

## Aufbau und Funktionen des Ohrs

Das Ohr ist der Sitz von zwei verschiedenen Sinnen: dem Hörsinn und dem Gleichgewichtssinn.

- Mit dem Hörsinn nimmt der Mensch Schallwellen in Form von Musik, Sprache, Geräuschen usw. wahr.
- Mit dem Gleichgewichtssinn erfasst der Mensch Stellung, Lage und die Bewegungen seines Körpers im Raum.

### Gesamtohr

Das **gesamte Ohr** besteht aus drei Abschnitten:

äußeres Ohr – auch Außenohr genannt – Mittelohr und Innenohr.

Zum **Hörorgan** gehören:

äußeres Ohr, Trommelfell, Mittelohr und als Teil des Innenohrs die sog. Schnecke. In der Schnecke befinden sich zwei Öffnungen, die mit einer dünnen Haut überzogen sind. Man nennt sie nach ihrer Form rundes und ovales Fenster.

Das **Gleichgewichtsorgan** liegt mit im Innenohr. Es besteht aus den Bogengängen und dem Vorhof des Innenohrs.

### Äußeres Ohr

Zum äußeren Ohr gehören die **Ohrmuschel** und der **Gehörgang**.

#### Ohrmuschel

Die Ohrmuschel ist eine durch eine elastische Knorpellamelle gestützte Hautfalte, die den Ausgang des Gehörgangs umgibt.

Die Ohrmuschel weist von Mensch zu Mensch große individuelle Variabilität auf, wie das für rudimentäre Organe oder Organteile charakteristisch ist. Die Unterschiede beruhen auf der Form und den Krümmungsverhältnissen des Knorpels. Wenig ausgeprägt ist an der menschlichen Ohrmuschel vor allem die Einrollung des oberen Randes, der bei vielen Tieren (Nager, Fledermäuse, Pferden usw.) stärker ausgeprägt ist.

Typisch für den Menschen ist dagegen das **Ohr läppchen**, das sonst nur ansatzweise bei den Menschenaffen vorkommt. Es besteht nicht aus Knorpel, sondern aus Fettgewebe.

Die **Ohrmuschel** wirkt zusammen mit dem Gehörgang in gewissem Umfang wie ein Schalltrichter, hat also schallverstärkende Wirkung. Jedoch sind Größe und Form der Ohrmuschel für den Hörvorgang nicht entscheidend. Personen mit abstehenden Ohren z. B. hören, sofern sonst keine Veränderungen vorliegen, genauso gut wie Personen mit anliegenden. „Segelohren“ mögen ästhetischen Kriterien nicht entsprechen, sind aber in keiner Weise „schädlich“. Erst ein völliges Fehlen der Ohrmuschel kann sich evtl. durch Verminderung der Richtwirkung beim Hören bemerkbar machen. Beim räumlichen Hören wertet der Hörsinn u. a. auch die Frequenzzusammensetzung und damit den Klang aus, der sich mit der Einfallsrichtung ändert.

Bei vielen Tieren ist die **Ohrmuschelstellung** durch muskuläre Bewegung veränderbar (die Katze „spitzt“ die Ohren). Beim Menschen gibt es zwar ebenfalls diese Muskeln (musculi auricularii), sie sind aber rudimentär, d. h. entwicklungsgeschichtlich stark zurückgebildet. Daher ist das „Ohrenwackeln“ nicht jedem möglich.

### Gehörgang

Der **Gehörgang** ist bis ca. 3 cm lang. Er verläuft spiralig und hat zwei Biegungen. Damit man das Trommelfell am Ende des Gehörgangs sehen kann, muss man die Ohrmuschel nach hinten und oben ziehen. Der Gehörgang besitzt aufgrund seiner Länge, Form und Volumen eine besonders gute Resonanz für Töne um ca. 3.000 Hz. Das heißt, der Sprachfrequenzbereich wird bereits im Gehörgang verstärkt.

