

# Das Ohr

## 1. Die Lauscher auf Empfang

Über die Ohren nehmen wir Geräusche und Töne wahr. Die tiefsten vom Menschen wahrgenommenen Töne haben 16 bis 20 Schwingungen pro Sekunde (16 – 20 Hz), die höchsten gegen 20'000 (20'000 Hz). Die obere Hörgrenze sinkt im Laufe des Jahres stark ab

Stell dir vor, du hättest keine Ohren. Es wäre still, grenzenlos still um dich herum: keine Stimmen, keine Musik, kein Strassenlärm und kein Vogelgesang. Hören heisst: Schall aufnehmen und auswerten.

Stell dir vor du wärst taub. Beschreibe wie du dich fühlst und was du vermisst.

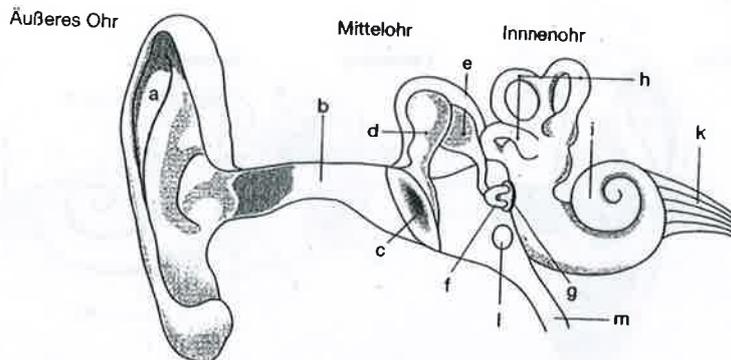
.....

.....

.....

Beim Ohr werden drei Teile unterschieden: Aussenohr, Mittelohr und Innenohr.

Benenne die dargestellten Teile des Ohres und gib an, welche Aufgabe sie beim Hörvorgang haben.



| Bezeichnung      | Aufgaben                                 |
|------------------|--|
| a Ohrmuschel     | fängt Schallwellen ein                   |
| b Gehörgang      | leitet Schallwellen zum Trommelfell      |
| c Trommelfell    | setzt Luftschwingungen in mechanische um |
| d Hammer         | nimmt Schwingungen des Trommelfells auf  |
| e Amboss         | Kraftverstärkung                         |
| f Steigbügel     | Druck gegen ovales Fenster               |
| g ovales Fenster | elastisch, setzt Gehörwasser in Bewegung |
| h Bogengänge     | Gleichgewichtsorgan                      |
| i Schnecke       | Sitz der Hörsinneszellen                 |
| k Hörnerv        | leitet Erregungen zum Gehirn             |
| l rundes Fenster | dient dem Druckausgleich in der Schnecke |
| m Ohrtrompete    | Verbindung von Mittelohr und Rachenraum  |

## 1.1 Das Aussenohr

Es umfasst die Ohrmuschel, den Gehörgang und das Trommelfell. Schon gewusst, dass der Ohrenschmalz, der sich auch im Aussenohr befindet, eine wichtige Funktion hat? Er befördert Staub nach aussen und schützt den Gehörgang vor Austrocknung und Krankheitserregern.

Beim Hören treffen die Schallwellen auf die Ohrmuschel, die wie ein Trichter wirkt. Je grösser die Muschel ist, desto mehr Schallwellen kann der Mensch aufnehmen, desto besser kann er also hören. Willst du besonders gut hören, so legst du eine Hand hinter dein Ohr, um die Muschel zu vergrössern.

Die Schallwellen durchwandern den Gehörgang und treffen aufs Trommelfell, ein kleines, elastische Häutchen. Das Trommelfell beginnt zu schwingen.

Lies und ergänze den Text zum Aussenohr mit Hilfe der folgenden Begriffe:

*Luftschwingungen, Schallfänger, Sinnesorgan, Mittelohr, Trommelfell, Drüsen, äusserer, Gehörgang, Schallwellen, Fremdkörpern, Ohrmuschel, Ohrenschmalz*

Das Ohr ist das Sinnesorgan für die Aufnahme von Schallwellen. Sichtbar ist nur sein äusserer Teil. Was uns am Ohr zuerst auffällt, ist sicher die Ohrmuschel, die bei den Menschen unterschiedlich in Form und Grösse sein kann (beispielsweise die "Segelohren" von Prinz Charles!). Die Ohrmuschel dient als Schallfänger und leitet die Schallwellen in den Gehörgang.

Die Haare am Eingang zum Gehörgang verhindern das Eindringen von Fremdkörpern. In den Wänden des Gehörgangs sind tausende von Drüsen eingebettet, die das fettige Ohrenschmalz absondern.

Der Gehörgang wird an seinem inneren Ende von einer zarten, elastischen und gespannten Haut, dem Trommelfell, abgeschlossen. Es ist ein rundes Häutchen von ca. 1 cm Durchmesser und 0,1 mm Dicke. Das Trommelfell übernimmt die ankommenden Luftschwingungen, die jeder Ton erzeugt, und leitet sie zum Mittelohr weiter.

