

## **Kognitive Modelle des hörenden und zuhörenden Geistes**

Barry Blesser und Linda Salter

Wenn wir klangbezogene Forschung betreiben, Klangkunst produzieren oder Räume entwerfen, neigen wir dazu, das Hören und Zuhören durch die Linse unserer eigenen Interessen zu betrachten. Wenn wir eine bestimmte Art von Klangerfahrung eingehender betrachten, konzentrieren wir uns auf unseren Forschungsprozess, bei dem ein bestimmtes Gefüge von Klangreizen erkundet wird. Wenn wir ein Klangkunstwerk komponieren, konzentrieren wir uns auf unseren inneren schöpferischen Prozess, bei dem wir mit den Klängen arbeiten. Wenn wir Räume fürs menschliche Wohnen entwerfen, konzentrieren wir uns auf unseren Sinn für Ästhetik und die nominelle Funktion, die der Raum erfüllen soll. Mit anderen Worten: Unsere Arbeit neigt dazu, in sich geschlossen und ballistisch zu sein, d. h. sie beschäftigt sich mit dem Ursprung der Aktivität – den ursprünglichen klanglichen Reizen und unseren Gedanken und Gefühlen dabei – und viel weniger mit dem Ergebnis oder der Rezeption unserer Aktivität, also wie die klanglichen Stimuli und unsere Analysen, Kompositionen oder Designs von anderen aufgenommen und auf ihre Bedeutung hin verarbeitet werden. Wenn wir uns nicht auf unsere eigenen inneren Imperative konzentrieren, wird nichts zustande kommen. Wenn wir uns nur auf unsere eigenen Ideen konzentrieren, ist unsere Arbeit von begrenztem Nutzen und begrenzter Bedeutung für andere.

Alle Aktivitäten sind Teil eines komplexen Systems; sie sind mehr als Einheiten individueller Erfahrung, die von den Wechselwirkungen zwischen den Einheiten oder zwischen den Einheiten und ihrem Kontext separiert sind. Wir müssen das Gesamtsystem, in das die akustischen Reize und unsere Arbeit mit ihnen eingebettet sind, vollständig begreifen und berücksichtigen. Das bedeutet, dass wir den physischen und psycho-sozio-kulturellen Kontext des ursprünglichen Gefüges von akustischen Reizen und unserer Arbeit mit ihnen berücksichtigen müssen, sowie die Art und Weise, wie diese Klänge von denjenigen gehört und wahrgenommen werden, die zusammen mit den Klängen unsere Gedanken und Handlungen rezipieren.

Die Matrix, die das Endprodukt hervorbringt, ist kompliziert und interaktiv. Wenn wir über unsere eigenen Grenzen und Belange hinausgehen und das Hören und Zuhören nicht nur aus der Sicht der Schöpfer und Erforscher von Klängen zu verstehen versuchen, sondern auch die Erfahrung der Rezipienten von Klängen berücksichtigen, erzielen unsere Aktivitäten eine breitere und tiefere Wirkung. Wir werden uns nicht nur unserer eigenen Interessen und Vorstellungen bewusst, sondern auch derer der Zuhörer: Wem oder was lauschen sie? Was

hören sie? Wie verarbeitet ihr Gehirn das Klangsignal, und welche Bedeutungen erzeugen sie in ihrem Kopf?

Es ist wichtig, sich daran zu erinnern, dass Klang zwar außerhalb des Wahrnehmenden existiert, aber erst im Kopf des Wahrnehmenden eine Bedeutung erlangt. Wir konstruieren unsere Welt, wir empfangen sie nicht als totale und vollständige Einheit. So hört jeder von uns einen anderen Klang, und jeder von uns erlebt eine andere Bedeutung dieses Klangs. Bedeutung ist ein Konstrukt, das im Kopf des Wahrnehmenden existiert. Wir erschaffen die Welt, in der wir leben; wir hören mit unserem Geist, nicht mit unseren Ohren.<sup>1</sup>

Dieser Beitrag ist der Versuch, herauszufinden, auf welcher vielfältigen Art und Weise das Gehirn akustische neuronale Signale verarbeitet, um Bedeutung zu erzeugen. Wir werden eine Reihe von Erfahrungsbruchstücken präsentieren, aus denen wir verschiedene Arten der Verarbeitung des akustischen Reizes im Gehirn ableiten können. Indem wir versuchen, diese Fragmente zu verstehen, werden wir eine Repräsentation oder ein Paradigma des inneren Hörers aufbauen, das wir dann verwenden können, um unsere eigene Forschung, Komposition oder Raumgestaltung zu reflektieren und zu verfeinern.

Wir werden ständig von Sinnesreizen bombardiert, aber wir verarbeiten nicht alle diese Reize bewusst. Das wäre bei der Gehirngröße, die der Mensch entwickelt hat, auch gar nicht möglich. Gegenwärtig gehen wir davon aus, dass wir interne mentale Modelle der Außenwelt besitzen, die als Schablonen für die alltäglichen Sinnesreize dienen.<sup>2</sup> Solange die Sinnesreize, die wir empfangen, mit unseren internen Gehirnmodellen übereinstimmen, schenken wir ihnen keine Aufmerksamkeit – diese Reize werden auf der unbewussten Ebene verarbeitet und Teil unseres automatisch abgerufenen, impliziten Gedächtnisses. Wenn wir versuchen, darauf zu achten, wie wir auf dieser Ebene funktionieren, werden wir wie der Tausendfüßler, der in der Kindergeschichte nicht mehr laufen kann, wenn er die Bewegung eines bestimmten Beins erklären soll.

Unter bestimmten Bedingungen aber verarbeiten wir äußere Sinnesreize bewusst. So werden wir beispielsweise aufmerksam, wenn eine merkliche Differenz zwischen einem äußeren Reiz und unserer inneren Vorstellung von der Welt besteht. Wir werden auch aufmerksam, wenn wir eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen haben und dafür bestimmte sensorische Informationen benötigen. Darüber hinaus werden wir aufmerksam, wenn die Motivation besteht, bestimmten Reizen Aufmerksamkeit zu schenken, weil dies zu einem erwünschten Ergebnis führt.

Indem wir einige der Möglichkeiten erforschen, wie unser Gehirn externe Schallreize verarbeitet und dabei sowohl bewusste als auch unbewusste Aktivitäten berücksichtigt,

können wir aufschlussreiche Modelle der komplexen Vorgänge erstellen, durch die uns sinnvolles Hören und Zuhören gelingt.

### **Neuroplastizität: Wie das Gehirn sich selbst modifiziert und unter dem Einfluss von Motivation lernt**

Das menschliche Gehirn ist in hohem Maße plastisch: Während unseres gesamten Lebens verarbeiten wir sensorische Reize und lernen und verändern uns infolge dieser Verarbeitung, wenn es von Nutzen ist. Wie lernen wir, wie verändert sich unser Gehirn? Eine Möglichkeit ist die sogenannte Langzeitpotenzierung (*long-term potentiation*, LTP). Dieser Prozess verstärkt die synaptischen Verbindungen zwischen Neuronen durch gesteigerte Gehirnaktivität. Die erhöhte neuronale Aktivität liefert chemische Unterstützung für eine stärkere Signalübertragung zwischen den Neuronen, was zu einer dauerhaften Veränderung im Gehirn führt. LTP ist einer der wesentlichen zellulären Mechanismen, die dem Lernen und dem Gedächtnis zugrunde liegen. Und natürlich tritt auch das Gegenteil auf: Langzeitdepression (*long-term depression*, LTD). Sie tritt auf, wenn eine verminderte Stimulation der synaptischen Verbindungen zu einer geschwächten chemischen Unterstützung für ausgewählte Synapsen führt. LTD ist erforderlich, denn anscheinend gibt es eine Grenze für die Anzahl der Synapsen, die das Gehirn unterstützen kann – wenn die Obergrenze erreicht wird, wird die Codierung neuer Informationen eingeschränkt. Wir verlassen uns auf LTD wie auch auf LTP (neben anderen Phänomenen) als Formen der synaptischen Plastizität – die Fähigkeit, neue Dinge zu verarbeiten und zu lernen und alte Dinge zu vergessen.<sup>3</sup>

