

## Cocktailparty-Effekt

# Bibliothek im Gehirn

*Das menschliche Gehirn kann Geräusche auch dann unterscheiden, wenn mehrere Schallquellen wie Stimmengewirr und Musik gleichzeitig verarbeitet werden müssen. Dieses Phänomen – der sogenannte Cocktailparty-Effekt – ist auch nach 60 Jahren Forschung nicht eindeutig geklärt. Wissenschaftler des Bernstein Zentrums und der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München haben nun ein mathematisches Modell entwickelt, das den Prozess der Geräuscherkennung beim Menschen erstmals erklären könnte.*

Jeder hat diese Situation sicherlich schon erlebt: Man trifft sich auf einer Vernissage zum Small Talk, zu einem Sektempfang oder in einer gut besuchten Bar. Musik erfüllt den Raum, die Gespräche werden lebhafter und lauter, Gläser klirren, irgendwo geht eine Flasche zu Bruch. Die trotz des Geräuschpegels funktionierende und als selbstverständlich wahrgenommene Kommunikation ist jedoch eine wahre Meisterleistung unseres Gehirns bzw. Gehörsinns. Denn es ist in der Lage, unter allen diffusen Geräuschen und Stimmen die wichtigsten akustischen Informationen herauszufiltern.

Für Wissenschaftler ist dieser Cocktailparty-Effekt, mit dem die Fähigkeit

des Gehörs gemeint ist, sich trotz des Partylärms auf ein bestimmtes akustisches Signal konzentrieren zu können, ein bis heute nicht eindeutig geklärtes Phänomen. Der Cocktailparty-Effekt ist ein binauraler Effekt und tritt im Übrigen nur auf, wenn man mit beiden Ohren gleichmäßig gut hören kann. Menschen, die nur mit einem Ohr hören können oder Hörsysteme tragen, sind deshalb viel stärker von Störgeräuschen betroffen als jene mit gesundem Gehör. Das führt teilweise zu enormen Kommunikationsproblemen. Daran kann man erkennen, wie außerordentlich gut unser Gehör inmitten von Partylärm vertraute Stimmen und Geräusche wiedererkennen kann. Diese erstaunliche Fähigkeit des mensch-

lichen Gehörsinns war besonders für Neurowissenschaftler ein Rätsel. Bisher vermutete man, dass das selektive Hören ein Vorwissen bzw. eine Art Archiv im Gehirn voraussetzt. Wie diese Zuordnung zwischen Erinnerung und aktueller Wahrnehmung funktioniert, konnte aber nicht bis ins letzte Detail beschrieben werden.

## Geräusch-Archiv im Schlafgemach

Wie gelingt es dem Gehirn, aus den vielen Partygeräuschen vertraute Stimmen, z. B. von Freunden oder Bekannten, herauszuhören? Diese Frage stellten sich Prof. Dr. Christian Leibold und Dr. Gonzalo Otazu, Mitglieder des Bernstein Zentrums und der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München. »Seit Langem besteht die Hypothese, dass wir im Laufe unseres Lebens eine Art Geräusch-Bibliothek im Hörzentrum des Gehirns anlegen«, sagt Leibold. Der Experte auf dem Gebiet der Computational Neuroscience – einer interdisziplinären Wissenschaftsrichtung der Hirnforschung, die sich der Informationsverarbeitung komplexer Sinneseindrücke bis hin zu ihrem Abruf zwecks Wiedererkennung widmet – hat als Studienleiter seines Teams ein neues Modell entwickelt, mit dem man nun besser versteht, wie das Gehirn Geräusche und andere Reize unterscheiden kann. »Bisher ging man davon aus, dass ein »Archivar« ankommende Geräusche mit den vorhandenen Bibliotheks-Daten vergleicht. Die hier ermittelte Übereinstimmungsmenge lässt jedoch nicht ersichtlich werden, nach welchem Prinzip eine Wiedererkennung erfolgt«, erklärt Lei-



*Wahre Kunststücke muss unser Gehirn vollbringen, um z. B. in einer Bar aus der Masse diffuser Geräusche und Stimmen die wichtigsten Informationen herauszufiltern.*

(Foto: pressmaster/fotolia.com)

bold. Als Sitz des Archivars wird der Thalamus (griechisch für »Schlafgemach«) im Zwischenhirn vermutet.

