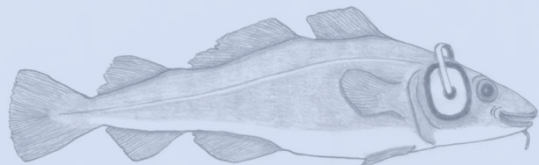
An offshore oil rig is visible on the left side of the image, situated in the ocean. The rig is a complex structure with various pipes, ladders, and a tall derrick. The background shows a clear blue sky and a calm sea. A faint rainbow is visible in the lower right portion of the sky.

**Verhaltensreaktionen,
Maskierungseffekte
und Verletzungen
– Der Einfluss von
Unterwasserschall
auf das (Über)Leben
von Fischen**

Christina Müller-Blenkle

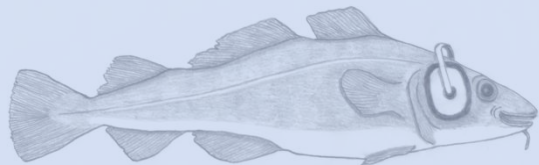
Einleitung

- 🐟 Kurze Einleitung zu Gehör bei Fischen
- 🐟 Überblick Auswirkungen von Schall
 - 🐟 Verletzung
 - 🐟 Verhaltensreaktionen
 - 🐟 Maskierung
 - 🐟 Wahrnehmung
- 🐟 Forschungsbedarf

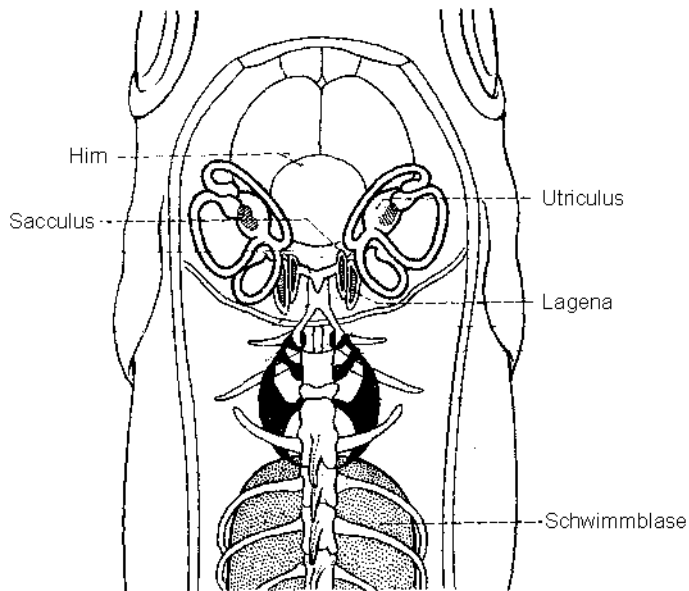


Hörfähigkeit bei Fischen

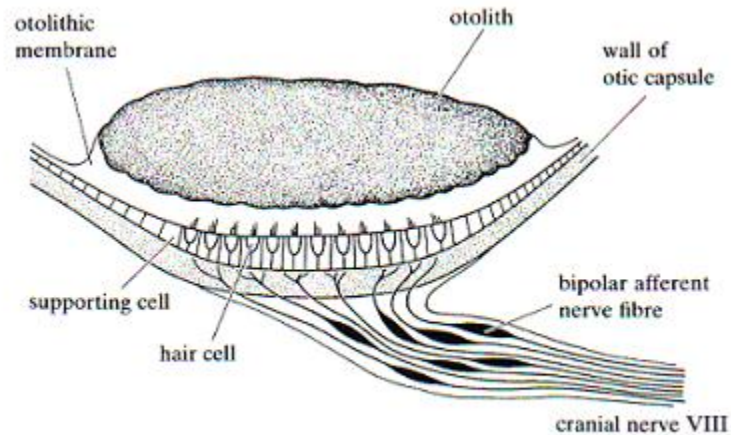
- 🐟 Wissen über das Hörvermögen existiert nur für etwa 100 der 32 000 oder mehr existierenden Fischarten
- 🐟 Grundsätzlich gleiche Hörfunktionen wie andere Wirbeltiere, d.h. Unterscheidung zwischen Tönen, Bestimmung der Schallrichtung, Erkennen relevanter Töne im Hintergrundschall
- 🐟 Schall spielt wesentliche Rolle im Leben von Fischen
 - z.B. Informationen über Lebensraum
 - Erkennen von Räubern und Beute
 - Kommunikation zwischen Artgenossen



