Klausuraufgaben
Kompetenzorientierung, Methodentraining, Diagnose und Rückmeldung

Ablauf

09.00 Uhr	–	09.10 Uhr	Einführungsvortrag
09.15 Uhr	–	09.20 Uhr	Verteilung auf die Workshops
09.20 Uhr	–	11.10 Uhr	Workshop-Runde (I)
11.10 Uhr	–	13.00 Uhr	Workshop-Runde (II)
13.00 Uhr	–	13.45 Uhr	Pause
13.45 Uhr	–	15.45 Uhr	Workshop-Runde (III)
15.45 Uhr	–	16.00 Uhr	Abschlussplenum und Evaluation

Inhalt

Einführungsvortrag 1

Workshop A: Konzeption vernetzender Klausuraufgaben
- Vortrag 5
- Material 10

Workshop B: Methodentraining
- Vortrag 35
- Material 45

Workshop C: Diagnose und Rückmeldung
- Vortrag 47
- Material 53

Bezirksregierung
Arnsberg

Klausuraufgaben: Kompetenzorientierung, Methodentraining, Diagnose und Rückmeldung

1

Bezirksregierung
Arnsberg

Klausuraufgaben:
Kompetenzorientierung, Methodentraining, Diagnose und Rückmeldung

09:00 Uhr	Einführungsvortrag
09:15 Uhr	Verteilung auf die Workshops
09:20 Uhr	Workshops A, B, C
11:10 Uhr	Workshops A, B, C
13:00 Uhr	Pause
13:45 Uhr	Workshops A, B, C
15:45 Uhr	Abschlussplenum

Bezirksregierung
Arnsberg

Workshops:

- Workshop A:
  Konzeption vernetzender Klausuraufgaben
- Workshop B:
  Methodentraining
- Workshop C:
  Diagnose und Rückmeldung

Bezirksregierung Arnsberg

Kompetenzerwartung | **Kompetenzerwerb** | **Kompetenzüberprüfung**

Überprüfungsformen

Icons von Freepik

Bezirksregierung Arnsberg

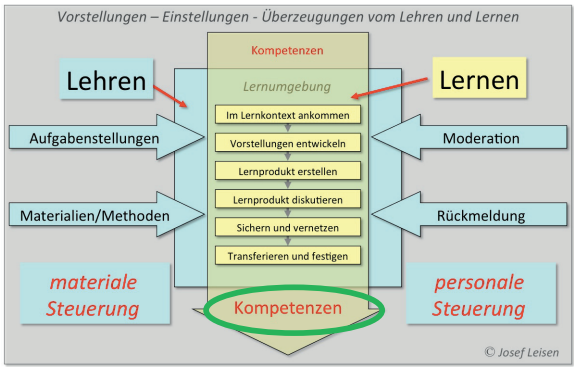
Kompetenzerwartung	Kompetenzerwerb	Kompetenzüberprüfung
Bildungsstandards	Lehr-Lern-Prozess	Klausuren
Kernlehrplan S II	Lernaufgaben	Sonstige Mitarbeit
Schulinterner Lehrplan	Kompetenzzuwachs	Abitur Abiturklausuren Mündliche Prüfung

Bezirksregierung Arnsberg

Kompetenzerwartung	Kompetenzerwerb	Kompetenzüberprüfung
Bildungsstandards	Lehr-Lern-Prozess	Klausuren
Kernlehrplan S II	Lernaufgaben	Sonstige Mitarbeit
Schulinterner Lehrplan	Kompetenzzuwachs	Abitur Abiturklausuren Mündliche Prüfung

Bezirksregierung
Arnsberg

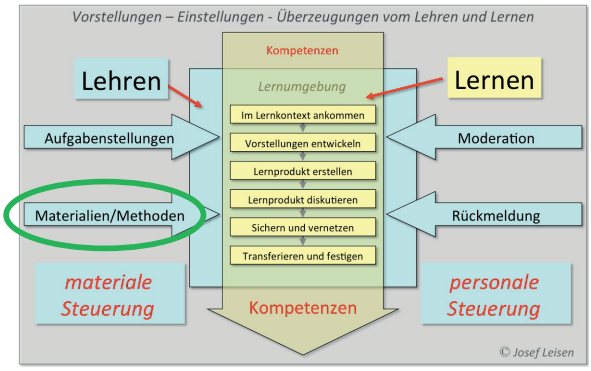
Modell des Lehr-Lern-Prozesses



Leisen, Josef. 2017. „lehr-lern-modell.de". Zugegriffen Januar 17. http://www.lehr-lern-modell.de/

Bezirksregierung
Arnsberg

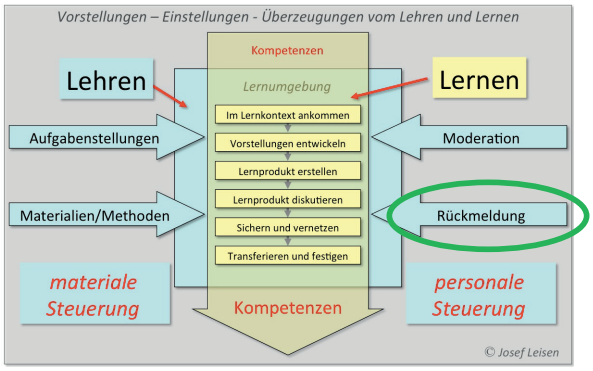
Modell des Lehr-Lern-Prozesses



Leisen, Josef. 2017. „lehr-lern-modell.de". Zugegriffen Januar 17. http://www.lehr-lern-modell.de/

Bezirksregierung
Arnsberg

Modell des Lehr-Lern-Prozesses



Leisen, Josef. 2017. „lehr-lern-modell.de". Zugegriffen Januar 17. http://www.lehr-lern-modell.de/

Bezirksregierung Arnsberg

Zusammenhänge im KLP SII im Inhaltsfeld Evolution:

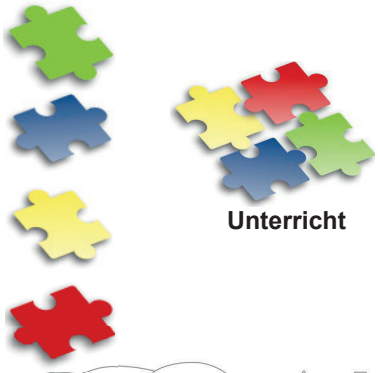
- Vernetzung und Verknüpfung der unterschiedlichen Begriffe und Kompetenzen aus dem KLP SII erfolgt im **Unterricht**

Inhaltliche Schwerpunkte

Basiskonzepte

konkretisierte KE
übergeordnete KE

Vorgaben



Bezirksregierung Arnsberg

Fortbildungsangebote

Schulexterne Veranstaltungen

- Abiturprüfung im 4. Fach (Biologie)
- Evolution – Kompetenzorientierung, Phylogenie, Fehlkonzepte
- Neurobiologie: Kompetenzorientierung in Fachlichkeit und Didaktik

Schulinterne Veranstaltungen

- Binnendifferenzierung mithilfe gestufter Hilfen im Fachunterricht Biologie S I und S II
- Analyse von Gendatenbanken unter Anwendung gestufter Hilfen (S II)
- Binnendifferenzierung im Experimentalunterricht der drei Naturwissenschaften (S I und S II)

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Klausuraufgaben Biologie: Konzeption, Methodentraining, Diagnose und Rückmeldung

Modul A
Konzeption vernetzender Klausuraufgaben

Bezirksregierung Arnsberg

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Modul A:
Konzeption vernetzender Klausuraufgaben

- Einführung
  - Formale Aspekte
  - Rechtliche Aspekte
  - Standardsicherung, QUA-LiS
- Sichtung und Beurteilung der Materialien
  - Arbeitsaufträge 1 und 2
  - Abiturklausur HT3 (Ökologie, Genetik)
- Erstellung von Aufgaben
  - Arbeitsauftrag 3
  - Vampir-Materialien
  - Undine-Materialien

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Vernetzende Klausuraufgaben

Kompetenzerwartung	Kompetenzerwerb	Kompetenzüberprüfung
Bildungsstandards	Lehr-Lern-Prozess	**Klausuren**
Kernlehrplan S II	Lernaufgaben	Sonstige Mitarbeit
Schulinterner Lehrplan	Kompetenzzuwachs	Abitur Abiturklausuren Mündliche Prüfung

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Klausuren in der gymnasialen Oberstufe…

- bereiten formal und inhaltlich auf die schriftliche Abiturprüfung vor.
- dienen durch Kompetenzüberprüfung der Leistungsdiagnostik und
  sind Basis für individuelle Förderung (§ 48(1) Schulgesetz).
- dienen der Leistungsbewertung.
- sind ein Qualitätsmerkmal für einen guten Unterricht.

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE 4

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Hinweise zur Konstruktion von Aufgaben

- Die Arbeitsaufträge sind thematisch eingeschränkt.
- Die Arbeitsaufträge werden in Teilaufgaben gegliedert, denen Operatoren zugeordnet sind.
- Die Arbeitsaufträge beziehen sich auf das zu bearbeitende Material.
- Die Operatoren sind geeignet, den Erwerb bestimmter Kompetenzen zu überprüfen, die schwerpunktmäßig im vorangegangenen Unterricht angestrebt wurden.
- Durch die Summe aller Operatoren werden alle drei Anforderungsbereiche angesprochen.

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE 5

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Kernlehrplan und Abiturvorgaben

Im jeweiligen Kapitel 4 der Kernlehrpläne heißt es:

- Die jährlichen „Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen für die schriftlichen Prüfungen im Abitur in der gymnasialen Oberstufe“ konkretisieren den Kernlehrplan, soweit dies für die Schaffung landesweit einheitlicher Bezüge für die zentral gestellten Abiturklausuren erforderlich ist.
- Die Verpflichtung zur Umsetzung des gesamten Kernlehrplans bleibt hiervon unberührt.
- Jedes Fach entwickelt jährliche Vorgaben!

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE 6

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Abiturvorgaben 2020

abitur.nrw Vorgaben 2020 *Biologie*

Leistungskurs

Genetik	Neurobiologie	Ökologie	Evolution
Meiose und Rekombination	Aufbau und Funktion von Neuronen	Umweltfaktoren und ökologische Potenz	Entwicklung der Evolutionstheorie
Analyse von Familienstammbäumen	Neuronale Informationsverarbeitung und Grundlagen der Wahrnehmung	Dynamik von Populationen	Grundlagen evolutiver Veränderung
Proteinbiosynthese	Leistungen der Netzhaut	Stoffkreislauf und Energiefluss	Art und Artbildung
Genregulation – *Modell zur Wechselwirkung von Proto-Onkogenen und Tumor-Suppressorgenen auf die Regulation des Zellzyklus* • *Entwicklung eines Modells auf der Grundlage/mithilfe von p53 und Ras* – *epigenetische Modelle zur Regelung des Zellstoffwechsels* • *DNA-Methylierung und RNA-Interferenz*	Plastizität und Lernen	Fotosynthese	Evolution und Verhalten
Gentechnologie	Methoden der Neurobiologie	Mensch und Ökosysteme – *Neobiota (Neozoen, Neophyten, Neomyceten)*	Evolution des Menschen
Bioethik			Stammbäume

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE 7

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Funktion der Fokussierungen in den Abiturvorgaben

Fokussierungen unterstützen die Schaffung von gleichen Voraussetzungen und notwendigen inhaltlichen Voraussetzungen für eine angemessene Anwendung der Kompetenzen bei der Bearbeitung der zentral gestellten Aufgaben.

Fokussierungen bedeuten aber auch, dass sie wie alle anderen Konkretisierungen anderen inhaltlichen Schwerpunkten zugeordnet bzw. mit diesen verknüpft werden können.

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE 8

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Funktion der Fokussierungen in den Abiturvorgaben

Fokussierung und Abituraufgabe

- Grundlage für eine vertiefende Aufgabe zur angegebenen Fokussierung
- Grundlage für eine vergleichende Aufgabe zur angegebenen Fokussierung
- kein Bezug zur angegebenen Fokussierung

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE 9

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Aufgabenauswahl

- „Die Schulen erhalten für den Grundkurs und für den Leistungskurs jeweils drei Aufgaben. Eine davon wird als verbindlich festgelegt, zwischen den beiden anderen wählt am Tag des Downloads die Fachlehrerin bzw. der Fachlehrer.
- Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten die beiden ihnen dann vorgelegten Aufgaben. Eine Aufgabenauswahl durch die Schülerinnen und Schüler ist nicht vorgesehen.“

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE 10

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Wo erhalten Sie Informationen?

- Bildungsportal des Landes NRW, Zentralabitur, Fach Biologie
  https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/zentralabitur-gost/faecher/fach.php?fach=6
  - Vorgaben für 2018, 2019 und 2020 (KLP S II)
  - Operatorenübersicht (neu ab 2017)
  - Konstruktionsvorgaben für Abiturprüfungsaufgaben
  - Korrekturzeichen und Hinweise zur Korrektur von Klausuren
  - FAQ: Häufig gestellte Fragen zum Biologieunterricht in der Qualifikationsphase

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE 11

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Wo erhalten Sie Informationen?

- Lehrplannavigator auf der Seite des QUA-LiS NRW (alle Fächer)
- Hinweise und Beispiele zur standardorientierten Unterrichtsentwicklung im Fach Biologie
  https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/biologie/hinweise-und-beispiele/

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE 12

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Aufbau des Workshops

1. Stellen Sie für die vorliegende Klausuraufgabe die Bezüge zum KLP SII dar, indem Sie die berührten Inhaltsfelder, die unter den Basiskonzepten subsummierten Begriffe sowie zutreffende konkretisierte und übergeordnete Kompetenzerwartungen nennen.
2. Beurteilen Sie die Eignung der gestellten Aufgaben und Materialien hinsichtlich der Vernetzung von Inhaltsfeldern in Klausuraufgaben.

Bitte halten Sie Ihre Ergebnisse schriftlich fest, sodass wir gemeinsam im Plenum diskutieren können.

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE 13

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Aufbau des Workshops

3. Entwickeln Sie drei bis fünf mögliche Aufgabenstellungen zu ausgewählten Materialbausteinen, sodass eine vernetzende Klausuraufgabe entsteht. Halten Sie Ihre Ergebnisse auf einem Poster (o. Ä) fest.

Diskussion der Ergebnisse im Plenum

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE 14

WORKSHOP A

Konzeption vernetzender Klausuraufgaben

Teil 1

Die vorliegende Klausuraufgabe „Abwehrmechanismen der Waldkiefer gegen Forstschädlinge“, Abitur Biologie 2017 HT3 LK, samt Erwartungshorizont wird analysiert.

Ziele:

Die Fachlehreinnen und Fachlehrer…

- vertiefen ihre Kenntnisse zu Bezügen zwischen den Inhaltlichen Schwerpunkten, den unter den Basiskonzepten subsummierten Begriffen und den Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans bei einer vorliegenden Abituraufgabe.
- vertiefen ihre Kenntnisse zur Beurteilung vernetzender Klausuraufgaben.

Arbeitsaufträge:

1. Stellen Sie für die vorliegende Klausuraufgabe die Bezüge zum KLP SII dar, indem Sie die berührten Inhaltsfelder, die unter den Basiskonzepten subsummierten Begriffe sowie zutreffende konkretisierte und übergeordnete Kompetenzerwartungen nennen.
2. Beurteilen Sie die Eignung der gestellten Aufgaben und Materialien hinsichtlich der Vernetzung von Inhaltsfeldern in Klausuraufgaben.

Diskussion im Plenum

Teil 2

Die vorliegenden Materialbausteine zur „Vampirfledermaus“ oder dem „Undine-Syndrom“ werden gesichtet, Bausteine ausgewählt und Aufgabenstellungen für eine vernetzende Klausur formuliert.

Ziele:

Die Fachlehrerinnen und Fachlehrer…

- vertiefen ihre Kenntnisse zur Formulierung von Aufgabenstellungen einer Klausur, in der verschiedene Inhaltsfelder miteinander vernetzt werden.

Arbeitsauftrag:

3. Entwickeln Sie drei bis fünf mögliche Aufgabenstellungen zu ausgewählten Materialbausteinen, sodass eine vernetzende Klausuraufgabe entsteht.
   Halten Sie Ihre Ergebnisse auf einem Poster (o. Ä) fest.

Diskussion im Plenum

Materialien:

- Klausur Abitur 2017 HT3 LK
- Vampirfledermaus (Bausteine A bis D)
- Undine-Syndrom (Bausteine A bis E)
- Operatoren
- Konstruktionsvorgaben Abiturprüfungsaufgaben

Ministerium für
Schule und Weiterbildung
des Landes Nordrhein-Westfalen

Name: _____

Abiturprüfung 2017

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Abwehrmechanismen der Waldkiefer gegen Forstschädlinge

1. Nennen Sie eine Definition für die ökologische Nische, skizzieren Sie die interspezifischen Beziehungen zwischen den hier dargestellten Arten (Materialien A und B) und erläutern Sie umfassend deren Beziehungen aus ökologischer Sicht. *(17 Punkte)*

2. Fassen Sie den Versuchsaufbau der in Material C dargestellten Experimente zusammen, werten Sie die Versuche unter Zuhilfenahme von Material B aus und leiten Sie daraus Schlussfolgerungen über den Mechanismus zur Anlockung der Erzwespe nach der Fraßschädigung durch die Kiefernbuschhornblattwespe ab. *(17 Punkte)*

3. Erklären Sie anhand der in Material D dargestellten Signalkaskade die Mechanismen der Abwehrreaktion von Pflanzen auf den Befall mit herbivoren Insekten unter besonderer Berücksichtigung des Jasmonats. Erläutern Sie die Bedeutung von Transkriptionsfaktoren bei der Genregulation von Eukaryoten mithilfe dieser Signalkaskade. Entwickeln Sie ein Experiment, um den Einfluss von Terpenoiden auf das Auftreten der Erzwespe zu überprüfen. *(20 Punkte)*

4. Nehmen Sie unter Berücksichtigung der absehbaren ökologischen Folgen für das Ökosystem Stellung zu dem in Material E dargestellten Vorgehen bei der Schädlingsbekämpfung. Entwickeln Sie auf der Grundlage aller Materialien drei Alternativen zum Einsatz von Insektiziden zur Bekämpfung der Kiefernbuschhornblattwespe im Ökosystem Wald. *(12 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Taschenrechner (graphikfähiger Taschenrechner / CAS-Taschenrechner)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

Name: _____

Material A: Die Kiefernbuschhornblattwespe (KBB)

Jahr für Jahr verursachen verschiedene Blattwespenarten – wie z. B. die Kiefernbuschhornblattwespe (*Diprion pini*) – starken Nadelfraß in Europas Kiefernwäldern. Adulte Weibchen der Kiefernbuschhornblattwespe legen ihre Eier im Frühjahr in die Nadeln der Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) ab: Nach der Paarung schlitzen die Weibchen mit Hilfe des Eiablageapparates die Nadeln der Kiefer auf. Dadurch werden Leitbündel, welche für den Transport von Wasser und Nährstoffen zuständig sind, zerstört. Die Weibchen legen 10 – 20 Eier pro Nadel in einem Gelege zusammen mit einem Sekret aus dem Eileiter in diese Schlitze. Die Eier sind ca. 1,5 mm groß und von außen nicht sichtbar, da die Weibchen die Schlitze mit einem Sekret aus ihrer Kitdrüse verschließen. Die Eiablage erfolgt nicht über den gesamten Baum verteilt, sondern häufig an benachbarten Zweigen. Nach ca. drei bis vier Wochen schlüpfen die Larven und ernähren sich von den Nadeln, wobei junge Larven ca. drei Tage für eine Nadel benötigen, ältere Larvenstadien bis zu 12 Nadeln pro Tag vertilgen und zudem die Rinde schädigen. Der Schaden an den Waldkiefern ist immens, führt aber selten zum Absterben der Bäume.