In der Wand des Gehörgangs liegen Talgdrüsen und Haarbälge: Die **Talg- und Ohrenschmalzdrüsen** bilden ein bräunliches, wachartiges Ohrenschmalz (Cerumen) in kleinen Schüppchen. Die **Haarbälge** sind Hauteinstülpungen, aus denen das Haar wächst. Die Ohrhärchen dienen in geringem Umfang dem Schutz des Gehörgangs vor dem Eindringen von Wasser und Fremdkörpern.

### Mittelohr

Das anschließende Mittelohr besteht aus dem Trommelfell und der luftgefüllten Paukenhöhle mit den darin befindlichen Gehörknöchelchen.

Das **Trommelfell**, ein 0,1 mm dickes Häutchen, schließt den Gehörgang gegenüber der Paukenhöhle des Mittelohrs ab. Es ist fest mit einem Teil des Hammerknöchelchens verwachsen. Dadurch wird es gespannt und erhält die Form eines Trichters.

(Durch die Spannung wird es übrigens für hohe Frequenzen empfindlicher.)

Die **Ohrtrumpete** („Eustachische Röhre“) stellt die Verbindung zwischen der Paukenhöhle und dem Rachenraum her und ermöglicht einen Druckausgleich.

### Paukenhöhle mit den Gehörknöchelchen

Die Paukenhöhle ist ein lufthaltiger Raum, der von Knochen umgeben ist. In ihr befinden sich die drei Gehörknöchelchen Hammer, Amboss und Steigbügel.

Der **Hammer** ist mit dem Trommelfell, der Mittelohrwand und dem Amboss verbunden. Die Verbindungen der Gehörknöchelchen untereinander sind gelenkig.

Der **Amboss** seinerseits ist mit dem Steigbügel über kleine Gelenke verbunden.

Der **Steigbügel** liegt mit seiner Fußplatte auf einer Öffnung des Innenohrs, die man ovales Fenster nennt.

Die Aufgabe der Gehörknöchelchen beim Hörvorgang ist es, die Schwingungen des Trommelfells aufzunehmen und auf das ovale Fenster der Schnecke im Innenohr zu übertragen.

### Ohrtrumpete

Die Ohrtrumpete oder Eustachische Röhre dient der Belüftung des Mittelohrs und verbindet dazu die Paukenhöhle mit dem Rachenraum. Sie ist normalerweise geschlossen und öffnet sich nur beim Schlucken oder Gähnen. Dadurch wird ein Druckausgleich zu beiden Seiten des Trommelfells bewirkt.

Manchmal kann sich die Eustachische Röhre nicht mehr öffnen, z. B. bei Erkältungen oder schnellen Luftdruckänderungen (Fliegen, Tunnel). Dann kann in der Paukenhöhle ein Unterdruck entstehen, weil die Schleimhaut der Paukenhöhle Sauerstoff verbraucht. Dieser Unterdruck zieht das Trommelfell nach innen und hält es in gespanntem Zustand, so dass es nicht mehr zu Schwingungen fähig ist. Dadurch wird die Hörfähigkeit stark eingeschränkt. In diesen Fällen kann durch bewusstes Schlucken oder Gähnen ein Öffnen der Eustachischen Röhre und damit ein Druckausgleich in der Paukenhöhle bewirkt werden.

### Mittelohr entscheidend für den Hörvorgang

Würde der Schall ohne Mittelohr direkt auf das ovale Fenster der Schnecke fallen, käme es zu fast 100%iger Reflexion. Die auf den ersten Blick „übertrieben aufwändige“ Konstruktion des Mittelohrs verhindert diese Reflexion und erreicht eine praktisch verlustfreie Einleitung der gesamten Schallenergie in der Schnecke. Auch im Tierreich erkennt man, dass die Tiere mit gut ausgebildetem Mittelohr wie Hund oder Wüstenfuchs besonders gut hören.

### Innenohr mit dem Hörorgan

Im Innenohr befinden sich **Gleichgewichtssinn und Hörsinn**.

Das Innenohr liegt in einem sehr kompliziert gebauten Hohlraumsystem des Felsenbeins, einem Teil des Schläfenbeins. Man nennt dieses System aus knöchernen Hohlräumen das „knöcherne Labyrinth“.

