

2020

# Abitur

Original-Prüfungen  
mit Lösungen

**MEHR  
ERFAHREN**

Gymnasium ... berg

**Biologie**

ActiveBook  
• Interaktives  
Training



**STARK**

# Inhalt

Vorwort	
Stichwortverzeichnis	
Thematisches Verzeichnis	

## Hinweise und Tipps für die Abiturprüfung im Fach Biologie

---

1	Inhaltliche Grundlagen der Abiturprüfung .....	I
2	Hinweise zur schriftlichen Prüfung .....	II
2.1	Ablauf der schriftlichen Prüfung .....	II
2.2	Prüfungsthemen .....	III
2.3	Kompetenzen .....	III
2.4	Fragetechnik/Operatoren .....	III
3	Tipps zum Ablauf der schriftlichen Prüfung .....	VI
3.1	Auswahlzeit .....	VI
3.2	Bearbeitung der gewählten Aufgaben .....	VII
4	Die mündliche Prüfung .....	VIII
4.1	Die Präsentationsprüfung .....	VIII
4.2	Zusätzliche mündliche Prüfung .....	VIII
5	Hinweise zur Benutzung dieses Buches .....	IX

## Abiturprüfung 2011

---

Aufgabe I	Zytologie, Enzym- und Genaktivität, Proteinsynthese .....	2011-1
Aufgabe II	Zytologie, Erregungsübertragung, Membrantransport, Immunreaktion .....	2011-6
Aufgabe III	Evolution, Enzyme, Genregulation .....	2011-12
Aufgabe IV	Biomembran, Immunreaktion, Molekulargenetik, Gentechnik .....	2011-17

## Abiturprüfung 2012

---

Aufgabe I	Stoffwechsel, Enzymatik, Plasmidtechnik .....	2012-1
Aufgabe II	Neurophysiologie, Immunbiologie .....	2012-7
Aufgabe III	Zytologie, Molekulargenetik, Evolution .....	2012-13
Aufgabe IV	Molekulargenetik .....	2012-19

## Abiturprüfung 2013

---

Aufgabe I	Zytologie, Enzyme, ELISA, Immunbiologie .....	2013-1
Aufgabe II	Zytologie, Evolution, Molekulargenetik .....	2013-7
Aufgabe III	Neurophysiologie, Zytologie .....	2013-13
Aufgabe IV	Biomembran, Genregulation, Molekulargenetik .....	2013-17

## **Abiturprüfung 2014**

---

Aufgabe I	Nervenphysiologie, Immunbiologie, Evolution, Molekulargenetik ...	2014-1
Aufgabe II	Genregulation, Enzymatik, Membrantransport .....	2014-7
Aufgabe III	Molekulargenetik, Genregulation, Gentechnik .....	2014-13
Aufgabe IV	Zytologie, Enzymatik, Molekulargenetik .....	2014-18

## **Abiturprüfung 2015**

---

Aufgabe I	Evolution, Signaltransduktion, Nervenphysiologie .....	2015-1
Aufgabe II	HIV-Verbreitung, Genmutation, Gelelektrophorese .....	2015-6
Aufgabe III	Biomembran, Proteinaufbau, Artbildung .....	2015-11
Aufgabe IV	Enzyme, Genmutation, ELISA .....	2015-17

## **Abiturprüfung 2016**

---

Aufgabe I	Neurophysiologie, Genmutation .....	2016-1
Aufgabe II	Signaltransduktion, Gentechnik .....	2016-7
Aufgabe III	Neurophysiologie, Immunbiologie, Virenvermehrung, HIV .....	2016-12
Aufgabe IV	Neurophysiologie, Resistenz, Artbildung .....	2016-17

## **Abiturprüfung 2017**

---

Aufgabe I	Zytologie, Translation, Neurophysiologie .....	2017-1
Aufgabe II	Signaltransduktion, genetischer Code, Immunbiologie, Evolution ....	2017-6
Aufgabe III	Proteinstruktur, Enzymatik, Gentransfer .....	2017-12
Aufgabe IV	Zytologie, Neurophysiologie, Osmose .....	2017-18

## **Abiturprüfung 2018**

---

Aufgabe I	Zytologie, Immunbiologie, Genmutation .....	2018-1
Aufgabe II	Zytologie, ELISA, Immunbiologie, Evolution .....	2018-8
Aufgabe III	Zellatmung, Proteinbiosynthese, Genmutation, Reproduktionsbiologie .....	2018-12
Aufgabe IV	Neurophysiologie, Plasmidtechnik .....	2018-16

