

## I. Nelkenöl und natives Kokosöl

**Eugenol** gehört zur Klasse der Phenylpropanoide und ist ein Allyl-substituiertes Guajacol (vgl. Abb. I.1a). Es ist ein farbloser bis blass gelber, öliges Extrakt (vgl. Abb. I.1b) aus z. B. der Gewürznelke (vgl. Abb. I.1c), der Muskatnuss, Zimt, Basilikum oder auch aus Lorbeerblättern. In Nelkenblütenöl liegt es in einer Konzentration zwischen 80 % – 90 % vor und in Nelkenblattöl in einer Konzentration zwischen 82 % – 88 %. Bis vor einigen Jahren wuchs die Gewürznelke nur auf wenigen Inseln der Molukken. Heutzutage hingegen sind Indonesien, Madagaskar, Sansibar, Pakistan und Sri Lanka weltweit führend im Gewürznelkenanbau.

Eugenol findet primär Verwendung in Parfums, Gewürzen und ätherischen Ölen. Es wird ebenfalls als lokales Antiseptikum und Betäubungsmittel genutzt. In Verbindung mit Zinkoxid bildet Eugenol Zinkoxid-Eugenol (ZOE), welches restaurativen und prothetischen Einsatz in der Zahnheilkunde findet. Beispielsweise werden Zahnwurzelkanalfüllungen aus Zinkoxid-Eugenol gebildet.

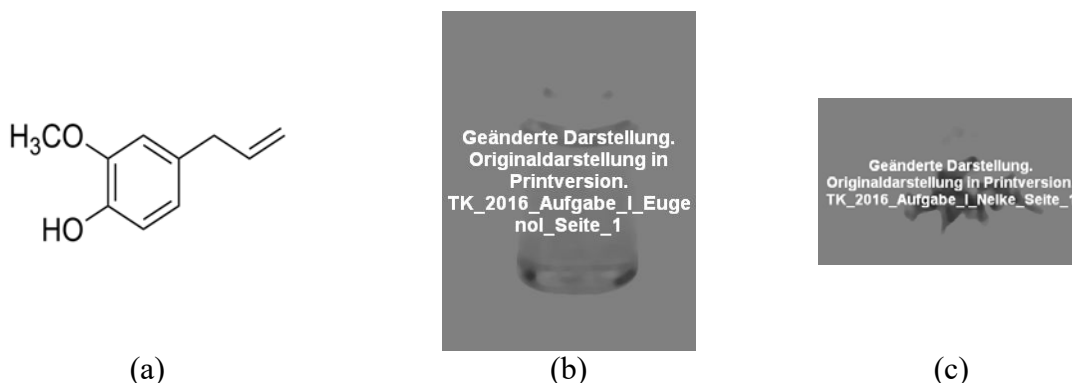
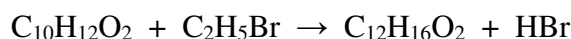


Abb. I.1: (a) Strukturformel von Eugenol; (b) Nelkenöl; (c) Nelkenblatt und -blüte

### [AUFGABEN]

- I.1 [1,5 Punkte]** Eugenol (vgl. Abb. I.1a) ist eine schwache, einprotonige Säure mit einer Säurekonstanten von  $K_S = 6,5 \cdot 10^{-11}$ . Berechne den pH-Wert einer Lösung, in der 1,64 g Eugenol (molare Masse  $M = 164$  g/mol) in Wasser gelöst werden und das finale Volumen  $V = 1$  L beträgt.
- I.2 [0,5 Punkte]** Eugenol-Extrakt aus Gewürznelken (*Syzygium aromaticum*) enthält die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in einem Verhältnis von 60,0 g Kohlenstoff zu 6,00 g Wasserstoff zu 16,0 g Sauerstoff. Berechne die Masse (in Gramm) an Kohlenstoff und Wasserstoff, die in einer Probe mit 128 g Sauerstoff enthalten sind.

