

# **5<sup>th</sup> INTERNATIONAL JUNIOR SCIENCE OLYMPIAD**

**EXPERIMENTELLE KLAUSUR  
13. Dezember 2008**

International Junior Science Olympiad

**2008**

7 ~ 16 December 2008

**GYEONGNAM KOREA**

## Wichtige Hinweise

1. Die Schutzbrille muss während des gesamten Laboraufenthaltes getragen werden.
2. Essen ist im Labor strengstens verboten. Wenn nötig, kannst du den Laborassistenten fragen und eine kleine Snack-Pause in der Nähe des Labors machen.
3. Von den Teilnehmern wird erwartet, dass sie ordentlich und den Sicherheitsvorschriften entsprechend arbeiten, sich sozial verhalten und die Gerätschaften sowie Arbeitsflächen sauber halten. Unterhalte dich mit deinen Teamkollegen bei der Diskussion ruhig und mit leiser Stimme.
4. Verlasse das Labor nicht ohne Erlaubnis. Frage den Saalassistenten, wenn du auf Toilette gehen musst.
5. **Mit der Arbeit darf erst nach dem Startsignal begonnen werden.**
6. Es stehen **3,5 Zeitstunden** zur Verfügung, um die Experimente durchzuführen, die Ergebnisse zu dokumentieren, auszuwerten und die Fragen im Antwortbogen zu beantworten. Es wird 30 Minuten vor Ablauf der Zeit einen Hinweis geben. Ihr müsst sofort nach dem Stop-Signal mit dem Arbeiten aufhören. Eine Verzögerung der Arbeit von 5 Minuten führt zu eine Punktzahl von Null für die Aufgabe.
7. Überprüft, dass euer Team einen kompletten Satz an Testpapieren erhalten hat: 3 Kopien der Aufgaben und 3 Kopien der Antwortbögen (mit jeweils 4 Arten von Antwortbögen 2 für Experiment I, 1 für Experiment II und 1 für Experiment III). Davon ist 1 Kopie auf weißem Papier als Schmierpapier und eine Kopie auf gelbem Papier, die abgegeben wird. **Gib nur den gelben Antwortbogen ab. Nur dieser wird bewertet.**
8. **Verwende nur den bereitgestellten Stift und Taschenrechner.**
9. Der Teamcode und der Teilnehmercode müssen auf jede Seite der Endversion des Antwortbogens geschrieben werden. **Jedes Team-Mitglied muss auf der ersten Seite der Endversion unterschreiben.**
10. Alle Ergebnisse müssen in die vorgesehenen Felder und Antwortkästchen auf dem Antwortbogen geschrieben werden. Daten, die anderswo stehen, werden nicht bewertet.
11. Stelle nach Beendigung der Versuche alle Geräte auf ihren ursprünglichen Platz zurück.
12. **Legt nach dem Stop-Signal NUR DIE ENDVERSION (gelbe Kopie) der Antwortbögen auf den Umschlag auf dem Tisch. Wartet, bis der Laborassistent diese kontrolliert und eingesammelt hat. Den Rest der Papiere könnt ihr mitnehmen.**

