

Internationale JuniorScienceOlympiade

Übungsaufgaben zur Vorbereitung auf die Klausur der 3. Runde

Liebe Schülerinnen und Schüler,

liebe betreuende Lehrkräfte, Mentoren und Eltern,

wir haben einige theoretische Aufgaben zusammengestellt, wie sie in ähnlicher Form in der Klausur der 3. Runde zur IJSO vorkommen könnten. Die Antworten sollen in den vorgegebenen Antwortkästen notiert werden.

Anders als eine Klassenarbeit müssen wir die Klausur so gestalten, dass auch die Besten der Besten nicht immer alle Aufgaben lösen können. Das sorgt manchmal für Enttäuschung, denn meistens seid ihr ja so fit, dass ihr bei Klassenarbeiten auch die kniffligeren Aufgaben lösen könnt. Außerdem gibt es bei uns auch immer wieder Fragen zu Themen, die so nicht im Lehrplan stehen oder die ihr im Unterricht noch nicht behandelt habt. Und besonders heikel wird es oft, wenn es an die Chemie geht. In einigen Bundesländern beginnt der Fachunterricht erst in der 8. oder 9. Klasse...

Besonders wenn du erst in der 5. oder 6. Klasse bist, werden die Aufgaben dir wahrscheinlich extrem schwierig vorkommen. Das stimmt! Aber nimm es von der sportlichen Seite und probier es einfach mal als ersten Trainingslauf. Vielleicht landest du bei der einen oder anderen Aufgabe doch einen Treffer? Das wäre schon ein super Ergebnis. Wenn dir die Aufgaben in der ersten Runde Spaß gemacht haben, bist du in den nächsten Jahren wieder dabei und dann mit deiner Erfahrung schon „ein alter Hase“ mit großen Chancen, weiter zu kommen.

Weil wir wissen, wie schwierig es für euch Youngster der Junioren ist, laden wir jedes Jahr etwa 20 von euch zu den JuniorForscherTagen ein. Also, mitmachen lohnt sich!

Noch ein Hinweis für Sie als betreuende oder interessierte Lehrkraft: Der aktuell gültige IJSO-Syllabus kann unter www.ijso.info heruntergeladen werden. Er beinhaltet eine Auswahl an Themen, zu denen Klausuraufgaben entwickelt werden.

Wir wünschen allen Teilnehmenden weiterhin viel Spaß rund um die und mit den Naturwissenschaften!

Euer IJSO-Team

vom IPN an der Universität Kiel

Theoretische Aufgaben

Chemie

Aufgabe 1:

Bei dem Reaktorunfall am 11. März 2011 in Fukushima in Japan war unter anderem immer wieder die Rede von radioaktiver Kontaminierung durch Iod-Isotope, insbesondere durch ^{131}I , einem β^- -Strahler mit einer Halbwertszeit von etwa 8 Tagen. Durch die leichte Flüchtigkeit des Elements Iod gelangen bei einem solchen Unfall auch dessen radioaktive Zerfallsprodukte aus einem Kernreaktor besonders leicht in die Atmosphäre und werden über größere Entfernungen transportiert. Auf diesem Weg können diese Substanzen auch in den Stoffwechsel der Menschen gelangen und bei der Aufnahme hoher Dosen zu Erkrankungen wie z. B. Schilddrüsenkrebs führen. Bearbeite bitte die folgenden Fragen.

1a | Gib an, was in dem beschriebenen Zusammenhang die Zahl 131 bedeutet.

1b | Gib an, wie viele Protonen und Neutronen der Atomkern von ^{131}I enthält. Das Element Iod hat im Periodensystem die Ordnungszahl 53.

1c | Formuliere die Zerfallsreaktion von ^{131}I .

1d | Die beschriebene Reaktion ist keine chemische Reaktion im klassischen Sinn. Eine allgemein gültige Definition einer *chemischen Reaktion* lautet folgendermaßen: Bei chemischen Reaktionen werden Stoffe ("Edukte") unter Abgabe oder Aufnahme von Reaktionswärme in andere Stoffe ("Produkte") umgewandelt. Dabei verändern sich die physikalischen und chemischen Eigenschaften der beteiligten Stoffe, es kommt zum Beispiel zu Veränderungen der chemischen Bindungen in Molekülen oder Kristallen. Nicht zu den chemischen Reaktionen zählen physikalische Vorgänge, bei denen sich lediglich der Aggregatzustand ändert, wie Schmelzen oder Verdampfen, Diffusion oder das Vermengen von Reinstoffen zu Stoffgemischen.¹

Begründe, warum die beschriebene Kernreaktion weder eine chemische Reaktion im engeren Sinn darstellt, aber auch nicht ausschließlich als physikalischer Prozess zu beschreiben ist.

