

EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES GÉNÉRALES

Sessions 2023 – QUESTIONNAIRE ÉCRIT

Date :	15.05.23	Durée :	08:15 - 10:45	Numéro candidat :	
Discipline :	Biologie		Section(s) :	GSN	

Aufgabe 1 – Nahrungsbeziehungen in der arktischen Tundra (11P)

Die arktischen Gebiete der sibirischen Tundra sind geprägt von Eiskälte und kargen Landschaften. Dementsprechend spärlich sind diese Biotope von Tieren besiedelt. In einigen Gebieten sind vor allem 3 Arten anzutreffen: Lemminge (kleine pflanzenfressende Wühlmäuse), Polargänse (pflanzenfressende, standorttreue Bodenbrüter) und Polarfüchse (Räuber, jagt bevorzugt Lemminge aber auch Polargänse).



Abb. 1 – Ein Polarfuchs verspeist einen Lemming.

Es scheint ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Lemmingen und Polargänsen zu bestehen:

- Die Häufigkeit der Lemminge unterliegt starken periodischen Schwankungen.
- Wenn es zu einem Einbruch der Lemmingpopulation kommt, folgt bald darauf ein leichter Rückgang der Polargänsepopulation.

Lemminge und Polargänse stehen in keiner direkten Nahrungs- oder Konkurrenzbeziehung.



Abb. 2 – Ein Polarfuchs auf Gänsejagd

a) Stelle die laut Lotka-Volterra-Modell zu erwartende Evolution der jeweiligen Populationsgröße von Lemming und Polarfuchs in einem beschrifteten Diagramm dar! Begründe die Kurvenverläufe! (5P)

b) Stelle eine Hypothese auf, warum es nach einem Einbruch der Lemmingpopulation zu einem vergleichsweise leichten Rückgang der Polargänsepopulation kommt! (3P)

c) Das Lotka-Volterra-Modell wird nicht selten dafür kritisiert, zu stark vereinfacht zu sein, vor allem, was die Voraussetzungen für seine Gültigkeit angeht. Erkläre zwei dieser Voraussetzungen und warum diese in der arktischen Tundra eher erfüllt sind als in gemäßigten oder tropischen Gebieten! (3P)

Aufgabe 2 – Die neue Düngerverordnung 2020 (6P)

Aufgrund des hohen Stickstoffbedarfes von Pflanzen bedeutet ein zu niedriger Gehalt von reaktivem Stickstoff im Boden oft eine schlechte Ernte für die Landwirte. Um dem entgegenzuwirken, muss häufig mit stickstoffhaltigem Mineraldünger und Gülle gedüngt werden. Dennoch wurde 2020 in Deutschland ein Gesetz verabschiedet, das den Düngereinsatz auf hängenden Agrarflächen nahe von Gewässern strenger reglementiert. Siehe Abb. 3.

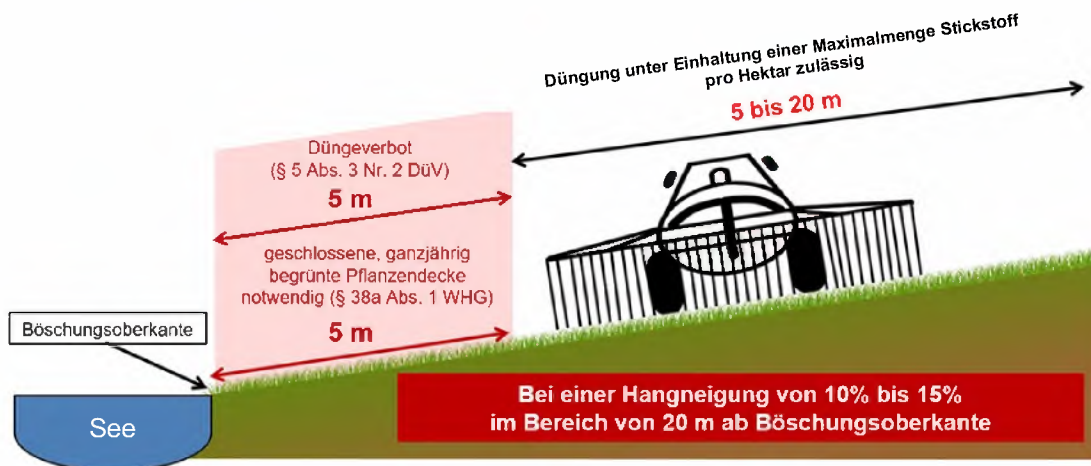


Abb. 3 – Einige Aspekte der deutschen Gesetzgebung zur Regelung der Düngung von Agrarflächen.

