

Musterprüfung Nr. 001 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** Milch ist die erste Nahrung aller Säugetiere. Ihr wichtigstes Kohlenhydrat ist der Milchzucker (Lactose). Im Dünndarm spaltet das Enzym Lactase die Lactose in Glucose und Galactose, die anschließend ins Blut aufgenommen werden. Bei den meisten Säugetieren – und bei rund zwei Dritteln aller Menschen weltweit – geht die Bildung von Lactase nach dem Säuglingsalter stark zurück. Wer dann viel Milch trinkt, bekommt häufig Bauchschmerzen und Blähungen, weil Darmbakterien die Lactose vergären. Viele Erwachsene in Nord- und Mitteleuropa bilden Lactase dagegen ein Leben lang. Diese sogenannte Lactasepersistenz geht auf eine Variante in einem DNA-Abschnitt zurück, der die Transkription des Lactase-Gens steuert.
- 1.1** Bei einer Familie wurde mit einem Atemtest untersucht, wer Lactase dauerhaft bildet. Die Großeltern väterlicherseits, Person 1 (Großvater) und Person 2 (Großmutter), sind beide lactasepersistente. Von ihren beiden Kindern ist der Sohn (Person 3) lactasepersistent, die Tochter (Person 4) nicht. Person 3 hat mit seiner nicht lactasepersistente Frau (Person 5) drei Kinder: einen lactasepersistenten Sohn (Person 6), eine nicht lactasepersistente Tochter (Person 7) und eine lactasepersistente Tochter (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 die Lactasepersistenz vererbt wird. Schließen Sie dabei alle anderen Erbgänge begründet aus und geben Sie für alle Personen die Genotypen an.
[Hinweis: Neumutationen sind ausgeschlossen. Verwenden Sie für die Allele die Buchstaben A und a.]
- 3 1.1.3** Person 8 bekommt mit ihrem nicht lactasepersistenten Partner ein Kind. Ermitteln Sie mithilfe eines Kreuzungsquadrats, mit welcher Wahrscheinlichkeit das Kind lactasepersistent sein wird.
- 1.2** Nicht zu verwechseln ist die Lactasepersistenz mit dem angeborenen Lactasemangel (CLD, engl. *congenital lactase deficiency*). Bei dieser sehr seltenen, autosomal-rezessiv vererbten Krankheit bilden Säuglinge von Geburt an keine oder kaum funktionsfähige Lactase und bekommen schon von der Muttermilch lebensbedrohliche Durchfälle. Ursache sind Mutationen im Lactase-Gen selbst, das für ein Vorläuferprotein aus 1927 Aminosäuren codiert. Tabelle 1 zeigt einen Ausschnitt des codogenen DNA-Strangs dieses Gens bei einer gesunden Person und bei zwei erkrankten Kindern 1 und 2 (beide homozygot für die jeweilige Mutation).

Tabelle 1: Ausschnitte des codogenen DNA-Strangs des Lactase-Gens; die Zahlen geben die Nummer des Triplets im codierenden Bereich an (= Position der Aminosäure im Vorläuferprotein).

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

Triplett-Position		1388	1389	1390	1391	1392	1393	
gesunde Person	... 3' -	CCG	ACC	ATA	CTA	GAC	AAG	- 5' ...
Kind 1	... 3' -	CCG	ACC	ATT	CTA	GAC	AAG	- 5' ...
Kind 2	... 3' -	CCG	ACC	ATA	TTA	GAC	AAG	- 5' ...

