

# Fokus offene Versorgung: Schallschläuche und Zusatzbohrungen

Monika Bertges Reber  
Hörgeräteakustiker Meisterin  
Bernafon AG Schweiz

# Immer mehr neue Otoplastiken und Anpassungsvarianten bei HdOs – was bringt' s?



# Was bewirkt das für:

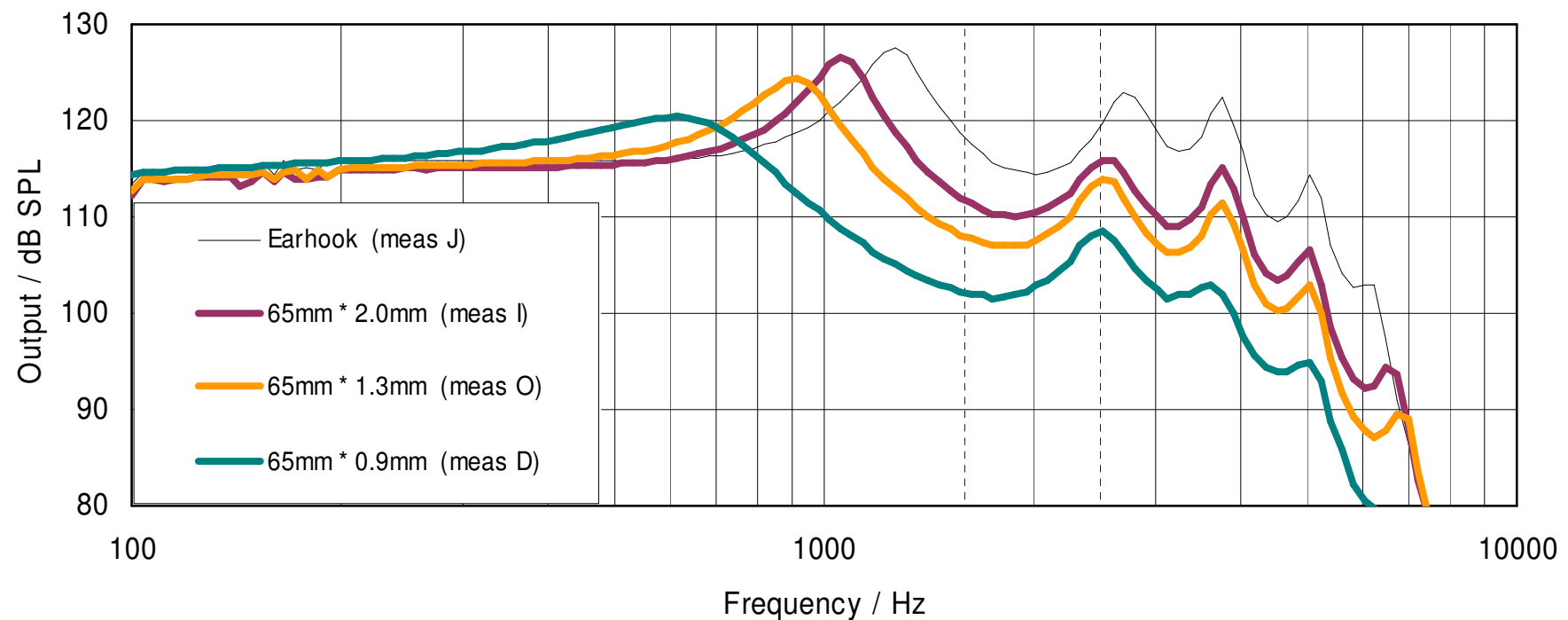
- Schallschläuche
- Zusatzbohrungen
- Verschlusseffekte



# Schallschläuche

## Einfluss des Schallschlauchdurchmessers auf die Verstärkung

Effekte bei unterschiedlichen Durchmessern



# Schallschläuche

„ca.“ Reduktion der Verstärkung... (Upgrad Optionen bei Anpassungen!)

- Ohrbügel ungedämpft mit 2mm Std. Schallschlauch= maximale Verstärkung und Ausgangsleistung (MPO)
- 1,3mm Innendurchmesser = ca. 8dB weniger maximale Verstärkung als mit Ohrbügel
- 0,9mm Innendurchmesser = ca. 16dB weniger maximale Verstärkung als Ohrbügel

Aber: **Möglichkeit von Open Domes, Tulips, Custom Tip, Canalmold**  **mehr Komfort und mehr Kosmetik, reduziert Verstärkung zusätzlich**

# Was bewirkt das für:

- Schallschläuche
- Zusatzbohrungen
- Verschlusseffekte



# Zusatzbohrungen

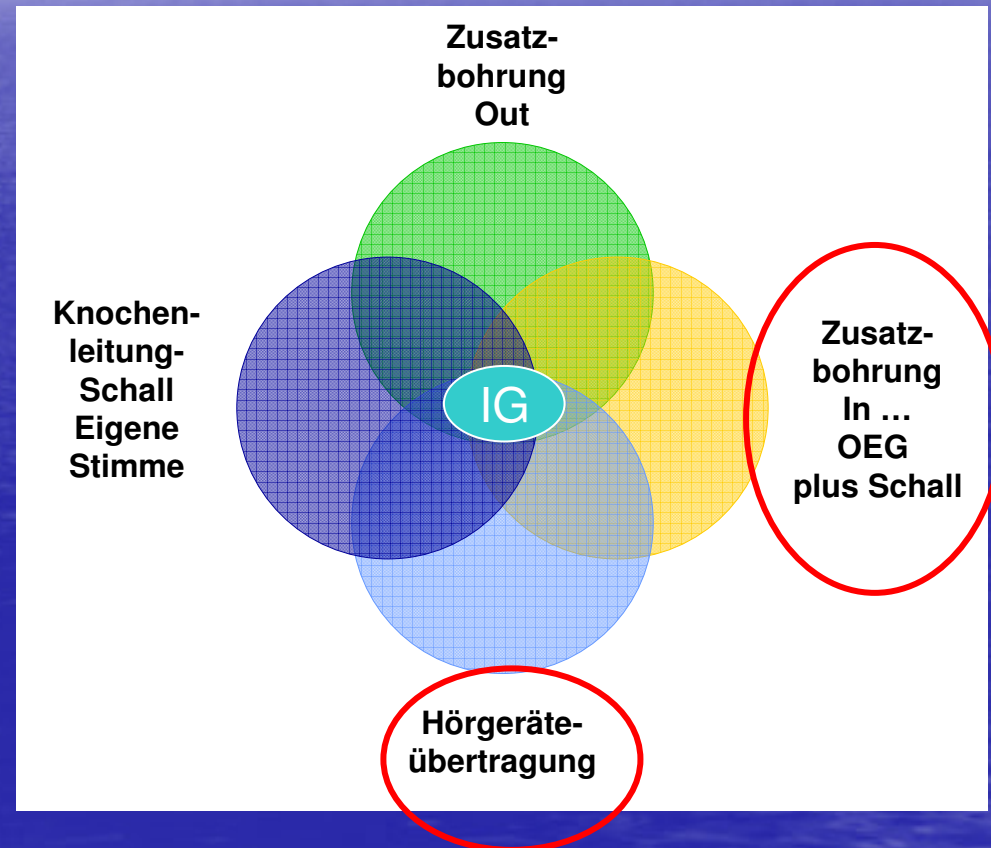
- Was machen Zusatzbohrungen eigentlich - ausser Verstärkung in den tiefen Frequenzen absenken?

