

Neuronale Zellarchitektur und -physiologie

(Paul Natterer)

- Neuronen sind biologische Zellen. Alle Neuronen haben mit den meisten anderen Zellen mit Zellkern (Eukaryoten) einen gemeinsamen Bauplan und unterscheiden sich von anderen Zelltypen (mit ihren je spezifisch ausdifferenzierten Funktionen) insbesondere durch ihre besondere Leistungsfähigkeit zur Signalleitung und Informationsverarbeitung.
- Der gemeinsame Bauplan weist Zellen als selbstständige biologische Betriebe oder Fabriken aus mit Zellmembran, Zellflüssigkeit und Zellkern (Durchmesser 5–100 Mikrometer). Die Aufgabe der Direktion liegt beim Zellkern mit der DNS. In der Zellflüssigkeit (Zytoplasma) liegen Unterstrukturen (Organellen). Eine solche ist das Membransystem des ER (Endoplasmatisches Reticulum). Dies ist die zelluläre Fabrik, in der die Produktion, d.h. die Synthese chemischer Substanzen (Basis- und Makromoleküle wie Proteine, Peptide, Transmitter) aus Nährstoffen und Basismolekülen (Monomeren) erfolgt. Eine zweite Unterstruktur sind die Mitochondrien, zelleigene Kraftwerke. Eine dritte Unterstruktur ist der Golgiapparat, ein Membransystem, das – um im Bilde zu bleiben – für Verpackung und Logistik der Produkte zuständig ist.
- 99% des Gewichts der Zellen entfallen auf die chemischen Elemente C, H, N, O, P, S. Mit 70% ist H₂O das häufigste Molekül. Daneben finden sich 1000 weitere Arten organischer Basismoleküle, die in 4 Substanzklassen zusammengefasst werden: Zucker, Fettsäuren, Aminosäuren, Nukleotide. Zucker, Aminosäuren und Nukleotide sind die Bausteine für die Makromoleküle (Biopolymere), die die Grundlage aller zellulären, organischen und organismischen Lebensfunktionen sind. Die wichtigsten Biopolymere sind die Polysaccharide, Proteine und Nukleinsäuren.
- Neuronen bilden das Nervensystem als schnelles Informations- und Reaktionssystem des Körpers. Die besondere Ausstattung von Neuronen liegt in Folgendem: Neuronen haben neben dem Zellkörper typischerweise einen großen, verzweigten Fortsatz als elektrische Informationsbahn und chemische Transportbahn zu anderen Neuronen und zu Muskel- und Drüsenzellen (Axon), und mehrere antennenartige Fortsätze (Dendriten), an denen die Axone anderer Neuronen andocken (Synapsen).
- Es gibt neben normalen Axonen (Signalleitgeschwindigkeit 1m/s) schnelle, sogenannte myelinisierte, d.h. mit einer Markscheide umgebene Axone (Signalleitgeschwindigkeit 3–100 m/s). Die Neuronen sind umgeben von einem eigenen Stütz- und Versorgungsnetz (Gliazellen und

Blutgefäße).

- Grundlegend und allgemein gilt für die gesamte neuronale Informationsverarbeitung, dass in den Zellen Signale in Form elektrischer Impulse (Aktionspotentiale) und zwischen den Zellen in Form chemischer Botenstoffe (Neurotransmitter) an bis über 1000 Synapsen pro Neuron weitergeleitet werden. Die Signalleitung in der Zelle durch die Aktionspotentiale wird mittels einer elektrochemischen Pumpe (Natrium-Kalium-Pumpe) zwischen der Innen- und Außenseite der Zellmembran bewirkt. Die Zellmembran übernimmt dabei die Aufgabe eines elektrischen Kondensators. Poren (Ionenkanäle) in der Zellmembran haben die Rolle von Ventilen inne, die sich für den Ladungsfluss öffnen und wieder schließen, was elektrisch negativ und positiv geladene Atome oder Ionen (Anionen und Kationen) besorgen. Diese elektrochemische Pumpe arbeitet in zwei Takten: dem negativen Ruhepotential und dem blitzschnell sich fortbewegenden positiven Aktionspotential.
- Die Erregungsübertragung an den Synapsen kann entweder unmittelbar durch elektrische Steckverbindungen (Synapsen) oder mittelbar durch chemische Schleusen (Synapsen) mittels Überträgersubstanzen (Neurotransmitter) erfolgen. Die chemische Signalübertragung an den Synapsen kann ferner entweder erregend oder hemmend auf die nachgeschaltete Zelle wirken. Es gibt auch hier ein schnelles (unter 1 ms) und langsames synaptisches System (1 ms – 1 min).
- Die Systeme des Neuronenuniversums sind formbar, plastisch. Dies wird räumliche und/oder zeitliche und/oder synaptische Bahnung genannt. Sie kommt zustande durch Häufung, Summierung und/oder Frequenzerhöhung und/oder Leistungssteigerung der synaptischen Potentiale. Die Stärke des Signals bzw. der Aktivierung eines Neurons hängt dabei ab von der Anzahl der Verbindungen/Synapsen, ihrer Größe oder ihres „Gewichtes“, ihrer Polarität (erregend oder hemmend) und der Stärke der eintreffenden Signale.