Anatomie des Fischohres



Zeichnung nach v. Frisch 1938

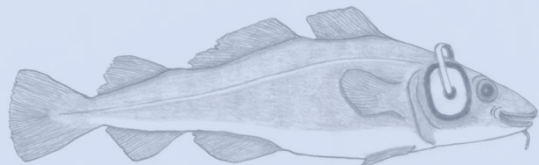


A



B

A: Querschnitt durch einen Kabeljau-Utriculus mit Otolith über dem Haarzelleneptithel (Hawkins 1985). **B:** Querschnitt durch eine Haarzelle mit Stereozilien (S), Kinozilium (K) sowie afferentem (A) und efferentem (E) Nerv (nach Flock & Russell 1973).



Hörgeneralisten

Keine oder kleine Schwimmblase

🐟 Eher geringe Hörfähigkeit

🐟 Nur empfindlich für Teilchenbewegungen

z. B. Plattfische, Lachs

🐟 Hörbereich bis <400 Hz

🐟 Hörschwelle im besten Bereich häufig um 90 dB re 1 μ Pa

Schwimmblase wirkt als Verstärker

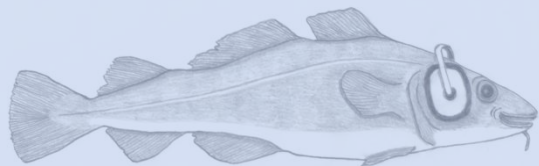
🐟 Bessere Hörfähigkeit

🐟 Schalldruck kann wahrgenommen werden

z. B. Kabeljau

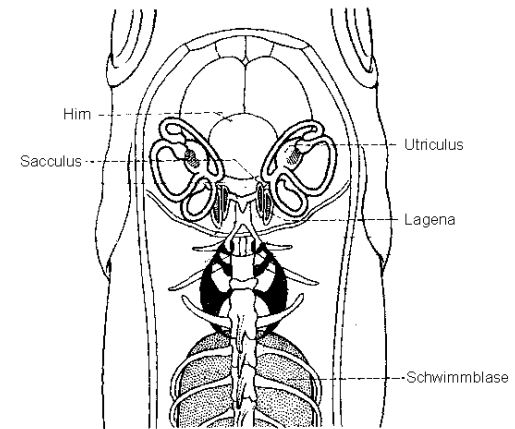
🐟 Obergrenze Hörbereich meist zwischen 500 und 1000 Hz

🐟 Hörschwelle im besten Bereich etwa 74 dB re 1 μ Pa



Hörspezialisten

- Spezielle Strukturen zur Schallübertragung von Schwimmblase auf das Ohr
- Frequenzbereich Obergrenze häufig bis zu 3000-4000 Hz
- Hörschwelle um 20 dB niedriger als bei Hörgeneralisten



Zeichnung nach v. Frisch 1938

Zum Beispiel:

Clupeidae

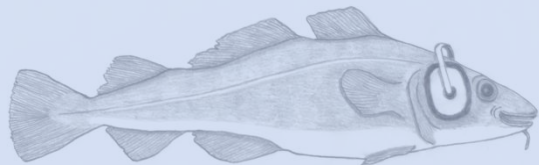
(Heringsartige)

