

# Ionenkanäle – Schleusen für geladene Teilchen

## **1. Thematischer Hintergrund**

Sie sorgen für die elektrische Aktivität von Nervenzellen, übersetzen physikalische und chemische Sinnesreize in neuronale Signale oder ermöglichen die Kommunikation von Blut- oder Leberzellen – Ionenkanäle spielen bei der Informationsverarbeitung im Organismus eine entscheidende Rolle.

Bis zu eine Million dieser porenbildenden Proteine sind in die Membran jeder einzelnen Zelle eingelagert. Zell- und Neurobiologen kennen heute mehr als 50 verschiedene Kanaltypen, die als Schleusen für geladene Teilchen wie Kalium-, Natrium- oder Chlorid-Ionen dienen.

Mithilfe moderner Untersuchungsmethoden wie der Röntgenstruktur-Analyse haben die Forscher in den letzten Jahren mehr über Aufbau und Funktionsweise dieser Membranporen erfahren. Sie halten damit einen Schlüssel in der Hand, um zahlreiche Lebensprozesse auf zellulärer Ebene besser zu verstehen.

Denn Ionenkanäle besitzen nicht nur eine große Bedeutung für das Nachrichtenwesen im Organismus. Das Wissen darüber, wie die winzigen „Durchgangstore“ arbeiten, hilft beispielsweise auch dabei, medizinische Fragen der Krebsentstehung oder der körpereigenen Antwort auf Herz- und Schlaganfälle zu enträtseln.

Eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem Thema „Ionenkanäle“ im Unterricht kann den Schülern nicht nur spannende Einblicke in die moderne neurophysiologische Forschung vermitteln, sie ermöglicht ihnen auch ein tieferes Verständnis von fundamentalen Funktionsprinzipien des eigenen Körpers.

## **2. Thema der Stunde**

Ionenkanäle – Schleusen für geladene Teilchen

## **3. Lernziele**

Die Schüler sollen...

- am Beispiel eines Kaliumkanals die Struktur und Funktionsweise von Ionenkanälen erarbeiten und beschreiben,
- die Röntgenstruktur-Untersuchungen als Methode zur Erforschung von Proteinstrukturen allgemein und Kanalproteinen im Besonderen kennen lernen,
- den Zusammenhang zwischen („deplazierten“) Kaliumkanälen und der Krebsdiagnose bzw. -therapie erkennen und diskutieren,
- ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten im Bereich der Partner- oder Gruppenarbeit verbessern.

## **4. Didaktisch-methodische Entscheidungen zur Unterrichtsstunde**

Die vorgelegte Schulstunde ist Teil einer längeren Unterrichtsreihe im Fach Biologie unter dem Titel „Reiz – Erregung – Reaktion: Informationsverarbeitung und -weiterleitung im Organismus“.

Vor der Durchführung des geplanten Unterrichts müssen bereits grundlegende Inhalte der Neurophysiologie wie der Bau eines Neurons, das Ruhe- und Aktionspotenzial sowie die Ionen-Theorie im Kurs erarbeitet worden sein. Die

## Ionenkanäle – Schleusen für geladene Teilchen

Schüler sollten zudem mit dem Aufbau von Membranen und dem Alles-oder-Nichts-Gesetz vertraut sein und Begriffe wie Membranpermeabilität und Reizschwelle kennen gelernt haben.

Im Anschluss an das Thema „Ionenkanäle – Schleusen für geladene Teilchen“ geht der Unterricht dann mit Aspekten der Neurobiologie wie der saltatorischen Erregungsleitung, der Erregungsübertragung an Synapsen oder Nervengiften weiter.

Der Bau und die Funktionsweise des menschlichen Gehirns und dazu passende Themen wie Wahrnehmung, Gedächtnis und Lernen können dann schließlich die Unterrichtsreihe abrunden.

### **Einstieg: Wissenssicherung und -transfer**

Der gewählte Einstieg in den Unterricht erfüllt zwei Aufgaben: Zum einen müssen sich die Schüler anhand der projizierten Abbildung einer Zellmembran die wesentlichen Ergebnisse der letzten Stunde zur Erregungsweiterleitung an Nervenzellen (Aktionspotenzial) ins Gedächtnis zurückrufen (Wissenssicherung).