Unter dem Einfluss von Motivation hat ein Individuum einen Grund (oder eine Belohnung), sein internes mentales Modell der Welt durch die aktive Verarbeitung von Sinnesreizen zu verändern, was zu LTP und der Bildung von impliziten und expliziten Erinnerungen führt. Findet dieser Prozess der neuronalen Plastizität oder des Lernens zunächst auf der Ebene des bewussten Gewahrwerdens statt, so wird er schnell Teil der unbewussten Ebene außerhalb unseres bewussten Gewahrwerdens: Explizites Lernen wird Teil unseres impliziten Gedächtnisses<sup>4</sup> – wir «wissen» Dinge einfach. Im Folgenden gebe ich einige Beispiele für diese motivationsgesteuerten Prozesse beim Hören und Lernen:

(1) In einem Forschungsprojekt zum sehr frühen Spracherwerb lernten Babys gut, wenn ihnen Mandarin-Chinesisch von einem Menschen persönlich beigebracht wurde. Wurde ihnen dagegen Mandarin virtuell von einem audiovisuellen Lehrer – also nicht persönlich – beigebracht, lernten sie sehr wenig. Das gleiche Ergebnis galt für den reinen Audiounterricht.

Es wurde die Theorie aufgestellt, dass für die erste Gruppe der Lohn für das Erlernen von Mandarin-Phonemen nicht darin bestand, die Sprache zu lernen, um sie sprechen zu können, sondern darin, eine Verbindung zu einer realen Person herzustellen. Der Mensch liebt es, sich mit anderen zu verbinden. Vom Moment der Geburt an suchen, schaffen, genießen und erhalten Säuglinge die Verbindung mit einer Bezugsperson, wahrscheinlich um die Überlebenschancen zu maximieren. Und so lernten die Säuglinge Mandarin-Phoneme, um sich mit dem menschlichen Lehrer zu verbinden – sie wollten dem menschlichen Lehrer gefallen. In der zweiten Gruppe waren keine leibhaftigen Menschen involviert, also gab es keine Belohnung für das Erlernen von Mandarin-Phonemen, es gab niemanden, dem die Babys gefallen und zu dem sie eine Verbindung aufbauen konnten.

Ähnliche Ergebnisse erbrachte ein Forschungsprojekt, bei dem Babys mit Hilfe von audiovisuellen Bildschirmen mit und ohne Gleichaltrige (also andere Babys in der Lernumgebung) lernten. Diejenigen, die Gleichaltrige als Partner hatten, insbesondere eine Vielzahl von Gleichaltrigen, lernten besser als diejenigen, die mit audiovisuellen Bildschirmen konfrontiert waren. Auch hier gilt, dass Babys den Drang haben, sich mit realen Personen zu verbinden; das gemeinsame Lernen mit einem oder mehreren Gleichaltrigen bot die Möglichkeit, sich mit einem anderen Baby zu verbinden.

Der Lohn für die Anstrengung des Fokussierens, Konzentrierens und Erinnerns war der Aufbau einer echten Verbindung zu einem echten Menschen. Im ersten Experiment ohne einen leibhaftigen Lehrer gab es keine Belohnung, also machten sich die Kinder nicht die Mühe, sich anzustrengen. Im zweiten Experiment, bei dem ihnen ein Gleichaltriger als Partner zur Seite stand, insbesondere eine Vielzahl verschiedener Babys, erlebten sie eine Verbindung, so dass sie sich anstrebten. Außerdem wurden sie bei wechselnden Partnern womöglich auch durch die Neuigkeit der Erfahrung stimuliert – eine weitere Belohnung für die Mühe, sich zu konzentrieren und zu lernen.<sup>5</sup>

(2) Bevor ein elektronisches Audiogerät an einen Kunden ausgeliefert wird, wird es getestet, um sicherzustellen, dass es einen hohen Standard erfüllt. Irgendwann, nachdem das Gerät installiert und von Toningenieuren ständig benutzt wurde, beschwerten sich diese Benutzer möglicherweise über die Qualität des Audiogeräts – die Tontechniker hören Dinge, die im ursprünglichen Produktdesign nicht berücksichtigt wurden. In diesem Fall schicken die Benutzer die Geräte an den Hersteller zurück, damit sie neu kalibriert werden und auf das reagieren, was die Benutzer jetzt hören. Die ursprünglichen Entwickler der Geräte haben nun eine hohe Motivation, die Sensibilität ihrer eigenen auditiven Verarbeitung zu erhöhen, neue neuronale Verbindungen hinzuzufügen, die es ihnen ermöglichen, immer mehr subtile auditive

Feinheiten wahrzunehmen und zu verarbeiten, die von den ständigen Nutzern gehört werden und daher in das Design einbezogen werden können – es gibt einen gut nachvollziehbaren professionellen Payoff für die ursprünglichen Entwickler.

In diesem Fall erlebten beide Gruppen ein Langzeitlernen (LTP), das die Fähigkeit codiert, das Gehörte zu erkennen. Die akustischen Reize sind immer vorhanden, aber die Benutzer/Entwickler mussten sich ihnen aussetzen und trainieren, um mehr von diesen Klängen zu hören. Auf Seiten der Anwender/Entwickler wurde das Gehirn durch die fortgesetzte Beschallung mit Audiosignalen stimuliert, was zu immer feineren Unterscheidungen – erhöhter Konnektivität – innerhalb ihrer Hörsynapsen führte. Auf Seiten der Entwickler/Ingenieure gab es die Motivation, zu erfahren, was die Benutzer gelernt hatten, damit sie ihre Geräte entsprechend anpassen und den Benutzern Unterstützung anbieten konnten.

(3) Geräusche, die wir in jedem Raum wahrnehmen können, sind voller Informationen. Schall wird von den Objekten und den gebauten Oberflächen (den vier Wänden, dem Boden und der Decke) in einem Raum unterschiedlich reflektiert, und diese unterschiedlichen Reflexionen können mittels Übung gehört, unterschieden und identifiziert werden. An dieser Stelle sei betont, dass diese Reflexionsgeräusche immer im Raum vorhanden sind, aber wenn keine Motivation besteht, sie zu hören, sie von anderen Hintergrundgeräuschen zu unterscheiden und sie genau zu interpretieren, werden sie funktionell nicht gehört. Wenn wir diese Informationen aber nutzen müssen, wenn wir eine Motivation besitzen, z. B. wenn wir blind sind, werden wir diesen Schallinformationen Aufmerksamkeit schenken und sie aktiv verarbeiten, was uns in die Lage versetzt, die Schallreflexionen bewusst zu hören, ihre Bedeutung zu verstehen und erfolgreiches räumliches Lesen zu betreiben.

