Zeitschrift: Jahrbuch der Sekundarlehrerkonferenz des Kantons Zürich

Herausgeber: Sekundarlehrerkonferenz des Kantons Zürich

Band: - (1923)

Artikel: Biologische Schülerübungen und Demonstrationsversuche zur Lehre vom menschlichen Körper

Autor: Höhn, Walter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-819499

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.09.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Biologische Schülerübungen und Demonstrationsversuche zur Lehre vom menschlichen Körper.

Zusammengestellt von
Walter Höhn
Sekundar-Lehrer
Zürich 6

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
I. Aufbau der lebenden Organismen aus Zellen	1
II. Knochen und Knorpel	2
III. Muskeln und Sehnen	5
IV. Gehirn und Nerven	6
V. Bau und Funktion der Haut	6
VI. Der Geschmack	11
VII. Der Geruch	12
VIII. Das Gehör	12
IX. Der Gesichtssinn:	
A. Das Sehorgan	13
B. Das Sehen	14
C. Das Sehen mit zwei Augen	17
D. Die Lichtempfindung	18
E. Die Raumtäuschungen des Sehsinnes	20
X. Die Ernährung:	
A. Menge der aufgenommenen Nahrung	22
B. Eiweißhaltige Nahrungsmittel	23
C. Stärkehaltige Nahrungsmittel	28
D. Zuckerhaltige Nahrungsmittel	29
E. Wasser- und Mineralsalze in unseren Nahrungsmitteln	30
F. Das Trinkwasser	31
XI. Die Verdauung:	
A. Mechanik der Verdauung	33
B. Chemie der Verdauung	34
XII. Das Blut:	
A. Die Bestandteile des Blutes	39
B. Der Kreislauf des Blutes	42
C. Versuche am eigenen Körper	44
D. Das Herz der Säugetiere	45
XIII. Die Atmung:	
A. Die Luft und ihre Bestandteile	46
B. Die Lunge und der Atmungsvorgang	49
C. Messung der Atmungsgrößen	50
XIV. Die Nieren	52

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit soll dem Lehrer eine Wegleitung geben, bei der Behandlung des menschlichen Körpers die Schüler zur aktiven Mitarbeit heranzuziehen. Dies kann erreicht werden durch Einflechtung von passenden biologischen Übungen. Die in Gruppen eingeteilten Schüler einer Klasse führen unter Anleitung des Lehrers eigene Beobachtungen und Untersuchungen durch. Sie vertiefen dadurch das Verständnis des vom Lehrer gebotenen Stoffes und erarbeiten sich wichtige Erfahrungen über Lebensvorgänge im menschlichen Organismus. Der hohe erzieherische Wert dieser Arbeitsmethode ist heute so allgemein anerkannt, daß ich darüber kein Wort zu verlieren brauche. Ich verweise hier nur auf die trefflichen Ausführungen von Kollege F. Rutishauser im Vorwort seiner „Chemischen Schülerübungen",*) wo auch über Organisationsfragen ausführlich berichtet wird.

Meine Zusammenstellung ist nicht als Minimalprogramm aufzufassen. Je nach den chemisch-physikalischen Vorkenntnissen der Schüler wird der Lehrer die ihm geeignet scheinenden Uebungen auswählen.

Diejenigen Experimente, welche sich wohl ausschließlich nur als Demonstrationsversuch durch den Lehrer ausführen lassen, sind mit * bezeichnet. Der raschen Orientierung wegen habe ich ferner sämtliche Untersuchungen mit dem Mikroskop durch **Mi.** hervorgehoben. Der relativ hohen Klassenbestände, sowie der großen Kosten wegen muß vorläufig auf die individuelle Verwendung des Mikroskopes verzichtet werden. Dagegen gebrauche man es in weitestem Maße zur Demonstration. Absichtlich weggelassen habe ich den Abschnitt über erste Hilfeleistung bei Unglücksfällen, da dieses Kapitel eingehend im obligatorischen Lehrmittel von Dr. H. Meierhofer behandelt wird. Ich möchte hier die Durchführung dieser Übungen ganz besonders empfehlen.

*) Im Verlag Orell-Füßli.

Bei der Zusammenstellung der Versuche benutzte ich als Grundlage hauptsächlich das „Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden“, herausgegeben von Abderhalden, und Schulz „Praktikum der physiologischen Chemie“. In methodischer Hinsicht verdanke ich die wertvollsten Anregungen den Arbeiten von Kräpelin, Bastian Schmid, Schäffer, Rein und Schneider. Die Stoffanordnung entspricht ungefähr derjenigen im Lehrmittel von Dr. H. Meierhofer.

Die erste Voraussetzung zur Erteilung eines erfolgreichen Biologieunterrichtes ist, daß der Schüler über einen Grundstock von chemisch-physikalischen Kenntnissen verfügt. Ohne diese Grundlage scheint mir ein Verständnis der wichtigsten Lebenserscheinungen der Organismen unmöglich, da sich uns dieselben vorwiegend als chemisch-physikalische Vorgänge offenbaren. Unser bisheriger Lehrplan widerspricht dieser Forderung. Heute stehen wir vor einer Revision des Gesamtlehrplanes. Ich bin wohl nicht der einzige, der den Wunsch äußert, die Stoffverteilung im Naturkundunterricht möchte so geregelt werden, daß Chemie und Physik den biologischen Fächern vorangestellt werden. In welcher Weise dies geschehen könnte, darüber wird noch zu reden sein.

Zürich, im Januar 1923.

Walter Höhn.

I. Aufbau der lebenden Organismen aus Zellen.

Material: Moosblätter, Holundermark, Schlamm aus Moortümpeln, Hühnerei, Objektträger, Deckgläschen, Lupe, Mikroskop, Rasiermesser, Teelöffel, Seife, dest. Wasser, Glasröhrchen, Becherglas, Teller.

1. Bette Moosblättchen der Gattung Mnium, Funaria, Calypogeia auf einem Objektträger in einen Wassertropfen. Deckglas darüber.

a) Betrachte zunächst von bloßem Auge gegen das Licht. Man bemerkt deutlich ein Netzwerk von Zellen.

b) Verwende eine Lupe.

c) Betrachte unterm Mikroskop.

2. **Mi.** Stelle mit einem Rasiermesser (gebrauchte Gilletteklingen!) Querschnitte durch Holundermark oder krautige Pflanzenstengel her und betrachte sie bei stärkerer Vergrößerung. Zellgewebe.

Empfehlenswert ist, sich stets einen getrockneten Vorrat der oben genannten Moose zu halten. Reiches Material an Pflanzenzellen enthält der Schlamm aus dem Grunde von Torftümpeln. Für Demonstrationszwecke hält man eine kleine Schlammportion in einem Fläschchen mit absolutem Alkohol.

3. **Mi.** Zur Beobachtung von Tierzellen eignen sich Amöben. Man schabt die Oberfläche faulender Blätter aus Tümpeln oder Aquarien mit einem Messerchen und bringt den feinen Schlamm in einen Wassertropfen auf dem Objektträger. Deckglas. Im Mikroskop zeigen sich durchsichtige Kugeln, welche allmählich Protoplasmafortsätze aussenden und zu wandern beginnen. Ein Zellkern ist deutlich sichtbar. Zur Beschaffung von Amöben kann man auch Deckgläschen sorgfältig auf die Wasseroberfläche eines Gefäßes mit faulenden Pflanzen legen. Nach einiger Zeit haben sich Amöben drangeheftet.

4. **Mi.** Schabe mit einem Teelöffel etwas Schleim von der Zunge oder der Innenseite der Wange und bringe einen Tropfen davon auf den Objektträger. Deckglas. Unterm Mikroskop erkennt man mit Leichtigkeit kugelige Schleimzellen mit deutlichem Kern.

5. Blase mit einem Glasröhrchen in eine Seifenlösung (dest. Wasser, geschabte Kernseife) und erzeuge einen Schaum. Künstliche Zellen ohne Inhalt.

6.*Versuche auf einem Objektträger mit Hilfe eines Rasiermessers größere Amöben zu halbieren. Kernlose Teile gehen zugrunde, kernhaltige dagegen leben weiter.

7. Auf ein Untertellerchen wird ein rohes Hühnerei geschlagen. Das Eigelb stellt eine Riesenzelle dar, erfüllt vom Protoplasma. Das helle Keimbläschen entspräche dem Zellkern.

II. Knochen und Knorpel.

Material: frische Knochen, Knochenasche, Glasschale mit Deckel, Glasstäbe, Reagensgläser, Brenner, Trichter, Filter, Erlenmeyer, Pappe, Gummischlauch, Plastilin, HCl, Kalkwasser, HNO_3, Lakmuspapier, Essigsäure, Ammoniumoxalat-, Ammoniummolybdatlösung, H_2SO_4 konz., Alkohol.

8. Verbrenne ein Stück Knochen im Ofen. Untersuche die Struktur der zurückgebliebenen Knochenasche.

9. Uebergieße etwas Knochenasche im Reagensglas mit verdünnter Salzsäure. Halte mit einem Glasstab einen Tropfen Kalkwasser über die Mündung des Gläschens. Das Kalkwasser wird getrübt, da Kohlensäure entweicht.

10. Lege ein Knochenstück in verdünnte Salzsäure (1:4) und lasse 24 Stunden stehen. Die Mineralbestandteile gehen unter sichtbarer Entwicklung von Kohlendioxyd in Lösung. Die organischen Bestandteile bleiben als Knochenknorpel zurück. Lege denselben in reines Wasser, das öfters erneuert wird, bis die Säure weggewaschen ist. Siede im Reagensglas einen Teil des Knorpels in wenig Wasser. Bildung von Knochenleim. Lasse erkalten, der Leim erstarrt.

11. Erhitze ein Stücklein frischen Knochens im Reagensglas. Die eintretende Schwärzung deutet auf den Gehalt an organischen Substanzen.

12. *Mengenverhältnis von Knochenasche und organischer Substanz.* Wäge ein größeres Knochenstück, das von anhaftenden Fleischpartien sauber gereinigt ist und glühe es auf einem starken Kohlenfeuer im Ofen vollständig aus. Nimm die Knochenerde vorsichtig heraus, lasse abkühlen und wäge wieder. Berechne aus dem Gewichtsverlust den Gehalt an organischer Substanz.

13. *Die Bestandteile der Knochenasche. Phosphor und Kalzium.* Frische Knochen werden 24 Stunden in verdünnter Salzsäure liegen gelassen; die zurückbleibenden Knorpelmassen werden entfernt. Versetze die Salzsäurelösung so lange mit Ammoniak, bis basische Reaktion eintritt (Lakums), gleichzeitig bildet sich ein Niederschlag. Mit Essigsäure wird

die Lösung wieder angesäuert, wobei der NH_3-Niederschlag sich bis auf einen geringen flockigen Rest löst. Filtriere.

Gib zum Filtrat im Reagensglas Ammoniumoxalat im Ueberschuß. Es erfolgt ein Niederschlag von oxalsaurem Kalzium. Filtriere die zuletzt erhaltene getrübte Flüssigkeit und prüfe, ob das Filtrat auch bei erneutem Zusatz von Ammoniumoxalat klar bleibe — es muß alles Kalzium ausgefällt sein. Füge zum klaren Filtrat Ammoniak, bis Lakmus sich blau färbt. Es bildet sich ein kristallinischer Niederschlag von Ammoniummagnesiumphosphat.

Löse den Filterniederschlag der zuerst ausgeführten Filtration in verdünnter Salzsäure. Versetze einen Teil der erhaltenen Lösung mit gelöstem gelbem Blutlaugensalz. Die eintretende Berlinerblaureaktion rührt her vom Blutgehalt der Knochen. Blut enthält Eisen.

Kalzium läßt sich auch nachweisen, indem man zu einem Teil der salzsauren, filtrierten Lösung der Knochenerde im Reagensglas zuerst einige Tropfen konzentrierter Schwefelsäure und hierauf einige Tropfen absoluten Alkohols mit Hilfe von Pipetten fügt. Es bildet sich ein weißer Niederschlag von Kalziumsulfat.

Phosphorsäure kann auch so nachgewiesen werden, daß zur salzsauren Lösung im Reagensglas etwas Ammoniummolybdat und Salpetersäure im Ueberschuß gegeben wird. Bei ganz gelindem Erwärmen bildet sich rasch ein gelber Niederschlag von phosphorsaurem Ammoniummolybdat.

14. *Der mikroskopische Aufbau* wird an Dauerpräparaten studiert, die wohl in den meisten Schulsammlungen vorhanden sind. Mit einiger Uebung kann man aber auch selbst brauchbare Dünnschliffe herstellen.

*Säge von Knochen, die lange im Freien oder im Wasser gelegen, mit der Laubsäge ein dünnes Plättchen weg. Streiche dasselbe mit dem Finger über einen flachen Abziehstein, reinige mit Wasser und trockne gut. Poliere dann die Fläche, indem du sie gleichfalls mit dem Finger auf einem straff gespannten, mit Kreidepulver gepuderten Hirschleder reibst. Reinige die polierte Fläche auf einem sauberen Stück Hirschleder. Mit Hilfe von Siegellack wird jetzt die polierte Fläche auf einen Kork gekittet. Hierauf wird die noch rauhe Fläche auf dem angefeuchteten Abziehstein gerieben, bis das Blättchen durchscheinend ist. Reinigen und polieren wie vorher. Die Ablösung von Siegellack erfolgt durch Einlegen in Benzin

oder Alkohol. Ein Dauerpräparat wird hergestellt, indem man einfach den Dünnschliff unter Deckglas auf einen Objektträger bringt und die Ränder mit Lack verkittet.

15. *Stereomodell eines Knochenstückes.* Auf zwei Seitenflächen eines vierseitigen Pappeprismas zeichnet man je einen Knochenlängsschnitt und auf die Deckfläche den passenden Querschnitt.

16. *Gelenkmodelle.* Zwei Glasstäbe werden durch ein kurzes Stück Gummischlauch miteinander verbunden. Funktion der Gelenkkapsel.

Stelle aus Pappe ein Modell des Ellenbogengelenkes her, wobei die Bedeutung des Ellenfortsatzes veranschaulicht werden soll.

*Verbinde zwei Lineale durch ein kleines Metallscharnier zur Veranschaulichung des Scharniergelenkes. Kugelgelenke, die sich vorzüglich zur Demonstration eignen, finden sich häufig an Stativen für Photographenapparate.

17. **Drucklinien.* Zersäge die Oberschenkelknochen von Schlachttieren längs und auch quer. Suche den Verlauf der namentlich im Gelenkskopf deutlichen Drucklinien auf einer Skizze darzustellen.

18. **Die Wirkung des Luftdruckes auf Kugelgelenke.* Bestreiche die Innenseite eines Glastrichters mit Vaseline und befestige denselben mit Hilfe einer Klemme am Stativ. Drücke eine Elfenbein- oder polierte Holzkugel in den Trichtergrund und sauge mittels eines mit Klemme versehenen Gummischlauches, in dessen einem Ende der Trichter steckt, die Luft heraus. Die Kugel wird in den Trichtergrund gepreßt. Ist die Kugel mit einem Haken versehen, so lassen sich noch Gewichte anhängen.

19. *Zähne und Gebiß.* Wertvoll für vergleichende Betrachtung sind Sammlungen von Zähnen des Menschen und verschiedener Säugetiere sowie Schädel mit wohlerhaltenen Gebissen.

**Quer- und Längsschnitte durch Zähne.* Kitte einen Zahn mit Siegellack auf einen Flaschenkork und schleife ihn auf einem angefeuchteten, glatten Stück Sandstein ab, bis eine charakteristische Schnittfigur sich zeigt. Man poliert in gleicher Weise wie in Versuch 14.

20. *Temperatur und Zahnschmelz.* Erhitze eine Glasröhre an einem Ende und kühle sie rasch ab durch Eintauchen

in kaltes Wasser. Netzstruktur von Rissen. Aehnliche Wirkung beim raschen Wechsel von kalten und heißen Speisen.

21. *Arbeiten in Plastilin.* Modelliere einen Wirbel mit Bogen, Dorn- und Querfortsätzen, einen Fischwirbel, Schneide-, Eck- und Backenzahn, Oberarmknochen mit Gelenkskopf.

III. Die Muskeln und Sehnen.

Material: gekochtes Rindfleisch, Froschschenkel, Schweinsfüßchen, KOH, Gedärme vom Frosch, Mikroskop, Dauerpräparate von Muskelfasern.

22. *Betrachte die Muskulatur frisch enthäuteter Pelztiere. Beachte Farbe und Form der einzelnen Muskeln, die Sehnen, die Muskelschläuche.

23. **Mi.** Betrachtung fertiger Dauerpräparate von quergestreiften und glatten Muskelfasern. Zeichnung.

24. ***Mi.** *Quergestreifte Muskelfasern.* Von einem Froschschenkel wird ein dünnes Oberflächenscheibchen mit der Schere herausgeschnitten und auf dem trockenen Objektträger unter häufigem Anhauchen mit Hilfe zweier Nadeln zerzupft. Füge einen Tropfen physiologischer Kochsalzlösung hinzu und lege ein Deckglas darüber. Betrachte das Präparat unterm Mikroskop. Durch Zusatz von Essigsäure werden die spindelförmigen Kerne sichtbar.

25. Beobachte an einem ausgekochten Stück Rindfleisch, wie die Muskeln aus Bündeln und diese aus Fasern zusammengesetzt sind.

26. **Glatte Muskelfasern.* Lege ein Stück Darmwand des Frosches oder einer jungen Taube in Kalilauge (1:2). Nach einer Stunde ist das Stückchen durch Umrühren mit einem Glasstab zum Zerfall zu bringen. Bringe vom Bodensatz eine Probe mittels einer Pipette auf dem Objektträger in verdünnte Kalilauge und bedecke mit einem Deckgläschen. Im Mikroskop werden bei starker Vergrößerung die isolierten glatten Muskelfasern sichtbar.

27. *Präparation von Schweinsfüßchen.*

Material: Teller oder Küvette, Skalpell, Schere.

Betrachte zunächst die äußern Merkmale: Haut, Behaarung, Gliederung. Suche die Zahl der Gelenke festzustellen. Welche Art von Gelenken muß vorhanden sein? Schneide die

Haut durch einen Längsschnitt auf. Beachte, ob eine Schichtung derselben wahrnehmbar sei. Entferne die Haut ringsum und lege die Sehnen und Bänder frei. Prüfe ihre Zugfestigkeit. Durchschneide dann die Bänder, um die Gelenke auseinanderlegen zu können. Suche Gelenkskopf und Gelenkspfanne, Gelenksknorpel. Man verwende auch Hühnerfüße zu Präparationszwecken.

