



**ILLUSTRIERENDE PRÜFUNGSAUFGABEN
FÜR DIE SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG**

Teil 1: Beispielaufgaben

Die Illustrierenden Prüfungsaufgaben (Teil 1: Beispielaufgaben, Teil 2: Lösungsvorschläge, Teil 3: Erläuterungen) dienen der einmaligen exemplarischen Veranschaulichung von Struktur, Anspruch und Niveau der Abiturprüfung auf grundlegendem bzw. erhöhtem Anforderungsniveau im neunjährigen Gymnasium in Bayern.

Biologie
grundlegendes Anforderungsniveau

Arbeitszeit: 255 Minuten

Bearbeiten Sie drei der vier Aufgaben.

Als Hilfsmittel darf ein zugelassener Taschenrechner verwendet werden.

A 1

Die Alpen sind v. a. terrestrischer Lebensraum für verschiedene Tiere wie den Alpensteinbock (*Capra ibex*), beinhalten aber auch aquatische Ökosysteme wie Seen, Flussläufe und Bäche, die z. T. auch vom Menschen, beispielsweise zur Forellenzucht, genutzt werden.

	BE
1 Beschreiben Sie das Diagramm zur Bestandsentwicklung der Steinbockpopulation im Hinblick auf die darin erkennbaren Phasen einer Populationsentwicklung und zeichnen Sie diese Phasen in Abbildung 1 ein. (M 1)	6
2 Beschreiben Sie, wie auf Grundlage der Passagierhypothese einerseits und der Nietenhypothese andererseits die Bestandsgefährdung der Marmorierten Forelle einzuschätzen ist. (M 2)	6
3.1 Stellen Sie die Messwerte der Tabelle in einem beschrifteten Diagramm dar und interpretieren Sie diese. (M 2)	8
3.2 Planen Sie ein Laborexperiment, mit dem die Fragestellung der weiteren Seminararbeit untersucht werden kann. (M 2)	5
4 Skizzieren Sie eine allgemeine, beschriftete Darstellung einer ökologischen Toleranzkurve und erläutern Sie, weshalb mit Hilfe der Daten keine Toleranzkurve für den Faktor Temperatur für die Regenbogenforelle ableitbar ist. (M 3)	5
	30

Material 1: Alpensteinböcke

Im Jahr 1920 war der Alpensteinbock im Schweizer Kanton Graubünden ausgerottet. Nachdem wenige Tiere ausgewildert wurden, hat sich der Bestand dieser Tierart dort wie folgt entwickelt (Abb. 1):

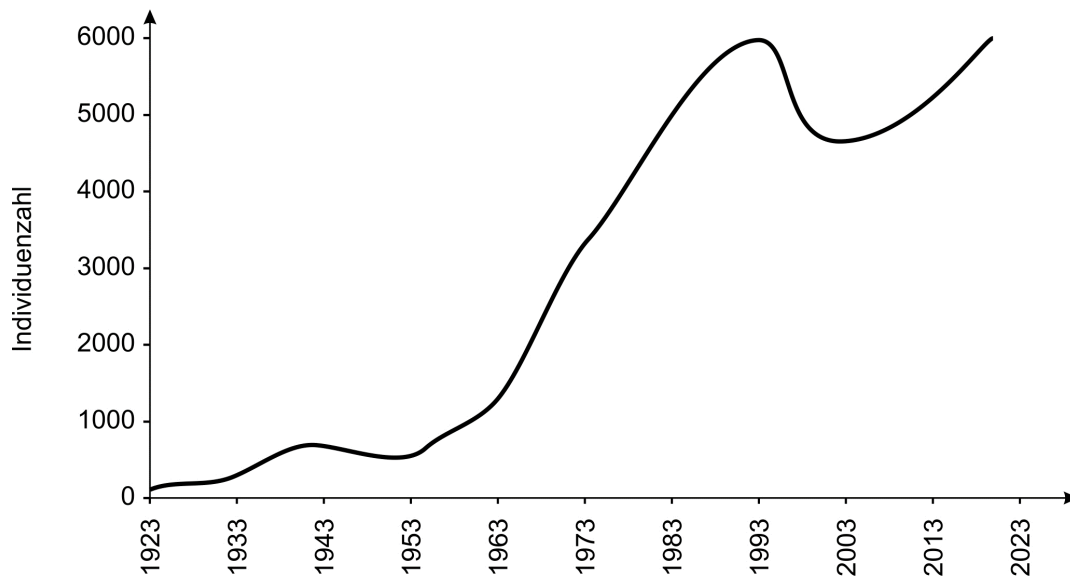


Abb. 1: Bestandsentwicklung des Alpensteinbocks in Graubünden von 1923 bis 2023¹

Material 2: Forellenzucht im Alpenvorland

Im bayerischen Alpenvorland wird Fischzucht betrieben, die neben der Nahrungsmittelproduktion auch dem Arterhalt dienen kann.

Die Marmorierte Forelle (*Salmo marmoratus*) beispielsweise gilt als vom Aussterben bedroht, da ihr Habitat, Alpenflüsse in Norditalien, durch Bebauung stark verändert wurde und die nicht heimische Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) dort ausgesetzt wurde. Durch gezielte Nachzuchten konnten zumindest einzelne Populationen gerettet werden.

Ein Fischteich nahe Rosenheim mit einer Wasserfläche von ca. zwei Hektar wird zur Regenbogenforellenzucht genutzt. Der Teich und seine beiden Zuflüsse sind von landwirtschaftlich genutzten Flächen umgeben. In das Gewässer wurde von Wasservögeln die Vielwurzelige Teichlinse (*Spirodela polyrhiza*) eingebracht. Dabei handelt es sich um auf der Wasseroberfläche treibende Pflanzen mit wenigen, linsengroßen Blättchen, die sich ungeschlechtlich vermehren und somit im Sommer ein Gewässer innerhalb weniger Wochen komplett bedecken können.