- I.3 [0,5 Punkte]** Ein geschlossenes Reaktionsgefäß mit Eugenol  $C_{10}H_{12}O_2$  und Ethylbromid  $C_2H_5Br$  wiegt 41,0 g. Bei einer Reaktion nach folgendem Reaktionsschema entstehen im Reaktionsgefäß Eugenoethyl-Ether  $C_{12}H_{16}O_2$  und Bromwasserstoff HBr:



Gib die Masse des Reaktionsgefäßes inkl. Inhalt nach der Reaktion an.

- I.4 [1,0 Punkte]** Eugenol ist eine schwache Säure mit einer Säurekonstanten von  $K_S = 6,5 \cdot 10^{-11}$ . Gleiche Volumina einer 0,02 molaren Eugenol-Lösung und einer 0,02 molaren Chlorwasserstoff-Lösung (HCl) werden miteinander vermischt. Berechne den pH-Wert der entstehenden Lösung.
- I.5 [1,5 Punkte]** In einer Reaktion von Eugenol  $C_{10}H_{12}O_2$  und Diethylsulfat  $(CH_3CH_2)_2SO_4$  wird Eugenoethyl-Ether im stöchiometrischen Verhältnis 1 : 1 gebildet. 82,00 g Eugenol werden mit 115,5 g Diethylsulfat vermischt und zur Reaktion gebracht. Berechne die Masse des nach Ablauf der Reaktion nicht-umgesetzten Edukts (in Gramm).  
 Rel. Atommassen: C = 12; S = 32; O = 16; H = 1

Natives Kokosöl (Virgin Coconut Oil - VCO) wird aus reifen, frischen Nusskernen (12 Monate nach Keimung) der Kokosnuss (*Cocos nucifera L.*) gewonnen. Dies erfolgt durch mechanische oder natürliche Mittel, mit sowie ohne Hitzeanwendung, wobei die Art der Gewinnung keinen Einfluss auf das gewonnene Öl hat. VCO wird nicht weitergehend chemisch aufbereitet (z. B. durch Bleichen oder Aromatisierung) und kann direkt in seiner natürlichen Form verzehrt werden. VCO besteht hauptsächlich aus mittel-langkettigen Triglyceriden, die inert gegenüber Peroxiden sind. Die in VCO enthaltenen Fettsäuren unterscheiden sich deutlich von tierischen Fetten, welche hauptsächlich langkettige, gesättigte Fettsäuren enthalten. VCO ist farblos, frei von Ablagerungen und hat einem frischen Kokos-Geruch. Weder schmeckt, noch riecht es ranzig.

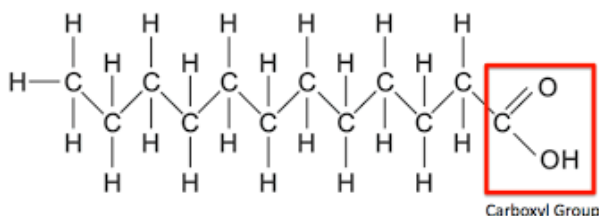


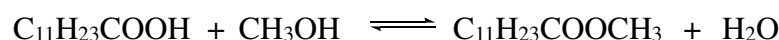
Abb. I.2: Strukturformel von Laurinsäure, der am meisten in VCO enthaltenen Fettsäure

**[AUFGABEN]**

**I.6 [1,5 Punkte]** Zur Bestimmung der Säurezahl einer Kokosöl-Probe werden 2,0 g der Probe mit 30 mL einer 0,25 molaren Kaliumhydroxid-Lösung (KOH) vermischt. Nach Ablauf der Reaktion wird das überschüssige Kaliumhydroxid KOH durch eine Rück-Titration mit 0,25 molarer Salzsäure HCl bestimmt. Dafür werden 10 mL der Säure benötigt. Berechne die Säurezahl der Probe. Die Säurezahl sei definiert als Masse an Kaliumhydroxid KOH (in mg), die zur Neutralisation von 1,0 g Probe benötigt wird. Rel. Atommassen: K = 39; O = 16; H = 1

**I.7 [1,0 Punkte]** Häufig in VCO vorkommende gesättigte Fettsäuren sind Laurinsäure  $C_{11}H_{23}COOH$  (vgl. Abb. I.2), Myristinsäure  $C_{13}H_{27}COOH$  und Palmitinsäure  $C_{15}H_{31}COOH$ . Diese Fettsäuren werden mittels einer DC (Dünnschichtchromatografie) getrennt. Die DC-Karte ist mit einem polaren Adsorptionsmittel beschichtet und es wird ein unpolares Lösungsmittel verwendet. Ordne die Fettsäuren nach aufsteigenden Retentionsfaktoren  $R_f$ .