Auf der Basis dieser Informationen stellen sie dann in einem nächsten Schritt möglichst selbständig einen Zusammenhang zwischen Membranporen/Ionenkanälen und den Vorgängen bei der Erregungsleitung im Axon her. Da dieser Transfer recht anspruchsvoll ist, sollte der Lehrer noch einige verbale oder nonverbale Impulse parat haben, wenn die Schüler die Leistung nicht ohne Hilfe erbringen können.

Ziel dieser Phase ist es, Ionenkanäle als entscheidende Grundlage bei der Depolarisierung und Repolarisierung der Zellmembran zu identifizieren und im Unterrichtsgespräch die Frage nach dem Aufbau und der Funktion dieser Kanalporen aufzuwerfen.

### **Erarbeitung: Blick hinter die Kulissen der Forschung**

Um die Schüler für das normalerweise eher „trockene“ und sehr abstrakte Thema Ionenkanäle zu motivieren, erlauben die Arbeitsblätter einen ausführlichen Blick in den modernen Forscheralltag.

Mithilfe von spannenden, eher nach Art eines Erlebnisberichts formulierten Texten und anschaulichen Grafiken lernen die Schüler zunächst die wichtigsten Arbeitsschritte der Wissenschaftler bei der Enträtselung der Struktur der Ionenkanäle kennen und vollziehen dabei den Weg der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung nach. Die Schüler werden aber auch mit modernen biochemischen Arbeitsmethoden wie der Röntgen-Kristallstrukturanalyse vertraut gemacht.

Anhand des zweiten Arbeitsblattes sollen die Schüler erkennen, dass Ionenkanäle nicht nur für die Nachrichtenübermittlung im Körper eine wichtige Rolle spielen, sondern beispielsweise auch im Zusammenhang stehen können mit Entstehung und Behandlung von Tumoren.

Die Reflektion und Diskussion über die Forschungsprojekte in den Kleingruppen oder im Kursplenum trägt so dazu bei, die Methodenkompetenz der Schüler zu verbessern und einen Beitrag zur wissenschaftspropädeutischen Ausbildung zu leisten.

### **Hausaufgabe: Geschichte der Neurophysiologie**

Nach der Diskussion der aktuellen Forschungsergebnisse während der Erarbeitungsphasen, geht es innerhalb der Hausaufgabe dann um die Geschichte der Neurophysiologie.

Die Informationen über die Meilensteine bei der Erforschung des Nervensystems oder der Erregungsleitung müssen sich die Schüler mithilfe von eigenen Lexika, der

## Ionenkanäle – Schleusen für geladene Teilchen

Bibliothek oder dem Internet selbständig erarbeiten. Neben dem Wissenszugewinn steht dabei die Verbesserung der Medienkompetenz im Mittelpunkt des Lernprozesses.

### **5. Anbindung an die Richtlinien/Zielgruppe**

Die geplante Unterrichtsstunde ist für den Einsatz in der gymnasialen Oberstufe konzipiert.

Zeitbedarf: 90 Minuten

Der Unterrichtsstoff kann – wenn im Stundenplan nur 45-Minuten-Einheiten vorgesehen sind – auch auf zwei oder mehr Einzelstunden verteilt werden. So ist ein aus lernpsychologischer Sicht sinnvolles Ende des Unterrichts beispielsweise nach der ersten Erarbeitungsphase und dem anschließenden Zusammentragen der Ergebnisse möglich.

Nach der Besprechung der Hausaufgabe (bleibt wie geplant), könnte es in der nächsten Unterrichtsstunde dann mit der zweiten Problemfindungsphase und dem Arbeitsblatt 2 weitergehen.

#### **Lehrplankonformität:**

Laut den Richtlinien für das Fach Biologie in der gymnasialen Oberstufe gibt es verschiedene Einsatzmöglichkeiten für die geplante Unterrichtsstunde „Ionenkanäle – Schleusen für geladene Teilchen“ in der Schule:

#### Beispiel Nordrhein-Westfalen:

„Steuerungs- und Regulationsmechanismen im Organismus“ – so lautet eines der Schwerpunktthemen für die Jahrgangsstufe 12/13 im Lehrplan NRW. Als (Wahl-) Beispiel für den Unterricht genannt ist die „Neuronale Informationsverarbeitung, Sinne und Wahrnehmung“.

Wie in der geplanten Stunde vorgesehen, soll es dabei unter anderem um Inhalte wie die Erregungsentstehung und -leitung gehen.

#### Beispiel Hessen:

Die hessischen Richtlinien für das Gymnasium geben für die Jahrgangsstufe 13.1 in Grund- und Leistungskurs „Verhaltensbiologie“ als Thema vor. Entscheidenden Anteil am Unterricht haben darin aber auch so genannte physiologische Grundlagen vor allem aus der Neurophysiologie.

