

Wie In-Ears funktionieren und unsere Hörgewohnheiten künftig beeinflussen [vgl. die Studie zum iPod – s. GoogleDrive]

Kabellose In-Ears haben den Markt der Kopfhörer umgekrempelt. Heute sind sie auf dem Sprung zum Universalhörgerät.



(Bild: Albert Hulm)

Hartmut Gieselmann (heise.de, 29.01.2021)

Vor gut fünf Jahren brachte das Münchener Startup namens Bragi die ersten komplett kabellosen In-Ears auf den Markt, die per Bluetooth ans Smartphone gekoppelt wurden – und startete damit eine kleine Technikrevolution. Der große Marktdurchbruch gelang Apple ein Jahr später mit den AirPods, die sich mühelos mit Apple-Geräten koppeln ließen. Mittlerweile trifft man ihre Träger in jeder Straßenbahn.

Bragi setzte für seine Dash genannten In-Ears eine Übertragungstechnik aus der Hörgeräte-Industrie ein: NFMI (Nearfield Magnetic Induction). Sie ermöglicht es, dass ein per Bluetooth angeschlossener Ohrhörer Audiodaten zum zweiten Hörer über etwa 30 Zentimeter mit einem magnetischen Induktionsfeld überträgt. Der Vorteil von NFMI sind relativ kurze Latenzen, der Nachteil eine gewisse Anfälligkeit gegenüber hochfrequenten Störquellen, wie sie beispielsweise zur Diebstahlsicherung in Kaufhäusern zum Einsatz kommen.

Die Revolution hätte allerdings auch schon 2008 einsetzen können, als der größte deutsche Kopfhörerhersteller Sennheiser seine ersten komplett kabellosen In-Ears namens MX-W1 veröffentlichte. Diese nutzten damals noch die Bluetooth-Alternative Kleeer. "Wir waren der Zeit voraus", erklärt Frank Foppe, Global Product Manager bei Sennheiser. Ebenso wie Betamax bei den Videokassetten konnte sich Kleeer trotz technischer Vorzüge nicht durchsetzen und wurde in Smartphones nicht eingebaut.



Bereits 2008 brachte Sennheiser die ersten kabellosen In-Ears MX W1 auf den Markt. Weil sie zur Übertragung Kleer statt Bluetooth nutzten, konnten sie sich jedoch nicht durchsetzen. (Bild: Sennheiser)

Erst 2018 folgten Sennheisers kabellose Bluetooth-In-Ears Momentum True Wireless. Diese nutzten wie Bragi die NFMI-Technik zur Übertragung und erzielten vergleichsweise kurze Latenzen von rund vierzig Millisekunden. "Mittlerweile ist Bluetooth aber besser geworden, erklärt Foppe. Die zweite Generation Momentum True Wireless 2 setzt deshalb nicht mehr auf NFMI, sondern koppelt beide Ohrhörer per Bluetooth, ähnlich wie es Apple mit seinem proprietären Protokoll bei den AirPods macht. Das erhöht zwar die Latenz auf weit über hundert Millisekunden, verringert allerdings den Stromverbrauch und die Störanfälligkeit.

Nicht zuletzt dank effizienter Bluetooth-Implementierungen bereitet die Stromversorgung heute kaum noch einem Hersteller Probleme, wie unser aktueller Vergleichstest zeigt. Die meisten Modelle halten weit über vier Stunden durch und lassen sich in akkubetriebenen Aufbewahrungsboxen schnell wieder aufladen.

Passt's?

Woran die Hersteller noch tüfteln, ist unter anderem die Passform. Apples originale AirPods bestehen aus festem Kunststoff. Sie passen sich weder der Form des Ohres an noch schließen sie den Ohrkanal luftdicht ab. Deshalb sitzen sie bei manchen Menschen nicht besonders gut im Ohr oder drücken nach einiger Zeit.

Wenn der Ohrkanal nicht luftdicht abgeschlossen ist, lassen sich speziell tiefe Bassfrequenzen schwieriger übertragen. Deshalb nutzen die meisten Hersteller inzwischen flexible Gummimanschetten, die sie oft in mehreren Größen beilegen. Damit klappt die Bassübertragung, allerdings verstärken solche Abschlüsse auch die körpereigenen Geräusche – Fachleute sprechen vom Okklusionseffekt. Gehbewegungen oder die eigene Sprache hören sich dann sehr dumpf an.