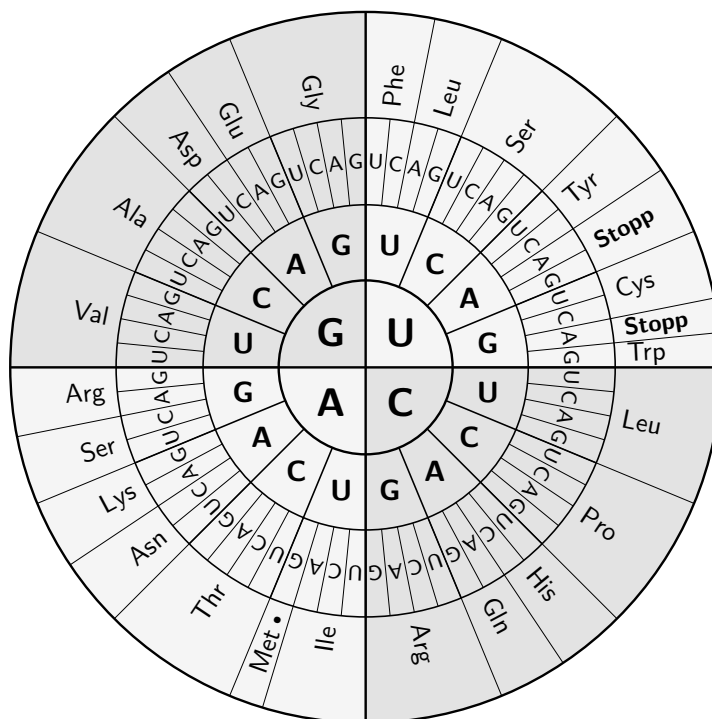


Abbildung 1: Codesonne (von innen, 5'-Ende, nach außen, 3'-Ende, zu lesen) mit Angabe der Aminosäuren als Dreibuchstabencode, • = Startcodon.

- 4 **1.2.1** Ermitteln Sie auf nachvollziehbare Weise mithilfe der Codesonne (Abbildung 1) für die gesunde Person und für Kind 1 die mRNA-Sequenzen und die Aminosäuresequenzen des gezeigten Ausschnitts.
- 5 **1.2.2** Benennen Sie für Kind 1 und Kind 2 die Art der Mutation möglichst genau und erläutern Sie jeweils die Folgen für das Lactase-Protein. Formulieren Sie eine begründete Hypothese, welches der beiden Kinder vermutlich noch eine geringe Lactaseaktivität besitzt.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

- 2 Für Menschen ohne Lactasepersistenz stellen Molkereien lactosefreie Milch her: Sie geben der Milch Lactase aus der Hefe *Kluyveromyces lactis* zu, die die Lactose fast vollständig in Glucose und Galactose spaltet. Lactosefreie Milch schmeckt deshalb etwas süßer als normale Milch. Abbildung 2 zeigt die Aktivität dieser Lactase in Abhängigkeit von der Temperatur.

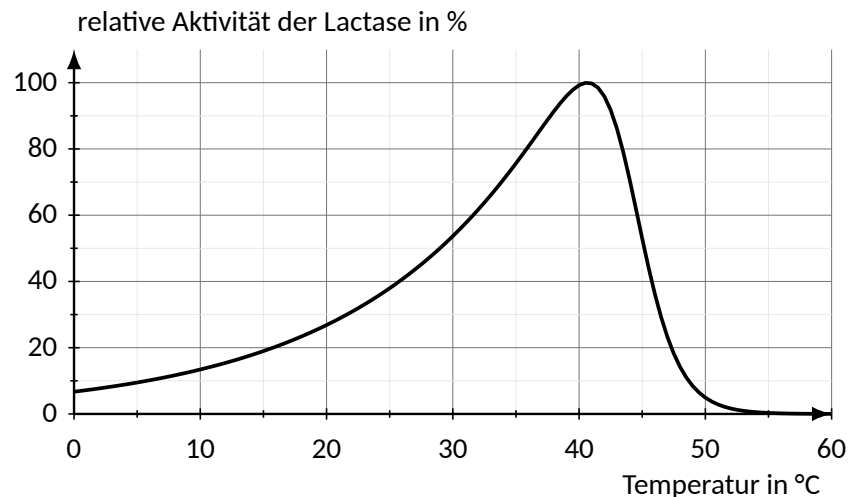


Abbildung 2: Aktivität der Lactase aus *Kluyveromyces lactis* in Abhängigkeit von der Temperatur (Aktivität im Optimum = 100 %).

