

2022

# Abitur

Original-Prüfungsaufgaben  
mit Lösungen

**MEHR  
ERFAHREN**

Gymnasium ... berg

**Biologie LF**

**ActiveBook**  
• Interaktives  
Training

Original-Prüfungsaufgaben  
**2021** zum Download



**STARK**

# Inhalt

Vorwort	
Stichwortverzeichnis	
Thematisches Verzeichnis	

## Hinweise und Tipps zur Abiturprüfung

---

1	Inhaltliche Grundlagen der Abiturprüfung .....	I
2	Hinweise zur schriftlichen Prüfung .....	II
2.1	Ablauf der schriftlichen Prüfung .....	II
2.2	Kompetenzen .....	III
2.3	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 Zusatzprüfung .....	VIII
5	Hinweise zur Benutzung dieses Buches .....	X

## 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-Vermehrung, 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

## **Abiturprüfung 2020**

---

Aufgabe I	Neurophysiologie, Molekulargenetik, Evolution .....	2020-1
Aufgabe II	Immunbiologie, Evolution, Molekulargenetik .....	2020-7
Aufgabe III	Proteinstruktur, Genmutation, Gen- und Enzymregulation .....	2020-14
Aufgabe IV	Zytologie, Evolution, Gentechnik .....	2020-21

## **Abiturprüfung 2021**

---

Alle Aufgaben ..... [www.stark-verlag.de/mystark](http://www.stark-verlag.de/mystark)

Das Corona-Virus hat auch im vergangenen Schuljahr die Prüfungsabläufe beeinflusst. Um Ihnen die Prüfung 2021 schnellstmöglich zur Verfügung stellen zu können, bringen wir sie in digitaler Form heraus. Sobald die Original-Prüfungsaufgaben 2021 zur Veröffentlichung freigegeben sind, können sie als PDF auf der Plattform MyStark heruntergeladen werden (Zugangscode vgl. Farbseiten vorne im Buch).

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

---

Werner Lingg (2012–2018), Thomas Frischmann/Christian Schillinger (2019–2021)

# Vorwort

Liebe Schülerinnen und Schüler,

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

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

Der Hauptteil dieses Buches enthält die **Original-Prüfungsaufgaben** aus den Jahren **2012 bis 2020**. Die Aufgaben zur **Abiturprüfung 2021** stehen Ihnen auf der Plattform MyStark zum Download zur Verfügung, sobald sie zur Veröffentlichung freigegeben sind. 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. Zentrale biologische Themen finden Sie außerdem in **Lernvideos** anschaulich erklärt (vgl. Farbseiten zu Beginn des Buches).



Sollten nach Erscheinen dieses Bandes noch wichtige Änderungen in der Abiturprüfung 2022 vom Kultusministerium bekannt gegeben werden, können Sie aktuelle Informationen dazu ebenfalls online auf der Plattform MyStark abrufen.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei den Prüfungen!

Ihr  
Stark Verlag

# Hinweise und Tipps zur Abiturprüfung

## 1 Inhaltliche Grundlagen der Abiturprüfung

---

Im Folgenden sind die vom Kultusministerium im Bildungsplan 2004 festgelegten verbindlichen Themengebiete aufgeführt. Sie finden diese Inhalte auch im Internet unter: [www.bildungsplaene-bw.de/Lde/4559759](http://www.bildungsplaene-bw.de/Lde/4559759).

### **Bildungsplaneinheit 1: Von der Zelle zum Organ**

Zelle und Stoffwechsel

- Zellorganellen
- Biomembran: Struktur und Funktion, Kompartimentierung, Stofftransport, Osmose
- Interpretation elektronenmikroskopischer Bilder
- Zelle als offenes System: Stoffaustausch, Energiefluss
- Energetische Koppelung, ATP als Energieüberträger

Moleküle des Lebens und Grundlagen der Vererbung

- DNA – Struktur und Funktion
- Experiment: Isolierung von DNA
- Proteine – Struktur und Funktion, Proteinbiosynthese, Biosyntheseketten, Genwirkketten, Regulation der Genaktivität
- Enzyme – Struktur und Funktion, Regulation der Enzymaktivität; Experimente zur Abhängigkeit der Enzymaktivität