**I.8 [1,5 Punkte]** Die am häufigsten in VCO vorkommende Fettsäure ist Laurinsäure. Gemäß dem folgenden Reaktionsschema reagieren 100 g Laurinsäure  $C_{11}H_{23}COOH$  mit 160 mL Methanol  $CH_3OH$  unter Bildung von Methyllaurat  $C_{11}H_{23}COOCH_3$ :



Die Gleichgewichtskonstante beträgt  $K = 0,9$  (in der Berechnung dieser Gleichgewichtskonstanten ist Wasser  $H_2O$  berücksichtigt). Berechne die Masse an gebildetem Methyllaurat.

Rel. Atommassen: C = 12; H = 1; O = 16; Dichte von Methanol  $\rho_{\text{Methanol}} = 0,8 \text{ g/mL}$

**I.9 [1,0 Punkte]** Polyvinylchlorid (PVC) ist einer der am häufigsten verwendeten Kunststoffe zur Produktion von Flüssigkeitsbehältern, u. a. auch für VCO. Die Ausgangsverbindung für die PVC-Synthese,  $C_2H_3Cl$ , wird durch folgende Reaktion hergestellt:  $C_2H_2 + HCl \rightarrow C_2H_3Cl$

Berechne die Masse von  $C_2H_3Cl$  (in Gramm), die bei der Reaktion von 26,0 g  $C_2H_2$  mit 40,0 g Salzsäure HCl entsteht.

Rel. Atommassen: C = 12; H = 1; Cl = 35

## II. Die Physik des Tauchens

Tauchen ist ein Unterwassersport, der vor allem im Meer ausgeübt wird. Es gibt in Bali einige Taucherparadiese wie das Wrack der USS Liberty in Tulamben, Gili Tepekong, Nusa Lembongan usw. Tauchen kann gefährlich sein, deshalb sollte man immer in Begleitung eines erfahrenen Tauchers unterwegs sein.

Beim Tauchsport unterscheidet man:

- 1) Gerätetauchen oder SCUBA-Tauchen (*self-contained underwater breathing apparatus* – SCUBA)
- 2) Apnoetauchen.

Beim Gerätetauchen nutzt der Taucher zum Atmen ein Drucklufttauchgerät. Dieses Gerät besteht aus einer Gasflasche, die am Körper des Tauchers befestigt wird, siehe Abb. II.1 (a).

Beim Apnoetauchen atmet man nicht über ein Gerät, sondern man atmet vor dem Abtauchen tief ein und hält beim Tauchen unter Wasser die Luft an, siehe Abb. II.1 (b).



(a)



(b)

Abb. II.1: (a) Ein Gerätetaucher nutzt eine Gasflasche, die an seinem Körper befestigt ist (Quelle: [https://en.wikipedia.org/wiki/Scuba\\_diving](https://en.wikipedia.org/wiki/Scuba_diving)); (b) Apnoetaucher ohne Atemgerät (Quelle: <http://www.freediveutila.com>)

Der Hauptunterschied zwischen Geräte- und Apnoetauchen besteht also darin:

- Beim Gerätetauchen atmet man, ähnlich wie über Wasser, regelmäßig ein und aus ohne die Luft anzuhalten. Eingeatmet wird über die Gasflasche, ausgeatmet wird direkt ins Wasser.
- Beim Apnoetauchen muss man die Luft anhalten und atmet unter Wasser nicht aus.

Bei beiden Taucharten nutzt man zusätzliche Ausrüstung wie z. B. Flossen zur schnelleren Fortbewegung oder eine Maske, die Augen und Nase bedeckt.