Wir können unsere Synapsen erweitern, um Klänge im Raum funktional zu hören. Im Gehirn gibt es eine neuronale Struktur, die Objekte in einem physischen Raum identifiziert. Normalerweise nutzt dieser Gehirnteil visuelle Stimuli, aber im Fall einer Person, die sich mittels Echoortung orientiert, verwendet sie ihn, um Objekte allein mit Hilfe von Schall im Raum zu verorten. Wenn wir es müssen, wenn wir trainieren, diese Töne zu hören und zu interpretieren, können wir unsere Umgebung «lesen» – wir können ein funktionales «Bild» unserer Umgebung erzeugen. Mit Hilfe des Schalls können wir nicht nur feststellen, wo sich Objekte und gebaute Flächen befinden, sondern auch, welche Form und welche Größe sie haben, aus welchem Material sie bestehen und in welche Richtung und wie schnell sich ein Objekt relativ zu uns selbst bewegt bzw. nicht bewegt.

Zwar integriert der visuelle Kortex diese Reflexionen, um ein «Bild» der Außenwelt zu erstellen, doch eigentlich handelt es sich nicht um ein visuelles Bild, sondern um eine bearbeitbare Konstruktion der physischen Außenwelt. Das Gehirn konstruiert diese Realität auf komplexe Weise, indem es die unmittelbaren akustischen Reize mit einer reichhaltigen Sammlung früherer akustischer Erfahrungen kombiniert, die Modelle für den Vergleich mit den aktuellen akustischen Hinweisen bilden. Manchmal werden zusätzliche sensorische Hinweise verwendet, wie z. B. Geruch und Veränderungen der Hauttemperatur. Auf diese Weise «sehen» wir, indem wir unsere Hörfähigkeiten in Kombination mit anderen Sinneserfahrungen nutzen.

Dieser Bildkonstruktionsprozess zielt nicht auf eine genaue Repräsentation der Gesamtheit der physischen Realität ab, sondern existiert um des Nutzens willen. Das «Sehen» wird vom Gehirn ausgeführt, nicht von den Augen. Wir wissen nicht wirklich, wie unser Gehirn etwas «abbildet». Wir wissen nur, dass bei Menschen mit hoher Motivation das Gehirn auditive Informationen aufnimmt und nutzt, die es ihnen ermöglichen, in einem physischen Raum zu existieren und sich dort erfolgreich und sicher zu bewegen. Sie sind hochmotiviert, die neuronalen Verbindungen (LTP), die für diese Wegfindungsfunktion benötigt werden, zu erhöhen, indem sie andere Sinnesreize als die üblichen visuellen verwenden.

Es gibt viele Beispiele von Menschen, die gelernt haben, sich ohne zu sehen im Raum zurechtzufinden, nämlich mit Hilfe von Schallreflexionen. Der Sänger Ray Charles ist ein hervorragendes Beispiel. Ein anderes ist Daniel Kish, der seit seinem ersten Lebensjahr blind ist. Er nutzt die Echoortung, um mit seinem Fahrrad durch den Wald zu fahren. Daniel sendet mit seiner Zunge ein Klickgeräusch aus und «liest» die daraus resultierenden Reflexionen, um sich auf diese Weise über seine räumliche Umgebung zu informieren; seine Technik nennt er «FlashSonar».<sup>6</sup>

(4) Hören ist mehr als nur ein Appendix des Sehens. Das Gehör ist entscheidend für die Bewegung durch den Raum, auch wenn wir uns dessen nicht bewusst sind. Untersuchungen haben gezeigt, dass ältere Menschen, deren Hörvermögen merklich eingeschränkt ist, häufiger stürzen als solche, die gut hören. Das gilt selbst dann, wenn man die erhöhte Wahrscheinlichkeit eines Sturzes bei älteren Menschen berücksichtigt. Es wird vermutet, dass wir in der Lage sein müssen, die akustische Resonanz von Schall, der von Gegenständen und Gebäudeoberflächen abprallt, zu hören, um unsere räumliche Umgebung vollständig zu erfahren und ein funktionales Bild davon zu bilden. Das Vermeiden von Stürzen ist sicherlich eine wichtige Motivation, um sorgfältig und aufmerksam auf unsere Umgebung zu hören.

Wenn wir älter werden und anfangen, ein gewisses Maß an Hörfähigkeit zu verlieren, verlieren die Synapsen, die sich durch Stimulation gebildet haben und die es uns erlauben, ein funktionelles «Bild» eines Raumes zu erstellen, womöglich ihre chemische Unterstützung, wenn die Stimulation abnimmt. Wir erleben eine Langzeitdepression dieser synaptischen Verbindungen und haben daher weniger Bewusstsein und Wissen über unsere Umgebung im impliziten oder expliziten Gedächtnis. Wir bekommen nicht die Informationen, die wir brauchen, um uns erfolgreich und sicher in unserer physischen/klanglichen Umgebung zu bewegen.<sup>7</sup>

(5) Kulturen legen unterschiedlich viel Wert auf verschiedene Sinnesreize. Untersuchungen zeigen zum Beispiel, dass Angehörige traditioneller Kulturen, die ihr spezielles musikalisches Erbe besonders schätzen, besser in der Lage sind, Klänge zu beschreiben, während Personen, die in einer traditionellen Kultur leben, die verzierte Töpferwaren herstellt, besser in der Lage sind, Formen zu beschreiben. Was den Geschmack betrifft, so zeigten Angehörige von Kulturen, die Farsi und Lao sprechen, fast perfekte Ergebnisse bei der Identifizierung von Geschmäckern, während englischsprechende Menschen Schwierigkeiten hatten, auch nur über grundlegende Geschmacksempfindungen zu sprechen. Das Beschreiben von Gerüchen schien für die Angehörigen der meisten Kulturen am schwierigsten zu sein.<sup>8</sup>

Die Investition in den Aufbau neuronaler Verbindungen zur Identifizierung, Etikettierung und Nutzung bestimmter Sinnesreize zahlt sich also kulturell aus. Wenn unsere Kultur oder Subkultur (Familie, soziale Gruppe, Gemeinschaft, Beruf, Nationalität, Ethnie usw.) die Verwendung einer bestimmten sensorischen Aktivität besonders schätzt, sind wir motiviert, Zeit und Energie in den Aufbau neuer neuronaler Verbindungen zu investieren, um die Nutzung dieses «wertvollen» sensorischen Systems zu unterstützen. Auch das Gegenteil ist der Fall: Ein minimaler kultureller und erfahrungsmäßiger Nutzen unterdrückt die Bildung solcher neuronaler sensorischer Verbindungen.

Es ist zu erwarten, dass sich Untergruppen, wie z. B. bestimmte Berufe, darin unterscheiden, in welchem Ausmaß sie verschiedene Sinne entwickeln und nutzen. So kann man davon ausgehen, dass Menschen, die in der Lebensmittelbranche tätig sind, eine erhöhte Fähigkeit haben, Gerüche und Geschmack wahrzunehmen. In der westlichen Kultur war die Architektur traditionell eine der fünf schönen Künste, wobei sich die Ausbildung auf ästhetische Qualitäten konzentrierte. Auch heute noch werden Architekten ausgebildet und belohnt für visuelle Leistungen. Auszeichnungen für Architekten und Beiträge in Architekturzeitschriften konzentrieren sich auf das Aussehen und nicht auf die menschliche Funktionalität von Gebäuden. Daher sind Architekten und alle, die in verwandten Berufen des Designs und der

Planung tätig sind, motiviert, viel mehr zu sehen als zu hören. Bei der Gestaltung, Bewertung und Beziehung zu ihrer physischen Umgebung bevorzugen sie visuelle Daten gegenüber anderen sensorischen Daten. Als visuell orientierte Experten haben sie möglicherweise weniger entwickelte neuronale Verbindungen für das Hören im Allgemeinen und den Hörraum im Besonderen als jene Personen, deren Berufe eng mit dem Gehör verbunden sind, wie Musiker, Lehrer, Schauspieler und Tänzer, Psychotherapeuten, die sich mit Gesprächstherapie beschäftigen, usw. Wenn jedoch ihre berufsspezifischen Belohnungssysteme die Bedeutung des Hörens und Zuhörens anerkennen würden, indem sie das Wohlbefinden der menschlichen Nutzer in ihren gestalteten Räumen tatsächlich wertschätzen, dann wären Designfachleute motiviert, ihren Geist zu trainieren, um beim Hören und Zuhören aktiver zu sein. Designexperten wären motiviert, die neuronalen Verbindungen aufzubauen, die die mit der Nutzung des Hörsinns verbundenen Fähigkeiten schaffen und erhalten.

