



## **Gesundheitliche Auswirkungen von Infraschall**

24. Arbeitstagung Umweltmedizin/-hygiene des ÖGD NRW

Dr. Susanne Rudzok

19.11.2015

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

FB 33, Umweltmedizin, Toxikologie, Epidemiologie, NIS



## **Schall**

Wird gemessen

-

## **Geräusch**

wird gehört

-

## **Lärm**

- subjektive Bewertung  
eines Geräusches



## Sinnesohrgang Ohr

### Wie wir hören

1. Schallwellen werden vom Außenohr aufgefangen, in den Gehörgang geleitet;
2. Die Schallwellen bringen das Trommelfell zum Schwingen, dabei schwingt das Trommelfell in den Frequenzen des akustischen Reizes.
3. Über die Gehörknöchelchenkette erreichen die Schallschwingungen die Hörschnecke - Cochlea (lat.).
4. Diese Schwingungen versetzen die Flüssigkeit und somit die Basilarmembran in der Cochlea in Bewegung.
5. Durch die Bewegung der Flüssigkeit „biegen“ sich die Haarzellen. Infolge dessen werden elektrische Signale ausgelöst, die vom Hörnerv weitergeleitet werden. Die Haarzellen am Ende der Cochlea erzeugen tieffrequente, die Haarzellen am Eingang der Cochlea hochfrequente Schallinformationen.
6. Der Hörnerv übermittelt die Signale ans Gehirn, wo sie als akustisches Ereignis verarbeitet werden.

[http://web.fbe.uni-wuppertal.de/fbe0014/ars\\_auditus/](http://web.fbe.uni-wuppertal.de/fbe0014/ars_auditus/)

## **Auditive Wahrnehmung von luftgetragendem Schall - 1**

Die Basilarmembran in der Gehörschnecke ermöglicht eine Frequenzspezifische Wahrnehmung von Schall

An der Basis der Gehörschnecke ist die Membran sehr elastisch – hier werden die Hohen Töne / Frequenzen wahrgenommen

In der Spitze der Gehörschnecke ist die Membran steifer, hier werden die tiefen Töne / Frequenzen wahrgenommen.

→ Die biologische Grundlage der Hörschwelle



## **Geräusche mit dem Körper „hören“ – Knochenleitung/Knochenschall**

Der Körper ist auch in der Lage, die Schwingungen (Vibration) der Musik zu spüren, die dann im Gehirn ebenfalls verarbeitet werden.

Knochenschall bezeichnet die Weiterleitung von Schall durch den das Gehörorgan umgebenden Schädelknochen.

Dabei gilt, dass normalerweise der hohe Schallwellenwiderstands des Schädelknochens vom Luftschall übertragenen Signalen überdeckt wird.

Rhythmus ist dabei gut fühlbar.

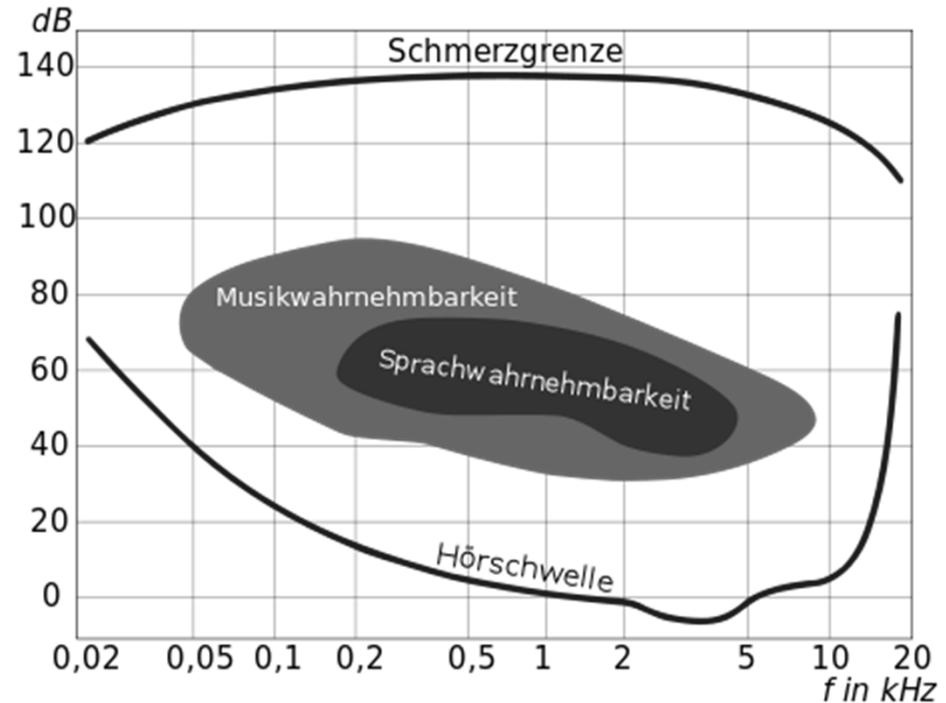
**Dennoch: Das Ohr ist das sensitivste Organ für die Wahrnehmung der Schallwellen (auch im Infraschallbereich).**