1e | An die betroffene Bevölkerung werden zur Vorsorge Kaliumiodid-Tabletten ausgegeben. Begründe, warum man diese Maßnahme anordnet.

¹ ZEECK, A. et al. (2014): Chemie für Mediziner (8. Auflage). München.

Aufgabe 2:

Beim Bau von Kirchen und Kathedralen wurden früher zwei unterschiedliche Arten von Mörtel als Bindemittel zum festen Verbinden von Steinen oder Ziegeln eingesetzt: Kalkmörtel und Gipsmörtel. Kalkmörtel besteht hauptsächlich aus gelöschtem Kalk (Calciumhydroxid), der beim Aushärten mit einem Bestandteil der Luft zu Kalkstein (Calciumcarbonat) reagiert. Gipsmörtel besteht dagegen aus gebranntem Gips (Calciumsulfat), welcher beim Aushärten zu abgebundenem Gips (Calciumsulfat-Dihydrat) reagiert. Beide Mörtelsorten sind sehr langlebig, aber es gibt auch ein Problem: Dringt Feuchtigkeit ins Mauerwerk ein, bilden sich unerwünschte Verkrustungen und zwar nicht nur an den Fugen, sondern auch auf den Mauersteinen.

2a | Solche Verkrustungen beschädigen häufig auch historische Wandmalereien in Kirchenräumen. Man könnte die Ausblühungen chemisch mit Säuren lösen – Restauratoren behandeln Kalkverkrustungen jedoch nicht mit Salzsäure oder Schwefelsäure, sondern mit Kieselsäurekompressen. Erläutere weshalb und vervollständige das Reaktionsschema unten.



2b | Gipsverkrustungen können nicht wirksam mit Kieselsäurekompressen behandelt werden. Begründe, weshalb das nicht funktioniert. Stattdessen werden Gipsverkrustungen mit dem Komplexbildner EDTA behandelt. Erläutere die chemische Wirkungsweise von diesem Restaurationsverfahren.

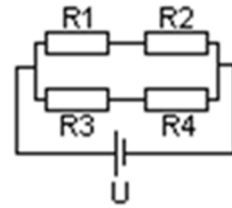
2c | Wenn Kalksteinskulpturen saurem Regen ausgesetzt sind, kann ebenfalls eine Gipsverkrustung auftreten, selbst wenn bei deren Herstellung gar kein Gipsmörtel verwendet worden ist. Erläutere zunächst die Entstehung von saurem Regen und nenne die daran beteiligten Reaktionspartner (Stoffe). Gib dann an, mit welcher Komponente aus dem sauren Regen der Kalkstein reagiert und welche Verbindung sich dabei bildet.

Die Gipskrusten stellen nicht nur eine optische Beeinträchtigung der Kunstwerke dar, sondern führen auch zum Bröckeln des Steins und damit zur vollständigen Zerstörung der Skulptur. Erläutere auch dieses Phänomen.

Physik

Aufgabe 1:

Vier Widerstände sind, wie in der Abbildung zu sehen, an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen. Die einander gegenüberliegenden Widerstände R_1 und R_3 setzen jeweils eine Leistung P um, die beiden anderen R_2 und R_4 die Leistung $2P$. Die von einem Widerstand umgesetzte Leistung ist dabei gleich dem Produkt aus der über dem Widerstand abfallenden Spannung und der Stromstärke des durch den Widerstand fließenden Stromes.



1a | Nun Begründe, warum die Gesamtspannung und die Gesamtstromstärke im oberen und unteren Zweig der Parallelschaltung gleich sind.

1b | Nun tauschen die Widerstände R_1 und R_4 ihre Plätze. Berechne die Gesamtleistung im Stromkreis nach dem Tausch der Widerstände und vergleiche sie mit der Ausgangsleistung.

