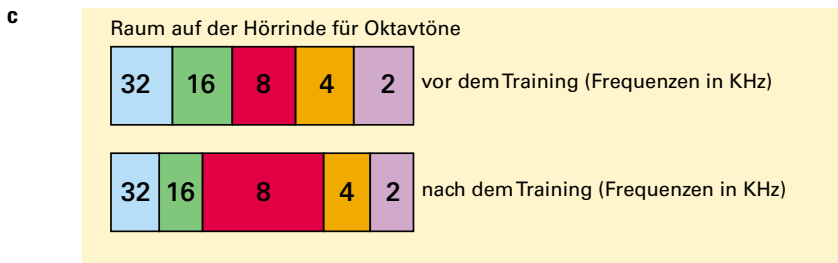
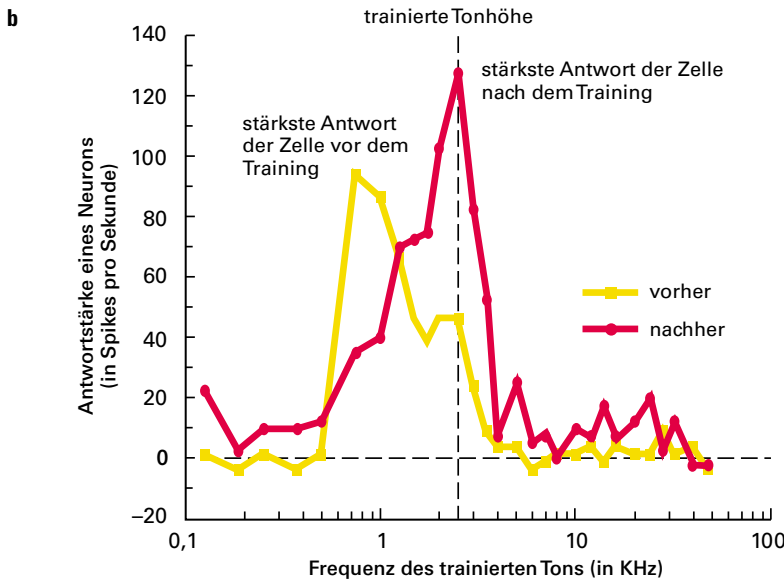
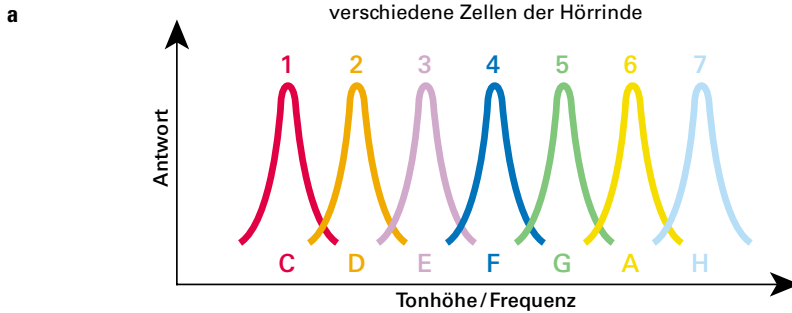
**Das Gehirn verarbeitet Musik** sowohl hierarchisch als auch die einzelnen Komponenten parallel, das heißt nebeneinander. Eine der Schaltstellen auf dem Weg zur Hörrinde ist der Thalamus. In der primären Hörrinde erfolgen die ersten Schritte der Musikerkenntnis – wie das Erfassen von Tonhöhe und Melodiekontur. Deren Zellen passen sich an Musikerfahrungen an. Diese Umstimmung weitet sich auf sekundäre Hörwindenfelder aus und berührt auch andere assoziierte Gebiete, die wahrscheinlich für komplexere Muster von Musik wie Harmonie, Melodie und Rhythmus zuständig sind.

