

Gletscher wie geschmiert

Schmelzwasser beschleunigt Grönlands Eisströme im Sommer

Klimaforscher betrachten die Gletscher Grönlands seit Jahren mit großer Sorge. Sie fragen sich, wie schnell die globale Erwärmung die Eismassen erfasst. Das Abschmelzen hätte globale Folgen, weil dadurch der Meeresspiegel steigt. Die Forscher haben oft vermutet, das entstehende Schmelzwasser beschleunige den Eisverlust weiter. Es gerate zwischen das Eis und den darunter liegenden Fels und wirke als Schmiermittel, so dass sich der Gletscher schneller zu Tal wälze. Tatsächlich wirkt Schmelzwasser aber nur im Sommer so, erklären nun Forscher von der Universität Utrecht, im Jahresmittel ändert es die Eisströme kaum (*Science*, Bd. 321, S. 113, 2008).

Die Wissenschaftler um Roderik van de Wal haben 16 Jahre lang das Inland-Eis bei Kangerlussuaq beobachtet, einem Ort in der Tundra an der Westküste Grönlands. An acht Punkten bis zu 200 Kilometern vom dortigen Flugplatz entfernt hatten sie Stangen tief in das Eis gerammt. Dann haben sie jährlich um den 20. August herum gemessen, wie sich die Position jeder Stange und die Eisdicke an ihrer Basis verändert hatten. Das Tempo, mit dem das Eis Richtung Küste floss, hat in dieser Zeit etwas ab-, das Schmelzen aber zugenommen.

Im Jahresmittel spielt also mehr Schmelzwasser für die Bewegung des Eises keine Rolle. Aber im Sommer schon, wie die holländischen Forscher an einer zweiten Messreihe sehen. 2005 hatten sie Messgeräte installiert, die Position und Eisverlust stündlich registrieren. Demnach kann der Gletscher lokal innerhalb weniger Tage viermal so schnell werden – und zwar genau dann, wenn am meisten Schmelzwasser entsteht. Der Effekt schwindet aber auch schnell wieder.

Van de Wal möchte nicht missverstanden werden. „Das heißt nicht, dass Grönland keine Gefahr für den Meeresspiegel bedeutet. Wenn wir den Trend beim Abschmelzen hochrechnen, kommen wir auf einen Meeresspiegelanstieg von sechs Zentimetern bis 2100“, sagt er. Wird es wärmer, ergeben sich höhere Werte, hinzu kommen Effekte, mit denen niemand rechnet. Allerdings müssen die Forscher noch viel über Grönlands Gletscher lernen; daraus ergibt sich auch der eigentlich unzutreffende Eindruck, dass die Wissenschaftler einander ständig widersprechen. CHRISTOPHER SCHRADER

Kurzschluss

Probleme mit Sonde „Phoenix“

Mit der Mars-Sonde *Phoenix* gibt es neue Probleme. In einem der Laboröfen, in dem gefrorene Bodenproben vor der chemischen Analyse aufgetaut werden, gab es einen Kurzschluss. Wie die US-Weltraumbehörde Nasa mitteilte, befürchten die Wissenschaftler, dass sich das Problem wiederholen könnte. Die Nasa werde deshalb die nächste Probe so behandeln, als könnte es sich um die letzte handeln, sagte Peter Smith, einer der Hauptverantwortlichen der *Phoenix*-Mission.

Als Ursache des Defekts des Ofens vermuten die Forscher zu starke Vibrationen. Bereits bei den ersten Proben vor einigen Wochen hatte es eine Panne gegeben. Das von einem Roboterarm eingesammelte Material hatte sich als zu grobkörnig erwiesen und war nicht durch den Filter in den Ofen gefallen. Darauf griffen die Forscher zu einem Trick und ließen den Filter in vibrieren, so dass die Bodenproben in kleinere Stücke zerfielen. Eine erste Panne hatte es gleich nach der Landung auf dem Roten Planeten Ende Mai gegeben. Der Roboterarm zur Sammlung der Bodenproben ließ sich zunächst nicht aktivieren. Die Raumsonde *Phoenix*, die fast zehn Monate zum Mars unterwegs war, ist auf der Suche nach Wasser und Kohlenstoffverbindungen und damit nach Spuren einfachsten Lebens auf dem Mars. dpa

Eigentlich war Isabelle Peretz in das Aufnahmestudio des kanadischen Radiosenders CBC gekommen, um Anrufern Fragen zum Thema „Musik und Gehirn“ zu beantworten. Für das Thema war die Neuropsychologin von der Université de Montréal prädestiniert, schließlich hatte sie im Jahr zuvor das „Laboratory for Brain, Music, and Sound Research“ (Brams) mitgegründet, das weltweit erste Institut, das sich dem Zusammenspiel von Tonkunst und Neuronen widmet. Da lag es nahe, die öffentliche Aufmerksamkeit zu erhöhen und dem Zentrum ein wenig Bekanntheit zu verschaffen.