IV. Gehirn und Nerven.

Material: Kalbsgehirn, Küvette, Messer, Mikroskop, Dauerpräparate von Nervenzellen, Kabelstück, Bleistiftbund.

28. *Betrachtung des Gehirnes eines Kalbes.* Stelle das Gewicht fest. Beachte auf der Oberseite das Großhirn mit der Scheitelfurche, die Hauptwindungen, Riechlappen, Kleinhirn. Kehre das Gehirn so um, daß die Unterseite sichtbar wird. Suche das verlängerte Mark, die Brücke, Endigungen von Gehirnnerven. Beobachte ferner eventuell vorhandene Gehirnhäute mit Blutgefäßen. Lege einen symetrischen Längsschnitt. Zirbel. Graue Rinde.

29. **Mi.** Betrachte im Mikroskop fertige Dauerpräparate von Schnitten aus der Gehirnrinde und dem Rückenmark, Nervenquerschnitte, Nervenzellen.

30. **Modelle.* Zur Veranschaulichung des innern Baues eines Nervs dient ein Kabelstück oder ein Bleistiftbund.

31. Vergleiche die herauspräparierten und in Alkohol aufbewahrten Gehirne von Fisch, Frosch, Taube, Kaninchen.

V. Bau und Funktionen der Haut.

Material: Lupe, Glasplatte, Wattebausch, Druckerschwärze, weisses Papier, Spiegel, Brenner, Pinzette, Kobaltpapier, blaues Lakumspapier, Dauerpräparate, Mikroskop, Plastilin.

32. *Hautlamellen und Schweißporen.* Betrachte mit der Lupe Ober- und Unterseite der Hand und der Finger. Beachte den Verlauf der Lamellen am Handballen und an den Fingerbeeren. Wenn die Hände warm sind, bemerkt man deutlich in jeder Schweißpore ein Tröpfchen.

33. Zerreibe auf einer Glasplatte mit einem in Papier gewickelten Wattebausch etwas Druckerschwärze. Drücke die Fingerbeere drauf und presse sie sodann auf ein glattes, weißes Papier. Betrachte den Fingerabdruck mit der Lupe. Die Poren sind deutlich erkennbar. Die Porenzahl pro Lamelle bleibt bei jedem Menschen konstant. Verwendung in der Kriminalpolizei.

34. *Die Haut als Ausscheidungsorgan.* Lege die innere Handfläche auf einen kalten, glänzenden Gegenstand (Spiegel). Nach kurzer Zeit beobachtet man beim Wegheben einen Niederschlag von Schweiß.

35. Fasse einen Streifen Kobaltpapier mit der Pinzette und trockne denselben über einer Flamme, bis er tiefblau gefärbt ist. Fasse den Streifen hernach zwischen Daumen und Zeigfinger. Die Berührungsstelle wird rot gefärbt infolge Wasserausscheidung.

36. *Saure Reaktion des Schweißes.* Halte ein blaues Lakumspapier zwischen Daumen und Zeigfinger. Durch Säuren, die im Schweiß enthalten sind, wird der Streifen rot gefärbt.

37. **Mi.** Betrachte fertige Dauerpräparate von Schnitten durch die Haut mit Schweiß- und Talgdrüsen und Haaren. Skizze!

38. *Arbeiten in Plastilin.* Versuche ein Stück der Haut aus dem Zentrum der Fingerbeere in stark vergrößertem Maßstab zu modellieren, um den Verlauf der Lamellen und die Lage der Schweißporen zu veranschaulichen.

Die Bedeutung der Fettschicht.

Material: Butter, Speck, Bechergläser, Brenner, Drahtgitter, Stativ, Dreifuß, Thermometer, Schnee oder Eis, Kochsalz, Leinwandlappen, siehe ferner Abb. 1.

39. *Fett als schlechter Wärmeleiter.* Ein Becherglas wird gut zur Hälfte mit Wasser gefüllt und auf ein Drahtgitter mit Asbesteinlage gestellt. Die ganze Einrichtung wird auf einen Dreifuß oder auf einen am Stativ festgeklemmten Ring gelegt. Mittels einer Klemme wird darüber ein Thermometer befestigt, dessen Hg-Kugel ins Wasser taucht. Nun erwärmt man die Flüssigkeit vorsichtig auf etwa 60° C. Hierauf wird das Thermometer herausgenommen, abgetrocknet und auf Zimmertemperatur abgekühlt. Brenner weg. Jetzt nehmen wir die Taschenuhr zur Hand und zählen Sekunden. Mit 0 wird das Thermometer eingetaucht. Wir stellen das rasche Steigen

der Hg-Säule fest (Zahl der Teilstriche pro Sekunde) infolge der Wärmeleitung durch das Glas hindurch.

Das Thermometer wird wieder abgetrocknet und abgekühlt wie vorhin. Die Hg-Kugel und 3—4 cm Röhrenstück darüber umhüllt man jetzt mit einer dünnen Schicht Butter, oder man steckt die Hg-Kugel in ein Stück Speck, das eine passende Höhlung besitzt. Wiederum wird das Thermometer eingesenkt ins warme Wasser. Beobachte an Hand der Uhr das Steigen des Hg-Fadens.

Schneide unter Wasser ein Stücklein des Fettmantels ab, sodaß das Wasser die Glaskugel berührt. Was tritt sofort ein?

40. Aus Schnee und Kochsalz oder geschabtem Eis und Kochsalz wird eine Kältemischung in einem Glasstutzen hergestellt. Um den Wärmeschutz der Fettschicht zu zeigen, wird mit Thermometer und Butter oder Speck nach der oben beschriebenen Versuchsanordnung verfahren.

(Fettreichtum der Säuger der Polarmeere).

41. * *Wärmeentzug durch Luft und Wasser.* Man verschließe zwei gleichgroße Reagensgläser mit einfach durchbohrten Gummipfropfen und stecke durch die beiden Verschlüsse gleichlange, zweimal rechtwinklig gekniete Glasröhren, von denen der eine Schenkel etwa viermal länger ist als der andere. Mit Hilfe eines doppeltdurchbohrten Korkes klemmt man die als Thermoskop dienenden Apparate an ein Stativ und läßt die Öffnungen der langen Schenkel in ein Gefäß mit Eosinlösung eintauchen. Mit Hilfe eines zweiten Statives läßt man die Reagensgläser in einen Becher mit Wasser eintauchen. Durch Kochen des letztern wird ein Teil der Luft vertrieben. Wenn man nach einiger Zeit das Kochgefäß entfernt, so kühlt sich die Luft in den Reagensgläsern ab und zieht sich zugleich zusammen. Die gefärbte Flüssigkeit steigt ziemlich gleichmäßig in beiden Röhren. Kühlt man aber das eine Probierglas durch Eintauchen in Wasser von Zimmertemperatur ab, so steigt die gefärbte Flüssigkeit in diesem Steigrohr bedeutend schneller. Der Wärmeentzug durch Wasser muß demnach viel größer sein als durch Luft. (Abb. 1.)

42. *Wärmeentzug durch Verdunstung.* Umhülle von zwei Thermometern mit gleichen Temperaturangaben die Kugel des einen mit dünnem Stoff. Durchtränke denselben mit Wasser, dessen Temperatur gleich derjenigen der Luft ist. Nach kurzer Zeit ist der Stand der beiden Instrumente verschieden, da durch Verdunstung Wärme verbraucht wurde.

43. Strecke zwei Finger, von denen der eine vorher benetzt wurde, in die Luft. Kältegefühl im befeuchteten infolge Verdunstung. (Erkältungsgefahr beim Schwitzen).

Der Hautsinn.

Material: Wachs, Hölzchen, Kopfhaar, Pferdehaar, Borste, Tinte, Zirkel, Stricknadel oder Nagel, Flasche mit erhabener Schrift, Gewichtsatz, Erbsen, Aether, Wanne, Thermometer, Brenner, Maßstab. Uhrschale.

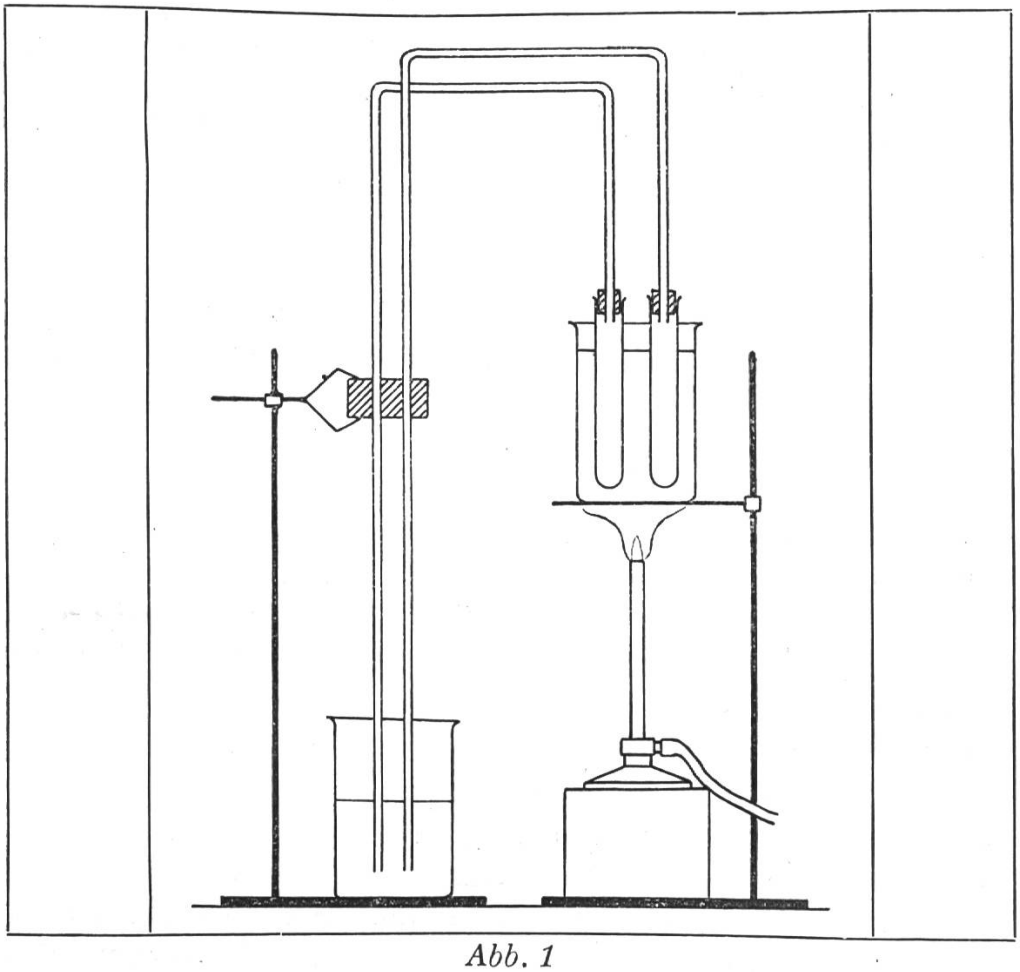


Abb. 1

44. *Druckpunkte.* Befestige ein Menschenhaar mit Wachs an einem Stäbchen. Suche durch Abtasten der Haut die Druckpunkte auf an verschiedenen Körperstellen.

45. *Schmerzpunkte.* Mit Hilfe einer Schweinsborste oder eines kräftigen Pferdehaares werden neben den Druckpunkten auch die Schmerzpunkte der Haut aufgefunden.

46. *Kältepunkte.* Mit einer Stricknadel oder einem Nagel, die durch einen Korkpfropfen gesteckt wurden, sucht man die Kältepunkte auf (Empfindung von einem aufgelegten Eisstücklein). Markiere die Stellen mit Tusche.

47. *Wärmepunkte.* Erwärme die Nadel und suche auf den gleichen Stellen der Haut nach Wärmepunkten. Bezeichne sie mit roter Tinte.

48. Zum Nachweis der *Gelenksempfindungen* werden die Arme bei geschlossenen Augen in irgend eine vorgeschriebene Lage gebracht. Hernach Kontrolle durch Öffnen der Augen.

49. *Räumliche Tastvorstellungen.* Mit einem Zirkel untersucht man, wie weit die beiden Spitzen entfernt sein müssen, bis deutlich zwei Spitzen bei gleichzeitigem Auflegen derselben gespürt werden. Ein Schüler dient als Versuchsperson und schließt die Augen, ein anderer betastet dessen Haut an Fingerspitzen, Handrücken, Unterarm, Genick, Kopfhaut. Die Spitzen sollen zunächst geschlossen sein, dann entferne man sie immer mehr voneinander. Miß die Abstände.

50. Die erhabene Schrift einer Flasche wird bei geschlossenen Augen mit den Fingern „gelesen". (Erklärung der Blindenschrift).

51. Bei geschlossenen Augen soll die Dicke verschiedener Gegenstände durch Betasten geschätzt, notiert und nachgemessen werden. Bestimme die Größe der Fehler.

52. *Täuschungen.* Lege den Mittelfinger über den Zeigfinger, daß derselbe gekreuzt wird. Rolle bei geschlossenen Augen mit den beiden Fingerspitzen eine Erbse auf dem Tische hin und her. Wie viele Erbsen spürst du? (2).

53. Drei Becken werden mit Wasser gefüllt, das im ersten eine Temperatur von 8^0, im zweiten 15^0 und im dritten etwa 30^0 besitzt. Tauche die linke Hand in das erste, die rechte in das dritte Becken. Nach einiger Zeit werden beide Hände in das mittlere Becken gelegt. Welche Empfindungen werden in den beiden Händen ausgelöst?

54. *Das Weber-Fechnersche Gesetz.* Einem Schüler werden die Augen verbunden. Man gibt ihm eine Uhrschale in die rechte Hand, welche er auf einer Tuchunterlage auf dem Tisch auflegt. Setze 100 gr in die Schale und lasse einmal bis zur Augenhöhe heben und wieder auf den Tisch zurück. Lege 101 gr auf und lasse wiederum heben. Wird ein Unterschied bemerkt? (Nein). Jetzt kommt wieder das Normalgewicht dran. Dann werden 105 gr aufgelegt. Prüfung und immer wieder Probe mit Normalgewicht 100 gr. Bei wieviel gr wird ein Unterschied bemerkt? (Ca. 120 gr).

Wiederhole den Versuch mit einem Anfangsgewicht von 50 gr. Bei wieviel gr wird ein Unterschied wahrgenommen? (Ca 60 gr).

Leite ein Gesetz ab. (Man muß ungefähr einen Fünftel des vorhandenen Gewichtes zulegen, um einen Unterschied zu bemerken).

VI. Der Geschmack.

Material: Filtrierpapier, Glasstab, Zuckerlösung, Weinessig, Kochsalz, Aloë, Magnesiumsulfat, Eis, Trockenelement, zwei silberne Löffel, Kupferdraht, Plastilin.

55. *Lokalisierung der Geschmacksempfindungen.* Trockne mit einem sauberen Filtrierpapier die Zunge. Betupfe mittels eines Glasstabes, an welchem ein Tropfen Zuckerwasser haftet, die mittlere Zungenoberfläche (keine Geschmacksempfindung). Bringe in gleicher Weise je einen Tropfen auf die hintere Zungenfläche, auf die Zungenspitze, an den Rand der Zunge. In den drei letzten Fällen tritt Geschmacksempfindung ein.

56. Stelle durch eine Kostprobe von Weinessig, Kochsalzlösung, Zuckerlösung, Wermutaufguß oder Aloë die vier Hauptqualitäten des Geschmackssinnes fest, indem jeweils mit Hilfe eines Glasstabes nur Spuren der betreffenden Flüssigkeiten auf die Zunge gebracht werden. Sorgfältiges Abtrocknen mit Filtrierpapier nach jeder Kostprobe unerläßlich!

57. Koste eine starke Lösung von Bittersalz ($Mg\ SO_4$), indem du mit dem Glasstab einige Tropfen auf die Zunge bringst. Koste darauf frisches Quellwasser. Dieses schmeckt süß.

58. *Geschmackssinn und Temperatur.* Kühle die Zunge mit einem Stückchen Eis und koste hierauf kalte 20-prozentige Zuckerlösung und hernach warme Zuckerlösung von gleichem Gehalt. Wärme erhöht die Geschmacksempfindung.

59. *Galvanischer Strom und Geschmack.* Befestige je einen silbernen Löffel an den Enden zweier kupferner Leitungsdrähte, welche zu den Polen eines schwachen galvanischen Elementes führen. Fasse den einen Löffel mit der angefeuchteten Rechten und berühre mit dem andern die Zungenspitze, hernach werden die Löffel gewechselt. Der + Pol ruft an

der Zunge eine saure, der — eine seifenähnliche Empfindung hervor.

60. *Arbeiten aus Plastilin.* Forme eine umwallte Papille, eine Zunge mit Einzeichnung der umwallten Papillen.

VII. Der Geruch.

Material: Siehe Versuch 61, Zwiebel, Apfel, Rose.

61. *„Chemische Analysen.“* Bringe getrennt in kleine Medizinfläschchen geringe Mengen folgender Stoffe: Aether, Benzin, Alkohol, Terpentin, Petrol, Teer, Ammoniak, Kalziumkarbid, Vanille, Rosenwasser, Pfefferminz, Zimmt etc. Die Schüler sollen mit Hilfe des Geruches den Inhalt benennen.

62. **Geruch oder Geschmack?* Eine Versuchsperson schließt die Augen und halte mit den Fingern die Nase zu. Gib ihr zuerst ein Stück Zwiebel und hernach ein Apfelstück zu kauen. Sie kann nicht mit Sicherheit sagen, was man ihr gegeben hat. Wird die Nasenatmung freigegeben, so werden die Stoffe sofort erkannt.

63. Prüfe, ob beim Riechen eines Stoffes, z. B. einer Rose beim Anhalten des Atems der Geruch auch wahrgenommen wird. Die Geruchsempfindung hört auf, wenn die Nasenatmung aussetzt.