# Hörschwelle

= entspricht dem Schalldruckpegel (Lautstärke), bei dem das menschliche Gehör Töne oder Geräusche gerade noch wahrnimmt.

Sie ist Frequenzabhängig - Bei tieferen als auch bei sehr hohen Frequenzen ist die Hörschwelle zu höheren Pegeln hin verschoben. D. h. bei gleicher Lautstärke werden besonders tiefe, aber auch hohe Töne leiser wahrgenommen.



„Hoerflaeche“ von User:Tehdog - Based on a PNG Drawing Datei:Hoerflaeche.png from Benutzer:APPER.SVG drawing: Eigenes Werk (Originaltext: retraced as svg, copyright info taken from original).  
Lizenziert unter Gemeinfrei über Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hoerflaeche.svg#/media/File:Hoerflaeche.svg>

## Lärmwirkung - Hörschall

auralen Lärmwirkungen (das Gehör betreffen)

- bei hohen Pegeln oder langen Expositionsdauern
- Von zeitweiligen Hörschwellenverschiebungen bis zur Lärmschwerhörigkeit
- Tinnitus

Extraaurale Lärmwirkungen

- verschiedene Bereiche von Gesundheit und Wohlbefinden
- Schlafqualität (verlängerte Einschlafphasen, verkürzte Tiefschlaf- und Traumphasen und häufigeres Erwachen)
- physiologische Streßreaktionen – die sich zu einem erhöhten Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen entwickeln können.
- soziale Auswirkungen: gestörte Sprachverständlichkeit und damit die Kommunikation
- Beeinträchtigung von kognitive Leistungen ist v.a. bezüglich der Störbarkeit des Arbeitsgedächtnisses gut belegt

---

**INFRA**schall - **Geräusch** - **Lärm**



## Hören von Infraschall

### Natürliche Quellen

Erdbeben, Vulkanausbrüche, Meeresbrandung, Wasserfälle, Gewitter, Sturm und Wind, Föhn-Wetterlagen ... und einige Tiere

### Tierische Unterhaltungen:

Blau- und Finnwale singen - 20 Hertz tiefsten Töne

Vibriert mehr wie ein Seebeben als dass es nach einem Ton klingt.

**Der Schädelknochen von Bartenwalen verstärkt Infraschall.**

Elefanten nutzen zudem sogenannte Infraschall-Laute (~ 20 Hertz)

Sie können die Lautstärke eines Gewitterdonners erreichen.

Die Tiere können die durch den Boden übertragenen Schallwellen mit besonderen Zellen in ihren Beinen und Rüsseln wahrnehmen.

