

Wahrnehmung der Umwelt

Themen, die zur Vorbereitung gehören:

- Mechanorezeption, afferente Innervation, rezeptive Felder
- Reflex, bedingter Reflex, unbedingter Reflex

Literatur:

Eckert, Randall, Burggren, French: „Tierphysiologie“, Thieme 2000
Kapitel 7: „Wahrnehmung der Umwelt“ (Mechanorezeption)
Klinke, Silbernagel „Lehrbuch der Physiologie“, Thieme 2001
Kapitel 26 „Empfindungen - Wahrnehmungen“
Deetjen, Speckmann: „Physiologie“, Urban & Schwarzenberg 1994
Kapitel 3: „Sinnesphysiologie“

Allgemeines:

In unserer Umwelt gibt es eine Vielzahl physikalischer Parameter wie z.B. Temperatur, elektromagnetische Wellen, Schallwellen, Schwerfeld und Magnetfeld der Erde, die von Organismen ‚gemessen‘ werden können. Zu diesem Zweck sind Tiere mit speziellen Sinnesorganen ausgerüstet. Dennoch kann der Organismus wesentlich mehr Reize verarbeiten als die Sinnesmodalitäten der ‚klassischen fünf‘ Sinne (Gehör, Geruch, Gesicht, Geschmack, Getast) benennen.

Der sensorische Prozess beginnt an spezialisierten Membranabschnitten der Sinnesrezeptorzellen (siehe Versuch ‚Gehör‘). Diese Membranabschnitte sind dadurch gekennzeichnet, dass sie hochselektiv bestimmte Formen von Reizenergie in bioelektrische Signale umwandeln. Deswegen bezeichnet man sie auch als Transducer. Als allgemeines Prinzip gilt, dass eine für jeden Rezeptor spezifische Reizart in eine Änderung der Ionenleitfähigkeit der jeweiligen Zellmembran umgesetzt wird. Diese Reizenergie, auf die eine gegebene Rezeptormembran besonders empfindlich reagiert, bezeichnet man als adäquaten Reiz.

Die Funktionsweise von Rezeptoren und der nachfolgenden neuronalen Verarbeitung sind der wissenschaftlichen Analyse im Allgemeinen zugänglich, also objektivierbar. Meistens führen diese Verarbeitungsprozesse letztlich zu Empfindungen und Wahrnehmungen, die nur über die Auskünfte von Versuchspersonen einem Beobachter zugänglich sind. Diese Prozesse sind also subjektiv. Dieser Praktikumsstag wird sie sowohl mit objektivierbaren als auch mit subjektiven Empfindungen bekannt machen.

1. Mechanischer Sinn der Haut

Allgemeines:

Durch nicht schädigende mechanische Reize lassen sich auf der Haut mehrere qualitativ unterschiedliche Empfindungen auslösen: Kitzel, Berührung, Vibration, Druck und Spannung. Diese Empfindungen werden als taktile Wahrnehmungen bezeichnet. Welche Empfindungsqualität dabei durch den die Haut berührenden Reiz ausgelöst wird, hängt wesentlich von seiner Intensität, seinem zeitlichen Verlauf sowie der Reizfläche ab.

Mechanische Empfindungen werden vermittelt durch Mechanorezeptoren, die sich in Morphologie, Empfindlichkeit und Adaptationsverhalten unterscheiden. Anhand dieser Unterschiede erfolgte auch die Einteilung der Mechanorezeptoren: Langsam adaptierende SA-Rezeptoren (‚slow adapting‘) bilden bei langandauernden mechanischen Hautreizen (Druck) während der gesamten Reizdauer Aktionspotentiale (AP's) in ihren afferenten Fasern. Rasch adaptierende FA-Rezeptoren (‚fast

adapting') reagieren nur bei Änderungen des mechanischen Reizes, d.h. bei bewegten Hautreizen (Berührung, Vibration).

