Zeitschrift: Jahrbuch der Sekundarlehrerkonferenz des Kantons Zürich
Herausgeber: Sekundarlehrerkonferenz des Kantons Zürich
Band: - (1924)

Artikel: Botanische Schülerübungen und Demonstrationsversuche
Autor: Höhn, Walter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-819502

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

Botanische Schülerübungen und Demonstrationsversuche.

Zusammengestellt von
WALTER HÖHN
Sekundar-Lehrer
Zürich 6

ZÜRICH 1924

Verlag der Sekundarlehrerkonferenz des Kantons Zürich.

INHALTSÜBERSICHT

Seite

I. Entwicklung und Aufbau der Pflanzen:
A. Welche Lebewesen bezeichnen wir als Pflanzen? . . 1
B. Woraus entwickeln sich die Pflanzen? 2
C. Welches sind die äußeren Organe der Pflanzen? . . . 17
D. Wie sind die Pflanzen im Innern aufgebaut? 18
E. Aus welchen Grundstoffen sind die Pflanzen aufgebaut? 22
II. Woher die Pflanzen die flüssige Nahrung beziehen? . . . 34
III. Die Nahrungsaufnahme durch die Wurzeln 47
IV. Wie die von den Wurzeln aufgenommene Nahrung über die Pflanze verteilt wird 60
V. Die Wasserverdunstung der Pflanzen 66
VI. Die Gewinnung und Verarbeitung des Kohlenstoffes durch die grünen Pflanzen 73
VII. Abweichende Ernährungsformen bei Pflanzen:
A. Bindung des Stickstoffes durch Bakterien 83
B. Lebensgemeinschaften zwischen Pilzen und grünen Pflanzen 83
C. Schmarotzer, Halbschmarotzer und Fäulnisbewohner . 84
D. Insektenfressende Pflanzen 85
VIII. Die Atmung der Pflanzen und die Gärung 87
IX. Wanderung und Speicherung der durch die Assimilation gebildeten Kohlehydrate 91
X. Eiweiß, Fett und übrige Stoffwechselprodukte des Pflanzenkörpers. 93
XI. Wachstum, Bewegung und Reizempfindung als weitere Lebensäußerung des Pflanzenkörpers 96
XII. Die Fortpflanzung.
A. Ungeschlechtliche und geschlechtliche Vermehrung . . 100
B. Verbreitung von Früchten und Samen 103

Erklärung der Zeichen und Abkürzungen.

* = Ausschließlicher Demonstrationsversuch.

Mi. = Mikroskopierübung.

B. H. = Biologisches Herbarium.

Vorwort.

*

Um gleich zu Anfang jedem Mißverständnis bei der Verwendung meiner Zusammenstellung von botanischen Schülerübungen im Unterrichte vorzubeugen, möchte ich betonen, daß jeder Lehrer zunächst diejenigen Übungen auswählt, die seiner Schulabteilung und seinen Verhältnissen am besten dienen können. Wir sind ja noch nicht so weit, daß alle Gemeinden unseres Kantons besondere Kredite für die Durchführung von Schülerübungen zur Verfügung stellen. Es muß aber als erfreuliche Tatsache gebucht werden, daß eine Reihe von Gemeinwesen, darunter ganz besonders die Stadt Zürich, diese neuern Bestrebungen fördern und finanziell unterstützen.

Als einziges Hindernis einer erfolgreichen Entwicklung und Ausgestaltung der Selbstbetätigung der Schüler in naturwissenschaftlichen Fächern macht sich der gegenwärtige Lehrplan immer mehr spürbar. Wir werden mit allem Nachdruck darauf dringen müssen, daß bei der in Aussicht gestellten Revision des Lehrplans im Naturkundunterricht der Sekundarschule den biologischen Fächern ein chemisch-physikalischer Vorkurs voranzugehen habe. Die Forderung ist schon alt. 1906 hat unser St. Galler Kollege Prof. Dr. Müller eine Lanze dafür eingelegt. Im Lehrplan der Volksschule der Stadt München u. a. O. ist die Forderung bereits erfüllt.

Während chemische und physikalische Schülerübungen, dem Stoffe entsprechend, nur im Schulzimmer durchgenommen werden können, wird das Arbeitsfeld bei biologischen Übungen bedeutend erweitert. Wohl wird ein beträchtlicher Teil von Schülerversuchen, so die meisten biochemischen, klassenweise in gleicher Front im Zimmer durchgeführt; doch gilt daneben der Grundsatz: Hinaus ins Freie! Die wahre Liebe zur Natur, die Ehrfurcht vor ihren Geschöpfen und das volle Interesse an ihrem Werden und Vergehen können nur erweckt werden, wenn sie unmittelbar auf uns einwirkt. Ich habe an einigen Beispielen zu zeigen versucht, — wenn auch nur skizzenhaft infolge Raumbeschränkung — wie Lehrausflüge fruchtbringend gestaltet werden können.

Versuche im Schulzimmer werden meistens als Klassenaufgabe durchgeführt. Einzelaufgaben, wie Beobachtungen an Demonstrations-

versuchen des Lehrers, Sammlung biologischer Typen, Herstellung von Plastilin- und Pappemodellen, phänologische Beobachtungen werden einzelnen Gruppen oder einzelnen Schülern zugewiesen. Besonders ist Gelegenheit gegeben, die Schüler zu Hause in der freien Zeit einfache Versuche über Keimung, Wachstum, Reizbewegung u. a. selbständig ausführen zu lassen, wobei ihnen das Material von der Schule zur Verfügung gestellt wird. Ich habe Wert darauf gelegt, beim Sammeln für das biologische Herbar, auf Ausflügen den Forderungen des Naturschutzes gerecht zu werden. Was gesammelt wird, gehört der Massenvegetation an. Wir wollen keine Raritäten, keine systematischen Sammlungen. Die Zusammenstellungen sollen das im Unterricht Gebotene ergänzen und vertiefen und nur von Schülern ausgeführt werden, die Freude daran haben. Solche finden sich immer in genügender Zahl.

Die Ergebnisse jedes Versuches, jeder Beobachtung, jedes Lehrausfluges sollen durch Zeichnung und kurzen Text festgehalten werden. Wie wertvoll, ja unentbehrlich ein Schulgarten für biologische Übungen ist, leuchtet ohne weiteres ein. Da die Vorbereitungen für solche Lektionen infolge Materialbeschaffung und Zusammenstellung der Apparate dem Lehrer eine bedeutende Mehrarbeit verursachen, ist es zweckmäßig, die beiden Naturkundstunden nacheinander anzusetzen.

Das Mikroskop ist für botanische Untersuchungen unentbehrlich. Jede Gruppe sollte mit einem Instrument ausgerüstet sein. Billigere Schüler- oder im Notfalle Taschenmikroskope genügen für unsere Zwecke vollständig. Schnittpräparate werden vor der Stunde vom Lehrer für jede Gruppe hergestellt. Wir verzichten darauf, den Schüler direkt nach seiner Beobachtung im Mikroskop Zeichnungen anfertigen zu lassen, die Zeit fehlt dazu. Aber er soll erleben und schauen, was dem unbewaffneten Auge verborgen ist. Man lasse ihn probeweise an der Tafel skizzieren, was er gesehen. Das richtige mikroskopische Bild soll vom Lehrer an die Tafel entworfen und vom Schüler hernach kopiert werden.

Sämtliche Apparate und Chemikalien, die für biologische Schülerübungen benötigt werden, können durch die Firma Dr. Bender und Dr. Hobein in Zürich 6 geliefert werden, wo auch Listen von Apparatzusammenstellungen nach meinen Angaben, nebst Preisverzeichnis kostenlos zu haben sind.

ZÜRICH, 1924. **WALTER HÖHN.**

I. Entwicklung und Aufbau der Pflanzen.

A. Welche Lebewesen bezeichnen wir als Pflanzen?

Material: Lupe, Zeichenpapier, Klebestreifen, Gummi arabicum, Gitterpresse, Preßpapier, Pflanzenmaterial (siehe unter 1).

1. Um den Schüler rasch über die Hauptvertreter des Pflanzenreiches und über seine manigfaltigen Lebensformen zu orientieren, läßt man die nachfolgenden Typen betrachten und deren auffälligste äußere Unterscheidungsmerkmale feststellen: eine beliebige Blütenpflanze, ein Farrenkraut (z. B. den an alten Mauern überall vorkommenden Mauerfarn), einen Schachtelhalm, ein Laubmoos (am besten die großen Goldhaarmoose Polytrichum mit Kapseln, die in Hochmooren und Wäldern zu treffen sind), Flechten (die gelbe Schüsselflechte, die auf Baumrinde an Landstraßen selten fehlt oder Strauchflechten aus Mooren), Fadenalgen aus Tümpeln und Brunnentrögen, Kugelalgen auf Baumrinden, frische oder getrocknete Hutpilze, Schimmelbildungen auf Früchten, Pilzgeflechte auf moderndem Laub der Buchenwälder, die zottig geschwänzten, fellartigen Kolonien des Abwasserbakteriums Sphaerotilus, das in allen Abwässern aus Kanalisationen zu finden ist. Zeichne einige Typen.

2 **B. Ь.** Stelle die genannten Pflanzenkörper auf Pappe oder Tonpapier zusammen. Blütenpflanzen, Moose, Farne, Strauch- und Blattflechten, kleine Hutpilze oder modernde Blätter mit Pilzmyzelien werden am besten in der Gitterpresse unter leichtem Drucke getrocknet. Fadenalgen fängt man unter Wasser auf einem Stück weißen Papiers auf und läßt dasselbe hierauf an der Luft trocknen. Festkleben mit Gummipapier und Gummi arabicum.

3. *Lehrausflug.* Zu jeder Jahreszeit kann die nähere oder weitere Umgebung des Schulhauses abgesucht werden, um namentlich das Vorkommen und den Formenreichtum der dem Schüler wenig bekannten Kryptogamen zu studieren. Im Anfang hüte man sich vor dem Aufzählen vieler Pflanzennamen; dagegen suche man etwa folgende Fragen zu beantworten: welche Standorte bevorzugen Algen, Pilze, Flechten, Moose, Farne? Welche Ansprüche stellen die genannten Vertreter des Pflanzenreiches an ihre Unterlage? Bestehen Beziehungen zwischen ihrer Verbreitung und der menschlichen Kulturtätigkeit?

B. Woraus entwickeln sich die Pflanzen?

a. Die Entwicklung aus Samen.

α. *Quellung und Bau der Samen.*

Material: Feuerbohnen, Stangenbohnen, Saubohnen, Mais, Senfkörner, Weizen, Gerste, Lupinen, Quitten-, Lein- und Gurkensamen, Filtrierpapier, Fettstift, Trinkglas, Glasschalen, Meßzylinder, Wage, Gewichte, Medizinfläschchen, Holzplatte, Lupe, Nadel, Alkohol 1:5.

4. **Allgemeine Quellungserscheinungen.* Hänge einen in Apotheken käuflichen Laminariastift zur Hälfte in ein Glas Wasser; desgleichen einen Streifen Kataplasma. Tauche einen Gelatinestreifen in Wasser, das mit Eosin leicht gefärbt ist: ebenso ein Stück Gummischlauch in Benzol. Nach 1—2 Stunden sind die eingetauchten Teile angequollen. Wäge den Laminariastift vor und nach dem Versuche. Der Gewichtsunterschied ergibt die Menge des aufgenommenen Wassers.

5. Wäge 6 Saubohnen, 12 Stangenbohnen, 20 Maiskörner. Miß je an einem mit Fettstift bezeichneten Samen die drei Hauptdurchmesser. Lege die gewogenen und gemessenen Stücke in Wasser. Wiederhole Wägung und Messung nach 24 Stunden, nachdem vorher die Samen mit Filtrierpapier gut abgetrocknet wurden. Bestimme die Gewichtszunahme und deren Ursache.

6. Fülle einen Meßzylinder genau bis zur Marke 60 ccm mit Alkohol in Verdünnung 1:5. Wirf etwa 10—20 Bohnen hinein und notiere den neuen Stand des Niveaus. Bestimme das Volumen der ungequellten Bohnen. Lasse hierauf die Bohnen 24 Stunden in Wasser quellen. Wiederhole die Messung mit den gequollenen Bohnen, indem du dieselben in 60 ccm Wasser im Meßzylinder bringst. Wie groß ist die durch Quellung verursachte Raumvergrößerung?

7. Fülle ein enges Trinkglas zur Hälfte mit Bohnen und gieße bis zum gleichen Niveau Wasser hinzu. Bezeichne die Höhe durch eine Marke am Glase. Beobachte nach 24 Stunden. Halte das Glas mit der Öffnung nach unten.

8. Bohnen, die in einem Glase der Quellung ausgesetzt sind, werden mit einer in das Gefäß passenden Glas- oder Holzplatte bedeckt und mit einem Gewichtstein (zirka 500 gr) beschwert. Suche die Druckwirkung durch Anbringen einer Marke, einer einfachen Zeigervorrichtung mit Hebelübertragung festzustellen.

9. Lege ein bis zum Halse dicht mit Bohnen gefülltes Medizinfläschchen offen in ein Gefäß mit Wasser, daß es völlig

untertaucht. Am folgenden Tage ist das Fläschchen infolge der Druckwirkung gewöhnlich zersprungen.

10. Lasse Quitten-, Lein- oder Senfsamen in Wasser quellen. Es bilden sich gallertige Schleimhüllen, die bei Austrocknung das aufgenommene Wasser lange festzuhalten vermögen.

11. *Untersuchungen an Samen.* Betrachte an Bohnen, die 12 Stunden im Wasser gelegen haben, die äußere Form, Nabel, Mikropyle und Doppelhöcker (Lupe). Stelle an getrockneten Hülsen fest, wo der Same angewachsen war. Öffne vorsichtig mit einer Nadel die Samenschale auf der konvexen Seite und schäle sie weg. Die beiden Keimblätter werden sichtbar. Entferne das eine und betrachte den Keimling mit der Lupe. Deutlich können zarte Blättchen mit Nerven, ein kurzes Stengelchen und eine Wurzel unterschieden werden. Stelle jetzt an einer nicht zerlegten Bohne die Lage der Wurzelspitze fest in Bezug auf die Mikropyle. Stelle mittels eines Taschenmessers einen Querschnitt her, daß auch der Keimling getroffen wird. Suche den Keimling an gequellten Mais- und andern Getreidekörnern, an Puffbohnen, Gurkensamen. Unterscheidung von ein- und zweisamenlappigen Pflanzen.

12. Stelle die Ergebnisse der Untersuchung durch Zeichnungen dar. Modelliere verschiedene Samen aus Plastilin in vergrößertem Maßstabe. Schneide aus gefaltetem Tonpapier die Form einer Bohne heraus und zeichne auf der Innenseite die Lage des Keimlings.

13. *Bedeutung der Samenschale.* An unter sich gleichgroßen Samen der Wolfsbohne, der Robinie oder des Goldregens wird bei einzelnen Stücken die Samenschale bis aufs Nährgewebe durchgefeilt. Lege die ganzen und angefeilten Samen in Wasser und vergleiche nach 2—3 Tagen ihre Größe. Die angefeilten sind stark angequollen, die unverletzten fast gar nicht. Das Wasser vermag also die Samenschale nur langsam zu durchdringen. Welche Bedeutung hat diese Eigenschaft für die Entwicklung der Pflanze?

β. Samenkeimung und Keimbedingungen.

Material: Stangen-, Feuer- und Saubohnen, Mais-, Weizen-, Gerste-, Hafer- und Senfkörner, Samen von Kürbis, Gurke Rizinus, Sonnenblumen, Raps, Lupine, Robinie, Goldregen, Nigella sativa, Lythrum salicaria (Blutweiderich), Laucharten, Fettkraut (Pinguicula), Getreideähre, Kernobst; Blumentöpfe, Holzkistchen, Glasglocken, Glasplatten, Bechergläser, Glasschalen, unglasierte Tontellerchen, Tonschweinchen; Sägespäne, Gartenerde, Sand, Moosrasen, Schwamm, Bimstein, Ammoniak, Paraffinöl.

14. *Das Keimbett.* Sägespäne, kleinkrümelige Gartenerde oder Sand werden in einem größern Gefäß mit Leitungswasser mäßig angefeuchtet und hierauf, indem man die Masse zwischen beiden Händen zerreibt, in Blumentöpfen bis auf etwa $^2/_3$ der Höhe locker aufgeschichtet. Obenauf legt man die zur Keimung bestimmten Samen und bedeckt sie mit einer lockern Schicht der betreffenden Bodenart, deren Dicke ungefähr dem Durchmesser der Samen entsprechen soll. Um eine rasche Austrocknung zu verhindern, wird je nach Versuchsanordnung eine Glasplatte (-glocke) oder eine undurchsichtige Bedeckung darüber gestülpt. Besonders geeignet zu leichter Beobachtung aller Entwicklungsstadien sind Teller oder Glasschalen, auf deren Boden angefeuchtetes Filtrierpapier oder Baumwollappen gelegt werden, ferner unglasierte, poröse Tontellerchen, die in ein flaches, mit Wasser teilweise gefülltes Gefäß gestellt werden. Vorteilhaft ist dabei eine zweite Lage von feuchtem Filtrierpapier, welches die Samen überdeckt. Eine einfache Feuchtkammer erhält man dadurch, daß über einen mit benetztem Baumwollappen belegten Teller ein mit nassem Filtrierpapier ausgekleidetes, zylindrisches Gefäß gestülpt wird. Endlich können auch nasse Moosrasen, Tafelschwämme als Keimböden verwendet werden, für kleine Sämereien Bimsteinstücke, die z. T. in Wasser tauchen. Bei Versuchen, die einen normalen Keimprozeß erfordern, verwende man nur gut ausgebildeten, unbeschädigten und möglichst frischen Samen. Die zur Keimung bestimmten Sämereien — ausgenommen sehr kleine Körner — sollen zuerst 12 bis 24 Stunden im Wasser gequellt werden. Sorge für eine beständige und gleichmäßige Feuchtigkeit des Keimbettes, begieße Sand-, Sägemehl- und Humuskulturen womöglich mit einer Brause. Die Temperatur des Versuchsraumes sollte nicht unter 15° C. liegen. Lästige Schimmelbildungen können eingedämmt werden, wenn man das Sägemehl auskocht, den Sand glüht, die Glasschalen ausflammt, die Samen gut abspült und statt Filtrierpapier ausgeglühtes Asbestpapier verwendet.

15. Bringe gleichlang gequellte Samen von Bohnen, Mais, Getreide, Senf, Gurken, Sonnenblumen in eine Feuchtkammer. Welche Arten keimen zuerst? Welcher Teil des Keimlings wird zuerst sichtbar? Bestimme für jede Art den Zeitpunkt des Hervorbrechens von Wurzel und Sproß. Was geschieht mit der Samenschale?

16. Pflanze in einen großen Topf mit Erde oder Sand 20 gequellte Maiskörner oder Bohnen. Sorge für gleichmäßige Befeuchtung. Nimm jeden Tag ein Stück heraus und zeichne die verschiedenen Keimstadien vom 1. bis zum 20. Tage.

17. *Feuchtigkeit und Keimung.* Lege von verschiedenen Samen, die gleichlang gequellt wurden, die einen in feuchte Keimbette, die andern in trockene Böden. Beobachte einige Tage. Welche Schlüsse lassen sich aus diesem Versuche ziehen?

18. *Quellungsdauer und Keimung.* In verschiedene Glasschalen, die etikettiert sind, lege man zwischen feuchtes Filtrierpapier je die gleiche Zahl von Bohnen, Mais- oder Weizenkörnern, die folgendermaßen behandelt wurden: ungequellt, 2, 4, 6, 12, 24 Stunden gequellt. Bestimme in jedem Falle die Zeit, welche bis zum Hervorbrechen des Keimlings verflossen ist. Stelle die Beziehungen zwischen Quellungsdauer und Keimzeit fest.

19. Untersuche, nach wieviel Tagen Quellungsdauer Gersten- und Rapskörner noch keimfähig sind. Das zur Quellung dienende Wasser wird alle zwei Tage erneuert zur Verhütung von Fäulnis.

20. *Keimfähigkeit und mittlere Keimzeit.* Übergieße in einer flachen Schale 100 Weizenkörner mit einer 1 cm hohen Wasserschicht und lasse 8 Stunden quellen. Übertrage die Körner hernach in eine Glasschale und bette sie zwischen feuchtes Filtrierpapier, die Temperatur soll 18—20° C. betragen. Beobachte jeden folgenden Tag zur gleichen Zeit und zähle jedesmal die neu keimenden Körner, sowie die faulenden. Stelle die Beobachtung in einer Tabelle zusammen. Wie viel Prozent sind keimfähig? Berechne die mittlere Keimzeit. (Für jede Beobachtung wird die Zahl der verflossenen Tage mit der Zahl der an diesem Beobachtungstage neu gekeimten Körner multipliziert und die Summe der erhaltenen Produkte durch die Gesamtzahl der Beobachtungstage dividiert.)

21. *Samenschale und Keimung.* Lege in die eine Hälfte von drei durch passende Holzscheidewände halbierte und mit feuchter Erde gefüllte Blumentöpfe je 3—4 Lupinen-, Robinen- und Goldregensamen. In die andere Hälfte werden Samen der gleichen Arten gelegt; die Samenschalen dieser letztern sind aber durchfeilt worden. Bestimme die Zeitdauer, bis die Keimlinge hervorbrechen.

22. *Temperatur und Keimung.* Setze an einem kalten Wintertag gequellte und ungequellte Bohnen etwa 6—8 Stunden der Gefriertemperatur aus. Bette die Samen, nachdem sie langsam aufgetaut sind, sodann in feuchtes Sägemehl und stelle die Kultur ins warme Zimmer. Holzetiketten! Welche Samen sind noch keimfähig? Um den Versuch im Sommer durchführen zu können, stellt man in einem Glaszylinder eine Kältemischung her, indem abwechslungsweise Lagen von geschabtem Eis und Kochsalz oder Ammoniumnitrat übereinander geschichtet werden. Die Versuchsobjekte werden in Reagensgläsern in die Kältemischung versenkt.

23. Bringe Samen verschiedener Herkunft etwa 5 Minuten in siedendes Wasser und prüfe hernach ihre Keimfähigkeit.

24. *Sauerstoffzutritt und Keimung.* Mais-, Getreidekörner, Bohnen, werden 12 Stunden gequellt. Übertrage sie dann in ein Becherglas, welches bis zur Hälfte mit kurz zuvor gekochtem und wieder abgekühltem Wasser gefüllt ist (luftfrei). Gieße rasch eine Schicht Paraffinöl darauf zur Verhinderung des Luftzutrittes. Beobachte mehrere Tage.

25. Bringe in zwei Retorten je eine kleine Hand voll Weizenkörner und fülle beide mit gekühltem, gekochtem Wasser. Stelle sie mit der Öffnung nach unten in Quecksilber als Sperrflüssigkeit und befestige die Retorten mittels eines Stativs. Dabei sollen die Körner in der überhängenden Ausbauchung liegen. Nach 12 Stunden Quellung wird der eine Apparat mit Luft gefüllt mittels des in Versuch 131 beschriebenen Durchlüftungsapparates, der andere mit Wasserstoff, wobei noch ein Rest von Wasser über dem Quecksilber bleiben soll. In der Ausbauchung der Retorte wird ein Teil des Wassers kapillar festgehalten. Verfolge einige Tage lang, wie sich die Samen verhalten. Ergebnis: Ohne Sauerstoff keine Keimung (Abb. 1.)

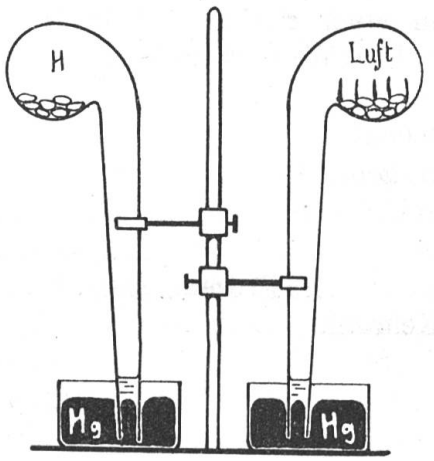


Abb. 1

26. *Licht und Keimung.* Bringe Samen des gemeinen Fettkrautes, des Blutweiderichs, des Tabaks, der Sellerie, des Rispengrases, des Schwarzkümmels (Nigella sativa), des Amarants, der Küchenzwiebel, der Schalotte in Keimschalen und

zwar so, daß für jede Sorte zwei Schalen verwendet werden. Die einen werden dem Tageslicht ausgesetzt, die andere Gruppe wird im Dunkeln gehalten. Der Versuch hat am meisten Erfolg, wenn eine Temperatur von etwa 20° C. herrscht. Es läßt sich nach einigen Tagen ein deutlicher Einfluß des Lichtes feststellen, indem die Belichtung bei einem Teil der Samen hemmend (Dunkelkeimer), bei dem andern fördernd wirkt (Lichtkeimer). Suche obige Samen darnach zu gruppieren.

27. Bestreue ein in Geschirrhandlungen käufliches Tonschweinchen, das mit Wasser gefüllt und in einen Teller gestellt wird, mit Samen des Fioringrases (Agrostis).

28. Umwickle Getreideähren, welche vollständig ausgereifte Körner enthalten, mit feuchtem Moos und setze das Versuchsobjekt in einer zylindrischen Feuchtkammer ans Licht. Nach einigen Tagen „ergrünt“ die Ähre infolge der hervorbrechenden Blattsprosse der Keimlinge.

29. *Ruheperiode von Samen.* Prüfe die Keimfähigkeit frisch gesammelter, reifer Samen des Leberblümchens, des Lerchensporns, der Waldrebe. Die Samen keimen erst, wenn sie eine längere Ruheperiode hinter sich haben.

30. *Lehrausflug.* Anfang oder Mitte Mai besuchen wir den Buchenwald. Wir stellen uns die Aufgabe, nach Keimpflanzen zu forschen. Die Ausbeute wird je nach der Zusammensetzung des Waldes eine sehr verschiedene sein. Überraschend ist das massenhafte Auftreten von Buchenkeimlingen, wenn das Vorjahr ein sogenanntes Fruchtjahr der Buche war. Wir treffen alle Entwicklungsstadien: Sämlinge, aus denen erst die Wurzelspitze guckt bis zu stattlichen Keimpflanzen, bei denen neben den Keimblättern das erste Blattpaar voll ausgebildet ist. Die häufig angefressenen Blätter verraten, daß die Keimpflanzen unerwünschten Besuch erhalten haben; meist sind es Hain- und Egelschnecken, die wir als Urheber der Zerstörung entdecken. Wir merken uns eine alte Buche, unter welcher die Keimpflanzen dominieren. Begeben wir uns einen Monat später an die nämliche Stelle, so sind die jungen Buchen fast restlos verschwunden. Sie haben im Kampf ums Dasein den Kürzern gezogen. Das immer üppiger sich entfaltende Unterholz hat ihnen das zum Leben notwendige Licht vorweggenommen. Neben Buchenkeimlingen treffen wir in Mischwäldern zahlreiche Sämlinge vom Ahorn, von der Esche, Eiche, von Nadelhölzern. Auf nassen Wiesen, (Riedboden) in der Nähe von Tannenwäldern

keimen im Frühjahr oft Tausende von Fichtensämlingen, die kurz nachher wieder zugrunde gehen.

31. **B. H.** Trockne die auf künstlichen Keimböden gezüchteten Sämlinge in der Gitterpresse und stelle sie auf einem Bogen Papier zusammen.

32. **B. H.** Präpariere in gleicher Weise die verschiedenen Keimlinge eines Waldes und stelle sie zusammen.

33. **B. H.** Zusammenstellung der verschiedenen Entwicklungsstadien eines Buchen- oder Ahornkeimlings.

34. Zeichne die im Walde gefundenen Keimlinge und stelle mit Hilfe photographischer Kopierrahmen Abdrücke her, indem du die Pflanzen zwischen Glasplatte und lichtempfindliches Papier legst (Lichtpauspapier ist in größern Papeterien oder in einer Lichtpausanstalt erhältlich und braucht zur Fixierung nur in Wasser geworfen zu werden, das mit etwas Salzsäure leicht angesäuert ist; Celloidinpapier und Tonfixiersalz in Photographenhandlungen).

35. Verpflanze einen im Walde gefundenen Keimling mit genügend Walderde in einen Blumentopf oder in den Hausgarten (Schulgarten) und führe Tagebuch über seine Weiterentwicklung: Skizzen mit Text.

γ. *Welche Bedeutung haben die Keimblätter?*

Material: Bohnen, Rizinussamen, Blumentöpfe, Sägemehl, Gartenerde.

36. Etwa 12 gequellte Bohnen werden vorsichtig von den Samenschalen befreit. Entferne bei je drei Keimlingen

a) beide Keimblätter,

b) $1\,^1/_2$ Keimblatt,

c) 1 Keimblatt,

d) 3 werden unverletzt gelassen. Hierauf bette sie in verschiedenen Töpfen in Sägemehl. Glasglocke, regelmäßige Befeuchtung.

37. Wiederhole Versuch 36, entferne aber die Keimblätter erst nach Durchbruch der Wurzel durch die Samenschale.

38. Entferne die Keimblätter erst an achttägigen, in Gartenerde gepflanzten Keimlingen. Stelle die Töpfe vors Fenster und beobachte mindestens drei Wochen lang.

39. Beobachte die Veränderungen der Keimblätter an jungen Bohnenpflanzen. Vergleiche sie mit den Keimblättern frisch gequollener Bohnen; ebenso an Rizinuskeimpflanzen. Was ergeben die vorliegenden Versuche?

δ) *Was für Nährstoffe sind in den Keimblättern enthalten?*

Material: Bohnen, Mais, Getreidekörner, Walnüsse, Haselnüsse, Samen von Sonnenblumen, Rizinus, Hanf; Reagensgläser, Reagensglashalter, Brenner, Trichter, Reibschale, Schreibpapier, Filter, Objektträger, Deckgläser, Lupe, Mikroskop, Pipetten, Nadel, Glasstäbe, Jodjodkaliumlösung, konz. Zuckerlösung, Schwefelsäure konz., Millonsches Reagens, Stärke, dest. Wasser.

40. *Prüfung auf Stärke mit Jodjodkaliumlösung.* Als Kontrollversuch lösen wir eine Messerspitze käuflicher Stärke in einem halb mit Wasser gefüllten Reagensglas, das wir über der Flamme erwärmen. Mit einem Glasstab wird ein Tropfen Jodlösung zugefügt. (Blaufärbung). Verdünne mit Wasser und betrachte gegen das Licht.

41. Zerreibe auf einem Objektträger in einem Tropfen Wasser ein Körnchen käuflicher Stärke. Füge am Rande mit einem Glasstab etwas Jodlösung zu. Die Blaufärbung schreitet vom Rande einwärts fort. Lege den Objektträger auf weißes Papier.

42. Auf ein weißes Papier legen wir mehrere Objektträger, auf die wir getrennt je zwei Wassertropfen bringen. Wir halbieren nun trockene Stangenbohnen, Saubohnen, Mais- und Getreidekörner mit einem Taschenmesser und schaben hierauf von jeder Samensorte eine kleinere Menge Nährgewebe je in einen Wassertropfen hinein. Was ergibt die nachfolgende Jodprobe, die wie unter 41 vorgenommen wird?

43. Bedecke einige der mit Jod gefärbten Präparate mit Deckgläsern. Betrachte mit der Lupe gegen eine weiße Unterlage oder gegen das Licht. Blaue Körnchen.

44. **Mi.** Betrachte die Präparate im Mikroskop bei starker Vergrößerung. Zeichne einige Stärkekörner. Die Eiweißkörner sind sehr klein und gelb gefärbt.

45. **Mi.** *Nachweis von Eiweiß.* Auf einen Tropfen konzentrierter Zuckerlösung, der auf einem Objektträger liegt, schaben wir etwas von einer Erbse oder Bohne. Dann fügen wir mit Glasstab 1—2 Tropfen konzentrierter Schwefelsäure hinzu und legen mit einer Pinzette vorsichtig ein Deckglas darüber. Betrachte im Mikroskop. Die Eiweißsubstanzen färben sich ziegelrot oder blaßrot. Die Stärkekörner bleiben ungefärbt.

46. Schabe mit einem Taschenmesser eine kleine Menge vom Nährgewebe einer Bohne auf ein Papier und vermische das Geschabsel in einem Reagensglas mit ganz wenig dest. Wasser. Füge einige Tropfen Millonsches Reagens zu und

erhitze die Mischung bis zum Aufkochen. Die Eiweißsubstanzen färben sich ziegelrot. Als Kontrollversuch kocht man etwas pulverisiertes Eiweiß in Millonscher Flüssigkeit, um die Farbenreaktion zu zeigen.

47. *Nachweis von Fett.* Zerdrücke Nußkerne, Samen von Hanf, Sonnenblumen zwischen Filtrierpapier oder zerreibe diese Samen in einer Reibschale, deren Boden mit Papier ausgefüttert wurde. Fettflecken.

48. Lege einen Rizinussamen auf ein Drahtnetz und halte dasselbe solange in die Flamme, bis der Same brennt. Hernach brennt derselbe allein weiter, rußend. Vergleiche hierzu das auf Glimmerblättchen ruhig brennende Weizenkorn.

49. **Mi.** Schabe etwas Nährgewebe eines Rizinussamens in einen Wassertropfen auf dem Objektträger. Deckglas. Kleine Öltröpfchen, oder ineinander geflossene, unregelmäßig begrenzte Ölfladen. Beachte den Unterschied zwischen Öltröpfchen und Luftbläschen, im optischen Durchschnitt betrachtet.

50. **Mi.** *Der Abbau der Nährstoffe während der Keimung.* Unterwirf das Geschabsel von abgestorbenen Keimblättern einer jungen Bohnenpflanze in einem Wassertropfen auf dem Objektträger der Jodprobe. Deckglas. Auch mit Hilfe des Mikroskopes sind keine Stärkekörner mehr zu entdecken. Warum?