Das Problem haben bislang nur wenige Hersteller gelöst: Apple zeichnet in den AirPods Pro körpereigene Geräusche über Mikrofone im Ohrkanal auf und gleicht sie mithilfe von Gegenschall und Lufteinlässen aus. Samsung verzichtet bei den Galaxy Buds Live ebenfalls auf luftabschließende Manschetten, baute zusätzliche Lufteinlässe ein und konnte dank einer Neuentwicklung von AKG die Basswiedergabe enorm verstärken. Als Dritter im Bunde setzt inzwischen auch Huawei in seinen In-Ears Lufteinlässe ein, um den Okklusionseffekt zu verringern. Bei aktuellen In-Ear-Modellen von Anbietern wie Bose, Nura oder Sennheiser stört die Okklusion hingegen noch.



Samsung baut wie Apple spezielle Lüftungsschlitze (Air vents) in die Galaxy Buds Live ein, um den Okklusionseffekt zu verringern. (Bild: Samsung)

Sportler haben zudem oft das Problem, dass die kabellosen Stöpsel leicht aus den Ohren rutschen. Zwei Methoden sorgen für einen festeren Sitz: Manche Modelle krallen sich mit kleinen Gummifinnen im Ohr fest, während andere mit Zusatzbügeln hinter dem Außenohr befestigt werden müssen. Letzteres ist zwar "bombensicher", aber auch sehr fummelig beim Auf- und Absetzen und stört Brillenträger.

Da jedes Ohr individuell geformt ist, können Ihnen bei der Wahl der richtigen Passform Tests in Zeitschriften oder auch YouTube-Videos wenig helfen. Letztlich müssen Sie die In-Ears selbst ausprobieren. Trotz der mitgelieferten Manschetten in verschiedenen Größen kann Ihr Ohr zu groß oder zu klein sein.



Der Hersteller Scheinhardt bietet Otoplastiken für AirPods und andere In-Ears an. Abdrücke nimmt ein Hörgeräteakustiker. Zum Aufladen im Case muss man die Passstücke wieder entfernen. (Bild: Scheinhardt)

Wenn gar nichts passen will, können Otoplastiken vom Hörgeräteakustiker helfen. Diese müssen allerdings individuell angepasst werden und kosten je nach Ausführung zwischen 150 und 200 Euro extra. Da die Otoplastiken zu den In-Ears passen müssen, sollten sich Interessierte vorab über die möglichen Modellkombinationen informieren.

Geräuschreduktion

Relativ neu ist die Möglichkeit kabelloser In-Ears, störende Außengeräusche mit einer aktiven Geräuschunterdrückung (ANC) zu reduzieren. Dazu fangen Außenmikrofone den Lärm auf und geben ihn phaseninvertiert ans Ohr weiter. Bei sonoren, tieffrequenten Maschinengeräuschen, etwa in Flugzeugen oder Zügen, kann das den Lärmpegel deutlich verringern. Schwieriger gelingt dies bei unstetigem Lärm mit höheren Frequenzen wie Sprache. Ein grundsätzliches Problem ist allerdings, dass ANC selbst mehr oder weniger deutlich rauscht und so den Musikgenuss trüben kann. In High-End-Kopfhörern ist es deshalb verpönt.

Eine dauerhafte Abschottung von Außengeräuschen bringt aber auch Nachteile mit sich. Ähnlich, wie sich die Pupille im Auge an helle und dunkle Lichtsituationen anpasst, reagiert auch das Gehör auf ruhige und laute Umgebungen. So ist eine "echte" Stille für das menschliche

Ohr nicht erreichbar. Wie der Komponist John Cage bereits in den 50er Jahren feststellte, hörte er sogar in einer schalltoten Kammer noch zwei Töne: Einen hohen, der durch seine Hörnerven erzeugt wurde, sowie einen tiefen, den die Zirkulation des Blutes im Ohr hervorrief. Hinzu kommen weitere Körpergeräusche, wenn man sich bewegt. Cage unterschied damals bewusst gehörte und unbewusst gehörte Geräusche und rückte letztere in seinem berühmten Stück 4:33 in den Fokus, dessen Partitur lediglich aus Pausenzeichen besteht.

Eine alleinige Reduktion von Umgebungsgeräuschen ist also nur die halbe Miete und führt dazu, dass die Körpergeräusche umso mehr in den Vordergrund rücken und störender wirken. Das ist vor allem bei Menschen, die unter einem Tinnitus leiden, ein Problem – dazu später mehr. Um die körpereigenen Geräusche zu reduzieren, muss eine aktive Geräuschunterdrückung also nicht nur Außen-, sondern auch Innengeräusche berücksichtigen. Dies ist bei In-Ear-Kopfhörern wesentlich wichtiger als bei Over-Ear-Modellen. Apples AirPods Pro können das bereits ganz ordentlich, andere Hersteller werden mit erweitertem ANC in den kommenden Monaten und Jahren nachziehen.