### Prüfungsregeln

1. Alle Teilnehmer müssen 10 Minuten vor Prüfungsbeginn vor dem Prüfungsraum erscheinen.
2. Den Teilnehmern ist es nicht erlaubt, andere Hilfsmittel als ihre persönlichen Medikamente oder medizinische Hilfsmittel mitzubringen.
3. Jeder Teilnehmer muss an dem für ihn oder sie bestimmten Tisch sitzen.
4. Vor Beginn der Prüfung müssen die Teilnehmer die von den Organisatoren zur Verfügung gestellten Hilfsmittel und Schreibutensilien überprüfen (Kugelschreiber, Lineal, Taschenrechner).
5. Jeder Teilnehmer muss die Vollständigkeit der Frage- und Antwortbögen überprüfen. Wenn deine Frage- oder Antwortbögen unvollständig sind, melde Dich. Beginne nach dem Ertönen der Klingel.
6. Während der Prüfung dürfen die Teilnehmer den Prüfungsraum nur in Notfällen verlassen, und auch dann nur in Begleitung einer Prüfungsaufsicht.
7. Die Teilnehmer dürfen andere Teilnehmer nicht belästigen oder die Prüfung stören. Wenn du Hilfe brauchst, melde dich und die Aufsicht wird dir zur Hilfe kommen.
8. Es wird keine Fragen oder Diskussionen zu den Aufgaben geben. Die Teilnehmer müssen an ihrem Tisch bleiben, bis die Prüfungszeit zu Ende ist, auch wenn sie die Prüfung beendet haben oder nicht mehr weiter arbeiten wollen.
9. Am Ende der Prüfungszeit wird es ein Klingelsignal gegeben. Du darfst nichts mehr auf den Antwortbogen schreiben, nachdem die Zeit abgelaufen ist. Alle Teilnehmer müssen den Raum leise verlassen. **Die Frage- und Antwortbögen müssen ordentlich auf dem Tisch liegen gelassen werden.**

## A. Einleitung



Kalmare finden in so unterschiedlichen Küchen wie der koreanischen oder italienischen als Lebensmittel Verwendung. In englisch sprechenden Nationen werden zum Essen zubereitete Kalmare mit dem italienischen Wort „Calamaris“ bezeichnet. Manche Arten von Kalmaren kommen in bestimmten Gebieten in zahlreichen Mengen vor und führen bei Fischereien zu großen Fängen. Der Körpermantel kann als Ganzes zubereitet sowie in kleine Stückchen oder Ringe geschnitten werden. Die Arme, Tentakeln und selbst die Tinte sind verzehrbar; tatsächlich sind die einzigen nicht essbaren Teile eines Kalmars dessen Schnabel und die Kalkschale (im Mantel oben).

Kalmare sind marine Kopffüßer der Ordnung Teuthoidea, die ungefähr 300 Arten umfasst. Wie alle anderen Kopffüßer besitzen Kalmare einen auffallenden Kopf, einen Mantel sowie Fangarme. Sie sind bilateral symmetrisch aufgebaut.

Der Großteil der Körpermasse eines Kalmars ist im Mantel konzentriert, der auf jeder Seite eine Schwimmlappe trägt. Dabei ist zu beachten, dass diese Flossen bei den meisten Arten im Gegensatz zu anderen Meerestieren nicht das hauptsächliche Fortbewegungssystem darstellen. Kopf und Mantel sind mit zwei unterschiedlichen flexiblen, aber festen Strukturen verbunden, die als Haken bezeichnet werden. Die Haut der Kalmare ist mit Farbwechselträgern ausgestattet, die es dem Tier erlauben, seine Farbe an die Umgebung anzupassen. Außerdem ist die Unterseite der Kalmare immer etwas heller als die Oberseite, um sich besser vor Beutetieren sowie vor Räubern tarnen zu können. Kalmare haben 10 Arme: 8 mit Saugnäpfen und 2 lange einziehbare Fangarme.

Unterseitig finden sich am Körper Öffnungen der Mantelhöhle, die die Kiemen (Ctenidia) sowie die Ausscheidungs- und Sexualorgane enthalten. Außerdem befindet sich vorne unten an der Mantelhöhle der Trichter, der den Kalmar durch exakte Wasserstrahl-Ausstöße vorantreibt. Bei

