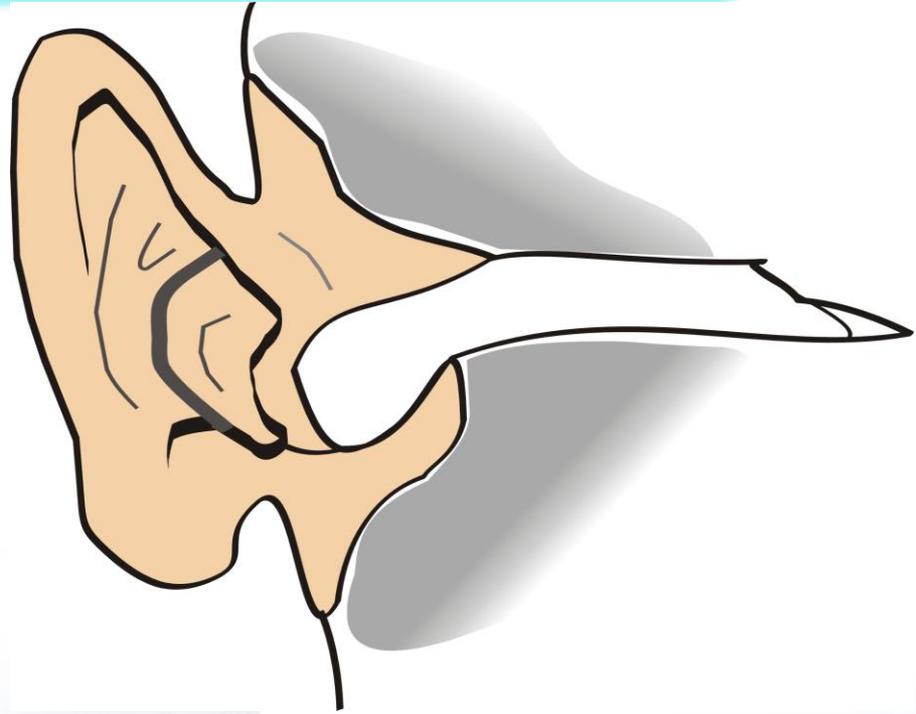


# Mecano-akustische Besonderheiten von Gehörgängen

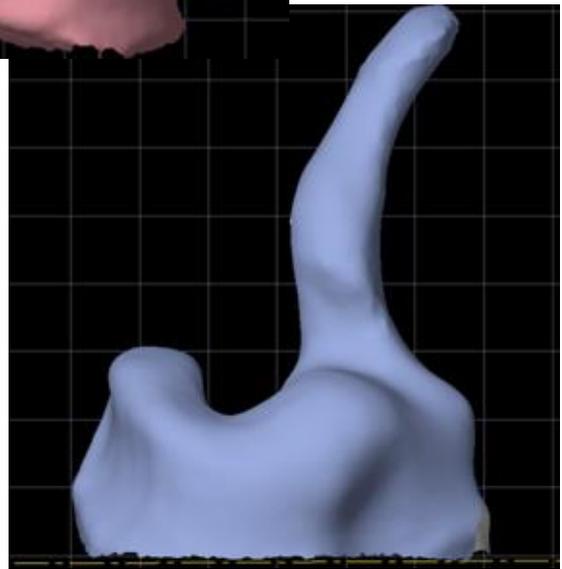
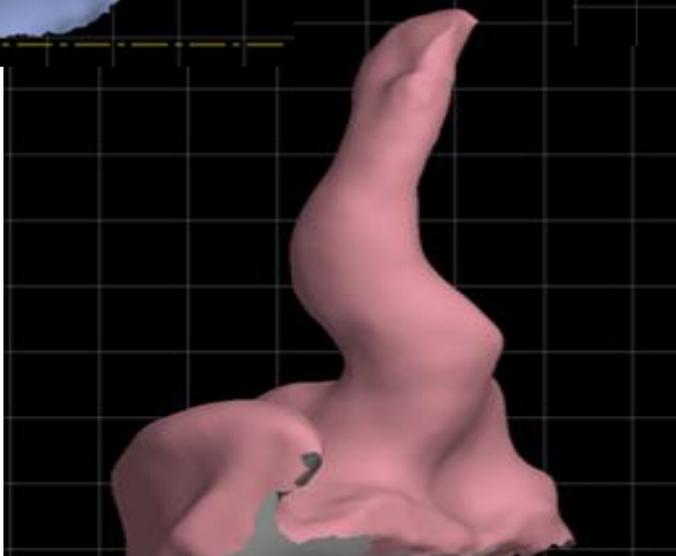
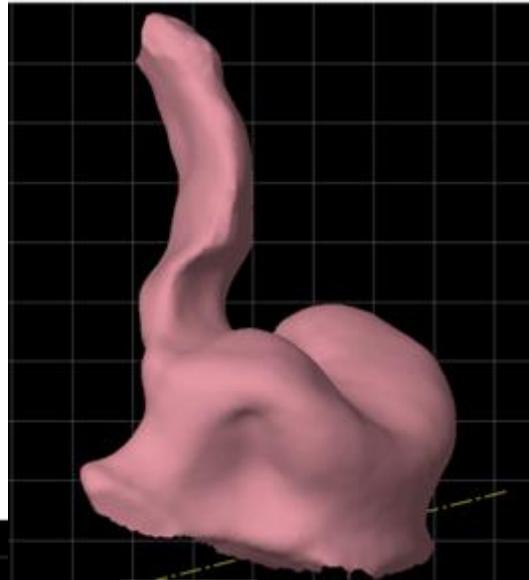
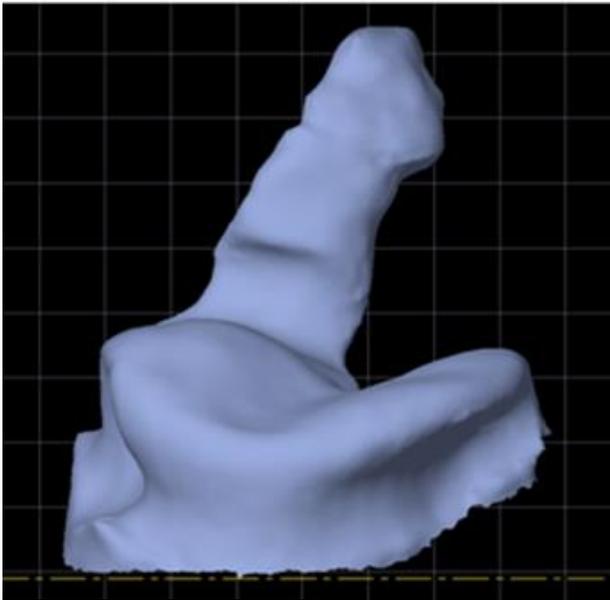
Das Ganze ist mehr als die Summe ihrer Teile



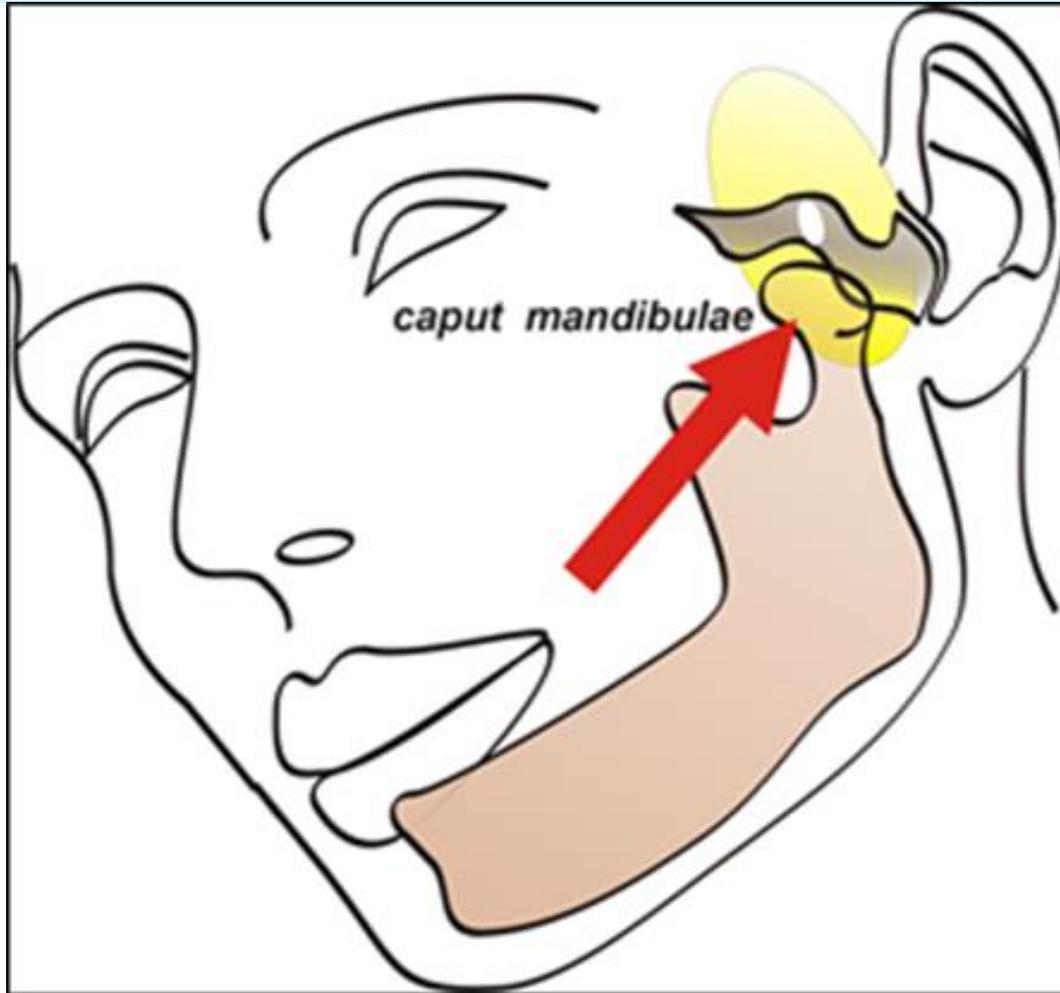
# 1. Gehörgänge und das Kiefergelenk



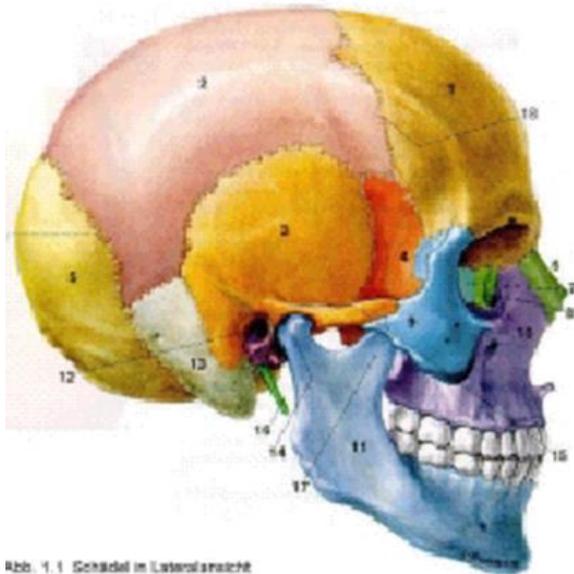
# Basis: Gelungene Ohrabformung



# Kiefergelenk-Einfluss

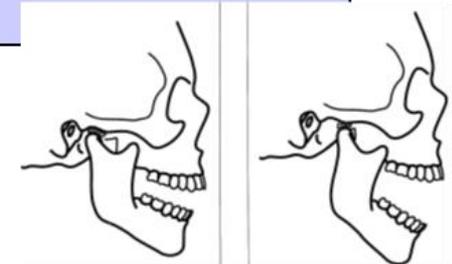
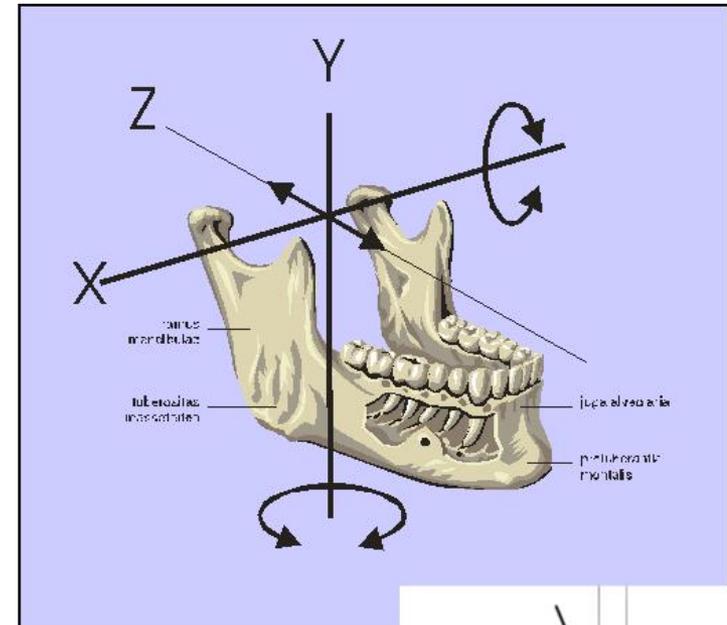