Material B: Die Erzwespe

In europäischen Kiefernwäldern wurde nach dem Befall von Waldkiefern mit der Kiefernbuschhornblattwespe auch das Auftreten der Erzwespe beobachtet. Die Erzwespe (*Chrysonotomyia ruforum*) legt ihre Eier in die Eier der Kiefernbuschhornblattwespe, ihre Larven ernähren sich von den Eiern der Blattwespe und töten so die sich entwickelnden Blattwespenembryonen ab. Anschließend verpuppen sich die Larven, nach ca. drei Wochen schlüpfen die Erzwespen.

Name: _____

Material C: Experimente zur Verweildauer von Erzwespen in Testfeldern mit Duftstoffen unterschiedlich behandelter Kiefernzweige

Um die Zusammenhänge zwischen dem Befall der Kiefer mit der Kiefernbuschhornblattwespe und dem Auftreten der Erzwespe zu ergründen, wurden verschiedene Experimente durchgeführt. In einem so genannten Olfaktometer wurde die Aufenthaltsdauer von Erzwespen in Testfeldern gemessen, deren Luft mit den flüchtigen Duftstoffen von unterschiedlich behandelten Kiefernzweigen versetzt worden war. Im Vergleich dazu wurde die Aufenthaltsdauer der Erzwespen in ebenfalls zur Wahl stehenden Kontrollfeldern mit frischer Luft gemessen.

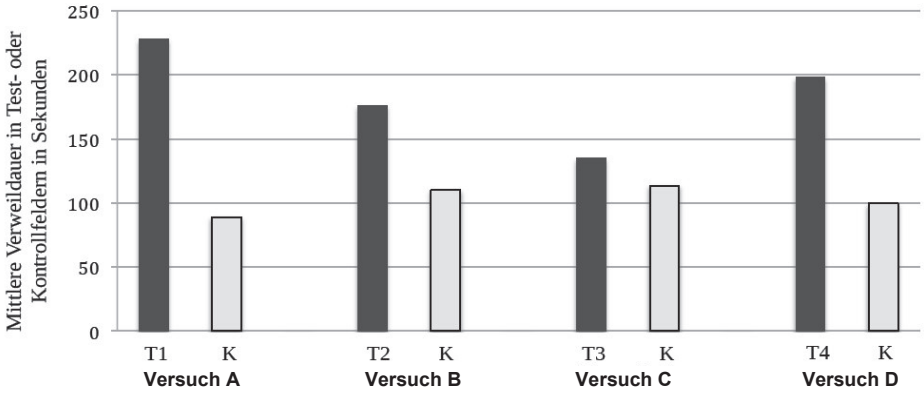


Abbildung 1: Mittlere Verweildauer von Erzwespen in Testfeldern, die mit den flüchtigen Duftstoffen unterschiedlich behandelter Testzweige (T1 – T4) versetzt wurden
(Der mittleren Verweildauer in den Testfeldern ist jeweils der Mittelwert der Verweildauern in den mit frischer Luft durchströmten Kontrollfeldern (K) gegenübergestellt.)

Versuch A
Vorbehandlung des Testzweigs T1: Der Testzweig wurde zusammen mit zwei weiblichen und zwei männlichen Kiefernbuschhornblattwespen in eine Plastikbox verbracht. Nach 72 h befanden sich auf dem Zweig 8 – 12 Ei-Gelege.

Versuch B
Vorbehandlung des Testzweigs T2: Dieser Zweig wurde ebenso wie in Versuch A behandelt. Hierbei wurde jedoch der obere Teil des Zweiges in eine Folie eingewickelt, um hier eine Eiablage zu unterbinden. Nach 72 h befanden sich auf dem unteren Teil des Zweiges 8 – 11 Ei-Gelege. Dieser Teil wurde dann abgeschnitten und der obere Teil wurde, nachdem die Folie entfernt worden war, als Testzweig verwendet.

Versuch C
Vorbehandlung des Testzweigs T3: Die Nadeln des Testzweigs wurden mit einem Skalpell so angeritzt, wie eine weibliche Kiefernbuschhornblattwespe sie mit ihrem Eiablageapparat anritzen würde.

Versuch D
Vorbehandlung des Testzweigs T4: Die Nadeln des Testzweigs wurden wie in Versuch C angeritzt und zusätzlich wurde das Eileitersekret der Kiefernbuschhornblattwespe in diese Schlitze gegeben.

Name: _____

Material D: Signalkaskade der Abwehrreaktionen bei Fraßschädigung durch Insekten

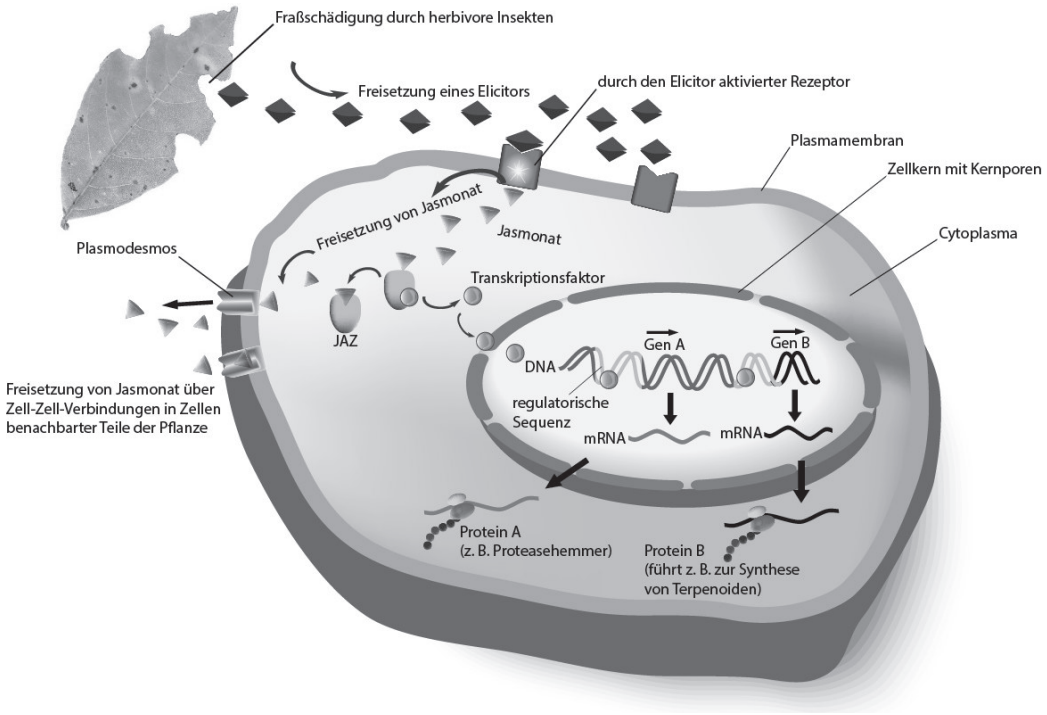


Abbildung 2: Signalkaskade der Abwehrreaktionen bei Fraßschädigung durch Insekten (Plasmodesmos: Zell-Zell-Verbindung, Elicitor: Signalmolekül, JAZ: Inhibitorprotein, Jasmonat: Phytohormon, Proteasehemmer: hier: Protein, welches die Verdauungsenzyme herbivorer Insekten hemmt, Terpenoide: Pheromone (Boten-/Lockstoffe))

Material E: Bekämpfung der Kiefernbuschhornblattwespe im Ökosystem Wald

Die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) beschreibt, dass breitenwirksame Insektizide zur Bekämpfung der Kiefernbuschhornblattwespe zur Verfügung stehen, deren Ausbringung aber nur aus der Luft erfolgen kann. Solche Einsätze müssen von der zuständigen Behörde genehmigt werden. Biologische Präparate zur Eindämmung eines großflächigen Befalls von Kiefernwäldern durch die Kiefernbuschhornblattwespe wurden bisher nicht entwickelt.

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl**
1	nennt eine Definition für die ökologische Nische, z. B.: • Die ökologische Nische beschreibt die Gesamtheit der Beziehungen zwischen einer Art und ihrer Umwelt, wobei sowohl biotische als auch abiotische Faktoren berücksichtigt werden.	4
2	skizziert die interspezifischen Beziehungen zwischen den hier dargestellten Arten (Materialien A und B), z. B.: Legende: ➡ wird gefressen von	3
3	erläutert umfassend deren Beziehungen aus ökologischer Sicht, z. B.: • Trophieebenen: – Die Kiefer ist ein Produzent. – Die Larve der Kiefernbuschhornblattwespe ernährt sich als Primärkonsument von den Kiefernnadeln. – Die Larve der Erzwespe ist ein Sekundärkonsument, da sie sich von der Kiefernbuschhornblattwespe ernährt. *(Werden die Trophieebenen in der Skizze zugeordnet, ist dies entsprechend zu werten.)*	4
4	erläutert umfassend deren Beziehungen aus ökologischer Sicht, z. B.: • Zwischen der Larve der Kiefernbuschhornblattwespe und der Kiefer sowie der Larve der Erzwespe und dem Ei der Kiefernbuschhornblattwespe besteht jeweils eine Räuber-Beute-Beziehung. • Kiefernbuschhornblattwespen sind Parasiten, da die Larven sich in den Nadeln der Kiefern entwickeln und ihren Wirt schwächen, aber in der Regel nicht töten. • Erzwespen sind Parasitoide, da sie ihren Wirt töten, indem sie ihre Eier in die Eier der Kiefernbuschhornblattwespe legen und ihre Larven die sich entwickelnden Blattwespenembryonen fressen. • Die Erzwespe ernährt sich von der Kiefernbuschhornblattwespe und die Waldkiefer profitiert davon, indem spätere Larvenstadien der Kiefernbuschhornblattwespen verhindert werden (Symbiose). *(Wird die Beziehung zwischen Erzwespe und Waldkiefer als Mutualismus beschrieben, ist dies entsprechend zu werten.)*	6
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl**
1	fasst den Versuchsaufbau der in Material C dargestellten Experimente zusammen, sinngemäß: • Kiefernzweige werden auf unterschiedliche Art und Weise präpariert. • Die flüchtigen Stoffe, die diese vorbehandelten Testzweige abgeben, werden in ein olfaktorisches Testfeld geleitet. • Die Aufenthaltsdauer der Erzwespen in diesem Testfeld wird mit der Aufenthaltsdauer in Kontrollfeldern mit frischer Luft verglichen.	3
2	wertet die Versuche unter Zuhilfenahme von Material B aus, sinngemäß: • Versuch A: Die mittlere Verweildauer von Erzwespen in einem Testfeld mit flüchtigen Duftstoffen eines Testzweiges, der 72 h mit Kiefernbuschhornblattwespen besetzt war, ist mit 225 s sehr hoch im Vergleich zu Kontrollfeldern, die mit frischer Luft durchströmt werden (90 s). • Versuch B: Die mittlere Verweildauer von Erzwespen in einem Testfeld mit flüchtigen Duftstoffen eines Teils des Zweiges, bei dem die Kiefernbuschhornblattwespen nicht direkt auf dem Testzweig ausgesetzt waren, sondern auf einem später entfernten, benachbarten Teil des Zweiges, ist ebenfalls hoch (180 s) im Vergleich zu den Kontrollfeldern (110 s). • Versuch C: Die mittlere Verweildauer von Erzwespen in einem Testfeld mit den flüchtigen Duftstoffen eines Zweiges, dessen Nadeln eingeritzt wurden, ist nicht wesentlich erhöht (130 s) im Vergleich zu den Kontrollfeldern (110 s). • Versuch D: Die mittlere Verweildauer von Erzwespen in einem Testfeld mit den flüchtigen Duftstoffen eines Zweiges, dessen Nadeln eingeritzt und mit Eileitersekret der Kiefernbuschhornblattwespe bestrichen wurden, ist deutlich erhöht (200 s) im Vergleich zu den Kontrollfeldern (100 s). *(Gibt der Prüfling geringfügig abweichende Zeiten an, so sind diese Angaben entsprechend zu werten.)*	8
3	leitet daraus Schlussfolgerungen über den Mechanismus zur Anlockung der Erzwespe nach der Fraßschädigung durch die Kiefernbuschhornblattwespe ab, z. B.: • Das Vorhandensein der Kiefernbuschhornblattwespen und deren Eiablage auf Kiefernzweigen bewirkt die Anlockung der Erzwespe. • Eine rein mechanische Verletzung der Kiefernnadeln führt nur sehr geringfügig zur Anlockung der Erzwespe. • Aber die mechanische Verletzung in Kombination mit dem Eileitersekret belegt, dass diese Kombination aus mechanischer Verletzung und der Wirksamkeit eines biochemischen Stoffes Prozesse in der Kiefer auslöst, die die Anlockung der Erzwespe (möglicherweise durch einen Lockstoff) wirksam auslösen. • Der Befall der Kiefernzweige durch die Kiefernbuschhornblattwespe führt nicht nur lokal an den betroffenen Pflanzenteilen dazu, dass die Erzwespe angelockt wird. Das bedeutet, dass die ausgelösten Prozesse offensichtlich auch an anderen Teilen der Pflanze wirksam sind, so dass wahrscheinlich die gesamte Kiefer die Erzwespe anzieht.	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl**
1	erklärt anhand der in Material D dargestellten Signalkaskade die Mechanismen der Abwehrreaktion von Pflanzen auf den Befall mit herbivoren Insekten unter besonderer Berücksichtigung des Jasmonats, sinngemäß: • Die Fraßschädigung durch herbivore Insekten setzt Elicitoren frei, die an einen in der Plasmamembran lokalisierten Rezeptor binden. • Durch die Bindung des Elicitors an den Rezeptor wird intrazellulär Jasmonat freigesetzt. • Jasmonat bindet an ein regulatorisches Inhibitorprotein (JAZ), welches sich dadurch von einem Transkriptionsfaktor löst. • Dieser Transkriptionsfaktor gelangt über Kernporen in den Zellkern und dockt dort an eine regulatorische Sequenz der DNA an, wodurch die Transkription verschiedener Gene induziert wird. • Nach der Translation der dadurch entstehenden mRNA liegen Proteine mit unterschiedlichen Wirkweisen als Abwehrstoffe der Pflanze gegen Schädlinge vor, die eine Dezimierung der Schädlingspopulation bewirken könnten: – Proteasehemmer hemmen die Verdauungsenzyme herbivorer Insekten, – Terpenoide können das Anlocken von Parasiten oder Parasitoiden herbivorer Insekten bewirken. • Jasmonat scheint für eine systemische Reaktion der Kiefer auf den Befall mit herbivoren Insekten verantwortlich zu sein, da es über Plasmodesmata innerhalb der Pflanze verteilt wird und jeweils die intrazelluläre Abwehrreaktion induziert.	8
2	erläutert die Bedeutung von Transkriptionsfaktoren bei der Genregulation von Eukaryoten mithilfe dieser Signalkaskade, sinngemäß: • Allgemeine Transkriptionsfaktoren sind DNA-bindende Proteine, welche die Transkriptionsrate von Genen positiv oder negativ regulieren. • Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der Initiation der Transkription, indem sie wie das TATA-Bindeprotein an den Promotor binden und so die Bindung der RNA-Polymerase an den Promotor induzieren. • Spezifische Transkriptionsfaktoren erhöhen oder hemmen die Transkriptionsrate von Genen um ein Vielfaches, indem sie z. B. an *enhancer*- oder *silencer*-Regionen der DNA binden. • Innerhalb der dargestellten Signalkaskade wird der Transkriptionsfaktor durch Jasmonat freigesetzt, dadurch erhöht sich die Transkriptionsrate spezifischer Gene, deren Genprodukte mit bestimmten Abwehrreaktionen der Pflanze in Verbindung gebracht werden können.	6
3	entwickelt ein Experiment, um den Einfluss von Terpenoiden auf das Auftreten der Erzwespen zu überprüfen, z. B.: • Um zu überprüfen, ob Terpenoide als Lockstoff für das Anlocken der Erzwespe verantwortlich sind, könnten Kiefernzweige unterschiedlich vorbehandelt werden und es könnte die Verweildauer der Erzwespe in olfaktorischen Testfeldern mit den flüchtigen Stoffen dieser Testzweige im Vergleich zu Kontrollfeldern mit frischer Luft gemessen werden. • Dazu könnten Kiefernzweige z. B. mit unterschiedlichen Konzentrationen von Terpenoiden präpariert werden. • Ist die Verweildauer der Erzwespen in Testfeldern, die mit der Luft der mit Terpenoiden behandelten Zweige versetzt worden sind, signifikant höher als in Testfeldern mit frischer Luft (Kontrolle), ist davon auszugehen, dass Terpenoide als Lockstoff für die Erzwespe fungieren. *(Eine andere fachlich richtige Darstellung wird entsprechend gewertet.)*	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl**
1	nimmt unter Berücksichtigung der absehbaren ökologischen Folgen für das Ökosystem Stellung zu dem in Material E dargestellten Vorgehen bei der Schädlingsbekämpfung, z. B.: • Der Einsatz eines Insektizids und die damit theoretisch verbundene schnelle Beseitigung der Kiefernbuschhornblattwespe sind möglich, sollten aber kritisch hinterfragt werden. • Dabei sind z. B. folgende Aspekte zu berücksichtigen: – Die Insektizide wirken nur kurzfristig, zur dauerhaften Bekämpfung wäre auch ein dauerhafter Einsatz der Insektizide notwendig. – Durch den Einsatz der Insektizide werden auch andere Insekten, wie z. B. der natürliche Feind der Kiefernbuschhornblattwespe, die Erzwespe, geschädigt. – Der Boden und angrenzende Gewässer könnten durch die Insektizide kontaminiert werden, sodass sich giftige Stoffe im Ökosystem anreichern. – Dadurch könnte sich das biologische Gleichgewicht im Ökosystem verschieben. *(Eine andere fachlich richtige Darstellung wird entsprechend gewertet.)*	6
2	entwickelt auf der Grundlage aller Materialien drei Alternativen zum Einsatz von Insektiziden zur Bekämpfung der Kiefernbuschhornblattwespe im Ökosystem Wald, z. B.: • Durch den Einsatz von Pheromonfallen könnte die Schädlingspopulation dezimiert werden. • Durch das Ausbringen spezifischer natürlicher Feinde der Kiefernbuschhornblattwespe – wie z. B. der Erzwespe – könnte ebenfalls die Population der Schädlinge erfolgreich dezimiert werden. • Eine höhere Populationsdichte der Erzwespen würde wahrscheinlich dazu führen, dass die Population der Kiefernbuschhornblattwespen dezimiert wird, da durch das Aussenden der Lockstoffe durch die Kiefer die Erzwespen ihre Beute aufspüren können. • Die Herstellung von transgenen, insektenresistenten Kiefern als Nutzpflanze würde den Schädlingen die Nahrungsgrundlage entziehen und so den Einsatz von Insektiziden vermeiden. *(Eine andere fachlich richtige Darstellung wird entsprechend gewertet. Für das Erreichen der vollen Punktzahl sind drei Alternativen zu entwickeln.)*	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl**
	• führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. • strukturiert seine Darstellung sachgerecht. • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache. • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.	9

Material A: Vampirfledermäuse

Vampirfledermäuse leben in den tropischen Regionen des amerikanischen Kontinents und sind die einzigen Säugetiere, die sich auf Blut als alleinige Nahrung spezialisiert haben. Sie erbeuten es als nachtaktive Tiere von Großsäugern oder Vögeln. Die Vampirfledermaus *Desmodus rotundus* nutzt Großsäuger wie zum Beispiel Rinder als blutspendende Beute. Die ausgesuchte Körperstelle wird abgeschleckt und mithilfe des im Speichel enthaltenen Betäubungsmittels unempfindlich. Dann beißt sie mit den scharfen Eck- und Schneidezähnen ein Stück der Haut heraus. Vampirfledermäuse lecken das Blut auf oder saugen es durch die Rillen an der Unterseite der Zunge. Gerinnungshemmende Substanzen im Speichel sorgen dafür, dass das austretende Blut während des Trinkvorgangs nicht gerinnt. Pro Mahlzeit werden 20 bis 30 Milliliter Blut aufgenommen und ein Großteil des Wassers bereits vor der Rückkehr in das Quartier ausgeschieden. Im Jahr 2014 starben rund 100 000 Rinder weltweit an Tollwut-Infektionen, die als Folgeerscheinung von Vampirbissen auftraten.

