



https://www.bayerischer-wald.de/extension/porta-bayerischer-wald/var/storage/images/media/bibliothek/bilder_archiv/bilder/naturerleben/taere/luchse-am-baum-tiersch-wild/50960-0-ger-DE/Luchse-am-Baum-Tiersch-wild_front_magnifc.jpg

Extrem Gehör

Wie sich der Luchs in der
Intensivstation fühlen würde



Inhaltsübersicht

- Was ist Hören? [S.4]
- Anatomievergleich: Mensch - Luchs (Katze) [S.9]
- Hörschärfe [S.10]
- Wie laut hört der Luchs? [S.11]
... und wie fühlt er sich auf der Intensivstation?

Vorstellung: Luchs



Nach seiner Ausrottung (im Frühjahr 1818) findet man die große Katzenart inzwischen wieder in einigen Regionen Deutschlands. Vom Bayerischen Wald bis zum Harz.

Genauere Zahlen über den Bestand gibt es nicht, denn der Luchs ist als Einzelgänger extrem scheu und fast immer nur nachts unterwegs.

Viele unterschätzen die Großkatze. Mit bis zu 70 cm Schulterhöhe hat sie die Größe eines Schäferhunds. Sie könnte ihm direkt in die Augen schauen! 1m Körperlänge, bis zu 25 kg Körpergewicht und eine Höchstgeschwindigkeit bis zu 70 km/h zeigen deutlich, dass es sich um keine Hauskatze handelt. Der Luchs ist Europas größte Raubkatze!

Kurzer Schwanz, Backenbart und Pinselohren sind die typischen Erkennungsmerkmale. Er wird etwa 6-7 Jahre alt (in Gefangenschaft auch fast 20 Jahre).

Sein Revier umfaßt bei entsprechender Populationsdichte etwa 10-15 km² Kilometer, derzeit kann es sich aber aufgrund der niedrigen Populationsdichte auch bis 200 km² erstrecken.

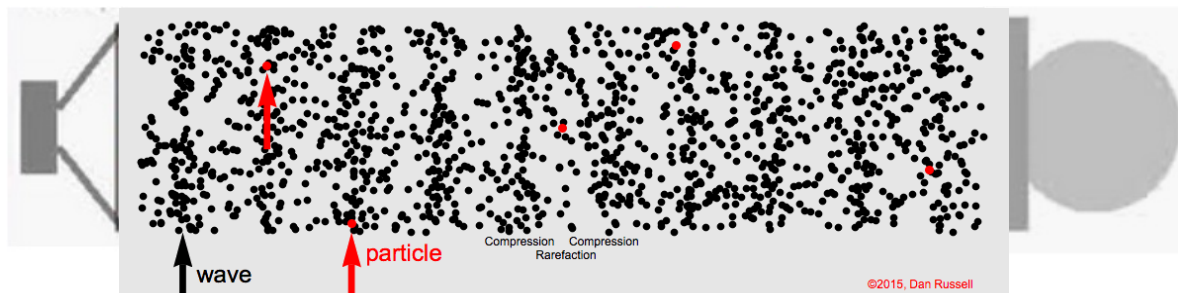
Nächtliche Streifzüge bis zu 20 km sind keine Seltenheit.

Er ist ein Kraftpaket, das aufgrund seiner gewaltigen Sprungleistung Beute bis zu seinem Eigengewicht schlägt, was auch der Grund für seine frühere Ausrottung war.

Zudem ist er ein ausgezeichnete Kletterer, der gerne mit oder ohne Beute in den Baumkronen verschwindet.

Was ist Hören?

Hören ist die Wahrnehmung von Schall, der von einer Quelle emittiert wird...



Partikel eines Medium werden initial angestoßen und geben die erhaltene Bewegung an Benachbarte weiter. Es entsteht eine Longitudinalwelle.

Dabei gilt: Je dichter das Medium...

- umso höher muss der initiale Druck sein
- umso höher ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit

Vergleicht man die verschiedenen Medien Luft mit Flüssigkeiten und Feststoffen so ist der initiale Druck der benötigt wird um die Partikel in Luft in Bewegung zu versetzen und die resultierende Ausbreitungsgeschwindigkeit bei gasförmigen Medien am geringsten. Schwerer und schneller wird's in Wasser. Am schwersten und schnellsten bei einem Feststoff. Abhängig immer auch von der Temperatur die die Dichte des betrachteten Stoffes beeinflusst.