## 1.2 Das Mittelohr

Im Mittelohr werden nun diese Schwingungen an die drei winzigen Ohrknöchelchen, den Hammer, den Amboss und den Steigbügel, weitergegeben und verstärkt. Übrigens: Der 3mm lange Steigbügel ist mit 3mg Gewicht der kleinste Knochen des menschlichen Körpers. Der Steigbügel hat zu einem Häutchen, dem „ovalen Fenster“, Kontakt. Es trennt das Mittelohr vom Innenohr.

Lies den folgenden Text zum Mittelohr und markiere die wichtigsten Begriffe.

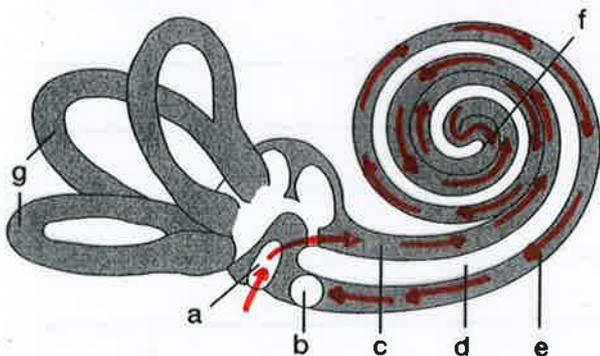
*Das Mittelohr (= Paukenhöhle) ist ebenfalls mit Luft gefüllt. Durch die Ohrtrompete (= Eustachische Röhre) ist sie mit der Nasen- und Rachenhöhle verbunden. Die wichtigsten Teile des Mittelohrs sind drei winzige Knöchelchen: Hammer, Amboss und Steigbügel! Diese mechanischen Hebelarme verstärken einerseits die Schwingungen und leiten sie andererseits vom Trommelfell an das ovale Fensterchen weiter. Dieses überträgt die Schwingungen an das Gehörwasser in der Gehörschnecke. Ausser durch die Schädelknochen ist das mittlere Ohr vom Innenohr noch durch das runde Fensterchen getrennt. Die drei Gehörknöchelchen bilden also die Brücke vom äusseren zum inneren Ohr.*

## 1.3 Das Innenohr

Hinter dem ovalen Fenster im Innenohr befindet sich das eigentliche Hörorgan, die Schnecke. Sie ist mit Flüssigkeit gefüllt. Die Schwingungen durchwandern diese Flüssigkeit und streifen an den unzähligen Hörsinneszellen vorbei. Von diesen Sinneszellen aus leiten Nervenzellen die Hörempfindungen zum Gehirn. So kannst du hören!

Im Innenohr befinden sich zugleich auch noch drei Bogengänge, die für dein Gleichgewicht zuständig sind.

Benenne die im Längsschnitt dargestellten Teile des Innenohrs.



- a ovales Fenster
- b rundes Fenster
- c Vorhofgang
- d Schneckengang
- e Paukengang
- f Schneckentor
- g Bogengänge (Gleichgewichtsorgan)

Kennzeichne anschliessend mit einem Farbstift den Verlauf der Druckwelle in der Schnecke.

Lies den folgenden Text und ergänze die fehlenden Begriffe:

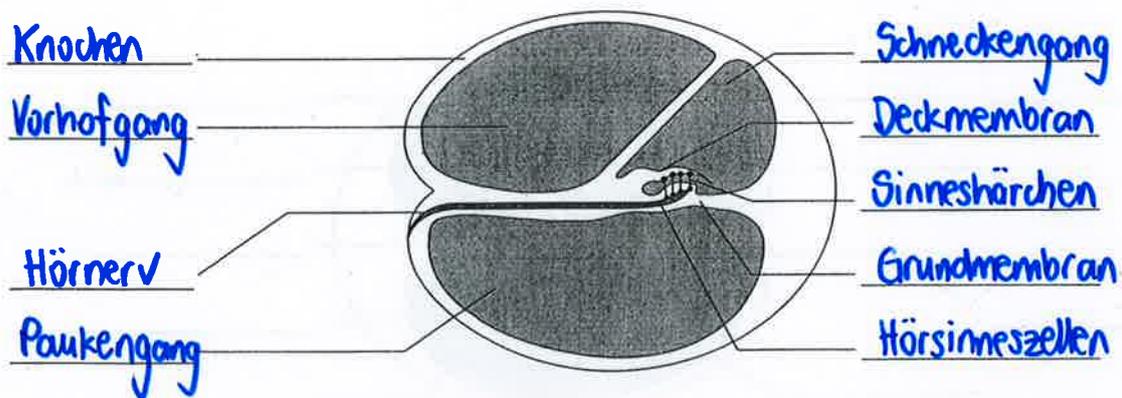
*Grundmembran, runde, Hörsinneszellen (2mal), Paukengang, Hörnerv, ovale, Vorhofgang, Deckmembran, Schneckenkor, Sinneshärchen*

Der Steigbügel überträgt die Schwingungen über das ovale Fenster auf das Gehörwasser in Vorhofgang, Schneckenkor und Paukengang.