### Nicht-Natürliche Quellen

Sprengungen, der Überschallknall von Flugzeugen,  
große Auspacksiebe von Gießereien, große Lautsprechersysteme

## **Gesicherte Wirkungen von Infraschall**

### Aurale Wirkungen (das Gehör betreffend)

- Gehörschäden bei sehr hohen Schallpegeln von über 140 Dezibel
- Schäden am Trommelfell ab 185 Dezibel

### Extraaurale Wirkungen (alle anderen Wirkungen auf den Körper):

- gesicherte Infraschallwirkung: (Exposition gegenüber gerade noch hörbarem Infraschall)
  - Müdigkeit
  - Abnahme der Atemfrequenz
- Hinweise auf eine Infraschallwirkung (wissenschaftlichen Belege nicht so eindeutig wie bei Hörschall)
  - Effekte auf das Herz-Kreislaufsystem
  - Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit
  - Beeinträchtigung des Schlafes

Wichtig: Negative Auswirkungen von reinem Infraschall auf den Menschen konnten bisher nur wissenschaftlich abgesichert belegt werden, wenn die Hör- und Wahrnehmungsschwelle bei den jeweiligen Frequenzen überschritten wurde.

## Infraschall und Windenergieanlagen

- Im Nahbereich von Windenergieanlagen kann im Infraschallbereich eine Pegeldifferenz zum Hintergrundgeräusch beobachtet werden (Messergebnisse).
- Die Infraschallpegel in der Umgebung von Windkraftanlagen liegen bereits im Nahbereich bei Abständen zwischen 150 und 300 m deutlich unterhalb der menschlichen Hör- bzw. Wahrnehmungsschwelle. (aktuelle Messungen z.B. der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, LUBW)

Für eine negative Auswirkung von Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsschwelle konnten bislang keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse gefunden werden, auch wenn zahlreiche Forschungsbeiträge entsprechende Hypothesen postulieren (UBA, 2014).



---

Exkurs

# **DISKUTIERTERTE WIRKUNGEN VON INFRASCHALL IN BEZUG AUF WEA**



## Wind-Turbinen- Syndrom

- Dr. Pierpont (2009)
  - 12 Hauptsymptomen: Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Tinnitus (Ohrpfeifen), Ohrendruck, Schwindel, Drehschwindel, Übelkeit, Sehstörungen, Herzrasen, Reizbarkeit, Konzentrations- und Erinnerungsprobleme sowie Panikattacken gekoppelt mit dem Gefühl, dass die inneren Organe pulsieren oder zittern
  - Studie enthält gravierende Mängel, u.a.:
    - Datengrundlage sind lediglich 23 Telefonate
    - Es gab keine begleitende medizinischen Untersuchungen
    - Es wurden keine akustische Messungen vorgenommen
- Das angebliche Krankheitsbild ist wissenschaftlich nicht anerkannt.

## Reize im Innenohr

Laut Prof. Alec Salt (Washington University, St. Louis, USA) wären die äußeren Haarzellen des Innenohrs empfindlich für Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsschwelle und würden Nervenimpulse aussenden. Das Gehirn würde diese Nervenimpulse unbewusst wahrnehmen

- Datengrundlage: Versuche an Meerschweinchen
- Exposition gegenüber starkem Infraschall

Fazit:

- Arbeiten von Prof. Salt wissenschaftlich umstritten
- Übertragung der Daten auf den Menschen nicht geklärt
- Relevanz von starken Infraschallpegel fraglich

→ Es ist ein Hypothese!

Frage: Was ist die Funktion der äußeren Haarzellen?



Die Bewegung der äußeren Haarzellen ändern die mechanischen Eigenschaften der Basilarmembran

Dadurch wird das Tuning der inneren Haarzellen verstärkt

→ Verstärker / Feedback-loop zur Frequenzspezifischen Wahrnehmung



## **Einfluss auf das Gleichgewicht – Schwindel / Pseudo-Seekrankheit**

Dr. Schomer postuliert aufgrund von Berechnungen / Theoretischen Betrachtungen, dass Infraschall mit Pegeln unterhalb der Hörschwelle in der Lage ist, eine Beschleunigung des Gleichgewichtsorgan und somit Symptome einer Pseudo-Seekrankheit bei empfindlichen Personen auszulösen.

Grundsätzlich ist der Gleichgewichtssinn ein komplexes Zusammenspiel aus verschiedenen Einzelsinnen: der vestibulären Wahrnehmung im Ohr, die die Richtung der Gravitation und Beschleunigung bestimmt; der visuellen Wahrnehmung, die die Orientierung im Raum feststellt; dem Tastsinn und der Tiefensensibilität, die z.B. die Bewegung des Körpers erfassen.