VIII. Das Gehör.

Material: Saiteninstrument, Stimmgabel, berußte Glasscheibe, Wachs, Schweinsborsten, Teller, Plastilin.

64. *Leite an einem Streich- oder Zupfinstrument die Begriffe Tönhöhe, Tonstärke ab.

65. Zeige, daß eine tönende Stimmgabel Schwingungen ausführt, indem du an einem Zinken einen Metallstift befestigst und über eine berußte Glasscheibe fährst.

66. *Drücke bei einem Klavier auf das Pedal rechts, sodaß der Dämpfer von den Saiten gehoben wird. Singe einen kräftigen Ton in den Resonanzkasten hinein und lausche. Das Klavier gibt den gleichen Ton wieder, und zwar schwingen nur ganz bestimmte Saiten, welche den Ton selbst, oder dessen Obertöne wiederzugeben vermögen. Aehnlich haben wir uns vorzustellen, daß bei der Tonempfindung nur auf einen ge-

wissen Ton abgestimmte Partien des Cortischen Organs mitschwingen, während die übrigen Teile in Ruhe verharren.

67. *Leitung des Schalles durch die Knochen.* Berühre mit regelmäßigen Unterbrechungen deine oberen Schneidezähne mit einer Uhr. Bei Berührung ist das Ticken sehr deutlich wahrnehmbar. Setze desgleichen eine angeschlagene Stimmgabel auf deinen Kopf.

68. *Wirkung des statischen Organs.* Kitte mit Hilfe von Wachs einige Schweinsborsten auf den Grund eines Tellers, sodaß dieselben senkrecht emporstreben. Schneide die Haare dem Tellerrand eben ab. Fülle mit Wasser und laß einige Wachskügelchen darin schwimmen. Drehe den Teller um seine Achse. Während die Borsten mit dem Teller sich bewegen, bleiben Wachskügelchen und Flüssigkeit infolge des Beharrungsvermögen am selben Orte. Die Borsten geraten dadurch in Berührung mit den Wachskügelchen (Statolithen).

69. *Plastilinarbeiten.* Modelliere die Gehörknöchelchen, das Labyrinth nach Abbildungen oder fertigen Modellen.

IX. Der Gesichtssinn.

A. Das Sehorgan.

Material: Aus einem Schlachthof werden eine Anzahl Ochsenaugen bezogen; Küvette, Schere, Messer, Nadel, Pinzette, bedrucktes Papier, Kerze, Papierschirm, Millimeterstab, Schnee oder Eisstücke, Ammoniumchlorid.

70. *Untersuchung eines Wirbeltierauges.*

a) Äußere Merkmale: Form, Größe. Beobachte die Hornhaut, Regenbogenhaut, Pupille. Unterscheide die Bindehaut von der weißen Haut. Suche die Zahl und Anordnung der Augenmuskeln festzustellen. Der Sehnerv ist als kurzer Stiel inmitten von Fettpolstern zu entdecken. Skizziere Vorder- und Seitenansicht des Ochsenauges.

b) Innerer Bau. Entferne zunächst die Augenmuskulatur mit Hilfe von Schere und Pinzette. Lege das Auge auf die Hornhaut und führe mit der Schere einen kreisförmigen Schnitt rings um den Sehnerv in etwa 2 cm Abstand. Betrachte zuerst das herausgeschnittene Stück und beachte die zähe, dicke, weiße Haut, die mittlere Aderhaut mit Pigment und Blutgefäßen und die zartrosafarbene Netzhaut. Diese läßt sich leicht ablösen und bleibt dann nur noch an der Stelle des blinden Fleckes haften. Betrachte den

andern Teil des Präparates. Ueberraschend ist der Blick in die hintere Augenkammer. Durch den kristallklaren, gallertigen Glaskörper schimmert der schwarzpigmentierte Strahlenkörper, in dessen Zentrum die Linse als scharfbegrenzter Kreis wahrzunehmen ist. Bei heller Unterlage sind die Ränder der Pupille als Oval deutlich in die Linse gezeichnet. Bevor die letztere herauspräpariert wird, öffne man noch die vordere Augenkammer durch einen seitlichen Schnitt in die Hornhaut. Die wässerige Flüssigkeit spritzt heraus.

Durchschneide jetzt die Augenhaut an zwei gegenüberliegenden Stellen in der Richtung gegen die Hornhaut und stülpe den Augapfel um. Der Glaskörper samt der Linse wird sorgfältig losgelöst und die Linse isoliert. Bestimme die physikalische Linsenform, beachte die Verschiedenheit der Krümmungsradien und rekonstruiere die Lage im Auge. Miß die beiden Achsen und berechne die Linsenquotienten, indem du den Durchmesser mit dem Abstand der gewölbten Flächen (Dicke) dividierst. Skizziere Grund- und Aufriß. Lege die Linse auf ein bedrucktes Papier. Die Zeichen werden vergrößert. Verdunkle das Zimmer, halte die Linse zwischen eine brennende Kerze und einen Papierschirm. Durch richtiges Einstellen kann ein umgekehrtes Bild erzeugt werden. Zerdrücke die Linse mit den Fingern, sie ist geschichtet.

71. *Schnitt durch ein Auge.* Stelle mit Schnee oder zerkleinerten Eisstücken und Ammoniumchlorid oder Kochsalz eine Kältemischung her und lasse darin ein Wirbeltierauge gefrieren. Halbiere es, indem du ein Messer in der Richtung einer Medianebene aufsetzest und mit einem Hammer einen Schlag darauf führst.. Suche die einzelnen Teile festzustellen.

B. Das Sehen.

Material: Optische Bank, Kamera, Ochsenauge, Ölpapier, Zeichenpapier, Pappe, Nadel, weißer Faden, Zündholzschachtel, Stereoskop.

72. *Veranschauliche mit Hülfe einer optischen Bank im verdunkelten Zimmer die Wirkung der Augenlinse. Der Versuch läßt sich mit Kerze, bikonvexer Linse und Pappeschirm auf jedem Tisch ausführen.

73. *Veranschauliche an einer photographischen Kamera die Bildumkehrung, angeborene Kurz- und Weitsichtigkeit infolge eines zu langen oder zu kurzen Augapfels, die Wirkung der Irisblende. Zeige, daß wie beim Auge beim Einstellen

auf nahe Gegenstände die entfernten undeutlich erscheinen und umgekehrt.

74. **Das Dunkelkammerbild des Auges.* Schneide an einem ganz frischen Ochsenauge, dessen Hornhaut noch ungetrübt ist, ein kleines Stück der hintern Augenwand unter Wasser heraus, sodaß ein Teil des Glaskörpers freigelegt wird. Lege über die Öffnung ein Ölpapier und halte das Auge in einem verdunkelten Raume vor eine brennende Kerze. Auf dem Papier erscheint in passender Entfernung ein verkleinertes, umgekehrtes Bild der Flamme.

75. *Der blinde Fleck.* Zeichne auf ein weißes Blatt ein Kreuzlein und rechts daneben in etwa 8 cm Abstand einen schwarzen Tupfen von 1 cm Durchmesser. Fixiere mit dem rechten Auge, während das linke geschlossen ist, das Kreuz und ändere dabei fortwährend die Entfernung des Papiers vom Auge. In einem Abstand von 25—30 cm verschwindet der schwarze Kreis, da sein Bild auf den blinden Fleck fällt.

76. *In den Raum projizierte Aderfigur* (Purkinjesche Figur). Bewege in einem dunkeln Raume in der rechten Hand ein Licht schief rechts vor dem Kopfe in vertikaler Richtung auf und ab. Im dunkeln Zimmer nimmt man eine baumartig sich verästelnde, schwarze Figur wahr. Das Bild rührt her von Blutgefäßen, die vor der Zapfenschicht der Retina liegen müssen. Die Schatten dieser Äderchen werden auf die Netzhaut geworfen, wodurch wir sie wahrnehmen können und sie zugleich räumlich nach außen verlegen. Die Aderfigur kann auch wahrgenommen werden, wenn man einen schwarzen, dünnen Karton mit einer Nadel durchsticht und das Löchlein dicht vor dem Auge zitternd rasch hin und her bewegt, während man gegen den hellen Wolkenhimmel blickt.

77. *Ein Druck auf den Augapfel wird als Lichtreiz empfunden.* Drücke bei geschlossenen, vom Fenster abgewandten Augen mit dem Zeigfinger seitlich auf den Augapfel. Man nimmt einen Lichtring wahr (Phosphen des Aristoteles).

78. *Der Pupillenreflex.* Zwei Versuchspersonen werden einander so gegenüber gesetzt, daß die eine gegen das Licht schaut, während die andere diesem den Rücken kehrt und als Beobachter funktioniert. Die erste Person bedeckt mit beiden Händen die Augen, um jeden Lichtzutritt zu verunmöglichen. Nach etwa 2 Minuten werden die Hände rasch weggezogen und die Augen offen gegen das Licht gewendet. Der Beobachter

stellt fest, wie die weit geöffneten Pupillen sich rasch verengern. Zeichne die Pupillen des Katzenauges in Tag- und Nachtstellung. Eine Person kann die Versuche auch allein ausführen, indem sie sich in einem Spiegel beobachtet.

79. *Die gleichartige Bewegung beider Pupillen.* Verdunkle nur das eine Auge und halte das andere offen. Die Pupille erweitert sich auch beim unbedeckten und verengt sich wieder, wenn das andere Auge belichtet wird.

80. *Pupillenreflex ohne Spiegel und Hilfsbeobachter.* Durchloche ein Stück eines blauen Heftumschlages mit einer Nadel. Halte das Papier mit dem Loche nahe vor das eine Auge, ohne daß das andere verdeckt wird. Man erblickt eine hellbeleuchtete Kreisfläche, welche bedeutend größer erscheint als das Nadelloch. Dieser Kreis würde noch bedeutend größer erscheinen, wenn nicht die Randstrahlen durch die Regenbogenhaut abgeblendet würden. Schließe das unbedeckte Auge und blicke durch das Nadelloch gegen eine schwache und kurz darauf gegen eine stärkere Lichtquelle. Sofort verkleinert sich der Fleck infolge des Pupillenreflexes.

Schaue mit dem rechten Auge durch den Karton gegen eine Lichtquelle und halte das linke Auge zunächst unbedeckt. Verdunkle dann das linke Auge, sofort wird der Lichtkreis rechts größer infolge der Mitbewegung der Pupille. Lasse wieder Licht ins linke Auge treten: der Lichtkreis verkleinert sich.

81. *Die Anpassung der Linsen* (Akkommodation). Schließe das eine Auge und fixiere einen in bequemer Sehweite aufgestreckten Finger oder Bleistift. Ein Gegenstand, welcher in weiterer Entfernung direkt dahinter gesehen wird, erscheint verschwommen. Halte den Finger ruhig und fixiere jetzt den entfernten Gegenstand. Der Finger erscheint nun verschwommen.

82. *Die Sehweite.* Befestige an einer Wand, an welcher ein schwarzes Tuch oder Papier angeheftet ist, einen weißen Faden von 4—5 m Länge. Visiere mit einem Auge über den angestreckten Faden, indem du das freie Ende mit dem Zeigfinger an das untere Augenlid drückst. Ein Kurzsichtiger sieht den Faden an beiden Enden breit verschwommen und nur ein kurzes Stück nahe dem Auge als scharfe Linie. Normal- und Weitsichtige, sowie richtig Bebrillte sehen nur das Anfangsstück verbreitert und spitz zulaufend, sonst den übrigen Teil scharf.

C. Das Sehen mit zwei Augen.

83. *Doppelbilder.* Stelle in einer Entfernung von 1 m einen Gegenstand (Zündholzschachtel, Kreide) auf. Halte in 20 cm Abstand den Zeigefinger so vor die Augen, daß dahinter der Gegenstand sichtbar ist. Fixiere den Zeigfinger mit beiden Augen. Der Gegenstand dahinter erscheint doppelt, links und rechts vom Finger. Fixiere jetzt den Gegenstand. Der Zeigfinger erscheint doppelt, wiederum zu beiden Seiten des fixierten Objektes.

Fixiere einen Gegenstand mit beiden Augen und drücke mit einem Finger auf ein unteres Augenlid, sodaß der eine Augapfel etwas aus seiner Lage verschoben wird. Sofort wird ein Doppelbild erzeugt. Aus den beiden Versuchen folgt, daß jedes Auge ein eigenes Bild erzeugt, die nur dann zu einem einzigen verschmolzen werden, wenn die Netzhautbilder an entsprechenden Stellen entstehen.

84. *Drehung der Augenachsen.* Eine Versuchsperson fixiere in 1 m Entfernung einen Gegenstand, welcher von einer zweiten Person den Augen der ersten langsam genähert wird. Die Drehung der Augäpfel nach innen ist deutlich sichtbar.

85. *Körperliches Sehen.* Betrachte eine Streichholzschachtel aus 30 cm Entfernung. Halte den Kopf ruhig und schließe abwechslungsweise das linke und das rechte Auge. Vergleiche und skizziere die Ansichten der Schachtel, die das linke und das rechte Auge ergeben. Sie sind verschieden, indem das linke Auge nur die linke, das andere nur die rechte Seitenfläche neben der Vorderfläche sieht.

86. *Stereoskopbilder.* Betrachte die beiden flächenhaften stereoskopischen Zeichnungen in Abb. 2 so, daß du aus etwa

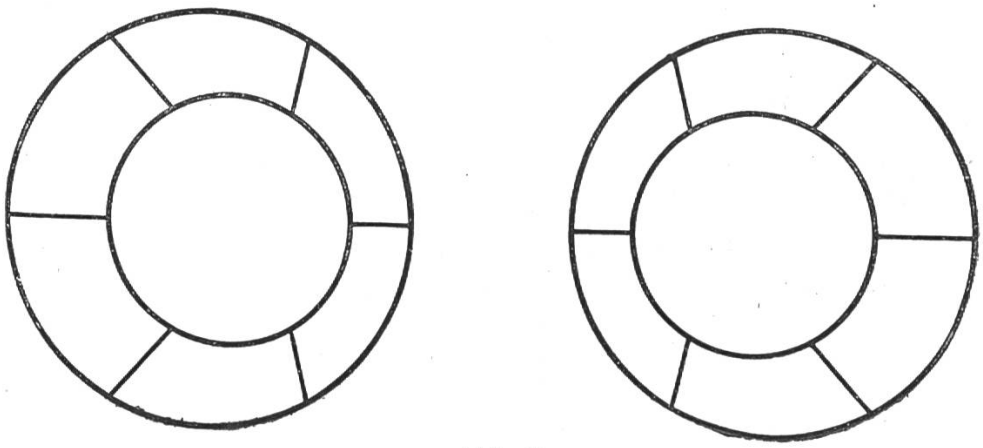


Abb. 2.

20 cm Entfernung die linke Augenachse auf die linke Figur richtest, die rechte auf die andere. Man sucht dabei den Blick so einzustellen, als würde man in die Ferne schauen. Im günstigen Moment schieben sich die beiden Figuren übereinander und man glaubt, einen von oben gesehenen Kegelstumpf vor sich zu haben. Gelingt der Versuch nicht leicht, so bringt man zwischen Nasenrücken und Bildmitte einen Karton, sodaß jedes Auge nur eine der beiden Zeichnungen sehen kann.

Betrachte mit Hilfe eines käuflichen Stereoskopes photographische Stereoaufnahmen und vergleiche die plastische Wirkung mit der Flächenhaftigkeit der einzelnen Bilder.

87. *Wichtigkeit beider Augen beim Entfernungsschätzen.* Eine Versuchsperson, welche ein Auge geschlossen hält, wird aufgefordert, einen Bleistift, den man in wechselnden Abständen vor ihrem geöffneten Auge einstellt, von der Seite her mit der Spitze des Zeigfingers zu berühren. In den meisten Fällen wird der Bleistift nicht getroffen. Man lasse den Versuch wiederholen bei beiderseits geöffneten Augen.

88. *Bedeutung des indirekten Sehens.* Rolle zwei Zeichnungsblätter zu Röhren und halte dieselben an beide Augen, daß das indirekte Sehen ausgeschlossen ist. Versuche auf diese Weise im Zimmer umherzugehen. Man fühlt sich infolge der geringen Orientierungsmöglichkeit sehr unbeholfen.

D. Die Lichtempfindung.

Material: Spektroskop, Glasprismen, Schwungmaschine, Farbenscheiben, farbige Papiere, Taschenlampe, Pappe, Faden, Zeichenpapier, rotes Tuch.

89. **Das Spektrum.* Die Zerlegung des weißen Tageslichtes in die Spektralfarben wird am schönsten durch ein kleines Schulspektroskop vorgeführt. Ferner benutze man Prismen, durch welche die Umgebung betrachtet wird. Besonders auffällig wird die Erscheinung, wenn die Umstände es erlauben, einen direkten Sonnenstrahl durch ein Glasprisma im verdunkelten Zimmer zu schicken. Farbige Skizze!

90. **Die optische Mischung der Regenbogenfarben gibt weiß.* Versetze die in jeder Schulsammlung enthaltenen Farbenscheiben mit Hilfe der Schwungmaschine in Rotation. Zeige, daß auf gleiche Weise zwei Komplementärfarben (rot und blaugrün, gelb und indigoblau, gelbgrün und violett, grün und purpur) weiß ergeben.

91. **Farbenblindheit.* Bemale weiße Papierstreifen mit grüner, roter, blauer und gelber Farbe in verschiedenen Ab-

stufungen. Man prüfe die Schüler in erster Linie auf das Unterscheidungsvermögen von Rot und Grün, da bei Rotgrünblindheit die genannten Farben die gleichen Empfindungen hervorrufen und von den Betroffenen nicht voneinander unterschieden werden können. Selten sind die Gelbblau- und die absolute Farbenblindheit. Bedeutung für den Signaldienst.

92. **Nachbilder.* Bewege eine glühende Kohle, eine brennende Taschenlaterne im Dunkeln rasch im Kreise herum. Man nimmt einen glühenden Kreis wahr, da die Lichtempfindung den Reiz überdauert. Betrachte ferner leuchtende Gegenstände einige Sekunden lang und schließe dann die Augen. Das Bild wird noch einige Zeit wahrgenommen.

