

Schluckauf des Gehirns

Die neuronalen Grundlagen des Tinnitus

Bei Tinnitus ist im Gehirn das auditorische System involviert. Aber das ist noch lange nicht alles. Die Psychologen Martin Meyer und Angela Müller beschreiben das subjektive Geräuschehören aus neuropsychologischer Perspektive.

Unter Tinnitus versteht man die subjektive Wahrnehmung eines permanenten Geräuschs. 10 bis 15 Prozent der Bevölkerung im Westen sind von diesem Phänomen betroffen. Menschen mit Tinnitus berichten oft von einem ständigen Klingeln, Rascheln oder Rasseln, das entweder von einem oder auch von beiden Ohren zu kommen scheint. Charakteristisch für das Geräusch sind dynamische Wechsel in der Frequenz und Intensität. Die Mehrheit der betroffenen Personen gewöhnt sich relativ schnell an diese Beschallung, obwohl sie als unangenehm empfunden wird. Eine Minderheit der unter chronischem Tinnitus Leidenden schafft es allerdings nicht, sich mit der Erkrankung zu arrangieren. Verlust an Lebensqualität mit schweren psychopathologischen Symptomen wie Angststörungen, Depression und Schlafstörungen können die Folge sein.

Was man über Tinnitus wissen muss

Warum ist Tinnitus für die neuropsychologische Forschung interessant? Rein wissenschaftlich betrachtet ist Tinnitus an sich schon eine Herausforderung, denn es gibt keine klare kausale Beziehung zwischen dem biologischen, organischen Generator und der subjektiven auditorischen Erfahrung. Offensichtlich ist das auditorische System involviert, dennoch verdichten sich die Hinweise aus der neurowissenschaftlichen Forschung, dass ebenso ausgedehnte Netzwerke im Gehirn zur Konsolidierung des chronischen Geräuschs beitragen. Es gilt daher zu verstehen, was wir heute über die neuronalen Schaltungen wissen, die für die Entstehung von Tinnitus verantwortlich sind. Wichtiger noch ist zu wissen, warum sich diese Schaltungen im Gehirn mancher, jedoch nicht aller Menschen ver-

festigen können, nachdem sie einen plötzlichen trauma- oder sukzessive altersbedingten Hörverlust erlitten haben. Die Entstehung von chronischem Tinnitus bietet nämlich ein eindrückliches Beispiel für einen misslungenen Anpassungsversuch des Gehirns an eine Störung im auditorischen System.

Derzeit gibt es für Tinnitus noch kein nachhaltiges Heilmittel. Die meisten Betroffenen hören von ihrem Otologen, dass man gegen Tinnitus nichts tun könne, sondern sich damit arrangieren müsse. Doch das stimmt so nicht ganz. Es existieren Ansätze, die darauf abzielen, die aus dem Gleichgewicht geratene Balance des Gehirns durch einen neuroplastischen Umbau wiederherzustellen. Im Fokus steht dabei Selbstwirksamkeit, die Betroffene über eine proaktive Auseinandersetzung mit dem Ohrgeräusch erfahren. Das Ziel dieser Ansätze ist es, den Tinnitus wieder zu «verlernen».

Ausser Balance

Über lange Zeit wurde Tinnitus bloss als Störung im Ohr angesehen. Richtig ist, dass Tinnitus oft als Folge eines Lärmtraumas oder von Altersschwerhörigkeit entsteht. Periphere Verletzungen des Innenohrs oder Schädigungen der Hörbahn können unzweifelhaft einen Tinnitus herbeiführen – sie sind aber nicht allein für sein Fortbestehen verantwortlich. Das können wir aus der Tatsache schliessen, dass Tinnitus auch nach der Durchtrennung des Hörnervs weiterbesteht. Manchmal hilft eine kurzfristige Behandlung mit Hydrocortisol, um die Durchblutung des Innenohrs zu verbessern und damit den Hörverlust auszugleichen. Jedoch hilft sie nicht gegen das Ohrgeräusch. Aufgrund des Unvermögens der schulmedizinischen und alternativer Therapien, den Betroffenen von seinem Ohrgeräusch zu befreien, ist Tinnitus in den letzten zehn Jahren verstärkt in den Fokus neuropsychologischer Forschung und Interventionen gerückt. Tierstudien haben gezeigt, dass es bei Tinnitus als Folge einer sensorischen Deprivation für gewöhnlich zu einer Neuorganisation des auditorischen Kortex kommt. Nach einer dauerhaften Schädigung der Haarzellen im Innenohr kommt der Bruchteil des auditorischen Signals, der ursprünglich durch diese Haarzellen enkodiert wurde, nicht mehr