dieser Art der Fortbewegung wird Wasser in die Mantelhöhle eingesaugt und durch die Röhre in einem schnellen, starken Strahl wieder ausgestoßen. Die Ausrichtung des Trichters ist änderbar, so dass die Richtung der Fortbewegung steuerbar ist. Innerhalb der Mantelhöhle liegt auf der anderen Seite des Trichters das Organsystem des Tieres, das mit einer dünnen, membranartigen Haut bedeckt ist. Unter anderem finden sich dahinter alle wichtigen inneren Organe. Kalmare besitzen drei Herzen. Zwei Kiemenherzen umgeben das größere Systemherz, das das Blut in den Körper pumpt. Die Herzen erscheinen leicht grünlich und sind von den Nierenbeuteln umgeben – das eigentliche Ausscheidungssystem des Kalmars. Kalmare besitzen wie alle Kopffüßer ein komplexes Verdauungssystem. Die Nahrung wird in einen muskulösen Magen bewegt, der sich etwa in der Mitte der Organsysteme befindet. Der Nahrungsklumpen wird dann in den Darm weitertransportiert. Dieses lange, weiße Organ wird in direkter Nachbarschaft zu den Eierstöcken oder Hoden gefunden. Schließlich gelangen die Nahrungsreste durch die Verdauungsdrüse. Hier werden Verdauungssäfte zugefügt und Nährstoffe absorbiert. Die Verdauungsdrüse befindet sich beim inneren Trichterende des Kalmars. Das Riesen-Axon des Kalmars, das in größeren Arten bis zu einem Millimeter Durchmesser besitzen kann, innerviert den Mantel und kontrolliert das Wasserausstoßsystem.

Anders als bei Wirbeltieren, die die Form ihrer Augenlinse verändern, um nahe oder ferne Objekte zu fokussieren, nutzen Kalmare ihre Ciliarmuskeln. Mit diesen ziehen sie die Linse hinein, um entferntere Objekte zu sehen, und bewegen die Linse durch Entspannung wieder nach außen, um nahe Objekte genau zu sehen.

## **B. Arbeitsaufträge (sie müssen nicht unbedingt in der vorgegebenen Reihenfolge bearbeitet werden)**

- I. Untersuchung der anatomischen Morphologie eines Kalmars und Angabe der Funktion verschiedener Organe.
- II. Untersuchung von Proben schwarzer Tinten mittels Chromatographie.
- III. Untersuchung des Verhältnisses zwischen Objektabstand und Bildabstand bei einer Linse.

## **C. Geräte und Materialien**

**Hinweis: (Du kannst alle diese Gegenstände mitnehmen, wenn du fertig bist)**

- 1 Bleistift
- 1 Anspitzer
- 1 Zellstoffpapier
- Einweghandschuhe
- 1 30 cm-Lineal
- 1 Taschenrechner
- 1 Laborkittel pro Person
- 1 Schutzbrille pro Person

**Experiment I: Anatomie**

- 1 Präparierbesteck mit Pinzetten, Scheren etc.
- 1 Kalmaratlas
- 1 Präparierschale, belegt mit einer Gummiplatte
- 2 Kalmare

**Experiment II: Chromatographie**

- Probe #1 - #6, jede in einem 2 mL-Gefäß
- 1 graduierter Messzylinder (25 mL)
- 1 Becherglas (300 mL)
- 1 Becherglas (500 mL)
- 2 Uhrgläser
- 1 Chromatographiepapier (2,0 x 40 cm)
- 2 Dünnschichtchromatographieplatten (Kieselgur auf Glas, 5,0 x 20 cm)

**Achtung: Die Kieselguroberfläche nicht mit Fingern berühren.**

- 1 Kapillarröhrchen
- Zahnstocher
- 1 Pinzette
- Ethanol (99,9%), 20 mL
- Destilliertes Wasser, 50 mL
- 1 Pasteurpipette
- Klebeband
- 1 Markierungsstift (= marker pen)

**Experiment III: Auge**

- 1 Optische Bank
- 1 Lichtquelle
- 1 Objekt (mit Pfeil markiertes Plättchen) mit passender Halterung
- 1 Linse mit passender Halterung
- 2 Schirme mit einer Halterung
- Schwarzes Papier zur Abschirmung von Licht
- Zusätzliches Graphenpapier