- 5 **2.1** Beschreiben Sie den Verlauf der Kurve in Abbildung 2 und begründen Sie ihn mithilfe Ihres Wissens über Enzyme.
- 3 **2.2** Obwohl die Lactase bei etwa 40 °C am schnellsten arbeitet, lassen viele Molkereien sie 24 Stunden lang bei 6 °C auf die Milch einwirken. Erläutern Sie einen biologischen Grund für dieses Vorgehen.
- 6 **2.3** Während der Behandlung reichert sich in der Milch Galactose an. Galactose entspricht in ihrer räumlichen Struktur dem Teil der Lactose, der im aktiven Zentrum der Lactase gebunden wird (Abbildung 3), und beeinflusst deshalb die Lactase.

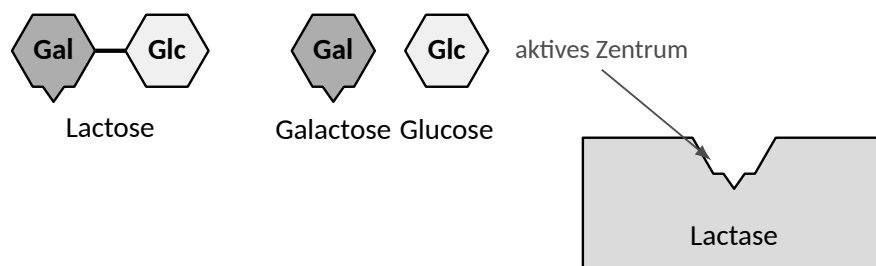


Abbildung 3: Modell der Lactose, ihrer Spaltprodukte und des aktiven Zentrums der Lactase (Gal = Galactose, Glc = Glucose).

Erstellen Sie ein beschriftetes Diagramm, das die Reaktionsgeschwindigkeit der Lactase in Abhängigkeit von der Lactosekonzentration zeigt (Enzymkonzentration, Temperatur und pH-Wert konstant). Ergänzen Sie gestrichelt den Verlauf bei einer konstanten Galactosekonzentration und erklären Sie diesen Verlauf.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

Abbildung 4 zeigt, wie häufig Lactasepersistenz bei Erwachsenen in verschiedenen Ländern ist. Untersuchungen von Erbgut aus Skelettfunden ergaben: Vor etwa 7000 Jahren, als in Mitteleuropa bereits Rinder, Schafe und Ziegen gehalten wurden, war die Variante für Lactasepersistenz dort noch sehr selten.

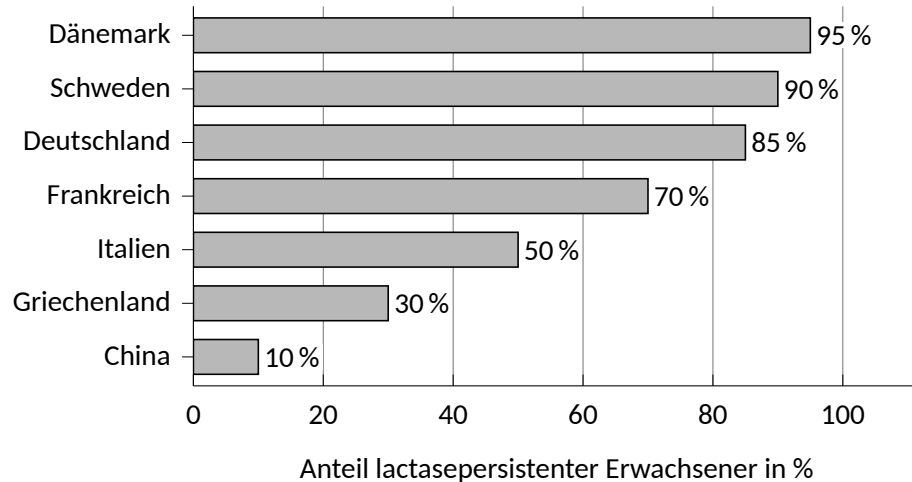


Abbildung 4: Anteil der Erwachsenen mit Lactasepersistenz (gerundete Schätzwerte; die Angaben einzelner Studien weichen voneinander ab).

