**Die Entwicklung eines Modellversuches zum elektrischen Verhalten von Nervenzellen in Ruhe**

**Beobachtung:**

Bei Versuchen mit Riesenaxonen von Tintenfischen konnte festgestellt werden, dass zwischen dem Intrazellularraum ruhender NZ und dem Extrazellularraum eine Spannung von ca. -70 mV messbar ist.

**Fragestellung/Problem:**

Wie kommt die elektrische Spannung (das elektrische Potenzial) zwischen Intra- und Extrazellularraum zustande, und welche Grundbedingung benötigt die Zelle dafür?

**Hypothesen:**

**Notwendige Bedingung für das Zustandekommen des Ruhepotenzials:**

**Arbeitsauftrag 1:**

* Konstruieren Sie einen Modellversuch, mit dessen Hilfe Sie die oben aufgestellten Hypothesen überprüfen können bzw. mit dessen Hilfe Sie Hinweise zur Lösung der Problemstellung erlangen können.
* Verfassen Sie zu Ihrem Versuch ein Kurzprotokoll. Dieses muss folgende Punkte enthalten:
* Ausgangsfragestellung
* Ihre zu testende(n) Hypothese(n) mit kurzer Erklärung, wie nach ihrer Meinung das Membranpotenzial zustande kommen könnte.
* Skizze des Versuchsaufbaues. Beschriften Sie die Skizze und erläutern Sie für jeden Bestandteil des Aufbaues, welchem Bestandteil des Realversuches mit den Riesenaxonen er entspricht.
* Kurze Beschreibung der Versuchsdurchführung
* Darstellung des Versuchsergebnisses in geeigneter Form
* Vergleich des Ergebnisses mit der Hypothese
* Vorstellung von Versuch und Ergebnis im Plenum

**Geräte**:

Überlegen Sie, welche der zur Verfügung stehenden Geräte Sie benötigen. Zur Verfügung steht Ihnen zudem eine kationenselektive Membran (z. B. Einmachfolie) und eine voll permeable Membran (Verbandgaze)

**Chemikalien:**

* dest. Wasser
* konzentrierte Natriumchloridlösung (bzw. je nach Hypothese weitere Salzlösungen gleicher Konzentration)

Wichtig: Es handelt sich hier lediglich um einen Modellversuch. Im Anschluss werden wir die Ergebnisse auf die realen Verhältnisse an der Membran übertragen.

**Arbeitsauftrag 2:**

Stellen Sie zunächst sicher, dass Sie sich im Klaren darüber sind, welche Elemente Ihres Modellversuchs den Bauteilen und Situationen des Realexperiments am Tinten-fischriesenaxon entsprechen und ergänzen hierfür die Tabelle.

**Tabellarischer Vergleich: Modell – Realität**

|  |  |
| --- | --- |
| **Realexperiment** | **Modellexperiment** |
| **Intrazellularraum (im Axon)** |  |
| **Extrazellularraum (außerhalb des Axons)** |  |
| **Situation 1: Beide Elektroden befinden sich in der gleichen Umgebung.** | |
| **Messelektrode und Bezugselektrode im Extrazellularraum** |  |
| **Situation 2: Messelektrode wird in eine andere Umgebung überführt** | |
| **Einstechen der Messelektrode in das Axon 🡪 Bezugselektrode im Extrazellularraum, Messelektrode im Intrazellularraum** |  |
| **selektiv permeable Biomembran um die Nervenzelle** |  |

**Arbeitsauftrag 3:**

* Führen Sie Ihren Versuch durch und verfassen Sie das Protokoll.
* Beurteilen Sie anhand Ihrer Versuchsergebnisse, ob Ihre Hypothese zutrifft.
* Leiten Sie aus Ihren Versuchsergebnissen ab, inwiefern die zu Beginn formulierte Bedingung für die Einstellung des Ruhepotenzials notwendig ist.

*Lehrerversion/Lösungsvorschlag*

**Die Entwicklung eines Modellversuches zum elektrischen Verhalten von Nervenzellen in Ruhe**

**Beobachtung:**

Bei Versuchen mit Riesenaxonen von Tintenfischen konnte festgestellt werden, dass zwischen dem Intrazellularraum ruhender NZ und dem Extrazellularraum eine Spannung von ca. -70 mV messbar ist.

