

- allgemeinbildendes Gymnasium
- Abendgymnasium und Kolleg
- schulfremde Prüflinge

---

## **Schriftliche Abiturprüfung Leistungskursfach Biologie**

### **Abiturähnliche Musteraufgaben**

---

#### **1 Vorbemerkungen und Hinweise zum Aufgabenmuster**

Der Beschluss der Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Biologie, Chemie und Physik durch die Kultusministerkonferenz am 18. Juni 2020 bedingt auch Änderungen bei Struktur und Inhalten der schriftlichen Abiturprüfungen in den genannten Fächern.

Die abiturähnliche Musterklausur soll wesentliche Veränderungen der Abiturprüfungen ab 2024/25 illustrieren und als Hilfe für alle Fachlehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler bei der Vorbereitung auf die schriftliche Abiturprüfung dienen.

Neben Abbildung der neuen Abitur- und Aufgabenstruktur sollen die Musteraufgaben auf neue Lerninhalte, die Nutzung der angepassten Operatorenliste, die größere Bedeutung von neben der Sachkompetenz im Fachunterricht erworbener Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenzen sowie exemplarisch auf die mögliche Verwendung verschiedener alternativer Fachtermini für den gleichen Fachinhalt in den Aufgabenstellungen hinweisen.

Die verwendeten themengleichen Aufgaben in den Mustern für Grundkurs und Leistungskurs veranschaulichen zudem einige mögliche Unterschiede in den Anforderungen.

Mit der Abiturprüfung 2024/25 besteht für Prüflinge die Möglichkeit, sich beim Misslingen eines Experiments oder einer anderen fachpraktischen Tätigkeit, Teillösungen gegen Abzug von Bewertungseinheiten zur Verfügung stellen zu lassen. Die Umsetzung dessen wird hier ebenfalls illustriert.

Dem Muster sind folgende Dokumente zugrunde gelegt:

- Bildungsstandards in den Fächern Biologie, Chemie, Physik für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020)
- Lehrpläne für allgemeinbildende Gymnasien in den Fächern Chemie, Biologie und Physik in der Fassung vom 01.08.2022
- Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums für Kultus zur Vorbereitung auf die Abiturprüfung und die Ergänzungsprüfungen 2025 an allgemeinbildenden Gymnasien, Abendgymnasien und Kollegs im Freistaat Sachsen
- Grundstock von Operatoren (IQB, Stand 31.03.2022)

Beim Zusammenstellen der Aufgaben für die Musterklausur wurde im Wesentlichen auf illustrierende Abituraufgaben des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) zurückgegriffen. Weitere Aufgabenvorschläge sind zu finden unter: <https://www.iqb.hu-berlin.de/abitur/sammlung/naturwissenschaften/biologie/>

Gegenüber den bisherigen sächsischen Abiturprüfungen ergeben sich folgende Strukturveränderungen:

#### Pflichtaufgaben 1 und 2

- materialgestützte Aufgaben ohne fachpraktischen Anteil
- Anzahl der zu erreichenden Bewertungseinheiten ist bei beiden Aufgaben gleich

#### Wahlaufgabe 3

- besteht aus zwei Aufgaben mit fachpraktischem Anteil, von denen nur eine bearbeitet werden muss
- fachpraktische Aufgaben sind zusätzlich mit Material angereichert
- bei Bearbeitung der Wahlaufgabe ist die gleiche Anzahl an Bewertungseinheiten erreichbar wie auch bei den Pflichtaufgaben 1 oder 2

Je bearbeiteter Aufgabe können im Leistungskursfach 40 BE und damit bei der Prüfung insgesamt 120 BE erreicht werden.

Zwei der vier dem Prüfling vorgelegten Aufgaben werden **unverändert** dem gemeinsamen Abituraufgabenpool der Länder beim Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen entnommen sein. Alle weiteren Aufgaben stellt die sächsische Abituraufgabenauswahlkommission bereit. Bestimmend für das Erstellen aller Aufgaben sind die Vorgaben für die Abituraufgabenerstellung des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen.

**Zugelassene Hilfsmittel können zur Lösung jeder Aufgabe uneingeschränkt genutzt werden.**

Der Einsatz bundesweit einheitlicher Hilfsmittel ist in Sachsen ab dem Abitur 2025/26 vorgesehen.

Es ist davon auszugehen, dass pro Aufgabe zwei Seiten Material beigelegt sind.

Jede der Aufgaben einer Prüfung bezieht sich in komplexer Weise hauptsächlich auf einen der in den Bildungsstandards genannten Inhaltsbereiche. Eine Vernetzung mit anderen Inhaltsbereichen erfolgt nur in geringem Umfang.

Von einer Bezugnahme auf die vier Kompetenzbereiche: Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenz sowie auf die in den Bildungsstandards genannten Basiskonzepte ist bei allen Prüfungsaufgaben auszugehen.

**Prüflinge müssen zudem in der Lage sein, grundlegende Kompetenzen, welche in Sekundarstufe I erworben wurden, beim Lösen von Aufgaben anwenden zu können.**

## 2 Hinweise zur Durchführung fachpraktischer Aufgaben

Sächsisches Staatsministerium  
für Kultus

ab Schuljahr 2024/25

Geltungsbereich:  
- allgemeinbildendes Gymnasium  
- Abendgymnasium und Kolleg  
- schulfremde Prüflinge

---

### Schriftliche Abiturprüfung Leistungsfach Biologie

#### - ABITURÄHNLICHE MUSTERAUFGABEN -

#### Vorinformationen für die prüfende Fachlehrkraft

---

##### Maßnahmen zur materiellen Sicherstellung der Prüfung

Für die Prüflinge sind neben kariertem Papier auch Papier mit Millimeterraster und unliniertes Papier bereitzustellen.

Im Wahlteil 3 der schriftlichen Prüfung hat jeder Prüfling die Wahl zwischen zwei Aufgaben (3.1 und 3.2), die jeweils eigene praktische bzw. experimentelle Tätigkeit unter Einhaltung der geltenden Sicherheitsbestimmungen erfordern.

Dafür sind hinreichend viele Arbeitsplätze einzurichten. Für die Beaufsichtigung der praktischen bzw. experimentellen Tätigkeiten der Prüflinge ist eine Fachlehrkraft einzusetzen, die in der Lage ist, diese zu kontrollieren, einzuschätzen und zu protokollieren.

Zu diesem Zweck ist der **am Morgen des Prüfungstags** erhaltene **Beobachtungsbogen für jeden Prüfling** zu vervielfältigen und mit der Chiffre der Bildungseinrichtung als auch der Kennzahl des Prüflings zu versehen.

Der von der Aufsicht führenden Fachlehrkraft ausgefüllte **Beobachtungsbogen** (Erfüllungsgrad des jeweiligen Schwerpunktes, ggf. erteilte Hilfe bzw. Hinweise) ist nach der Prüfung den **korrigierenden Fachlehrkräften** zugänglich zu machen.

**Ersatzergebnisse, Ersatzmesswerte oder Ersatzbeobachtungen**, die ein Prüfling beim Misslingen eines Experiments oder einer anderen fachpraktischen Tätigkeit gegen Abzug von Bewertungseinheiten erhalten kann, werden zusammen mit dem Beobachtungsbogen am **Morgen des Prüfungstags** zum Download bereitgestellt.

**Es ist sicherzustellen, dass alle geltenden Sicherheitsbestimmungen beim experimentellen Arbeiten eingehalten werden können.**

Die praktischen Tätigkeiten sind von der prüfenden Fachlehrkraft vorher selbst durchzuführen.  
Für jeden Arbeitsplatz sind Geräte, Materialien und Chemikalien wie folgt zu planen:

### Leistungskurs Wahlaufgabe 3.1

Geräte:

- pH-Meter
- 2 Bechergläser (25 mL)
- Schere
- Knoblauchpresse

Materialien:

- Geldbaum-Blätter 12 Stunden belichtet – beschriftet mit **Geldbaum-Blätter a**
- Geldbaum-Blätter 12 Stunden in Dunkelheit - beschriftet mit **Geldbaum-Blätter b**

Vorbereitende Arbeiten:

Ein Geldbaum<sup>2</sup> (*Crassula ovata*) wird von ca. 8:00 Uhr (Sonnenaufgang) bis ca. 18:00 Uhr (Sonnenuntergang) auf eine lichtzugewandte Fensterbank unter zusätzlicher Belichtung (z. B. Schreibtischlampe, 40 W) gestellt. Danach werden die zu untersuchenden Blätter abgetrennt und in ein Gefrierfach gelegt, um Stoffwechselprozesse zu stoppen.

Die Pflanze wird dann von ca. 18:00 Uhr bis etwa 08:00 Uhr des Folgetages bei Dunkelheit gehalten (abgedunkeltes Zimmer oder unter einem ausreichend großen Karton. Dabei ist eine ausreichende CO<sub>2</sub>-Zufuhr sicherzustellen). Direkt im Anschluss werden Blätter entfernt und ebenfalls im Gefrierfach gelagert

Blätter werden jeweils in Aluminiumfolie eingewickelt eingefroren.

**Zur Prüfung sind die behandelten Blätter aufgetaut bereitzustellen.**

Hinweise:

Die Aufsicht führende Fachlehrkraft muss im Beobachtungsbogen ein **verbales Urteil** über Planung und Durchführung der Experimente abgeben.

Sollte die Messung der pH-Werte aus von einem Prüfling nicht selbst zu verantwortenden Gründen keine oder nachweisbar beeinträchtigte Daten liefern, ist seitens der Aufsicht führenden Fachlehrkraft für Ersatzmaterialien oder -geräte zu sorgen. Alternativ werden von dieser Lehrkraft die Ersatzbeobachtungen dem Prüfling zur Verfügung gestellt.

Prüflinge können sich überdies gegen Abzug von Bewertungseinheiten auf eigenes Verlangen die Versuchsergebnisse zur weiteren Bearbeitung der Aufgabe vorlegen lassen. Bei der vorliegenden Aufgabe erfolgt in diesem Fall der **Abzug von 6 BE**.

<sup>2</sup> Geldbäume sind ganzjährig in Bau- und Pflanzenmärkten erhältlich

Die praktischen Tätigkeiten sind von der prüfenden Fachlehrkraft vorher selbst durchzuführen.  
Für jeden Arbeitsplatz sind Geräte, Materialien und Chemikalien wie folgt zu planen:

### **Leistungskurs Wahlaufgabe 3.2**

Geräte:

- Reagenzglasständer,
- 2 Reagenzgläser
- 2 Pipetten
- 2 Bechergläser 100 mL

Materialien:

- ca. 50 mL Kuhmilch – beschriftet mit **Kuhmilch**
- ca. 50 mL Sojadrink („Sojamilch“) – beschriftet mit **Sojamilch**

Chemikalien:

- Lactase (glucosefreies Lactase Präparat)
- Glucose-Teststreifen mit entsprechender Referenz

Hinweise:

Die Aufsicht führende Fachlehrkraft muss im Beobachtungsbogen ein **verbales Urteil** über Planung und Durchführung der Experimente abgeben.