Luftgefüllte Säcke verbessern die Schallübertragung auf das Innenohr

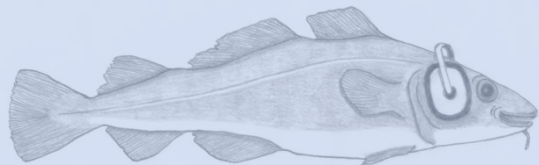
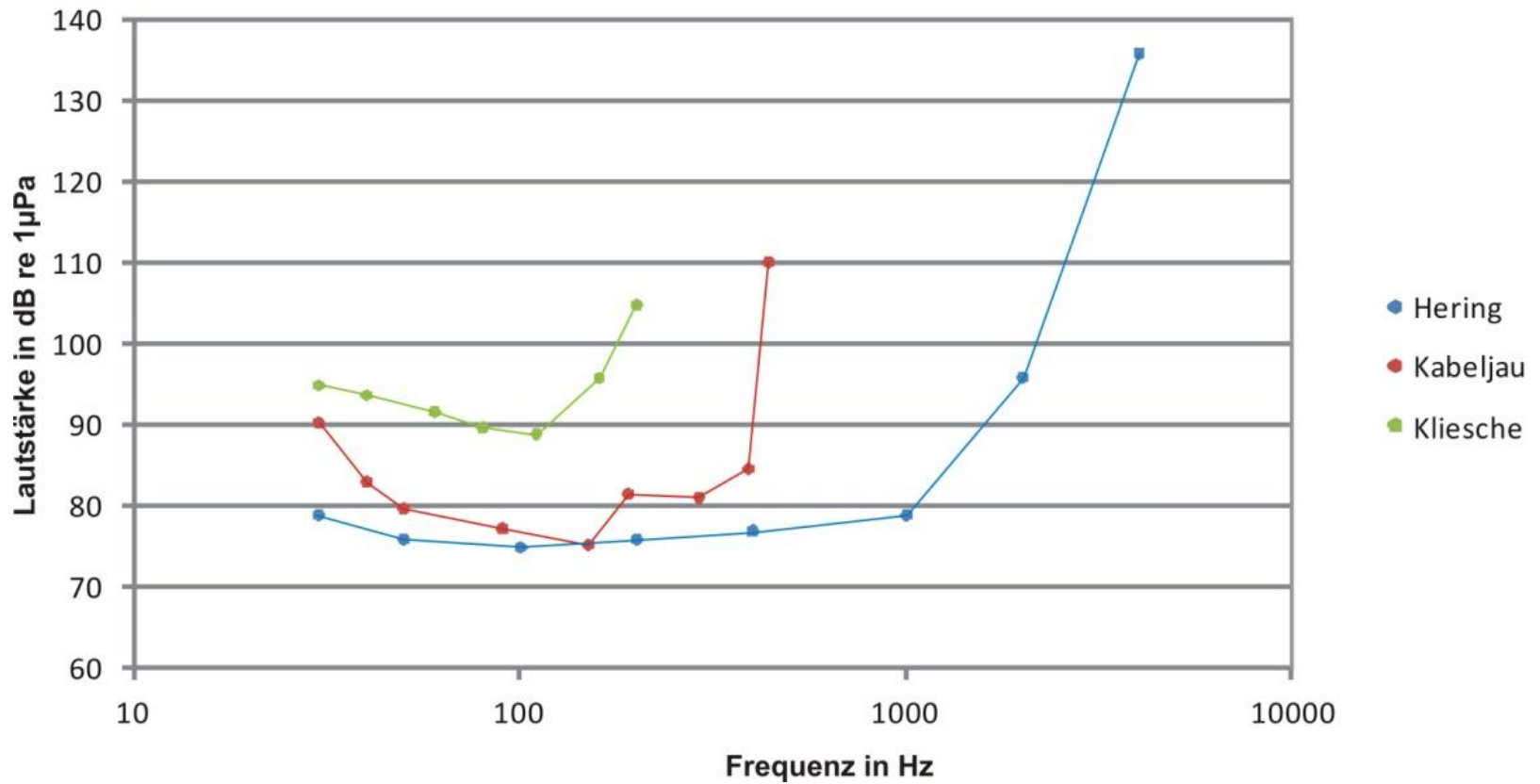
Ostariophysii

(z. B. Karpfen, Goldfisch, Wels)

Spezielle Knöchelchen verbinden Schwimmblase und Innenohr



Audiogramme



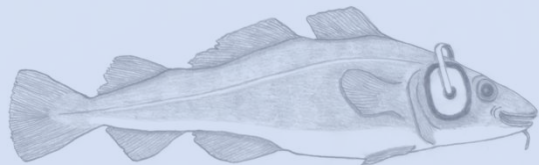
Auswirkungen von Schall

Anthropogener Schall häufig im tieffrequenten für Fische relevanten Bereich <1000 Hz

- 🐟 Auswirkungsradius abhängig von:
- 🐟 Schallquelle (Frequenz/Lautstärke)
- 🐟 Hörfähigkeit des Tieres
- 🐟 weiteren inneren und äußeren Faktoren

wie z. B.

