

Verhaltensbiologie

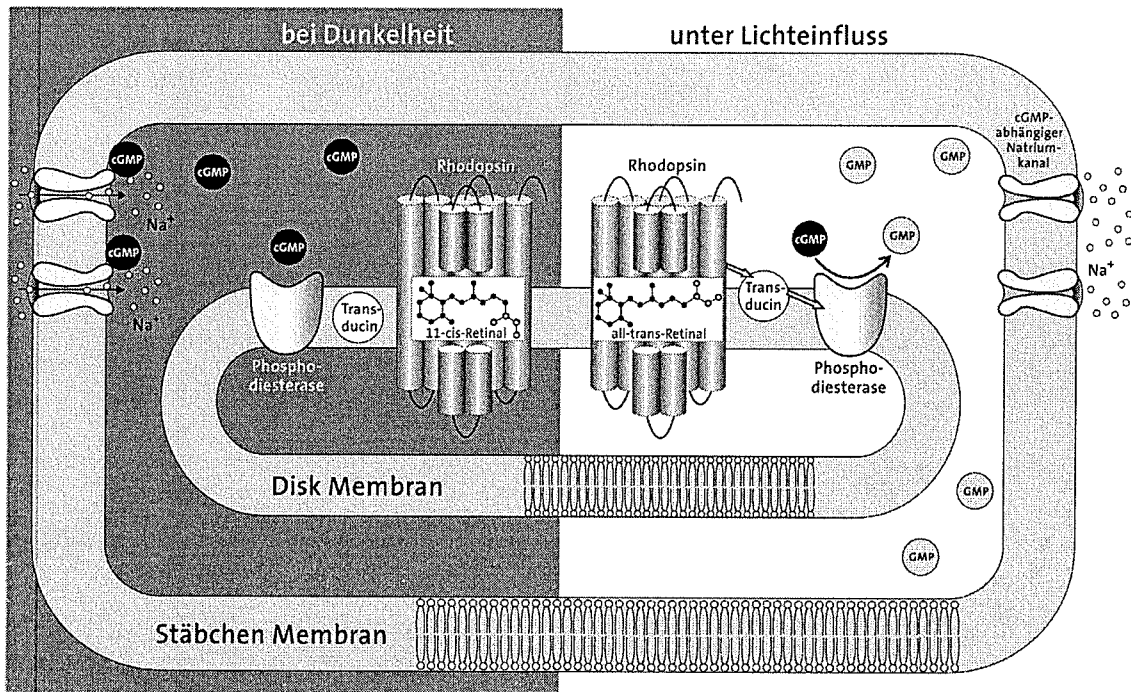
Transduktion bei Sinneszellen

Aufgaben

1. Nennen Sie in tabellarischer Form fünf verschiedene Bestandteile der Netzhaut mit ihrer Funktion.
(10 BE)
2. Beschreiben und erläutern Sie die lichtinduzierte Transduktion in einem Stäbchen der Retina bis einschließlich der Erregung der Bipolarzellen. (Material 1)
(15 BE)
3. Stellen Sie den Transduktionsmechanismus für die Geschmacksempfindung „süß“ dar. (Material 2 und 3)
(15 BE)
4. Entwickeln Sie eine begründete Hypothese zur molekularen Wirkungsweise von Miraculin. (Material 2 bis 4)
(10 BE)

Material 1

Abbildung 1.1
Die lichtinduzierte Signalkaskade in Stäbchen (Querschnitt)



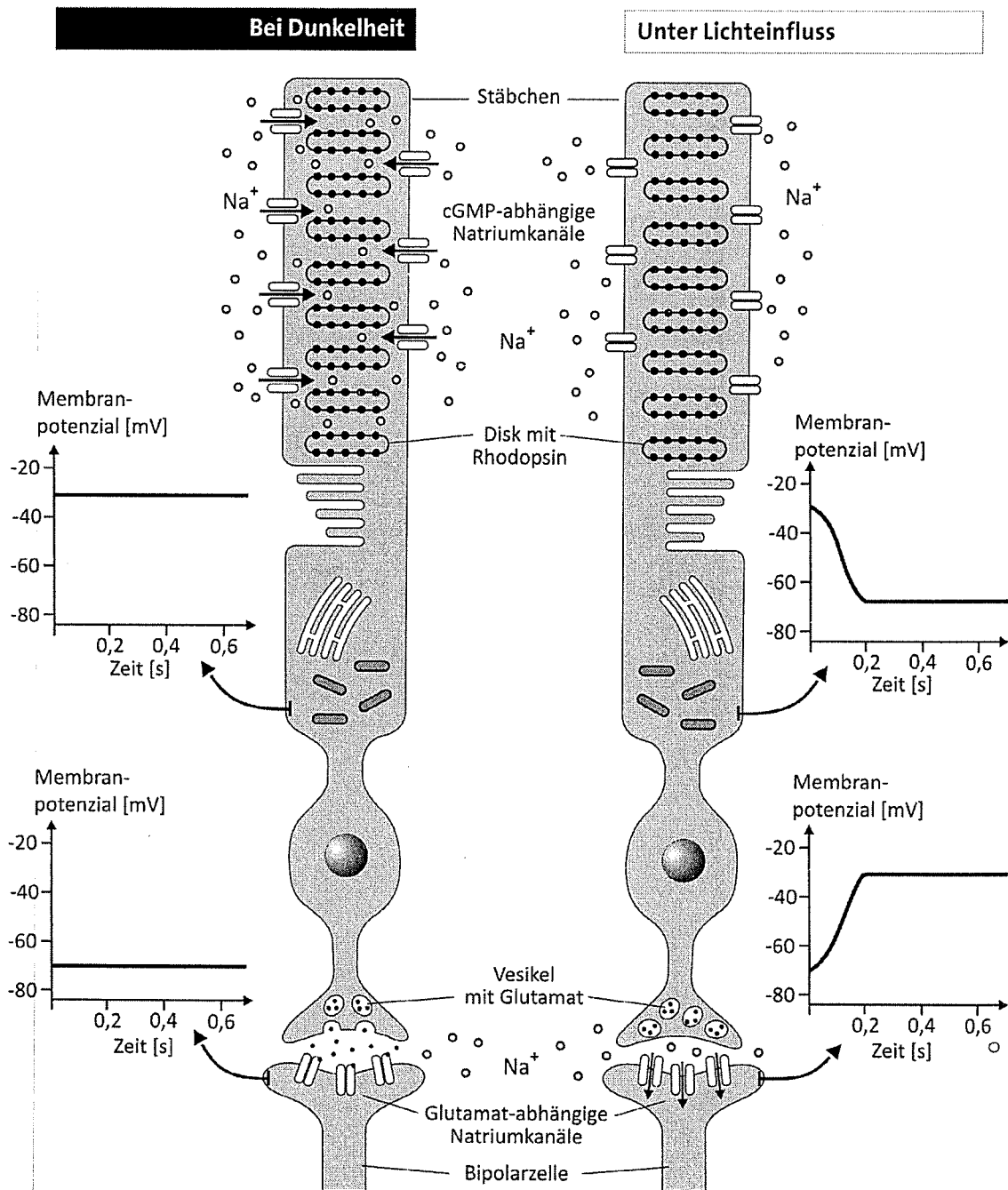
Erläuterungen

Transducin = G-Protein

Fortsetzung des Materials 1 auf S. 4

Fortsetzung Material 1

Abbildung 1.2
Ionenströme und Membranpotenziale bei Dunkelheit und unter Lichteinfluss



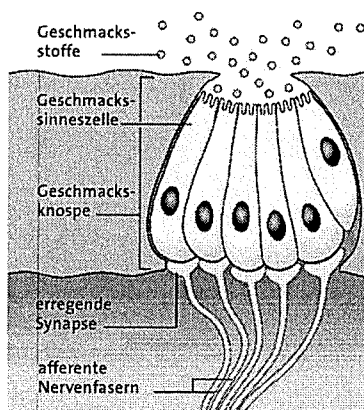
Erläuterung:

Der Glutamat-abhängige Natriumkanal ist geschlossen, wenn Glutamat an diesen gebunden ist.

Material 2**Lage und Bau der Geschmacksknospen auf der Zunge**

Eingesenkt in die Epidermis der Zunge liegen Geschmacksknospen, die die Geschmackssinneszellen für die unterschiedlichen Geschmacksqualitäten enthalten. Hier kommen im Speichel gelöste Stoffe mit den Sinneszellen in Berührung. Diese melden Geschmackseignisse an Nervenzellen mit afferenten Nervenfasern weiter, deren Ausläufer in die Geschmacksknospen hineinragen. Über diese afferenten Nervenfasern gelangen die Signale zum Geschmackszentrum im Gehirn.

Abbildung 2.1
Bau einer Geschmacksknospe

**Material 3****Mechanismen der Geschmackstransduktion**

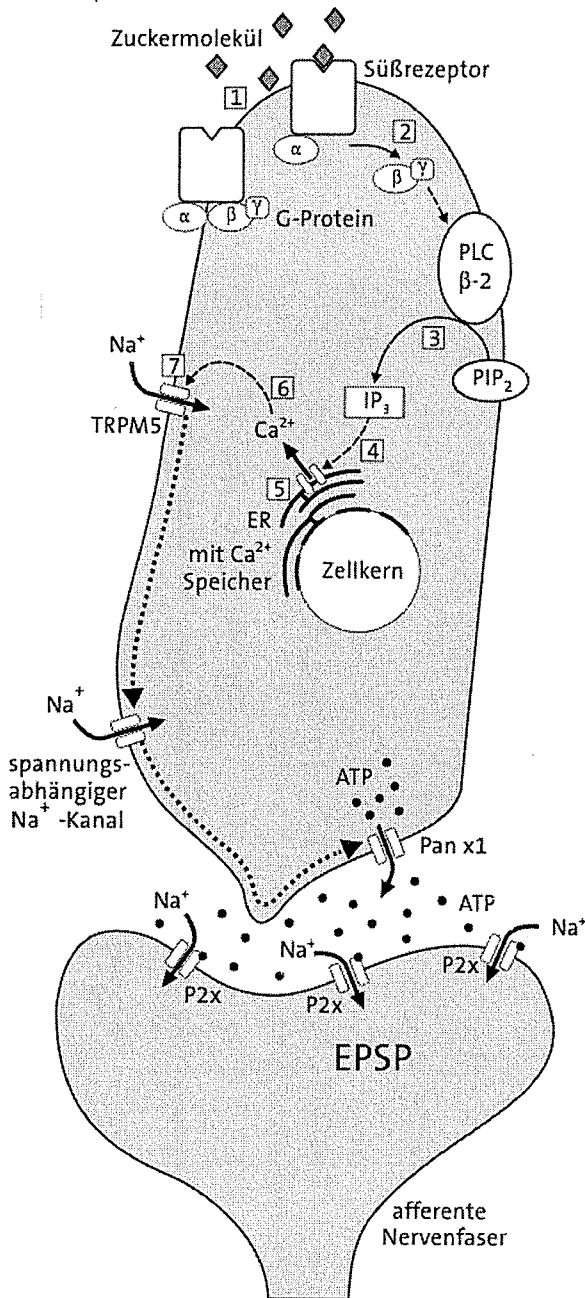
Mithilfe der Geschmackszellen in den Geschmacksknospen lassen sich nach heutigem Kenntnisstand fünf Geschmacksqualitäten unterscheiden. Vier davon sind die allseits bekannten Geschmacksqualitäten: süß, sauer, salzig und bitter. Die fünfte, umami genannt (jap. umami: köstlich), wird von Natriumglutamat ausgelöst.

In der Abbildung 3.1 ist der Transduktionsmechanismus einer Geschmackssinneszelle für süße Geschmacksstoffe in einer vereinfachten Übersicht dargestellt. Im Bereich der synaptischen Endigungen sind auch noch Kaliumkanäle, die die Diffusion von Kaliumionen nach außen ermöglichen, um das Ruhepotential wiederherzustellen. Diese sind jedoch in der folgenden Abbildung weggelassen worden. Bei der Geschmackswahrnehmung für „süß“ spielt der sekundäre Botenstoff Inositoltriphosphat (IP_3) eine wichtige Rolle, der durch den Abbau des Membranphospholipids PIP_2 erzeugt wird. IP_3 hat Einfluss auf die Durchlässigkeit von Calciumionen aus dem Endoplasmatischen Retikulum (ER).

Fortsetzung des Materials 3 auf S. 6

Fortsetzung Material 3

Abbildung 3.1
Geschmackstransduktion für „süß“



Erläuterungen

- α, β, γ = Untereinheiten eines G-Proteins
- PLC β -2 = Enzym Phospholipase C
- PIP₂ = Phosphatidylinositol-4,5-triphosphat (Membranphospholipid)
- IP₃ = Inositoltriphosphat (sekundärer Botenstoff)
- ER = Endoplasmatisches Retikulum
- TRPM5 = nicht-spannungsabhängiger Natriumkanal
- Pan x1 = Pannexin-Kanal: ein für ATP durchlässiger Kanal. ATP hat hier die Funktion eines Neurotransmitters.
- P2x = ATP-gesteuerter Kanal, der für Natriumionen durchlässig ist.

Die Zeichen **1** bis **7** weisen auf eine zeitliche Abfolge hin.

- Transport
- enzymkatalysierte Reaktion
- aktiviert
- Depolarisation

Material 4**Wunderbeere macht Saures süß**

Essig, der nach Limonade schmeckt, eine Zitrone, die zuckerstüss auf der Zunge liegt – solche Geschmacksverwirrungen kann erleben, wer zuvor eine sogenannte Wunderbeere oder Mirakelfrucht, eine kleine rote Beere aus Westafrika, gegessen hat. Wunderbeeren sind eigentlich relativ geschmacklos. Isst man sie jedoch vor der Zitrone, verändern sie die menschliche Geschmacksempfindung so, dass alles Saure süß schmeckt. Dahinter steckt ein kleines Eiweiß, genannt Miraculin. Miraculin ist ein Glycoprotein aus 191 Aminosäuren. Wird Miraculin gleichzeitig mit Säuren (= niedriger pH-Wert) konsumiert, so dauert es einen Moment, bis sich der Effekt einstellt. Bis das Miraculin wirkt, schmeckt eine Mischung mit Säuren zuerst sauer, nach einer Verzögerung stellt sich dann der süße Geschmack ein. Die Wirkung lässt zeitverzögert nach, wenn der pH-Wert den neutralen Bereich (pH = 7) erreicht. In der Regel normalisiert sich die Funktion der Geschmackszelle nach ungefähr zwei bis vier Stunden. Nimmt man eine größere Menge Miraculin zu sich, kann die Wirkung bis zu einem ganzen Tag anhalten. Die restlichen Geschmackszellen werden von Miraculin nicht beeinflusst. Kenntnisse der Transduktionsvorgänge für die saure Geschmacksempfindung sind daher nicht zum Verständnis der Wirkung des Miraculins erforderlich.

In einem Experiment ist außerdem gezeigt worden, dass Miraculin mit anderen Süßstoffen wie z.B. Aspartam konkurriert. Aspartam löst nach der Bindung an die Süßrezeptoren der Geschmackssinneszellen normalerweise eine Depolarisation und Transmitter-Ausschüttung aus. Wird einer Versuchsperson zuerst Miraculin und anschließend Aspartam bei neutralem pH-Wert (pH = 7) gegeben, so erfolgt keine Depolarisation der Geschmackssinneszelle. Wiederholt man den Versuch bei saurem pH-Wert, reagiert der Süßrezeptor der Geschmackssinneszelle, die nachgeschalteten Neuronen „feuern“ und im Gehirn landet die Nachricht „süß“. Diese Erregung liegt weit über der normalen Aspartam-Reaktion.

I. Erläuterungen

Aufgabenart

materialgebundene Aufgabenstellung

Voraussetzungen gemäß Lehrplan und Erlass „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen im Landesabitur 2014“ vom 20. Juni 2012

Vorschlag A1

Q3 Verhaltensbiologie

1. Bau und Funktion der Netzhaut
2. s. 1, Signaltransduktion, Reize und Rezeption, Prinzip hormonbedingter Second-messenger-Vorgänge
3. s. 2
4. s. 2

II. Lösungshinweise und Bewertungsraster

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Selbstverständlich sind jedoch Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, ebenso zu akzeptieren.

Aufg.	erwartete Leistungen	BE				
		I	II	III	Σ	
1	<u>Unterrichtsbezogene Beschreibung von Bau und Funktion von fünf Bestandteilen der Netzhaut, z.B.</u>					
	Bestandteil					Funktion
	Pigmentzelle					enthält einen dunklen Farbstoff und schützt das Augeninnere vor störenden Reflexen
	Stäbchen					Dämmerungs- und Nachtsehen
	Zapfen					Tages- und Farbsehen
	Bipolarzellen					Stellen Verbindung zwischen Sehzellen und Ganglienzellen her
	Horizontalzellen und amakrine Zellen	erlauben zusätzliche Querverschaltungen innerhalb der Netzhaut				
		10			10	

Aufg.	erwartete Leistungen	BE			
		I	II	III	Σ
2	<p><u>Materialbezogene Beschreibung und Erläuterung der sensorischen Transduktion in einem Stäbchen unter Einwirkung von Licht</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Stäbchen enthalten das Sehpigment Rhodopsin, das in einen Stapel von membranumhüllten Scheibchen (Disks) im Außenglied des Stäbchens eingebettet ist. – Die lichtabsorbierende Komponente - das Retinal - kommt in zwei unterschiedlichen räumlichen Strukturen vor, einem cis- und einem trans-Isomer. – Die Absorption von Licht bewirkt eine Umwandlung von Retinal von der cis- in die trans-Form. – Diese Veränderung in der räumlichen Struktur aktiviert Rhodopsin. – Das aktivierte Rhodopsin veranlasst über ein G-Protein, das Transducin, eine Aktivierung des Enzyms Phosphodiesterase. – Phosphodiesterase wiederum katalysiert die Umwandlung von cGMP zu GMP. – Die Natriumkanäle, die im Dunkeln durch cGMP offengehalten werden, so dass ständig Natriumionen einströmen können, schließen sich, wenn sich cGMP löst. – Es können keine Natriumionen von außen nach innen in das Cytoplasma der Stäbchen gelangen. – Das Sinken der Membranpermeabilität für Natriumionen führt zu einer Hyperpolarisation. – Dadurch unterbleibt die Ausschüttung des Transmitters Glutamat an der Synapse zu den nachgeschalteten Bipolarzellen. – Die Natriumkanäle der Bipolarzellen sind geschlossen, wenn der Transmitter Glutamat gebunden ist. – Bei Fehlen von Glutamat (im Licht) öffnen sie sich und es kommt zum Einstrom von Natriumionen in die Bipolarzelle. – Die Bipolarzelle wird depolarisiert. <p>Material 1 basiert auf: Andrea Erdmann et al.: Grüne Reihe Neurobiologie, Braunschweig, 2005, S. 45. Neil A. Campbell, Jane B. Reece: Biologie, 8. Auflage, München, 2011, S. 1481. Michael Walory, Elsbeth Westendorf-Bröring: Biologie heute SII, Lehrmaterialien Teil 1, Braunschweig, 2012, S. 187.</p>	3	2	2	15

Aufg.	erwartete Leistungen	BE				
		I	II	III	Σ	
3	<p><u>Darstellung des Transduktionsmechanismus' für die Geschmacksempfindung „süß“:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Zuckermoleküle binden an einen G-Protein gekoppelten Süßrezeptor einer Geschmackssinneszelle. – Die $\beta\gamma$-Untereinheit des G-Proteins wird vom Süßrezeptor abgespalten und aktiviert die Phospholipase C. – Diese aktivierte Phospholipase katalysiert die Umwandlung des Membranphospholipids PIP_2 zum sekundären Botenstoff IP_3. – IP_3 bindet an Calciumionenkanälen des Endoplasmatischen Retikulums und aktiviert diese, so dass Calciumionen aus dem ER in das Cytoplasma der Zelle einströmen. – Die hohe Calciumionenkonzentration aktiviert den TRPM5-Kanal, so dass Natriumionen in die Zelle einströmen. – Die Zunahme der Konzentration positiver Ionen in der Geschmackszelle bewirkt eine Depolarisation der Membran. – Infolgedessen werden spannungsabhängige Natriumkanäle aktiviert, so dass auch durch diese Kanäle Natriumionen in die Zelle einströmen. – Die resultierende Depolarisation bewirkt die Freisetzung des Neurotransmitters ATP über den Panx1-Kanal. – Freigesetztes ATP aktiviert seinerseits ATP-gesteuerte $P2x$-Natriumkanäle, die auf afferenten Nervenfasern, die die Geschmacksknospe innervieren, lokalisiert sind. – Der Einstrom von Natriumionen im Bereich der postsynaptischen Membran der afferenten Nervenfasern bewirkt auch hier eine Depolarisation der Membran und die Erzeugung eines EPSP. (Die Erregung wird in Form von Aktionspotenzialen an das Gehirn weiter geleitet.) <p>Material 2 und 3 basieren auf: Diethard Baron et al.: Biologie heute Schülerbuch SII, Braunschweig, 2012, S.252. Mark Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso: Neurowissenschaften, Heidelberg, 2009, S. 276ff. http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2012/5805/pdf/lossow_diss.pdf (abgerufen am 14.06.2013). http://www.chemie.uni-hamburg.de/bibliothek/2006/DissertationBettinaWalter.pdf (abgerufen am 25.5.2013). http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2013/6684/pdf/thalmann_diss.pdf (abgerufen am 08.08.2013). http://www-brs.ub.ruhr-uni-bochum.de/netahtml/HSS/Diss/RouxMeikeS/diss.pdf (abgerufen am 14.06.2013). http://opus4.kobv.de/opus4-tuberlin/frontdoor/index/index/docId/3024 (abgerufen am 08.08.2013).</p>		5	4	6	15

Aufg.	erwartete Leistungen	BE			
		I	II	III	Σ
4	<p><u>Eine mögliche Hypothese könnte lauten:</u> Miraculin kann durch pH-abhängige, sehr feste Bindung an den Süßrezeptor bei Gegenwart von Säuren eine intensive, den sauren Geschmack überdeckende Süßwahrnehmung auslösen.</p> <p><u>Begründung:</u> Bei Miraculin handelt es sich um ein Protein. Das bedeutet, dass es nicht einfach die Membran durchdringen kann, was eine Wirkung außerhalb der Zelle auf Rezeptorebene wahrscheinlich macht. Die Wirkung ist pH-abhängig und eine pH-abhängige Konformationsänderung liegt vor. Die anderen Geschmacksempfindungen bleiben unbeeinträchtigt, was auf eine Wirkung von Miraculin gezielt auf den Süß-Rezeptor schließen lässt. Die Ergebnisse mit dem Süßstoff Aspartam unterstützen diese Vermutung, dass Miraculin an den Süßrezeptor bindet und somit andere Süßstoffe nicht mehr binden können: Die nachgeschalteten Transduktionsprozesse werden von Miraculin bei neutralem pH-Wert aber nicht ausgelöst. Bei der Versuchsperson ist nämlich bei Gabe von Aspartam mit vorausgegangener Verabreichung von Miraculin keine Depolarisation der Geschmackssinneszelle erfolgt. Säuert man die Umgebung an, so bewirkt dies eine Konformationsänderung von Miraculin selbst. Diese Miraculin-Konformation löst die Transduktionsvorgänge in den Rezeptoren für süßen Geschmack aus und die Umwandlung der Geschmacksempfindung von sauer nach süß findet statt.</p> <p>Material 4 basiert auf: http://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.240/nutzpflanzen2012/thomas_maurer_2012.pdf (abgerufen am 25.03.2013). http://www.aponet.de/aktuelles/kurioses/wunderbeere-verwirrt-den-geschmack.html (abgerufen am 25.03.2013). http://diepresse.com/home/leben/ausgehen/520322/print.do (abgerufen am 25.03.2013).</p>			2	
				8	10
	Summe	15	25	10	50

III. Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt gemäß den Bestimmungen in der OAVO in der jeweils gültigen Fassung, insbesondere §33 OAVO in Verbindung mit den Anlagen 9a und ggf. 9b bis 9f, sowie in den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA). Für die Umrechnung von Prozentanteilen der erbrachten Leistungen in Notenpunkte nach §9 Abs. 12 der OAVO gelten die Werte in der Anlage 9a der OAVO. Darüber hinaus sind die Vorgaben des Erlasses „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen im Landesabitur 2014“ vom 20. Juni 2012 zu beachten.

Bei der Bewertung und Beurteilung ist auch die Intensität der Bearbeitung zu berücksichtigen. Als Bewertungskriterien dienen über das Inhaltliche hinaus qualitative Merkmale wie Strukturierung, Differenziertheit und Schlüssigkeit der Argumentation.

Im Fach Biologie werden Vorschläge aus den Kategorien A und B vorgelegt, wobei die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung von zwei Vorschlägen aus zwei verschiedenen Kategorien besteht, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass insgesamt 46 BE, ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)**, dass insgesamt 76 BE erreicht werden.