

3.2 Verrechnung postsynaptischer Potenziale

Ein Neuron kann die an den Synapsen ankommenden Signale in wenigen Millisekunden verrechnen. Das Ergebnis dieses Verrechnungsvorgangs wird in der Frequenz von Aktionspotenzialen verschlüsselt und an nachgeschaltete Neurone weitergeleitet. Neurone dienen also nicht nur der Informationsweiterleitung, sondern auch der **Informationsverarbeitung**.

Postsynaptische Potenziale. Ein Aktionspotential, das an einer **erregenden Synapse** ankommt, erzeugt in der postsynaptischen Zelle eine kurzzeitige Depolarisation. Dies bezeichnet man als **erregendes postsynaptisches Potenzial (EPSP)**, → Abb. 280.1A). Das EPSP an einer motorischen Endplatte heißt Endplattenpotenzial.

Im Nervensystem gibt es neben solchen erregenden Synapsen auch **hemmende Synapsen**. Deren wichtigster Transmitter ist γ -Aminobuttersäure (GABA). Die hemmenden Transmitter binden an Rezeptoren der postsynaptischen Membran, die mit Ionenkanälen, zumeist K^+ - oder Cl^- -Kanälen, verbunden sind. Daraufhin öffnen sich diese Kanäle. Entsprechend ihrem Konzentrationsgefälle (S. 268) strömen dann positiv geladene K^+ -Ionen aus der Zelle heraus oder negativ geladene Cl^- -Ionen in die Zelle

hinein. Dadurch nimmt das Membranpotenzial negativere Werte an. An einer hemmenden Synapse erzeugt ein Aktionspotential deshalb eine kurzzeitige Hyperpolarisation (S. 272) der Folgezelle; es bildet sich ein **inhibitorisches postsynaptisches Potenzial (IPSP)**, → Abb. 280.1B).

Die Transmitter wirken bei einem EPSP und IPSP länger, als das präsynaptische Aktionspotential dauert. Daher halten EPSP und IPSP deutlich länger an als ein Aktionspotential.

Informationsverarbeitung. EPSP oder IPSP, die an einer Synapse gebildet werden, breiten sich von den Dendriten zum Zellkörper und Axonursprung aus. Sie werden jedoch nicht wie Aktionspotenziale fortgeleitet (S. 274); vielmehr nimmt ihre Höhe mit zunehmender Entfernung von der Synapse rasch ab. Folglich kann eine einzige erregende Synapse das Membranpotenzial von Dendriten und Zellkörper nur geringfügig verändern. Sie kann daher das Membranpotenzial am Axonursprung nicht bis zum Schwellenwert depolarisieren (→ Abb. 281.1A).

An einer Nervenzelle finden sich meist viele erregende Synapsen. Wird eine größere Zahl dieser Synapsen gleichzeitig oder kurz nacheinander erregt, summieren sich ihre Wirkungen. Wird der Schwellenwert am Axonursprung dieser Nervenzelle erreicht, entsteht dort ein Aktionspotential. Dieses wird dann über ihr Axon fortgeleitet