- 🐟 Temperatur
- 🐟 Tages- /Jahreszeit
- 🐟 Entwicklungsstadium des Fisches
- 🐟 Physiologischer Zustand des Fisches




Physiologische Schäden


Ausgelöst durch sehr laute oder lang anhaltende Geräusche


Temporäre Schäden

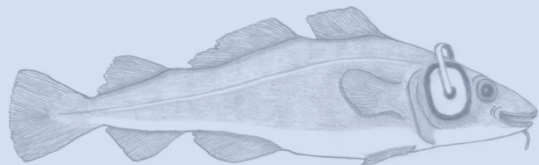
 Hörschwellenverschiebung

Permanente Schäden

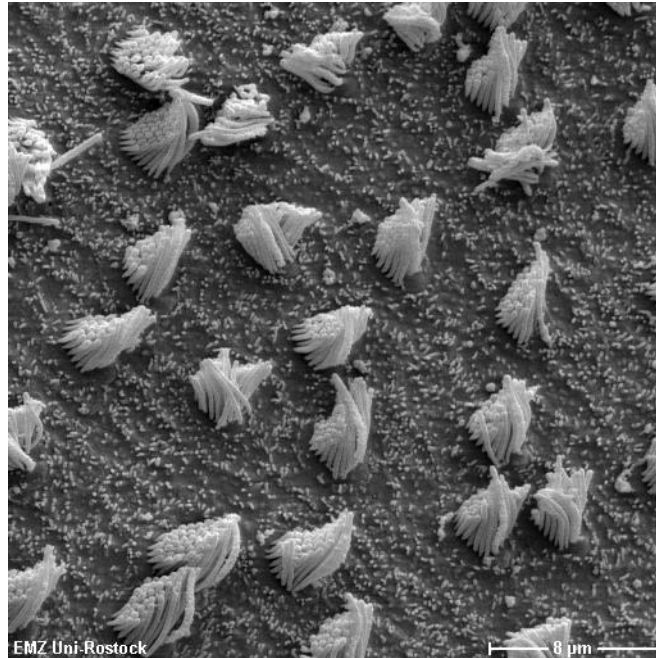
 Verletzungen innerer Organe

 Schwimmblasenrupturen

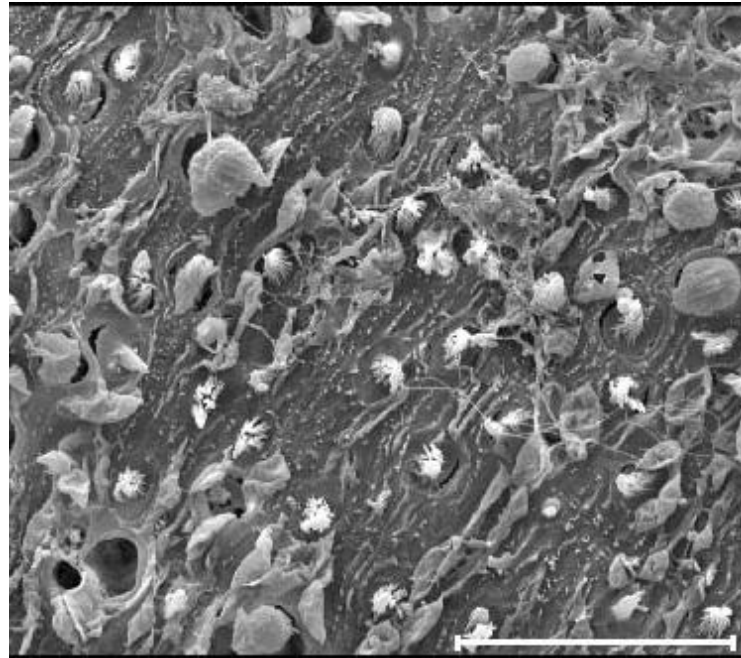
 Schädigungen des Innenohrs
(evtl. reversibel?)