in den zentralen Hörfeldern des Gehirns an. Diejenigen Neuronen, die im auditorischen Kortex bevorzugt durch diese nun fehlenden spezifischen auditorischen Frequenzen aktiviert wurden, werden vorübergehend beschäftigungslos. Ohne eingehendes Signal vom Innenohr feuern die Neuronen nicht mehr systematisch. Innerhalb von Stunden oder Tagen nach dem partiellen Hörverlust beginnt sich die subtile Balance zwischen lateraler Erregung und Hemmung der benachbarten Neuronengruppen schrittweise zu verändern. Der Verlust dieser Balance führt zu einer Kaskade neuroplastischer Veränderungen, beginnend mit einem vermehrten Feuern der nicht mehr mit Eingangssignalen versorgten Zellen – was als Tinnitusgeräusch wahrgenommen wird. Ursache ist eine Störung des Rhythmus neuronaler Schwingungen in den erregenden und hemmenden thalamo-kortikalen Systemen.

Gemäss dieser Betrachtungsweise ist ein chronischer Tinnitus ein neurogenes Phänomen, vergleichbar mit chronischen Schmerzen. Die laterale Enthemmung der relevanten Neuronen in der Hörrinde wird durch eine thalamo-kortikale Schleife unterstützt, die auf die Inaktivität der nicht mehr mit Eingangssignalen versorgten Neuronen reagiert und lediglich bemüht ist, die untätigen Hirnzellen wieder zur Funktion zu bringen. Der erfolglose Versuch der Thalamuskern, die frühere Organisation des auditorischen Kortex wiederherzustellen, stellt ein Beispiel für eine missglückte Anpassungsleistung aufgrund der neuroplastischen Natur des Gehirns dar. Deswegen wird Tinnitus auch häufig und zu Recht als «auditorischer Phantomschmerz» bezeichnet. Tinnitus ist somit das ungewollte Resultat eines misslungenen Versuchs des Gehirns, den «Schluckauf» des auditorischen Systems zu reparieren. Mehr aber als alle anderen Sinnesfunktionen ist das auditorische System in jedem Lebensalter besonders plastisch und ein Tinnitus daher auch im Alter «verlernbar». Einem jüngeren alternativen Modell zufolge kann sich der Tinnitus alleine deswegen entfalten, weil ein Mangel an Serotonin dafür verantwortlich ist, dass eine wichtige neuronale Hemmungsschleife im Gehirn nicht adäquat funktioniert. Dadurch wird die chronische Aktivierung der Hörrinde nicht in ausreichendem Umfang unterdrückt und kann sich ungehindert manifestieren.

Das Verhängnis der Aufmerksamkeit

Trotzdem erklärt dieser fatale Mechanismus nicht zwangsläufig, warum Betroffene oft fast panisch reagieren, sobald sie das zu Beginn noch schwache Geräusch bemerken, das ganz offensichtlich von keiner externen Quelle stammt. Auch wenn der oder die Betroffene das ständige Klingelgeräusch als ausserordentlich lästig und störend empfindet, ist der Tinnitus an sich keineswegs lebensbedrohlich oder ein Anzeichen