## D. Experimente und Fragen

### Experiment I: Anatomie

#### Ablauf:

1. Kontrolliere dein Präparierbesteck und deine Präparierschale und vergewissere dich, dass nichts fehlt. Sollte etwas fehlen melde dich sofort beim Saalassistenten (TA).
2. Trage während der ganzen Klausur zur eigenen Sicherheit Schutzkittel, Schutzhandschuhe und Schutzbrille.
3. Führe das Anatomieexperiment genau so aus wie beschrieben.
4. Wenn du mit der Aufgabe fertig bist, unterschreibe zuerst deinen Antwortbogen. Melde dich dann, um den Saalassistenten herzubitten, damit dieser ein Foto von deinem Antwortbogen macht.
  - Solltest du an irgendeiner Stelle Hilfe brauchen, melde dich und warte auf den Saalassistenten.

#### Experimente und Fragen:

##### Durchführung der Präparation der inneren Anatomie des Kalmars

1. Nimm den Kalmar aus dem Behälter und lege ihn in die Präparierschale.
2. Fertige eine maßstabsgerechte, biologische Zeichnung des äußeren Aufbaus des Kalmars an. (Beschriftungen sind nicht notwendig.)
3. Benutze Schere oder Skalpell für deine Präparation, um die inneren Organe herauszupräparieren.

**Vorsicht: Schneide nicht zu tief, weil sonst die inneren Organe beschädigt werden. Skalpelle sind sehr scharf! Wenn du deinen Kalmar aufschneidest, halte das Skalpell so, dass du dir nicht in die Finger oder die Handfläche schneidest.**
4. Identifiziere jedes einzelne Organ, das auf dem Antwortbogen aufgeführt ist, indem du es mit den Abbildungen aus dem Kalmaratlas vergleichst, während du die Präparation durchführst.
5. Entnehme die Organe und lege sie in das entsprechende Feld auf dem Antwortbogen.
6. **Rufe den Saalassistenten für die Bewertung und um ein Foto deines Antwortbogens zu machen.**
7. Säubere deine Präparierschale. Wirf den biologischen Abfall in den dafür vorgesehenen Behälter.

#### Fragen:

- I-1) **Zeichne den äußeren Aufbau des Kalmars. Benutze dafür Antwortbogen I (2 Punkte)**
- yI-2) **Präpariere die inneren Organe und lege sie in die vorbereiteten Felder im Antwortbogen. Nutze dafür Antwortbogen I-2 (jeweils 0,5 Punkte)**

**(Der Saalassistent wird ein Foto von deinem Antwortbogen machen, auf dem deine Teamcode und Unterschrift steht, nachdem er diese überprüft hat.)**

- I-3) Ordne jedem Organ die richtige Funktion zu, indem du die entsprechende Nummer in die Felder einträgst. Benutze dafür Antwortbogen I (jeweils 0,5 Punkte)**



## Experiment II: Chromatographie

Tinte von Kalmaren wird heute immer noch genutzt als Basis für Farbe, die unter Künstlern als Sepia bekannt ist. Sepiatinte wurde bereits im 4. Jahrhundert v. Chr. zum Malen benutzt. Heute wird die chemische Zusammensetzung von Kalmartinte mittels Chromatographie untersucht. Mit Hilfe dieser Methode werden Moleküle in einer Mischung nach ihren Eigenschaften getrennt, so dass Vergleiche der Zusammensetzung verschiedener Tintenarten möglich sind.