Schäden am Fischohr

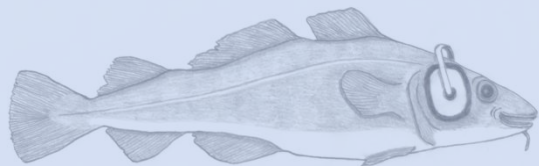


Scholle, gesundes Sacculus-Epithel 3000-fache Vergrößerung



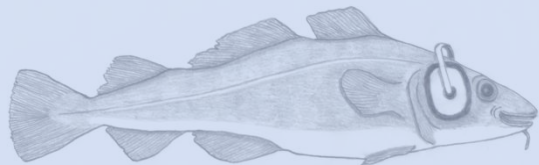
Goldbrasse (*Pagrus auratus*) 58 Tage nach Airgun-Beschallung, 2000-fache Vergrößerung (McCauley et al. 2003)

Regeneration von Haarzellen wurde nachgewiesen,
jedoch bisher nicht nach Beschallung



Verhaltensreaktionen auf Schall

- Um eine Verhaltensreaktion auszulösen muss der Schall sowohl die Hör- als auch die Reaktionsschwelle übersteigen
- häufig treten Reaktionen auf, wenn Schall mit anderen negativen (Meideverhalten) oder positiven Ereignissen (Attraktion) verbunden ist.
- Reaktionen: Entfernung von der Schallquelle, Unterbrechung von Aktivitäten (z.B. Nahrungssuche), Aggregation am Boden, Schnelle Fluchtreaktion (C-Start), Starre-Reaktionen



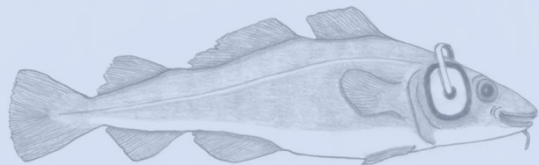
Meideverhalten

Studien zu Impulsschall

- Reduzierte Fangzahlen (-50%) von Kabeljauartigen 30 km um **Airgun-Versuche** (253 dB re 1 μ Pa in 1 m Entfernung, 10-150 Hz) (Engås et al. 1993)
- Geringere Dichte pelagischer Fische in Gebiet mit **Airgun-Versuche** im Vergleich zu Gebieten 30-50 km entfernt (Slotte et al. 2004)
- Höhere Schwimmgeschwindigkeiten von Kabeljau in Freilandversuchen während Beschallung mit **Rammschall** (140-161 dB re 1 μ Pa) (Mueller-Blenkle et al. 2010)

Studien zu kontinuierlichem Schall

- Hering und Sprotte meiden i.A. Schiffsrouten (Misund & Aglen ´1992).
- Um ein leises Schiff ließen sich mehr Pazifische Pollack nachweisen, als um ein Lauteres (De Robertis et al. 2010)
- Roter Thun zeigt Änderungen im Schwarmverhalten in Gegenwart von Schiffen (Sarà et al. 2007)



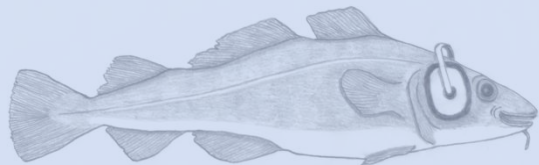
Maskierung

Maskierung ist die Unfähigkeit ein Signal im Hintergrundschall zu erkennen

- 🐟 Je ähnlicher ein Signal dem Störgeräusch ist , desto größer der Maskierungseffekt
- 🐟 Ein Signal muss deutlich über dem Hintergrundrauschen liegen, um wahrgenommen werden zu können

Auswirkungen von Maskierung auf Fische durch Störung von

- 🐟 Innerartlicher Kommunikation (Paarung, Aggression) überwiegend Breitbandgeräusche <500 Hz
- 🐟 Orientierung (z. B. bei Fischlarven die durch Schall zum Riff finden)
- 🐟 Wahrnehmung von Räubern
- 🐟 Wahrnehmung von Beute