Aufgabe 2:

2a | Normale Raumluft hat eine durchschnittliche molare Masse M_{RL} von 29,0 g/mol. Ausgeatmete Luft enthält 3% CO_2 und entsprechend weniger O_2 . Ausgeatmete Luft hat eine Temperatur von 37°C.

Berechne, um welchen Faktor x die molare Masse von ausgeatmeter Luft M_{AL} größer ist als die der Raumluft M_{RL} . Die molare Masse von Kohlenstoff beträgt 12,0 g/mol.

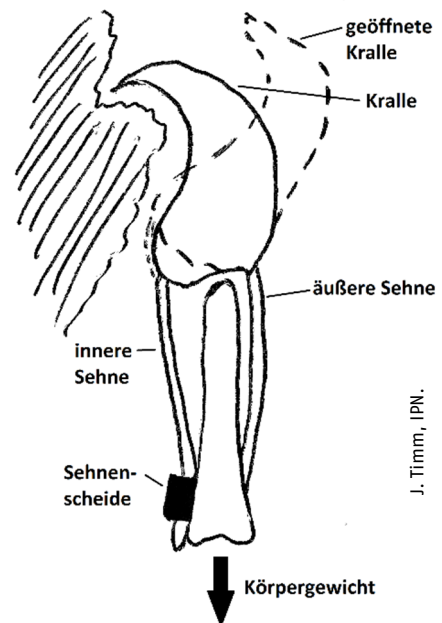
2b | Gib an, welche Temperatur die Raumluft haben müsste, damit ihre Dichte gleich der von ausgeatmeter Luft wäre. Formuliere, welchen Zusammenhang zwischen Temperatur und Dichte du erwarten würdest. Falls du den ersten Aufgabenteil nicht gelöst hast, gib einen Ausdruck an, in dem Du den Wert des in Aufgabenteil a) berechneten Faktors durch eine Variable „ x “ ersetzt.

Biologie

Aufgabe 1:

Fledermäuse sind hochsoziale Tiere, die die meiste Zeit des Jahres in Gruppen zusammenleben. In ihren Quartieren suchen sie meist engen Körperkontakt mit anderen Tieren, wodurch sich Fledermauspulke bilden. Fledermäuse sind in der Regel nachtaktive Tiere. Zum Schlafen ziehen sie sich in Höhlen, Felsspalten, Baumhöhlen oder menschengemachte Unterschlupfe wie Dachböden, Ruinen oder Kirchtürme zurück.

1a | Als bei einem Verkehrsunfall ein Auto gegen das Kirchengebäude krachte, flogen die im Kirchturm lebenden Fledermäuse erschreckt davon. Eine von ihnen blieb jedoch hängen. Bei näherer Untersuchung zeigte sich, dass diese Fledermaus tot war und trotzdem nicht herunterfiel. Erkläre mithilfe der Abbildung (Fußbereich einer Fledermaus) wie dies anatomisch möglich ist. Ziehe dazu in Betracht, dass die eingezeichnete Sehnscheide eine raue Oberfläche hat.



1b | Menschen könnten, selbst wenn ihre Füße eine vergleichbare Anatomie wie die der Fledermäuse hätten, nicht lange Zeit kopfüber von der Decke hängen. Dies hängt auch mit dem Blutkreislauf zusammen. Vergleiche wie sich beim Menschen der Blutdruck in Kopf, Herz und Beinen im Vergleich zum horizontalen Liegen verändert, wenn der Mensch aufrecht steht bzw. kopfüber hängt.

Trage \uparrow für gestiegenen, \downarrow für gesunkenen und o für gleichgebliebenen Blutdruck in die untenstehende Tabelle ein. Gib eine Möglichkeit an, worüber ein Mensch den Blutdruck in einer bestimmten Körperregion ändern kann. Stelle eine Vermutung an, warum die Fledermaus anders als der Mensch dieses Problem mit dem Blutkreislauf beim Hängen nicht hat.

	Stehen	Hängen
Kopf		
Herz		
Beine		

1c | Die Kirche ist nicht das natürliche Habitat der Fledermaus. Im Laufe der Verstädterung kam es immer mehr dazu, dass Arten entweder verdrängt wurden oder sich den veränderten Gegebenheiten anpassten. Die Tabelle zeigt die rund um die Kirche lebenden Arten mit der von ihnen bevorzugten Nahrung.