Doch dann war Gwen in der Leitung. „Ich bin während der Weltwirtschaftskrise aufgewachsen. Wir hatten keinen Strom auf unserem Einödhof, wir waren arm“, erzählte die betagte Dame. „Wir haben nie Musik gehört. Seitdem kann ich Musik nicht leiden. Was unterscheidet eine Symphonie von einer Heulsirene?“ Da erwachte die Forscherneugier in Isabelle Peretz. Sie begann, die alte Dame während der Radiosendung über deren Musikerfahrungen auszufragen – Wiegenlieder? Kirchengesang? – und lud sie schließlich zu Tests in ihr Labor ein. Peretz ist eine führende Experte für sogenannte Amusiker – Menschen, für die Musik nicht anders klingt als klapperndes Porzellangeschirr.

Das Brams-Labor residiert in einem weitläufigen Gebäude aus den 1920er-Jahren am Fuße des Mont Royals in der Mitte Montréal. Früher sangen hier Nonnen des Couvent des Sœurs de Marie-Repatrice in einer Kapelle. Dann wurde das Gebäude an die Université de Montréal verkauft. Seit dem vergangenen Jahr kundschaften hier Neurologen, Psychologen, Akustiker und Mathematiker die verschlungenen Wege aus, auf denen das Gehirn Schall, Sprache und vor allem Musik verarbeitet. „Weltweit ist dieses Team die Nummer Eins“, sagte der Musikforscher Jamshed Bharucha von der Tufts University in Massachusetts im Wissenschaftsjournal *Science*.

Das Labor ist gut ausgestattet. In Kernspintomografen verfolgen die Wissenschaftler die Leuchtspuren der Musik durch die Großhirnrinde, mit einer 80 Kanal Surround Sound Audiostimulationskugel simulieren sie jede denkbare akustische Umwelt. Ein Bösendorfer-Flügel erfasst mithilfe von Messfühlern jede Nuance eines Klavierspiels. Und in einem Hightech-Konzertsaal können die Wissenschaftler bei Bedarf mittels drahtloser Sensoren Atemfrequenz, Puls, Mimik und Hautleitwert der Musiker und des Publikums aufzeichnen. Hinter all dem Aufwand steht die große Frage, warum Musik den Menschen so fasziniert, welche Rolle sie für die Entwicklung des Homo sapiens gespielt hat – und warum kein anderes Lebewesen Klängen so verfallen ist.

Das heißt, nicht jeder Mensch. Peretz' liebstes Studienobjekt sind jene Menschen, die unfähig sind, Musik als rhythmisierten tonalen Zusammenhang zu hören. Mozarts Jupiter-Symphonie oder Miles Davis' Trompete – jede Melodie, jeder Rhythmus, jede Tonfolge ist für Amusiker nicht mehr als Gerumpel und Geschepper. Es wird geschätzt, dass fünf Prozent der Bevölkerung damit geschlagen ist. Sigmund Freud und Che Guevara waren von Musik genervt, selbst der Komponist Maurice Ravel litt als Folge einer Hirnerkrankung am Ende seines Lebens unter dieser Störung. Doch so sehr Amusikern der Musikgenuss verwehrt bleibt, im sonstigen Leben sind sie meist kaum eingeschränkt. Die Frage ist also: Was fehlt ihnen?

Der Linguist Steven Pinker hat Musik einmal „akustischen Käsekuchen“ genannt. Von seiner Warte erscheint sie nur als Genussmittel und Zufallsprodukt, das in der Evolution des Menschen keine zentrale Rolle gespielt hat. An dieser Aussage zweifeln die Brams-Mitarbeiter. „Damit liegt Pinker sicher falsch“, sagt der Neuropsychologe Robert Zatorre von der McGill University in Montreal, neben Peretz der zweite Gründer des

Am kanadischen Brams-Institut ergründen Forscher, warum Musik die Menschen so sehr berührt



Wo musiziert wird, spielen so ziemlich alle Areale des Gehirns mit – auch das Lustzentrum, wie diese Aufnahme des Jazz-Organisten Jimmy Smith und des Gitarristen Thornell Schwartz aus dem Jahr 1956 ahnen lässt. Foto: Corbis

Brams. „Der Beweis für eine genetische Grundlage für Musik steht noch aus, aber die Hinweise darauf häufen sich.“

Ein Ton – anders als Blätterrascheln oder Meeresrauschen – besteht zunächst aus nur aus synchron schwingenden Luftmolekülen. Das Trommelfell nimmt die Luftdruckschwankungen auf und gibt sie an das Innenohr weiter. Dort sitzen gerade mal 3500 Haarzellen – wenig im Ver-

Schon Neugeborene erkennen Missklänge

gleich mit 100 Millionen Lichtrezeptoren im Auge –, die den Schall nach Höhe und Tiefe sortiert in Nervenimpulse verwandeln. Lange vermuteten Forscher, dass jedes Signal in der Hörrinde in einer räumlichen Karte abgebildet werde. Aber so einfach ist die Sache nicht.

Der deutsche Forscher Marc Schönwiesner sitzt in seinem Büro am Brams mit Blick auf den Klostergarten und zeichnet einen Kopf mit zwei großen Ohrmuscheln auf ein Blatt Papier. Schallwellen kämen an den Ohren mit einem unterschiedlichen Zeitabstand von Mikrosekunden an, erklärt er. Dieser Zeitabstand werde im Hörzentrum durch unterschiedlich feuernde Nervenzellen repräsentiert. Dieser „neuronale Code“ erlau-

be es, den Klang zu verorten. „Vor einigen Jahren hätten wir allenfalls auf den Bereich deuten können, in der das Hörerlebnis stattfindet“, sagt Schönwiesner. „Aber heute, mit immer höher auflösenden bildgebenden Verfahren, können wir im lebendigen menschlichen Gehirn die Feinmechanik solcher diffizilen Prozesse ausleuchten.“

Die akustische Signalverarbeitung im Gehirn umfasst Geräusche zunächst ebenso wie Musikklänge. Peretz hofft jedoch, ein auf Musik spezialisiertes Neuronennetzwerk zu entdecken. Das wäre ein starkes Argument dafür, dass der Sinn für Musik in der Evolution von Vorteil war. Doch die Prozesse im Gehirn sind komplex. Verschiedene Areale verarbeiten Rhythmus, Harmonien, Melodiekontur und Musikgedächtnis. Bei geübten Musikern sind auch Hirnbereiche beteiligt, die sonst Bewegungen steuern. Manche Areale verarbeiten auch Sprache, und tief im Gehirn treten Lustzentren hinzu, die sonst bei Sex, Schokoladengenuss oder Kokainkonsum aktiv sind.

Sicher ist: Der Sinn für Musik wurzelt tief im Menschen. Er ist kulturübergreifend und begleitet uns seit Urzeiten. Das älteste bekannte Instrument ist eine 35 000 Jahre alte Flöte aus Schwanenknochen, die in einer Höhle bei Blaubeuren gefunden wurde. Auch sind viele der mit Musik befassten Hirnregionen bereits in nur zwei Tage alten Babys aktiv.

Das entdeckte Maria Cristina Saccuman von der Vita-Salute San Raffaele Universität in Mailand bei Untersuchungen mit Magnetspintomographen. Obendrein reagieren die Neugeborenen eindeutig auf Missklänge – ihr Gehirn scheint also bereits für Harmonien verdrahtet zu sein.

Hinzu kommen die Amusiker. Da viele ein sonst unbeeinträchtiges Leben führen, ist es denkbar, dass allein ihr Musik-Modul ausgefallen ist. „Das deutet alles auf eine genetische Komponente hin“, erklärt Peretz in ihrem Zimmer, in dem auch eine klassische Gitarre steht, deren Spiel sie elf Jahre lang studiert hat. „Schließlich steckt auch die Sprache ein Stück weit in den Genen.“

Wie sollte Musik auch nur schmückendes Beiwerk sein, wo sie so stark die Emotionen des Menschen anspricht? Geordnete Schallwellen treiben selbst nüchternen Menschen mitunter Tränen in die Augen, jagen Schauer über den Rücken und versetzen in Ekstase.

Klar ist, dass Klangmuster das limbische System erregen, den Sitz des menschlichen Gefühlslebens. Nach einem Experiment mit 13 Versuchspersonen, die sich in einem Magnetspintomographen klassische Musik anhörten, beobachteten Vinod Menon von der Stanford University und Zatorres Kollege Daniel Levitin, wie das Vorderhirn Struktur und Bedeutung eines Musikstücks erfasst. Gleichzeitig schütteten limbische

Regionen bei harmonischen Klängen das Glückshormon Dopamin aus. Zusätzlich bemerkte das Kleinhirn jede kleine Abweichung von Tempo, Rhythmus oder Klangfarbe. Diese Variationen erzeugten eine als positiv empfundene Spannung, erkannten die Forscher in ihren Daten. Und genau das macht in Levitins Augen, der einst als Pop-Produzent tätig war, gerade Lieder wie die der Beatles zu Klassikern: „Es gibt fortlaufend subtile Veränderungen in ihren Songs.“

Zatorre wiederum, der als gelernter Organist manchmal in der menschenleeren Kapelle des Brams auf der Orgel spielt, ist dem so genannten „Chill-Faktor“ auf die Spur gekommen. Ein klassisches Beispiel dieses genusslichen Schauderns ist Bachs Matthäus-Passion. Als Pontius Pilatus die aufgebrachte Volksmenge fragt, wen er freigegeben solle, schreit die Menge auf: „Barrabam!“ – verpackt in einen dissonanten, markerschütternden Akkord von Chor und Orchester. Mit Positronenemissionstomografie (PET) konnten Zatorre und seine Mitarbeiterin Anne Blood zeigen, dass derart fröstelnde Erfahrungen das neuronale Belohnungszentrum des Gehirns aktivieren, während gleichzeitig die Alarmzentrale, der Mandelkern, ruhiggestellt ist.

Musik mag den Menschen anrühren, doch welchen konkreten Überlebensvorteil könnte der ästhetische Genuss in der Historie der Menschwerdung gehabt haben? Peretz verweist auf zwei geläufige Thesen. Der Evolutionspsychologe Geoffrey Miller von der University of New Mexico behauptet, Musik sei nicht mehr als

Welchen Vorteil brachte Musik in der Evolution?

ein akustisches Pfauenrad, ein Element der Balz, der Erfolg bei der Partnersuche brachte. Robin Dunbar von der University of Oxford hingegen hält Musik für sozialen Kitt. Kriegsgesänge, Wiegen- und Arbeitslieder, Nationalhymnen hielten Familien, Gruppen und Völker zusammen. Dafür sprechen Experimente, die zeigen, dass gemeinsames Singen Stresshormone abbaut, Aggressionen besänftigt und soziale Bindungen stärkt. Auch Peretz glaubt eher an die soziale Funktion, bekennt aber: „Keine dieser Hypothesen ist überprüfbar.“

Bislang führt die Erforschung des Homo musicalis Wissenschaftler ständig auf neue Wege. Wie ein roter Faden ohne vorbestimmtes Ziel führt sie die Forscher durch die verwickelte menschliche Psyche: von der Humanevolution zum verückten Musikerlebnis, von der Feinmotorik des Musizierens zu den Feinheiten des Hörsinns. Die Neuropsychologie der Musik hilft auch, sonderbare psychiatrische Fälle zu erhellen, wie sie Oliver Sacks in seinem jüngst erschienenen Buch „Der einarmige Pianist“ beschreibt. So hilft Gesang manchem Aphasiker, sein Sprachvermögen zurück zu gewinnen. Im Gehirn gibt es zwei neuronale Wege, die Artikulation ermöglichen – einen für gesprochene und einen für gesungene Sprache.

Auch Schönwiesner hat das Studium des auditorischen Kortex auf neue Ideen gebracht. Für das visuelle System gibt es Experimente, bei denen sich allein aus dem Erregungsmuster des Sehzentrums erkennen lässt, welches Objekt eine Testperson gerade ansieht. An solchem Gedankenlesen versucht sich der Neuroakustiker derzeit anhand von Musikinstrumenten und Sprachen. Dabei erstellt er erst das Modulationsspektrum des Gehörten, das sich aus Schwingung, Zeit und Tonspektrum zusammensetzt. Diese Signaturen setzt er jetzt zu Scannerfotos der Hörrinde in Relation. „Ich bin zuversichtlich, dass wir bald sagen können, ob jemand eine Geige oder Trompete hört. Ob Paganini, Mahler oder Bach, lässt sich zwar noch nicht sagen – aber dazu kommt es eines Tages ganz gewiss.“

HUBERTUS BREUER