## **Abiturprüfung 2019**

---

Aufgabe I	Proteinbiosynthese, Immunbiologie .....	2019-1
Aufgabe II	Enzymatik, Molekulargenetik .....	2019-6
Aufgabe III	Neurophysiologie, Immunbiologie, ELISA .....	2019-12
Aufgabe IV	Neurophysiologie, Genmutation, Evolution .....	2019-18

Jeweils zu Beginn des neuen Schuljahres erscheinen die neuen Ausgaben der Abiturprüfungsaufgaben mit Lösungen.

## **Autoren der Lösungen der Abituraufgaben:**

---

Werner Lingg (2011–2018), Thomas Frischmann/Christian Schillinger (2019)

# Vorwort

Liebe Schülerinnen und Schüler,

das vorliegende Buch bietet Ihnen die Möglichkeit, sich optimal auf die schriftliche Abiturprüfung im Fach Biologie im Gymnasium in Baden-Württemberg vorzubereiten.

Der Abschnitt „**Hinweise und Tipps für die Abiturprüfung im Fach Biologie**“ gibt Ihnen eine Übersicht zu den **Anforderungen** und zum **Ablauf** der schriftlichen Prüfung sowie zur Herangehensweise bei der **Bearbeitung** der Prüfungsaufgaben.

Der Hauptteil dieses Buches enthält die **Original-Prüfungsaufgaben** aus den Jahren **2011 bis 2019**. Zu allen Abituraufgaben bieten wir Ihnen **ausführliche, kommentierte Lösungsvorschläge**, z. T. **mit Tipps und Hinweisen zur Lösungsstrategie**, die eine effektive Vorbereitung auf die Prüfung ermöglichen.

Lernen Sie gerne am **PC** oder **Tablet**? Nutzen Sie das **ActiveBook**, um mithilfe von interaktiven Aufgaben Ihr biologisches Fachwissen effektiv zu trainieren (vgl. Farbseiten zu Beginn des Buches).

Sollten nach Erscheinen dieses Bandes noch wichtige Änderungen in der Abiturprüfung 2020 vom Kultusministerium bekannt gegeben werden, finden Sie aktuelle Informationen dazu im Internet unter [www.stark-verlag.de/pruefung-aktuell](http://www.stark-verlag.de/pruefung-aktuell).

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei den Prüfungen!

Ihr  
Stark Verlag



#### Bildungsplaneinheit 4: Angewandte Biologie

- Gentechnik: Isolierung, Vervielfältigung und Transfer von Genen, Selektion transgener Zellen
- Experimente zur Molekularbiologie
- Prinzip der Gendiagnostik und der Gentherapie
- Bedeutung der Gentechnik in Forschung, Medizin und Landwirtschaft
- Reproduktionsbiologie: Klonen, in-vitro-Fertilisation, geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung
- Zelldifferenzierung, embryonale und adulte Stammzellen
- Ethische Fragen der angewandten Biologie

Im Bildungsplan (im Internet unter [www.bildungsplaene-bw.de/Lde/4559759](http://www.bildungsplaene-bw.de/Lde/4559759)) werden **grundlegende Prinzipien** zur Analyse und Erklärung biologischer Phänomene aufgezählt, die sich durch alle Bildungsplaneinheiten als „roter Faden“ ziehen. Die wichtigsten sind:

- Das **Struktur-Funktions-Prinzip**: Zusammenhang zwischen dem Bau eines Moleküls, Organells, Organs, Organismus und dessen Funktion (z. B. *Bau des Mitochondriums, Kompartimentierung der Zelle, spezielle Ausstattung einer Drüsenzelle, Bau eines Neurons, ...*)
- Das **Schlüssel-Schloss-Prinzip**: Erzielen einer spezifischen Wirkung bei ganz bestimmten Adressaten (z. B. *Transmitter-Membranrezeptor, Antigen-Antikörper, Codon-Anticodon, Enzym-Substrat, Virus-Membran, ...*)
- Das **Energie-Prinzip**: Jeder Lebensvorgang ist von Energieumwandlungen begleitet. energiebedürftige Vorgänge müssen mit energieliefernden Vorgängen gekoppelt werden (z. B. *Zellatmung liefert ATP als Energieüberträger; ATP als Energiequelle für aktiven Transport, Aufbau und Erhaltung von Membranpotenzialen, Muskelbewegung, Synthese wichtiger Biomoleküle wie Rhodopsin, Acetylcholin, Peptidketten, DNA, ...*).
- Das **Regulationsprinzip**: Alle Lebensvorgänge müssen sich an wechselnde Umweltbedingungen anpassen können. Voraussetzung ist die Fähigkeit zur Regulation (z. B. *Regulation der Empfindlichkeit einer Sinneszelle, Regulation der Enzymaktivität, Regulation der Genaktivität, Regulation der Immunaktivität, negative Rückkopplung, hemmende Synapsen, ...*).
- Das **Kommunikationsprinzip**: Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung von Informationen ermöglicht Kommunikation innerhalb und zwischen den Lebewesen.