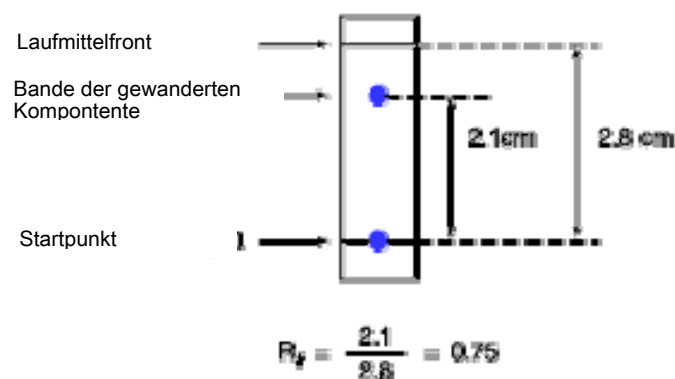
Mittels der Chromatographie werden entweder organische oder anorganische Verbindungen getrennt. Alle Arten der Chromatographie beruhen auf dem gleichen Prinzip: Es gibt eine stationäre Phase (ein Feststoff oder eine einem Feststoff anhaftende Flüssigkeit) und eine mobile Phase (eine Flüssigkeit oder ein Gas). Die mobile Phase strömt durch die stationäre Phase und transportiert die Proben mit ihren verschiedenen Komponenten, die analysiert werden sollen. Verschiedene Komponenten bewegen sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten.

Der Retentionsfaktor ( $R_f$ , Retention=Zurückhalten) ist ein quantitatives Maß dafür, wie weit sich eine bestimmte Komponente mit der mobilen Phase (Laufmittel) bewegt. Der Wert für  $R_f$  ist ein guter Hinweis dafür, ob eine unbekannte Komponente einer bekannten Verbindung ähnelt oder sogar identisch mit ihr ist.

Der Retentionsfaktor  $R_f$  einer spezifischen Komponente ist definiert als der Quotient von  $D_1 / D_2$ , wobei gilt:

$D_1$  = Abstand der gewanderten Komponente zum Startpunkt (gemessen von der Mitte der Bande bis zum Punkt, an dem die Probe aufgetragen wurde)

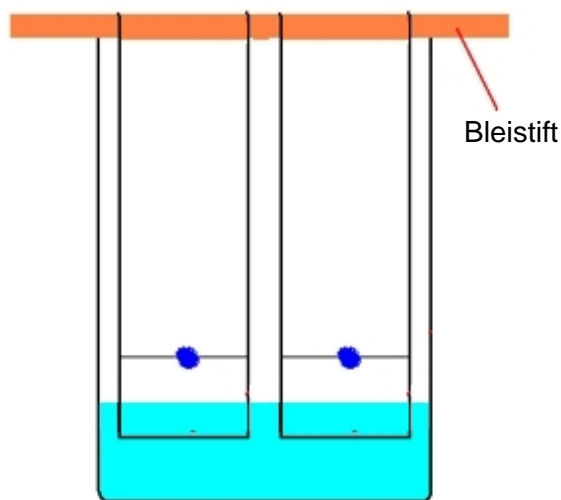
$D_2$  = Abstand der Laufmittelfront zum Startpunkt.



## Aufgabe II-1: Papierchromatographie

Fertige zwei Papierchromatogramme an, eines für Probe #1 und eines für Probe #2 (siehe Abbildung unten):

1. Schneide für jede der beiden Proben einen etwa 10 cm langen Streifen Chromatographiepapier zu.
2. Zeichne mit Bleistift auf jeden Papierstreifen am unteren Ende des Chromatographiepapiers eine Linie.
3. Platziere einen sehr kleinen Tropfen der Tintenprobe auf der markierten Linie. Benutze eine Kapillare oder einen Zahnstocher, um die Probe aufzutragen. Achte darauf, dass du nicht zu viel von der Probe auf einmal aufträgst(=overload), weil sonst die Komponenten nicht mehr effektiv getrennt werden.
4. Füge soviel Wasser in ein 500 mL-Becherglas, dass das untere Ende vom Chromatographiepapierstreifen ins Wasser taucht (siehe Abbildung).
5. Befestige beide Chromatographiepapierstreifen an einem Bleistift und lege den Stift über das 500 mL-Becherglas, so dass die Streifen in das Becherglas reichen.
6. Nimm den Chromatographiepapierstreifen aus dem Becherglas, sobald sich die Laufmittelfront dem oberen Ende des Papierstreifens nähert.
7. Markiere mit Bleistift die Laufmittelfront auf dem Papierstreifen und trockne das Papier.
8. Beschrifte die Chromatographiepapierstreifen mit deinem Teamcode und klebe die Streifen mit Klebeband auf den Antwortbogen.