51. *Umwandlung von Stärke in Zucker.* Lasse einige gequellte Gerstenkörner in einer Glasschale zwischen feuchtem Filtrierpapier kräftig ankeimen. Koste nacheinander trockene ungekeimte und gekeimte Gerstenkörner. Letztere schmecken süßlich (Malz).

52. Zerreibe angekeimte Gerstenkörner in einer Reibschale mit etwas destilliertem Wasser und filtriere die Flüssigkeit. Koche einen Teil davon mit Fehlingscher Lösung in einem Reagensglas. Der sich bildende rote Niederschlag beweist das Vorhandensein von Zucker.

53. **Mi.** Presse gekeimte Gerstenkörner, deren Blattsprosse etwa 5 cm lang sind, zwischen den Fingern aus und streiche den herausquellenden, milchigen Saft auf einen Objektträger. Deckglas. Betrachte bei starker Vergrößerung. Die meisten Stärkekörner scheinen wie angefressen und befinden sich in allen möglichen Stadien der Auflösung. Zeichnung! (Über Stärkeverzuckerung siehe Versuche 305 und 306.)

b) Die Entwicklung aus Knollen.

Material: Alte und neue Kartoffelknollen, Knolle von Sauromatum guttatum, Jodjodkaliumlösung, Jod. metallic., Glasstab, Teller, Messer, Objektträger, Deckgläser, Lupe, Mikroskop, Brenner, Reagensgläser, Reagensglashalter, Wage, Plastilin, Sand, Blumentopf, Holzschachtel.

54. *Der Bau der Kartoffelknolle.* Betrachte die äußere Form neuer und alter Knollen. Unterscheide Spitze und Basis, (Knollengrund, das Nabelende, wo die Knolle angewachsen war). Bestimme die Zahl der Augen (Knospen) an einer frischen Knolle. Suche an den Keimlingen einer alten Knolle Blättchen und Würzelchen auf. Zerschneide die Knollen mit einem Messer. Beachte die Dicke der Korkschicht, das wässerige „Fleisch".

55. Zeichne eine alte Knolle mit Keimlingen, ebenso eine neue und bilde letztere in Plastilin nach.

56. *Die Bedeutung der Korkschicht.* Zwei ungefähr gleichgroße Kartoffelknollen werden sorgfältig gereinigt. Schäle die eine davon und bestimme dann von jeder das Gewicht. Lege hierauf beide in einen Teller und lasse sie einige Tage offen stehen. Wiederhole die Wägung. Welche Knolle hat den größern Gewichtsverlust erlitten?

57. *Nachweis des Wassergehaltes.* Bringe einige zerkleinerte Stücke einer frischen Kartoffelscheibe in ein Reagensglas. Erwärme gelinde über der Flamme. Bald bildet sich ein Taubeschlag von Wasser im Reagensglas, der sich zu Tropfen verdichtet; Nebel entsteigen dem Glase.

58. Zerlege eine frische Knolle in zarte Scheiben. Wäge dieselben. Lasse sie hierauf an der Sonne dörren oder trockne sie im geheizten Ofen. Wäge die getrockneten Reste und bestimme den Wasserverlust.

59. *Nachweis von Stärke.* Betupfe eine frisch geschnittene Kartoffelscheibe mit etwas Jodjodkaliumlösung. Blaufärbung.

60. **Mi.** Schabe mit einem Messer etwas Saft von einer Kartoffelscheibe und bringe denselben auf einen Objektträger. Füge eine Spur Jodlösung oder ein Jodsplitterchen bei. Deckglas. Betrachte zunächst von Auge und dann mit einer Lupe. Zeichne die Stärkekörner nach Betrachtung bei stärkerer Vergrößerung im Mikroskop.

61. Stelle im Winter Kartoffelknollen, die verdunkelt in einer Holzschachtel liegen, in einen etwas erwärmten Raum. Bildung von Keimlingen und Tochterknollen.

62. Drücke im Frühjahr Kartoffelknollen so in feuchten Sand (Blumentopf), daß die Spitze oben liegt. Stelle den Topf ins warme Zimmer, aber verdunkle denselben. Untersuche den Verlauf der bald beginnenden Keimung. Zeichnungen!

63. Gleiche Versuchsanordnung wie 62. Stelle aber den Topf unbedeckt ans Südfenster. Vergrünung der Knolle, verkürzte Keimlinge.

64. Suche nach dem ersten Grasschnitt unter Obstbäumen in Wiesen und Baumgärten nach Brutknöllchen des Warzenhahnenfußes (Ranunculus Ficaria). Prüfe sie auf Stärkegehalt; übertrage solche Knöllchen auf verschiedene Keimböden und versuche sie zur Entwicklung zu bringen.

65. Lege im Winter eine in Gärtnereien oder Samenhandlungen käufliche Knolle von Sauromatum in ein trockenes Geschirr oder Körbchen. Die Knolle treibt ohne Wasserzufuhr einen Blütenstand.

66. Untersuche Knollen von Orchideen, verschone aber seltene Arten, prüfe sie auf Stärke. Zeichne dieselben und bilde sie in Plastilin nach.

67. Entwicklung aus Rhizomen. Suche im Frühjahr sofort nach Eintritt der Schneeschmelze an dir bekannten Standorten nach Rhizomen von Petasites (Pestwurz). Pflanze sie in feuchten Sand in eine Schachtel und stelle sie ins warme Zimmer. Zeichne die aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien.

68. *Nachweis von Zucker in keimenden Kartoffelknollen.* Zerreibe eine kleimenden Kartoffelknolle auf einem Reibeisen und übergieße den Brei in einer Schale mit wenig destilliertem Wasser. Filtriere und koche das Filtrat mit Fehlingscher Lösung. Roter Niederschlag.

c) Entwicklung aus Zwiebeln.

Material: Küchen-, Tulpen-, Hyazinthenzwiebeln, Reagensglas, Reagensglashalter, Brenner, Jodjodkalium, Fehlingsche Lösung, Messer.

69. *Bau der Zwiebel.* Betrachte die äußere Form einer Küchenzwiebel: Wurzelreste, Blattreste, äußere Zwiebelschalen. Löse die trockenen Schalen, halbiere die Zwiebel durch einen Längsschnitt. Beachte im innern Aufbau den Zwiebelkuchen, an welchem die fleischigen Blätter angewachsen sind, den jungen Blattschopf, häufig sind auch Tochterzwiebeln vorhanden. Zeichnung?

70. *Nachweis von Nährstoffen.* Betupfe halbierte Zwiebeln der Hyazinthe, Tulpe und der Küchenzwiebel mit Jodjod-

kaliumlösung. Hyazinthe und Tulpe zeigen Blaufärbung, enthalten also Stärke. Die Küchenzwiebel wird nur hellbraun gefärbt, also fehlt Stärke. Schabe mit einem Messer ein Stück der Küchenzwiebel und bringe das Geschabsel in ein Reagensglas. Füge etwa 1—2 ccm Fehlingsche Lösung hinzu und erhitze das Gemisch über der Flamme bis zum Aufkochen. Die eintretende Rotfärbung beweist das Vorhandensein von Zucker. Kontrollversuch mit Traubenzuckerlösung.

71. Lege eine gewöhnliche Küchenzwiebel in den Hals eines Hyazinthenglases oder auf die Öffnung eines Glaszylinders. Das Gefäß wird so hoch mit Wasser gefüllt, daß die Wurzelreste dicht an die Wasserfläche zu liegen kommen, ohne dieselben zu berühren. Beobachte die Entwicklung der Wurzeln und Blätter während einigen Wochen. Zeichne verschiedene Entwicklungsstadien. Beobachte in gleicher Weise die Entwicklung von Hyazinthen, Tulpen, Narzissen, deren Zwiebeln in Töpfe gepflanzt wurden.

d) Die Entwicklung aus Stecklingen.

Material: Sandkulturen, Gläser, Glasglocken, Stecklinge von Weiden, Pappeln, Stachelbeeren, Johannisbeeren, Geranien, Oleander, Begonia Rex.

72. *Zweigstecklinge.* Stelle im Frühjahr noch unbeblätterte Zweigstücke von Weiden, Pappeln, Stachel- und Johannisbeeren in Glasgefäßen, die zu einem Drittel mit Wasser gefüllt sind, im warmen Zimmer ans Fenster. Wie lange dauert es, bis sich Wurzeln bilden? Führe den gleichen Versuch mit Sandkulturen durch, die mäßig angefeuchtet sind. Desgleichen verwende als Versuchsmaterial Zweige des Oleander, Stammteile der Kaktee Epiphyllum, Pelargonienzweige.

73. *Blattstecklinge.* Stecke den Stiel eines frisch geschnittenen Blattes von Begonia Rex so in einen Teller voll feuchten Sandes, daß die Unterseite des Blattes den Sand berührt. Schneide an einigen Stellen die Rippen an den Kreuzungen durch und befestige das Blatt an diesen Punkten mittels kleiner Hölzchen auf dem Sande. Stülpe eine Glasglocke über den Teller, der in einem warmen Zimmer aufgestellt sein soll. Nach einiger Zeit entwickeln sich an den Wunden Wurzeln und Knospen. Versuche das gleiche mit frisch geschnittenen Blättern von Hyazinthus orientalis, die einfach in feuchten Sand gesteckt werden. Es kommt zur Bildung von Wurzeln und Brutzwiebeln.

e) Die Entwicklung aus Winterknospen.

Material: Froschbiß, Tausendblatt, Wasserschlauch, Aquariengläser.

74. Froschbiß, Tausendblatt, Wasserschlauch und andere Wasserpflanzen bilden gegen den Herbst hin sogenannte Winterknospen, welche sich von der Mutterpflanze lösen, auf den Grund der Gewässer sinken und dort überwintern. Im Frühjahr steigt die Winterknospe wieder an die Oberfläche und entfaltet sich zu einer vollständigen Pflanze. Am schönsten läßt sich die ganze Entwicklung am Froschbiß beobachten, der in jedem Aquarium gut gedeiht. Man muß aber alle Schnecken aus Gefäßen mit Froschbiß fernhalten, da dessen Blätter mit Begierde von ihnen gefressen werden.

f) Entwicklung von Algen.

Material: Nährsalztabletten, Glaszylinder, Objektträger, Deckgläser, Mikroskop.

75. Löse eine Nährsalztablette in 1 l Wasser. Verteile die Nährlösung in zwei offene Standzylinder, von denen der eine an ein Südfenster, der andere in einen Kasten gestellt wird zur Verdunkelung. Der belichtete Zylinder wird nach einiger Zeit durch einen Algenbelag immer grüner gefärbt, der verdunkelte zeigt keine Veränderung. Führe denselben Versuch zum Vergleich mit Quellwasser durch. Stelle gleichzeitig einen Zylinder mit Nährlösung, der du ein Körnchen Kupfervitriol beigegeben hast, ans Licht. Welche Bedingungen begünstigen und welche verhindern die Entwicklung von Algen in Kulturgefäßen?

76. **Mi.** Schabe mit Hilfe eines Messers ein Stück der Algenschicht weg. Bringe die grüne Masse in einen Wassertropfen auf dem Objektträger. Deckglas. Betrachte zuerst mit der Lupe gegen eine weiße Unterlage, hernach bei starker Vergrößerung im Mikroskop. Meist sind Kolonien von einzelligen Grünalgen vorhanden (Chlorella, Raphidium, Scenedesmus).

g) Die Entwicklung von Farnvorkeimen aus Sporen.

Material: Torfmull, Nährsalztabletten, Blumentopf mit glasiertem Unterteller, Glasschale mit Deckel, Farnsporen.

77. Sammle im Walde gut entwickelte Wedel des Schildfarns (Droyopteris Filix mas) mit gereiften Sporangienhäufchen. Lege die Pflanzen zu Hause etwa 1—2 Tage lang auf einen weißen Bogen Papier, sodaß sich auf diesem die Sporen sammeln können. Vor dem Aussäen sollen die Sporen einige Wochen, in Papier gewickelt, liegen bleiben. Säe sodann die Sporen in einen Blumentopf, der bis auf zwei Drittel mit

feinem, angefeuchtetem Torfmull gefüllt ist. Lege eine Glasplatte über die Öffnung und stelle den Topf in einen Unterteller, welcher Wasser enthält. Bis zur vollständigen Entwicklung der Vorkeime verfließen mindestens drei Monate. Dieselben sind herzförmig und haben Durchmesser von zirka 6—8 mm.

78. Versuche Farnvorkeime heranzuziehen, indem du die Sporen auf die Oberfläche einer mit Nährsalztabletten hergestellten Nährlösung streust und das Kulturgefäß mit einem Glas bedeckst.

h) Die Entwicklung von Pilzen.

Material: Bechergläser, Glasschalen mit Deckel, Glasglocken, Standzylinder, Erlenmeyerkolben, Mikroskop, Deckgläser, Objektträger, Preßpapier, Watte, Brenner, Stativ, Drahtnetz, Meerfische, Brot, Kartoffeln, Bohnen, frische Knochen, Rohrzucker, Zitronen, Pferdemist, Malzextrakt.

79. *Rohkulturen von Bakterien.* Bringe jauchiges oder verschmutztes Tümpelwasser in Bechergläser oder Glasschalen. Wirf Erbsen, Bohnen, Brotstücke, tote Pflanzenteile hinein. Nach einiger Zeit bilden sich an der Oberfläche Bakterienhäute, im Innern der Flüssigkeit Trübungen oder Klumpen von Bakterien.

80. *Leuchtbakterien.* Lege ein kleines Stück Fleisch eines Meerfisches in eine Glasschale mit Deckel und übergieße es mit einer dreiprozentigen Lösung von Kochsalz, aber nur so viel, daß der obere Teil des Fleisches noch aus der Flüssigkeit schaut. Halte das Präparat in einer Temperatur von 0^0—6^0. Schon nach einem Tage kann man in der Dunkelheit ein deutliches Leuchten wahrnehmen.

81. *Purpurbakterien.* Fülle einen Standzylinder, auf dessen Grund eine 3 cm mächtige Schlammschicht gebracht worden ist, mit Leitungswasser. Füge einen frischen Knochen zu, sobald sich der Schlamm etwas gesetzt hat. Bedecke den Zylinder mit einer Glasscheibe und lasse denselben einige Wochen am Lichte stehen. An der dem Fenster zugekehrten Seite des Gefäßes entwickelt sich eine Schicht von Purpurbakterien.

82. *Reinkultur des Heubazillus.* Koche in einem Becherglas, das halb mit Wasser gefüllt ist und mit Asbestplatte auf ein Stativ gestellt wird, einen kleinen Ballen Heu etwa eine Viertelstunde lang. Lasse die Flüssigkeit stehen. Nach 1—2 Tagen bildet sich an der Oberfläche eine Haut aus lauter Heubazillen.

83. **Mi.** Untersuche die Oberflächenhäutchen aus Versuch 79 und 82, indem mit einem Deckgläschen, das mittels einer Pinzette gehalten wird, ein Stück der Haut abhebst und auf einen Objektträger bringst. Betrachte das Präparat bei möglichst starker Vergrößerung. Zeichne einige der größeren Bakterienformen.

84. *Die Verhinderung der Bakterienentwicklung.* Stelle folgenden Nährbouillon für Bakterienkulturen her: 200 gr Wasser, 2 gr Pepton, 2 Nährsalztabletten. Füge der Lösung eine Spur Soda zu, daß rotes Lakumspapier schwachblau gefärbt wird. Filtriere die Flüssigkeit, wenn sie nicht klar ist. Verteile dieselbe in drei sauber gereinigte, enghalsige Erlenmeyerkolben, die mit Etiketten versehen werden. Verpfropfe die eine Flasche mit Watte und lasse sie einfach stehen. Die zweite Flasche wird ebenfalls mit einem möglichst harten Wattebausch fest verstopft und die Flüssigkeit während längerer Zeit gekocht, sodaß die Watte vom Dampf durchstrichen wird. Der dritten Flasche werden etwa 5 ccm einer klaren Lösung von Salizylsäure beigefügt, hierauf verstopft man ebenfalls mit Watte. Nach wenigen Tagen trübt sich die Nährlösung der ersten Flasche, während die beiden andern klar bleiben. Erkläre die Ursache! Welchen praktischen Wert hat dieser Versuch?

85. *Rohkulturen von Schimmelpilzen.* Durchtränke ein Stück Brot oder Pflanzenpreßpapier mit Zuckerwasser, verdünntem Sirup oder Malzextrakt und bringe das Versuchsmaterial in eine Feuchtkammer (Glasglocke mit nassem Filtrierpapier gefüttert). Schon nach wenigen Tagen treten reiche Schimmelpilzrasen auf, namentlich der grünliche Schimmel (Penicillium crustaceum).

86. Bedecke frischen Pferdemist mit einer Glasglocke. Bald überzieht sich derselbe mit üppigen Pilzrasen des Köpfchenschimmels (Mucor), dessen Fruchtträger als zarte Stielchen den Nährboden 3 und mehr cm überragen, am obern Ende ein Köpfchen tragend, das die Sporen enthält. Überläßt man die Kultur noch weiter sich selbst, so gehen die Mucor-Arten zugrunde. Gewöhnlich folgt nun die Entwicklung anderer Pilzarten, namentlich des „Hutwerfers“ (Pilobolus), der seine Sporenmassen dem Licht entgegenschleudert (siehe Vers. 331).

87. **Mi.** Betrachte die Sporangien von Mucor in einem Wassertropfen auf dem Objektträger bei mittelstarker Vergrößerung unterm Mikroskop. Bringe mit Hilfe der Pinzette

ein kleines Stück Rasen des Pinselschimmels auf einen Tropfen Glyzerin, der auf dem Objektträger liegt. Lasse einen Tropfen Alkohol drauf fallen, damit die Luftblasen ausgetrieben werden. Deckglas. Zeichnung!

C. Welches sind die äußern Organe der Pflanzen.

88. Zur Beantwortung der vorliegenden Frage dienen alle Übungen, bei denen irgend ein Pflanzenkörper in seinem Äußern, rein morphologisch, untersucht wird. Da wir auf unserer Stufe auf eine systematische Behandlung der pflanzlichen Organismen verzichten, benutzen wir als Beobachtungsmaterial das, was uns die Natur je nach der Jahreszeit bietet. Ich verweise hier auf die vorzügliche Stoffauswahl, wie sie Meierhofer in seinem Lehrmittel für Botanik gibt. In erster Linie werden Blütenpflanzen berücksichtigt, deren Aufbau aus Wurzeln, Stengeln, Blättern und Blüten schon von der Unterstufe her bekannt ist. Die Begriffe werden vertieft durch schematische Zeichnung einer Blütenpflanze. Besondere Aufmerksamkeit ist dem Bau der Blüten und Früchte zu widmen. An Stelle der bloßen Einzelbeschreibung irgend eines Gewächses soll auch die vergleichende Betrachtungsweise verwandter Arten treten, wobei die Schüler die Übereinstimmung in der Organisation von Blüte und Frucht selbständig herausfinden und so in den Begriff der Familie eingeführt werden. Diese Übungen haben den Vorteil, daß sie im Zimmer, im Schulgarten oder in der freien Natur durchgeführt werden können unter Zuhilfenahme von Lupe und Nadel. Jeder Schüler muß mit Beobachtungsmaterial ausgerüstet sein, das er entweder selbst hergebracht nach Anweisung des Lehrers, oder welches von letzterem hergeschafft wird. Dem Lehrer ist es anheimgestellt, wie er an seinem Orte bei der Materialbeschaffung den Forderungen des Naturschutzes gerecht werden will. Als Abwechslung und zugleich als Vertiefung des Geschauten wird etwa eine Bestimmungsübung nach einem Bestimmungsschlüssel vorgenommen und zwar klassenweise. Nach jeder derartigen morphologischen Übung sollen die Hauptergebnisse durch Zeichnungen dargestellt werden. Neben Blütenpflanzen werden sodann einige Hauptvertreter der Kryptogamen in ähnlicher Weise behandelt (Farne, Laubmoos, Hutpilz. — Siehe Meierhofer). Zur Belehrung dienen periodische Ausstellungen von

Pflanzen der Heimat im Schulzimmer: Saisongewächse, Pilzausstellungen. Moosrasen, Flechtenüberzüge u. a.; überhaupt sollte nie etwas Grünes im Schulzimmer fehlen.

D. Wie sind die Pflanzen im Innern aufgebaut?

a) Die Zellen als Bausteine des Pflanzenkörpers.

Material: Getrocknete oder frische Laubmoose der Gattung Hookera, Mnium, Funaria, Holundermark, Äpfel, Tomaten, Schneebeeren, Stengel von Balsaminen, Blüten und Blätter von Tradescantia, Schlamm aus Torftümpeln, Blütenpollen, Lupe, Mikroskop, Präpariernadeln, Rasiermesser (Giletteklinge), Pinzette, Objektträger, Deckgläser, Glasstab, 1 Glas Wasser, Glasröhrchen, 2 Uhrschalen, Kernseife, dest. Wasser.

89. **Mi.** *Trockenpräparate.* Lege auf einen trockenen, sauber gereinigten Objektträger gepreßte, trockene Moosblättchen der Gattung Hookera, Mnium, Funaria. Bedecke dieselben mit einem zweiten Objektträger. Betrachte das Präparat gegen das Licht. Schon mit unbewaffnetem Auge erkennt man eine allerfeinste Netzstruktur. Untersuche die Blättchen mit der Lupe. Das Netzwerk ist deutlich erkennbar. Betrachte im Mikroskop bei schwacher Vergrößerung. Da die Blättchen nur aus einer einzigen Schicht von ± sechseckigen Zellen aufgebaut sind, ist das Bild ungemein klar und instruktiv. Festlegung der Begriffe Zellwand und Zelle.

90. **Mi.** Schneide quer aus einem Stück Holundermark mit Hilfe eines Rasiermessers oder einer Giletteklinge ein dünnes, durchscheinendes Scheibchen und lege es ebenfalls zwischen zwei trockene Objektträger. Betrachte zuerst mit unbewaffnetem Auge, dann mit Hilfe der Lupe und endlich unterm Mikroskop. Zellwände, räumliche Vorstellung der Zelle.

91. **Mi.** *Nasse Quetschpräparate.* Entnimm einem Apfel, einer Tomate oder einer Schneebeere mit Hilfe eines Messerchens ein senfkorngroßes Stücklein Fruchtfleisch und zerquetsche dasselbe mit der flachen Klinge etwas in einem Wassertropfen auf dem Objektträger. Deckglas. Um die Luftblasen zu entfernen, die sich zwischen dem lockern Zellgefüge befinden, schiebt man das Deckglas unter leichtem Druck mit einem Finger einigemale hin und her. Unterm Mikroskop erscheint das Fruchtfleisch aus ± kreisförmigen Zellen (bläschenähnlich) zusammengesetzt, neben Zellpaketen schwimmen losgelöste Zellen frei herum.

92. **Mi.** Stelle einen dünnen Querschnitt durch den Stengel einer Balsamine her. Übertrage denselben in einen Wasser-

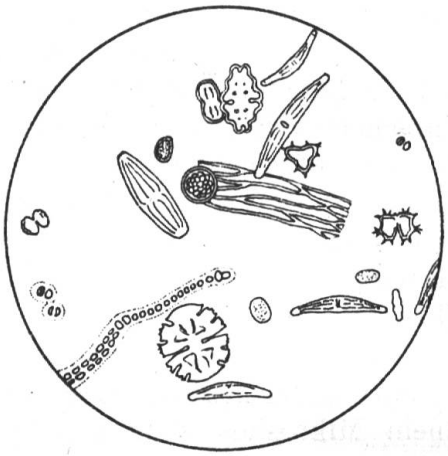
tropfen auf dem Objektträger. Deckglas. Gegen das Licht betrachtet sind die Zellen auch dem unbewaffneten Auge schon deutlich sichtbar. Beobachte im Mikroskop bei schwacher Vergrößerung.

93. Um die räumliche Vorstellung der Zellen zu erleichtern, werden künstliche Zellen aus Seifenlösung hergestellt. In eine Uhrschale wird etwas Kernseife geschabt, in destilliertem Wasser aufgelöst und in Seifenblasen verwandelt, indem ein Glasröhrchen oder ein Strohhalm möglichst senkrecht auf den Grund der Schale zu stellen sind, um die Bildung allzugroßer Blasen zu vermeiden. Über den Blasenhaufen wird eine zweite Uhrschale, die vorher angefeuchtet sein muß, umgekehrt gestülpt. Überflüssige Seifenlösung läßt man abtropfen. Die Berührungsflächen von Glas und Seife bieten genau das in einem Mikroskop sichtbare Flächenbild eines Querschnittes, während innerhalb der Glasschalen die Zellen in räumlicher Ausdehnung trefflich beobachtet werden können.

94. *Mi. *Messung von Zellen.* Um die linearen Ausdehnungen mikroskopischer Objekte zu bestimmen, bedient man sich des Okularmikrometers, über dessen Anwendung jedes größere Handbuch für Mikroskopie Bescheid gibt. In Ermangelung eines solchen kann man sich auf einfache Weise helfen, schätzungsweise Größenbestimmungen von Zellen und anderen Gebilden vorzunehmen (A. Pietsch 1922). Die in Apotheken käufliche warzige Hirschbrunst (Elaphomyces cervinus L. granulatus Nees.) besitzt Sporen, deren Durchmesser etwa 33 μ (= 0,033 mm) beträgt. Man bewahrt die Sporen in einem Fläschchen in Alkohol auf, schüttelt vor dem Gebrauche und entnimmt mit einem Federkiel oder Stäbchen eine ganz geringe Menge, die dann dem Präparat zugesetzt wird. Unterm Mikroskop wird der Durchmesser der Sporen mit den zu messenden Gebilden verglichen; z. B. Zellen des Apfels 200 μ, Tomate bis 500 μ.

95. Mi. *Die Mannigfaltigkeit der äußern Zellenform.* Aus den flachen Tümpeln von Hochmooren schöpft man mit weithalsigen Flaschen schlammiges Wasser, oder man preßt nasse Torfmoosrasen mit den Händen aus und fängt das herausfließende Wasser in Sammelgläsern auf. Zu Hause läßt man die Gefäße einige Zeit stehen, bis sich die Flüssigkeit durch Bildung eines Bodensatzes klärt. Will man Material für spätere Untersuchungen aufheben, fügt man einige Tropfen Formol bei. Ein Teil der klaren Flüssigkeit wird dann vor-

sichtig ausgegossen, sodaß eine „konzentrierte“ Schlammasse zurückbleibt. Zur Untersuchung wird mit einer Glasröhre etwas Schlamm herausgehebert und davon 1 Tropfen auf einen Objektträger fallen gelassen. Deckglas. Vergrößerung 200 bis 300-fach. Ein Bild von entzückender Schönheit bietet sich dem Auge. Reich vertreten sind Kiesel-, Blau- und Grünalgen (Desmidiaceen), daneben Reste von Braun- und Torfmoosblättern, Gehäuse von einzelligen Tieren, Chitinreste, Eier von Flohkrebsen u. a. (Abb. 2).



Algen im Schlamm eines Moortumpels des Geißbodens

n Natur gez. v. Wohn.

Abb. 2

96. **Mi.** Beobachte im Wassertropfen unter Deckglas Pollenkörner verschiedener Herkunft, z. B. von Topfpflanzen. Einzellige Gebilde.

97. Zeichne die in den vorigen Präparaten beobachteten Zellformen, z. T. „Kunstformen der Natur“.

b) Der Inhalt der Zellen.

Material: Blätter und Blüten von Tradescantia virginica, Zwiebeln, junge Kürbisschosse, frische Laub- und Lebermoose der unter a genannten Arten, Farnvorkeime aus Gewächshäusern, Fadenalgen, Froschbiß, Wasserpest, Judenkirsche, Hagenbutte, Kapuzinerblüten, Fuchsia- und Geranienblüten, Rhabarberstengel, gelbe Narzisse, Amaryllis; Saffraninlösung (1 Messerspitzchen Saffraninpulver in 10 ccm Wasser gelöst), Mikroskop, Präpariernadeln, Pinzette, Pinsel, Glasstab, Brenner, Dreifuß, Porzellanschale.

98. **Mi.** *Zellkern, Protoplasma und Zellsaft.* Entferne mit Hilfe einer Pinzette in einer eben geöffneten Blüte von Tradescantia virginica einige Haare, welche sich am Grunde der Staubfäden finden und bringe sie auf einen Objektträger in Wasser unter Deckglas. Beobachte bei mittelstarker Vergrößerung. Die Haare bestehen aus perlenartig aneinandergereihten, rundlichen bis länglichen Zellen. Der Zellkern ist sehr deutlich sichtbar, ebenso die Protoplasmafäden, an denen er aufgehängt ist, sowie der protoplasmatische Wandbelag. Dazwischen der violett gefärbte Zellsaft. Gewöhnlich ist eine deutliche Zirkulation der Körnchen im Protoplasma wahrnehmbar.

99. **Mi.** Ziehe mit einem Messerchen oder mittels der Pinzette ein Stück Oberhaut einer innern Schale der Küchenzwiebel ab und stelle ein Wasserdeckglaspräparat her. Unterm Mikroskop sind langgestreckte, sechseckige Zellen sichtbar mit deutlichem Kern. Besonders klar wird das Präparat, wenn man dasselbe mit Saffranin färbt, was einfach in der Weise vollzogen wird, daß man dem Wassertropfen, bevor das Deckglas aufgelegt wird, mittels eines Glasstabes ein Tröpfchen des genannten Farbstoffes zufügt. Der Zellkern nimmt besonders viel von diesem Färbungsmittel auf, wodurch er dunkelrot erscheint inmitten des hellrosafarbigen Protoplasmas.

100. **Mi.** Trenne an einem jungen Kürbisstengel mittels eines Messerchens einige Haare an ihrem Grunde von dem Sprosse los und stelle ein Wasserdeckglaspräparat her. Das Haar ist mehrzellig. In den Zellen über dem Haargrunde erkennt man den großen Zellkern, der an Protoplasmafäden hängt, in denen ebenfalls der Zirkulationsstrom wahrgenommen werden kann. — Zu ähnlichen Beobachtungen eignen sich auch die Wimperhaare am Stengel der Vogelmiere, an den Kronzipfeln des scharlachroten Ackergauchheils.

101. **Mi.** *Grüne Farbstoffträger.* Beobachte im Wassertropfen unter Deckglas lebende Blättchen folgender Moosarten: Mnium punctatum, Funaria hygrometrica, Calypogeia, Chiloscyphus und ähnlichen mit einschichtigen Blättern versehenen Arten (an Waldbächen und feuchten Torfwänden); ferner Vorkeime von Farrenkräutern aus Gewächshäusern, Blätter der Wasserpest. Die Zellen sind erfüllt von grünen Farbstoffkörpern. Aus ihren verschiedenen Stellungen an Quer- und Seitenwänden ergibt sich, daß die Körner meist linsenförmig sind. Form in Plastilin.

102. **Mi.** Untersuche im Wassertropfen Algenfäden aus Brunnentrögen, Straßengräben, Tümpeln. Je nach der Art, die man erwischt hat, sind die Chlorophyllträger verschieden gestaltet. Bei der Schraubelalge (Spirogyra) finden sich in jeder der zylindrischen Zellen schraubenförmig gewundene Bänder, Mougeotia hat eine grüne Platte, Zygnema zwei sternförmige Chlorophyllträger in jeder Zelle, Ulothrix offen ringförmige.

103. **Mi.** *Gelbrote Farbstoffträger.* Zerquetsche in einem Wassertropfen auf dem Objektträger ein Stücklein Fruchtfleisch einer Hagebutte, einer Judenkirsche, einer Tomate. Starke

Vergrößerung. Die lockergefügten Zellen enthalten orangerote Farbkörper der verschiedensten Form.

104. **Mi.** *Gelöste Farbstoffe.* Stelle Wasserdeckglaspräparate her aus der abgezogenen Oberhaut der Kronblätter von Zimmergeranien, Immergrün, Veilchen, roten Rosen; Oberhaut des Rotkohls. Der ganze Zellsaft ist gleichmäßig gefärbt. Die gleiche Erscheinung tritt bei herbstlich gefärbten Blättern auf, was auf Querschnitten (zwischen Holundermark eingeklemmte Blätter mit Rasiermesser schneiden) festgestellt wird.

105. **Mi.** *Kristalle.* Untersuche den schleimigen Saft, der aus frisch zerbrochenen Blättern der Meerzwiebel, der Amaryllis, aus geknickten Stengeln der Trompetennarzisse und der Tradescantie quillt. Ein Tropfen Saft wird auf dem Objektträger einfach mit Deckglas gequetscht. Nadelförmige Einzelkristalle.

106. **Mi.** Koche kleine Stücke von Rhabarberblattstielen in einer Porzellanschale in wenig Wasser, bis die Masse aufgeweicht ist. Übertrage mit einem Messerchen ein wenig auf einen Objektträger, zerteile etwas mit einer Nadel und quetsche ein Deckglas darüber. Kristalldrusen.

107. **Mi.** *Zirkulationsstrom in den Zellen.* Günstige Objekte zur Beobachtung der Zellströmung sind Wasserdeckglaspräparate frisch abgerissener Blätter der Wasserpest (Elodea), bei der auch die Chlorophylkörner fortwährend ihre Lage verändern, Staubfadenhaare der Tradescantie, Wurzelhaare des Froschbiß (Hydrocharis). Man schneidet bei der letztern Pflanze eine junge Wurzelspitze mit geraden Haaren mittels der Scheere ab und überträgt in einen großen Tropfen auf dem Objektträger.

E. Aus welchen Grundstoffen sind die Pflanzen aufgebaut?

a) Die Zerlegung des Pflanzenkörpers durch trockene Destillation.

Material: Blätter, Blüten, Sprosse und Wurzeln beliebiger Pflanzen, Schere, Glasstab, Teller, Stativ, Reagensglas (schwer schmelzbar), weites Reagensglas oder Erlenmeyerkölbchen, Glasröhren, einfach und doppelt durchbohrte Pfropfen, Brenner, Lakumspapier, Filtrierpapier, Bleiazetat, Kalilauge, Salzsäure, Becherglas.