In einer Seminararbeit zur Charakterisierung dieses Gebiets wurde der Nitratgehalt der Zuflüsse und des Abflusses des Fischteichs regelmäßig bestimmt. Die erhaltenen Messwerte sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tab.: Nitrat-Ionenkonzentrationen in den Zuflüssen und im Ablauf des Fischteiches in mg/L ¹

Probenahme	1. Zufluss	2. Zufluss	Ablauf
15. April	25	60	30
15. Mai	10	30	10
15. Juni	10	40	5
15. Juli	30	80	2
15. August	10	25	10
15. September	10	25	10

In einer weiteren Seminararbeit soll mithilfe eines Laborexperiments überprüft werden, ob eine Senkung des pH-Wertes die Vermehrung der Vielwurzeligen Teichlinse hemmen kann.

Material 3: Abiotische Umweltfaktoren bei Regenbogenforellen

Regenbogenforellen bevorzugen kaltes, sauerstoffreiches Wasser. Bei Temperaturen über 23 °C und einem Sauerstoffgehalt unter 2,5 mg/L können sie nicht überleben. Die Diagramme in Abbildung 2 zeigen die Faktoren Temperatur und Sauerstoffgehalt in Abhängigkeit von der Wassertiefe eines Alpensees sowie die Tiefenverbreitung von Regenbogenforellen in diesem Gewässer.

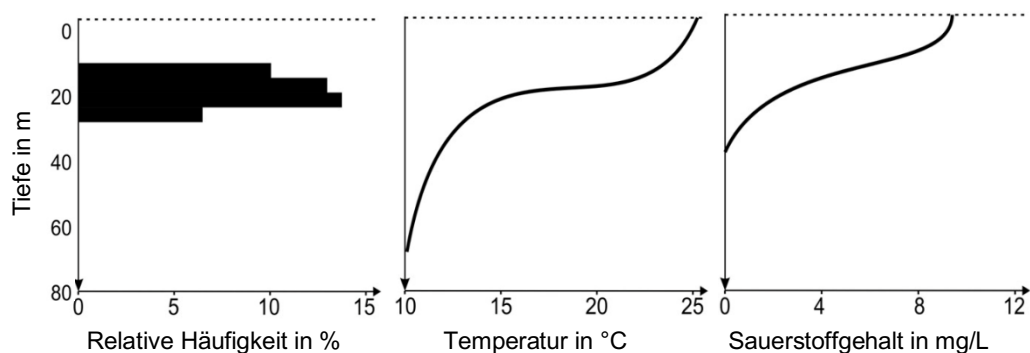


Abb. 2: Tiefenverbreitung von Regenbogenforellen, Temperatur und Sauerstoffgehalt in einem Alpensee²

Quellen:

¹ Daten aus: G. Brosi: 30 Jahre Steinwildjagd in Graubünden. Amt für Jagd und Fischerei Graubünden (2007)

² Rowe, D. K. & Chisnall, B. L. (1995). Effects of oxygen, temperature and light gradients on the vertical distribution of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, in two North Island, New Zealand, lakes differing in trophic status. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 29(3), 421–434.

A 2 Anolis

Anolis, auch Saumfingerechsen genannt, sind kleine baumbewohnende Echsen, die zu den Leguanartigen zählen. Der Verbreitungsschwerpunkt der Gattung liegt in der Karibik. Hier werden die verschiedenen Inseln von über 100 verschiedenen Arten besiedelt.

	BE
1.1 Erklären Sie, ob sich die Ähnlichkeit der jeweiligen Ökomorphen, z. B. der Morphe „Baumkronenanolis“, aufgrund naher Verwandtschaft oder aus ökologischen Gründen entwickelt hat. (M 1)	6
1.2 Vergleichen Sie die Basensequenzen A, B und C, leiten Sie den Verwandtschaftsgrad der Arten <i>Anolis cuvieri</i> , <i>A. acutus</i> und <i>A. grahami</i> ab und ordnen Sie begründet zu. (M 1)	5
2.1 Beschreiben Sie den Ablauf des PCR-Verfahrens unter Einbezug der molekularbiologischen Ebene. (M 2)	6
2.2 Wählen Sie begründet aus Tabelle 1 die Nukleotidsequenz aus, die als Primer für die Vervielfältigung des angegebenen DNA-Bereichs mittels PCR verwendet werden könnte. (M 2)	4
3 Definieren Sie den populationsgenetischen Artbegriff und formulieren Sie eine Hypothese zur evolutiven Entstehung der unterschiedlich gefärbten Kehlfahne bei <i>Anolis cuvieri</i> und <i>A. acutus</i> . (M 3)	4
4 Leiten Sie mithilfe der Code-Sonne die Aminosäuresequenz des Tyrosinase-Genabschnitts beim Wildtyp ab und beurteilen Sie mögliche Auswirkungen der Mutation auf die Funktionsfähigkeit des veränderten Enzyms. (M 4)	5
	30

Material 1: Stammbaum und Verbreitung von Anolis in der Karibik

Auf den klimatisch ähnlichen Karibikinseln Puerto Rico, Hispaniola und Jamaika kommen jeweils drei Anolisarten vor. So leben auf diesen Inseln jeweils eine sehr große Anolisart, welche die Baumkronen bewohnt (Baumkronenanolis), eine mittelgroße und kräftige Art, die Stämme besiedelt (Stammanolis), und eine zierliche Art, die im Gras lebt (Grasanolis). Die verschiedenen Formen sind mit ihrem Körperbau an den jeweiligen Lebensraum angepasst und werden als Ökomorphen bezeichnet (Abb. 1).