- 5 **2.4** Erklären Sie die heutige Verteilung der Lactasepersistenz aus evolutionsbiologischer Sicht.
- 3 **2.5** Eine Werbeanzeige für lactosefreie Milch behauptet: „Lactoseintoleranz ist eine Krankheit, an der jeder vierte Deutsche leidet.“ Als Lactoseintoleranz bezeichnet man Verdauungsbeschwerden nach dem Verzehr lactosehaltiger Lebensmittel. Beurteilen Sie diese Aussage aus biologischer Sicht und beziehen Sie dabei Abbildung 4 ein.

45

BE

- 3 Auf einem Versuchsfeld in Bayern stehen Solarmodule auf etwa fünf Meter hohen Stelzen über einem Kartoffelacker (Abbildung 5). Solche Agri-Photovoltaik-Anlagen erzeugen Strom, ohne dass die Fläche für die Landwirtschaft verloren geht. Unter den Modulen kommen im Mittel etwa 70 % des Sonnenlichts an; zugleich sind die Pflanzen dort besser vor Hagel, starker Hitze und Austrocknung geschützt.



KI-generiert

Abbildung 5: Agri-Photovoltaik-Anlage über einem Kartoffelfeld.

- 5 3.1 Erstellen Sie eine beschriftete Skizze, die das Zusammenwirken von lichtabhängiger Reaktion und Calvin-Zyklus in einem Chloroplasten zeigt. Geben Sie darin die Reaktionsorte, die Ausgangsstoffe und Endprodukte der Fotosynthese sowie die Stoffe an, die beide Reaktionsfolgen verbinden.

Abbildung 6 zeigt die Netto-CO₂-Aufnahme von Kartoffel- und Maisblättern in Abhängigkeit von der Lichtintensität; alle anderen Bedingungen sind gleich und günstig.

BE

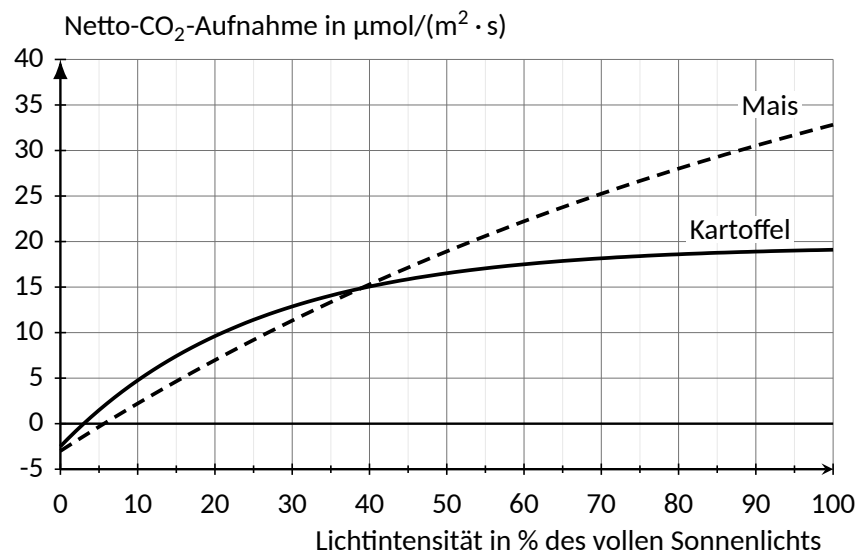


Abbildung 6: Netto-CO₂-Aufnahme von Kartoffel (C₃-Pflanze) und Mais (C₄-Pflanze) in Abhängigkeit von der Lichtintensität (100 % = volles Sonnenlicht im Sommer).

