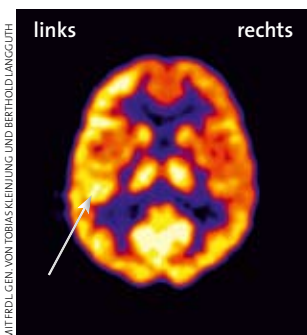


Wege zur Stille

Millionen Menschen hören Töne, die es nicht gibt: Der Tinnitus ist ihr ständiger Begleiter. Die Wurzel des Übels liegt jedoch nicht im Gehör, sondern im Gehirn! Abhilfe erhoffen sich Mediziner wie **Tobias Kleinjung** und **Berthold Langguth** am Regensburger Tinnituszentrum von starken Magnetfeldern und gezielter Beschallung.

VON TOBIAS KLEINJUNG UND BERTHOLD LANGGUTH



KOPF HÖRT MIT
Diese PET-Aufnahme des Gehirns eines 61-jährigen Patienten mit rechtsseitigem Tinnitus offenbart gesteigerte neuronale Aktivität im Hörzentrum des linken Schläfenlappens (siehe Pfeil) – selbst in vollkommen ruhiger Umgebung.

»Die größte Qual bereitet mir das fast ununterbrochene Getöse im Inneren, das mir im Kopf braust und sich bisweilen zu einem stürmischen Gerassel steigert. Dieses Dröhnen durchdringt ein Gekreisch von Stimmen, das mit einem falschen Zischen beginnt und bis zu einem furchtbaren Gekreisch ansteigt, als ob Furien und alle bösen Geister auf mich losfahren würden.« So schilderte der böhmische Komponist Bedřich Smetana (1824–1884) sein Leiden: Tinnitus. In dem Streichquartett »Aus meinem Leben« hat er es sogar musikalisch umgesetzt: Im Finale ertönt über mehrere Takte ein schrilles, viergestrichenes hohes E von der ersten Geige über einem düsteren Tremolo.

So wie einst Smetana leiden heute etwa drei Millionen Menschen in Deutschland an den unerklärlichen Ohrgeräuschen. Sie hören ein Pfeifen, Brummen, Zischen, Rauschen oder Klopfen – ohne äußere Schallquelle. So manches Tinnitusopfer hat wegen des neu auftretenden Geräuschs zunächst den Heizungsmonteur oder Fernsehtechniker gerufen, um die vermeintliche Lärmquelle abstellen zu lassen.

Bei einigen Patienten verschwindet der Tinnitus spontan, andere gewöhnen sich daran und

fühlen sich durch das ständige Geräusch nur wenig beeinträchtigt. Aber bei etwa jedem vierten Betroffenen sinkt die Lebensqualität rapide. Häufig kommen Schlafstörungen, Angstzustände oder Depressionen hinzu. Berufliche Probleme bis hin zur Arbeitsunfähigkeit können die Folge sein. Nicht selten fühlen sich stark belastete Patienten auch von Freunden und Familienmitgliedern unverstanden und ziehen sich mehr und mehr zurück.

Heilen lässt sich Tinnitus bislang nicht. Doch die neurowissenschaftliche Forschung konnte inzwischen die Ursachen für die Störgeräusche weitgehend aufklären und gibt so der Sehnsucht vieler Betroffener nach Linderung neuen Auftrieb. So erprobten Mediziner in den letzten Jahren verschiedene neue Methoden zur Tinnitusbehandlung.

Lange Zeit ging man davon aus, der Tinnitus entstehe im Innenohr. Eine gesteigerte Aktivität der dort sitzenden Haarzellen werde, so die gängige Meinung, über den Hörnerv an das Gehirn weitergeleitet, wo sie zu einer Tonwahrnehmung führe. Deshalb durchtrennten Chirurgen in einigen schweren Fällen sogar den Hörnerv. Die Patienten waren danach auf der betreffenden Seite taub – doch der Tinnitus blieb.



DREAMSTIME / ANDRES RODRIGUEZ

GUT GEGEN OHRGERÄUSCHE?
Tinnitus lässt sich manchmal auch auf angenehme Art behandeln – per Musik.