SA-Rezeptoren zeigen bei längerdauernden Reizen nicht nur die Reizdauer an, die AP-Frequenz der afferenten Faser verhält sich auch proportional zur Reizstärke. Sie sind demnach Proportionalfühler bzw. Intensitätsdetektoren, die über Größe und Dauer von Druckreizen informieren. SA-I-Rezeptoren sind besonders empfindlich gegenüber senkrecht auf die Haut einwirkenden Reizen, insbesondere wenn diese Ecken und Kanten haben. SA-II-Rezeptoren reagieren vor allem auf Lateralverschiebungen der Haut. Die Entladungsrate von FA-I-Afferenzen ist der Geschwindigkeit der Reizbewegung proportional, d.h. sie sind Geschwindigkeitsdetektoren für Berührungsreize, während FA-II-Afferenzen auf Änderung der Geschwindigkeit reagieren (und somit Beschleunigungsdetektoren darstellen).

Das Hautgebiet, von dem aus ein Reiz AP's in einer gegebenen afferenten Faser auslöst, wird als rezeptives Feld dieser Afferenz bezeichnet. Entsprechend der Größe ihrer rezeptiven Felder kann man die Rezeptoren noch weiter unterteilen: FA-I- und SA-I-Afferenzen im Bereich der Finger haben kleine, scharf begrenzte rezeptive Felder von 2 bis maximal 8 mm Durchmesser, während FA-II- und SA-II-Afferenzen hingegen wesentlich größere, unscharf begrenzte rezeptive Felder besitzen.

Mit Hilfe von Methoden der experimentellen subjektiven (!) Sinnesphysiologie hat man versucht, Zusammenhänge zwischen Rezeptoraktivierung und subjektiver Empfindung herzustellen. Hinsichtlich der Absolutschwelle hat sich gezeigt, dass die größte Empfindlichkeit auf Vibrationsreize im Bereich der Fingerkuppen und der Innenfläche der Hand besteht. Dort werden Hauteindrücke von ca. 0,1 μm erkannt, an Wade und Bauch hingegen nur solche von 5-6 μm . Die Unterschiedsschwelle der Druckempfindung liegt bei 3-10%, d.h. Reizstärken, die um diesen Betrag differieren, werden gerade noch als unterschiedlich empfunden. Im überschwelligen Empfindungsbereich kann der Zusammenhang zwischen Reizstärke und Empfindungsintensität durch Potenzfunktionen beschrieben werden (siehe unten).

Versuchsdurchführung:

Das räumliche Auflösungsvermögen kann durch gleichzeitiges Aufsetzen der spitzen eines Zirkels erfasst werden. Die Versuchsperson muss ohne hinzusehen entscheiden, ob zwei Reize oder nur einer empfunden werden. Die simultane Raumschwelle ist der kleinste Abstand, bei dem noch zwei getrennte Reize wahrgenommen werden (Zweipunktschwelle). Sie liegt an Fingerbeeren und Zunge bei 1-3 mm, an Rücken und Oberschenkel hingegen bei 50-70 mm (siehe Tabelle).

Messen Sie mit Hilfe der Spezialzirkel die simultanen Raumschwellen an mindestens 6 verschiedenen Körperregionen. Ermitteln Sie dazu erst den nötigen Druck, den sie applizieren müssen (nicht zu sehr drücken!). Vergleichen Sie Ihre Messwerte mit den Werten aus der Tabelle. Diskutieren Sie mögliche Abweichungen und deren Gründe.

Tabelle: Beispiele simultaner Raumschwellen des Menschen

Lokalisation	Simultane Raumschwelle (mm)
Zungenspitze	1
Fingerbeere (Kleiner Finger)	2
Lippe	4
Daumen	9
Handrücken	31
Rücken	54
Oberarm	68
Oberschenkel	68

2. Temperatursinn der Haut

Allgemeines

Durch Abkühlung oder Erwärmung der Haut sowie der oberflächennahen Schleimhäute lassen sich Temperaturempfindungen auslösen, die entgegengesetzte Qualitäten, nämlich Kälte und Wärme, aufweisen. Innerhalb dieser Qualitäten gibt es zahlreiche Abstufungen.