108. Zerkleinere mittels einer Schere Wurzeln, Stengel, Blätter und Blüten von lebenden Pflanzen und fülle damit ein schwer schmelzbares Reagensglas bis zu einem Drittel. Stopfe das Material mit einem Stäbchen etwas fest, daß beim Um-

kehren nichts herausfällt. Stelle nach Abb. 3 eine Versuchsvorrichtung zusammen. Stecke das Reagensglas mit den Schnitzeln an einen einfach durchbohrten Kork- oder Gummipfropfen, der am Ende einer stumpfwinklig gebogenen Glasröhre sitzt. Das andere Ende der Röhre führt durch einen doppelt durchbrochenen Pfropfen in ein als Kühlgefäß dienendes größeres Reagensglas (Erlenmeyer), dessen Inneres durch ein

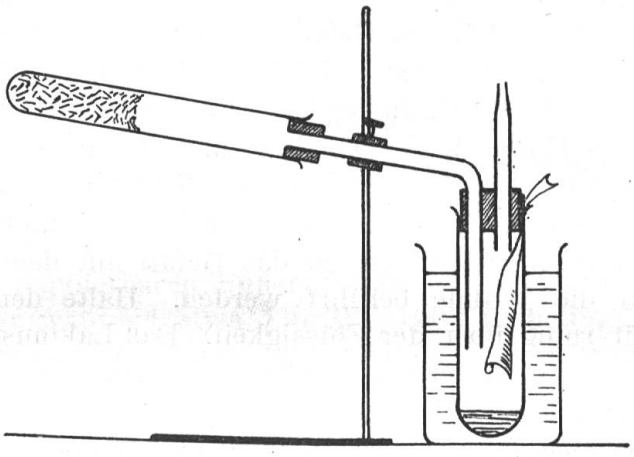


Abb. 3

zweites, etwas ausgezogenes Glasröhrchen mit der äußern Luft in Verbindung steht. Als Kühlvorrichtung dient ein Gefäß mit kaltem Wasser. Vor Beginn des Versuches hängt man einen in Bleiessig getauchten Streifen von Filtrierpapier in das Sammelgefäß der Destillate, indem man das trockene Ende desselben zwischen Pfropfen und Hals einklemmt. Mittels einer Klemme mit Muffe wird der Apparat an einem Stativ befestigt. Am vorteilhaftesten wird die Glasröhre zwischen halbierte Korke geklemmt.

Nun wird das Reagensglas mit den Pflanzenteilen der ganzen Länge nach sorgfältig erhitzt. Zunächst schlägt sich Wasser nieder, bei weiterer Erwärmung schwärzen sich die Pflanzen, eine braune Flüssigkeit sammelt sich im Kühlgefäß, Gase entweichen aus dem Röhrchen. Stelle deren Geruch fest! Sind sie brennbar? Das Reagensglas wird erhitzt, bis alle Flüssigkeit hinüber destilliert ist. Kohle bleibt zurück! Der Bleiessigstreifen ist braunschwarz geworden. Nachweis von Schwefelwasserstoff (Kontrollversuch mit Schwefeleisen, zu welchem im Reagensglas etwas verdünnte Schwefelsäure gegeben wird).

109. Bringe die Kohle aus dem Reagensglas auf eine Verbrennungsschale aus Porzellan. Lege die letztere auf ein Drahtnetz, das auf einem Dreifuß ruht und erhitze kräftig. Die Kohle verbrennt, es bleibt Asche zurück.

110. Verbrenne ein Streichhölzchen und beachte, wie nach dem Ausglimmen der verkohlten Teile ein Aschenrest zurückbleibt.

111. *Bestandteile des Destillates.* Stelle zunächst den Geruch der im gekühlten Gefäß sich angesammelten braunen Flüssigkeit fest. An der Oberfläche schwimmen Teerfetzen. Prüfe mit blauem Lakmuspapier. Es rötet sich infolge des Gehaltes an Holzessig. — Gieße zum Destillat so viel Kalilauge, bis rotes Lakmus stark blau gefärbt wird. Befeuchte hierauf einen roten Lakmusstreifen in Wasser und versenke ihn mit Hilfe einer Pinzette in das Gefäß mit dem Destillat, ohne daß die Wände berührt werden. Halte den Streifen einige Zeit ruhig über der Flüssigkeit. Das Lakmuspapier beginnt sich blau zu färben. Halte gleichfalls einen Glasstab hinein, welcher am Ende einen Tropfen Salzsäure trägt. Sofort bilden sich Salmiaknebel, welche die Gegenwart von Ammoniak beweisen. Damit ist aber das Vorhandensein von Stickstoff nachgewiesen.

112. *Trockene Destillation mit Gewichtsbestimmungen* lassen sich leicht durchführen, wenn zum Erhitzen Bunsenbrenner mit Gasfeuerung zur Verfügung stehen, wodurch Verkohlungs- und Veraschungsprozeß rasch erledigt werden können. Zunächst wird das Gewicht des leeren Reagensglases bestimmt, hierauf wägt man dasselbe samt Pflanzenmaterial. Das Erhitzen muß nun so lange erfolgen, bis nichts mehr hinüberdestilliert. Das Gläschen mit der Kohle läßt man etwas abkühlen, dann erfolgt die dritte Wägung, aus welcher das Gewicht von Kohle + Asche sich ergibt. Bringt man nun die Kohle in eine Verbrennungsschale von bekanntem Gewicht, wo das Veraschen erfolgt, so läßt sich aus der nachfolgenden Wägung der Asche unter Herbeiziehung der früheren Gewichtsbestimmungen der Gehalt an Kohlenstoff und Aschenbestandteilen annähernd bestimmen. Aus den gewonnenen Ergebnissen in gr lassen sich dann die % berechnen.

113. *Trockengewichtsbestimmungen.* Zerkleinere mit einer Schere ein Büschel Grasblätter, ein Kohlblatt oder zerschneide einen Apfel, eine Kartoffelknolle in dünne Scheiben

und bestimme das Frischgewicht des Untersuchungsmaterials, das auf einem Bogen Papier oder in einer flachen Schale ausgebreitet wird. Lasse die Masse an der Sonne liegen, bis sie lufttrocken ist oder dörre sie in einem Ofenrohr. Man setzt den Trocknungsprozeß so lange fort, bis bei den wiederholten Wägungen keine Gewichtsabnahme mehr erfolgt. Die Differenz zwischen Frisch- und Trockengewicht entspricht dem Gehalt an freiem Wasser. Bestimme denselben ebenfalls in %.

114. *Richte eine größere Blechbüchse als Trockenofen her. Durch ein rundes Loch im Deckel wird ein durchbohrter Kork gesteckt und in diesen ein Thermometer mit Teilung bis 150°. Auf den Grund der Büchse setzt man ein nach oben gewölbtes Drahtnetz mit einer zentralen Vertiefung, in welche die zur Trocknung bestimmten Pflanzenteile zu liegen kommen. Die Büchse wird beim Gebrauch auf einen Dreifuß gestellt und mit einer regulierbaren Bunsenflamme so erwärmt, daß die Temperatur während etwa $1^1/_2$ Std. 100° C. beträgt, wonach die Trocknung bei gut zerkleinertem Material vollendet ist.

115. *Nachweis von Wasserdampf, Kohlensäure und Ammoniak bei der Verbrennung von Pflanzenmaterial.* Bringe getrocknetes Pflanzenmaterial in einen Tiegel oder eine Verbrennungsschale aus Porzellan und erhitze. Die organischen Bestandteile verbrennen unter Bildung von flüchtigen Zusetzungsprodukten.

a) Bedecke das Verbrennungsgefäß kurze Zeit mit einer gut gereinigten, glänzenden Porzellanschale oder Glasplatte. Es bildet sich ein Wasserbeschlag.

b) Schwenke ein sauberes Becherglas mit Kalk- oder Barytwasser aus und halte dasselbe mit der Öffnung nach unten über den Tiegel. Die innern Wände des Bechers überziehen sich mit einer Kruste von Kalk resp. Baryumkarbonat infolge Einwirkung von Kohlensäure CO_2.

c) Halte einen mit Salzsäure benetzten Glasstab über das Verbrennungsgefäß. Die Bildung von weißen Salmiaknebeln deutet auf das Vorhandensein von Ammoniak (Stickstoffgehalt). Asche bleibt zurück.

116. Natronkalk, ein käufliches Gemisch von Natriumhydroxyd und gebranntem Kalk, hat die Eigenschaft, bei den vorerwähnten Verbrennungen den Ammoniak sehr leicht auszutreiben. Man vermischt einen Gewichtsteil des getrockneten

Untersuchungsmaterials mit zirka fünf Gewichtsteilen Natronkalk und erhitzt im Tiegel. Verwendet man z. B. zerstoßene Bohnen oder Erbsen zu den Versuchen, so ist der Geruch des aufsteigenden Ammoniaks deutlich wahrnehmbar.

b) Die Bestandteile der Pflanzenasche.

Material: Brenner, Porzellanschale, Reagensgläser, Erlenmeyerkolben, Bechergläser, Glasstab, Pipette, Glastrichter, Dreifuß, Drahtnetz, Verbrennungsschale, Faltenfilter, Etiketten, Platindraht, Holzspäne, Löffel, Pinzette, Glimmerblättchen, Holz- oder Zigarrenasche, destilliertes Wasser, Salzsäure (verdünnt 1:3), Schwefelsäure (konzentriert), Salpetersäure (verdünnt 1:1); Weinsäure, Kalkwasser, Alkohol (absolut), Ammoniumoxalat, Ammoniummolybdat (5% Lösung), Ammoniak, Natriumphosphat, Baryumchlorid, Ammoniumchlorid, Magnesiumsulfat, gelbes Blutlaugensalz, Rhodankalium, Silbernitrat; Blätter von Bohnenpflanzen, Rizinussamen; Objektträger, Mikroskop. Für die Versuche werden von sämtlichen Salzen mit destilliertem Wasser Lösungen in Reagensgläsern hergestellt und etikettiert.

117. *Nachweis von Kohlensäure* (Karbonate). Fülle ein Reagensglas 2 cm hoch mit Holzasche und übergieße dieselbe mit etwas verdünnter Salzsäure. Prüfe das sich entwickelnde Gas, indem du einen brennenden Holzspan ins Röhrchen einführst. Die Flamme wird sofort erstickt. Halte an einem Glasstab einen Tropfen Kalk- oder Barytwasser hinein. Trübung durch Kohlensäure.

Für die folgenden Versuche wird ein *Filtrat aus Holzasche* hergestellt. Zu diesem Zwecke bringt man 2—3 Eßlöffel voll Asche in ein Becherglas und rührt dieselben unter Zugabe von etwa 50 ccm destilliertem Wasser mittels eines Holzstäbchens zu einem Brei. Hierauf setzt man solange verdünnte Salzsäure hinzu, bis kein Aufbrausen mehr erfolgt, d. h. bis alle Kohlensäure ausgetrieben ist. Dieser Vorgang wird durch gelindes Erwärmen über einer Flamme beschleunigt. Das Gemisch wird hernach filtriert und das meist schwachgelb gefärbte Filtrat in einem Erlenmeyerkolben aufgefangen und für die Versuche 118 – 125 verwendet. Wenn das Filtrat nicht klar ist, wird nochmals filtriert.

118. *Nachweis von Schwefel* (*als Sulfate*). Gieße zu einer kleinen Menge des Filtrates in einem Reagensglas etwas Chlorbaryumlösung. Sofort fällt ein weißer Niederschlag von unlöslichem Baryumsulfat aus.

119. *Nachweis von Phosphor* (*als Phosphate*). Ein Teil des Filtrates wird in einer Porzellanschale vollständig eingedampft. Gib mittels einer Pipette etwa 5 Tropfen Salpetersäure zu und hernach zirka 10 ccm Ammoniummolybdatlösung (5%ig). Erwärme das Gemisch. Die Flüssigkeit wird

gelblich, und schließlich scheidet sich ein gelber Niederschlag von Phosphorammoniummolybdat aus.

120. *Mi. *Mikrochemischer Nachweis von Phosphaten.* Besonders reich an Phosphaten ist die Asche von Rizinussamen. Verasche in einer Verbrennungsschale einen Rizinussamen, der vorher geschält wurde. Bringe etwas Asche auf einen Objektträger, füge einen Tropfen dest. Wasser hinzu und ein wenig Salzsäure mittels Glasstab. Klemme den Objektträger in einen Reagensglashalter und erhitze über einer Flamme unter fortwährendem Hin- und Herbewegen des Glases, bis alle Flüssigkeit verdunstet ist. Betupfe hierauf den Rückstand mit einem Tropfen Ammoniummolybdatlösung und einer Spur Salpetersäure. Deckglas. Erwärme nochmals gelinde. Unterm Mikroskop sind gelbe Kriställchen von Phosphorammoniummolybdat sichtbar.

121. *Nachweis von Magnesium.* Gieße in einem Reagensglas zu einem Teil des Filtrates etwas Natriumphosphatlösung und lasse das Gemisch längere Zeit stehen. Es scheidet sich allmählich ein weißer Niederschlag von Magnesiumphosphat aus.

122. *Nachweis von Kalzium.* Gib in ein Reagensglas zu einem Teil des Filtrates mit Hilfe einer Pipette einige Tropfen konzentrierter Schwefelsäure und überschichte die Flüssigkeit hierauf ebenfalls mittels Pipette (reinigen!) mit etwas absolutem Alkohol. Sofort bildet sich ein weißer Niederschlag von Kalziumsulfat (Gips).

123. Versetze einen Teil des Filtrates mit Ammoniumoxalatlösung. Es findet eine Ausfällung von unlöslichem, weißem Kalziumoxalat statt.

124. *Nachweis von Eisen.* Füge zum Filtrat 1 — 2 Tropfen einer Lösung von gelbem Blutlaugensalz. Augenblicklich nimmt die Flüssigkeit eine tiefblaue Färbung an (Berlinerblaureaktion).

125. Mische dem Filtrat einen Tropfen Rhodankaliumlösung bei. Die prachtvolle Rotfärbung rührt vom Eisengehalt des Aschenauszuges her.

126. *Nachweis von Kalium.* Glühe einen Platindraht unter mehrmaligem Eintauchen in Salzsäure in einer Flamme gut aus, sodaß keine Farbenveränderung mehr eintritt. Forme den Draht am Ende zu einer kleinen Schleife, tauche diese in Salzsäure und hierauf in Asche. Halte die Schleife in den

nichtleuchtenden Saum der Flamme. Diese färbt sich gelblich-violett. Diese Gelbfärbung führt her von Natriumspuren, die Violettfärbung von Kalium. Betrachte die gefärbte Flamme durch ein Kobaltglas. Diese läßt nur die violetten Strahlen des Kaliums durch.

127. Halte den Rand eines frischen Bohnenblattes in den farblosen Saum der Flamme. Die durch Kaliumgehalt bedingte Violettfärbung ist deutlich sichtbar.

128. Löse einen Eßlöffel voll Zigarrenasche unter Umrühren und Erwärmen in einer Porzellanschale in destilliertem Wasser. Filtriere hierauf bis zur vollen Klarheit des Filtrates. Setze so viel gelöste Weinsäure zu, bis kein Aufbrausen mehr erfolgt. Umrühren mit Stäbchen. Allmählich tritt eine Trübung und ein Niederschlag von weinsaurem Kalium (Weinstein) ein.

129. *Nachweis von Chlor.* Versetze in einem Becherglas etwas Pflanzenasche unter gelindem Erwärmen und Umrühren solange mit verdünnter Salpetersäure, bis kein Aufbrausen mehr erfolgt. Filtriere und gib zum Filtrat einige Tropfen Silbernitratlösung. Sofort entsteht ein käsiger Niederschlag von weißem Silberchlorid, das sich bei längerem Stehen am Licht violett färbt.

130. Mi. *Mikroskopie von Pflanzenasche.* Die mikroskopische Betrachtung von veraschten Pflanzenteilen hat einen besonderen Reiz, ist aber noch viel zu wenig bekannt. Besonders geeignet für die Beobachtung sind Ackerschachtelhalm, Adlerfarn, Schwertlilie, Riedgräser, Schilf, Kieselalgen. Man bringt kleine Stücke von Oberflächenschnitten an Stengeln oder Blattstücke auf ein Glimmblättchen und betupft das Präparat mit konzentrierter Schwefelsäure mittels Glasstab. Hierauf faßt man das Blättchen mit einer langen Pinzette und glüht dasselbe in der Flamme so lange aus, bis alle Säure verdunstet ist und die Masse schneeweiß erscheint. Man kann nun das Glimmerblättchen einfach umkehren und auf einen trockenen Objektträger legen zur mikroskopischen Beobachtung. Gute Dauerpräparate sind leicht herzustellen, indem man auf einen saubern Objektträger einen Tropfen Kanadabalsam träufelt, welcher durch Beimischung von Xylol dünnflüssig gemacht wird. Mit einer Nadel oder Borste überträgt man das geglühte Material und legt ein Deckglas auf. Die Asche der Schwertlilie zeigt langgestreckte Kristallnadeln von Kalzium-

oxalat; reichentwickelt erscheint das Kieselgerüst des Ackerschachtelhalms, eigenartig sind die Kegelzellen der Seggenblätter. Kieselalgen wird man im Frühling und Herbst stets an Steinen in stehenden und fließenden Gewässern finden. Sie bilden eine gelbbraune Schlammschicht, die am besten mit einem Löffel von der Unterlage weggekratzt wird.

c) Welche Grundstoffe benötigt die Pflanze zu ihrem Wachstum?

Versuche mit Nährkulturen.

Material: Sämereien (Mais, Stangenbohne, Saubohne, Buchweizen), Stecklinge von Oleander, Geranien, Weiden; Pulverflaschen oder Standzylinder von 3—5 l Inhalt, passende Korke oder Holzbretter, Paraffin, Watte, Gaze, schwarzes und weißes Papier; Nährsalztabletten*) Kalziumnitrat $Ca(NO_3)_2$, Kaliumchlorid KCl, Magnesiumsulfat $MgSO_4$, Monokaliumphosphat KH_2PO_4, Kalziumsulfat, $CaSO_4$, Kalziumphosphat $Ca_3(PO_4)_2$, Kochsalz, Eisenchloridlösung $FeCl_3$, destilliertes Wasser, Lakmuspapier, Salpetersäure 2%, Quarzsand, Blumentöpfe, Kieselsteine, Glasröhren.

131. Als Versuchspflanzen für Nährkulturen eignen sich Mais, Bohne, Saubohne, Buchweizen. Der Verfasser hat seit Jahren mit Maiskulturen die denkbar günstigsten Versuchsresultate erzielt. Die Sämereien, die bei Parallelversuchen verwendet werden, sollen in Alter und Größe möglichst übereinstimmen. Zunächst werden die Samen 24 Stunden gequellt und dann zum Ankeimen in feuchtes Sägemehl gebettet (Versuch 14), die Maiskörner mit der Spitze abwärts, Bohnen mit der Nabelseite nach unten. Es sollten mindestens die doppelte Menge der für die Versuche benötigten Keimpflanzen zur Entwicklung gebracht werden. Wenn die Wurzeln 6—10 cm lang geworden sind, werden die Keimlinge ausgehoben. Die noch anhaftenden Sägespäne spült man mit Leitungswasser weg. Nun wählt man diejenigen Pflänzchen aus, welche in der Sproßlänge gut übereinstimmen. Vorher hat man die Verschlußkorke der Pulverflaschen mittels eines Korkbohrers im Zentrum durchbohrt. Die Löcher besitzen einen Durchmesser von 10—15 mm. Links und rechts der mittlern Öffnung sind zwei kleine Bohrungen vorgenommen worden, durch welche Glasröhren gesteckt werden können. Um Schimmelbildungen am Korke zu verhüten, tauchen wir denselben in erwärmtes Paraffin. In gleicher Weise werden auch die Hartholzbrettchen behandelt, welche bei Verwendung von Standzylindern benützt werden. Nun befestigt man die Keimpflanzen von unten her in der Öffnung des Korks, indem das Stengelchen dicht über dem Maiskorn so mit Watte umwickelt wird, daß

*) Zu beziehen durch Firma Dr. Bender & Dr. Hobein, Zürich 6.

das Ganze gut hält. Bei Bohnen und namentlich beim Buchweizen ist es angezeigt, die Pflanze so zu befestigen, daß die Samenlappen über dem Korke liegen. Das Nährgewebe des Samens und auch die Watte dürfen nicht in die Nährlösung eintauchen, da sonst leicht Fäulnis eintritt. Als Kulturgefäße eignen sich am besten Pulverflaschen oder Standzylinder von 3—5 l Inhalt. Je größer das Gefäß, um so weniger muß die Lösung gewechselt werden; bei 5 l-Gefäßen höchstens dreimal vom Frühling bis im Herbst. Die Kulturgefäße müssen mit schwarzem Papier umhüllt werden, da Lichtzutritt in der Nährlösung eine unerwünschte Entwicklung von Algen (Chlorellen, Scenedesmus, Raphidium) hervorrufen würde. Um ein gutes Wachstum der Kulturen zu ermöglichen, stellt man dieselben vor ein Südfenster ins Freie, etwa auf ein Fensterbrett. Um eine allzustarke Erwärmung der Nährlösung zu verhindern, umwickelt man das schwarze Papier nochmals mit einem weißen oder mit Flanelllappen. Praktisch, aber kostspielig sind Zylinder aus Zinkblech mit abnehmbarem Deckel, die zur Verdunkelung dienen. Von Zeit zu Zeit werden die Nährlösungen durchlüftet, entweder mit einer Ballonpumpe oder mit der in Abb. 4 dargestellten Vorrichtung. Nährkulturen sollen nie in Räume gestellt werden, in denen Leuchtgas benutzt wird, oder wo Säuredämpfe entwickelt werden. Kein Gefäß ohne Etikette!

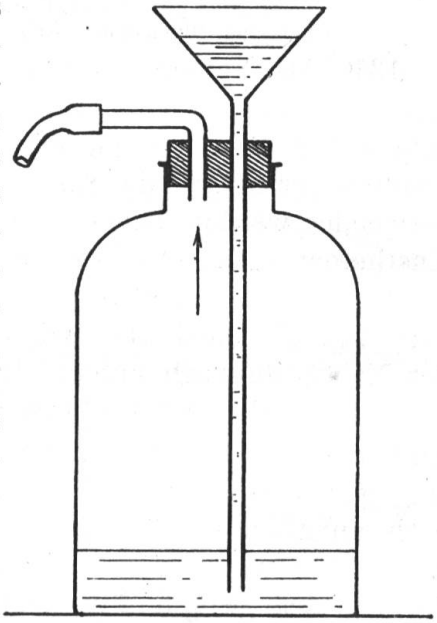


Abb. 4

Die klassisch gewordenen Versuche mit Nährkulturen haben ergeben, daß eine Nährlösung zum normalen Gedeihen einer Pflanze folgende 9 Grundstoffe enthalten muß: Wasserstoff H, Sauerstoff O, Stickstoff N, Kalium K, Kalzium Ca, Magnesium Mg, Phosphor P, Schwefel S, Eisen Fe. Einzig Kohlenstoff fehlt, da derselbe, wie später gezeigt wird, aus der Luft durch die Blätter in die Pflanze gelangt. Diese Tatsache kann aber nur einleuchtend vorgeführt werden, wenn neben einer Normalkultur noch solche Kulturen gehalten werden,

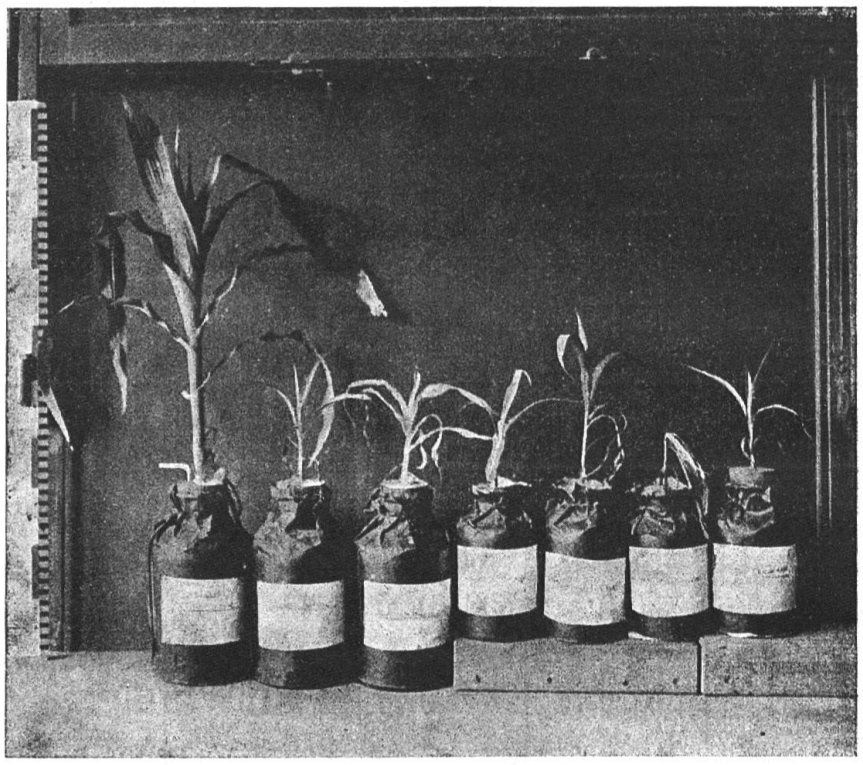
bei denen das eine oder andere Element fehlt. Die folgende Tabelle gibt eine Zusammenstellung von fünf verschiedenen Nährlösungen, wobei die Nährsalze auf je einen l Wasser berechnet sind. Werden z. B. Gefäße von 5 l Inhalt verwendet, so sind alle Zahlen mit 5 zu multiplizieren. Eisenchloridlösung wird pro l 3—4 Tropfen zugesetzt. Die Normallösung No. 1 muß schwach saure Reaktion zeigen (Lakmusprobe). Wenn dies nicht zutrifft, so säure man die Flüssigkeit mit 2%-iger Salpetersäure etwas an. Als Wasser verwende man gewöhnliches Leitungswasser von einem laufenden Brunnen oder Regenwasser, das in Holzgefäßen aufgefangen wurde. Da destilliertes Wasser oft Spuren von Kupfer enthält, mißlingen die Kulturversuche nicht selten bei dessen Verwendung.

1. Normallösung	2. ohne Fe	3. ohne N	4. ohne P	5. ohne K
H_2O 1000 g	H_2O 1000 g	H_2O 1000 g	H_2O 1000 g	H_2O 1000 g
$Ca(NO_3)_2$ 1 „	$Ca(NO_3)_2$ 1 „	**$CaSO_4$** 1 „	$Ca(NO_3)_2$ 1 „	$Ca(NO_3)_2$ 1 „
KCl 0,25 „	KCl 0,25 „	KCl 0,25 „	KCl 0,25 „	**NaCl** 0,25 g
$MgSO_4$ 0,25 „	$MgSO_4$ 0,25 „	$MgSO_4$ 0,25 „	$MgSO_4$ 0,25 „	$MgSO_4$ 0,25 g
KH_2PO_4 0,25 „	KH_2PO_4 0,25 „	KH_2PO_4 0,25 „	**$CaSO_4$** 0,25 „	**$Ca_3(PO_4)_2$** 0,25 g
$FeCl_3$ Spur	—	$FeCl_3$ Spur	$FeCl_3$ Spur	$FeCl_3$ Spur

Zu den obigen Kulturen hinzu fügt man noch eine Kultur in Quellwasser und eine solche in destilliertem Wasser. (Abb. 5).

Schon nach einer Woche zeigen sich deutliche Unterschiede im Wachstum der verschiedenen Kulturen, und bei genauer Innehaltung der erwähnten Vorsichtsmaßregeln überragt die Pflanze in der Normallösung alle andern um ein immer größer werdendes Maß. Im dritten bis vierten Monat treibt die Maispflanze schließlich Blütensprosse hervor. Die Kultur No. 2 wächst anfangs gut fort, bis die jungen Blattsprosse infolge Mangel an Eisen sich gelb färben (Chlorose), worauf die Wachstumsgeschwindigkeit rasch nachläßt. No. 3—5 bleiben am stärksten zurück und sterben meist nach längerer Versuchsdauer ab. Die Kultur in reinem Quellwasser bleibt ebenfalls stark hinter der Normalkultur, ihr langsames Wachstum beweist aber, daß Spuren von Nährsalzen vorhanden sind.

Die Pflanze in destilliertem Wasser stellt eine typische Hungerkultur dar, die ebenfalls im zwerghaften Zustande verharrt und gewöhnlich nach 1—2 Monaten eingeht.



1 2 3 4 5 6 7

Abb. 5

1 Vollständige Nährlösung. 2 Quellwasser. 3 Ohne Fe. 4 Ohne P. 5 Ohne N. 6 Ohne K. 7 Dest. Wasser. Phot. W. Höhn, 12. VII. 1922.

132. Stelle eine zweite Kultur ohne Eisen her. Betupfe die gelbgewordenen Blätter mit etwas Eisenchloridlösung. Nach wenigen Tagen ergrünen die benetzten Stellen. Bringe später einige Tropfen derselben Lösung in die Nährflüssigkeit und bestimme die Zeitdauer bis zur Ergrünung der Pflanze.

133. *Verwendung von Nährsalztabletten.* Das Abwägen der kleinen Salzmengen für Nährkulturen ist oft eine zeitraubende Arbeit. Wer Zeit sparen und speziell Kulturversuche mit Normallösungen durchführen will, der verwendet mit Vorteil die Nährsalztabletten von R. Kolkwitz, die von der Firma Dr. Bender & Dr. Hobein, Zürich 6, geliefert werden. 1 Tablette wird in 1 l Wasser gelöst. Dieses Salzgemisch kann an Schüler abgegeben werden, sodaß diese zu Hause

mit Leichtigkeit eigene Kulturen einrichten können: Normallösung- und Quellwasserkultur. Jedes Einmachglas eignet sich gut als Kulturgefäß.

134. Ziehe in vollständiger Nährlösung und Quellwasser Stecklinge von Pelargonien, Fuchsien, Oleander, die leicht angewurzelte Stengelenden besitzen.

135. *Die Bedeutung des Kalkes.* Fülle von zwei Gläsern das eine mit vollständiger Nährlösung, das andere ebenfalls mit Normallösung No. 1 (Versuch 131) aber ohne Kalziumnitrat. Überziehe beide mit weitmaschiger Gaze. Quelle einige Bohnensamen in destilliertem Wasser und bringe sie in einer Schale auf Filtrierpapier, das mit destilliertem Wasser durchtränkt ist, zur Keimung. Pflanze sie hernach auf die beiden Kulturgefäße und stelle die letztern unter eine Glasglocke an einen dunkeln Ort. Nach wenigen Tagen schon ist der Unterschied auffallend, indem die in kalkfreier Lösung stehenden Pflanzen stark zurückbleiben.

136. *Sandkulturen.* Reiner Quarzsand wird in getrennten Mengen nach der in Versuch 14 beschriebenen Methode mit destilliertem Wasser, Quellwasser und mit verschiedenen Nährlösungen angefeuchtet und in größere Gefäße (Blumentöpfe, Email- oder Glasbehälter) verteilt. Um eine Durchlüftung zu ermöglichen, wird auf den Grund der Gefäße eine Lage von Kieselsteinen gebracht und auf diese eine Schicht Watte, auf welche dann der Sand folgt. Eine Glasröhre, die bis zum Grunde des Gefäßes reicht, gestattet den Zutritt der äußern Luft. Die gequellten Samen werden in einer Schale auf feuchtem Filtrierpapier zur Keimung gebracht. Wenn die Wurzeln eben durchbrechen, bettet man die Samen in den Sand. Von Zeit zu Zeit muß mit destilliertem Wasser begossen werden, aber in feiner Zerteilung (Brause!). Erst nach längerer Zeit dürfen wieder kleine Mengen von Nährlösung zugegeben werden.

137. Bestimme während der Dauer eines Monates durch tägliche Messungen die Wachstumszunahme der Normal-, der Quellwasser- und der Kultur in destilliertem Wasser. Stelle die Ergebnisse in einer Tabelle zusammen. Konstruiere mit Hilfe eines Koordinatensystems auf karriertem Papier Wachstumskurven, aus denen a) die täglich fortlaufende Wachstumszunahme, b) die täglichen Wachstumsschwankungen der drei genannten Kulturen ersichtlich sind. Auf der Abszissenachse

werden die Tage, auf der Ordinatenachse die mm angegeben. Für jede Kultur wird eine besondere Farbe oder Strichart in der Darstellung verwendet. Abb. 6.

138. **B. H.** Pflanzen, die nur kürzere Zeit in Kulturgefäßen zu Studienzwecken gezogen werden, soll man nicht wegwerfen, sondern in einer Gitterpresse trocknen, auf Bogen spannen, mit Inschrift versehen. Sie leisten jederzeit zu Demonstrationszwecken gute Dienste.

139. *Photographiere wohlgelungene Kulturversuche und stelle Diapositive her, wenn ein Projektionsapparat zur Verfügung steht.

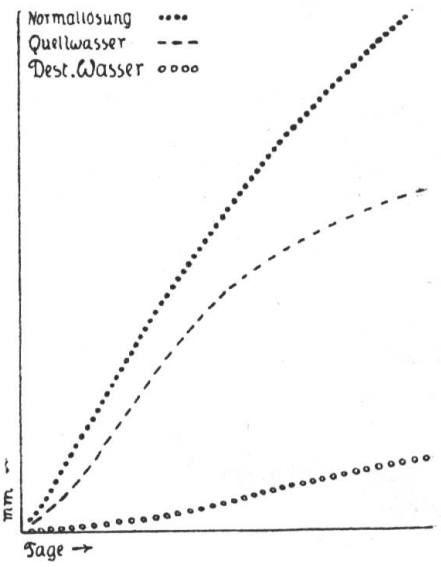


Abb. 6

II. Woher die Pflanzen die flüssige Nahrung beziehen.

A. Die Abhängigkeit der Pflanzen von der Bodenart.

Material: 3 Blumentöpfe, Sägemehl, Quarzsand, Gartenerde, Senfsamen, Maiskörner, 2 Standzylinder oder Pulverflaschen von 1—2 l Inhalt, Etiketten.