Gespannt sein darf man, ob es irgendwann gelingt, die Umgebungslautstärke wie bei einem Fernseher lauter oder leiser zu drehen. Die Prozessoren in den In-Ears sind gerade auf dem Sprung, dass sie mithilfe künstlicher Intelligenz verschiedene Geräusche unterscheiden und künftig etwa Sprache durchlassen und nervende Maschinengeräusche unterdrücken.

Transparente Hörgeräte

Ebenfalls recht neu sind die sogenannten Transparenzmodi. Dabei leiten die Mikrofone der In-Ears Außengeräusche ans Ohr weiter. Idealerweise sollen Nutzer mit In-Ears damit ihre Umgebung genauso gut hören wie ohne Stöpsel. Das klappt bislang aber nur bei wenigen Herstellern gut. Oft klingen die Umgebungsgeräusche unnatürlich, zu dumpf oder die In-Ears rauschen laut. In jedem Fall gehen bei der Weiterleitung durch die Mikrofone Richtungsinformationen verloren. Durch Reflexionen der Schallwellen an Schultern, Kopf und der Ohrmuschel sowie damit verbundenen Phasenverschiebungen kann das Gehirn die Richtung einer Schallquelle relativ gut lokalisieren. Diese Zusatzinformationen fangen Mikrofone von kabellosen In-Ears bislang nicht ein.



Zusatzmikrofone von Noopl sollen aus einem iPhone mit AirPods Pro eine Hörhilfe für unübersichtliche Gesprächssituationen machen. (Bild: Noopl)

Immerhin gibt es erste Ansätze, In-Ears in Verbindung mit Smartphones zu günstigen Hörgeräten auszubauen. So hat das US-Startup Noopl einen Aufsatz für iPhones entwickelt, der mit einem Array aus drei Mikrofonen Gespräche aus der Umgebung verstärken soll. Dazu legen Anwender einfach ihr iPhone auf den Tisch und setzen sich AirPods Pro in die Ohren. Da

diese mit Bewegungssensoren ausgerüstet sind, erkennt das Mikrofon-Array die Richtung, in die der Anwender schaut, und verstärkt die Sprache des dort sitzenden Gesprächspartners.

Solche Hörhilfen sind der nächste Schritt und können In-Ear-Träger mit einer einsetzenden Schwerhörigkeit unterstützen, ohne dass sie ein deutlich teureres Hörgerät benötigen. Nicht zuletzt wird die wachsende Verbreitung von In-Ears die gesellschaftliche Akzeptanz von Hörgeräten verbessern. Man versucht nicht mehr, sie zu verstecken, sondern stellt sie im Gegenteil als cooles Gadget stolz zur Schau.

Klanganpassungen

Weil Menschen unterschiedliche Klangvorlieben haben, versuchen Hersteller, den Sound ihrer In-Ears den Bedürfnissen der Kunden anzupassen. Der eine mag lieber eine neutralere Wiedergabe, der andere möglichst viel Bass. Unterschiedliche Beschaffenheiten des Trommelfells und Ohrkanals sorgen zudem für unterschiedliche Resonanzen, die In-Ears bei der Wiedergabe ausgleichen müssen. Apples AirPods Pro machen das über die Mikrofonüberwachung weitgehend automatisch.

Andere Anbieter vermessen dazu das Ohr und speichern Klangprofile ab. Allerdings gelingt das nur wenigen Herstellern gut. Verfahren, die beispielsweise Fotos vom Ohr aufnehmen (Creative Labs, Sony) oder die Hörschwelle in verschiedenen Frequenzbereichen prüfen (Beyerdynamic, Jabra) konnten uns bislang nicht überzeugen. Meist sind die Anpassungen der Frequenzkurven zu ungenau. Mit am besten gelingt es noch dem Hersteller Nura, dessen In-Ears und Kopfhörer über eine App Profile anlegen. Die Ergebnisse sind allerdings nicht unbedingt besser als bei hochwertigen Kopfhörern mit unveränderlichem Klangprofil.

Ebenso berücksichtigt bislang kein uns bekanntes System die Lautstärke bei der Wiedergabe. Denn das menschliche Gehör reagiert bei niedrigen Lautstärken deutlich unempfindlicher auf tiefe und hohe Frequenzen als bei hohen Lautstärken. Eine gute Anpassung müsste daher stets mit einem Mikrofon den tatsächlichen Frequenzverlauf im Ohrkanal prüfen und Bässe sowie Höhen abhängig von der Lautstärke anheben und absenken.