Sollten die Untersuchungen aus von einem Prüfling nicht selbst zu verantwortenden Gründen keine oder nachweisbar beeinträchtigte Daten liefern, ist seitens der Aufsicht führenden Fachlehrkraft für Ersatzmaterialien oder -geräte zu sorgen. Alternativ werden von dieser Lehrkraft die Ersatzbeobachtungen dem Prüfling zur Verfügung gestellt.

Prüflinge können sich überdies gegen Abzug von Bewertungseinheiten die Versuchsergebnisse zur weiteren Bearbeitung der Aufgabe vorlegen lassen. Bei der vorliegenden Aufgabe erfolgt in diesem Fall der **Abzug von 6 BE**.

**Weiterer Hinweis:**

**Notwendige Gefährdungsbeurteilungen werden zentral am Morgen des Prüfungstages zum Download bereitgestellt.**

### 3 Prüfungsaufgabenmuster

Sächsisches Staatsministerium  
für Kultus

ab Schuljahr 2024/25

Geltungsbereich:

- allgemeinbildendes Gymnasium
- Abendgymnasium und Kolleg
- schulfremde Prüflinge

---

## Schriftliche Abiturprüfung Leistungskursfach Biologie

### - Abiturähnliche Musteraufgaben -

#### Material für den Prüfling

### Pflichtaufgabe 1, Pflichtaufgabe 2 und Wahlaufgabe 3

---

#### Allgemeine Arbeitshinweise

**Pflichtaufgabe 1 und Pflichtaufgabe 2 sind von allen Prüflingen zu bearbeiten. Bei Wahlaufgabe 3 ist nur eine der zur Auswahl stehenden Aufgaben 3.1 oder 3.2 zu lösen.**

Ihre Gesamtarbeitszeit beträgt **315 Minuten**. Diese Angabe schließt bereits zusätzliche 15 Minuten für die Aufgabenauswahl und das Einrichten des Experimentierplatzes mit ein.

Bei jeder der zu bearbeitenden Aufgaben sind jeweils 40 Bewertungseinheiten (BE) erreichbar.

#### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch der deutschen Rechtschreibung
- im Unterricht eingeführtes Pflanzenbestimmungsbuch mit dichotomen Bestimmungsschlüssel ohne farbige Illustrationen und ohne Abbildung des gesamten Pflanzen-Habitus
- Tabellen- und Formelsammlung
- Zeichengeräte
- grafikfähiger, programmierbarer Taschenrechner mit oder ohne Computer-Algebra-System. Die Software eines solchen Taschenrechners oder eine vergleichbare Software kann auch auf einer anderen geschlossenen Plattform verwendet werden.
- Computer oder ein computergestütztes Messwerterfassungssystem einer geschlossenen Plattform im Falle einer entsprechenden Aufgabenstellung zur möglichen Nutzung. Es muss die jeweilige Software installiert sein, die der Prüfling im Unterricht für die Erfassung und Auswertung von Messwerten genutzt hat. Das Hilfsmittel wird für die experimentelle oder praktische Tätigkeit benötigt.

Handelt es sich bei den Hilfsmitteln um Wörterbücher, sind jeweils nichtelektronische und elektronische Wörterbücher zugelassen, sofern sie geschlossene Systeme ohne Möglichkeit der Speichererweiterung sind. Internetfähige Hilfsmittel sind ausgeschlossen.

Prüflinge, deren Herkunftssprache nicht oder nicht ausschließlich Deutsch ist, können zusätzlich in allen Prüfungsfächern ein zweisprachiges Wörterbuch (Deutsch-Herkunftssprache/Herkunftssprache-Deutsch) verwenden.

## Prüfungsinhalt

### Pflichtaufgabe 1

#### Thalassämie

Die  $\beta$ -Thalassämie ist eine erbliche Form der Blutarmut, die auf Zypern stark verbreitet ist. Seit wenigen Jahren gibt es eine Therapie, die sich gentechnische Verfahren zu Nutze macht.

	<b>BE</b>
<b>1</b> Beschreiben Sie die bei A in der Zeichnung ablaufenden Vorgänge in einer eucyten Stammzelle auf molekularer Ebene (M 3, Abb. 2).	11
<b>2</b> Erklären Sie die gentechnische Veränderung von Stammzellen durch Zynteglo® auf zellulärer und molekularer Ebene (M 1, M 3, Abb. 2).	8
<b>3</b> Stellen Sie je eine begründete Hypothese auf, woran es liegen könnte, dass nicht alle behandelten Patienten auf die Therapie mit Zynteglo® ansprechen und sogar schwerwiegende Nebenwirkungen denkbar sind. (M 3).	4
<b>4</b> Begründen Sie, welcher der beiden dargestellten Familienstammbäume sich auf die Vererbung von $\beta$ -Thalassämie beziehen könnte. Geben Sie für diesen Stammbaum alle möglichen Genotypen der Personen 1 bis 6 an (M 2, Abb. 1, M 4).	7
<b>5</b> Bewerten Sie aus ethischer Sicht das Eugenik-Programm Zyperns zur Eindämmung der $\beta$ -Thalassämie (M 4) auf Grundlage von je zwei Pro- und Kontraargumenten.	10

## Prüfungsinhalt

### Material Pflichtaufgabe 1

#### Material 1: Thalassämien und die Gentherapie mit Zynteglo®

Als Thalassämien (griechisch für „Mittelmeeranämie“) werden Erbkrankheiten bezeichnet, bei denen durch einen Gendefekt der rote Blutfarbstoff Hämoglobin nicht ausreichend gebildet bzw. gesteigert abgebaut wird. Die verschiedenen Thalassämie-Varianten werden nach den Globinen benannt, die in nicht ausreichender Menge vorliegen:  $\alpha$ - und  $\beta$ -Thalassämien. Die meisten Mutationen treten vor allem in einstigen Malariagebieten im Mittelmeerraum (Malta, Sardinien, Sizilien, Griechenland, Zypern, Türkei) auf. Auf Zypern ist die Erbkrankheit besonders häufig (siehe M 3). Thalassämien können schon wenige Monate nach der Geburt schwere Krankheitssymptome hervorrufen, nämlich sobald der Organismus anstatt des fetalen Hämoglobins HbF das Hämoglobin A0, welches aus zwei  $\alpha$ - und zwei  $\beta$ -Ketten besteht, produzieren sollte. Zu diesen Krankheitssymptomen zählen u. a. Wachstumsstörungen, Fehlbildungen innerer Organe, Knochenbrüchigkeit, Atemnot sowie schwerer Blutmangel. Zentrales Element einer Therapie sind deshalb lebenslange, regelmäßige Bluttransfusionen, die jedoch wegen der damit verbundenen Anreicherung von Eisen-Ionen in Organen wie Leber oder Herz nicht unproblematisch sind. Gentherapeutische Ansätze, wie sie in den letzten Jahren entwickelt wurden, zielen hingegen darauf ab, den vorliegenden genetischen Defekt zu beheben. Zynteglo® ist eine solche Gentherapie. Bei ihr wird in einem ersten Schritt das Erbgut von Blutstammzellen verändert. Diese Zellen werden Patienten entnommen und im Labor mit Lentiviren behandelt, die als Genfähren fungieren (M 3). Die veränderten Blutstammzellen werden dann einmalig direkt in das Blut gegeben. Für das Gelingen der Therapie müssen sich die Patienten zuvor einer Chemotherapie unterziehen.

