|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Name: | Kurs: | Datum: | Klausur: Neurobiologie |  |
|  |  | | | | |

Wie viel Lärm ist zu viel für das Gehör?

Bearbeitungszeit 90 Min.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Einmal die Woche in die Disco? Eine Stunde am Tag über den Kopfhörer Musik hören? Ab wann ist laute Musik schädlich? Für Discobetreiber gilt die Empfehlung, die Lautstärke auf 99 Dezibel zu begrenzen. Das entspricht der Lautstärke eines Presslufthammers in einem Meter Entfernung. Tatsächlich zeigen unangekündigte Messungen, dass die Lautstärke durchschnittlich nach wie vor bei 105 Dezibel liegt. Dabei entspricht in der logarithmischen Dezibelskala eine Erhöhung um drei Dezibel einer Verdopplung der Schallenergie. Für Musik aus mobilen Abspielgeräten gilt in Europa für Hersteller die Empfehlung, diese auf 85 Dezibel zu begrenzen. Auch bei einer solchen Lautstärke sind bei längerfristiger Einwirk- |  | *I:\Klett_WORD\150056_Biologie_Markl_Klausuren\150056_Schmuckelemente\K23\AdobeStock_98161746_klein.png*  Besucher in einer Disco |

ung Gehörschäden zu erwarten. Etwa 11 Millionen Erwachsene in Deutschland gelten nach den Richtlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als schwerhörig und die Tendenz ist vor allem bei jungen Erwachsenen steigend.

|  |  |
| --- | --- |
| 1 Beschreiben Sie mithilfe von Material 1 den Weg des Reizes bis zu den Sinneszellen auf der  Basilarmembran im Innenohr. | 6 BE |
| 2 Begründen Sie mithilfe von Material 2, wie in der Schnecke unterschiedliche Tonhöhen von den Haarsinneszellen wahrgenommen und weitergleitet werden. *Erklären* Sie, welche elektrischen  Potenziale sich an den markierten Punkten ➊ bis ➌ (Haarsinneszelle, Neuron) messen lassen.  Erläutern Sie, wie sich diese Potenziale bei zunehmender Lautstärke verändern. | 18 BE |
| 3 Nennen Sie den adäquaten Reiz für das Gehör und den zugehörigen Rezeptortyp.Erklären Sie das Zustandekommen der Depolarisierung bei einem eintreffenden Reiz an den Haarsinneszellen (Material 3). Erklären Sie weiter die Erregungsleitung bis zur Wirkung am afferenten Neuron  (Material 3). | 16 BE |
| 4 Beschreiben Sie die Veränderungen an den in Material 4 abgebildeten Haarsinneszellen.  Begründen Sie, welche Auswirkung die lokale Schädigung von Haarsinneszellen auf das Lautstärke- und Frequenzempfinden hat. | 10 BE |
| 5 Beurteilen Siemithilfe von Material 4, ob ein Gesetzgeber verbindliche Lärmschutzvorgaben  für Discobetreiber und Hersteller mobiler Abspielgerät erlassen sollte. | 10 BE |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Name: | Kurs: | Datum: | Klausur: Neurobiologie |  |
|  |  | | | | |

|  |
| --- |
| Material 1: Aufbau des Ohrs |
| |  |  | | --- | --- | | I:\Klett_WORD\150056_Biologie_Markl_Klausuren\150056_Schmuckelemente\RO-8OT2-01.png  Menschliches Ohr: äußeres Ohr, Mittelohr und Innenohr | Das Außen- und das  Mittelohr sind mit Luft, die Schnecke des Innenohrs ist mit Flüssigkeit gefüllt: der Endolymphe im Schneckengang und der Perilymphe im Paukengang. | |