- a) Nenne zwei Biomoleküle für deren Aufbau Stickstoff benötigt wird! (1P)
- b) Beschreibe und erkläre ausführlich die Prozesse, die bei dauerhafter Nichteinhaltung der gesetzlichen Auflagen (in Abb.3 rot unterteilt) im See eintreten könnten! (5P)

Aufgabe 3 – Dünger, Distickstoffoxid und globale Erwärmung (9P)

2021 hat die BBC den Artikel „The world's forgotten greenhouse gas“ (Deutsch: Das vergessene Treibhausgas der Welt) veröffentlicht, in dem auf die Problematik von Distickstoffoxid (N_2O) im Kontext des Klimawandels eingegangen wird.

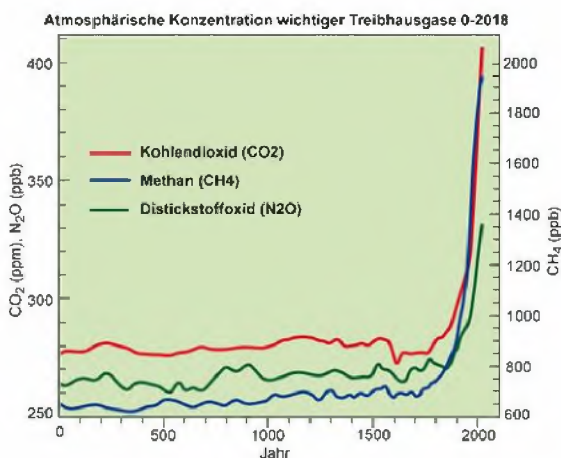


Abb. 4 – Atmosphärische Konzentration wichtiger Treibhausgase in den Jahren 0 bis 2018.

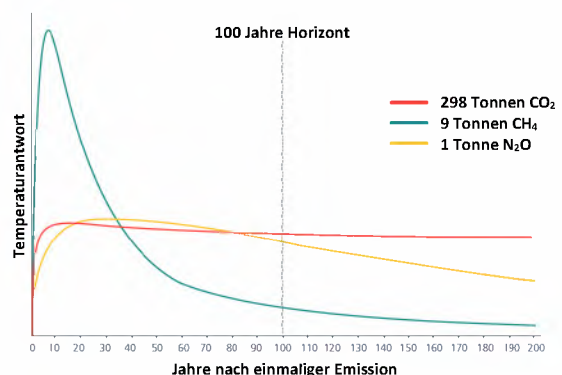


Abb. 5 – Modellberechnung der globalen Temperaturveränderung hervorgerufen durch eine einmalige Emission verschiedener Massen von Treibhausgasen.

