

Nervenleitung in der Haut

Die Haut ist das größte Sinnesorgan des Menschen. Sie ist verantwortlich für die Wahrnehmung von Kälte, Wärme, Berührung, Druck und Schmerz. Für jede Wahrnehmung gibt es spezifische sensorische Zellen, die die äußeren Reize aufnehmen und an die Nervenzellen weitergeben.

Zellen des Nervensystems

Das Nervensystem des Menschen besteht aus zwei Zelltypen, den Nervenzellen und den Gliazellen. Die **Gliazellen** (auch Bindegewebszellen) helfen den Nervenzellen beim Stofftransport und stützen sie. Ihre Anzahl ist deutlich höher als die der Nervenzellen. Die Gliazellen haben die Fähigkeit sich zu teilen. Die **Nervenzellen** (auch Neurone) leiten Informationen, z. B. Sinnesreize, in Form von elektrischer Erregung weiter an das Gehirn. Nervenzellen sind hoch spezialisiert und ihre Funktion hängt von der Verschaltung mit anderen Neuronen ab. Nervenzellen können sich im Gegensatz zu Gliazellen nicht mehr teilen. Ist also eine Nervenzelle zerstört kann sie nicht wieder repariert werden.

Aufbau und Funktion von Nervenzellen

Die Funktionen von Nervenzellen können unterschiedlichster Natur sein, ihr Grundbauplan ist jedoch immer gleich:

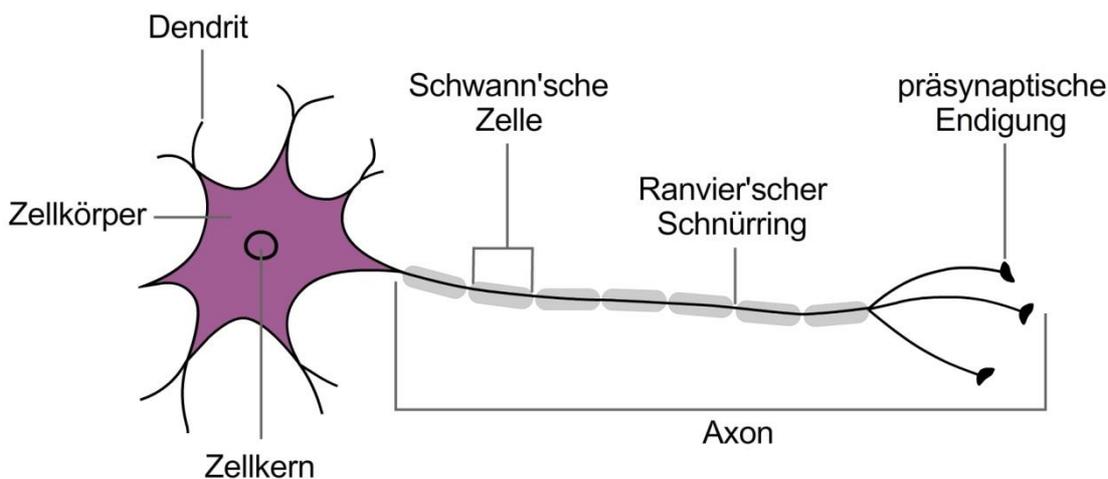


Abb. 1: Grundaufbau einer Nervenzelle

Das Zentrum der Nervenzellen ist der **Zellkörper**. Er ist für das Wachstum der Zelle verantwortlich und beherbergt die Zellbestandteile, die für die Herstellung der Proteine (Proteinbiosynthese) notwendig sind. Aus dem Zellkörper gehen eine Vielzahl von Verzweigungen hervor, die **Dendriten** (griechisch dendron = Baum). Ihre Aufgabe ist es Signale von anderen Neuronen zu empfangen und an das **Axon** (Nervenfasern) weiterzuleiten. Das Axon ist ein einzelner sehr langer Zellfortsatz, der die Signale in Form von elektrischen Impulsen weiterleitet. Bei Wirbeltieren ist es häufig von einer **Myelinscheide** umgeben, welche aus besonderen Gliazellen (den Schwann'schen Zellen) besteht. Die Myelinscheide fungiert als Isolator für die elektrischen Signale. Sie ist in regelmäßigen Abständen durchbrochen. Diese Lücken nennt man **Ranvier'sche Schnürringe**. Die elektrischen Impulse „springen“ von Schnürring zu Schnürring. Im hinteren Teil verzweigt sich das Axon. Die Verzweigungen weisen an ihrem Ende Verdickungen auf, die sog. **präsynaptischen Endigungen**. Sie verbinden sich mit den Dendriten anderer Nervenzellen, wobei immer ein kleiner Spalt (synap-