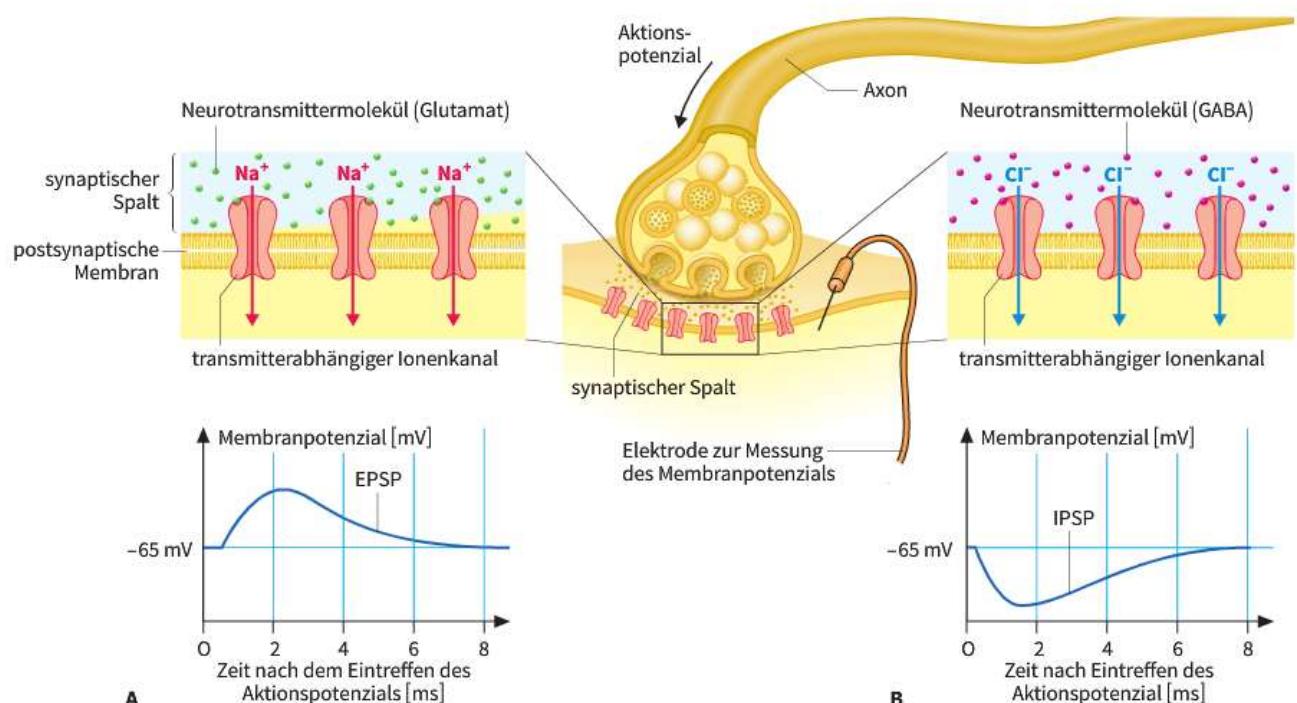


Abb. 280.1 Erzeugung eines EPSP und eines IPSP. Ein Aktionspotential führt präsynaptisch zu einer Transmitterfreisetzung.
A Ein erregender Transmitter, wie z. B. Glutamat, bindet an Glutamatrezeptoren und bewirkt einen Na^+ -Einstrom;
B ein hemmender Transmitter, wie z. B. GABA, bindet an GABA-Rezeptoren und verursacht einen Cl^- -Einstrom.

Zeitliche Summation. Ist der zeitliche Abstand zwischen zwei eintreffenden Aktionspotenzialen an einer Synapse kurz, so ist das vom ersten Aktionspotenzial hervorgerufene EPSP noch nicht völlig abgeklungen, wenn das zweite EPSP beginnt. Deshalb überlagern sich die EPSP und summieren sich zeitlich; es tritt **zeitliche Summation** auf (→ Abb. 281.1 C).

Räumliche Summation. Treten EPSP zeitgleich an verschiedenen Synapsen des Folgeneurons auf, so können sich diese ebenfalls überlagern. Man bezeichnet dies als **räumliche Summation** (→ Abb. 281.1 B). Ist also die Frequenz der eintreffenden Aktionspotenziale hoch, so überlagern sich viele der ausgelösten EPSP. Die Depolarisation des Axonursprungs hält deshalb länger an, und die Frequenz der gebildeten Aktionspotenziale ist höher.

Wenn gleichzeitig an hemmenden Synapsen IPSP auftreten, dann senken diese das Membranpotential am Axonursprung und vermindern so die Zahl der dort entstehenden Aktionspotenziale.

Die Veränderung des Membranpotenzials am Axonursprung ergibt sich also aus der Summe der Aktionspotenziale, die zu diesem Zeitpunkt von anderen Neuronen »einlaufen« und an den erregenden (positive Wirkung) und hemmenden Synapsen (negative Wirkung) übermittelt werden. Diese Summe wird dann am Axonursprung in die Frequenz der auslaufenden Aktionspotenziale übersetzt (→ Abb. 281.2). Die Frequenz ist umso höher, je stärker der Axonursprung depolarisiert ist.

- ① Erläutern sie den Unterschied zwischen räumlicher und zeitlicher Summation.