## Modell mit Bibliothek-Prinzip

Auch beim neuen Modell von Leibold und Otazu vergleicht der Archivar die akustischen Eingangssignale mit den in der Bibliothek gespeicherten Geräuschquellen. Im Gegensatz zu bisherigen Ansätzen findet das neue Modell aber sehr schnell die Übereinstimmung mit einem Muster der richtigen Quelle, indem es sich die riesige Anzahl der Verbindungen von der Großhirnrinde zurück zum Thalamus zunutze macht. Im Test gelang es, aus 400 Geräuschen den Klang einer Geige und einer Heuschrecke gleichzeitig herauszuhören. Der Vorteil des neuen, auf dem Bibliotheks-Prinzip basierenden Modells liegt v. a. in seiner Echtzeit-Implementierung. Denn das Gehörte muss in der jeweiligen Situation sofort erkannt und gedeutet werden. Darin liegt auch die große kognitive Fähigkeit unseres Gehirns, nämlich das Gehörte ohne Verzögerung zu analysieren.

»Schon vorher hatten Experimente ergeben, dass vom Großhirn zahlreiche Informationen an den Thalamus gesendet werden – genau diesen Informationsfluss hatte unser Modell vorhergesagt«, sagt Leibold. Abstrakte mathematische Modelle, die neurobiologische Prozesse zu deuten versuchen, haben den Vorteil, dass alle einfließenden Faktoren analysiert werden können. Ihre Ergebnisse möchten die Forscher nun in weitere, am biologischen Detail orientierte Modelle einfließen lassen und in psychoakustischen Experimenten testen.

## Forschung begann in England

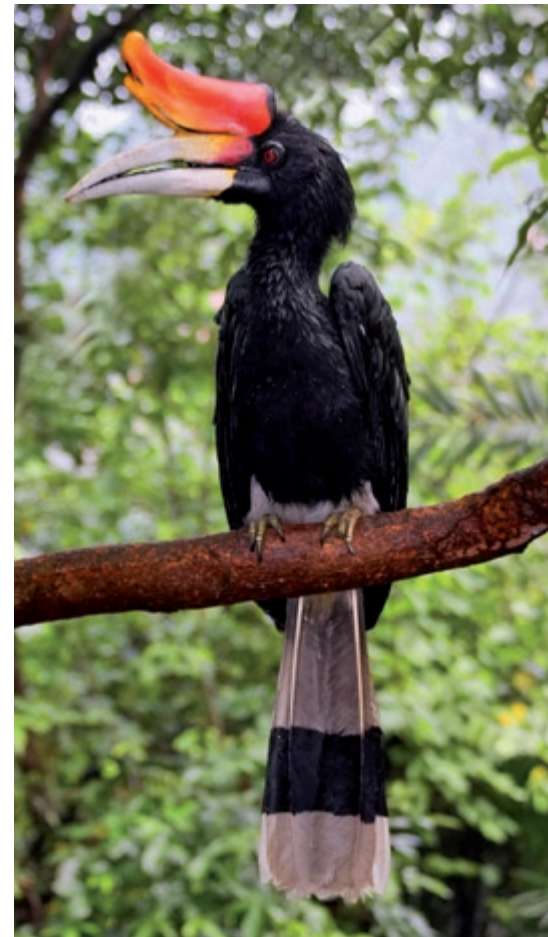
Das Cocktailparty-Phänomen beschäftigt die Forscher schon seit 1953: Damals hatte der Kognitionswissenschaftler Edward Colin Cherry (1914 bis 1979) vom Imperial College in London als erster Wissenschaftler das Hören unter akustischen Extrembedin-

