**Die Auswertung des Modellversuches zum elektrischen Verhalten von Nervenzellen in Ruhe**

**Arbeitsmaterial:**

* Ergebnisse der Versuche mit vollpermeabler und kationenselektiver Membran als Spannungs-Zeit-Diagramme in DIN A3
* Tischvorlage zur Darstellung der Versuchssituation an der vollpermeablen und an der kationenselektiven Membran

Dazu zweidimensionale Modelle der Ionen.

* Tischvorlagen in klein (siehe Vorlageblatt) zum Einkleben in die Spannungs-Zeit-Diagramme.

**Arbeitsauftrag 1:**

**Parallelisierung der Messergebnisse mit der Versuchsdurchführung:**

Tragen Sie in beide Ergebnisdiagramme (DIN A3) folgende Durchführungsschritte ein:

* In beiden Kammern der Versuchsapparatur befindet sich demin. Wasser.
* Zugabe der konzentrierten Salzlösung in die „Intrazellularkammer“ mit Messelektrode

**AA2: Parallelisierung der Ionenbewegungen und der Ionenkonzentrationsverhältnisse beiderseits der Membran mit den Messergebnissen der Spannungsverläufe mit der Zeit.**

* Teilen Sie Ihre Ergebnisdiagramme (DIN A3) in deutlich voneinander abzugrenzende Phasen ein.
* Stellen Sie zunächst die Versuchssituationen an der vollpermeablen und an der kationenselektiven Membran dar, indem Sie mit Hilfe der Tischvorlagen und der Ionen-Modelle für jede Phase die Ionenkonzentrationsverhältnisse und Wanderungsbewegung der Ionen nachstellen.
* Übernehmen Sie nun für jede Versuchssituation die auf der Tischvorlage nachgestellte Phase in eine kleine Tischvorlage (diese müssen Sie zunächst aus dem Vorlageblatt ausschneiden) und zeichnen dort die Ionenkonzentrationsverhältnisse und Wanderungsbewegung der Ionen ein. Kleben Sie die Skizzen an den entsprechenden Stellen in Ihre Ergebnisdiagramme ein.
* Formulieren Sie für jede Phase einen erklärenden Text auf einem separaten Blatt.

Kation Tischvorlage vollpermeable Membran

passend für Bildformat DIN A3

Anion

🡪 Ionen in dieser Größe in die Tischvorlage

einzeichnen

Tischvorlage kationenselektive Membran

passend für Bildformat DIN A3

*Lehrerversion/Lösungsversion*

**Die Auswertung des Modellversuches zum elektrischen Verhalten von Nervenzellen in Ruhe**

**Arbeitsmaterial:**

* Ergebnisse der Versuche mit vollpermeabler und kationenselektiver Membran als Diagramme der Spannungsverläufe mit der Zeit in DIN A3 (aus den im Versuch entstandenen Dateien in Excel erstellt und für jede Schülerin und jeden Schüler ausgedruckt)
* Tischvorlage zur Darstellung der Versuchssituation an der vollpermeablen und an der kationenselektiven Membran

Dazu zweidimensionale Modelle der Ionen (Ionen in relativer Größe sowohl

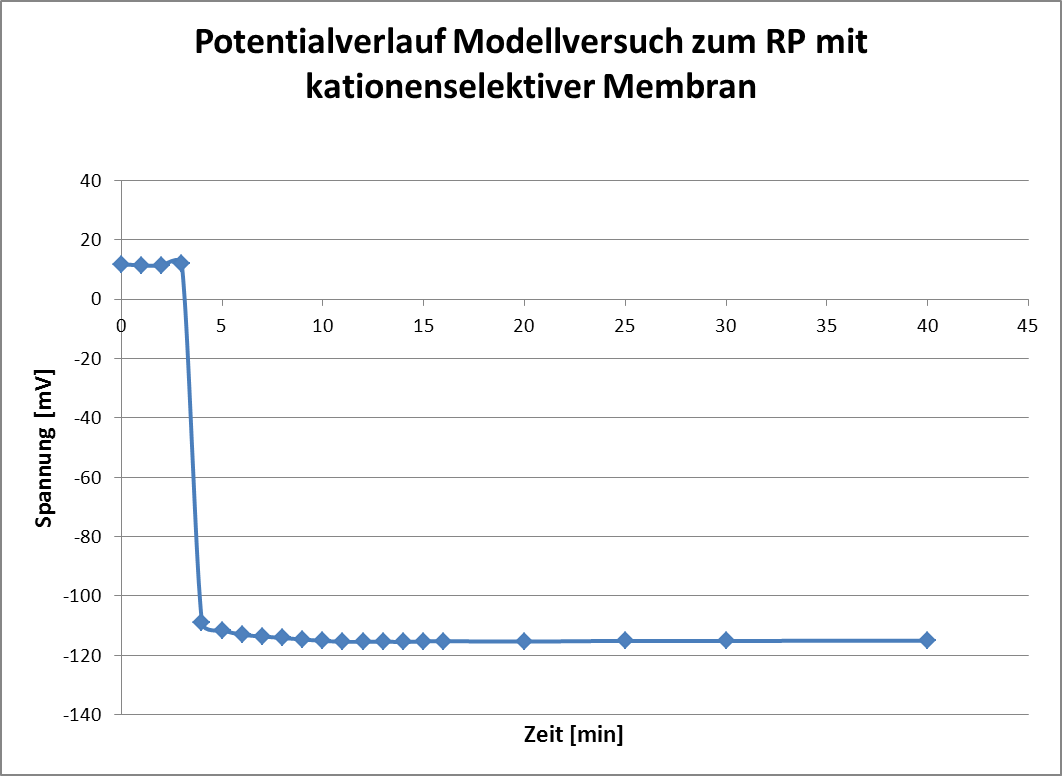
zueinander als auch zum Membranmodell)