Ideal zur Überprüfung des biologischen Fachwissens und zum Aufdecken von Wissenslücken sind die im **ActiveBook** enthaltenen **interaktiven Aufgaben** (vgl. Farbseiten zu Beginn des Buches).

Zur Auffrischung des relevanten Prüfungsstoffs kurz vor der Prüfung eignet sich das „AbiturSkript Biologie“ (Stark Verlag, Best.-Nr. 8570S1) besonders gut.

## 2 Hinweise zur schriftlichen Prüfung

---

### 2.1 Ablauf der schriftlichen Prüfung

Zur Prüfung werden Ihnen vier Aufgaben (I, II, III, IV) vorgelegt. Von diesen müssen Sie **drei** Aufgaben auswählen und bearbeiten. Jede Aufgabe ergibt bei vollständiger Lösung 20 Verrechnungspunkte. Als Hilfsmittel sind Taschenrechner und der Duden zugelassen. Die Bearbeitungszeit beträgt einschließlich Auswahlzeit 270 Minuten.

## 2.2 Prüfungsthemen

Die Aufgaben in der Prüfung können sich auf alle Bildungsplaneinheiten von 11.1 bis 12.2 **ohne** Wahlthemen und ohne Bildungsplaneinheit 5 beziehen. Die Zahl der Themen, die im schriftlichen Abitur geprüft werden, ist dadurch verringert, dass die Wahlthemen (z. B. Hormone) nicht zum Prüfungsstoff gehören. Das bedeutet aber nicht, dass keine Aufgaben z. B. zur Hormonwirkung im Zusammenhang mit Membranrezeptoren oder Stoffwechselsteuerung gestellt werden können. In diesen Fällen muss aber **im Vortext der Aufgabe** die hormonspezifische Information zur Verfügung gestellt werden.

Großer Wert wird neben fachlichem Wissen und der Beherrschung der Fachsprache also auf die Fähigkeit gelegt, allgemeine Prinzipien in einem neuen Problem wiederzuerkennen.

## 2.3 Kompetenzen

Wie bereits erwähnt, soll neben der Beherrschung fachlicher Inhalte auch überprüft werden, ob Sie Strukturen und Inhalte bisher unbekannter biologischer Sachverhalte erfassen können, diese mit dem eigenen Wissen verknüpfen und schließlich zu angemessenen Lösungen kommen können. Die unbekannten Inhalte werden Ihnen als Materialien (z. B. in Form von Einführungstexten, Versuchsbeschreibungen, Diagrammen, Tabellen oder Skizzen) zur Prüfungsaufgabe vorgelegt.

Diese Fähigkeiten, die über die Wiedergabe des reinen, angelernten Wissens hinausgehen, werden als **Qualifikationen** oder **Kompetenzen** bezeichnet. Kompetenzen, die von Ihnen in der Prüfung erwartet werden, sind:

### *Textverständnis:*

Aus einem wissenschaftlichen Text die wesentlichen Informationen entnehmen und sie entweder zusammenfassen oder sie in einem Schema darstellen.

### *Fähigkeit zur Problemlösung:*

- Versuchsdaten auswerten und Versuchsabläufe und -ergebnisse in Diagramme/Grafiken umsetzen
- eigene Experimente planen, um Hypothesen zu überprüfen
- Originaltexte auswerten

### *Beantwortung themenübergreifender Fragestellungen:*

In jedem Aufgabenblock sind mehrere Bildungsplanthemen eingearbeitet (anders als in den meist themenbezogenen Kursklausuren!). Eine Aufgabe beginnt z. B. mit Fragen zur Immunreaktion. Im Zusammenhang mit Antikörpern könnte sowohl in Richtung Proteinsynthese als auch in Richtung Proteinaufbau weiter gefragt werden.