### **Bildungsplaneinheit 2: Aufnahme, Weitergabe und Verarbeitung von Information**

- Bau der Nervenzelle
- Informationsübertragung an Nervenzellen: Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Synapse
- Sinneszelle: Vom Reiz zur Erregung
- Erregende und hemmende Synapsen, Verrechnung
- Leistungen des ZNS: Sehwahrnehmung, Sprache
- Humorale und zelluläre Immunantwort
- Störungen der Immunantwort: HIV, Ethik der Organtransplantationen

### **Bildungsplaneinheit 3: Evolution (und Ökosysteme)**

- Exkursion: Erkundung eines Ökosystems und Ordnung der Artenvielfalt
- Systematische Ordnungskriterien und Nomenklatur
- Morphologische Betrachtungen rezenter und fossiler Formen
- Molekularbiologische Verfahren zur Klärung von Verwandtschaftsbeziehungen
- Evolutionstheorien von LAMARCK und DARWIN
- Entstehung der Vielfalt: Synthetische Evolutionstheorie
- Bedeutung der sexuellen Fortpflanzung
- Evolution des Menschen: biologisch und kulturell

#### 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**. Hier finden Sie auch anschauliche **Lernvideos** zu zentralen Themen (vgl. Farbseiten zu Beginn des Buches). Zur Auffrischung des relevanten Prüfungsstoffs kurz vor der Prüfung ist das „Abitur-Skript Biologie“ (Stark Verlag, Best.-Nr. 8570S1) besonders gut geeignet.

## 2 Hinweise zur schriftlichen Prüfung

---

### 2.1 Ablauf der schriftlichen Prüfung

In der Prüfung 2022 werden Ihnen **vier** römisch nummerierte Aufgaben vorgelegt. Aus den vorgelegten vier Aufgaben müssen Sie **drei** 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.



VP

Viele der im mittel- und südamerikanischen Regenwald lebenden Froscharten der Familie *Dendrobatidae* (Baumsteigerfrösche) sondern über ihre Haut giftige Alkaloide ab. Das vom Pfeilgiftfrosch *Phylllobates terribilis* abgegebene Alkaloid Batrachotoxin (BTX) wirkt an den Axonen seiner Fressfeinde als starkes Nervengift, *Phylllobates* selbst ist unempfindlich gegen BTX.

- 1.1 Erläutern Sie die molekularen Grundlagen des Ruhepotenzials unter Berücksichtigung der beteiligten Ionen und Ionenkanäle. 3
- 1.2 Erklären Sie auf molekularer Ebene, wodurch es bei Aktionspotenzialen zu einer immer gleich starken Depolarisation kommt. 2

Um den Mechanismus der Giftwirkung von BTX näher zu untersuchen, wurden Neurone von Ratten gereizt und die Erregungsleitung gemessen. Abbildung 1 zeigt den Versuchsaufbau und die Versuchsergebnisse.

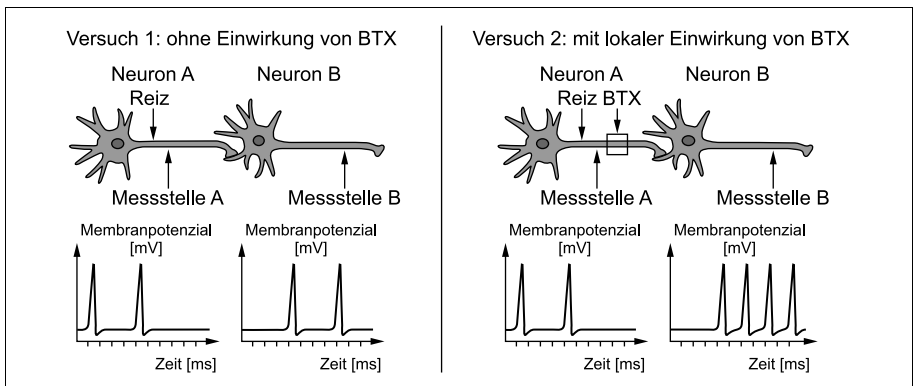


Abb. 1: Messungen an Neuronen von Ratten (vereinfacht)

- 2 Beschreiben Sie die Ergebnisse der dargestellten Versuche 1 und 2. Entwickeln Sie eine Hypothese zur Wirkungsweise von BTX. Gehen Sie dabei sowohl auf den möglichen Wirkmechanismus am Axon als auch auf die Folgen für die Erregungsweiterleitung an der Synapse und auf die Folgen für den gesamten Organismus ein. 4

Untersuchungen zeigen, dass unpolare BTX-Moleküle durch die Zellmembran ins Zellinnere von Neuronen diffundieren können. Im Cytoplasma angekommen, werden sie protoniert und dadurch positiv geladen ( $\text{BTX}^+$ ). In dieser Form können sie die Zelle nicht mehr verlassen.