140. *Hungerkulturen.* Befeuchte Sägemehl, Quarzsand und gesiebte Gartenerde mit destilliertem oder Regenwasser und fülle drei Blumentöpfe mit dem Material, indem du dasselbe zwischen den Händen zerreibst. Säe in jedes Geschirr einige Senfkörner und bedecke die Gefäße bis zum Auskeimen der Samen mit Glasplatten. Das Befeuchten geschieht später ebenfalls mit destilliertem Wasser. Die Senfpflanzen im Topf mit Gartenerde gedeihen viel besser als diejenigen in Sand oder Sägemehl, die infolge ungenügender Nahrung eine Hungerform der Normalpflanze darstellen.

141. Zwei gleichalte Maiskeimlinge, die man in Sägemehl aufgezogen hat und deren Wurzeln etwa 6 cm lang sind, werden in Leitungswasser kultiviert nach Art der Versuche 131. Dem einen Gefäß wird jedoch vorher etwa eine Hand voll Gartenerde beigemischt, die gut umgerührt sein muß. Der Keimling wird erst eingepflanzt, wenn sich das Wasser etwas

geklärt hat. Der Versuch wird auf längere Zeit ausgedehnt, und die üppige Entwicklung dieser Kultur zeigt dann deutlich, daß die Gartenerde offenbar Nährsalze enthält.

142. **B. H.** Trockne nach Schluß der Versuchszeit die in Versuch 141 gewonnenen Hungerkulturen in einer Gitterpresse und stelle auf einem Bogen die verschiedenen Zwergformen neben der Normalform zusammen. Suche an Bahndämmen, auf Kiesplätzen, auf Schlackenboden nach Hungerformen verschiedener Gewächse, die auf fetten Böden üppig gedeihen: z. B. Vogelknöterich, Hirtentäschel, Gänsefuß (Chenopodium sp.) Hungerblümchen (Erophila).

B. Die Bodenarten unserer Heimat.

143. *Lehrausflug.* Eine halb- oder ganztägige Wanderung genügt gewöhnlich, um die wichtigsten Bodenarten kennen zu lernen. Die Schüler nehmen in Rucksäcken Flaschen, Blechbüchsen oder Holzschachteln, Packpapier mit, kleine Schäufelchen oder Eisenlöffel zum Herausheben des Materials. Der Lehrer soll einen kleinen Spaten sowie einige Präparatengläser zur Verfügung haben. In erster Linie werden Örtlichkeiten aufgesucht, an denen gute Bodenaufschlüsse vorhanden sind: tiefeingeschnittene Bachschluchten, frische Ausschnitte des Bodens bei Straßen- und Häuserbauten, Kiesgruben, Steinbrüche, Lehmgruben, Seeufer und Moore mit Torfstichen. Der Besuch dieser Lokalitäten ergibt, daß wir bei uns folgende Bodenarten, bald rein, bald in Übergangsformen treffen: Fels-, Sand-, Kalk-, Ton- und Humusböden. Die Wanderung bietet Gelegenheit, an Ort und Stelle über die geologische Vergangenheit unserer Heimat zu sprechen. Beim Studium des Fels-, bodens, der in unserm Kanton mit Ausnahme der Lägern zum größten Teil dem Tertiär angehört: Sandsteine, Mergel, Molassenagelfluh (eine Ausnahme bilden die verkitteten Schotter der Eiszeit) erwähnt man das Molassemeer mit seinen Urströmen und deren Deltabildungen. Man beachte ferner die Verwitterung der Felsen und die Bildung von Verwitterungsböden z. B. tonige Kalkböden, die aus verwittertem Mergel hervorgegangen sind. In der Kiesgrube wird man auf die Bildungen der Eiszeit zu sprechen kommen. Trefflich läßt sich hier die Korngröße der festen Bodenteile beobachten: grobe Blöcke, Kies mit faustgroßen Stücken bis herunter zu Sandkörnern mit 2 mm Durchmesser, Feinsand 2—0,25 mm,

Tonteilchen sind von bloßem Auge nicht mehr sichtbar, Ton ist fettig anzufühlen. Lehm stellt ein Gemisch von Feinsand und Ton dar. Die obersten Schichten einer Kiesgrube gehen gewöhnlich in eine durch ihre braune Färbung deutlich wahrnehmbare Schicht von Ackerhumus über. Je nachdem die Grube eine Wallmoräne oder verschwemmtes Schottermaterial angeschnitten hat, ist auch die Schichtung, beziehungsweise die Wechsellagerung von Sand- und Kiesbänken und Tonbändern ganz verschieden ausgebildet. Man zeichne ein Profil unter schätzungsweiser Angabe der Mächtigkeit einzelner Schichten. Kalkböden finden sich neben den schon erwähnten Mergelverwitterungsböden in ± großer Ausdehnung an Seeufern, wenn reichliche Ablagerungen von Seekreide oder Schnegglisanden vorliegen. Hierher gehören auch die aus Quellen abgelagerten Kalktuffe. Humusboden und seine Bildung läßt sich am schönsten in Mooren studieren. Mit einem Spaten werden an einem frischen Torfstich einige Stücke herausgehoben. Leicht erkennt man, daß der Torf nichts anderes darstellt als eine Anhäufung von abgestorbenen Pflanzen. Der Übergang vom lebenden Rasen zum Torf zeigt wohl am schönsten ein tief ausgehobenes Torfmoospolster im Hochmoor. Belegt man ein ganz frisch ausgehobenes Torfstück mit blauem Lakmuspapier, so rötet sich dasselbe, infolge Einwirkung der Humussäuren; daher Torf = saurer Humus im Gegensatz zum milden Garten- und Ackerhumus. Von sämtlichen Bodenarten werden in Büchsen und Gläsern reichliche Proben mitgenommen für Untersuchungszwecke. Auch eine Flasche braungefärbtes Torftümpelwasser soll nicht vergessen werden.

144. **B. H.** Trockne einen Teil der auf einer Exkursion gesammelten Bodenarten und fülle mit jeder Sorte ein Präparaten- oder großes Reagensglas, das mit einem Kork verschlossen wird. Ordne die Gläser auf Pappe an, befestige sie mit Draht, setze die nötigen Erklärungen dazu unter dem Titel: Bodenarten der Heimat. Stelle ferner in einer 2 cm weiten und zirka 50 cm langen Glasröhre ein beobachtetes Kiesgrubenprofil zusammen unter Verwendung des natürlichen Materials.

145. *Das Schlämmen von Ackererde.* Um in einer Bodenart die mikroskopisch kleinen Tonteilchen von Sand und gröbern Beimischungen zu trennen, wird dieselbe geschlämmt. Bringe lufttrockene, zerkrümelte Garten- oder Ackererde in ein Sieb und trenne die groben Bestandteile von der Feinerde. Rühre dann die letztere in einer Porzellanschale mit Wasser

zu einem Brei, indem vorhandene Brocken noch zerdrückt werden. Hierauf wird der Brei bis zum Sieden erhitzt. Stelle inzwischen einen hohen Standzylinder bereit, der bis etwa 10 cm unter dem Rand mit klarem Wasser gefüllt ist. Gieße nun den Brei in den Zylinder, rühre mit einem Stabe gut um und lasse dann die Flüssigkeit 10 Minuten stehen. Die Steinchen und Sandkörner setzen sich an den Boden, die Tonteilchen dagegen schweben im Wasser in feinster Zerteilung. Will man den Ton nun ganz entfernen, so hebert man einen Teil der trüben Flüssigkeit mittels eines Schlauches aus dem Zylinder, wobei aber das im Gefäß befindliche Schlauchende 5 cm über dem Boden liegen muß. Zum Rückstand gießt man wieder klares Wasser, rührt um, läßt wieder 10 Minuten stehen und wiederholt die beschriebenen Handlungen, bis das Wasser klar bleibt. Am Grunde des Gefäßes ist dann nur noch reiner Sand. Wenn das Gewicht der lufttrockenen Feinerde und des ebenfalls getrockneten Sandes im Schlammzylinder bestimmt wurden, kann daraus das Gewicht des ausgeschlämmten Tones berechnet werden sowie der Tongehalt der gesiebten Feinerde in %.

146. **Mi.** *Bodenteilchen.* Zerreibe zwischen Daumen und Zeigfinger über drei Objektträgern lufttrockenen Feinsand, ein Krümchen Lehm und Ton. Füge zu den Präparaten einige trockene Sporen der Hirschbrunsttrüffel (33 μ). Deckglas. Vergleiche die Bodenteilchen mit der Größe der Sporen. Um ein Dauerpräparat herzustellen, zerreibt man die genannten Bodenarten über einem mit Xylol verdünnten Tropfen Kanadabalsam und legt hernach sorgfältig ein Deckglas auf.

147. **Mi.** *Bestandteile des Torfes.* Übertrage von einem frischen, noch feuchten Torfstück ein Krümchen in einen Wassertropfen auf dem Objektträger. Zerteile das Stücklein mit zwei Nadeln und lege dann ein Deckglas auf. Unterm Mikroskop entdeckt man eine ganze Sammlung von $\pm$ gut erhaltenen Pflanzenresten, die je nach der Torfart verschiedener Herkunft sind. In Seggentorf hauptsächlich Wurzelreste, in Moostorf Blättchen und Stengelchen von Braunmoosen (Hypnum) im Sphagnumtorf Blätter und Stengel von Torfmoosen. Daneben Pollenkörner, Moos- und Pilzsporen, Reste von Chitinpanzern u. a.

C. Die Durchlüftung des Bodens.

Material: 1 Becherglas, 1 Standzylinder, 4 Meßzylinder, 4 große und 1 kleines Reagensglas, 4 Trichterröhren, 1 Glasröhre (120 cm lang, 2 cm Durchmesser), 2 dazu passende einfach durchbohrte Gummipfropfen, 2 in die Bohrungen passende Glasröhrchen von 10 cm Länge, Kerze, Zündhölzer, Faden; trockene Ton- oder Lehmstücke, Kies, Sand, gesiebte Ackererde, Kaolin (= reine Tonerde) Plastilin.

148. *Bodenluft.* Fülle ein Becherglas mit Wasser und lasse ein gut ausgetrocknetes Ton- oder Lehmstück hineinfallen. Luftblasen steigen aus dem untergetauchten Stück an die Oberfläche.

149. Fülle ein gewöhnliches Reagensglas bis zum Rande mit trockenem Sande, befestige es an einem Faden und versenke die Vorrichtung vollständig in einen mit Wasser gefüllten Standzylinder. Das Wasser verdrängt nach und nach die zwischen den Sandkörnern befindliche Luft.

150. *Luftdurchlässigkeit der Böden.* Verschließe eine 120 cm lange und 2 cm weite Glasröhre am einen Ende mit einem Kork oder Gummipfropfen, in dessen Bohrung ein 10 cm langes, gerades Glasröhrchen so hineingesteckt wird, daß das innere Röhrchenende nicht über die Innenfläche des Pfropfens vorragt. Bringe zunächst einen Wattenbausch in die Röhre, welcher über die Öffnung des Glasröhrchens zu liegen kommt, um das Austreten der zum Versuche verwendeten Bodenarten zu verhindern. Fülle das Rohr hierauf bis zu einem Drittel mit trockenem Kies. Entzünde eine Kerze, verschließe das noch offene Ende der Röhre ebenfalls mit einem mit Glasröhrchen versehenen Pfropfen und versuche die Flamme zu löschen, indem du durch das als Mundstück dienende, eben eingesetzte Glasröhrchen blasest. Die Flamme wird leicht zu löschen sein. Fülle hierauf noch mehr Kies in die Röhre und probiere wieder, durch Hindurchblasen die Flamme zu löschen. Auf wie viele cm muß die Röhre mit Kies gefüllt werden, daß auch bei stärkstem Blasen die Kerze nicht mehr erlischt. (80—110 cm).

Entleere den Kies und untersuche auf gleiche Weise der Reihe nach die Durchlässigkeit von Sand, gesiebter Ackererde und reiner Tonerde (Kaolin). Die Versuche ergeben, daß die Luftdurchlässigkeit mit zunehmender Verkleinerung der Bodenteilchen abnimmt.

151. *Bestimmung des Porenvolumens.* Um den Raum zu messen, welcher von der zwischen den Bodenteilen liegenden Luft eingenommen wird, stellt man 4 große Reagens-

gläser auf Plastilinfüße oder in eine Sandkiste auf gleiche Höhe nebeneinander. Stelle hierauf in jedes Reagensglas eine Trichterröhre und fülle jedes Gefäß mit einer Bodenart: Kies, Sand, gesiebte Ackererde, Tonerde. Beim Füllen wird die Trichterröhre senkrecht gehalten, daß ihr unteres Ende stets am Grunde des Reagensglases bleibt. Die Bodenarten sollen in allen Gefäßen genau bis zur gleichen Höhe reichen. Fülle 4 Meßzylinder genau bis zur Marke 100 ccm mit Wasser. Gieße jetzt aus dem ersten Meßzylinder sorgfältig und in kleinen Mengen Wasser in die Trichterröhre, die in Kies steckt. Sobald der Kies bis an die Oberfläche vollständig mit Wasser durchdränkt, d. h. wenn alle Luft verdrängt ist, darf kein Wasser mehr zugegoßen werden. Lies jetzt den Wasserstand im Meßzylinder ab. Die Differenz zwischen ursprünglichem und jetzigem Niveau in ccm ergibt das Volumen der aus dem Kies verdrängten Luft. Der gleiche Versuch wird an den drei übrigen Bodenarten wiederholt. Welche Bodenart ist am stärksten durchlüftet? Bestimme das Verhältnis des Porenvolumens, wenn der Wert 1 für Ton gesetzt wird. Diese Versuche ergeben gleichzeitig, daß die Durchdringung der Bodenarten mit Wasser ganz ungleich rasch verläuft.

D. Das Wasser im Boden.

Material: 4 Glasröhren (120 cm lang, 2 cm weit), 4 Glasstutzen, Glaskapillaren, 4 kleine tubulierte Glasglocken, 4 dazu passende einfach durchbohrte Pfropfen mit passenden 10 cm langen Glasröhrchen, 1 Meßzylinder, 4 Standzylinder, 1 Porzellanschale, 1 Thermometer 150°, Wage, Gewichtsatz. Lufttrockene Bodenarten: Kies, Sand, gesiebte Ackererde, Ton (Kaolin); frische feuchte Gartenerde, frisches Torfstück; Zuckerwürfel, Tafelkreide, Filtrierpapier, Leinwandlappen, Watte; quadratischer Rahmen; Faden, Schnüre; Eosin, Brenner.

152. *Haarröhrchenanziehung (Kapillarwirkung).*

a) Erhitze einige Glasröhren, die an beiden Enden gefaßt werden, über einer Flamme und ziehe sie zu Kapillaren aus. Zerbrich die Haarröhrchen in Stücke von etwa 30 cm Länge und tauche dieselben in ein Gefäß, welches mit Eosin gefärbtes Wasser enthält. Infolge Kapillarwirkung steigt die Flüssigkeit um eine bedeutende Strecke über das Niveau im Gefäß empor.

b) Fasse einen Zuckerwürfel zwischen Daumen und Zeigfinger und bringe die untere Fläche mit einer Wasserfläche in Berührung. Das Wasser erfüllt die Kapillaren des Zuckerstückes.

c) Befestige einen Streifen Filtrierpapier an einem Stativ (Holzrahmen, Wand) und lasse den untersten Teil des Streifens 2 cm tief in Eosinlösung eintauchen.

d) Bestimme das Gewicht einer Tafelkreide. Hänge sie hierauf an einem Faden so auf, daß ihr unteres Ende in Wasser taucht. Wenn die Kreide sich mit Wasser vollgesogen hat, wiederholt man die Wägung. Bestimme das Porenvolumen.

153. **Das Wasserhebungsvermögen des Bodens.* Spanne über das eine Ende von 4 Glasröhren, deren Weite 2 cm und deren Länge 80—120 cm beträgt, Leinwandläppchen, und binde sie mit Schnüren fest. Um ein Abgleiten der Verschlüsse zu verhindern, müssen die Rohrenden in einer Flamme erhitzt und mit einem Stück Holz, das auf der Innenseite der erweichten Rohröffnung herumgeführt wird, etwas nach außen gestülpt werden. Fülle je eine lufttrockene Bodenart: Kies, Sand, Gartenerde, Ton etwa 80 cm hoch in jede Röhre (den Ton gut einrütteln). Befestige sie mit Schnüren an einem quadratischen Rahmen und lasse die mit den Tuchlappen verschlossenen Enden 5 cm tief in Wasser eintauchen, das in Glasgefäßen untergestellt wird und gleichen Stand in allen Geschirren aufweisen muß. Beobachte die Geschwindigkeit des Emporsteigens und miß bei jeder Röhre die maximale Steighöhe. Beim Ton muß nach gewissen Zeitabschnitten mit dem Finger an die Röhre geklopft werden, da zwischen dem trockenen und benetzten Kaolin Lücken entstehen.

154. **Das Wasserfassungsvermögen des Bodens.* Verschließe 4 kleine tubulierte Glasglocken mit einfach durchbohrten Pfropfen, durch welche von außen her passende, 10 cm lange Glasröhrchen nicht ganz durchgestoßen werden und setze dieselben verkehrt auf leere Standzylinder, sodaß die Bohrung der Glocke samt Pfropf ein Stück in den Zylinder versenkt ist. Bedecke die oben befindliche Öffnung jedes Pfropfens mit einem Wattebäuschchen. Wäge auf einem Papier gleiche Mengen (zirka 150 gr) der im vorigen Versuche genannten lufttrockenen Bodenarten ab, schütte sie in je eine der Glasglocken und ebne die Oberflächen durch rasches Hin- und Herbewegen. Gieße langsam, ohne die Bodenart aufzuwühlen, in jede Glocke die doppelte Gewichtsmenge Wasser. Lege Glasplatten über. Welche Bodenart läßt das Wasser am raschesten durch? Bestimme am folgenden Tag durch

Messung oder Wägung des in den Standzylinder abgeflossenen Wassers die Menge der von jeder Bodenart zurückgehaltenen Flüssigkeitsmenge. Die Versuche ergeben einwandfrei, daß Tonböden sehr schwer, Sandböden sehr leicht durchlässig sind.

155. Wäge in einer Porzellanschale von bekanntem Gewicht 100 gr frische Gartenerde. Befestige an einem Stativ ein Thermometer (150-teilig) derart, daß die Quecksilberkugel von der Erde umschlossen wird, ohne den Boden der Schale zu berühren. Erwärme auf 100° C und halte die Temperatur 5 Minuten lang auf dieser Höhe. Lasse hernach abkühlen und wiederhole die Wägung. Berechne den Wassergehalt.

156. Stelle eine in Gartenerde gezogene, junge Bohnenpflanze in ein Nordzimmer und unterlasse das Begießen. Untersuche, wenn die Pflanze welk geworden ist, nach Versuch 155, ob die Erde noch Wasser enthalte. Die Wägung ergibt, daß die Wurzeln nicht imstande sind, dem Boden alles Wasser zu entziehen.

157. *Absorbtion von Farbstoffen.* Stelle einen Trichter in einen Erlenmeyerkolben. Bedecke den Grund des Glastrichters mit einem Wattebäuschchen und fülle bis nahe zum Rand mit lufttrockenem, aber ausgewaschenem Feinsand. Gieße hierauf eine stark verdünnte Eosinlösung auf den Sand. Behalte einen Teil der Farblösung zurück und vergleiche dieselbe mit dem Filtrat. Dieses ist beinahe farblos. Hinweis auf die Bedeutung von Filteranlagen für Wasserversorgungen.

E. Boden und Temperatur.

Material: Blumentöpfe oder Holzschachteln, Sand, Gartenerde, Torfmull, 6 Thermometer, Wandtafelkreide, Tonstücke, frische Torf- und Lehmstücke.

158. Fülle je drei Geschirre mit den drei lufttrockenen Bodenarten: Sand, Gartenerde und gesiebten Torfmull (zerriebener Torf). In drei andere Gefäße werden die gleichen Bodenproben gebracht, aber feucht. Da Torfmull sich nur schwer anfeuchten läßt, verwende man ein frisches Torfstück und als Ergänzung ein frisch getrocknetes Lehmstück. Führe in jede der genannten Bodenproben ein Thermometer schief unter die Oberfläche, daß die Quecksilberkugel 1,5 cm tief liegt. Stelle die Gefäße an einem sonnigen, heißen Sommernachmittag ins Freie unter direkte Sonnenbestrahlung. Lies von 15 zu 15 Minuten die Temperatur ab, wobei die Thermometer nur so weit als nötig herausgezogen werden dürfen. Die Beobachtungen ergeben, daß trockene Bodenarten sich stärker er-

wärmen als nasse, daß Sandboden wärmer ist als Ton- und Torfboden in feuchtem Zustande.

159. *Die Wirkung des Gefrierens.* Durchtränke Tafelkreide und Tonstücke mit Wasser. Setze sie an einem kalten Wintertage der Gefriertemperatur aus. Die Stücke werden zersprengt und zerfallen nach dem Auftauen in eine lockere Masse. Hinweis auf Verwitterung und Ackerbau.

F. Nachweis von anorganischen und organischen Bestandteilen des Bodens.

Material: Brenner, Porzellanschale, Erlenmeyer, Reagensgläser, Reagenshalter, Glastrichter, Verbrennungsschale, Glasstab, Pipette, Dreifuß, Drahtnetz, Holzspan, Wage, Gewichte; Salzsäure 1 : 1, Kalkwasser, Salpetersäure, Rhodankalium, gelbes Blutlaugensalz, Ammoniumoxalatlösung, Ammoniummolybdatlösung, Baryumchlorid; Acker- oder Gartenerde, Lehm, Mergel, Sand, Waldhumus, Torf.

160. *Der Kalkgehalt des Bodens.* Bringe in verschiedene Reagensgläser der Reihe nach folgende Bodenarten in kleinern Mengen in frischem oder getrocknetem Zustande: Mergel, Sand, Ackererde, Lehm, Ton, Waldhumus, Torf. Gieße ins erste Gläschen etwa 4—5 Tropfen Salzsäure, welche im Verhältnis von 1:1 mit Wasser verdünnt ist. Der Mergelboden schäumt lebhaft auf. Untersuche das aufsteigende Gas a) mit einem brennenden Span b) mit einem Tropfen Kalkwasser. Die Untersuchung ergibt Kohlensäure. Diese ist im Boden an Kalzium gebunden und wurde von der stärkern Säure ausgetrieben. In gleicher Weise verfährt man mit den übrigen Bodenarten. Aus der Art und Stärke des Aufbrausens kann nach der folgenden Tabelle der Kalkgehalt annähernd bestimmt werden. (Nowacki).

Auf Zufügen von 2 Tropfen Salzsäure	Kalkgehalt
1. Kein Aufbrausen	unter 1 %
2. Schwaches Aufbrausen.	1 — 2 %
3. Deutliches, aber kurzes Aufbrausen . .	3 — 4 %
4. Starkes, langandauerndes Aufbrausen .	über 5 %

161. *Wichtige Bestandteile der Ackererde.* Übergieße eine Hand voll Acker- oder Gartenerde in einer größern Porzellanschale mit etwa 150 ccm destilliertem Wasser. Stelle

das Gefäß auf einen Dreifuß mit Drahtnetz, erwärme und rühre die Masse mit einem Stäbchen zu einem Brei. Füge solange Salpetersäure zu, bis alle Kohlensäure ausgetrieben ist. Wenn kleinere Kalksteinchen in der Schale liegen, hört das Brausen überhaupt nicht auf. Man gießt den Brei dann trotzdem in eine Filtervorrichtung. Filtriere ein zweites Mal, wenn das Filtrat nicht klar ist.

a) Koche einen Teil des Filtrates in einer saubern Porzellanschale vollständig ein. Es bleibt eine Kruste von *Salzen* zurück.

b) Füge zu einem Teil des Filtrates Ammoniumoxalatlösung. Es bildet sich ein Niederschlag von *Kalzium*oxalat.

c) Durch Zusatz von gelbem Blutlaugensalz in Lösung tritt Blaufärbung, mit Rhodankaliumlösung Rotfärbung ein, was durch die Gegenwart von *Eisen* verursacht wird.

d) Mit Ammoniumolybdatlösung tritt nach kurzem Aufkochen intensive Gelbfärbung ein, bedingt durch *Phosphate.*

e) Chlorbaryumlösung, dem Filtrat beigemischt, gibt den Nachweis von *Sulfaten.*

f) Durch Zugabe von Silberintrat lassen sich Spuren von *Chlor* nachweisen.

162. *Der Humusgehalt.* Die Gesamtheit der pflanzlichen und tierischen Reste einer Bodenart wird als Humus bezeichnet. Beim Ausglühen des Bodens verbrennen diese organischen Bestandteile. Um den Humusgehalt annähernd zu bestimmen, diene folgender Versuch:

Wäge 5 gr einer gut getrockneten Bodenart (Garten-, Waldhumus oder Torf) in einer Glühschale von bekanntem Gewichte ab. Lege das Verbrennungsgefäß auf einem Drahtnetz über einen Dreifuß und erhitze kräftig, am besten mit zwei Bunsenbrennern von oben und unten. Rühre die Masse öfters mit einem Platindraht um und stelle die Flamme erst ab, wenn kein Glimmen mehr erfolgt und alle kohligen Bestandteile verbrannt sind. Lasse abkühlen und füge dem Rückstand 2—3 Tropfen einer Lösung von Ammoniumkarbonat zu, um der Asche die durch die Hitze ausgetriebene Kohlensäure wieder zu geben. Die Verbrennungsschale wird nochmals zur Trocknung gelinde erwärmt und dann gewogen. Berechne aus dem Glühverlust den Humusgehalt in %.

G. Bestandteile des Wassers.

Material: Brenner, Dreifuß, Drahtnetz, 2 Bechergläser, 1 Glasstutzen, 1 großes Reagensglas, gewöhnliche Reagensgläser, 1 Gummipfropfen, einfach durchbohrt, eine dazu passende Glasröhre, 20 cm lang, Glasstab, Objektträger, Reagensglashalter; destilliertes Wasser, Quell-, See-, Moorwasser, Kalkwasser, Kernseife, Ammoniumoxalatlösung, Silbernitratlösung.

163. *Luftgehalt des Wassers.* a) Stelle ein Glas mit frischem Quellwasser ins warme Zimmer. Nach längerem Stehen scheiden sich rings an den Wänden des Gefäßes Luftblasen aus der Flüssigkeit ab. b) Fülle ein großes Reagensglas mit frischem Quellwasser und verschließe es mit einem einfach durchlochten Gummipfropfen, in dessen Bohrung eine 20 cm lange Glasröhre steckt, die ebenfalls vom Wasser erfüllt sein muß. Verschließe die Röhre mit dem Zeigfinger und stelle die Vorrichtung in umgekehrter Lage in einen mit Wasser halbgefüllten Stutzen, daß die Öffnung des Glasröhrchens untergetaucht ist. Das Reagensglas soll frei über den Rand des Stutzens hinausragen. Erwärme jetzt das Wasser im Reagensglas, indem du die Flamme des Brenners sorgfältig demselben entlang auf und ab bewegst. Nach wenigen Sekunden schon wird die Luft ausgetrieben und setzt sich zunächst an die Wand des Reagensglases. Beklopfe dasselbe mit dem Finger. Die Luft sammelt sich oben im Reagensglas. Man darf nicht bis zum Sieden erhitzen.

164. *Der Kalkgehalt des Wassers.* Bringe einen Tropfen destilliertes Wasser auf das eine Ende eines sauber gereinigten Objektträgers, der am andern Ende mittels eines Reagensglashalters festgeklemmt wird. Bewege das Gläschen langsam durch die Flamme eines Brenners, bis der Tropfen gänzlich verdunstet ist. Auf dem Deckglas ist ein kaum wahrnehmbarer Rückstand geblieben. Wiederhole jetzt denselben Versuch mit einem Tropfen Kalkwasser. Es bleibt ein starker Kalkrückstand mit konzentrischen Eintrocknungszonen. Untersuche auf gleiche Weise Quellwasser. Der deutlich wahrnehmbare Rückstand deutet auf Kalkgehalt. Wie verhalten sich Moor- und Seewasser?

165. Schabe in ein Becherglas hinein soviel Kernseife, daß der Boden mit Seifenspänen bedeckt ist. Gieße destilliertes Wasser dazu, stelle das Glas auf ein Drahtnetz mit Asbesteinlage und koche die Lösung unter Umrühren mit einem Stäbchen, bis sie völlig klar ist. Fülle je ein sauberes Reagensglas zur Hälfte mit destilliertem Wasser, Kalk-, Quell-, See- und Moorwasser. Füge zur ersten Probe mittelst Glasstab

1—2 Tropfen heiße Seifenlösung. Destilliertes Wasser bleibt klar. Kalkwasser zeigt starke Trübung infolge Bildung von unlöslicher Kalkseife. Quellwasser wird ebenfalls stark getrübt, Seewasser etwas weniger, Moorwasser ganz schwach.

166. Weise den Kalkgehalt in den genannten Wasserproben mit Ammoniumoxalatlösung nach. Quellwasser, mit Silbernitrat versetzt, gibt ebenfalls eine Trübung infolge Bildung von unlöslichem Silberkarbonat.

H. Der Einfluß der künstlichen Düngung.

Material: Blumentöpfe, Sägemehl, Gartenerde, Sand, Nährsalztabletten, Kainit, Chilisalpeter, Thomasmehl, Guano, Holzasche, Pferdemist, gebrannter Kalk, Gips. Wage, Gewicht, Emailwanne.

167. Mehrere größere Blumentöpfe werden mit nährstoffarmer Erde gefüllt (Gartenerde mit viel Sand) und am besten im Garten in den Boden versenkt. Jedes Geschirr wird mit Holzetikette versehen. Das erste bleibt ungedüngt, die andern werden, wie folgt, gedüngt: a) Kainit, b) Chilisalpeter, c) Thomasmehl, d) Guano, e) Holzasche, f) Pferdemist, g) gebrannter Kalk, h) Gips. Hierbei vermischt man je 1 kg Erde mit 5 gr Kunstdünger. Als Saat verwendet man Hafer oder Buchweizen. Sorge für die notwendige Feuchtigkeit. Wie verhalten sich die Kulturen?

168. *Lehrausflug.* Während auf einer ersten Exkursion mehr die einzelnen Bodenarten und deren Herkunft besprochen wurden, widmen wir unsere Aufmerksamkeit auf einer zweiten Exkursion der Bewirtschaftung des Bodens und daran sich knüpfenden biologischen Fragen. Die Bearbeitung des Bodens mit Spaten und Pflug dient in erster Linie der Durchlüftung desselben. Das Gefrieren der im Herbst umgewendeten Erdschollen bewirkt deren Lockerung. Da Wasser den Luftzutritt verhindert, wird nasser Boden drainiert, früher durch Firstdohlen, heute mit Tonröhren. Ausgedehnte Sumpfgebiete werden von Kanal- und Grabennetzen durchzogen, wodurch der Grundwasserspiegel gesenkt und die obersten Bodenschichten dem Luftzutritt geöffnet werden. Neben der menschlichen Tätigkeit spielen verschiedene Tiere eine bedeutende Rolle bei der Bodendurchlüftung. Wir beobachten die Gänge der Regenwürmer und deren Kothäufchen, die aus feinster Erde bestehen. Insektenlarven und Maulwürfe legen gleichfalls Gänge im Boden an. Das Gegenstück bildet die Versumpfung. Das schönste Beispiel bietet ein von einem

immer weiter sich ausdehnenden Torfmoosrasen erträukter Wald, dessen Bäume abzusterben beginnen. Wir stellen fest, daß trotzdem gewisse Pflanzen im Wasser und Sumpfboden gedeihen. Diese Gewächse zeigen Anpassungen an ihre Unterlage, indem sie bis zur Wurzel hinunter von Luftkanälen (Interzellularräumen) durchzogen sind; z. B. Seerosen, Binsen, Rohrkolben, Igelskolben, Schachtelhalme, die auch in Lehmböden tief unten wurzeln. Wir machen die Schüler aufmerksam, daß wir aus dem Vorhandensein gewisser Pflanzen auf die darunter liegende Bodenart schließen können. Wir nennen solche Gewächse Bodenzeiger. Binsen, Seggen deuten auf nassen Untergrund. Um Häuser und Scheunen herum (Alpensennhütten!) treten besonders große Ampferarten in Böden auf, die reichlich mit Stickstoff (Jauche) versehen sind. Es fällt uns auf, daß die gelbe Schlüsselflechte (Xanthoria parietina) fast nur auf Rinden von Bäumen oder altem Holz auftritt, die in der Nähe von Straßen sich befinden. Der Straßenstaub versieht sie reichlich mit stickstoffhaltiger Nahrung. Die aufrechte Trespe (Bromus erectus), der Wundklee lieben den Kalkboden. Desgleichen verrät an Quellen ein Rasen des veränderlichen Braunmooses (Hypnum commutatum) einen hohen Kalkgehalt. Über den Nährstoffgehalt des Waldbodens geben uns drei Pflanzen guten Aufschluß. Der Sauerklee wächst nur auf nährstoffreichem Waldboden. Das Überhandnehmen der Heidelbeere ist Beweis von einer allmählichen Verarmung an Mineralbestandteilen (Salze). Ganz arm an Nährstoffen ist der Wald, dessen Unterwuchs aus Heidekraut (Calluna) besteht. Auf unserer Wanderung haben wir auch Gelegenheit die Art der Düngung kennen zu lernen. Für den Bauern sind Jauche und Mist immer noch die richtigsten Düngmittel. Daneben werden Asche, Knochenmehl, Kalk, Thomasschlacke, Kainit, Chilisalpeter, Guano als sogen. Kunstdünger verwendet. Riedwiesen, seltener Grasmatten, werden gewässert. Endlich knüpfen wir Betrachtungen an über industrielle und technische Verwertung der Bodenarten: Verwendung von Steinbrüchen, Kies- und Lehmgruben zu Bauzwecken. Wir beobachten das Brechen und den Transport der Steine, das Rüsten des Kieses, den Ziegeleibetrieb, das Stechen und Trocknen des Torfes.