Die vorgelegte Einheit/Reihe „Ionenkanäle – Schleusen für geladene Teilchen“ lässt sich in den verbindlichen Unterrichtsinhalt „Signalübertragung und Verrechnung“ einbinden, wo unter anderem wissenschaftliche Grundlagen von Phänomenen wie Ruhe- und Aktionspotenzial im Vordergrund der schulischen Arbeit stehen sollen. Der Unterricht kann dabei eine wichtige Forderung der Richtlinien erfüllen und „einen wesentlichen Beitrag zum Selbstverständnis des Menschen“ leisten.

#### Beispiel Sachsen:

Die sächsischen Richtlinien sehen im Lernbereich 2 der Jahrgangsstufe 12 in Grund- und Leistungskurs „Informationsverarbeitung und Verhaltensbiologie“ als Thema vor. Erregung, Ruhe- und Aktionspotenzial zählen dabei zu den ausdrücklich genannten Aspekten der schulischen Auseinandersetzung.

Die vorgelegte Stunde/Reihe ist gut dazu geeignet, das Wissen der Schüler „über Struktur und Funktion des Nervensystems“ zu erweitern und darüber hinaus „elementare Mechanismen der Informationsverarbeitung“ kennen zu lernen.

## Ionenkanäle – Schleusen für geladene Teilchen

### Beispiel Bayern:

Im bayerischen Lehrplan stehen in der Jahrgangsstufe 13 sowohl im Grund- als auch im Leistungskurs unter anderem „anatomische und physiologische Grundlagen des Verhaltens“ im Mittelpunkt des Unterrichts. Dabei sollen ausgewählte elektrochemische Vorgänge (Entstehung und Weiterleitung des Aktionspotenzials, Diffusionsvorgänge in Abhängigkeit von der selektiven Membranpermeabilität, den Konzentrationsgefällen und dem elektrischen Potenzialgefälle) in und an Nervenzellen beispielsweise an „Experimentalbefunden“ deutlich gemacht werden.

Der geplante Unterricht könnte entscheidend dazu beitragen, grundlegende neurophysiologische Vorgänge zu analysieren und „auf der zellulären bzw. molekularen Ebene mit Hilfe einfacher Modellvorstellungen“ zu beschreiben.

### **6. Vorschläge für einen fächerübergreifenden Unterricht**

*„Elektrischer Strom – Lebensgefährlicher Ladungsausgleich und unsichtbarer Diener“*

Unter diesem Leitgedanken könnte ein fächerübergreifender Unterricht stehen, in dem die vorgelegte Unterrichtsstunde gut einsetzbar ist.

Neben Themen wie Informationsverarbeitung und –weiterleitung oder Gehirnforschung könnte der **Biologieunterricht** auch die Schäden, die elektrischer Strom im Körper anrichten kann (beispielsweise nach Blitzschlag) untersuchen.

Im Fachunterricht **Physik** und **Chemie** geht es dagegen um die wichtigsten Grundlagen zum Thema elektrischer Strom. „Was ist elektrischer Strom?“, „Wie misst man Spannungen?“ oder „Welche Wirkungen kann elektrischer Strom haben?“, sind Fragen, die dabei im Mittelpunkt der schulischen Auseinandersetzung stehen müssten.

Hier oder im Technikunterricht bietet es sich aber auch an, verschiedene Verfahren zur Stromerzeugung (Beispiele: Kohleverstromung, Funktionsprinzip eines Wasserkraftwerks oder ähnliches), das Thema Energiesparen oder moderne Forschungsmethoden (Ionenstrahl in einem Teilchenbeschleuniger) zu erarbeiten und zu diskutieren.

Der **Geschichtsunterricht** dagegen könnte einen historischen Überblick über die Erforschung und Nutzung des elektrischen Stroms geben. Dabei sollten wichtige Wissenschaftlerpersönlichkeiten wie Thomas Alva Edison, der „Erfinder“ der elektrischen Glühlampe, oder Georg Simon Ohm (Ohmsche Gesetze) ausführlich vorgestellt werden.

Das Fach **Erdkunde** beschäftigt sich mit elektrischen Phänomenen in der Atmosphäre (Beispiel: Entstehung und Verlauf von Gewittern) und untersucht die Folgen, die sich daraus für Mensch und Natur ergeben (Waldbrände durch Blitzschlag etc.).