#### Material 2: Familienstammbäume

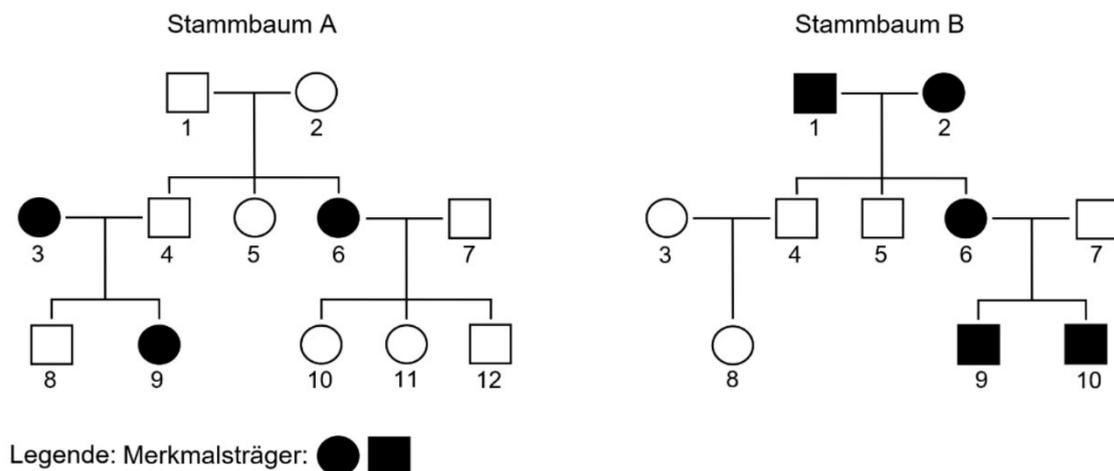


Abb. 1: Zwei Familienstammbäume, IQB

### Material 3: Lentivirale Vektoren

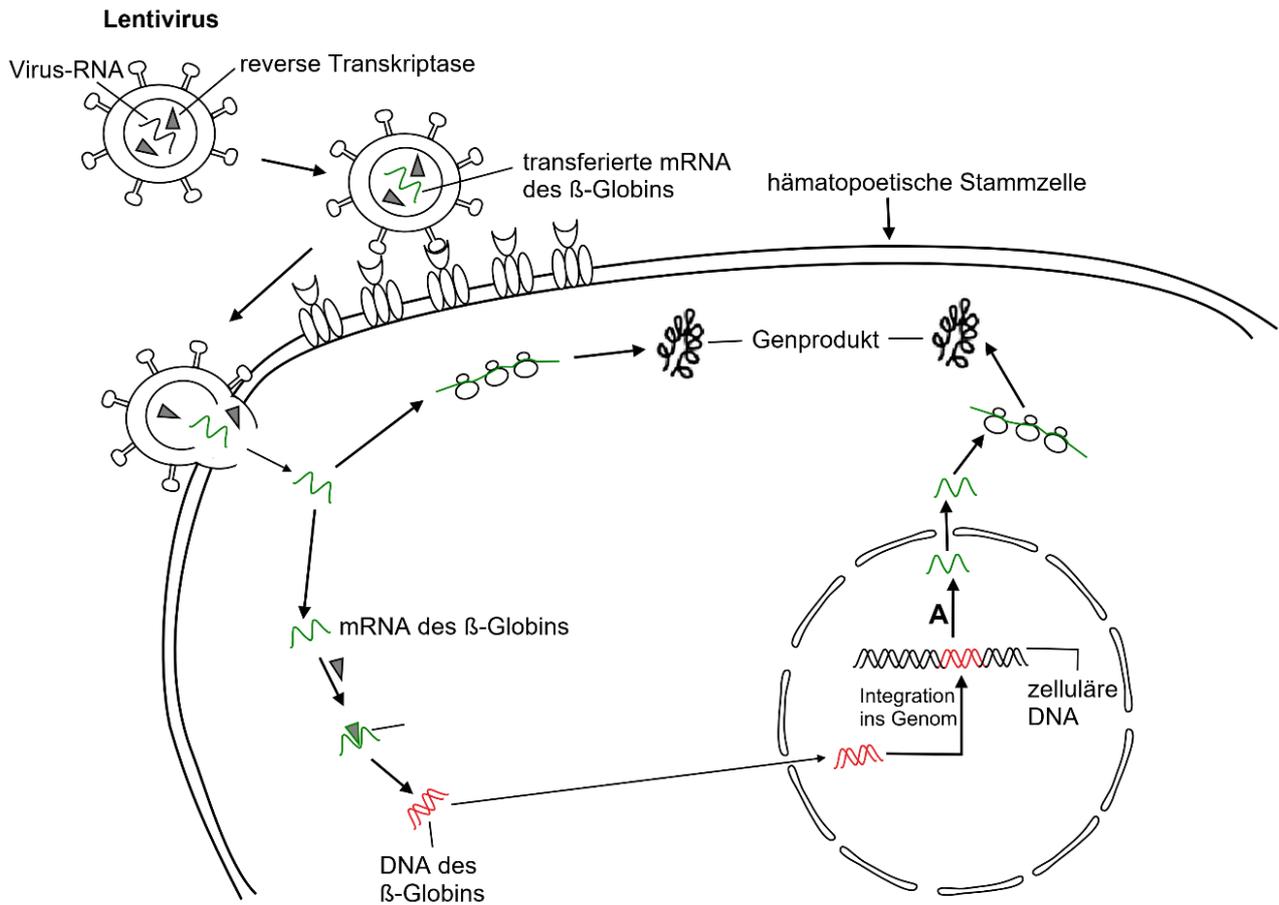


Abb. 2: Wirkungsweise von Zynteglo® auf der Basis von lentiviralen Vektoren, in Anlehnung an: <https://microbewiki.kenyon.edu>.

### Material 4: Eugenik auf Zypern

Zypern ist ein Land mit besonders häufigem Auftreten der  $\beta$ -Thalassämie. Einer von sieben Einwohnern des Landes trägt die defekte Erbinformation, ohne selbst erkrankt zu sein. Sind beide Eltern Konduktoren, beträgt das Risiko für ein Kind, an Thalassämie zu erkranken, 25 Prozent. Auch wenn die Erkrankung unbehandelt tödlich verläuft, ist ein Überleben bis ins Erwachsenenalter möglich, jedoch nur mit beträchtlichem Aufwand, nämlich wöchentlichen Bluttransfusionen und teuren Medikamenten. Durch diese Maßnahmen verlängert sich die Überlebenszeit der Erkrankten erheblich. Weil dadurch die Zahl der zu behandelnden Personen allerdings stetig zunimmt, brachte dies die Ressourcen des Gesundheitswesens auf Zypern an ihre Grenzen. In den 1970er Jahren wurde beispielsweise ein Fünftel des zypriotischen Gesundheitshaushaltes für Medikamente zur Behandlung von Thalassämie ausgegeben, die genauso wie die Bluttransfusionen den Betroffenen kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Seit 1976 gibt es daher auf Zypern ein für die Einwohner freiwilliges und ebenfalls kostenloses Eugenik-Programm, um eine weitere Zunahme der Thalassämie-Erkrankungen zu verhindern. Nahezu jeder erwachsene Einwohner weiß auf Grund eines Gentests, ob er oder sie Konduktor für den Gendefekt ist. Das Programm beinhaltet auch die genetische Beratung von Paaren mit Kinderwunsch sowie das Angebot einer Pränataldiagnostik. Rund ein Viertel dieser untersuchten Schwangerschaften wird daraufhin abgebrochen. Da in den 1970er Jahren viele Einwohner Zyperns entweder selbst von Thalassämie betroffen waren oder betroffene Familienangehörige hatten, stieß diese freiwillige Eugenik auf eine prinzipiell breite Akzeptanz. Die Maßnahmen führten dazu, dass zum einen die Zahl der erkrankten Neugeborenen beträchtlich sank und zum anderen Lebensdauer und Lebensqualität der Patienten anstiegen.

## Prüfungsinhalt

### Pflichtaufgabe 2

#### Schmerz

Schmerz gehört zu unseren möglichen, wenngleich unangenehmen Sinneswahrnehmungen. Gleichwohl verfügt unser Organismus über Möglichkeiten zur Schmerzhemmung. Außerdem ist Schmerz neurobiologisch gut erforscht und es gibt wirksame Schmerzmittel in der Medizin.

	<b>BE</b>
1 Beschreiben Sie die molekularen Vorgänge bei Entstehung und Verlauf eines Aktionspotenzials am Axon eines Neurons (M 5).	8
2 Stellen Sie ein Verfahren zur Messung von Aktionspotenzialen an Axonen dar. Vergleichen Sie die Aktionspotenziale der Testgruppen auch unter Berücksichtigung der Codierung des jeweiligen Schmerzreizes (M 5).	10
3 Erläutern Sie den Einfluss von Oxytocin auf die Schmerzwahrnehmung (M 6).	8
4 Erklären Sie die Wirkungsweise von Lidocain an einer Nervenzelle (M 7).	6
5 Beurteilen Sie die Nutzbarkeit verschiedener Anästhesieverfahren zur Behandlung von Phantomschmerzen nach Amputation eines Raucherbeins (M 7, M 8).	8

## Prüfungsinhalt

### Material Pflichtaufgabe 2

#### Material 5: Aktionspotenziale bei chronischen Schmerzen

Für die Medizin ist das Phänomen Schmerz von Interesse. In einer Studie wurde die Frage untersucht, welche neurophysiologischen Auswirkungen chronische Schmerzen im peripheren Nervensystem haben. Dazu wurden Kniegelenke von Ratten einer Testgruppe durch Injektion von reizenden Substanzen in den Zustand einer chronischen Gelenkentzündung versetzt. Anschließend hat man bei diesen Tieren sowie bei Ratten aus einer unbehandelten Kontrollgruppe leichte Schmerzreize am Knie gesetzt. Die Ergebnisse der nachfolgend ermittelten Erregung von Nervenfasern auf Höhe des Rückenmarks sind in Abb. 3 aufgezeigt.

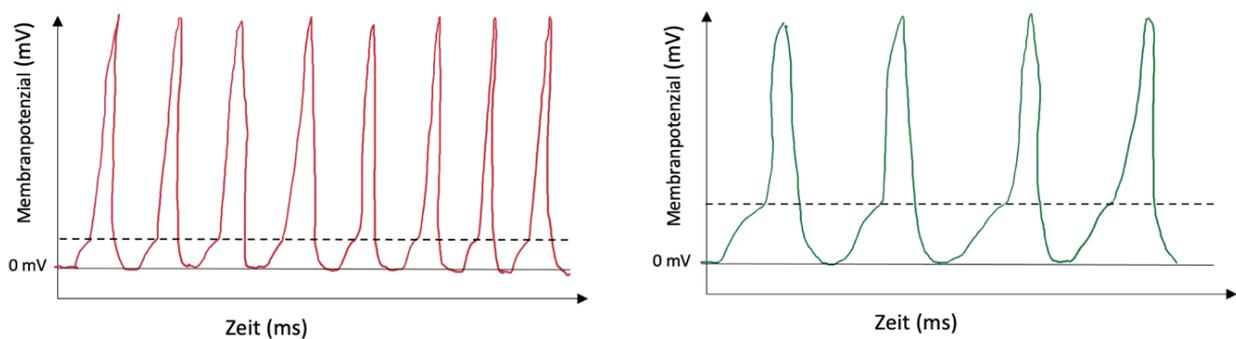


Abb. 3: Aktionspotenziale in Axonen von Schmerzrezeptoren (rot/links: Testgruppe; grün/rechts: Kontrollgruppe), in Anlehnung an Bird et al., 2006, S. 3ff.

#### Material 6: Einfluss von Oxytocin auf die Schmerzwahrnehmung

Oxytocin ist ein Hormon, das in der Hirnanhangdrüse (Hypothalamus) produziert wird. Forschende fragen sich, ob Oxytocin eine Rolle bei der Schmerzwahrnehmung spielt. Es ist seit Längerem bekannt, dass bei Schmerzpatienten eine erhöhte Konzentration des Hormons im Blut gemessen werden kann. Ergebnisse neuerer Forschungsdaten zu diesem Phänomen sind in der nachfolgenden Abb. 4 dargestellt.

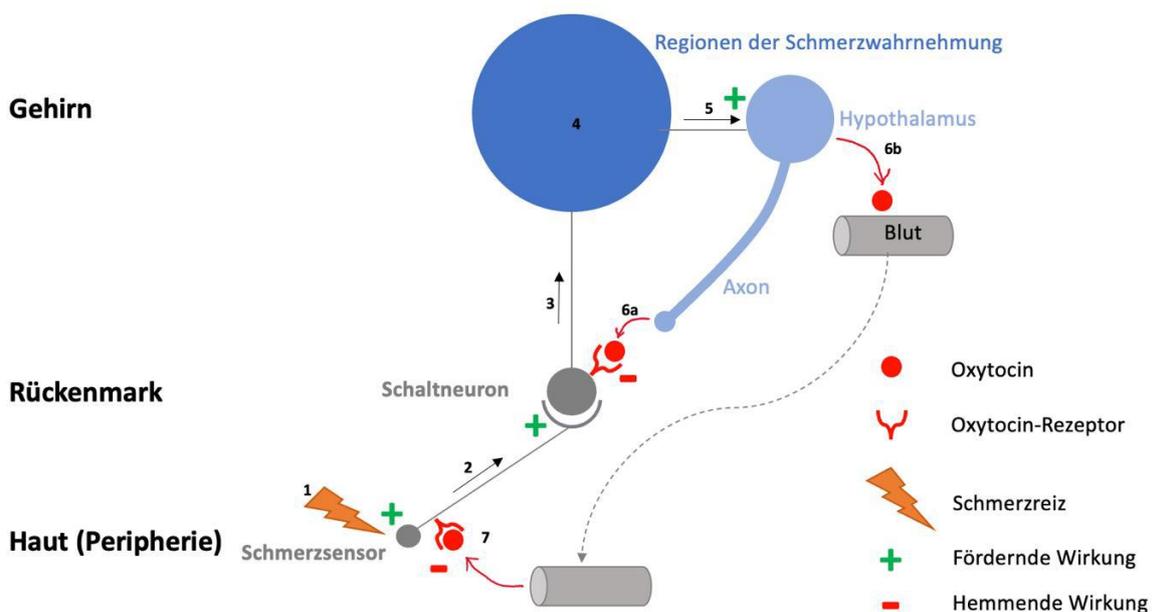


Abb. 4: Einfluss von Oxytocin auf die Schmerzwahrnehmung (schematisch), IQB

## Material 7: Lokalanästhesie

Das Reinigen und Nähen, selbst kleinerer Wunden, kann schon starke Schmerzen verursachen. Durch eine örtliche Betäubung (Lokalanästhesie) kann die Wundversorgung schmerzfrei erfolgen. Dazu injiziert man beispielsweise das Lokalanästhetikum Lidocain rund um eine Wunde und somit in die Umgebung von Schmerzrezeptoren. Abb. 5 und 6 zeigen die Wirkung.

