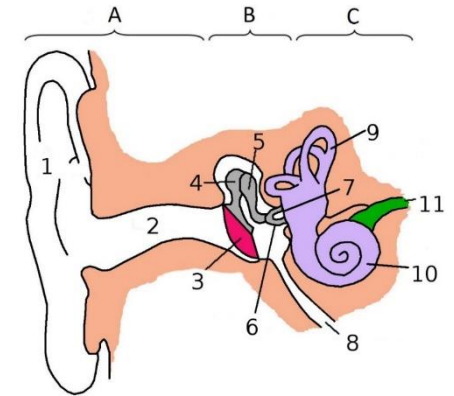


## 2.5 Außenohr

### Aufbau des Ohrs

*Beschrifte die einzelnen Teile des menschlichen Ohrs und gib jeweils seine (physikalische) Funktion an.*

A (1-2)	
B (3-8)	
C (9-11)	



Nr.	Bezeichnung	(physikalische) Funktion
1	Ohrmuschel	Bündelung und Weiterleitung des Schalls;
2	Gehörgang	
3		
4		Gehörknöchelchen;
5		
6		
7	ovales Fenster	Übertragung der Schwingungen ans Innenohr
8		
9	Bogengänge	Gleichgewichtsorgan
10		
11	Hörnerv	Signalweiterleitung ans Gehirn

Für das Richtungshören sind drei Mechanismen entscheidend:

- Laufzeitunterschied des Schalls
- Lautstärkeunterschied
- Reflexion, Beugung, Interferenz

Erst das Zusammenspiel aller Mechanismen ermöglicht ein gutes Richtungshören.

**Leite eine Formel her für den Laufzeitunterschied des Schalls zu beiden Ohren.**

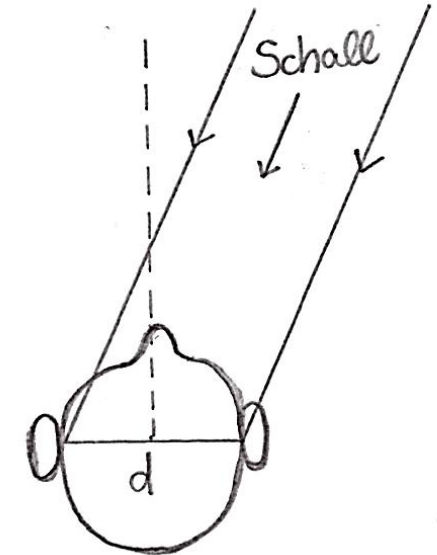
Der **Ohrenabstand** ist von Mensch zu Mensch verschieden. Damit man sinnvoll rechnen kann, wird dieser per Definition auf  **$d=20\text{ cm}$**  festgelegt.

Neben der Richtungslokalisierung ist es in geringem Umfang auch möglich, die Entfernung einer Schallquelle zu lokalisieren.

### (1) Laufzeitunterschied des Schalls

Von einer Schallquelle trifft Schall auf beide Ohren. Dabei erreichen die Schallwellen ein Ohr ..... Aus der Zeitdifferenz lässt sich der Winkel bestimmen, aus dem der Schall kommt.

Für eine ferne Schallquelle kann man dies auch leicht berechnen. In diesem Fall ist der Einfallswinkel des Schalls an beiden Ohren (nahezu) identisch. Damit kann die Einfallsrichtung des Schalls an beiden Ohren als parallel angesehen werden. Somit gilt:



Das menschliche Ohr kann eine Zeitdifferenz von ca.  $30\text{ }\mu\text{s}$  wahrnehmen. Dies erlaubt eine Richtungslokalisierung auf etwa  $3^\circ$  genau. (vgl. Aufgabe Rückseite)

### (2) Lautstärkeunterschied:

- Je größer der Gangunterschied  $\Delta s$  ist, desto ..... ist der Lautstärkeunterschied.
- Je weiter eine Schallquelle entfernt ist, desto ..... ist der Lautstärkeunterschied.  
( $\Rightarrow$  auch ..... in geringem Maße möglich)  
(vgl. Aufgabe Rückseite)

### **(3) Reflexion, Beugung, Interferenz:**

Treffen Schallwellen aus bestimmten Richtungen (z.B. vorne/hinten, oben/unten) auf das Ohr, dann ist der Laufzeitunterschied und der Lautstärkeunterschied jeweils identisch. Trotzdem kann die Richtung eindeutig festgelegt werden. An der Ohrmuschel werden die Schallwellen unterschiedlich reflektiert und gebeugt. Es kommt zu unterschiedlichen Interferenzmustern und damit je nach Auftreffrichtung zu einer minimal anderen Klangfärbung. Das Gehirn kann daraus Rückschlüsse auf die Richtung ziehen, aus der der Schall kommt. (Zusätzlich werden die Frequenzen im mittleren Bereich durch Interferenzen verstärkt.)

*a) „Das menschliche Ohr kann eine Zeitdifferenz von ca. 30  $\mu$ s wahrnehmen. Dies erlaubt eine Richtungslokalisation auf etwa 3° genau.“*

*Zeige durch eine Rechnung, dass diese beiden Angaben zusammenpassen. Berechne auch den Gangunterschied  $\Delta s$  für diesen Fall.*

*b) Bei einer fernen Schallquelle tritt ein Schallereignis an beiden Ohren mit einer Zeitdifferenz von 0,50 ms auf. Berechne den Einfallswinkel des Schalls.*

*(Ohrenabstand:  $d=20$  cm)*

*Der Laufzeitunterschied kann auch experimentell nachgewiesen werden. Dazu hält man einen Schlauch mit zwei Trichtern an die Ohren und lässt knapp neben der Mitte auf den Schlauch klopfen.*

### **Übungsaufgabe: Laufzeitunterschied beim Richtungshören ••**

Rechts von einer Person ereignet sich ein Schrei mit der Leistung  $P = 10^{-3} \text{ W}$ . Die Einfallsrichtung des Schalls erfolgt in einem  $90^\circ$ -Winkel (siehe Abbildung; Ohrenabstand  $d=20 \text{ cm}$ )

Berechne den Schallpegel am rechten und am linken Ohr, wenn sich der Schrei a)  $50 \text{ cm}$  b)  $5,0 \text{ m}$  neben dem rechten Ohr ereignet.

c) Nenne einen möglichen Grund, weshalb der Lautstärkeunterschied zwischen den beiden Ohren vermutlich etwas größer ist als berechnet.

### Übungsaufgabe: Lautstärkeunterschied ••