Art/Gruppe	Nahrungsquelle
Fledermaus	Insekten
Mäuse	pflanzliche Nahrung/Abfälle
Schleiereule	Kleinsäuger
Insekten	pflanzliche Nahrung
Tauben	pflanzliche Nahrung
Katzen	kleine Wirbeltiere, die sich zumindest kurzzeitig am Boden befinden

Zeichne aus diesen Angaben das vorherrschende Nahrungsnetz. Triff eine Vorhersage, was mit der Fledermauspopulation passiert, wenn (I) im Winter der nahe gelegene See zufriert und (II) Gift gegen die Mäuse eingesetzt wird. Begründe deine Prognose.

Aufgabe 2:

Dir liegen sechs Blutproben vor, von denen vier (Proben 1–4) gar nicht und zwei Proben nur sehr unleserlich beschriftet sind. Auf einem Etikett kannst du Blutgruppe „AB-“ entziffern, auf der anderen ist nur noch „A“ zu lesen, aber die Angabe zum Rhesusfaktor fehlt. Deine Aufgabe ist es, für alle sechs Proben die Blutgruppen korrekt zu bestimmen.

Würdest du die Blutproben (zellfreies Serum + Blutzellen) ungetrennt miteinander mischen, käme es in jedem Falle zur Verklumpung. Deshalb ist es erforderlich, dass du zunächst aus allen Blutproben die Seren extrahierst und anschließend die Proben mit den zellfreien Seren auf Verklumpung testest. In der folgenden Tabelle sind deine Untersuchungsergebnisse eingetragen. Eine „1“ steht für „Verklumpung beobachtet“, eine „0“ für „keine Verklumpung“.

2 | Bestimme mit Hilfe dieser Tabelle die Blutgruppen der unbekanntnen Proben 1 bis 4 und ergänze den Rhesus-Faktor für die mit „A“ nur unvollständig beschriftete Probe.

	Serum 1	Serum 2	Serum 3	Serum 4	Serum A (+/-?)	Serum AB-
Probe 1	0	1	1	1	1	1
Probe 2	0	0	0	0	0	0
Probe 3	0	1	0	1	0	1
Probe 4	0	1	1	0	1	0
Probe A (+/-?)	0	1	1	1	0	1
Probe AB-	0	1	1	1	1	0

Hinweis: Blutzellen verschiedener Menschen haben verschiedene Arten von Oberflächenstrukturen. Entweder hat man die Struktur A oder B, beide dieser Strukturen (AB) oder keine Strukturen (o). Zusätzlich gibt es eine andere Klasse von Oberflächenstrukturen (Rhesus-Faktor), die entweder vorhanden (+) oder nicht vorhanden (-) ist. In den Seren befinden sich jeweils Stoffe, die fremde Oberflächenstrukturen binden und verklumpen lassen.

Trage hier deine Lösung ein:

Probe	Blutgruppe
Probe 1	
Probe 2	
Probe 3	
Probe 4	
Probe A (+/-?)	A
Probe AB-	AB-

Teil II: Lösungen

Chemie

Aufgabe 1:

a)	131 beschreibt die Massenzahl des Isotops ^{131}I , die sich aus der Summe der Protonen und Neutronen ergibt.
b)	53 Protonen und 78 Neutronen.
c)	$^{131}\text{I} \rightarrow e^- + ^{131}\text{Xe}$
d)	Wie bei einer chemischen Reaktion ändern sich Produkt und Edukt. Iod und Xenon haben sehr unterschiedliche Produkteigenschaften. Außerdem wird Energie umgesetzt. Die Reaktion findet nicht wie bei der klassischen Definition einer chemischen Reaktion in der Elektronenhülle statt, sondern im Atomkern zwischen Protonen und Neutronen. Wegen der Stoffumwandlung kann man aber auch nicht von einem rein physikalischen Prozess sprechen.
e)	<p>Iodverbindungen, egal ob stabil oder radioaktiv, werden vom Körper hauptsächlich in der Schilddrüse eingelagert, wo sie für die Synthese der Schilddrüsenhormone benötigt werden.</p> <p>Mit der Gabe von Kaliumiodid will man erreichen, dass sich möglichst wenig der instabilen Isotope in der Schilddrüse sammeln. Der Bedarf an Iod in der Schilddrüse soll mit ungefährlichen, stabilen Iod-Isotopen (Kaliumiodid) gedeckt werden, damit dann keine instabilen („radioaktiven“) Iod-Isotope mehr von der Schilddrüse aufgenommen werden können, sondern vom Körper wieder ausgeschieden werden.</p>