III. Die Nahrungsaufnahme durch die Wurzeln.

A. Bau, Wachstum und Beeinflussung der Wurzel von äußern Faktoren.

Material: Glasschalen mit Deckel, Glasplatten, Bechergläser (Einmachgläser), Glaszylinder, Glasglocke, Holzschachtel, Blumentöpfe, Holzbrettchen, Pulverflasche mit Kork, Sand, Sägemehl, Gartenerde, Gipspulver gebrannt, Blechbüchse mit durchlöchertem Boden; Filtrierpapier, Tüll, Tusche, Pinsel, poliertes Marmorplättchen, Maßstab, Stecknadeln, Watte, Briefwage, blaues Lakmuspapier, Phenolphthaleïnlösung, Kalkwasser, Glyzerin, Alkohol, Kalilauge, Eau de Javelle; Wasserkultur von Mais und Zwiebel, Wurzelmaterial von Gräsern, Kerbel, Löwenzahn, Ampfer, Mohn, Täschelkraut, Möhre, Scharbockskraut, Sumpfdotterblume, Dahlie; Froschbiß, Wasserlinsen, Wasserschlauch, Hornblatt im Aquarium; Sämereien von Bohne, Mais, Getreidearten, Gartenkresse, weißer Senf; Sternmoos (Mnium) und Goldhaarmoos (Polytrichum); Mikroskop, Deckgläser, Objektträger.

a) Wurzel und Wurzelhaare.

169. *Äußerer Bau.* Vergleiche die Wurzelsysteme folgender Gewächse: Mais in Nährkultur, Gräser, Zwiebel oder Hyazinthe in Wasserkultur, Kerbel, Löwenzahn, großer Ampfer, Mohn, Möhre, einjährige Ackerunkräuter z. B.: Täschelkraut (Thlaspi), Sumpfdotterblume, Dahlie. Das Material kann frisch ausgehoben oder getrocknet und auf Bogen gespannt sein (siehe V. 131—139). Unterscheide Haupt- und Nebenwurzeln 1., 2. und 3. Grades, je nach Verzweigung, ferner Pfahl- und Büschelwurzeln, Speicherwurzeln bei der Dahlie.

170. *Wurzelhaare.* Lege gequellte Körner von Mais, Weizen, Gerste, Bohnensamen oder Erbsen in einer Glasschale mit Deckel auf feuchtes Filtrierpapier und beobachte das Hervorbrechen der Wurzeln und Wurzelhaare. Letztere bilden sich hinter den Wurzelspitzen. Die Wurzelhaarzone wandert mit fortschreitendem Wachstum der Wurzelspitze. Betrachte mit einer Lupe.

171. Besonders schön läßt sich die Entwicklung der Wurzelhaare in folgendem Versuche beobachten. Bedecke eine Glasplatte von der Größe der photographischen Platten 9×12 cm mit nassem Filtrierpapier von gleicher Fläche. Lege mittels einer Pinzette etwa 8 trockene Samen der Gartenkresse oder des weißen Senf in eine Reihe parallel einer Schmalseite und etwa 1—2 cm von dieser entfernt. Stelle die Platte schief in ein passendes Glasgefäß, auf dessen Grund sich etwas Wasser befindet, durch welches das Filtrierpapier beständig feucht erhalten wird. Das Ganze ist durch eine Glasglocke zu bedecken, um die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt zu erhalten. Neben den schimmelpilzähnlichen Wurzelhaarzonen läßt sich die freie Zone des Hauptwachstums der Wurzelspitze, die Ein-

wirkung der Schwerkraft auf die Wachstumsrichtung (Fallrichtung), bei einseitiger Beleuchtung die Lichtwirkung auf den Sproß beobachten. Vorteilhaft ist es, wenn man die Kultur zunächst ins Dunkle stellt.

172. *Wurzelkasten.* Zur bequemen Beobachtung der fortschreitenden Wurzelverzweigung bedient man sich eines sogenannten Wurzelkastens, der gewöhnlich aus Zinkblech hergestellt wird. Mühelos kann aber jedes Glasgefäß als Wurzelkasten verwendet werden. Am besten sind solche mit flachen Wänden geeignet. Man füllt ein solches bis nahe zum Rande mit Sägemehl, Sand oder feiner Gartenerde und setzt nahe dem Rande eine gequellte Bohne ein, die man zur Sicherheit noch in einer Keimschale hat ankeimen lassen. Jetzt neigt man das Gefäß um etwa 45^0 und verdunkelt die überhängende Fläche mit einem Brett, oder man hüllt das ganze Gefäß in ein schwarzes Tuch. Die abwärts wachsenden Wurzeln stoßen auf die Glaswand und verzweigen sich längs dieser nach der Seite und der Tiefe.

173. **Mi.** Lege ein Stück einer jungen Wurzel des Froschbiß (Hydrocharis) in einen Wassertropfen unter Deckglas. Ebenso Wurzelhaare von Gerste und Weizen in Glyzerintropfen. Ziehe mittels Pinzette einen Streifen der Wurzelhaarzone von Mais- und Bohnenkeimlingen weg. Die Wurzelhaare erweisen sich bei mikroskopischer Betrachtung als schlauchförmige Ausstülpungen der Zellen der Wurzeloberhaut.

174. *Wurzelhaare und Bodenteilchen.* Bringe Senf- oder Kressensamen in einem Gefäß mit feuchtem Feinsand zur Entwicklung. Ziehe die Keimlinge, sobald dieselben etwa 6 cm hoch sind, aus dem Boden. Die Wurzeln tragen Sandhöschen. Spüle dieselben in Wasser ab. Ein Teil der Sandkörnchen bleibt kleben.

175, **Mi.** Schneide einige kleine Wurzelstückchen der vorigen Versuchspflanze mit der Schere weg und stelle ein Wasserdeckglaspräparat her. Hebe desgleichen eine junge in Gartenerde gezogene Keimpflanze der Gerste sorgfältig aus, spühle die Wurzeln ab und lege ein in der Nähe der Wurzelspitze geschnittenes Stück in einen Tropfen Kalilauge. Deckglas. An den stark hin- und hergebogenen Wurzelhaaren kleben größere und kleinere Bodenteilchen.

176. **Mi.** *Wurzelhaube.* Betrachte die Wurzelspitzen von Zwiebeln und Hyazinthen in Wasserkulturen. Von Auge be-

merkt man eine deutliche Anschwellung. Stelle zwischen Daumen und Zeigfinger mittels eines Rasiermessers Längsschnitte durch unversehrte Wurzelspitzen der Zwiebel, der Gerste her. Lege die Stücke 1—2 Stunden in Eau de Javelle zur Aufhellung. Übertrage hernach in einen Wassertropfen und beobachte das Deckglaspräparat bei mittelstarker Vergrößerung. Die Wurzel ist aus dünnwandigen Zellen aufgebaut, von der Wurzelspitze hebt sich deutlich die Wurzelhaube ab, deren äußere Zellen gelockert sind.

177. Mi. *Wurzeltasche der Wasserlinsen.* Dieselbe ist von Auge deutlich wahrnehmbar. Schneide das Wurzelende einer kleinen Wasserlinse ab, lege es 1—2 Stunden in Eau de Javelle und stelle hernach ein Wasserdeckglaspräparat her.

178. Mi. *Wurzelfäden (Rhizoiden) der Moose.* Untersuche die Stämmchen des Stern- und Goldhaarmooses. Der untere blattlose Teil trägt ringsum braune, verzweigte Fäden. Die mikroskopische Beobachtung im Wassertropfen zeigt, daß es keine echten Wurzeln noch Wurzelhaare sind. Sie bestehen gleich Fadenalgen aus mehreren Zellen.

b) Wurzel und Boden.

179. Teile einen Blumentopf durch eine passende Scheidewand aus Holz, die 2 cm niedriger ist als das Gefäß, in zwei Kammern. Setze einen in Sägemehl aufgezogenen Maiskeimling, dessen Wurzeln wohl entwickelt sind, so auf die Kante der Scheidewand, daß ungefähr gleich viele Wurzeln in jedes Fach herabhängen. Fülle das eine mit gewaschenem Sand, das andere mit feuchter, kleinkrümeliger Gartenerde bis nahe zum Rande. Begieße die Kultur mit destilliertem Wasser und untersuche nach 4 Wochen die Wurzelsysteme. In welcher Bodenart sind dieselben besser entwickelt?

180. Lege gequellte Mais- und Senfkörner auf ein mit grobmaschigem Tüll überspanntes Becherglas, welches nicht ganz zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist. Stülpe eine mit feuchtem Filtrierpapier ausgekleidete Glocke darüber und verdunkle. Kontrolliere von Zeit zu Zeit. Die Wurzeln wachsen durch die Maschen des Tüll gegen die Flüssigkeit und zeigen schöne Wurzelhaare. Sobald jedoch die Wurzeln in Wasser tauchen, entwickeln sich keine solchen mehr. Sumpf- und Wasserpflanzen (mit Ausnahme des Froschbiß) entwickeln keine Wurzelhaare.

c) Das Wachstum der Wurzel.

181. *Längenwachstum.* Ziehe gequellte Bohnen in feuchtem Sägemehl auf, bis die Wurzel eine Länge von 1,5 cm erreicht hat. Nimm den Keimling heraus, spüle das Sägemehl weg und trockne die Wurzel sorgfältig mit Watte ab. Ziehe mit Hilfe eines Pinsels, indem du einen Maßstab an die Wurzel anlegst, feine Tuschemarken in Abständen von 1 mm. Der erste Teilstrich wird dicht über der Wurzelspitze gezogen. Befestige die mit feuchter Watte umwickelte Bohne an einem durchbohrten Kork, indem du eine Nadel durch das Nährgewebe steckst. Setze den Pfropfen in den Hals einer Pulverflasche, deren Boden von einer Wasserschicht bedeckt ist, und deren Wände mit feuchtem Filtrierpapier bekleidet sind. Das Loch des Pfropfens wird mit einem Wattebäuschchen verschlossen. Verdunkle die ganze Vorrichtung. Schon nach 24 Stunden ist festzustellen, daß die Striche dicht hinter der Wurzelspitze am weitesten voneinander entfernt sind. Stelle größten Längenwachstums (Abb. 7).

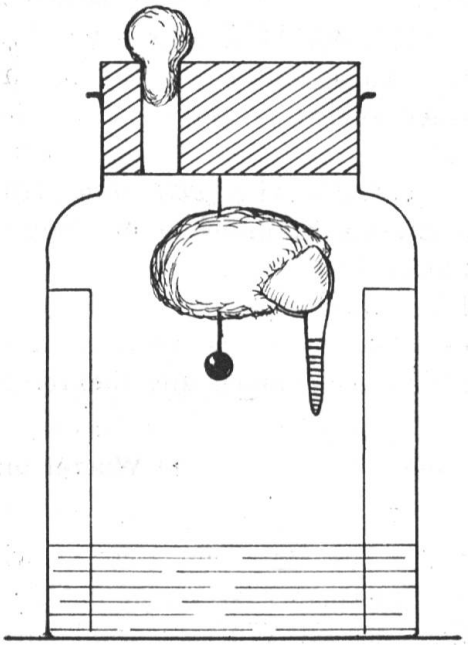


Abb. 7

182. Kultiviere Küchenzwiebeln in einem hohen Standzylinder wie in Versuch 71. Klebe einen 2 cm breiten Papierstreifen auf die Außenseite des Gefäßes. Die Länge entspricht derjenigen des Zylinders. Beobachte das Wachstum einer der hervorbrechenden Wurzeln. Bezeichne etwa alle 3 Tage durch Marke und Datum die jeweilige Länge. Stelle die Beobachtungen in einer Tabelle zusammen. Zeichne auf karriertes Papier eine Wachstumskurve.

183.* **Mi.** Bringe ein Okularmikrometer in den ausziehbaren Tubus eines Mikroskopes. Befestige den ausgezogenen Tubus sorgfältig in der Klemme eines Stativs und drehe ihn in horizontale Lage. Vergrößerung etwa 50-fach. Stelle jetzt das Mikroskop auf die Spitze einer Zwiebelwurzel ein, welche der

Zylinderwand anliegt. Der Tubus muß dabei so gedreht werden, daß die Teilstriche des Okularmikrometers senkrecht zur Längsachse der Wurzel liegen. Notiere die Lage der Wurzelspitze bezogen auf die Teilstriche. Nach welcher Zeit ist eine Längenzunahme bemerkbar? Berechne aus mehreren Beobachtungen die Wachstumsgeschwindigkeit pro Stunde.

184. *Der Druck der wachsenden Wurzel.* Schütte in eine kleine Pulverflasche etwa 1—2 cm hoch eine Schicht Quecksilber und darüber 1 cm hoch Wasser. Befestige genau nach Versuch 181 eine angekeimte Bohne in der Flasche, aber so, daß ihre Wurzelspitze ins Wasser eintaucht. Die abwärts wachsende Wurzel drückt die Oberfläche des Quecksilbers ein.

185.* Lege in die Mitte eines Tellers oder einer großen Glasschale, die 1 cm hoch mit Wasser gefüllt ist, eine Glasplatte mit 3 Siegellackfüßen oder ein dickes Steinplättchen, sodaß dessen Oberfläche über dem Wasserspiegel liegt. Stelle eine kleine Briefwage darauf. Stülpe über das Ganze eine tubulierte Glasglocke, deren Innenfläche bis auf einen schmalen senkrechten Streifen, welcher die Beobachtung ermöglicht, mit feuchtem Filtrierpapier tapeziert ist. Stoße durch einen passenden, einfach durchbohrten Korkpfropfen eine Damenhutnadel und stecke an deren Spitze einen Bohnenkeimling mit 2 cm langer Wurzel. Umwickle das Nährgewebe mit feuchter Watte, setze den Pfropfen in die Öffnung der Glocke und verschiebe die Nadel, bis die Wurzelspitze die Wagschale berührt. Stelle die Vorrichtung dunkel. Auf wie viele g kann der Druck der wachsenden Wurzel gesteigert werden?

186. *Sprengwirkung von Wurzeln.* Breite in einer kleinen Pappeschachtel (9×12 cm) einen Gipsbrei aus, welcher vorher in einer weithalsigen Flasche aus 15 Gewichtsteilen gebranntem Gips und 13 Gewichtsteilen Wasser durch kräftiges Schütteln hergestellt wird. (Sofortiges Ausspülen der Flasche!) Bette vor dem Erstarren das Wurzelsystem einer in Sägemehl gut angekeimten Bohne in den Brei. Anhaftendes Sägemehl muß abgespült werden. Lasse den Gipsblock erstarren und lege denselben hernach in einen Teller mit Wasser. Nach einiger Zeit wird der Block von den Wurzeln gesprengt.

d) Das Verhalten der Wurzel gegenüber äußern Reizwirkungen.

187. *Der Einfluß der Schwerkraft.* Stecke mehrere angekeimte Bohnen und Maiskörner, deren Wurzeln eben hervor-

brechen, mittels Nadeln auf große Korke in verschiedener Lage. Halte die Versuchspflanzen in einer Feuchtkammer, welche verdunkelt wird. Alle Wurzeln wachsen nach unten (Erdwendigkeit = + Geotropismus). Stecke hernach die Keimpflanzen so um, daß die Wurzelspitzen nach oben schauen. Nach einiger Zeit tritt wieder eine Wachstumskrümmung nach unten ein. Zeichne die verschiedenen Stellungen.

188. Durchlöchere den Boden einer nicht zu hohen Blechbüchse mehrfach siebartig. Fülle sie hierauf mit Gartenerde, die gut angefeuchtet ist und pflanze einige gequellte Bohnen oder Erbsen hinein. Hänge die ganze Vorrichtung mittels Schnüren an die Decke. Begieße von Zeit zu Zeit. Die Wurzeln wachsen infolge Einwirkung der Schwerkraft durch die Löcher nach unten in die Luft hinaus.

189. *Wurzel und Licht.* Überziehe ein zu $^3/_4$ mit Wasser oder Nährlösung gefülltes Becherglas mit Gaze und lege einen Senfkeimling, dessen Wurzel eben hervorbricht, auf dieselbe. Stülpe ein mit einem feuchten Filtrierpapier ausgeklebtes, größeres Glasgefäß darüber, wobei ein Längsstreifen unbedeckt gelassen wird. Unten taucht die Glocke in einen passenden Teller mit wenig Wasser. Das Ganze wird mit einem Pappezylinder verdunkelt, welcher auf einer Seite durch einen Längsschlitz etwas Licht zutreten läßt. Nach einigen Tagen kann man beobachten, daß der Sproß sich dem Lichte zu-, die Wurzel dagegen von demselben wegwendet.

e) Chemische Wirkungen der Wurzel.

190. *Ausscheidung von Säuren.* Lasse Getreidekörner in einer bedeckten Glasschale zwischen feuchtem Filtrierpapier keimen. Wenn die Wurzeln gut entwickelt sind, legt man Streifen von blauem Lakmuspapier auf dieselben. Nach einiger Zeit röten sich die Berührungsstellen.

191. *Ätzung von Marmor.* Lege ein fein poliertes Marmorplättchen schief in einen Blumentopf und fülle denselben mit feinkrümeliger Gartenerde oder Sand, welcher angefeuchtet ist. Pflanze eine gequellte Bohne hinein und begieße die Kultur regelmäßig, bei Verwendung von Sägemehl oder Sand mit Nährlösung. Hebe die Pflanze nach vier Wochen aus und wasche die Marmorplatte sorgfältig ab. Auf der polierten Fläche hat sich das verzweigte Wurzelwerk ± abgebildet, indem die Berührungsstellen angefressen erscheinen.

In Ermangelung einer Marmorplatte übergießt man eine kleine, horizontal gelagerte Glasplatte mit Kalkwasser und läßt dieses eintrocknen. Es bleibt eine weiße Kalkschicht zurück. Mit dieser Platte verfährt man gleich wie oben, nur ist die Verwendung von Sägemehl wegen geringerer Beschädigung der Schicht vorzuziehen.

*

192. *Lehrausflug.* Ausrüstung: Botanisierbüchse, Spaten, Zeitungspapier. Mitte oder Ende Mai besuchen wir einen Buchenwald. Unser Ziel ist, die unterirdischen Organe der Krautflora des Buchenwaldes zu untersuchen, insbesondere ihre gegenseitige Lagerung im Boden. Als Beispiel wählen wir einen Buchenbestand am Zürichberg. Der Boden trägt eine Decke von faulendem Laub, das von Buchen und beigemischten Laubhölzern stammt. Natürliche Düngung. Vorherrschend ist ein Scheingras, die gewimperte Segge. Wir entfernen am Grunde einer solchen Pflanze das angesammelte Buchenlaub. Dicht über der Erde verlaufen schnurförmige Ausläufer. Die Hauptachse trägt einen Schopf von Büschelwurzeln, an den Knoten der Ausläufer entwickeln sich ebenfalls solche (Adventivwurzeln). Beispiel der Vermehrung durch Ausläufer. Hierauf entfernen wir das Fallaub am Grunde eines Buschwindröschens. Etwa 2 cm unter der Erdoberfläche stoßen wir auf eine kurze Grundachse (Rhizom), auf deren Unterseite erst die Wurzeln zum Vorschein kommen. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Salomonssiegel. Hier graben wir sorgfältig mit dem Spaten eine größere Scholle aus. Die Grundachse, welche fast schneeweiß ist (Weißwurz), liegt in 5—7 cm Tiefe. Auch hier finden wir die Wurzelbüschel an der Unterseite zonenförmig angeordnet. Deutlich erkennen wir die Narben der oberirdischen Triebe; jede bedeutet ein Jahr, wonach das Alter des vorliegenden Rhizoms bestimmt werden kann, nicht aber das wirkliche Alter des Individuums seit seiner Entwicklung aus einem Samen, da die ältern Teile der Grundachse fortlaufend verwesen und auf dem entgegengesetzten Teil jedes Jahr eine neue Knospe angelegt wird. Als letzten Untersuchungsgegenstand wählen wir an unserm Stand den Türkenbund. Es ist nötig eine Grube von 30 cm Tiefe auszuheben, um auf die Zwiebel zu stoßen, die sich mit seltener Deutlichkeit als Blattgebilde entpuppt. Auf der Unterseite entspringt ein dichtes Büschel von Wurzeln. Da die Pflanze der Schonung bedarf und infolge ihrer Gefährdung

durch den Menschen (Verkauf auf dem Markt) gesetzlich geschützt ist, setzen wir sie sorgfältig wieder ein und stellen auf einer spätern Exkursion mit Freuden fest, daß ihr unser Eingriff nichts geschadet hat. Bei dieser Gelegenheit machen wir die Schüler auf die Forderungen des Naturschutzes aufmerksam. Die Untersuchung der unterirdischen Organe der genannten Pflanzen hat ergeben, daß diese verschieden ge-

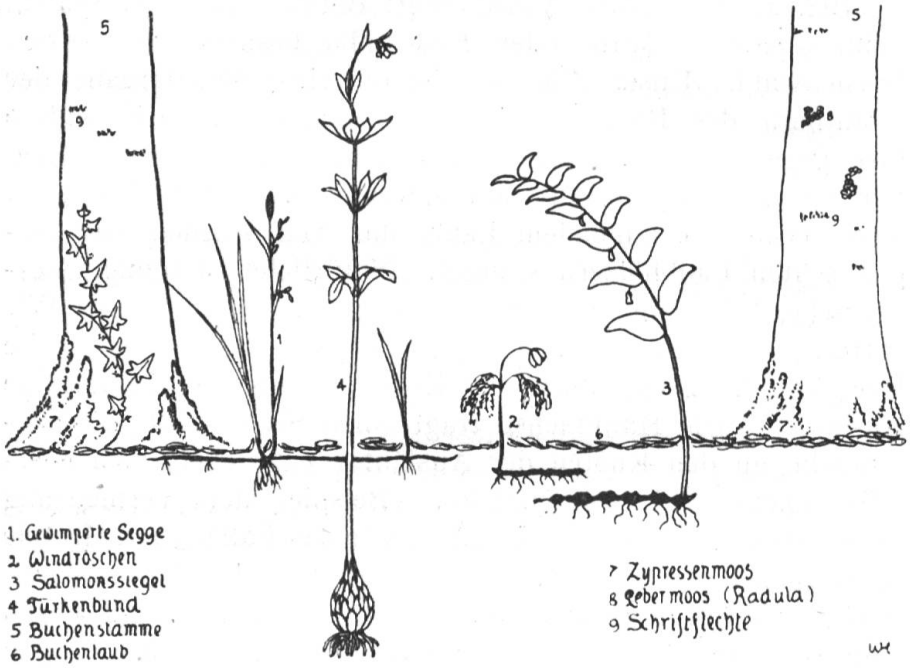


Abb. 8

staltet, stockwerkartig angeordnet (Konkurrenz im Kampf um die Nahrung) und mehrjährig sind (Anpassung für die Erhaltung der Art). Fig. 8 soll zeigen, wie diese Ergebnisse durch Zeichnung dargestellt werden können.

An einer Efeupflanze, die an einem Stamme emporklettert, wollen wir festzustellen suchen, wie sich dieselbe an der Unterlage festhält. Wir entdecken die Haftwurzeln und lernen damit eine in der Natur nicht selten vorkommende Erscheinung kennen, daß gewisse Organe nicht mehr ihrem ursprünglichen Zwecke dienen (Funktionswechsel).

193. **B. H.** a) Auf Pappe werden etwa folgende Typen zusammengestellt: Büschelwurzel (Seggen, Gräser), Pfahlwurzel (einjährige Ackerunkräuter wie Mohn, Täschelkraut, oder größere Arten wie Kerbel, Ampfer) Speicherwurzel (Möhre, Löwenzahn), Wurzel einer Pflanze von trockenen Standorten

(z. B. Reseden mit sehr langen Wurzelorganen, Schuttplätze liefern gute Ausbeute), Wurzelsysteme von Sumpfgewächsen (Binsen, Dotterblume), Haftwurzel des Efeu. Das gesammelte Material wird gut mit Wasser abgespühlt, dicke Wurzeln halbiert man oder es werden schmale Scheiben durch Längsschnitte hergestellt. Trocknen in Gitterpresse. Befestigung mit Klebestreifen und Blumendraht, welcher durch feine Öffnungen der Pappe gezogen und auf der Rückseite zusammengedreht wird.

b) Zusammenstellung der unterirdischen Organe von Buchenwaldpflanzen: Anemone, Salomonssiegel, Segge, Einbeere, Rapunzel, Bingelkraut, Herbstzeitlose. Jedoch keine seltenen oder gesetzlich geschützten Arten!

c) Wurzelverzweigung: Die Wurzelsysteme von Pflanzen aus Nährkulturen, von Wasserpflanzen, unter Wasser auf schwarzem Papier aufgefangen. Man läßt das Material zuerst an der Luft etwas antrocknen, hierauf wird es in die Gitterpresse gelegt.

d) Unechte Wurzeln und wurzellose Gewächse: Lebermoose (Marchantia, Fegatella), Laubmoose (Sternmoos, Goldhaarmoos), Blattflechten (Peltigeraarten) mit Wurzelfäden und fadenähnlichen Haftorganen. Wasserschlauch, Hornkraut, dreiteilige Wasserlinse (Lemna trisulca) sind wurzellose Blütenpflanzen.

B. Wie gelangen das Wasser und die darin gelösten Nährsalze in das Innere der Wurzeln?

Material: Stative, Brenner, Trichterröhren mit ausgeschweiftem Rande, Bechergläser, Stutzen, lange Glasröhren, kurze weite Glasröhre mit ausgestülpten Rändern, niedriges Standzylinderchen, Teller, Glasglocke, Pipette; Gummischläuche, Schnüre, Filtrierstreifen, Aushöhler; rote Rüben, Rettiche, Kartoffelknollen, rote Kirschen, junge Maiskultur in Nährlösung, Sonnenblumen, Löwenzahn, Torfmoose; Eisenchloridlösung konz., Rohrzucker, Indigokarmin, Kupfersulfat, dest. Wasser, Kupferchlorid, gelbes Blutlaugensalz; Mikroskop, Objektträger, Deckgläser. Wage, Gewichte; Schweinsblasen, Pergamentpapier, Korke.

194.* *Osmotische Versuche mit künstlichen Zellen.* Lege Stücke von Schweinsblasen oder Pergamentpapier in Wasser zum Aufweichen. Spanne dieselben möglichst straff über die große Öffnung von fünf Trichterröhren und binde sie mit Schnüren fest. Stecke sie durch einfach durchbohrte Korke und befestige diese in den Klemmen von fünf Stativen, Kugeltrichter unten. Stelle auf den Fuß jedes Stativs einen Glasstutzen. Ziehe eine andere Trichterröhre über der Flamme kapillar aus, um einen Trichter mit enger Öffnung zu erhalten.

Fülle die 1. Kugelröhre bis zu einer Marke, die 3 cm über der Kugel liegt, mit konzentrierter Eisenchloridlösung. Mit Hilfe des ausgezogenen Trichters, der in den engen Röhrenteil eingesetzt wird, läßt sich das Füllen ohne Schwierigkeit ausführen. Die 2. wird mit Wasser, die 3. mit konzentrierter Zuckerlösung bis zur Marke 3 cm, die 4. mit 50%-iger und die 5. mit 10% Zuckerlösung bis zur selben Marke gefüllt. Sowohl das Wasser in Röhre 2, wie sämtliche Zuckerlösungen werden mit einer Spur Indigokarmin blau gefärbt, um die Ablesung des Flüssigkeitsstandes zu erleichtern. Senke die Kugelröhren so tief in die unterstellten Stutzen ein, daß die Haut 1 cm vom Gefäßboden entfernt ist. Stelle die Stative auf einem Tische oder am Boden dicht gegen eine Wand, daß die Röhren derselben ganz nahe sind. Verlängere bei sämtlichen Apparaten die Röhre durch ein gleichweites 1,5—2 m langes Stück Glasrohr, welches durch passende kurze Gummischlauchstücke verbunden und mit Schnüren unter und über der Berührungsstelle gut abgedichtet ist. Befestige die Röhren mittels Papierstreifen und Reißnägeln an der Wand. Fülle hierauf die Stutzen bis auf gleiches Niveau mit folgenden Flüssigkeiten: 1. Stutzen mit Wasser, 2. mit konzentrierter Eisenchloridlösung, 3. — 5. Stutzen mit Wasser. Gleichzeitig muß die zweite Trichterröhre samt Ansatz bis nahe der obern Öffnung, also bis 1,5 oder 2 m mit Wasser (gefärbt) aufgefüllt werden. Anbringen einer Marke. Für die Beobachtung jedes Gefäßes werden 1—2 Schüler beauftragt. In einer Tabelle werden von Stunde zu Stunde Zeit der Ablesung und Höhenstand der Flüssigkeitssäulen eingetragen. Die Versuchsbeobachtungen können auf 2—3 Tage ausgedehnt werden. Ergebnisse: Tierische oder pflanzliche Häute (Zellwände) sind für Wasser oder darin gelöste Salze durchlässig. Es findet ein gegenseitiger Austausch statt. Die Geschwindigkeit der Durchdringung hängt von der Konzentration der Lösung ab. — Stelle die beobachteten Meßresultate auf karriertem Papier durch Kurven dar (Abb. 9).

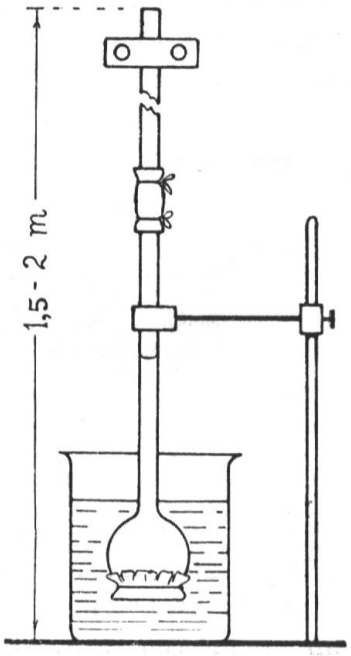


Abb. 9

195.* Im Gegensatz zu den Ergebnissen des vorigen Versuches muß gezeigt werden, daß die lebende Zelle die Fähigkeit besitzt, je nach Bedürfnis nur Wasser, oder nur ganz bestimmte Salzlösungen durch ihre Haut dringen zu lassen, also regulierend zu wirken. Dies kommt zum Ausdruck im Wahlvermögen der Wurzel. — Stelle eine in normaler Nährlösung gezogene Bohnen- oder Maiskultur sorgfältig, ohne die Wurzeln zu verletzen, 24 Stunden lang in eine 1%-ige Kupfersulfatlösung. Gleichzeitig stellen wir auch abgeschnittene Zweige von Bohnen oder Maissprosse in eine gleiche Lösung. Nach einem Tage prüfen wir die Versuchspflanzen auf Kupfergehalt. Halte zunächst an einem Platindraht ein Körnchen Kupfersulfat in den nicht leuchtenden Teil einer Flamme. Grünfärbung. Wiederhole die Probe mit einem Blattstück der abgeschnittenen Pflanzen. Grünfärbung. Die Pflanze mit den unverletzten Wurzeln hingegen ist frei von Kupfer. Dieses ist bekanntlich ein Gift für die Pflanzen.

196. *Die Spannung in den Zellen* (*Turgor*). Fülle ein großes Reagensglas, einen niedrigen und schmalen Standzylinder oder ein weites Glasrohr, das einseitig verkorkt ist, mit konzentrierter Zuckerlösung und spanne ein aufgeweichtes Tierblasenstück über die Öffnung. Luftblasen dürfen nicht vorhanden sein. Verbinde gut mit Schnüren. Lege die Vorrichtung hierauf in ein Gefäß vollständig unter Wasser. Nach einiger Zeit beginnt die anfänglich ebene Haut sich vorzuwölben unter einem innern Druck. Dieser kommt dadurch zustande, daß mehr Wasser ins Innere der künstlichen Zelle diffundiert als Zuckerlösung nach außen. Nimm nach 12—24 Stunden die Vorrichtung heraus und stich mit einer Nadel durch die Haut. In mächtigem Bogen spritzt ein Strahl Flüssigkeit heraus. Wie läßt sich die Festigkeit krautiger, unverholzter Gewächse erklären?

197. Stülpe einen kräftigen Gummischlauch über die Öffnung eines Wasserhahns und befestige ihn mit Schnüren. Verschließe das andere Ende des Schlauches ebenfalls mit Schnüren. Öffne den Wasserhahn. Der schlaffe Schlauch wird infolge des Innendruckes steif und schwer biegsam.

198. *Gewebespannung infolge Turgor.* Zerlege den Blütenschaft eines Löwenzahns durch kreuzweise Längsschnitte in Streifen. Diese biegen sich nach außen, da die Innenschicht sich in einem höhern Spannungszustande befunden haben muß,

als die Außenschicht. Schneide ebenfalls dünne Mittellamellen aus Holundersprossen und halbiere sie in der Längsrichtung. Die Hälften biegen sich nach außen.

199. *Künstliche Zelle nach Traube.* Wirf in ein Becherglas, das mit 40%-iger Lösung von gelbem Blutlaugensalz gefüllt ist, einen Kupferchloridkristall von der Größe eines Hanfsamens. Es bildet sich eine rotbraune Niederschlagshaut von Ferrozyankupfer, welche nur für Wasser durchlässig ist. Da im Innern durch Lösung des Kupferchloridkristalles eine konzentrierte Lösung vorhanden ist, dringt Wasser von außen nach innen. Der künstliche Zellschlauch wächst mit einseitigem Spitzenwachstum. Nach einer halben Stunde ist der Versuch gewöhnlich zu Ende.