tischer Spalt) zwischen der Verbindung bestehen bleibt. Diese Verbindungsstelle wird **Synapse** genannt. Sie überträgt die Signale von einer Nervenzelle zur nächsten.

Erregungsleitung

Wird ein Reiz auf die Haut ausgeübt (z. B. durch Berührung oder Wärme), leitet der betroffene Rezeptor sofort einen elektrischen Impuls an die nächste Nervenzelle weiter. So gelangt der Impuls schließlich über mehrere Nervenzellen ins Rückenmark und von dort bis zum Gehirn, das die Information letztlich verarbeitet.

Entstehung des elektrischen Impulses:

Jede Zelle besitzt ein bestimmtes Membranpotenzial (genauer gesagt eine Potenzialdifferenz), welches durch die ungleiche Verteilung von positiv und negativ geladenen Ionen innerhalb und außerhalb der Zelle zustande kommt. Bei Nervenzellen ist im Ruhezustand die Innenseite des Axons i. d. R. negativ, die Außenseite positiv geladen (z. B. aufgrund der Anwesenheit von Na⁺-Ionen). Es ist eine gewisse Grundspannung messbar, das sog. **Ruhepotenzial** (ca. -70 mV). Wird nun ein Reiz ausgeübt, erhöht sich die Spannung und das sog. **Aktionspotenzial** (-40 bis +30 mV) wird ausgelöst. Im Axon öffnen sich spezielle Kanäle, so dass ein Teil der positiven Ladung von außen nach innen fließt. Es kommt zur Depolarisation, d. h. die Ladungsverhältnisse drehen sich um. Da das Axon von der isolierenden Myelinschicht umgeben ist, kommt es nur im Bereich der Ranvier'schen Schnürringe zu einer Depolarisierung. Das Aktionspotenzial wird von Schnürring zu Schnürring weitergegeben. Die sprunghafte Weiterleitung der elektrischen Impulse heißt **saltatorische Erregungsleitung**. Die positiven Ladungen (elektrostatische Kräfte) werden nun an den nächsten Abschnitt des Axons weitergegeben bis sie die präsynaptische Endigung erreichen. Dort befinden sich verschiedene Neurotransmitter, die durch das Aktionspotenzial aktiviert werden und über den synaptischen Spalt an Ionenkanäle an der Außenseite eines Dendriten andocken. Daraufhin öffnen sich die dort befindlichen Kanäle und lassen ihrerseits wieder positiv geladene Ionen durch. Das Aktionspotenzial wird auf das nächste Neuron „übertragen“.

Sensoren der Haut

Die Haut lässt sich grob in drei Schichten unterteilen: Oberhaut (Epidermis), Lederhaut (Corium), Unterhaut (Subcutis). Die sensorischen Nervenzellen (Nervenendigungen und Rezeptoren), die auf Schmerz, Druck und Temperatur reagieren, befinden sich jeweils in bestimmten Hautschichten.