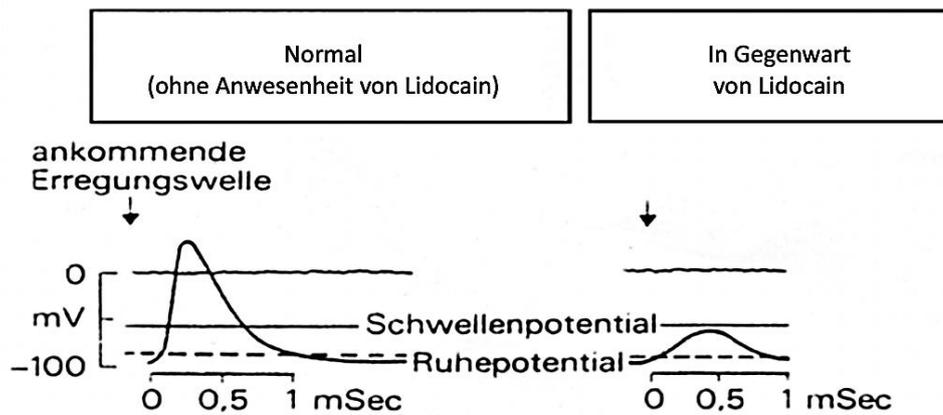


Abb. 5: Schematische Darstellung des Erregungsvorgangs an der Nervenmembran vor und nach Einwirkung von Lokalanästhetika, Aktories et al., 2017, S. 235.

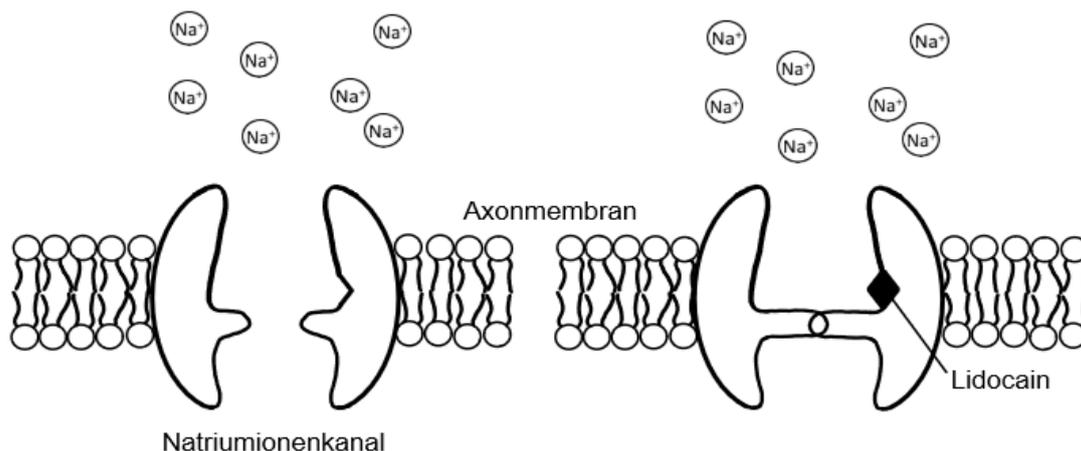


Abb. 6: Vereinfachte Darstellungen zur Wirkung von Lidocain, IQB

## Material 8: Phantomschmerz

Nach Amputation berichten Patienten oft über Schmerzempfindungen in den amputierten Körperteilen. Solche Schmerzen bezeichnet man in der Medizin als Phantomschmerzen.

Operative Eingriffe können nur unter Anästhesie (altgriechisch, Empfindungslosigkeit) durchgeführt werden. Bei einer *Allgemeinanästhesie* erhalten Patienten neben Schlaf- auch Schmerzmedikamente, meist Opiode. Diese binden an bestimmte Rezeptoren im Gehirn, wodurch die Schmerzwahrnehmung während des operativen Eingriffs stark herabgesetzt wird. Die Anästhetika führen aber auch zu einem Bewusstseinsverlust und zu Einschränkungen bei vegetativen Funktionen, wie der Atmung. Die *Regionalanästhesie* ermöglicht durch eine vorübergehende Injektion von Lokalanästhetika (M 7) um größere Nervenfaserbündel herum die Betäubung größerer Körperregionen. Eine typische Variante ist die Spinalanästhesie. Dabei wird eine Kanüle zwischen zwei Wirbelkörper der unteren Lendenwirbelsäule hindurch eingeführt, um dort das Rückenmark mit einem Lokalanästhetikum zu umspülen. Da auf dieser Höhe die Nerven des Unterbauchs, der Leiste und der Beine vom Rückenmark abgehen, können Operationen in diesen Körperbereichen gut durch dieses Betäubungsverfahren durchgeführt werden.

## Prüfungsinhalt

### Wahlaufgabe 3

Wählen Sie zwischen den Aufgaben 3.1 und 3.2. Bearbeiten Sie nur **eine** dieser.

#### Aufgabe 3.1

##### C<sub>4</sub>- und CAM- Pflanze

Grüne Pflanzen sind hinsichtlich ihrer Kohlenstoff-Fixierung an spezielle Standorte angepasst.

	<b>BE</b>
1 Beschreiben Sie die dargestellten Ergebnisse (M 9, Abb. 7).	8
2 Erklären Sie die Geschmackswahrnehmung von sauer zu süß (M 9, M 10, M 11).	6
3 Vergleichen Sie die strukturellen und funktionellen Aspekte der Kohlenstoff-Fixierung bei CAM- Pflanzen und C <sub>4</sub> - Pflanzen (M 11).	10
4 Stellen Sie eine Hypothese zur stoffwechselphysiologischen Anpasstheit der Blätter des Geldbaums an die Wasserverfügbarkeit im Lebensraum auf (M 11, M 12). Führen Sie zur Bestätigung Ihrer Hypothese ein Experiment mit den vorliegenden Materialien durch und fertigen Sie ein Protokoll an (M 13). Entsorgen Sie alle Materialien und Chemikalien gemäß den Vorgaben und stellen Sie den Arbeitsplatz wieder her.	16
<i>Sollte Ihnen die Untersuchung nicht gelingen, so können Sie bei der Lehrkraft Ersatzmesswerte anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden 6 BE nicht erteilt.</i>	

## Prüfungsinhalt

### Material Aufgabe 3.1

#### Material 9: Stoffaustausch bei Dickblattgewächsen

Kakteen, Ananas, Brutblatt und andere Dickblattgewächse kommen an trockenen und heißen Standorten vor (vgl. M 11).

Forscherteams interessierten sich für die Anpassungen der Photosynthese an solche Lebensräume. Sie haben bei *Opuntia ficus* – einer Kakteenart – den Stoffaustausch durch die Stomata der Laubblätter ermittelt.

Die Ergebnisse sind in Abb. 7 gezeigt.