gungen untersucht. Dabei spielte er seinen Versuchsteilnehmern auf beiden Ohren verschiedene akustische Signale mit der Aufforderung vor, sich nur auf eines zu konzentrieren. Cherry fand heraus, dass nur sehr wenige Informationen des vernachlässigten Signals von den Versuchspersonen erhalten blieben: Physische Eigenschaften wurden bemerkt, aber nicht ihre Bedeutung. Cherry schloss daraus, dass vernachlässigte akustische Informationen kaum verarbeitet werden. Wir machen uns die physischen Unterschiede zwischen den Signalen zunutze, um zu wählen, welchem wir folgen möchten. Der britische Forscher vermutete auch, dass die Richtung, aus der ein Signal kommt, entscheidend ist. Denn so kann das Gehirn unterschiedlich weit entfernte Sprecher auseinanderhalten.

Doch das Richtungshören allein erklärt die »neuronalen Tricks« nicht, mit denen das Gehirn akustische Signale differenziert. Albert S. Bregman, kanadischer Psychologe und Professor an der McGill University in Montreal, forscht seit vierzig Jahren im Bereich menschlicher Hörwahrnehmung und Psychophysik. Er wurde 1990 bekannt für die Prägung des Begriffs »Auditory scene analysis« (ASA). Diese auditorische Szenenanalyse versucht eine Analogie des Gehörsinns zum Sehsinn: Nicht nur Bilder können einzeln wahrgenommen und später eindeutig identifiziert werden, sondern auch »Hörobjekte«. So können isolierte Töne, wie z. B. das Hupen eines Autos oder das Zuschlagen einer Tür, aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften bzw. aus der Zusammensetzung der Schallfrequenzen als Hörobjekte erkannt werden.

## Klavier und Torte im Hörkortex

In Deutschland konnte Prof. Dr. Holger Schulze, Neurophysiologe und Professor für experimentelle Hals-Nasen-Ohrenheilkunde an der Universität Erlangen-Nürnberg, vor drei Jahren einen wichtigen Mechanismus entdecken, der möglicherweise erklärt, warum wir uns im akustischen Wirrwarr einer



*Auch im Tierreich kennt man das: Hintergrundgeräusche erschweren die Kommunikation zuweilen doch erheblich. Der Nashornvogel weiß Abhilfe und pfeift einfach lauter, während andere Tiere auf Wiederholungen setzen, um sich Gehör zu verschaffen.* (Foto: Ulrike Akliros/fotolia.com)

Cocktailparty auf einzelne Stimmen konzentrieren können. Schulze experimentierte mit Mongolischen Wüstenrennmäusen, die in der Hörforschung eine wichtige Rolle spielen, da ihr auditorisches System dem menschlichen ähnelt. Dabei wurden topografische Karten vom Hörkortex der Tiere erstellt, um die Reaktion der Nervenzellen zu veranschaulichen. So geben sogenannte »tonotope Karten« die Reaktion der Zellen auf die Frequenz des Schallsignals wieder. »Es verhält sich hiermit wie mit den Tasten eines Klaviers: Die Hirnareale, die auf verschiedene Frequenzbereiche reagieren, liegen in Streifen nebeneinander. Frequenzen, die weiter auseinanderliegen, unterscheiden sich entsprechend stärker«, erklärt Schulze.

Doch das Forscherteam entdeckte zusätzlich zyklische Karten: Sie spiegeln das An- und Abschwellen eines Tonsignals bzw. seine Periodizität wider. Diese waren jedoch nicht linear angeordnet wie bei einer Klaviatur, sondern wie Tortenstücke kreisförmig zusammengefügt. »Schon damals vermuteten wir, dass diese zyklischen Karten einen Schlüssel zum Cocktailparty-Phänomen darstellen. Denn: Individuelle Stimmen haben unterschiedliche Grundfrequenzen und Periodizitäten. Demnach können die einzelnen Tortenstücke einer zyklischen Karte im Hörkortex individuelle Sprecher repräsentieren. Und je mehr Personen mit verschiedener Stimmlage gleichzeitig quasseln, desto mehr Tortenstücke müssten erregt sein.« Dass es zu einem solchen akustischen Chaos jedoch nicht kommt – dafür sorgen hemmende Botenstoffe. »So ist schließlich nur

noch das Tortenstück jenes Sprechers aktiv, dem Sie auf einer Party zuhören wollen«, erklärt Schulze.