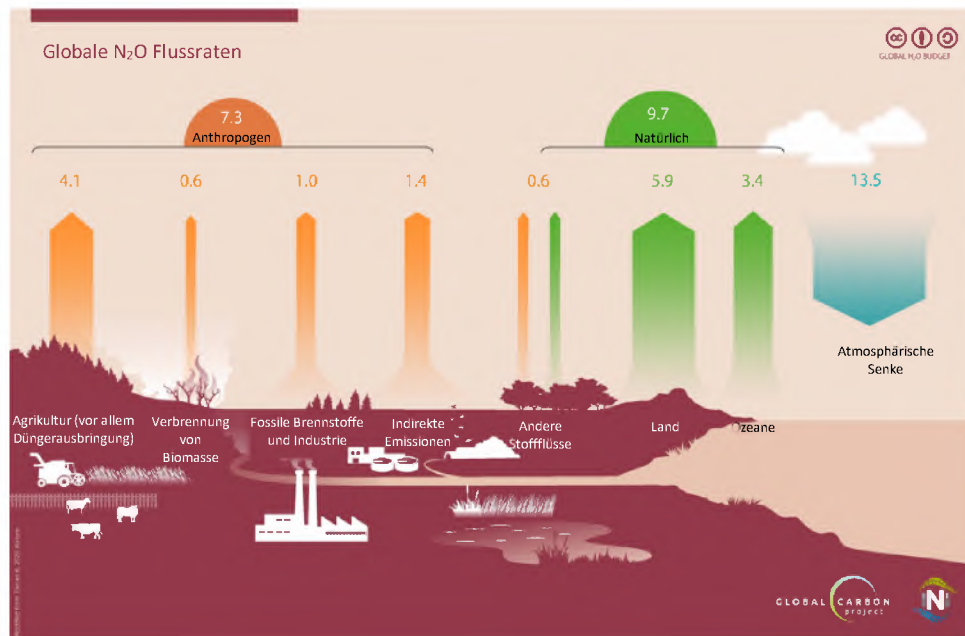


Abb. 6 – Durchschnittliche Flussraten von N_2O je nach Quelle in den Jahren 2007 bis 2016. Alle Zahlenangaben in Millionen Tonnen N pro Jahr.

Orange: Anthropogene Quellen ; Grün: Natürliche Quellen ; Blau: Natürliche Senken

- a) Erkläre, worum es sich bei dem natürlichen Treibhauseffekt handelt und warum ohne ihn kein Leben auf der Erde möglich wäre! (3P)
- b) Erkläre, was man unter dem anthropogenen Treibhauseffekt versteht! (1P)
- c) Nimm Stellung zum Titel „The world's forgotten greenhouse gas“ (Deutsch: Das vergessene Treibhausgas der Welt) des von der BBC veröffentlichten Artikels! Begründe deine Antwort, indem du relevante Informationen aus deinem Vorwissen und den Abb. 4 bis 6 miteinfließen lässt! (5P)

Aufgabe 4 – Stickstofffixierende Pflanzen dank Gentechnik (14P)

Luft besteht zu 78% aus elementarem Stickstoff (N_2). In dieser Form können Pflanzen den Stickstoff jedoch nicht aufnehmen, sie sind auf die stickstoffhaltigen Moleküle Ammonium (NH_4^+) und Nitrat (NO_3^-) angewiesen.

Diazotrophe Bakterien sind dazu in der Lage elementaren Stickstoff aufzunehmen, zu spalten und als Ammonium wieder freizusetzen. Dies passiert mithilfe des Enzyms Nitrogenase.

Für viele Pflanzen sind diese Bakterien von großer Bedeutung, da sie in einem symbiotischen Verhältnis zueinanderstehen: so bilden manche dieser Bakterien einen Biofilm* um die Wurzeln der Pflanze und stellen ihr den fixierten Stickstoff in Form von Ammoniumionen zur Verfügung. Im Gegenzug erhalten sie von der Pflanze Kohlenstoffverbindungen als Energiequelle für die Stickstofffixierung und ihr Wachstum.

(* Population von Bakterien in einer dünnen Schleimschicht, die sie selbst herstellen)

Die Nitrogenase soll im Labor genauer charakterisiert werden. Da die diazotrophen Bakterien dieses Enzym aber nur bei aktiver Symbiose herstellen, soll die Nitrogenase gentechnisch in *E. coli* Bakterien hergestellt werden.

In einem ersten Schritt wurde die DNA einer diazotrophen Bakterienart extrahiert. Nun soll das Nitrogenase-Gen mithilfe einer PCR-Reaktion amplifiziert werden.

a) Beschreibe den Ablauf einer PCR! (5P)

Das amplifizierte DNA-Fragment (siehe Abb. 7) soll nun in ein Plasmid (siehe Abb. 8) rekombiniert werden.

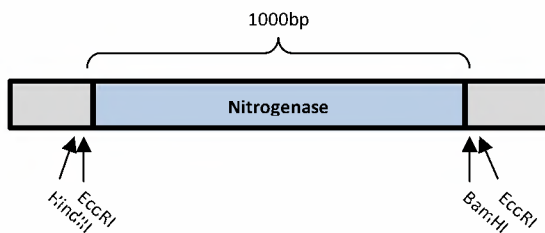


Abb. 7 – Amplifiziertes DNA-Fragment. Blau : Für die Nitrogenase codierende Sequenz. Grau: Nicht-codierende Sequenzen. Pfeile: Lokalisation der Erkennungssequenz einiger Restriktionsenzyme.