Wenn das Innenohr nichts mit den Geräuschen zu tun hat, woher kommen sie dann? Auf Grund von Tierversuchen sowie bildgebenden Verfahren wissen wir inzwischen, dass die Ursache im Gehirn zu suchen ist (siehe G&G 1/2003, S. 54). Dennoch darf man auch das Ohr nicht ganz vernachlässigen: Bei den meisten Patienten liegt tatsächlich eine Hörstörung vor, wobei die Tonfrequenzen, die am schlechtesten wahrgenommen werden, in der Regel der Tonhöhe des Tinnitus entsprechen. Ähnlich wie bei Phantomschmerzen nach Gliedmaßenamputationen scheint Tinnitus dann zu entstehen, wenn das Gehirn verminderten Input aus dem Ohr zu kompensieren versucht.

Fatale Fehlschaltung

So zeigten Labortiere nach einem Hörverlust gesteigerte Nervenaktivitäten der zentralen Hörbahn. Offenbar dient dies dazu, das fehlende Reizangebot aus dem Ohr auszugleichen. Diese Überaktivität nimmt der Betroffene, ob Mensch oder Tier, als Ohrgeräusch wahr, ohne dass ein akustisches Signal vorliegt. Grundlage für diese Fehlschaltung ist die Plastizität des Zentralnervensystems: Es passt sich flexibel an veränderte Anforderungen oder Schädigungen an. Dies er-

möglicht einerseits Lernvorgänge – es kann aber auch negative Folgen haben, wie eben Phantomschmerzen oder Ohrgeräusche.

Bildgebende Verfahren wie die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT) oder die Positronenemissionstomografie (PET), die Durchblutungs- beziehungsweise Stoffwechselveränderungen im Gehirn messen, dienen Medizinern dazu, die Unterschiede zwischen Tinnituspatienten und Kontrollprobanden zu erforschen. Sie offenbaren, dass sich nicht nur die Hörrinde im Schläfenlappen, der auditorische Kortex, bei den Betroffenen stärker regt (siehe Bild links) – die gesamte zentrale Hörbahn weist eine veränderte Aktivität auf. Hierzu gehören wichtige sensorische Schaltstationen wie die Hörkerne des Hirnstamms, die Vierhügelplatte des Mittelhirns sowie der Thalamus im Zwischenhirn.

Noch genaueren Aufschluss geben elektro-physiologische Methoden wie die Elektroenzephalografie (EEG) oder die Magnetenzephalografie (MEG), welche ein zeitlich exaktes Profil der Nervenzelltätigkeit im auditorischen Kortex von Tinnituspatienten liefern. Dabei zeigt sich, dass die Neuronenverbände synchron feuern wie beim Hören einer echten Schallquelle.

AUF EINEN BLICK

Lärm aus dem Nichts

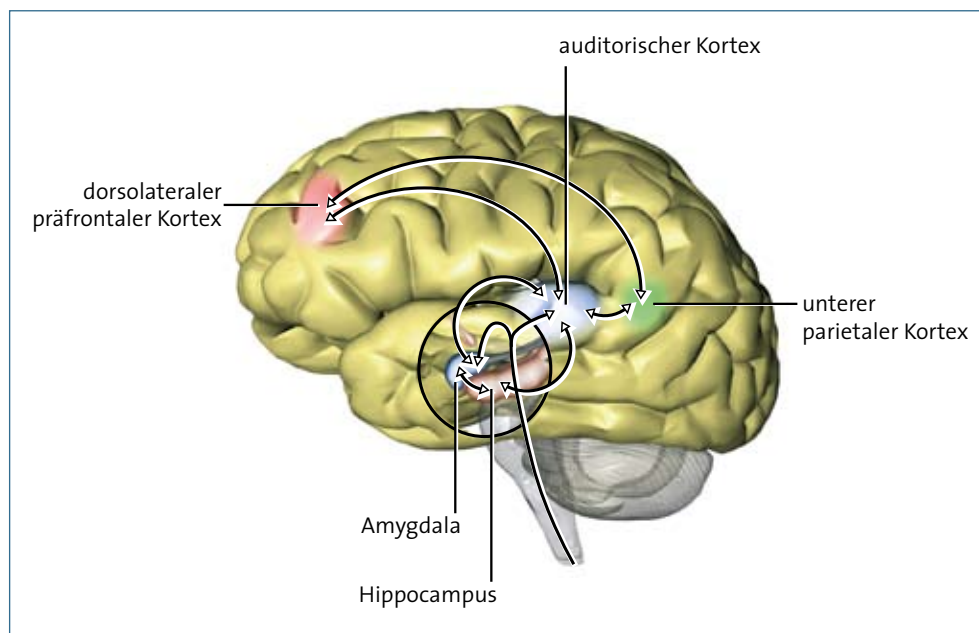
1 Die Ohrgeräusche beim Tinnitus beruhen auf fehlerhaften Verknüpfungen im Gehirn, die auf Grund von Hörschäden entstehen können.