### *Biologische Allgemeinbildung:*

Wissensstandards aus der Mittelstufe, die zur Allgemeinbildung zählen, werden vorausgesetzt.

Beispiele: Entwicklung der Amphibien, Entwicklung der Insekten, Baupläne der Wirbeltiere bzw. Insekten, Grundbegriffe aus der Ökologie, die wichtigsten pflanzlichen Organe, die wichtigsten menschlichen Organe (Verdauungsorgane, Atmungsorgane und Blutkreislauf des Menschen).

## 2.4 Fragetechnik/Operatoren

Häufig sind Schülerinnen und Schüler unsicher, wie ausführlich sie eine Frage beantworten sollen. Der Zeitdruck wird groß, wenn Sie seitenweise Text produzieren, der nicht verlangt war. Es ist deshalb wichtig, dass Sie bereits an der **Fragetechnik** erkennen, ob z. B. eine reine Aufzählung ohne Begründung verlangt wird oder eine ausführlich Be-



**Profil-/Neigungsfach Biologie (Baden-Württemberg): Abituraufgaben 2016**  
**Aufgabe I: Neurophysiologie, Genmutation**

BE

Bei einer örtlichen Betäubung werden Lokalanästhetika ins Gewebe gespritzt. Sie blockieren reversibel die Erregungsleitung entlang von Nervenfasern und ermöglichen so eine schmerzfreie Behandlung. Um wirksam zu werden, muss das Lokalanästhetikum Lidocain an die spannungsgesteuerten Natriumionenkanäle der Axonmembran von Nervenzellen gelangen.

- 1 Erstellen Sie eine beschriftete Skizze eines Zellmembranausschnittes auf der Basis des Fluid-Mosaik-Modells (Größe ca. ½ Seite) und kennzeichnen Sie die Innen- und Außenseite der Membran.

3

Spannungsgesteuerte Natriumionenkanäle nehmen im Verlauf des Aktionspotenzials verschiedene Konformationen an (Abbildung 1).

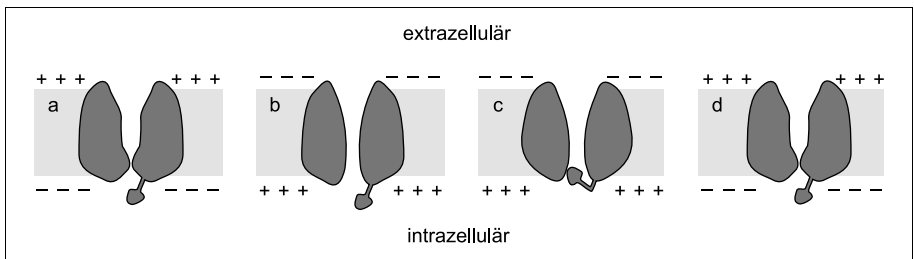


Abb. 1: Veränderung der Ladungsverteilung an der Membran und verschiedene aufeinanderfolgende Konformationen eines spannungsgesteuerten Natriumionenkanals im Verlauf eines Aktionspotenzials (stark vereinfacht)

- 2.1 Zeichnen Sie ein Diagramm, das den Verlauf eines Aktionspotenzials zeigt (Größe ca. ½ Seite), und erläutern Sie die auf molekularer Ebene ablaufenden Vorgänge, die zu diesem Spannungsverlauf führen.
- 2.2 Ordnen Sie die Teilabbildungen a–d aus Abbildung 1 jeweils einem Punkt im Kurvenverlauf des Aktionspotenzials zu und markieren Sie diese Punkte in Ihrer Skizze aus Teilaufgabe 2.1. Beschriften Sie die Punkte entsprechend mit a, b, c, d. Begründen Sie Ihre Zuordnung unter Berücksichtigung der jeweiligen Kanalkonformation sowie der Ladungsverteilung an der Membran.

4

4

Die Wirkung des Lokalanästhetikums Lidocain kann man experimentell überprüfen. In Abbildung 2 ist der Verlauf des Natriumioneneinstroms an einer Axonmembran nach einem künstlichen Reiz bei verschiedenen Lidocainkonzentrationen dargestellt.