93. Male auf die eine Seite einer kreisrunden Pappescheibe einen Pfeil und auf die andere einen Ring. Mit Hilfe von zwei Schnüren oder dünnen Drähten, die man diametral am Rande der Scheibe befestigt und zwischen Daumen und Zeigfinger dreht, wird der Karton in Rotation versetzt. Der Pfeil scheint den Ring zu durchdringen. In den genannten Fällen handelt es sich um positive Nachbilder (Kinematographie).

94. *Kontrasterscheinungen.* Betrachte während 2 Minuten ein an eine gut beleuchtete Wand angeheftetes weißes Zeichnungsblatt, auf welches eine schwarze Kreisfläche gemalt ist. Entferne dann das Papier rasch und fixiere ungefähr den gleichen Punkt an der leeren Wand. Man nimmt einen weißen Kreis in dunklem Rechteck wahr. (Negatives Nachbild). Blicke nach einem anderen Punkt der Wand. Das Nachbild wandert mit. Verändere die Entfernung von der Wand. Je größer der Abstand wird, umso größer erscheint das allmählich erblassende Nachbild.

95. Hefte eine rote Quadratfläche an die Wand und fixiere wieder 2 Minuten. Entferne das Blatt. An der Wand erscheint ein grünes Quadrat. Kehre den Versuch um, indem du eine grüne Fläche fixierst. Das Nachbild ist rot.

Führe den Versuch mit gelben und blauen Flächen durch.

96. Nähere einem 3 cm breiten grauen Papierstreifen von beiden Seiten je einen großen weißen Bogen bis zur Berührung mit demselben. Der graue Ton scheint dunkler geworden zu sein. Nähere nachher auf gleiche Weise zwei schwarze Bogen. Der graue Streifen erscheint heller.

97. Bedecke einen Tisch mit einem leuchtend roten Tuch und lege einen grauen Papierring in dessen Mitte. Dieser er-

scheint grünlich. Bei kleinerer Farbunterlage bedeckt man den Papierring noch mit einem durchscheinenden Seidenpapier.

98. Schneide aus grauem Papier zwei römische V, deren Schenkel 1 cm breit sind. Schwärze die eine Hälfte eines weißen Bogens mit Tusche und klebe die beiden V symmetrisch auf die helle und dunkle Fläche, daß sie sich mit der Basis auf der Trennungslinie der Felder berühren. Die Streifen erscheinen verschieden getönt.

E. Die Raumtäuschungen des Sehsinnes.

Die folgenden Versuche lassen sich am besten so durchführen, daß die Figuren auf Tafel 1 mit Tusche groß und kräftig auf weiße Bogen gezeichnet werden. So wird es leicht möglich sein, alle Schüler einer Abteilung gleichzeitig dieselbe Beobachtung ausführen zu lassen.

99. Errichte im Mittelpunkte einer wagrechten Strecke a eine Senkrechte b von gleicher Länge (Tafel 1, Fig. 1). Die senkrechte wird für länger gehalten.

100. Eine gegebene Strecke (Tafel 1, Fig. 2) wird durch einen Punkt halbiert. Teile die Strecke b durch kurze senkrechte Striche in 4—8 Teile. Die Hälfte b erscheint größer als a.

101. Auf einer Geraden werden zwei gleiche Strecken a und b abgetragen und nach Tafel 1, Fig. 3 begrenzt. Das Stück b erscheint größer als a.

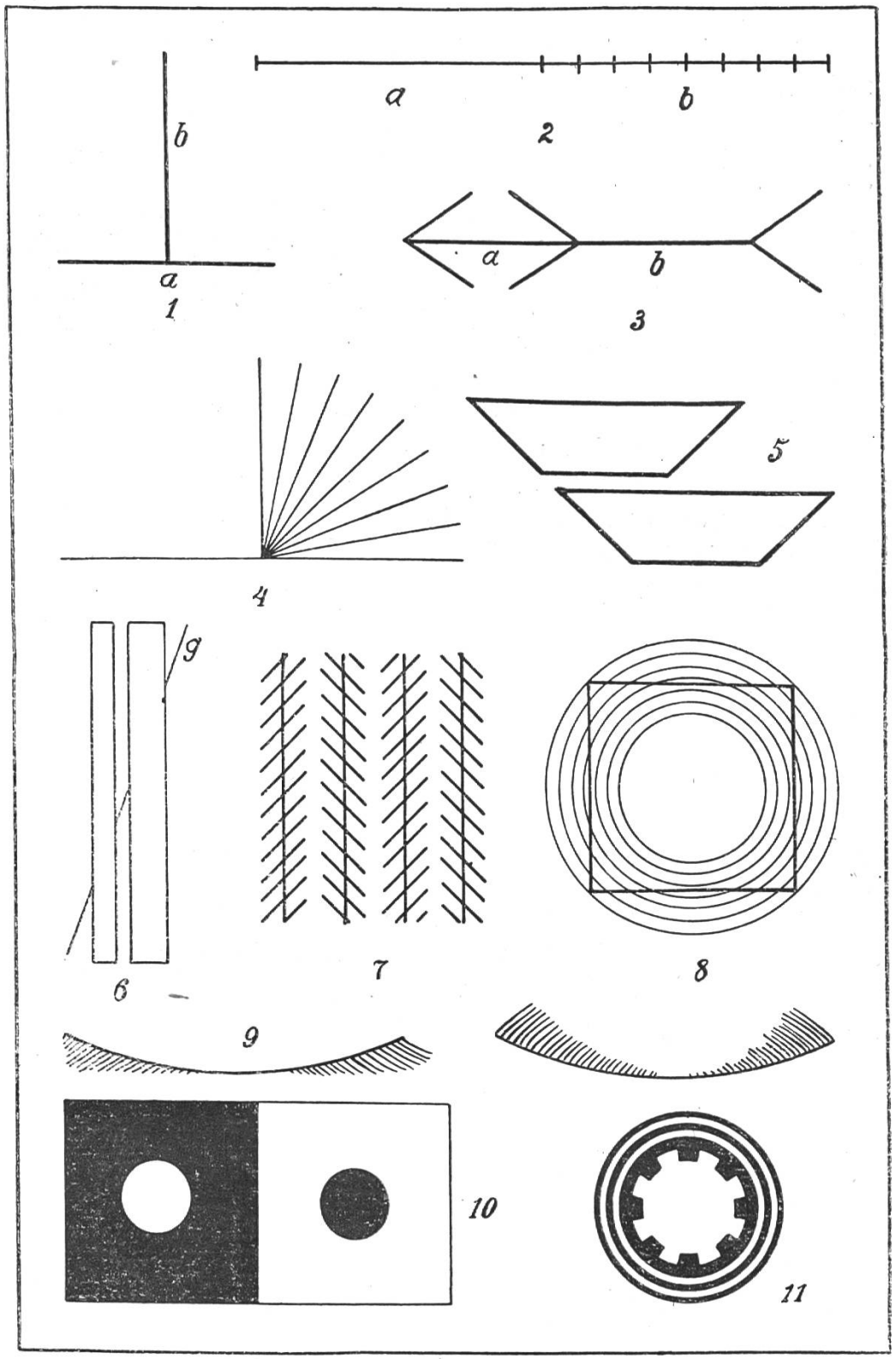
102. Ein gestreckter Winkel wird halbiert und einer der erhaltenen rechten Winkel noch in 8 Teile geteilt (Talel 1, Fig. 4). Der geteilte rechte Winkel erscheint größer als 90^0.

103. Schneide aus weißem Papier zwei kongruente, gleichschenklige Trapeze und füge dieselben auf schwarzem Grunde nach Anordnung in Tafel 1, Fig. 5 zusammen. Das untere erscheint größer.

104. Ziehe durch zwei schmale, parallel angeordnete Rechtecke eine Transversale unter einem Winkel von etwa $38—40^0$ derart, daß die Gerade durch die Flächen unterbrochen wird (Tafel 1, Fig. 6). Die Transversale erscheint gebrochen und die einzelnen Stücke verschoben.

105. Konstruiere fünf Parallele und schneide sie nach Tafel 1, Fig. 7 mit kurzen Transversalstücken. Die Parallelen scheinen zu divergieren resp. zusammenzulaufen.

106. In den größten Kreis einer Serie von konzentrischen Kreisen wird ein Quadrat eingeschrieben (Tafel 1, Fig. 8). Die Seiten desselben erscheinen nach innen gekrümmt.



Tafel 1

Optische Täuschungen.

107. Von den zwei in Tafel 1, Fig. 9 dargestellten gleichen Bogenstücken erscheint das rechts stärker gekrümmt zu sein.

Als Erklärung für die Urteilstäuschung Fig. 1—4 ist beizufügen, daß die Größerschätzung durch die vergleichsweise erhebliche Schwierigkeit des Betrachtens verursacht wird, während eine Erleichterung im Betrachten zum Kleinerschätzen verleitet. So ist z. B. in Fig. 1 die abmessende Augenbewegung von oben nach unten schwieriger auszuführen als diejenige von links nach rechts, da bei der letztern vier Augenmuskeln tätig sind, bei der erstern nur zwei. Bei Fig. 5—7 beruht der Schätzungsirrtum auf der unbewußten Erwartung einer Fortsetzung der transversalen Liniensysteme. Bei Fig. 8 handelt es sich um einen Krümmungskontrast, indem eine Gerade, die an eine Krumme sich anschließt, öfters in entgegengesetztem Sinne gebogen erscheint.

108. Von den in Tafel 1, Fig. 10 dargestellten gleichgroßen Kreisflächen erscheint die weiße infolge von Ueberstrahlung größer.

109. *Bewegungstäuschungen.* Bewege die in Fig. 11 dargestellte Radfigur im Kreise links herum. Das weiße Zahnrad scheint sich nach rechts zu drehen.

Beachte die Bewegungstäuschungen, wenn du a) vom Innern eines ruhenden Eisenbahnwagens einen auf dem Nebengeleise langsam anfahrenden Zuges betrachtest, b) von einer Brücke in fließendes Wasser hinabblickst, c) den Mond hinter fahrenden Wolken beobachtest.

110. *Arbeiten in Plastilin:* Modelliere die beiden Augäpfel mit den sich kreuzenden Sehnerven, die Form der Linse bei Nah- und Ferneinstellung, den Augapfel mit den anhaftenden Augenmuskeln.

X. Die Ernährung.

A. Menge der aufgenommenen Nahrung.

111. Stelle durch Wägung fest, welche Menge Brot du täglich verzehrst, indem der Durchschnitt aus dem während einer Woche durchgeführten Beobachtungen bestimmt wird.

112. Bestimme desgleichen mit Hilfe einer Mensur die Menge der täglich als Getränk (Milch, Kaffee, Tee, Wasser) aufgenommenen Flüssigkeiten in cm^3.

113. Suche das durchschnittliche Gewicht der gesamten festen und flüssigen Nahrung pro Tag zu ermitteln. Die zu diesem Versuche verwendeten Eßgeschirre (Teller, Tassen, Gläser) sind zuerst genau zu tarieren.

114. Stelle unter Benützung einer Tabelle mit prozentualen Angaben über den Nährstoffgehalt der wichtigsten Nahrungsmittel graphisch eine Nahrungsmitteltabelle her, bei der die Mengenverhältnisse der verschiedenen Nährstoffe durch entsprechende Farben zum Ausdruck kommen (karr. Papier).

115. Berechne mit Hilfe einer Nahrungstabelle, wieviel g von jedem Nährstoff du mit der aus Versuch 111 erhaltenen Gewichtsmenge Brot zu dir nimmst.

B. Eiweißhaltige Nahrungsmittel.

a) Zerlegung von Eiweiß in seine Bestandteile.

Material: Reagensgläser, Brenner, Erlenmeyer, Trichter, Filter, Glasstab, Reagensglashalter, Hühnerei, Eiweißpulver, dest. Wasser, Lakmuspapier, Bleiazetatlösung, Essigsäure, Alkohol absol., gelbes Blutlaugensalz, Millonsches Reagens, $Ca(OH)_2$, HCl, $NaOH$, HNO_3, $CuSO_4$.

116. *Nachweis von Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff.* In einem Reagensglas wird ein Stücklein getrocknetes Hühnereiweiß oder eine Messerspitze voll käuflichen Eiweißpulvers erhitzt. Die Wände beschlagen sich bald mit Wasser (H und O) und die Substanz verkohlt (C). Widerlicher Geruch der entweichenden Gase.

117. *Nachweis von Stickstoff.* Löse das Weiße eines frischen Hühnereies in der zehnfachen Menge destillierten Wassers auf und filtriere, sodaß eine klare Eiweißlösung entsteht. (Man kann auch eine Lösung von Eiweißpulver in dest. Wasser verwenden). Gieße etwa 5 cm^3 dieser Lösung in ein Reagensglas und füge Kalziumhydroxyd (gelöschten Kalk) hinzu. Schüttle durch und erhitze etwa 3—4 Minuten, indem du zuvor ein feuchtes rotes Lakums über die Öffnung gelegt. Dieses nimmt allmählich Blaufärbung an. Stelle den Geruch der entweichenden Dämpfe fest. (Ammoniak). Halte an einem Glasstab einen Tropfen Salzsäure ins Reagensglas. Bildung von Salmiaknebeln.

118. *Nachweis von Schwefel.* Füge zu einem Teil der Eiweißlösung im Reagensglas etwas Natronlauge und einen Tropfen einer Lösung von Bleiazetat. Erwärme vorsichtig. Es entsteht eine braunschwarze Trübung infolge Bildung von Bleisulfid. Durch $NaOH$ wird SH_2 aus dem Eiweiß abgespalten.

b) Die wichtigsten Reaktionen zur Erkennung von Eiweiß.

119. Erhitze einige cm^3 Eiweißlösung mit 1—3 Tropfen verdünnter Essigsäure in einem Reagensglas. Das Eiweiß gerinnt unter Bildung von kleinen Flocken, die eine Trübung hervorrufen.

120. Zu einer mit einem Tropfen verdünnter Essigsäure schwach angesäuerten Eiweißlösung füge etwas absoluten Alkohol. Das Eiweiß wird ausgefällt.

121. Zu Eiweißlösung setze 2—3 Tropfen verdünnte Essigsäure und hernach einige Tropfen einer Lösung von gelbem Blutlaugensalz: Niederschlag von Eiweiß.

122. Versetze Eiweißlösung im Reagensglas mit einigen Tropfen Salpetersäure 1:5 und erhitze. Das Eiweiß färbt sich gelb. Lasse erkalten und füge Natronlauge hinzu. Die Gelbfärbung geht in Orange über. (Xanthoproteïnreaktion). Die gleiche Färbung erhält die Haut, wenn sie mit HNO_3 betupft wird.

123. Gieße zu Eiweißlösung im Reagensglas Natronlauge im Ueberschuß, dazu tropfenweise sehr stark verdünnte Lösung von Kupfersulfat. Es tritt eine violettrote Färbung auf. (Biuretreaktion).

c) Die Bestandteile der Muskeln (Fleisch).

Material: mageres Rindfleisch, Wasserbad, Leinwandbeutel, Uhrschale, Äther.

125.* *Nachweis von Fett im Fleisch.* Ein Wasserbad wird auf 50° C. erwärmt. Drehe die Flamme aus und erwärme in einem Reagensglas ca. 3 cm^3 Äther im Bade. Tauche ein Stückchen mageres Fleisch hinein und extrahiere einige Minuten. Gieße hernach den Äther in eine Uhrschale und lasse verdunsten. Es bleibt eine Fettschicht zurück. (Vorsicht, keine Flamme in Zimmern mit Ätherdämpfen).

126. *Nachweis der Eiweißsubstanzen der Muskeln.* 100 g gehacktes Fleisch werden mit 300 cm^3 destilliertem Wasser 1—2 Stunden extrahiert, durch einen Leinwandbeutel gegossen, ausgepreßt und dann filtriert.

a) Prüfe das Filtrat mit Lakmus. Schwach saure Reaktion der Lösung, die durch gelösten Blutfarbstoff gerötet ist.
b) Erhitze einen Teil des Filtrates im Reagensglas. Bei etwa 60° C tritt eine Ausflockung von Eiweiß ein.
c) Versetze einige cm^3 des Filtrates mit Salpetersäure 1:5. Die eintretende Gelbfärbung (Xanthoproteïnreaktion) verrät Eiweiß.

d) Gieße zum Filtrat Natronlauge im Überschuß und gib einige Tropfen sehr verdünnter Kupfersulfatlösung zu. Durch Violettfärbung (Biuretreaktion) ist Eiweiß nachgewiesen.

e) Weise nach den in Versuch 117 und 118 angegebenen Methoden Schwefel und Stickstoff nach.

d) Eiweiß in pflanzlichen Nahrungsmitteln.

Material: Erbsmehl, Weizenmehl, Kartoffeln, Reibeisen, Standzylinder, Kalilauge.

127. *Legumin.* In einem Erlenmeyer werden 150 cm^3 Wasser mit einem Teelöffel voll Erbsmehl vermischt. Setze so viel Kalilauge hinzu, daß rotes Lakums schwach blau gefärbt wird. Schüttle das Gemisch einige Minuten lang kräftig durch und filtriere durch ein Leinentüchlein und hernach durch das Papierfilter. Zu dem klaren Filtrat wird tropfenweise verdünnte Essigsäure gegeben, bis das Legumin als flockige Trübung ausfällt. Durch erneutes Filtrieren wird dasselbe von der Flüssigkeit getrennt.

127. *Kleber.* Schüttle 1—2 Eßlöffel voll Weizenmehl in einen Tuchbeutel und knete die Masse in fließendem Wasser aus, bis dieses nicht mehr getrübt wird, d. h. bis alle Stärke fortgeschwemmt ist. Im Tuch drin bleibt der Kleber zurück.

129. Weise analog den Versuchen 117 und 118 nach, daß Legumin und Kleber S und N enthalten, also Eiweißsubstanzen sind.

130. *Eiweiß aus Kartoffelknollen.* Schäle einige rohe Kartoffelknollen und zerreibe sie auf einem Reibeisen. Übergieße den erhaltenen Brei reichlich mit Brunnenwasser und filtriere zunächst durch ein Leinentüchlein in ein Standgefäß, in welchem sich die Hauptmasse der schwebenden Stärke nach einiger Zeit zu Boden setzt. Filtriere hierauf einen Teil des überlagernden Wassers bis zu völliger Klarheit und erhitze dann das Filtrat bis zum Sieden. Es tritt eine Ausflockung von Eiweißsubstanzen ein.

e) Die Milch.