Das knöcherne Labyrinth besteht aus drei Abschnitten: dem Vorhof, den drei Bogengängen und der Schnecke.

Der **Gehörsinn liegt in der Schnecke**, der Gleichgewichtssinn im Vorhof und in den Bogengängen.

### Schnecke

Die ausgerollt ca. 32 mm lange Schnecke (**Cochlea**) ist der Teil des knöchernen Labyrinths, in dem der Hörsinn sitzt. Sie hat 2,5 Windungen und besteht aus drei mit Flüssigkeit gefüllten, durch Membranen in Längsrichtung getrennten Kammern.

Die Schnecke hat zur Paukenhöhle hin zwei Fenster, das ovale und das runde Fenster. Vor diesen Fenstern ist jeweils ein dünnes Häutchen.

Vor dem **ovalen Fenster** liegt die Platte des Steigbügels. Das heißt, durch dieses Fenster wird der Schall eingeleitet.

Das **runde Fenster** ist zur Paukenhöhle hin mit einer Membran bedeckt. Dieses Fenster bzw. die elastische Membran dient sozusagen als „Schallausgang“. Denn würde die Schnecke „hart“ enden, würde der Schall reflektiert und es käme zu Echoeffekten im Hörorgan.

Die Schnecke besteht aus zwei gewundenen Gängen, einem knöchernen und einem häutigen Gang. Man nennt diese beiden Gänge auch „häutige und knöcherne Schnecke“.

Die **knöcherne Schnecke** wird in einen aufwärts führenden und einen abwärts führenden Bereich unterteilt:

Der beginnend am ovalen Fenster aufwärts führende Teil heißt **Vorhoftreppe**. Hier läuft der Schall ein.

Der von der Schneckenspitze abwärts zum runden Fenster führende Teil heißt **Paukentreppe**.

Hier läuft der Schall sozusagen „aus“.

Zwischen den beiden Treppen verläuft als dünner Schlauch innerhalb der knöchernen Schnecke die im Querschnitt dreieckig erscheinende **häutige Schnecke**. Sie ist auch mit Flüssigkeit gefüllt, der **Endolymphe**.

### Cortisches Organ mit den Hörzellen

In der mittleren Kammer, der häutigen Schnecke, liegt das Cortische Organ, das eigentliche Hörorgan. Es ist das Ensemble aus Basilarmembran, Haarzellen und Deckmembran. Auf der Basilarmembran, einer der beiden Trennmembranen, liegen die Haarzellen, in Längsrichtung gesehen eine innere Reihe mit 5.000 und drei äußere Reihen mit insgesamt 15.000 Zellen. Diese Haarzellen werden durch eine Deckmembran gekapselt.

Wird nun ein Schallsignal durch das ovale Fenster als Wanderwelle in den Vorhofgang eingeleitet, wird ihre Bewegung auf die Basilarmembran übertragen. Die Bewegung der Endolymphe verursacht eine relative Bewegung zur Deckmembran. Die dazwischen liegenden feinen Härchen (Zilien) werden gebogen oder vollführen eine Scherbewegung. Das löst einen elektrochemischen Prozess in den Sinneszellen aus, der mit elektrischen Impulsen von den Haarsinneszellen über die Nervenzellen an das Hörzentrum im Gehirn führt. Dies geschieht über die härchenartigen Fortsätze der Sinneszellen, die mit der gallertartigen Deckmembran verbunden sind. An ihrem Grund sind diese Haarzellen mit Fasern des VIII. Hirnnerven, dem Hörnerven, verbunden. Erst im Hirn kommt dann das Zusammenwirken von linkem und rechtem Ohr, ja überhaupt die eigentliche Wahrnehmung, das Erkennen, das Interpretieren und ggf. Verstehen des Schallsignals zustande.