- 6 **3.2** Beschreiben Sie die beiden Kurven in Abbildung 6. Erläutern Sie, warum beide Kurven bei 0 % Licht im negativen Bereich beginnen, und geben Sie den Lichtkompensationspunkt der Kartoffel näherungsweise an.
- 3 **3.3** Erklären Sie, warum Mais als C₄-Pflanze auch bei vollem Sonnenlicht noch keine Lichtsättigung erreicht, während sich die Kurve der Kartoffel schon bei mittlerer Lichtintensität einem Höchstwert nähert.
- 4 **3.4** Beurteilen Sie anhand von Abbildung 6, welche der beiden Kulturen unter der Agri-Photovoltaik-Anlage im Vergleich zum freien Feld weniger an Fotosyntheserate verliert und sich deshalb besser für den Anbau unter der Anlage eignet. Berücksichtigen Sie dabei auch einen weiteren Standortfaktor, der sich unter den Modulen verändert.

18

BE

- 4 Im Nationalpark Bayerischer Wald und in vielen Fichtenwäldern Bayerns sind in den vergangenen Jahren großflächig Fichten abgestorben. Hauptursache ist der Buchdrucker (*Ips typographus*), ein nur etwa 5 mm großer Borkenkäfer. Die Käfer bohren sich durch die Rinde und legen im darunterliegenden Bastgewebe (Phloem) ihre Brutgänge an. Dabei unterbrechen sie den Transport der Assimilate. Gesunde Fichten wehren sich mit Harz, das eindringende Käfer verklebt; geschwächte Bäume bilden dagegen kaum Harz. Abbildung 7 zeigt schematisch die Toleranzkurven von Fichte und Buche gegenüber der Jahresmitteltemperatur (vereinfacht). In mittleren Lagen des Bayerischen Waldes liegt die Jahresmitteltemperatur heute bei etwa 6,5 °C; bei unbremstem Klimawandel werden für die Mitte des Jahrhunderts etwa 8,5 °C erwartet.

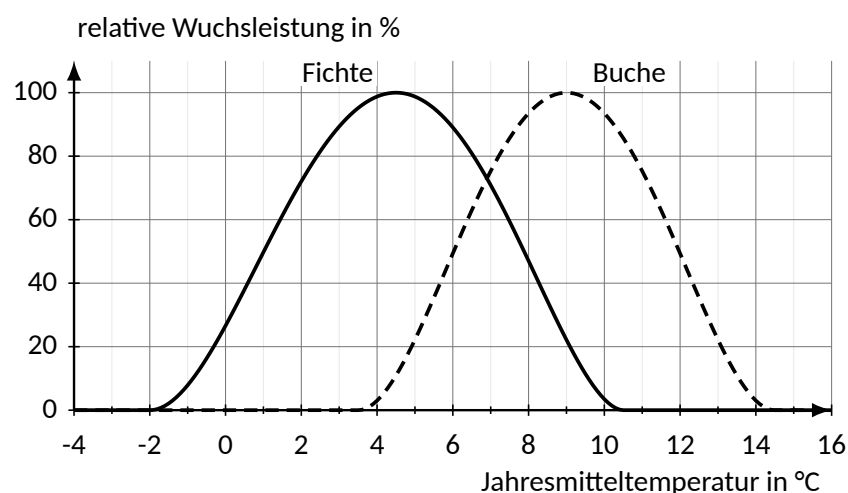


Abbildung 7: Toleranzkurven von Fichte und Buche gegenüber der Jahresmitteltemperatur (schematisch).

- 6 **4.1** Beschreiben Sie die beiden Toleranzkurven in Abbildung 7 unter Verwendung der Fachbegriffe zur Toleranzkurve. Begründen Sie, welche Baumart durch die erwartete Erwärmung im Bayerischen Wald stärker gefährdet ist.
- 4 **4.2** Ein Buchdrucker-Weibchen legt etwa 60 Eier. Unter günstigen Bedingungen erreichen 10 % der Nachkommen das Erwachsenenalter; die Hälfte davon sind Weibchen. In sehr warmen Sommern entwickeln sich drei Generationen nacheinander; jedes Weibchen pflanzt sich fort. Ermitteln Sie rechnerisch, wie viele Weibchen der dritten Generation von einem einzigen Weibchen abstammen, und begründen Sie, warum hier exponentielles Wachstum vorliegt.