Luft 333 m/sek. bei 3°C, 331 m/sek. bei 0°C, 343 m/sek. bei 20°C

→ Je wärmer die Luft umso weiter kann man hören!

Wasser 1464 m/sek. bei 15°C ca. 4x schneller als in Luft

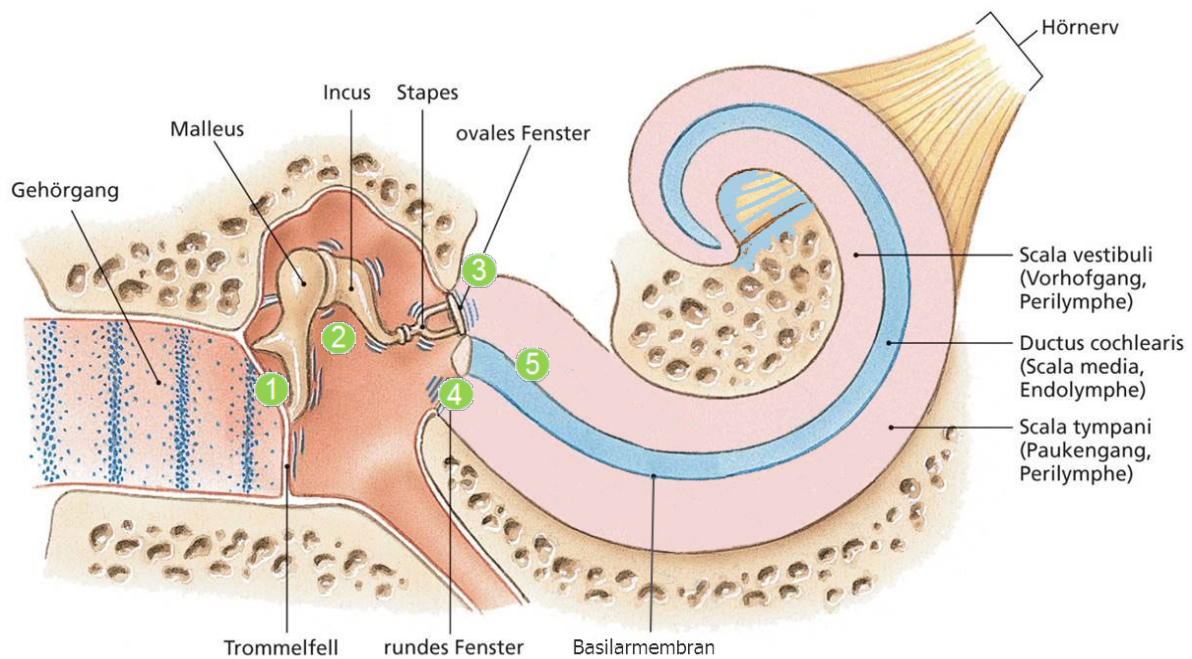
Eisen 5170 m/sek. bei 15°C ca. 15x schneller als in der Luft

Dieser Effekt wird v.a. in Western immer wieder gerne verwendet.

Jeder hat schon einmal einen Cowboys oder Indianer den Kopf auf die Gleise legen sehen, um den weit in der Ferne kommenden Zug zu hören.

Prinzipiell möglich, aber der Fehler an dieser Szene liegt im Detail...

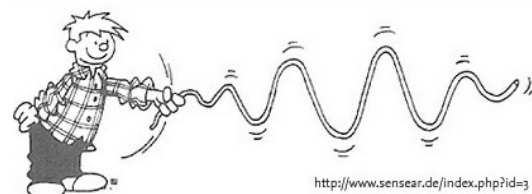
→ die Schiene ist nicht aus einem Stück!