Betrachte in allen folgenden Aufgaben die gasförmigen Bestandteile in der Luft, in der menschlichen Lunge und in der Gasflasche als ideale Gase. Die ideale Gasgleichung ist gegeben durch:

$$pV = nRT$$

mit dem Druck  $p$ , dem Volumen  $V$ , der Stoffmenge  $n$ , der Temperatur  $T$  und der allgemeinen Gaskonstante  $R = 8,31\text{J}/(\text{K mol})$ .

In größeren Tiefen steigt der Wasserdruck. Damit der Taucher beim Tauchgang keinen Schaden nimmt, muss der Druck im Inneren des Körpers (z. B. in Lunge oder Nasennebenhöhlen) genauso groß sein wie der Druck im umgebenden Wasser. Der Taucher muss den Druck innerhalb der Trommelfelle an den äußeren Gesamtdruck anpassen und einen „Druckausgleich“ vornehmen.

Im Folgenden werden einige physikalische Konstanten gegeben:

- Fallbeschleunigung  $g = 9,80 \text{ m/s}^2$
- Dichte von Meerwasser  $\rho_{sw} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- $1,00 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

## [AUFGABEN]

**Zusätzliche Information:** Notiere im Antwortbogen für alle Rechenschritte die benötigten Gleichungen.

- II.1 [1,0 Punkte]** Berechne den Gesamtdruck in einer Tiefe von 20,0 Metern unter der Wasseroberfläche. Setze dabei voraus, dass der Druck an der Wasseroberfläche 1,00 atm beträgt.
- II.2 [2,0 Punkte]** Ein spezielles Ventil im Tauchgerät sorgt dafür, dass der Druck der aus der Gasflasche strömenden Luft automatisch immer dem Gesamtdruck im Wasser entspricht. Die Flasche hat ein Innenvolumen von  $1,50 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ , das mit komprimierter Luft gefüllt ist. Der Gesamtdruck in der Flasche beträgt 150 atm. Nimm an, dass der Taucher 20,0 L Luft pro Minute verbraucht, sich in einer konstanten Tiefe von 10,0 m bewegt und die Temperatur der Flasche während des Tauchgangs konstant bleibt. Berechne dafür die maximale Tauchzeit (in Minuten).

**II.3 [1,5 Punkte]** Aufgrund der langen Aufenthaltsdauer unter Wasser und des Temperaturunterschieds zwischen Körper und Meerwasser (welches kälter ist als der Körper) sollte ein Gerätetaucher einen speziellen Tauchanzug benutzen, um sich vor Unterkühlung zu schützen. Dabei lässt sich die Wärmeleitung durch den Wärmedurchgangswiderstand, den sogenannten U-Wert, beschreiben. Der U-Wert ist definiert als das Reziproke der Wärmeleistung pro Fläche und Temperaturunterschied zwischen innen (hier Körper) und außen (hier Meerwasser).

Markiere auf dem Antwortbogen in der Tabelle unter II.3a die korrekte Einheit für den U-Wert.

*Tabelle II.3.a: Vorschläge für SI-Einheiten für den U-Wert*

Nr.	SI-Einheiten
1	$\frac{\text{J m}^2 \text{ K}}{\text{s}}$
2	$\frac{\text{m}^2 \text{ K s}}{\text{J}}$
3	$\frac{\text{s}}{\text{J m}^2 \text{ K}}$
4	$\frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{ K s}}$

In der folgenden Tabelle II.3.b sind U-Werte für einige Tauchanzugmaterialien gegeben. Am besten geeignet ist das Material, bei dem die vom Körper an das Wasser übertragene Wärmemenge so klein wie möglich ist. Markiere auf dem Antwortbogen unter II.3b das Material, das für die Herstellung eines Tauchanzugs am besten geeignet ist.