Es gibt andere Berufe, in denen sich eine größere Aufmerksamkeit für Klang und Hören erkennbar auszahlen würde, z. B. Mediziner, Installateure, Lehrer und Einzelhändler. Diese Menschen würden höchstwahrscheinlich merklich effektiver arbeiten, wenn sie dem Gehörten mehr Beachtung schenken würden. Beruflicher Erfolg würde eine Belohnung – eine Motivation – für den Aufbau neuronaler Verbindungen schaffen, die die Nutzung des Hörsinns unterstützen.

### **Wie das geistige Ohr funktioniert**

Wie oben angedeutet, werden wir ständig von akustischen Reizen bombardiert. Lediglich einer kleinen Teilmenge dieser Reize schenken wir aktive Aufmerksamkeit, und der Inhalt dieser Teilmenge unterscheidet sich je nach Person, Zeit und Umständen. Wir hören mit unserem Geist, nicht mit unseren Ohren. Jeder von uns hört etwas anderes, und zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen ist das, was wir hören, unterschiedlich.

Die Schallschwingungen, die unsere Ohren erreichen, unterscheiden sich von den Bedeutungen, die wir diesen Schwingungen durch kognitive Verarbeitung zuschreiben. Schallschwingungen in der Luft entsprechen nicht eins zu eins dem, was wir in unserem Kopf «hören». Der Geist erzeugt Bedeutungen für akustische Reize, indem er sie durch innere Prismen wie persönliche Erfahrung und Persönlichkeit, kulturelle Einflüsse, soziales Training und den unmittelbaren inneren und äußeren Kontext verarbeitet. Zwar können wir nicht alle möglichen Einflüsse, die unser Geist auf den kognitiven Bedeutungsgebungsprozess ausübt,



erfassen und messen, doch einige Einflüsse auf die Wahrnehmung lassen sich durchaus konkret erfassen. So sind zum Beispiel der Einfluss des Sehens und die Beeinflussung durch Umgebungsgeräusche wie Gespräche, laute Musik oder Außengeräusche wie Martinshörner und Autohupen messbar, da es sich um Echtzeitereignisse handelt. Es gibt jedoch viele andere Einflüsse, die schwieriger zu reproduzieren und vollständig zu erfassen sind, darunter die Vorgeschichte des Wahrnehmenden, seine Motivation und Ziele, sein Training und seine Erfahrungen, sein Alter, seine Emotionen, sein Gedächtnis, sein Blutzucker-/Gesundheits-/Schmerzlevel usw. All diese Einflüsse wirken bei jedem Wahrnehmenden zusammen und erzeugen eine Hörerfahrung, die für jeden Wahrnehmenden, jede Zeit und jeden Ort einzigartig ist.

Der Unterschied zwischen dem ursprünglichen akustischen Stimulus und der kognitiven Wahrnehmung dieses Stimulus kann erheblich variieren. Zum Beispiel kann das, was wir zu hören glauben, in den ursprünglichen akustischen Reizen, die unsere Ohren erreichen, tatsächlich vorhanden sein oder auch nicht. Jeder von uns hat schon einmal den Unterschied erlebt zwischen dem, was wir glauben, gesagt zu haben, und dem, was ein Zuhörer glaubt, was wir gesagt haben – und umgekehrt, z. B: «Du hast gesagt ...» vs. «Ich habe nie gesagt ...». Die Bedeutung, die wir in einer solchen Situation aus einem akustischen Stimulus extrahieren, hängt von der unmittelbaren Wahrnehmung, dem Kurzzeitgedächtnis, vergangenen Erfahrungen und damit verbundenen Emotionen, der Motivation, Umgebungsinterferenzen usw. ab.

Darüber hinaus gibt es andere Erfahrungen, die unter Laborbedingungen untersucht wurden und bei denen die äußeren akustischen Signale und die inneren akustischen Bedeutungen nicht genau übereinstimmen.

Im Folgenden werden einige der Möglichkeiten erörtert, wie das, was wir hören, durch unsere geistigen Verarbeitungsmechanismen bestimmt wird.

(1) Versuchspersonen hören einen Satz, in dessen Mitte ein Husten eingefügt ist. Die Versuchspersonen empfinden das Husten nicht als Unterbrechung oder als Leerstelle im Sinnfluss. Vielmehr ergänzen die Versuchspersonen das fehlende Wort im Satz, so als ob es unter bzw. hinter dem Husten vorhanden wäre. Eine mögliche Erklärung dafür, warum wir die Leerstelle mit Bedeutung füllen, ist, dass wir auf Vorwissen und Erfahrung mit der Sprache zurückgreifen können, um einen sinnvollen ganzen Satz zu bilden. Unsere kognitive Verarbeitung liefert das fehlende Wort, ohne dass wir uns dessen bewusst sind. Wir schaffen eine funktionale Gestalt, die darauf basiert, wie der Satz unserer Erwartung nach klingt. Wir sind in der Lage, in vielen Situationen zu funktionieren, weil wir durch Erfahrung ein internes

Modell darüber geschaffen haben, wie die Welt unserer Erwartung nach funktioniert. Wir arbeiten nicht mit den unmittelbaren sensorischen Daten, sondern beziehen uns auf unser inneres Modell. Statt die Wahrnehmung aus Teilen der unmittelbaren Sinnesdaten aufzubauen, passen wir die Sinnesdaten an unsere inneren Erwartungen an: Wir nehmen wahr, was wir wahrzunehmen erwarten, nicht was tatsächlich da ist. Es wird angenommen, dass der Husten ein Wort verdeckt, und aufgrund unserer Kenntnisse der Sprache haben wir eine ziemlich gute Vorstellung davon, wie dieses fehlende Wort lauten könnte.

In einem anderen Teil des Experiments hören die Probanden den Satz mit einer Leerstelle anstelle eines Wortes. Dieses Mal berichten sie, dass sie die Leerstelle an der Stelle hören, an der das fehlende Wort stehen würde. Wenn in diesem Fall eine offensichtliche Diskrepanz zwischen den erwarteten Sinnesdaten und den tatsächlichen Sinnesdaten besteht – wie z. B. eine Unterbrechung im Satzfluss –, wird diese nicht vorhergesagte Sinnesinformation vermerkt, und wenn es für notwendig erachtet wird, wird das Prognosemodell angepasst. Da Wahrnehmung ein Prozess des Abgleichs von sensorischen Inputs mit internen Vorhersagen ist, funktionieren wir «automatisch» und sind uns unserer sensorischen Verarbeitung nicht bewusst. Nur wenn es eine Nicht-Übereinstimmung gibt, einen Unterschied zwischen dem tatsächlichen Input (eine Leerstelle) und dem, was unser internes mentales Modell uns zu empfangen vorgibt (ein sinnvolles Wort), werden wir aufmerksam und bemerken den Input; in diesem Fall bemerken wir die Lücke.<sup>9</sup>