# Alles in Bewegung



- 1 Stirnbein
- 2 Scheitelbein
- 3 Schläfenbein
- 4 Keilbein
- 5 Hinterhauptbein
- 6 Nasenbein
- 7 Siebbein
- 8 Tränenbein
- 9 Jochbein
- 10 Oberkiefer
- 11 Unterkiefer
- 12 Äußerer Gehörgang
- 13 Warzenfortsatz
- 14 Unterkieferkopf
- 15 Jochbogen
- 16 Grifffortsatz
- 17 Unterkieferfort.
- 18 Kranznaht
- 19 Lambdanaht

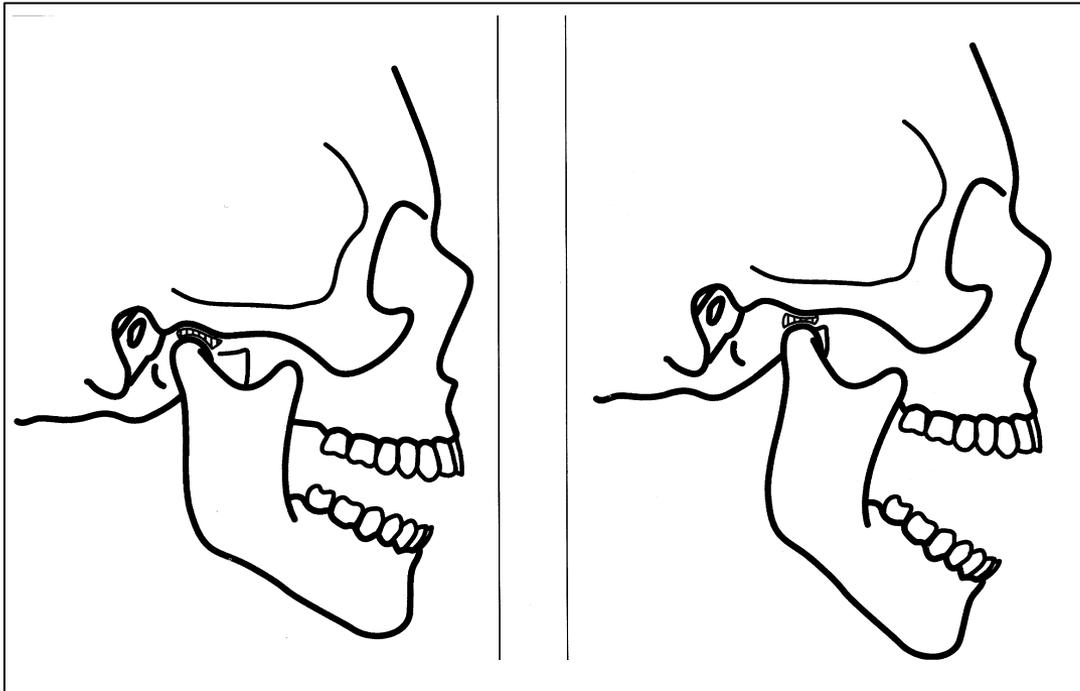
Abb. 1.1 Schädel in Lateralanzeige



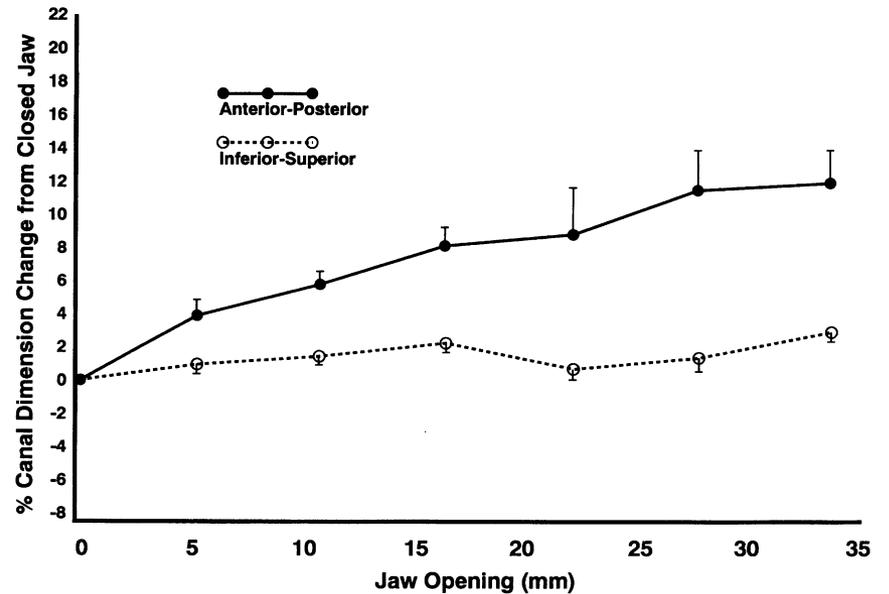
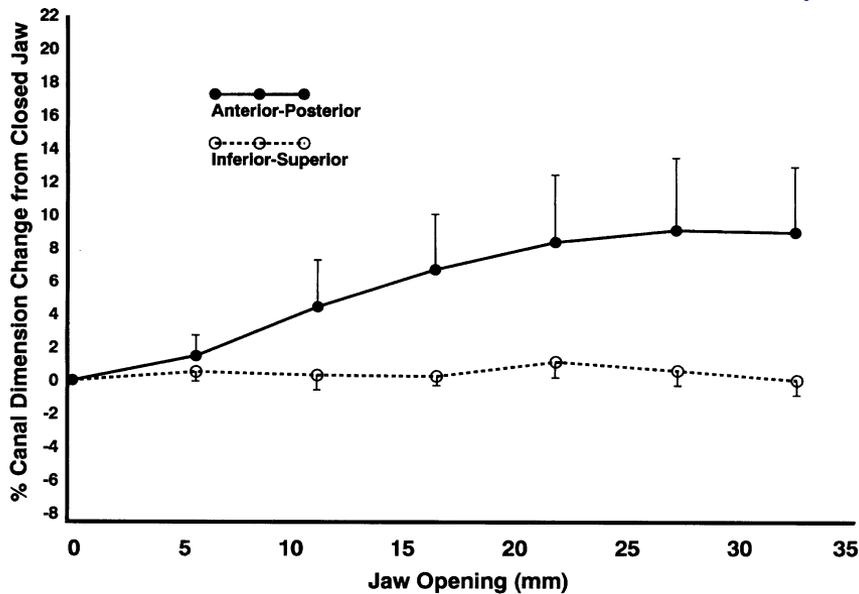
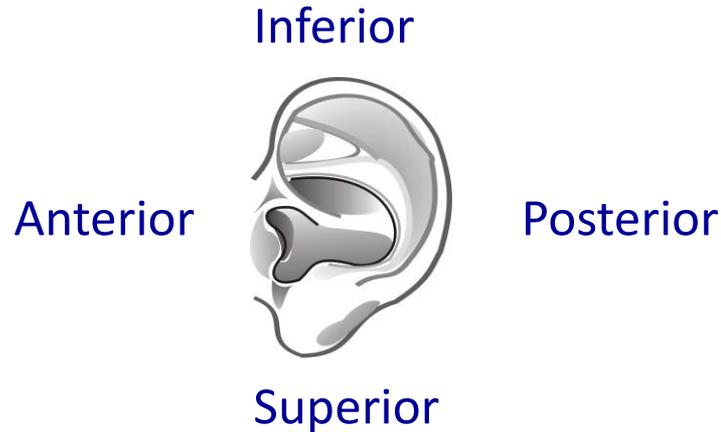
Der Unterkiefer besitzt drei Freiheitsgrade

Der Kiefergelenk-Fortsatz bewegt den Gehörgang.

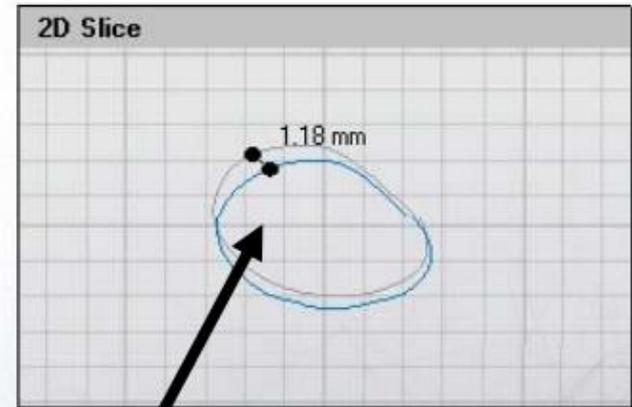
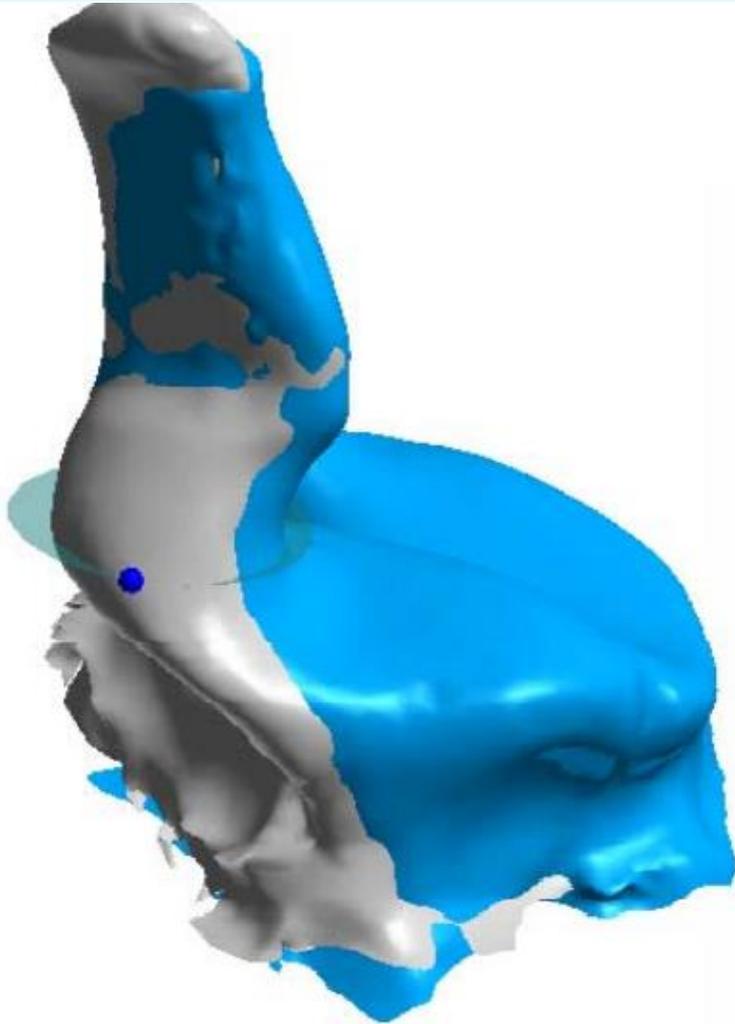
# Einfluss auf den Knorpel