*Tabelle II.3.b: U-Werte für verschiedene Materialien von Tauchanzügen*

Nummer	Name des Materials (Abkürzung)	U-Wert
1	A	1,0
2	C	3,7
3	G	4,5
4	N	5,5

- II.4 [1,0 Punkte]** Wenn ein Apnoetaucher zu schnell im Meer abtaucht, bleibt der Innendruck auf die Trommelfelle noch bei Atmosphärendruck, während der Außendruck mit steigender Wassertiefe zunimmt. Ab einer bestimmten Tiefe wird die Differenz zwischen Innen- und Außendruck so groß, dass das Trommelfell reißen kann. Das ist bei einer Druckdifferenz von mindestens 35,0 kPa der Fall. Berechne die Tiefe, bei der diese Druckdifferenz erreicht wird.
- II.5 [1,0 Punkte]** Bevor ein Apnoetaucher abtaucht, nimmt er einen tiefen Atemzug und hält dann die Luft an. Nimm an, dass das Lungenvolumen eines Tauchers nach dem Luftanhalten 6,00 L beträgt. Berechne das Lungenvolumen des Tauchers bei einer Tiefe von 30,0 m unter der Voraussetzung, dass der Taucher dabei einen Druckausgleich macht, sodass der Druck in der Lunge dem äußeren Gesamtdruck entspricht. Nimm an, dass die Temperatur im Inneren der Lunge konstant bleibt und keine Luft ausgeatmet wird.
- II.6 [2,0 Punkte]** Ein Taucher lässt an der Wasseroberfläche einen Stein los. Der Stein sinkt im Wasser. Dabei wirkt auf ihn, entgegen seiner Bewegungsrichtung, eine Reibungskraft  $F_d$ , die wie folgt beschrieben werden kann:

$$F_d = -bv$$

In der Gleichung steht  $b$  für eine positive Konstante und  $v$  für die Geschwindigkeit des Steins (nach unten gerichtet positiv).

Später misst der Taucher für den Stein eine Endgeschwindigkeit  $v_t = 8,00$  m/s. Berechne den Wert  $b$  unter der Voraussetzung, dass die Masse des Steins  $7,50 \times 10^{-2}$  kg und seine Dichte  $2,60 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup> beträgt.

- II.7 [1,5 Punkte]** Ein Taucher beobachtet unter Wasser, dass die Sonne fast untergegangen ist. Der Brechungsindex von Wasser beträgt 1,33 und der von Luft 1,00. Berechne, wie groß der maximal beobachtbare Winkel zwischen Sonnenstrahl und der Senkrechten für den Taucher unter Wasser ist.

### III. Komodowaran

Der Komodowaran (*Varanus komodoensis*) ist die größte Echsenart der Welt. Er kommt auf den indonesischen Inseln Komodo, Rinca, Gili Motang und Padar (Abb. III.1) vor. Er ist ein Mitglied der Familie der Varanidae. Durchschnittliches Gewicht und Größe der Männchen liegen bei 85 kg und 2,59 m, bei Weibchen sind es 70,5 kg und 2,29 m. Seine ungewöhnliche Größe wird dem Inselgigantismus zugeschrieben, da keine anderen fleischfressenden Tiere in der ökologischen Nische der Komodowarane leben. Seine Lebenserwartung liegt zwischen 20 und 30 Jahren. Die Population auf den größeren Inseln (Komodo and Rinca) ist verhältnismäßig stabil, während sie auf den kleineren Inseln (Padar and Gili Motang) schrumpft, da dort die Verfügbarkeit der Beute abnimmt. Auf Padar ist der Komodowaran 1975 ausgestorben. Man geht davon aus, dass dieser ausstarb, weil die Population der großen Huftiere durch Wilderei stark abgenommen hat. Die Größe der gesamten Wildpopulation des Komodowarans lag 2013 bei 3222, 2014 sank sie auf 3092 und 2015 auf 3014.



Abbildung III.1. Komodowaran (aus: Bradford A. 2014. Live Science Contributor, Sergey Uryadnikov / Shutterstock)

Laut der Weltnaturschutzunion (IUCN) wurde der Komodowaran als gefährdete Art eingestuft und steht auf der Roten Liste. Er könnte stark gefährdet sein, wenn die Rahmenbedingungen für seine Fortpflanzung sein Überleben bedrohen. Der Verlust von Lebensraum könnte zum Aussterben der Art führen. Um die Komodowaran-Population zu erhalten und zu schützen wurden einige Inseln um Flores wie Komodo, Rinca und Padar zum Komodo-Nationalpark als natürlichem Lebensraum erklärt.