(2) Ein weiteres Beispiel für das Hören von etwas, das nicht im Sinnesreiz enthalten ist, ist der McGurk-Effekt. Der tritt auf, wenn ein Konflikt besteht zwischen der visuellen Sprache, d. h. den Mund- und Lippenbewegungen des Sprechers, und der auditiven Sprache, d. h. den Lauten, die der Sprecher tatsächlich von sich gibt. Mit Hilfe einer Videomanipulation wird dem Zuhörer zum Beispiel gezeigt, wie der Mund die Silbe «ga» bildet, während der tatsächlich geäußerte Laut ein «ba» ist. Das Gehirn des Zuhörers versucht, den Konflikt zwischen dem, was er hört, und dem, was er sieht, aufzulösen. Die Auflösung besteht darin, dass in diesem Fall das Sehen das Hören überlagert: Die Lippen des Sprechers gaukeln dem Gehirn vor, eine dritte Silbe zu hören – «da».<sup>10</sup>

Das Gehirn verarbeitet einen Sinnesreiz auf nicht-lineare Weise. Der Reiz bewegt sich also nicht linear vom Sinnesorgan durch verschiedene Teile des Gehirns, bis er den Punkt der Bedeutungszuschreibung erreicht. Nach heutiger Auffassung gibt es stattdessen eine Vielzahl von Rückkopplungsschleifen, die verschiedene Neuronen oder neuronale Pakete miteinander verbinden, wobei sich die Informationen über Rückkopplungsschleifen vorwärts und rückwärts durch das Gehirn bewegen. Das wird als «Rekurrenz» bezeichnet.<sup>11</sup> Aufgrund dieser

ausschweifenden schleifenförmigen Verarbeitung beeinflussen die verschiedenen Sinne die Verarbeitung der jeweils anderen. Sehen beeinflusst das Hören, beeinflusst das Riechen, beeinflusst das Körpergefühl und so weiter. Auch dieses Beispiel zeigt, dass wir mit unserem Geist hören, nicht mit unserem Hörsinn. Das visuelle und das auditive Sinnessystem, die eng miteinander verknüpft sind, beeinflussen sich wechselseitig. In diesem Fall ist das Ergebnis das, was wir als Illusion bezeichnen, aber in Wirklichkeit ist es die normale Funktion des Gehirns, das versucht, eine stimmige Geschichte der Ereignisse zu produzieren.<sup>12</sup>

(3) Wir lernen, eine gesprochene Sprache zu verstehen, wenn das Gehirn ein Modell für Sprache erstellt, in dem die Teile identifiziert und auf bestimmte regelbasierte, sinnvolle Weise kombiniert werden, so dass Verständnis entsteht.

Spektral verdrehte Sprache ist ein im Labor erzeugtes Artefakt, bei dem die hohen und niederen Frequenzen der Wörter eines Satzes künstlich vertauscht werden. Dadurch wird die Sprache unverständlich, vielleicht weil die linguistische Regel außer Kraft gesetzt wird, die besagt, welche Wörter und Teile eines Satzes in hohen oder niederen Frequenzen zu erwarten sind. Ein Großteil der Sprachbedeutung wird durch prosodische Elemente vermittelt, nicht nur durch Wortschatz und Grammatik.

Wenn wir genauer untersuchen, wie wir diese Art von Sprache erfolgreich verstehen lernen, kann uns das helfen zu begreifen, mittels welcher Prozesse das Gehirn das, was in der Außenwelt gehört wird, mit dem internen mentalen Modell der Sprache, das im Gehirn erstellt wurde, in Einklang bringt. Durch Übung ist der Hörer in der Lage, in einem ersten Schritt die umfassendere Struktur – die Grammatik des Satzes – zu erkennen. Mit der Zeit kann der Hörer die unterschiedlich gestimmten Wörter in die größere Gesamtstruktur einfügen. Im Gehirn bildet sich ein neues internes Modell der verständlichen Sprache. Klangliche Reize, die zunächst scheinbar keinen Bezug zu den vorher existierenden klanglichen Bedeutungsmodellen hatten, kommen allmählich mit dem neuen Modell in Einklang: Aus Unsinn wird Sinn.

Modelle sinnvoller Sprache und sämtliche mentalen Modelle beeinflussen das, was wir hören, indem sie bereits bestehende Modelle mit den eingehenden sensorischen Daten abgleichen. Die bereits existierenden Modelle versuchen zunächst, die neuen Reize mit dem abzugleichen, was bereits bekannt ist und verstanden wird. Das Gehirn strebt nach einer Übereinstimmung, um eine sinnvolle sensorische Funktion zu erreichen. Wenn die Übereinstimmung nicht zustande kommt, kann das Gehirn verschiedene Dinge tun, nämlich, wie in diesem Fall, die bestehenden Modelle modifizieren, um die neuen sensorischen Daten zu erfassen. Das ist ein Beispiel dafür, wie wichtig unsere Neuroplastizität ist. Auf diese Weise

lernen wir, auf neue Art Dinge zu tun, wie zum Beispiel neue Sprachen zu hören und zu verstehen. Wir lernen auch, visuelle Verkörperungen einer Sprache mit den Klängen und Bedeutungen der Sprache abzugleichen, wie das beispielsweise geschieht, wenn wir lesen lernen oder lernen, andere kulturelle Symbole wie Verkehrszeichen oder Dresscodes zu verstehen.<sup>13</sup>

### **Überlappende und ergänzende sensorische Beiträge zur Kognition**

Wir sind komplexe Wesen, die sich überschneidende und ergänzende Sinneseindrücke nutzen, um uns ein umfassendes Bild von unserer Umgebung zu machen. Die Vorwärts- und Rückwärtsschleifen mit mehreren neuronalen Systemen, die im Gehirn stattfinden, während wir uns bemühen, ein sinnvolles und stimmiges Gefüge von Modellen zu erstellen, liefern und unterstützen diesen sinnesübergreifenden Einfluss. Je mehr wir über unsere Welt wissen können, indem wir alle unsere Sinne nutzen, desto besser können wir überleben und erfolgreich sein.

Filme und Videospiele gelten üblicherweise als visuelle Erlebnisse, doch tatsächlich ist auch der Ton von zentraler Bedeutung, damit das Bildmaterial dem Publikum die Geschichte, die Charaktere und die Ereignisse vermitteln kann. Sound ist eng mit Emotionen verbunden. Die Kombination von emotionaler Stimulierung durch Klang mit emotionaler Stimulierung durch das Sehen schafft ein viel stärkeres und überzeugenderes Erlebnis als nur ein Sinn allein.

Es gibt drei Arten von Ton, die im Film- und Spieledesign Verwendung finden: menschliche Stimmen – sie sprechen in der Regel die Dialoge der Figuren; Musik – sie bildet in der Regel den Hintergrund für die Handlung im Vordergrund; und Soundeffekte – sie bleiben entweder im Hintergrund, um eine bestimmte Atmosphäre zu schaffen, oder sie unterstreichen die Handlung unmittelbar. Sound erzeugt kontextuelle Informationen, die die Charaktere sofort kenntlich werden lassen und die Richtung der Handlung verdeutlichen; er unterstreicht auch den viszeralen Inhalt der Geschichte und bindet das Publikum emotional an das Produkt. Jesse Schell, ein Videospiele-Designer und CEO von Schell Games hat einmal gesagt: «Sound ist das, was den Verstand wirklich davon überzeugt, dass er sich an einem Ort befindet; mit anderen Worten: <Hören heißt glauben.>»<sup>14</sup>

Um die Macht des Klangs zu erforschen, können wir in der Vorgeschichte beginnen bei Klangeffekten, die von einfachen Musikinstrumenten erzeugt wurden, um die Erzählungen der Geschichtenerzähler an Lagerfeuern zu begleiten, und von den Spielleuten, die in der Antike an den Höfen der Herrscher auftraten. Die Griechen und Römer glaubten, dass Musik bei den

Zuhörern starke Emotionen wecken konnte; deshalb spielte Musik eine wichtige Rolle bei der sozialen Kommunikation und Kontrolle, die durch die Aufführung von Theaterstücken und Massenunterhaltungen erreicht wurden. In der Barockzeit mussten sich Musiker einen Mäzen besorgen – die Kirche, den Staat oder vermögende Privatleute – um ihren Lebensunterhalt zu verdienen. Durch den Einfluss des Mäzenatentums erlangte die Musik einige Bedeutung, indem sie die gesellschaftlichen Ansichten vermittelte, von denen die Mäzene profitierten. Emotionale Musik, die von Schauspiel und Tanz begleitet und durch aufwändige Kostüme und Bühnenbilder unterstützt wurde, beeindruckte das Publikum nachhaltig. Sich gegenseitig verstärkende und überlagernde Sinnesreize hatten eine starke Wirkung auf die Zuschauer und vermittelten und verstärkten Botschaften von Macht, Ehrfurcht und Kontrolle durch die gesellschaftlichen Institutionen der Zeit.