Die Temperaturempfindlichkeit ist nicht gleichförmig über die Haut verteilt. Mit kleinflächigen Temperaturreizen lassen sich Warm- und Kaltpunkte, umgeben von unempfindlichen Hautbezirken, voneinander abgrenzen. Bei stärkerer Abkühlung oder Erwärmung gehen Temperaturempfindungen in Schmerz über. Die normale Hauttemperatur wird weder als kalt noch als warm empfunden (Indifferenztemperatur, $\sim 30^{\circ}\text{C}$). Kaltrezeptoren sind bei normaler Hauttemperatur langsam spontanaktiv, schon bei geringer Kühlung des rezeptiven Feldes nimmt die Impulsfrequenz deutlich zu. Die Frequenzzunahme ist um so größer, je größer und schneller die Temperaturänderung ist.

Durchführung

Bestimmen Sie mit den ausliegenden Kaltsonden die Anzahl der Kaltrezeptoren pro Flächeneinheit auf Ihrer Haut an verschiedenen Körperstellen. Setzen Sie hierzu die Kaltsonde leicht auf das Testareal, zu starker Druck verfälscht das Ergebnis! Führen Sie diesen Versuch mit vorgekühlter (Eis!) und ungekühlter Kaltsonde durch. Notieren Sie die Ergebnisse in einer Tabelle und vergleichen Sie Ihre Ergebnisse kritisch mit Literaturwerten.

3. Bedingter Reflex

Allgemeines:

Iwan Pawlow, ein Petersburger Mediziner, untersuchte Ende des 19. Jahrhunderts die Verdauungstätigkeit bei Hunden. Dabei fand er heraus, dass die Sekretion der Verdauungsdrüsen auf bestimmte Reize hin in immer gleicher Weise ablief (unbedingter Reflex). Wenn beispielsweise Futter die Sinneszellen im Mund reizte, hatte dies Speichelsekretion zur Folge.

Pawlow allerdings bemerkte, dass der Speichelfluss auch schon dann einsetzte, als der Wärter mit dem Futter erschien. Um diesen Zusammenhang genauer zu untersuchen, bot man einem Hund Futter an und ließ gleichzeitig eine Glocke ertönen. Nach einiger Zeit genügte schließlich der Glockenton (neutraler Reiz) allein, um Speichelfluss auszulösen. Damit ist der neutrale Reiz zum bedingten Reflex geworden und der unbedingte Reflex zu einem bedingten.

Durchführung:

Mit Hilfe der Reflexbrille ist es auf einfache Weise möglich, einen bedingten Reflex auch beim Menschen nachzuweisen. Die Brille ermöglicht es, durch einen kurzen Luftstoß einen Lidschlussreflex am Auge auszulösen.

Die Versuchsperson setzt sich die Brille auf und stellt die Luftdüse so ein, dass bei Betätigung des angeschlossenen Gummiballs der Luftstrom auf die Augen trifft. Die Düsen können dem Augenabstand entsprechend eingestellt werden. Der Experimentator drückt den Gummiball und lässt gleichzeitig die Trillerpfeife ertönen. Dieser Vorgang wird in unregelmäßigen Abständen etwa 15 Mal wiederholt. Im allgemeinen genügt das, um den unbedingten Reflex einzuüben.

Nach dieser Übungsphase lässt man nur noch die Trillerpfeife ertönen ohne den Luftstrom auszulösen. Jetzt genügt das akustische Signal allein, um den Lidschlussreflex auszulösen. Versucht man diesen bedingten Reflex mehrfach hintereinander allein mit dem akustischen Signal auszulösen, so lässt die Reaktion nach und unterbleibt schließlich ganz. Das Ausbleiben des unbedingten Reflexes bezeichnet man als Extinktion. Wartet man jetzt einige Minuten, dann gelingt es häufig, den bedingten Reflex wieder allein mit Hilfe des akustischen Signals auszulösen.

Der Versuch kann sowohl mit beiden Augen gleichzeitig als auch nur mit einem Auge durchgeführt werden. Beim ‚einäugigen‘ Versuch wird eine der Düsen so verdreht, dass der Luftstrom das Auge nicht trifft.

Wichtiger Hinweis:

Bitte beachten Sie, dass bei einer Versuchsperson nicht zu viele Luftstöße appliziert werden, denn das könnte zur Austrocknung der Augen führen. Allerdings brauchen Sie keine Angst zu haben, dass in Zukunft bei jeder Trillerpfeife (Fußball!), die Sie hören, ein Lidschlussreflex einsetzt (wie immer verblasst das Erlernte sehr schnell!).