**Mal ein anderer Einstieg: →**

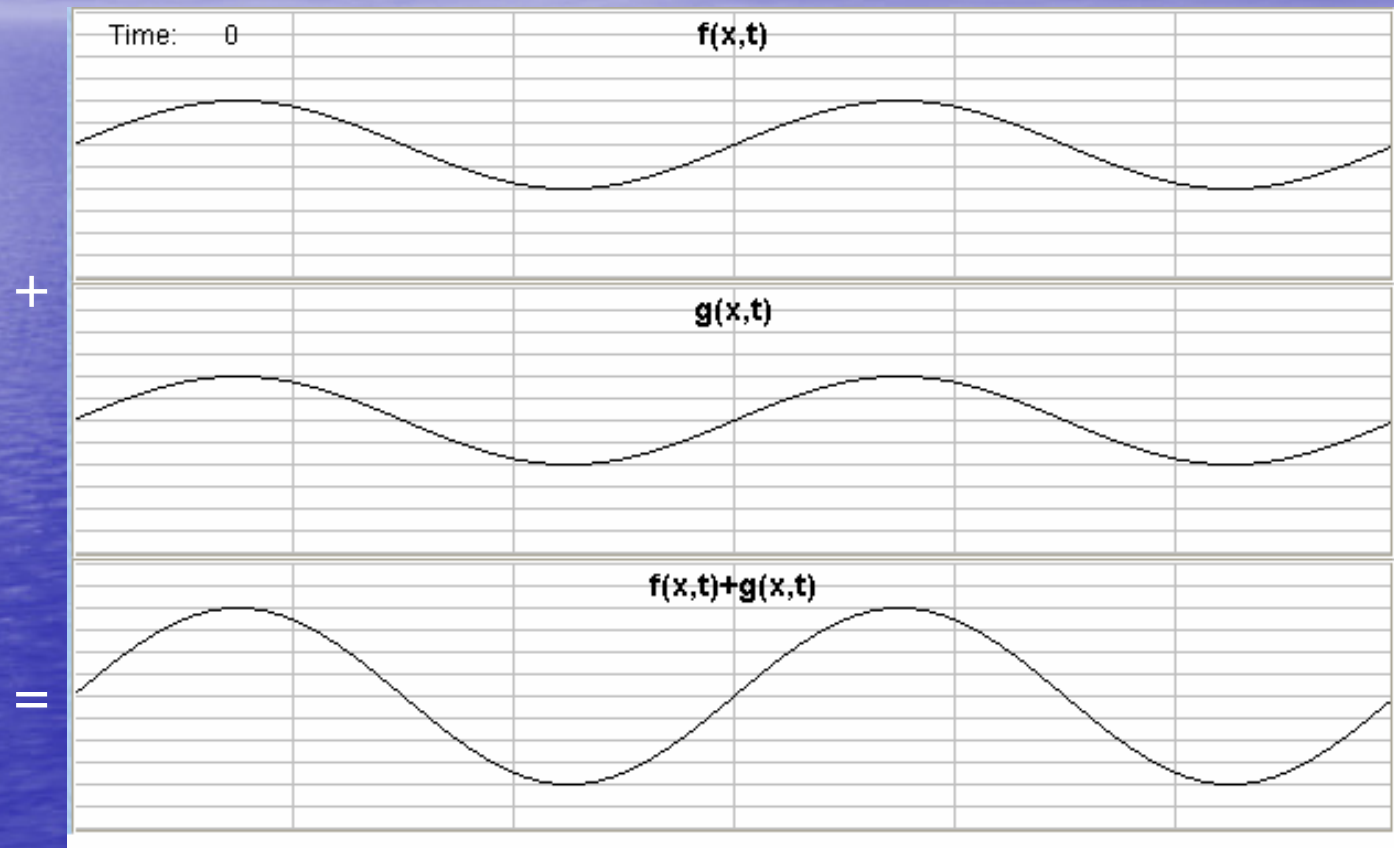
IG – nur Hörverlust abhängig  
Berechnet mit Standardrationalis  
(NAL, DSL)

Interferenz tritt beim **Mischen**  
von ähnlichen Signalen auf.

...Häufig werden Nebeneffekte nicht  
ausreichend betrachtet  
...was passiert beim Mischen?



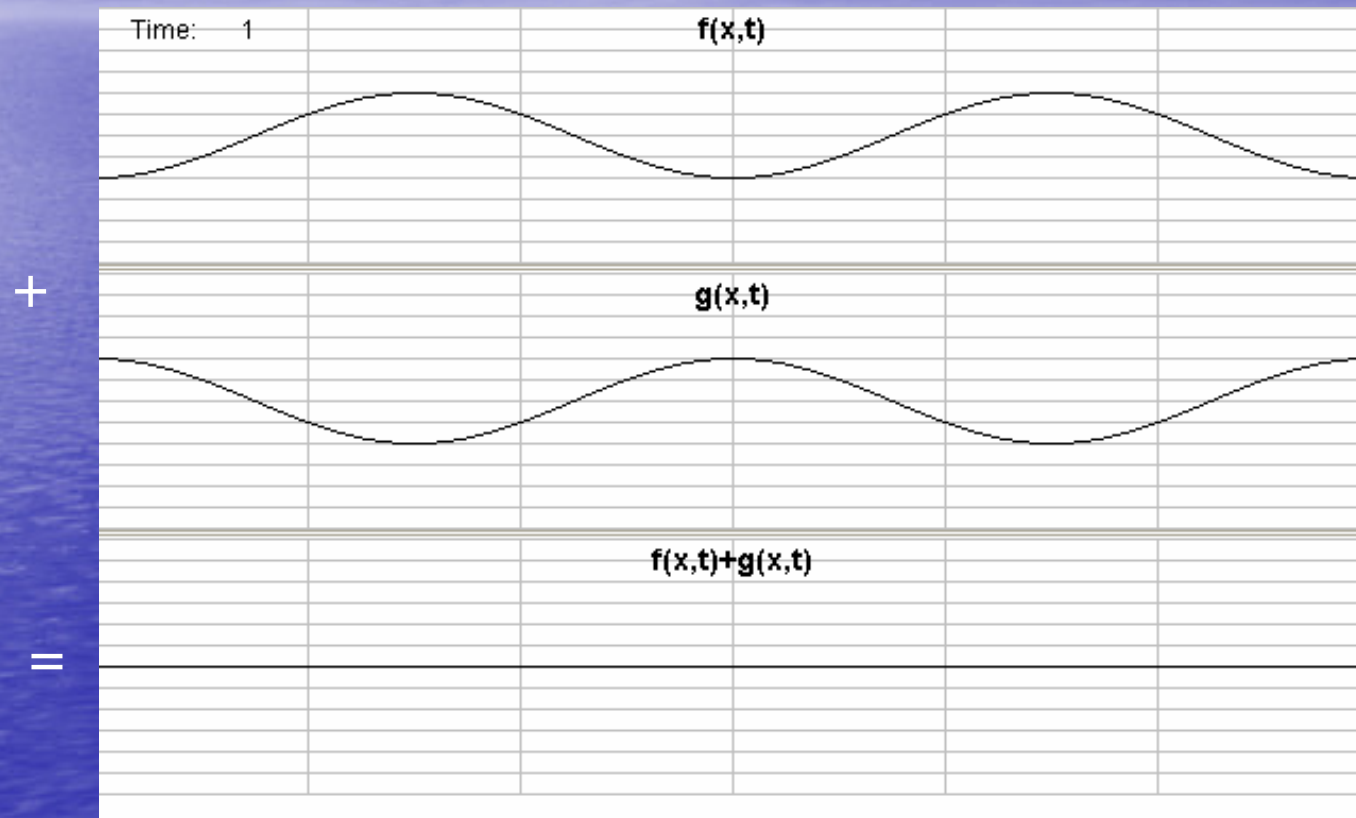
# Wave Interference - In phase



Result: 6 dB amplification



# Wave Interference –180° out of phase



Result: complete cancellation

# Beim Zusammenfügen 2er Schalle ist wichtig, ob sie korrelieren

(hier vereinfachte Annahme für IG, Schall über Hörgerät und Zusatzbohrung)