# Dimensionsveränderung des GG



# Differenz zweier Ohrabformungen



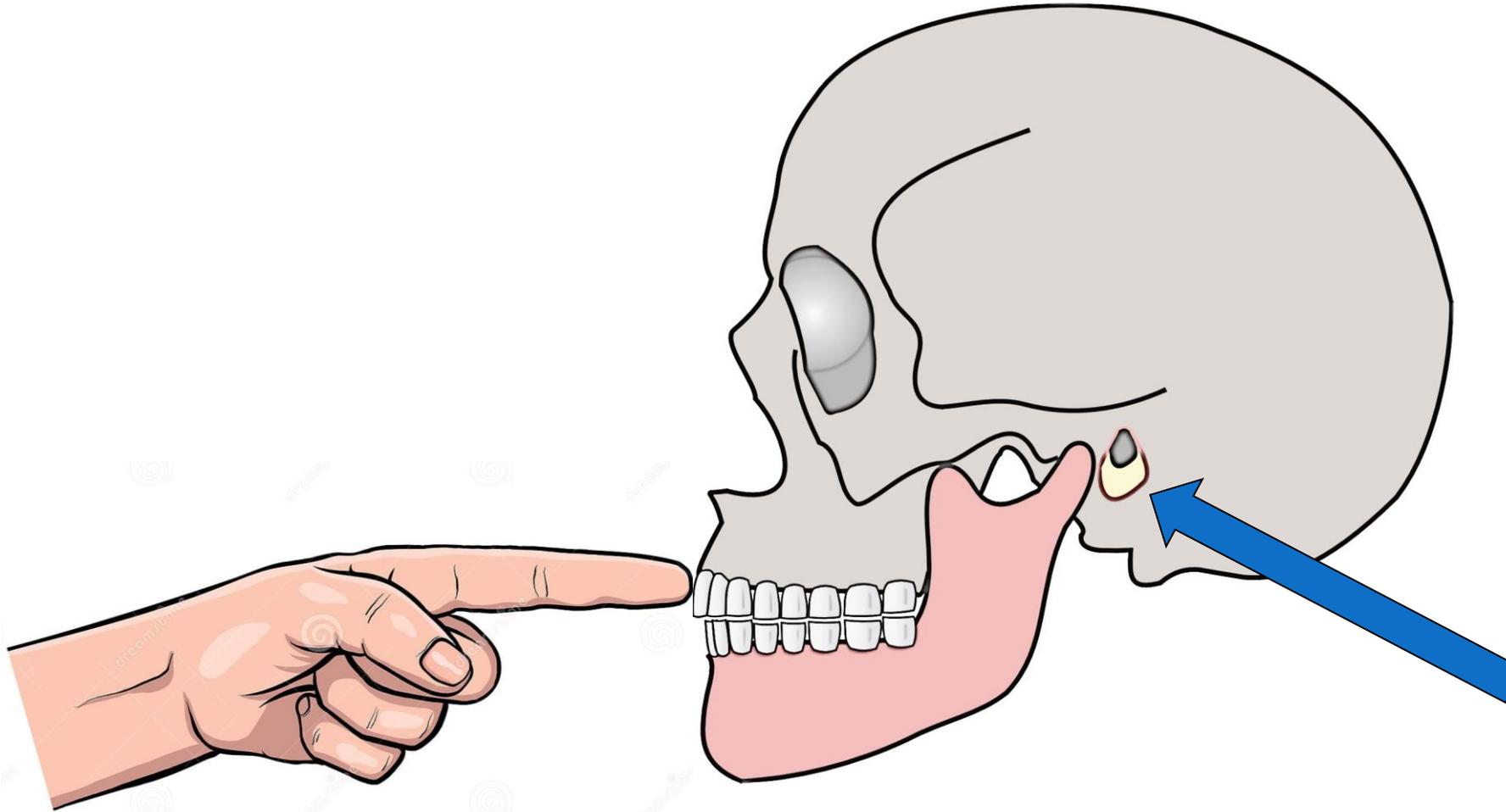
1,18mm

## 2. Verschlussene Gehörgänge

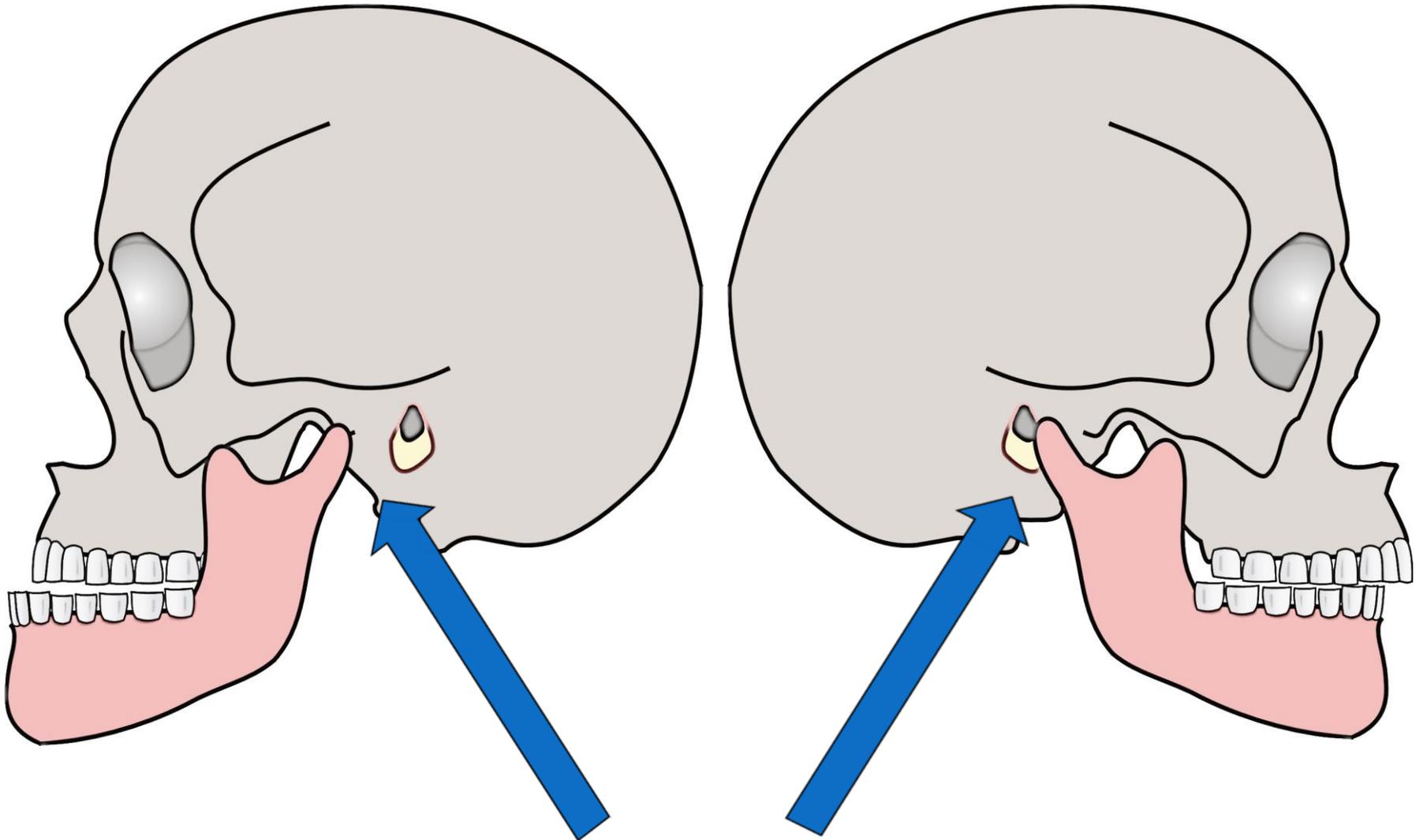


**110 dB !**

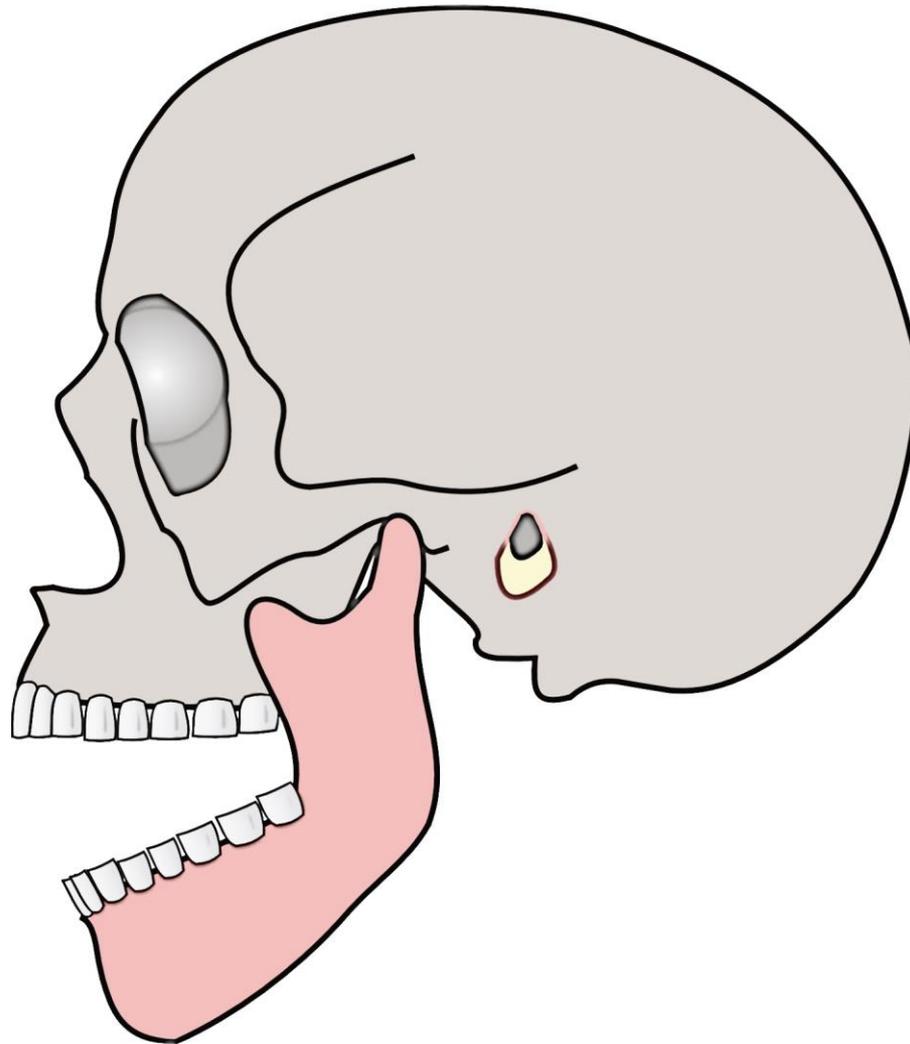
Bitte alle mitmachen



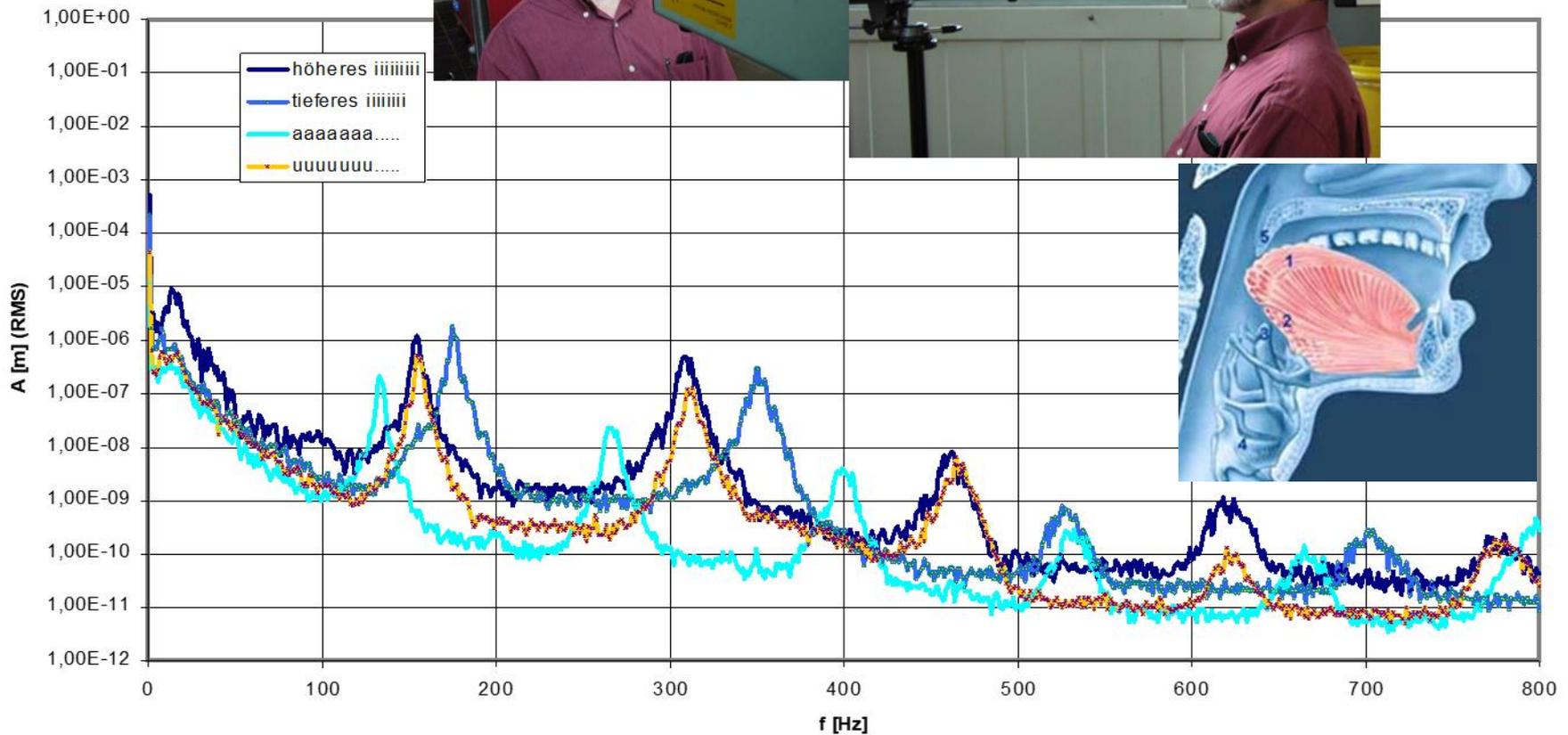
Balkon.... und.... „iiiiii“ sagen



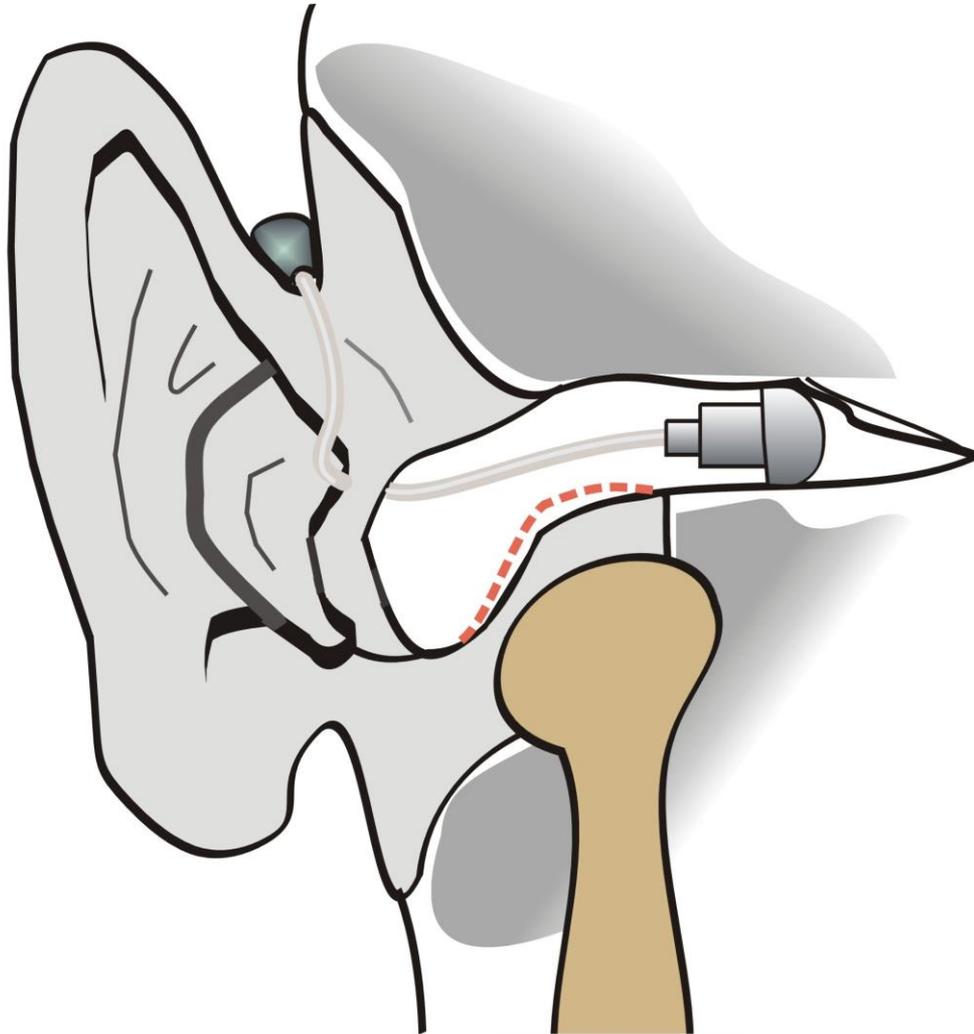
# Achtung Maulsperre



# Unterkieferschwingung



# Okklusionsfrei



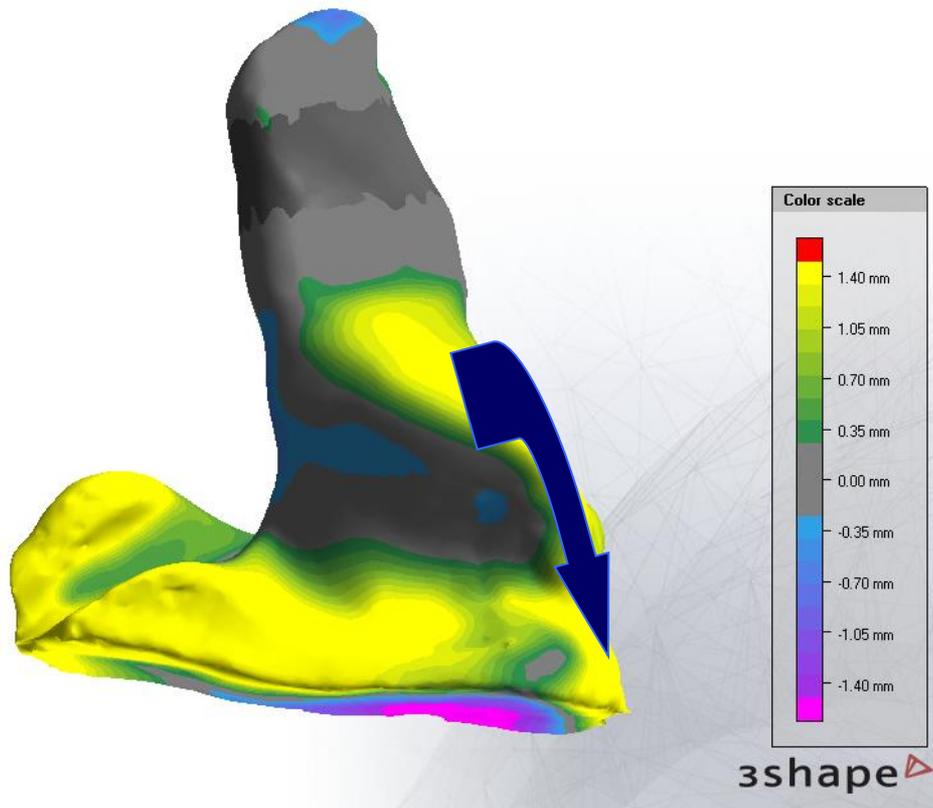
# 3. Offene Versorgung

So offen wie möglich, so geschlossen wie nötig