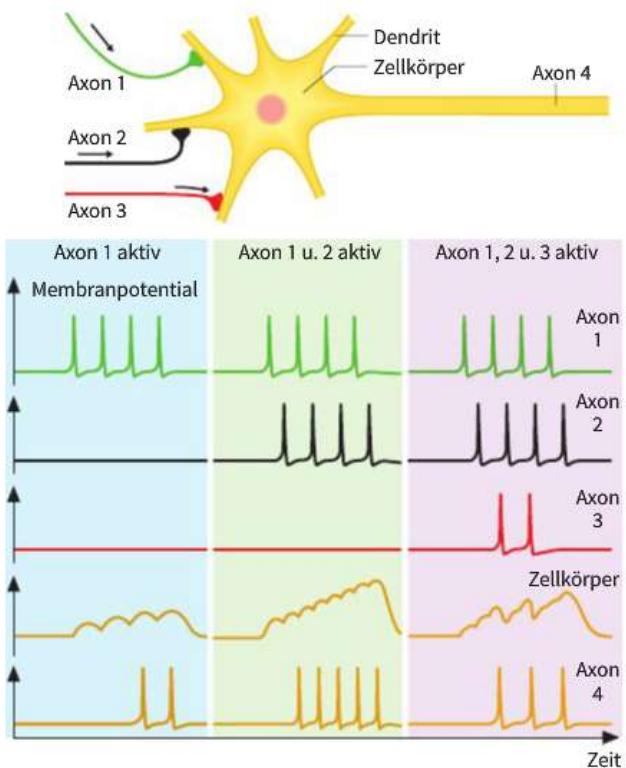


Abb. 281.2 Mögliche Wirkung von zwei erregenden Synapsen (1 und 2) und einer hemmenden Synapse (3) auf EPSP im Zellkörper eines Neurons und Aktionspotenziale in dessen Axon (4)

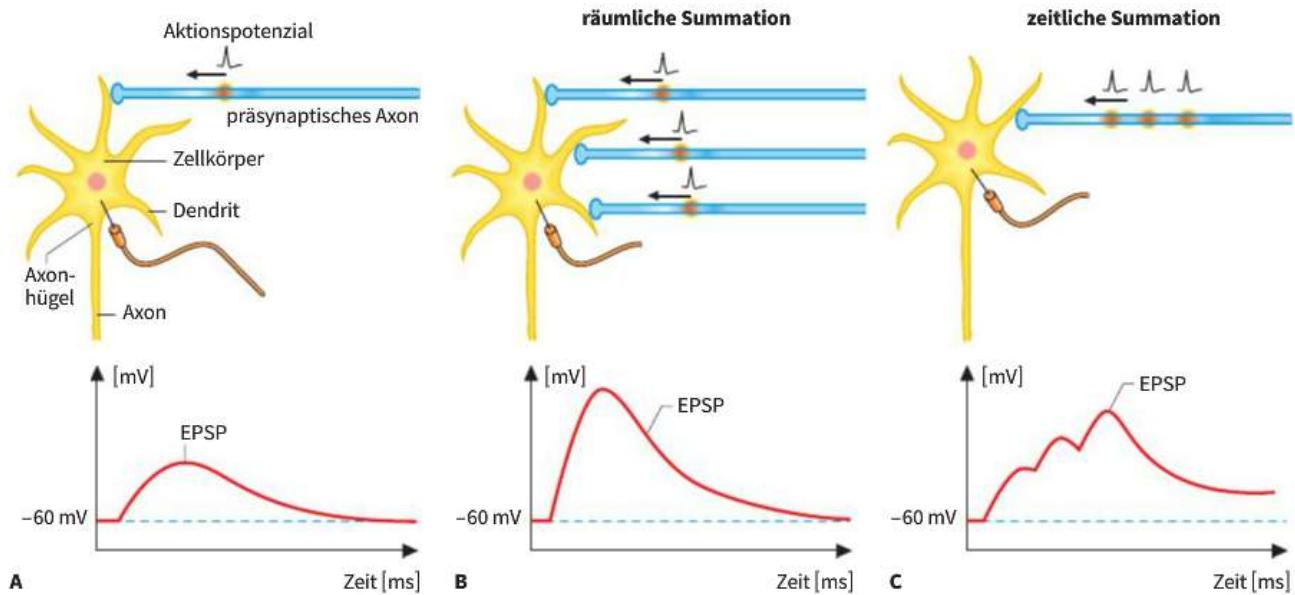


Abb. 281.1 Summation. **A** ein einzelnes Aktionspotenzial löst ein geringes EPSP aus; **B** räumliche Summation: Einzelne Aktionspotenziale treffen an verschiedenen Synapsen gleichzeitig ein; **C** zeitliche Summation: Viele Aktionspotenziale treffen rasch nacheinander an derselben Synapse ein.