

# Neuro-muskuläre Synapse: Funktion

## Aufgaben

### 1 Phase 1: Einstrom von Calcium-Ionen (M1)

- 1.1 Beschriften Sie in B3 und B4 die Strukturen bzw. Räume mit folgenden Begriffen (*der in B2 markierte obere Ausschnitt ist in B3 und B4 dargestellt*):  
extrazellulär / intrazellulär / Calcium-Ion / spannungsabhängiger Calcium-Ionen-Kanal
- 1.2 Begründen Sie anhand der auf die Calcium-Ionen einwirkenden Kräfte, dass das nachträgliche Ausschleusen der eingedrungenen Calcium-Ionen einen aktiven Transportvorgang darstellt.

### 2 Phase 2: Wirkung des Transmitters (M2)

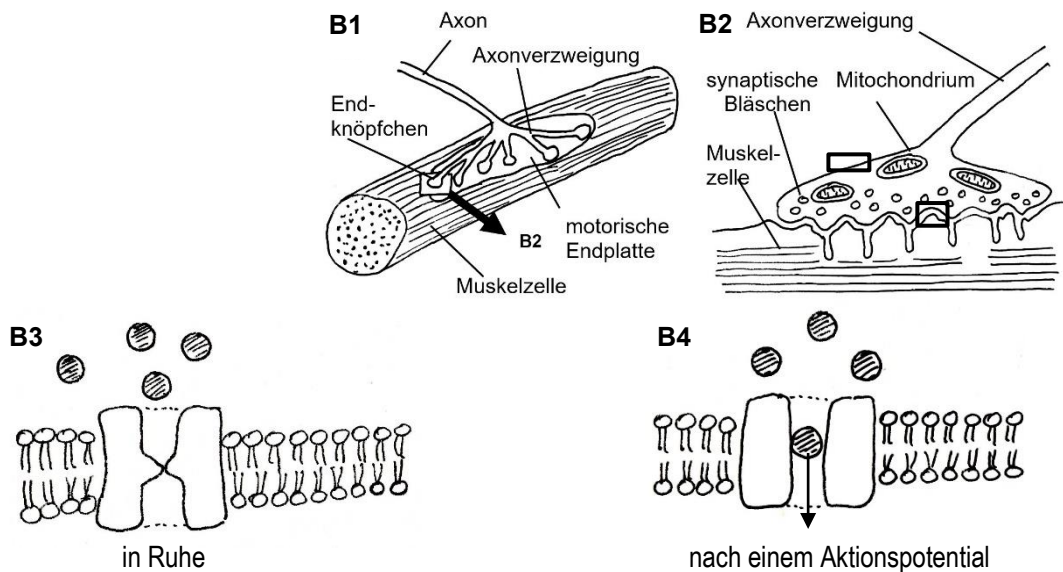
- 2.1 Beschriften Sie in B5 die Strukturen bzw. Räume mit folgenden Begriffen (*der in B2 markierte untere Ausschnitt ist in B5 und B6 dargestellt*):  
präsynaptische Membran (*prae*, lateinisch: vor) / postsynaptische Membran (*post*, lateinisch: nach) / synaptischer Spalt / synaptisches Bläschen / Natrium-Ion / Calcium-Ion / Transmitter-Molekül (*trans*, lateinisch: über, hinüber; *mittere*, lateinisch: schicken).  
Beschriften Sie in B6 den ligandenabhängigen Natrium-Ionen-Kanal.
- 2.2 Beschreiben Sie den Unterschied zwischen einem spannungs- und einem ligandenabhängigen Ionen-Kanal.
- 2.3 Die Ionenverhältnisse bei der Muskelzelle entsprechen denen bei der Nervenzelle.  
Formulieren Sie eine Hypothese, welche unmittelbare Auswirkung der Einstrom der Natrium-Ionen in die Muskelzelle hat.