Unkorreliert: immer 3 dB

Hörer  $\neq$  Sprecher



Korreliert: von 0dB bis zu 6dB je nach Phasenlage

Hörer = Sprecher

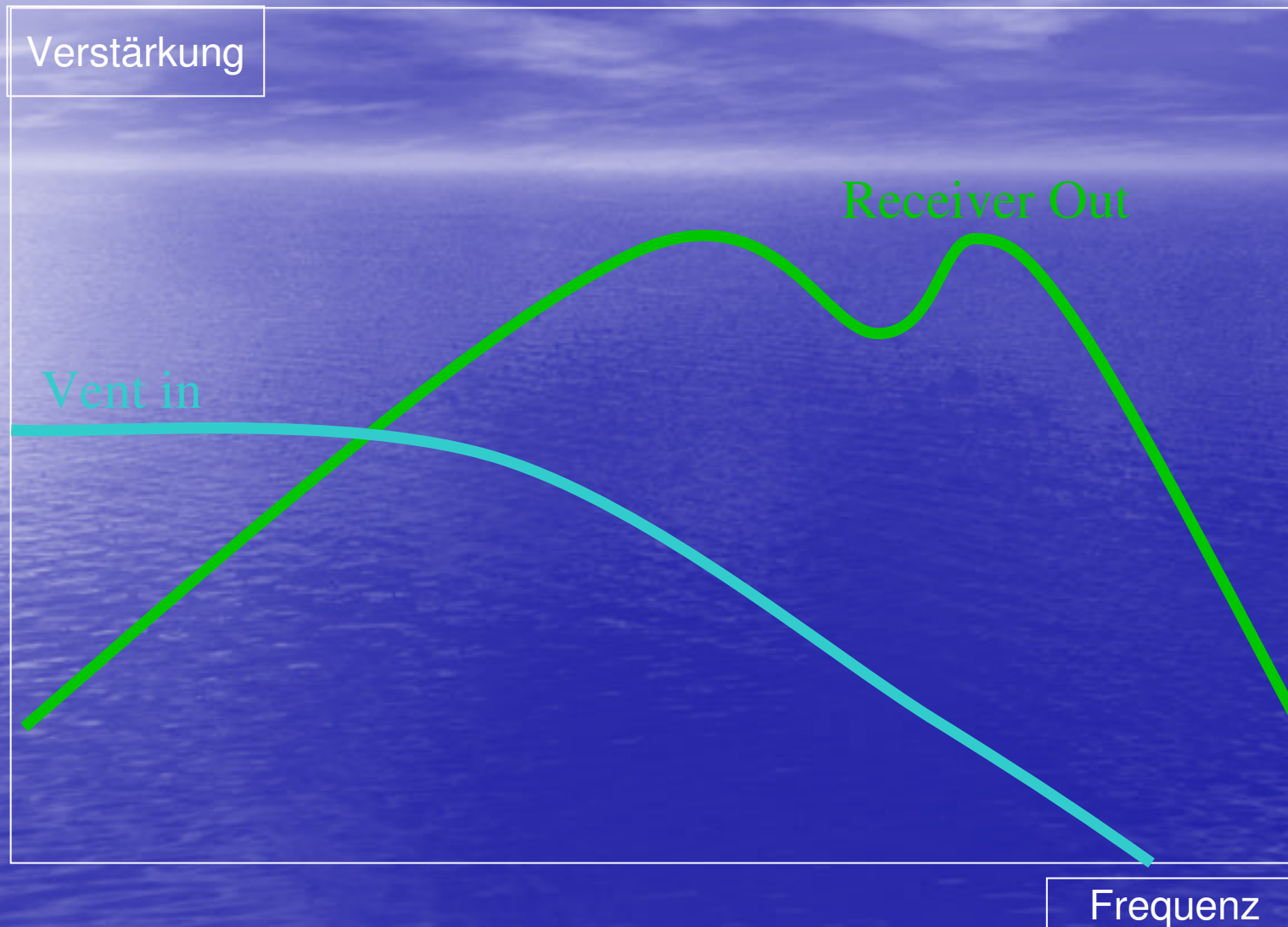
# Zusatzbohrungen

Wie mischen sich die Signalwege bis zum Trommelfell

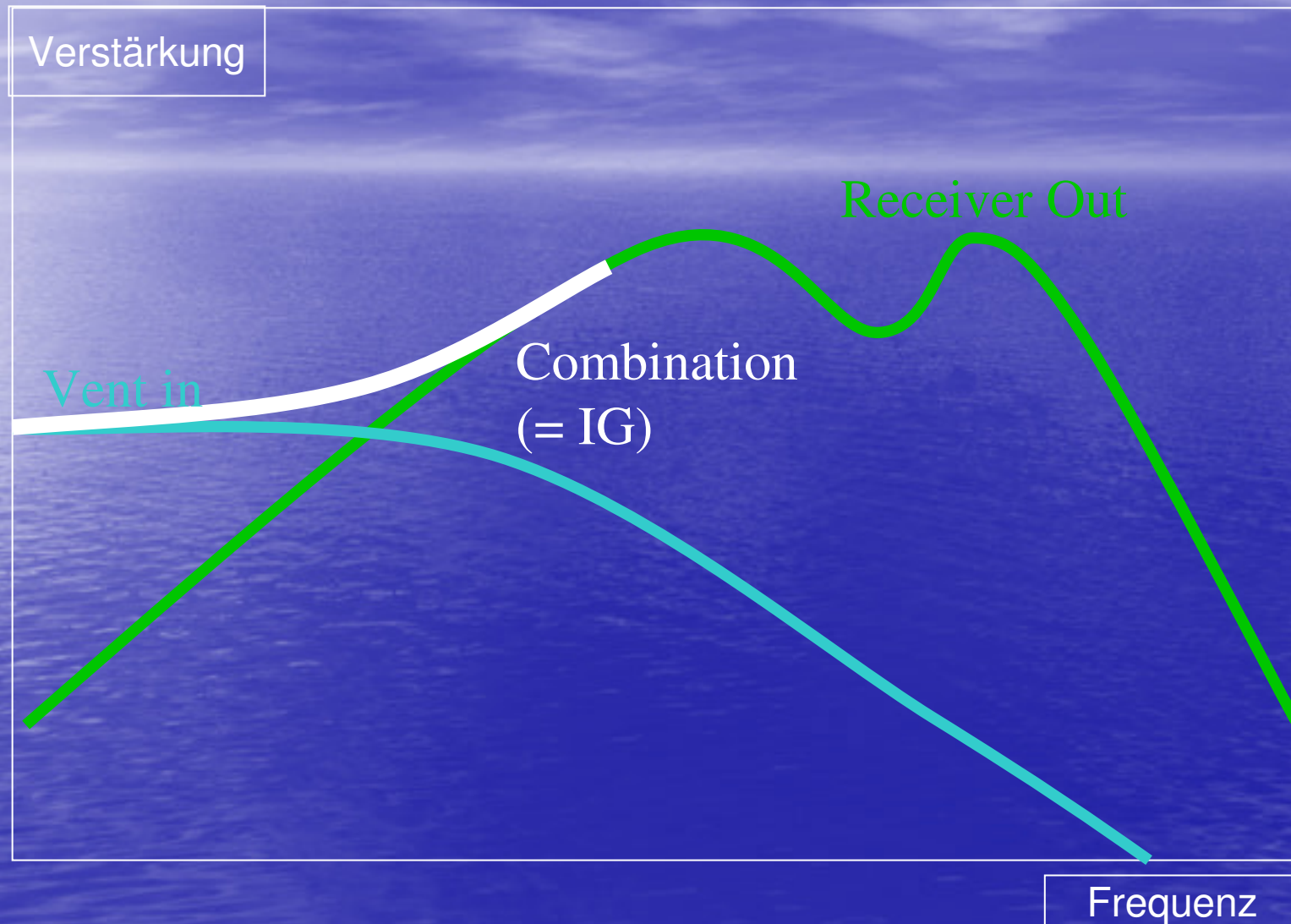
- Zusatzbohrung (unverändertes Signal)
- Knochenleitungsanteil (im Model nicht berücksichtigt)
- Hörgeräteausgang (verarbeitetes Signal)
- ...führt zu so genannten Kammeffekten