Aufgabe 2:

a)	<p>Salzsäure und Schwefelsäure sind starke Säuren, Kieselsäure ist eine schwache Säure. In einer starken Säure, löst sich nicht nur das Calciumcarbonat, sondern auch Putz und Farben, das Gemälde würde zerstört. Bei Kieselsäure ist letzteres nicht der Fall.</p> <p>$\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$</p>
b)	<p>Die stärkere Säure löst die schwächere aus ihrem Salz. Calciumsulfat als Salz einer starken Säure (Schwefelsäure) kann deshalb nicht von einer schwächeren Säure, der Kieselsäure, gelöst werden. Hierfür müsste man eine Säure verwenden, die stärker ist als Schwefelsäure. Der Einsatz dieser starken Säure würde aber wiederum Putz und Farben des Wandgemäldes zerstören.</p> <p>EDTA bildet als mit Calcium-Ionen einen sehr stabilen Komplex, der aber trotzdem wasserlöslich ist und somit können die Calciumsulfat-Krusten von der Oberfläche gelöst und abgetragen werden.</p>
c)	<p>$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ bzw. $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$ und $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$, oder Ähnliches in Worten mit Hinweis auf den Ursprung des SO_2 in Abgasen (z.B. Das Schwefeldioxid aus den Abgasen gelangt in die Atmosphäre und reagiert mit Sauerstoff und Wasser zu Schwefelsäure.)</p> <p>$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ und $2 \text{CaSO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CaSO}_4$ bzw.</p> <p>$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ oder Ähnliches in Worten (z. B. Das Calcium aus dem Kalk (Karbonat) reagiert mit dem Sulfat der Schwefelsäure aus dem sauren Regen zu Calciumsulfat (Gips).)</p> <p>Gips hat die besondere Eigenschaft, dass sein Volumen beim Aushärten zunimmt. Bilden sich aber Gipskristalle in Spalten und Porenräumen von angegriffenen Kalksteinstrukturen, wird die Substanz an dieser Stelle gesprengt.</p>

Physik

Aufgabe 1:

a)	<p>Für eine Parallelschaltung ist die Spannung in beiden Zweigen identisch und gleich der Gesamtspannung; $U_{\text{gesamt}} = U_{\text{uz}} = U_{\text{oZ}}$.</p> <p>Da die Leistung an R_1 der an R_3 entspricht und die Leistung an R_2 der von R_4, sind die Leistungen in beiden Zweigen mit der Reihenschaltung von R_1 und R_2 im oberen Zweig bzw. R_3 und R_4 im unteren Zweig gleich. Da $P = U \cdot I$, sind auch die Stromstärken gleich.</p>
b)	<p>Es sei der Strom in jedem Zweig gleich I. Es gilt $R = U / I$ und somit auch $R = P / I^2$ jeweils für R_1 und R_3 bzw. $R = 2P / I^2$ jeweils für R_2 und R_4.</p> <p>Die Spannungen über den Widerständen sind jeweils P / I für R_1 und R_3 und $2P / I$ für R_2 und R_4. Die Spannungen im oberen und im unteren Zweig, sowie die Gesamtspannung betragen folglich $3P / I$. Diese Spannung (der Batterie) liegt auch nach dem Vertauschen der Widerstände an.</p> <p>Nach dem Tausch beträgt im unteren Zweig mit nunmehr R_3 und R_1 der Gesamtwiderstand nur noch $2P / I^2$, die Leistung also $U^2 / R = (9 P^2 / I^2) / (2P / I^2) = 4,5 P$. Im oberen Zweig beträgt der Gesamtwiderstand für R_2 und R_4 mit $4P / I^2$ das Doppelte und die Leistung somit die Hälfte verglichen mit dem unteren Zweig, nämlich $2,25 P$.</p> <p>Die Gesamtleistung beträgt damit $6,75 P$ gegenüber ursprünglich $6 P$, das entspricht $9/8$ der Ausgangsleistung.</p>