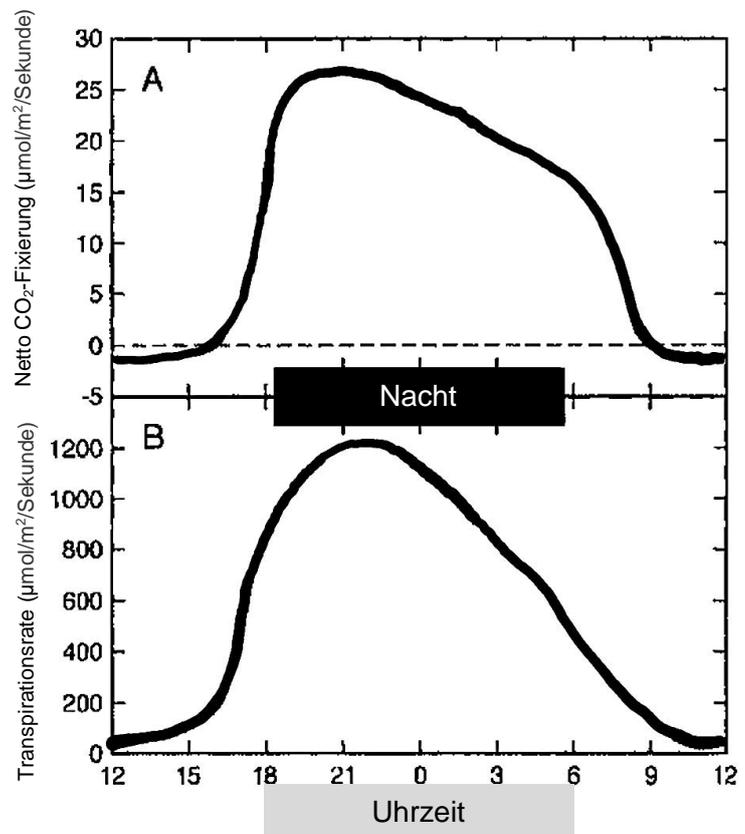


Abb. 7: Stoffaustausch bei *Opuntia ficus*, IQB, in Anlehnung an Nobel, 2001

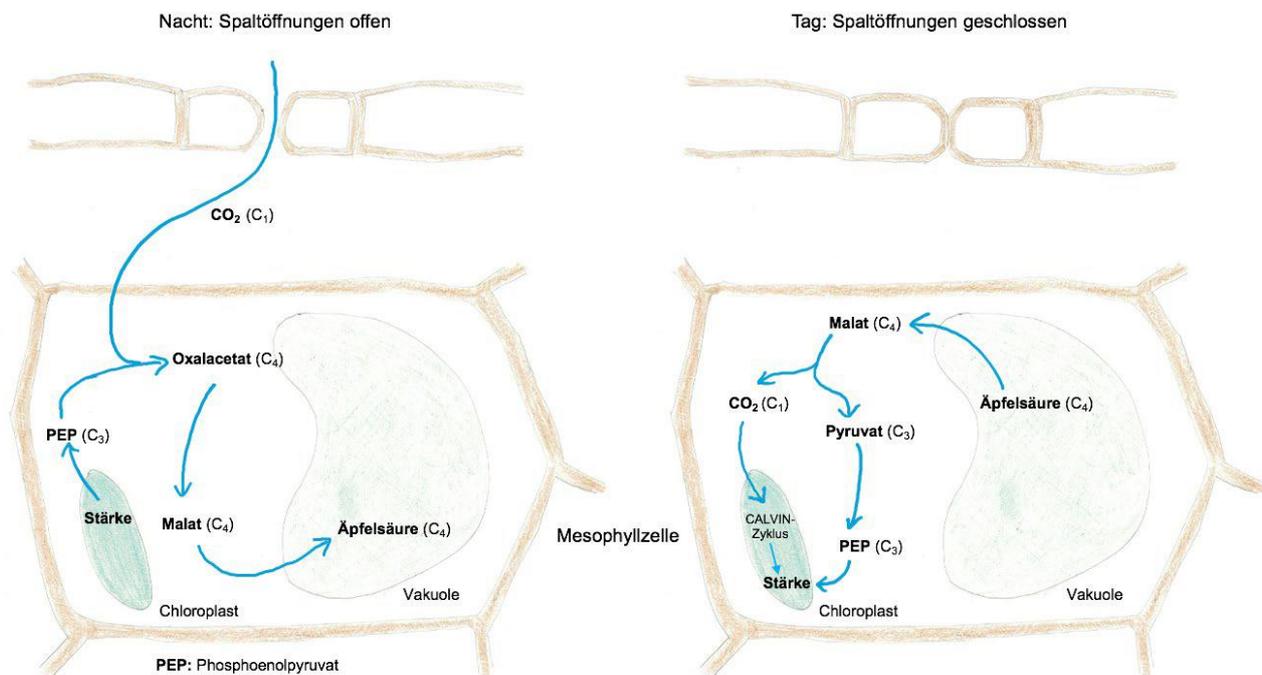
#### Material 10: Säuerlich oder süß?

Der Dresdner Forscher Benjamin Heyne fand 1813 heraus, dass der Geschmack der Blätter des Brutblattes (*Cotyledon calycina*) im Tagesverlauf veränderlich ist. In einem Brief schrieb er, dass die sehr dicken, fleischigen Blätter von *Cotyledon calycina* am Morgen so sauer wie Sauerampfer sind, wenn nicht sogar saurer. Im Verlauf des Tages würden sie hingegen ihren Säuregehalt verlieren und gegen Nachmittag, so weitere Beobachtungen, leicht süßlich schmecken.

Quelle: IQB, in Anlehnung an Heyne, 1816

#### Material 11: Anpasstheit an Trockenheit: Stoffwechsel bei Dickblattgewächsen

Verdursten oder verhungern: Für grüne Pflanzen bergen trockene und heiße Lebensräume kontinuierlich die Gefahr des erhöhten Wasserverlustes. Durch geschlossene Spaltöffnungen kann Wasserverlust zwar reduziert werden, allerdings unterbleibt dann die notwendige CO<sub>2</sub>- Aufnahme. Pflanzen aus der Familie der Dickblattgewächse (*Crassulaceae*) zeigen bezüglich des Gas- und Wasseraustausches spezifische Anpassungen. Sie besitzen in der Regel dicke fleischige Blätter. Deren Gewebe besteht neben den oberen und unteren Epidermiszellen v. a. aus sogenannten Mesophyllzellen. Diese können zum einen Wasser effektiv speichern. Überdies verfügen sie über eine physiologische Anpasstheit hinsichtlich der Fixierung und Verwertung von Kohlenstoffdioxid (vgl. Abb. 8). Dieser wird als Crassulaceensäurestoffwechsel (kurz CAM von Crassulacean Acid Metabolism) bezeichnet. Entsprechend nennt man Pflanzenarten wie das Brutblatt (*Cotyledon calycina*) CAM-Pflanzen.



Hinweis  
In der Vakuole spaltet Äpfelsäure H<sup>-</sup>-Ionen ab, es entstehen folglich H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>-Ionen.

Abb. 8: Fixierung und Nutzung von Kohlenstoffdioxid in CAM- Pflanzen, IQB, in Anlehnung an Raven, Evert & Eichhorn

## Material 12: Geldbaum

Der Geldbaum (s. Abb. 9) wird bei uns als Zierpflanze in Gärten und vor allem als leicht zu haltende Zimmerpflanze verwendet. Das natürliche Vorkommen erstreckt sich über vorwiegend trockene Regionen im Süden Südafrikas. Der Geldbaum wächst als dickstämmiger, stark verzweigter, immergrüner Strauch und erreicht Wuchshöhen von bis zu 2,5 Meter. Die grünen, fleischig verdickten Laubblätter sind kurz gestielt und an den Rändern rötlich gefärbt.



Abb. 9: Geldbaum mit seinen charakteristisch verdickten Blättern, Unsplash, 2019

## Material 13: Untersuchungsmaterialien

Folgende Materialien stehen Ihnen für eine Untersuchung der aufgestellten Hypothese zur Verfügung (über Anforderung an der Materialentke erhältlich).

### Geräte:

2 Bechergläser (25 mL), Schere, Knoblauchpresse, pH-Meter

### Vorbehandelte Blätter eines Geldbaums:

- Blätter a: (12 h tagsüber bei Raumtemperatur belichtet)
- Blätter b: (12 h nachts bei Raumtemperatur in völliger Dunkelheit)

## Prüfungsinhalt

### Wahlaufgabe 3

Wählen Sie zwischen den Aufgaben 3.1 und 3.2. Bearbeiten Sie nur **eine** dieser.

#### Aufgabe 3.2

##### Lactase

Milch und Milchprodukte sind aufgrund ihres Gehaltes an Proteinen und Kohlenhydraten wichtige Grundnahrungsmittel. Diese Nährstoffe sind für den menschlichen Organismus unentbehrlich und haben Bedeutung sowohl im anabolen als auch im katabolen Stoffwechsel.

	<b>BE</b>
<b>1</b> Fertigen Sie eine beschriftete schematische Darstellung des Zellorganells an, in dem die energiefreisetzenden Prozesse ablaufen.	6
<b>2</b> Planen Sie ein Experiment zur Untersuchung der Substratspezifität von Lactase. Führen Sie das Experiment durch und erstellen Sie ein Protokoll (M 14). Entsorgen Sie alle Materialien und Chemikalien gemäß den Vorgaben und stellen Sie den Arbeitsplatz wieder her.  <i>Bei Misslingen des Experiments können Sie sich die Beobachtungsergebnisse gegen Abzug von 6 BE zur Verfügung stellen lassen.</i>	12
<b>3</b> Ermitteln Sie alle möglichen Erbgänge der im Stammbaum dargestellten Vererbung genetisch bedingter Lactoseintoleranz. Begründen Sie den Ausschluss aller anderen Erbgänge (M 16).	8
<b>4</b> Erklären Sie die proximalen Ursachen der Lactoseintoleranz auf Molekülebene sowie auf Ebene des Organismus (M 15).	4
<b>5</b> Stellen Sie die Prozesse der Atmungskette in einem Fließbild dar und kennzeichnen Sie den möglichen Wirkort von Kohlenstoffmonooxid. Erläutern Sie die stoffwechselphysiologischen Folgen der Kohlenstoffmonooxideinwirkung (M 17).	10

## Prüfungsinhalt

### Material Aufgabe 3.2

#### Material 14: Lactoseabbau

Kuhmilch enthält ca. 48 g/L Lactose (Milchzucker). Sojamilch enthält etwa 20 g/L Saccharose (Rübenzucker). Lactose und Saccharose sind Disaccharide (Zweifachzucker) und werden im Darm durch die Enzyme Lactase bzw. Saccharase gespalten. Ihre Monomere können dann im Dünndarm resorbiert werden.

Lactose besteht aus den Monomeren Glucose und Galactose, während Saccharose aus Glucose und Fructose aufgebaut ist. Unter experimentellen Bedingungen, bei Raumtemperatur und im Reagenzglas, dauert es mindestens 10 Minuten bis deutliche Mengen der Monomere nachgewiesen werden können.

Folgende Geräte, Materialien und Chemikalien stehen Ihnen zur Verfügung.

Geräte:

- Reagenzglasständer, 2 Reagenzgläser, 2 Pipetten, 2 Bechergläser 100 mL für Milchproben

Materialien:

- je ca. 50 mL Kuhmilch und Sojamilch

Chemikalien:

- Lactase, Glucose-Teststreifen

#### Material 15: Lactoseintoleranz

Aus genetischen Gründen kann der Abbau von Lactose bzw. Saccharose im menschlichen Darm gestört sein. Menschen mit Lactoseintoleranz leiden häufig unter Verdauungsbeschwerden wie Durchfall und Bauchschmerzen, wenn sie Milchprodukte konsumieren.

Diese Beschwerden entstehen durch unverdaute Lactosemoleküle, die im Dickdarm zu bakteriellen gasförmigen Gärungsprodukten wie Kohlenstoffdioxid und Methan führen.

Ursache des Lactasemangels ist der Austausch von Cytosin gegen Thymin an der Stelle 13910 im Lactase-Gen.

Quelle: Laktoseintoleranz - IMD Institut für medizinische Diagnostik, Labor ([imd-berlin.de](http://imd-berlin.de))

#### Material 16: Vererbung von Lactoseintoleranz

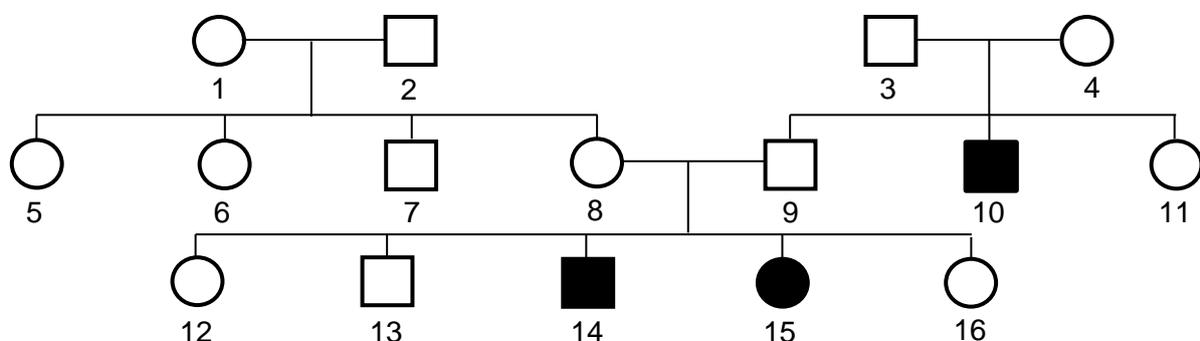


Abb. 10: Stammbaum einer Familie mit Lactoseintoleranz

### **Material 17: Hemmung der Zellatmung**

Das Monomer Glucose wird in den einzelnen Schritten der Zellatmung abgebaut und so zur Energiebereitstellung in der Zelle genutzt.