Material: Mikroskop, Objektträger, Deckgläser, Reagensgläser, Halter, Porzellanschalen, Thermometer, Trichter, Filter, Erlenmeyer, Stativ, Wasserbad, Uhrschale, Watte. — Vollmilch, Kälbermagen, Labpulver. — Essigsäure, Äther, Milchzucker, Fehlingsche Lösung, Ammoniumoxalat, Ammoniummolybdat, Bleiazetat, gelöschter Kalk, HCl, H_2SO_4, HNO_3, $NaOH$.

131. *Fettnachweis.* **Mi.** Ein Tropfen frischer Vollmilch wird auf einen Objektträger gebracht und darauf ein Deckgläschen gelegt. Bei mittelstarker Vergrößerung erblickt man eine große Zahl von Fettröpfchen. Typus einer Emulsion.

132. Fülle ein Reagensglas mit frischer Vollmilch, lasse es 24 Stunden stehen und beobachte die Ausscheidung des Rahms. Vergleiche die Farbe der entstandenen Magermilch mit derjenigen von frischer Vollmilch.

133. **Mi.** Vergleiche einen Tropfen Voll- und Magermilch auf dem Objektträger unter Deckglas. Unterschied in der Zahl der Fettröpfchen.

134. *Kaseïn und Molken.* Eine Porzellanschale wird etwa zur Hälfte mit frischer Vollmilch gefüllt. Dann füge tropfenweise verdünnte Essigsäure (1:3) zu unter Umrühren. Die Milch zerfällt in die wässerige, blaßgrün gefärbte Molke und den weißflockigen Käsestoff (Kaseïn).

135. *Vorgang der Käsebereitung in der Praxis.* Erwärme in einer Porzellanschale 100 cm^3 Magermilch auf 40° C und setze die Schleimhaut eines Stückes Kälberlabmagen, der aus einer Metzgerei bezogen wurde, hinzu. Das Labferment bringt das Kaseïn zur Gerinnung. An Stelle von frischer Schleimhaut kann man das in Apotheken käufliche Labpulver verwenden.

136. *Einwirkung verschiedener Säuren auf Milch.* Fülle drei Reagensgläser zur Hälfte mit Milch und füge tropfenweise in das eine Glas HCl, in das andere H_2SO_4 und in das dritte HNO_3 (verdünnte Säuren). Bei Zusatz von Säuren gerinnt Milch bei gewöhnlicher Temperatur.

137. *Nachweis von Albumin.* Filtriere das in Versuch 134 erhaltene Gemisch von Kaseïn und Molken. Durch wiederholtes Filtrieren, auch unter Verwendung eines doppelten Filters, erhält man eine ziemlich klare Flüssigkeit. Gieße etwa 5 cm^3 davon in ein Reagensglas, das am Stativ befestigt wird und in ein Wasserbad taucht. Ein Thermometer wird so angebracht, daß die Quecksilberkugel in die Molke getaucht ist. Erhitze das Wasserbad. Bei ungefähr 70° C flockt das Albumin aus.

138. **Die Gerinnung des Kaseïns infolge der Einwirkung von Bakterien.* In zwei Erlenmeyer werden je 100 cm^3 frische Vollmilch gebracht. Erhitze das eine Gefäß bis zum Sieden der Milch, verstopfe sodann mit einem reinen Wattebausch und stelle sie beiseite. Beobachte nach 1—2 Tagen. Die ungesottene Milch ist dick geworden, indem durch Backterien Milchsäure gebildet wurde, welche eine Gerinnung des Kaseïns hervorruft.

139. Prüfe frische und geronnene Milch mit rotem, blauem und neutralem Lakumspapier. Bei frischer Milch bleibt nur das neutrale Lakumspapier unverändert.

140. **Gewinnung des Butterfettes aus dem Filterniederschlag.* Ein Wasserbad wird auf 50° erwärmt und die Flamme des Brenners dann gelöscht. Schütte hierauf eine kleinere Menge Äther in ein Becherglas und halte dasselbe eine zeitlang in das Warmbad. Wasche mit dem warmen Äther den Kaseïnrückstand auf dem Filter mehrmals aus und gieße die Flüssigkeit zuletzt in eine Uhrschale und lasse den Äther womöglich vor dem Fenster verdunsten. Das gelöste Fett bleibt zurück. (Vorsicht! Bei Experimenten mit Äther darf keine Flamme in gleichem Raume angesteckt werden, auch die Luft soll zuerst wieder frei von Ätherdämpfen sein — Lüftung — vor erneutem Entzünden von Brennern.)

141. *Die Ursachen der weißen Milchfarbe.* Gieße in ein Reagensglas 2 cm hoch frische Vollmilch und gib die gleiche Menge Äther dazu. (Feuergefahr!) Verschließe mit dem Daumen und schüttle. Das Aussehen der Milch hat sich nur wenig geändert. Nach Zusatz von einigen Tropfen Natronlauge wird sie beim Schütteln fast durchsichtig. Die in der Milch schwebenden Fettröpfchen sind von Eiweißhüllen umgeben und können daher nicht zu größern Tropfen zusammenfließen. Erst nach Zerstörung dieses Eiweißhäutchens durch Laugen (oder durch Schlagen bei der Butterbereitung) fließen die Tröpfchen zusammen und sammeln sich an der Oberfläche. Das Licht kann jetzt geradlinig durchfallen.

142. *Nachweis von Milchzucker.* Löse eine Messerspitze voll käuflichen pulverisierten Milchzucker in etwas destilliertem Wasser im Reagensglas unter leichtem Erwärmen. Füge zu etwa 2 cm^3 der Lösung das gleiche Volumen starker Natronlauge und erhitze zum Sieden. Die Reaktion des Natrons auf den Zucker macht sich durch eine gelbbraune Färbung bemerkbar. (Vorsicht beim Sieden von Laugen.)

143. Erhitze in einem Reagensglas gleiche Mengen Milch und Natronlauge zum Sieden. Es tritt Braunfärbung ein, also ist Zucker vorhanden.

144. Die durch Filtration vom Kaseïn getrennten Molken in Versuch 137 werden in einer Porzellanschale gekocht und das hierbei geronnene Albumin durch Filtrieren von der übrigen Flüssigkeit getrennt. Versetze einen Teil des Filtrates II in einem Reagensglas mit Fehlingscher Lösung und erhitze bis

zum Sieden. Es bildet sich ein gelbroter Niederschlag, indem die Fehlingsche Lösung durch den vorhandenen Milchzucker reduziert wird.

145. In einer Porzellanschale wird eine kleine Menge des Filtrates II vollständig eingedampft. Es bleibt eine Kruste von Milchzucker und Salzen zurück.

146. *Nachweis von Kalziumsalzen in der Milch.* Zu Filtrat II in Versuch 144 wird Ammoniumoxalat in Lösung zugesetzt. Es bildet sich ein weißer Niederschlag von unlöslichem Kalziumoxalat.

147. Um nachzuweisen, daß die Milch phosphorsaures Kalzium enthält, wird Filtrat II mit Salpetersäure leicht angesäuert und hierauf mit Ammoniummolybdat gekocht. Es bildet sich ein gelber Niederschlag von phosphorsaurem Ammoniummolybdat.

148. *Das Kaseïn ist ein Eiweißkörper.* Eine kleine Menge des auf dem Filter zurückgebliebenen Kaseïns in Versuch 137 wird im Reagensglas mit Bleiazetat erwärmt. Braunschwarze Färbung infolge Bildung von Schwefelblei.

Ein Teil des Kaseins wird mit gelöschtem Kalk im Reagensglas erhitzt, dessen Öffnung mit einem feuchten roten Lakumspapier überklebt ist. Entweichende Ammoniakdämpfe bläuen das Lakmus und sind durch den Geruch wahrnehmbar. N und S sind charakteristisch für Eiweißkörper.

C. Stärkehaltige Nahrungsmittel.

Material: Stärke, Kartoffeln, Getreidekörner, Bohnen, Teigwaren, Brot, Reagensgläser, Glasstab, Halter, Jodjodkali, Jodsplitter. Mikroskop, Objektträger, Deckgläser.

149. *Die Jodreaktion auf Stärke.* Ein erbsengroßes Stück käuflicher Stärke wird pulverisiert und in einem halb mit Wasser gefüllten Reagensglas aufgekocht, bis eine möglichst klare Lösung entsteht. Fülle zwei andere Reagensgläser zu ein Drittel mit Wasser und füge dem einen eine kleine Menge der Stärkelösung zu. Bringe jetzt mit Hilfe eines Glasstabes in jedes der beiden Reagensgläser einen Tropfen Jodjodkaliumlösung. Die Stärkelösung färbt sich schön blau. Bei Erhitzen verschwindet die Blaufärbung, bei Abkühlung kommt sie wieder zum Vorschein.

Betupfe ein Stücklein fester Stärke mit Jodlösung. Färbung schwarzblau.

150. Zerschneide eine Kartoffel und betupfe die Schnittfläche mit Jodlösung.

151. Halbiere Weizen-, Gerste-, Hafer-, Maiskörner, eine Bohne und führe die Jodprobe aus. Desgleichen mit einem Stück Brot, Teigwaren, Reis.

152. **Mi.** *Stärkekörner.* Schabe eine Kartoffelscheibe mit einem Messer und bringe einen Tropfen des Saftes auf einen Objektträger unter Deckglas, nachdem der Flüssigkeit noch ein Jodsplitterchen beigegeben wurde. Die Stärkekörnchen zeigen im Mikroskop alle Abstufungen von Blaufärbung je nach der Entfernung vom Jodsplitter.

153. **Mi.** Auf verschiedene Objektträger wird je ein Wassertropfen gebracht mit einem Jodsplitterchen. Schabe von verschiedenen halbierten Getreidekörnern und Bohnen eine kleine Menge getrennt in diese Wassertropfen. Deckglas. Etiketten. Die verschiedenen im Mikroskop beobachteten Stärkekörner werden gezeichnet.

154. *Der elementare Aufbau der Stärke.* Ein Stücklein käuflicher Stärke wird in einem trockenen Reagensglas erhitzt. Wasserbeschlag an den Wänden und Schwärzung der Stärke beweisen das Vorhandensein von C, H und O.

D. Zuckerhaltige Nahrungsmittel.

Material: Traubenzucker, Rohrzucker, Birne, Traube, Dest. Wasser, $NaOH$, $CuSO_4$, H_2SO_4, Fehlingsche Lösung. Reagensgläser, Leinwandlappen, Brenner, Reibeisen.

155. *Zuckernachweis durch die Trommersche Probe.* Löse eine Messerspitze voll Traubenzucker in einer zur Hälfte mit destilliertem Wasser gefüllten Reagensglas. Gib zu etwa 5 cm^3 dieser Lösung das halbe Volumen verdünnte Natronlauge und tropfenweise Kupfersulfatlösung. Beim Erhitzen der Lösung bewirkt der Traubenzucker eine Ausscheidung von rotem Kupferoxydul.

156. *Nachweis von Traubenzucker mit Fehlingscher Lösung.* Im Reagensglas wird etwas Traubenzuckerlösung mit frisch hergestellter Fehlingscher Lösung*) vermischt und zum Sieden erhitzt. Es entsteht ein roter Niederschlag von Kupferoxydul, welcher durch die reduzierende Wirkung des Traubenzuckers verursacht wird.

157. *Untersuchung von Früchten auf Zucker.* Presse durch ein Leinentüchlein den Saft einer Birne oder von Trau-

*) Die Fehlingsche Lösung wird in zwei Lösungen getrennt hergestellt und aufbewahrt und erst vor Gebrauch gemischt.
Lösung I: 35 g $CuSO_4$, 170 g dest. Wasser.
Lösung II: 173 g Seignettensalz, 55 g Ätznatron, 700 g dest. Wasser.
Mischung: 1 Volum von Lösung I. 4 Volumen von Lösung II.

ben und versetze denselben im Reagensglas mit Fehlingscher Lösung. Beim Erhitzen bildet sich ein ziegelroter Niederschlag.

158. *Das Verhalten von Rohrzucker.* (Rübenzucker). Führe an einer Lösung von Rohrzucker die Probe mit Fehlingscher Lösung aus. Es erfolgt keine Ausfällung von Cu_2O.

159. *Versetze jetzt eine Rohrzuckerlösung mit einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure und erwärme das Gemisch etwa eine halbe Stunde lang über kleiner Flamme. Wiederhole die Zuckerprobe. Die Fehlingsche Lösung wird jetzt reduziert. (Die Schwefelsäure ermöglicht den Abbau des Doppelzuckers in Einfachzucker).

159. Zerkleinere eine Zuckerrübe auf einem Reibeisen und presse den Saft durch ein Tuch. Geschmacksprobe. Prüfe nach Versuch 156 auf Zuckergehalt. Fehlingsche Lösung bleibt unverändert.

161. *Versetze gleichfalls einen Teil des Rübensaftes mit wenig verdünnter Schwefelsäure und erhitze 30 Minuten lang; Neutralisiere zunächst mit etwas Natronlauge und koche mit Fehlingscher Lösung. Niederschlag, also Nachweis von Rohrzucker, der zuerst umgewandelt werden mußte.

E. Wasser und Mineralsalze in unsern Nahrungsmitteln.

Material: Holzasche, Becherglas, Trichter, Erlenmeyer, Filter, Holzstäbchen, Brenner, Platindraht, Reagensgläser. HNO_3, Ammoniumoxalat, Ammoniummolybdat, Natriumphosphat, gelbes Blutlaugensalz, Silbernitrat.

162. Stelle an Hand einer Nahrungsmitteltabelle fest, wie viel Wasser du zu dir nimmst, wenn du ein Brötchen, ein Ei, eine Tasse Milch, eine Kartoffelknolle, einen frischen Apfel — sämtliche von bekanntem Gewicht — genießest.

163. *Nachweis von Grundstoffen aus veraschten organischen Substanzen.* Um verschiedene mineralische Substanzen in Nahrungsmitteln nachzuweisen, müssen dieselben verascht werden. Da aber dieser Vorgang sehr zeitraubend ist, verwenden wir für unsere Zwecke nur Pflanzenteile, und zwar mag es genügen, in Holzasche, die leicht zu bekommen ist, einige Elemente nachzuweisen mit Hilfe charakteristischer Reaktionen.

Uebergieße einen Eßlöffel voll Holzasche in einem Becherglas mit verdünnter Salpetersäure 1:5 so lange unter Umrühren mit einem Holzstäbchen, bis infolge von entweichendem CO_2 kein Aufschäumen mehr erfolgt.

Erwärme gelinde und filtriere. Untersuche das Filtrat unter Verwendung nachstehender Tabelle:

Nachweis von	Reagens	Reaktion bei Gegenwart des Stoffes
Na	Tauche eine ausgeglühte Pt-Drahtöse in das Filtrat und halte sie dann in den farblosen Saum einer Spiritusflamme	Gelbfärbung der Flamme
K	wie oben oder man halte ein frisches Blatt einer Bohne in den Saum der Flamme	Violettfärbung der Flamme bei Betrachtung durch Kobaltglas
Ca	Im Reagensglas zum Filtrat Ammoniumoxalat	milchige Trübung durch Kalziumoxalat
Mg	Zusatz von Natriumphosphat und längere Zeit stehen lassen	Niederschlag von unlöslichem Magnesiumphosphat
Fe	Zusatz von gelbem Blutlaugensalz in Lösung	Bildung von Berlinerblau
Cl	Zusatz von Silbernitrat	weißer Niederschlag von Silberchlorid
P	Zusatz von Ammoniummolybdatlösung + HNO_3 im Überschuß	gelber Niederschlag von Phosphorammoniummolybdat

F. Das Trinkwasser.

Material: Quell-, Fluss-, See-, Tümpelwasser, dest. Wasser, Ammoniumoxalat, alkoholische Rosolsäurelösung, Nesslersches Reagens, H_2SO_4 konz., Diphenylamin krist., Bleiazetat. Reagensgläser, Pipette, zwei Standzylinder, Brenner, Thermometer, Becherglas.

164. * *Nachweis einiger Stoffe in Wasser verschiedener Herkunft.* Untersuche mit Hilfe untenstehender Tabelle Quell-, Fluß-, See-, Tümpelwasser, Wasser von polizeilich gesperrten Brunnen. Man kann für die Untersuchung auch künstlich sog. schlechtes Wasser herstellen, indem man in gewöhnliches Quellwasser Spuren der in Kolonne 1 genannten Stoffe (NH_3, HNO_3, H_2S) einführt.

Nachweis von	Reagens	Reaktion bei Gegenwart des Stoffes
Ca	Zusatz von Ammoniumoxalatlösung	milchige Trübung durch Kalziumoxalat
CO_2	zu 100 cm^3 Wasser 10 Tropfen alkoholische Rosolsäurelösung	gelbe oder violette Färbung
NH_3	Zusatz einiger Tropfen von Neßlerschem Reagens	Gelb- bis Braunfärbung
HNO_2 und HNO_3	löse im Reagensglas in 3—4 cm^3 konz. Schwefelsäure (rein) einige Körnchen Diphenylamin. Ueberschichte mit Pipette vorsichtig etwa 20 Tropfen des zu untersuchenden Wassers	blauer Ring an der Berührungsstelle
H_2S	Zusatz von Bleiazetatlösung	dunkelbraune Trübung

165. **Klarheitsgrad.* Fülle von zwei Standzylindern den einen mit reinem destilliertem Wasser, den andern mit dem zu prüfenden Wasser. Stelle beide auf ein weißes Blatt und schaue von oben durch das Wasser. Gutes Quellwasser ist vollkommen klar.

166. *Fäulnisgase.* Erwärme das zu untersuchende Wasser auf 50° C, rühre es um und rieche daran. Geringe Gasbeimengungen lassen sich so feststellen.

Schlechtes Wasser enthält außer N- und S-Beimengungen noch reichlich Bakterien. Aus praktischen Gründen muß hier auf die Kultur derselben verzichtet werden.

XI. Die Verdauung.

A. Mechanik der Verdauung.

Material: Pappe, Gummibänder, Gummischläuche, Glasröhren, Erbse, Faden, Papperohr, Quecksilber, Glyzerin. Holzbrett, Haselnuß, Gewichte. Schädel von Nagern, Wiederkäuern, Raubtieren.

167. Stelle aus fester Pappe ein schematisches Modell eines Schädels her mit beweglichem Unterkiefer und veranschauliche die Lage der beiden Kaumuskeln durch elastische Bänder.

168. *Zeige durch den einarmigen Hebel die Wirkungsweise des Unterkiefers. (Nußknacker.)

169. *Lege ein Holzbrett auf eine Haselnuß und belaste dasselbe mit Gewichtsteinen. Prüfe, welcher Druck nötig ist, um die Schale zu sprengen. (Gefährdung des Gebisses beim Zerbeißen harter Gegenstände.)

170. Vergleiche unser Gebiß mit demjenigen verschiedener Gruppen von Säugetieren und erkläre die abweichenden Arten der Kaubewegung.

171. **Die Mundhöhle als Saugpumpe für Flüssigkeiten.* Stelle eine sehr enge, 80 cm lange Glasröhre senkrecht in ein Gefäß mit Quecksilber. Bringe am obern Ende ein an den Rändern angeschmolzenes Glasröhrchen durch ein dickwandiges Gummischlauchstück mit der Steigröhre in luftdichte Verbindung. Sauge durch das angebrachte Mundstück die Luft heraus. Das Quecksilber beginnt zu steigen und kann im Maximum auf 700 mm gehoben werden.

172. *Die Schluckbewegung.* Fasse die Gegend des Kehlkopfes zwischen Daumen und Zeigfinger und führe die Schluckbewegung aus. Suche die einzelnen Stadien des Vorganges der Reihe nach festzustellen.

173. **Wie ein Bissen in der Speiseröhre befördert wird.* Um der irrigen Vorstellung zu begegnen, ein Bissen oder Schluck falle infolge seiner Schwere in den Magen, lasse man einen Schüler auf den Kopf stehen, die Füsse gegen eine Wand gestützt. In dieser Stellung lasse man ihn mit Hilfe eines Glasröhrchens aus einer am Boden stehenden Tasse Milch oder Zuckerwasser trinken. Ohne Mühe wird die Flüssigkeit aufwärts in den Magen befördert.

174. Zur Veranschaulichung der Kontraktion der Speiseröhre und des Darmes bringe man eine Erbse oder eine Spielkugel in einen Gummischlauch, durch den man zuvor etwas

Glyzerin hat fließen lassen. Durch Zusammenpressen der Schlauchwände wird der Gegenstand vorwärts geschoben.

175. *Veranschauliche auf einer Papperöhre den Verlauf der Ring- und Längsfasern des Darmrohrs mit entsprechenden Wicklungen von Fäden.

B. Chemie der Verdauung.

a) Der Speichel.

Material: Lakumspapier, Essigsäure, HCl, Eisenchlorid, dest. Wasser, Fehlingsche Lösung, Stärke, Jodjodkalilösung, Gelatine, Brot, Porzellanschalen, Glasstäbe, Objektträger, Brenner, Reagensglashalter, Reagensgläser, Reibschale, Emailkochtopf, Thermometer, Etiketten, Pinsel.

176. Lakmusprobe. Lege einen roten Lakmusstreifen einige Zeit auf die Zunge. Derselbe wird schwach blau gefärbt. (Ptyalin.)

177. Lasse bei geöffnetem Munde und vorgebeugtem Kopfe Speichel in eine Porzellanschale ausfliessen. Tauche einen Glasstab ein und hebe denselben langsam heraus. Die Flüssigkeit zieht Fäden infolge Vorhandenseins einer Schleimsubstanz. (Muzin).

178. Erhitze einen Tropfen Speichel auf einem Objektträger oder in einem Porzellanschälchen. Geruch nach verbranntem Eiweiß.

179. Gieße 1—2 cm^3 Speichel in ein Reagensglas, säuere mit verdünnter Essigsäure etwas an und erhitze zum Sieden. Es findet eine Ausflockung von Eiweiß statt.

180. Speichel enthält Spuren von Rhodankalium (KCNS), dessen physiologische Bedeutung aber unbekannt ist. Zum Nachweise desselben werden in Reagensglas 1—2 cm^3 Speichel mit verdünnter Salzsäure schwach angesäuert. Versetzt man die Lösung mit wenig Eisenchlorid, so tritt Rotfärbung ein, da sich Rhodaneisen gebildet hat.

b) „Stärkeverdauung" durch Speichel.

181. Kaue einen Bissen Brot ohne Rinde etwa 2—3 Minuten lang und beachte den allmählich auftretenden schwach süßlichen Geschmack.

182. Kaue ein Stück Brot, bis es durch Speichelbeimischung zu einem dünnen Brei geworden ist und hebe denselben in einer Porzellanschale auf. Verdünne mit destilliertem Wasser, rühre unter gelindem Erwärmen um und filtriere. Koche einen Teil des Filtrates mit Fehlingscher Lösung. Es tritt Rotfärbung ein, indem ein Teil der Stärke in Zucker umgewandelt wurde.

183. Zerreibe zur Kontrolle in einem Mörser ein Stück Brot ohne Rinde mit destilliertem Wasser zu einem Brei und filtriere. Koche das Filtrat mit Fehlingscher Lösung. Es tritt keine Zuckerreaktion ein.

184. Stelle einen verdünnten Stärkekleister her, in dem 1 gr Stärke in 100 cm^3 destilliertem Wasser gekocht werden. Halte in einem größeren Emailkochtopf ein Wasserbad von 40° C bereit. Die Temperatur kann bei Gasfeuerung mit Hilfe eines regulierbaren Brenners leicht auf dieser Höhe dauernd erhalten werden. Sonst hilft man sich mit den in Apotheken käuflichen Nachtlichtern.

a) Bringe je eine kleine Probe des Kleisters in zwei Reagensgläser und setze dieselben mit Etikette versehen ins Warmbad. Beschwere mit Stücken von Glasstäben, damit die Gläser aufrecht schwimmen.

b) Führe an einer kleinen Menge des Kleisters die Jodprobe aus. Blaufärbung.

c) Prüfe eine weitere Probe mit Fehlingscher Lösung auf Zucker. Kein Niederschlag.

d) Versetze in zwei Reagensgläsern je ca 4 cm^3 Kleister mit der halben Menge Speichel, schüttle und bringe die Proben ins Wasserbad.

e) Führe an einem Gemisch von gleichen Teilen Stärkelösung und Speichel sofort die Jodprobe aus (Blaufärbung.)

f) Prüfe eine frisch hergestellte Mischung von Kleister und Speichel auf Zucker mit Hilfe von Fehlingscher Lösung. Kein Niederschlag.

Bringe die Proben e und f ins Wasserbad. Die im Wasserbad befindlichen Proben müssen etwa 40 Minuten lang erwärmt werden. Beklebe sämtliche Gläser vor Beginn der Versuche mit Etikette und notiere kurz die Art der Mischung. Nach Verlauf der angegebenen Zeit werden die Gläser kontrolliert. An den Proben a und d werden Jod- und Zuckerprobe ausgeführt, wobei sich ergibt, daß in den Gläsern mit Speichel die Stärke in Zucker übergeführt wurde. Bei Glas e ist die Blaufärbung verschwunden.

185. Stärke wird mit wenig Gelatine in Wasser aufgekocht und in eine Petrischale gegossen, wo man die Stärkegelatine erstarren läßt. Beschreibe die Oberfläche mit einem Pinsel, der in Speichel getaucht wurde. Nach einer Viertelstunde wird verdünnte Jodlösung draufgegossen und sofort mit

Wasser nachgespült. Die unbeschriebenen Stellen sind blau, die Zeichen farblos, da an jenen Stellen Stärke in Zucker verwandelt worden ist.

c) Die Eiweißverdauung.

Material: Milch, Labferment, Pepsin, Hühnerei, Fibrin, Fettkäse, Fleisch. HCl, Alkohol, Glyzerin, dest. Wasser, Brenner, Porzellanschale, Dreifuß, Glasstab, Thermometer, Emailkochtopf, Reagensgläser, Etiketten, Watte, Pipette.

186. *Die Wirkung des Labfermentes.* Wiederhole Versuch 135.

187. *Der Abbau von Eiweiß durch Pepsin bei Gegenwart von Salzsäure.* Löse 0,5 gr käufliches Pepsin in 50 cm^3 destilliertem Wasser. Halte im Emailkochtopf ein Wasserbad von 40° C bereit, das durch regulierbare Bunsenflamme oder Nachtlichter auf dieser Temperatur gehalten wird. Verteile in verschiedene Reagensgläser einige kleine Stücklein von hartgesottenem Hühnereiweiß, Rindfleisch, Blutfibrin, Emmentalerkäse. Fülle jedes Gläschen so hoch mit Pepsinlösung, daß es in Wasser aufrecht schwimmt. Gib zu jeder Probe etwa 10 Tropfen verdünnter Salzsäure, schüttle leicht um und etikettiere jedes Glas. Verpfropfe mit einem Wattebausch, bringe die Gläser ins Wasserbad (Thermostat) und lasse sie mindestens eine Stunde drin. Die Eiweißsubstanzen lösen sich allmählich auf.

188. Bringe gleichzeitig mit dem vorigen Versuch eine Anzahl von Proben mit Pepsinlösung aber ohne Salzsäure ins Warmbad. Etiketten. Das Eiweiß wird nicht aufgelöst.

189. Lasse Pepsinlösung mit Salzsäure bei gewöhnlicher Temperatur auf Eiweißsubstanzen einwirken. Der Abbau wird verzögert.

190. *Alkohol und Eiweißverdauung.* Schichte in einem Reagensglas auf eine Pepsinlösung mit Hilfe einer Pipette vorsichtig absoluten Alkohol und lasse stehen. Nach 1–2 Stunden zeigt die Berührungsstelle milchige Trübung. Pepsin wird durch Alkohol ausgefällt. Nachher schüttle das Gläschen. Nach einigen Stunden ruhigen Stehens setzt sich alles ausgeschiedene Pepsin zu Boden. Alkohol macht also das eiweißverdauende Pepsin unwirksam.

191. Füge zu einer Eiweißprobe mit Pepsin-Salzsäurelösung etwas Alkohol und lasse im Warmbad eine Stunde einwirken. Alkohol verzögert die Eiweißverdauung, da ein Teil des Pepsins ausgefällt wurde.

192. Weise nach, daß Salzsäure allein ebenfalls kein Eiweiß zu lösen vermag.

193. **Eiweißverdauung mit natürlichem Magensaft.* Löse von einem ganz frischen Schweinemagen, den man gereinigt und in Stücke zerschnitten, die Schleimhaut von der Muskulatur. Lege die Schleimhautfetzen 2—3 Tage in Glyzerin, in welchem Pepsin löslich ist. Verwende die so gewonnene Pepsinlösung zu ähnlichen Verdauungsversuchen wie oben.

d) Die Fettverdauung.

Material: Mikroskop, Objektträger, Deckgläser, Reagensgläser, Glastrichter, Erlenmeyer, Filter, Dreifuß, Wasserbad, Thermometer, Brenner, Bechergläser. — Milch, Olivenöl, Ochsengalle, Talg, Bauchspeicheldrüsen, Sodalösung 3 %, Phenolphthaleïnlösung, Natronlauge.

194. *Die zerteilende (emulgierende) Wirkung der Galle.* Ueberschichte in einem Reagensglas etwas Wasser mit einigen Tropfen Olivenöl, schüttle und lasse stehen. Die Öltröpfchen sammeln sich wieder an der Oberfläche. Wiederhole den Versuch, indem du dem Wasser etwas Galle beimischest. Die Flüssigkeit wird milchähnlich, indem viele Fetttröpfchen dauernd schweben.

195. **Mi.** Betrachte einen Tropfen dieser Emulsion unterm Mikroskop. Aehnlichkeit mit dem Bilde eines Milchtropfens.

196. *Stelle mit Glastrichter, Erlenmeyer, Papierfilter eine Filteranlage her und befeuchte den Papierfilter mit Wasser. Gieße etwas Olivenöl hinein. Es dringt kein Öl durch. Befeuchte ein anderes Papierfilter mit einer Mischung von Wasser und Galle. Gieße wiederum Öl in denselben. Dieses vermag jetzt infolge der feinen Zerteilung durchzudringen.

197. Uebergieße in einem Reagensglas einige kleine Stücklein Talg oder Stearin mit Gallenflüssigkeit und erwärme die Mischung etwa 4—10 Minuten im Warmbad von 40° C. Schüttle wiederholt um. Das Fett löst sich auf.

198. **Die Fettverdauung durch den Saft der Bauchspeicheldrüse.* Ein Bestandteil des Pankreassaftes, das Steapsin, vermag Fette unter Gegenwart von Alkalien (Soda) in Fettsäure und Glyzerin zu spalten. Zur Veranschaulichung dieses Vorganges stelle 100 cm³ 3% Sodalösung her, welche den alkalisch reagierenden Darmsaft ersetzt. Gib in einem Erlenmeyerkölbchen 1 cm³ Olivenöl dazu und schüttle, bis eine milchige Emulsion sich bildet. Füge derselben tropfenweise soviel Phenolphthaleïnlösung zu, daß sie deutlich rotgefärbt

wird.*) Zerwiege eine aus einem Schlachthof bezogene Bauchspeicheldrüse und schüttle sie in die Emulsion. Tauche den Erlenmeyer in ein Wasserbad von 40° C. Nach einiger Zeit verschwindet die rote Farbe infolge der auftretenden Fettsäure.

199. *In gleicher Weise läßt sich die Spaltung des Butterfettes in der Milch nachweisen. Füge 100 cm³ frischer Vollmilch in Erlenmeyer etwa 5 Tropfen Phenolphthaleïnlösung und hernach tropfenweise soviel verdünnnte Natronlauge, bis deutliche Rotfärbung eintritt. Vermenge jetzt die Flüssigkeit mit zerhackter Bauchspeicheldrüse und erwärme im Wasserbad von 40° C. Nach kurzer Zeit tritt auch hier Entfärbung ein.

e) Stärkeverzuckerung, Darmresorption, Glykogen.

Material: Stärke, Glyzerin, Jodjodkalilösung, Fehlingsche Lösung, Eisenchlorid, Zuckerlösung, dest. Wasser, Essigsäure, Kalbsleber, Alkohol absol. - Trichterröhre, Schweinsblase, Schnüre, Stativ, Stutzen, Bechergläser, Brenner.

200. * *Verzuckerung von Stärke durch Pankreassaft.* Zu Stärkelösung (1 %) in 2 Reagensgläsern füge einen Tropfen Glyzerinextrakt einer Bauchspeicheldrüse analog Versuch 193. Das eine Glas wird sofort der Jodprobe unterworfen, das andere etwa 1 Stunde im Wasserbad von 40° C erwärmt. Führe an der einen Hälfte der Flüssigkeit die Jodprobe, an der andern mit Fehlingscher Lösung die Zuckerprobe aus.

201. **Die Osmose bei der Resorption der aufgelösten Nährstoffe.* Zum Nachweis, daß Zucker und Salze in Lösung Zellwände zu durchdringen vermögen, wird ein osmotischer Apparat folgendermaßen zusammengesetzt: Spanne über die Mündung von 2 Trichterröhren, die einen ausgeschweiften Rand besitzen, Stücke von in Wasser aufgeweichten Schweinsblasen und binde sie mit angefeuchteten Schnüren fest. Fülle den einen Trichter, der hierzu in umgekehrte Lage gebracht wird, mittels eines spitz ausgezogenen Trichters mit Eisenchloridlösung oder gesättigter Kupfervitriollösung, den andern mit konzentrierter Lösung von Rohr- oder Traubenzucker. Tauche jede dieser künstlichen Zellen in ein besonderes Glas mit reinem Wasser, indem du die Röhre an einem Stativ festklemmst. Bezeichne den Stand der Flüssigkeit in der Röhre mit einer Marke. Schon nach kurzer Zeit beweist die Verfärbung des Wassers im großen Glasgefäß, daß die Salzlösungen durch die Haut hindurchgedrungen sind. Bei Beobachtung der Marke an der Röhre ergibt sich, daß auch

*) Durch Vorversuch ist zu zeigen, dass Phenolphthaleïn durch Basen sich rötet und durch Säuren entfärbt wird.

Wasser von außen her in die künstliche Zelle eingedrungen ist. Geringe Spuren von Eisenchlorid lassen sich sehr schön mit gelbem Blutlaugensalz (Berlinerblau) oder Rhodankalium (Rotfärbung) nachweisen, während der ins äußere Gefäß gedrungene Traubenzucker, mit Fehlingscher Lösung gekocht, einen roten Niederschlag ergibt.

202. *Die Leber als Speicherorgan für tierische Stärke (Glykogen).* Alle in der Nahrung genossenen Kohlenhydrate werden im Darme zu Zucker aufgespalten, als solcher resorbiert, durch die Pfortader der Leber zugeführt und hier in Glykogen umgewandelt, welches folgendermaßen nachgewiesen wird:

Zerhacke ein Stück Kalbsleber und schütte die Masse in kochendes destilliertes Wasser, dem du vorher etwas Essigsäure zugesetzt hast. Das Lebereiweiß wird ausgeflockt, die Leberstärke dagegen geht in Lösung. Filtriere. Füge zu einem Teil des Filtrates etwas absoluten Alkohol. Das Glykogen wird ausgefüllt.

203. Füge zum ausgefällten Glykogen etwas Jodjodkaliumlösung. Die tierische Stärke färbt sich mahagonibraun. Vergleiche hierzu die Jodreaktion auf pflanzliche Stärke.

XII. Das Blut.

Material: Rinderblut, Alkohol, Vaseline, dest. Wasser, Fehlingsche Lösung, Ammoniumoxalat, H Cl, gelbes Blutlaugensalz, Äther, Kochsalz, Natronlauge, Essigsäure, Marmor, Kaliumchlorat, Braunstein, Schwefelammonium. — Watte, Plastilin, Leinwand. — Mikroskop, Objektträger, Deckgläser, Nadel, Brenner, Pinsel, Bechergläser, Standzylinder, Reagensgläser und -halter, Stativ, Drahtgitter, Thermometer, Erlenmeyer, Trichter, Filter, Glühschale, Glasröhren, Gummischläuche und -pfropfen, Trichterröhren.

A. Die Bestandteile des Blutes.

204. **Mi.** *Rote und weiße Blutkörperchen.* Reinige das Ende des kleinen Fingers der linken Hand sorgfältig mit absolutem Alkohol und einem Wattebausch. Glühe eine Nadelspitze in der Flamme aus, um sie keimfrei zu machen. Umfasse mit den übrigen Fingern der linken Hand den gereinigten kleinen Finger, daß eine Blutstauung in der Fingerbeere hervorgerufen wird. Stich mit der Nadel von der Seite her hinein und streiche den hervorquellenden Bluttropfen auf einem mit Alkohol gereinigten Objektträger ab. Lege schnell ein Deckgläschen darüber und bestreiche dessen Ränder mittels eines Pinsels mit Vaseline zur Verhinderung des Luftzutrittes.

Betrachte das Präparat bei mittelstarker Vergrößerung. Geldrollenähnliche Anordnung der roten Blutkörperchen. Vereinzelt die etwas größern, glashellen Lymphkörperchen. Dazwischen Blutserum, das ungefärbt erscheint.

205. Forme aus Pastilin in stark vergrößertem Maßstab die Form der roten Blutkörperchen und stelle auch ihre charakteristische Anordnung dar.

Forme gleichfalls aus Plastilin die kugeligen Lymphkörperchen und veranschauliche ihre amöbenartige Gestaltveränderung.

206. **Mi.** Betrachte zum Vergleich im Mikroskop die Bewegungen lebender Amöben (Versuch 3).

207. * *Die Gerinnung des Blutes und deren Ursache.* In einem Schlachthof läßt man das frische Blut eines geschlachteten Tieres in einem Gefäß aufheben. Nach kurzer Zeit ist es geronnen. Wickle einen Klumpen geronnenen Blutes in ein Leinwandtuch und knete in fließendem Wasser so lange aus, bis nur noch eine weiße, faserige Masse, das Fibrin, im Beutel zurückbleibt.

Um die Blutgerinnung zu verhindern, wird das frische Blut mit einem Stock oder Besen geschlagen. Das Fibrin bleibt am Schlagwerkzeug haften. Aus jedem Schlachthaus kann man sich mit leichter Mühe Fibrin für Untersuchungszwecke verschaffen und ebenso defibriniertes (ungerinnbares) Rindsblut.

208. *Vermische in einem Gefäß das frischgewonnene Blut eines Schlachttieres sofort mit 1/10 Volumen 2-prozentiger Ammoniumoxalatlösung. Das Blut gerinnt nicht, da durch die Ausfällung der Ca-Salze die Fibrinbildung verhindert wird.

209. *Lasse in einem größeren Zylinder defibriniertes Rindsblut längere Zeit stehen. Die Blutkörperchen setzen sich allmählich zu Boden, darüber liegt das klare Blutserum.

210. *Eiweißkörper.* Prüfe nach Versuch 117 und 118 das Fibrin auf S- und N-Gehalt. Das Fibrin ist eine Eiweißsubstanz.

211. Fülle ein Reagensglas zur Hälfte mit defibriniertem Rindsblut. Stelle ein mit Wasser gefülltes Becherglas auf den Ring eines Statives unter Verwendung eines Drahtgitters mit Asbesteinlage. Befestige ein Thermometer, dessen Kugel ins Wasser taucht, am Stativ. Erwärme das Wasser und tauche das Reagensglas mit Hülfe eines Halters ebenfalls in das Becherglas. Bei 70° C tritt die vollständige Gerinnung des Blutes ein, man kann das Reagensglas umkehren.

212. *Zuckernachweis im Blutserum.* Verdünne etwa 30 cm³ defibrinierten Rinderblutes mit der dreifachen Menge destiliertem Wasser und erhitze das Gemisch im Erlenmeyer zum Sieden. Filtriere. Koche einen Teil des farblosen Filtrates im Reagensglas mit Fehlingscher Lösung. Es bildet sich ein roter Niederschlag.

213. *Nachweis von Kalzium.* Füge zum Filtrat einige Tropfen einer Ammoniumoxalatlösung. Es tritt eine Trübung ein infolge Bildung des unlöslichen Kalziumoxalates.

214. *Eisengehalt des Hämoglobins.* Verkohle in einer kleinen Porzellanschale etwas Rindsblut. Zerreibe die Kohle und versetze sie mit Salzsäure (1:5 verdünnt). Filtriere und füge zum klaren Filtrat tropfenweise Lösung von gelbem Blutlaugensalz. Das im Blut vorhandene Eisen verursacht eine Blaufärbung.

215. *Auflösung der Blutkörperchen.* Im Reagensglas werden zu 1 cm³ defibriniertem Blut 2 cm³ Wasser gegossen. Füge noch 3 — 4 Tropfen Äther (Feuersgefahr) hinzu und schüttle. Das vorher undurchsichtige, deckfarbene Blut wird durchscheinend lackfarbig. Infolge Verdünnung des Serums quellen die Blutkörperchen, platzen und entleeren das Hämoglobin ins Blutwasser.

216. **Mi.** *Osmotische Erscheinungen bei Blutkörperchen.* Vermische einen Tropfen konzentrierter Kochsalzlösung, welcher auf einen sauber gereinigten Objektträger gebracht wird, mit einem Tröpfchen frischen Blutes und lege ein Deckglas darüber. Beobachte im Mikroskop bei starker Vergrößerung. Die Blutkörperchen nehmen nach und nach Stechapfelform an, die Salzlösung entzieht ihnen Wasser, wodurch sie schrumpfen.

217. *Zersetzung des Hämoglobins.* Verdünne 1 cm³ defibriniertes Blut mit 5 cm³ destilliertem Wasser und gib noch 1 cm³ Natronlauge hinzu. Beim Erhitzen wird die Lösung blaugrün.

218. **Mi.** *Nachweis kleinster Blutspuren durch die Häminprobe.* Auf einem Objektträger läßt man ein Tröpfchen Blut unter gelindem Erwärmen eintrocknen. Zerreibe darauf etwas Kochsalz, betupfe das Gemisch mit etwas Eisessig (konzentrierte Essigsäure) und lege ein Deckgläschen darüber. Erwärme gelinde bis zu einmaligem Aufkochen. Bei Beobachtung des Präparates im Mikroskop erkennt man die charakteristischen Häminkristalle.

219. **Arterielles und venöses Blut.* Fülle drei Bechergläser, deren innerer Rand mit etwas Vaseline eingefettet wird, zu ein Drittel mit defribiniertem Rinderblut und erwärme zwei davon auf etwa 30° C. Leite in das eine reinen Sauerstoff, indem du in einem Reagensglas, das mit durchbohrtem Pfropfen und gebogener Glasröhre versehen ist, ein Gemisch von Kaliumchlorat und Braunstein erwärmst. Der ausgetriebene Sauerstoff wird durch Kautschukschlauch und angeschlossener Glasröhre ins Blut geleitet. Dieses nimmt infolge Bildung von Oxyhämoglobin eine hellrote Farbe an (arterielles Blut). In das zweite erwärmte Glas leite Kohlensäure ein, indem du einen Erlenmeyer, dessen Boden mit Marmorstücken überdeckt ist, mit einem doppeldurchbohrten Gummipfropfen verschließest. Durch die eine Öffnung wird eine Trichterröhre bis nahe auf den Flaschenboden geführt, die andere mit einer gebogenen Glasröhre versehen, an die ein Gummischlauch angeschlossen ist. Durch Eingießen von verdünnter Salzsäure in den Trichter wird Kohlendioxyd ausgetrieben. Das Blut wird dunkelrot gefärbt (venöses Blut). Führe den Versuch so durch, daß du ausgeatmete Luft durch Blut leitest. Die Farbe wird dunkler.

220. **Reduktion des Oxyhämoglobins zu Hämoglobin.* In einem Reagensglas wird zu einer kleinen Menge des im vorigen Versuch durch Sauerstoffzuleitung hellrotgefärbten Blutes etwas Schwefelammonium gegeben. Das Blut färbt sich dunkel, indem der Sauerstoff demselben entzogen wurde.

221. **Die Wirkung von Kohlenoxyd (CO) auf das Blut.* Leite mittels Gummischlauch und Glasröhre gewöhnliches Leuchtgas durch hellrotes Rinderblut. Dieses wird allmählich dunkelrot. Das Gas enthält u. a. CO, welches reduzierend auf Oxyhämoglobin wirkt. Leite hernach wieder Sauerstoff in das reduzierte Blut. Es verändert sich nicht mehr, da das an CO gebundene Hämoglobin keinen Sauerstoff mehr aufzunehmen vermag. Darin beruht die tödliche Wirkung des CO.

B. Der Kreislauf des Blutes.

Material: Froschlarven, Flohkrebse (Daphnia), Fisch. — Watte, physiologische Kochsalzlösung, Mikroskop, Objektträger, Deckgläser, Spritzballon, Glasröhren, Bechergläser, Gummischläuche, -pfropfen, T-Röhre, Schwammstücke.

222. **Mi.** Lege Froschlarven, welche noch die äußeren Kiemenbüschel besitzen, auf einen Objektträger mit ausgeschliffener Vertiefung. Deckglas sorgfältig auflegen! Stelle unterm Mikroskop bei mittlerer Vergrößerung auf die Kiemen-

büschel ein. Das Vorbeiströmen der Blutkörperchen ist deutlich sichtbar.

223. **Mi.** Wickle den Körper einer älteren Froschlarve (Kaulquappe) in feuchte Watte, daß nur das Schwanzende sichtbar bleibt. Lege sie auf einen Objektträger und bedecke den Schwanz mit einem Deckglase, Unterm Mikroskop kann die Zirkulation der Blutkörperchen beobachtet werden.

224. **Mi.** Fange mit einem feinmaschigen Kescher (auch Kaffeesack!) in einem Moortümpel Flohkrebse der Gattung Daphnia und betrachte die Tierchen bei schwacher Vergrößerung in einem Wassertropfen auf dem Objektträger. Das auf der Rückenseite hinter dem Kopf liegende Herz zeigt lebhafte, regelmäßige Zusammenziehungen.

225. Beobachte mit Hilfe einer Lupe die Blutbewegung im Rückengefäß nackter Raupen.

226. *Präpariere mit größter Sorgfalt das Herz eines frisch getöteten Fisches heraus und lege es in physiologische Kochsalzlösung (0,75 g Kochsalz in 100 cm^3 Wasser gelöst). Die aufeinanderfolgenden Kontraktionen von Vorhof und Herzkammer lassen sich oft noch nach mehr als einer Stunde beobachten.

227. *Die Saugkraft der sich erweiternden Herzkammer.* In die ausgezogene Öffnung eines Spritzballons wird eine Glasröhre eingeführt. Drücke den Ball zusammen, tauche die Öffnung der Röhre in ein Gefäß mit Wasser und lasse den Ball wieder los. Dieser nimmt die frühere Gestalt wieder an. Infolge des verminderten Luftdruckes im Innern steigt das Wasser aus dem Gefäß in die Röhre.

228. **Modell des Blutkreislaufes nach Hahn.* In Abbildung 3 stelle der Spritzballon A eine Herzkammer dar. Das Taschenventil wird durch ein etwa 4 cm langes Schlauchstück vertreten, das einen kleinen Längsschnitt aufweist, mit dem einen Ende an der T-Röhre sitzt und am andern Ende

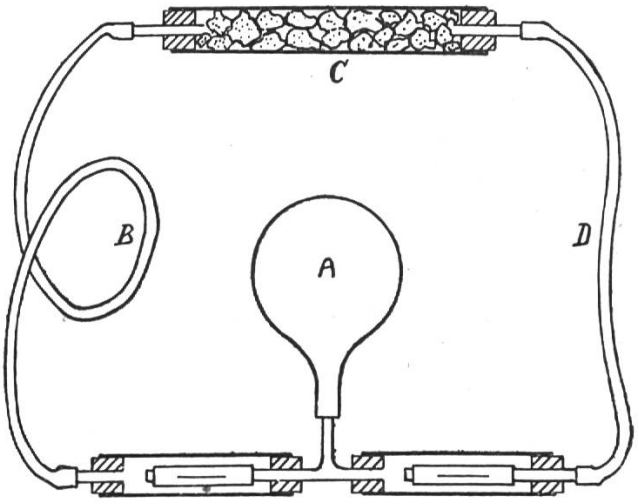


Abb. 3

durch ein Glasstück verschlossen ist. Dieses sogen. Bunsensche Ventil ist von einem weitern Rohr mit zwei einfach durchbohrten Gummipfropfen eingeschlossen. Der mit einer kurzen Glasröhre angefügte Schlauch B von 1 m Länge ist einer Arterie (Aorta) vergleichbar. Das reichverzweigte System der Haargefäße wird durch ein spanisches Rohr C von 30 cm dargestellt oder in Ermangelung eines solchen aus einem weiten Glasrohr, das mit Schwammstücken aufgefüllt ist. Der etwa 60 cm lange Schlauch D führt gleich einer Vene ins Herz zurück. Ein gleichgebautes Gummiventil wie das schon beschriebene möge die Segelklappen zwischen Vorhof und Herzkammer vorstellen.

Bei Beginn des Versuches wird das ganze Röhrensystem mittelst des wiederholt aufzufüllenden Ballons mit reinem Wasser vollgepreßt und zuletzt der Ballon mit rotgefärbtem Wasser angeschlossen. So oft man jetzt den Spritzballon zusammenpreßt, kann man am Schlauch B, wenn derselbe zwischen Daumen und Zeigfinger gefaßt wird, den Pulsschlag spüren. Ein kleiner Schnitt im Schlauch veranschaulicht die Folgen einer Schlagaderverletzung. (Wo muß unterbunden werden?) Das Kapillarnetz C setzt der Strömung einen solchen Widerstand entgegen, daß die Schlagader B anschwillt und infolge der Elastizität ihrer Wände auch zwischen zwei Herzschlägen ein stetiges Fließen durch die Haargefäße aufrecht erhält. Daher ist im Schlauche D kein Puls mehr spürbar.

229. Vergleiche an Hand schematischer Figuren den Bau des Herzens bei den verschiedenen Vertretern der Klasse der Wirbeltiere.

C. Versuche am eigenen Körper.

Material: Fieberthermometer.

230. *Die Bluttemperatur.* Von drei Fieberthermometern, deren Quecksilberfaden vor Gebrauch durch Schleuderbewegungen herabgedrückt wird, steckt die Versuchsperson den ersten in den Mund, den zweiten in die Achselhöhle und der dritte wird in der Faust festgehalten. Nach sechs Minuten werden die Temperaturen abgelesen. Woher rühren die Unterschiede?

231. *Zahl der Pulsschläge.* Suche an deinem Körper Stellen auf, an denen der Puls deutlich spürbar ist. Setze dich auf einen Stuhl, schlage die Beine so übereinander, daß die Kniehöhle des einen auf die Kniescheibe des andern zu liegen

kommt. Beobachte die gehobene Fußspitze. Sie zeigt jede Pulsbewegung deutlich an. (Nachteile dieser Haltung!) Zähle die Pulsschläge nach einer längern Ruhepause. Wiederhole die Zählung, nachdem du im Freien mindestens 2—3 Minuten Laufschritt ausgeführt hast. Vergleiche die Zahl der Pulsschläge bei jungen und hochbetagten Menschen. Stelle die Abhängigkeit der Herzbewegung von seelischen Zuständen fest.

232. Vergleiche die Venen des Handrückens bei emporgehobenem und gesenktem Arme.

D. Das Herz der Säugetiere.

Material: ein frisches Kalbsherz, Emailküvette (oder ein Suppenteller), Präparierbesteck, Gummischlauch von 80 cm Länge mit passendem 20 cm langem Glasröhrenstück und Glastrichter, Geschirr mit Wasser.

233. *Präparation eines Kalbsherzens.*

a) Aeußere Betrachtung: Durch Betasten mit den Fingern sucht man zunächst die dünnwandige rechte und die dickwandige, feste linke Herzhälfte auf. Lege das Herz so ins Becken, daß die rechte Herzkammer zur Linken sich befindet. Suche die über den Herzkammern liegenden Vorhöfe (Öhrchen). Zwischen reichlichen Fettpolstern, die am Grunde der Öhrchen liegen und die Kammermuskulatur teilweise verdecken, verläuft ringsum die Kranzarterie, welche der Scheidewand entlang einen Hauptseitenarm abgibt.

b) Der innere Bau: Suche mit dem Zeigfinger den Eingang zum rechten Vorhof und von dort dringe in die rechte Herzkammer. Öffne diese durch einen Schnitt parallel zur Scheidewand. Die dreizipflige Segelklappe wird freigelegt. Gewöhnlich sind noch Klumpen von gestocktem, dunkelrotem Blute vorhanden. Suche jetzt den Ausgang aus der Herzkammer, die Lungenarterie. Schneide sie mit der Schere sorgfältig der Länge nach auf. Die Taschenventile werden freigelegt. Fahre mit dem Finger in die Täschchen.

c) Die Funktionen der Herz- und Arterienklappen. In den linken Vorhof, der jetzt betrachtet wird, führen mehrere Aeste der Lungenvenen. Öffne die Vorkammer. Führe den Zeigfinger in die Herzkammer und suche den Eingang zur Aorta. Von außen her wird jetzt mit aller Sorgfalt ein Glasrohr durch die Aorta eingeführt, daß dessen Öffnung in die linke Herzkammer zu liegen kommt.

Binde die Schlagader mit Schnüren am Glasrohr fest und verbinde letzteres durch einen etwa 80 cm langen Gummischlauch mit einem Glastrichter. Fülle den Trichter mit Wasser und hebe denselben.

Sofort wird die zweizipflige Segelklappe durch den Druck des Wassers geschlossen, was man durch die geöffnete Vorkammer gut beobachten kann.

Um die Bewegung der Taschenventile der Aorta zu studieren, wird jetzt die linke Herzkammer so weit aufgeschnitten, bis die drei halbmondförmigen Klappen deutlich sichtbar sind. Ziehe das Glasrohr so weit zurück, daß die Taschen frei liegen. Hebe den Trichter mit Wasser wieder in die Höhe. Die Klappen schließen sich und lassen kein Wasser mehr durch.

XIII. Die Atmung.

A. Die Luft und ihre Bestandteile.

Material: Wanne, Stutzen, Bechergläser, Glasröhren, Erlenmeyer, Trichterröhren, Zylinder, Glasplatte, Kerzen, Schwimmer, Draht, Gummischläuche und -pfropfen. — Wage, Mikroskop, Objektträger, Deckgläser. — Kalkwasser, Barytwasser, Marmor, Phenolphthaleïnlösung, Kobaltchlorürpapier, H_2SO_4, Glyzerin, Kanadabalsam, Bimsteinstücke.