Die Experimente mit den Wüstenrennmäusen lassen vermuten, dass ein derart wirkungsvoller Hemm-Mechanismus im Spiel sein könnte. Dieser Mechanismus, so der Wissenschaftler, existiere auch in unserem Gehirn und führe dazu, dass Sprachsignale so unterschieden werden, dass nur die relevanten Informationen übrig bleiben. Den Cocktailparty-Effekt vollständig zu verstehen, sei auch deshalb so wichtig für die Hörforschung, weil schon kleine Hörschäden zur Folge haben, dass man beim Partylärm einem Gespräch nicht mehr richtig folgen könne. »Solche Einbußen lassen sich bislang durch Hörgeräte oder Cochlea-Implantate nur bedingt ausgleichen«, so Schulze.

## Maskierung von Tönen

Fast zeitgleich zu den Experimenten in Nürnberg-Erlangen führte Dr. Alexander Gutschalk an der Neurologischen Universitätsklinik Heidelberg eine Versuchsreihe zur Messung der Informationsverarbeitung akustischer Signale durch. Dabei interessierten sich Gutschalk und seine amerikanischen Kollegen von der University of Minnesota besonders für die »informelle Maskierung von Tönen«, die Aufschluss über den Cocktailparty-Effekt geben sollten. »Auch wenn die gesamte akustische Information von unseren Ohren an das Gehirn weitergeleitet wird, bedeutet das noch nicht, dass wir tatsächlich alles wahrnehmen«, sagt der Neurologe. Denn einzelne akustische Reize müssen aus dem Stimmengewirr herausgefiltert, vom Hintergrundgeräusch abgegrenzt und anschließend bewusst wahrgenommen werden.

Um den neuronalen Mechanismus der »informationellen Maskierung« zu ergründen, simulierte Gutschalk im Labor eine ähnlich komplexe Geräuschkulisse wie auf einer Cocktailparty: Normal hörenden Probanden wurde ein Gewirr von zufällig erzeugten Tönen vorgespielt. In einigen Aufnahmen versteckte sich ein regelmäßig wiederholter Zielton, der das Gespräch auf einer Party simulierte. Diesen Ton sollten die Versuchsteilnehmer erkennen. Gleichzeitig wurde die Aktivität der Hirnströme bzw. die durch diese entstehenden Magnetfelder mit einem hochempfindlichen Magnetenzephalografen (MEG) innerhalb von Millisekunden gemessen. Die Auswertung zeigte eine Erregung der Hörrinde bereits nach 20 bis 30 Millisekunden – unabhängig davon, ob der Zielton gehört wurde oder nicht. »Ob unser Gehirn einen Ton bewusst wahrnimmt, entscheidet sich offenbar erst, wenn er in der Hörrinde bereits registriert wurde. Auf einer Party hören wir möglicherweise deutlich weniger Worte. Denn das bewusste Hören beginnt erst, wenn ein Ton oder ein Wort bereits in der Hörrinde erfasst wurde – welche Worte wir bewusst wahrnehmen, entscheidet unser Gehirn erst danach«, so Gutschalks Fazit.



*Werden wir eines Tages mit Robotern kommunizieren können? Das Human-vips-Projekt will mit dem Unterhaltungsroboter NAO das Unmögliche möglich machen.*

(Foto: Aldebaran Robotics)