Komodowarane gehören zu den wechselwarmen Tieren und sind tagaktiv. Der natürliche Lebensraum sind typischerweise heiße, trockene Orte, feuchtes, offenes Grasland, die



Savanne und tropische Regenwälder auf kleinen Anhöhen sowie vulkanischen Hängen. Sie benötigen zahlreiche Bäume um ihren Nachwuchs zu schützen.

Komodowarane paaren sich in der Regel zwischen Mai und August; die Eiablage erfolgt im September. Das Komodowaran-Weibchen gräbt Löcher für etwa 20 Eier in den Boden, die später mit Streu bedeckt werden. Die Jungen schlüpfen nach 7 Monaten und sind nach weiteren 9 Jahren geschlechtsreif. Die Nachkommen des Komodowarans bleiben an einem sicheren Ort in einem großen Baumloch. Sie lauern Wirbellosen wie Grashüpfern und Käfern auf, während die Beute des erwachsenen Komodowarans vor allem aus lebendigem Wild, Wildbüffeln und auch gewissen Mengen an Aas besteht.

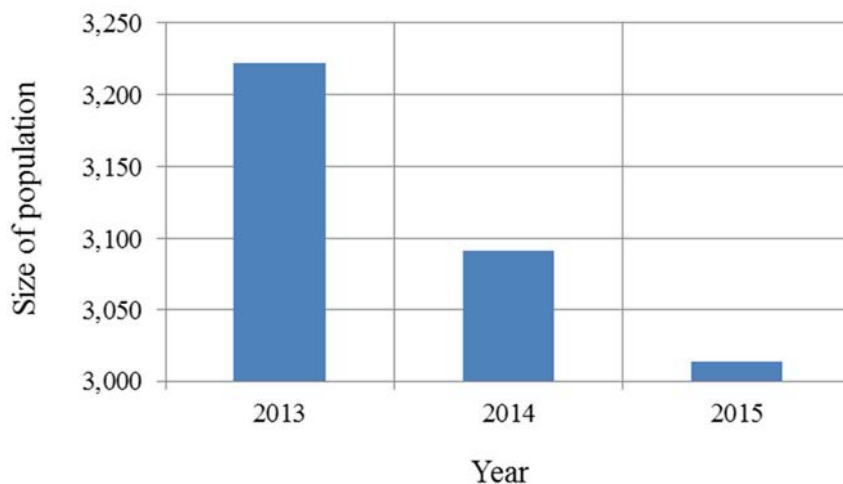
Wenn der Komodowaran seine Beute beißt, gibt er einen Gerinnungshemmer aus zwei Giftdrüsen ab, die sich im Unterkiefer befinden und deren Gänge in den Zähnen münden. Dieser Gerinnungshemmer bewirkt, dass die Beute verblutet und stirbt.

### [AUFGABEN]

Beantworte die untenstehenden Fragen (außer III.4 und III.7), indem du eine oder mehrere richtige Antworten aus der Liste der Antwortmöglichkeiten auswählst. Kreuze diese auf dem Antwortbogen an.

- III.1 [1,0 Punkte]** Der Komodowaran (*Varanus komodoensis*) ist ein wechselwarmes Tier. Welche Aussage(n) zur Temperaturregulation wechselwarmer Tieren ist/sind zutreffend?
- III.2 [1,0 Punkte]** Im Unterkiefer des Komodowarans befinden sich zwei Drüsen, die einen Gerinnungshemmer ausschütten, wenn der Komodowaran in seine Beute beißt. Wähle die Substanz, die als Gerinnungshemmer wirkt mit der korrekten Beschreibung ihrer Wirkungsweise.
- III.3 [1,0 Punkte]** Der Komodowaran tötet und frisst einen Hirsch. Auf welcher Trophiestufe befindet er sich und welche Rolle im Ökosystem nimmt er ein?

**III.4 [2,0 Punkte]** Setze die Komodowaran-Population im Jahr 2013 als 100%. Berechne die prozentuale Populationsgröße in den Jahren 2014 und 2015. Stelle alle Prozentwerte in einem Diagramm dar.



*Darstellung der Komodowaran-Population von 2013 bis 2015*

**III.5 [1,0 Punkte]** Wähle eine oder mehrere korrekte Begründungen für die Abnahme der Komodowaran-Population von 2013 bis 2015.