**Fragestellung/Problem:**

Wie kommt die elektrische Spannung (das elektrische Potenzial) zwischen Intra- und Extrazellularraum zustande und welche Grundbedingung benötigt die Zelle dafür?

**Hypothesen:**

z. B.:

* *Extrazellulär und intrazellulär liegen unterschiedliche Ionenkonzentrationen vor.*
* *Extra- und intrazellulär liegen unterschiedliche Ionensorten vor.*
* *Intra- und extrazellulär liegen unterschiedliche Ladungen vor.*

**Notwendige Bedingung für das Zustandekommen des Ruhepotenzials:**

* *Zwischen Extra- und Intrazellularraum ist eine selektiv permeable Membran.*
* *In der Membran sind Ionenkanäle.*

**Arbeitsauftrag 1:**

* Konstruieren Sie einen Modellversuch, mit dessen Hilfe Sie die oben aufgestellten Hypothesen überprüfen können bzw. mit dessen Hilfe Sie Hinweise zur Lösung der Problemstellung erlangen können.
* Verfassen Sie zu Ihrem Versuch ein Kurzprotokoll. Dieses muss folgende Punkte enthalten:
* Ausgangsfragestellung
* Ihre zu testende(n) Hypothese(n) mit kurzer Erklärung, wie nach ihrer Meinung das Membranpotenzial zustande kommen könnte.
* Skizze des Versuchsaufbaues. Beschriften Sie die Skizze und erläutern Sie für jeden Bestandteil des Aufbaues, welchem Bestandteil des Realversuches mit den Riesenneuronen er entspricht.
* Kurze Beschreibung der Versuchsdurchführung
* Darstellung des Versuchsergebnisses in geeigneter Form
* Vergleich des Ergebnisses mit der Hypothese
* Vorstellung von Versuch und Ergebnis im Plenum

**Mögliche Geräte**:

* kationenselektive Membran (z. B. Einmachfolie)
* eine voll permeable Membran (Verbandgaze)
* Gönnerkammer mit großer Kristallisationsschale (falls Kammer undicht)
* U-Rohr mit Diaphragma
* Großes Becherglas
* Schmales Reaktionsrohr oben und unten offen mit seitlichem Auslauf
* Parafilm oder Gummiringe
* Silberelektroden (oder Kupfer)
* Kabel
* Spannungsmessgeräte evtl. mit Verbindung zum Computerdatenerfassungsprogramm
* Stativmaterial
* Es können auch Geräte angeboten werden, die nicht benötigt werden.

**Chemikalien:**

* dest. Wasser
* konzentrierte Natriumchloridlösung (bzw. je nach Hypothese weitere Salzlösungen gleicher Konzentration)

🡪 Diese können auch von den Schülerinnen und Schülern als Übung „Ansetzen von Lösungen einer bestimmten Konzentration“ angesetzt werden, z. B. NaCl 3,5 M.

Wichtig: Es handelt sich hier lediglich um einen Modellversuch. Im Folgenden werden wir die Ergebnisse auf die realen Verhältnisse an der Membran übertragen.

**Arbeitsauftrag 2:**

Stellen Sie zunächst sicher, dass Sie sich im Klaren darüber sind, welche Elemente Ihres Modellversuchs den Bauteilen und Situationen des Realexperiments am Tintenfischriesenaxon entsprechen und ergänzen hierfür die Tabelle.