Zum Druckausgleich wird das runde Fenster nach außen gewölbt. Wenn die Schwingungen auf die Grundmembran treffen, werden die Sinneshärchen der Hörsinneszellen gegen die Deckmembran gedrückt und gereizt.

Die Hörsinneszellen geben dann eine Erregung über den Hörnerv zum Gehirn weiter.

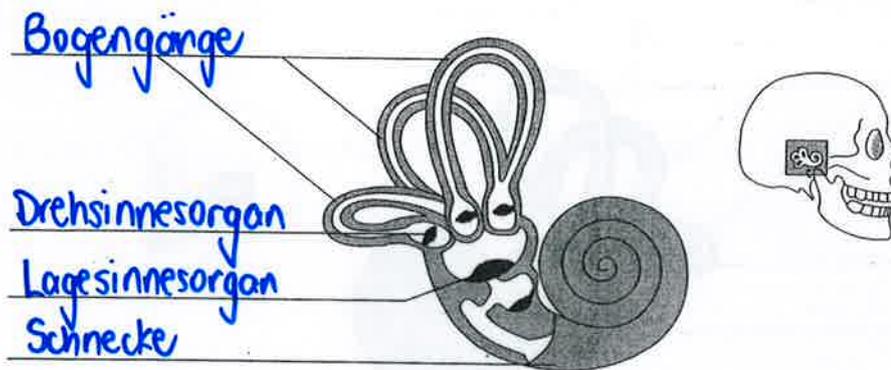
Die folgende Abbildung zeigt einen Querschnitt durch die Schnecke. Beschrifte mit den obenstehenden Begriffen.



## 2. Das Gleichgewichtsorgan

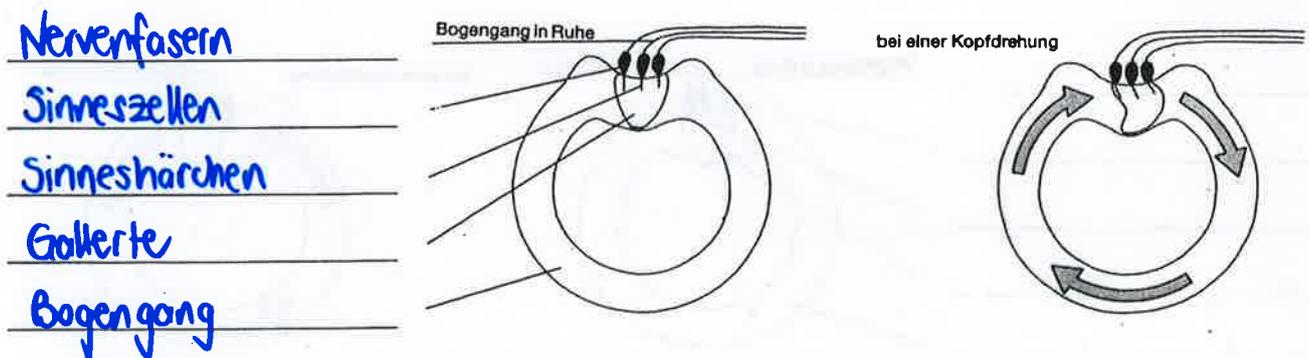
Das Gleichgewichtsorgan liegt im innern Ohr und besteht aus drei senkrecht aufeinander stehenden Bogengängen, dem *Labyrinth*. Dieses ist mit Flüssigkeit gefüllt. Wenn wir den Kopf rasch drehen, bleibt die Flüssigkeit zurück, wie das Wasser in einem Teller, den wir rasch wegziehen. Diese Flüssigkeit drückt auf die Sinneszellen und reizt sie. Dadurch spüren wir unsere Kopfbewegungen. In den beiden rundlichen Höhlen ruht eine *gallertartige Masse* auf feinen Sinneshäärchen. Wenn wir den Kopf neigen, verlagert sich diese Masse durch ihr Gewicht und reizt andere Sinneszellen. So empfinden wir unsere Gleichgewichtslage. Bei ständiger Verlagerung dieser gallertartigen Masse, zum Beispiel beim Schaukeln oder auf einem Schiff bei Sturm, werden die Sinneszellen überreizt. Wir spüren das als Schwindel (Seekrankheit).

Beschrifte die Abbildung.



### 2.1 Das Drehsinnesorgan

Die schematischen Darstellungen zeigen das Drehsinnesorgan in Ruhe und Bewegung. Beschrifte die Abbildung.



*Arbeitsweise des Drehsinnesorgan:*

Bei einer Drehung des Kopfes bewegt sich die träge Flüssigkeit im Bogengang nicht mit. Die Gallerte wird dadurch ausgebeult und die Sinneshäärchen gebogen. Dadurch werden die Sinneszellen gereizt und leiten die Erregung zum Gehirn.

## 2.2 Das Lagesinnesorgan

Die schematischen Darstellungen zeigen das Lagesinnesorgan. Beschrifte die Abbildung.