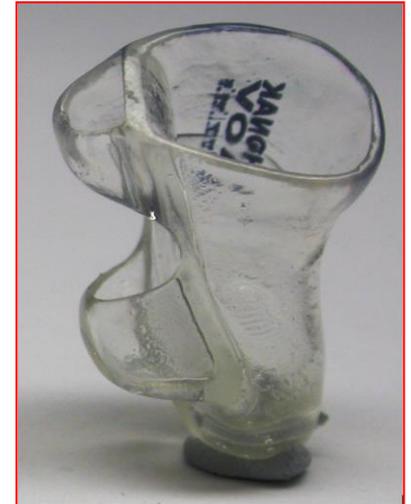
- Belüftung des Gehörganges bleibt erhalten (Hygiene, Schweiß, Hautreizungen)
- Kein oder kaum Okklusionseffekte
- Tiefe Frequenzen werden natürlich empfangen
- Die natürliche Außenohrakustik bleibt nahezu erhalten (Richtungshören in der Medianebene für die tiefen Frequenzen)
- Vor allem bei audiometrischen Steilabfällen

Der Okklusionsschall gelangt über den Unterkiefer  
in den Gehörgang .... Folgerung:

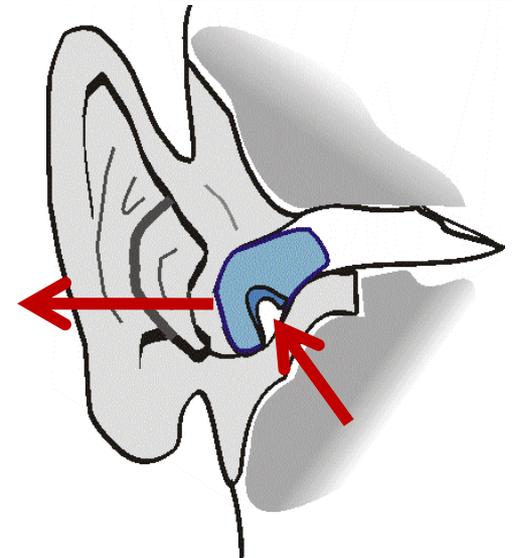
...wir fangen ihn dort ab und leiten ihn aus dem Ohr