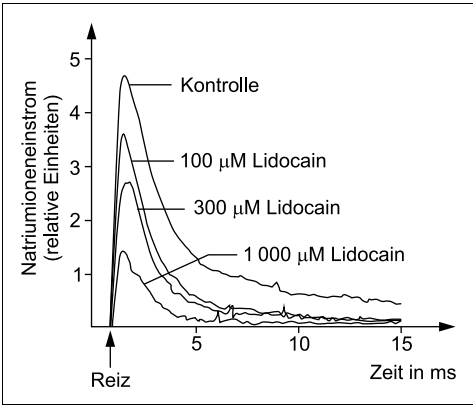


Abb. 2: Natriumioneneinstrom an der Axonmembran bei verschiedenen Konzentrationen von Lidocain und Kontrolle

3 Beschreiben Sie die Lidocainwirkung auf den Natriumioneneinstrom und geben Sie eine mögliche Erklärung für die Befunde. 2

Es gibt vereinzelt Menschen, deren Schmerzempfindlichkeit durch Punktmutationen im „Fakir-Gen“ vermindert oder verstärkt ist. Dieses Gen codiert für den Natriumionenkanal in Axonen der Schmerzbahnen. Abbildung 3 zeigt zwei Abschnitte aus der DNA des „Fakir-Gens“. Ein Austausch von Guanin (Position I) zu Adenin führt bei Menschen, die homozygot bezüglich des mutierten Gens sind, zum Verlust der Schmerzempfindung. Eine andere Mutation des „Fakir-Gens“, der Austausch von Thymin (Position II) zu Adenin, führt hingegen zu einer verstärkten Schmerzempfindung. Diese verstärkte Schmerzempfindung tritt auch dann auf, wenn Menschen heterozygot für dieses Gen sind, also neben dem mutierten Allel noch ein nicht mutiertes Allel besitzen.

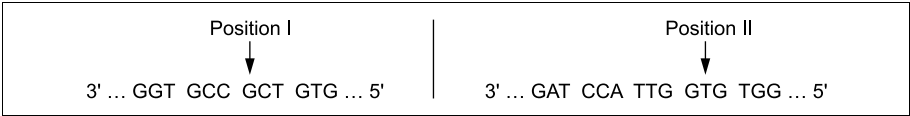


Abb. 3: Zwei unterschiedliche Abschnitte aus der DNA des „Fakir-Gens“

- 4.1 Ermitteln Sie mithilfe der Codesonne (siehe Anlage) die jeweiligen Aminosäuresequenzen vor und nach der Mutation. Erklären Sie, welche Auswirkungen die Mutationen jeweils auf die Struktur des Kanalproteins und damit auf die Funktionsfähigkeit und die jeweils daraus resultierende Schmerzempfindlichkeit haben könnten.

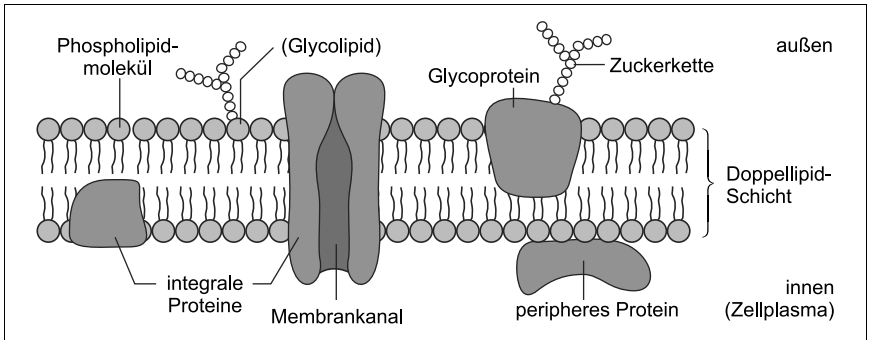
4.2 Erklären Sie, warum die Schmerzunempfindlichkeit nur im homozygoten Fall, die erhöhte Schmerzempfindlichkeit aber bereits bei heterozygotem Auftreten der Mutation zu beobachten ist.