„Zusatzbohrung In“ and „Hörer Out“ getrennt betrachtet:

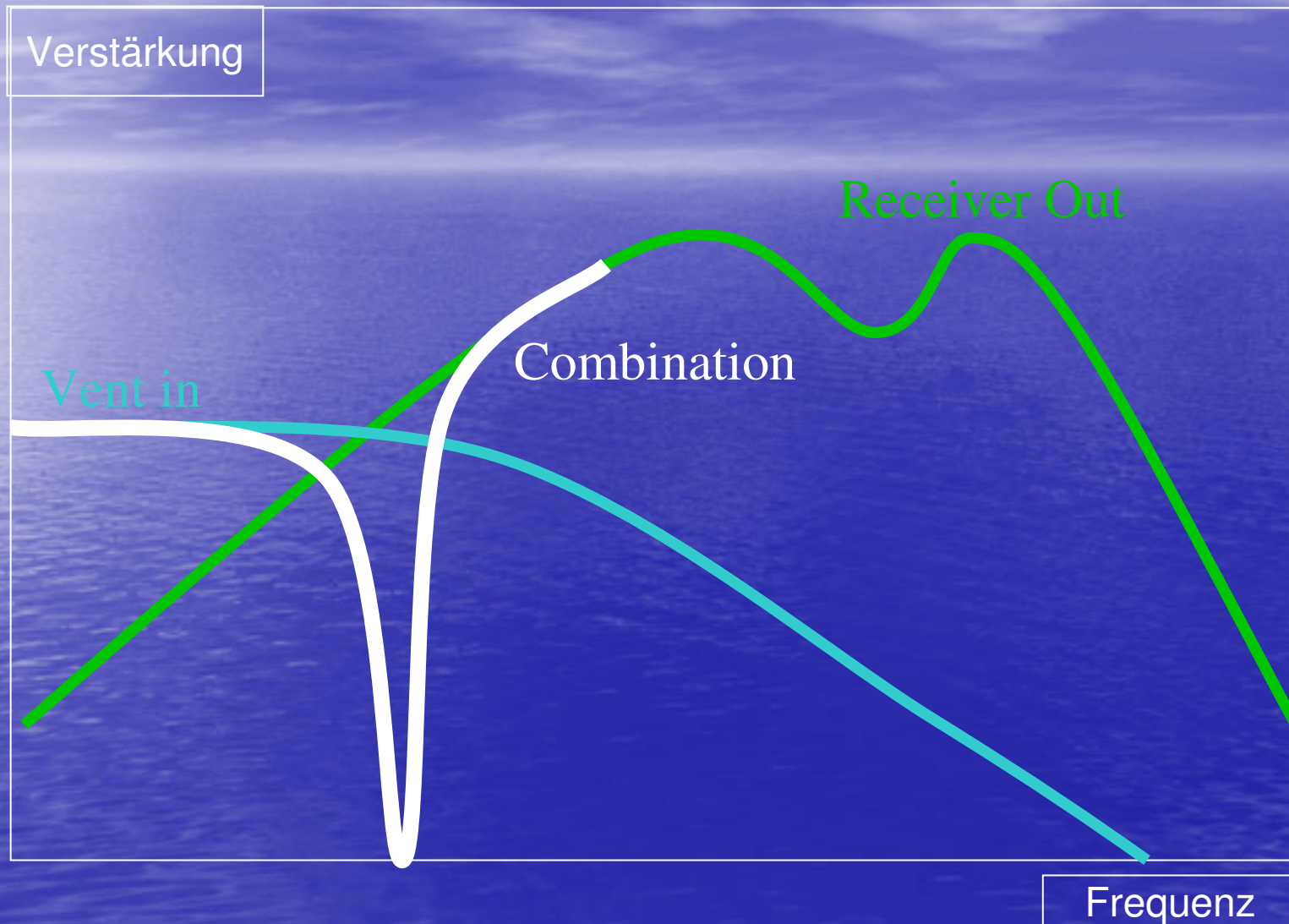


## „Zusatzbohrung In“ and „Hörer Out“ in Phase



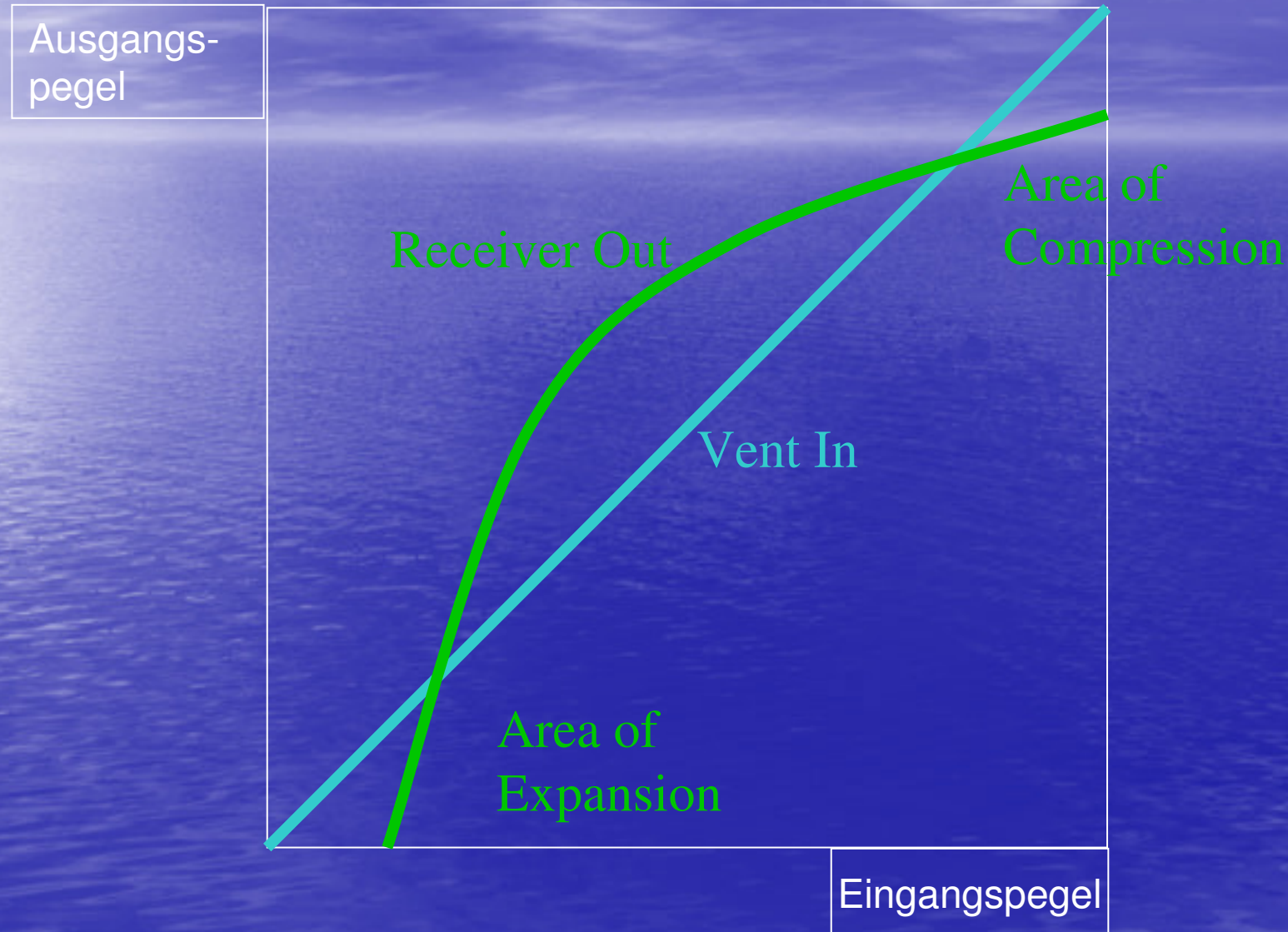


## „Zusatzbohrung In“ and „Hörer Out“ nicht in Phase

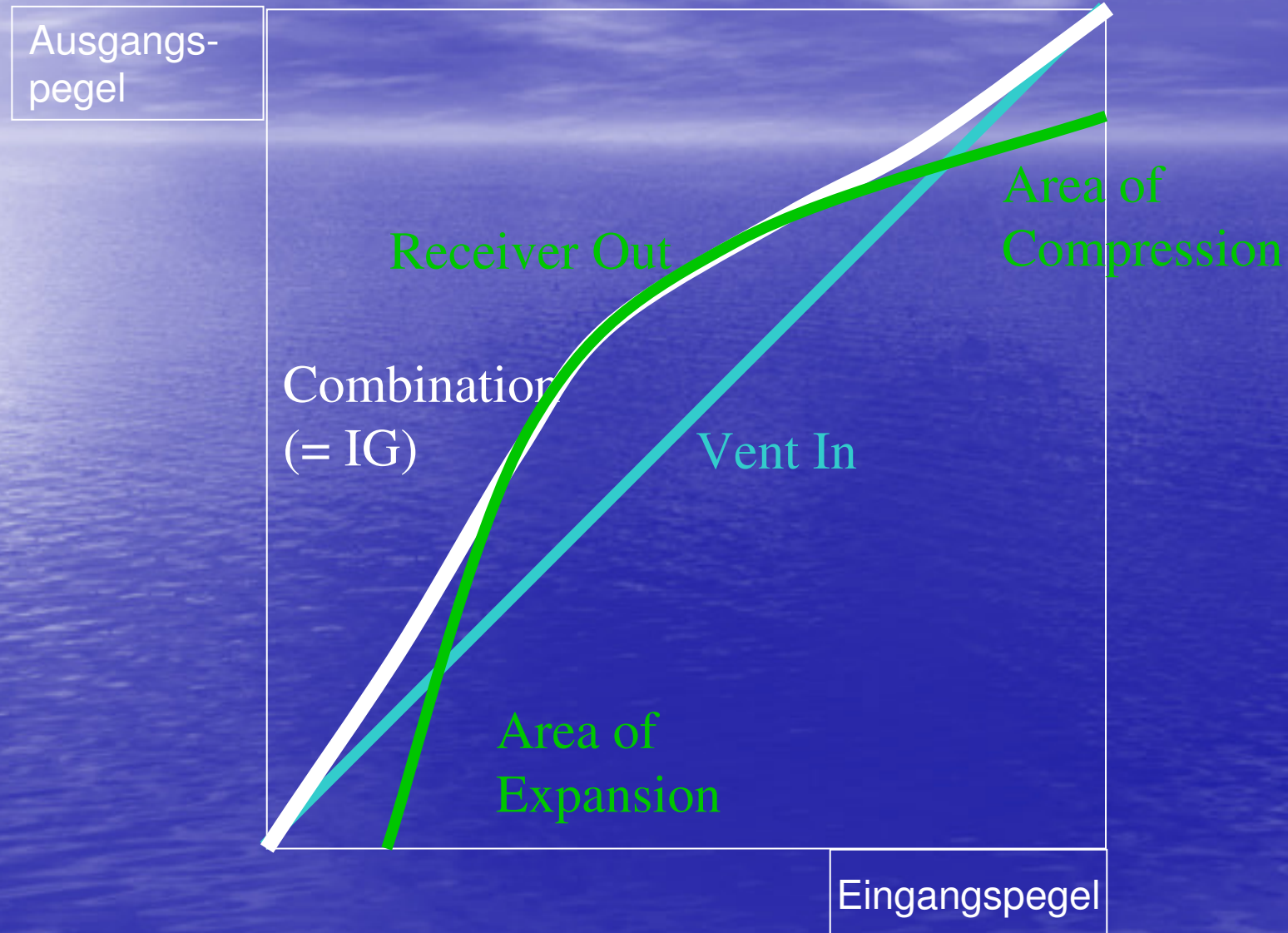




# Dynamisch (Eingangs/Ausgangsdiagramm): „Zusatzbohrung In“ (linear) und „Hörer Out“ (Kennlinie durch Kompression)

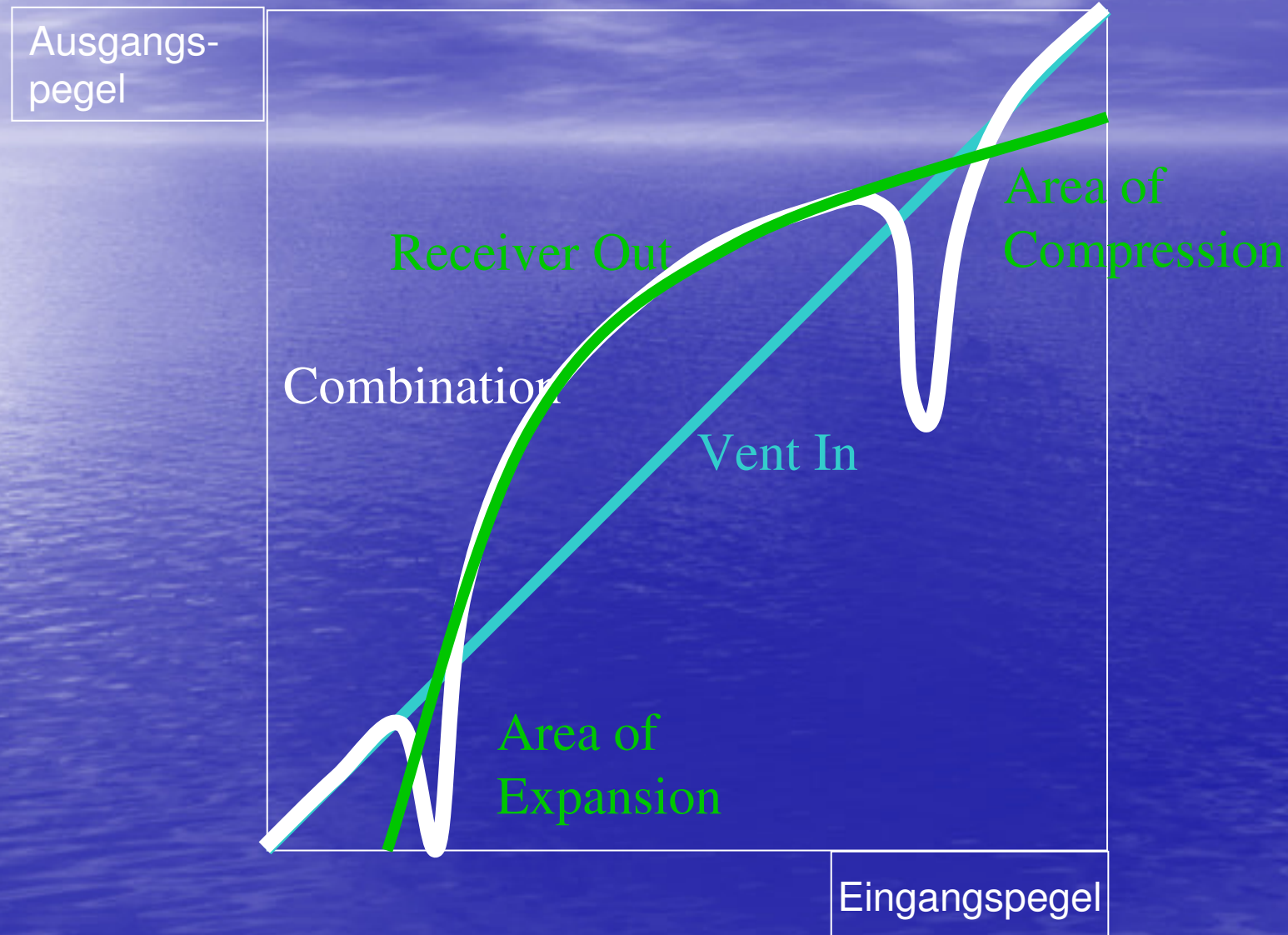


## Dynamisch: „Zusatzbohrung In“ und „Hörer Out“ in Phase



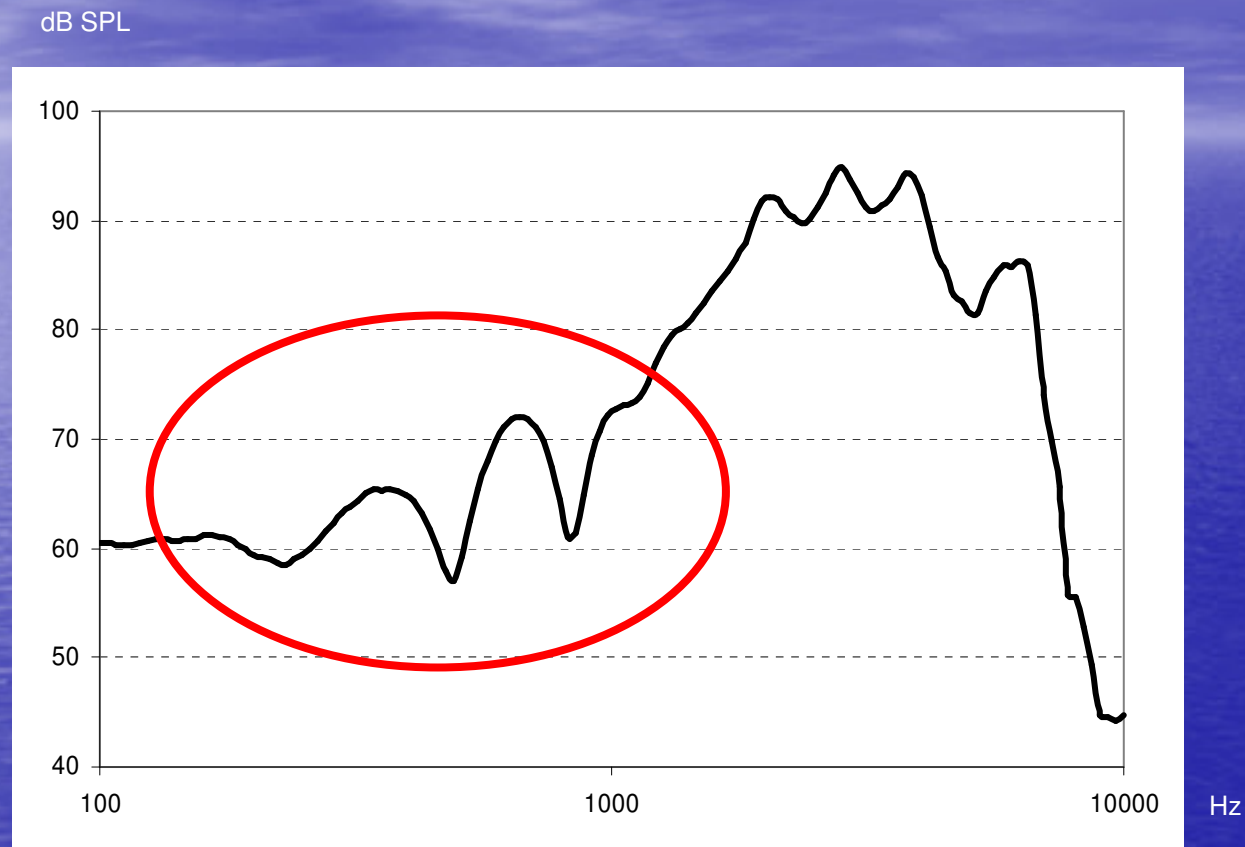