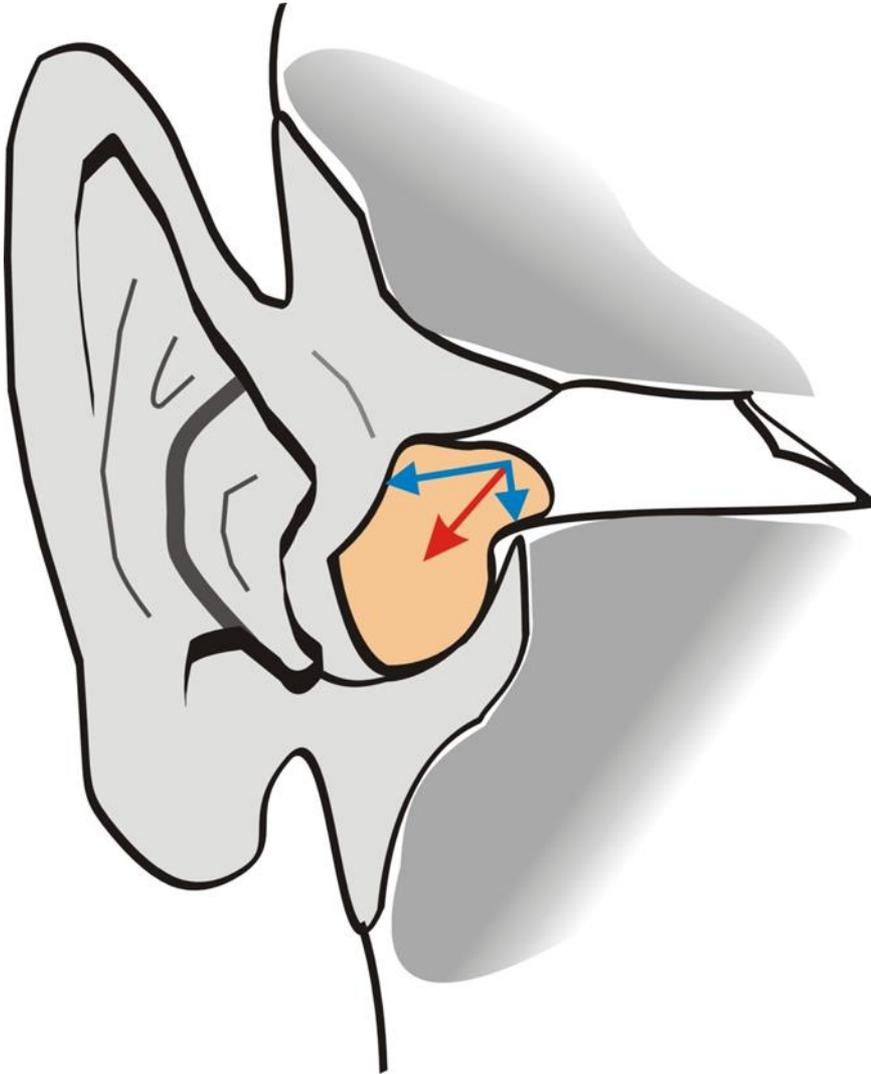
# „Rüssel“-Otoplastik



....oder Folie-Otoplastik, die am  
Unterkiefergelenk- Aufpunkt den Schall aus  
dem Ohr leitet

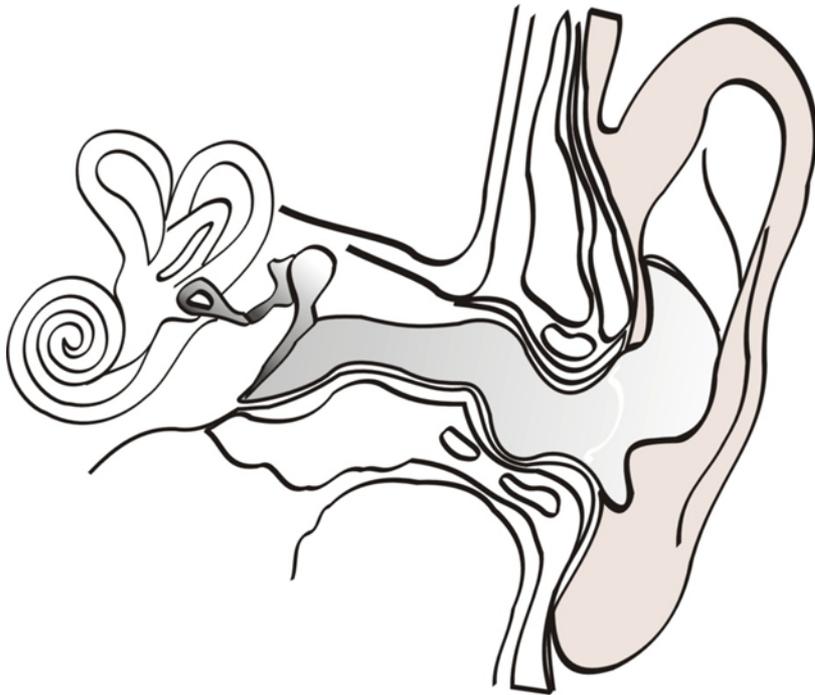


# Komfort ohne Okklusion



„Nugget-Otoplastik“  
Mike Gerl

# Der Gehörgang ist akustisch nicht trivial



$f \triangleleft 1000 \text{ Hz}$

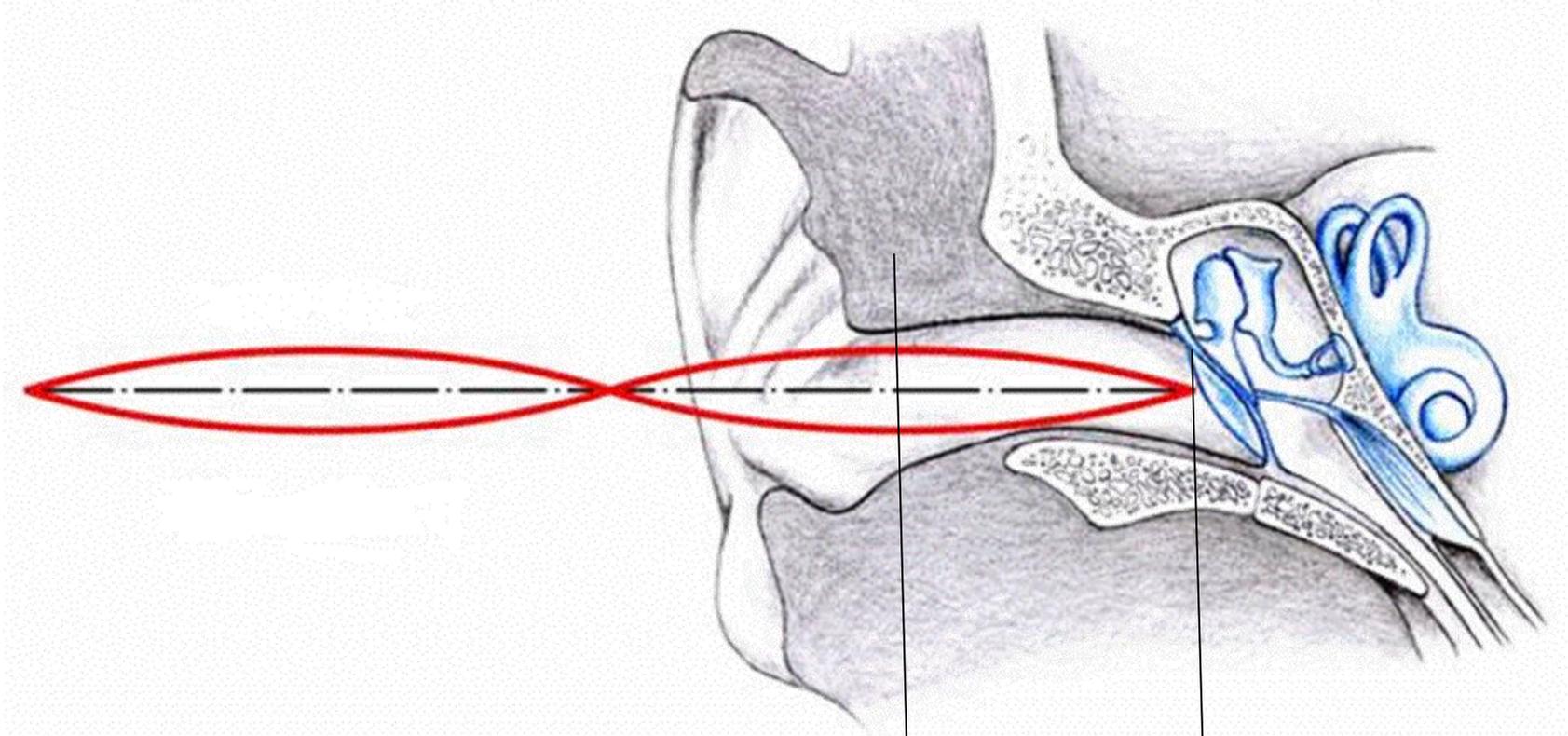
$GG \rightarrow \text{Volumen} \rightarrow p = \text{const.}$