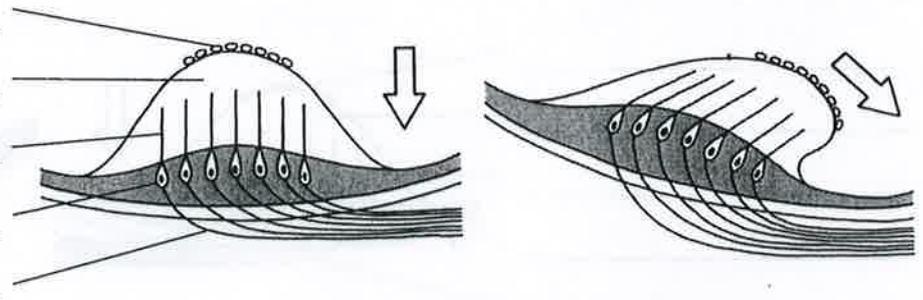
Kristalle

Gallerte

Sinneshörchen

Sinneszellen

Nervenfasern



**Arbeitsweise des Lagesinnesorgan:**

Bei einer Neigung des Kopfes verschiebt sich die Gallerte mit den Kristallen, so dass die Sinneshörchen umgebogen werden. Die Sinneszellen werden gereizt und leiten die Erregung zum Gehirn.

## 3. Lärm macht krank

Dauerlärm von mehr als 100 Dezibel kann zu Schwerhörigkeit führen. Das Innenohr wird geschädigt, denn zu starke Bewegungen der Membran zerstört die darauf befindlichen Haarzellen, die dann nicht mehr funktionsfähig sind.

Die Lautstärke kann man messen

Menschen empfinden die Lautstärke von Schall sehr unterschiedlich. Was dir noch gefällt, kann deinem Mitschüler schon zu laut sein.

Es gibt jedoch ein Gerät, mit dem man die Lautstärke objektiv messen kann. Die Einheit für die Lautstärke heißt Dezibel und wird dB abgekürzt. In der nebenstehenden Tabelle kannst du einige Lautstärkewerte ablesen.

Wird der Lautstärkewert von 80 dB auf Dauer überschritten, so treten Gehörschäden auf. Besucher von Rockkonzerten oder Diskos klagen hinterher oft über ein Pfeifen in den Ohren. Wenn du die Werte für solche Veranstaltungen auf der Tabelle nachliest, wirst du feststellen, dass sie über den unschädlichen Werten liegen.

Übrigens: Messungen an Kopfhörern von tragbaren CD-Playern haben ergeben, dass diese Geräte einen Lautstärkewert von über 85 dB erreichen, wenn man den Lautstärke-regler voll aufdreht.

| Lautstärke in Dezibel*                                    | Beispiele und Auswirkungen |
|---|----------------------------|
| 0   | Hörschwelle                |
| 10  | Atmen                      |
| 20  | Blätterrascheln            |
| 30  | Flüstern                   |
| 40  | leises Sprechen            |
| 50  | Radio auf Zimmerlautstärke |
| 60  | Schulhof (Pause), Pkw      |
| <b>Nervliche Beeinträchtigungen</b>                       |                            |
| 70  | Benzin-Rasenmäher          |
| 80  | Straßenlärm, Eisenbahn     |
| <b>Gehörschäden</b>                                       |                            |
| 90  | Kreissäge                  |
| 100   | Presslufthammer, Disko     |
| 110   | Hubschrauber               |
| 120   | Flugzeuglärm, Martinshorn  |
| <b>Schmerzgrenze</b>                                      |                            |
| 130   | Startendes Düsenflugzeug   |
| <b>ab 150 Zerstörung des Innenohrs</b>                    |                            |
| * jeweils in unmittelbarer Nähe der Schallquelle gemessen |                            |

Schallquellen und Lautstärke

### Tonhöhe

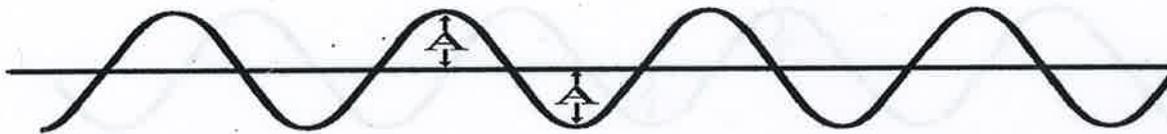
Aus den letzten Versuchen hast du festgestellt, dass Töne verändert werden können. Die Länge eines schwingenden Körpers oder einer schwingenden Luftsäule wirkt sich auf die Schwingungsgeschwindigkeit aus. Diese Schwingungsgeschwindigkeit, der Fachausdruck dafür heisst Frequenz, bestimmt die Höhe eines Tones. Je schneller die Schwingungsgeschwindigkeit, desto höher der Ton. Schwingt ein Körper oder eine Luftsäule in einer Sekunde einmal hin und her, sprechen wir von einem Hertz. Die Masseinheit für die Frequenz ist das Hertz (Hz).