Der Komplex IV in der Atmungskette ist die Cytochrom-c-Oxidase. An dieser erfolgt die Reduktion des Sauerstoffs zu Wasser. Kohlenstoffmonoxid ist ein Zellgift, welches an die Häm-Gruppe der Oxidase bindet und so den Elektronentransport blockiert. Die Folge ist ein Elektronenstau. Dies führt zu einer Verringerung der Sauerstoffaufnahme.

*Quelle: Atmungskette (chemie.de)*

# 4 Beobachtungsbögen und Ersatzlösungen

Chiffre: .....

Kennzahl: .....

## Beobachtungsbogen Leistungskurs Biologie

### Wahlaufgabe 3.1: C<sub>4</sub>- und CAM- Pflanzen

Schwerpunkte	Einschätzung der Fachlehrkraft	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Extraktion des Blattsaftes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zwei Proben Blattextrakt ohne Vermischen hergestellt</li> <li>- Reinigung der Saftpresse zwischen der Herstellung beider Proben</li> </ul> </li> </ul>	→ ..... ..... .....	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nutzung des pH-Meters</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Messelektrode korrekt in Testlösung gehalten</li> <li>- Messelektrode vor und nach der Messung mit <i>Aqua dest.</i> abgespült</li> <li>- Ermittelte Werte korrekt übernommen und sachgerecht zugeordnet</li> </ul> </li> </ul>	→ ..... ..... ..... .....	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dokumentieren/Protokollieren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbeitsschritte und Messwerte sachgerecht dokumentiert</li> </ul> </li> </ul>	→ ..... .....	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Entsorgung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- entsorgt Materialien und Chemikalien gemäß den Vorgaben</li> <li>- Wiederherstellung des Arbeitsplatzes</li> </ul> </li> </ul>	→ ..... ..... .....	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ersatzmesswerte vom Prüfling gegen Abzug von 6 BE angefordert</b></li> </ul>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>

Besondere Hinweise:

.....

.....

.....

.....

## Ersatzmesswerte

Folgende Messwerte sind zu erwarten:

Belichtete Blätter  
(Simulation von „Tag“):

- Blatt 1: pH = 5,4
- Blatt 2: pH = 5,0
- Blatt 3: pH = 5,6

Blätter in Dunkelheit  
(Simulation von „Nacht“):

- Blatt 1: pH = 4,5
- Blatt 2: pH = 4,2
- Blatt 3: pH = 4,9

Bei Nutzung der Ersatzmesswerte werden 6 BE für die Untersuchung nicht erteilt.

Chiffre: .....

Kennzahl: .....

**Beobachtungsbogen Leistungskurs Biologie**

**Wahlaufgabe 3.2: Lactase**

Schwerpunkte	Einschätzung der Fachlehrkraft	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Experimentelles Planen</b><ul style="list-style-type: none"><li>- geeignet entsprechend der Aufgabenstellung</li></ul></li></ul>	→ ..... ..... .....	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Experimentelles Arbeiten</b><ul style="list-style-type: none"><li>- planvoll und zielgerichtet selbstständig</li><li>- beachtet Sicherheitsbestimmungen</li></ul></li></ul>	→ ..... ..... ..... .....	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Dokumentieren/Protokollieren</b><ul style="list-style-type: none"><li>- Arbeitsschritte und Messwerte sachgerecht dokumentiert</li></ul></li></ul>	→ ..... ..... .....	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Entsorgung</b><ul style="list-style-type: none"><li>- entsorgt Materialien und Chemikalien gemäß den Vorgaben</li><li>- Wiederherstellung des Arbeitsplatzes</li></ul></li></ul>	→ ..... ..... .....	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Ersatzbeobachtungen vom Prüfling gegen Abzug von 6 BE angefordert</b></li></ul>	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>

**Besondere Hinweise:**

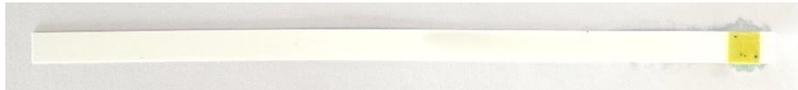
.....

.....

.....

## Ersatzbeobachtungen

Folgende Beobachtungen sind zu erwarten:

<p>Glucoseteststreifen (unbenutzt)</p>	
<p>Referenzwerte auf der Verpackung</p>	
<p>Glucoseteststreifen nach ca. 60 Sekunden in unbehandelter Kuhmilch</p>	
<p>Glucoseteststreifen nach ca. 60 Sekunden in Kuhmilch, die 10 Minuten mit Lactase behandelt wurde</p>	
<p>Glucoseteststreifen nach ca. 60 Sekunden in unbehandelter Sojamilch</p>	
<p>Glucoseteststreifen nach ca. 60 Sekunden in Sojamilch, die 10 Minuten mit Lactase behandelt wurde</p>	

Bei Nutzung der Ersatzbeobachtungen werden 6 BE für die Untersuchung nicht erteilt.

**Farbdruck ist erforderlich.**

## 5 Erwartungshorizonte

### Erwartungshorizont Pflichtaufgabe 1: Thalassämie

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe **eine mögliche Lösung** dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p>Beschreiben Sie die bei A in der Zeichnung ablaufenden Vorgänge in der eucyten Stammzelle auf molekularer Ebene (M 3, Abb. 2).</p> <p>Beschreibung des molekularen Ablaufs der Transkription: Anheften des Enzyms RNA-Polymerase an Promotor-Region, lokale Entspiralisierung und Trennung des DNA-Doppelstrangs, Synthese eines komplementären mRNA-Moleküls zum codogenen Strang der DNA in 3' → 5'- Leserichtung, Ablösen der RNA-Polymerase und vollständige Freisetzung der prä-mRNA bei Erreichen der Terminator-Sequenz, Spleißen, Freisetzung gereifter β-Globin-m-RNA</p>	11		
2	<p>Erklären Sie die gentechnische Veränderung von Stammzelle durch Zynteglo® auf zellulärer und molekularer Ebene (M 1, M 3, Abb. 2).</p> <p>Erklärung: Methode arbeitet mit Lentiviren, die an Zellrezeptoren der Stammzellen binden können, dies ermöglicht das Einschleusen der transferierten mRNA des β-Globins und der reversen Transkriptase; dies eröffnet zwei Möglichkeiten der Expression: direkte Translation der mRNA bzw. Erstellung eines DNA-Transkripts durch reverse Transkriptase, Einschleusen des Transkripts in den Zellkern und Integration ins Genom, Proteinbiosynthese von β-Globin</p>		8	
3	<p>Nicht alle behandelten Patienten sprechen auf die Therapie mit Zynteglo® an und es sind sogar schwerwiegende Nebenwirkungen denkbar. Stellen Sie je eine begründete Hypothese auf, woran das liegen könnte (M 3).</p> <p>Formulieren einer Hypothese zum Nicht-Ansprechen auf die Therapie, z. B. Veränderung des Rezeptors für die Lentiviren.</p> <p>Formulieren einer Hypothese zum Auftreten von Nebenwirkungen, z. B. aufgrund eines Fehleinbaus des Gens (Off-Target-Einbau).</p>			2 2
4	<p>Begründen Sie, welcher der beiden dargestellten Familienstammbäume sich auf die Vererbung von β-Thalassämie beziehen könnte. Geben Sie für diesen Stammbaum alle möglichen Genotypen der Personen 1 bis 6 an (M 2, Abb. 1, M 4).</p> <p>Vorliegen eines autosomal-rezessiven Erbgangs aufgrund der Erkrankungswahrscheinlichkeit von 25 % für ein Kind nichterkrankter Eltern, die den Gendefekt tragen</p> <p>Begründung, dass Stammbaum B ausgeschlossen werden kann, über die Personenkonstellation 1, 2 und 4 bzw. 5</p>		2 2	

	Angabe aller passenden Genotypen der Personen 1 bis 6 im Stammbaum A: 1 und 2: Aa, 3: aa, 4: Aa, 5: AA/Aa, 6: aa		3	
5	<p><i>Bewerten Sie aus ethischer Sicht das Eugenik-Programm Zyperns zur Eindämmung der <math>\beta</math>-Thalassämie (M 4) auf Grundlage von je zwei Pro- und Kontraargumenten.</i></p> <p>Formulieren von zwei Pro- und Contra-Argumenten, die sowohl eine deskriptive als auch normative Prämisse beinhalten, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nach der Regelung in Zypern können Schwangerschaften bei Vorliegen einer <math>\beta</math>-Thalassämie abgebrochen werden. Ungeborenes Leben ist in jedem Fall schützenswert. Deshalb ist dieses Vorgehen ethisch nicht vertretbar</li> <li>- Bei einem Schwangerschaftsabbruch entstehen zusätzliche gesundheitliche Risiken für die Frau, welche ohne dieses Programm nicht auftreten, weshalb das Programm ethisch bedenklich ist</li> <li>- Die Kosten der Behandlung von <math>\beta</math>-Thalassämie sind eine große Belastung für das Gesundheitssystem, wodurch andere Bereiche dieses Gesundheitssystems unterversorgt werden. Weil gleichberechtigte Gesundheitsversorgung dadurch nicht mehr gewährleistet bleibt, ist das Vorgehen Zyperns vertretbar.</li> <li>- Menschen mit <math>\beta</math>-Thalassämie sowie deren Angehörige werden in ihrem Leben viel gesundheitliches Leid erfahren (z. B. Atemnot, Knochenbrüchigkeit). Leidvermeidung ist ein hoher moralische Wert. Demgemäß ist ein Schwangerschaftsabbruch nach diesem Wert moralisch legitim.</li> </ul> <p>Ausweisen einer Hierarchisierung der tangierten Werte und eigene Schlussfolgerung auf dieser Grundlage.</p>		4	4
			2	
	<b>Summe</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>8</b>
	<b>Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent</b>	<b>27,5</b>	<b>52,5</b>	<b>20</b>

**Standardbezug<sup>1</sup>**

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	2, 6		3	
2	1		9	
3	1			
4		3	2	
5				1, 2, 4, 7, 9