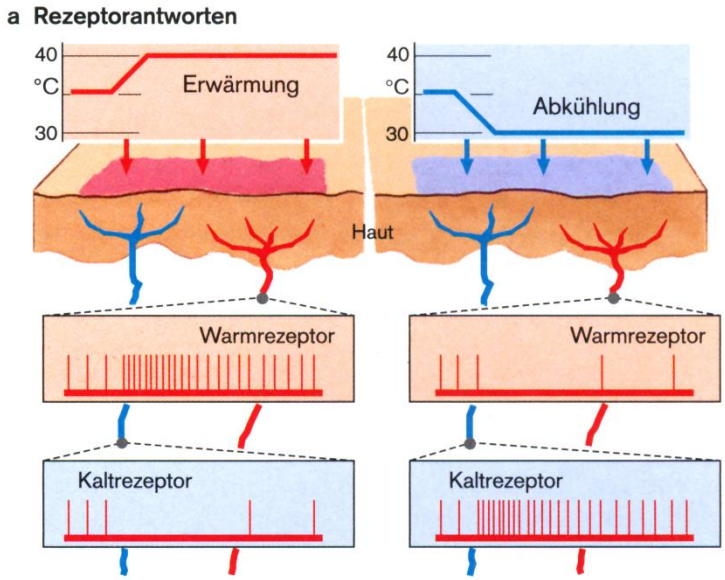
A1 Kopf der Vampirfledermaus *Desmodus rotundus*. Gekennzeichnet sind das zentrale Nasenblatt (NB), zwei der drei Nasengruben (*), das obere Polster (aP) und eines der seitlichen Polster (lP); aus: Dachs167 1984

Rund um die flache Nase der Vampirfledermaus liegen Vertiefungen, die Nasengruben. Oberhalb und seitlich dieser Gruben sind Hautpolster angeordnet (Abb. A1). Mithilfe von Thermografie konnte ein Abbild der Temperaturverteilung der Kopfregion von *Desmodus rotundus* erstellt werden. Dies zeigt, dass die Temperatur des Nasenbereiches um 9° Celsius niedriger liegt als die des übrigen Kopfbereiches. Im Nasenbereich liegen Thermorezeptoren, die insbesondere auf Temperaturen reagieren, welche die Venen von Warmblütern an der Hautoberfläche erzeugen.

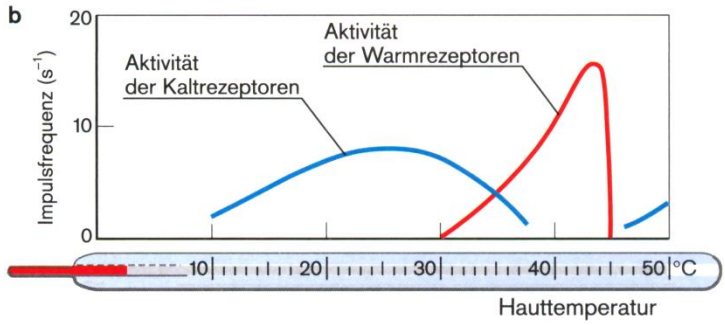
Vampirfledermäuse verfügen über sichelförmige Eck- und Schneidezähne. Die Backenzähne haben keine zum Kauen geeignete Oberfläche. Die Speiseröhre ist kurz und der Magen klein und schlauchförmig (Dachs167 1984; Martin 2011; „Thermorezeption“ 2017).

Material B: Thermorezeptoren

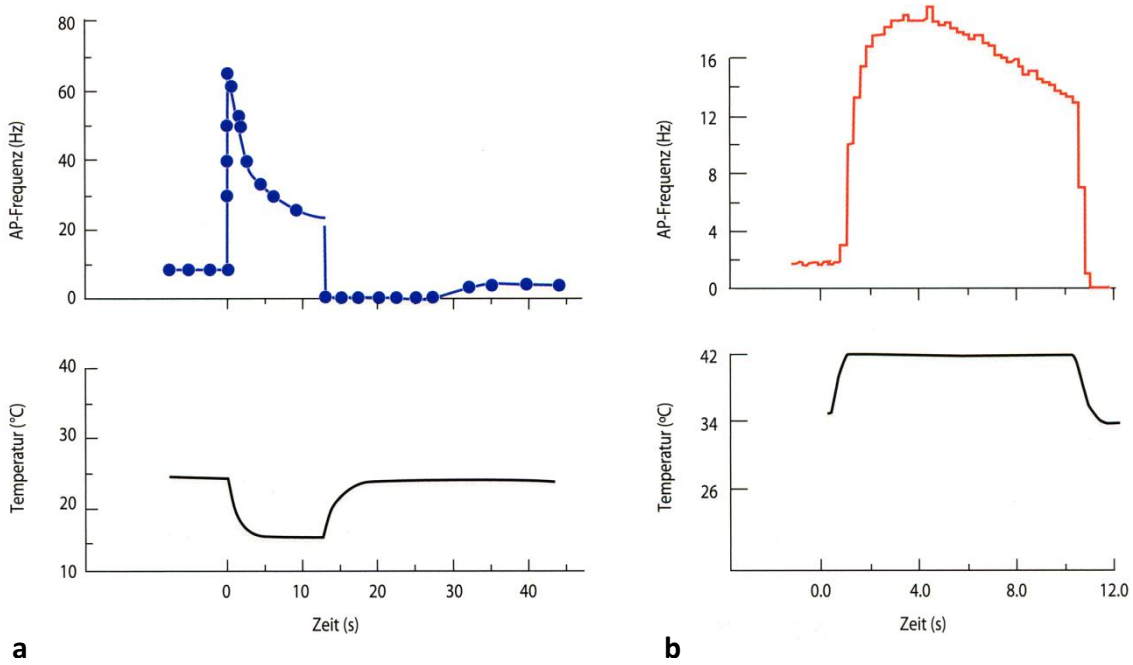
Die Veränderung der Temperatur kann bei Vampirfledermäusen wie bei allen Säugetieren mithilfe von Thermorezeptoren wahrgenommen werden. Es handelt sich um Endigungen von Nervenzellen, deren Zellkörper in den Spinalganglien oder Ganglien der Hirnnerven, wie des Nervus trigeminus, konzentriert sind. Einerseits senden diese Neurone Axone in die Haut, wo sie als freie Nervenendigungen auslaufen, andererseits senden sie Axone zum Rückenmark bzw. Gehirn. Kalt- und Warmrezeptoren sprechen dabei eher auf Kältereize bzw. Wärmereize, wie auch Infrarotstrahlung, an. Dies entspricht zum Beispiel den unterschiedlichen Empfindungsqualitäten „kalt“ und „warm“ beim Menschen. Warmrezeptoren sind im Bereich knapp unter 30 Grad Celsius bis knapp über 40 Grad Celsius aktiv. Kaltrezeptoren sind empfindlich zwischen etwa 5 Grad Celsius und fast 40 Grad Celsius. Von den Kalt- und Warmrezeptoren zu unterscheiden sind die Hitzerezeptoren. Diese reagieren auf Temperaturen, welche als schmerzhaft empfunden werden und über etwa 43 Grad Celsius liegen. Diese polymodalen Nozizeptoren sprechen auch auf andere gewebeschädigende Reize wie sehr starken Druck oder bestimmte chemische Reize an. Thermorezeptoren und Nozizeptoren gehören zu den primären Sinneszellen und erzeugen Aktionspotenziale (Pape, Kurtz, und Silbernagl 2014; Schmidt, Lang, und Heckmann 2010)



B1 Aktivität von Warm- und Kaltrezeptoren.
a Antworten eines Warm- und eines Kaltrezeptors bei Erwärmung bzw. Abkühlung der Haut. Die in den Kästen gezeigten Impulse stellen Aktionspotenziale dar; Pape, Kurtz, und Silbernagl 2014, Abb. 17.5 a



b Mittlere Aktivität von Warm- bzw. Kaltrezeptoren bei unterschiedlciher Hauttemperatur. Einige Kaltrezeptoren werden über 45 °C wieder aktiv und vermitteln dadurch wahrscheinlich die paradoxe Kälteempfindung; Pape, Kurtz, und Silbernagl 2014, Abb. 17.5 a

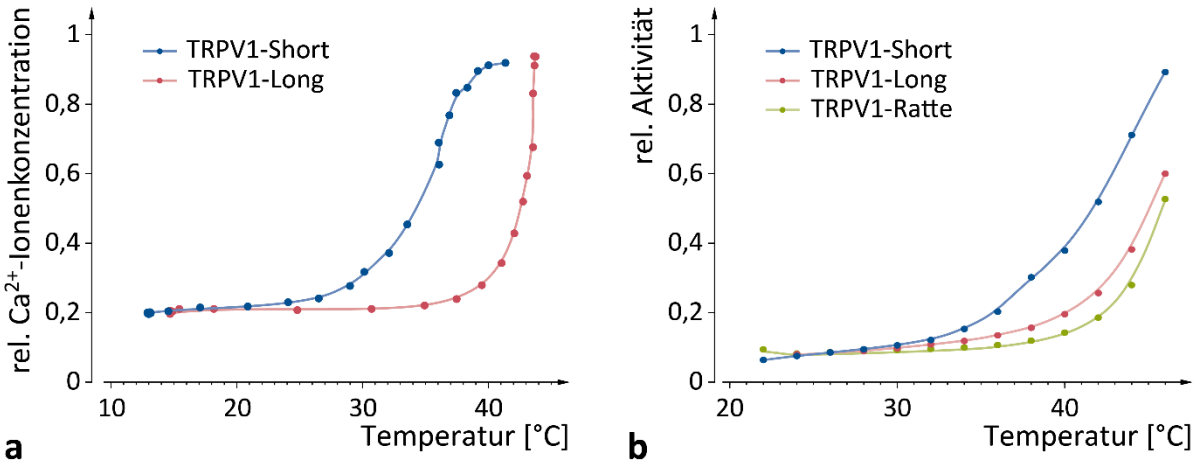


B2 Aktivität von Warm- und Kaltrezeptoren in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur.
a Antworten eines Kaltrezeptors beim Menschen auf Abkühlung bzw. Erwärmung;
b Antworten eines Warmrezeptors beim Rhesusaffen auf Erwärmung bzw. Abkühlung;
Schmidt, Lang, und Heckmann 2010, Abb. 14.17

Material C: Wärmebildkamera in der Nase

Die beste Stelle zum Blutsaugen findet die Vampirfledermaus *Desmodus rotundus* mit Hilfe von Thermorezeptoren, die in bestimmten Bereichen der Nasenregion angeordnet sind. Diese Kalt- und Warmrezeptoren werden vom Nervus trigeminus, einem Hirnnerv, innerviert. Der Aktivitätsbereich des Warmrezeptors ist bei *Desmodus rotundus* durch eine Forschergruppe untersucht worden. Diese Neuronen besitzen in ihrer Zellmembran eine spezielle Varianten des TRPV1-Rezeptor-Moleküls (Gracheva u. a. 2011).

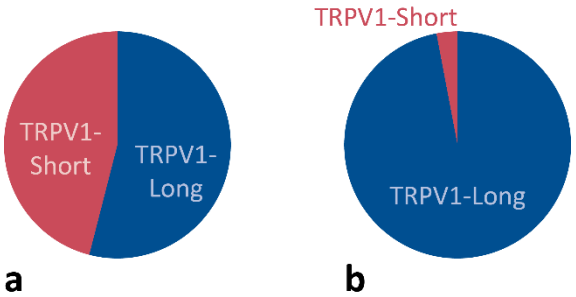
Der Rezeptortyp TRPV1-Short findet sich vorwiegend in den Membranen von Warmrezeptoren, die rund um die Nase bei *Desmodus rotundus* angeordnet sind. In den Membranen von Warmrezeptoren anderer Hautbereiche der Vampirfledermaus findet sich vorwiegend der Rezeptortyp TRPV1-Long. Die Aktivität des Rezeptors kann zum Beispiel über eine Erhöhung der Durchlässigkeit für Ca^{2+}-Ionen und eine daraus resultierende höhere intrazelluläre Ca^{2+}-Ionenkonzentration bestimmt werden (Gracheva u. a. 2011).



C1 Temperaturabhängigkeit von TRPV1-Rezeptoren.
a Relative Ca^{2+}-Ionenkonzentration der verschiedenen Rezeptorformen bei der Vampirfledermaus;
b Relative Aktivität unterschiedlicher Formen des TRPV1-Rezeptors bei Vampirfledermaus und Ratte;
verändert nach: Gracheva u. a. 2011, Fig. 3a, c

Material D: Varianten des Hitzerezeptors TRPV1 bei der Vampirfledermaus

Bei Untersuchungen der Gene für TRPV1 in Neuronen-Zellkernen verschiedener Ganglien wurde durch eine Forschergruppe festgestellt, dass keine signifikanten Veränderungen der TRPV1-Gene vorliegen (Gracheva u. a. 2011). Untersucht wurden das Trigeminus-Ganglion, das Neuronen-Zellkörper von Warmrezeptoren der Nasenregion enthält, und ein am Rücken gelegenes Ganglion, das Neuronen-Zellkörper von Warmrezeptoren des Rückens enthält. Um die Genexpression genauer zu untersuchen, wurde RNA aus den beiden unterschiedlichen Ganglien isoliert. Mithilfe Reverser Transkriptase konnten dann cDNAs der prozessierten TRPV1-Transkripte synthetisiert werden. Diese wurden mithilfe der PCR amplifiziert und in Vektoren kloniert. Die DNA-Sequenzanalyse der betreffenden cDNAs zeigte, dass verschiedene reife RNAs auftreten. In beiden Ganglien der Vampirfledermaus konnten zwei kurze RNA-Varianten, TRPV1-Short und TRPV1-Long, gefunden werden. Die prozentuale Häufigkeit der beiden Varianten im Trigeminus Ganglion (TG) und im Rücken-Ganglion (DRG) wurde mittels cDNA-Sequenzierung des gesamten Transkriptoms der jeweiligen Ganglien bestimmt (Abbildung D1). Ein Ausschnitt der cDNA-Sequenz der beiden Varianten ist in Abbildung D2 dargestellt. Am Übergang zwischen Exon 14 und Exon 15 der TRPV1-RNA treten Unterschiede zwischen den beiden Varianten auf. Der blau unterlegte Bereich entspricht der Sequenz des nicht-codogenen DNA-Stranges von Exon 14 bzw. dem folgenden Exon 15. Die nicht blau unterlegten Nukleotide werden als Exon 14a bezeichnet und sind identisch zu einem 25 Nukleotide langen Bereich aus Intron 14, das im Gen zwischen Exon 14 und Exon 15 (Abbildung D2); (Gracheva u. a. 2011).