Merke: 
$$\frac{\text{Anzahl Schwingungen}}{\text{Sekunde}} = \text{Frequenz (Masseinheit = Hertz, Hz)}$$

### Lautstärke

Für die Tonhöhe ist die Geschwindigkeit der Schwingung entscheidend. Auch die Lautstärke eines Tones hängt von der Art der Schwingung ab. Nur hier ist es nicht die Geschwindigkeit, sondern die Weite der Schwingung. Die Schwingungsweite heisst in der Fachsprache Amplitude. Anhand eines Saiteninstrumentes lässt sich der Begriff der Amplitude einfach erklären. Zupfst du eine Saite stark an, so ist ihre Bewegung hin und her grösser, sie legt die grössere Strecke (Weite) zurück. Damit wird der Ton lauter. Zupfst du nur schwach an der Saite, so ist die Schwingungsweite, das heisst der Ausschlag der Saite, kleiner. Damit entsteht ein leiserer Ton. Die Tonhöhe wird dabei aber nicht beeinflusst! Wir merken uns:

Merke: Je grösser die Amplitude, desto lauter der Ton.



### Schallgeschwindigkeit

Die folgende Tabelle gibt dir Aufschluss über Schallgeschwindigkeiten in einigen ausgewählten Medien.

| Medium       | [v] in $\frac{m}{s}$ | [v] in $\frac{km}{h}$ |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| Luft         | 340                  | 1'200                 |
| Kohlendioxid | 254                  | 915                   |
| Wasserstoff  | 1300                 | 4'680                 |
| Wasser       | 1'485                | 5346                  |
| Meerwasser   | 1530                 | 5'500                 |
| Marmor       | 3'800                | 13680                 |
| Stahl        | 5100                 | 18'360                |
| Glas         | 5300                 | 19080                 |

*Handwritten green annotations: A curved arrow above the table points from the 'Luft' row to the 'Wasser' row, with '3.6' written above it. Below the arrow, ':3.6' is written, indicating a conversion factor.*

Die erwähnten Geschwindigkeiten sind Richtwerte, absolut genau sind sie nicht. Vor allem die Schallgeschwindigkeiten in Gasen, somit auch in der Luft, sind Schwankungen unterworfen. Temperatur, Druck und Feuchtigkeitsgehalt einer Gasmasse beeinflussen die Schallgeschwindigkeit.

Die Natur und die Technik machen sich das Wissen um die Schallgeschwindigkeit zu Nutze.

Ergänze in obenstehender Tabelle die fehlenden Geschwindigkeitsangaben.

## Berechnungen zur Schallgeschwindigkeit

1. Ein Zuschauer beobachtet ein nächtliches Feuerwerk. Die Detonationen hört er jeweils 11 Sekunden nach den Lichterscheinungen. In welcher Entfernung verfolgt der Zuschauer das Feuerwerk?

$$v = \frac{s}{t} \quad \Rightarrow \quad \underline{s} = v \cdot t = 340 \text{ m/s} \cdot 11 \text{ s} = \underline{3740 \text{ m}}$$

2. Du bist 12 km von einem Gewitterherd entfernt. Um 14:07:16 Uhr beobachtest du einen Blitz. Um welche Zeit wirst du den Donner hören?

$$v = \frac{s}{t} \quad \Rightarrow \quad t = \frac{s}{v} = \frac{12'000 \text{ m}}{340 \text{ m/s}} = 35 \text{ s}$$

$$\Rightarrow 14 : 07 : 16 + 35 \text{ s} = \underline{14 : 07 : 51}$$

3. Ein auf dem Zugersee befindliches Motorboot wird gestartet. In einer Entfernung von 1700 m befindet sich ein Taucher in 3 m tiefem Wasser. Nach welcher Zeitspanne wird er das Motorengeräusch wahrnehmen?



$$x = \sqrt{(1700 \text{ m})^2 + (3 \text{ m})^2} = 1700,003 \text{ m} \sim 1700 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \underline{t} = \frac{s}{v} = \frac{1700 \text{ m}}{1485 \text{ m/s}} = \underline{1,14 \text{ s}}$$

4. Als Konzertbesucher hörst du dir deine Lieblingsband an. Deine Entfernung zur Konzertbühne beträgt 80 Meter. Deine Brieffreundin in Kanada hört sich dieses Konzert in einer Direktübertragung am Fernsehgerät an. Wer hört die Musik zuerst? Weshalb?

Übertragung am TV, wegen Übertragungsgeschwindigkeit

5. Hans und Peter möchten die Abfahrt eines Zuges akustisch feststellen. Peter legt sein Ohr im Stile eines Indianers auf das Gleis, während Hans neben ihm steht. Der Zug befindet sich in 8 km Entfernung im Stillstand. Welcher der beiden Knaben vernimmt das Rollgeräusch früher? Nach welcher Zeit hören Hans und Peter das Geräusch des anfahrens Zuges?

Peter, Hans kann das Geräusch ohnehin nicht hören (Distanz!)

6. Eine Fledermaus jagt Insekten. Sie wird fündig und hört das Echo ihres ausgestrahlten Signals nach 0,04 Sekunden. In welcher Entfernung befindet sich das Insekt?

$$\text{Zurückgelegter Weg des Signals: } s = v \cdot t = 340 \text{ m/s} \cdot 0,04 \text{ s} = 13,6 \text{ m}$$

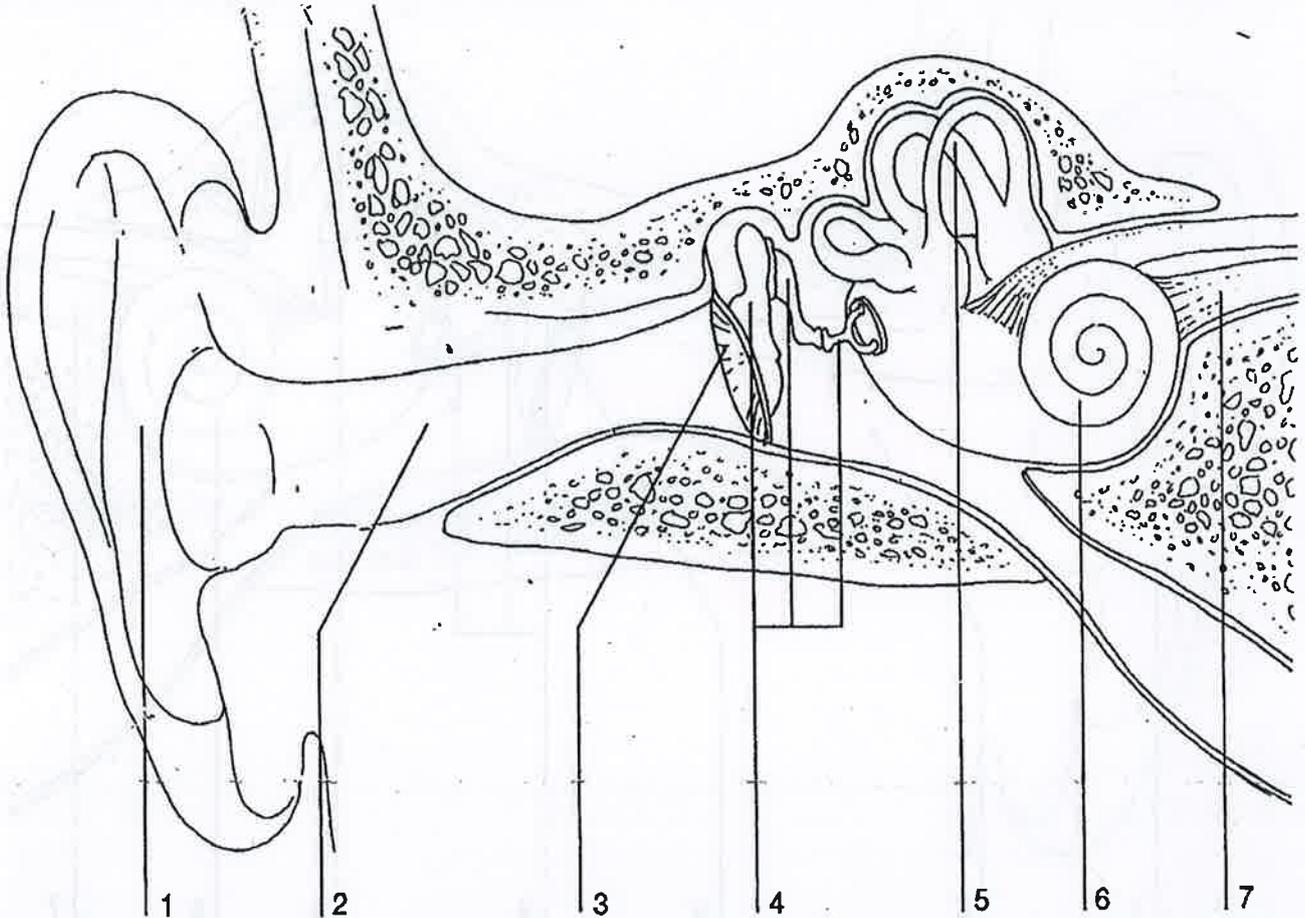
$$\text{Distanz: } \frac{s}{2} = \frac{13,6 \text{ m}}{2} = \underline{6,8 \text{ m}}$$



Arbeitsblätter zum Film

Teile und Aufgaben des Ohres

Benennen Sie die Teile des Ohres und ihre Aufgaben.