Inwieweit die theoretischen Berechnungen bezüglich eines möglichen Einfluss auf die vestibulären Wahrnehmung im Ohr auf das komplexes Zusammenspiel der Einzelsinne hat, ist nicht geklärt. Auffallend ist, dass bei vergleichbaren Pegeln aus natürlichen Infraschallquellen keine Wirkungen auf das Gleichgewichtsorgan dokumentiert sind.

→ Es ist ein Hypothese!, wissenschaftlich umstritten  
wissenschaftliche Beweise fehlen dafür völlig

## **NOCEBO-Effekt**

Placebo-Nocebo-Effekt - wenn der Geist mit dem Körper interagiert

- Der Nocebo-Effekt bezeichnet die negative Reaktion auf eine gerüchteweise die Gesundheit oder das Wohlbefinden nachhaltig beeinträchtigende Wirkung einer umweltverändernden Maßnahme
- Symptome sind meist Beschwerden, denen im Allgemeinen ein hoher Grad an psychosomatischen Ursachen zugeschrieben werden kann: z.B. Übelkeit, Kopfschmerzen, Erschöpfung, Schlaflosigkeit oder Benommenheit.
- Allerdings können auch objektive Symptome diagnostiziert werden: z.B. Hautausschlag, erhöhter Blutdruck und erhöhte Herzfrequenz. Diese Symptome können leicht und von vorübergehender Natur sein, aber auch chronisch werden.
- Crichton et al. (2014) konnten zeigen, dass Personen die negative Information bezüglich der gesundheitlichen Bewertung von Infraschall erhielten, bei einer anschließenden Exposition vermehrt gesundheitliche Effekte berichteten.
- Der psychische Mechanismus ist im Wesentlichen unbekannt. Eine wesentliche Rolle wird der Konditionierung und der Erwartungshaltung zugeschrieben.
- Ursachen: Beipackzettel, Reißerische Medien, Internetauftritte und Vorträge über vermeintlich gesundheitsgefährdende Emissionen → Überschätzung der Risiken

## Take Home Message

Gesicherte Wirkungen von Infraschall:

- Gehörschäden bei sehr hohen Schallpegeln von über 140 Dezibel
  - Müdigkeit / Abnahme der Atemfrequenz
  - *Effekte auf das Herz-Kreislaufsystem, Beeinträchtigung von Leistungsfähigkeit & Schlaf*
- Nur bei Exposition gegenüber (gerade noch) hörbarem Infraschall

Für eine negative Auswirkung von Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsschwelle konnten bislang keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse gefunden werden, auch wenn zahlreiche Forschungsbeiträge entsprechende Hypothesen postulieren (UBA, 2014).

## Information

[http://web.fbe.uni-wuppertal.de/fbe0014/ars\\_auditus/](http://web.fbe.uni-wuppertal.de/fbe0014/ars_auditus/)

[https://www.youtube.com/watch?v=qrtjO1d\\_324](https://www.youtube.com/watch?v=qrtjO1d_324) Prozess des Hörens

<http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/229949/> Fragen und Antworten

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_40\\_2014\\_machbarkeitsstudie\\_zu\\_wirkungen\\_von\\_infraschall.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_40_2014_machbarkeitsstudie_zu_wirkungen_von_infraschall.pdf)

[http://www.energieland.hessen.de/pdf/Faktenpapier\\_Windenergie\\_und\\_Infraschall\\_2015.pdf](http://www.energieland.hessen.de/pdf/Faktenpapier_Windenergie_und_Infraschall_2015.pdf)

[http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw\\_117\\_windkraftanlagen\\_infraschall\\_gesundheit.pdf](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_117_windkraftanlagen_infraschall_gesundheit.pdf)





## **Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit**

Dr. Susanne Rudzok

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

FB 33, Umweltmedizin, Toxikologie, Epidemiologie, NIS

Wallneyer Str. 6, 45133 Essen

Tel: 0201 / 7995 – 1283, [Susanne.Rudzok@lanuv.nrw.de](mailto:Susanne.Rudzok@lanuv.nrw.de)