* Tischvorlagen in klein zum Einkleben in die Spannungs-Zeit-Diagramme (vier für das Versuchsergebnis mit der kationenselektiven Membran, fünf für das Ergebnis mit der voll permeablen Membran)

**AA1: Parallelisierung der Messergebnisse mit der Versuchsdurchführung:**

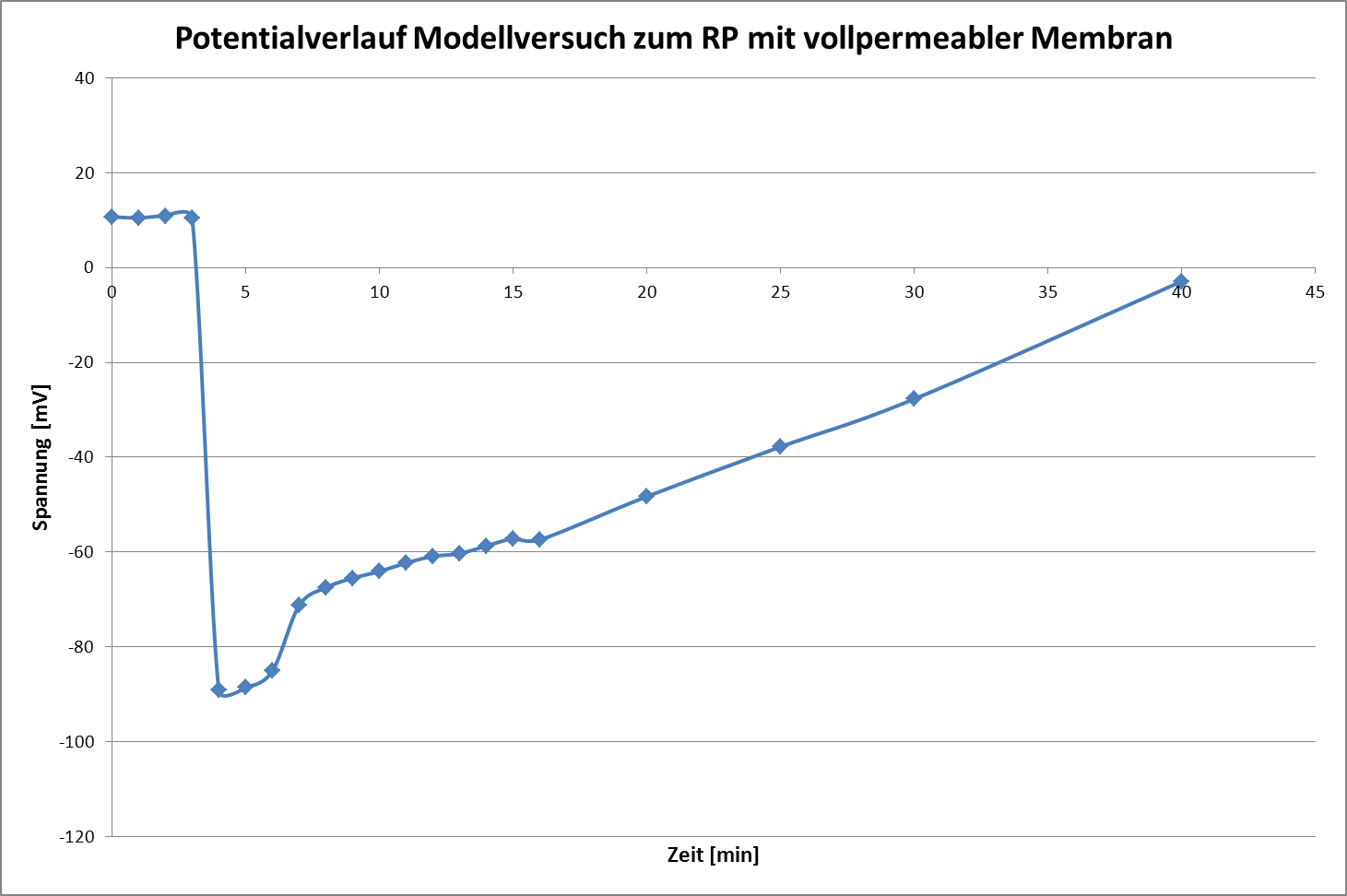
Tragen Sie in beide Ergebnisdiagramme folgende Durchführungsschritte ein:

* In beiden Kammern der Versuchsapparatur befindet sich demin. Wasser.
* Zugabe der konzentrierten Salzlösung in die Intrazellularkammer mit Messelektrode



Zustand mit demin. Wasser in beiden Kammern

Zeitpunkt der Zugabe der Salzlösung

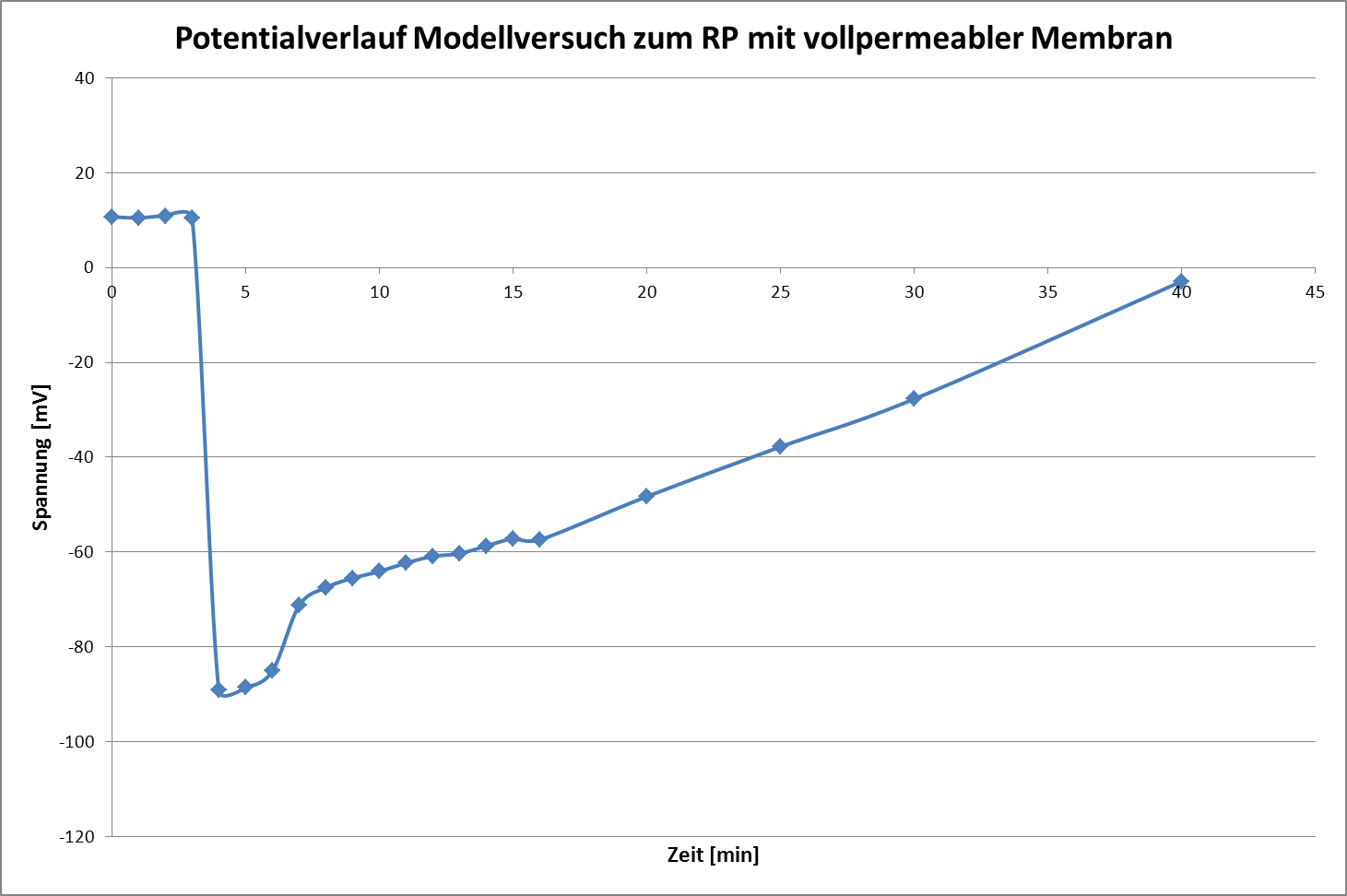
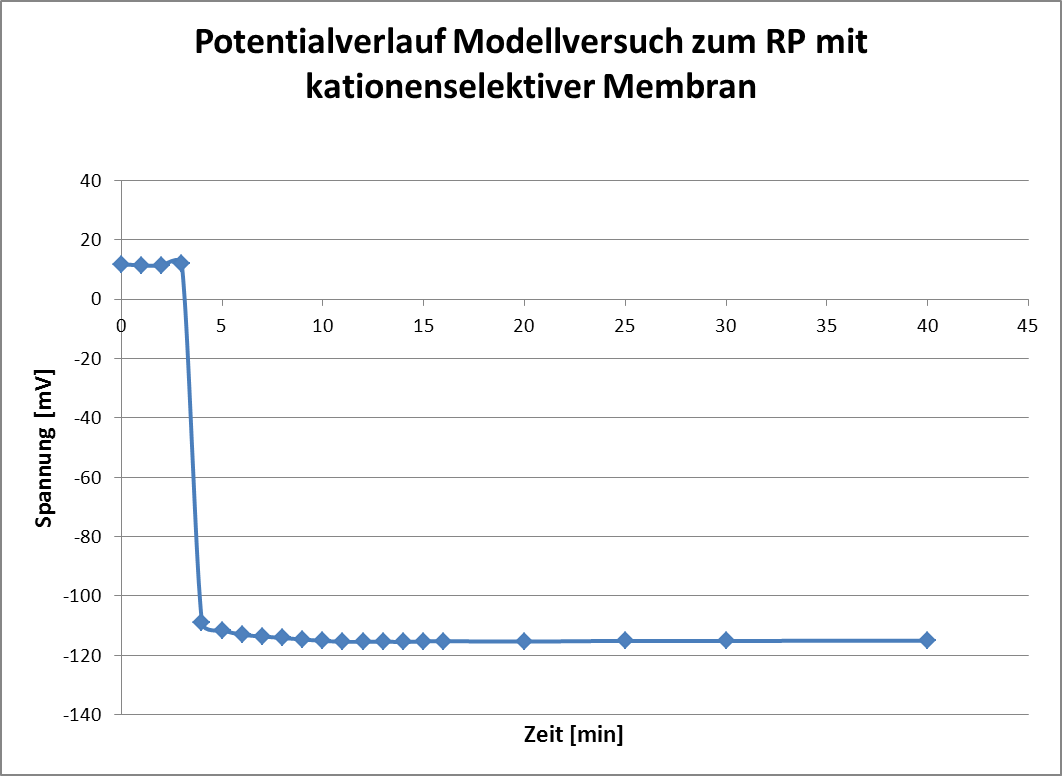


Zustand mit demin. Wasser in beiden Kammern

Zeitpunkt der Zugabe der Salzlösung

**AA2: Parallelisierung der Ionenbewegungen und der Ionenkonzentrationsverhältnisse beiderseits der Membran mit den Messergebnissen der Spannungsverläufe mit der Zeit**

* Teilen Sie Ihre Ergebnisdiagramme in deutlich voneinander abzugrenzende Phasen ein.
* Stellen Sie zunächst die Versuchssituationen an der vollpermeablen und an der kationenselektiven Membran dar, indem Sie mit Hilfe der Tischvorlagen und der Ionen-Modelle für jede Phase die Ionenkonzentrationsverhältnisse und Wanderungsbewegung der Ionen nachstellen.
* Übernehmen Sie nun für jede Versuchssituation die auf der Tischvorlage nachgestellte Phase in eine kleine Tischvorlage (diese müssen Sie zunächst aus dem Vorlageblatt ausschneiden) und zeichnen dort die Ionenkonzentrationsverhältnisse und Wanderungsbewegung der Ionen ein. Kleben Sie die Skizzen an den entsprechenden Stellen in Ihre Ergebnisdiagramme ein.
* Formulieren Sie für jede Phase einen erklärenden Text.