**Beim Musizieren** sind unter anderem das Kleinhirn und die motorische Hirnrinde angeregt.

# Übung stimmt Hirnzellen um

**Die einzelnen Neuronen der Hörrinde** – auch bei Tieren – reagieren jeweils bevorzugt bei einer bestimmten Tonfrequenz (a). Gewinnt nun ein bestimmter Ton für das Tier aus irgendwelchen Gründen mehr Bedeutung, verschieben Zel-

len für ähnliche Töne ihr Optimum hin zu dessen Frequenz (b). Die »Landkarte« auf der Hörrinde passt sich an das Gelernte an und gibt dem wichtigen Ton mehr Raum – hier am Beispiel von dressierten Ratten (c).



▷ Die meisten Studien zur Musikverarbeitung haben sich bisher mit Melodien befasst. Einige Erkenntnisse gibt es aber auch schon zum Rhythmus, zur Harmonie (wenn mindestens zwei Töne gleichzeitig erklingen) und zur Klangfarbe (dem unterschiedlichen Klang etwa des gleichen Geigen- und Flötentons, was auf einem unterschiedlichen Obertonspektrum bei gleicher Grundfrequenz beruht). So scheinen sich beim Rhythmus die beiden Hirnhälften nicht in gleichem Maße zu beteiligen. Allerdings sind die Ergebnisse nicht eindeutig, welche Hirnhälfte nun stärker mitarbeitet. Offenbar hängt das jeweils von der Art der Aufgabe ab, aber auch vom spezifischen Rhythmus selbst. Der linke Schläfenlappen scheint sich bei kürzeren Tönen einzuschalten. Versuchen wir also Rhythmen mit kurzen Noten zu erkennen, benutzen wir dazu wohl mehr die linke Seite – und umgekehrt.

Bei Harmonien ist die Situation eindeutiger. Achten Versuchspersonen auf Harmonieaspekte von Musik, beteiligen sich Hörbereiche auf dem rechten Schläfenlappen stärker als jene auf dem linken. Gleiches scheint für die Klangfarbe zu gelten. Sollen Testteilnehmer Instrumente am Klang erkennen, arbeitet besonders die rechte Seite. Patienten, denen der rechte Schläfenlappen fehlt – wenn er etwa wegen eines Anfallsleidens entfernt werden musste –, können schlecht Klangfarben erkennen. Nach einer linksseitigen Operation ist das nicht der Fall.

Besonders spannend ist, dass viele solcher Reaktionen auch abhängig von Erfahrung und Übung variieren. Schon ein kleines bisschen Training kann sich schnell auswirken. Noch vor ungefähr zehn Jahren glaubten die Wissenschaftler zum Beispiel, dass die optimale Frequenz für jede Zelle im Hörkortex unveränderlich festliegt. Als wir die oben beschriebenen Konturstudien mit den Katzen durchführten, kamen uns daran Zweifel. Es schien, als würden manche Zellen plötzlich für Töne besonders empfindlich, die dem Tier etwas bedeuten und die es sich deshalb merkt.

Genauer untersuchten Jon S. Bakin, Jean-Marc Edeline und ich diese These in den 1990er Jahren in einer Reihe von Experimenten an Meerschweinchen. Wir wollten prüfen, ob sich die Organisation der Hörrinde grundlegend verändert, wenn das Tier einen wichtigen Ton lernt. Zuerst spielten wir den Meerschwein-

LAURIE GRACE



chen eine Anzahl von Tönen vor und maßen, bei welchen die Reaktionen in der Hörrinde besonders stark ausfallen und bei welchen eher schwach. Nun wählten wir einen Ton, der wenig Reaktion hervorrief. Mit diesem Ton zusammen verpassten wir den Tieren einen leichten elektrischen Schlag am Fuß. Die Nager lernten den Zusammenhang in ein paar Minuten.