$f \triangleright 1000 \text{ Hz}$

$GG \rightarrow \text{Leitungsresonator}$

2 bis 5 kHz  $\rightarrow$  REUG ca. 15 dB

# REUG

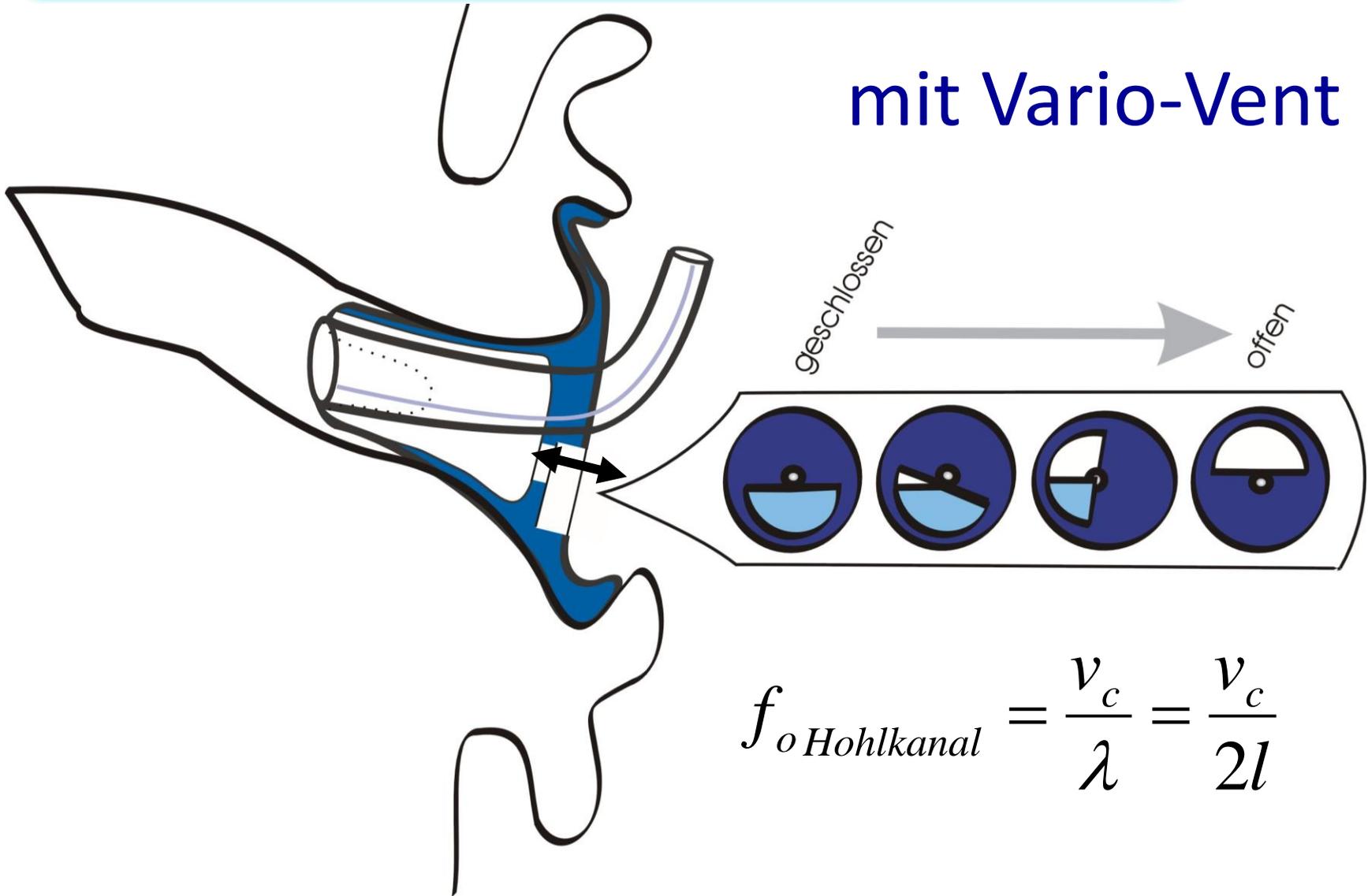


$\lambda/4$ -Resonanz

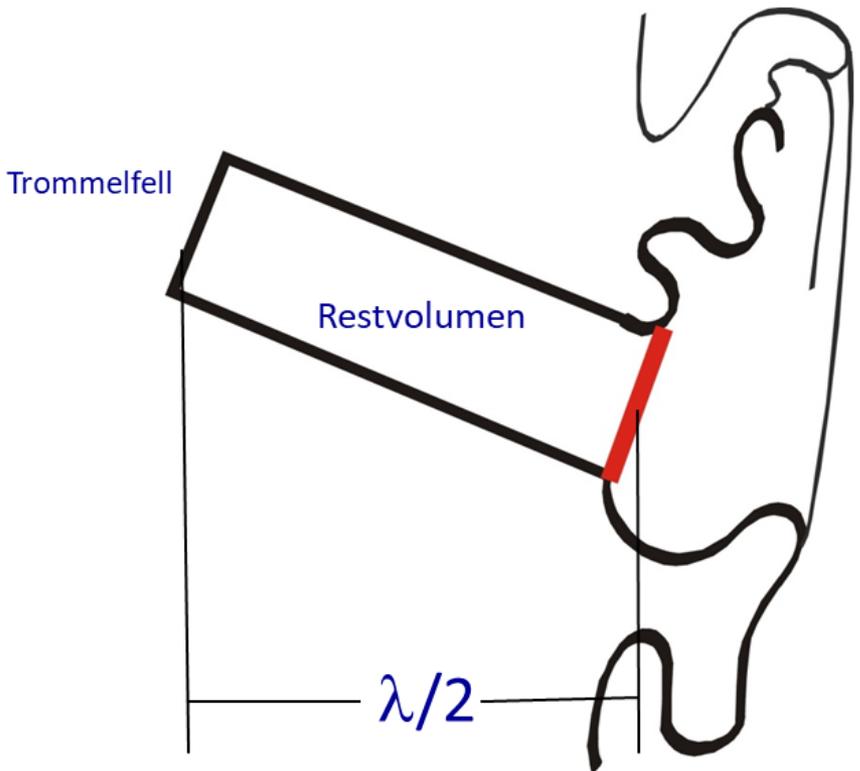


# Hohlkanal-Offen

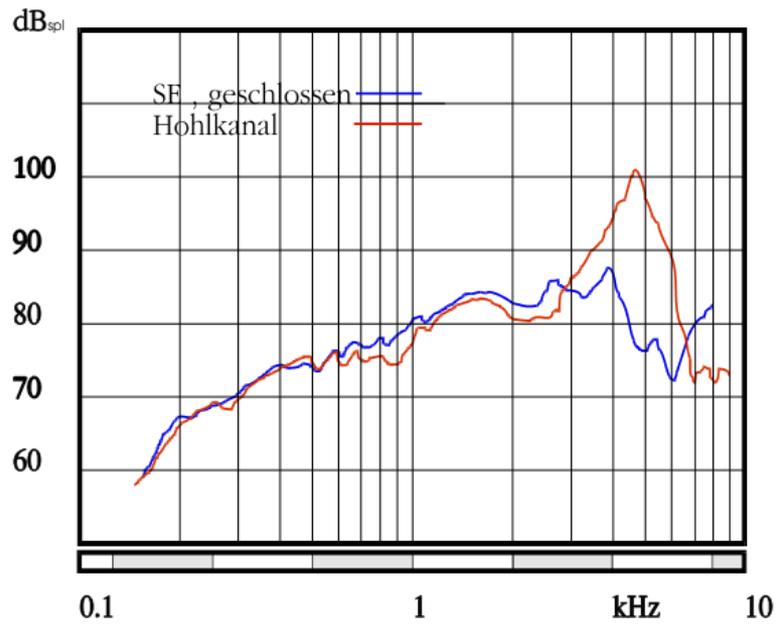
mit Vario-Vent



$$f_{o\text{Hohlkanal}} = \frac{v_c}{\lambda} = \frac{v_c}{2l}$$



Einseitig offener Gehörgang =  $\lambda/4$ -Resonanz  
z.B.: REUG bei 2500 Hz  
beidseitig geschlossener Gehörgang  
=  $\lambda/2$ -Resonanz also hier 5000 Hz



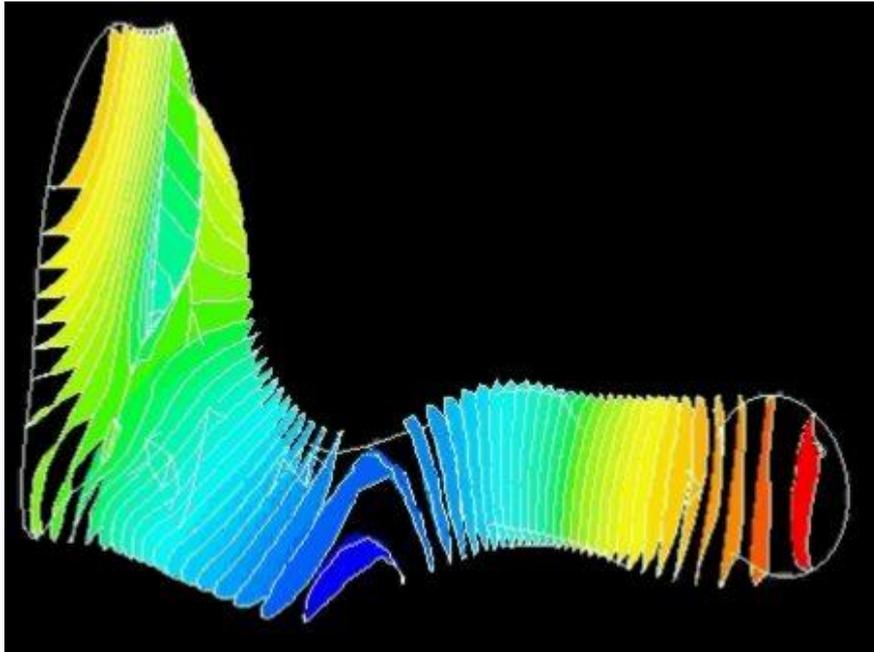
# Komplizierte Gehörgangsformen

Je nach Art und Position der Schalleintragung in der Gehörgang  
können bei  
geometrisch komplizierten Gehörgangsformen  
starke akustische Abweichungen  
auftreten....

*Verzerrungen*



## Ankopplung eines Hörgerätes am offenen Ohr



Im Bereich der GG-Krümmung kommt es zu Verzerrungen

Ort des Schalleinführung

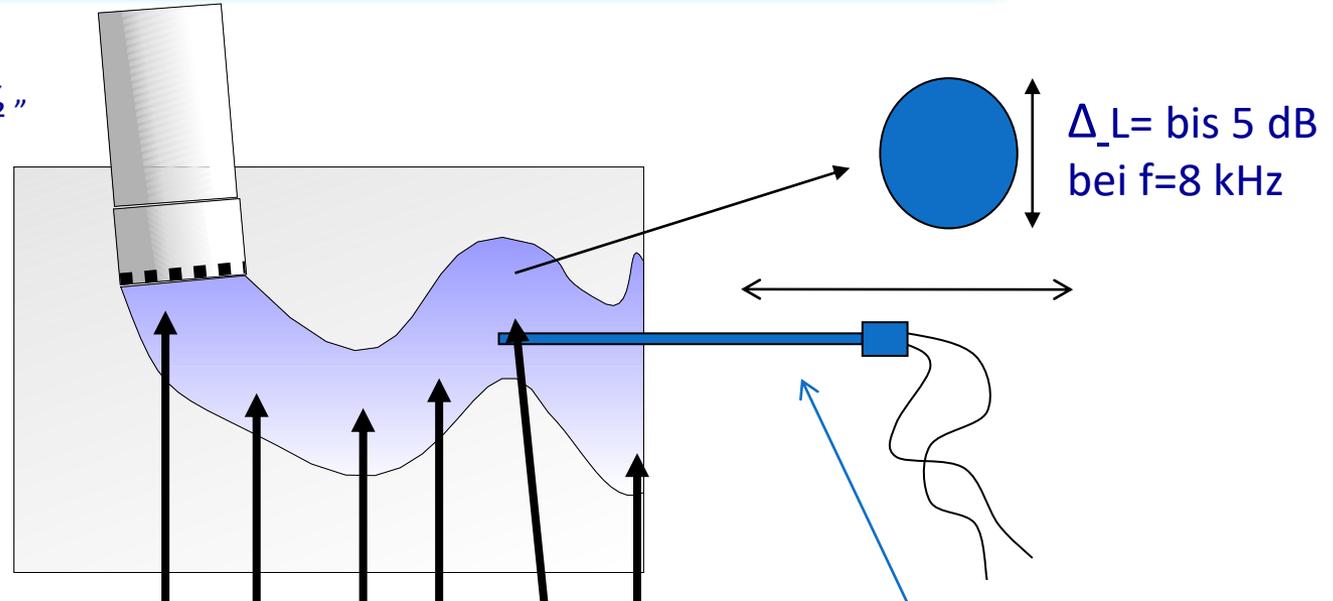
Hier kommt es zu Überlagerungen

Wie wirken die ??

Welche Rolle spielen dabei die Schirmchen?

# Gehörgangsattrappe $f_{res} = 1,6 \text{ kHz}$

Messmikrofon  $\frac{1}{2}$ "



1,6 kHz  $\Delta L$  in dB=

+4	+4	+5	+4	+4	0
----	----	----	----	----	---

3,8 kHz  $\Delta_L$  in dB=

+1	-9	+3	+4	+7	0
----	----	----	----	----	---

4,8 kHz  $\Delta_L$  in dB=

+1	-4	-6	+6	+5	0
----	----	----	----	----	---

8,0 kHz  $\Delta_L$  in dB=

+		+	+	+	
11	0	16	10	11	0

0,8 kHz  $\Delta L$  in dB=

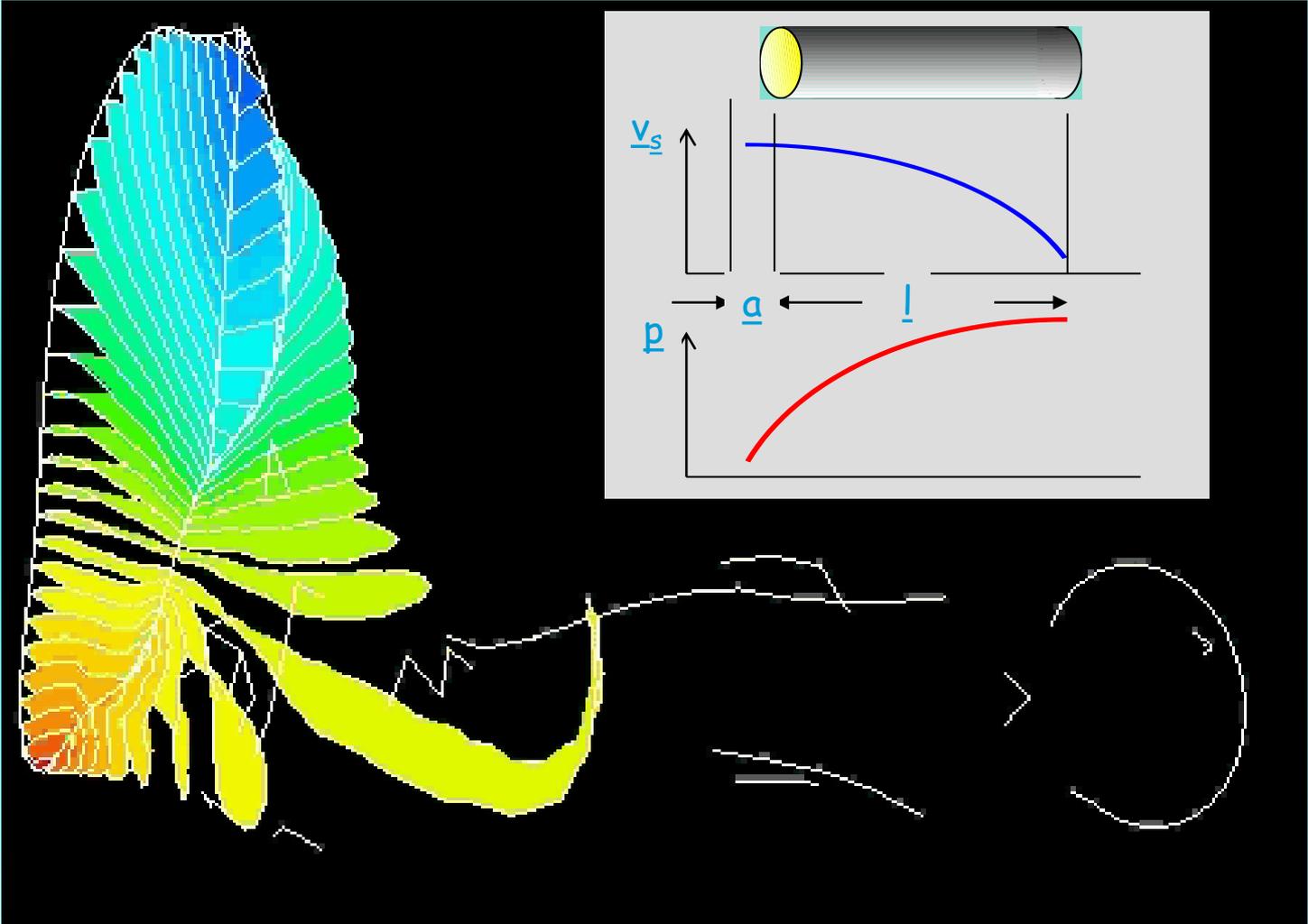
+7	+8	+8	+8	+4	0
----	----	----	----	----	---