2 Mit starken Magnetfeldern, wie sie Forscher bei der transkraniellen Magnetstimulation (TMS) einsetzen, lässt sich das Pfeifen oder Schrillen mitunter bändigen.

3 Schall, bei dem die Frequenz des Tinnistons ausgespart ist, wirkt ebenfalls lindernd. Das funktioniert auch mit entsprechend modifizierter Musik.

NEURONALE SCHAL(L)TSTELLEN

Mehrere Hirngebiete wirken bei der Wahrnehmung von echten und vermeintlichen Geräuschen zusammen. Die Hörrinde im Schläfenlappen – auch auditorischer Kortex genannt – verarbeitet Signale, die vom Ohr kommen. Doch erst wenn gleichzeitig ein Aufmerksamkeitsnetzwerk, bestehend aus dem dorsolateralen präfrontalen sowie einem Teils des parietalen Kortex, aktiviert ist, gelangen die akustischen Signale ins Bewusstsein. Tiefer im Gehirn liegende Areale wie die Amygdala und der Hippocampus verknüpfen die Höreindrücke dann mit Gefühlen und speichern sie im Gedächtnis.



GEHIRNKREIST / AEGANIMA

Dies bleibt jedoch nicht auf die Hörrinde beschränkt, wie Winfried Schlee und seine Kollegen von der Universität Konstanz 2009 per MEG herausfanden. Die gesteigerte synchrone Zellaktivität scheint demnach an Erregung in weiteren Hirnarealen gekoppelt zu sein, die für die Regulation der Aufmerksamkeit sowie von Emotionen und Stress wichtig sind. Dazu zählen auch verschiedene Kerngebiete des limbischen Systems, insbesondere die Amygdala, eine zentrale Schaltstelle für Gefühlsreaktionen.

Hörbar gut vernetzt

Was lehrt uns das? Tinnitus beruht offenbar auf Aktivitätsänderungen in einem komplexen Netzwerk, an dem nicht nur das zentrale und das periphere Hörsystem beteiligt sind, sondern auch Hirngebiete, die nicht unmittelbar mit Tonwahrnehmung zu tun haben.

So gelangen akustische Signale erst dann ins Bewusstsein, wenn sie von höheren Großhirnarealen wie dem dorsolateralen präfrontalen Kortex im Stirnlappen und dem Scheitellappen verarbeitet werden (siehe Bild oben). Die Beteiligung dieser nichtauditorischen Areale ähnelt dem Hirnaktivierungsmuster bei chronischen Schmerzen – Tinnitus wird von vielen Betroffenen nicht umsonst als sehr unangenehm empfunden.

Wegen der komplexen Prozesse, die zur Entstehung von Tinnitus führen, ist die Behandlung schwierig. Bis vor wenigen Jahren standen uns keine Mittel zur Verfügung, die das Übel an

der Wurzel bekämpfen. Ärztliche Hilfe konzentrierte sich in der Regel darauf, die Betroffenen abzulenken: So vermitteln verschiedene Verhaltenstherapien den Patienten Strategien, ihre Aufmerksamkeit so zu steuern, dass sie das Ohrgeräusch leichter akzeptieren können und es nicht mehr als so belastend empfinden.

Zugelassene Tinnitusmedikamente gibt es bislang nicht. Am vielversprechendsten scheint aber die Substanz Neramexane zu sein, die im Gehirn bestimmte Rezeptoren an den Synapsen blockiert. 2009 hat ein Team um den Mediziner Markus Suckfüll vom Krankenhaus Martha-Maria in München den Wirkstoff an 431 Tinnituspatienten getestet. Dabei ging die Belastung durch das Ohrgeräusch signifikant zurück.

Eine direkte Beeinflussung des Phantomgeräuschs erlaubt die transkranielle Magnetstimulation (TMS). Dabei dringt ein äußeres starkes Magnetfeld von 1,5 bis 2 Tesla – dem 40 000-Fachen des Erdmagnetfelds – durch die Schädeldecke und löst Aktionspotenziale in oberflächennahen Nervenzellen der Hirnrinde aus. Mit dieser Technik gelang es 1985 Anthony Barker von der University of Sheffield (Großbritannien) erstmals, eine Armbewegung durch die Stimulation motorischer Hirnareale auszulösen. Die TMS hat sich inzwischen als wichtiges Instrument in der neurowissenschaftlichen Forschung etabliert. Wird sie regelmäßig über mehrere Tage für 20 bis 40 Minuten eingesetzt, kann sie die neuronale Aktivität langfristig verändern und lässt sich daher auch therapeutisch nutzen.

WEBLINKS

www.tinnituszentrum-regensburg.de

Im Tinnituszentrum der Universität Regensburg kooperieren Hals-Nasen-Ohren-Ärzte mit Psychiatern und Psychotherapeuten.

www.tinnitus-liga.de

Die Deutsche Tinnitus-Liga gilt als mitgliederstärkste Tinnitus-Selbsthilfegruppe der Welt.

Da die Hörrinde von Tinnituspatienten pathologisch überaktiv ist, versuchen wir am Tinnituszentrum der Universität Regensburg das Leiden gezielt per TMS zu lindern (siehe Bild unten). Tatsächlich konnten wir in mehreren Studien zeigen, dass die Beschwerden von knapp der Hälfte der damit behandelten Probanden zumindest zeitweise zurückgingen. Mitunter hielt der Effekt auch mehrere Jahre nach der Stimulation noch an.

Bei Patienten, denen eine TMS-Stimulation zeitweilig geholfen hatte, testete die Forschergruppe um den Neurochirurgen Dirk de Ridder von der Universitätsklinik Antwerpen die Möglichkeit einer permanenten elektrischen Stimulation: Hierzu implantierten die Mediziner eine Elektrode auf die harte Hirnhaut oberhalb der Hörrinde und verbanden diese mit einem Impulsgenerator. Bei einigen Betroffenen konnte dadurch das Ohrgeräusch dauerhaft unterdrückt werden.

Gezielte Beschallung

Der Behandlungserfolg einer Therapie per TMS hängt von vielen Faktoren ab. Leiden die Patienten erst seit Kurzem unter Tinnitus, stehen ihre Chancen gut. Die Aussichten verschlechtern sich, je ausgeprägter ihr ursprünglicher Hörverlust war. Aber auch die Parameter der Magnetstimulation, wie eingesetzte Frequenz und Intensität, die Form und Orientierung der Magnetspule sowie die Anzahl der Stimulations-sitzungen, beeinflussen das Ergebnis. Eine kombinierte TMS-Behandlung der Hörrinde zusammen mit frontalen Hirnarealen, die für Ko-

gnition und Emotion zuständig sind, hat bei manchen Tinnituspatienten das Resultat deutlich verbessert.

Trotz viel versprechender Behandlungsergebnisse steht die Methode noch am Anfang der Entwicklung. Wir brauchen etliche Studien, um die Stimulationsparameter weiter zu optimieren und die klinische Wirkung zu steigern.

Da Tinnitus häufig durch einen Hörverlust ausgelöst wird, überrascht es nicht, dass er bisweilen mit Hörgeräten gelindert werden kann. Tinnituspatienten mit einseitiger Ertaubung half auch die Implantation eines so genannten Cochlea-Implantats als akustische Prothese, berichtete 2008 die Arbeitsgruppe von Paul Van de Heyning von der Universitätsklinik Antwerpen.