**II-1. Welche Probe/n enthält/enthalten gelbe Farbkomponenten? (1,5 Punkte)**

- (A) Nur Probe #1
- (B) Nur Probe #2
- (C) Probe #1 und Probe #2
- (D) keine der beiden Proben

**II-2. Welche Probe/n enthält/enthalten rote Farbkomponenten? (1,5 Punkte)**

- (A) Nur Probe #1
- (B) Nur Probe #2
- (C) Probe #1 und Probe #2
- (D) keine der beide Proben

**II-3. Wie viele Farbkomponenten sind in Probe #2 enthalten? Wähle die passenden Buchstaben aus der unten stehenden Farbliste und trage diese in den Antwortbogen ein. (1,0 Punkte)**

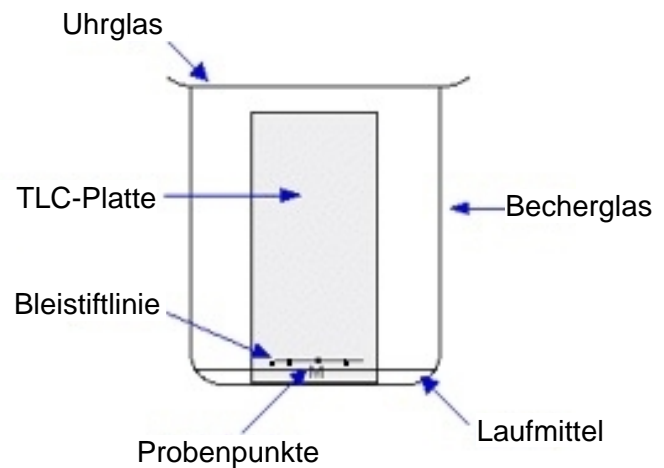
- |          |          |             |            |
|----------|----------|-------------|------------|
| (A) Rot  | (B) Gelb | (C) Blau    | (D) Orange |
| (E) Grün | (F) Lila | (G) Schwarz |            |

**Aufgabe II-2: Dünnschichtchromatographie**

Für Dünnschichtchromatographie (TLC=Thin layer chromatography) benutzt man als stationäre Phase eine Glasplatte, die mit einer dünnen, homogenen Schicht von Kieselgur (=silica gel) oder Aluminium überzogen ist. Die mobile Phase besteht aus einem geeigneten Laufmittel oder einer Mischung verschiedener Laufmittel. Du erhältst zwei TLC-Platten mit den Maßen 5,0 cm x 10 cm, die mit weißer Kieselgur beschichtet sind. **Gib acht, dass du die Kieselguroberfläche der Platte nicht mit deinen Fingern berührst!**

1. Markiere jeweils am unteren Ende der Platte mit Bleistift eine Linie, auf der du dann jeweils einen sehr kleinen Tropfen der verschiedenen Proben aufträgst. Platziere auf der ersten TLC-Platte von links nach rechts jeweils die Proben #1 bis #4. Auf der zweiten TLC-Platte platziere ebenfalls von links nach rechts jeweils die Proben #5 sowie #6 und trage zusätzlich einen Punkt mit dem zur Verfügung gestellten Markierungsstift (=marker pen) auf.

2. Lass die aufgetragenen Proben trocknen und stelle anschließend die Platte in ein 300 mL-Becherglas mit etwas Ethanol (siehe Abbildung). Bedecke das Becherglas mit einem Uhrglas. (Falls die Probenpunkte nicht gut trocknen, kannst du einen Fön benutzen. Einen Fön erhältst du auf Anfrage vom Saalassistenten.)