- 3.1 Erklären Sie, weshalb BTX und  $\text{BTX}^+$  eine Zellmembran unterschiedlich gut durchdringen können. 2



Bei Ratten kann BTX<sup>+</sup> auf der Zellinnenseite an Natriumionenkanäle binden. Die Bindung erfolgt im Bereich einer polaren Aminosäure. Abbildung 2 zeigt Ausschnitte der sich entsprechenden Aminosäuresequenzen des Natriumionenkanals einer Ratte und eines Pfeilgiftfrosches. Tabelle 1 zeigt die Polarität einiger relevanter Aminosäuren.

Aminosäure- position	427	430	435	440	445	
Ratte	... Leu Gly <b>Ser</b>	Phe Tyr Leu <b>Ile</b>	Asn Leu Ile Leu Ala Val Val Ala Met Ala Tyr <b>Ala</b>	...		
Frosch	... Leu Gly <b>Ala</b>	Phe Tyr Leu <b>Val</b>	Asn Leu Ile Leu Ala Val Val Ala Met Ala Tyr <b>Asp</b>	...		
Aminosäure- position	1577	1580	1585	1590	1595	
Ratte	... Ile Ser Phe Leu Ile Val <b>Val</b>	<b>Asn</b> Met Tyr Ile Ala Ile Ile Leu Glu Asn Phe Asn ...				
Frosch	... Ile Ser Phe Leu Ile Val <b>Ile</b>	<b>Thr</b> Met Tyr Ile Ala Ile Ile Leu Glu Asn Phe Asn ...				

Abb. 2: Ausschnitte der sich entsprechenden Aminosäuresequenzen des Natriumionenkanals einer Ratte und eines Pfeilgiftfrosches

Aminosäure	Abkürzung	Polarität
Alanin	Ala	unpolar
Asparagin	Asn	stark polar
Asparaginsäure	Asp	stark polar
Isoleucin	Ile	unpolar
Serin	Ser	stark polar
Threonin	Thr	schwach polar
Valin	Val	unpolar

Tab. 1: Polarität einiger Aminosäuren

- 3.2 Begründen Sie mithilfe der Codesonne (siehe Anhang), welche Mutation in der DNA wahrscheinlich zur Änderung der Aminosäure an Position 429 (Ser → Ala) geführt hat.
2
- 3.3 Erläutern Sie mithilfe von Tabelle 1, welche der durch Mutationen hervorgerufenen Änderungen in der Aminosäuresequenz des Pfeilgiftfrosches (Abbildung 2) zur Ausbildung der Unempfindlichkeit gegenüber BTX<sup>+</sup> geführt haben könnten.
2

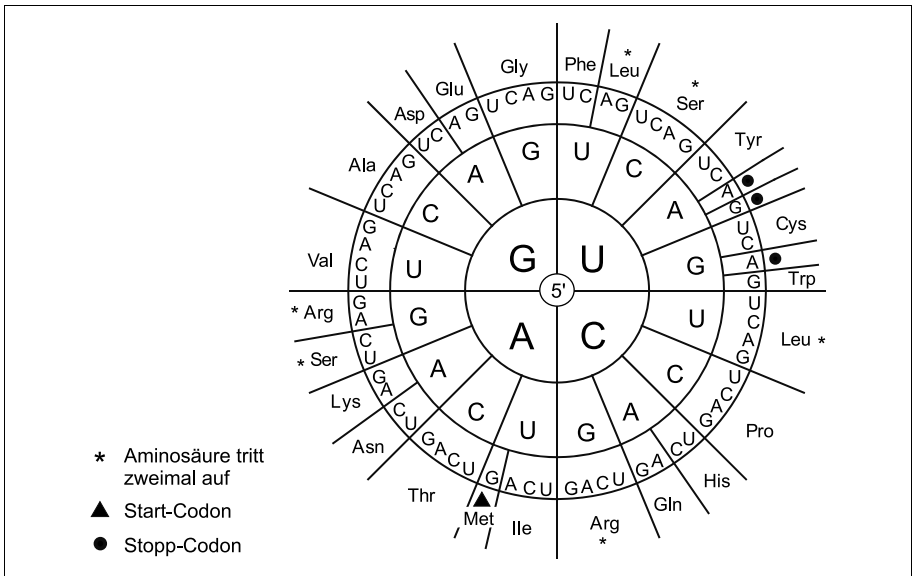
Da Pfeilgiftfrösche BTX nicht selbst synthetisieren können, nehmen sie das Gift über ihre Nahrung auf. Als Nahrungsquelle werden hierbei beispielsweise Käfer aus der Familie der *Melyridae* in Betracht gezogen, welche das Gift enthalten.