Um deren evolutive Entstehung erklären zu können, wurde die Basensequenz eines bestimmten Gens (COI) der verschiedenen Arten auf jeder der drei Inseln verglichen. Aufgrund der molekularen Homologie der Gene lässt sich daraus ein Stammbaum erstellen (Abb. 2):

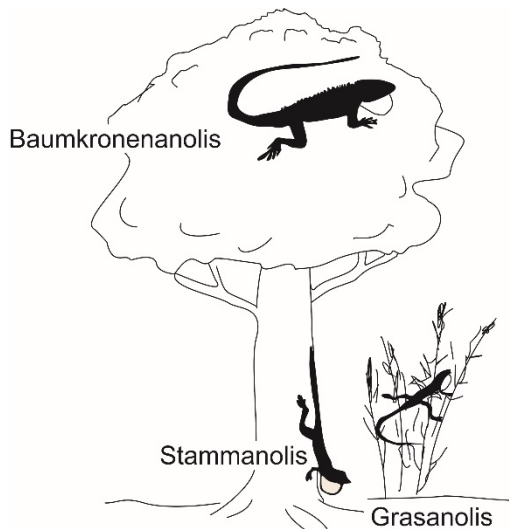


Abb. 1: Schematische Darstellung von drei verschiedenen Ökomorphen der Gattung *Anolis*¹

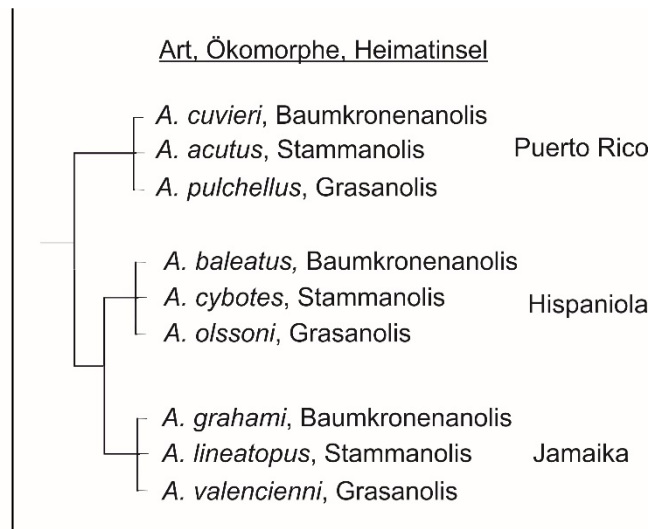


Abb. 2: Stammbaum von jeweils drei Anolisarten auf den Karibikinseln Puerto Rico, Hispaniola und Jamaika¹

In der Abbildung 3 sind die homologen Abschnitte von Basensequenzen des COI-Gens von *Anolis cuvieri*, *A. acutus* und *A. grahami* dargestellt.

- A) AGT CGG CAC AGC AAG TTT AAT
- B) AGC CAC CGT AGC CCG TGG AAT
- C) AGT CGT CAC AGC AAG TCT AAT

Abb. 3: homologe Abschnitte von Basensequenzen des COI-Gens von *Anolis cuvieri*, *A. acutus* und *A. grahami*

Material 2: PCR

Die bei den Verwandtschaftsuntersuchungen der verschiedenen Anolisarten (M 1) verwendeten Basensequenzen des COI-Gens wurden aus Gewebeproben isoliert. Da diese meist nur eine geringe DNA-Menge enthalten, beginnt jede DNA-Analyse mit einer Polymerasekettenreaktion (PCR).

Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus dem codogenen Strang des untersuchten Gens:

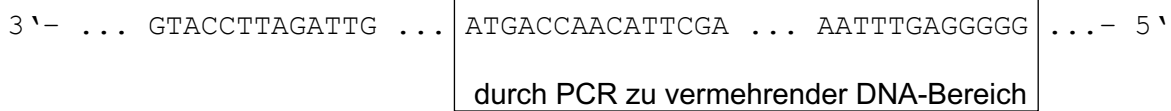


Abb. 4: Ausschnitt aus dem codogenen Strang des COI-Gens

Tab. 1: Nukleotidsequenzen zum Einsatz als mögliche Primer

Sequenz 1:	5' - TGGTTGTAA - 3'
Sequenz 2:	5' - GAATCTAAC - 3'
Sequenz 3:	5' - ATCGCTGAT - 3'

Material 3: Kehlfahne

Anolis sind kleine, wehrlose Echsen, die ins Nahrungsspektrum von zahlreichen Vögeln, Kleinsäu-
gern oder auch Schlangen passen. Durch gute Tarnung und unauffälliges Verhalten versuchen A-
nolis daher, möglichst nicht entdeckt zu werden. Aufgrund ihrer recht einheitlichen braun-beigen
Körperfärbung sind viele Arten rein äußerlich nur schwer zu unterscheiden.

Männliche Anolis besitzen jedoch eine auffällige Kehlfahne (Abb. 5), die sie beim Anblick eines
Weibchens mehrmals hintereinander aufstellen und wieder einklappen. Weibchen erkennen v. a.
anhand der Farbe der Kehlfahne artgleiche Männchen und damit mögliche Fortpflanzungspartner.
So besitzen die auf Puerto Rico einheimischen Arten *A. cuvieri* und *A. acutus* grünlich-gelbe
(*A. cuvieri*) und orange (*A. acutus*) Kehlfahnen.

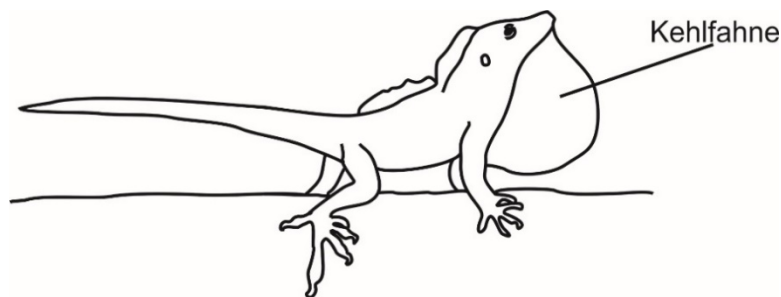


Abb. 5: männlicher Anolis mit aufgestellter Kehlfahne

Material 4: Gentechnisch veränderte Anolis

Das erste Reptil, das gentechnisch verändert wurde, war ebenfalls ein Anolis. In die unreifen Eizellen im Körper eines Anolis-Weibchens wurde das molekularbiologische Werkzeug CRISPR-Cas9 injiziert, um gezielt Mutationen im zweiten Exon des Gens für das Enzym Tyrosinase hervorzurufen. Dieses Enzym ist an der Synthese des braunen Farbstoffs Melanin beteiligt, der die Dunkelfärbung der Haut bewirkt. Im Folgenden sind der codogene Strang eines Abschnitts des Wildtyps sowie eine mutierte Variante des Wildtyps abgebildet:

Wildtyp:	3' –	GAC	CTT	CGG	CTC	CAC	AGG	– 5'
Mutation:	3' –	GAC	CTT	CGG	ATC	CAC	AGG	– 5'

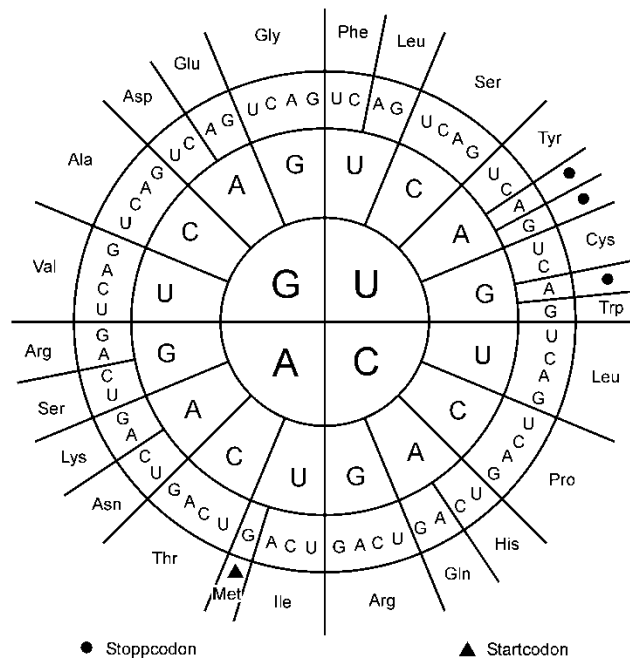


Abb. 6: Code-Sonne

Quellen:

¹ J. B. Losos (2009): Lizards in an evolutionary tree: ecology and adaptive radiation of anoles. University of California Press, S. 507

A 3 Pflanzen unter neurobiologischer Perspektive

Auch Pflanzen müssen Informationen aus ihrer Umwelt aufnehmen und diese verarbeiten, um auf sie reagieren zu können. Dabei bedienen sie sich teilweise ähnlicher Mechanismen, wie sie aus der neuronalen Informationsverarbeitung im Tierreich bekannt sind. Gleichzeitig produzieren Pflanzen auch eine Vielzahl an Stoffen, die Informationsverarbeitungsprozesse im Körper des Menschen positiv oder negativ beeinflussen können.

	BE
1.1 Erklären Sie den Verlauf eines Aktionspotentials an der Membran einer tierischen Nervenzelle auf der Grundlage der Ionentheorie und beschreiben Sie zwei Unterschiede zwischen dem pflanzlichen Aktionspotential bei der Armleuchteralge und dem Aktionspotential einer typischen tierischen Nervenzelle. (M 1)	8
1.2 Definieren Sie den Begriff Refraktärphase und beschreiben Sie, wie man vorgehen müsste, um das Auftreten einer Refraktärphase bei Zellen der Armleuchteralge zu überprüfen. (M 1)	5
2.1 Erklären Sie die molekularen Ursachen einer Depression nach der Monoamin-Hypothese und beurteilen Sie auf deren Grundlage die prinzipielle Eignung der Stoffe Reserpin sowie Hyperforin für die Behandlung von Depressionen. (M 2)	7
2.2 Erklären Sie den Mechanismus der Serotonin-Wiederaufnahmehemmung durch Hyperforin auf der Grundlage von Abbildung 2. (M 2)	4
3 Beschreiben Sie die in Material 3 dargestellten Untersuchungsergebnisse. Bewerten Sie auf dieser Grundlage die Durchführung der beschriebenen Studie aus ethischer Perspektive unter Einbezug je eines Pro- und eines Kontraarguments. (M 3)	6
	30

Material 1: Aktionspotentiale bei Armleuchteralgen

Voraussetzung für Reaktionen bei Tieren ist üblicherweise das Vorhandensein eines Nervensystems. Ähnlich wie bei tierischen Nervenzellen können auch bei bestimmten Pflanzenzellen, wie z. B. bei Zellen der Armleuchteralgen (Characeae), mit vergleichbaren Methoden sowohl Ruhepotentiale als auch nach Reizung Aktionspotentiale gemessen werden.

In der folgenden Abbildung ist der Verlauf des Aktionspotentials an einer Zellmembran einer Armleuchteralgen-Zelle abgebildet:

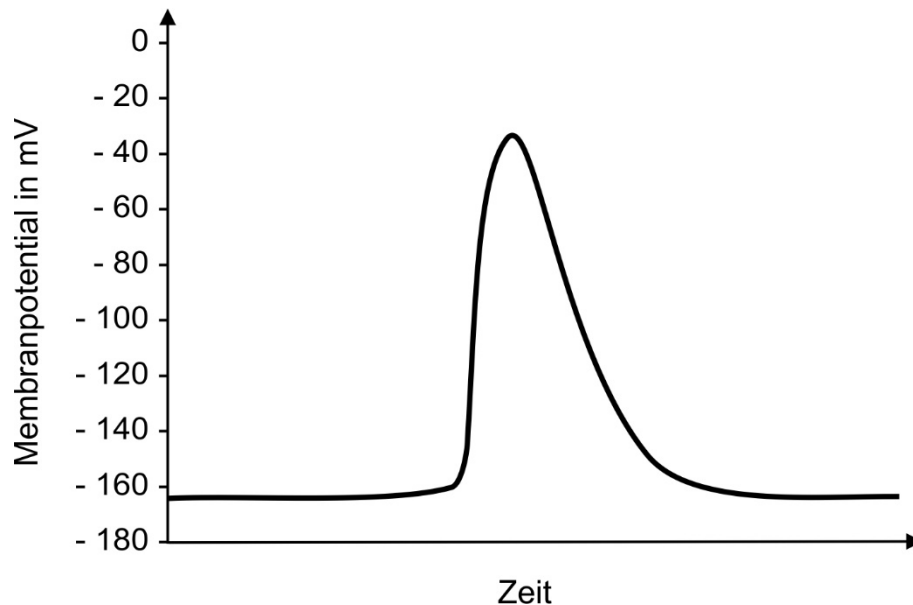


Abb. 1: Aktionspotential einer Armleuchteralgen-Zelle¹

(Fortsetzung nächste Seite)

Material 2: Rolle pflanzlicher Arzneistoffe bei Depressionen

Aus vielen Pflanzen können Arzneimittel gewonnen werden, die sich zur Behandlung neurologischer Erkrankungen eignen oder aber auch in unerwünschter Weise neurobiologische Prozesse beeinflussen und so Nebenwirkungen hervorrufen können.