Tischvorlage kationenselektive Membran passend für Format DIN A3

Kation

Anion

Lösungen: Phasen 1 - 4 für die kationenselektive Membran

1 2

3 4

Erklärende Texte zu den Phasen 1 – 4 für die kationenpermeable Membran:

Phase 1: Beide Kammern enthalten demin. Wasser, sodass in beiden Kammern die gleiche Konzentration der Teilchen vorliegt.

Phase 2: Zugabe der konzentrierten Salzlösung in eine der beiden Kammern, sodass hier eine höhere Konzentration der Kationen und Anionen vorliegt. Die Gesamtladung bleibt jedoch ausgeglichen.

Phase 3: Ausgleichsversuch der verschiedenen Ionenkonzentrationen in den beiden Kammern durch Diffusion der Ionen durch die kationenpermeable Membran in die zweite Kammer. Es können ausschließlich die Kationen durch die Membran wandern. Die freie Diffusion wird jedoch durch die zurückgehaltenen Anionen in der ersten Kammer und die bereits vorhandenen Kationen in der zweiten Kammer zunehmend erschwert (elektrostatische Kräfte). Es entsteht eine Ladungs- und damit eine Potenzialdifferenz zwischen den beiden Kammern.

Phase 4: Da ausschließlich die Kationen wandern können, liegt für die Anionen ein dauerhaftes Konzentrationsungleichgewicht vor. In der Gesamtbetrachtung entsteht eine bleibende Potenzialdifferenz zwischen den beiden Kammern.

Tischvorlage vollpermeable Membran passend für Format DIN A3

Kation

Anion

Lösungen: Phasen 1 - 5 für die vollpermeable Membran

1 2

3 4

5

Erklärende Texte zu den Phasen 1 – 5 für die vollpermeable Membran:

Phase 1: Beide Kammern enthalten demin. Wasser, so dass in beiden Kammern die gleiche Konzentration an Teilchen vorliegt.

Phase 2: Zugabe der konzentrierten Salzlösung in eine der beiden Kammern, so dass hier eine höhere Konzentration an Kationen und Anionen vorliegt. Die Gesamtladung bleibt jedoch ausgeglichen.

Phase 3: Ausgleichsversuch der verschiedenen Ionenkonzentrationen in den beiden Kammern durch Diffusion der Ionen durch die vollpermeable Membran in die zweite Kammer. Die Kationen besitzen durch ihre geringere Größe eine höhere Wanderungsgeschwindigkeit durch die Membran.

Phase 4: Mit dem zwischenzeitlichen Kationen-Konzentrationsausgleich entsteht eine maximale Potenzialdifferenz.

Phase 5: Die Diffusion der Kationen wird jedoch durch die langsameren Anionen in der ersten Kammer und die bereits vorhandenen Kationen in der zweiten Kammer zunehmend erschwert (elektrostatische Kräfte). Mit der Zeit entsteht durch die nachfolgende Wanderung der langsameren Anionen ein tatsächlicher Konzentrations- und Ladungsausgleich zwischen beiden Kammern, die Potenzialdifferenz bricht zusammen.

Hinweise für die Lehrkraft zu den verwendeten Modellskizzen:

Zu beachten ist, dass das Modell zur Darstellung der Ionenwanderung und zur Einstellung der Gleichgewichtssituationen didaktisch sehr stark vereinfacht und nicht dazu geeignet ist, eine Ionenverteilung exakt passend zu einer gemessenen Spannung an der Membran abzubilden, da die verwendeten Symbole nicht mit einer Konzentrationsangabe gleichzusetzen sind.

Die dargestellten Gleichgewichtszustände, sind im Rahmen des Modells ebenfalls nicht als dynamische Zustände darstellbar, da die Bilder immer nur eine statische Momentaufnahme in einem dynamischen Geschehen abbilden.

Das Modell sollte daher in Bezug auf die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit und die Unterschiede zur realen Situation mit den Schülerinnen und Schülern diskutiert werden, um zu verhindern, dass sie sich das Misskonzept aneignen, dass die Teilchenbewegungen nach der Einstellung eines Gleichgewichtes endet.

Zur Ergänzung können mit Hilfe von Computersimulationen, z. B. mit dem Nernst-Goldmann equitation simulator der University of Arizona (http://www.nernstgoldman.physiology.arizona.edu/), die tatsächlichen Prozesse bei der Einstellung des Membranpotenzials etwas besser dargestellt werden.