D1 Anteile der beiden RNA-Varianten TRPV1-S und TRPV1-L

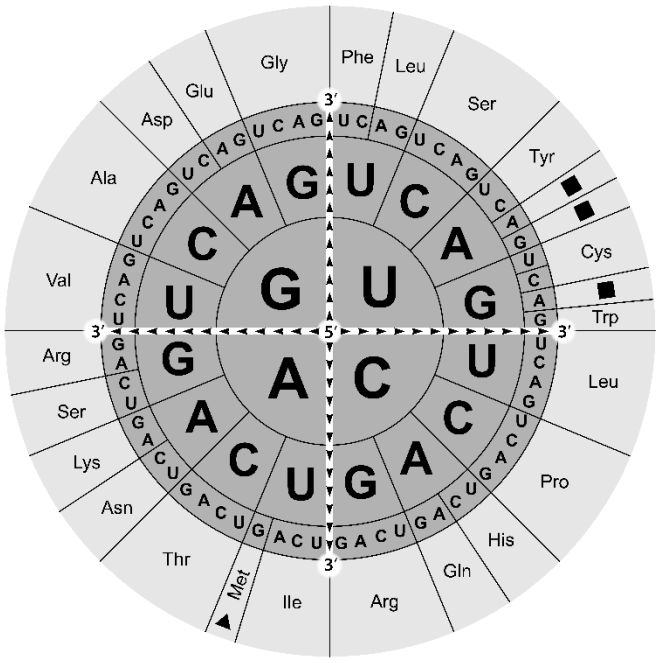
a im Trigeminus Ganglion; **b** im Rücken-Ganglion; verändert nach: Gracheva u. a. 2011, Fig. 2b

```
2200  CCTGATGGCAAGGATGACTACAGGTGGTGTTTCAGGGTGGATGAGGTGAACTGGACCACCTGGAACACCAACGTGGGCATCATCAACGAAGACCCAGGC
2200  CCTGATGGCAAGGATGACTACAGGTGGTGTTTCAGGGTGGATGAGGTGAACTGGACCACCTGGAACACCAACGTGGGCATCATCAACGAAGACCCAGGC

2299  AATTGTGAAGGCATCAAGCGCACCCTGAGCTTCTCCCTGCGGTCAAGCAGAGCAGTTTGACTAAGATGTACTTAGTCGCAGGGAGAAACTGGAAGAACT
2299  AATTGTGAAGGCATCAAGCGCACCCTGAGCTTCTCCCTGCGGTCAAGCAG-----------------------AGTCGCAGGGAGAAACTGGAAGAACT

2398  TTGCCCTGGTTCCACTTTTAAGAGATGCAAGCACTCGAGAAAGGCAGCCTGCTCAGCCTGA
2398  TTGCCCTGGTTCCACTTTTAAGAGATGCAAGCACTCGAGAAAGGCAGCCTGCTCAGCCTGA
```

D2 Ausschnitt aus den Sequenzen der cDNA-Varianten von TRPV1-Short (obere Zeile) und TRPV2-Long (untere Zeile). Dargestellt ist die Nukleotidsequenz des nicht-codogenen Stranges der jeweiligen cDNA ab Position 2200 bis zum Stopp-Codon TGA von 5′ nach 3′. Das Leseraster beginnt zum Beispiel bei Nukleotid 2299. Nach: Gracheva u. a. 2011, Supp. Fig. Abb. 8a



Ala	A	Alanin
Arg	R	Arginin
Asn	N	Asparagin
Asp	D	Asparaginsäure
Cys	C	Cystein
Gln	Q	Glutamin
Glu	E	Glutaminsäure
Gly	G	Glycin
His	H	Histidin
Ile	I	Isoleucin
Leu	L	Leucin
Lys	K	Lysin
Met	M	Methionin
Phe	F	Phenylalanin
Pro	P	Prolin
Ser	S	Serin
Thr	T	Threonin
Trp	W	Tryptophan
Tyr	Y	Tyrosin
Val	V	Valin

▶ Start-Codon
■ Stopp-Codon

D3 Codesonne mit Ein- und Dreibuchstabenabkürzungen der Aminosäuren.

Material E: Alternatives Spleißen führt zu Varianten des TRPV1-Rezeptors

Bei Untersuchungen der Gene für TRPV1 in Neuronen-Zellkernen verschiedener Ganglien wurde durch eine Forschergruppe festgestellt, dass keine signifikanten Veränderungen der TRPV1-Gene vorliegen (Gracheva u. a. 2011). Untersucht wurden das Trigeminus-Ganglion, das Neuronen-Zellkörper von Warmrezeptoren der Nasenregion enthält, und ein am Rücken gelegenes Ganglion, das Neuronen-Zellkörper von Warmrezeptoren des Rückens enthält. Um die Genexpression genauer zu untersuchen, wurde RNA aus den beiden unterschiedlichen Ganglien isoliert. Mithilfe Reverser Transkriptase konnten dann cDNAs der prozessierten TRPV1-Transkripte synthetisiert werden. Diese wurden mithilfe der PCR amplifiziert und in Vektoren kloniert. Die DNA-Sequenzanalyse der betreffenden cDNAs zeigte, dass verschiedene reife RNAs auftreten. In beiden Ganglien der Vampirfledermaus konnte zwei RNA-Varianten gefunden werden. Im Trigeminus-Ganglion liegt die Häufigkeit der Variante TRPV1-Short bei 45 %, im Rücken-Ganglion nur bei etwa 3 Prozent. Die aus den jeweiligen cDNAs abgeleitete Aminosäuresequenz der beiden RNA-Varianten ist unten als Ausschnitt dargestellt (Abb. E1). Bei der Variante TRPV1-Short kommt es durch alternatives Spleißen zu einer Verlängerung des Exons 14. Ein 25 Nukleotide langer Bereich des zwischen Exon 14 und Exon 15 gelegenen Introns wird an Exon 14 angefügt. Dadurch kommt es zu einer veränderten Aminosäuresequenz an der Spleißstelle und außerdem zu einem Stopp-Codon, sodass ein verkürztes Polpeptid gebildet wird (Gracheva u. a. 2011)

TRPV1-Short 770 **GIKRTLSFSLRSSRAV**

TRPV1-Long 770 **GIKRTLSFSLRSSRVA**GRNWKNFALVPLLRDASTRERQP
AQPEEVHLKHFSGSLKPEDANVFKDSAALGESEKGESTV

E1 Ausschnitt der abgeleiteten Aminosäuresequenz (Einbuchstabenabkürzung) der TRPV1-Isoformen bei *Desmodus rotundus*. Angegeben sind alle Aminosäuren ab der Position 770 in der Aminosäuresequenz. In Rot sind die Aminosäuren des Exon 14 dargestellt, in Blau die des Exon 15. Grün dargestellt sind die an der Spleißstelle zwischen Exon 14 und 15 codierten Aminosäuren. Nach: Gracheva u. a. 2011, Fig. 2a

Literatur

Dachs167. 1984. *Head of vampire bat, Desmodus rotundus, with nose-leaf.* Eigenes Werk. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vampir-Head.jpg?uselang=de.

Gracheva, Elena O., Julio F. Cordero-Morales, José A. González-Carcacía, Nicholas T. Ingolia, Carlo Manno, Carla I. Aranguren, Jonathan S. Weissman, und David Julius. 2011. „Ganglion-specific splicing of TRPV1 underlies infrared sensation in vampire bats“. *Nature* 476 (7358):88–91. https://doi.org/10.1038/nature10245.

Martin, Marion. 2011. „Eingebaute Wärmebildkamera - bild der wissenschaft“. 3. August 2011. http://www.wissenschaft.de/home/-/journal_content/56/12054/937529/.

Pape, Hans-Christian, Armin Kurtz, und Stefan Silbernagl, Hrsg. 2014. *Physiologie*. 7., Vollst. überarb. und erw. Aufl. Stuttgart, New York: Thieme.

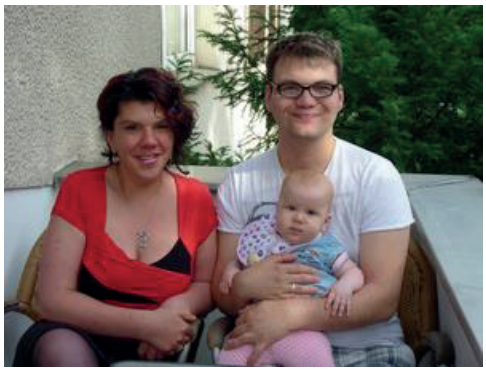
Schmidt, Robert F., Florian Lang, und Manfred Heckmann, Hrsg. 2010. *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie*. 31., Überarb. und aktualisierte Aufl. Springer-Lehrbuch. Heidelberg: Springer Medizin.

„Thermorezeption“. 2017. *Wikipedia*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Thermorezeption&oldid=169541154.

WORKSHOP A

Material A

„Wenn ich im Zug einschlafe kann ich sterben“ - Mit dem Undine-Syndrom leben



Äußerlich ist Tobias Mohn seine Krankheit nicht anzumerken. Der 27-jährige gebürtige Bonner hat eine sportliche Figur, die er mit Fahrradfahren und schwimmen fit hält. Den Luftröhrenschnitt, den man kurz nach seiner Geburt bei ihm durchgeführt hat, verdeckt ein buntes Sommer T-Shirt und die Haare sind lässig gestylt, wie junge Männer es heutzutage tragen. Von Geburt an leidet Tobias Mohn an dem Undine-Syndrom. Der Begriff "Undine-Syndrom" geht auf eine germanische Legende zurück, in der die Nymphe Undine einen Fluch über ihren untreuen, irdischen Mann legte, der ihm die autonome Atmungskontrolle nahm, sodass er im Schlaf starb. Das Undine-Syndrom oder auch das kongenitale zentrale Hypoventilationssyndrom ist eine seltene, angeborene Erkrankung des zentralen Nervensystems bei der die "normale" autonome Atmungskontrolle fehlt oder gestört ist.

Wenn ich schlafe höre ich einfach auf zu atmen

„Tagsüber ist bei mir alles in Ordnung“, sagt Tobias Mohn, „aber nachts, wenn ich schlafe bin ich an eine Maskenbeatmung angeschlossen, weil ich von Geburt an im Schlaf nicht atme“. Nach dem bekannten Klaps auf den Po, den jedes Baby nach der Geburt erhält stellte man bei Tobias fest, dass er nicht eigenständig atmet und schloss ihn durch ein Tracheostoma (Luftröhrenschnitt) an eine Beatmungsmaschine an. Seine ersten eineinhalb Lebensjahre verbrachte Tobias im Krankenhaus. (…) Der Bonner absolviert gerade eine Umschulung zur Sicherheitsfachkraft und weiß, was er tagsüber im Notfall machen kann: „Wenn ich tagsüber einmal so müde bin, zum Beispiel im Zug oder Bus, dass die Gefahr bestünde, dass ich einschlafe, dann rufe ich einfach meine Frau an, sie muss mich dann unterhalten und durch unser Gespräch wach halten, damit ich nicht wegdöse, denn das wäre für mich tödlich“, erklärt Tobias.

Material B

Beim Undine-Syndrom handelt es sich auf molekularer Ebene um eine Störung der zentralen CO_2-Chemorezeptorsensitivität im Hirnstamm, die eine verminderte CO_2-Antwort verursacht. Bei verlangsamter Atmung (= Hypoventilation) oder Atemstillstand steigt bei jedem Menschen die Kohlendioxid-Konzentration im Blut bzw. in der Hirnflüssigkeit. Dies wird normalerweise von Kohlenstoffdioxid-Rezeptoren registriert, die dann für verstärkte Atemaktivität sorgen. Die Atemantwort eines Kindes mit Undine-Syndrom auf eine niedrige Sauerstoffsättigung des Blutes, die Hypoxie, und/oder einen Kohlendioxidanstieg im Blut, die Hyperkapnie, ist typischerweise im Wachzustand eingeschränkt aber oft noch ausreichend vorhanden. Im Schlaf oder bei zusätzlichen Erkrankungen kommt es in unterschiedlichem Ausmaß zur weiteren Verringerung dieser notwendigen Atemantwort, so dass diese Kinder zumindest während des Schlafes beatmet werden müssen. Die meisten Undine-Kinder atmen während des Wachzustandes oberflächlich aber weitgehend ausreichend. In Deutschland gibt es etwa 100 betroffene Patienten, Stand 2013.

Material C

Atemregulation

Unter Atmungsregulation versteht man die Anpassung des Gasaustauschs in der Lunge an die Stoffwechselbedürfnisse des Organismus. Die Atmung erfolgt normalerweise unwillkürlich über das Atemzentrum im Hirnstamm, kann aber auch bewusst gesteuert werden. Die unwillkürliche Atmung wird dabei durch vielfältige Einflüsse gesteuert:

- Chemorezeptoren (Sauerstoff und Kohlendioxid)
- Dehnungsrezeptoren Lunge und Muskulatur
- Sympathikotonus (Adrenalin bei Fluchtreflex)
- Parasympathikotonus (Schlaf)
- Umgebungstemperatur über Kälterezeptoren der Haut
- Bluttemperatur
- Pressorezeptoren

Ein- und Ausatmung werden dabei durch Stimulation und Hemmung von inspiratorischen und exspiratorischen Neuronengruppen im Wechsel automatisch gesteuert.

Dehnungsrezeptoren der Lunge unterstützen diesen Wechsel als Rückkopplung des Momentanzustandes. Eine wichtige Stellung bei der Atemregulation spielen die Chemorezeptoren. Man unterscheidet:

- periphere Chemorezeptoren für O_2 (Glomus Caroticus)
- zentrale Chemorezeptoren für CO_2 und pH (Medulla oblongata)

Dabei werden die aktuellen Werte fortlaufend gemessen und im Atemzentrum mit den Sollwerten verglichen. Fällt der partielle O_2-Druck im arteriellem Blut ab wird über die Bahnen des IX (Glomus caroticus) und X Hirnnerv (Glomus aorticus) die Atmung verstärkt um den partiellen O_2-Druck im Blut wieder anzuheben. Die Veränderungen des Partialdrucks des CO_2 oder des pH-Werts führen ebenfalls zu einer Anpassung der Atemarbeit mit dem Ziel, die Werte von partiellem O_2, CO_2 und pH wieder auf ihre Sollwerte zurückzuführen.

Dehnungsrezeptoren der Muskulatur zeigen schon vor der Feststellung eines Sauerstoffmangels den Beginn einer muskulären Arbeit an und unterstützen eine Mehratmung.

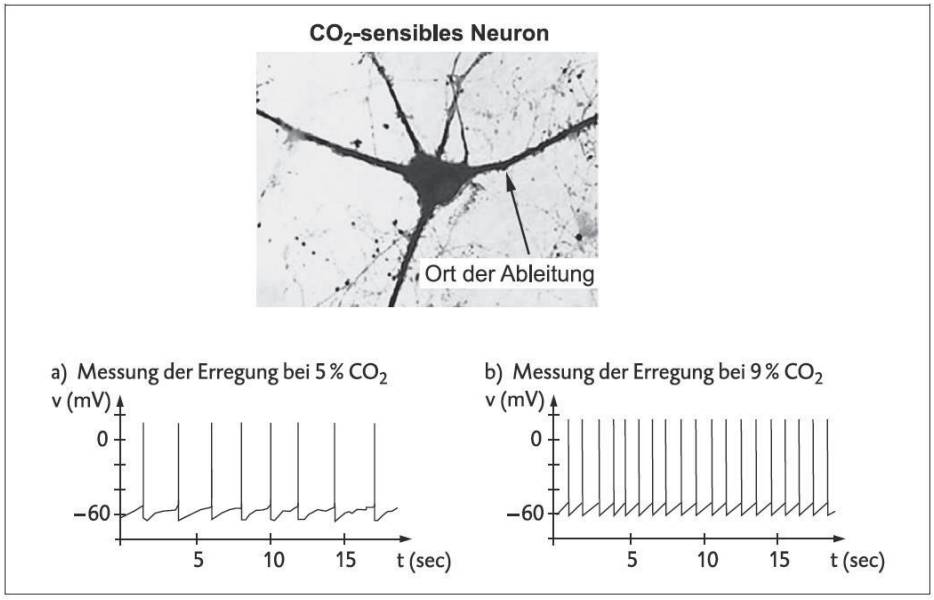


Abb.1 zeigt die Reaktion eines Chemorezeptor-Neurons auf verschiedene CO_2-Konzentrationen.

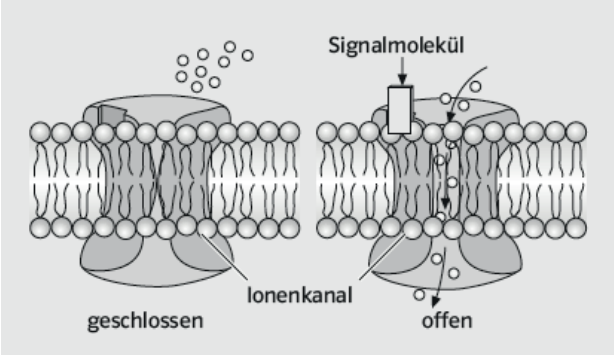


Abb.2: Chemisch gesteuerter Ionenkanal

Material D

Das verantwortliche Gen beim Undine-Syndrom

Pressemitteilung 17. März 2003
Das für das Undinesyndrom verantwortliche Gen ist gefunden worden. Ein Team von Genetikern, geführt von Dr. Jeanne Amiel unter der Leitung von Prof. Stanislas Lyonnet (Abtlg. Humangenetik Forschungs- einheit Inserm 393, Neckerklinik f. Kranke Kinder, Paris, Frankreich) hat in Zusammenarbeit mit dem Forschungsteam von Prof. Gaultier (Institut f. Physiologie CIC Inserm 9202 Robert Debre Krankenhaus) soeben den genetischen Ursprung des sog. Undinesyndroms identifiziert. (…)

Der genetische Ursprung von Undine wurde bislang nicht gefunden. Die heute veröffentlichte Studie zeigt, dass bei 2/3 von 29 Testpersonen eine Veränderung des Gen PHOX 2 B auf dem 4. Chromosom vorliegt. Dieses Gen spielt eine besondere Rolle bei der Embryonal- bzw. Foetalentwicklung des gesamten autonomen Nervensystems. Es codiert für ein Protein, das in Nervenzellen, die innere Organe kontrollieren, als Transkriptionsfaktor für die Gensteuerung verantwortlich ist. Auch für die Differenzierung von embryonalen Nervenzellen zu Chemorezeptoren wird das Protein benötigt.

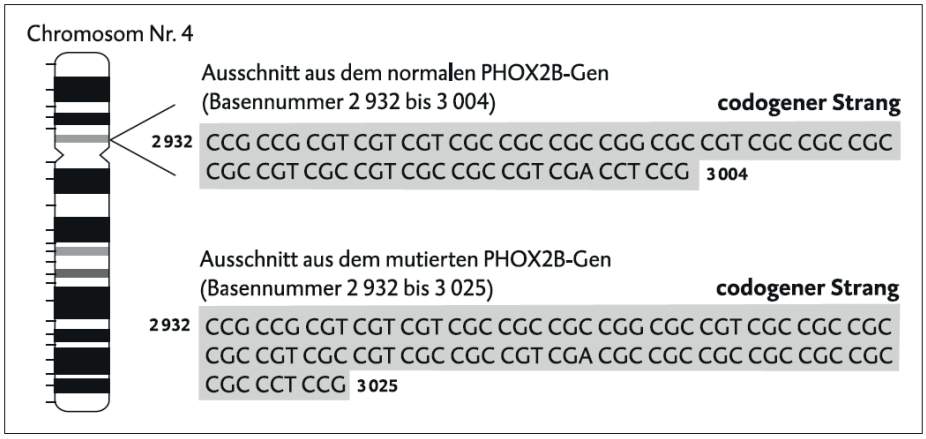


Abb.3 zeigt einen Ausschnitt aus der Basensequenz des normalen sowie des mutierten PHOX2B-Gens, das für die Auslösung der Krankheit verantwortlich ist.

Beim Genprodukt des PHOX2BGens handelt es sich um einen Transkriptionsfaktor, der aus ca. 160 Aminosäuren besteht. Dieses Steuerprotein reguliert die Aktivität des DBH-Gens und damit die Synthese des Enzyms Dopamin-beta-Hydroxylase (= DBH, Schlüsselenzym zur Synthese bestimmter Neurotransmitter). Der vermutliche Gesamtzusammenhang zwischen Mutation und Undine-Syndrom ist stark vereinfacht in der Abb.4 unten dargestellt.

Bei der Aktivierung des Enzyms DBH durch das Genprodukt von PHOX2B bewirken verschiedene Mutationen eine veränderte Funktionalität des Transkriptionsfaktors. Für das mutierte Protein konnte eine veränderte Bindungsfähigkeit an dem DBH-Promotor nachgewiesen werden.

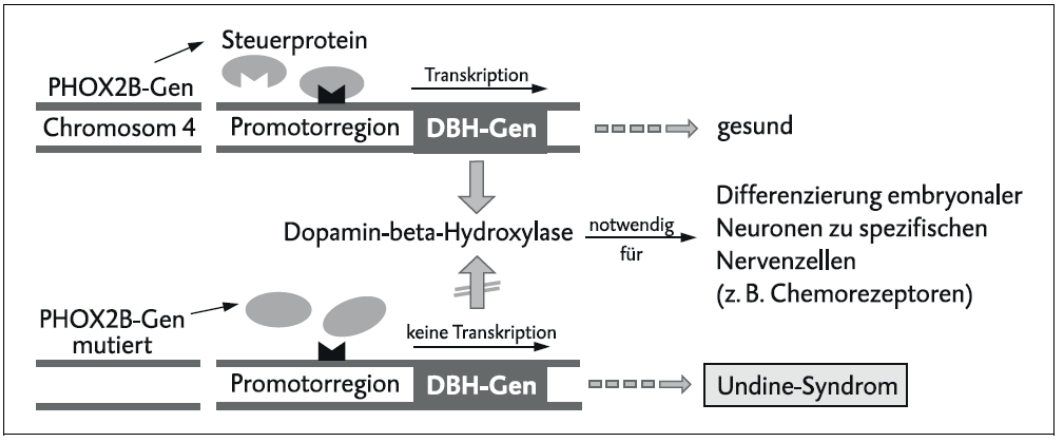


Abb.4: stark vereinfacht dargestellter Zusammenhang zwischen Mutation und Undine-Syndrom

Material E

Die Erkenntnisse sind da, was nun? – Erkenntnisse von 2003 bis heute

Diese neue Erkenntnis wird kurzfristig eine molokulargenetische Diagnostik und ggf. auch eine pränatale Diagnostik ermöglichen können. Man nimmt an, dass sich das Undinesyndrom auf dominantem Weg weitervererbt. Bei einem Patienten mit Undindesyndrom besteht ein 50%iges Risiko diese Erkrankung an seine Kinder weiterzugeben.

Die Diagnosestellung dieses Syndroms war bislang nur als Ausschlussdiagnose mit entsprechendem Zeitaufwand und klinischen Belastungen des Patienten, durch invasive Diagnostik möglich. Es gelang 2013 im Rahmen einer Dissertation, ein Protokoll für eine genetische Diagnostik des Undine-Syndroms für Genetik-Labore zu etablieren. Die initial auch in der Literatur beschriebenen Probleme der Allelverluste im Rahmen der PCR, konnten durch Modifikationen der Methode behoben werden. Zusätzlich wurden die im Gelbild erhobenen Befunde durch Fragmentlängenanalysen und Sequenzierungen des Genabschnittes verifiziert.
Es konnten von 2004 bis 2008 bei 12 Patienten Mutationen im PHOX2B Gen nachgewiesen werden. Eine der nachgewiesenen Expansionsmutationen stellt die längste bislang in der Literatur beschriebene Expansion dar. In unserem Patientengut besteht bei 92 % der Patienten eine Mutation im 20 Alanine umfassenden Polyalaninrepeat des PHOX2B Gens. Mit einem für die Diagnostik entwickelten Fragebogen wurden bei den einsendenden Ärzten Informationen zum Krankheitsbild erhoben. Eine Genotyp-Phänotyp Korrelation konnte nachgewiesen werden.
Die genetische Untersuchung ermöglicht somit, neben der reinen Krankheitsdiagnose, auch noch eine prognostische Einschätzung des Krankheitsverlaufes, sowie eine Anpassung weiterer diagnostischer Schritte. Zusammenfassend sind die für das Undine-Syndrom ursächlichen PHOX2B Mutationen durch eine Mutationsanalyse gut und sicher nachweisbar. Amplifikation und Geldarstellung des Polyalaninrepeats stellen ein methodisch gut durchführbares, und für mögliche Verdachtspatienten kaum belastendes Verfahren dar. Eine frühe und sichere Diagnosestellung des CCHS und - aufgrund der bestehenden Genotyp-Phänotyp Korrelation - auch eine Prognosebeurteilung, werden hierdurch ermöglicht. Der Status als „Ausschlussdiagnose" mit der Notwendigkeit multipler, belastender und invasiver Diagnostik, ist für das kongenitale zentrale Hypoventilationssyndrom, nach heutigem Stand, nicht mehr gerechtfertigt.

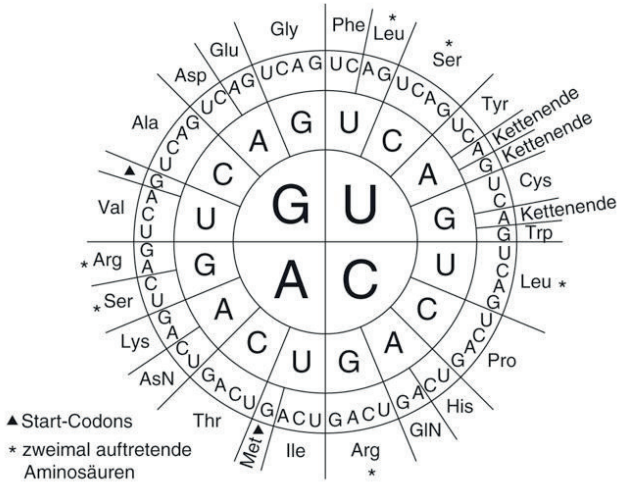


Abb. 5: Code-Sonne

Verwendete Literatur:

Prießmann, Helga Katharina: Genetische Diagnostik des kongenitalen zentralen Hypoventilationssyndroms (Undine Syndroms), Bamberg 2012.
Atememregulation: http://vmrz0100.vm.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/e866/e2442/e3862/e3896/e3948/index_ger.html (zuletzt aufgerufen: 17.10.2017, 8:15 Uhr).
„Wenn ich im Zug einschlafe kann ich sterben“ - Mit dem Undine-Syndrom leben – gekürzt, entnommen: http://www.beatmungspflegeportal.de/betroffene/nachrichten/wenn-ich-im-zug-einschlafe-kann-ich-sterben-mit-dem-undine-syndrom-leben.html (zuletzt aufgerufen: 17.10.2017, 8:20 Uhr).
Zentrales Hypoventilationssyndrom - Informationsbroschüre für Patienten und Pflegepersonal, Version 1.2 – November 2012.

Abbildungen entnommen aus:

Foto Material A: „Wenn ich im Zug einschlafe kann ich sterben“ - Mit dem Undine-Syndrom leben – gekürzt, entnommen: http://www.beatmungspflegeportal.de/betroffene/nachrichten/wenn-ich-im-zug-einschlafe-kann-ich-sterben-mit-dem-undine-syndrom-leben.html (zuletzt aufgerufen: 17.10.2017, 8:20 Uhr).
Abb. 1, 3, 4: Lingg, Werner: Kann man das Atmen vergessen? Das Undine-Syndrom, Unterrichtsmaterial für die Sek.II, erschienen im Stark-Verlag, Beitrag: G.3.42.
Abb. 2: Eckebrecht, Hanna; Spieß, Christian: Natura – Biologie für Gymnasien, Qualifikationsphase, Digitaler Unterrichtsassistent, Stuttgart 2015.
Abb. 5 Code-Sonne: https://www.abiweb.de/original-abituraufgabe-biologie-neurobiologie-zytologie-evolution-oekologie/abituraufgabe-bienen-neurobiologie-zytologie-evolution-oekologie.html (zuletzt aufgerufen: 17.10.2017, 9:11 Uhr).

Übersicht Operatoren

abitur.nrw

Biologie

Operator	Definition	AFB-Bandbreite
ableiten	auf der Grundlage wesentlicher Merkmale sachgerechte Schlüsse ziehen	II–III, ggf. I
analysieren	wichtige Aussagen, Daten, Merkmale, Eigenschaften oder Sachverhalte auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten	II, ggf. III
angeben	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen aufzählen	I–II
anwenden	einen bekannten Sachverhalt, ein Modell oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen	II
auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einen Zusammenhang stellen und ggf. zu einer Gesamtaussage zusammenführen	II–III, ggf. I
begründen	Sachverhalte auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten bzw. auf kausale Beziehungen von Ursache und Wirkung zurückführen	II–III, ggf. I
benennen	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge fachsprachlich richtig bezeichnen	I–II
berechnen / bestimmen	Werte oder Größen mittels Gleichungen berechnen	I–II
beschreiben	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert unter Verwendung der Fachsprache wiedergeben.	I–II
beurteilen	zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen	II–III
bewerten	Sachverhalte bzw. Methoden an Wertekategorien oder an ausgewiesenen bzw. bekannten Beurteilungskriterien messen	II–III
darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden etc. unter Verwendung einer korrekten Fachsprache und fachüblicher Darstellungsweisen strukturiert wiedergeben	I–III
deuten	fachspezifische Zusammenhänge im Hinblick auf eine gegebene Fragestellung begründet herausstellen	II–III
diskutieren	Argumente und Beispiele zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen	II–III
dokumentieren	Daten und Beobachtungen aus Experimenten / Untersuchungen unter Verwendung fachspezifischer Darstellungsformen festhalten	I–II
durchführen	eine vorgegebene oder eigene Experimentieranleitung umsetzen bzw. zielgerichtete Messungen und Änderungen vornehmen	II–III
entwickeln	zu einem Sachverhalt oder einer Problemstellung eine Fragestellung, ein Modell	III

Übersicht Operatoren

abitur.nrw

Biologie

	oder ein Experiment entwerfen oder modifizieren	
erklären	einen Sachverhalt mit Hilfe eigener Kenntnisse in einen Zusammenhang einordnen sowie ihn nachvollziehbar und verständlich machen	I–III
erläutern	einen Sachverhalt veranschaulichend darstellen und durch zusätzliche Informationen verständlich machen	I–III
ermitteln	einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und herleiten und das Ergebnis formulieren	II–III, ggf. I
erörtern	Argumente und Beispiele zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen	II–III
Hypothese entwickeln / Hypothese aufstellen	begründete Vermutung auf der Grundlage von Beobachtungen, Untersuchungen, Experimenten oder Aussagen formulieren	II–III
interpretieren	fachspezifische Zusammenhänge im Hinblick auf eine gegebene Fragestellung begründet herausstellen	II–III
nennen	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen aufzählen	I–II
protokollieren	Beobachtungen oder die Durchführung von Experimenten detailgenau zeichnerisch einwandfrei bzw. fachsprachlich richtig wiedergeben	I
prüfen / überprüfen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten und Gesetzmäßigkeiten messen und eventuelle Widersprüche aufdecken	II–III
skizzieren	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduziert übersichtlich grafisch darstellen	I–II
Stellung nehmen	zu einem Sachverhalt, der an sich nicht eindeutig ist, nach kritischer Prüfung und sorgfältiger Abwägung ein begründetes Urteil abgeben	II–III
untersuchen	wichtige Aussagen, Daten, Merkmale, Eigenschaften oder Sachverhalte auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten; „untersuchen“ beinhaltet ggf. zusätzliche praktische Anteile	II, ggf. III
vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln und herausstellen	I–II
zeichnen	eine möglichst exakte grafische Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen und beschriften	I–II
zusammenfassen	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduziert sprachlich darstellen	I–II

abitur.nrw

Ministerium für
Schule und Weiterbildung
des Landes Nordrhein-Westfalen

Vorgaben für die Konstruktion von Aufgaben für die schriftliche Abiturprüfung im Fach

Biologie

Es gelten die im Kernlehrplan und in den ‚Abiturvorgaben' festgelegten Prinzipien für die Konstruktion von Aufgaben für die schriftliche Abiturprüfung.

Insbesondere ist auf folgende Punkte hinzuweisen:

Allgemeine Hinweise	Fachbezogene Hinweise
Die zentral zu stellende Prüfungsaufgabe entspricht den in den Kernlehrplänen jeweils in Kapitel 4 beschriebenen Aufgabenarten unter Berücksichtigung der spezifischen Einschränkungen, die ggf. in Abschnitt II. a) der ‚Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen für die schriftlichen Abiturprüfungen' (im Folgenden kurz ‚Abiturvorgaben') gemacht werden. Bei Vorlage der Prüfungsaufgabe ist die Aufgabenart bzw. sind die Aufgabenarten unter Verweis auf den jeweiligen Lehrplan zu kennzeichnen.	Für die Prüfung im Fach Biologie sind laut Kernlehrplan (Kap. 4) folgende Aufgabenarten zulässig: • Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält • Bearbeitung eines Demonstrationsexperimentes • Durchführung und Bearbeitung eines Schülerexperimentes Es sind auch Mischformen der im KLP genannten Aufgabenarten möglich. Eine ausschließlich aufsatzartig zu bearbeitende Aufgabenstellung, d. h. ohne vorgelegtes fachspezifisches Material oder ohne Experiment, ist nicht zulässig.
Die Aufgabenstellungen müssen alle drei Anforderungsbereiche berücksichtigen, wobei der Anforderungsbereich II den Schwerpunkt bildet.	Der Schwerpunkt der zu erbringenden Leistung liegt für das Fach Biologie im Anforderungsbereich II bei angemessener Berücksichtigung der Anforderungsbereiche I und III, wobei der Anteil des Bereichs I deutlich größer sein soll als der des Bereichs III.
Die Aufgabenstellung und die ihr zugrunde liegenden Materialien müssen gewährleisten, dass Lösungen nicht ausschließlich durch Reproduktion von im Unterricht Erarbeitetem erbracht werden können. Das bedeutet unter anderem, dass Aufgabenstellungen nicht aus gängigen Unterrichtswerken entnommen werden dürfen. Ebenfalls unzulässig ist die Verwendung von Aufgabenstellungen, die in einem früheren Prüfungsjahrgang bereits Gegenstand der schriftlichen Abiturprüfung in Nordrhein-Westfalen oder einem anderen Bundesland waren.	Die Text- und Materialgrundlagen stammen aus einer **vertrauenswürdigen, wissenschaftlich fundierten Quelle,** d. h. sie müssen sachlich korrekt sein. Das Arbeitsmaterial bezieht sich auf reale (nicht fiktive) Ergebnisse oder Untersuchungen. Ferner ist zu beachten: • Die Aufgabe ist in Teilaufgaben gegliedert: im Grundkurs drei Teilaufgaben, im Leistungskurs, je nach Komplexität, drei bis fünf Teilaufgaben. • Die Teilaufgaben haben direkten Materialbezug.

Vorgaben für die Konstruktion von Aufgaben

	Auch Reproduktionsaufgaben müssen sich auf das Material bzw. auf eine Materialvorgabe beziehen.
Für die Aufgabenstellungen werden die für Abiturprüfungen geltenden Operatoren des Faches verwendet. (➔Operatorenlisten unter www.standardsicherung.nrw.de)	Die Operatoren können je nach Komplexität und Schwierigkeitsgrad des Arbeitsauftrags unterschiedlichen Anforderungsbereichen zugeordnet werden.
Die Prüfungsaufgabe ist so anzulegen, dass sie sich fachlich in angemessener Breite auf Kompetenzerwartungen und Inhaltsfelder bezieht, die laut Kapitel 2 des Kernlehrplans für das Ende der Qualifikationsphase festgelegt sind. Bezüge zu den für die Bearbeitung der Aufgabe wesentlichen Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans sowie zu den einschlägigen Schwerpunkten bzw. Fokussierungen der ‚Abiturvorgaben' müssen ausgewiesen werden.	Einer konkreten Abituraufgabe liegt je nach Konzeption eine sehr unterschiedlich große Anzahl übergeordneter und konkretisierter Kompetenzerwartungen zu Grunde. Im Fach Biologie werden konkretisierte und übergeordnete Kompetenzen nicht im Einzelnen ausgewiesen. Hingegen müssen in den Unterlagen für die Lehrkraft Inhaltsfelder, inhaltliche Schwerpunkte und ggf. Fokussierungen wörtlich ausgewiesen sein. Dabei wird das im Vordergrund stehende Inhaltsfeld im Lehrerteil an erster Stelle aufgeführt. Eine Abituraufgabe nimmt neben diesem Inhaltsfeld in der Regel auch Bezug zu mindestens einem weiteren.
Die Prüfungsaufgabe muss eine Beurteilung ermöglichen, die das gesamte Notenspektrum umfasst. Die unterschiedlichen Anforderungsebenen von Grund- und Leistungskursen (grundlegendes und erhöhtes Anforderungsniveau) müssen deutlich erkennbar sein, vor allem im Hinblick auf die Komplexität des Gegenstands, die Abstraktion der Inhalte, den Anspruch an die Beherrschung der Fachsprache und Methoden sowie die Selbstständigkeit bei der Lösung der Aufgaben.	Die Arbeitsaufträge weisen eine Progression der Anforderungsbereiche bzw. eine zunehmende Komplexität auf. Die Aufgabe bietet in der Form Teilaufgaben, sodass das Versagen von Prüflingen in einer Teilaufgabe trotzdem zu erfolgreichen Teillösungen in den anderen Teilaufgaben führen kann. Die Teilaufgaben stehen in einem gemeinsamen inhaltlichen Kontext.
Sofern Aufgaben zur Wahl gestellt werden, müssen sie sich hinsichtlich ihrer Bezüge zu den inhaltlichen Schwerpunkten der ‚Abiturvorgaben' deutlich unterscheiden und auf unterschiedliche Schwerpunkte der ‚Abiturvorgaben' zurückgreifen.	

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Klausuraufgaben

Workshop B

Methodentraining

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Ablauf

- Bezug zum Kernlehrplan S II
- Arbeitsphase 1:
  methodische Anforderungen von Klausuren
- Vortrag: Ziele und Möglichkeiten von Methodentraining
- Arbeitsphase 2:
  Entwicklung und Austausch von Unterrichtsmaterialien für die EF zum Methodentraining

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Zentrale Begriffe im und Bezüge zum Kernlehrplan SII

Aufgabe der Oberstufe

- Vorbereitung auf ein Studium

→ wissenschaftspropädeutisches Arbeiten (S.13)

Aufgabe der Einführungsphase

- Vorbereitung der Qualifikationsphase
- Verdeutlichen und **Einüben** fachlicher Anforderungen bzgl. verstärkter Formalisierung, Systematisierung und reflexiver Durchdringung, größerer Selbstständigkeit (S. 13)
- Vorbereitung der Progression der übergeordneten Kompetenzerwartungen (S. 20 / 26)

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Arbeitsphase 1

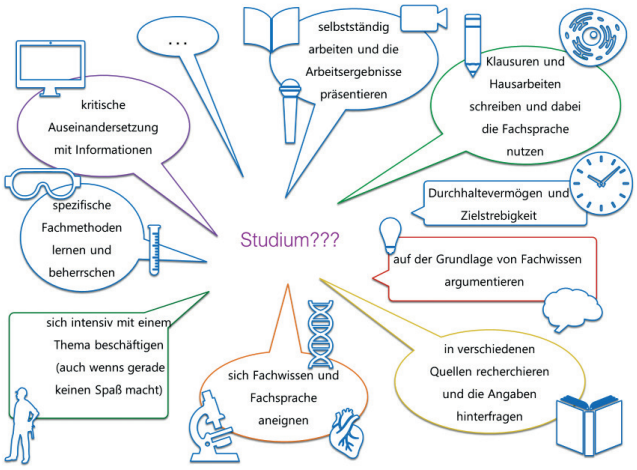
1. Sichten Sie gemeinsam die an ihrem Tisch ausliegende EF-Klausuraufgabe und antizipieren Sie Aspekte in Aufgabenstellung und Material, die Ihren Schülerinnen und Schülern Probleme bereiten könnten.

2. Halten Sie stichpunktartig fest, welche **fachmethodischen Kompetenzen** Ihre Schülerinnen und Schüler zum erfolgreichen Lösen der Klausur benötigen.

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

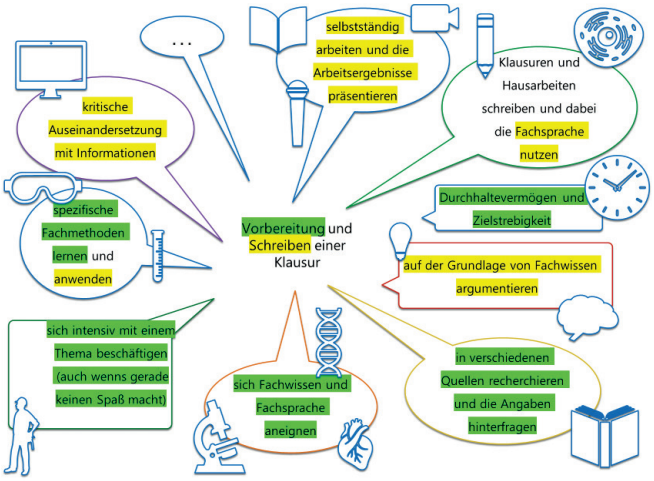
Bezirksregierung Arnsberg



© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg



© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

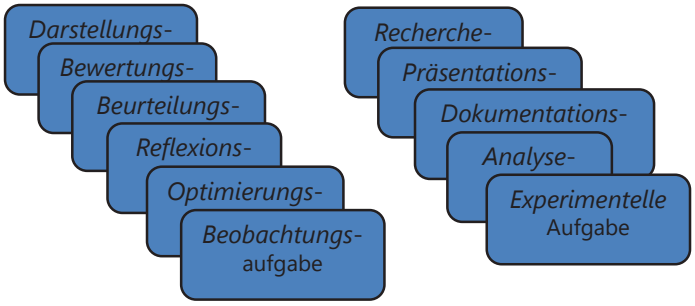
Übergeordnete Kompetenzerwartungen EF (S. 20f.)

- Umgang mit Fachwissen
- Erkenntnisgewinnung
- Kommunikation
- Bewertung

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Überprüfungsformen (S. 48ff.)



Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung (S. 45ff.)

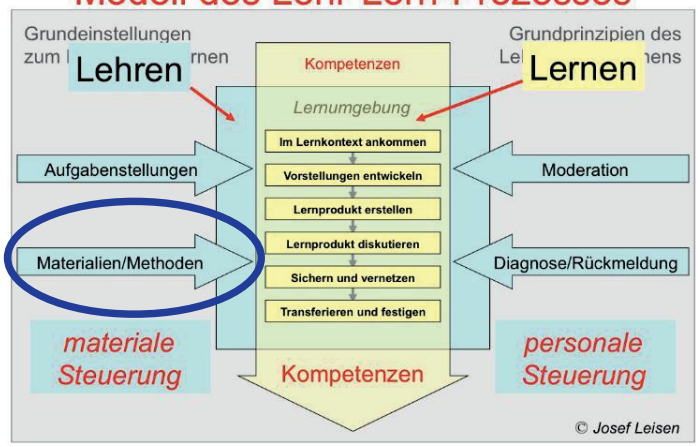
- Hinweise zu individuell erfolgversprechenden allgemeinen und **fachmethodischen Lernstrategien**
- Berücksichtigung **aller Kompetenzbereiche**
- Wichtig für die Nutzung der Überprüfungsformen im Rahmen der Leistungsbewertung ist, dass sich die SuS zuvor im Rahmen von Anwendungssituationen **hinreichend mit diesen vertraut machen konnten**.

→ planvolles Methodentraining ist nötig

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Modell des Lehr-Lern-Prozesses



Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining

Umgang mit **Aufgabenstellungen** und **Operatoren**

c) Begründen Sie mithilfe der **Abb. 3** die mögliche Leistungssteigerung durch EPO-Doping und warum der erhöhte Retikulozyten-Wert von Claudia Pechstein für den Internationalen Sportgerichtshof Beweis genug für EPO-Doping war.

d) Erklären Sie die starke Anschwellung der defekten Blutzellen (**M 2**), stellen Sie auf der Basis der Informationen in **M 2** eine Hypothese zur detaillierten Erklärung der erhöhten Retikulocyten-Zahl bei Frau Pechstein auf und beurteilen Sie abschließend die Entscheidung des Sportgerichts.

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining

Umgang mit **Aufgabenstellungen** und **Operatoren**

c) Begründen Sie mithilfe der **Abb. 3** die mögliche Leistungssteigerung durch EPO-Doping und warum der erhöhte Retikulozyten-Wert von Claudia Pechstein für den Internationalen Sportgerichtshof Beweis genug für EPO-Doping war.

d) Erklären Sie die starke Anschwellung der defekten Blutzellen (**M 2**), stellen Sie auf der Basis der Informationen in **M 2** eine Hypothese zur detaillierten Erklärung der erhöhten Retikulocyten-Zahl bei Frau Pechstein auf und beurteilen Sie abschließend die Entscheidung des Sportgerichts.

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining

Umgang mit **Aufgabenstellungen** und **Operatoren**

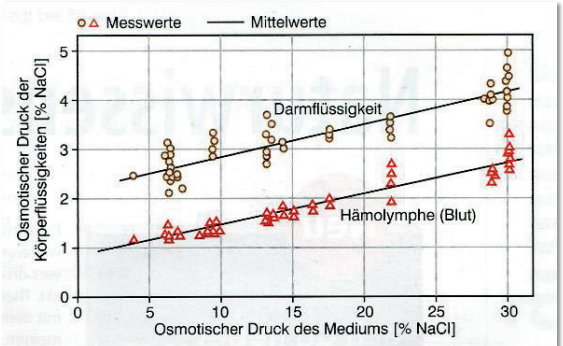
c) Begründen Sie mithilfe der Abb. 3 die mögliche Leistungssteigerung durch EPO-Doping und warum der erhöhte Retikulozyten-Wert von Claudia Pechstein für den Internationalen Sportgerichtshof Beweis genug für EPO-Doping war.

d) Erklären Sie die starke Anschwellung der defekten Blutzellen (M 2), stellen Sie auf der Basis der Informationen in M 2 eine Hypothese zur detaillierten Erklärung der erhöhten Retikulocyten-Zahl bei Frau Pechstein auf und beurteilen Sie abschließend die Entscheidung des Sportgerichts.

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining



1: Osmotischer Druck der Körperflüssigkeiten (Darm und Blut) von Salinenkrebsen in Abhängigkeit vom osmotischen Druck des Mediums

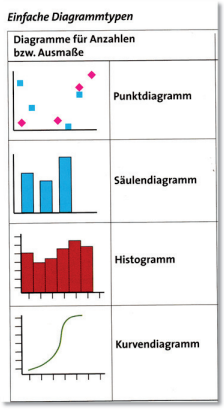
aus: Nieder (2010): „Süße" und „salzige" Krebse; in: UB 360

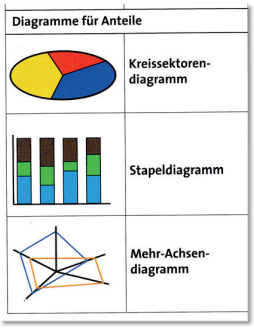
Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining

Auswertung von **Diagrammen**





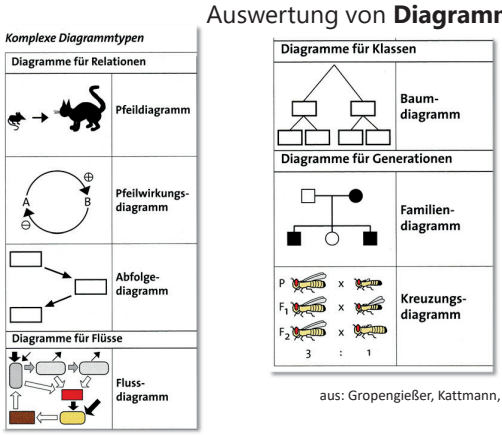
aus: Gropengießer, Kattmann, Krüger: Biologiedidaktik in Übersichten

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining

Auswertung von **Diagrammen**



aus: Gropengießer, Kattmann, Krüger: Biologiedidaktik in Übersichten

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining

Analyse und Erstellung von **Sachtexten**

M 2 – Doping oder Gendefekt?

Die deutsche Eisschnellläuferin *Claudia Pechstein* wurde am 1. Juli 2009 für zwei Jahre wegen Blutdopings gesperrt. Daher durfte sie nicht an den Olympischen Spielen 2010 in Vancouver teilnehmen. Pechstein ist als erste Sportlerin nicht aufgrund eines direkten Nachweises von Dopingmitteln gesperrt worden, sondern wegen ihres ungewöhnlichen Blutbildes: Im Blut der Eisschnellläuferin wurde bei mehreren Untersuchungen in den Jahren 2000 bis 2009 eine erhöhte Anzahl an neu gebildeten, noch unreifen roten Blutkörperchen (Retikulozyten) nachgewiesen. Dies deutete auf eine Steigerung der Erythrocytenzahl durch Einnahme unerlaubter Hilfsmittel wie das körpereigene Hormon EPO hin.

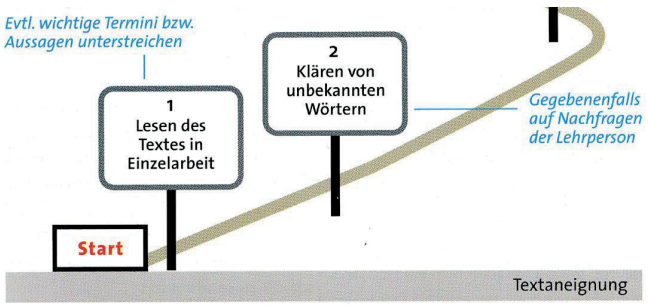
Claudia Pechstein hat ihre Unschuld immer wieder beteuert. Unterstützung bekam sie nun von ihrem Arzt: 2010 diagnostizierte er bei ihr eine angeborene Formstörung der roten Blutzellen, die sog. Kugelzellenanämie, die zu einer erhöhten Retikulozytenbildung mit geringerer Überlebenszeit der einzelnen Zellen führt. Durch einen Defekt in der Zellmembran weisen die Erythrocyten eine abnormal gesteigerte Permeabilität für Natriumionen (Salz) auf, sodass die normalerweise eingedellten Erythrocyten eine runde, kugelige Form annehmen. Dies wird mitverursacht durch eine genetisch bedingte Veränderung des Verankerungsproteins Ankyrin (siehe **Abb. 1**), einem Bestandteil des Cytoskeletts. Kugelige, unflexible Blutzellen werden in der Milz abgefangen und vorzeitig abgebaut.

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining

Analyse von **Sachtexten**



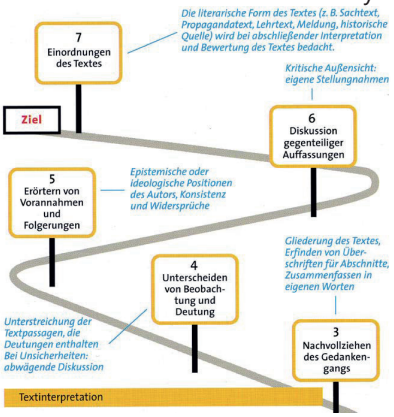
aus: Gropengießer, Kattmann, Krüger: Biologiedidaktik in Übersichten

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining

Analyse von **Sachtexten**



aus: Gropengießer, Kattmann, Krüger: Biologiedidaktik in Übersichten

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining

Analyse von **Grafiken**

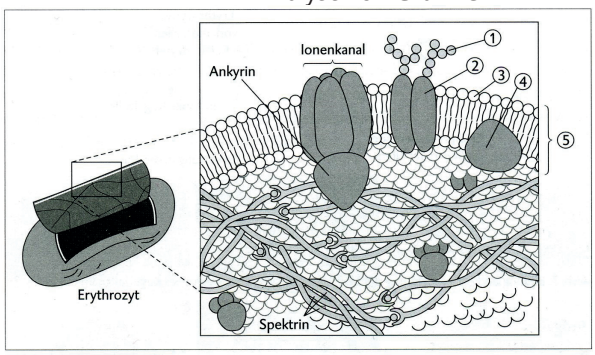


Abb. 1: Schematischer Ausschnitt aus der Biomembran eines Erythrocyten

aus: Lingg (2010): „Doping oder Gendefekt?“, STARK-Verlag

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining

Analyse von **Grafiken**

- Naturgetreue Bilder
- Skizzen
- Schemata
- Symbole und Formeln
- künstlerische Illustrationen (z. B. Karikatur)
- geographische Karten (z. B. von Verbreitungsgebieten)
- etc.

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Methodentraining

Analyse von **Tabellen**

Tab. 1: Körpervolumen von Köderwürmern in unterschiedlich stark konzentrierten Lösungen in Abhängigkeit von der Verweildauer.

	Zeit [min.]	0	30	60	120	180
Köderwurm 1 in verdünntem Meerwasser (50% der Ausgangskonzentration)	*Volumen [cm³]*	4,5	5,0	5,3	5,8	5,8
	Volumen [%]	100	111,1	117,7	128,8	128,8
Köderwurm 2 in stärker konzentriertem Meerwasser (150% der Ausgangskonzentration)	*Volumen [cm³]*	9,0	8,0	7,5	7,5	7,5
	Volumen [%]	100	88,8	83,8	83,8	83,8

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Beispiel: Analyse von **Tabellen**

Löslichkeit verschiedener Stoffe in Wasser bei verschiedenen Temperaturen

Löslichkeit in Wasser	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
Sauerstoff mg/l	14,16	10,92	8,84	7,53	6,59	5,6	4,9
Kochsalz g/100g	36	36	36	36	36	36	36
Kaliumnitrat g/100g	13	21,5	31,6	45,5	63,9	85,7	108,9

1. Einleitung
2. Auswertung
3. Schlussfolgerung

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Beispiel: Analyse von **Tabellen**

Löslichkeit verschiedener Stoffe in Wasser bei verschiedenen Temperaturen

Löslichkeit in Wasser	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
Sauerstoff mg/l	14,16	10,92	8,84	7,53	6,59	5,6	4,9
Kochsalz g/100g	36	36	36	36	36	36	36
Kaliumnitrat g/100g	13	21,5	31,6	45,5	63,9	85,7	108,9

1. Einleitung

   Leitfragen: Worum geht es?
   Was ist dargestellt?

   - Sieh Dir die Tabelle genau an.
   - Beschreibe knapp, was dargestellt ist.
   - Achte auf Beschriftung und Einheiten.

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Beispiel: Analyse von **Tabellen**

Löslichkeit verschiedener Stoffe in Wasser bei verschiedenen Temperaturen

Löslichkeit in Wasser	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
Sauerstoff mg/l	14,16	10,92	8,84	7,53	6,59	5,6	4,9
Kochsalz g/100g	36	36	36	36	36	36	36
Kaliumnitrat g/100g	13	21,5	31,6	45,5	63,9	85,7	108,9

2. Auswertung

Leitfragen: Was kannst du der Tabelle entnehmen?
Welche neuen **Zusammenhänge** sind dargestellt?

- Markiere auffällige Werte.
- Vergleiche die Daten zeilen- und spaltenweise.
- Benenne Trends.

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Beispiel: Analyse von **Tabellen**

Löslichkeit verschiedener Stoffe in Wasser bei verschiedenen Temperaturen

Löslichkeit in Wasser	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
Sauerstoff mg/l	14,16	10,92	8,84	7,53	6,59	5,6	4,9
Kochsalz g/100g	36	36	36	36	36	36	36
Kaliumnitrat g/100g	13	21,5	31,6	45,5	63,9	85,7	108,9

3. Schlussfolgerung

Leitfragen:
Welche **allgemeinen** Schlüsse kannst du ziehen?
Kannst du sie mit deinem **Fachwissen** erklären?

- Formuliere dazu einige Sätze, die die Zusammenhänge deutlich machen.
- Achte darauf, Bezug zu den Daten zu nehmen.
- Hüte dich vor unzulässigen Verallgemeinerungen.

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Arbeitsphase 2

3. Entwickeln Sie zu einem ausgewählten Unterrichtsvorhaben der EF kontextualisiertes **Material** mit integrierter **Methodenschule**, das Ihren SuS die Bearbeitung zukünftiger Klausuren erleichtert.

   Wählen Sie dazu pro Tischgruppe einen der folgenden Schwerpunkte aus:

Aufgaben-stellungen | Diagramme | Grafiken | Tabellen | Sachtexte

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung
Arnsberg

Quellen

Gropengießer et al. (2010): „Biologiedidaktik in Übersichten“, Aulis Verlag

Leisen, Josef (2017): „Josef Leisen“. http://www.josefleisen.de/ (zugegr. Oktober 2017)

Lingg, W. (2010): „Doping oder Gendefekt?“; in: Unterrichts-Materialien Biologie Sek. II, Stark Verlag

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013): „Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in NRW“

Nieder, J. (2010): „Süße“ und „salzige“ Krebse; in: UB 360 „Biolog. Systeme“, Friedrich Verlag

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE

WORKSHOP B

Methodentraining

Material:

- Beispielklausuren EF
- Beispiel: kontexualisiertes Methodentraining „Analyse einer Tabelle“ (Chemie, Stufe 7)
- Auswahl von Materialien zu den Fachmethoden und zur Nutzung für den 3. Arbeitsauftrag

Ziele:

Die Fachlehreinnen und Fachlehrer…

- vertiefen ihre Kenntnisse zur Antizipation von möglichen Problemstellen bei der Bearbeitung von Klausuraufgaben
- erweitern ihre Kenntnisse bezüglich der Vermittlung fachmethodischer Kompetenzen
- vertiefen ihre Kenntnisse zu kompetenzorientiertem Methodentraining für Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Anwendung in Klausur- und Abituraufgaben.

Bezug zum Kernlehrplan:

Übergeordnete Kompetenzen:

- Umgang mit Fachwissen
- Erkenntnisgewinnung
- Kommunikation
- Bewertung

Arbeitsaufträge:

1. Sichten Sie gemeinsam die an ihrem Tisch ausliegende EF-Klausuraufgabe und antizipieren Sie Aspekte in Aufgabenstellung und Material, die Ihren Schülerinnen und Schülern Probleme bereiten könnten.
2. Halten Sie stichpunktartig fest, welche **fachmethodischen Kompetenzen** Ihre Schülerinnen und Schüler zum erfolgreichen Lösen der Klausur benötigen.
3. Entwickeln Sie zu einem ausgewählten Unterrichtsvorhaben der EF kontexualisiertes Material mit integrierter Methodenschule, das Ihre Schülerinnen und Schüler auf die Bearbeitung zukünftiger Klausuren vorbereitet. Wählen Sie dazu pro Tischgruppe einen der folgenden Schwerpunkte aus: Aufgabenstellungen, Diagramme, Grafiken, Tabellen, Sachtexte.

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Klausuraufgaben

Workshop C
Diagnose und Rückmeldung

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Zentrale Begriffe im und Bezüge zum Kernlehrplan SII

Inhaltliche Schwerpunkte

Basiskonzepte

konkretisierte Kompetenzerwartungen
übergeordnete Kompetenzerwartungen

Vorgaben

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg

Zusammenhänge im KLP SII im Inhaltsfeld Evolution

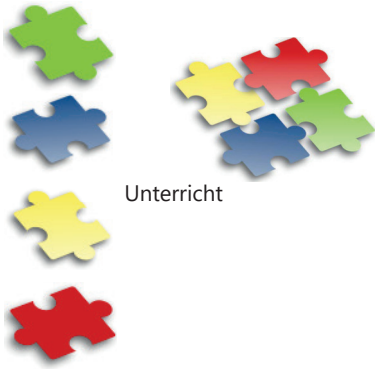
Vernetzung und Verknüpfung der unterschiedlichen Begriffe und Kompetenzen aus dem KLP SII erfolgt im Unterricht

Inhaltliche Schwerpunkte

Basiskonzepte

konkretisierte KE
übergeordnete KE

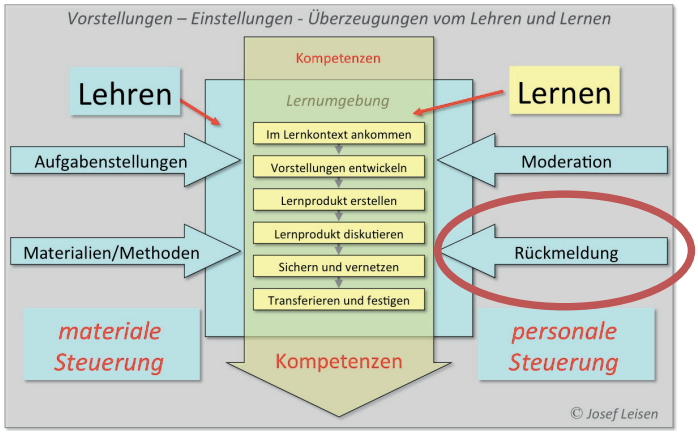
Vorgaben



© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Modell des Lehr-Lern-Prozesses



(Leisen 2017b)

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Definition Diagnose

„Pädagogische Diagnostik umfasst alle diagnostischen Tätigkeiten, durch die bei einzelnen Lernenden und den in einer Gruppe Lernenden

- Voraussetzungen und Bedingungen planmäßiger Lehr- und Lernprozesse ermittelt,
- Lernprozesse analysiert und
- Lernergebnisse festgestellt werden,

um individuelles Lernen zu optimieren.“
(Ingenkamp und Lissmann, 2008)

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Diagnose

Diagnostizieren = Sammeln von Daten/Informationen

Ziel:

- beste Einschätzung des aktuellen Wissensstandes der Schülerinnen und Schüler
- Überprüfung, ob Kompetenzen erreicht worden
- Einschätzung für weitere Förderung durch Entwicklung geeigneter Anschlussaufgaben

Qualitätssicherung + Identifikation von Förderungsbedarfen

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

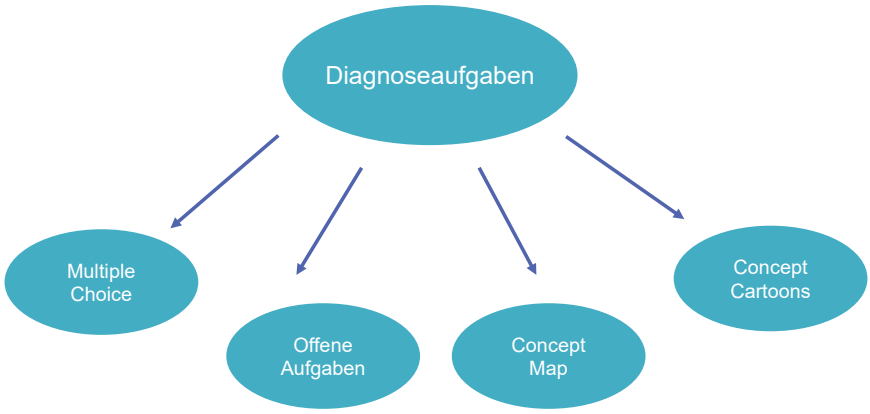
Bezirksregierung Arnsberg

- Diagnoseaufgaben (Kennzeichen nach Leisen)
  - bringen Lerner zum Handeln und ein auswertbares Produkt hervor
  - ermöglichen individuelle Bearbeitungswege
  - sind kurz und leicht auszuwerten
  - lassen den Kompetenzstand und Vernetzungsgrad von Wissen erkennen
  - ermöglichen Aussagen über Lernfortschritte, Bearbeitungsstrategien und -geschwindigkeit
  - ermöglichen Aussagen über die Leistungsfähigkeit, Gewissenhaftigkeit und Anstrengungsbereitschaft
  - bringen Lerner in einen angstfreien Lernraum und nicht in einen Leistungsraum

(Leisen, 2017a)

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Arnsberg



Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

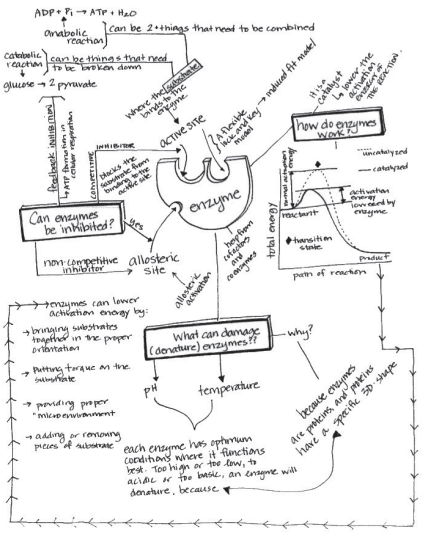
Bezirksregierung Arnsberg

1. Welche Aussagen treffen zu?

A Substratspezifisch bedeutet, dass ein Enzym ein Substrat spezifisch verändern kann.
B Enzyme gehen mit ihrem Substrat eine Ionenbindung oder Atombindung ein.
C Das aktive Zentrum ist für die Substratspezifität eines Enzyms ausschlaggebend.
D Jedes Enzym ist nur für ein Substrat oder eine Substratgruppe spezifisch.
E Enzyme binden hoch spezifisch am aktiven Zentrum des Substrats.

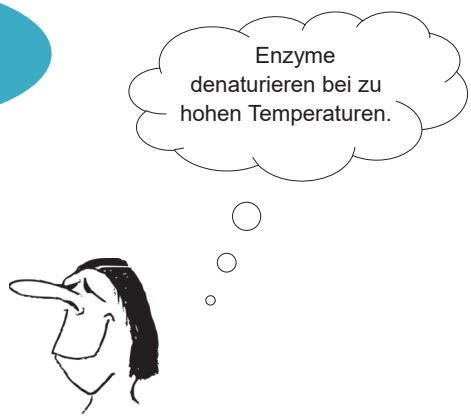
2. Enzyme sind wirkungsspezifisch. Das bedeutet:

A Sie können nur ganz bestimmte Substrate am aktiven Zentrum binden.
B Ihre Wirkung auf das Substrat ist immer gleich.
C Sie können nur für bestimmte Reaktionstypen die Aktivierungsenergie erniedrigen.
D Sie bewirken immer die gleiche Reaktion bei den gebundenen Substraten.
E Enzyme können nur am aktiven Zentrum des Substrats eine Reaktion auslösen.

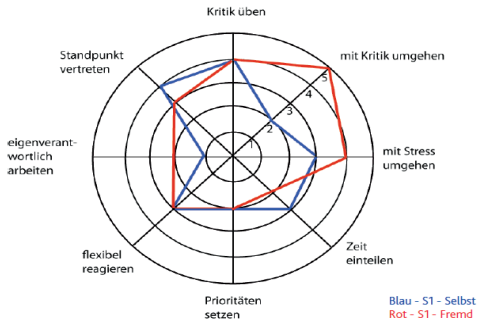


Concept Map

Concept Cartoons



Kompetenzspinne



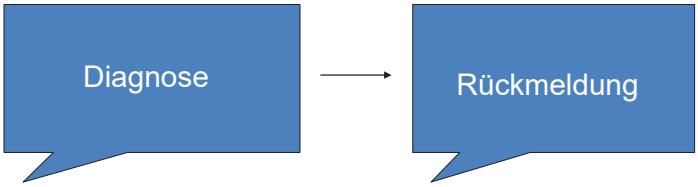
Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Rückmeldung = Feedback für Schülerinnen und Schüler

- Klärung für Schülerinnen und Schüler: Wo stehe ich?, Wo müsste ich ggf. schon sein?
- muss aufgabenbezogen und detailliert genug sein
- enthält Informationen, wie demnächst die Aufgabenlösung besser gehandhabt werden kann

Aufgabenebene	Prozessebene	Selbstregulierungsebene
konkret diese betreffend	*Ziele und Bearbeitungs-strategien im Prozess der Aufg.-bearbeitung*	*Strategien hinsichtlich:* • *Unterstützung* • *Überwachung* • *Handlungskontrolle* → *Motivation schaffen*

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg



Aufzeigen möglicher Lücken im Wissen oder Können

Was klappt schon, Woran muss man noch arbeiten und wie kann man das erreichen?

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Quellen und verwendete Literatur

Ingenkamp, Karl-Heinz, und Urban Lissmann. 2008. *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik*. 6. Aufl. Weinheim; Basel: Beltz.

Leisen, Josef. 2017a. „Josef Leisen“. Zugegriffen Januar 17. http://www.josefleisen.de/.

2017b. „lehr-lern-modell.de“. Zugegriffen Januar 17. http://www.lehrlernmodell.de/.

Kompetenzteams NRW
Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung
Arnsberg

Arbeitsaufträge

1. Sichten Sie die Aufgabenstellung und das Material zur Klausur, die Schülerklausur sowie den kriteriengeleiteten Erwartungshorizont und ordnen Sie Kompetenzerwartungen, inhaltliche Schwerpunkte und passende Begriffe der Basiskonzepte zu.

2. Diagnostizieren Sie die, der Klausur zugrunde liegenden, methodischen Defizite sowie ausbaufähige positive Aspekte der Arbeit.

3. Erstellen Sie auf der Grundlage Ihrer Diagnose und unter Berücksichtigung der Operatoren und anzubahnenden Kompetenzen einen Rückmeldebogen, welcher konkret ausformulierte Tipps für die Schülerinnen und Schüler enthält.

© BR Arnsberg KQ-Gruppe Biologie GY/GE

Workshop C

Diagnose und Rückmeldung am Beispiel einer EF-Klausur mit dem Themenschwerpunkt *Enzymatik*

Material: Klausuraufgaben und Material zum Thema *Enzymatik* (EF), Schülerklausur, kriteriengeleiteter Erwartungshorizont

Ziele: Die Fachlehrerinnen und Fachlehrer…

- stellen Bezüge zwischen den Kompetenzerwartungen, den inhaltlichen Schwerpunkten und den unter den Basiskonzepten subsumierten Begriffen im Inhaltsfeld Energiestoffwechsel her.
- vertiefen ihre Kenntnisse zu verschiedenen Diagnose- und Rückmeldemöglichkeiten.
- erstellen einen auf das Klausurbeispiel passenden Rückmeldebogen für die Schülerin bzw. den Schüler.

Bezug zum Kernlehrplan:

Inhaltliche Schwerpunkte: Enzyme

Basiskonzepte:
System: Enzym
Struktur und Funktion: Enzym

Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler…

- erläutern Struktur und Funktion von Enzymen und ihre Bedeutung als Biokatalysatoren bei Stoffwechselreaktionen (UF1, UF3, UF4),
- stellen Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von verschiedenen Faktoren auf, überprüfen sie experimentell und stellen sie graphisch dar (E3, E2, E4, E5, K1, K4),
- beschreiben und interpretieren Diagramme zu enzymatischen Reaktionen (E5),
- beschreiben und erklären mithilfe geeigneter Modelle Enzymaktivität und Enzymhemmung (E6),
- recherchieren Informationen zu verschiedenen Einsatzgebieten von Enzymen und präsentieren und bewerten vergleichend die Ergebnisse (K2, K3, K4),
- geben Möglichkeiten und Grenzen für den Einsatz von Enzymen in biologisch-technischen Zusammenhängen an und wägen die Bedeutung für unser heutiges Leben ab (B4).

Arbeitsauftrag:

1. Sichten Sie die Aufgabenstellung und das Material zur Klausur, die Schülerklausur sowie den kriteriengeleiteten Erwartungshorizont und ordnen Sie Kompetenzerwartungen, inhaltliche Schwerpunkte und passende Begriffe der Basiskonzepte zu.
2. Diagnostizieren Sie die, der Klausur zugrunde liegenden, methodischen Defizite sowie ausbaufähige positive Aspekte der Arbeit.
3. Erstellen Sie auf der Grundlage Ihrer Diagnose und unter Berücksichtigung der Operatoren und anzubahnenden Kompetenzen einen Rückmeldebogen, welcher konkret ausformulierte Tipps für die Schülerinnen und Schüler enthält.

Tipps:

- Welche Defizite bestehen im Hinblick auf die Lesekompetenz beim Verständnis von Aufgabenstellungen und Sachtexten?
- Sind die Operatoren aus der aktuellen Liste für das Zentralabitur bekannt und werden diese ihrer Definition entsprechend angewandt?
- Werden redundante Aussagen und/oder widersprüchliche Aussagen getroffen?
- Werden bei der grafischen Darstellung von Daten Koordinaten sinnvoll beschriftet?
- Werden grafische Darstellungen fachsprachlich korrekt beschrieben und erläutert?
- Wird zwischen Korrelation und Kausalität unterschieden?
- Kann Vorwissen auf materialgebundene Aufgaben angewandt werden und kann dieses Wissen verknüpft werden?
- Werden Hypothesen begründet aufgestellt?
- Ist der Weg des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns transparent?

Aufgabenstellungen und Materialien

Aufgabe 1 : Experiment zum Laktoseabbau durch Laktase

Aufgabenstellungen:

1.1 Stellen Sie den Ablauf einer Enzymreaktion unter Verwendung der Fachbegriffe dar und erläutern Sie die allgemeinen Eigenschaften eines Enzyms.

1.2 Leiten Sie anhand der Versuchsanordnung in Material B ab, in welchen Reagenzgläsern der Laktoseabbau schnell abläuft, in welchen langsam oder gar nicht und begründen Sie ihre Aussagen ausführlich.

1.3 Begründen Sie, warum einer der Versuchsansätze in Material B keine aussagekräftigen Ergebnisse liefert und machen Sie bezüglich dessen Versuchsanordnung einen Verbesserungsvorschlag.

Material A: Informationstext

Der in Milch enthaltene Milchzucker (Laktose) muss im Dünndarm durch das Verdauungsenzym Laktase erst in Glucose und Galaktose gespalten werden, damit die Spaltprodukte von der Darmschleimhaut ins Blut aufgenommen und weitertransportiert werden können. In der nachfolgenden Tabelle sind fünf Reagenzglasversuche (Glas 1-5) zum Laktoseabbau durch Laktase dargestellt. In den Reagenzgläsern befinden sich gleiche Mengen Laktoselösungen derselben Konzentration.

Material B: Versuchsreihe mit dem Enzym Laktase

Reagenzglas mit A. dest. (pH 7) mit Laktose	**Laktase**	**Salzsäure (HCl) pH 1**	**Bleisalzlösung***	**6°C**	**37°C**	**80°C**
1	+					+
2	+				+	
3	+		+			+
4	+			+		
5	+	+			+	

+ bedeutet, dass die in der Spalte angegebene Substanz oder Bedingung vorhanden ist

- Blei gehört zu den Schwermetallen

Aufgabe 2: Behandlung einer Alkoholvergiftung mit Alkohol?

Aufgabenstellungen:

2.1 Skizzieren Sie den weiteren Verlauf der Kurven in Material 2 und geben Sie die allgemeine Definition und Bedeutung des K_M-Wertes an.

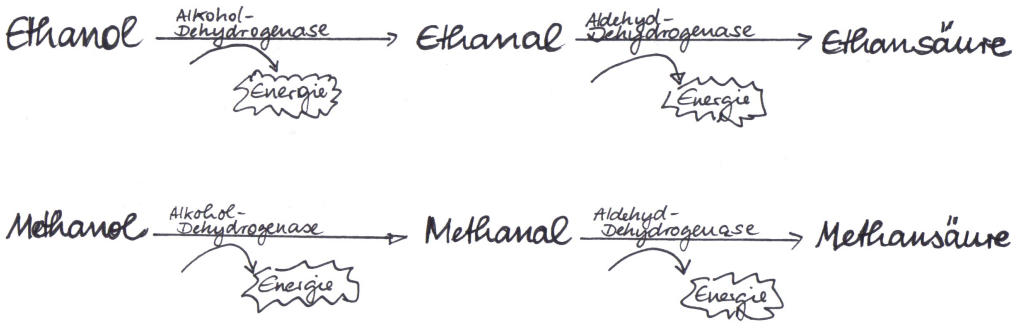
2.2 Erläutern Sie den Einsatz von Ethanol bei der Therapie einer Methanolvergiftung und begründen Sie, warum ein Methanol-Rausch viel länger als ein Ethanol-Rausch dauert.

2.3 Beurteilen Sie den Effekt einer gleichzeitigen Verabreichung von Ethanol <u>und</u> Fomepizol bei einer Methanolvergiftung.