## Effizientes Prinzip der Wiederholung

Auch an der New York University in Manhattan wird der Cocktailparty-Effekt unter die Lupe genommen. »Klar war uns Wissenschaftlern schon lange, dass beim Cocktailparty-Phänomen ein Vorwissen zu bestimmten Lauten existiert. Unklar war nur, wie wichtig es tatsächlich für die Lösung des Problems ist«, sagt der amerikanische Neurowissenschaftler Ph.D Josh McDermott. Er stellte sich die Frage, wie Leute mit gänzlich unbekanntem Geräuschen umgehen – und verschärfte in seinen Experimenten die akustische Extremsituation. So generierte er am Computer neue Kunstlaute und mischte sie. »Wir spielten den Testpersonen eine Mischung aus zwei dieser Geräusche vor. Danach spielten wir ihnen einen einzelnen Laut vor und fragten, ob dieses Geräusch in der Mischversion vorkam.« Mischung und Einzellaut folgten in sehr kurzem Abstand. Doch die Aufgabe erwies sich offensichtlich als zu schwierig – die Testpersonen haben einfach geraten.

In einem weiteren Schritt vereinfachte McDermott das Experiment und spielte denselben einzelnen Laut mehrmals hintereinander in verschiedenen Mischungen vor. Diesmal konnten alle Zuhörer den Laut heraushören bzw. unterscheiden. Damit brachte das Experiment den Beweis, dass der Cocktailparty-Effekt auch mit völlig fremden

Geräuschen funktioniert, insofern diese öfter wiederholt werden. Das Prinzip der Wiederholung lässt sich auch in der Tierwelt gut beobachten: Die Rufe einiger Tierarten setzen sich aus einer kurzen Lautfolge zusammen, die einige Mal wiederholt wird. »Viele Tiere haben sich die Wiederholung zunutze gemacht, damit ihre Rufe auch vor den Hintergrundgeräuschen eines Regenwaldes oder aus weiten Entfernungen gut zu hören sind«, sagt McDermott.

## Cocktailparty für Roboter

All diese Ergebnisse zeigen, dass unser Gehirn akustische Signale exakt identifiziert. Denn bis heute gelang es nicht, ein technisches System zu entwickeln, das mit dem menschlichen Gehör mithalten könnte. Ein Roboter wäre auf einer Cocktailparty also völlig überfordert. Doch arbeiten europäische Wissenschaftler aus Deutschland, Frankreich, der Schweiz und Tschechien zurzeit daran, auch Roboter mit der Fähigkeit des selektiven Hörens auszustatten. Das Projekt nennt sich »Humans with auditory and visual abilities in populated spaces«, kurz Humavips. Leiter ist Ph.D Radu Horaud vom französischen Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (Inria). Beim ehrgeizigen Humavips-Projekt wird u. a. versucht, das Gehör eines Roboters so menschlich wie nur möglich zu machen, sodass er auf einer

Cocktailparty bzw. einer geselligen Zusammenkunft die wichtigen Informationen bei einer Kommunikationsaufgabe herausfiltern und störende Hintergrundgeräusche ausblenden kann.

Die Zukunftsvision von Humavips klingt wie Science-Fiction: Ein Roboter soll in der Lage sein, mit Menschen zu kommunizieren. Horaud hingegen legt die Messlatte nicht ganz so hoch: »Wenn ich am Ende des Projektes einen Roboter vorstellen kann, der in der Lage ist zu unterscheiden, wie viele Personen miteinander sprechen, und der menschliche Sprachäußerungen von anderen Schallquellen unterscheiden kann – dann ist das schon ein hervorragendes Ergebnis.« In der Vergangenheit, so Horaud, habe man das Cocktailparty-Problem ausschließlich über die Höranalyse zu lösen versucht. Das Besondere am Humavips-Projekt sei hingegen, dass man die beiden Sinneswahrnehmungen – Hören und Sehen – miteinander verknüpft, um den Cocktailparty-Effekt zu verstehen. Die Forschungsergebnisse sollen an dem vom französischen Robotikunternehmen Aldebaran Robotics entwickelten Unterhaltungsroboter NAO getestet werden. Unter der Leitung von Inria sind am drei Jahre dauernden Humavips-Projekt die Universität in Bielefeld, die Technische Universität in Prag, das Schweizer Forschungsinstitut Idiap und das Unternehmen Aldebaran beteiligt.

*Dr. Herman Nilson*