[Hinweis: Die Nachkommen des Ausgangsweibchens bilden die erste Generation.]

In Pheromonfallen fängt man neben Buchdruckern auch Ameisenbunkkäfer (*Thanasius formicarius*). Sie werden vom selben Lockstoff angelockt und fressen erwachsene Buchdrucker; ihre Larven fressen die Larven des Buchdruckers in den Brutgängen. Die Fänge sind ein Maß für die Häufigkeit der Käfer im Gebiet. Abbildung 8 zeigt modellhaft die mittleren Fänge je Falle in einem Fichtenwaldgebiet über 16 Beobachtungsjahre.

Fortsetzung siehe nächste Seite

BE

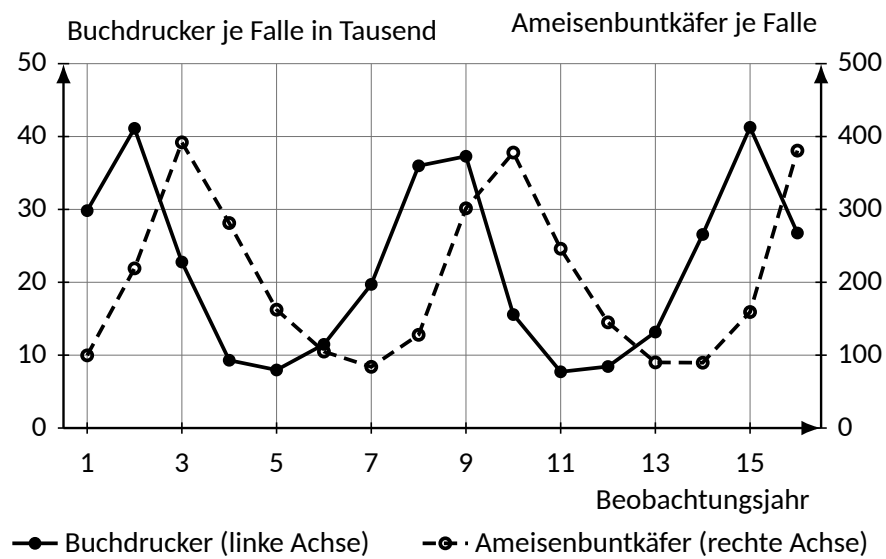


Abbildung 8: Mittlere Fänge von Buchdruckern und Ameisenbuntkäfern je Falle und Jahr (Modelldaten).

- 5 **4.3** Benennen Sie die Beziehung zwischen Buchdrucker und Ameisenbuntkäfer und erläutern Sie die Kurvenverläufe in Abbildung 8 mithilfe der Lotka-Volterra-Regeln.
- 5 **4.4** In den heißen, trockenen Sommern 2018 bis 2020 vermehrte sich der Buchdrucker in vielen Teilen Bayerns massenhaft – obwohl auch die Zahl seiner Fressfeinde zunahm. Erklären Sie diese Massenvermehrung und zeigen Sie daran eine Grenze der Lotka-Volterra-Regeln auf.

20

BE

5 Seit 2023 breitet sich in Deutschland die Blauzungkrankheit wieder aus, diesmal durch einen neuen Typ des Blauzungenvirus (BTV-3), der von kleinen stechenden Mücken, den Gnitzen, von Tier zu Tier übertragen wird. Erkrankte Schafe und Rinder bekommen Fieber und entzündete Schleimhäute; bei Schafen kann sich die Zunge blau verfärben. Für Menschen ist das Virus ungefährlich.

3 5.1 Begründen Sie anhand von drei Kennzeichen des Lebens, dass Viren wie BTV-3 nicht zu den Lebewesen gezählt werden.