### **Tonlandkarten im Gehirn vom Meerschweinchen**

Gleich nach dem Training sowie in Intervallen in den folgenden zwei Monaten prüften wir erneut das Verhalten derselben Hirnzellen. Und wirklich hatten sich die Verhältnisse verändert. Der antrainierte Ton erzeugte deutlich mehr Reaktion als vorher. Zellen hatten ihre optimale Frequenz zu der des Signaltons hin verschoben. Das bedeutet: Die Zellen der Hörrinde werden durch Erfahrung sozusagen neu gestimmt, sodass genügend viele bei bedeutenden Signalen mitwirken. Auch im weiteren Umfeld der jetzt scharf gestimmten Nervenzellen hatten sich die bevorzugten Frequenzen versetzt. Das Gehirn hatte seine Landkarte berichtigt. Jetzt passte sie wieder auf die relevanten Umweltereignisse. Umgekehrt braucht man nur die Frequenzlandkarte im Hörkortex zu studieren, um zu erkennen, welche Töne dem Tier wichtig sind. Die neue Stimmung der Hirnzellen war bemerkenswert dauerhaft. Der Effekt wuchs in der ersten Zeit ohne weiteres Training. Danach blieb er monatelang bestehen.

Diese Ergebnisse regten die Hirnforscher zu neuen Untersuchungen über die neuronale Plastizität an. Wie es aussieht,

besteht für das Gehirn ein Weg, um den Rang von neuerdings wichtigen Stimuli einzuspeichern, darin, für das Signal mehr Zellen zur Verfügung zu stellen. Lernt das Tier die Bedeutung eines Reizes, vermag das Gehirn ihm mehr Verarbeitungskapazität zuzuordnen (siehe Kasten links).

Bei Menschen kann man das Verhalten einzelner Hirnzellen beim Erlernen von Tönen oder Melodien nicht messen. Jedoch können moderne Aufnahmetechniken offenbaren, ob Zellpopulationen auf der Hirnrinde in der Größenordnung von Tausenden von Neuronen ihre durchschnittliche Reaktionsstärke ändern. Ein Team um Ray Dolan vom University College London trainierte 1998 Versuchspersonen auf einen bestimmten Ton. Währenddessen erhöhte sich ganz ähnlich wie im Tierversuch die Reaktionsbereitschaft der Hirnzellen auf den spezifischen Reiz; der Bereich für den Stimulus erweiterte sich. Übertragen auf komplexere Aspekte von Musik könnten lang anhaltende Lerneffekte dieser Art mit erklären, warum man im Lärm eine vertraute Melodie heraushört, oder warum Alzheimerkranke bei weitgehend verlorenem Erinnerungsvermögen sich an von früher bekannte Musikstücke noch erinnern.

Ein interessantes Phänomen ist das innere Hören von Musik. Wohl jeder erlebt manchmal, dass ihm eine Melodie nicht aus dem Sinn geht. Wo im Kopf spielt diese Musik? Andrea R. Halpern von der Bucknell University in Lewisburg (Pennsylvania) und Robert J. Zatorre von der McGill University in Montreal (Kanada) sind dem 1999 in einer Studie mit Nichtmusikern nachge- ▷

ANZEIGE

▷ gingen. Sie registrierten aktive Stellen des Gehirns, während die Leute einem Musikstück entweder wirklich lauschten oder aber es vor ihrem inneren Ohr erklingen ließen. Beim rein imaginierten Zuhören waren tatsächlich viele der Schläfenlappenbereiche aktiv, die sich auch sonst am Musikhören beteiligen.

### Hochsensible Musikergehirne

Viele der geschilderten Effekte zeigen sich bei Musikern noch ausgeprägter. In manchem scheinen deren Gehirne infolge der intensiven Beschäftigung damit die Musik sogar anders zu verarbeiten. Die Studien bestätigen ganz klar, dass unser Gehirn dazu fähig ist, auf solche Einflüsse hin neuronale Verschaltungen umzuarbeiten. Wenn schon eine kurze Trainingsphase genügt, um mehr Hirnzellen auf einen wichtigen Ton einzustimmen, ist es vielleicht gar nicht so erstaunlich, dass ausgiebige musikalische Betätigung die Sensibilität noch viel deutlicher verstärkt und selbst größere Änderungen nach sich zieht. Das jahrelange täglich stundenlange Musizieren bewirkt nicht nur, dass manche Hirngebiete außerordentlich ausgeprägt sind, sondern es macht auch für die speziellen Anforderungen empfindlich.