In der Moderne hat der Ton vor allem die Kommunikationsfähigkeit der frühen Rundfunkprogramme verbessert. Im Jahr 1930 startete eine Sendung namens *The Shadow*. Die einleitenden Worte, gesprochen von einer tiefen und bedrohlichen Männerstimme, lauteten: «Wer weiß, was Böses in den Herzen der Menschen lauert? Der Schatten weiß es!» und wurden von einem ominösen Lachen und einem musikalischen Thema, einem Auszug aus einem Stück von Camille Saint-Saëns, begleitet. Dieser Satz wurde sofort zu einer Art Ikone und beförderte den Verkauf von Büchern über die als «The Shadow» bekannte Figur, die das Verbrechen bekämpfte. Ein paar Jahre später, im Jahr 1941, wurde die Radio-Reihe *Inner Sanctum* mit Geschichten, die Mystery, Schrecken und Suspense präsentierten, durch das Geräusch einer unheimlich-geheimnisvoll knarrenden Tür eingeleitet, die sich öffnete, begleitet von gespenstischer, melodramatischer Orgelmusik; mit diesen Klängen begannen und endeten die Sendungen. Tatsächlich wurde das Türgeräusch von einem rostigen Schreibtischstuhl erzeugt, der auf dem Studioboden herumgeschoben wurde. Als ein hilfsbereiter Techniker den Stuhl säuberte und ölte, brach Panik aus, und der für die Geräusche verantwortliche Geräuschemacher musste das beängstigende Quietschen vokal erzeugen. Ich erinnere mich noch gut daran, wie ich als Kind vor diesem quietschenden Türgeräusch erschauerte; noch heute jagt es mir Schauer über den Rücken.

Die Soundeffekte der Geräuschemacher erzeugen und präsentieren alltägliche Geräusche, die heute im Fernsehen, in Filmen und in Videospiele verwendet werden; sie unterstreichen die Handlung und sorgen dafür, dass wir glauben, dass sie stattfindet. Die Geräusche werden während der Postproduktion in einem Aufnahmestudio erzeugt, und Ziel ist es, die Aktivitäten, die wir sehen, real und glaubhaft wirken zu lassen, wie z.B. Faustkämpfe, zerbrechendes Glas, Trinken, Schritte, Wind und Regen, klimpernde Schlüssel usw. Die Geräuschemacher sind ziemlich clever: Ein leises Feuergeräusch kann durch das Zerknittern von Zellophan, einer

Chipstüte oder von Stahlwolle erzeugt werden; das Geräusch von rennenden Pferden wird dadurch simuliert, dass man mit Stoff gefüllte Kokosnusshälften auf Erde oder auf Rasen schlägt; das Geräusch von Schritten auf Schnee ist in Wirklichkeit Maisstärke, die in einer Ledertasche gepresst wird; brechende Knochen täuscht man durch das Knacken von Sellerie oder Karotten vor; ein zertrümmerter Kopf erklingt durch das Zerschmettern von Kürbissen oder Wassermelonen und so weiter und so fort. Wir sehen eine Person, die an eine Tür klopft, aber wir müssen es auch hören, um zu glauben, dass es wirklich passiert und wir dabei sind.

Musik in der Oper, im Musiktheater und im Ballett ist von zentraler Bedeutung, um Charaktere zu schaffen, Emotionen zu erzeugen und die Handlung voranzutreiben. In Filmen/Fernsehproduktionen/Videospielen/Werbespots spielt Musik ebenfalls eine zentrale Rolle beim Aufbau und Aufrechterhalten von Spannung und bei der Kenntlichmachung eines Charakters. Bestimmte populäre Opernarien wie «Nessun Dorma» aus Giacomo Puccinis *Turandot* oder der «Walkürenritt» aus Richard Wagners *Die Walküre* werden immer wieder in Filmen verwendet, um bombastische und hyper-stilisierte Emotionalität auszudrücken. Der amerikanische Komponist John Williams hat uns einprägsame Film-Soundtracks geschenkt, die Stimmungen und Bilder beschwören. Denken Sie an das aus zwei Tönen bestehende Thema im Film *Der weiße Hai*. Wir sehen den Hai nur selten. Er reicht, dass wir das musikalische Thema hören und schon bekommen wir es mit der Angst zu tun. Die Musik der *Star-Wars*-Filme bietet uns eine Reihe von sofort erkennbaren musikalischen Themen. Ich würde wetten, dass Sie den «Imperial March», das Thema Darth Vaders, jetzt auf der Stelle reproduzieren könnten, wenn Sie nur an die Filme denken.

Unser Fokus mag auf dem liegen, was wir sehen, aber um es zu glauben, müssen wir hören, wie es passiert. Unser Verstand ist begierig darauf, manipuliert zu werden, um die Welt, die die Kunst erschafft, zu hören, zu sehen und zu fühlen.

### **Kultur, Erwartungen, frühere Erfahrungen und Übung tragen zur Herausbildung unserer mentalen Modelle bei**

In den vorangegangenen Abschnitten haben wir die Diskrepanz erörtert zwischen dem ursprünglichen Klangsignal – der Schallwelle – und dem Klang, den wir in unseren Köpfen hören. Wir haben auch über die Plastizität des Gehirns gesprochen – also die Fähigkeit des Gehirns, sich durch Erfahrung zu verändern. Und wir haben die Vorstellung diskutiert, dass wir mentale Modelle der auditiven Welt verwenden, die wir mit den empfangenen Schallsignalen abgleichen, um ein kognitives Erkennen und Verstehen von Schall zu

erreichen. Wir können diese drei Vorstellungen zusammenfügen, um den Einfluss von Kultur, Erwartungen, Exposition, vorheriger Erfahrung und Übung bei der Bedeutungserzeugung für die akustische Erfahrung zu verstehen.

(1) Persönliche Erwartungen und kulturelles Training waren zentral für die kritische Reaktion der musikalischen und gesellschaftlichen Elite Bostons im Jahr 1900, als die neue Symphony Hall zum ersten Mal zu erleben war. Es war der erste Konzertsaal der Welt, das nach wissenschaftlich beglaubigten akustischen Prinzipien entworfen wurde. Heute gilt die Symphony Hall als einer der drei weltbesten Konzertsäle für klassische Musik, und als der beste in den Vereinigten Staaten. In den ersten Jahren ihres Bestehens war das akustische Erlebnis der Symphony Hall jedoch unbeliebt. Kritiker, Musiker und Zuhörer bemängelten immer wieder den Klangcharakter der neuen Konzerthalle, der sich deutlich von dem der Boston Music Hall unterscheidet, der früheren Heimat des Boston Symphony Orchestra.<sup>15</sup> Wenn die Akustik in der Symphony Hall als hervorragend gilt und die klangliche Signatur heute weltberühmt ist, warum wurde sie dann vor über 100 Jahren so vehement kritisiert? Was hat sich verändert: der Saal oder die Köpfe der Zuhörer?