200. *Zerfließen von Zucker und Salz auf lebenden Pflanzenteilen.* Höhle den obern Teil einer Mohrrübe, eines Rettich und einer Kartoffelknolle muldenartig 1 — 2 cm tief aus. Trockne die Innenwände mit Filtrierpapier etwas ab und fülle die Vertiefungen mit Grieszucker, der leicht festgedrückt wird. Die der Wand anliegenden Zuckerteilchen werden bald naß und schon nach einer Stunde ist der Zucker in einen Brei verwandelt, indem den Zellen immer mehr Wasser entzogen wurde. Überläßt man die Pflanzenteile noch einige Tage sich selbst, so kann die Zuckerlösung überfließen, die Pflanzenteile werden schlaff und welk. Spüle den Zucker hernach weg und lege die Versuchsstücke in Wasser. Bald werden sie wieder fest.

201. Lege ein frisches Nußbaumblatt auf einen Teller. Streue ein kleines Häufchen Salz auf das Blatt und ebensoviel daneben auf den Teller. Bedecke das Ganze mit einer Glasglocke. Beobachte am andern Tage. Das Salz auf dem Blatte ist naß geworden. Es entzog den Blattzellen Wasser. Das zweite Häufchen blieb trocken.

202. **Mi.** *Plasmolyse.* Bringe in einer Keimschale Senfkörner zur Entwicklung, bis sich reichlich Wurzelhaare gebildet haben. Stelle mit einem Wurzelstücklein ein Wasserdeckglaspräparat her. Unterm Mikroskop beobachtet man, daß das Protoplasma den ganzen Raum der Wurzelhaare erfüllt. Sauge mittels eines Filtrierpapierstreifens das Wasser vom linken Rande des Deckglases weg und füge gleichzeitig auf der rechten Seite mittels Pipette einen Tropfen Lösung von Rohrzucker (35%), von Kalisalpeter (10%) oder Glyzerin

zu. Das Protoplasma löst sich von der Zellwand ab und ballt sich zusammen. Es ist von einer halbdurchlässigen Plasmahaut umgeben, welche wohl den Austritt des Wassers aus dem Plasma gestattet, nicht aber das Hindurchdringen der genannten Lösungen. Die gleichen Versuche können ebenso schön beobachtet werden an Fadenalgen (Spirogyra, Zygnema), an Staubfadenhaaren der Tradescantia und an großzelligen Laubmoosen (Sternmoos).

203. *Wasseraufnahme durch die Torfmoose.* Lasse ein handgroßes Polster von dichtstehenden Torfmoosen, das in einem Hochmoor gesammelt wurde, an der Luft gut austrocknen. Bestimme sein Trockengewicht. Fülle einen Teller 1 cm hoch mit Wasser und lege den Moosrasen hinein. Das Wasser wird allmählich von demselben wie von einem Schwamme aufgesogen. Durchtränke es vollständig mit Wasser und wäge das Polster, wenn kein Wasser mehr abtropft zum zweiten Male. Wie viele g Flüssigkeit vermag der Rasen festzuhalten? Es wurde schon das 23-fache des Trockengewichtes festgestellt! Viele Torfmoose gedeihen an Standorten, wo ihnen nur direkt aus der Luft stammendes Wasser zur Verfügung steht, das sie dann lange festzuhalten vermögen.

204. **Mi.** Untersuche zunächst ein lebendes Torfmoospolster. Die Stämmchen liegen dicht aneinander, ebenso sind ein Teil der untern Ästchen an die Stämmchen geschmiegt. In den dadurch entstehenden feinen Hohlräumen wird das Wasser kapillar, d. h. infolge Haarröhrchenanziehung festgehalten. Entferne einige Blättchen mittels einer Pinzette und stelle ein Wasserdeckglaspräparat her. Bei mittelstarker Vergrößerung kann man unterm Mikroskop gut zweierlei Zellen unterscheiden: ein Geflecht von langgestreckten, grünen Zellen und dazwischen große farblose mit Verstärkungsringen. Die Wände der letztgenannten Zellen sind durchlöchert. Die kreisrunden oder ovalen Öffnungen werden besonders deutlich, wenn die Blättchen vor der Übertragung in Wasser mit Methylgrünlösung etwas gefärbt werden. Durch diese Zellen wird das Wasserfassungsvermögen der Moose noch bedeutend erhöht.

IV. Wie die von den Wurzeln aufgenommene Nahrung über die Pflanze verteilt wird.

A. Der aufsteigende Saftstrom und die Gefäße.

Material: Erlenmeyerkolben, Brenner, Glasstab, Glasröhren, Kupferdraht, Gummischlauch, Plastilin, Rasiermesser, Mikroskop, Objektträger, Deckgläser; Eosin (wasserlösliches), Methylblau, Lithiumchlorid, Glyzerin, Staniol, Phlorogluzinlösung, Salzsäure; Wasserkultur von Mais oder Bohne, weißblütige Pflanzen z. B. Tulpen, Anemonen, Narzissen, Schneeglöcklein; Garten- oder Zimmerbalsaminen, Springkraut, (Impatiens), großer Wegerich, Flieder-, Hasel-, Holunder-, Weidenzweige; Meerrohr, dürre Stämmchen der Waldrebe, Kiefern- und Lindenästchen, Zwiebeln.

205. *Nachweis des Saftsteigens.* Stelle frischgeschnittene, weißblütige Pflanzen sofort in Wasser, das mit Eosin etwas rot gefärbt wurde (rote Tinte). Besonders eignen sich Tulpen, Anemonen, Narzissen, Schneeglöcklein, Maiglöcklein, Lilien, Müllerblumen. Führe den Versuch ebenso mit Gartenbalsaminen, Mais, Springkraut (Impatiens), Wegerichblättern, Zweigen des Flieders, des Haselstrauches, der Weide, der Linde, der Robinie aus. Die weißen Blüten werden nach einiger Zeit rot geadert und später fast ganz rot gefärbt. Ebenso die Blätter der Versuchspflanzen. Bestimme an einigen Versuchspflanzen die Geschwindigkeit des Saftsteigens, indem du die Zeit des Einstellens in Eosin und das erste Auftreten von Farbstoffen in den Blüten vormerkst. Miß sodann die Länge der vom Saft durchflossenen Strecke. Welche Zeit brauchte die Flüssigkeit für diese Strecke. Vergleiche die Strömungsgeschwindigkeit in den verschiedenen Versuchspflanzen. Führe den Versuch an einer Stangenbohne im Garten durch, indem ein abgeschnittener Stengel sofort in Eosin gestellt wird. Nach 2 Stunden durch Querschnitte die Grenze der Verfärbung feststellen.

206. *Nachweis des Saftsteigens durch Flammenfärbung.* Bereite eine $^1/_2$%-ige Lösung von Lithiumchlorid und stelle eine Mais- oder Bohnenpflanze hinein, die in einer Nährlösung kultiviert wurde und belasse sie während 24 Stunden in derselben. Halte zunächst etwas Lithiumchlorid an einem Platindraht in den farblosen Teil einer Flamme. Purpurrote Färbung. Halte jetzt ein Blattstück der Versuchspflanze in die Flamme. Die gleiche Färbung tritt auf. Die mit Lithiumsalz durchsetzte Pflanze wird in der Gitterpresse getrocknet und aufbewahrt. Sie kann jederzeit für den Flammenfärbungsversuch verwendet werden.

207. *In welchen Teilen der Pflanze die Leitung stattfindet.* Betrachte die in Eosin gestellten, durchscheinenden Stengel der Zimmerbalsaminen, der Springkräuter (Impatiens Noli me tangere und parviflora). Man beobachtet deutlich einzelne Stränge, die durch den ganzen Stengel verlaufen und rötlich gefärbt sind. Bei den Blättern sind die Nerven stark verfärbt. Zerreiße den Stiel eines Blattes des großen Wegerichs. Die Leitstränge lösen sich leicht vom übrigen Gewebe los. Die Leitung des Saftstromes erfolgt also in besondern Leitbündeln.

208. Bürste lange im Wasser gelegene, halbverfaulte Blätter mit einer Zahnbürste sorgfältig aus. Das Blattgewebe läßt sich gut entfernen, sodaß nur noch die Rippen vorhanden sind, die ein deutliches Bild der Verzweigung der Leitbahnen geben. Prachtvolle Präparate des Leitbündelsystems von Stengeln erhält man, wenn angefaulte Stengelstücke von Wasserpflanzen in Aquarien gelegt werden, die eine reiche Schneckenfauna enthalten. Die Stengel werden in einigen Wochen bis auf das Leitbündelsystems vollständig skelettiert. Hernach hebt man dieses in einem Präparatenglas in Alkohol auf.

209. *Die Verteilung der Leitbündel im Stengel.* Schneide die Stengel der in Eosin gestellten krautigen Versuchspflanzen mittels eines scharfen Messers (Gilletteklinge) quer durch und betrachte den Querschnitt. Von Auge erkennt man deutlich rotgefärbte Gebilde. Bei den einsamenlappigen Gewächsen (Mais, Schneeglöcklein, Maiglöcklein) liegen dieselben ± regellos zerstreut über den ganzen Querschnitt, eingebettet in das Grundgewebe des Stengels. Bei den zweisamenlappigen Pflanzen jedoch sind die Bündel in einen Ring angeordnet, wobei das Grundgewebe in einen innerhalb liegenden Teil, das Mark und einen äußern Teil, die Rinde, geschieden wird.

210. **Mi.** Stelle mit einem Rasiermesser möglichst dünne Querschnitte durch die Stengel der in Eosinlösung stehenden Versuchspflanzen her und betrachte einige Gefäßbündel unterm Mikroskop bei mittelstarker Vergrößerung. Der Querschnitt des Leitbündels von Mais oder andern Monokotyledonen zeichnet sich aus durch 3—4 große Ringe, deren rotgefärbte Wände verraten, daß sie hauptsächlich der Saftleitung dienen. Es müssen röhrenförmige Gebilde sein, die als Gefäße bezeichnet werden. Daneben läßt sich der dünnwandige Siebteil unterscheiden, auf dessen Bedeutung später hingewiesen wird. Die gleichen Elemente trifft man bei Betrachtung der Leit-

bündel von Dikotyledonen. An Hand einer Wandtafelzeichnung wird auf den charakteristischen Aufbau eines offenen Leitbündels bei zweisamenlappigen Gewächsen aufmerksam gemacht: Gefäßteil — Bildungsgewebe (Kambium) — Bast- oder Siebteil.

211. **Mi.** *Die verholzten Teile der Gefäßbündel.* Betupfe auf einem trockenen Objektträger dünne Querschnitte durch die Stengel von ein- und zweisamenlappigen Pflanzen mit etwas alkoholischer Phlorogluzinlösung und lasse diese eintrocknen. Benetze sie hierauf mittels eines Glasstabes mit verdünnter Salzsäure. Bette die Präparate etwa nach einer Minute in Glyzerin und lege ein Deckglas auf. Im Mikroskop zeigt sich, daß die Wände der Gefäße verholzt sind (Rotfärbung), das Bündel von einem Kranz verholzter Zellen umgeben ist bei allen Monokotyledonen. Jetzt hebt sich auch der unverholzte Siebteil deutlich ab. Bei Dikotyledonen fällt neben dem Gefäßteil die verholzte Bastkappe auf. Andere verholzte Zellpartien auf den beobachteten Schnitten dienen, wie übrigens auch die entsprechenden Teile der Leitbündel, der Festigung des Pflanzenkörpers.

212. **Mi.** *Der Bau der Gefäße.* Zerzupfe verfaulte oder weichgekochte Stengelstücke der Gartenbalsamine, Zwiebelschalen auf dem Objektträger in einem Wassertropfen mittels zweier Nadeln und lege ein Deckglas über. Stelle ferner feine Längsschnitte durch die Stengel der in Eosinlösung stehenden Pflanzen her. Man schneidet zu diesem Zwecke ein cm langes Stück des Stengels heraus und klemmt es quer zwischen einen halbierten Holundermarkstengel. Im mazerierten Zwiebelblatt finden sich Gefäßzellen, im übrigen Untersuchungsmaterial entdeckt man nebeneinander Ring-, Spiral- und Treppengefäße.

213. *Gefäßmodelle.** Ringgefäß: Schneide von einem Gummischlauch kleine Ringe weg und stoße dieselben ins Innere einer Glasröhre, deren Lichtweite dem äußeren Schlauchdurchmesser entspricht. Ordne sie mit einem Stäbchen in regelmäßigen Abständen an. Spiralgefäß: Winde einen Kupferdraht um einen großen Eisennagel und stoße die Drahtspirale in eine passende Glasröhre. Treppengefäß: Umwickle ein weites Glasrohr mit einer Schicht Plastilin und entferne in leiterförmiger Anordnung schmale Streifen davon mittels eines Messers.

214. *Beringelungsversuche.* Um die Frage zu entscheiden, wo die Wasserleitung in holzigen Stengeln stattfindet, schneiden

wir an einem Flieder-, Rosen- oder Weidenast die Rinde auf eine Breite von 1—1,5 cm ringförmig weg, ohne das darunterliegende Holz zu verletzen. Der Versuch kann an der Mutterpflanze im Freien durchgeführt werden oder an einem abgesägten Ästchen, das aber sofort in ein Gefäß mit Wasser gestellt wird. Die beringelte Stelle muß über den Wasserspiegel zu liegen kommen. Da die Pflanze nicht welkt, ergibt sich, daß die Rinde keinen Anteil an der Leitung des aufsteigenden Saftstromes hat. Um zu zeigen, daß auch das Mark nicht in Betracht fällt, entfernen wir an einem frisch abgeschnittenen Holunderzweig ein Stück Rinde und den darunter liegenden Holzteil. Nun befestigen wir den Zweig so in einem Stativ, daß das vorstehende Mark, aber nur dieses, in Wasser taucht. Die Blätter welken bald. Am besten beringelt man eine Holzpflanze im Freien kurz vor dem Hervorbrechen der Blätter an einer Stelle, unterhalb welcher keine Seitensprosse mehr vorhanden sind. Das entblößte Holz wird mit einem Staniolstreifen verbunden. Die Blätter des Astes bleiben grün, dagegen schwillt der Ast außerhalb des Ringes stark an und quillt wulstig auf, während der Ast innerhalb des Ringes gleich bleibt. Ein Beweis, daß in der Rinde die von der Pflanze hergestellten Baustoffe in umgekehrter Richtung geleitet werden.

215. Schneide die in Eosinlösung gestellten holzigen Zweige von Linde, Hasel, Weide, Holunder, Robinie mit einem scharfen Messer an einer Stelle quer durch, die während des Versuches über dem Wasserniveau sich befand. Stelle eine möglichst glatte Querschnittfläche her. Unterscheide Rinde, Holz und Mark. Die durch das Eosin hervorgerufene Färbung bezeugt die Lage der Gefäße im Holz. Bestimme das Alter der Zweige nach den vorhandenen Jahrringen. Betupfe einen ungefärbten Querschnitt mit alkoholischer Phlorogluzinlösung, hernach mit verdünnter Salzsäure. Das Holz wird rot gefärbt.

216. Spanisch Rohr und dürre Stengel der Waldrebe (Niele) besitzen sehr weitlumige Gefäße. Blase durch ein 30 cm langes Stück eines spanischen Rohres gegen eine Kerzenflamme. Stelle mittels der genannten Stengel und Seifenlösung Seifenblasen her. Verbinde das eine Ende eines Stengels durch einen Kautschuckschlauch mit einer Gasleitung und entzünde am andern Ende das ausströmende Gas.

217. Lege ein 20 cm langes, gut fingerdickes Stück eines Astes der Weißtanne einen Tag lang in Wasser. Trockne es

hierauf gut ab und befestige es in senkrechter Lage in einem Stativ. Träufle mittels Pipette auf den obern Querschnitt einige Wassertropfen. Diese sinken ein, unten tritt annähernd die gleiche Wassermenge aus.

B. Die Ursachen des Saftsteigens.

Material: Brenner, Stativ, Glasröhren, Becherglas, ein Glasrohr von zirka 1 cm Durchmesser, Glasglocke, Trichterröhre, einfach durchbohrter Gummipfropfen; Quecksilber, Eosinlösung, Schnüre; Sonnenblume im Topf, junge Maispflanzen oder Kapuziner in Blumentöpfen; Mikroskop, Objektträger, Deckgläser, Hirschbrunstsporen.

218. *Haarröhrchenanziehung (Kapillarität).* Erhitze über einer Flamme Glasröhrchen von 5—20 cm Länge, die an beiden Enden gehalten werden und ziehe dieselben zu Kapillaren aus. Stelle eine Anzahl solcher, die etwa eine Länge von 30 cm besitzen, in ein Becherglas. Gieße in letzteres etwas Eosinlösung. Beobachte die Steighöhen der Flüssigkeit in den verschiedenen Röhrchen.

219. **Mi.** *Lichtweite der Gefäße.* Bette in einen Wassertropfen einen feinen Querschnitt durch einen Maisstengel. Gib zum Präparat etwas Hirschbrunstsporen, bedecke mit Deckglas und vergleiche bei mittelstarker Vergrößerung die Durchmesser der Normalsporen (33 μ) mit der Lichtweite der Gefäße.

220.* *Der Wurzeldruck.* Schneide bei einer zirka 2—3 Monate alten Sonnenblume einer Topfkultur den Stengel etwa 10 cm über der Erde mit einem Messer quer durch. Verbinde den Stummel luftdicht mit einer passenden Glasröhre von gleichem Durchmesser und 50 cm Länge, indem du über beide Enden ein Gummischlauchstück stülpst und mit zwei Schnüren befestigst. Gieße so viel Wasser in das Rohr, daß dessen Niveau über dem Schlauchstück sichtbar wird. Bezeichne den Wasserstand durch eine Marke. Begieße die Erde gut und beobachte das Niveau in der Röhre nach bestimmten Zeitabschnitten. Die Flüssigkeit steigt infolge des Wurzeldruckes, welcher den Saft aus der Wunde preßt.

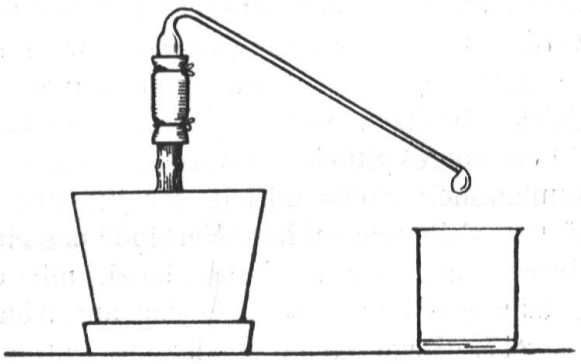


Abb. 10

221.* Ziehe das im vorigen Versuche zu verwendende Glasrohr in eine nach abwärts gebogene Kapillare aus und befestige dasselbe

gleichfalls mit einem Gummischlauch wie oben. Begieße reichlich. Nach längerer Zeit läßt sich das Abtropfen des an der Kapillarmündung erscheinenden Saftes beobachten (Abb. 10).

Unter günstigen Umständen lassen sich Wurzeldruckversuche auch im Freien (Schulgarten) durchführen an Sonnenblumen, Topinambur, Dahlien, Nachtkerzen, Brennesseln. Am besten eignen sich etwas isoliert stehende Pflanzen, die noch in kräftigem Wachstum begriffen sind. Reichlich begießen ist auch hier unerläßlich.

222. *Die Ausscheidung von Wassertropfen.* Bedecke eine Hafer- oder Maiskultur, die in Sand, Sägemehl oder Erde in einem Blumentopf gezogen wurde, ferner junge Topfpflanzen der Kapuzinerkresse mit einer Glasglocke. An den Spitzen und Kanten der Blätter werden infolge Wurzeldruckes Wassertropfen ausgepreßt. — Am schönsten läßt sich diese Erscheinung an einem Frühlings- oder Sommermorgen im Freien beobachten an Gräsern und namentlich an den Blättern des Frauenmantels.

223. *Das „Bluten" der Pflanzen.* Beobachte Mitte bis Ende März die Wunden frisch beschnittener Reben. Aus den Schnittflächen wird reichlich Saft hervorgepreßt. — Aus kurzen Schnitten, welche im Frühjahr unmittelbar vor dem Austreiben der Blattknospen in den Stamm der Birke, Kornelkirsche oder eines Ahorn ausgeführt werden, quillt Saft hervor.

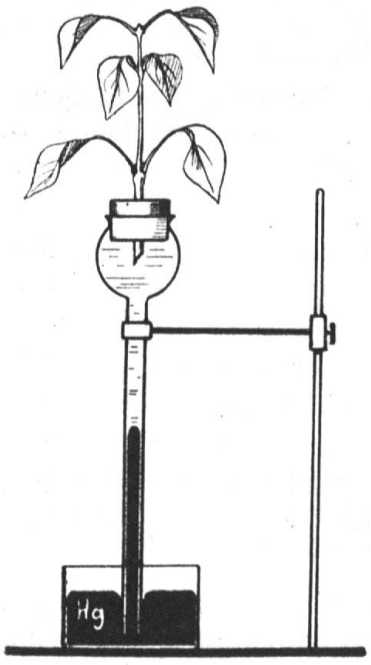


Abb. 11

224.* *Die Saugkraft der Sprosse.* Befestige einen einfach durchbohrten Gummipfropfen, in dessen Öffnung ein Fliederzweig luftdicht eingeschoben wurde, im Trichter einer Trichterröhre. Fülle dieselbe, indem der Zweig abwärts gehalten wird, mittels eines fein ausgezogenen Trichters mit Wasser, verschließe mit dem Zeigfinger und tauche dieses Ende in ein Gefäß mit Quecksilber und befestige die Vorrichtung in einem Stativ. Das Quecksilber beginnt langsam durch die Trichterröhre zu steigen und wird bei vollständig luftdichten Verschlüssen der Gefäße bis in die

Kugel emporgehoben. Die Blattsprosse üben also eine saugende Wirkung aus. Die Ursache derselben liegt in der Verdunstung, wie die nachfolgenden Versuche lehren (Abb. 11).

Das Zusammenwirken von Haarröhrchenanziehung, Wurzeldruck, Saugkraft der Sprosse genügt noch nicht, um das Saftsteigen in die höchsten Wipfel der Bäume zu erklären. Es müssen noch andere Kräfte dabei tätig sein. Neuerdings hat der indische Physiologe Bose auf Grund seiner Versuche mit dem von ihm konstruierten „Kreskographen" die Anschauung vertreten, die Saftleitung geschehe durch pulsartige Bewegungen in den die Gefäße begleitenden lebenden Zellen, während die Gefäße selbst nur als Vorratsbehälter dienen würden.

V. Die Wasserverdunstung durch die Pflanzen.

Material: Stativ, Brenner, Trichterröhren, Trichter, spitz ausgezogen, Glasglocke, Glasröhren, großes Reagensglas und passender Gummipfropfen mit zwei Bohrungen, Gummipfropfen mit 1 Bohrung, Erlenmeyerkolben, Fläschchen, Glasplatte, Glasschale mit Deckel. Mikroskop, Objektträger, Deckgläser, Rasiermesser, Pinzette, Pinsel, Etiketten, schwarzes Papier, Maßstab, Holzklammern, Schweinsblase, Schnüre, Filtrierpapier, Wage und Gewichte, Stecknadeln, Quecksilber, Indigokarmin, Paraffinöl, Glyzerin, Vaselin, Kobaltchlorürlösung 5-prozentig, Alkohol, Xylol, Kochsalz; Fliedersprosse, Stechpalmenzweig, Blätter der Lilie, Tradescantie; Holundermark.

225.* *Wasserverdunstung durch eine Haut.* Spanne über die Kugel einer Trichterröhre ein in Wasser aufgeweichtes Stück einer Schweinsblase und binde dasselbe mit einer Schnur fest. Fülle hierauf die Röhre mittels eines spitz ausgezogenen Trichters vollständig mit Wasser. Verschließe mit dem Zeigfinger die Öffnung der Röhre und stelle dieses offene Ende in ein Gefäß mit Quecksilber. Befestige die Röhre in einem Stativ. Das Quecksilber beginnt nach einiger Zeit in die Höhe zu steigen, indem es an Stelle des durch die Haut verdunsteten Wassers tritt.

226. *Wasserverdunstung durch Blätter und verblätterte Zweige.* Lege ein Büschel frisch abgebrochener Blätter oder frisch geschnittener kurzer Blattsprosse unter eine Glasglocke oder ein umgestülptes Gefäß, welche gut gereinigt sind. Die Innenseite der Wände beschlägt sich bald mit feinen Wassertröpfchen.

227. *Messung der verdunsteten Wassermenge.* Befestige in einem doppelt durchbohrten Gummipfropfen in der einen Öffnung einen beblätterten Fliederzweig, in der andern

eine rechtwinklig gebogene Glasröhre, deren längerer Schenkel etwa 80—100 cm mißt. Der Pfropfen wird in ein passendes großes Reagensglas gesteckt, welches ganz mit Wasser gefüllt ist. Beim Hineinpressen steigt das verdrängte Wasser durch die Glasröhre empor. Sollte das Niveau nicht in die Nähe der Röhrenmündung zu liegen kommen, so füllt man mittels einer ausgezogenen Trichterröhre noch etwas nach und fügt zuletzt einen Tropfen einer Farblösung zu (z. B. Indigokarmin), um die Beobachtung zu erleichtern. Befestige das Reagensglas so in einem Stativ, daß der längere Schenkel der Glasröhre etwas gegen das Gefäß hin geneigt ist. Bringe einen Millimeterstab hinter der Röhre an. Notiere den Wasserstand in der Röhre nach gleichen Zeiträumen durch Ablesung an der Uhr und am Maßstab. Berechne aus dem Röhrenquerschnitt und der Längendifferenz die stündlich verdunstete Wassermenge.

228. Stelle einen frisch geschnittenen Fliederzweig in ein Fläschchen, das halb mit Wasser gefüllt ist. Überschichte das Wasser mit Paraffinöl (oder Sesamöl). Bringe das Gefäß auf die eine Schale einer Wage und stelle Gleichgewicht her. Notiere Zeit und Gewicht. Lasse nun die Wage unberührt stehen. Schon bald ist das Gleichgewicht gestört, das Gefäß wird leichter um den Betrag des verdunsteten Wassers. Bestimme den Gewichtsverlust nach 24 Stunden.

229. *Die Abhängigkeit der Verdunstung von der Zahl der Blätter.* Fülle vier Erlenmeyer zur Hälfte mit Wasser. Stelle in den 1. einen vollständig entblätterten Fliederzweig, in den 2. einen solchen mit 2, in den 3. mit 4 und in den 4. mit 8 Blättern. Alle Blätter sollen ungefähr dieselbe Größe besitzen. Gieße wiederum eine Schicht von Paraffinöl in jedes Gefäß zur Verhinderung der Verdunstung durch die Wasseroberfläche. Klebe auf jede Flasche eine Etikette, wäge die Gefäße, notiere Zeit und Gewicht und lasse 24 Stunden stehen. Wiederhole die Wägung und bestimme die Gewichtsdifferenzen. Aus denselben ist ersichtlich, daß die Blätter die Organe der Verdunstung sind und daß die Mengen des verdunsteten Wassers ungefähr direkt proportional der Größe der verdunstenden Blattoberflächen sind.

230. *Verdunstung und Sättigungsgrad der Luft.* Stelle einen Fliedersproß mit 8 Blättern in eine Flasche, die halb mit Wasser gefüllt und mit Öl beschickt wird. Etikette. Wäge

und notiere Zeit und Gewicht. Stelle das Gefäß auf eine große Glasplatte und stülpe eine Glasglocke darüber, deren geschliffener Rand mit Glyzerin befeuchtet ist. Die Glocke beschlägt sich mit Wasser. Wäge die Flasche mit dem Sproß nach 24 Stunden und vergleiche das Resultat mit demjenigen aus Versuch 229. Die Menge des verdunsteten Wassers ist viel geringer, da die einmal gesättigte Luft des eingeschlossenen Raumes kein Wasser mehr aufzunehmen vermag.

231. Lege Blätter derselben Pflanze in zwei Glasschalen. Lasse die eine offen stehen, bedecke die andere mit einer Glasplatte. Während die Blätter in der offenen Schale verwelken, bleiben diejenigen im geschlossenen Gefäß frisch, da infolge gesättigter Luft fast keine Verdunstung mehr erfolgt.

232. Suche vier Fliederzweige von gleicher Größe und gleicher Zahl der Blätter aus, verteile dieselben nach dem Abschneiden sofort in vier Flaschen, die zu zwei Dritteln mit Wasser gefüllt sind, welches mit Öl überschichtet wird. Etiketten. Wäge sämtliche Gefäße, notiere Zeit und Gewichte und stelle die 1. Flasche in einen kühlen Raum (Keller), die 2. ins Freie an eine sonnige, windgeschützte Stelle, die 3. an einen schattigen Ort im Freien, aber windgeschützt, die 4. in sonnige und windoffene Lage. Bestimme nach 24 Stunden die Menge des verdunsteten Wassers in jedem Gefäß und suche die sich ergebenden Differenzen zu erklären.

233. *Das Verhalten von Ober- und Unterseite der Blätter bei der Transpiration.* Um zu entscheiden, ob bei einem Blatte die Verdunstung in gleichem Maße an Ober- und Unterseite stattfinde, führt man folgenden Versuch durch. Wähle zwei Fliedersprosse mit je vier gleichgroßen Blättern und stelle sie in Gefäße mit Wasser, das mit Öl überschichtet wird. Bestreiche am einen Zweig alle Blattoberseiten, am andern alle Blattunterseiten mit einer Schicht Vaseline. Wäge hierauf jege Flasche und notiere das Gewicht. Wiederhole die Wägung nach 24 Stunden. Der Vergleich der Gewichtsdifferenz ergibt, daß beim Flieder die Blattunterseite hauptsächlich als verdunstende Fläche wirkt. Dieser Fall darf nicht verallgemeinert werden, was sich aus der mikroskopischen Untersuchung der Blätter ergeben wird.

234. *Nachweis der Verdunstung durch die Kobaltprobe.* Stelle eine 5 %-ige Lösung von Kobaltchlorür ($CoCl_2$) in destilliertem Wasser her. Tränke darin mehrere Streifen

von weißem Filtrierpapier, die etwa eine Breite von 3 cm besitzen. Hänge sie hierauf zum Trocknen an eine Schnur. Mit zunehmender Austrocknung geht der rote Ton des Papiers in Violett und bei Erwärmen über einer Flamme, wobei der Streifen an einer Pinzette gehalten und hin und her geschwenkt wird, in ein tiefes Blau über. Die geringste Feuchtigkeit (z. B. Fassen mit den Fingern) verursacht Rotfärbung. Die Versuche können an Topfpflanzen, mit Vorteil aber an Gewächsen im Freien ausgeführt werden. In letzterem Falle hat man eine Spirituslampe mitzunehmen, um die Kobaltstreifen gut austrocknen zu können. Das zur Untersuchung dienende Blatt kommt zwischen zwei tiefblaue Kobaltstreifen zu liegen, welche ihrerseits von zwei trockenen Objektträgern oder Glasplatten umschlossen werden. Mittels zweier Holzklammern (Wäscheklammern) preßt man die Glasplättchen leicht zusammen. Bald wird sich das Blattstück auf einem der Streifen durch rote Färbung abbilden, nämlich jene Seite, auf welcher viel Wasser verdunstet, während unter Umständen der andere Streifen fast unverändert bleibt. Als Versuchspflanzen wähle man Flieder, Holunder, Johannisbeere, Weizen, Schwertlilie, Spinat, Kohl. Die Resultate werden sehr verschieden sein.

235. **Mi.** *Die Spaltöffnungen.* Ritze an den Blättern der weißen Lilie, der Tradescantie die Oberhaut der Blattunterseite mit einer scharfen Klinge quer zu den Nerven und ziehe mittels einer Pinzette ein Stück der Oberhaut ab, welches für die Untersuchung durchscheinend sein muß. Stelle ein Wasserdeckglaspräparat her, wobei die Außenseite der Epidermis oben liegen soll. Bei beiden Pflanzen sind die Oberhautzellen so groß, daß schon bei Betrachtung von bloßem Auge die zwei Arten von Zellen auffallen. Im Mikroskop beobachtet man bei dem Lilienpräparat die bohnenförmigen Schließzellen an der Schmalseite der langgestreckten ± 6eckigen Oberhautzellen, während bei der Tradescantie die Schließzellen von vier Epidermiszellen eingeschlossen werden, deren Kerne außerordentlich deutlich sichtbar sind. Messung mit Hirschbrunstsporen. Untersuche in ähnlicher Weise die Epidermis der Blattober- und -unterseiten von 1. Spitzahorn, 2. Flieder, 3. Knabenkräutern, 4. Schwertlilie, 5. Kohl, 6. Seerose, die Blättchen der Wasserpest, des kleinen Igelskolbens. Die mikroskopische Durchmusterung ergibt, daß 1 und 2 nur auf der Blattunterseite, 3 — 5 auf beiden Seiten, 6 nur auf der Oberseite und die untergetauchten Wasserpflanzen gar keine Spaltöffnungen besitzen.

236. **Mi.** *Die Regulierung der Verdunstung durch Oeffnen und Schließen der Spaltöffnungen.* Breite ein Stück Oberhaut von der Blattunterseite der Tradescantie oder Lilie auf einen trockenen Objektträger aus und lege nach einiger Zeit ein Deckglas drauf. Betrachte im Mikroskop. Die Spaltöffnung zwischen den Schließzellen ist geschlossen. Vergleiche das in Versuch 235 hergestellte nasse Präparat. Die Schließzellen umrahmen eine linsenförmige, dunkel erscheinende Spaltöffnung. Bette das Epidermisstück in einen Tropfen Glyzerin oder Zuckerlösung. Plasmolyse. Den Schließzellen wird nach und nach Wasser entzogen, sodaß diese schlaff werden und sich aneinanderlegen. Dem Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen gehen demnach Änderungen in der Zellspannung (Turgor) voraus.