Einen anderen Weg der Tinnitusbekämpfung, nämlich die gezielte akustische Stimulation benachbarter Frequenzen, beschritt kürzlich die Arbeitsgruppe von Christo Pantev an der Universität Münster. Ihre Patienten litten zwar nicht unter starkem Hörverlust, sie nahmen aber auf einem Ohr einen unangenehmen, konstanten Pfeifton von einer Frequenz unter acht Kilohertz wahr.

Ein Jahr lang beschallten die Forscher acht Probanden ein bis zwei Stunden täglich mit deren jeweiliger Lieblingsmusik – allerdings war zuvor der Frequenzbereich im Umfang einer Oktave rund um den Tinnituston herausgefiltert worden (siehe Grafik S. 42). Die Idee dahinter: Kann der Betroffene auf Grund eines Hörschadens eine bestimmte Schallfrequenz nicht mehr wahrnehmen, dann glaubt er diesen Fehl-

KURZ ERKLÄRT

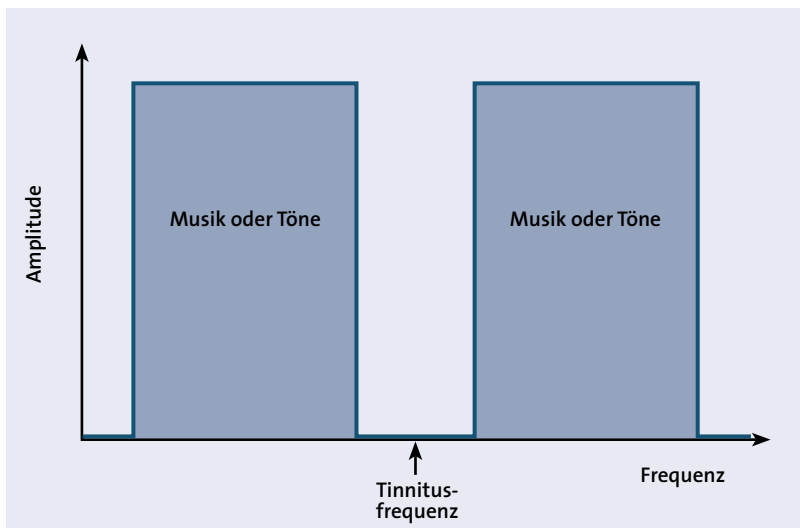
Der Begriff »Tinnitus« (von lateinisch *tinnire* = klingeln) beschreibt eine Störung, bei der die Betroffenen Geräusche hören, ohne dass eine externe Schallquelle existiert. Mediziner unterscheiden zwischen objektivem und subjektivem Tinnitus. Beim objektiven Tinnitus liegt die Ursache im Körper des Patienten – etwa das Rauschen des Blutstroms in den Gefäßen. Wesentlich häufiger ist der subjektive Tinnitus: Hier existiert weder eine äußere noch eine innere Schallquelle – es handelt sich um eine reine Phantomwahrnehmung. Der Tinnitus kann ganz verschieden klingen, er tritt phasenweise oder permanent auf und kann einseitig, beidseitig oder auch mitten im Kopf wahrgenommen werden.

HEILSAMER MAGNETISMUS

Eine Metallspule am linken Schläfenlappen der Patientin erzeugt ein starkes Magnetfeld, das die Nervenzellaktivität in der Hörrinde des Gehirns beeinflusst. Auf diese Weise reduzieren Mediziner störende Ohrgeräusche.



MIT FDL GEN. VON TOBIAS KIENJUNG UND BERTHOLD LANGGUTH



ENTSCHEIDENDE LÜCKE

Im Zuge der Behandlung mittels akustischer Stimulation hören die Patienten Musik oder Töne, bei denen bestimmte Frequenzen ober- und unterhalb des eigentlichen Tinnitus technisch herausgefiltert wurden. Das reduziert die Spontanaktivität der Hörrinde im selben Tonhöhenbereich.