Oft wird einem «Anders» mit einem Gefühl der Fremdheit begegnet. Menschen neigen nicht dazu, das Neue und Fremde zu mögen. Meistens mögen wir keine Überraschungen, die unsere Vorstellung davon, wie das Leben sein sollte, durcheinanderbringen. Das war bei der Symphony Hall der Fall: Das mentale Modell, das Besucher und Kritiker im Hinblick auf guten Klang hatten, stimmte nicht mit dem tatsächlichen Klangerlebnis des neuen Raums überein. Ihre Reaktion war, dass die Erfahrung falsch sein musste. Veränderungen sind schwer zu verarbeiten. Veränderungen können Gefühle der Gefahr mit sich bringen; sie können ein Vorbote von etwas sein, auf das wir nicht vorbereitet sind. Wir fühlen uns desorientiert und reagieren möglicherweise mit Ablehnung oder Verärgerung.

Veränderungen sind jedoch Teil des menschlichen Lebens. Unser Gehirn hat von Natur aus die Möglichkeit, sich mit Neuem zu befassen und es effektiv zu verarbeiten. Das Gehirn ist so plastisch, dass wir unsere internen mentalen Modelle des «Guten» ziemlich schnell anpassen können. Schon nach wenigen Kontakten mit Neuem beginnt das menschliche Gehirn, sich neu zu verschalten. Neuronen, die häufig benutzt werden, entwickeln stärkere Verbindungen untereinander (LTP) und Neuronen, die weniger benutzt werden, erfahren immer weniger Verbindungen (LTD). Schließlich werden die unbenutzten Neuronen «gestutzt», um Platz für die Bildung neuer Neuronen zu schaffen. Am Ende akzeptieren wir das Neue, das Unbequeme wird bequem und schließlich wird es als gut bewertet.

All diese kognitiven Verarbeitungsprozesse finden unterhalb der Bewusstseinssebene statt. Unsere versteckten Vorurteile bestimmen das, was wir hören, ohne dass wir es merken.<sup>16</sup> Die ersten Zuhörer in der neuen Symphony Hall waren zunächst voreingenommen gegenüber dem Klang, der so anders war als das, was sie gewohnt waren. Innerhalb weniger Jahre gewöhnten sie sich an das, was sie hörten, akzeptierten es und waren nunmehr zu seinen Gunsten voreingenommen. Der neue Klang der Symphony Hall führte zu einer Umstellung der sensorischen und künstlerischen Erwartungen der Hörer. Und mit den neuen Erwartungen ging eine neue Art der Bewertung einher. Schließlich fanden sich die Zuhörer mit der neuen Normalität ab. Sowohl das Publikum als auch die Musiker wurden mit der Akustik des neuen Saals vertraut und lernten den hellen, komplexen Klang des neuen Raums schätzen.<sup>17</sup> Heute entspricht dieser Klang unserem mentalen Modell und ist nunmehr das Modell, dem andere Veranstaltungsorte für klassische Musik entsprechen sollten.

Der Mensch verfügt über eine bemerkenswerte Fähigkeit, eine neue Normalität zu finden. Mentale Resilienz ist ein wichtiges Instrument im Werkzeugkasten menschlichen Überlebens.

(2) Anfang bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurde der akustisch «tote» Klang der Aufnahme- und Rundfunkakustik zur Norm für guten Klang. Dieser akustische Signaturklang war das Ergebnis mehrerer Überlegungen. Die damalige Aufnahme- und Rundfunktechnik war noch recht primitiv. Die Verwendung von nahen Mikrofonen ermöglichte die Unterdrückung von verrauschten Umgebungsgeräuschen und die Intensivierung der entscheidenden musikalischen Originalklänge. «Präzisions»-Aufnahmen wurden stark vermarktet, also Aufnahmen, die Rauschen, Verzerrungen und Raumakustik unterdrückten und gleichzeitig die Musik verstärkten. Jeder zusätzliche Klang, der nicht direkt von einem Musiker erzeugt wurde, galt als Rauschen bzw. störendes Geräusch.

Es war das Zeitalter der Maschinen innerhalb und außerhalb des Zuhauses. Nicht nur gewann alles, was auf Maschinen basierte, wie z.B. aufgezeichnete Musik, an Beliebtheit, auch die Kakophonie des Fortschritts selbst wurde zu einem Lärmproblem. Die optimal aufgenommene Klanglandschaft wurde dadurch definiert, dass sie vordergründigen Klang vor einem Hintergrund aus Stille betonte. Aufführungsräume wie die Hollywood Bowl, die ein Open-Air-Raum ohne reflektierende Oberflächen und ohne Nachhall war, und die Radio City Music Hall, die absichtlich so gestaltet war, dass sie den Klang unterdrückte, um eine rein elektroakustisch verstärkte Klangübertragung zu ermöglichen, wurden nun zur erwünschten Norm. Der bevorzugte Klang ähnelte dem Klangerlebnis des Radiohörens im eigenen kleinen, relativ hallarmen Wohnzimmer.



Rundfunk-Aufnahmestudios wurden aus den oben genannten Gründen absichtlich mit minimalem Nachhall gebaut, aber auch deshalb, weil diese Studios viele verschiedene Arten von klanglichen Darbietungen aufnehmen konnten. Für die Aufnahme von Instrumentalmusik war es erforderlich, jeden Musiker mikrofontechnisch so nah aufzunehmen, dass nur der direkte Klang und nicht der Nachhall oder die Raumakustik erfasst wurde. Dadurch entstand der typisch trockene Klang der Aufnahmen. Außerdem war es für die privaten Rundfunksender politisch und wirtschaftlich wichtig, dass es einen spürbaren Unterschied zwischen dem Hören von Live-Sendungen und dem Hören von Studio-/Aufnahme-Sendungen gab. Die Unterschiede bestanden nicht nur darin, dass man bei Live-Übertragungen die Umgebungsgeräusche des Publikums hörte, sondern auch die Akustik des Aufführungsorts, einschließlich des Nachhalls. Technologie und Ökonomie trieben das mentale Modell gemeinsam an.

Die populärsten Klassikübertragungen der damaligen Zeit stammten von Arturo Toscanini (dem bekanntesten Klassikdirigenten seiner Zeit), der das NBC Symphony Orchestra aus einem großen, speziell gebauten Studio heraus dirigierte. Diese Übertragungen wurden in einem hallarmen Raum mit nahe beieinanderstehenden Mikrofonen aufgenommen, denn Toscanini bevorzugte einen solch klaren, unverzerrten Klang. Eine einzige Radiosendung von Arturo Toscanini, der in den 1930er-Jahren das NBC Symphony Orchestra dirigierte, erreichte mehr Zuhörer als die Live-Aufführungen der New Yorker Philharmoniker in den ersten 90 Jahren zusammen.<sup>18</sup> Nimmt man noch die Bekanntheit hinzu, die Toscaninis im Rundfunkstudio produzierte Aufnahmen über zwei Jahrzehnte hinweg erlangten, wird klar, wie dieser neue, schmucklose, trockenere akustische Klang zum gewünschten öffentlichen Standard, zum mentalen Modell wurde.