|  |
| --- |
| Material 2: Tonhöhenabbildung in der Cochlea |
| Der menschliche Hörbereich reicht von ca. 0,5 kHz (tiefer Ton) bis zu ca. 20 kHz (hoher Ton). Die Haar­sinneszellen liegen in der Cochlea auf der Basilarmembran. In der Nähe der Cochleabasis ist die Basilarmembran eher steif, an der Spitze der Cochlea ist sie dagegen flexibel. Trifft ein Reiz auf das ovale  Fenster der Cochlea, breitet sich eine Welle über die Basilarmembran aus. Je nach Tonhöhe werden die Abschnitte der Basilarmembran unterschiedlich stark ausgelenkt.   |  | | --- | | I:\Klett_WORD\150056_Biologie_Markl_Klausuren\150056_Schmuckelemente\S675150056_023_G03_nV.png  Schematische Darstellung zur Wahrnehmung und Weiterleitung verschiedener Tonhöhen in der Schnecke | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Name: | Kurs: | Datum: | Klausur: Neurobiologie |  |
|  |  | | | | |

|  |
| --- |
| Material 3: Erregung eines afferenten Neurons durch eine Haarsinneszelle |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Haarsinneszellen im Innenohr besitzen an ihrer Oberfläche Stereozilien, die in die Endolymphe des Schneckengangs ragen. Die Spitzen der  Stereozilien sind durch kettenförmige Proteine (Tip-Links) miteinander verknüpft. Werden die  Stereozilien bei Ankunft eines Reizes ausgelenkt, öffnen sich zunehmend mit den Tip-Links verbun­dene K+-Kanäle.  Eine Besonderheit bei der Depolarisierung der Haarsinneszelle sind die Ionen- und Spannungsverhält­nisse in der Cochlea, die in der Abbildung rechts und in der Tabelle unten dargestellt sind.  Die K+-Ionen werden über weitere K+-Kanäle an die Perilymphe im Paukengang abgegeben. Benach­barte Gliazellen nehmen anschließend die K+-Ionen auf und führen diese wieder der Endolymphe zu.  Glutamat führt schließlich am nachgeschalteten afferenten Neuron zu einem Kationen-Einstrom.   |  |  | | --- | --- | |  | K+-Ionen | | Endolymphe | 150 mmol/l | | Perilymphe | 3 mmol/l | | innere Haarsinneszelle | 150 mmol/l |   K+-Ionenkonzentrationen der Cochlea | I:\Klett_WORD\150056_Biologie_Markl_Klausuren\150056_Schmuckelemente\Grafik- und Fototausch_16.8.2019\S675150056_023_G04_nV-01.png  Haarsinneszelle des Innenohrs | |

|  |
| --- |
| Material 4: Lärmschwerhörigkeit |
| Entscheidend für die Entstehung von lärminduzierter Schwerhörigkeit ist abgesehen von einzelnen, sehr  lauten Schall­ereignissen auch die Lärmdosis über einen bestimmten Zeitraum hinweg. Bei 85 Dezibel über 40 Stunden ist die wöchentliche Dosis erreicht. Daran orientiert sich auch die Arbeitsschutzverordnung für Lärm am Arbeitsplatz. Ab einer Dauerbelastung von 85 Dezibel ist der Arbeitgeber verpflichtet, Lärmschutzausrüstung bereitzustellen und deren Verwendung zu kontrollieren.  Bei Freizeitlärm, wie in einer Disco oder bei Nutzung mobiler Abspielgeräte, sind die Auflagen weniger streng. Der Betreiber einer Disco muss darauf hinweisen, wenn der Grenzwert von 99 Dezibel überschritten wird. Besucher, denen es zu laut ist, sollen sich zudem Ohrstöpsel holen können. Bei 101 Dezibel ist die wöchentliche Lärmdosis bereits nach einer Stunde erreicht. Bei mobilen Abspielgeräten gibt es zwar eine Voreinstellung auf ein Maximum von 85 Dezibel, diese lässt sich jedoch manuell umgehen; eine Erhöhung auf 100 Dezibel ist möglich. Der Hersteller muss lediglich für einen entsprechenden eingeblendeten Warnhinweis sorgen.  Wird die Lärmdosis überschritten, kommt es mit der Zeit zu lokalen, nicht regenerierbaren Schädigungen der Haarsinneszellen.   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | I:\Klett_WORD\150056_Biologie_Markl_Klausuren\150056_Schmuckelemente\S675150056_023_G05a_nV-01.png |  | I:\Klett_WORD\150056_Biologie_Markl_Klausuren\150056_Schmuckelemente\S675150056_023_G05b_nV-01.png |  |  |   Grafische Darstellung von Haarsinneszellen auf der Basilarmembran: links intakt, rechts geschädigt |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Name: | Kurs: | Datum: | Klausur: Neurobiologie |  |
|  |  | | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Nr. | Bewertung/Lösungshinweise | AB I | AB II | AB III |
| 1    30.1 | Beschreiben: Schallwellen gelangen über Ohrmuschel und Gehörgang zum Trommelfell; im Mittelohr werden sie über Hammer, Amboss und Steigbügel auf ovales Fenster übertragen; in der Flüssigkeit der Schnecke Ausbreitung der Schallwellen über den Vorhofgang und den Schneckengang bis zu den Sinneszellen auf der Basilarmembran. | 6 |  |  |
| 2    30.1 | Begründen: Hohe Töne bringen steifen Abschnitt der Basilarmembran (Basis) zum Schwingen, tiefe Töne reizen Haarsinneszellen in flexiblem Bereich der Basilarmembran an Spitze der Cochlea → Reizung der Haarsinneszellen im jeweiligen Bereich; Haarsinneszellen geben Erregung über Neurone separat an frequenzspezifische Bereiche im auditorischen Cortex weiter. |  | 6 |  |
| Erklären:➊Reiz bewirkt Rezeptorpotenzial an Haarsinneszelle; ➋ Trans­mitter bewirken EPSP an dendritischer Membran; ➌ durch EPSPs entstehen  Aktionspotenziale am Axonhügel. | 6 |  |  |
| Erläutern: ➊ Höhere Lautstärke erhöht Amplitude des Rezeptorpotenzials; ➋ höhere Transmitterkonzentration bewirkt höhere Amplitude des EPSPs; ➌ Aktionspotenzial-Frequenz erhöht sich durch höheres EPSP. |  | 6 |  |
| 3    30.2 | Nennen: Adäquater Reiz: Schallwellen; Rezeptortyp: Mechanorezeptoren. | 2 | 2 |  |
| Erklären: Durch Auslenkung der Stereozilien werden über Tip-Links K+-Ionen­kanäle geöffnet → Einstrom von K+-Ionen und Depolarisierung der Membran; da K+-Ionenkonzentration der Endolymphe und der Haarsinneszelle gleich sind, erfolgt Einstrom in die Zelle entlang des Ladungsgefälles (150 mV → 0 mV). |  | 4 | 4 |
| Erklären: Depolarisierung bewirkt Ca2+-Ioneneinstrom, wodurch Transmittervesikel Glutamat abgeben; Glutamat bewirkt am nachgeschalteten Neuron ein EPSP durch Kationen-Einstrom. |  | 4 |  |
| 4 | Beschreiben: Stereozilien der geschädigten Haarsinneszellen sind ungeord­neter, reduziert bzw. fehlen teilweise komplett. | 4 |  |  |
| Begründen: Je nach Frequenz werden Haarsinneszellen in bestimmten Abschnitten der Basilarmembran ausgelenkt → bei lokalen Veränderungen der Haarsinneszellen können bestimmte Tonhöhen nicht mehr wahrgenommen werden; reduzierte Zahl an Stereozilien führt dazu, dass leise Töne nicht mehr (bzw. Töne nicht mehr so laut) wahrgenommen werden, da die Depolarisierung geringer ausfällt. |  | 4 | 2 |
| 5 | Beurteilen: (sinngemäß) Um lebenslange Schädigungen an Haarsinneszellen zu vermeiden, sollte man die wöchentliche Lärmdosis nicht überschreiten;  einzelner Discobesuch ohne Gehörschutz übersteigt meist wöchentliche Lärmdosis; für mobile Abspielgeräte sind bei Einhaltung der Voreinstellung keine Schäden zu erwarten; Schlussfolgerung: verbindliche Lärmschutzvorgaben für Musikveranstaltungen sinnvoll, da lebenslange Schäden zu erwarten; bei mobilen Abspielgeräten eher eigene (oder elterliche Kontrolle) der Einhaltung der Voreinstellung. |  | 2 | 8 |
|  | Verteilung der Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche  Prozentuale Verteilung der Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche | 18  30 % | 28  47 % | 14  23 % |