3D-Sound und Tinnitus

Individuelle Klangprofile werden insbesondere wichtig für eine dreidimensionale binaurale Wiedergabe. Audiolabors erstellen dazu individuelle Filter, sogenannte Head Related Transfer Functions (HRTF), indem sie kleine Mikrofone vor dem Trommelfell von Probanden platzieren und deren Höreindruck von Schallquellen aus verschiedenen Richtungen aufnehmen. Im Bereich der Unterhaltungselektronik rechnet sich ein solcher Aufwand kaum, weshalb Hersteller mit standardisierten HRTF arbeiten. Diese verschlechtern meistens die Klangqualität.

Zu den Ausnahmen gehören Apples AirPods Pro, die bei der Filmwiedergabe auf neueren iPhones und iPads ab iOS 14 einen 3D-Modus unterstützen. Dabei scheinen fünf virtuelle Lautsprecher im Raum platziert zu sein, die sogar ihre Position halten, wenn der Hörer den Kopf dreht – Bewegungssensoren in den AirPods Pro machen es möglich. Samsung will ein ähnliches System in den Galaxy Buds Pro auf den Markt bringen, die uns leider nicht mehr rechtzeitig zum Test erreichten.

Schaut man in die Zukunft, so würde sich eine bessere individuelle Klanganpassung auch zur Behandlung von Tinnitus anbieten. Aktuell basieren etwa manche Medizin-Apps darauf, dass sie Patienten verschiedenes Rauschen vorspielen, das den Tinnituston maskiert. Oder sie

versehen Musik mit einem Notch-Filter, das die zuvor individuell bestimmte Frequenz des Tinnitus ausfiltert. Derartige Funktionen ließen sich auch in In-Ears relativ einfach implementieren – ohne dass Anwender teure Abos für spezielle Apps abschließen müssten.

Konzerte und Latenzen

Die kommende Generation von In-Ears wird zunächst einmal die Bluetooth-Übertragung verbessern. So sieht die neueste Bluetooth-Spezifikation 5.2 unter anderem vor, dass Kopfhörer Broadcast-Signale empfangen, ohne mit Zuspätkommern gekoppelt werden zu müssen. Damit könnten Veranstalter von Konferenzen Übersetzungen direkt auf die Kopfhörer der Besucher streamen. Diskos und Konzerte könnten mit Kopfhörern auch in dicht besiedelten Wohngebieten stattfinden, ohne die Nachbarn zu stören. Kinos könnten verschiedene Sprachversionen eines Films ausstrahlen.

Ungelöst bei Bluetooth ist derweil noch das anfangs erwähnte Latenzproblem. Android und iOS gleichen zwar die von den In-Ears mitgeteilten Übertragungsverzögerungen bei der Wiedergabe von Videos aus, beim Betrieb mit smarten Fernsehern oder Windows-Rechnern klappt das allerdings nicht. Nur wenige Bluetooth-Kopfhörer schaffen es, unter der für eine lippensynchrone Wiedergabe maximal erwünschten Verzögerung von 60 bis 80 Millisekunden zu bleiben. Viele Modelle liegen im Bereich von 200 Millisekunden, einzelne verzögern das Signal sogar um 400 Millisekunden.

Im Unterhaltungsbereich stört das unter anderem Spieler, die in einem Online-Gefecht ihren Gegner zu spät hören. Noch empfindlicher reagieren allerdings Musiker auf Latenzen. Verzögerungen von mehr als zehn Millisekunden stören beim Spielen eines Instruments schon sehr. Professionelle In-Ear-Monitoring-Systeme setzen deshalb auf spezielle Funksysteme, oft mit analoger Übertragung. Derartige Anwendungsszenarien sind für Bluetooth bislang nicht geplant, weshalb es bei Audio-Übertragungen im professionellen Musikbereich bislang keine Rolle spielt.

Ausblick

Die aktuelle Generation von In-Ears kann in puncto Klangqualität und Akkulaufzeit durchaus überzeugen. Die ständige Verfügbarkeit verlockt natürlich dazu, In-Ears den ganzen Tag zu tragen. Besonders gut für die Ohren ist das jedoch nicht. Wer sich stets abkapselt und permanent gleich laute Musik konsumiert, dessen Gehör verlernt auf Dauer die Fähigkeit, Umgebungsgeräusche in allen Details wahrzunehmen – trotz der beworbenen "Transparenz-Effekte" und "3D-Sound-Simulationen". Bei ihnen gibt es ebenso wie bei den Maßnahmen gegen den Okklusionseffekt und dem Einsatz als Hörhilfe noch viel Luft nach oben.

Aufgrund hoher Absatzzahlen und lukrativer Gewinnmargen drängen immer mehr Hersteller mit In-Ears auf den Markt. Das lässt auf weitere Innovationen hoffen. Der Boom ruft natürlich auch Nachahmer und sogar Fälscher auf den Plan. Schauen und hören Sie also genau hin.