237. *Prüfung, ob an Blättern die Spaltöffnungen offen oder geschlossen sind.* Bestreiche mittels eines Pinsels die Unterseite eines Fliederblattes, das gut belichtet ist, mit Alkohol oder Xylol. Das Blatt erscheint an den bestrichenen Stellen im auffallenden Lichte dunkel, im durchfallenden hell und durchscheinend. Die Flüssigkeit ist äußerst rasch durch die offenen Spaltöffnungen in die kapillaren Räume des Blattes gedrungen. Bestreiche in gleicher Weise ein welkes Fliederblatt. Keine Wirkung, da die Spalten geschlossen sind. Verdunkle ein Fliederblatt teilweise durch zwei schwarze Papierstreifen, die mit Nadeln befestigt werden. Bestreiche nach 24 Stunden um die Mittagszeit die ganze Blattunterseite mit Alkohol. Der verdunkelte Teil bleibt unverändert grün, der belichtete durchscheinend. (Infiltrationsmethode von Molisch).

238. **Mi.** *Wo der zur Verdunstung gelangende Wasserdampf sich bildet.* Lege mehrere Blattstücke der Tradescantie, der Lilie, der Hyazinthe oder anderer Pflanzen in gleicher Richtung nebeneinander und klemme sie zwischen zwei Holundermarkstücke fest. Diese drückt man mit Daumen und Zeigfinger der linken Hand zusammen und stellt mittels eines Rasiermessers Querschnitte her. Bei jedem Messerschnitt erhält man so mehrere Blattquerschnitte, die auf dem Objektträger in einem Wassertropfen geprüft werden. Mit den dünnsten stellt man ein Wasserdeckglaspräparat her. Die mikroskopische Betrachtung zeigt uns die Oberhaut, die Spaltöffnung mit der darunter liegenden Atemhöhle, die chlorophyllhaltigen Zellen und die Zwischenzellräume. In diese Räume

verdunstet aus den Zellen zunächst das Wasser in Dampfform und entweicht schließlich durch die Spaltöffnung.

239. *Die Herabsetzung der Verdunstung durch Oberhautverdickung (Lederblätter).* Ein Fliederzweig und ein Blattsproß der Stechpalme mit gleich viel und annähernd gleich großen Blättern werden in zur Hälfte mit Wasser gefüllten und mit Öl beschickten Erlenmeyerkolben auf die zwei Schalen in einer Wage verteilt. Durch Zugabe von Wasser in den leichtern Kolben wird Gleichgewicht hergestellt und dann werden die Versuchspflanzen während mehreren Tagen sich selbst überlassen. Welche Pflanze verdunstet weniger Wasser und warum?

240. *Was geschieht bei der Verdunstung mit den im Wasser gelösten Nährsalzen?* Lasse in einem Teller etwas Salzwasser mehrere Tage lang offen stehen. Das Wasser verdunstet, das Salz bleibt zurück. Wiederhole Versuch 206 (Lithiumkultur). Die Salze bleiben in den Zellen zurück, um dort verarbeitet zu werden.

241. *Allgemeine Verdunstungsversuche zum Verständnis der Transpiration bei den Pflanzen.* Schneide aus Filtrierpapier vier quadratische Flächen von gleicher Größe. Benetze alle gleichmäßig mit Wasser. Hänge das erste Blatt offen mittels Klammern an eine gespannte Schnur, falte das zweite vierfach zusammen, lege das dritte zwischen zwei gleichgroße Wollappen, das vierte zwischen Wachstuchstücke und hänge alle unter gleichen Bedingungen an die Schnur. Untersuche nach einer Stunde jedes Filtrierblatt. Die Versuche ergeben, daß die Verdunstung von der Größe der Oberfläche abhängig ist und daß Filz- oder Harzüberzüge die Transpiration erschweren. Will man die Versuche in möglichst kurzer Zeit durchführen, so verwende man Alkohol statt Wasser.

242. *Lehrausflug.* Ziel: Auf einer Wanderung sollen die Pflanzen verschiedener Standorte (Wald, Wiese, Ufer) auf Einrichtungen untersucht werden, die mit der Verdunstung in Zusammenhang stehen.

1. Ableitung des Regenwassers. Zentrifugale bei den meisten Bäumen und Sträuchern. Zentripetale bei den meisten Zwiebelgewächsen, Löwenzahn, Veilchen u. a. Träufelspitzen an Blättern, Rinnensysteme auf Blattspreiten, Blattstielen und an Stengeln, Haarleisten bei

der Miere. Beziehungen der Wurzelausbreitung zur Wasserableitung.

2. Schutz der Blätter (Spaltöffnungen) vor Benetzung durch Regenwasser und Tau. Wachsüberzüge, Haarfilz.
3. Schutz gegen Verdunstung durch a) Behaarung (seidig, filzig, zottig, schuppig), b) Wachsüberzüge, c) verdickte Oberhaut (Lederblätter), d) Form der Blätter (Nadeln, Schuppen), e) Wasserspeicherung bei Sukkulenten, f) Stellung und Bewegung der Blätter (vertikale Stellung, Kompaßpflanzen, Rollen der Blätter bei Gräsern, Moosen).
4. Verlauf der Blattnerven: parallel-, hand-, fieder-, netznervig.

Für die folgenden Versuche wird Material nach Hause mitgenommen.

243. Tauche Blätter mit Wachsüberzügen (Kapuziner, Schwertlilie, Schilf, Schöllkraut, Mohn [Papaver somniferum], Nelke, Kohl, Erbse) im Wasser. Sie erscheinen wie von Quecksilber überzogen infolge der anhaftenden Luftschicht und bleiben beim Herausheben trocken. Gieße etwas Wasser auf die Blätter der Königskerze. Es zerfällt in einzelne Perlen, ohne das Blatt zu benetzen. Ebenso fließt Wasser, das auf schwimmende Seerosenblätter geschüttet wird, infolge der welligen Erhebungen der Blattoberfläche nach den Rändern hin ab. — Vergleiche die Jugendstadien von Buchenblättern mit alten Blättern.

244. **Mi.** *Der Formenreichtum der Pflanzenhaare.* Ziehe mittels einer Pinzette kleine Oberhautstücke der Blätter folgender Pflanzen ab und stelle Wasserdeckglaspräparate her: Goldlack, Walwurz, (einzellige Haare), vom gemeinen Kreuzkraut die weiße Wolle aus den Blattachseln (vielzellig einreihig), Königskerze (verästelt), Pelargonie (Drüsenhaare), Sanddorn oder Ölweide (Schuppen).

245. **B. H.** Stelle auf großen Bögen folgende biologische Typen zusammen: a) Zweige, deren Blätter gut entwickelte Träufelspitzen besitzen: Berg- und Spitzahorn, Flieder, Linde, Kirsche, Hasel, Birke, Bohne, Schmerwurz u. a. b) Blätter mit verschiedenen Nervaturen: parallelnervig (Gräser und andere einsamenlappige Gewächse), fiedernervig (Buche, Eiche, Kirsche), handnervig (Ahorn, Platane, Frauenmantel, Hahnenfuß). c) Schutz gegen Verdunstung durch Haarkleid: Seiden-

haare bei Frauenmantel, Gänsfingerkraut, Silberweide; Haarfilz bei Quitte, Mispel, Mehlbeere, wolliger Schneeball, Silberpappel, Ruhrkraut, Katzenpfötchen, Beifuß, Salbei; Schülfern bei Sanddorn, Ölweide, rostblättrige Alpenrose. d) Lederblätter der immergrünen Gewächse. e) Herabsetzung der Verdunstung durch Verkleinerung der Blattoberfläche: Nadelhölzer, Reseden, Wolfsmilch, Eisenkraut, Leinkraut, Thuja, Heidekraut. f) Wachsüberzüge: Schwertlilie, Weißtanne, Schlafmohn, Andromede, Moorbeere, Moosbeere, Schilf.

246. *Herstellung von Naturselbstdrucken verschiedener Blattnervaturen.*

a) Druckschwärzeverfahren. Umwickle einen Wattebausch mit einem Blatt Schreibpapier und zerreibe mit demselben auf einer Glasplatte etwas Druckerschwärze zu einer dünnen Schicht. Lege dann ein frisches Blatt mit der Unterseite auf die geschwärzte Glasplatte, bedecke das Ganze mit Zeitungspapier und streiche mit der einen Hand unter sanftem Druck mehrmals darüber. Entferne das Zeitungsblatt, fasse das grüne Blatt mit einer Pinzette am Stiel, hebe es sorgfältig ab und lege es mit der geschwärzten Seite nach unten auf einen weißen Bogen. Bedecke es wieder mit einem sauberen Zeitungsblatt, streiche einige Male darüber und entferne das Stück Zeitung sowie das aufgedrückte Blatt. Auf dem Bogen ist ein Abdruck der Blattnervatur entstanden, welche alle Einzelheiten enthält. Stelle durch solche Drucke in geschmackvoller Anordnung ähnliche Blattypen zusammen wie im biologischen Herbarium. Mit Blockschrift werden die Drucke bezeichnet.

b) Lichtpausverfahren vergl. Versuch 34.

247. *Arbeiten in Plastilin.* Schließzellen der Spaltöffnungen. Haargebilde: Tradescantiahaar, Sternhaar, Drüsenhaar, Schülfer.

VI. Die Gewinnung und Verarbeitung des Kohlenstoffes durch die grünen Pflanzen.

(Assimilation).

Material: Blumentöpfe, Porzellanschalen, Brenner, Stative, Drahtnetz, Reibschale; Glasschalen, -becher, -glocken, -trichter, -stäbe; Bechergläser, Erlenmeyer, Reagensgläser, Standzylinder, kleine Pulverflaschen mit Glasstöpsel; Pfropfen, Staniol, Klammern, Faltenfilter, Filtrierpapier, schwarzes Papier, Faden, Stecknadeln; Mikroskop, Deckgläser, Objektträger, Pipette, Rasier-

messer, Holundermark, Schere, Pinzetten, Lupe; Kalilauge, Bimssteinstücke, Alkohol, Jodjodkaliumlösung; Jod. metallic., Äther, Fehlingsche Lösung, Vaseline, Paraffin, Benzin, Indigokarmin, Natriumhydrosulfit, Kaliumbichromat, Kupferoxydammoniak, Selterswasser; Rapssamen, Weizenkörner, Föhrensamen, Dreh- und Sternmoos, Wasserpest, Schraubelalgen, Kapuzinerkresse, Zwiebelpflanze.

A. Die Notwendigkeit des Kohlenstoffs für die Pflanze.

Die Zerlegung des Pflanzenkörpers durch trockene Destillation hat ergeben, daß derselbe Kohlenstoff enthält. Die Versuche mit Nährkulturen lehrten, daß C nicht aus dem Boden aufgenommen wird. Als Kohlenstoffquelle kann demnach nur die Luft in Betracht kommen. Diese enthält Kohlensäure, wie mit Baryt- oder Kalkwasser leicht nachzuweisen ist. (Siehe Versuch 236 in Höhn, Biol. Schülerübungen, Jahrbuch der Zürcher. Sekundarlehrerkonferenz 1923).

248. *Topfkultur in kohlensäurefreier Luft.* Bringe in zwei mit Erde gefüllten kleinern Blumentöpfen Rapssamen zur Keimung. Stelle das eine Geschirr, wenn die Keimpflanzen die ersten Blättchen entfaltet haben, auf eine offene Glasschale, welche Kalilauge enthält. Stülpe darüber eine tubulierte Glasglocke, in deren Öffnung mittels eines durchbohrten Pfropfens ein Glastrichter gesteckt wird. Befestige mittels einer Schnur ein kleines Becherglas unter der Trichteröffnung. Fülle den Trichter mit Bimssteinstücken, die mit Kalilauge durchtränkt wurden. Die Kalilauge entzieht der Luft alle Kohlensäure. Die Versuchs- und Kontrollpflanze läßt man mehrere Tage im Zimmer, gut belichtet, stehen. Wegen Mangel an Kohlensäure wächst die erste Kultur nicht weiter (Abb. 12).

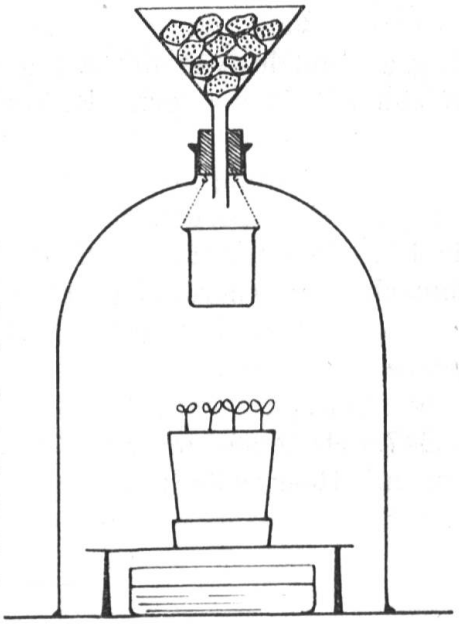


Abb. 12

B. Der Nachweis von Stärke und Zucker in grünen Blättern.

249. Schneide einige Blätter der Kapuzinerkresse, welche mehrere Stunden dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt waren

— etwa am Spätnachmittag — hart an der Spreite von den Stielen. Erhitze in einer größern Porzellanschale etwas Wasser bis zum Sieden und tauche die Blätter eine halbe Minute ins kochende Wasser. Sie werden abgetötet, was am plötzlichen Aufhören des Turgors zu erkennen ist. Lösche die Flamme des Brenners, breite die getöteten Blätter mit Hilfe von Pinzetten in einer kleinen Porzellanschale aus, übergieße sie mit Alkohol und stelle das Gefäß auf das in der größern Schale befindliche heiße Wasser (Wasserbad). Im warmen Alkohol löst sich das Blattgrün leicht, das Blatt wird immer heller. Spüle zuletzt noch in frischem Alkohol etwas ab, bis es gelblich weiß geworden ist. Die Chlorophyllösung wird für spätere Versuche aufbewahrt. Lege jetzt das Blatt auf ein weißes Untertellerchen oder in eine Porzellanschale. Gieße eine verdünnte Jodjodkaliumlösung darüber und schwenke einige Zeit die Flüssigkeit über das Blatt hin und her. Ein richtig besonntes Blatt färbt sich nach und nach tief blauschwarz. Die Ursache dieser Verfärbung kann nur der Stärkegehalt des Blattes sein.

250. *Ohne Licht keine Stärke.* Verdunkle Kapuzinerblätter an einem sonnigen Tage am Morgen früh teilweise, indem du mittels Stecknadeln zwei Korkscheiben unten und oben befestigst, sodaß ein Stück der Spreite zwischen dieselben zu liegen kommt. Wickle Staniolstreifen um die Spreite, befestige Blechschablonen mit ausgestanzten Buchstaben auf der Oberseite des Blattes. Schneide die Blätter am Abend von den Stielen, töte sie ab und behandle sie in gleicher Weise wie im vorigen Versuche. Verwende zur Untersuchung auch Blätter von einer Pflanze, welche den Tag über gänzlich verdunkelt wurde. Die Jodprobe ergibt, daß nur die belichteten Stellen Stärke enthalten.

251. **Photographische Positive auf Blättern.* Befestige ein kontrastreiches photographisches Negativ mit menschlichem Kopf, der ziemlich groß sein muß, auf einem großen Kapuzinerblatte. Die Platte wird am besten in der Klemme eines Stativs befestigt und das Blatt mittels Klammern und Papierstreifen angepreßt. Den Tag über ändert man die Lage der Platte 2—3 Male, um die Sonnenstrahlen möglichst senkrecht auffallen zu lassen. Das Blatt wird in gleicher Weise der Jodprobe unterworfen. Es erscheint das positive Bild, bei welchem die Schatten und dunkeln Töne durch Stärkeanhäufungen hervorgerufen sind.

252. *Stärkenachweis durch die Jodätherprobe.* Um an der lebenden Pflanze im Freien das Vorhandensein von Stärke feststellen zu können, löst man einige Jodsplitter in Schwefeläther. Begieße ein gutbesonntes Flieder-, Bohnen- oder Kapuzinerblatt am Nachmittag auf der Unterseite mit einigen Tropfen Jodätherlösung. Nach kurzer Zeit tritt ein blauvioletter Ton auf, indem der Äther durch die Spaltöffnungen ins Innere gedrungen ist und das mitgeführte Jod eine Blaufärbung der Stärke hervorgerufen hat.

253. *Ohne Chlorophyll keine Stärke.* Unterwirf besonnte panaschierte Blätter (weißfleckig) des Holunders, der Kerrie, von Pelargonien nach der beschriebenen Methode der Jodprobe. Nur die grünen Blatteile enthalten Stärke, nicht aber die weißfleckigen.

254. *Zuckernachweis in Blättern von Liliazeen.* Führe an besonnten Blättern der Küchenzwiebel die Jodprobe aus. Keine Reaktion auf Stärke. Zerkleinere einige Zwiebelblätter, töte die Schnitzel in ganz wenig kochendem Wasser ab und zerreibe die Pflanzenteile im gleichen Wasser in einer Reibschale. Filtriere. Gieße zu einem Teil des Filtrates in einem Reagensglas etwas Fehlingsche Lösung (frisch hergestellte). Koche das Gemisch über der Flamme. Es bildet sich ein ziegelroter Niederschlag, welcher durch vorhandenen Zucker verursacht wird. Kontrollversuch mit käuflichem Traubenzucker.

255. **Mi.** *Wo in den Blättern wird Stärke gebildet?*

a) Falte ein lange besonntes Blatt der Kapuzinerkresse mehrfach, klemme es zwischen zwei Holundermarkstücke und stelle mittels einer Rasierklinge dünne Querschnitte her. Lege dieselben in einen Tropfen Alkohol auf den Objektträger. Deckglas. Füge von der Seite einen Tropfen Jodjodkaliumlösung an den Rand des Deckglases und sauge mittels Filtrierstreifen den Alkohol auf der andern Seite weg. Bei etwa 300-facher Vergrößerung erkennt man im Innern der Chlorophyllkörner dunkelgefärbte Stärkekörnchen.

b) Lege einige gut belichtete Moosblättchen der Gattung Mnium, Funaria in einer Uhrschale in Alkohol. Sobald sie etwas gebleicht sind, überträgt man sie in eine zweite Uhrschale, die etwas Chloralhydrat enthält. Die Stärkekörner werden dadurch etwas gequellt. Nach 15 Minuten wäscht man die Blättchen in Wasser etwas aus und betupft sie mit

Jodjodkaliumlösung. Stelle ein Wasserdeckglaspräparat her. Die Stärkekörner im Innern der Chlorophyllkörner sind viel deutlicher zu erkennen als im vorigen Präparat.

C. Wie gelangt die Kohlensäure in die Blattzellen?

256. Bestreiche am frühen Morgen eines sonnigen Tages Ober- und Unterseite einiger Blätter der Stangenbohne mit einer Schicht Vaseline, bei einer zweiten Gruppe nur die Oberseite. Nach einer mehrstündigen Belichtungsdauer werden die Blätter geschnitten, in siedendem Wasser abgetötet, wobei ein Teil der Vaseline wegschmilzt. Durch Abwaschen in Äther werden die letzten Fettreste entfernt. Gleichzeitig werden auch unberührte Blätter derselben Versuchspflanze der Jodprobe unterworfen. Diejenigen Blätter, deren Unterseite mit Vaseline bestrichen war, weisen keine Stärke auf. Die Spaltöffnungen wurden durch die aufgetragene Schicht verstopft, sodaß die Kohlensäure nicht ins Innere der Blätter zu dringen vermochte. Ein Blattquerschnitt zeigt ferner, daß die durch die Spaltöffnungen eindringende äußere Luft die Zwischenräume erfüllen kann und so eine Durchlüftung des Blattes ermöglicht.

257. *Durchlüftung von Blättern.* Tauche Blattspreiten von Seerosen oder Sumpfdotterblumen unter Wasser und blase kräftig durch den Blattstiel. Aus den Spaltöffnungen der Blattfläche steigen Bläschen auf.

258. * Lege einen Zweig von Tradescantia zebrina, dessen Schnittfläche mit Paraffin verkittet wurde, in ein Gefäß unter Wasser und bringe das Ganze unter den Rezipienten einer Luftpumpe. Sobald die im Rezipienten befindliche Luft verdünnt wird, dehnt sich die in den Zwischenzellräumen liegende Luft aus und verläßt das Blatt durch die Spaltöffnungen. Die sich bildenden Bläschen steigen an die Oberfläche. Läßt man jetzt wieder die äußere Luft in den Rezipienten strömen, so dringt Wasser in die Interzellularen, und das Blatt wird durchsichtig. Führe den Versuch auch an andern Blättern durch z. B. an Impatiensarten.

D. Die Eigenschaften des Chlorophylls.

259. *Gewinnung von alkoholischen Chlorophyllösungen.* Aus allen grünen Blättern kann das Blattgrün ausgezogen werden nach der in Versuch 249 beschriebenen Methode. Am

besten werden die Blätter zuerst mit einer Schere zerkleinert, abgetötet in kochendem Wasser und in Alkohol über dem Wasserbad ausgezogen und filtriert. Je mehr Material, um so konzentrierter wird die Lösung. Will man dieselbe für spätere Untersuchungen aufheben, so müssen die Gefäße ins Dunkle gestellt werden. Besonders lange haltbar erweist sich Blattgrünauszug aus Brennesseln.

260. *Fluoreszenzerscheinungen.* Fülle ein langhalsiges Fläschchen mit möglichst konzentrierter Chlorophyllösung und betrachte sie mit der verpfropften Öffnung nach unten. Im Halsteil erscheint die Lösung grün, im Bauch der Flasche rot. — Lasse den Lichtkegel von direkten Sonnenstrahlen, die durch ein Brennglas dringen, in eine verdünnte Chlorophyllösung fallen. Der Kegel erscheint rot.

261. *Die Zerlegung des Chlorophylls.* Befestige an einem Stativ einen Streifen Filtrierpapier und lasse dessen unteres Ende in eine Chlorophyllösung eintauchen. Die grüne Flüssigkeit steigt rasch ein Stück empor; aber bald sondert sich ein gelber Farbstoff, das Xanthophyll, vom grünen Streifen ab, indem es höher gehoben wird.

262. Fülle ein Reagensglas 4 cm hoch mit Chlorophyllösung und gib halb so viel Benzin dazu. Schüttle, füge 1—2 Tropfen Wasser zu und lasse die Flüssigkeit ruhig stehen. Die Emulsion scheidet sich bald in eine obere blaugrüne Benzinschicht und eine untere gelbe Alkoholschicht (Zyanophyll und Xanthophyll).

263. *Verhalten des Chlorophylls gegen Licht.* Stelle von zwei Reagensgläsern, die mit frischer Blattgrünlösung gefüllt sind, das eine ins Dunkle, das andere ins direkte Sonnenlicht. Nach kurzer Zeit hat sich das belichtete Grün zersetzt, indem es braungrüne Farbe annimmt, während das verdunkelte Chlorophyll unverändert geblieben ist. — Durch Einwirkung von Säuren wird das Blattgrün gleichfalls zerstört.

264. **Mi.** *Chlorophyllkristalle.* Stopfe in eine kleinere Pulverflasche zerschnittene Blätter des Geißfuß (Aegopodium Podagraria) und gieße Alkohol dazu. Verpfropfe und lasse die Flasche mindestens einen Tag lang stehen. Verteile kleine Mengen des Auszuges auf mehrere Objektträger. Lege diese wagrecht in eine Holzschachtel mit Deckel, damit der Alkohol langsam verdunste. Untersuche das Präparat nach dem vollständigen Eintrocknen bei mittlerer Vergrößerung im Mikro-

skop. Es haben sich zahlreiche dunkelgrüne Kriställchen gebildet, die drei- oder sechseckig sind.

265. *Die Notwendigkeit des Lichtes zur Bildung von Blattgrün.* Wiederhole Keimversuche mit Weizen, Mais, Bohnen. Stelle die Kulturen zuerst ins Dunkle. Die Blätter zeigen nun Gelbfärbung. Bringe die Keimpflanzen ans Licht. Sie ergrünen rasch. Ziehe Keimlinge aus Föhrensamen in lockerer Walderde im Dunkeln heran. Die Nadeln werden auch ohne Einwirkung des Lichtes grün. — Die Nährlösung ohne Eisen hat den Beweis erbracht, daß zur Bildung des Chlorophylls Eisen nötig ist, trotzdem das Blattgrün selbst dieses Element nicht enthält.

266. **Mi.** *Verdeckung des Blattgrüns durch Anthozyan.* Lege Blätter der Blutbuche oder der Bluthasel in kochendes Wasser. Nach kurzer Zeit tritt die grüne Farbe hervor. — Stelle Querschnitte durch die Blätter her. Die Oberhautzellen sind von rot oder violett gefärbtem Zellsaft erfüllt, während die Zellen des Assimilationsgewebes von grünen Chlorophyllkörnern vollgepfropft sind.

267. *Lageveränderung der Chlorophyllkörner.* Befestige an den Fiedern von Holunderblättern im Freien quer zum Mittelnerv schwarze Papierstreifen auf der Oberseite mittels Bureaunadeln oder kleinen Klammern. Zur Durchführung des Versuches ist Sonnenschein nötig. Man läßt jetzt die Sonnenstrahlen etwa eine halbe Stunde auf die so behandelten Blätter einwirken. Entferne hernach den Papierstreifen. Der unbedeckte Teil des Blattes erscheint jetzt bedeutend heller als der vor den grellen Sonnenstrahlen geschützte Streifen. Dieser Helligkeitsunterschied wird durch eine Stellungsänderung der Chlorophyllkörper hervorgerufen, wie der folgende Versuch zeigt.

268. **Mi.** Stelle mit Blättchen des Dreh- oder Sternmooses (Funaria, Mnium), welche mindestens eine Stunde verdunkelt gehalten wurden, rasch ein Wasserdeckglaspräparat her und betrachte es bei mittelstarker Vergrößerung. Die Chlorophyllkörper sind über die ganze uns zugekehrte Zellfläche verteilt und wenden uns ihre Breitseite zu. Lasse jetzt mittels des Spiegels am Mikroskop möglichst grelles Licht (direktes Sonnenlicht) auf die Blättchen einwirken. Beobachte nach 5—10 Minuten wieder. Die Chlorophyllkörner sind auf die Seitenwände gewandert und kehren dem einfallenden Lichte ihre

Schmalseite zu, wodurch sie vor schädigenden Wirkungen des Lichtes geschützt sind.

E. Die Ausscheidung von Sauerstoff bei der Assimilation.

269. *Massenversuch zum Sauerstoffnachweis.* Bringe in ein großes, zylindrisches Glasgefäß, welches mit frischem Quellwasser gefüllt wurde, eine größere Menge von Sprossen der Wasserpest, des Tausendblattes oder des Hornkrautes. Versenke einen umgestülpten Glastrichter, dessen Durchmesser nur wenig kleiner ist als derjenige des Glaszylinders, so tief in den letztern, daß die Öffnung der Trichterröhre unter die Wasseroberfläche zu liegen kommt. Befestige den Trichter durch Holzstäbchen, die zwischen Trichterrand und die Wand des Gefäßes gesteckt werden. Fülle ein Reagensglas mit Wasser, verschließe mit dem Daumen und stecke es auf die Trichterröhre und beachte, daß keine Luftblasen hineingeraten. Stelle das Gefäß an ein Fenster. Je heller die Beleuchtung, um so rascher beginnt die Sauerstoffausscheidung. Aus den Schnittwunden und andern Verletzungen der Sprosse treten regelmäßig Bläschen auf, die nach oben steigen und sich im Reagensglas ansammeln. Wenn dasselbe annähernd gefüllt ist, hebt man es empor, verschließt die Öffnung noch unter Wasser mit dem Daumen und senkt einen glimmenden Span hinein. Derselbe flammt sofort lebhaft auf, was die Anwesenheit von Sauerstoff verrät. — Sehr schön ist die Sauerstoffausscheidung auch an Schraubelalgen (Spirogyra), Brunnenmoos (Fontinalis) dem Lebermoos Riccia fluitans zu beobachten, wenn sie in größern Glasgefäßen am Fenster in einem Zimmer gehalten werden. Die Sauerstoffblasen haften lange an den Pflanzen und leuchten zu Hunderten wie Silberkugeln.

270. **Nachweis kleinster Mengen von Sauerstoff mit Indigokarmin.* Löse in einer mit frischem Brunnenwasser gefüllten Flasche (mit Glasstöpsel) ganz wenig Indigokarmin, daß eine schön himmelblaue Färbung entsteht. Versenke einen mit Glasstücken beschwerten Sproß der Wasserpest darin. Löse in einem Reagensglas, das halb mit Wasser gefüllt ist, eine kleine Messerspitze voll Natriumhydrosulfit. Füge der Indigolösung mittels einer Pipette vorsichtig und nur in kleinsten Mengen so lange Natriumhydrosulfitlösung hinzu, bis sich bei beständigem Umrühren mit einem Glasstab das Indigoblau gerade entfärbt. Der Vorgang stellt einen Reduktionsprozeß dar, indem durch Sauerstoffentzug Indigoblau

zu Indigoweiß reduziert wird. Setze den Glasstöpsel auf, der dabei das noch überschüssige Wasser aus der Flasche verdrängen soll. Luft darf nicht mehr darin sein. Stelle die Flasche ans Licht und verwende ein weißes Papier als Hintergrund. Bei günstiger Beleuchtung beginnt schon nach 10 Minuten in der Umgebung des Sprosses eine deutliche Blaufärbung der Flüssigkeit. Das Indigoweiß nimmt den bei der Assimilation gebildeten Sauerstoff begierig auf und wird zu Indigoblau oxidiert, sodaß keine Bläschen aufsteigen. Mit zunehmender Sauerstoffausscheidung breitet sich die Blaufärbung allmählich über das ganze Gefäß aus.

271. *Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung von der Belichtung.* Befestige einen dichtbeblätterten, frisch geschnittenen Sproß der Wasserpest mit Faden an einem Glasstab und tauche diesen so in einen mit frischem Brunnenwasser gefüllten Zylinder, daß die Schnittwunde nach oben zu liegen kommt. Stelle das Gefäß zuerst in diffuses Tageslicht und bestimme mit Hilfe der Uhr die Zahl der pro Minute aufsteigenden Sauerstoffblasen. Stelle hernach das gleiche Gefäß ans Fenster. Die Zahl der Blasen steigert sich rasch.

272. *Wirkung verschiedenfarbigen Lichtes.* Fülle einen Standzylinder mit einer Lösung von Kaliumbichromat, einen zweiten mit einer Kupferoxydammoniaklösung, einen dritten mit Wasser. Tauche in jedes Gefäß ein großes Reagensglas, in welchem sich frisches Leitungswasser und ein zirka 1 dm langer, beschwerter Sproß der Wasserpest befindet. Durch Zugabe von Wasser werden die Reagensgläser so zum Schwimmen gebracht, daß sie nahe bis zum Rande eintauchen. Bedecke den obersten Teil der Zylindergefäße mit einer geschwärzten Papierhaube, sodaß im 1. Gefäß nur gelbe Strahlen, im 2. nur blaue durchgelassen werden. Stelle die Zylinder in die Nähe des Fensters und bestimme mit Hilfe der Uhr für jedes Gefäß die Zahl der in einer Minute aufsteigenden Sauerstoffblasen. Die gelben Strahlen bewirken eine schnellere Assimilationstätigkeit als die blauen.

273. *Abhängigkeit der Assimilationstätigkeit vom Kohlensäuregehalt des Wassers.* Erhitze Wasser bis zum Sieden, kühle es rasch auf Zimmertemperatur ab und fülle damit einen Standzylinder. Bringe einen frischgeschnittenen Sproß der Wasserpest, welcher beschwert ist, hinein. Stelle das Gefäß ans Fenster und daneben einen zweiten Zylinder mit frischem Leitungswasser, in dem sich ebenfalls ein Wasser-

pestsproß befindet. Im ersten Gefäß steigen keine Sauerstoffblasen empor, da durch das Auskochen alle Kohlensäure aus dem Wasser ausgetrieben wurde. Gieße nun Selterswasser zum gekochten Wasser. Sofort beginnt die Assimilationstätigkeit.

274. *Lehrausflug.* Ziel: Das Laubblatt und der Kampf ums Licht. Wiese und Laubwald bieten uns am besten Gelegenheit, zunächst von der Blattform und ihrer Mannigfaltigkeit in der Natur zu sprechen. Wir lernen ei-, herz-, nieren-, nadel-, spieß-, schildförmige, elliptische, lanzettliche, lineale Blätter kennen, deren Ränder ganz, gebuchtet, gesägt, gezähnt oder gekerbt sind. Wir unterscheiden ferner gelappte, gespaltene, geteilte, gefingerte, paarig und unpaarig gefiederte, einfach und mehrfach gefiederte Blätter. Wir schenken den Symmetrieverhältnissen der Blätter, der Veränderlichkeit einer Blattform derselben Pflanze unsere Aufmerksamkeit. Wir beachten die Verschiedenheit von Licht- und Schattenblättern derselben Art (Buche!). Wir untersuchen die Einwirkungen der Tierwelt auf die Blätter, wie Fraßformen, Blattminen, Gallenbildungen, oder wir stellen fest, wie die Blätter vor Tierfraß geschützt sind: Riechstoffe, Gifte, Kristallnadeln im Saft (beißender Geschmack), Stacheln, Brennhaare. — Die Versuche über Assimilation haben gezeigt, daß das Licht für alle grünen Pflanzen ein Lebensbedürfnis ist, um das sie in der Natur je nach Vergesellschaftung einen Konkurrenzkampf führen müssen. Die möglichst vollständige Ausnützung des Lichtes spiegelt sich wieder in der Ausnützung des Raumes durch die Blätter: Verteilung am Stengel (gegenständig, wechselständig, rosettige Blattstellung), Blattmosaik, Neigung der Spreite zur Richtung des einfallenden Lichtes. Am auffälligsten kommt das Emporstreben nach dem Lichte zum Ausdruck bei den Überpflanzen (Epiphyten) und Kletterern. Die erste Gruppe ist bei uns fast nur durch Moose, Flechten und Algen vertreten, im Gegensatz zu den Tropen. Bei der zweiten Gruppe ist besonders die Art des Kletterns von Interesse: Spreizklimmer (Labkraut), Ranker, Winder, Wurzelkletterer (Efeu).