- 4 Beschreiben Sie eine Versuchsreihe mit noch ungiftigen Jungfröschen, die den Einfluss der *Melyridae*-Käfer als Nahrung auf die Giftkonzentration in der Haut von Pfeilgiftfröschen untersucht.
3

Pfeilgiftfrösche sind meist sehr auffällig gefärbt. Oft gibt es im gleichen Gebiet andere ungiftige Froscharten mit derselben Färbung („Nachahmer“). Dieses Phänomen wird als Mimikry bezeichnet.

- 5 Erläutern Sie, weshalb die Population der „Nachahmer“ immer deutlich kleiner ist als die der „Vorbilder“.
2
20

## Anlage: Codesonne



## Lösungen

### 1.1 Erläuterung der molekularen Grundlagen des Ruhepotenzials:

Für das Zustandekommen des Ruhepotenzials ist die selektive Permeabilität der Axonmembran für verschiedene Ionenspezies entscheidend. Die Durchlässigkeit wird durch den Öffnungszustand von in der Membran eingelagerten Ionenkanälen bestimmt. Während die meisten  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle im Ruhezustand geschlossen sind, sind die (*nicht spannungssensitiven*)  $\text{K}^+$ -Ionenkanäle ständig offen. Darüber hinaus gibt es Chlorid( $\text{Cl}^-$ )-Ionenkanäle mit geringer Durchlässigkeit für  $\text{Cl}^-$ -Ionen.

Die Ionenverteilung im Außenmedium und im Inneren der Nervenzelle ist (*infolge eines aktiven Ionentransports*) unterschiedlich: Innerhalb des Axons liegt ein großer Überschuss an positiv geladenen Kaliumionen sowie großen Protein-Anionen vor. Für letztere ist die Membran gänzlich impermeabel. Außerhalb der Zelle befindet sich ein großer Überschuss an positiv geladenen  $\text{Na}^+$ - und negativ geladenen  $\text{Cl}^-$ -Ionen.

Folge: Durch die auch in Ruhe geöffneten  $\text{K}^+$ -Ionenkanäle kommt es zu einem Ausstrom von  $\text{K}^+$ -Ionen entlang des Konzentrationsgefälles und somit zum Aufbau einer Spannung (= Potenzialdifferenz). Wandern positiv geladene  $\text{K}^+$ -Ionen aus der Zelle, lassen sie unkomensierte negative Ladungen (v. a. Protein-Anionen) zurück. Dies bedingt, dass das Zellinnere gegenüber dem Außenmedium negativ geladen ist. Das Ruhepotenzial stellt sich als dynamisches Gleichgewicht zwischen der Tendenz zum Konzentrationsausgleich und der Tendenz zum Ladungsausgleich bei ca.  $-70 \text{ mV}$  ein.

Erhaltung des Ruhepotenzials: Aufgrund einer geringen Durchlässigkeit der Axonmembran für  $\text{Na}^+$ -Ionen kommt es zu einem geringen  $\text{Na}^+$ -Ioneneinstrom entlang des Konzentrationsgradienten in das Axon. Durch diesen Einstrom (sog. Leckstrom) würde das Ruhepotenzial allmählich zusammenbrechen. Zur Aufrechterhaltung der Konzentrationsunterschiede und damit des Ruhepotenzials transportiert die Natrium-Kalium-Pumpe im Austausch gegen  $\text{K}^+$ -Ionen aus dem Außenmedium unter ATP-Verbrauch fortwährend  $\text{Na}^+$ -Ionen aus dem Zellinneren nach außen.