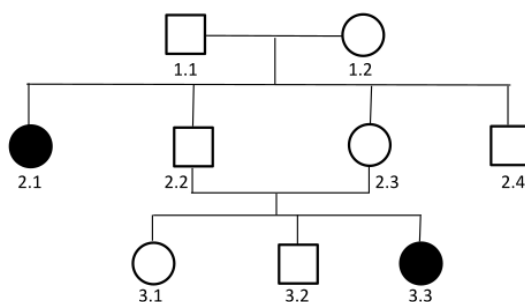
**III.6 [2,0 Punkte]** Unten sind verschiedene Teile der Verdauungssysteme von Wirbeltieren dargestellt. Der Aufbau des Verdauungstrakts des Komodowarans kann vorhergesehen werden, wenn man seine Nahrungszusammensetzung kennt. Setze den Verdauungstrakt des Komodowarans vom Mund bis zum Darmausgang zusammen. Wähle dazu die richtige Reihenfolge der Bausteine aus und kreuze den passenden Buchstaben an.



*Verschiedene Teile der Verdauungssysteme von Wirbeltieren*

**III.7 [2,0 Punkte]** Bei Komodowaranen wird das Geschlecht der Nachkommen durch das ZW-Geschlechtschromosomen-System bestimmt. Männchen haben zwei Z-Chromosomen, während Weibchen ein Z- und ein W-Chromosom haben. Angenommen ein ausschließlich auf dem Z-Chromosom vorkommendes Gen codiert für ein gerinnungshemmendes Protein. Ein Z-Chromosom mit einer intakten Genkopie schreibt man  $Z^N$ , ein Z-Chromosom mit einem mutierten, funktionslosen Gen  $Z^n$ .  $Z^n$  ist das rezessive Allel.

Im folgenden Stammbaum von Komodowaranen ist das Vorhandensein des funktionslosen Proteins dargestellt. Markiere in der Tabelle auf dem Antwortbogen für alle Komodowarane außer den Individuen 2.4 und 3.2 mit einem Kreuz den passenden Geschlechtschromosomensatz und den passenden Genotypen.



*Stammbaum der Komodowarane*

*Tabelle der Geschlechtschromosomensätze der Komodowarane*

Komodow.	$Z^N Z^N$	$Z^N Z^n$	$Z^n Z^n$	$Z^N W$	$Z^n W$
1.1					
1.2					
2.1					
2.2					
2.3					
3.1					
3.3					

## ANTWORTMÖGLICHKEITEN

A.	Die Körpertemperatur des Tiers ändert sich nicht mit der Umgebung
B.	Jäger
C.	Primärkonsument
D.	Tiere ändern ihr Verhalten, um ihre Temperatur zu beeinflussen
E.	Lebendgebährend
F.	Die Tiere sind warm, wenn die Umgebung warm ist und kalt, wenn die Umgebung kalt ist
G.	3. Trophiestufe
H.	3, 4, 5
I.	Heparin, das Thrombin hemmt und die Umwandlung von Fibrinogen zu Fibrin verhindert
J.	4. Trophiestufe
K.	6, 1, 5
L.	Tiere, die ihre Temperatur halten können, indem sie in einer kühleren Umgebung Wärme produzieren und in einer heißeren Umgebung sich selbst kühlen
M.	Vitamin K, das Prothrombin zu Thrombin aktiviert, welches Fibrinogen zu Fibrin umwandelt
N.	Warfarin, das die Auswirkungen von Vitamin K verstärkt, das für die Bildung einiger Gerinnungsfaktoren benötigt wird
O.	Tiere, die in warmer und kalter Umgebung warm sind
P.	Abnahme der Population der Beute der Komodowarane
Q.	Verlust des Lebensraums der Komodowarane
R.	Vitamin K, das Thrombin und einige andere Gerinnungsfaktoren inaktiviert, die zur Ausbildung eines Gerinnsels führen
S.	130 % und 78 %
T.	Fleischfresser
U.	4,03 % und 2,40 %
V.	Pflanzenfresser
W.	Der Komodowaran hat zahlreiche Fressfeinde