4

3  
20

## Lösungen

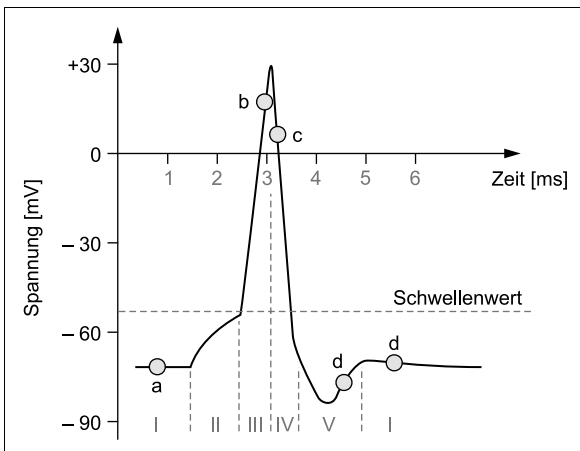
### 1 Skizze der Biomembran nach dem Flüssig-Mosaik-Modell mit **Beschriftung**:



### 2.1 Beachten Sie, dass sich Abb. 1 nur auf die Beantwortung der Frage 2.2 bezieht.

Unerlässlich bei der Anfertigung eines Diagramms des AP-Verlaufs ist die Beschriftung der Achsen mit den Einheiten Spannung (in mV) und Zeit (in ms); ohne sie ist das Diagramm wissenschaftlich aussageelos. Ebenfalls unverzichtbar ist die Unterteilung (Skalierung) der Spannungsachse, während die Skalierung der Zeitachse entfallen kann. Auch die Markierung des Schwellenwerts als gestrichelte Linie ist nicht zwingend verlangt. Nicht geforderte Details sind in der Skizze grau dargestellt. Die Gliederung des Ablaufs in Phasen von I bis V erleichtert die Erläuterung.

**Diagramm** eines Aktionspotenzials (APs):



**Erläuterung** des Ablaufs eines Aktionspotenzials:

- **Phase I** entspricht dem Ruhepotenzial (RP).

- **Phase II:** Die Axonmembran wird bis zum Schwellenwert depolarisiert. (Ursache dafür ist z. B. die Öffnung einer genügend großen Zahl von  $\text{Na}^+$ -Ionenkanälen durch eine überschwellige Reizung.)
- **Phase III, Depolarisationsphase:** Nach Überschreitung des Schwellenwerts öffnen sich spannungsgesteuerte  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle (Alles-oder-Nichts-Ereignis). Es kommt zu einem schnellen  $\text{Na}^+$ -Ioneneinstrom (Diffusion gemäß Konzentrationsgefälle), der zu einer Umpolung der Membranspannung (von ca.  $-70 \text{ mV}$  bis  $+30 \text{ mV}$ ) führt. Dann folgen die Schließung der spannungsgesteuerten  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle und die Öffnung spannungsgesteuerter  $\text{K}^+$ -Ionenkanäle.
- **Phase IV, Repolarisierungsphase:** Die Öffnung der  $\text{K}^+$ -Ionenkanäle bewirkt einen schnellen  $\text{K}^+$ -Ionenausstrom (Diffusion gemäß Konzentrationsgefälle). Die Membran wird repolarisiert. Die spannungsgesteuerten  $\text{K}^+$ -Ionenkanäle schließen sich wieder.
- **Phase V, Hyperpolarisationsphase** (hyperpolarisierendes Nachpotenzial): Durch kurzzeitig überschießenden  $\text{K}^+$ -Ionenausstrom kommt es zu einer Hyperpolarisation der Membran.
- Phase I: Das Ruhepotenzial ist wieder erreicht.

*Der ursprüngliche Ladungsunterschied zwischen innen und außen ist damit wieder erreicht, nicht jedoch der ursprüngliche Konzentrationsunterschied, der für  $\text{K}^+$ - bzw.  $\text{Na}^+$ -Ionen innen gegenüber außen vorlag und für die Erhaltung des RPs notwendig ist. Die  $\text{K}^+$ - $\text{Na}^+$ -Ionenpumpen müssen daher permanent unter Energieaufwand  $\text{K}^+$ -Ionen zurück in die Zelle bzw.  $\text{Na}^+$ -Ionen aus der Zelle hinausbefördern.*

*Während der Repolarisierungsphase ist an der gleichen Membranstelle kein erneutes AP auslösbar, da die spannungsgesteuerten  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle für kurze Zeit inaktiviert sind (Refraktärzeit).*

- 2.2 Bei dieser Aufgabe muss in Abb. 1 sehr genau Konformation und Ladungsverteilung beachtet werden. Aus dem Unterricht ist wahrscheinlich nur bekannt, dass die spannungsgesteuerten  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle entweder „offen“ oder „geschlossen“ sind. Abb. 1 beschreibt die  $\text{Na}^+$ -Ionenkanalkonformationen mit einem anspruchsvolleren Modell, demzufolge die spannungsgesteuerten  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle durch zwei „Tore“ gesteuert werden („Aktivierungstor = Innentor“ und „Inaktivierungstor = Außentor“). Der  $\text{Na}^+$ -Ionenkanal kann dann in drei Zuständen vorliegen: Kanal geschlossen/aktivierbar (Innentor zu/Außentor offen), Kanal offen (beide Tore offen) und Kanal geschlossen/nicht aktivierbar (Innentor auf/Außentor zu).