## 1.2 **Erklärung** der immer gleich starken Depolarisation:

Wird ein Bereich der Axonmembran (z. B. infolge eines äußeren Reizes oder eines anderen Aktionspotenzials) bis zum Schwellenwert depolarisiert, öffnen sich spannungsgesteuerte  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle. Es kommt durch positive Rückkopplung zu einer lokalen Öffnung aller noch geschlossenen  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle (Alles-oder-nichts-Prinzip) und so zu einem schnellen und starken  $\text{Na}^+$ -Ioneneinstrom (Diffusion gemäß elektrochemischem Gradienten), der zu einer Umpolung der Membran(spannung) führt (von ca.  $-70 \text{ mV}$  bis auf ca.  $+30 \text{ mV}$ ). Die spannungsgesteuerten  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle schließen sich rasch wieder und es öffnen sich verzögert die spannungsgesteuerten  $\text{K}^+$ -Ionenkanäle.

Da die Öffnung der  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle immer gleich lange dauert (ca.  $1 \text{ ms}$ ) und sich alle Kanäle dieses Typs im Bereich der überschwelligen Depolarisation (aufgrund positiver Rückkopplung) öffnen, kommt es stets zu einem maximal möglichen Natriumioneneinstrom. Bei Überschreiten des Schwellenwerts erfolgt somit immer die maximal mögliche und damit gleich starke Depolarisation.

## 2 **Beschreibung** der dargestellten Versuchsergebnisse:

*Um die Verständlichkeit und die Übersichtlichkeit Ihrer Antwort zu erhöhen, empfiehlt es sich, zunächst den grundsätzlichen Versuchsaufbau zu beschreiben, obwohl dies nicht explizit gefordert ist.*

Versuchsbeschreibung: An den Axonen zweier nacheinander geschalteter Ratten-Neuronen (Neurone A und B) wurde je an einer Stelle (an Messstelle A an Neuron A und an Messstelle B an Neuron B) nach künstlicher Reizung von Neuron A („somawärts“ vor Messstelle A) eine intrazelluläre Ableitung des Membranpotenzials (mV) durchgeführt (Abb. 1).

- Versuch 1 zeigt die Spannungsverläufe an den Messstellen A und B nach künstlicher Reizung ohne die Einwirkung von BTX: An Messstelle A werden nach Reizung während der Messzeit zwei Aktionspotenziale (APs) im Abstand von ca.  $4 \text{ ms}$  registriert, zeitversetzt (ca.  $3 \text{ ms}$  später) werden auch an Messstelle B zwei APs im gleichen zeitlichen Abstand abgeleitet.
- Versuch 2 zeigt die Spannungsverläufe an den Messstellen A und B nach künstlicher Reizung und lokaler BTX-Einwirkung an Axon A („synapsenwärts“ nach Messstelle A): Nach identischem Spannungsverlauf an Messstelle A wie in Versuch 1 (zwei APs im zeitlichen Abstand von ca.  $4 \text{ ms}$ ) werden an Messstelle B zeitversetzt (ca.  $3 \text{ ms}$  später) erneut APs registriert, dieses Mal jedoch in höherer Anzahl und mit erhöhter Frequenz (vier APs im zeitlichen Abstand von ca.  $2 \text{ ms}$ ).

### **Entwicklung** einer Hypothese zur Wirkungsweise von BTX:

BTX bindet an die spannungsgesteuerten  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle von Neuron A und beeinflusst deren Durchlässigkeit für  $\text{Na}^+$ -Ionen (z. B. Verhinderung der Schließung nach  $1 \text{ ms}$  infolge einer Veränderung der räumlichen Struktur). Dadurch kommt es in diesem Bereich zu einem verlängerten  $\text{Na}^+$ -Ioneneinstrom und infolgedessen zu einer lokalen Dauerdepolarisation. An den benachbarten nachfolgenden Axonabschnitten kommt es zur ständigen Neubildung von Aktionspotenzialen (APs), die sich bis zur Synapse fortsetzt und dort einen

verstärkten  $\text{Ca}^{2+}$ -Ioneneinstrom zur Folge hat, der eine erhöhte Transmitterausschüttung in den synaptischen Spalt bewirkt. Infolgedessen öffnen sich vermehrt transmittergesteuerte  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle in der postsynaptischen Membran von Neuron B und es kommt zu einem starken  $\text{Na}^+$ -Ioneneinstrom in die postsynaptische Zelle. Die daraus resultierende verstärkte postsynaptische Depolarisation (EPSP) an Neuron B (ggf. gepaart mit einer zeitlichen Summation der auflaufenden postsynaptischen Potenziale) führt zur Generierung von APs am Axonhügel mit einer (im Vergleich zu Versuch 1) erhöhten Frequenz. Dies kann bei Motoneuronen zu Dauererregung und Verkrampfung der innervierten Muskulatur (starre Lähmung) führen. Folge ist z. B. der Tod durch Atem- und/oder Herzstillstand.