angelehnt an: Silverthorn – Physiologie, 4. Auflage, Pearson Studium 2009

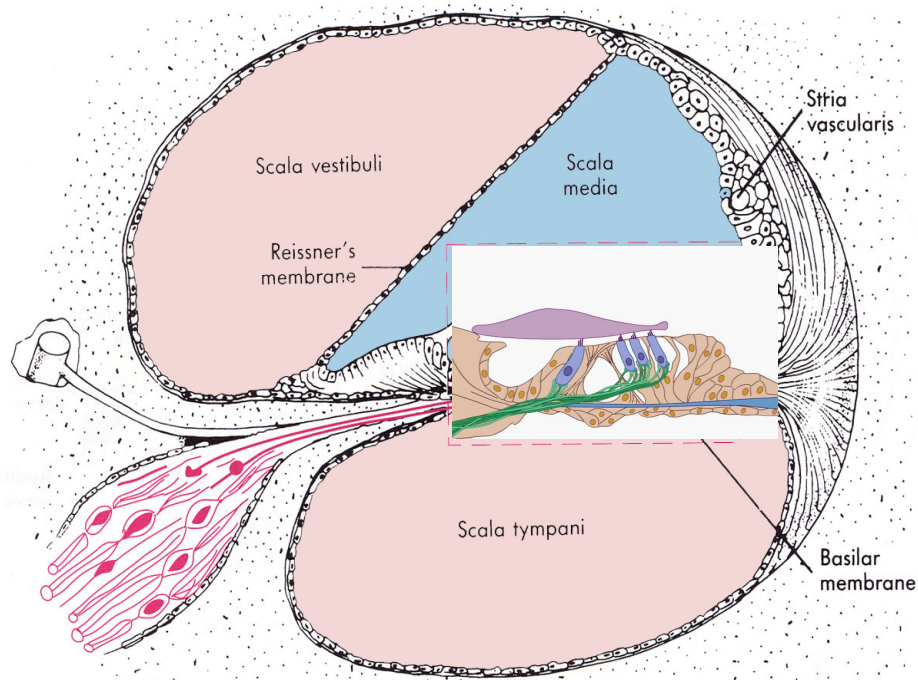
Damit Schall wahrgenommen werden kann braucht es die Umwandlung des physikalischen Reizes in einen elektrischen Impuls = Transduktion

- 1) Schallwellen treffen auf das Trommelfell (große Fläche)
→ mechanische Schwingungen entstehen,
die vom Aussenohr (Luft) auf das ovale Fenster des Innenohrs (kleine Fläche) übertragen werden müssen. Dabei muss der hohe Widerstand des dahinter liegenden wässrigen Mediums überwunden werden!
- 2) Gehörknöchelchen übertragen und verstärken die Schwingung (Hebelsystem)
- 3) Der Steigbügel überträgt die Schwingung an die Membran des ovalen Fensters
→ Dahinter entsteht eine Wellenfront die sich im oberen Gang (Scala vestibuli) der Hörschnecke (Cochlea) ausbreitet
- 4) Der entstandene Drucküberschuss wird über den unteren Gehörgang (Scala tympani) und das runde Fenster abgeleitet
- 5) Die entstandene Wellenfront drückt nicht nur nach vorne, sondern auch nach unten und löst im Mittelgang (Ductus cochlearis) eine Wanderwelle aus die in Abhängigkeit von der Frequenz der ursprünglichen Schallwelle an einer bestimmten Stelle ihr Maximum hat und dort detektiert wird



Extrem Gehör ...

Das Corti-Organ



Berne, Levy, Koeppen, Stanton - Physiology, 5th edition, Mosby 1998

Erstellt man einen Querschnitt durch die Hörschnecke, erkennt man oberen, mittleren und unteren Gehörgang. Die Basilarmembran bildet den "Boden" des Mittelganges auf dem sich das Corti-Organ befindet, das für das eigentliche Hören verantwortlich ist.

Das Corti-Organ trägt Haarzellen, deren Haare mit der Tektorialmembran verbunden sind.

Die Wanderwelle führt zur Hebung resp. Senkung der Basilarmembran wodurch im Corti-Organ Scherkräfte entstehen die auf die dort liegenden Haarzellen wirken.

Sie werden abgelenkt und setzen Neurotransmitter frei = Haarzellantwort.

Aus der ursprünglich physikalisch transportierten Information wird eine chemische.

→ Je stärker die eintreffenden Scherkräfte umso intensiver die Haarzellantwort.

Bei den beteiligten Haarzellen unterscheidet man innere und äußere.

Während die inneren Haarzellen der Wahrnehmung (Detektion) dienen, wirken die äußeren als sog. cochlearer Verstärker, der mechanisch Einfluss nimmt (Motorzelle)

Aufnahme von Prof. Jonathan Ashmore: Tanzende Haarzelle

V.a. bei leisen Tönen wird der ursprünglich aufgenommene Schall um ca. 40-60 dB verstärkt (Hörbarer Rahmen -140 dB) [beim Menschen]. V.a. leise und hohe Tonfrequenzen werden verstärkt. Derartige Zellen können sich bis zu 20.000*/Sek. bewegen (schnellste Form zellulärer Motilität). Ihr Ausfall führt zu Schwerhörigkeit.