### 3 Phase 3: Spaltung und Wiederherstellung des Transmitter-Moleküls (M3)

- 3.1 Beschriften Sie in B7 und B8 die Strukturen bzw. Räume mit folgenden Begriffen:  
präsynaptische Membran / postsynaptische Membran / synaptischer Spalt / Transmitter-Molekül / Spaltprodukte des Transmitter-Moleküls  
Beschriften Sie die Enzyme I und II jeweils mit den römischen Zahlen.
- 3.2 Begründen Sie die Notwendigkeit der Spaltung der Transmitter-Moleküle im synaptischen Spalt. Überlegen Sie eine Alternative, die dem gleichen Ziel dienen könnte.
- 3.3 Beschreiben Sie das Schlüssel-Schloss-Modell an zwei Beispielen der Synapse.

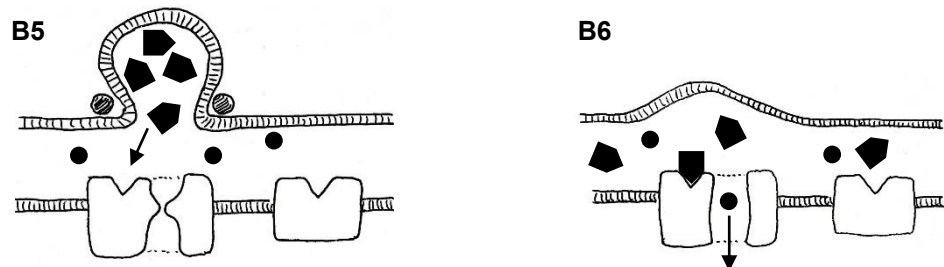
## Materialien

### M1 Phase 1: Einstrom von Calcium-Ionen



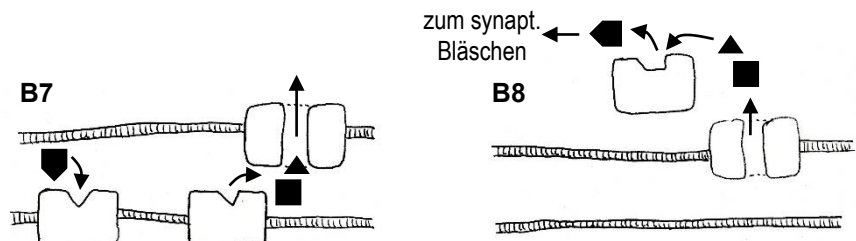
B1 und B2 zeigen den Aufbau einer neuro-muskulären Synapse. Sobald ein Aktionspotential das Endknöpfchen erreicht, öffnen sich spannungsabhängige Calcium-Ionen-Kanäle in der Zellmembran des Endknöpfchens kurzzeitig, so dass Calcium-Ionen ( $\text{Ca}^{2+}$ ) aus dem extrazellulären Raum passiv in das Zellinnere eindringen. Kurz darauf werden die Calcium-Ionen aktiv wieder nach außen befördert (hier nicht dargestellt). Die extrazelluläre Konzentration der Calcium-Ionen ist erheblich höher als die intrazelluläre.

### M2 Phase 2: Wirkung des Transmitters



Der Einstrom der Calcium-Ionen bewirkt, dass einzelne synaptische Bläschen, in denen sogenannte Transmitter-Moleküle gespeichert sind, mit der präsynaptischen Membran verschmelzen und ihren Inhalt in den synaptischen Spalt ergießen (Exozytose). Die Transmitter-Moleküle gelangen durch Diffusion in 0,1 ms auf die gegenüber liegende Seite und binden dort an Rezeptor-Moleküle mit bis dahin geschlossenen Natrium-Ionen-Kanälen, die sich daraufhin öffnen, so dass Natrium-Ionen vom synaptischen Spalt ins Innere der Muskelzellen eindringen.