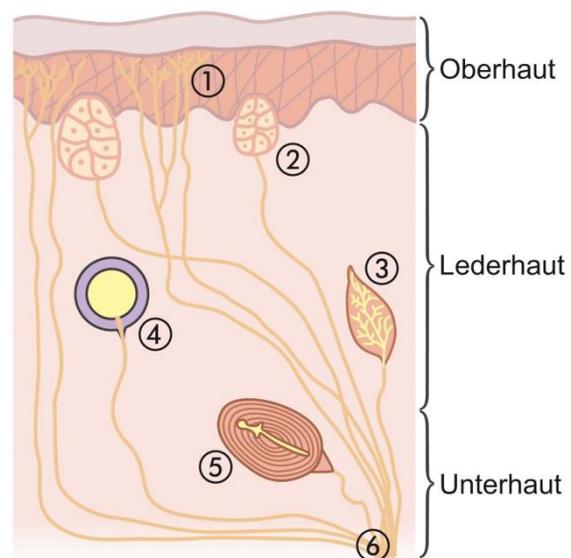


Abb. 2: Querschnitt der Haut

① Freie Nervenendigungen:

Sie können Schmerz-, Juck- und Kitzelreize aufnehmen. Da insbesondere Schmerzempfindung überlebenswichtig ist, reichen diese Nervenendigungen bis in die Oberhaut hinein, damit der Mensch möglichst jeden Schmerzreiz wahrnimmt. Auf 1 cm² kommen bis zu 170 solcher Nervenendigungen. Dies erklärt, warum es, abgesehen von Stellen, die mit dicker Hornhaut versehen sind, keine Hautareale gibt, die oberflächlich schmerzunempfindlich sind. An den oberflächlich unempfindlichen Stellen reagieren tiefer gelegene Schmerzrezeptoren allerdings auf Stoffe, die bei Gewebeschädigungen freigesetzt werden.

② Meissner-Tastkörperchen:

Sie reagieren auf Druckveränderungen und damit auf Berührungen und Scherkräfte. Besonders zahlreich kommen sie an den Fingerkuppen und der Mundschleimhaut vor, an Orten also, wo meist die erste Überprüfung von Gegenständen und Substanzen aus der Umwelt stattfindet. Im Rückenbereich hingegen weisen sie nur eine geringere Dichte auf. Meissner-Körperchen informieren über die Oberflächenbeschaffenheit von Gegenständen. Es gibt noch weitere Tastkörperchen.

③ Kälterezeptoren:

Sie sind im oberen Bereich der Lederhaut angesiedelt und für die Wahrnehmung von Kälte verantwortlich. Anders als ein Thermometer messen sie nicht die absolute Temperatur, sondern Temperaturdifferenzen. Sie reagieren auf sinkende Temperaturen und lösen dabei ein Kälteempfinden aus. Maximal empfindlich sind sie bei einer Umgebungstemperatur von etwa 25 °C. Auf dem Handrücken kommen sie bis zu 8-mal pro cm² vor, an der Zunge dagegen bis zu 20-mal pro cm².

④ Wärmerezeptoren:

Auch sie befinden sich in der Lederhaut. Sie reagieren auf Temperaturanstiege und sind somit an der Wahrnehmung von Wärme beteiligt. Auf dem Handrücken kommen sie bis zu einmal pro cm² vor. Insgesamt sind sie wesentlich seltener als Kälterezeptoren.

Frequenzcodierung der Nervensignale:

Beide Temperaturrezeptoren ③ und ④ senden ständig Impulse an das Gehirn. Die Frequenz der Impulse ist abhängig von der Temperatur. Durch Kälte- bzw. Wärmereize ändern die Wärme- und Kälterezeptoren die Impulsfrequenz: Kälterezeptoren geben mit abnehmender Temperatur mehr Aktionspotenziale pro Zeiteinheit ab. Wärmerezeptoren tun dies entsprechend umgekehrt, das heißt, sie geben bei zunehmender Temperatur mehr Aktionspotenziale ab. Nach einer gewissen Zeit passen sich die Frequenzen der Aktionspotenziale von Kälte- und Wärmerezeptoren an die jeweils herrschende Temperatur an. Erst wenn sich die Temperatur erneut ändert, wird wieder eine Temperaturveränderung wahrgenommen.

⑤ Vibrationsrezeptoren (Vater-Pacini-Körperchen):

Sie sind an der Wahrnehmung schneller Vibrationen beteiligt und reagieren auf Formveränderungen der Haut. Sie befinden sich meist im Übergangsbereich zwischen Lederhaut und Unterhaut.