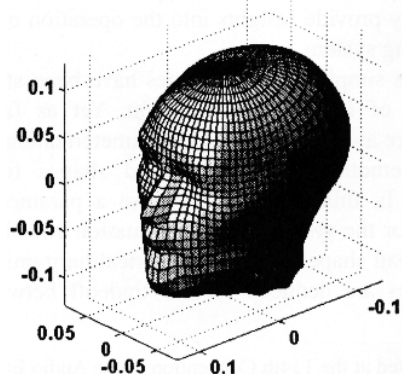


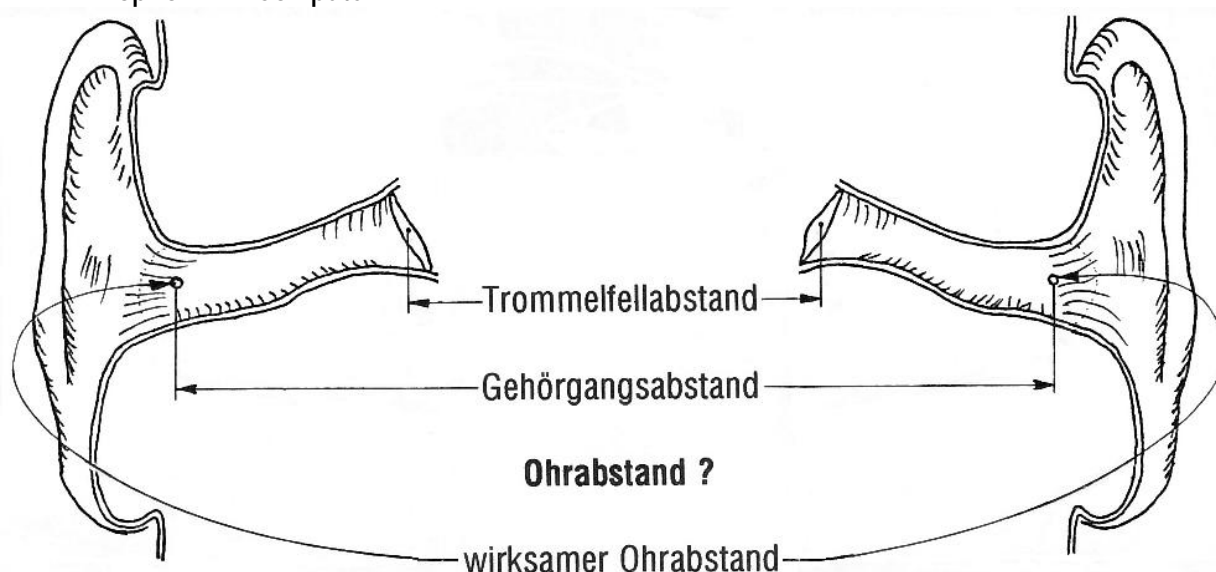


# Der Ohrabstand - welcher?

UdK Berlin  
Sengpiel  
12.95  
Schall



KEMAR-Kopfform im Computer



Impulsmessungen am Gehörgangseingang haben eine maximale Phasenlaufzeitverzögerung um den Kopf von  $\Delta t = 0,63 \text{ ms}$  ( $630 \mu\text{s}$ ) ergeben.

$$\Delta t = (a \cdot \sin \theta) / c \quad \sin 90^\circ = 1$$

Das entspricht bei  $90^\circ$  Schalleinfall einer Wegstrecke von  $a = \Delta t \cdot c = 0,63 \cdot 10^{-3} \cdot 343 = 0,216 \text{ m}$ . Für Tonverantwortliche sollte diese Vereinfachung genügen. Nennen wir doch diese Entfernung "wirksamer" Ohrabstand und stellen wir uns für die interaurale Phasenlaufzeitdifferenz  $IPD$  vor, dass sich dort zwei Druckmikrofone in gerader Linie auf einer "Ohrbasis" von  $a = 21,6 \text{ cm}$  befinden: Also die Mikrofonsbasis als Ohrabstand ist:  $a = 21,6 \text{ cm}$ . Das ist der Weg, der effektiv für den Schall wirksam ist. Das ist nicht der Kopfdurchmesser. Die maximale Laufzeitdifferenz beträgt dazu  $\Delta t = 0,63 \text{ ms}$ .

**Merke:** Der wirksame Ohrabstand ist  $a = 21,6 \text{ cm}$ .

Zur Wellenlänge  $\lambda = 21,6 \text{ cm}$  gehört die Frequenz  $f = c / \lambda = 343 / 0,216 = 1588 \text{ Hz}$ , also rund  $f = 1600 \text{ Hz}$ .

Die tiefste Frequenz, bei der eine Phasenverschiebung von  $\varphi = 180^\circ$  auftritt, ist somit  $f = 800 \text{ Hz}$ .

$f$	$\lambda$ $\Delta \varphi = 360^\circ$	$\lambda / 2$ $\Delta \varphi = 180^\circ$	$\varphi_{\text{Bogen}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \Delta t$ $\varphi^\circ = 360 \cdot f \cdot \Delta t$
800 Hz	43,2 cm	21,6 cm	
1600 Hz	21,6 cm	10,8 cm	

Nicht zufällig liegt der Frequenzbereich mit der geringsten Lokalisationsschärfe zwischen 800 und 1600 Hz. Das entspricht genau dem Blauertschen richtungsbestimmenden Hinten-Band (Medianebene), sowie dem weniger empfindlichen Bereich der Kurven gleicher Lautstärkepegel um 1000 Hz. Hier geht es um die interaurale Laufzeitdifferenz  $ITD$ , den Ohrabstand und Frequenzen, die zu  $\lambda$  und  $\lambda / 2$  gehören, also zu kopfbezogenen "interauralen" Signalen beim natürlichen Hören.

**Merke:** Interaurale Signaldifferenzen, die ja allein für das "natürliche" Hören gelten, haben nichts mit den Interchannel-Signaldifferenzen zu tun, die für die beiden Lautsprecher bei Stereophonie gebraucht werden.

Die interaurale "Pegel"-Differenz  $ILD$ , die bisher noch nicht angesprochen wurde und die an den Ohren gemessen wird, ist mit dem Schalleinfallswinkel  $\theta$  sehr komplex frequenzabhängig, im Gegensatz zur interauralen Laufzeitdifferenz  $ITD$  bzw. der entsprechenden interauralen Phasendifferenz: <http://www.sengpielaudio.com/LaufzeitdifferenzUndPhasenverschiebung.pdf>

Bei Lateralisationsversuchen über Kopfhörer gefundene Werte dürfen nicht für Stereo-Lautsprechersignale ausgegeben werden. Wir hören nicht die Luftdruckveränderung als solche, sondern den Schalldruck an jedem Ohr, der dem Luftdruck überlagert ist.