# Dynamics „Vent In“ and „Receiver Out“ in out-of-phase Addition



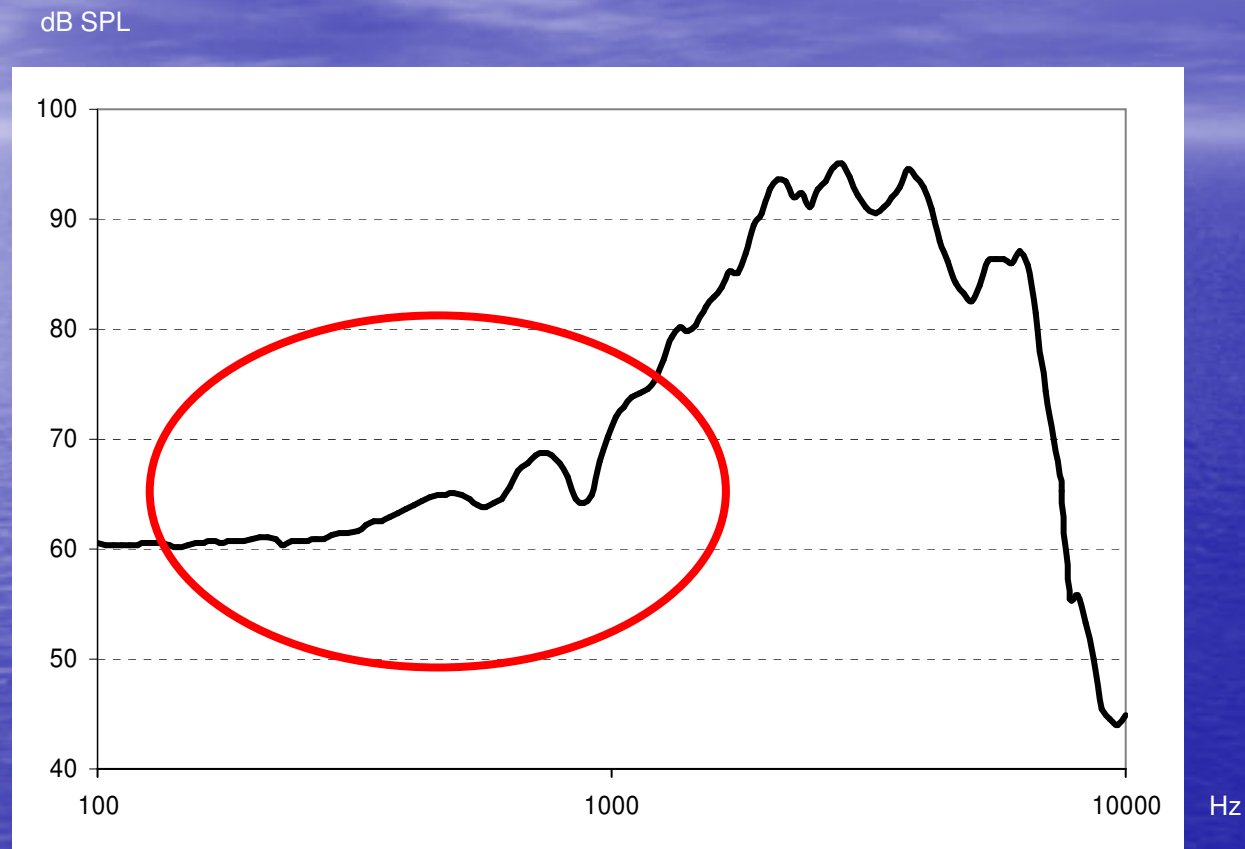


## Frequency Response without ASU\*



\* ASU™ - Bernafon's OASiS Plus implementation of these corrections

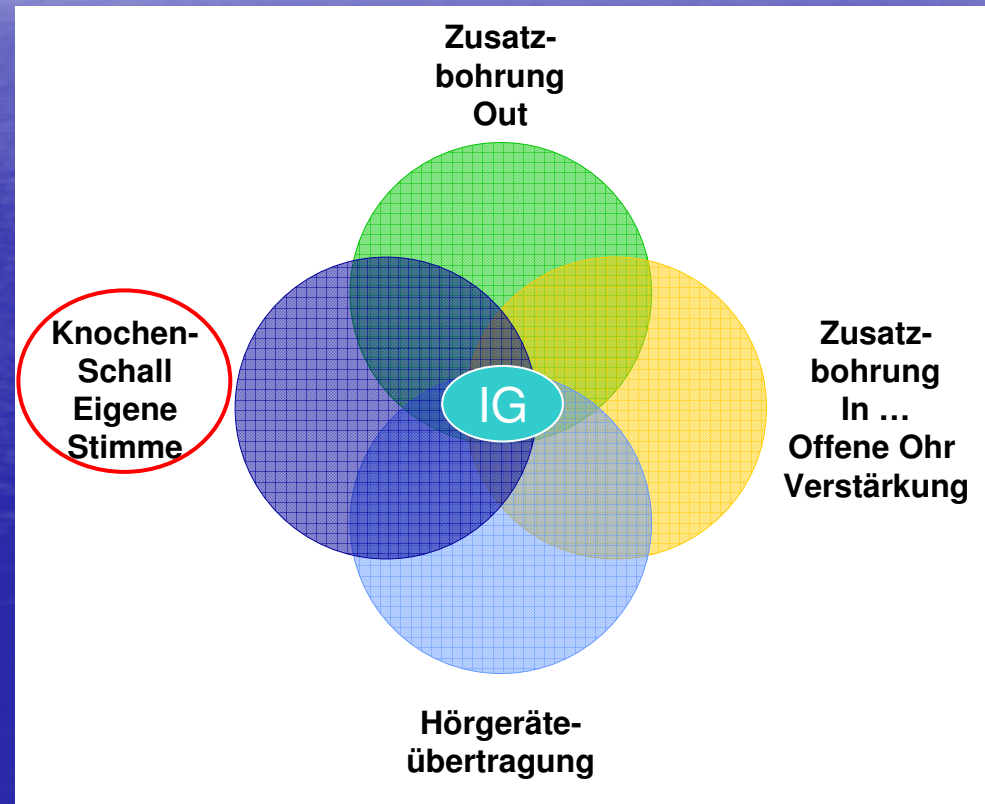
# Frequency Response with ASU\*



\* ASU™ - Bernafon's OASiS Plus implementation of these corrections

# Physikalischer “Exkurs” - Zusatzbohrungen

Zusatzbohrungen  
haben noch weitere  
Effekte ....





# Was bewirkt das für:

- Schallschläuche
- Zusatzbohrungen
- Verschlusseffekte