**Tabellarischer Vergleich: Modell – Realität**

|  |  |
| --- | --- |
| **Realexperiment** | **Modellexperiment** |
| **Intrazellularraum (im Axon)** | *Glasrohr mit befestigter Membran mit demin. Wasser gefüllt oder die eine Seite der Gönnerkammer* |
| **Extrazellularraum (außerhalb des Axons)** | *demin. Wasser im Becherglas bzw. die andere Seite der Gönnerkammer* |
| **Situation 1: Beide Elektroden befinden sich in der gleichen Umgebung.** | |
| **Messelektrode und Bezugselektrode im Extrazellularraum** | *Messelektrode im Glasrohr (eine Seite der Gönnerkammer; Bezugselektrode im Becherglas (andere Seite der Gönnerkammer), in beiden Räumen demin. Wasser und damit in derselben Umgebung* |
| **Situation 2: Messelektrode wird in eine andere Umgebung überführt.** | |
| **Einstechen der Messelektrode in das Axon 🡪 Bezugselektrode im Extrazellularraum, Messelektrode im Intrazellularraum** | *Zugabe konzentrierter Kochsalzlösung in das Glasrohr (in die Seite der Gönnerkammer) mit der Messelektrode* |
| **selektiv permeable Biomembran um die Nervenzelle** | *Versuch mit kationenselektiv permeabler Membran* |

**Arbeitsauftrag 3:**

* Führen Sie Ihren Versuch durch und verfassen Sie das Protokoll.
* Beurteilen Sie anhand Ihrer Versuchsergebnisse, ob Ihre Hypothese zutrifft.
* Leiten Sie aus Ihren Versuchsergebnissen ab, inwiefern die zu Beginn formulierte Bedingung für die Einstellung des Ruhepotenzials notwendig ist.

**Abgestufte Hilfen:**

**Hilfe 1:**

Verwenden Sie folgende Geräte:

* kationenselektive Membran (z. B. Einmachfolie) oder eine voll permeable Membran (Verbandgaze)
* Gönnerkammer mit großer Kristallisationsschale (falls Kammer undicht) oder

U-Rohr mit Diaphragma oder

Großes Becherglas mit schmalem Glasrohr oben und unten offen und Parafilm/Gummiringe

* 2 Silberelektroden (oder Kupfer)
* 2 Kabel
* Spannungsmessgerät evtl. mit Verbindung zum Computerdatenerfassungsprogramm
* Stativmaterial bei Bedarf

**Hilfe 2:**

So könnte ein Versuchsaufbau aussehen:

Mit Parafilm fixierte Membran

(kationenselektive oder voll permeable Membran)

Glasrohr, nach beiden Seiten offen mit demin. Wasser gefüllt

Messelektrode

Bezugselektrode

hohes schlankes Becherglas mit demineralisiertem Wasser

Spannungsmessgerät (mV), digitale Messwerterfassung

Bild selbst erstellt

Oder so: Versuchsaufbau mit der Gönner-Kammer

Siehe <https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bio/gym/bp2004/fb7/3_neuro/3_ruhe/3_demo/>

**Hilfe 3:**

So können Sie Ihren Versuch durchführen:

**Es werden folgende Versuche durchgeführt, um die notwendige Bedingung für die Einstellung des Ruhepotenzials zu überprüfen:**

1. **Zwei Versuchskammern werden durch eine vollpermeable Membran (Verbandsgaze) getrennt.** Zu Versuchsbeginn in jeder Kammer demin. Wasser, Messung der Spannung zwischen den Kammern. Durch Zugabe gesättigter NaCl-Lösung in die Kammer mit der Messelektrode starten Sie die Einstellung des Ruhepotenzials. Laufende Spannungsmessung durchführen.
2. **Zwei Versuchskammern durch eine kationenselektive Membran (Einmachhaut) getrennt.** Versuchsdurchführung wie bei 1.

**Bogen zur manuellen Messwerterfassung (wird nicht empfohlen, da die Spannungsänderung nach Zugabe der Kochsalzänderung sehr schnell geht):**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Versuch 1 (voll permeable Membran)** | |  | **Versuch 2 (kationenselektive Membran)** | |
| Zeit [Minuten] | Spannung [mV] |  | Zeit [Minuten] | Spannung [mV] |
| 0 |  |  | 0 |  |
| direkt nach Zugabe (NaCl) |  |  | direkt nach Zugabe (NaCl) |  |
| 0,5 |  |  | 0,5 |  |
| 1 |  |  | 1 |  |
| 2 |  |  | 2 |  |
| 3 |  |  | 3 |  |
| 4 |  |  | 4 |  |
| 5 |  |  | 5 |  |
| 6 |  |  | 6 |  |
| 7 |  |  | 7 |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |