

Musterprüfung Nr. 002 für das Fachabitur
zum Erwerb der Fachhochschulreife
an Fachoberschulen und Berufsoberschulen

9:00 Uhr – 12:00 Uhr

Biologie

Ausbildungsrichtung Agrarwirtschaft,
Bio- und Umwelttechnologie

Hinweise

- Bearbeitungszeit: 180 Minuten. Bearbeiten Sie alle Aufgaben.
- Hilfsmittel: keine.
- Skizzen und Diagramme sind sauber, vollständig beschriftet und mit Bleistift anzufertigen.
- Die Aufgabenblätter sind am Ende der Bearbeitungszeit mit abzugeben.

Name	Klasse

BE

- 1** Ackerbohnen (*Vicia faba*) werden in Bayern wieder häufiger angebaut – als heimische Eiweißquelle für Tiere und zunehmend auch für Lebensmittel wie Bohnenmehl oder Falafel. Für manche Menschen ist das Essen von Ackerbohnen jedoch gefährlich: Bei ihnen zerfallen danach in kurzer Zeit viele rote Blutkörperchen (Favismus). Ursache ist ein Mangel an dem Enzym Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6PD). Es liefert in den roten Blutkörperchen NADPH/H⁺, mit dessen Hilfe die Zellen schädliche Oxidationsmittel unschädlich machen. Inhaltsstoffe der Ackerbohne wirken stark oxidierend. Weltweit haben etwa 400 Millionen Menschen einen G6PD-Mangel.
- 1.1** In einer Familie wurde mit einem Enzymtest bestimmt, wer einen G6PD-Mangel hat. Die Großeltern, Person 1 (Großvater) und Person 2 (Großmutter), haben keinen G6PD-Mangel; ein Gentest ergab zudem, dass Person 1 kein verändertes Allel trägt. Ihr Sohn (Person 3) hat einen G6PD-Mangel, ihre Tochter (Person 4) nicht. Person 3 hat mit seiner Frau (Person 5), die keinen G6PD-Mangel hat, drei Kinder: eine Tochter mit G6PD-Mangel (Person 6), einen Sohn ohne G6PD-Mangel (Person 7) und einen Sohn mit G6PD-Mangel (Person 8).
- 4** **1.1.1** Erstellen Sie für diese Familie ein nummeriertes Stammbaumschema mit Legende.
- 7** **1.1.2** Leiten Sie aus dem Stammbaum ab, nach welchem Erbgang der G6PD-Mangel vererbt wird. Schließen Sie dabei alle anderen Erbgänge begründet aus und geben Sie für alle Personen die möglichen Genotypen an.
[Hinweis: Neumutationen sind ausgeschlossen. Frauen mit nur einem veränderten Allel zeigen im Enzymtest keinen G6PD-Mangel. Verwenden Sie für die Allele die Buchstaben A und a.]
- 3** **1.1.3** Person 4 bekommt mit einem Mann ohne G6PD-Mangel einen Sohn. Ermitteln Sie mithilfe eines Kreuzungsquadrats, mit welcher Wahrscheinlichkeit dieser Sohn einen G6PD-Mangel hat. Berücksichtigen Sie dabei, dass der Genotyp von Person 4 nicht sicher bekannt ist.
- 1.2** Das Gen für die G6PD liegt auf dem X-Chromosom und codiert für ein Protein aus 515 Aminosäuren. Tabelle 1 zeigt einen Ausschnitt des codogenen DNA-Strangs dieses Gens bei einer Person ohne G6PD-Mangel und bei zwei Genvarianten 1 und 2, die einen G6PD-Mangel verursachen. Variante 1 ist im Mittelmeerraum die häufigste Ursache des Favismus. Bei Variante 2 ist der gezeigte Ausschnitt gleich lang wie bei der Person ohne G6PD-Mangel.

Tabelle 1: Ausschnitte des codogenen DNA-Strangs des G6PD-Gens; die Zahlen geben die Nummer des Triplets im codierenden Bereich bei der Person ohne G6PD-Mangel an.

Triplet-Position		185	186	187	188	189	190	
ohne G6PD-Mangel	... 3' –	CTG	TAG	CCG	AGG	GTG	AAG	– 5' ...
Variante 1	... 3' –	CTG	TAG	CCG	AAG	GTG	AAG	– 5' ...
Variante 2	... 3' –	CTG	CCG	AGG	GTG	AAG	CTC	– 5' ...

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

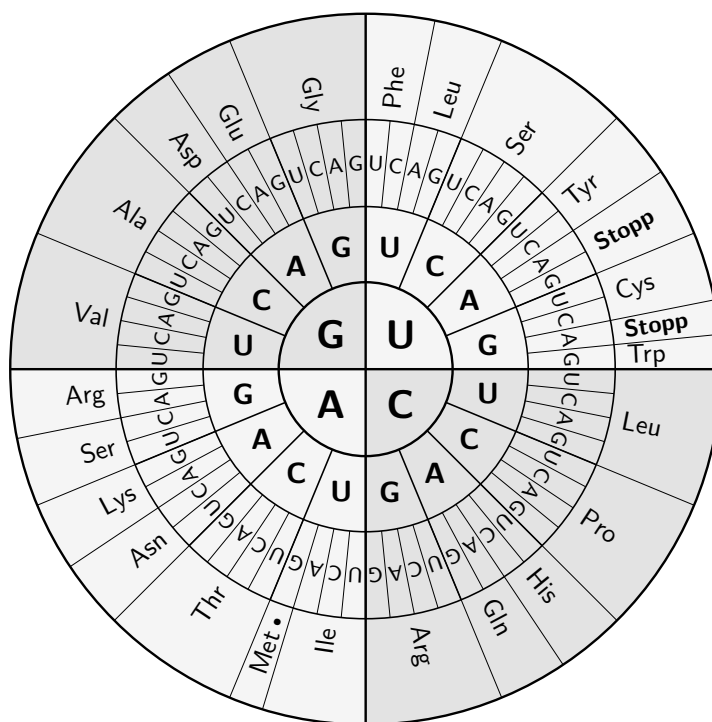


Abbildung 1: Codesonne (von innen, 5'-Ende, nach außen, 3'-Ende, zu lesen) mit Angabe der Aminosäuren als Dreibuchstabencode, • = Startcodon.

- 4 **1.2.1** Ermitteln Sie auf nachvollziehbare Weise mithilfe der Codesonne (Abbildung 1) für die Person ohne G6PD-Mangel und für Variante 1 die mRNA-Sequenzen und die Aminosäuresequenzen des gezeigten Ausschnitts.
- 5 **1.2.2** Benennen Sie für die Varianten 1 und 2 die Art der Mutation möglichst genau und erläutern Sie jeweils die Folgen für das Enzym. Formulieren Sie eine begründete Hypothese, warum der Verlust von drei aufeinanderfolgenden Basen in der Regel weniger schwere Folgen für ein Protein hat als der Verlust einer einzelnen Base.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

Auf Sardinien war die Malaria bis um 1950 weit verbreitet, vor allem in den feuchten Niederungen; in hoch gelegenen Dörfern kam sie kaum vor. Der Erreger, ein einzelliger Parasit, vermehrt sich in den roten Blutkörperchen. Untersuchungen zeigen, dass Menschen mit G6PD-Mangel seltener schwer an Malaria erkranken. Abbildung 2 zeigt, wie häufig der G6PD-Mangel bei Männern in sardischen Dörfern unterschiedlicher Höhenlage ist.

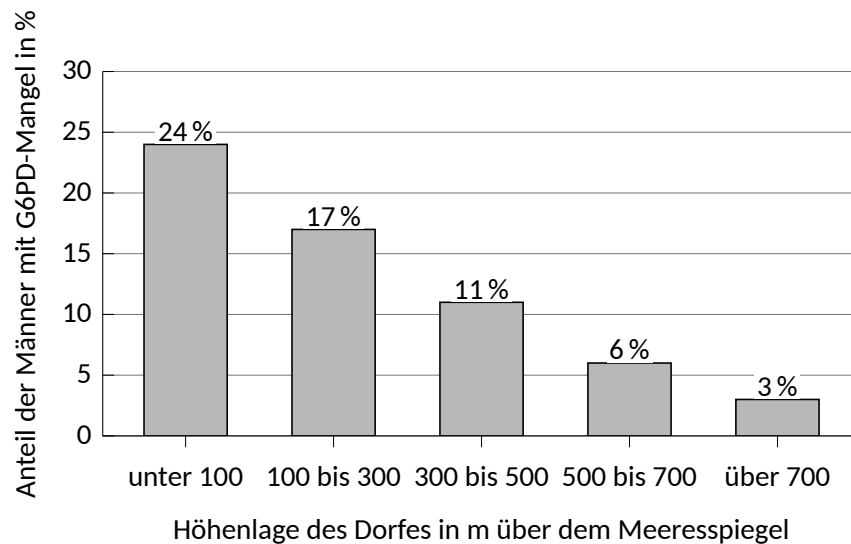


Abbildung 2: Anteil der Männer mit G6PD-Mangel in Dörfern Sardiniens unterschiedlicher Höhenlage (gerundete Werte).

- 5 **1.3** Erklären Sie die in Abbildung 2 dargestellte Verteilung des G6PD-Mangels aus evolutionsbiologischer Sicht.

28

BE

- 2 In Bayern wird Bier seit Jahrhunderten aus Malz, Hopfen, Hefe und Wasser gebraut. Beim Maischen wird geschrotetes Gerstenmalz mit Wasser erwärmt. Dabei bauen Enzyme aus dem Malz die Stärke ab: Die β -Amylase spaltet von den Enden der Stärkekettens jeweils Maltose (Malzzucker) ab, die die Hefe später vergären kann. Die α -Amylase spaltet die Stärkekettens an beliebigen Stellen im Inneren; dabei entstehen auch größere Bruchstücke (Dextrine), die die Hefe nicht vergären kann und die das Bier vollmundiger machen. Abbildung 3 zeigt die Aktivität beider Enzyme in Abhängigkeit von der Temperatur.

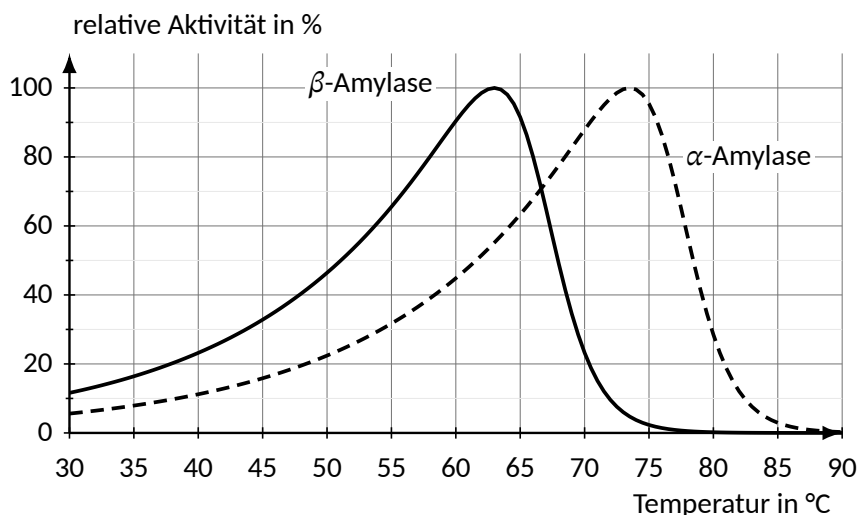


Abbildung 3: Aktivität der β - und der α -Amylase aus Gerstenmalz in Abhängigkeit von der Temperatur (Aktivität im jeweiligen Optimum = 100 %).

- 5 **2.1** Vergleichen Sie die beiden Kurven in Abbildung 3. Erklären Sie die Unterschiede im Verlauf oberhalb von 60 °C mithilfe Ihres Wissens über Enzyme.
- 3 **2.2** Ein Brauer möchte ein besonders alkoholreiches, wenig süßes Bier brauen. Dazu muss beim Maischen möglichst viel vergärbare Zucker entstehen. Beurteilen Sie anhand von Abbildung 3, ob er die Maische dafür längere Zeit bei etwa 63 °C oder bei etwa 72 °C halten sollte.
- 4 **2.3** Die Spaltung der Stärke ist eine exotherme Reaktion. Erstellen Sie ein beschriftetes Energieschema, das den Verlauf dieser Reaktion ohne und mit β -Amylase vergleicht.
- Nach dem Maischen wird die Würze mit Hopfen gekocht, abgekühlt und mit Hefe (*Saccharomyces cerevisiae*) versetzt. Will man dagegen möglichst viel Hefe gewinnen, geht man anders vor: In Hefefabriken wird die Hefe kräftig belüftet, und die Zuckerlösung wird so langsam zugegeben, dass die Konzentration des Zuckers stets sehr gering bleibt. In einem Laborversuch wurde Hefe auf diese Weise einmal mit Belüftung (Ansatz A) und einmal unter Luftabschluss (Ansatz B) gehalten. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 2: Ergebnisse der beiden Ansätze, jeweils bezogen auf 1 g verbrauchte Glucose.

Ansatz	Belüftung	neu gebildete Hefe (Trockenmasse)	gebildetes Ethanol
A	ja	0,50 g	0,00 g
B	nein	0,10 g	0,44 g

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE	
6	2.4 Beschreiben Sie die Ergebnisse in Tabelle 2 und erklären Sie diese mithilfe der Stoffwechselwege, die in den beiden Ansätzen ablaufen. Gehen Sie dabei auch darauf ein, welche Bedeutung die Bildung von Ethanol für die Hefe in Ansatz B hat.
4	2.5 Stellen Sie die Gesamtgleichung der alkoholischen Gärung auf. Begründen Sie mithilfe der Energiebilanz, warum in Ansatz B je Gramm Glucose deutlich weniger Hefe entsteht als in Ansatz A.
22	

BE

- 3 Im Ammersee und in anderen tiefen Voralpenseen tritt regelmäßig die Burgunderblutalge (*Planktothrix rubescens*) auf. Sie ist keine Alge im engeren Sinn, sondern ein Cyanobakterium, das lange Zellfäden bildet. Ihren Namen hat sie von einer Sage: Als sich der Murtensee in der Schweiz rot färbte, hielt man das für das Blut der dort 1476 gefallenen burgundischen Soldaten. Die Fäden enthalten neben Chlorophyll a den roten Farbstoff Phycoerythrin sowie Gasbläschen, mit denen sie ihre Schwebetiefe einstellen können. Außerdem bilden sie Giftstoffe. Tabelle 3 zeigt Messwerte, die an einem Tag im August in der Mitte eines solchen Sees gewonnen wurden.

Tabelle 3: Messwerte in verschiedenen Tiefen eines tiefen Voralpensees im August (Modelldaten).

Tiefe in m	Temp. in °C	O ₂ in mg/l	Fäden in %	Tiefe in m	Temp. in °C	O ₂ in mg/l	Fäden in %
0	21,8	9,3	0	14	5,6	9,3	21
2	21,6	9,2	0	16	5,2	8,7	1
4	21,2	9,1	0	20	5,0	8,5	0
6	19,8	9,2	1	30	4,9	7,9	0
8	16,1	10,2	21	40	4,9	7,3	0
10	10,7	12,0	84	60	4,8	5,6	0
12	7,0	11,1	84	80	4,6	3,5	0

Temp. = Temperatur; O₂ = Sauerstoffgehalt; Fäden = relative Häufigkeit der Fäden der Burgunderblutalge (größter Wert = 100 %).

- 5 3.1 Erstellen Sie aus den Werten in Tabelle 3 ein Diagramm, das die Temperatur und den Sauerstoffgehalt in Abhängigkeit von der Tiefe zeigt.
- 5 3.2 Erläutern Sie anhand Ihres Diagramms die Gliederung des Sees in Schichten zu diesem Zeitpunkt und den Verlauf des Sauerstoffgehalts unterhalb von 14 m. Berücksichtigen Sie dabei die Tätigkeit der Produzenten und der Destruenten. Geben Sie außerdem an, wie man diese Phase im Jahreslauf des Sees nennt.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

Abbildung 4 zeigt die Absorptionsspektren der beiden Farbstoffe der Burgunderblutalge und die Zusammensetzung des Lichts, das in 12 m Tiefe eines solchen Sees ankommt.

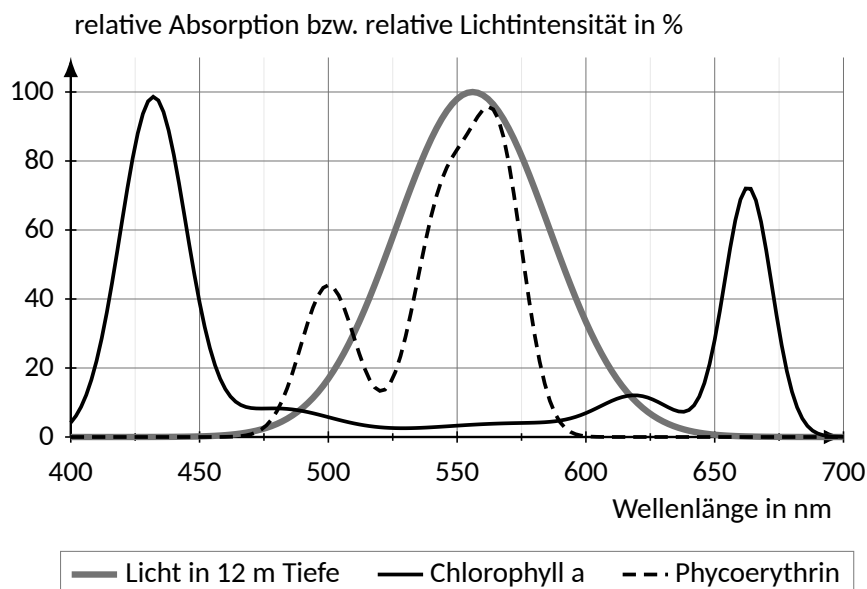


Abbildung 4: Absorptionsspektren von Chlorophyll a und Phycoerythrin sowie relative Lichtintensität in 12 m Tiefe (Modell; blau etwa 450–490 nm, grün etwa 490–570 nm, rot etwa 620–700 nm).

- 4 **3.3** Erklären Sie mithilfe von Abbildung 4, warum die Burgunderblutalge in 10 bis 12 m Tiefe noch Fotosynthese betreiben kann, und erklären Sie damit den Verlauf des Sauerstoffgehalts zwischen 6 und 14 m Tiefe in Tabelle 3.
- 3 **3.4** Wasserflöhe (Daphnien) ernähren sich im See vor allem von einzelligen Algen. Die langen, giftigen Fäden der Burgunderblutalge fressen sie dagegen kaum. Erläutern Sie, welche Folgen eine Massenentwicklung der Burgunderblutalge für das Nahrungsnetz des Sees haben kann.
- 3 **3.5** Durch mildere Winter kühlt das Wasser tiefer Seen in manchen Jahren nicht mehr so weit ab, dass der See im Winter oder Frühjahr bis zum Grund durchmischt wird. Erklären Sie, welche Folgen das für den Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser hat.

20

BE

- 4 Manche Gärtnereien in Bayern betreiben neben ihren Gewächshäusern für Tomaten ein Blockheizkraftwerk, das Strom erzeugt; mit seiner Abwärme werden die Gewächshäuser beheizt, und sein gereinigtes Abgas wird als Quelle für Kohlenstoffdioxid in die Gewächshäuser geleitet (CO₂-Düngung).

- 5 4.1 Beschreiben Sie die Vorgänge der lichtabhängigen Reaktion an der Thylakoidmembran, durch die ATP und NADPH/H⁺ für den Calvin-Zyklus bereitgestellt werden.

Abbildung 5 zeigt die Netto-Fotosyntheserate von Blättern der Tomate in Abhängigkeit von der CO₂-Konzentration der Luft bei zwei Lichtstärken; die Temperatur ist in beiden Fällen gleich und günstig. Die Außenluft enthält heute gut 400 ppm CO₂.

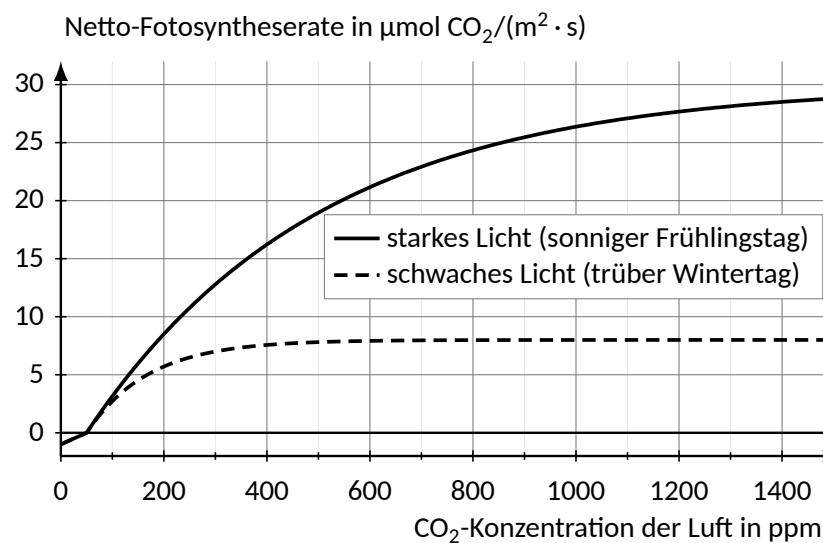


Abbildung 5: Netto-Fotosyntheserate von Blättern der Tomate in Abhängigkeit von der CO₂-Konzentration bei schwachem und bei starkem Licht (Modelldaten).

- 6 4.2 Beschreiben Sie die beiden Kurven in Abbildung 5 und erklären Sie ihren Verlauf mithilfe des Prinzips der begrenzenden Faktoren.
- 4 4.3 Beurteilen Sie anhand von Abbildung 5, ob es sich an trüben Wintertagen im Vergleich zu sonnigen Frühlingstagen lohnt, die Luft im Gewächshaus von 400 ppm auf 1000 ppm CO₂ anzureichern. Maßstab ist die Steigerung der Fotosyntheserate. Nennen Sie außerdem eine Maßnahme, mit der sich die Fotosyntheserate an trüben Wintertagen steigern ließe.

15

BE

5 Bier verdirbt selten, denn nur wenige Bakterien können darin wachsen. Zu den gefürchtetsten Bierschädlingen gehört *Lactobacillus brevis*, ein stäbchenförmiges Milchsäurebakterium, das Bier trüb und sauer macht. Gegen viele Bakterien schützt der Hopfen: Seine Bittersäuren schleusen Protonen durch die Zellmembran von Bakterien wie *Lactobacillus brevis*.

4 5.1 Vergleichen Sie tabellarisch den Aufbau der Zellen von *Lactobacillus brevis* mit dem der Bierhefe anhand von vier Merkmalen.

In Brauereien findet man gelegentlich Stämme von *Lactobacillus brevis*, die auch in Bier mit Hopfen wachsen. Abbildung 6 zeigt schematisch, wie die Bittersäuren an der Zellmembran wirken und welche Aufgabe das Membranprotein HorA hat. Abbildung 7 zeigt das Wachstum eines Stamms S ohne HorA und eines Stamms R mit HorA in Bier.

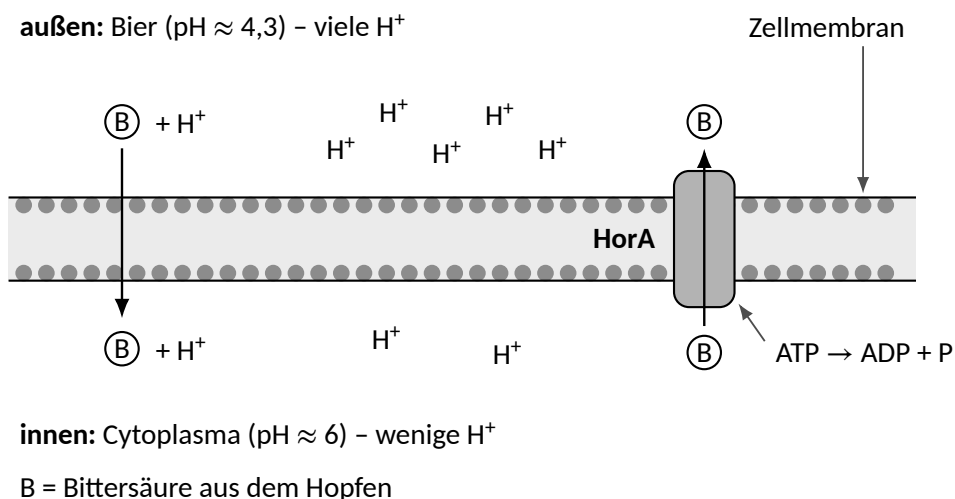


Abbildung 6: Wirkung der Bittersäuren des Hopfens an der Zellmembran von *Lactobacillus brevis* und Transportprotein HorA (schematisch).

BE

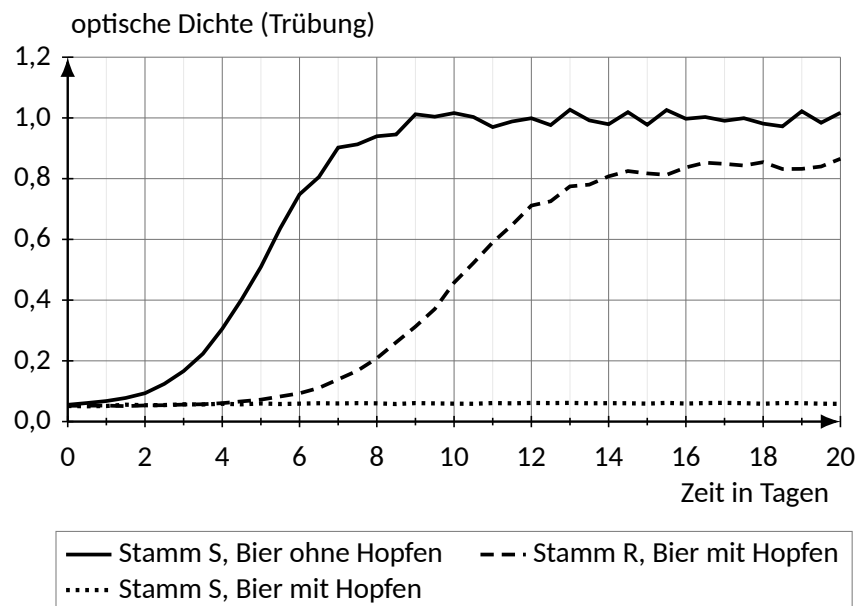


Abbildung 7: Wachstum zweier Stämme von *Lactobacillus brevis* in Bier; die optische Dichte (Trübung) ist ein Maß für die Zahl der Bakterien (Modelldaten).

- 4 **5.2** Erläutern Sie mithilfe der Abbildungen 6 und 7, warum Stamm S in Bier mit Hopfen nicht wachsen kann, Stamm R dagegen schon.
- 4 **5.3** Das Gen für *HorA* liegt bei vielen Stämmen auf einem Plasmid. Erklären Sie aus evolutionsbiologischer Sicht, wie hopfenresistente Bakterien in einer Brauerei entstehen und sich ausbreiten können.
- 3 **5.4** Erläutern Sie drei weitere Eigenschaften von Bier, die neben dem Hopfen das Wachstum der meisten Mikroorganismen hemmen.

15

Quellenverzeichnis

Abbildung 1: eigene Darstellung nach dem genetischen Code.

Tabelle 1: eigene Darstellung; Ausschnitt vereinfacht, die Basen sind teilweise frei gewählt.

Abbildung 2: eigene Darstellung; gerundete Werte nach Untersuchungen von Siniscalco, M. u. a., Nature 190 (1961), 1179–1180.

Abbildung 3: eigene Darstellung; Modelldaten nach Literaturangaben.

Tabelle 2: eigene Darstellung; gerundete Werte nach Literaturangaben.

Tabelle 3: eigene Darstellung; Modelldaten.

Abbildung 4: eigene Darstellung; Modelldaten.

Abbildung 5: eigene Darstellung; Modelldaten mit typischen Werten für C_3 -Pflanzen.

Abbildung 6: eigene Darstellung (schematisch) nach Sakamoto, K. und Konings, W. N., International Journal of Food Microbiology 89 (2003), 105–124.

Abbildung 7: eigene Darstellung; Modelldaten.