*Auch ohne dieses Vorwissen ist die Zuordnung zum AP-Verlauf mithilfe der Membranspannung bzw. der Ladungsverteilung und der chronologischen Abfolge der Bilder leicht möglich. Eine Analyse des „Zwei-Tor“-Modells wird nicht erwartet.*

*Die Formulierung „Zuordnung zu einem Punkt des AP-Verlaufs“ könnte insofern irreführend sein, als die dargestellten Öffnungszustände der  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle jeweils bestimmte Phasen des AP-Verlaufs wiedergeben. Jeder Punkt, der begründet innerhalb der zutreffenden Phase gezeichnet wird, ist daher korrekt.*

**Zuordnung** der Teilabbildungen/Kanalkonformationen:

a Phase I (Ruhepotenzial)

**Begründung:**

- Kanalkonformation: Der  $\text{Na}^+$ -Ionenkanal ist von innen geschlossen (Innentor zu, Außentor offen  $\Rightarrow$  aktivierbar).
- Die Ladungsverteilung (innen negativ/außen positiv) entspricht der Ruhespannung.

b Späte Depolarisationsphase III (im Umpolungsbereich zwischen  $0 \text{ mV}$  und  $+30 \text{ mV}$ )

**Begründung:**

- Kanalkonformation: Der  $\text{Na}^+$ -Ionenkanal ist geöffnet (beide Tore geöffnet).

- Die Ladungsverteilung (innen positiv/außen negativ) entspricht der Depolarisationsphase nach der Umpolung der Membran durch den  $\text{Na}^+$ -Ioneneinstrom.
- c Frühe Repolarisationsphase IV (im Umpolungsbereich zwischen +30 mV und 0 mV)  
**Begründung:**
  - Kanalkonformation: Der  $\text{Na}^+$ -Ionenkanal ist von außen geschlossen (Innentor offen/Außentor zu  $\Rightarrow$  nicht aktivierbar = refraktär).
  - Die Ladungsverteilung (innen positiv/außen negativ) entspricht der frühen Repolarisationsphase durch den  $\text{K}^+$ -Ionenausstrom nach der Öffnung der  $\text{K}^+$ -Ionenkanäle.
- d Hyperpolarisationsphase V oder Phase I, d. h. wieder erreichtes Ruhepotenzial  
**Begründung:**
  - Kanalkonformation: Der  $\text{Na}^+$ -Ionenkanal ist von innen geschlossen (Innentor zu/Außentor offen  $\Rightarrow$  [wieder] aktivierbar).
  - Die Ladungsverteilung (innen negativ/außen positiv) entspricht der Hyperpolarisation bzw. dem Ruhepotenzial.

### 3 Beschreibung der Lidocainwirkung:

Gegenüber der Kontrolle ist der  $\text{Na}^+$ -Ioneneinstrom bei Gabe von 100  $\mu\text{M}$  Lidocain um etwa ein Viertel verringert. Je höher die Lidocainkonzentration gewählt wird, desto geringer fällt der  $\text{Na}^+$ -Ioneneinstrom aus.

*Und/oder:* Mit zunehmender Lidocainkonzentration vermindert sich auch die Dauer des  $\text{Na}^+$ -Ioneneinstroms.

#### Erklärung der Befunde:

Lidocain blockiert möglicherweise die  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle, sodass keine  $\text{Na}^+$ -Ionen mehr einströmen können. Mit steigender Lidocainkonzentration wird dann ein immer größerer Teil der  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle blockiert, ein zunehmend geringer Anteil der Kanäle ist geöffnet. Die Folge ist ein geringerer  $\text{Na}^+$ -Ioneneinstrom.

*Und/oder:* Lidocain verringert die Öffnungsdauer der  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle.