Material 1: Informationen zur Methanolvergiftung und ihrer Behandlung

Nimmt ein Mensch anstelle von Ethanol, dem „Alkohol“ in alkoholischen Getränken, Methanol zu sich, kann es zu schweren Vergiftungserscheinungen kommen. Sie äußern sich insbesondere durch Kopfschmerzen, Schwindel und Sehstörungen, die bis zur Erblindung führen können.
Die Giftwirkung ist nicht auf Methanol selbst, sondern auf das im Organismus entstehende Methanal (Formaldehyd) zurückzuführen.

Methanol wird wie Ethanol in der Leber abgebaut:

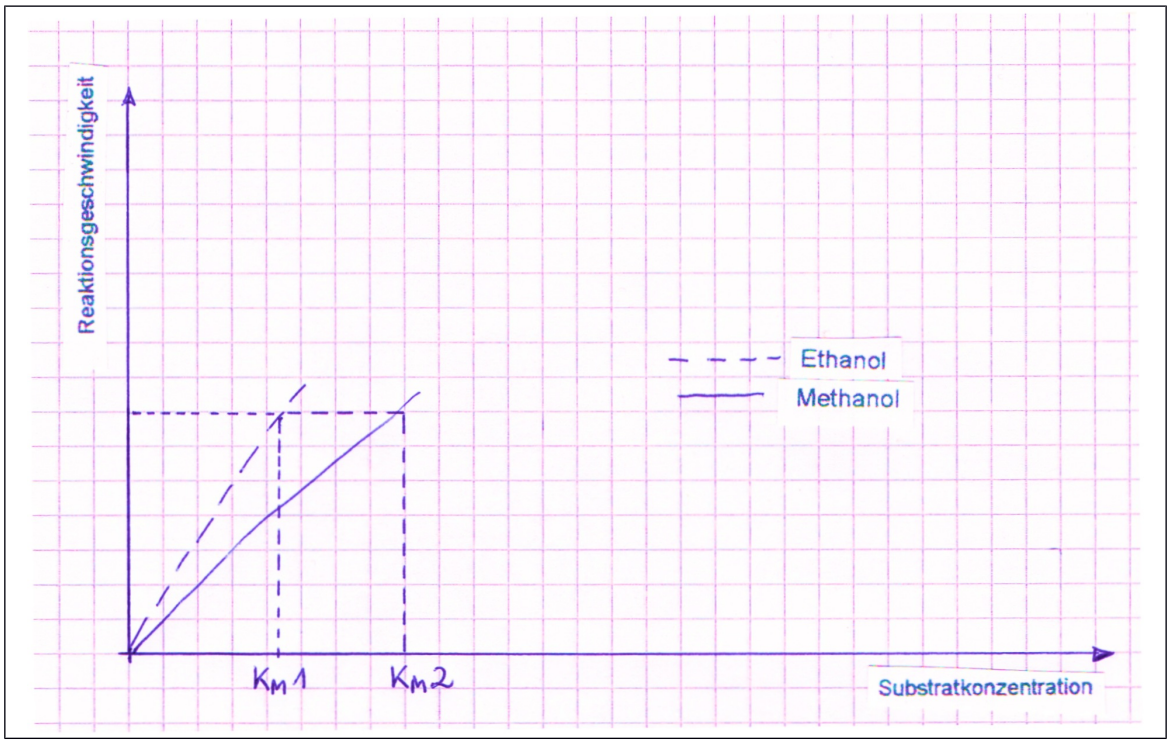


Bei der Oxidation von Methanol entstehen Methanal und Methansäure als Zwischenprodukte. Methansäure wird wie Ethansäure zu CO_2 und H_2O abgebaut.
Methanol kann vom Körper auch direkt über den Harn ausgeschieden werden.

Die Therapie bei einer Methanolvergiftung besteht unter anderem darin, dem Patienten alkoholische Getränke zu verabreichen, sodass der Blutalkohol des Patienten mehrere Tage bei etwa 1 Promille liegt.

Da hohe Ethanolkonzentrationen im Blut Zellen und Organe schädigen, ist diese Maßnahme heutzutage durch die Gabe von Fomepizol, einem Inhibitor (= Hemmstoff) der Alkohol-Dehydrogenase, ersetzt worden.

Material 2: Reaktionsgeschwindigkeit des Enzyms Alkohol-Dehydrogenase



Beispiellösung Schüler X:

Aufgabe 1.1.
Enzyme sind Biokatalysatoren, das bedeutet, dass sie Reaktionen beschleunigen können ohne selbst chemisch verändert zu werden. Enzyme sind auch globuläre Proteine, sie bestehen aus mehr als 100 Aminosäuren und die Wirkungsweise ist durch die räumliche Struktur, also durch die Tertiärstruktur bedingt. Die Enzyme weisen ein aktives Zentrum auf, das ist die Stelle des Enzyms, an der die Ausgangsstoffe also die Substrat binden, aber nicht jedes Substrat kann an jedes aktive Zentrum binden, hier läuft das nach dem Schlüssel Schloß Prinzip. Wenn ein Substrat aber nur ganz knapp nicht in das aktive Zentrum passt, dann kann der Induced Fit Mechanismus angewendet werden. Durch leichte Konformationsänderung gibt es also eine Verbesserung der Passgenauigkeit zwischen Substrat und des aktiven Zentrums des Enzyms. Dann bilden die Enzyme ES-Komplexe, also Enzym Substrat Komplexe --> E + P1 + P2. Enzyme können auch Multienzymkomplexe bilden. Durch viele Stoffwechselwege der aufeinanderfolgenden chemischen Reaktionen, wo das Produkt der chemisch katalysierten Reaktion, das Substrat der nächsten Reaktion wird entstehen kurze Diffusionswege und es ist daher eine Zeitersparnis. Enzyme sind substratspezifisch, das bedeutet, dass durch die Bindung der Substrate oder die Gruppe eng verwandter Stoffe durch das Schlüssel-Schloss Prinzip möglich ist. Enzyme senken zu dem die Aktivierungsenergie herab und sind wirkspezifisch. Jedes Enzym kann nur eine Reaktion des Substrates katalysieren. Enzyme wirken auch nicht bei Schwermetallen. Durch Veränderung der Temperatur und des pH-Werts wird die Wirkung der Enzyme gehemmt oder eingestellt, sodass sie denaturieren.

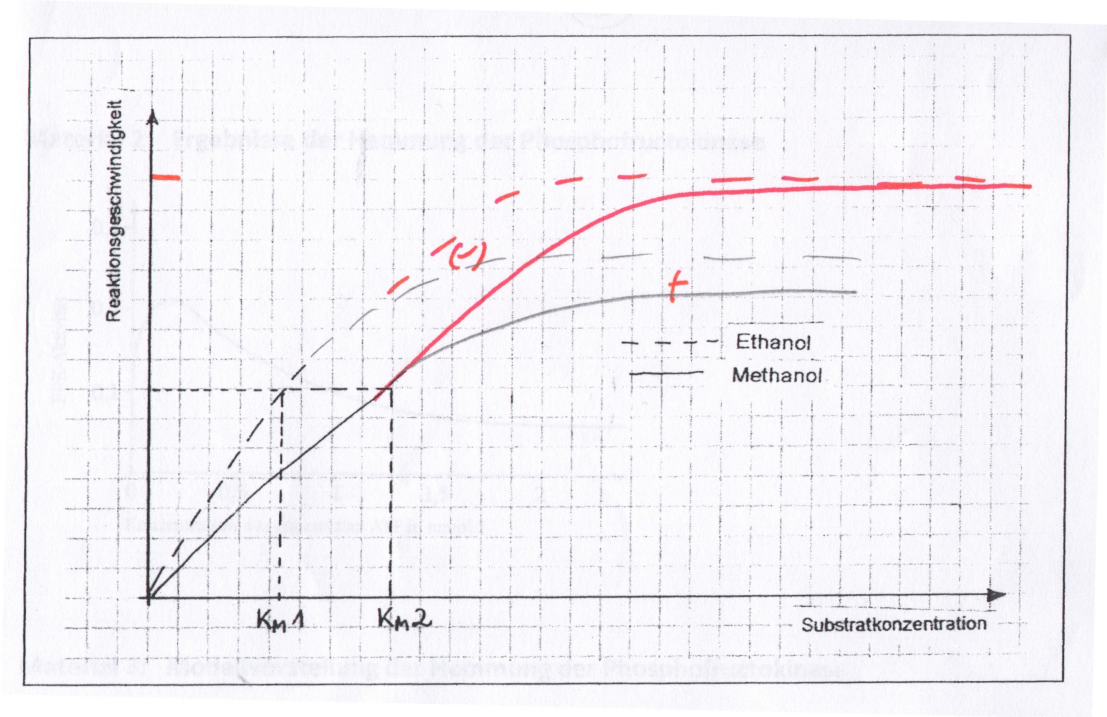
Aufgabe 1.2

In Reagenzglas 1 erfolgt der Laktoseabbbau schneller als in Reagenzglas 2, da die Temperatur in Reagenzglas 1 höher ist. Die Temperatur beschleunigt den Prozess (RGT Regel). Folglich ist der Abbau in Rg 1 schneller. Der Abbau der Laktose in Rg. 3 erfolgt gar nicht, da dort Bleisatzlösung hinzugefügt wurde und die Enzyme dort nicht wirken, da sie die Eigenschaft haben bei Schwermetallen nicht zu wirken. In Rg 5 bei 37°C und Hinzugabe von Salzsäure sinkt der pH-Wert, wodurch die Protonen in der Umgebung steigen. Dadurch nimmt die Carboxylgruppe ein H^+ Ion, Proton auf. Die Säure wird neutralDurch diesen Vorgang wird das Enzym gehemmt, da die Tertiärstruktur sich verändert und Wasserstoffbrückenbindungen wegfallen. Dadurch kommt es zur Faltblattänderung und schließlich fallen weitere Bindungen wie Disulfidbrückenbindungen und die Van der Waals Kräfte weg. Jetzt ist das aktive Zentrum des Enzyms geschädigt, sodass die jeweiligen Substrate nicht mehr in das aktive Zentrum passen. Dadurch denaturieren die Enzyme und die Bildung der ES-Komplexe ist nicht mehr möglich. Dadurch dass die Säure neutral sird, ist nur noch die Temperatur ein Faktor. Die Wärmeausbreitung erfolgt langsam. In Rg 4 erfolgt der langsame Abbau der Laktose.

Aufgabe 1.3

Der Versuchsansatz 5 liefert keine aussagekräftigen Aussagen, da die Säure neutral wird. Außerdem gibt es keine zu vergleichen Versuche. Man müsste hier den gleichen Versuch noch einmal mit einer hohen Temperatur ausführen und einen Versuch mit einer Base.

Aufgabe 2.1



Der K_M Wert bezeichnet die Substratkonzentration bei der die halbmaximale Reaktionsgeschwindigkeit erreicht wird. Damit charakterisiert die K_m-Wert die Affinität des Enzyms zu seinem Substrat. Besitzt ein Enzym einen kleinen K_M-Wert, so weist es eine hohe Affinität auf. Das bedeutet, dass das Enzym bereits bei geringer Substratkonzentrationen aktiv ist. Umgekehrt erfordert ein Enzym mit hohem K_M-Wert eine hohe Substratkonzentration, damit es eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit erreichen kann. Ein Enzym-Molekül setzt pro Sekunde nur eine bestimmte Anzahl von Subtrat-Molekülen um. Irgendwann liegt eine Sättigung vor, das bedeutet, dass jedes Enzym jedes Substrat umgesetzt hat und die Enzyme voll ausgelastet sind. Eine weitere Steigerung der Substratkonzentration hat keine Steigerung der Enzymaktivität zur Folge.

Aufgabe 2.2

Ethanol wird bei der Therapie einer Methanolvergiftung eingesetzt, da das Ethanol jetzt mit einer hohen Substratkonzentration vorliegt und ein Wettbewerb zwischen den Ethanol- und Methanol-Subtraten besteht. Der Wettbewerb besteht nun zwischen den Subtraten, weil beide an das selbse Enzym Alkoholdehydrogenase binden.

Da dem Patienten jetzt aber die ganze Zeit weiteres Ethanol hinzugefügt wird, liegt dieses Ethanol mit iener höheren Subtratkonzentration in der Leber vor. Dadurch bindet das Ethanol an das aktive Zentrum des Enzyms und nicht das Methanol. Das Substrat Methanol hat einen geringeren K_M-Wert , damit eine geringere Affinität und benötigt eine hohe Substratkonzentration, wohingegen das Substrat Ethanol, also der normale Alkohol, einen hohen K_M-Wert, damit eine hohe Affinität hat und nur wenig Substrat benötigt zum Abbau.

Ein Methanolrausch dauert also länger als ein Ethanol-Rausch an, da das Methanol einen höheren K_M-Wert hat, mehr Substrat benötigt und somit die Reaktionsgeschwindigkeit langsamer ist, als die des Ethanols. Je länger die reaktionsgeschwindigkeit ist, desto langsamer erfolgt der Abbau.

Aufgabe 2.3

Die gemeinsame Verabreichung von Ethanol und Fomepizol ist nicht sinnvoll. Bei der Verwendung des Ethanols wird dieser an das aktive Zentrum gebunden, da es in einer höheren Konzentration vorliegt als das Methanol und einen geringen K_M-Wert hat. Der Hemmstoff Fomepizol würde jetzt an der allosterischen Bindungsstelle binden und das aktive Zentrum so weit verändern, sodass das Substrat Ethanol nicht mehr binden kann. Dieses Ethanol ist also überflüssig. Daher reicht es nur das Ethanol zu verwenden oder nur den Inhibitor Fomepizol. Da der Ethanol schädlich für den menschlichen Körper ist, ist es sinnvoll nur den Inhibitor zu verwenden.

Kriteriengeleiteter Erwartungshorizont

AFB	Erwartete Lösung	Erreichbare Punkte	Erreichte Punkte
I	**1.1** Substrat bindet ans aktive Zentrum des Enzyms		
	Schlüssel-Schloss-Prinzip		
	Bildung eines Enzym-Substrat-Komplexes, derweil Bearbeitung des Substrats		
	Enzym geht unverändert aus Reaktion hervor		
	Induced fit-Mechanismus		
	Enzyme sind substratspezifisch		
	Passgenauigkeit zwischen aktivem Zentrum und Substrat		
	Enzyme sind wirkspezifisch		
	Ein Enzym katalysiert nur eine bestimmte Reaktion		
	Enzyme sind temperatur-/pH-Wert-abhängig (Optimum)		
	Summe 1.1	**11**	
II	**1.2** **RG 1**: <u>kein Laktose</u>abbau aufgrund der Hitzedenaturierung der Laktase (Temp. >>Temp.-Max. Laktase):	**6**	
	Bindungen, die die Tertiärstruktur stabilisieren, lösen sich (v.a. schwache wie H-Brücken)		
	dadurch Konformationsänderung		
	Passform des aktiven Zentrums verändert sich		
	Enzym-Substrat-Komplexe können nicht gebildet werden		
	RG 2: <u>schneller</u> Laktoseabbau: Laktase im Temp.-Optimum (Enzym und Substrat treffen häufig aufeinander)	**2**	
	RG 3: <u>kein Laktoseabbau: Temp.-Max. der Laktase überschritten</u> (Hitzedenaturierung)	**4**	
	Schwermetall bindet an Enzym und		
	verursacht eine Konformationsänderung		

II	**RG 4:** langsamer Laktoseabbau,	3	
	da niedrige Temperatur		
	Enzym und Substrat treffen nur selten aufeinander		
	RG 5: kein Laktoseabbau durch Denaturierung der Laktase	5	
	Aminosäurereste COO^- nehmen Protonen der HCl auf, werden neutral (COOH), Bindungen, die die Tertiärstruktur stabilisieren, gehen verloren, Konformationsänderung		
	Summe 1.2	**20**	
III	**1.3** RG 3 liefert keine aussagekräftigen Ergebnisse --> nicht erkennbar, ob Laktoseabbau auf Grund der Schwermetallzugabe oder der hohen Temp. (Denaturierung) stattfindet	4	
	Verbesserungsvorschlag: RG 3 nur mit der Komponente „Zugabe von Bleisalzlösung“ durchführen	2	
	damit nur ein beeinflussender Faktor überprüft werden kann	2	
	Einfluss des Faktors „hohe Temperatur“ zeigt schon Ansatz von RG 1	1	
	Summe 1.3	**9**	
	SUMME Aufgabe 1	**40**	

AFB	Erwartete Lösung	Erreichbare Punkte	Erreichte Punkte
I/II	**2.1** beide Graphen richtig vervollständigt	4	
I	K_M-Wert gibt die Substratkonzentration an, bei der die halbmaximale Reaktionsgeschwindigkeit erreicht wird	5	
	Der Wert ist ein Maß für die Affinität zwischen Enzym und Substrat		
	Summe 2.1	**9**	
II	**2.2** Teil 1: ADH = Alkohol-Dehydrogenase Substrate Ethanol und Methanol konkurrieren um die Bindung an das aktive Zentrum der ADH	2	
	Ethanol hat deutlich kleineren K_M-Wert als Methanol --> Ethanol weist höhere Affinität zum ADH auf	3	
	Allgemein und bei zunehmender Ethanol-Konzentration steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Ethanol von ADH gebunden und katalysiert wird	2	
	Es entsteht Ethanal statt giftigem Methanal	2	
	Methanol kann über den Harn ausgeschieden werden	1	
	Teil 2: Zwischen Methanol und ADH besteht geringere Affinität als Ethanol und ADH,	4	
II/III	Methanol wird daher weniger schnell umgesetzt		
	und verbleibt somit länger im Blut und verursacht einen länger anhaltenden rauschartigen Zustand	3	
	Summe 2.2	**17**	
III	**2.3** Kombination aus Ethanol + Fomepizol ist unsinnig	2	
	Fomepizol hemmt ADH kompetitiv, wodurch Methanol nicht umgesetzt werden kann, Ethanol dann aber auch nicht	3	
	Bei gleichzeitiger Zugabe von Fomepizol + Ethanol verbleibt daher viel Ethanol im Blut	4	
	Folge: Methanolvergiftung wird verhindert, dafür wird der Körper allerdings durch hohe Konzentration an Ethanol geschädigt		
	Summe 2.3	**9**	
	SUMME Aufgabe 2	**35**	

Fortbildungsangebote im Fach Biologie

Schulexterne Veranstaltungen

Abiturprüfung im 4. Fach (Biologie)

Evolution: Kompetenzorientierung, Phylogenie, Fehlkonzepte

Neurobiologie – Kompetenzorientierung in Fachlichkeit und Didaktik

Schulinterne Veranstaltungen

Binnendifferenzierung mithilfe gestufter Hilfen im Fachunterricht Biologie S I und S II

Analyse von Gendatenbanken unter Anwendung gestufter Hilfen (S II)

Binnendifferenzierung im Experimentalunterricht der drei Naturwissenschaften (S I und S II)