3. Beachte, dass wenn das Laufmittel (=solvent) langsam auf der Platte nach oben wandert, die einzelnen Komponenten der Probenmischung sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewegen und die Mischung in unterschiedliche Farbflecken getrennt wird. Nimm die TLC-Platte aus dem Becherglas, sobald sich die Laufmittelfront dem oberen Ende der Platte nähert.
4. Markiere mit Bleistift die Laufmittelfront.
5. Schreib deinen Teamcode mit Bleistift oben auf die TLC-Platten.

**II-4. Nutze deine TLC-Daten und teile die Proben #1 bis #6 in Gruppen ein.**

**(0,5 Punkte für jede korrekte Antwort)**

**II-5. Sieh dir das TLC-Chromatogramm von Probe #1 an. Wie viele Farbkomponenten sind in Probe #1 enthalten? Wähle die passenden Buchstaben aus der unten stehenden Farbliste und trage diese in den Antwortbogen ein. Bestimme für jede Farbkomponente den  $R_f$ -Wert. (2,5 Punkte)**

- |          |          |             |            |
|----------|----------|-------------|------------|
| (A) Rot  | (B) Gelb | (C) Blau    | (D) Orange |
| (E) Grün | (F) Lila | (G) Schwarz |            |

**II-6. Sieh dir das TLC-Chromatogramm von der schwarzen Tinte des Markierstiftes (=marker pen) an. Wie viele Farbkomponenten sind in der Tinte enthalten? Wähle die passenden Buchstaben aus der unten stehenden Farbliste und trage diese in den Antwortbogen ein. Bestimme für jede Farbkomponente den  $R_f$ -Wert. (2,5 Punkte)**

- (A) Rot                      (B) Gelb                      (C) Blau                      (D) Orange  
(E) Grün                      (F) Lila                      (G) Schwarz

**II-7. Der Retentionsfaktor  $R_f$  einer Bande enthält Informationen über die Affinität der Substanz, die chromatographiert wird, einerseits zur Platte sowie zum Eluenten (=Laufmittel). Welche Kombination von Farbkomponente und stationärer Phase bei der TLC würde den größten Retentionsfaktor ergeben, wenn ein polares Lösungsmittel verwendet wird? (1, 0 Punkte)**

- (A) polare Farbkomponente auf polarem TLC-Adsorbant (stationäre Phase)  
(B) unpolare Farbkomponente auf polarem TLC-Adsorbant (stationäre Phase)  
(C) polare Farbkomponente auf unpolarem TLC-Adsorbant (stationäre Phase)  
(D) unpolare Farbkomponente auf unpolarem TLC-Adsorbant (stationäre Phase)

6. Sobald du das TLC-Experiment vollständig abgeschlossen hast, hebe deine Hand und ein Saalassistent wird deine Platten einsammeln.

## Experiment III: Auge

Augen sind Organe, die dazu dienen, Licht zu detektieren und Signale über den optischen Nerv an den visuellen Cortex sowie an andere Bereiche des Gehirns zu übertragen. Es gibt viele verschiedene Arten von Augen. Ein Beispiel für ein sehr weit entwickeltes Auge ist das menschliche Auge, das ähnlich wie eine Kamera aufgebaut ist. Daher werden Augen dieser Art als „kameraartige Augen“ bezeichnet. Kameraartige Augen können bei Wirbeltieren und Kopffüßern beobachtet werden. Bei Fischen und Kopffüßern kann sich die Linse im Auge vor und zurück bewegen, um ein Bild auf der Netzhaut (Retina) zu erzeugen.

In diesem Versuch sollst du ein System ähnlich dem Auge eines Kalmars untersuchen. Durch das Hin- und Herschieben einer Linse könnt ihr dabei fokussieren und ein Bild erzeugen.