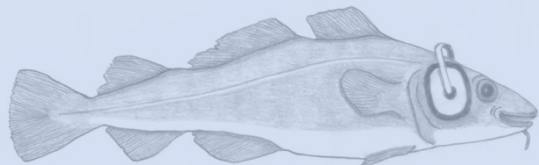
Wahrnehmung / Stress

Anwesenheit von Fischen in Gebieten mit hohen Schallpegeln bedeutet nicht, dass der Schall keine Effekte hat!

- Erhöhter Stresszustand und Herzfrequenz
- Stressbedingter höherer Energiebedarf
- Verringerte Immunabwehr
- Verminderte Reproduktionschancen

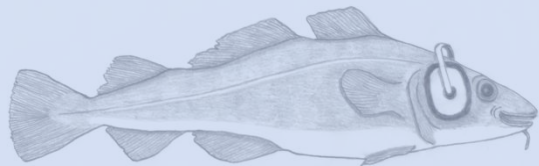
Verbleib im Gebiet aus Mangel an Alternativen

- Ausweichgebiete von fitteren Artgenossen belegt
- Hoher energetischer Aufwand neuen Lebensraum zu finden
- Reduktion von Fitness und Reproduktion

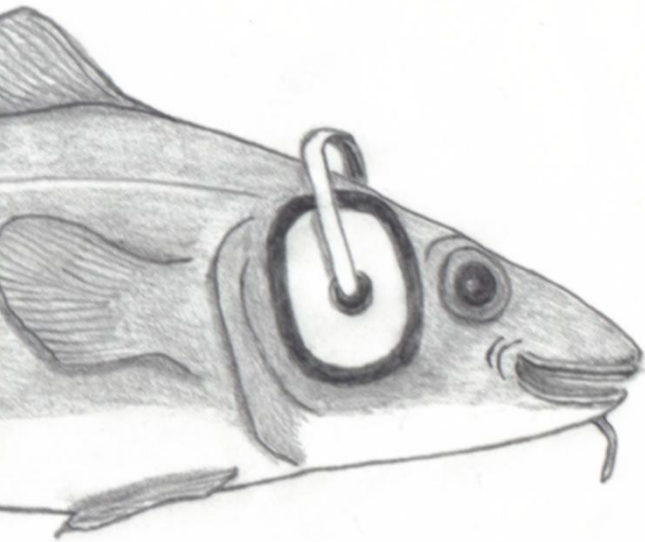


Notwendige Maßnahmen

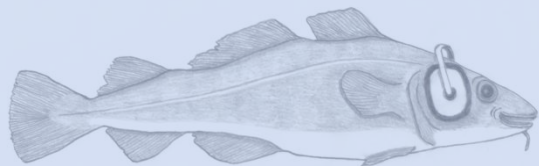
- 🐟 Schallvermeidung durch technische Maßnahmen
- 🐟 Ausweisung von biologisch besonders wichtigen Gebieten, in denen die Lärmerzeugung weitestgehend verhindert bzw. in z.B. Paarungszeiten ausgeschlossen ist
- 🐟 Weitere Forschung zu Hör- und Reaktionsschwellen verschiedener Fischarten
- 🐟 Dringender Forschungsbedarf zu Maskierung biologisch wichtiger Geräusche durch anthropogenen Lärm
- 🐟 Untersuchungen zu den Auswirkungen von Unterwasserschall auf Reproduktionsverhalten und akustische Kommunikation
- 🐟 Untersuchungen zu kumulativen Effekten



Lärm kann Fische aus ihrem angestammten Lebensraum vertreiben, dauerhaft Lebensräume zerstören, durch Stress die Fitness reduzieren, Fische in ihrer Kommunikation behindern, den Reproduktionserfolg verringern und somit die Überlebenschancen mindern.



Deshalb sollten die Auswirkungen auf Fische bei Bauvorhaben und sonstigen lärmintensiven Aktivitäten untersucht, berücksichtigt und minimiert werden



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Noch Fragen?