GehirnGeist, nach: Tobias Kleinjung und Berthold Langguth

ton immer dann zu hören, wenn das Gehirn benachbarte Frequenzen verarbeitet. Die maßgeschneiderte Musik sollte helfen, diese neuroplastische Umorganisation der Hörrinde wieder rückgängig zu machen.

Tatsächlich nahm nach der Musiktherapie die Lautstärke des Ohrgeräuschs bei den acht Patienten signifikant ab, berichteten die Forscher 2010. Dagegen bewirkte Musik, bei der ein anderes Frequenzband außerhalb des Tinnitusbereichs fehlte, keine Besserung in der Kontrollgruppe, die ebenfalls aus acht Probanden bestand.

Preiswerte Klangtherapie

Messungen per MEG bestätigten die Wirksamkeit der Klangtherapie: Die Hörrinde reagierte bei den behandelten Patienten deutlich schwächer auf die Tinnitusfrequenz als vor der Beschallung. Demnach scheinen die individuell modifizierten Musikstücke die fehlerhafte Verdrahtung des Gehirns zumindest reduziert zu haben. Pantev und seine Kollegen hoffen, dass ihre Musiktherapie eine kostengünstige und nebenbei auch angenehme Alternative zu gängigen Behandlungsverfahren beim chronischen Tinnitus darstellen wird.

Mit einer anderen Variante gezielt gesetzter akustischer Reize experimentiert die Arbeitsgruppe von Peter Tass am Forschungszentrum Jülich. Dazu entwickelten die Forscher einen Stimulationsalgorithmus, der nach dem Prinzip des »koordinierten Zurücksetzens« (*Coordinated Reset*, CR) arbeitet: Die überaktiven, hochsynchron arbeitenden Nervenzellverbände werden durch individuell angepasste, unregelmä-

ßige Reize in ein »gesundes Chaos« gestürzt. Auf diese Weise sollen sie wieder dazu gebracht werden, gezielt – einzeln und nacheinander – ihre Signale abzufeuern.

Voraussetzung für diese Behandlung ist wie bei der Münsteraner Musiktherapie, dass die Patienten unter einem tonalen Ohrgeräusch zwischen 200 und 10000 Hertz leiden. Der Jülicher Tinnitus-Neurostimulator T3OCR beschallt dann die Patienten über einen Kopfhörer in einer gerade noch hörbaren Lautstärke mit genau berechneten Frequenzen ober- und unterhalb des Tinnitusbereichs.

Erste Ergebnisse von Tests aus dem Jahr 2010 an 63 Probanden deuten daraufhin, dass die Methode funktioniert. Der störende Ton erschien den Patienten im Anschluss an die Behandlung nicht nur leiser, sondern auch tiefer, was die Betroffenen als deutlich angenehmer empfanden. Ob sich der Stimulator in der Praxis bewährt, muss die Zukunft zeigen.

Inzwischen verstehen wir schon recht gut, worauf das störende Klingeln im Kopf beruht. Die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen führte zu neuartigen Therapieansätzen, die das Leiden der Patienten zumindest lindern. Vollständig lässt sich das Ohrgeräusch jedoch immer noch nicht löschen – Tinnitus zu heilen, bleibt das oberste Ziel der Forschung. ☞

Tobias Kleinjung ist Hals-Nasen-Ohren-Arzt an der Universitätsklinik Regensburg. Er leitet gemeinsam mit dem Neurologen und Psychiater **Berthold Langguth** das interdisziplinäre Tinnituszentrum der Universität Regensburg.

QUELLEN

Kleinjung, T. et al.: Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) for Treatment of Chronic Tinnitus: Clinical Effects. In: *Progress in Brain Research* 166, S. 359–367, 2007

Lanting, C.P. et al.: Neural Activity Underlying Tinnitus Generation: Results from PET and fMRI. In: *Hearing Research* 255, S. 1–13, 2009

Okamoto, H. et al.: Listening to Tailor-Made Notched Music Reduces Tinnitus Loudness and Tinnitus-Related Auditory Cortex Activity. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107, S. 1207–1210, 2010

Weitere Literaturtipps im Internet:

www.gehirn-und-geist.de/artikel/1054493