Aufgabe 2:

a)	<p>Die molare Masse der ausgeatmeten Luft unterscheidet sich von der Raumluft dadurch, dass durch den Ersatz von z. B. 1 mol O_2 durch 1 mol CO_2 netto betrachtet 1 mol C hinzukommen. Das entspräche einem Unterschied von 12 g bei einem Umsatz von 1 mol.</p> <p>Da der CO_2-Anteil in der ausgeatmeten Luft nur 3% beträgt, ist deren molare Masse also um $0,03 \cdot 12 \text{ g} = 0,36 \text{ g}$ größer.</p> <p>1 mol ausgeatmete Luft hat folglich eine Masse von 29,36 g; die Masse von 1 mol Raumluft beträgt 29,0 g.</p> <p>Das ergibt einen Faktor von $x = 1 + 0,36 / M_{\text{RL}} = 1,0124$.</p>
b)	<p>Bei konstantem Druck ist die Dichte umgekehrt proportional zur Temperatur T, also $T \cdot \rho = \text{const.}$</p> <p>$T_{\text{Raumluft}} = T_{\text{Atemluft}} / x$, wobei $x = 1 + (M_{\text{Atemluft}} - M_{\text{Raumluft}}) / M_{\text{Raumluft}}$</p> <p>$T_{\text{Raumluft}} = (273+37) \text{ K} / 1,0124 = 306 \text{ K}$; $T_{\text{Raumluft}} = 33 \text{ }^\circ\text{C}$</p> <p>[Erläuterung: Der Zusammenhang $T \cdot \rho = \text{const.}$ lässt sich aus dem allgemeinen Gasgesetz ableiten mit $pV = nRT$, wobei $n = m/M$. Damit ist für eine bestimmte Molare Masse $pV = mT \cdot R/M$. Umgestellt ergibt sich $T \cdot (m/V) = pM / R = \text{const.}$ bzw. $T \cdot \rho = pM / R = \text{const.}$ Diese Ableitung wird nicht erwartet und geht deshalb nicht in die Bewertung ein.]</p>

Biologie

Aufgabe 1:

a) Wenn eine lebende Fledermaus im Mauerwerk kopfüber hängt, ist die innere Sehne verkürzt und die äußere Sehne gestreckt.

Die innere Sehne reibt sich an der rauen Oberfläche der Sehnenscheide und „rastet“ dadurch ein.

Wenn die Fledermaus losfliegt, entspannt sie die Krallen über folgenden Mechanismus: Die äußere Sehne wird verkürzt, die innere Sehne wird aktiv gedehnt und kann wieder aus der Sehnenscheide gleiten.

Bei der toten Fledermaus kann sich die Krallen nicht entspannen: Die innere Sehne wird weiterhin durch die Belastung des Körpergewichts gegen die Sehnenscheide gepresst und bleibt eingerastet. Die Fledermaus fällt nicht herunter, sondern bleibt hängen.

b)

	Stehen	Hängen
Kopf	↓	↑
Herz	o	o
Beine	↑	↓

Menschen können durch Änderung des Gefäßdurchmessers den Blutdruck ändern.

Fledermäuse sind zu klein, der Unterschied zwischen Kopf und Fuß ist so gering, dass der Schweredruck des Blutes keine Rolle spielt. *Oder alternativ:* Fledermäuse haben spezialisierte Gefäße im Kopfbereich, die den Druck mindern.

c)

```

graph LR
    A[Abfälle] --> I[Insekten]
    A --> M[Mäuse]
    A --> T[Tauben]
    P[pflanzliche Nahrung] --> I
    P --> M
    P --> T
    I --> F[Fledermäuse]
    M --> E[Eulen]
    M --> K[Katzen]
    T --> K
    
```

(I) Die Fledermauspopulation nimmt ab, weil die Insektenpopulation durch das Zufrieren des Sees gemindert wird.

(II) Die Fledermauspopulation nimmt ab, weil die Schleiereule ohne Mäuse nur noch eine Nahrungsquelle hat und deshalb mehr Fledermäuse fangen muss.

Aufgabe 2:

Probe	Blutgruppe
Probe 1	AB+
Probe 2	O-
Probe 3	O+
Probe 4	B-
Probe A (+/-?)	A+
Probe AB-	AB-

Hinweis: Aus dem Serum von Probe „AB-“ kann man den Rhesusfaktor erschließen: Alles was mit diesem Serum verklumpt, ist Rhesus positiv, was nicht klumpt entsprechend dann negativ.