# Verschlusseffekte:

- Eine der grössten Hürden für die Hörgeräteakzeptanz<sup>°</sup>
- Betrifft Neu- und Folgeversorgungen gleichermassen\*

<sup>°</sup> Kochkin's MarkeTrak Studien

\* Laugesen, Vestergaard and Nielsen (2005)



# Verschlusseffekte

wann sind sie *kein* Problem?

- Für Schallleitungsschwerhörige
- Wenn der Hörverlust in den tiefen Frequenzen 70 dB HV übersteigt



# Verschlusseffekte sind sie vorhersagbar?

- Carle, et al (2002)
  - Leider kein messbarer Zusammenhang zwischen Hörverlust und Verschlusseffekt
- Carle, Laugesen & Nielsen (2002)
- Kuk, Keenan & Lau (2005)
  - Beide Untersuchungen ergaben eine Abhängigkeit des Verschlusseffektes von der Mittelohr Compliance; aber noch keine klinische Anwendbarkeit.

# Verschlusseffekte wovon sind sie abhängig?

- Jespersen et al (2006)
  - Okklusion wird in binauralen Anpassungen stärker wahrgenommen als in monauralen.
- Kiessling, et al (2005).
  - Verschlusseffekte sind von der akustischen Masse der Zusatzbohrung abhängig
  - Das Mass des zu erwartenden Verschlusseffektes ist über die Dimensionen der Zusatzbohrung vorhersagbar.
- ...aber, was ist die akustische Masse?