## Mögliche Ursache?

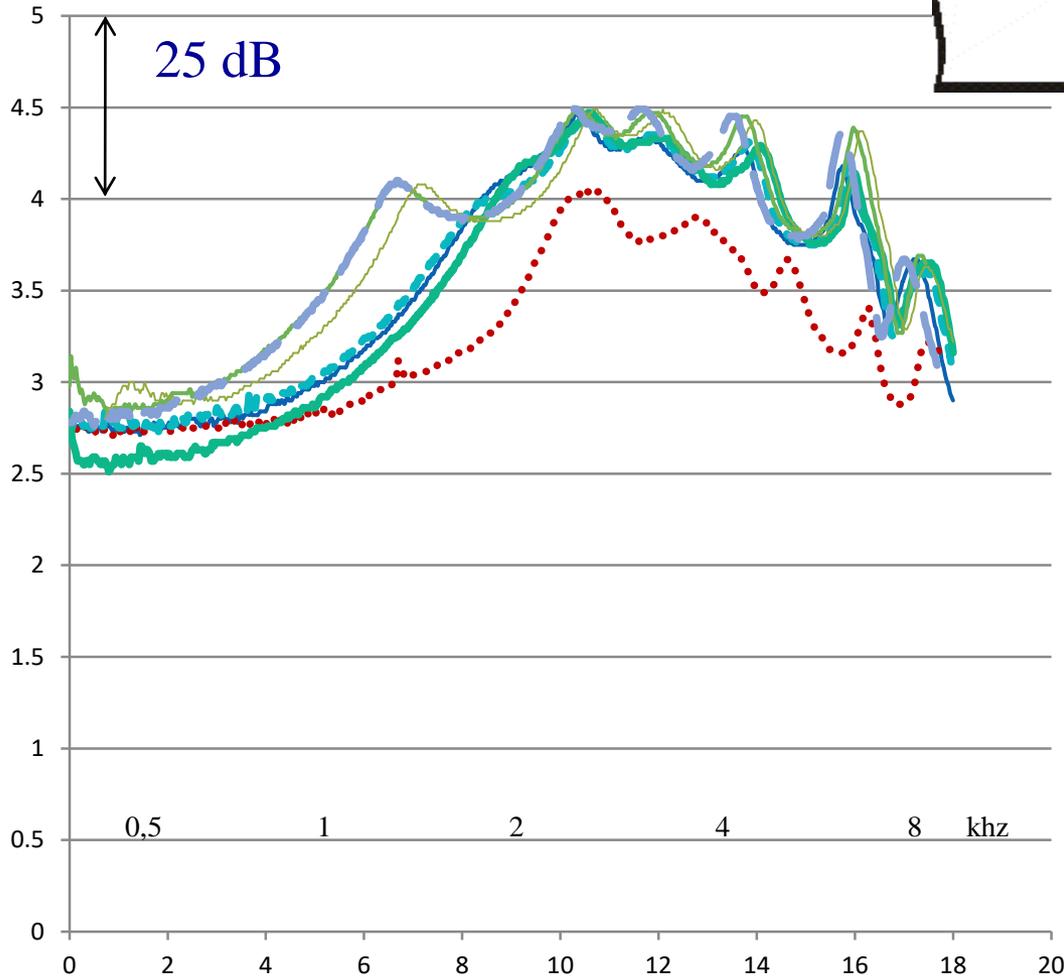
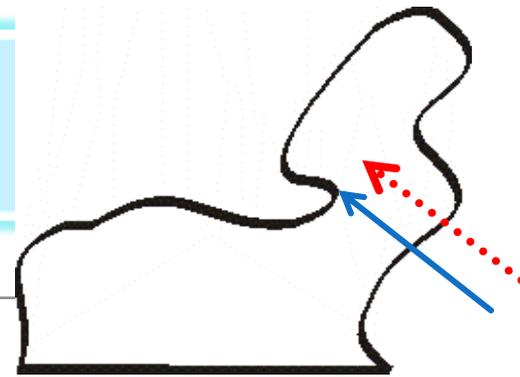


Wirbelbildungen  
erzeugen „Faltungen  
der ebenen Wellenfronten“

# Akustik des offenen Gehörgangs

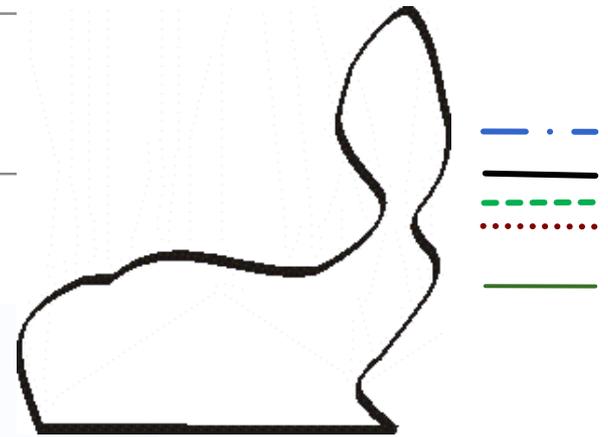
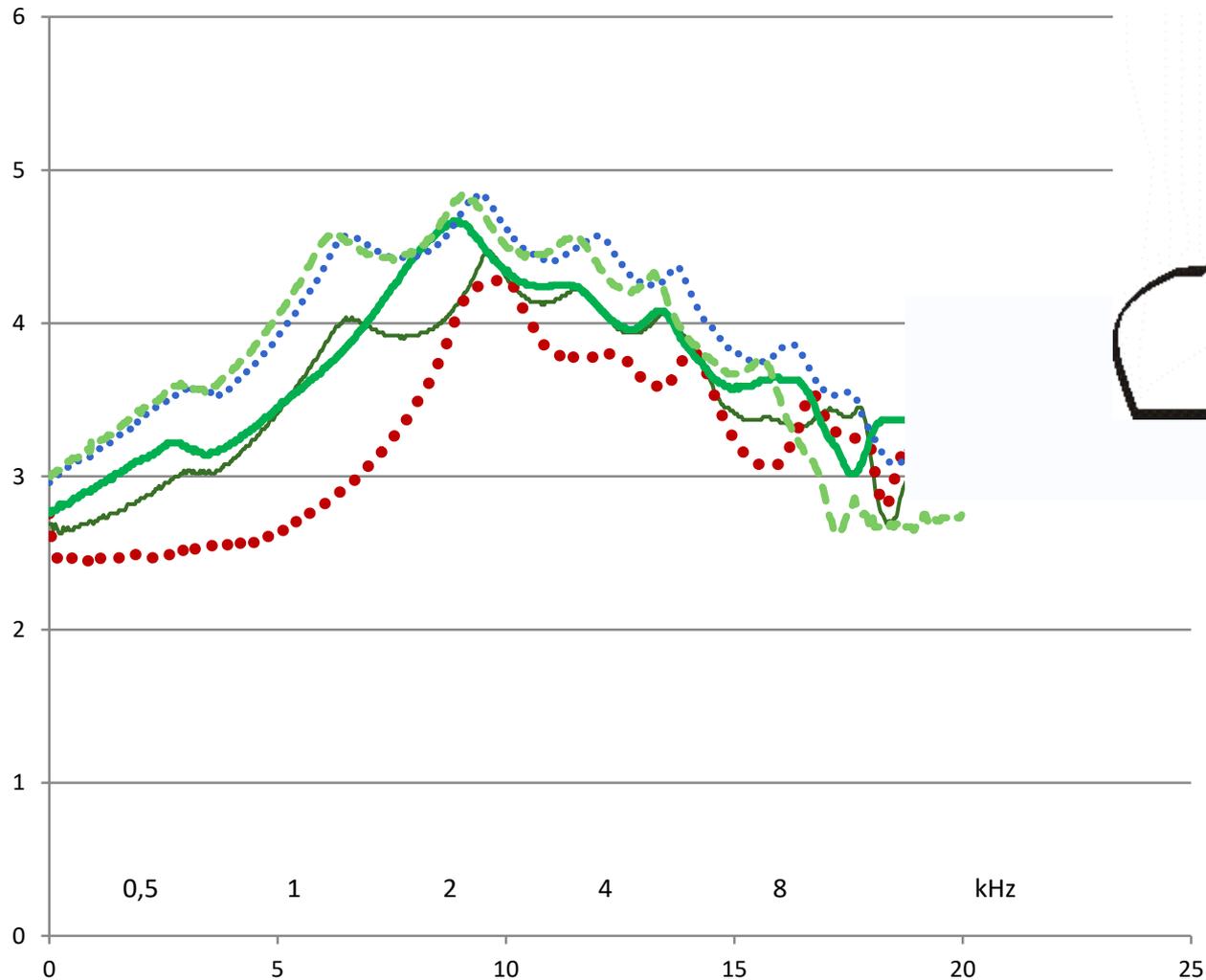


# „Kurzes Eck“ GG7



- innen Kr.
- mitte 2. Krümmung, gleiche Tiefe.
- - - - - hinter Ecke
- Richtg.Ecke
- mitte 2. Kr.leicht nach unten
- mitte 2. Kr. Gerade
- mitte 2.Kr. Leicht nach oben

# „Düsenform“ GG3



- Omm
- Engstelle
- an der Weitung
- in der W
- - - Ende d W

## Nachteile der offenen, jedoch breitbandigern Versorgung

- Pegelverlust bei tieffrequenten Signalen: z.B.: bis 30 dB bei 300Hz
- Rückkopplungsprobleme
- Eingeschränkte Wirkung von Störgeräuschunterdrückungssystemen
- wahrnehmbare Interferenzen durch Phasenverschiebungen (Direktschall-Hörerschall): Delay
- Eingeschränkte Wirkung von Richtmikrofonen und anderen Features
- Der Hörer gelangt rasch in die Sättigung

## 4. Klassische Versorgung

Verlust beim Standardschlauch durch den Impedanzsprung

Bsp.:  $d_G = 8\text{mm}$ ,  $d_B = 2\text{mm}$        $\rho = 0,78$

d.h. 78% der Schallenergie werden  
am Bohrungsausgang reflektiert !

Pegelminderung um                      **6,58 dB !**

# Verluste durch Impedanzsprung beim Slim-Tube



Bsp.:  $d_G = 8\text{mm}$  ,  $d_B = 1\text{mm}$   
 $\rho = 0,94$

d.h. 94% der Schallenergie werden  
am Bohrungsausgang reflektiert !