### M3 Phase 3: Spaltung und Wiederherstellung des Transmitters

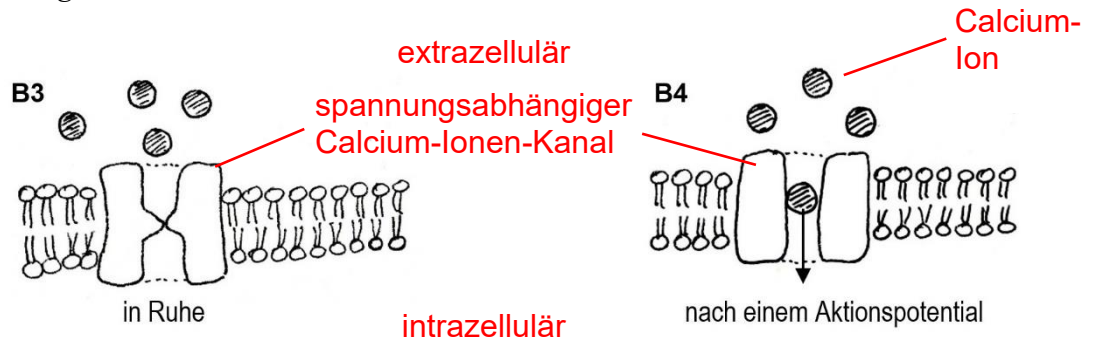


Das Transmittermolekül löst sich vom Tunnelprotein und wird von einem Enzym I in der postsynaptischen Membran gespalten. Die Spaltprodukte gelangen über ein Transportprotein in das Endknöpfchen, wo sie von einem Enzym II wieder zu einem Transmitter-Molekül zusammengesetzt werden, das daraufhin in ein synaptisches Bläschen eingeschleust wird.

## Hinweise für die Lehrkraft:

Auf diesem Arbeitsblatt fehlen (bewusst) einige Fachbegriffe: Der spezielle Name des hier wirksamen Transmitters, Acetylcholin (ACh), wird nicht genannt, ebensowenig die Bezeichnung für das ihn spaltende Enzym Acetylcholin-Esterase. Damit bleibt es der Lehrkraft überlassen, ob sie diese Begriffe nennen bzw. als Lerninhalte deklarieren möchte.  
Die Wortherleitungen aus dem Lateinischen stellen keine Lerninhalte dar.

1.1



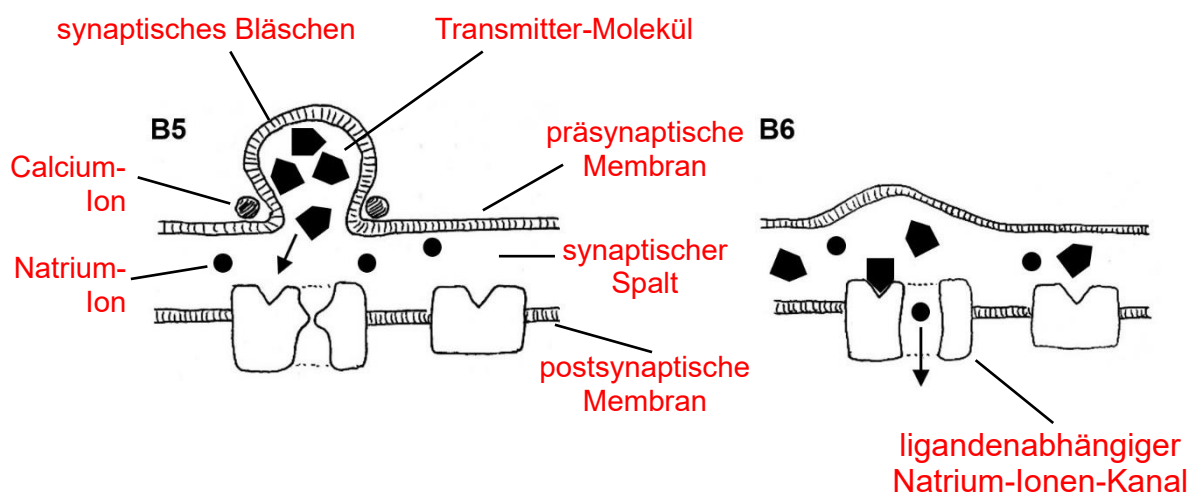
1.2 Anwendung von Vorwissen auf ein neues Beispiel (kumulatives Arbeiten)

Im Zustand ohne Aktionspotential ist die Innenseite der Zellmembran negativ, die Außenseite positiv geladen. Die elektrostatische Kraft auf die Calcium-Ionen wirkt also von außen nach innen und zwar aufgrund ihrer doppelt positiven Ladung ziemlich stark.