Die Indische Schlangenzunge (*Rauvolfia serpentina*), eine Kletterpflanze aus der Familie der Hundsgiftgewächse, produziert beispielsweise den Stoff Reserpin. Dieser hat in der neurobiologischen Grundlagenforschung große Aufmerksamkeit erhalten. Reserpin hemmt u. a. den vesikulären Monoamintransporter VMAT2. Der VMAT2 ist ein Transportprotein in der Membran präsynaptischer Vesikel in Nervenzellen, das die Aufnahme von Neurotransmittern wie Noradrenalin, Dopamin und Serotonin in die Vesikel erleichtert, bevor diese mit der präsynaptischen Membran verschmelzen und ihren Inhalt in den synaptischen Spalt ausschütten können.

Ein anderer medizinisch relevanter Stoff ist Hyperforin, der aus den Blüten des Echten Johanniskrauts (*Hypericum perforatum*) isoliert werden kann. Hyperforin hemmt die Wiederaufnahme von Neurotransmittern wie Serotonin, Dopamin oder Noradrenalin aus dem synaptischen Spalt in das Endknöpfchen der präsynaptischen Zelle. Diese Wiederaufnahme erfolgt über spezifische Membranproteine; ihr Mechanismus ist stark vereinfacht in Abbildung 2 dargestellt.

In einem Laborexperiment, in dem der Einfluss von Hyperforin auf kultivierte Zellen untersucht wurde, zeigte sich, dass die Hemmung der Serotoninwiederaufnahme auf einer Erhöhung der intrazellulären Natrium-Ionenkonzentration durch Hyperforin beruht.

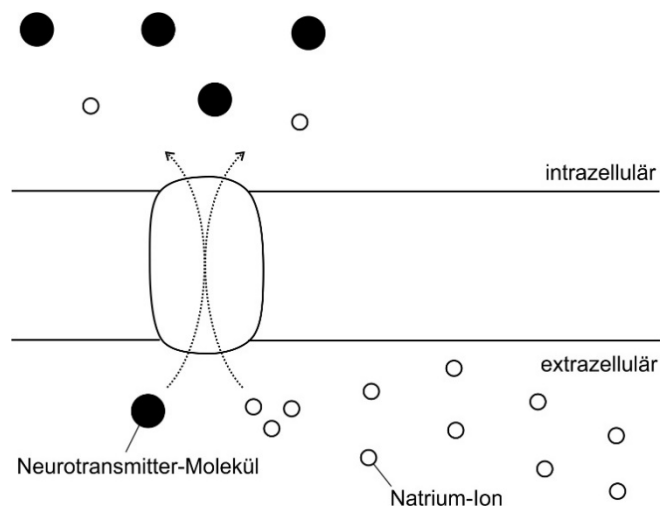


Abb. 2: Transportmechanismus

Material 3: Cytisin im Rahmen der Tabakentwöhnung

Aus den Samen, Blüten und Blättern des Gemeinen Goldregens (*Laburnum anagyroides*) kann das Alkaloid Cytisin gewonnen werden. Diese Substanz wechselwirkt mit einem bestimmten Rezeptor, der auch an der Suchtentstehung durch Nikotin, dem wirksamen Bestandteil des Tabakrauchs, beteiligt ist. In einigen Ländern wurde Cytisin deshalb über viele Jahre hinweg zur Tabakentwöhnung eingesetzt. Untersuchungen zu Wirksamkeit und Sicherheit von Cytisin lagen allerdings lange Zeit nicht vor. In einer Studie wurde die Eignung von Cytisin im Vergleich zu einer konventionellen Nikotinersatztherapie (NET) hinsichtlich der beiden Aspekte Wirksamkeit und Sicherheit verglichen. Erwachsene Raucher, die freiwillig an der Studie teilnahmen, erhielten dabei entweder für einen Zeitraum von 25 Tagen täglich Cytisin oder für acht Wochen eine Nikotin-Ersatztherapie.

Die Teilnehmer der Cytisin-Gruppe wurden angewiesen, ihren Nikotin-Konsum so zu reduzieren, dass sie am Tag 5 nicht mehr rauchten. Parallel sollten sie nach einem vorgegebenen Schema die Einnahme von Cytisin von täglich sechs Tabletten auf täglich zwei Tabletten innerhalb des Untersuchungszeitraums reduzieren.

Die Nikotin-Ersatztherapie (z. B. Nikotinpflaster oder -kaugummis) in der Parallelgruppe wurde von Rauchstopp-Beratern individuell festgelegt. Erhoben wurde die Selbstauskunft der Probanden über ihre Tabak-Abstinenz zu verschiedenen Zeitpunkten. Abbildung 3 zeigt Ergebnisse der Untersuchung.