Pegelminderung um **12,22 dB !**

...und beim Hornschlauch.....

...vom 6 mm  
Hornschlauch in den  
8mm Gehörgang

nur: 0,38 dB !!



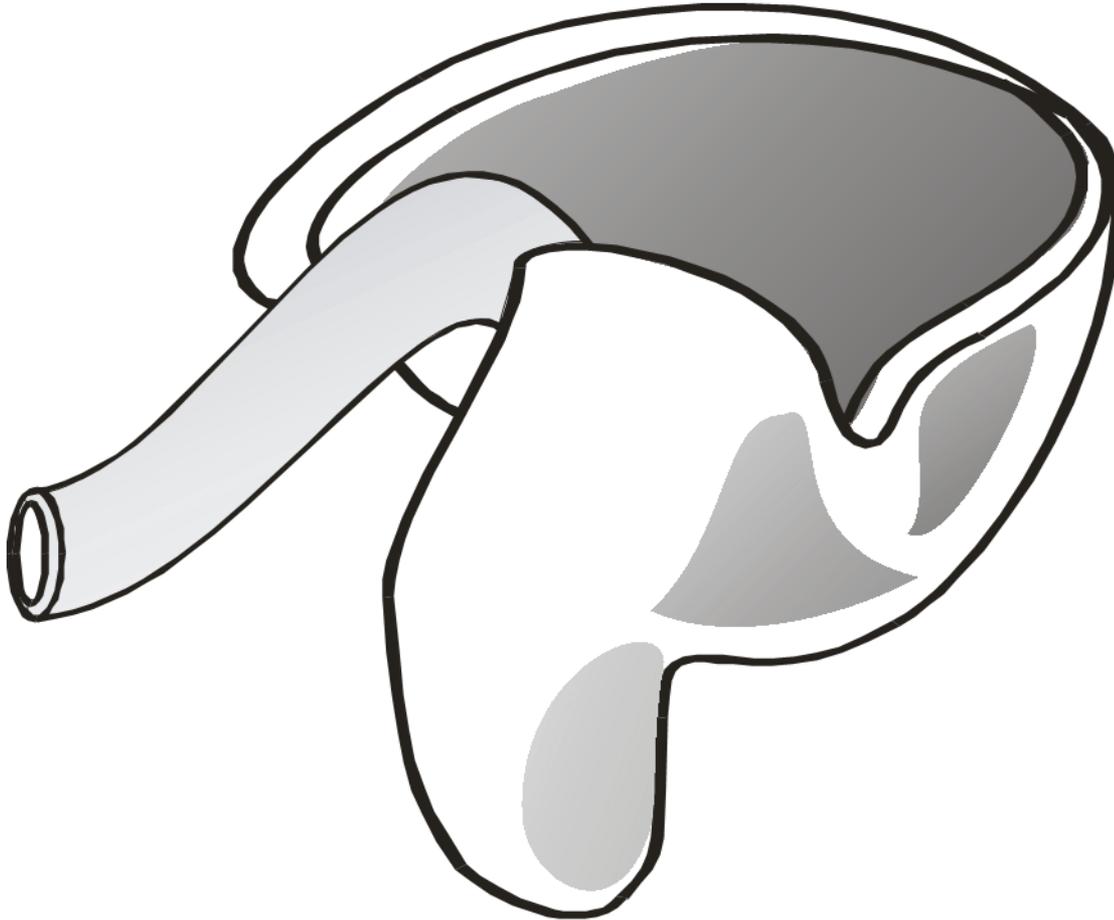
# Cut-Off-Frequenz nach Mead Killion

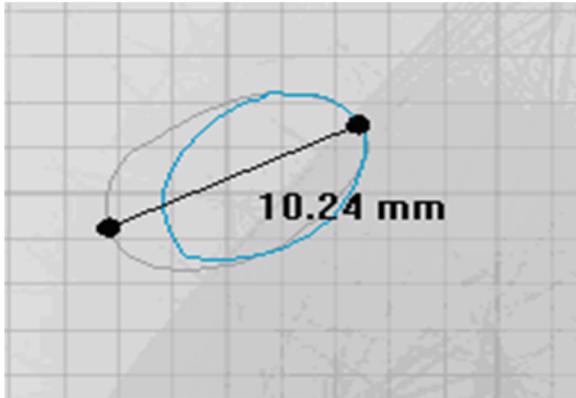
$$\text{Cut-Off-Frequenz} = (120/L_{\text{mm}}) \text{ kHz}$$

- Die Länge dieser Erweiterung betrage 15 mm
- Dann ist Cut-Off-Frequenz =  $120/15=8$  kHz.
- Beträgt die Länge nur 10 mm, so liegt die Cut-Off-Frequenz bei 12 kHz



## 5. Otoplastiken in der Päd-Akustik





- Gehörgang Durchmesser ??
- Durchmesser Abformung: 8,43 mm
- Weitung hierbei um: xx mm
- Durchmesser Silikon-Otoplastik: 10,24 mm
- Weitung um: 1,81 mm = 21 %

Einmalige Gesamtweitung: 2 mm oder 3 mm oder ???

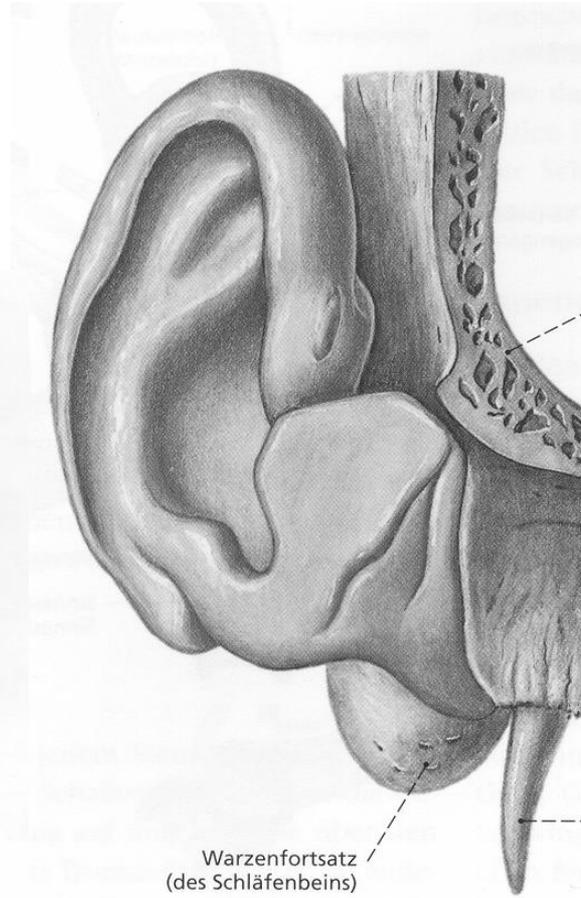
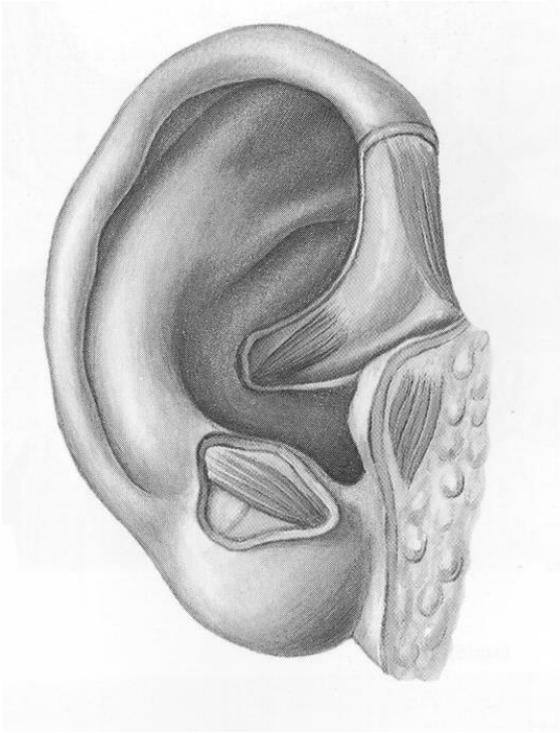
# Entstellt für's Leben



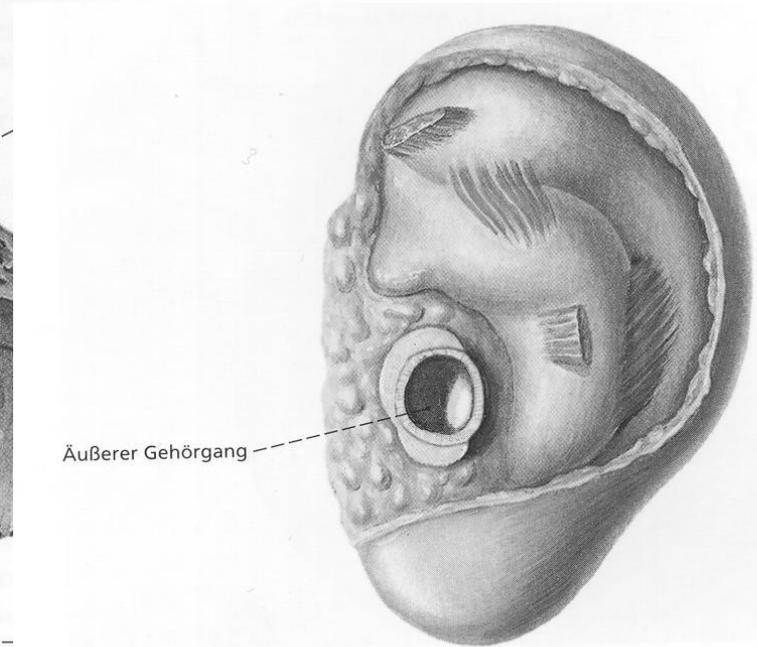
# Nachteil von weichen Otoplastiken



## 6. Akustische Abdichtung

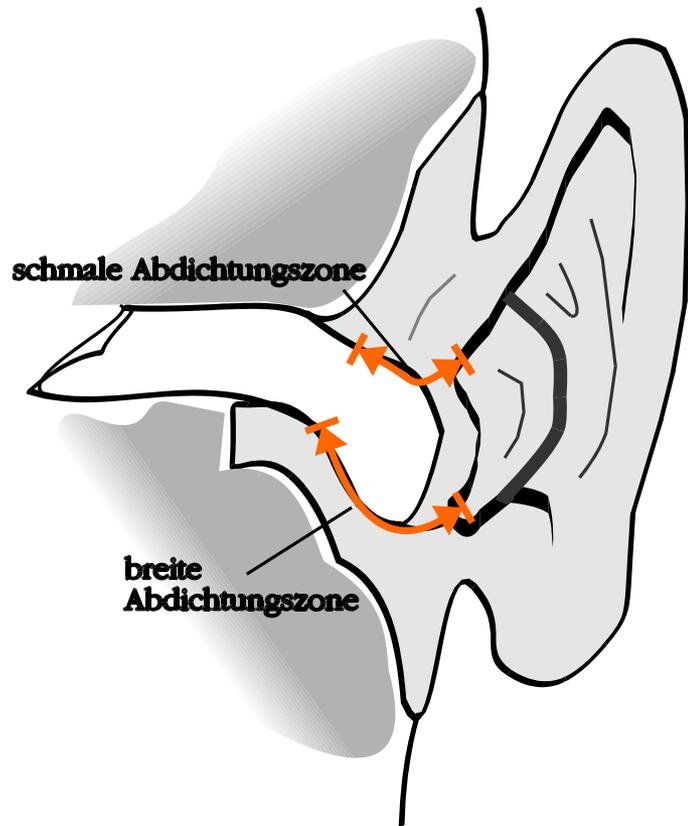


Warzenfortsatz  
(des Schläfenbeins)



Äußerer Gehörgang

## 6. Akustische Abdichtung



Incisura anterior

Das war`s für heute



Noch Fragen??