Außenohr

Mittelohr

Innenohr und Hörnerv

1. Ohrmuschel

3. Trommelfell

5. Bogengänge

Aufgabe: fängt Schall auf

Aufgabe: wandelt Schallwellen in mechanische Schwingungen um

Aufgabe: Dreh- und Lage-sinnesorgane

2. Gehörgang

6. Schnecke

Aufgabe: leitet Schall weiter

4. Gehörknöchelchen

Aufgabe: Hörorgan

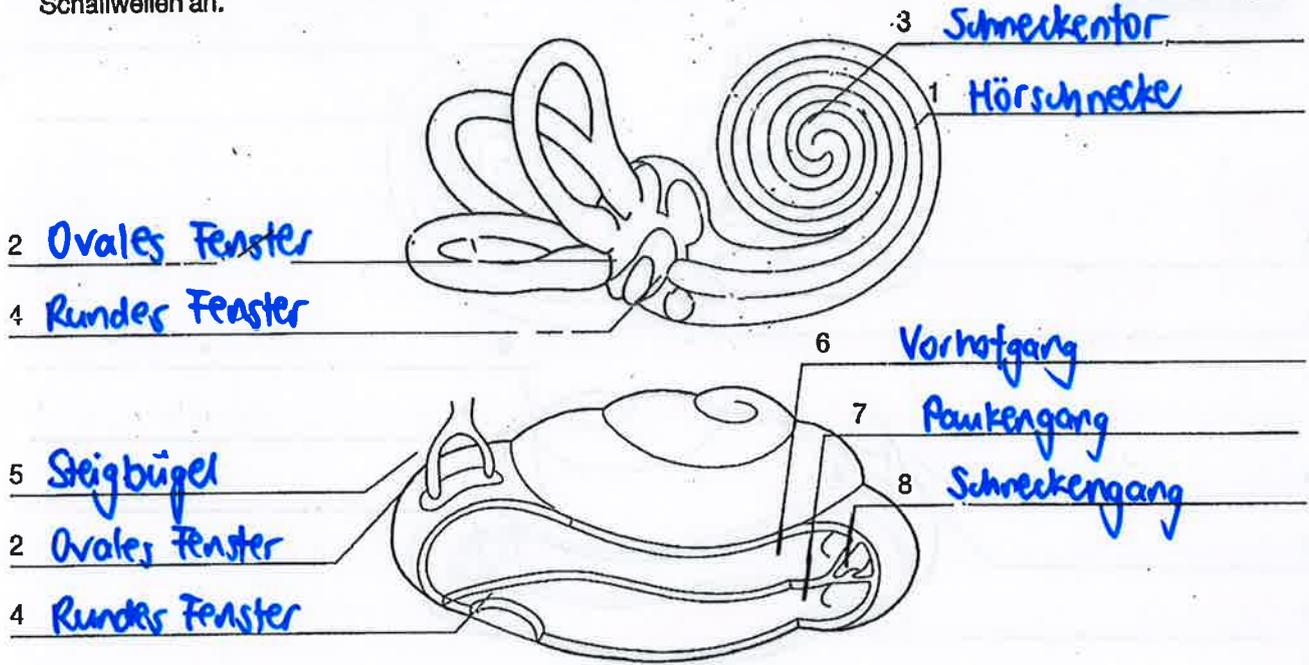
Aufgabe: leitet Schwingungen des Trommelfells weiter und verstärken sie

7. Hörnerv

Aufgabe: leitet Sinnesmeldungen zum Gehirn

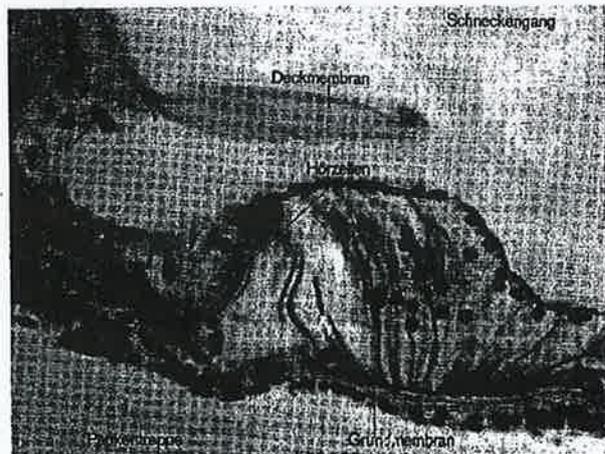
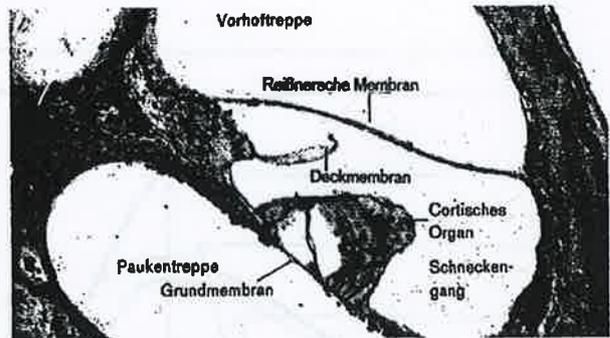
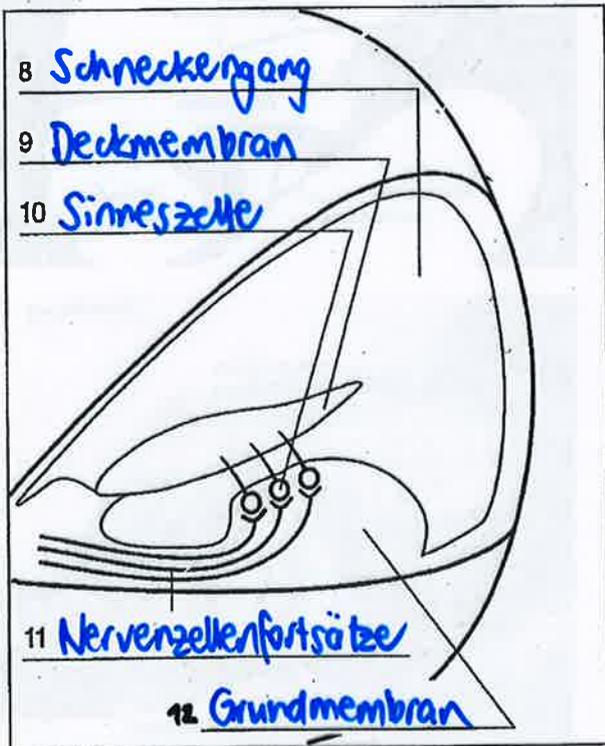
## Reizaufnahme und Reizleitung in der Hörschnecke