Bei einer Studie von 1998, die Christo Pantev von der Universität Münster leitete, kam heraus, dass bei Musikern, die Klaviermusik zuhören, hierbei auf der linken Hirnseite rund 25 Prozent mehr von den Hörregionen reagieren als bei Nichtmusikern. Das gilt allein im

Zusammenhang mit Musik, nicht für andere akustische Ereignisse, selbst wenn die Töne oder Klänge sonst ähnlich sind. Wie die Forscher auch feststellten, ist der reagierende Bereich umso größer, je früher jemand mit dem Musikunterricht begann.

Musikerziehung scheint sogar die kindliche Entwicklung zu beschleunigen. Forscher der McMaster University in Ontario (Kanada) ermittelten kürzlich bei Vier- und Fünfjährigen die Gehirnaktivität bei Klaviermusik, Geigenmusik und reinen Tönen. Bei Kindern, die zu Hause viel Musik zu hören bekamen, reagierten die entsprechenden Hirnbereiche stärker als bei denen ohne ein solches Umfeld. Die an Musik gewöhnten Kinder entsprachen hierin drei Jahre älteren Kindern ohne intensive Musikerfahrung.

Die ausgeprägtere Reaktion des Musikergehirns dürfte zu einem Teil schon durch eine größere Hörrinde bedingt sein. Peter Schneider von der Universität Heidelberg und seine Mitarbeiter fanden 2002 bei Musikern eine Volumenzunahme dieses Bereichs um 130 Prozent. Die Forscher entdeckten dabei, dass die Vergrößerung umso stärker ausfällt, je ausgiebiger sich jemand mit Musik beschäftigt. Anscheinend wächst proportional zum Grad musikalischer Betätigung die Zahl an Musik verarbeitenden Nervenzellen in der Hörrinde. Erstaunlicherweise ergab eine neuere Studie, die Pantev an der Universität Toronto (Kanada) durchführte, dass die Sensibilität des Ge-

hirns auch vom eigenen Instrument der Testperson abhängt. Bei Trompetern etwa reagieren bestimmte Hirngebiete verstärkt auf Trompetentöne, nicht aber auf Geigenklänge.

Abgesehen von der Hörrinde verändern sich durch Musikausübung auch andere beim Musizieren beteiligte Gehirngebiete. Instrumentalisten haben anscheinend nicht nur ein größeres Kleinhirn – das sich an der Bewegungskoordination beteiligt –, sondern auch vergrößerte motorische Areale in der Großhirnrinde. Spezifisch die Felder für die Kontrolle der erforderlichen Fingerbewegungen sind ausgedehnter. Mitte der 1990er Jahre wies eine Gruppe um Thomas Elbert von der Universität Konstanz nach, dass bei Geigern Hirnrindengebiete für Sinnesinformationen des zweiten bis fünften Fingers der linken Hand stärker ausgebildet sind als für die rechte Hand. Eben mit diesen vier Fingern greift ein Geiger die Töne auf den Saiten. Die entsprechenden Gebiete für die rechte, die Bogenhand, sind bei ihnen nicht übermäßig auffallend.

### Folgen frühen Übens

Überdies müssen viele Instrumentalisten beide Hände besonders gut koordinieren können. Tatsächlich erscheint der dicke Faserstrang zwischen beiden Großhirnhälften – der so genannte Balken – in seinem vorderen Teil, in dem die Verbindungen zwischen rechtem und linkem motorischem Areal verlaufen, dicker als bei Nichtmusikern. Auch da ist der Un-

## Für Musik geboren

**Jeder ist musikalisch**, zumindest in gewissem Grad. Man beobachtet nur Kinder. Noch ehe Babys Sprache wirklich verarbeiten können, zeigen sie ausgeprägte Reaktionen auf Musik. Vielleicht deswegen sprechen wir mit ihnen instinktiv im Singsang. Das ist in allen Kulturen so.