Die Neurotransmitterfreisetzung wirkt auf sensorische Neurone

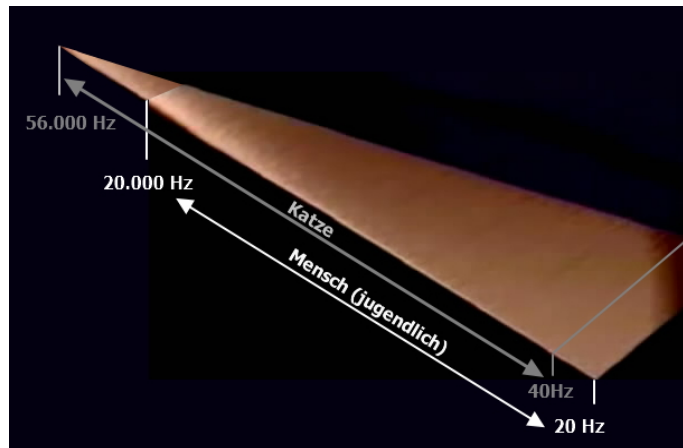
→ Aktionspotentiale entstehen

Aus der ursprünglich chemisch-basierenden Information wird eine elektrische die dann im Gehirn interpretiert werden kann.

Tonotopie

= Frequenzhören

Jede Frequenz bildet im Mittelgang ein für sich charakteristisches Schwingungsmaximum aus, das dort detektiert wird. Das Maximum gewinnt! Im Ohr gilt das Prinzip der 'umgekehrten Klaviatur' d.h. hohe Töne werden am Anfang, tiefe Töne am Ende erkannt

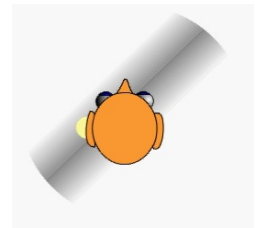


Die Haarzellen liegen entlang des ganzen mittleren Gehörgangs und reagieren auf die Berge der Wanderwelle. Dabei gilt die Regel, das Maximum gewinnt.

- Kurze, energiereiche Wellen d.h. hohe Töne scheitern am Widerstand des vorderen Bereichs, werden abgeschwächt und bleiben früh "hängen", Sie dringen nicht so tief vor, können dort aber auch Schädigung entfalten. Langwelligere Wellen, also tiefe Töne können sich aufgrund ihrer größeren Wellenlänge weiter ins Innere ausbreiten und sind unschädlicher.
- Problem: Unsere Ohren sind nicht für laute und hohe Töne, wie sie unsere Zeit mit sich bringt, geschaffen. Je älter wir werden, umso mehr werden die Haarzellen geschädigt → die Fähigkeit höhere Frequenzbereiche zu hören nimmt kontinuierlich ab.

Richtungshören

Eine seitlich kommende Wellenfront erreicht die Ohren zu verschiedenen Zeiten. Durch den unterschiedlichen Abstand der Ohren zur Schallquelle entsteht ein Laufzeitunterschied von wenigen Millisekunden der erkannt



Quelle:
Neurophysiology of Hearing (Auszug)
<http://www.tutis.ca/NeuroMD/L7Aud/A>

Durch die Fähigkeit des Richtungshörens lassen sich Entfernungen und im Falle eines sich bewegenden Objektes auch die Geschwindigkeit abschätzen.

Hier unterscheiden sich Mensch und Tier deutlich voneinander.

Neben der reinen Schallerkennung und -verarbeitung spielt auch die Interpretation der Richtung, aus der ein Schallereignis kommt eine wichtige Rolle = das Richtungshören.

Wie wirkt sich ein Mediumswechsel auf diese Fähigkeit aus?

In flüssigen Medien ist die Geschwindigkeit der Schallausbreitung deutlich höher.
Der Laufzeitunterschied verringert sich.

→ Links u. rechts verschwimmt - in Wasser werden wir orientierungslos!

Wir hören zwar etwas, wissen aber nicht woher es kommt.

→ Verweis auf den verlorenen Tauchpartner beim Tauchgang.

Anatomievergleich: Mensch - Luchs (Katze)

Ohrmuschel

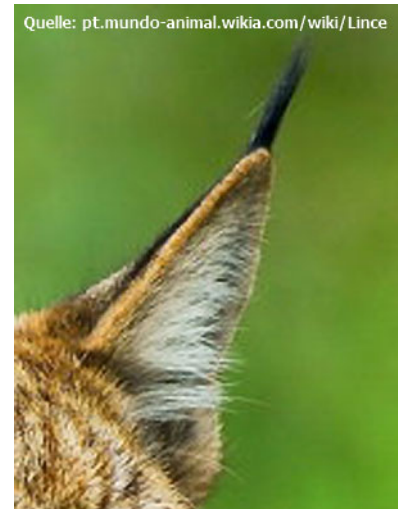
- anliegend
- starr



Ohrtrichter

- abstehend
- beweglich

- Haare
- Antitragus



Ein Luchs ist durch diese Anpassungen in der Lage das Rascheln einer Maus noch in 50m Entfernung zu orten und die Position genau zu bestimmen. Ein umherstreifendes Reh kann er 500m weit zuordnen.

Im Gegensatz zum Vogel bei dem sich die Anatomie des Hörorgans von Art zu Art sehr unterscheiden kann vgl. Adler - wie gewohnt symmetrisch aufgebaut / Schleiereule - komplett asymmetrisch aufgebaut wodurch die Eule dreidimensional hören kann und sogar blind z.B. in einer Scheune noch jagen kann ist das Grundprinzip des Hörens bei allen Säugetieren gleich und doch gibt es diese gewaltigen Leistungsunterschiede.

Bei Säugetieren mit besonders gutem Hörvermögen finden sich die deutlichsten Unterschiede in der äußeren Anatomie.

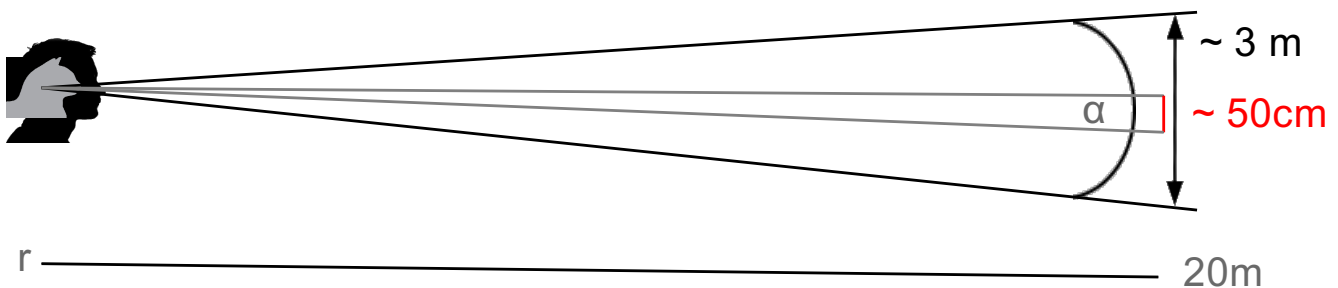
Die Hörleistung der Katze wird zum einen durch Form (Trichter) und Beweglichkeit (32 Muskeln erlauben es der Katze Ihre Ohren in einem Winkel von 180° punktgenau und reflexartig auf eine Geräuschquelle zu richten - sogar jedes Ohr eigenständig!) aber auch Komponenten wie gerade beim Luchs spezielle Pinselhaare die zum einen wie Antennen fungieren, zum anderen den Ohrtrichter weiter vergrößern und den Antitragus, der dem Richtungshören dient (Windrichtung), verbessert.

Hörschärfe

= die Fähigkeit, Schallquellen, die aus unterschiedlichen Richtungen stammen, unterscheiden zu können → Grundlage der räumlichen Orientierung!

Der Hörschärfewinkel α = ist der kleinste Winkel, unter dem zwei Schallereignisse noch getrennt wahrgenommen werden können.

Er beträgt beim Menschen etwa 8° bei der Katze $< 1,5^\circ$

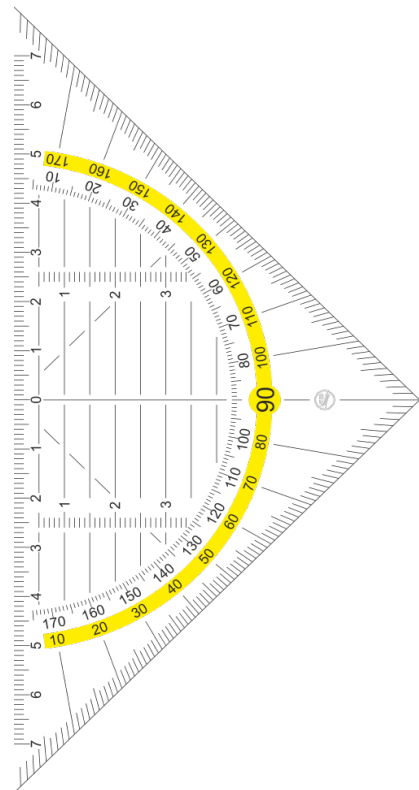


In 20m Entfernung müssen zwei Vögel 3m weit entfernt auf einem Ast sitzen, damit der Mensch sie unterscheiden kann. **Beim Luchs $< 50\text{cm}$!**

Den Effekt der anatomischen Verschiedenheit von Mensch und Tier erkennt man am deutlichsten, wenn man die Hörschärfe, d.h. die Fähigkeit betrachtet, zwei akustische Ereignisse als getrennt voneinander erkennen zu können.

Die Hörauflösung der Katze ist mehr als das 5-Fache (5,3-fach) besser als die des Menschen!

<https://rechneronline.de/sehwinkel/>



Wie laut hört der Luchs?

Der Luchs hört nicht nur genauer, er hört auch um ein Vielfaches lauter (2-4*).

Hörbeispiele:



Pauke



Glas



Pfeife

Bild und Ton:
www.planet-schule.de/sf/php/mmewin.php?id=58

Ton: fachpflgewissen.de
Nachts auf ITV

...und wie er sich in der Intensivstation fühlen würde?



Ton:
extrapuliert

Käme ein Luchs wider erwarten tatsächlich in eine Intensivstation so wäre das v.a. eins: laut.

Besonders problematisch wird's, käme ein derart gut hörendes Tier als Patient auf den OP-Tisch. Manche Medikamente die zur Anästhesieunterstützung verwendet werden - Ketamin ist häufig bei Katzen im Einsatz, erhöhen die Leistungsfähigkeit des Gehörs bei gleichzeitiger Verringerung der Wahrnehmungsfähigkeit. Das ist eine nicht zu unterschätzende Nebenwirkung, die bei Unkenntnis gerne zu Taubheit beim Patienten führt. V.a. dann, wenn der Operateur die Unart hat, sein Besteck, nach erfolgreicher OP in den häufig metallischen Aufnahmebehälter zu werfen. Das Klirren reicht und man hat einen tauben Patienten.

Ähnlich geht es einem Menschen, wenn er Ketamin als Rauschmittel verwendet. Er hört besser, nimmt die Schädigung des Schalls z.B. vor der Box in einer Diskothek nicht mehr wahr und kann sich am nächsten Tag von einem Großteil seiner Hörfähigkeit verabschieden.

Ähnlich geht es jungen Menschen, die Ketamin als Rauschmittel verwenden. Sie bemerken die Lautstärke, der Sie sich aussetzen z.B. in der Disko vor dem Lautsprecher nicht und können am nächsten Tag schwerhörig sein.

Und nicht nur Katzen hören gut! Auch Babies im Mutterleib! → Ultraschallproblematik Ab der 22 Woche ist das Gehör vollständig ausgebildet und hat da es bis dahin nicht belastet wurde die höchste Leistungsfähigkeit. Geht nun eine Schwangere zum Zahnsteinentfernen - die Geräte arbeiten mit 15.-50.000 Hz können Sie sich denken was mit dem Gehör des Kindes passiert. Sie legen einen frühkindlichen Gehörschaden, den Sie später nie mit der Zahnsteinentfernung in Verbindung bringen werden.

→ auch Vorsicht vor dem 'Marderschreck' mit Knalltrauma und Tinnitus!

Abschluss

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Diese Präsentation wurde mit dem Webautoren-Tool 'tetfolio' erstellt, das an der Physikdidaktik der Freien Universität Berlin entwickelt worden ist.

Der Vortrag ist unter dem folgendem Link öffentlich erreichbar
https://tetfolio.fu-berlin.de/web/sommerer_extrem-gehoer

Kontaktadresse des Autors:
manfred.sommerer@fu-berlin.de