# Wirkung der akustischen Masse von Zusatzbohrungen



Definition der akustischen Masse; Einheit ist  $\text{kg/m}^4$

Akustische Masse = Konstante  $\cdot \frac{\text{Länge der Zusatzbohrung}}{(\text{Durchmesser der Zusatzbohrung})^2}$



# Wirkung der akustischen Masse von Zusatzbohrungen

$$\text{Akustische Masse} = \text{Konstante} \cdot \frac{\text{Länge der Zusatzbohrung}}{(\text{Durchmesser der Zusatzbohrung})^2}$$

- Traditionell wurde nur der Durchmesser der Zusatzbohrung geändert zwischen 0-4mm
- die Länge der Zusatzbohrung blieb gleich bleibend bei ca. 20mm

die Länge hat zwar einen kleineren aber dennoch entscheidenden Einfluss

# Wirkung von Zusatzbohrungen

$$\text{Akustische Masse} = \text{Konstante} \cdot \frac{\text{Länge der Zusatzbohrung}}{(\text{Durchmesser der Zusatzbohrung})^2}$$

Akustische Masse = ist konstant => dann bleibt die Wirkung gleich

d.h. mathematisch:

Länge der Zusatzbohrung	20	10	5	2,5
-----	-----	-----	-----	-----
(Durchmesser der Zusatzbohrung) <sup>2</sup>	16	8	4	2
	↑	↑	↑	↑
Entspricht dem Quadrat von:	4	2,85	2	1,4 mm



# Wirkung von Zusatzbohrungen

$$\text{Akustische Masse} = \text{Konstante} \cdot \frac{\text{Länge der Zusatzbohrung}}{(\text{Durchmesser der Zusatzbohrung})^2}$$

Akustische Masse = ist konstant => dann bleibt die Wirkung gleich

d.h. mathematisch:

Länge der Zusatzbohrung	20	10	5	2,5
-----	-----	-----	-----	-----
(Durchmesser der Zusatzbohrung) <sup>2</sup>	16	8	4	2
	↑	↑	↑	↑
Entspricht dem Quadrat von:	4	2,85	2	1,4 mm



# Wirkung von Zusatzbohrungen

$$\text{Akustische Masse} = \text{Konstante} \cdot \frac{\text{Länge der Zusatzbohrung}}{(\text{Durchmesser der Zusatzbohrung})^2}$$

Akustische Masse = ist konstant => dann bleibt die Wirkung gleich

d.h. mathematisch:

Länge der Zusatzbohrung	20	10	5	2,5
-----	-----	-----	-----	-----
(Durchmesser der Zusatzbohrung) <sup>2</sup>	107	53	27	16
	↑	↑	↑	↑
Entspricht dem Quadrat von:	10.3	7.2	5.2	4 mm

# Wirkung von Zusatzbohrungen

$$\text{Akustische Masse} = \text{Konstante} \cdot \frac{\text{Länge der Zusatzbohrung}}{(\text{Durchmesser der Zusatzbohrung})^2}$$

Akustische Masse = ist konstant => dann bleibt die Wirkung gleich

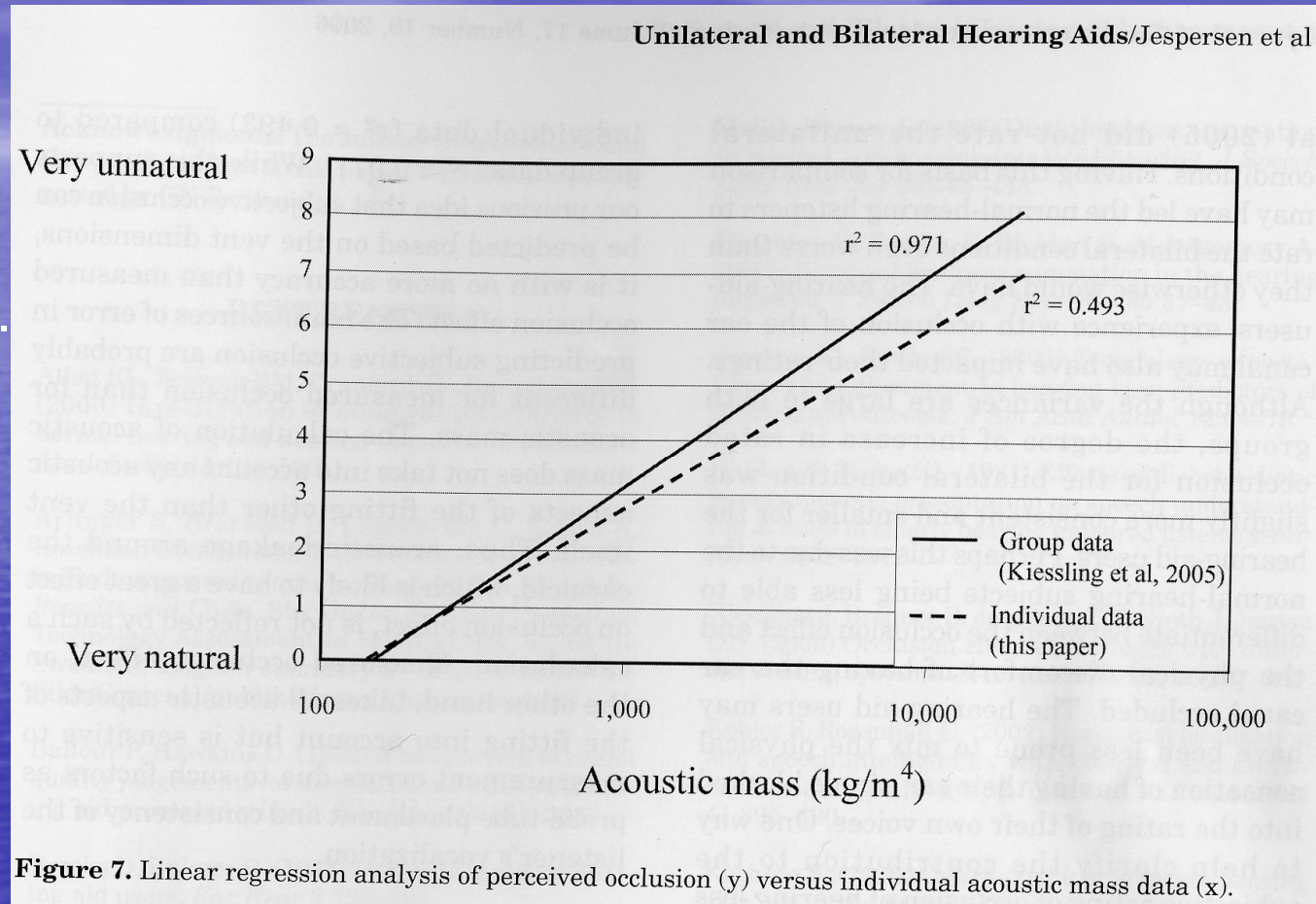
d.h. mathematisch:

Länge der Zusatzbohrung	20	10	5	2,5
-----	-----	-----	-----	-----
(Durchmesser der Zusatzbohrung) <sup>2</sup>	107	53	27	16
	↑	↑	↑	↑
Entspricht dem Quadrat von:	10.3	7.2	5.2	4 mm



# Beziehung zwischen akustischer Masse und Verschlusseffekt

Aus JAAA  
Nov/Dez 2006,  
Jespersen et al.



The occlusion effect in unilateral versus bilateral hearing aids (benutzen Ohrpassstücke ohne Verstärkung, Nebeneffekte werden so minimiert, für open Dome gleich gutes Rating. = **binaural mehr Verschlusseffekt**)



# Wirkung der akustischen Masse von Zusatzbohrungen

- Erhöhen der akustischen Masse:
  - mehr Verschlusseffekt
  - aber bessere Abdichtung
  - z.B. traditionelle Ohrpassstücke und IdO
- Verringerung der akustischen Masse:
  - weniger Verschlusseffekt
  - geringere Abdichtung
  - z.B. Open Dome, Tulip, Custom tip

# Zusammenfassend

## Neue Akustikoptionen bei HDOs:

- Dünne Schallschläuche
- Kurze Otoplastiken
- Algorithmen Artefactoptimierung

➔ Helfen “alte” Probleme durch eine neue Ansätze zu lösen.