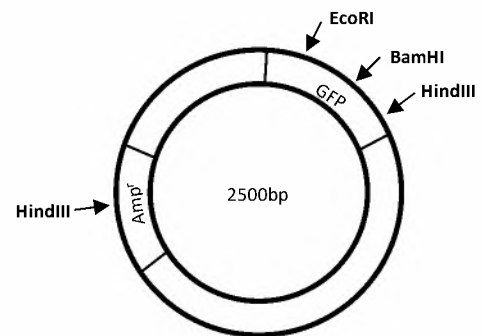


Abb. 8 – Plasmid, in das das amplifizierte DNA-Fragment rekombiniert werden soll. Amp^r = Ampicillin-Resistenzgen. GFP = Für das „Green fluorescent Protein“ codierendes Gen. GFP leuchtet unter UV-Licht grün. Pfeile: Lokalisation der Erkennungssequenz einiger Restriktionsenzyme.

Die Wissenschaftler wollen in einem ersten Schritt das Nitrogenasegen mithilfe des Restriktionsenzym *EcoRI* in das Plasmid rekombinieren. Hierbei entstanden jedoch 3 verschiedene Plasmide (A, B und C). Die 3 Plasmide werden isoliert und sollen mithilfe eines Restriktionsverdaus mit anschließender Gelelektrophorese überprüft werden. Die Ergebnisse der Gelelektrophorese sind in der Abb. 9 dargestellt.

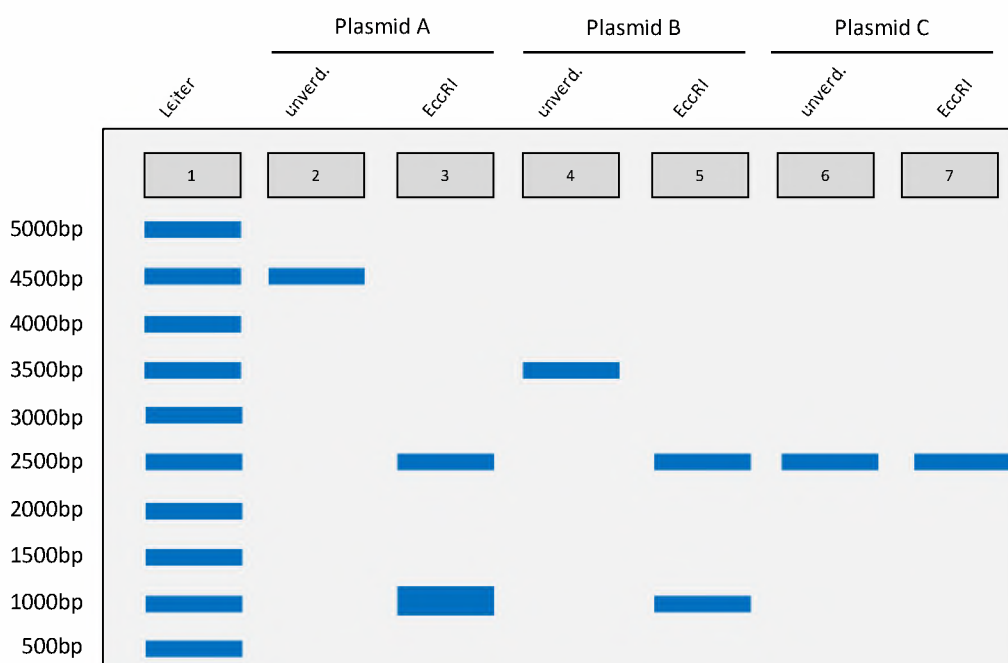


Abb. 9 – Elektropherogramm. Taschen: 1 = Leiter ; 2 = Plasmid A unverdaut ; 3 = Plasmid A verdaut mit *EcoRI* ; 4 = Plasmid B unverdaut ; 5 = Plasmid B verdaut mit *EcoRI* ; 6 = Plasmid C unverdaut ; 7 = Plasmid C verdaut mit *EcoRI* .