- 4.1 Obwohl dazu keine Angaben gemacht werden, dürfen Sie davon ausgehen, dass es sich bei dem DNA-Ausschnitt um den codogenen Strang in 3'→5'-Polarität handelt.

DNA-Ausschnitt 1 aus dem „Fakir-Gen“:

nicht mutierte DNA (codogener Strang):	mutierte DNA (codogener Strang):
3' ... GGT GCC GCT GTG ... 5'	3' ... GGT GCC <b>ACT</b> GTG ... 5'
mRNA: 5' ... CCA CGG CGA CAC ... 3'	5' ... CCA CGG <b>UGA</b> CAC ... 3'
Aminosäuresequenz: ... Pro–Arg–Arg–His ...	... Pro–Arg–STOPP

DNA-Ausschnitt 2 aus dem „Fakir-Gen“:

nicht mutierte DNA (codogener Strang):	mutierte DNA (codogener Strang):
3' ... GAT CCA TTG GTG TGG ... 5'	3' ... GAT CCA TTG <b>GAG</b> TGG ... 5'
mRNA: 5' ... CUA GGU AAC CAC ACC ... 3'	5' ... CUA GGU AAC <b>CUC</b> ACC ... 3'
Aminosäuresequenz: ... Leu–Gly–Asn–His–Thr ...	... Leu–Gly–Asn– <b>Leu</b> –Thr ...

**Erklärung** der Auswirkungen der Mutationen auf Proteinstruktur und Funktion:

- Die Mutation 1 an Position I bewirkt die Entstehung eines Stopp-Codons. Die Folge ist ein Kettenabbruch im Membranprotein des Na<sup>+</sup>-Ionenkanals. Das verkürzte Membranprotein kann seine Funktion als Ionenkanal nicht mehr oder nur noch unzureichend erfüllen.
- Die Mutation 2 an Position II bewirkt den Austausch der Aminosäure Histidin gegen Leucin. Die Folge ist eine veränderte Raumstruktur (Konformation) des Membranproteins.

**Erklärung** der Auswirkung auf die Schmerzempfindlichkeit:

Da durch Mutation 1 der Na<sup>+</sup>-Ioneneinstrom blockiert/erschwert ist, ist das Auslösen eines APs nicht/kaum mehr möglich. Infolgedessen kann das Axon nicht mehr erregt werden bzw. die Erregung nicht zum Gehirn weitergeleitet werden. Dies bewirkt eine verringerte oder völlig gehemmte Schmerzempfindlichkeit (*Analgesie*).

Durch Mutation 2 verändert sich die Funktionsweise der Na<sup>+</sup>-Ionenkanäle. Das Membranprotein könnte so verändert worden sein, dass der Schwellenwert, der zur Auslösung von APs erreicht werden muss, herabgesetzt wird. Dies bewirkt, dass schon bei geringem Schmerzreiz eine Erregung ausgelöst wird. Die Folge wäre eine erhöhte Schmerzempfindlichkeit.

#### 4.2 **Erklärung** der Schmerzunempfindlichkeit nur bei homozygoten Merkmalsträgern:

Heterozygote Merkmalsträger besitzen (theoretisch 50 %) funktionsfähige Na<sup>+</sup>-Ionenkanäle und (theoretisch 50 %) defekte Na<sup>+</sup>-Ionenkanäle. Diese funktionsfähigen Kanäle scheinen auszureichen, um eine normale bzw. etwas geringere Schmerzempfindung zu ermöglichen. Nur wenn beide Allele mutiert sind (Homozygotie), werden ausschließlich defekte Na<sup>+</sup>-Ionenkanäle gebildet. Die Folge ist eine völlige Schmerzunempfindlichkeit.

Das mutierte Defektallel ist rezessiv.

**Erklärung** der Schmerzüberempfindlichkeit bei heterozygoten Merkmalsträgern:

Bei heterozygoten Merkmalsträgern ist ein Teil der Na<sup>+</sup>-Ionenkanäle (theoretisch 50 %) „überempfindlich“. Dies scheint bereits auszureichen, um insgesamt eine größere Schmerzempfindlichkeit zu bewirken.

Das mutierte Defektallel ist dominant.



© **STARK Verlag**

[www.stark-verlag.de](http://www.stark-verlag.de)  
[info@stark-verlag.de](mailto:info@stark-verlag.de)

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH  
ist urheberrechtlich international geschützt.  
Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung  
des Rechteinhabers in irgendeiner Form  
verwertet werden.

**STARK**