für eine schwere Erkrankung. Trotzdem wird von einigen Tinnitus-Betroffenen das ständige Hintergrundgeräusch als Symptom für eine bedrohliche Erkrankung wahrgenommen. Weil ihnen die genaue Entstehungsursache des Tinnitus als das Ergebnis einer neuroplastischen Reorganisation unbekannt ist, geraten Betroffene oft unabsichtlich in einen Teufelskreis. Eine negative Bewertung des an sich harmlosen Geräusches bildet den Auftakt zu einer fatalen Dauerschleife, die grossflächige Netzwerke für Aufmerksamkeit, Kognition und Emotionen aktiviert. Tatsächlich ist die Reorganisation des auditorischen Kortex wahrscheinlich schon ein oder zwei Tage im Gang, bevor das dadurch erzeugte intrinsische Geräusch die Hörschwelle übersteigt und ins Bewusstsein dringt. Von dem Augenblick an, in dem der Betroffene das Klingeln in seinem Ohr zum ersten Mal wahrnimmt, verfolgt er dieses mit stetig wachsender Aufmerksamkeit, die bald schon mit gezielter Ängstlichkeit und starker Ablehnung gegen das störende Geräusch gekoppelt sind. Früher oder später bildet sich ein kortiko-thalamisches Netzwerk aus, in dem das auditorische Mittelhirn (Colliculi inferiores), das Areal unter dem Corpus callosum (das ventrale Striatum), mehrere thalamische Kerne, der noradrenerge Locus caeruleus, die Amygdala (Teil des limbischen Systems) wie auch der auditorische und frontale Kortex funktionell stark verbunden sind. Anders ausgedrückt: Für Aufmerksamkeitsprozesse und die Verarbeitung negativ getönter Wahrnehmungen und Gefühle bekannte Gehirnregionen bilden einen fest vernetzten Schaltkreis aus. Entsprechend rückt das lästige Geräusch immer stärker in den Aufmerksamkeitsfokus des Betroffenen, bis er – unter bestimmten Umständen – sich vollständig dem Ohrgeräusch ergibt. Negative Rückmeldungen und Gefühle werden schrittweise immer mehr mit der Tinnitus-Empfindung assoziiert, verstärken sich kontinuierlich und werden dadurch systematisch aufrechterhalten. Dieser Zustand kann bei den Betroffenen zu Symptomen einer schweren und konstant anhaltenden Depression führen.

Dem Geräusch keine Beachtung schenken!

Die Frage drängt sich auf, ob die beschriebenen neuroplastischen Veränderungen, die schlussendlich einen chronischen Tinnitus hervorgebracht haben, reversibel beziehungsweise verlernbar sind. Selbstverständlich gibt es darauf keine einfache Antwort, denn die Betroffenen sollten nicht als eine homogene Gruppe gesehen werden. Der grösste Teil der Betroffenen arrangiert sich mit dem chronischen Hintergrundgeräusch und akzeptiert es mehr oder weniger widerwillig als Teil ihres Lebens. Einige Betroffene durchlaufen eine Reihe mehr oder minder erfolgreicher Therapien ohne wirkliche Erleichterung und lernen schliesslich, mit dem lä-

tigen Begleiter zurechtzukommen. Um Betroffenen zu helfen, die besonders stark unter Tinnitus leiden, sollte man zwischen den verschiedenen therapeutischen Ansätzen unterscheiden, die zur Behandlung von akutem und von chronischem Tinnitus geeignet sind. Bei akutem Tinnitus hat es sich als extrem hilfreich erwiesen, den Betroffenen eine umfassende Aufklärung über die neuropsychologischen Hintergründe – ein sogenanntes Counselling – anzubieten. Hier lernen sie, dass Tinnitus nicht das Symptom einer ernsthaften Schädigung oder gar der Vorbote einer neuropsychiatrischen Erkrankung darstellt. Für gewöhnlich ändern Betroffene ihre angstgefüllte Haltung gegenüber dem Tinnitus-Geräusch radikal und plötzlich, sobald sie verstehen, dass das Ohrgeräusch das Resultat eines gut gemeinten, aber fehlgeschlagenen Versuchs des Gehirns ist, ein Defizit des auditorischen Systems zu kompensieren. Die beste Strategie im ersten akuten Stadium wäre es daher, dem Tinnitus einfach keine oder nur minimale Beachtung zu schenken und mit dem normalen Leben weiterzufahren, wobei normal bedeutet, sich einer moderat lauten Geräuschkulisse auszusetzen. Oftmals verschwindet das Geräusch oft innerhalb von Tagen oder Wochen nach dem ersten Auftreten von selbst wieder. Bei anderen Betroffenen bleibt der Tinnitus bestehen, wird aber als unproblematisch empfunden und beeinträchtigt die Lebensqualität nicht gravierend. Nur bei zirka 2,5 Prozent der Betroffenen hat der Tinnitus ernsthafte Auswirkungen auf die Lebensqualität.

Strukturelle und funktionale Veränderung

Mehrere Studien haben strukturelle und funktionelle bildgebende Verfahren angewandt, um die neuronale Signatur des chronischen Tinnitus zu erforschen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass Tinnitus nicht nur das auditorische System in Mitleidenschaft zieht, sondern ebenfalls zu neuroplastischen funktionalen wie strukturellen Veränderungen in kortikalen wie subkortikalen nichtauditorischen Regionen führt. Somit untermauern diese Studien mit ihren Befunden zwar das oben ausgeführte neurogene Erklärungsmodell, können jedoch die zeitliche Dynamik der neuronalen Prozesse, denen die Tinnitus-Empfindung zugrunde liegt, nicht erhellen. Neurophysiologische Techniken, namentlich Elektroenzephalografie (EEG) und die Magnetenzephalografie (MEG), haben sich als geeigneter erwiesen, da sie eine hohe zeitliche Auflösung im Millisekundenbereich besitzen. Weiterhin hat die Anwendung von EEG-basierten Quellenschätzungsverfahren enorm dabei geholfen, die auditorischen und extra-auditorischen Netzwerke zu identifizieren, die dem Teufelskreis der Aufrechterhaltung des chronischen Tinnitus zugrunde liegen. In Ergänzung dazu haben neuere EEG-Studien untersucht, in welchem Ausmass chronischer Tinni-

tus durch Veränderungen in der Verteilung bestimmter Frequenzoszillationen im Ruhe-EEG charakterisiert ist. Die Resultate dieser Studien sind allerdings keineswegs schlüssig. Vermutlich sind beträchtliche individuelle Unterschiede zwischen den Betroffenen dafür verantwortlich. Nachgewiesenermassen sind Betroffene mit chronischem Tinnitus ganz unterschiedlich durch Angststörungen, emotionalen Stress oder Depression beeinträchtigt.

Neurofeedback aussichtsreich

Die Anwendung von Neurofeedbackmethoden wird von uns derzeit als äusserst vielversprechender Ansatz gesehen, um schwergradig belasteten Betroffenen zu helfen, das Tinnitusleiden wieder zu verlernen. Bislang hat dieser Ansatz darauf abgezielt, mittels Neurofeedback-basierter Langzeitintervention die Alpha-Aktivität zu steigern. Dieses Frequenzband wird mit einem moderat entspannten Zustand in Verbindung gebracht, der die Tinnitus-Empfindung abdämpfen soll. Obwohl der Einsatz von Neurofeedback bis auf die 1970er Jahre zurückgeht, besitzt die Technik noch grosses Entwicklungspotenzial. In jüngster Zeit wird zunehmend darüber nachgedacht, wie man die Dysrhythmie der thalamo-kortikalen Schleifen, welche die Ursache für chronischen Tinnitus darstellt, spezifischer beeinflussen könnte. Primär die Gamma-Aktivität respektive deren Minimierung, die hoch mit der subjektiven Lautstärke des Ohrgeräuschs in Zusammenhang steht, ist dabei im Fokus des Interesses.