### Zusammenhang zwischen Bild und Objekt (Zusammenhang von $b$ und $g$ )

#### Durchführung der Experimente

- 1) Stelle die Lichtquelle an ein Ende der optischen Bank.
- 2) Befestige einen der Schirme an der Lichtquelle. Er dient dazu, das Licht teilweise auszublenden und so ein schärferes Bild zu ermöglichen.
- 3) Stelle den Gegenstand (das Objekt) nah an die Lichtquelle auf die optische Bank.
- 4) Stelle die Konvexlinse auf die Mitte der optischen Bank.
- 5) Stelle den zweiten Schirm so weit wie möglich vom Gegenstand entfernt auf die optische Bank.
- 6) Erzeuge ein scharfes Bild des Gegenstandes auf dem Schirm, indem du die Linse verschiebst. Du wirst zwei Positionen der Linse finden, bei denen ein scharfes Bild entsteht. Bei der einen ist das Bild vergrößert, bei der anderen verkleinert. Führe für beide dieser Positionen die folgenden Schritte aus
  - a. Trage den Abstand zwischen Gegenstand und Linse ( $g$ ) im Antwortbogen ein.
  - b. Berechne den reziproken Wert von  $g$  und trage den Wert von  $1/g$  im Antwortbogen ein.
  - c. Trage den Abstand zwischen Linse und Bild ( $b$ ) im Antwortbogen ein.
  - d. Berechne den reziproken Wert von  $b$  und trage den Wert von  $1/b$  im Antwortbogen ein.
  - e. Trage die Größe des Gegenstandes ( $G$ ) im Antwortbogen ein.
  - f. Trage die Größe des Bildes ( $B$ ) im Antwortbogen ein.
  - g. Berechne die Vergrößerung des Bildes ( $V=B / G$ ) und trage sie im Antwortbogen ein.
- 7) **III-1) Verschiebe den Schirm in Richtung des Objekts und wiederhole die Schritte in 6). Nimm insgesamt für mindestens 5 unterschiedliche Abstände zwischen Gegenstand und Schirm Werte auf (den ursprünglichen Abstand eingeschlossen). (6 Punkte)**
- 8) **III-2) Finde den Wert für die Gegenstandsweite ( $g$ ) und die Bildweite ( $b$ ) für den Fall, dass die Vergrößerung gleich 1 ist. (1,0 Punkte)**

**Aufgaben:**

- III-3) Zeichne einen Graphen für  $1/b$  über  $1/g$ . (3 Punkte)  
Trage eine Ausgleichsgerade in den Graphen ein. (0,5 Punkte)**
- III-4) Bestimme die Steigung der Ausgleichsgeraden und ihren Schnittpunkt mit der  $1/b$ -Achse. (1,0 Punkte)**
- III-5) Die Brennweite der Konvexlinse ist der reziproke Wert von diesem Schnittpunkt. Bestimme die Brennweite der in diesem Experiment verwendeten Linse. (0,5 Punkte)**

**Das menschliche Auge**

Im menschlichen Auge wird die Krümmung der Linse verändert, um ein scharfes Bild auf der Netzhaut zu erzeugen. Diese Variation der Brennweite der flexiblen Linse wird Akkomodation genannt.

Die Akkomodation erlaubt es dem Auge, ein scharfes Bild von Gegenständen auf der Netzhaut zu erzeugen, die zwischen dem sogenannten Nah- und Fernpunkt liegen. Ein normalsichtiger junger Erwachsener hat seinen Nahpunkt bei 25 cm und seinen Fernpunkt im Unendlichen. Das menschliche Auge ist etwa kugelförmig mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 25 mm.

- III-6) Verwende die Werte für einen jungen Erwachsenen und deine experimentellen Ergebnisse, um die Brennweite der Linse im menschlichen Auge für den Nahpunkt zu bestimmen. (0,5 Punkte)**
- III-7) Bestimme die Brennweite der Linse im menschlichen Auge für den Fernpunkt. (0,5 Punkte)**