b) Beschreibe den jeweiligen Aufbau der Plasmide A, B und C mithilfe der Abb. 7, 8 und 9! Gib an, welcher der Plasmide geeignet ist! (3P)

c) Erkläre mit welcher Kombination von Restriktionsenzymen die Entstehung unerwünschter Nebenprodukte bestmöglich verhindert werden kann! (2P)

Die Wissenschaftler hätten anstelle des zuvor beschriebenen Verfahrens auch sofort zum Gentransfer mit anschließender Selektion übergehen können.

d) Beschreibe ein geeignetes und möglichst einfaches Selektionsverfahren! Gib an, wie Bakterien ohne Plasmid, mit rekombinantem Plasmid und mit nicht-rekombinantem Plasmid bei diesem Verfahren zu identifizieren sind. Begründe jeweils deine Antwort! Siehe Abb.8. (4P)

Aufgabe 5 – Der Effekt pflanzlicher Lockstoffe auf die Biofilmbildung (8P)

Parallel forscht eine andere Gruppe von Wissenschaftlern an einer alternativen Methode, um die Stickstoffversorgung der Pflanzen auf gentechnische Weise zu verbessern. Ihr Ziel ist es, die Bildung des Biofilms zu verstärken:

Damit die Symbiose zustande kommen kann, scheiden Pflanzen „Lockstoffe“ über ihre Wurzeln aus. Als Antwort hierauf besiedeln die Bakterien die Wurzeln und bilden den Biofilm. Zu diesen Lockstoffen gehören Naringenin, Apigenin, Luteolin und Chrysoeriol (siehe Abb. 10 und 11)

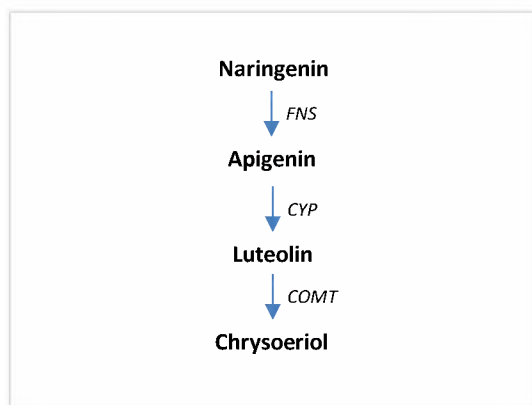


Abb. 10 – Biosynthese 3 wichtiger pflanzlicher Lockstoffe. Naringenin wird durch das Enzym FNS zu Apigenin umgewandelt. Apigenin wird durch das Enzym CYP zu Luteolin umgewandelt. Luteolin wird durch das Enzym COMT zu Chrysoeriol umgewandelt.

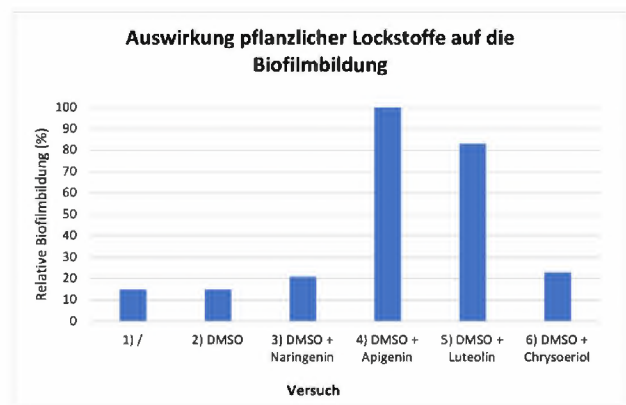


Abb. 11 – Biofilmbildung unter dem Einfluss verschiedener pflanzlicher Lockstoffe
Unter „Versuch“ wird angegeben, womit die Pflanzen zusätzlich zu den Wassergaben behandelt wurden.

a) DMSO ist ein Lösungsmittel, welches häufig bei Experimenten an Lebewesen eingesetzt wird. In ihm wurden die untersuchten Lockstoffe verdünnt. Begründe jeweils, wozu die Versuche 1 und 2 durchgeführt wurden! (2P)