Kälber nehmen am ersten Lebenstag mit der Biestmilch (Kolostrum) ihrer Mutter Antikörper auf. Die Mutter des untersuchten Kalbs war gegen BTV-3 geimpft. Das Kalb selbst wurde im Alter von 12 und von 15 Wochen geimpft. Abbildung 9 zeigt modellhaft die Konzentration der Antikörper gegen BTV-3 im Blut des Kalbs.

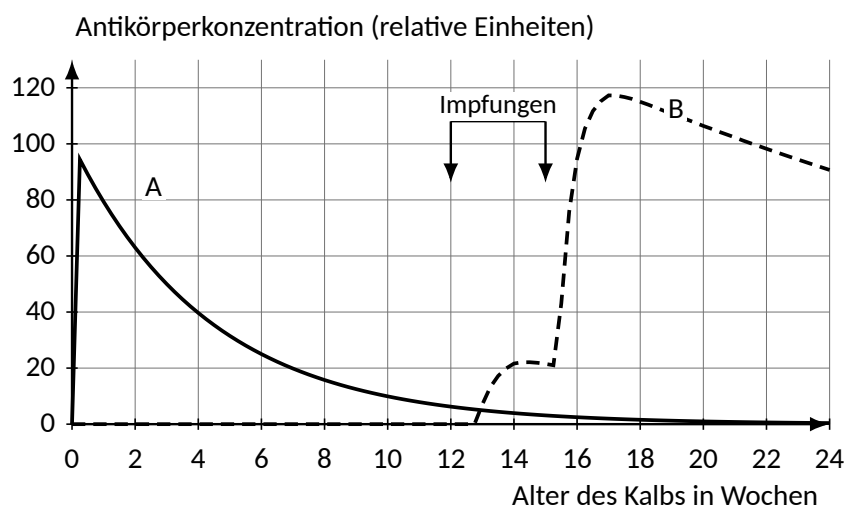


Abbildung 9: Konzentration der Antikörper gegen BTV-3 im Blut eines Kalbs (Modell; A und B bezeichnen die beiden Kurven).

6 5.2 Ordnen Sie die Kurven A und B in Abbildung 9 der passiven bzw. der aktiven Immunisierung zu und erläutern Sie die Verläufe beider Kurven.

5 5.3 Beschreiben Sie unter Verwendung von Fachbegriffen, wie nach der ersten Impfung im Körper des Kalbs Antikörper gegen BTV-3 gebildet werden.

3 5.4 Ein Landwirt möchte seine Kälber schon in der ersten Lebenswoche impfen lassen. Formulieren Sie eine begründete Hypothese, warum eine so frühe Impfung meist keinen dauerhaften Schutz aufbaut.

17

Quellenverzeichnis

Abbildung 1: eigene Darstellung nach dem genetischen Code.

Tabelle 1: eigene Darstellung; Ausschnitt vereinfacht nach einer in Finnland häufigen Mutation des angeborenen Lactasemangels; die übrigen Basen sind frei gewählt.

Abbildung 2: eigene Darstellung; Modelldaten, Temperaturoptimum nach Literaturangaben für Lactase aus *Kluyveromyces lactis*.

Abbildung 3: eigene Darstellung.

Abbildung 4: eigene Darstellung; gerundete Schätzwerte nach Itan, Y. u. a. (2010): A worldwide correlation of lactase persistence phenotype and genotypes. BMC Evolutionary Biology 10, 36, und Storhaug, C. L. u. a. (2017): Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults. The Lancet Gastroenterology & Hepatology 2, 738–746. Angaben zu Skelettfunden nach Evershed, R. P. u. a. (2022): Dairying, diseases and the evolution of lactase persistence in Europe. Nature 608, 336–345.

Abbildung 5: KI-generiertes Bild (OpenAI GPT Image), 2026.

Abbildung 6: eigene Darstellung; Modell der Lichtsättigung mit typischen Werten für C₃- und C₄-Pflanzen.

Abbildung 7: eigene Darstellung (schematisch).

Abbildung 8: eigene Darstellung; Modelldaten.

Abbildung 9: eigene Darstellung; Modelldaten.