### Vorhof und Bogengänge des Gleichgewichtsorgans

Im Innenohr liegt neben der Schnecke des Hörorgans auch das Gleichgewichtsorgan mit dem Vorhof und den Bogengängen. Man unterscheidet am Gleichgewichtsorgan den **Lagesinn** und den **Drehsinn**:

- Der **Lagesinn** besteht aus dem **Vorhof** mit seinen beiden Vorhofsäckchen zur Wahrnehmung von **Lage im Raum** und **geraden Bewegungen**.
- Der **Drehsinn** besteht aus den drei Bogengängen zur Wahrnehmung von **Drehbewegungen**.

### Lagesinn (Vorhof)

Der Vorhof wird von zwei Bläschen gebildet, dem großen und kleinen Vorhofsäckchen. Jedes Vorhofsäckchen enthält Endolymphe und eine gallertartige Platte, in der sich kleine Kalkkristalle befinden. In die Gallertmasse ragen Sinneshärchen.

Die beiden Platten des Lagesinnesorgans stehen senkrecht zueinander.

Dabei funktioniert der Lagesinn so:

- Jede Lageveränderung des Kopfes führt zu einem Verschieben der **Gallertplatte**.
- Die **Kalkkristalle** in der Gallertplatte wirken sozusagen als „Ballast“, der die träge Masse des Lageorgans und damit die Empfindlichkeit für die Schwerkraftwahrnehmung verstärkt. (Die Endolymphe um die Gallertplatte wirkt sozusagen als hydraulisches Dämpfungselement, ähnlich wie die Flüssigkeitsfüllung in einem guten Kompass.)
- Durch die Verschiebung der Gallertplatte werden die **Sinneshärchen** gebogen. Jede Veränderung der Lage des Kopfes führt also zu einer Veränderung der Gallertmasse und damit zu einer Erregung des Lagesinns.
- Dieses Biegen der Sinneshärchen erzeugt in den Sinneszellen eine elektrische Spannung, einen **Nervenimpuls**.
- Dieser Nervenimpuls wird an das **Gehirn** weitergeleitet und dort ausgewertet. In Koordination mit dem visuellen Sinn und dem Tastsinn (Schwerkrafteinwirkung auf die Hautoberfläche, z. B. Fußsohlen) wird damit die Veränderung bzw. der Ist-Zustand der Lage erkannt.

### Drehsinn (drei Bogengänge)

Die **drei Bogengänge** des Drehsinns stehen **im rechten Winkel zueinander**, entsprechen also einem 3-D-Koordinatensystem. Die Bogengänge beginnen und enden im Vorhofbereich. In den Bogengängen befindet sich eine Flüssigkeit, die „Endolymphe“, die je nach Bewegung des Kopfes in dem jeweiligen Gang hin und her läuft.

Als Maß für die Körperdrehung dient die **Bewegung der Endolymphe**, die in den sog. Ampullen erfasst wird. Direkt am Vorhof hat jeder Bogengang eine Erweiterung, die sog. Ampulle. In der **Ampulle** befindet sich eine **gallertartige Masse**, in die **feine Härchen** ragen. Diese Sinneszellen führen zu Nervenzellen, die wiederum mit dem Gehirn verbunden sind.

Mithilfe der Bogengänge werden Drehbewegungen wahrgenommen:

Bei einer **Drehung des Kopfes** wird die Flüssigkeit (Endolymphe) in den Bogengängen bewegt. Die Bewegung verdreht die Gallertmasse, in der nun die gebündelten Sinneshärchen gebogen werden. Dieses **Verbiegen der Härchen** führt nun wieder zu einer Reizung der Nervenzellen. Diese Nervenimpulse werden an das Gehirn übermittelt, das daraus die Drehung des Kopfes ermittelt. Dreht man sich einmal langsam um die eigene Achse, dann bewegt sich die Endolymphe ebenfalls mit und stoppt mit der Drehbewegung. Dreht man sich mehrmals schnell und stoppt abrupt, fließt die Endolymphe wegen ihrer Trägheit noch weiter. Dadurch bewegen sich die gebündelten Sinneshärchen noch, obwohl die Drehbewegung des Körpers bereits abgeschlossen ist, es entsteht ein **Schwindelgefühl**.