Die Kleinen beeinflussen unseren Ausdruck mehr, als wir selbst merken. Als indische und nordamerikanische Mütter das gleiche Wiegenlied vorsingen sollten, einmal für ihr Kind, einmal in dessen Abwesenheit, konnten andere Leute die Aufnahmen später klar unterscheiden, unabhängig von der Sprache. Auf das Kind gerichtete Merkmale waren in beiden Kulturen die gleichen.

Mit geschickten Testverfahren haben Forscher herausgefunden, dass Kleinkinder benachbarte Töne ähnlich gut unterscheiden können wie Erwachsene. Sie bemerken auch Tempoveränderungen und Rhythmenwechsel. Eine Melodie erkennen sie auch wieder, wenn diese höher oder tiefer erklingt.

Nach einer neueren Studie bevorzugen schon zwei bis sechs Monate alte Kinder konsonante Klänge vor dissonanten. Das Musikhören fängt sogar schon vor der Geburt an. Ungeborene Kinder reagieren auf die Erkennungsmelodie einer beliebigen Fernsehserie, die die werdende Mutter täglich anschaut, anders als auf eine neue Weise.



ESTOCK PHOTO. IT INTERNATIONAL

▷ Wenn wir mit Babys »sprechen«, befolgen wir musikalische Regeln.



ALEXANDER MARSHACK

▲ Vor mindestens 32000 Jahren schnitzten Menschen diese Knochenflöte, die in Frankreich ausgegraben wurde.

terschied wieder umso größer, je früher der Musikunterricht anfing.

Wenig ist noch darüber bekannt, wie Musik Emotionen auslöst. Pionierforschung auf dem Gebiet leistete Anfang der 1990er Jahre der Musikpsychologe John A. Sloboda von der Keele University in Staffordshire (England). Vier von fünf befragten Erwachsenen kannten aus eigenem Erleben, dass Musik sie stark erregte oder erschütterte, dass sie Schauder, Lachen oder Tränen hervorrief. In einer Studie von Jaak Panksepp von der Bowling Green State University (Ohio) Mitte der 1990er Jahre, an der mehrere hundert junge Menschen teilnahmen, kam heraus, dass über zwei Drittel von ihnen Musik mochten, weil sie Gefühle auslöst. Hierzu passen Ergebnisse einer 1997 durchgeführten Untersuchung, die Carol L. Krumhansl und ihre Mitarbeiter von der Cornell University (Ithaca) durchführten. Die Forscher spielten Versuchspersonen Musikstücke vor, die vermeintlich Freude, Traurigkeit, Angst oder Spannung ausdrücken. Zugleich maßen sie unter anderem Herzschlag, Blutdruck und Atmung. Und wirklich zeigten die Teilnehmer je nach Kategorie andere körperliche Reaktionen, aber bei derselben Kategorie jeweils ein ähnliches Muster.

Einzelheiten über die Hirnmechanismen fügen sich erst langsam zusammen. Oft sind das Zufallsbeobachtungen wie der Fall einer Patientin, die bei beidseitigen Läsionen der Schläfenlappen auch Verletzungen an beiden Hörrinden erlitt. Die Frau hat keine Sprachschwierigkeiten. Auch Intelligenz und allgemeines Erinnerungsvermögen sind normal geblieben. Melodien kann sie aber weder erkennen noch völlig verschiedene Wei-

sen voneinander unterscheiden oder Musikstücke überhaupt irgendwie zuordnen. Sie weiß nicht, ob sie ein Stück zum ersten Mal hört oder ob es ihr gerade wiederholt vorgespielt wurde. Selbst einst vertraute Melodien kommen ihr völlig fremd vor. Trotzdem reagiert diese Patientin auf Musik verschiedenen emotionalen Gehalts ganz normal, mit den gleichen Gefühlen wie andere Menschen – und sie hört gern Musik. Demnach scheint die Hörrinde im Schläfenlappen zwar für das Melodieerkennen wichtig zu sein, ist offenbar aber verzichtbar, um Musik mit Gefühl zu belegen. Das geschieht unterhalb der Großhirnrinde mit Beteiligung der Stirnlappen.