<sup>1</sup> Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

## Erwartungshorizont Pflichtaufgabe 2: Schmerz

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe **eine mögliche Lösung** dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p><i>Beschreiben Sie die molekularen Vorgänge bei Entstehung und Verlauf eines Aktionspotenzials am Axon eines Neurons (M 5).</i></p> <p>Die Beschreibung umfasst wesentliche Veränderungen der Membranleitfähigkeit für Natrium- und Kaliumionen und die daraus resultierenden Ionenströme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Durch Reizspannung erfolgt Depolarisierung der sich im Ruhepotenzial befindlichen Membran. Durch Öffnung einzelner Na<sup>+</sup>-Kanäle und dem Einstrom von Natriumionen sinkt die an der Membran anliegende Spannung.</li> <li>- Erreicht die Spannung an der Membran einen Schwellenwert, erfolgt eine vollständige Depolarisierung durch Öffnung weiterer, spannungsgesteuerter Na<sup>+</sup>-Kanäle. Durch den weiteren Einstrom von Natriumionen wird ein positives Potenzial erreicht (Overshoot).</li> <li>- Schließen sich die Na<sup>+</sup>-Kanäle bei gleichzeitiger Öffnung spannungsgesteuerter K<sup>+</sup>-Kanäle, kommt es durch den Ausstrom von Kaliumionen zur Repolarisierung.</li> <li>- Der im Vergleich zum Na<sup>+</sup>-Einstrom größere Ausstrom von Kaliumionen führt zur kurzfristigen Hyperpolarisation des Neurons.</li> <li>- Nach dem Schließen der K<sup>+</sup>-Kanäle stellt sich durch die kontinuierliche Tätigkeit der Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-Pumpe erneut das Ruhepotenzial ein.</li> </ul>	8		
2	<p><i>Stellen Sie ein Verfahren zur Messung von Aktionspotenzialen an Axonen dar.</i></p> <p>Die Messung von Potentialdifferenzen zwischen der Spitze einer intrazellulären Elektrode und einer Referenzelektrode in der das Neuron umgebenden Lösung wird schematisch dargestellt. Dabei werden folgende Strukturen, Materialien und Geräte sachlogisch aufeinander abgestimmt aufgeführt: Neuron, Mess- und Referenzelektrode, Stromkreis, Oszilloskop und Verstärker. Es wird überdies dargestellt, dass sich das Neuron in physiologischer Kochsalzlösung befindet.</p>	4		

	<p><i>Vergleichen Sie die Aktionspotenziale der Testgruppen auch unter Berücksichtigung der Codierung des jeweiligen Schmerzreizes (M 5).</i></p> <p>Beim Vergleichen werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede vor dem Hintergrund geeigneter Kriterien aufgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Im Hinblick auf den grundlegenden Kurvenverlauf sind die Aktionspotenziale (AP) an Nervenzellen beider Gruppen gleich. Selbiges gilt für die Amplitude der jeweiligen AP.</li> <li>- Der Schwellenwert liegt an Nervenzellen von Tieren der Testgruppe bei einer vergleichsweise geringeren Membranspannung. Die Dauer der einzelnen AP ist an Nervenzellen von Tieren der Testgruppe kürzer als an Nervenzellen von Tieren der Kontrollgruppe.</li> <li>- Der Vergleich der AP-Frequenzen zeigt schließlich auf, dass bei der Modellierung eines chronischen Schmerzzustandes etwa die doppelte Frequenz der AP bei gleicher Reizung auftritt, als dies bei Nervenzellen der Kontrollgruppe der Fall ist.</li> </ul>		6	
3	<p><i>Erläutern Sie den Einfluss von Oxytocin auf die Schmerzwahrnehmung (M 6).</i></p> <p>Die schmerzhemmende Wirkung von Oxytocin wird unter Berücksichtigung der Verschränkung von hormoneller und neuronaler Steuerung erläutert.</p> <p>Folgende Aspekte werden aufgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Infolge eines peripheren Schmerzreizes und anschließender Erregungsleitung ins Gehirn wird Oxytocin ausgeschüttet.</li> <li>- Aus den Endverzweigungen von Axonen des Hypothalamus ausgeschiedene Oxytocin-Moleküle (OM) binden im Rückenmark an spezifische Oxytocin-Rezeptoren (OR). In der Folge wird die Erregungsleitung in afferenten Axonen gehemmt.</li> <li>- OM werden auch in das Blut abgegeben. In der verletzten Haut diffundieren die OM in das Gewebe und binden an afferente Fasern an OR. Dies bewirkt eine Hemmung der Erregungsleitung zum Gehirn.</li> <li>- In beiden Fällen resultiert daraus eine minimierte Erregungsleitung in die entsprechenden Hirnregionen, was mit einer reduzierten Schmerzwahrnehmung einhergeht.</li> </ul>		8	
4	<p><i>Erklären Sie die Wirkungsweise von Lidocain an einer Nervenzelle (M 7).</i></p> <p>Die Erklärung der Wirkung von Lidocain auf zellulärer/molekularer Ebene bezieht sich auf proximate Ursachen und stellt anhand einer fachlich angemessenen Kausalkette die unterbrochene Erregungsleitung in der Nervenzelle dar:</p>			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lidocain-Moleküle binden an spannungsgesteuerte Natriumionenkanäle an der Axonmembran, was in der Folge zur Blockade des Transportkanals führt (Verlust der Funktionsfähigkeit).</li> <li>- Eine vollständige Depolarisation ist aufgrund der blockierten spannungsabhängigen Na<sup>+</sup>-Transportkanäle unterbunden (Materialbezug: Schwellenwert wird nicht erreicht), AP können daher nicht mehr ausgelöst werden.</li> </ul>		6	
5	<p><i>Beurteilen Sie die Nutzbarkeit verschiedener Anästhesieverfahren zur Behandlung von Phantomschmerzen nach Amputation eines Raucherbeins (M 7, M 8).</i></p> <p>Anhand fachlicher Argumente wird nachgewiesen, dass das Verfahren der Lokalanästhesie im Gegensatz zur Allgemeinanästhesie geeignet ist.</p> <p>Lokalanästhesie: Einfache Injektion des Lokalanästhetikas in Nähe des schmerzenden Bereichs. Wirkung bleibt begrenzt auf betroffene Körperregion. Lebensnotwendige Körperfunktionen werden nicht beeinträchtigt. Patient bleibt bei vollem Bewusstsein. Patient kann auch nach Medikamentierung am Alltagsgeschehen weiter teilnehmen.</p> <p>Allgemeinanästhesie: Allgemeinanästhetika wirken im Gehirn. Vegetative Lebensfunktionen werden eingeschränkt. Künstliches Aufrechterhalten dieser ist notwendig. Patient kann durch Bewusstseinsverlust vorübergehend nicht mehr am Alltagsgeschehen teilnehmen.</p>			8
	<b>Summe</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>8</b>
	<b>Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>20</b>

### Standardbezug<sup>2</sup>

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1		5	
2	1, 2	9	5, 9	
3	4	9	2	
4	2		2, 5, 7	
5	4		2, 5	

<sup>2</sup> Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

### Erwartungshorizont Wahlaufgabe 3.1: C<sub>4</sub>- und CAM-Pflanzen

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe **eine mögliche Lösung** dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
<b>1</b>	<p><i>Beschreiben Sie die dargestellten Ergebnisse (M 9, Abb. 7).</i></p> <p>Erwartet werden einleitende Angaben zum grafisch dargestellten Sachverhalt (netto Fixierungsrate von Kohlenstoffdioxid sowie der Transpirationsrate von <i>Opuntia ficus</i> im Verlauf eines Tages) und deskriptive Ausführungen zu den Kurvenverläufen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kurve A: Tagsüber liegt von etwa 9 bis 16 Uhr eine leicht negative Fixierungsrate von Kohlenstoffdioxid vor. Es wird außerdem dargestellt, dass die CO<sub>2</sub>-Fixierung innerhalb von ca. fünf Stunden sprunghaft ansteigt und einen Maximalwert von 27 µmol/m<sup>2</sup>/s erreicht, sich eine lineare Abnahme im Verlauf der Nacht anschließt, bevor die Fixierungsrate dann in den Morgenstunden zwischen sechs und neun Uhr wieder auf ca. -2 µmol/m<sup>2</sup>/s fällt.</li> <li>- Kurve B: Es wird dargestellt, dass mittags (12 Uhr) nahezu keine Transpiration erfolgt und ausgeführt, dass bis etwa 15 Uhr eine mäßige Zunahme der Transpirationsrate einsetzt, die dann sprunghaft zunimmt, um ca. 21 Uhr einen Maximalwert von ca. 1200 µmol/m<sup>2</sup> /s zu erreichen und anschließend linear abzunehmen. Ab 12 Uhr mittags findet dann erneut nahezu keine Wasserabgabe statt.</li> </ul>	8		
<b>2</b>	<p><i>Erklären Sie die Geschmackswahrnehmung von sauer zu süß (M 9, M 10, M 11).</i></p> <p>Die Erklärung des tageszeitlich variierenden Geschmacks fokussiert auf die veränderlichen Konzentrationen von Äpfelsäure beziehungsweise Glucose in den Zellen der Pflanze, dazu werden relevante Informationen aus M 9 und M 10 entnommen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgrund der nächtlichen Fixierung von Kohlenstoffdioxid (M 9) und der daraus resultierenden Bildung von Äpfelsäure (M 10) kommt es zu einer geschmacklich merklichen Ansäuerung.</li> <li>- Da im Verlauf des Tages kein Kohlenstoffdioxid fixiert (M 9), Äpfelsäure zudem abgebaut und zudem vermehrt Glucose (bzw. Stärke) gebildet wird (Bildung durch Fotosynthese bzw. Umbau von Pyruvat, vgl. M 10), schmecken die Blätter süßlich.</li> </ul>		6	

<p><b>3</b></p>	<p><i>Vergleichen Sie die strukturellen und funktionellen Aspekte der Kohlenstoff-Fixierung bei CAM- Pflanzen und C<sub>4</sub>- Pflanzen (M 11).</i></p> <p>Beim Vergleichen sollen morphologische (strukturelle) Aspekte auf zellulärer Ebene (Ort der CO<sub>2</sub>-Fixierung) sowie physiologische (funktionelle) Aspekte auf Molekülebene (Verwertung von Kohlenstoffdioxid) berücksichtigt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gemeinsamkeiten: Die Nutzung von Phosphoenolpyruvat (PEP) zur Bindung des aufgenommenen Kohlenstoffdioxids sowie das Auftreten von Oxalacetat und Malat vor dem Calvin-Zyklus werden als Gemeinsamkeiten im Zellstoffwechsel aufgeführt.</li> <li>- Unterschiede: Es wird ausgeführt, dass die Fixierung und Verwertung von Kohlenstoffdioxid bei CAM-Pflanzen zeitlich und bei C<sub>4</sub>-Pflanzen räumlich getrennt ablaufen: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CAM-Pflanzen: Nächtliche CO<sub>2</sub>-Fixierung und Speicherung von Äpfelsäure in Vakuolen der Mesophyllzellen, tagsüber kann Kohlenstoffdioxid bei geschlossenen Spaltöffnungen in den Calvin- Zyklus eingespeist werden,</li> <li>▪ C<sub>4</sub>-Pflanzen: Fixierung von Kohlenstoffdioxid in Mesophyllzellen, Einspeisung von CO<sub>2</sub> in die Synthese-reaktion direkt im Anschluss in Bündelscheidenzellen.</li> </ul> </li> </ul>	<p>4</p>	<p>6</p>	
<p><b>4</b></p>	<p><i>Stellen Sie eine Hypothese zur stoffwechselphysiologischen Anpasstheit der Blätter des Geldbaums an die Wasserverfügbarkeit im Lebensraum auf (M 11, M 12).</i></p> <p>Die formulierte Hypothese über die stoffwechselphysiologische Anpasstheit an Wasserverfügbarkeit stellt eine sachlich korrekt begründete Vermutung dar.</p> <p>Mögliche Hypothese:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geldbäume wachsen in trockener, heißer Umgebung. Sie können aufgrund ihres CAM-Stoffwechsels Wasserverluste reduzieren, da sie in der Nacht CO<sub>2</sub> in Äpfelsäure fixieren können, was zum Absinken des pH-Werts im Blatt führt.</li> </ul> <p>Denkbar sind auch Vermutungen, die den C<sub>4</sub>-Stoffwechselweg der Synthesereaktion begründet bezeichnen. Derartige Konstrukte wären nach dem Experiment daten- und materialbasiert zu falsifizieren.</p> <p><i>Führen Sie zur Bestätigung Ihrer Hypothese ein Experiment mit den vorliegenden Materialien durch und fertigen Sie ein Protokoll an (M 13). Entsorgen Sie alle Materialien und Chemikalien gemäß den Vorgaben und stellen Sie den Arbeitsplatz wieder her.</i></p> <p>Bei Anforderung der Ersatzbeobachtungen werden <b>6 BE nicht erteilt.</b></p>		<p>4</p>	