Als sich Technik, Wirtschaft und soziale Gepflogenheiten änderten, schlug das Pendel zurück und man wusste den ästhetischen Wert von Nachhall und Raumakustik wieder zu schätzen. Aufnahmen von Live-Aufführungen moderner Popmusik in realen, halligen Räumen gewannen an Beliebtheit und man entwickelte die entsprechende Technologie, um Aufnahmen Hall hinzuzufügen. Das heutige mentale Modell von Qualitätsaufnahmen in Musik und Fernsehen, Film und Rundfunk verlangt jetzt nach Raumakustik und Hall. Eine trockene Aufnahme klingt für uns heute künstlich und altmodisch.<sup>19</sup>

## Fazit

Wenn wir die menschliche Erfahrung des Hörens und Zuhörens besser verstehen wollen, müssen wir die Gesamtheit der Erfahrung betrachten: den ursprünglichen Schallreiz oder die Schallwelle, die Modifikation dieser Schallwelle durch die physikalische Umgebung, in der sie erzeugt wird, die interne-externe physische/soziale/kulturelle und psychologische Umgebung, in der das menschliche Sinnessystem den Hörreiz wahrnimmt, sowie die Art und Weise, wie der menschliche Geist den Schallreiz verarbeitet, um eine Bedeutung zu generieren.

In diesem Beitrag stellten wir mentale Modelle vor, wie Zuhörer Klang erleben und verarbeiten, um Bedeutung zu generieren. Ein Modell hilft uns, die Bedeutung eines bestimmten Ereignisses für einen bestimmten Wahrnehmenden in einem bestimmten Moment in Zeit und Raum zu verstehen. Das Verständnis davon, wie Menschen Klang verarbeiten, um Bedeutung zu erzeugen, ist nach wie vor in hohem Maße unvollständig.

Wir sind der Ansicht, dass heuristische, phänomenologische, auf Wahrnehmung und Neuropsychologie basierende Ansätze zum gegenwärtigen Zeitpunkt die beste Möglichkeit sind, um Erkenntnisse zu gewinnen, die unser Verständnis der menschlichen Hörerfahrung erweitern. Wir glauben, dass dieser Ansatz zu besseren Einsichten führt als der wissenschaftliche Ansatz, bei dem die Erkenntnisse das Ergebnis sorgfältig konstruierter Forschungsprojekte sind und die Ergebnisse in Zahlen, Formeln, Diagrammen und Schaubildern festgehalten werden – die alle Forschungsergebnisse mit großer Klarheit ausdrücken und so ein Gefühl der Zuversicht erzeugen, dass etwas von Bedeutung gelernt wurde. Leider sind Klang und Gehör für diese Art von Forschungsstruktur nicht so leicht zugänglich. (1) Der Reduktionismus verschafft uns die Illusion, dass wir etwas wissen, obwohl das, was wir wissen, eine kleine Einheit an Laborerfahrung mit unbekannter Bedeutung ist. (2) Die mentale Verarbeitung von Klang findet komplett im Inneren statt und ist deshalb sehr schwer zugänglich. (3) Das Erleben von Klang unterscheidet sich von Person zu Person und von Ereignis zu Ereignis. (4) Audiosignale sind sehr schwer so zu messen, dass Daten entstehen, die die Bedeutung des Signals für den Wahrnehmenden offenbaren. (5) Ursache-Wirkungs-Beziehungen sind bei der Verarbeitung von akustischen Sinneseindrücken bekanntermaßen schwer zu bestimmen, da so vieles über die Art des Reizes und über die ihn verarbeitende Person unbekannt ist.

Auf der anderen Seite nähern sich kognitionswissenschaftliche Modelle der menschlichen Erfahrung der gefühlten Erfahrung des Menschen viel natürlicher, wenn es um die nicht greifbare, flüchtige, endlos variable Aktivität des Hörens von Schall geht. Was das Hören angeht, gibt es oft sehr wenig objektive Wahrheit. Der Geist bestimmt, was wir hören und

welche Bedeutung es hat. Wir müssen uns auf den Geist und seine vielschichtigen, ineinandergreifenden Prozesse konzentrieren, wenn wir das Hören verstehen wollen.

*Aus dem Englischen von Andreas Wirthensohn*

## Anmerkungen

<sup>1</sup> David Eagleman: *Inkognito. Die geheimen Eigenleben unseres Gehirns*, übers. von J. Neubauer, Frankfurt/M., New York 2012, S. 7-28.

<sup>2</sup> Ebd., S. 29-68.

<sup>3</sup> Terja Lømo: «Frequency potentiation of excitatory synaptic activity in the dentate area of the hippocampal formation», in: *Acta Physiologica Scandinavica* 68 (1966), S. 12; Donald O. Hebb: *Organization of Behavior: a Neuropsychological Theory*, New York 1949; Lawrence Patihis: «The historical significance of the discovery of long-term potentiation: an overview and evaluation for nonexperts», in: *American Journal of Psychology* 131 (2018), S. 369-380. doi:10.5406/amerjpsyc.131.3.0369.

<sup>4</sup> Eagleman, *Inkognito*, a. a. O., S. 69-71.

<sup>5</sup> Patricia K. Kuhl, Feng-Ming Tsao & Huei-Mei Liu: «Foreign language experience in infancy: Effects of short-term exposure and social interaction on phonetic learning», in: *Proceedings of the National Academy of Science, USA* 100 (2003), S. 9096–9101; Sarah Roseberry Lytle, Adrian Garcia-Sierra & Patricia K. Kuhl: «Two are better than one: Infant Language learning from video improves in the presence of peers», in: *PNAS* 115 (2018), S. 9859-9866; <https://doi.org/10.1073/pnas.1611621115>.

<sup>6</sup> Daniel Kish & Jo Hook: *Echolocation and FlashSonar: Guidebook to aid in mastery of echolocation skills*, Louisville, KY 2021.

<sup>7</sup> Frank R. Lin & Luici Ferrucci: «Hearing Loss and Falls Among Older Adults in the United States», in: *American Medical Association Archives of Internal Medicine* 172 (2012), S. 369-371.

<sup>8</sup> Asifa Majid et al.: «Differential coding of perception in the world's languages», in: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2018; 201720419 DOI: 10.1073/pnas.1720419115.

<sup>9</sup> Eagleman, *Inkognito*, a. a. O., S. 61-64.

<sup>10</sup> Harry McGurk & John MacDonald: «Hearing Lips and Seeing Voices», in: *Nature* 264 (23. Dezember 1976), S. 746–748.

<sup>11</sup> Anthony J. Bell: «Levels and Loops: the future of artificial intelligence and neuroscience», in: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B* (1999).

<sup>12</sup> Eagleman, *Inkognito*, a. a. O., S. 59-61.

<sup>13</sup> Ebd., S. 49-57.

<sup>14</sup> Jesse Schell: *The Art of Game Design: A Book of Lenses*, Boca Raton, FL 2015.

<sup>15</sup> <http://ashtonallan.com>; thesis; 201SymphonyHall PDF; *Acoustic Architecture Begins: Symphony Hall, Boston 1900*, Teil II, Kap. 1, S. 28-37, aufgerufen am 1. Juni 2021.

<sup>16</sup> Jennifer L. Eberhardt: *Biased: Uncovering the Hidden Prejudice That Shapes What We See, Think, and Do*, New York 2020.

<sup>17</sup> Emily Thompson: *The Soundscape of Modernity: Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America 1900 to 1933*, Cambridge, MA 2002.

<sup>18</sup> Thomas A. DeLong: *The Mighty Music Box: The Golden Age of Musical Radio*, Los Angeles 1980.

<sup>19</sup> Barry Blesser & Linda-Ruth Salter: *Spaces Speak, Are You Listening? Experiencing Aural Architecture*, Cambridge, MA 2006, S. 103-123.