### Hochgefühle vom Belohnungssystem

Anne Blood und Zatorre von der McGill University verglichen 2001, welche Gehirngebiete bei Klängen reagieren, die Menschen als Konsonanz oder Dissonanz empfinden, also als Wohl- oder Missklang. Wie sich zeigte, werden davon unterschiedliche Stellen aktiviert. Konsonante Akkorde stimulierten den rechten Orbitallappen, ein Areal des Stirnhirns und Teil der Assoziationsrinde. Dieses Gebiet gehört zum Belohnungssystem des Gehirns. Auch Teile einer Region unterhalb des Balkens, der Verbindung zwischen den beiden Hirnhälften, waren einbezogen. Bei dissonanten Akkorden geschah etwas anderes: Nun meldete sich die rechte parahippocampale Gehirnwindung. Daraus folgt, dass beim emotionalen Erfassen eines Musikstücks mindestens diese beiden Systeme anspringen können. Wie die einzelnen Aktionsmuster des Hörsystems im speziellen Fall mit jenen Systemen zusammenarbeiten, ist allerdings noch unklar.

Viel Beachtung fand eine Studie von Blood und Zatorre an Musikern über das Hochgefühl beim Musikhören. In solchen Momenten glich deren Gehirnaktivität teilweise dem Zustand im Zu-

sammenhang mit gutem Essen, sexueller Betätigung oder auch Drogenkonsum. Die Freude, die Musik geben kann, aktiviert einige derselben Schaltkreise des so genannten Belohnungssystems unseres Gehirns.

All diese Befunde weisen auf eine biologische Grundlage für Musik hin. Das Gehirn scheint darauf angelegt zu sein, sich mit Melodien, Rhythmen und Klängen zu befassen. Eine Reihe von Hirnregionen beteiligt sich an der Verarbeitung, wobei jede spezielle Aufgaben übernimmt – so viel kristallisiert sich bereits jetzt heraus. Dass Musikergehirne anscheinend zusätzliche Spezialisierungen aufweisen, insbesondere dass sich einige Strukturen größer als normal ausprägen, ist nicht zuletzt für die Lernforschung aufschlussreich. Beim Erlernen von Tönen und Klängen wird das Gehirn neu gestimmt. Dann verschieben einzelne Neuronen ihren Antwortbereich, und insgesamt reagieren bei wichtigen Klangeignissen mehr Zellen der Hirnrinde. Die Hirnforschung wird dazu beitragen, mehr über die Musik selbst zu erfahren – auch darüber, wie viele Fassetten sie hat und warum es Musik gibt. ◀



**Norman M. Weinberger** arbeitet in der Abteilung für Neurobiologie und Verhalten an der Universität von Kalifornien in Irvine. An der Universität gründete er das Zentrum für Neurobiologie von Lernen und Gedächtnis. Auch rief er das »Music and Science Information Computer Archive« ins Leben ([www.music.uci.edu/](http://www.music.uci.edu/)).

Die Magie der Musik in: Gehirn&Geist, Schwerpunktthema, 3/2005

Musik im Kopf in: Gehirn&Geist, 1/2001, S.18

Music, the food for neuroscience? In: Nature, Bd. 434, 17. März 2005, S. 312

The cognitive neuroscience of music. Von Isabelle Peretz und Robert J. Zatorre (Hg.). Oxford University Press, 2003

Weblinks zu diesem Thema finden Sie bei [www.spektrum.de](http://www.spektrum.de) unter »Inhaltsverzeichnis«.