Die osmotische Kraft auf die Calcium-Ionen wirkt ebenfalls von außen nach innen, weil deren Konzentration außen viel höher ist als innen.

Weil das Ausschleusen der Calcium-Ionen gegen beide Kräfte erfolgen muss, ist dafür Zufuhr von Energie notwendig.

2.1



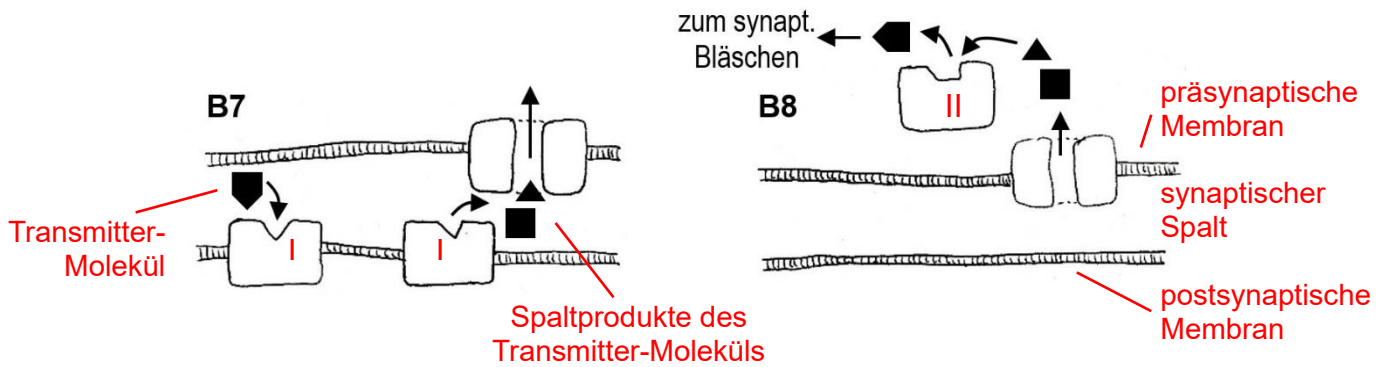
Der Begriff Exozytose stellt keinen verbindlichen Lerninhalt dar.

2.2 Ein spannungsabhängiger Ionen-Kanal öffnet sich, wenn an der Membran, in der er sich befindet, eine bestimmte Spannung (Membranpotential, z. B.  $-50\text{ mV}$ ) anliegt.

Ein ligandenabhängiger Ionen-Kanal öffnet sich, wenn ein besonders Molekül (Ligand) an ihn bindet.

2.3 Die Ionen-Verhältnisse bei der Muskelzelle sind etwa die gleichen wie in der Nervenzelle. Deshalb führt der Natrium-Einstrom zu einer Depolarisation und einer Ladungsumkehr.

3.1



Bei der Beschriftung der Membranproteine muss man aufpassen, dass sie nicht falsch ausfällt. Wenn Kursteilnehmer hierbei ihre Lösungen präsentieren, wird es vermutlich zu Diskussionen kommen.

3.2 Wenn die Transmitter-Moleküle im synaptischen Spalt verbleiben würden, wären bald alle Rezeptor-Moleküle besetzt und deren Natrium-Ionen-Kanäle dauerhaft offen, so dass ein erneutes Aktionspotential keine Veränderung an der Muskelzelle mehr hervorrufen könnte.

Alternativ könnten die Transmitter-Moleküle auch komplett in das Endknöpfchen aufgenommen werden.

3.3 z. B.

- Transmitter-Molekül und Rezeptor mit ligandenabhängigem Natrium-Ionen-Kanal
- Transmitter-Molekül und spaltendes Enzym I
- Spaltprodukte des Transmitter-Moleküls und synthetisierendes Enzym II