234. *Sauerstoff und Stickstoff.* Bringe eine brennende Kerze in einem größern Gefäß, das zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist, mittels eines quadratischen Holzbrettchens oder Korkes zum Schwimmen. Stülpe rasch ein Glas über die Flamme, dessen Rand in die Flüssigkeit taucht. Die Flamme erlischt allmählich, das Wasser im Gefäss ist um $^1/_5$ gestiegen, welches Volumen der Menge des in der atmosphärischen Luft vorhandenen Sauerstoffes entspricht, die übrigen $^4/_5$ sind Stickstoff.

235. *Kohlensäurereaktion auf Kalkwasser.* Gieße in ein Becherglas etwas Kalkwasser oder Barytwasser und leite nach Anordnung von Versuch 219 Kohlensäure hinein. Sowohl Kalk- als Barytwasser werden getrübt.

236. *Kohlensäuregehalt der Luft.* Ein Erlenmeyerkolben oder ein weites Reagensglas wird mit einem doppelt durchlochten Gummipfropfen verschlossen. In beiden Bohrungen werden knieförmig gebogene Glasröhren gesteckt, von denen die eine bis auf den Boden des Gefäßes reicht, während der

entsprechende Schenkel der andern Röhre nur etwa 1 cm tief unter den Pfropfen reicht. Gieße etwas Kalkwasser in das Gefäß, daß die Mündung der längern Röhre untertaucht. Sauge an der kurzen Röhre. Die äußere Luft dringt durch das Kalkwasser ins Innere; erst nach längerem Saugen tritt eine schwache Trübung ein. Luft enthält nur etwa 0,03 % Kohlensäure.

237. *Kohlensäuregehalt der ausgeatmeten Luft.* Erneuere das Kalk- oder Barytwasser im Erlenmeyerkolben und blase die ausgeatmete Luft durch die längere Röhre. Das Kalkwasser trübt sich rasch. Also enthält die ausgeatmete Luft mehr Kohlensäure als die gewöhnliche atmosphärische Luft.

238. *Enthält ausgeatmete Luft noch Sauerstoff?* Fülle einen Glaszylinder oder eine Pulverflasche mit Wasser, stelle ihn umgekehrt in eine mit Wasser nahezu gefüllte Wanne, indem du zuvor die Öffnung mit einer Glasplatte verschlossen hast. Atme tief ein, halte den Atem möglichst lang zurück und blase dann die Atemluft mit Hilfe eines Schlauches, dessen Ende unter Wasser in den Hals der Flasche eingeführt wird, in das Gefäß, dessen Wasser nun durch die Luft verdrängt wird. Verschließe die Öffnung mit einer Glasplatte, stelle die Flasche aufrecht auf den Tisch und tauche eine brennende Kerze, die an einem dünnen Drahte befestigt ist, auf den Grund des Gefäßes. Verschließe rasch mit Kork oder Glasplatte. Die Kerze brennt noch einige Zeit. Beobachte mit Hilfe einer Uhr die Dauer bis zum Erlöschen. Die ausgeatmete Luft enthält noch Sauerstoff. Wiederhole den Versuch, indem die Kerze in gewöhnlicher Luft verbrannt wird, unter Kontrolle der Zeit. Sie brennt länger.

239. *Der saure Charakter ausgeatmeter Luft.* Ein Becherglas oder ein enger Glaszylinder wird zu zwei Drittel mit Wasser gefüllt, dem einige Tropfen Phenolphthaleïnlösung beigegeben sind. Füge mit einem Glasstab eine Spur von Kalkwasser hinzu, daß gerade eine deutliche Rotfärbung sichtbar wird. Blase mit Hilfe einer Glasröhre, die bis auf den Grund des Bechers eingetaucht wird, Atemluft durch die Flüssigkeit. Sie wird entfärbt.

240. *Der Wassergehalt der Luft.* Stelle ein blankes Glasgefäß, das mit frischem, kaltem Quellwasser gefüllt ist, in ein warmes Zimmer. Der Wasserdampf der Luft schlägt sich in Form kleinster Wassertröpfchen an den Wänden des Gefäßes nieder.

241. *Wassergehalt der ausgeatmeten Luft.* Hauche an eine Fensterscheibe oder sonst auf kühle, glänzende Gegenstände. Taubeschlag von Wassertröpfchen.

Fasse einen Streifen Kobaltchlorürpapier mit einer Pinzette und trockne denselben über einer Flamme, bis er tiefblau gefärbt ist. Berühre ein Streifchen davon mit angefeuchteten Fingern: das Papier färbt sich rot. Hauche an das blaue Papier. Nach und nach rötet es sich.

242. *Bestimmung der Menge des ausgeatmeten Wassers.* Schwefelsäure hat das Vermögen, Wasserdampf zu absorbieren. Senke eine schwach gekniete Glasröhre in einen Standzylinder und fülle denselben mit Bimsteinstücken auf, die vorher in konzentrierte Schwefelsäure eingetaucht worden waren. Wäge die ganze Vorrichtung genau ab. Stoße die Atemluft während 3—5 Minuten (genaue Zeitbeobachtung) durch das Glasrohr aus. Wiederhole die Wägung. Der Zylinder ist schwerer geworden, da der Wasserdampf der ausgeatmeten Luft absorbiert wurde. Stelle Berechnungen an über die täglich durch Atmung ausgeschiedene Wassermenge. Durchschnittlich bei Erwachsenen 330—340 gr.

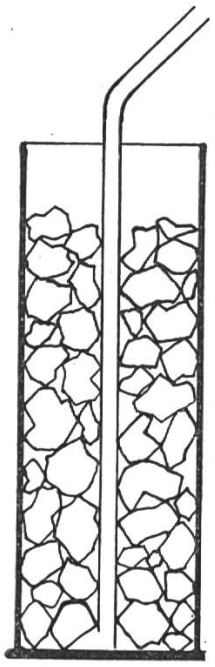


Abb. 4

243. **Mi.** *Die Verunreinigungen der Luft.* Lege zu verschiedenen Jahreszeiten einen Objektträger mit einem Glyzerintropfen drauf an die gleiche Stelle im Freien und lasse denselben etwa 3—4 Stunden liegen. Lege hierauf ein Deckglas darüber, etikettiere und betrachte im Mikroskop. Der aufgefangene Staub ist je nach der Jahreszeit und der Witterung sowohl in der Art der Zusammensetzung als auch im Mengenverhältnis sehr verschieden. Häufig treten durchs ganze Jahr auf: Mineralsplitter, Rußteilchen, Fasern von Baumwolle, Leinen, Schafwolle, Stärkekörnchen (durch Jodzugabe nachgewiesen), Nadelholzfetzen, Getreidespelzfragmente, Blattfetzchen, Sporen von Pilzen. Im Juni treten regelmäßig die Flugpollen der Nadelhölzer auf und etwas später die Graspollen (Heuschnupfen).

Schöne Dauerpräparate erhält man dadurch, daß auf den Objektträger an Stelle von Glyzerin ein Tropfen Kanadabalsam

gebracht wird, welcher mit Xylol etwas verdünnt worden ist. Nach der Exposition wird einfach ein Deckglas aufgelegt.

244. * *Veranschaulichung der täglich durch Lunge und Haut abgegebenen Wassermenge.* Durch die Lunge werden täglich etwa im Durchschnitt 330 gr Wasser ausgeschieden, durch die Haut doppelt so viel. Man fülle einen Zylinder von 1 l Inhalt zu $^2/_3$ mit Wasser, welche Menge ungefähr der Ausscheidung durch die Haut entspricht. Der noch bleibende Drittel wird durch Öl gefüllt und stellt die Menge des durch die Lunge täglich ausgeschiedenen Wassers dar. Man kann zur Demonstration auch zwei Gefäße verwenden.

B. Die Lunge und der Atmungsvorgang.

Material: Kalbslunge, Frosch. — Mikroskop, Objektträger, Deckgläser, Wanne, Glasglocke mit Tubus, Glasröhren, Pulverflasche zu 4 l, Draht, Stricknadel, Holzbrett, Lineale, Gummiblase, -pfropfen, -schläuche, Schlauchklemme.

245. *Der Bau der Lunge eines Säugetieres.* Von einem Fleischer bezieht man eine frische Kalbslunge. Betrachte zunächst Kehlkopf und Luftröhre. Öffne den Kehlkopf durch einen Längschnitt und suche die falschen und echten Stimmbänder. Unterscheide die beiden Lungenflügel und stelle die Zahl der Lappen fest. Suche die erste Verästelung der Luftröhre auf. Beachte die Farbe der Lunge (hellrotes und sauerstoffreiches Blut). Schneide ein Stück der Lunge weg und suche auf der Schnittfläche die Bronchien von den Blutgefäßen zu unterscheiden. Wirf ein Stück Lunge in Wasser. Presse es unter Wasser zusammen. Die rückständige Luft steigt in Blasen auf.

246. **Mi.** Betrachtung eines Dauerpräparates: Lungenbläschen.

247. **Mi.** *Flimmerepithel.* Ein Stück Gaumenhaut eines frisch getöteten Frosches wird in einer Feuchtkammer betrachtet. Langsame Flimmerbewegung.

248. *Rippenatmung.* Berühre mit den Fingerspitzen den Rand der untern rechten Rippen und atme tief ein. Der Brustkorb wird gehoben und erweitert.

249. * *Modell der Rippenatmung.* Aus einem Lineal und einem Holzbrettchen wird ein Stativ hergestellt. Durchbohre das Stäbchen am Stativ sowie ein zweites Linealstück an vier Stellen, die gleichen Abstand besitzen. Durch die entsprechenden Bohrungen beider Stäbe werden dicke Drahtstücke gezogen und zu Ringen geformt. Das längere Stäbchen stellt

die Wirbelsäule, das kürzere das Brustbein vor und die Ringe entsprechen den Rippen. Bei der Auf- und Abwärtsbewegung des Brustbeins bilden die Rippen je einen größern oder kleinern Raum. (Abb 5.)

250. *Modell der Zwerchfellatmung.* Hiezu wird eine Glasflasche mit abgesprengtem Boden oder eine hohe mit Tubus versehene Glasglocke verwendet. Verschließe den Hals mit einem einfach durchbohrten Gummipfropfen, durch welchen eine gerade Glasröhre gesteckt ist. Am untern Ende dieser

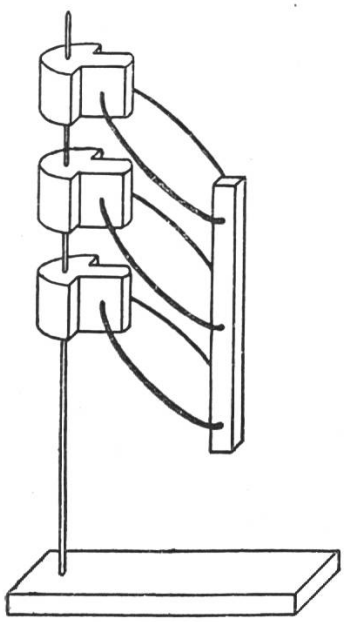


Abb. 5

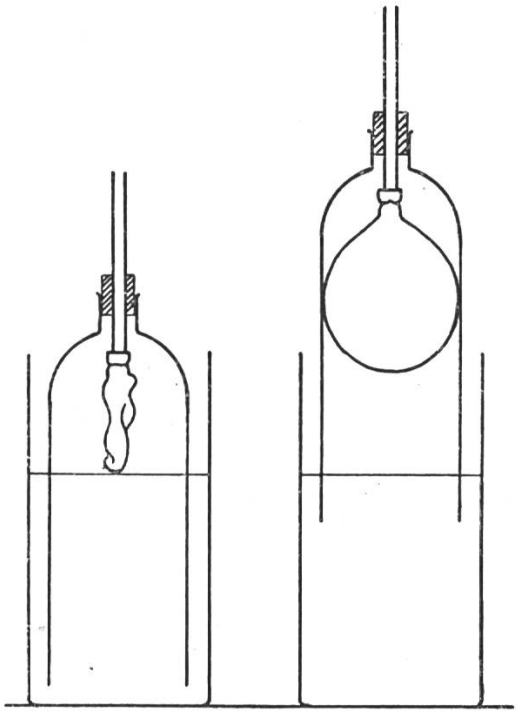


Abb. 6

Röhre wird eine dünnwandige Gummiblase befestigt. Blase den Gummiballon auf und tauche die Glocke in ein Gefäß mit Wasser. Das Niveau in der Glocke stellt das Zwerchfell vor. Beim Emporsteigen desselben, d. h. beim Eintauchen der Glocke wird die Luft aus der Gummiblase (Lunge) nach außen gepreßt; beim Sinken des Niveaus, d. h. beim Heben der Glocke füllt sich die Blase wieder mit Luft. Auch ausgebauchte Lampenzylinder für Zungenbrenner leisten gute Dienste. (Abb. 6.)

C. Messung der Atmungsgrößen.

251. *Zahl der Atemzüge.* Bestimme mit Hilfe einer Uhr die Zahl der Atemzüge pro Minute bei ruhendem Körper.

252. Zähle die Atemzüge unmittelbar nach einem Laufschritt von etwa drei Minuten Dauer im Freien.

253. Bestimme in Sekunden die Zeit, während welcher du die Atmung zu unterbrechen vermagst. (Taucher.)

254. *Das Spirometer.* Zur Messung der beim Atmungsvorgang verwerteten Luftmengen bedient man sich eines sog. Spirometers, das folgendermaßen hergerichtet wird. Senke ins Innere einer 4 l fassenden Pulverflasche das längere Stück einer zweimal geknieten Glasröhre, deren anderes Ende mit einem Gummischlauch verbunden ist, der ein Glasröhrchen als Mundstück trägt. Tauche die Vorrichtung umgekehrt in eine mit Wasser gefüllte Emailwanne und unterstütze den Rand der Flasche durch drei Holzklötzchen. Sauge durch den Gummischlauch die Luft aus dem Innern der Flasche, bis das Wasser etwa drei Viertel des Raumes erfüllt hat. Schließe den Gummischlauch mit einem Quetschhahn und markiere den Wasserstand durch einen Strich mit Fettstift an der Außenwand. Viel Zeit wird erspart, wenn man die Flasche vor den Versuchen eicht, indem man außen einen Papierstreifen aufklebt und auf diesem eine Skala aufträgt mit Marken von 50 zu 50 cm³. Die Teilstriche werden durch Einfüllen mit einem Meßzylinder gewonnen. (Abb. 7)

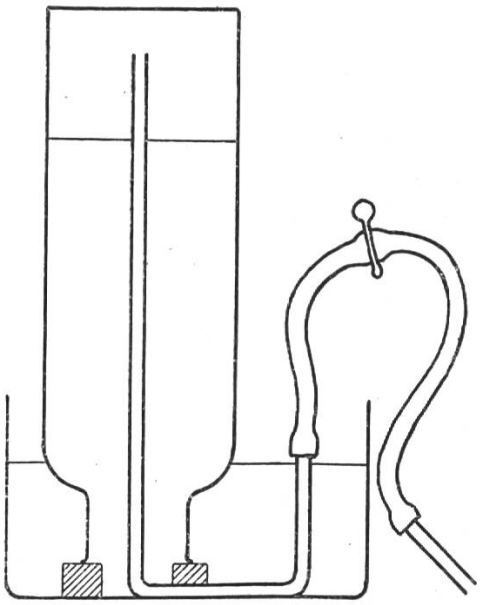


Abb. 7

255. *Bestimmung der Luftmenge bei normaler Atmung = Respirationsluft.* Atme aus dem abgeschlossenen Luftraum in der Weise einmal ein, daß der Quetschhahn erst geöffnet wird, wenn du das Mundstück des Schlauches zwischen den Lippen hältst. Das Wasser im Gefäß steigt. Bezeichne den höchsten Stand mit einer Marke. Die Menge der eingeatmeten Luft kann nun dadurch bestimmt werden, daß man das Gefäß umkehrt und durch Auffüllen mit einem Meßzylinder den Raum zwischen den Strichen bestimmt. Bei geeichten Gefäßen kann das Volumen direkt abgelesen werden. (Respirationsgröße durchschnittlich 400—500 cm³).

256. *Ergänzungs- oder Komplementärluft.* Stelle das Niveau in der Flasche wieder auf etwa halbe Höhe ein. Atme nach einer normalen Einatmung noch so tief als möglich durch

den Schlauch ein. Die Ergänzungsluft beträgt durchschnittlich etwa 1500 cm^3.

257. *Hilfs- oder Reserveluft.* Stelle das Niveau im Gefäße möglichst hoch. Atme nach einer normalen Ausatmung noch durch den Schlauch so stark als möglich aus. Die Reserveluft beträgt im Mittel etwa 1500 cm^3.

258. *Rückständige Luft.* Auch bei tiefster Ausatmung werden in der Lunge noch etwa 1200 cm^3 Luft zurückgehalten.

259. Bestimme aus den obigen Versuchen die gesamte Luftmenge, welche die Lunge zu fassen vermag.

260. Stelle Berechnungen an über die Atmungsleistungen der Lungen in l^m, l^h. l^d, l^a.

Bestimme in g die Menge des Sauerstoffes, die dem Körper durch die Atmung täglich zugefügt wird. (1 l O wiegt 1,43 g).

261. Die *Ventilationsgröße* der Lungenatmung wird erhalten, indem man das Verhältnis der eingeatmeten Luftmenge zum gesamten Luftgehalt der Lunge bestimmt. Bei normaler Atmung beträgt dieselbe $500 : (500 + 1500 + 1200) =$ rund $^1/_6$. Bei tiefster Atmung $1500 + 500 + 1500 : (1500 + 500 + 1500 + 1200) =$ rund $^3/_4$.

XIV. Die Nieren.

Material: Kalbsniere, Küvette, Messer, Schere, Mikroskop, Dauerpräparat.

262. **Mi.** Betrachte unterm Mikroskop ein Dauerpräparat der Blutgefäßknäuel aus der Niere.

263. *Untersuchung einer Kalbsniere.* Betrachte äußere Form, Farbe. Suche den Harnleiter, die zu- und abführenden Blutgefäße. Halbiere die Niere, suche das Nierenbecken, die gestreiften Pyramiden, die äußere Rindenschicht. Anfertigung einer Skizze.