Insbesondere in Kombination mit Methoden der EEG-basierten Quellenschätzung ist das Neurofeedback vielversprechend, denn es macht es möglich, die Prozedur des Aufzeichnens und Rückprojizierens von Signalen aus und in gut begrenzten Arealen des auditorischen Kortex durchzuführen. Ähnlich wie andere neuropsychologische Massnahmen, namentlich zum Beispiel das Frequenzdiskriminationstraining, basiert Neurofeedback auf der plastischen Natur des Gehirns. Neurofeedback scheint daher besonders geeignet, um eine Umorganisation neuraler Netzwerke infolge einer Tinnitus-Symptomatik einerseits sowie die eigentliche Wahrnehmung und die Lautstärke des intrinsischen Ohrgeräuschs andererseits zu verändern. Dies muss umso positiver betrachtet werden, als bislang keine neuropsychologisch oder neurologisch fundierte Therapie existiert, die den Tinnitus vollständig und nachhaltig heilen kann.

Martin Meyer
Angela Müller

Literatur

Adjajian, P., Sereda, M., & Hall, D. A. (2009). The mechanisms of tinnitus: Perspectives from human functional neuroimaging. *Hearing Research*, 253, 15–31.

Eggermont, J. J., Roberts, L. E. (2004). The neuroscience of tinnitus. *Trends in Neurosciences*, 27, 676–682.

Hartmann, T., Lorenz, I., & Weisz, N. (2010). Neurobiofeedback. In A. R. Möller, B. Langguth, D. De Ridder & T. Kleinjung (Eds.), *Textbook of Tinnitus: Diagnosis and Treatment* (pp. 691–696). Berlin: Springer.

Llinas, R., Ribary, U., Jeanmonod, D., Kronberg, E., & Mitra, P. P. (1999). Thalamocortical dysrhythmia: A neurological and neuropsychiatric syndrome characterized by magnetencephalography. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 96, 15222–15227.

Rauschecker, J. P., Leaver, A. M., & Mühlau, M. (2010). Tuning out the noise: Limbic-auditory interactions in tinnitus. *Neuron*, 66, 819–826.

Die Autoren

Martin Meyer studierte Neuropsychologie an der Freien Universität Berlin. Seine Dissertation verfasste er am Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig zur «Neurobiologischen Signatur lautsprachlicher Verarbeitung». Seit 2011 bekleidet er eine Assistenzprofessur zu «Neuroplastizität und Lernen des gesunden Alterns» an der Universität Zürich.

Angela Müller studierte Psychologie an der Universität Zürich und ist derzeit am International Normal Aging and Plasticity Imaging Center (INAPIC) der Universität Zürich tätig.

Kontakt

Prof. Dr. rer. nat. Martin Meyer oder Dr. Angela Müller,
Universität Zürich, Neuroplastizität und Lernen des
gesunden Alterns, Sumatrastrasse 30, 8006 Zurich.
martin.meyer@uzh.ch
a-m-mueller@bluewin.ch

Résumé

Les psychologues Martin Meyer et Angela Müller décrivent le phénomène de l'acouphène d'un point de vue neuropsychologique. On désigne sous ce terme la sensation subjective d'entendre en permanence un bruit (tintement, bruissement ou bourdonnement), qui semble venir d'une oreille ou des deux. En Occident, 10 à 15 % de la population sont touchés par le phénomène. L'acouphène est la conséquence d'une réorganisation neuroplastique déficiente du cortex auditif après détérioration des cellules ciliées de l'oreille interne suite à un traumatisme dû à une exposition excessive au bruit ou aux problèmes auditifs liés à l'âge. Les acouphènes affectent l'ensemble du système auditif. De plus en plus d'indices émanant de la recherche en neurosciences suggèrent de surcroît que le cerveau et ses réseaux étendus qui gouvernent l'attention, la cognition et la gestion des émotions concourent à la consolidation du bruit chronique.