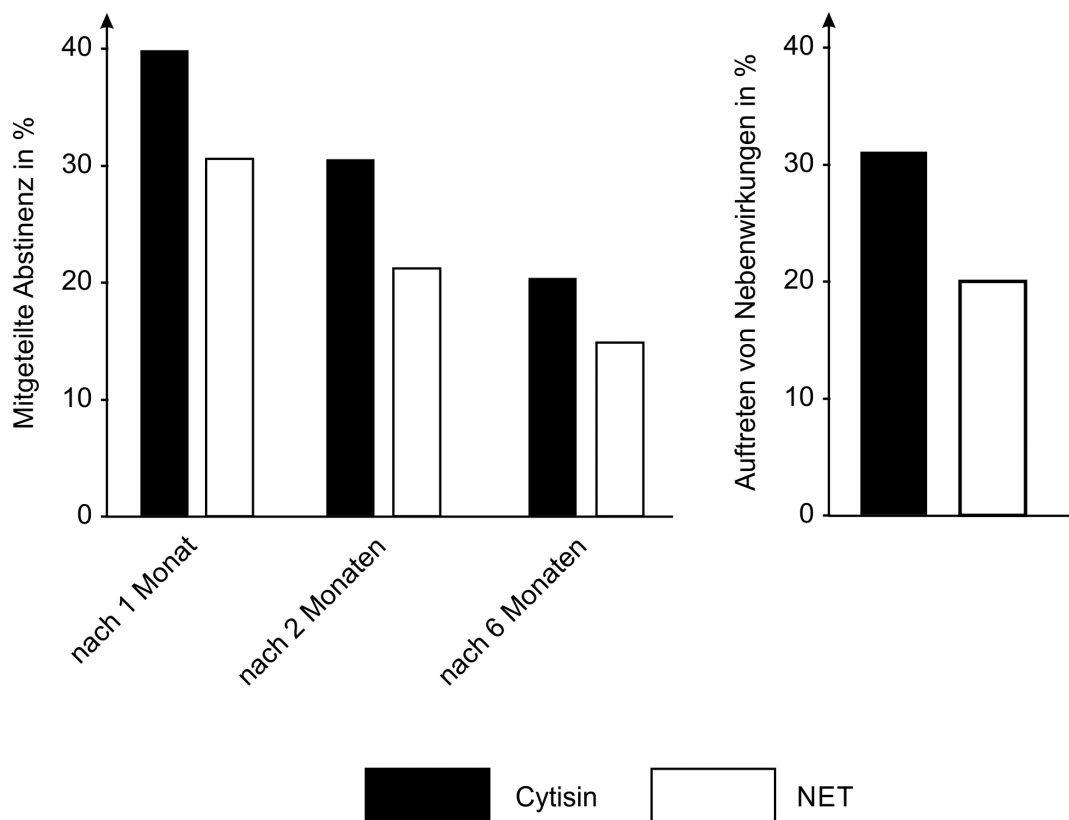


Abb. 3: Ergebnisse der Studie. Links: Mitgeteilte Abstinenz zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Beendigung der Studie. Rechts: Auftreten unerwünschter Nebenwirkungen (v. a. Übelkeit, Erbrechen, Schlafstörungen)²

Quellen:

- ¹ Mohr, H., Schopfer, P., Mohr, H., & Schopfer, P. (1978). Physiologie elektrischer Phänomene. *Lehrbuch der Pflanzenphysiologie*, 536-541.
- ² West, R. A., Zatonski, W., Cedzynska, M., Lewandowska, D., Pazik, J., Aveyard, P. & Stapleton, J. (2011). Placebo-Controlled Trial of Cytisine for smoking cessation. *The New England Journal of Medicine*, 365(13), 1193–1200.

A 4 Welternährung

Auf der Welt herrscht eine ungleiche Verteilung von Ressourcen und Nahrungsmitteln. Die ausreichende Ernährung der gesamten Weltbevölkerung ist eines der globalen Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 der Vereinten Nationen.

	BE
1 Analysieren Sie die Abbildungen 1 und 2 hinsichtlich der Wirksamkeit von Düngemitteln zur langfristigen Ernährungssicherung. (M 1)	4
2 Interpretieren Sie den Kurvenverlauf in Abbildung 3. Zeichnen Sie die bei + 30 °C sowie + 70 °C zu erwartenden Kurvenverläufe in Abbildung 3 ein und begründen Sie beide Kurvenverläufe. (M 2)	7
3.1 Erläutern Sie mit Hilfe von Abbildung 4 die Wirkungsweise von SAN 9785 als Herbizid. (M 3)	6
3.2 Stellen Sie die Vorgänge, die bei den lichtabhängigen Reaktionen der Photosynthese zur Bildung von NADPH führen, skizzenhaft als energetisches Modell dar und leiten Sie davon die Wirkung von Atrazin als Herbizid ab. (M 3)	8
4 Beschreiben Sie die vergangene und zu erwartende Bevölkerungsentwicklung des Menschen im Zeitraum zwischen 1960 und 2050. Erklären Sie darauf basierend die Entwicklung der Anbaufläche pro Kopf. (M 4)	5
	30

Material 1: Düngemittleinsatz

Zur Ertragssteigerung von Anbauflächen werden Düngemittel eingesetzt. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen Ergebnisse von Erhebungen und Prognosen dazu:

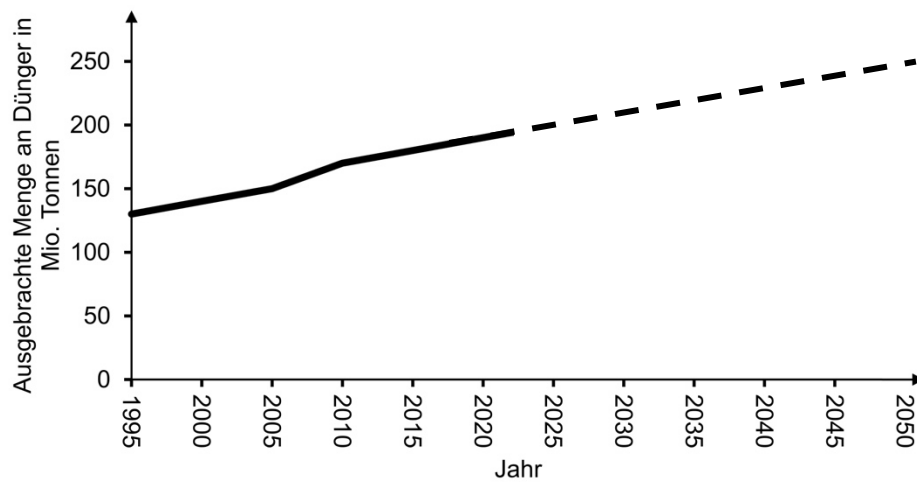


Abb. 1: weltweiter Düngemittleinsatz und Prognose (gestrichelt)¹

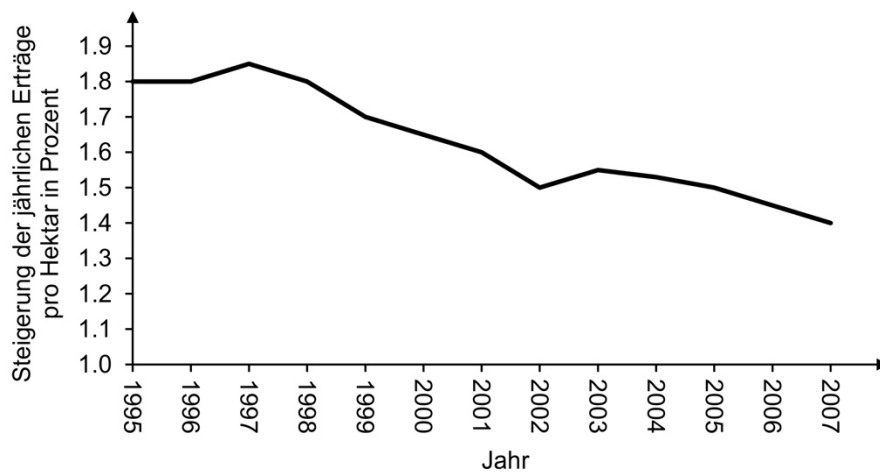


Abb. 2: weltweite Steigerung der jährlichen Erträge pro Hektar in Prozent¹

(Fortsetzung nächste Seite)

Material 2: Hefeteig

Für Backprozesse verwendetes Mehl ist ein Produkt des Getreideanbaus. In vielen Kulturen weltweit verbreitet, wird Hefeteig als Grundnahrungsmittel hergestellt. Bei der Verarbeitung von Hefe spielt die Temperatur eine große Rolle.

In einem Versuch werden bei einer Temperatur von 20 °C 5 g Glucose und 2 g Kochsalz mit 100 g Mehl vermengt. Dann werden dem Ansatz 7 g frische Bäckerhefe zugegeben und anschließend wird dieser mit Wasser auf ein Volumen von 200 mL aufgeschlämmt. Daraufhin wird dieser Hefeteig vollständig in ein großes, ausschließlich mit Stickstoff begastes Messgefäß überführt, stehen gelassen und das Teigvolumen in bestimmten Zeitabständen gemessen:

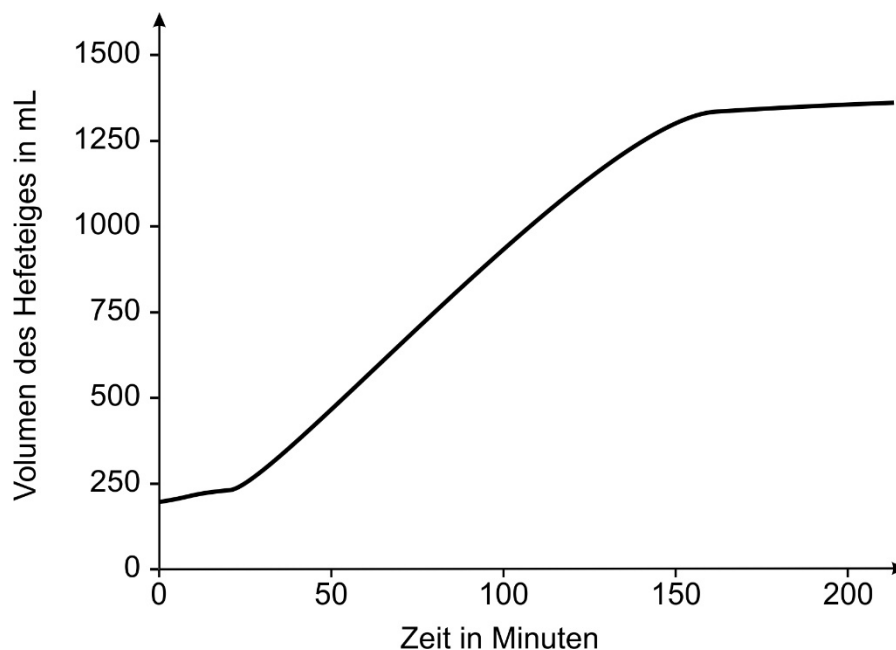


Abb. 3: Volumen eines Hefeteiges in Abhängigkeit von der Zeit

In zwei weiteren, getrennten Versuchsansätzen wird bei sonst gleichen Bedingungen der Versuch bei + 30 °C sowie bei + 70 °C durchgeführt.

(Fortsetzung nächste Seite)

Material 3: Herbizideinsatz

Zur optimalen Ertragssicherung werden oft Herbizide auf die Anbauflächen ausgebracht, die für die Landwirtschaft nicht nutzbare Pflanzen beseitigen sollen. Nach dem Einsatz des Herbizids SAN 9785 konnte der in Abbildung 4 gezeigte Effekt an Pflanzenzellen nachgewiesen werden:

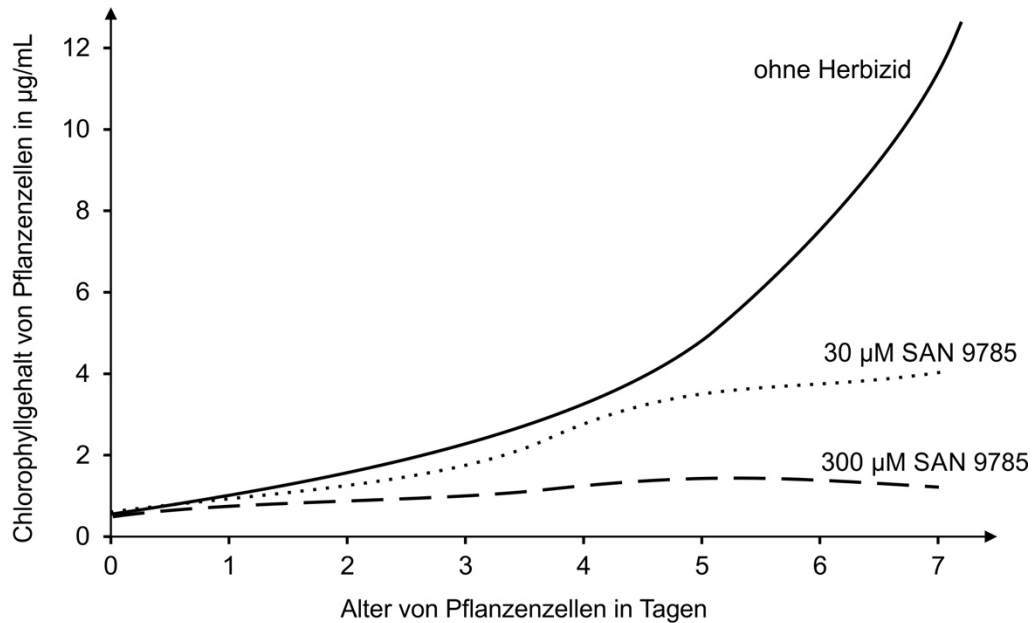


Abb. 4: Chlorophyllgehalt von Pflanzenzellen in Abhängigkeit vom Alter bei unterschiedlichen Herbizid-Konzentrationen²

Bei einem anderen Herbizid, dem sogenannten Atrazin, konnte die genaue Wirkungsweise aufgeklärt werden. Das Molekül blockiert die Elektronentransportkette bei den lichtabhängigen Reaktionen der Photosynthese.

(Fortsetzung nächste Seite)

Material 4: Versorgung der Weltbevölkerung mit Getreide

Bis zum Jahr 2050 wird eine Steigerung des durchschnittlichen Getreideertrages pro Hektar Anbaufläche von 3280 kg (im Jahr 2005) auf 5000 kg angestrebt.

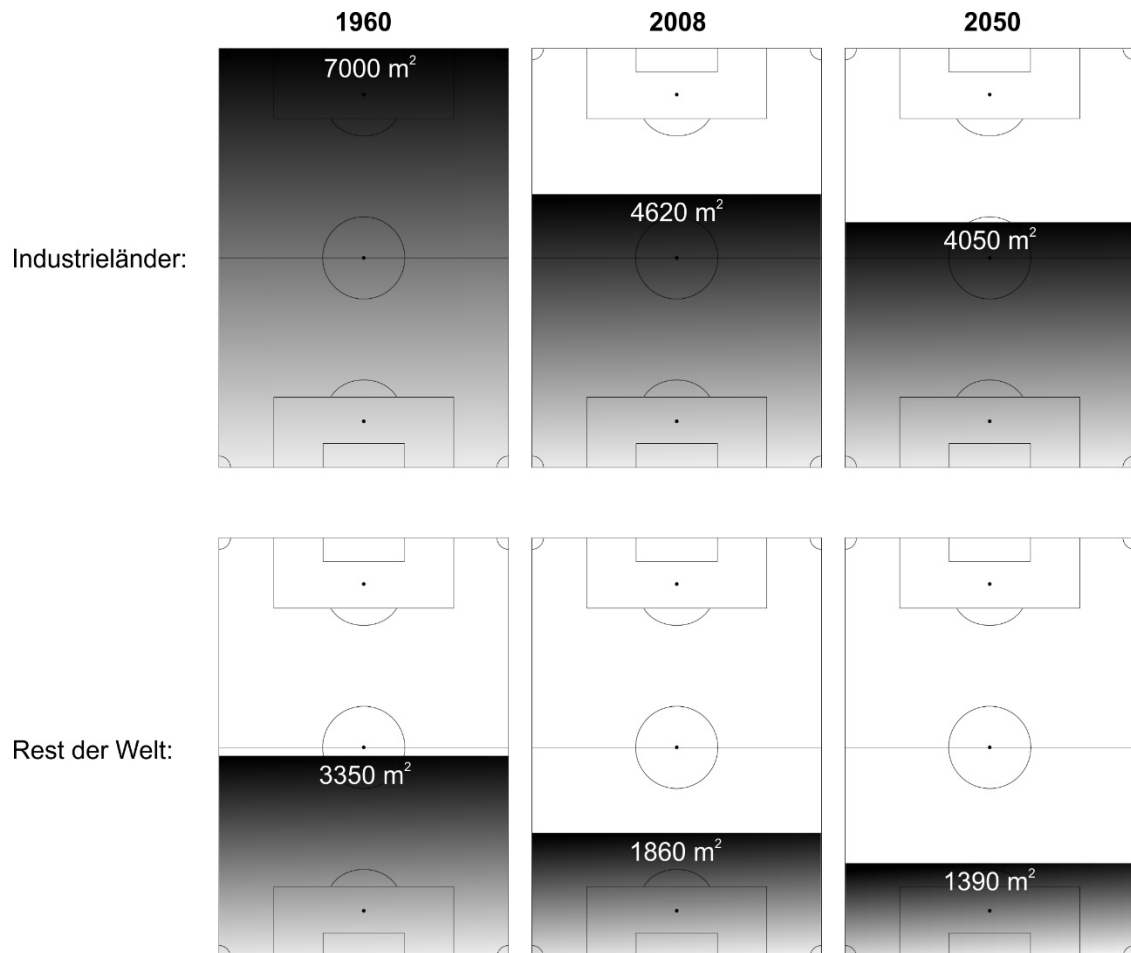


Abb. 5: Anbauflächen pro Kopf in Quadratmetern¹

Quellen:

- ¹ Daten aus: Chemnitz, C., & Weigelt, J. (2015). Bodenpolitik: Mehr als ein Vehikel. In Bodenatlas. Daten und Fakten über Acker, Land und Erde (pp. 42-43). Heinrich-Böll-Stiftung, IASS, BUND, Le Monde diplomatique.
- ² Samuel, K., & Bose, S. (1987). Bleaching of photosynthetic pigments in *Chlorella protothecoides* grown in the presence of SANDOZ 9785 (4-chloro-5-dimethylamino-2-phenyl-3 (2H) pyridazinone). *Journal of Biosciences*, 12, 399-404.