1. Beschriften Sie die Abbildungen der Hörschnecke und geben Sie mit Pfeilen die Ausbreitungsrichtung der Schallwellen an.

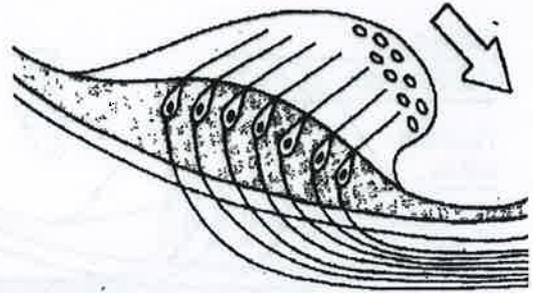
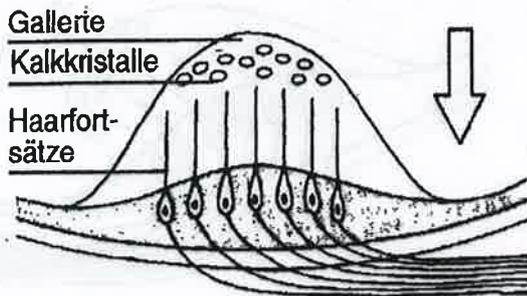


2. Wie heißt das im Querschnitt dargestellte Organ? Beschriften Sie die Zeichnung.

### Cortisches Organ



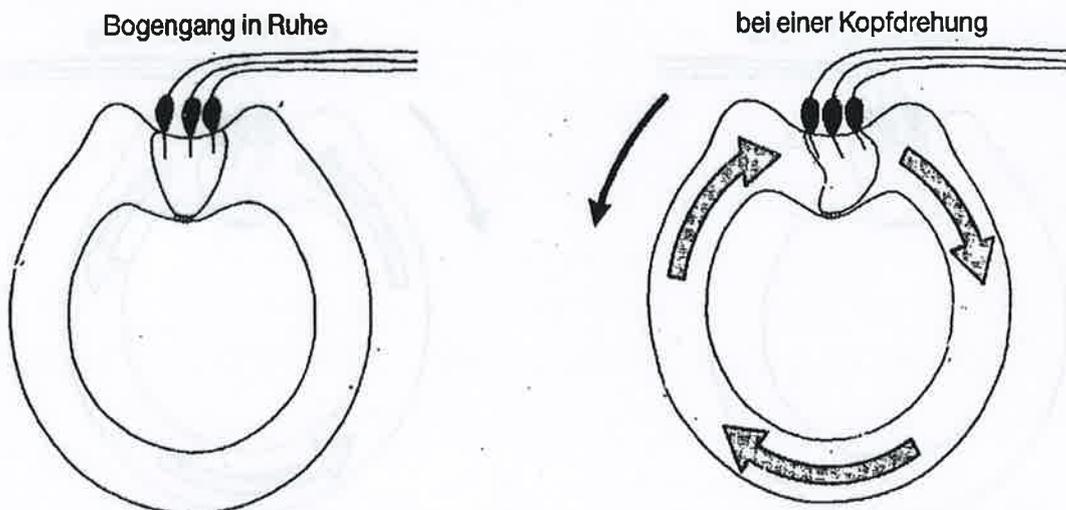
1. Erklären Sie Bau und Arbeitsweise des Lagesinnesorgans.



Bau: Die Haarfortsätze der Sinneszellen ragen in ein gallertartiges Polster, auf dem Kalkkristalle liegen.

Arbeitsweise: Bei der Neigung des Kopfes verschiebt sich die Gallerie aus der Normallage, die Sinneszellen werden gereizt.

2. Erklären Sie Bau und Arbeitsweise des Drehsinnesorgans.



Bau: Bogengänge mit einer Erweiterung, der Ampulle. In den Ampullen ragen Haarfortsätze von Sinneszellen in eine gallertartige Kuppel.

Arbeitsweise: Bei einer Kopfdrehung drehen sich die Bogengänge mit, die Flüssigkeit (Lympe) folgt infolge ihrer Trägheit der Bewegung nicht und verformt die Kuppel, Sinneszellen werden gereizt.