<p>Experiment und Protokoll: Es wird eine fachpraktische Untersuchung mithilfe der bereitgestellten Materialien unter Anfertigung eines Protokolls durchgeführt.</p> <p>Dazu gehören:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extraktion eines ausreichenden Volumens des Blattsaftes beider Proben unter Vermeidung von Vermischungen (Ausspülen der Presse nach Benutzung);</li> <li>- ordnungsgemäße Nutzung des pH-Meters und korrekte Bestimmung der pH-Werte;</li> <li>- sachgerechte Entsorgung;</li> <li>- nachvollziehbare Dokumentation des Vorgehens und der erhobenen Daten auf die im Unterricht eingeführte Form eines Protokolls.</li> </ul> <p>Eine besonders gelungene Leistung wird unter anderem auch dadurch erkennbar, dass wiederholte Messungen und die Ermittlung von Mittelwerten vorgenommen werden.</p> <p>Folgende Mittelwerte bzw. Messwerte sind zu erwarten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Belichtete Blätter (Simulation von „Tag“): pH = 5,5</li> <li>- Blätter in Dunkelheit (Simulation von „Nacht“): pH = 4,6</li> </ul> <p>Deutung des Befundes:</p> <p>Aufgrund der in Abhängigkeit der Lichtintensität variierenden pH-Werte wird der Geldbaum als CAM-Pflanze identifiziert. Der geringere pH-Wert (ca. 4,6) wird auf die bei Dunkelheit geöffneten Stomata zurückgeführt, welche eine erhöhte Fixierung von Kohlenstoffdioxid beziehungsweise Speicherung von Äpfelsäure bewirkt (Folge: pH-Wertabfall über Nacht). Der im Vergleich zur belichteten Pflanze geringere pH-Wert kann allerdings nur mittelbar mit einem Absinken des pH-Werts in Verbindung gebracht werden. Der höhere pH-Wert wird auf die für CAM-Pflanzen typische Physiologie am Tag zurückgeführt: Bei Belichtung sind Stomata geschlossen, Äpfelsäure wird in Malat überführt. Daraus resultiert ein Anstieg des pH-Wertes, auf den erneut nur indirekt durch Vergleich mit der ersten Messung geschlossen werden kann. Außerdem führt der Prüfling die für CAM-Pflanzen typische Morphologie der Blätter als weiteren Beleg an.</p> <p>Rückbezug zur Hypothese:</p> <p>Die experimentellen Befunde legen nahe, dass die Angepasstheit des Geldbaums an trockene Gebiete neben der Blattsukkulenz auch auf dem CAM-Stoffwechselweg der Synthesereaktion beruht. Eine entsprechend aufgestellte Hypothese wird bestätigt. Anders lautende Hypothesen werden hingegen falsifiziert.</p>	4	2	4
<p><b>Summe</b></p>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>8</b>
<p><b>Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent</b></p>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>20</b>

Standardbezug<sup>3</sup>

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1		2	
2	4		2	
3	2		5	
4	5	3,4,7,8,9 11		

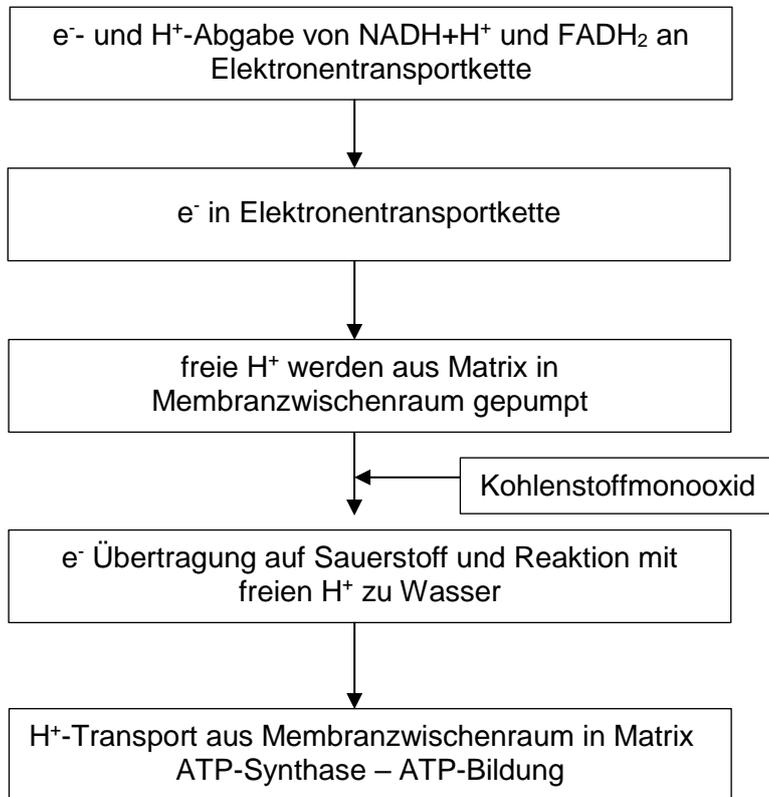
<sup>3</sup> Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- bei Kuhmilch verfärbt sich der Teststreifen, bei Sojamilch nicht</li> </ul> </li> <li>bzw.</li> <li>- bei beiden Milchproben verfärbt sich der Teststreifen</li>   <li>- Auswertung: <ul style="list-style-type: none"> <li>z. B.</li> <li>- in der Kuhmilch wurde Lactose zu Glucose (Nachweis) und Galactose gespalten, die Saccharose der Sojamilch wurde nicht gespalten, da keine Glucose nachgewiesen wurde</li> <li>- das Enzym Lactase kann Saccharose aufgrund seiner Substratspezifität nicht umsetzen</li> </ul> </li> <li>bzw.</li> <li>- in beiden Milchproben wurde Glucose nachgewiesen, was die Spaltung beider Disaccharide anzeigt</li> <li>- das Enzym Lactase kann Saccharose auch umsetzen, ist nicht substratspezifisch</li>   <li>Hypothesenrückbezug <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Vermutung hat sich bestätigt bzw. nicht bestätigt</li> </ul> </li> </ul>	1		3
<b>3</b>	<p><i>Ermitteln Sie den Erbgang der im Stammbaum dargestellten Vererbung genetisch bedingter Lactoseintoleranz. Begründen Sie den Ausschluss aller anderen Erbgänge (M 16).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- es handelt sich um einen autosomal-rezessiven Erbgang, da erkrankte Kinder gesunde Eltern haben und beide Geschlechter betroffen sind</li> <li>- autosomal-dominant ist auszuschließen, da keine erkrankten Eltern auftreten</li> <li>- X-chromosomal-dominant ist auszuschließen, da keine erkrankten Eltern auftreten</li> <li>- X-chromosomal-rezessiv ist auszuschließen, da kranke Tochter (15) einen gesunden Vater (9) hat</li> </ul>	2	2  2  2	
<b>4</b>	<p><i>Erklären Sie die proximalen Ursachen der Lactoseintoleranz auf Molekülebene sowie auf Ebene des Organismus (M 15).</i></p> <p>Molekülebene: Gendefekt auf der DNA ⇒ Veränderung des Genproduktes ⇒ Beeinträchtigung der Enzymfunktion;</p> <p>Ebene Organismus: Lactase-Mangel ⇒ Beeinträchtigung der Prozesse im Dickdarm ⇒ Symptome wie Verdauungsbeschwerden</p>		2	2

**5** Stellen Sie die Prozesse der Atmungskette in einem Fließbild dar und kennzeichnen Sie den möglichen Wirkort von Kohlenstoffmonooxid. Erläutern Sie die stoffwechselphysiologischen Folgen der Kohlenstoffmonooxideinwirkung (M 17).

Ort der Prozesse der Atmungskette: innere Mitochondrienmembran



Erläutern:

- Kohlenstoffmonoxid blockiert Cytochrom-c-Oxidase, Elektronenstau entsteht, Elektronentransport in der Transportkette kommt zum Erliegen
- Wasserstoffionen werden nicht mehr durch die Membran transportiert
- Protonengradient kann nicht mehr aufrechterhalten werden, ATP-Bildung bleibt aus
- Elektronen werden nicht auf Sauerstoff übertragen, keine Wasserbildung

5 1

4

**Summe**

**12 19 9**

**Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent**

**30 47,5 22,5**

**Standardbezug<sup>4</sup>**

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1		2	
2	4		2	
3	2		5	
4	5	3,4,7,8, 9, 11		

---

<sup>4</sup> Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß *Bildungsstandards für das Fach Biologie/Chemie/Physik für Allgemeine Hochschulreife* zu nennen, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

## 6 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist folgendes Bewertungsraster<sup>5</sup> vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

<b>Notenpunkte</b>	<b>mindestens zu erreichender Anteil an den insgesamt zu erreichenden Bewertungseinheiten in %</b>	<b>mindestens zu erreichende Anzahl an Bewertungseinheiten bei 120 BE</b>
15	95 %	114
14	90 %	108
13	85 %	102
12	80 %	96
11	75 %	90
10	70 %	84
9	65 %	78
8	60 %	72
7	55 %	66
6	50 %	60
5	45 %	54
4	40 %	48
3	33 %	40
2	27 %	33
1	20 %	24
0	0 %	0

<sup>5</sup> Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.