Die Wissenschaftler möchten die Pflanzen genetisch so manipulieren, dass sie das Enzym CYP nicht mehr produzieren können. Hierzu soll das für CYP codierende Gen mithilfe der CRISPR-Cas9 Technologie „abgeschaltet“ werden, man spricht von einem Knock Out.

b) Erkläre, welche Überlegung die Wissenschaftler dazu veranlasst hat, die besagte Genmanipulation zu versuchen! (3P)

c) Für das Knock-Out des CYP-Gens wird ein Nucleoproteinkomplex bestehend aus Cas9 und einer sgRNA genutzt. Erkläre die jeweilige Funktion von Cas9 und sgRNA als auch das „Design“ letzterer! (3P)

Aufgabe 6 – *Acne inversa* (12P)

Bei *Acne inversa* handelt es sich um eine chronische Hauterkrankung, die vor allem behaarte Hautpartien wie die Achselhöhlen, die Leistenregion und den Schambereich betreffen. Betroffene weisen eine Verengung bis hin zur vollständigen Verstopfung des oberen Bereiches ihrer Haarfollikel auf. Demzufolge kann der im Follikel produzierte Talg nicht nach außen entweichen: der Follikel verdickt sich, platzt und entzündet sich schmerzhaft.

Die Krankheitsursache ist aktuell umstritten. Neben Störungen des Hormonhaushalts und Nikotinkonsum weisen einige Studien nun darauf hin, dass auch eine genetische Ursache in Frage kommt. In einer Statistik wird geschätzt, dass innerhalb einer nordamerikanischen Population etwa 0,01% der Menschen Träger des defekten Allels sind.

Die Abb. 12 zeigt den fiktiven Stammbaum einer Familie, in der *Acne inversa* vorkommt.

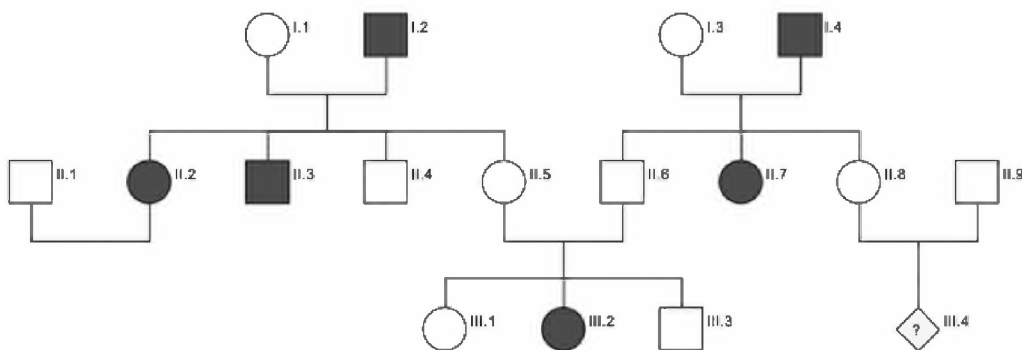


Abb. 12 – Fiktiver Stammbaum einer Familie mit *Acne inversa*

a) Bestimme anhand des Stammbaums (Abb. 12), welchem Erbgang *Acne inversa* zu folgen scheint! Begründe deine Antwort, indem du alle Erbgänge, die nicht in Frage kommen, anhand konkreter Beispiele und mit Angabe der Genotypen ausschließt! (4P)

b) Das Paar II.8 und II.9 erwartet ein Kind (III.4). Berechne die Wahrscheinlichkeit, dass das Kind an *Acne inversa* erkranken könnte! Detailliere deine Überlegung! (4P)

c) Das Paar II.1 und II.2 hat seit einiger Zeit den Wunsch, ein gemeinsames Kind zu bekommen. Da es auf natürlichem Wege jedoch über längere Zeit nicht zu einer Schwangerschaft kam, lässt das Paar sich beraten und erfährt, dass *Acne inversa* auch die Fruchtbarkeit beeinträchtigt. Der Arzt rät zu einer In Vitro Fertilisation (IVF). Beschreibe die Etappen einer IVF! (4P)