### 3.1 **Erklärung** der unterschiedlich guten Membrangängigkeit von BTX und $\text{BTX}^+$ :

Die unterschiedliche Permeabilität einer Zellmembran für unpolare und positiv geladene Moleküle liegt in ihrem molekularen Aufbau begründet. Sie besteht in ihrem Grundaufbau aus einer Lipiddoppelschicht aus Phospholipiden, deren hydrophobe, unpolare Fettsäurereste jeweils nach innen ragen. Für größere polare oder geladene Moleküle ist die Membran daher ohne Transportmechanismus unpassierbar. Das Alkaloid BTX ist im nicht protonierten Zustand unpolare und kann daher leicht durch die Lipiddoppelschicht diffundieren. Im protonierten, geladenen Zustand ( $\text{BTX}^+$ ) ist der Giftstoff hydrophil und kann somit die Zellmembran (aufgrund der Hydrathülle) nicht mehr passieren.

*Oder:* Auch denkbar wäre, dass  $\text{BTX}^+$  an polare Bereiche von in der Membran ein- oder aufgelagerten Proteinen bindet und die Membran deshalb nicht passieren kann.

### 3.2 **Begründung** der wahrscheinlichsten Mutation für die Änderung an Position 429:

*Da sich Mutationen immer auf der Ebene der DNA und nicht auf mRNA-Ebene ereignen, müssen Sie die aus der Codesonne ermittelten mRNA-Triplets erst in die entsprechenden DNA-Triplets übersetzen. Die Darstellung der mRNA-Triplets sowie die Angabe des 3'- und 5'-Endes der DNA-Triplets werden nicht zwingend erwartet.*

Als Ursache für die Änderung der Aminosäure an Position 429 von Serin nach Alanin (Abb. 2) kommt am wahrscheinlichsten eine Mutation infrage, bei der möglichst wenige Basenpaare des codierenden Triplets verändert werden. Serin wird über sechs Triplets codiert, wobei man zwei „Grund-Triplets“ unterscheiden kann: 3'-TCG/A-5' oder 3'-AGX-5' (X=eine der vier Basen). Alanin wird nur über ein „Grund-Triplett“ codiert: 3'-CGX-5'. Somit wäre eine Mutation der ersten Base des „Grund-Triplets“ 3'-AGX-5' zu 3'-CGX-5' (z. B. 3'-AGA-5' zu 3'-CGA-5') am wahrscheinlichsten.

### 3.3 **Erläuterung**, welche Mutationen zur $\text{BTX}^+$ -Unempfindlichkeit geführt haben könnten:

*Lassen Sie sich bei den Angaben zu den mutationsbedingten Änderungen nicht verwirren: Die Aminosäuresequenz der Ratte repräsentiert hier das ursprüngliche Merkmal/den ursprünglichen Zustand, auch wenn es sich bei der Ratte um einen Vertreter eines evolutiv viel jüngeren Taxons (Säugetiere) handelt als beim Frosch (Amphibien).*

Da  $\text{BTX}^+$  an  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle (im Bereich einer polaren Aminosäure) bindet, muss eine Mutation, die zu einer Unempfindlichkeit gegenüber  $\text{BTX}^+$  führt, eine schlechtere Bindungsmöglichkeit von  $\text{BTX}^+$  an diese Kanäle zur Folge haben. Dafür kommt der Austausch einer polaren gegen eine unpolare bzw. gegen eine schwächer polare Aminosäure des Kanalproteins infrage. Von den fünf Unterschieden (Position 429, 433, 445, 1 583, 1 584) in den Aminosäuresequenzen von Ratte und Frosch trifft dies nur für Position 429 (stark polare Aminosäure Ser  $\rightarrow$  unpolare Aminosäure Ala) und für Position 1 584 (stark polare Aminosäure Asn  $\rightarrow$  schwach polare Aminosäure Thr) zu. Die Unterschiede an den



© **STARK Verlag**

[www.pearson.de](http://www.pearson.de)  
[info@pearson.de](mailto:info@pearson.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.