275. **B. H.** a) Zusammenstellungen von Blattypen, wie sie im vorigen Abschnitt aufgezählt wurden, Nebenblätter; Sammlung von häufig vorkommenden Blattgallen (Blätter samt Gallen leicht pressen); Fraßformen, Minengänge an Blättern, womöglich mit Angabe des schädigenden Tieres; Zusammenstellung von Blättern mit Schutzvorrichtungen gegen Tierfraß; die Stel-

lung der Blätter am Stengel, Stadium der Blattentfaltung an Laubbäumen, z. B. Buche; Überpflanzen.

b) Zusammenstellung von Blattypen nach dem Druckschwärze- oder Lichtpaus-Verfahren, Scherenschnitte von Blättern.

VII. Abweichende Ernährungsformen bei Pflanzen.

Material: Blumentöpfe mit Gartenerde, Kochtopf, Brenner, Dreifuß, Drahtgestell, Glasschalen, Glasglocke, Mikroskop, Objektträger, Deckgläser, Lupe, Rasiermesser; Javellsche Lauge; Plastilin, Pappe, Zeichenpapier, Klebstreifen; Schmetterlingsblütler, Erbsensamen, Flechten, Schmarotzerpflanzen, Pilze.

A. Bindung des Luftstickstoffes durch Bakterien.

276. *Bakterienknöllchen der Schmetterlingsblütler.* Hebe mittelst einer Schaufel das Wurzelwerk von Lupinen, Robinien, Erbsen, Wicken, Klee, Esparsette samt der anhaftenden Erde aus. Lege das Material in ein Gefäß mit Wasser und lasse die Erde aufweichen. Spüle die Wurzeln hernach in sauberem Wasser aus und untersuche dieselben. Zahlreiche Knöllchen, je nach der Pflanzenart von Stecknadelkopf- bis Maiskorngröße haften an denselben. Sie sind erfüllt von Y- und T-förmigen Bakterien, welche den elementaren Luftstickstoff zu binden vermögen.

277. **Kulturversuch mit bakterienfreier Erde.* Sterilisiere einen mit Gartenerde gefüllten Blumentopf, indem du denselben in einen mit Deckel versehenen Kochtopf auf ein Drahtgestell bringst, sodaß er von der darunter liegenden Wasserschicht nicht erreicht wird. Erhitze das Wasser zum Sieden und belasse den Blumentopf mindestens eine halbe Stunde in dem sich bildenden Wasserdampfe. Pflanze nach dem Abkühlen einige in destilliertem Wasser sorgfältig gereinigte und gequellte Erbsen- oder Blumensamen hinein. Führe parallel einen Kulturversuch derselben Pflanze in gewöhnlicher, bakterienhaltiger Erde durch. Die Gewächse der sterilen Erde bleiben an Üppigkeit des Wuchses stark hinter den andern zurück.

B. Lebensgemeinschaft zwischen Pilzen und grünen Pflanzen.

278. *Symbiose von Wurzelorganen und Pilzen (Mykorrhyza).* Grabe eine junge Buchenpflanze, Wurzeln des

Haselstrauches samt der Erde aus. Spüle die letztere weg, stelle die Wurzeln in sauberes Wasser und beobachte die Wurzelspitzen der feinern Verzweigungen mit der Lupe. Dieselben sind von feinen Pilzfäden umsponnen. Betrachte ein kleines Stück der Wurzelspitze bei schwacher Vergrößerung im Mikroskop.

279. **Mi.** Stelle feine Querschnitte durch die Wurzeln der nichtgrünen Nestwurz her. Wasserdeckglaspräparat. Betrachte zunächst mit der Lupe. In den äußern Zellschichten unter der Oberhaut ist ein gelber, dichter, klumpiger Inhalt bemerkbar. Bei zirka 200-facher Vergrößerung im Mikroskop ist zu erkennen, daß die betreffenden Zellen von Pilzfäden erfüllt sind.

280. **Mi.** *Symbiose von Alge und Pilz bei den Flechten.* Suche an Baumrinden, feuchten Felsen nach weißlichgrünen, pulverigen Überzügen (Soredien). Streue etwas von diesem Pulver auf einen Wassertropfen, der auf dem Objektträger ruht. Zerreibe dasselbe durch gelinden Druck auf das Deckgläschen zu einer grünlichen Wolke. Bei 200-facher Vergrößerung sind deutlich die Kugelalgen mit den sie umspinnenden Pilzfäden erkennbar. — Stelle Querschnitte durch den Thallus von verschiedenen Flechten her. Die Algenschicht ist stets von der Pilzschicht schützend umgeben.

281. *Der Formenreichtum der Flechten.* Suche an Baumrinden, Felsen, auf dem Waldboden, in Hochmooren nach Flechten. Gruppiere sie nach ihrem äußern Bau: Strauchflechten (Rentierflechte, Bartflechte) Blattflechten (gelbe Schüsselflechte), Gallertflechten (im Frühjahr an Wegrändern häufig), Krustenflechten (Steinflechten, Schriftflechte). Besonders schön entwickelt ist die Flechtenflora im Frühjahr nach der Schneeschmelze.

C. Schmarotzer, Halbschmarotzer, Fäulnisbewohner.

282. Sammle folgende Schmarotzer samt ihren Wirtspflanzen oder Teilen derselben: Klee- oder Hopfenseide, Schuppenwurz (im Frühjahr in Laubwäldern), Kleewürger (Orobanche). Untersuche, an welchen Teilen der Wirtspflanze der Schmarotzer aufsitzt, wie die Saugorgane gebaut sind. — **Mi.** Stelle Querschnitte her durch Klee- oder Hopfenseide und die Wirtspflanze an den Anhaftungsstellen. Beachte namentlich den Lauf der Gefäße.

283. *Pflanzenkrankheiten, durch schmarotzende Pilze verursacht.* Vergleiche an Hand von Untersuchungsmaterial gesunde und von Pilzen befallene Vertreter folgender Arten: Weißtanne mit Hexenbesen, Gräser, Seggen, Preißelbeeren, Zypressenwolfsmilch, Frühlingsanemonen von Rost- und Brandpilzen befallen, Gitterrost der Berberitze, Mehltaupilze auf Eichenblättern (**Mi**), Flecken der Bergahornblätter im Spätsommer, Löcherpilze als Wundschmarotzer an Stämmen. Hinweis auf Wirtewechsel gewisser Pilze. Pilze als Seucheerreger.

284. *Halbschmarotzer.* Halbiere mit dem Taschenmesser Mistelzweige an ihren Ansatzstellen samt dem zugehörigen Aststück. Die Saugorgane (Senker) sind als deutlich abgegrenzte kegelförmige Gebilde erkennbar. — Hebe Augentrost, Klappertopf, Wachtelweizen, Läusekräuter, Bergflachs samt einem größern Erdballen aus dem Boden. Löse die Erde sorgfältig durch Abspülen nach vorherigem Aufweichen in Wasser. Die Wurzeln dieser grünen Pflanzen sind durch zahlreiche Haftscheiben an die Wurzeln verschiedener Wirtspflanzen geklammert.

285. *Fäulnisbewohner. Formenreichtum der Pilze.* Hierher gehören die sogenannten Humusbewohner der Buchen- und Fichtenwälder: Fichtenspargel und Nestwurz und die Großzahl der höhern Pilze dieser Standorte. Da ihnen das Chlorophyll vollständig fehlt, müssen sie organische Substanzen direkt aus dem Boden aufnehmen können. Suche im Herbst, womöglich nach einem warmen Regentage einen Wald auf und sammle die Fruchtkörper der Pilze. Unterscheide die Blätter- und Löcherpilze, Keulen- und Stachelpilze, Gallertpilze, Becherlinge u. a. Kenntnis der giftigen Arten. Darstellung der Pilzentwicklung.

D. Insektenfressende Pflanzen.

286. *Sonnentau.* Besuche im Hochsommer ein Hochmoor. Auf den feuchten Torfmoospolstern gedeihen lang- und rundblätteriger Sonnentau. Untersuche die Blättchen verschiedener Pflänzchen. Überall findet man Leichen von Insekten, wie Fliegen, Käferchen, kleinen Libellen oder Spuren von Chitinpanzern. Hebe ein Polster möglichst tief aus und lege es zu Hause in eine Glasschale, über die eine Glocke gestülpt wird. Die Anfeuchtung geschieht mit Regenwasser. Lege nach 2—3 Tagen, wenn die Fanghaare reichliche Schleimabsonderung zei-

gen, auf einige geöffnete Blättchen stecknadelknopfgroße Fleischbröcklein, Mücken, auf andere einige Sandkörnchen, Glassplitterchen, Eiweißkrümchen. Die Fanghaare der Blätter, die mit eiweißhaltigen Stoffen belegt wurden, krümmen sich stark einwärts, die andern nur wenig und langsam.

287. **Mi.** *Wasserschlauch.* Untersuche den in Moortümpeln oft häufig vorkommenden Wasserschlauch in einer Glasschale mit Wasser. Pflanze wurzellos, zwischen den feinzerteilten Blättern zahlreiche Fangblasen, die sogen. Schläuche, die so groß werden können wie ein Hanfsamen. Trenne einige Schläuche mit der Pinzette los und übertrage sie in einen großen Wassertropfen auf dem Objektträger. Durchmustere die Fangblasen bei schwächster Vergrößerung unterm Mikroskop. Gewöhnlich wird man Schläuche entdecken, die im Innern Leichen oder Panzerreste von Flohkrebsen, Hüpferlingen enthalten. Beachte den Reusenapparat an der Öffnung. — Helle einige Schläuche in Javellescher Lauge oder Chloralhydrat in einer Uhrschale auf und stelle hernach ein Glyzerindeckglaspräparat her. Betrachte bei stärkerer Vergrößerung die Wand. Verdauungsdrüsen.

288. **Mi.** *Fettkraut.* Die Pflanze findet sich auf torfigen Wiesen, Tuffhängen. Untersuche die Blattrosetten mehrerer Exemplare am natürlichen Standort. Die Oberseite der Blätter ist oft übersät von Leichen und Chritinresten kleiner Insekten. Berühre ein Blatt mit der Fingerspitze. Schleimabsonderung. Beachte die Umbiegung des Blattrandes. — Stelle feine Blattquerschnitte her und verfertige ein Wasserdeckglaspräparat. Zahlreiche kurzgestielte Schleimdrüsen. — Insektenfangapparate finden sich auch in der Höhlung der Niederblätter der Schuppenwurz.

289. **B. H.** a) Zusammenstellung von Pflanzen mit Wurzelknöllchen. b) Formenreichtum der Flechten. c) Schmarotzer und Halbschmarotzer mit Wirtspflanze oder Teilen derselben. d) Durch Pilze verursachte Pflanzenkrankheiten, wobei gesunde und kranke Typen einander gegenübergestellt werden. e) Formenreichtum der Pilze; kleinere Fruchtkörper lassen sich in der Gitterpresse unter leichtem Druck gut trocknen, größere werden durch Längsschnitte zerlegt. f) Zusammenstellung von insektenfressenden Pflanzen. — Pappemodell des Fangapparates vom Wasserschlauch mit beweglicher Reusenborste. — Aus Plastilin: Nachbildung von Fruchtkörpern verschiedener

Pilze. Verdauungsdrüse von Fettkraut und Wasserschlauch. Die häufigsten Bakterienformen: Kokken, Stäbchen, Stäbchen mit Zilien (Typhus), Spirillen, gekrümmtes Stäbchen.

Lehrausflug: Pilzexkursion im Herbst.

VIII. Die Atmung der Pflanzen und die Gärung.

Material: Brenner, Stativ, Mikroskop, Objektträger (glatte und hohlgeschliffen), Deckgläser, Standzylinder, Bechergläser, Glasplatten, Standkolben, Glaswolle, Reagensgläser, Pipette, Glastrichter, Glasglocken, Erlenmeyer, Wasserbad, Glasröhren, Gummipfropfen und -schläuche, Kühler für Destillation; Kerze mit Draht, Plastilin, Quetschhahn, Filtrierpapier, Watte, Thermometer, Holzkistchen, Holzwolle, Thermosflasche, Faden, Schnüre; Kalk- und Barytwasser, Kalilauge, Quecksilber, Traubenzucker, Nährsalztabletten, Alkohol, metall. Jod; Erbsen, Körbchenblütler, Pilze, Eibenzweige, Wasserlinsen, Sumpf- und Wasserpflanzen, Zweige von Holunder, Birke, Roßkastanie, Flieder; Preßhefe, Aronstab, Sauromatum, Algen, Planktontiere.

290. *Die Ausscheidung von Kohlensäure.* Schütte eine Hand voll Erbsen in einen Standzylinder uud gieße dazu soviel Wasser, daß die Samen um einige cm davon überschichtet sind. Entferne das Wasser nach 24 Stunden, indem du durch Vorhalten der Hand oder eines Pfropfens das Hinausfallen der gequellten Erbsen verhütest. Schwenke mit reinem Wasser nach und gieße auch dieses weg. Fülle in ein kleines Bechergläschen etwas Kalk- oder Barytwasser und stelle es auf die Erbsen in dem Zylinder. Verschließe den letztern mit einem Pfropfen oder einer Glasplatte möglichst luftdicht. Stelle zum Vergleich einen Zylinder daneben, der trockene ungequellte Erbsen und ein Gläschen Kalkwasser enthält und gleichfalls luftdicht verschlossen ist. Beobachte nach 24 Stunden das Kalkwasser. Es ist im ersten Gefäß trübe, im zweiten klar. Hebe den Verschluß vom Zylinder und tauche ein brennendes Zündhölzchen oder eine Kerzenflamme an einem Draht hinein. Die Flamme erlischt im ersten Gefäß. Die keimenden Erbsen haben den Sauerstoff der Luft im Zylinder veratmet und dafür Kohlensäure abgegeben. Langsame Verbrennung. — Verwende an Stelle der gequellten Erbsen Blütenstände oder Pilze, jedoch sollen keine grünen Blätter darunter sein. Das Ergebnis ist das gleiche. — Stoße einige beblätterte Zweige auf den Grund von zwei Standzylindern, welche etwas Wasser enthalten. Stelle den einen Zylinder vom Morgen bis zum Abend ans Fenster, den andern an einen dunkeln Ort. Prüfe am Abend mit einer Kerze die Luft im Zylinder. Die Flamme

erlischt im verdunkelten Gefäß, im andern nicht, da durch die Assimilationstätigkeit im Licht das Verhältnis von Sauerstoff und Kohlensäure in der Zylinderluft ungefähr dasselbe bleibt.

291. *Der Verbrauch von Sauerstoff.* Fülle von drei Standkolben den ersten mit großen Blütenköpfen, den zweiten und dritten mit Efeublättern und Eibenzweigen. Bringe ferner in ein Reagensglas etwa 6 gequellte Erbsen und stopfe einwenig Holz- oder Glaswolle darüber. Stelle sämtliche Gefäße umgekehrt in Bechergläser oder Schalen, welche Kalilauge enthalten. Die eine Vorrichtung mit den grünen Zweigen wird ins Dunkle gestellt. Ferner wird ein vierter mit Blütenköpfen gefüllter Kolben umgekehrt in gewöhnliches Wasser gestellt. Der Stand der Flüssigkeit im Kolbenhals wird bei Versuchsbeginn durch eine Marke bezeichnet. Die Kalilauge beginnt bei allen Gefäßen emporzusteigen, mit Ausnahme des nicht verdunkelten, grüne Blätter enthaltenden Kolbens und desjenigen, welcher in Wasser taucht. Bei diesem nimmt nämlich die durch Atmung gebildete Kohlensäure den Raum des verbrauchten Sauerstoffes ein. In den übrigen Gefäßen nimmt die Kalilauge die Kohlensäure gierig in sich auf, sodaß schließlich der Raum des verbrauchten Sauerstoffes von der Lauge eingenommen wird. Nur bei den im Licht stehenden, grünen Pflanzenteilen heben sich O-Produktion und CO_2 Absorption auf. — Beschwere die Wurzeln von Wasserlinsen in einem Aquarium mit kleinen Plastilinballen, sodaß die Pflänzchen auf den Boden sinken. Sie sterben nach einiger Zeit ab. — Wiederhole Versuch 24 und 25.

292. * *Veratmung von chemisch gebundenem Sauerstoff.* Fülle ein Reagensglas ganz mit Quecksilber, verschließe mit dem Daumen und stelle es verkehrt in ein dickwandiges Gefäß mit Quecksilber. Führe mittels zweier Holzstäbchen oder von Hand einige gequellte Erbsen unter Quecksilber in die Öffnung des Reagensglases ein. Sie werden infolge des Auftriebes sofort nach oben gedrückt. Befestige das Gläschen in einem Stativ. Nach einigen Tagen wird das Quecksilber allmählich nach unten gedrückt. Das entstandene Gas ist Kohlensäure, welche sofort von Kalilauge, die man mittels einer gekrümmten Pipette einspritzt, absorbiert wird. Verwendet man für den Versuch eine weite Barometerröhre, so ist das Sinken des Quecksilbers schon in weniger als einer Stunde bemerkbar. (Marke; ca. 2 kg Quecksilber hiezu nötig!)

293. *Die Versorgung des Pflanzenkörpers mit Sauerstoff.* Wiederhole die Durchlüftungsversuche 257. — **Mi.** Stelle feine Querschnitte durch Stengel und Blattstiele von Sumpf- und Wasserpflanzen her (Binsen, Seerosen, Rohrkolben, Bitterklee, Schachtelhalm). Wasserdeckglaspräparate. Große Zwischenzellräume, die mit Luft erfüllt sind. — Lege Blätter des Rohrkolbens, Stengel der Binse, des Bitterklees auf Wasser. Sie schwimmen infolge des Luftgehaltes.

294. *Rindenporen und Markstrahlen.* Betrachte die Rinde an fingerdicken Zweigen von Flieder, Roßkastanie und Holunder. Sie ist besetzt von zahlreichen, rundlichen bis länglichen Höckerchen, welche die Rindenporen (Korkwarzen oder Lentizellen) vorstellen. Verklebe ein dezimeterlanges Holunderzweigstück an einem Ende luftdicht mit Wachs oder Paraffin und ziehe über das andere einen kurzen Gummischlauch und binde denselben am Zweige mit Schnüren fest. Presse mit einer Fußballpumpe Luft in den Schlauch und schließe denselben mit einem Quetschhalm oder einer Holzklammer. Tauche das Zweigstück sofort unter Wasser. Aus den warzigen Erhöhungen steigen in perlschnurartiger Anreihung Luftbläschen an die Oberfläche.

295. **Mi.** Schneide mit einem Messerchen an einem zwei- oder dreijährigen Zweige der Weißbirke ein punktiertes, rechteckiges Rindenstücklein heraus und kratze etwa noch anhaftende grüne Teile ab. Schabe an einem Teil des Präparates die erhabenen Rindenporen flach und bette das Stück in einen Tropfen Kalilauge auf dem Objektträger. Deckglas. Schwache Vergrößerung. Die Rindenporen sind als ovale oder kreisrunde schwarze Flecken kenntlich, an den geschabten Stellen wird das kleinzellige Füllgewebe sichtbar. — Betrachte auch Querschnitte durch mehrjährige Linden- und Föhrenzweige. Markstrahlen.

296. **Wärmebildung bei der Atmung.* Fülle einen mit feuchtem Filtrierpapier ausgekleideten Glastrichter, welcher in einer Flasche mit etwas Kalilauge steckt, mit angekeimten Erbsen. Stülpe eine tubulierte Glasglocke über die Vorrichtung und stecke durch deren Öffnung ein Thermometer zwischen die Erbsen. Verschließe den Tubus der Glocke mit Watte. Lies nach etwa fünf Minuten die Temperatur ab. Wiederhole die Ablesungen in Abständen von einer Stunde. Es läßt sich eine Steigerung der Temperatur um wenige Grade feststellen. — Am besten gelingt der Versuch, wenn eine Termosflasche

mit keimenden Erbsen gefüllt, mit Watte verpfropt und mit Thermometer versehen wird. Steigerung bis 6°.

297. Fülle eine kleine Holzkiste, deren Deckel in der Mitte durchbohrt ist, mit grünen Blättern der Hainbuche oder Linde. Stecke mittels durchbohrtem Kork die Kugel eines Thermometers zwischen die Blätter. Stelle die Kiste in einen Korb oder eine zweite, größere Kiste und fülle die Zwischenräume ringsum mit Holzwolle aus. Wickle zuletzt ein Wolltuch darum. Lies alle zwei Stunden die Temperatur einmal ab und notiere dieselbe nebst der Lufttemperatur. Zunächst erwärmen sich die Blätter ziemlich stark, unter günstigen Verhältnissen bis gegen 50° C. Dann folgt ein Abstieg und zweiter Anstieg. Der erste infolge der Atmungswärme der Blätter, der zweite durch Bakterieneinwirkung (Fäulnis). — Führe solche Versuche mit Thermosflaschen durch.

298. Lege die Quecksilberkugel eines Thermometers an die Keule einer eben sich öffnenden Blüte des Aronstabes im Freien oder an diejenige einer sich entfaltenden Blütenscheide der im Zimmer gezogenen Eidechsenpflanze (Sauromatum). Umwickle beide Teile mit Watte und Faden. Kontrollthermometer ebenfalls mit Watte umwickeln. Temperaturunterschied oft mehrere Grade. Stecke Thermometer in große Distelköpfe, in Blütenböden der Sonnenblumen und vergleiche mit der Lufttemperatur.

299. *Ausscheidung von Kohlensäure bei der Hefegärung.* Löse 20 gr Traubenzucker in 200 ccm Wasser von 30° C, zerreibe darin zwischen den Fingern etwa 10 g käufliche Preßhefe und füge noch eine halbe Nährsalztablette bei. Lasse das Gemisch in einem Standkolben in einem Wasserbad von 30° C (Nachtlicht) stehen. Nach einer halben Stunde ist schon lebhafte Gärung eingetreten. Hebe einen kleinen Teil der Lösung in einem andern Gefäß für besondere Untersuchungszwecke auf. Verpfropfe den Standkolben mit einem einfach durchbohrten Gummipfropfen, von dem aus eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre auf den Grund eines mit Kalk- oder Barytwasser halb gefüllten Erlenmeyers führt. Die aus der Hefekultur entweichende Kohlensäure trübt das Kalkwasser.

300. **Mi.** Bringe eine kleine Menge gärender Nährlösung auf einen hohlgeschliffenen Objektträger und schiebe unter Vermeidnng von Luftblasen ein Deckglas über. Beobachte bei stärkerer Vergrößerung die Hefezellen, sowie die entstehen-

den Kohlensäurebläschen. — Untersuche in gleicher Weise gärenden Most und Traubensaft, den Honigsaft aus der Blüte der Kaiserkrone.

301. *Nachweis des bei der Hefegärung entstandenen Alkohols.* a) Filtriere nach 24 Stunden die trübe Flüssigkeit in dem Kolben. Gib in einem Reagensglas zum Filtrat eine kleine Messerspitze voll metallisches Jod und einige Tropfen Kalilauge. Erwärme gelinde und lasse das Gläschen wieder abkühlen. Es bildet sich ein gelblicher Niederschlag von Jodoform. Geruch! Kontrollversuch mit Alkohol.

b) Setze den Kolben in ein Wasserbad, verbinde ihn mit einem Wasserkühler und destilliere den Alkohol in eine Vorlage. Geruch. Brennbarkeit. — Setzt man dem im Wasserbad montierten Kolben eine lange, senkrecht aufsteigende Röhre ein, so läßt sich an deren Mündung der Alkoholdampf direkt entzünden.

302*. *Kleiner Kosmos.* Bringe in einen großen, langhalsigen Standkolben, der zu $^3/_4$ mit Wasser gefüllt ist einen Klumpen Fadenalgen und reichliches Plankton, bestehend aus Wasserflöhen (Daphnia), Hüpferlingen, ferner Tellerschnecken. Lasse das Gefäß zur Beobachtung mindestens 14 Tage offen stehen. Erhitze dann den Kolbenhals mit einer Bunsenflamme, ziehe ihn aus, schmelze das Gefäß zu und stelle es an ein Nordfenster. Pflanzen und Tiere bleiben unter richtig getroffener Zusammenstellung monatelang am Leben. Kreislauf der Stoffe.

IX. Wanderung und Speicherung der durch die Assimilation gebildeten Kohlehydrate.

Material: Dreifuß, Drahtnetz, Brenner, Reibschale, Bechergläser, Reagensgläser, Erlenmeyer, Glasröhre, Glasstab, Pinzette, Schere, Reagensglashalter; Alkohol, Jodjodkaliumlösung, Fehlingsche Lösung, Stärke, Gelatine, Malz, Salzsäure, Leinwand, Faltenfilter, Glastrichter, Kapuzinerkresse, Gerstenkörner, Bohnensamen, Zwiebeln- und Knollengewächse.

303. *Die Entstärkung der Blätter während der Nacht.* Schneide von einer Kapuzinerpflanze, die mehrere Stunden lang von der Sonne beschienen wurde, am Abend einige Blätter weg, töte sie in heißem Wasser und lege sie in Alkohol. Entferne von der gleichen Pflanze einige Blätter am Morgen früh. Unterziehe sämtliche abgeschnittene Blätter der Jodprobe. Die am Abend geschnittenen Blätter sind stärke-

haltig, die am Morgen gepflückten stärkefrei. Während der Nacht muß also die Stärke vollständig ausgewandert sein.

304. *Zuckernachweis in Kapuzinerblättern.* Zerschneide mit einer Schere etwa 30-40 aufeinander geschichtete, am Nachmittag gepflückte Blätter der Kapuzinerkresse zu dünnen Schnitzeln. Bringe diese in eine Reibschale mit ein wenig Wasser von 50° C und zerreibe sie zu einem grünen Brei. Füge dann zu diesem noch 200 ccm Wasser von 50° C, rühre um und lasse das Gemisch eine Viertelstunde stehen. Drücke den Saft zunächst durch ein Stück Leinwand, das auf einen großen Trichter gelegt wird. Filtriere hernach unter mehrmaliger Erneuerung des Papierfilters. Gieße einen kleinen Teil des grünlichen Filtrates in ein Reagensglas, gib etwas Fehlingsche Lösung dazu und erhitze bis zum Aufkochen. Es bildet sich ein ziegelroter Niederschlag, der beweist, daß neben der Stärke auch Zucker vorhanden ist.

305. *Künstliche Umwandlung von Stärke in Zucker.* Koche in einem Erlenmeyer 100 ccm. dest. Wasser und füge 1 gr pulvrisierte, käufliche Stärke zu. Versetze den entstehenden dünnen Stärkekleister mit fünf Tropfen Salzsäure. Koche das Gemisch längere Zeit. Entnimm alle fünf Minuten mittels einer Glasröhre eine kleine Probe und lasse dieselbe in einem Reagensgläschen abkühlen. Gib mit Glasstab einen Tropfen Jodjodkaliumlösung zur Probe. Die ersten Proben zeigen noch Stärkereaktion. Bei den spätern ist ein Uebergang von violett über braun bis gelb wahrzunehmen. Zuletzt wird ein Teil der Flüssigkeit im Kolben mit einigen Tropfen Fehlingscher Lösung gekocht. Roter Niederschlag. Zuckernachweis.

306. *Umwandlung von Stärke in Zucker durch Diastase.* Wiederhole Versuch 51-53. — Löse in dünnem, heißem Stärkekleister 10% weiße Gelatine und gieße die Flüssigkeit in drei flache Schalen, wo man sie erstarren läßt. Zerreibe eine kleine Hand voll Malzkörner (getrocknete, keimende Gerste, welche käuflich ist) mit destilliertem Wasser in einer Reibschale, lasse eine halbe Stunde stehen und filtriere. Das Filtrat enthält Diastase. (Man kann auch käufl. Malzextrakt mit aktiver Diastase verwenden.) Verteile einige Tropfen dieses Malzauszuges auf den Kleister der ersten Schale. Lege auf den Kleister der zweiten Schale die Schnittflächen einiger frisch angekeimter, mit dem Messer halbierter Gerstenkörner und Samenlappen der Bohne. Verteile auf den Kleister der

dritten Schale einige Tropfen des in Versuch 304 erhaltenen grünlichen Filtrates. Bedecke die Schalen und lasse sie bis zum andern Tage stehen. Uebergieße dann den Kleister aller drei Gefäße — Samen entfernen — mit verdünnter Jodjodkaliumlösung und lasse sie kurze Zeit einwirken. Gieße die Jodlösung ab, spüle leicht mit Wasser ab. Die Kleisterflächen sind blau mit Ausnahme der Stellen, wo die diastasehaltigen Substanzen lagen. Hier wurde die Stärke in Zucker verwandelt. — Versetze einprozentigen, abgekühlten Stärkekleister mit Diastaselösung, schüttle und lasse stehen. Sofortige Jodprobe an kleiner Menge. Prüfe nach 24 Stunden. Führe die Zuckerprobe aus.

307. *Speicherung von Stärke und Zucker in Samen, Früchten, Rhizomen, Knollen, Zwiebeln.* Wiederhole die Versuche 42, 43, 44, 59, 60, 68, 70, sowie Jahrbuch 1923 Versuch 154, 157—161. Der Beringelungsversuch im Freien (Vers. 214) ergibt, daß die Assimilate von den Blättern in den Rindenteil der Zweige übergeht und hier abwärts geleitet werden, (Siebröhren) in andere Teile der Pflanze: Wachstumstellen, Veratmung, Speicherung.

X. Eiweiß, Fett und übrige Stoffwechselprodukte des Pflanzenkörpers.

Material: Gurke, Kürbispflanze, Topinambur, Samenhaare von Weiden oder Pappeln, Tee, Galläpfel, Eichenrinde, Rotkohl, blaue Stiefmütterchen, riechende Pflanzen; Reibschale, Reibeisen, Glastrichter, Bechergläser, Reagensgläser und Halter dazu, Dreifuß, Drahtnetz, Brenner, Porzellanschalen, Mikroskop und Deckgläser, Leinwand, Faltenfilter, Watte, Papiere, blaues Lakmuspapier, Millonsche und Fehlingsche Lösung, Alkohol, Jodjodkalium, Chlorzinkjodlösung, alkoholische Phlorogluzinlösung, Diphenylamin, Schwefelsäure, Salzsäure, Gerbsäure, Eisenchloridlösung, Ammoniak.

308. *Nachweis und Aufbau von Eiweißsubstanzen.* Hier werden die Versuche 45 und 46 wiederholt, ferner verweise ich auf die Versuche 116-123 und 127-130 im Jahrbuch 1923 (Biologie des Menschen).

Zerkleinere eine Gurke und zerquetsche die Stücke in einer Reibschale. Presse den Saft zunächst durch Leinwand und filtriere ihn hernach. Erhitze einen Teil des Filtrates in einem Reagensglas. Ausflockung von Eiweiß. Koche eine zweite Probe in einem andern Reagensglas mit einigen Tropfen Millonschem Reagens. Die Eiweißsubstanzen werden fleischrot gefärbt.

309. **Mi.** *Siebröhren mit Eiweiß und Zucker.* Stelle Längs- und Querschnitte durch frische Kürbisstengel her. Bette dieselben auf dem Objektträger in einen Wassertropfen, dem ein Tropfen Fehlingscher Lösung beigegeben wurde. Deckglas. Erhitze vorsichtig durch Hin- und Herbewegung des Präparates über einer Flamme, bis sich Dampfbläschen bilden. Lasse etwas abkühlen und betrachte im Mikroskop. Rote Färbung des Siebröhreninhaltes, also Zucker. — Gleiche Behandlung mit Millonschem Reagens ergibt Eiweißgehalt der Siebröhren. — Beachte die durchlöcherten Siebblatten bei starker Vergrößerung.

310. *Fettnachweis.* Wiederhole die Versuche 47, 48, 49.

311. *Inulin.* Zerreibe auf einem Reibeisen eine Knolle des Tobinambur (Helianthus tuberosus). Füge zu dem Brei die doppelte Menge heißen, destillierten Wassers. Presse das Gemisch durch einen Leinwandlappen und filtriere hernach. Füge zum Filtrat das vierfache Volumen Alkohol und lasse das Gefäß stehen. Es scheidet sich nach und nach pulverförmiges Inulin ab, ein stärkeähnlicher Reservestoff.

312. *Zellulose.* Durchtränke in einer Porzellan- oder Tuschschale ein Wattebäuschchen mit Jodjodkaliumlösung und füge hernach mittels Glasstab einige Tropfen Schwefelsäure zu (zwei Teile H_2SO_4 : 1 T. H_2O). Die eintretende schöne Blaufärbung ist die typische Zellulosereaktion. — Durchtränke die Watte mit Chlorzinkjodlösung. Violettfärbung der Zellulose. — Untersuche nach diesen zwei Methoden Samenhaare verschiedener Pflanzen (Weide, Pappel, Weideröschen). **Mi.** Untersuche ferner Querschnitte durch verschiedene Pflanzenstengel, Wurzeln im Mikroskop (Wasserdeckglaspräparat), nachdem die Schnitte in einer Uhrschale nach der gleichen Methode behandelt wurden wie die Watte.

313. *Holzstoff.* Bestreiche mittelst Glasstab ein Zündhölzchen mit einem Tropfen alkoholischer Phlorogluzinlösung. Betupfe dasselbe nach dem Eintrocknen mit Salzsäure. Das Holz wird tief violettrot gefärbt. Prüfe in ähnlicher Weise verschiedene Papiersorten, vor allem Zeitungspapier. Holzreaktion. (Papierfabrikation). **Mi.** Prüfung von Querschnitten durch verholzte und krautige Stengelorgane verschiedener Pflanzen im Mikroskop nach Behandlung mit den genannten Reagenzien.

314. *Gerbstoffe.* Stelle einen Absud aus folgenden Stoffen her: Schwarztee, Eichenrinde, getrockneten und zerriebenen

Eichengalläpfeln. Füge zu den abfiltrierten Lösungen tropfenweise Eisenchloridlösung. Schwarzblaue Farbe (Tinte). Kontrollversuch mit käuflicher Gerbsäure (Tannin).

315. *Säuren und Kristalle von Salzen.* Betupfe frisch geschnittene Stengel des Sauerampfers, angeschnittene unreife Früchte mit blauem Lakmus. Klee- und Fruchtsäuren. Kaue ein kleines Blattstück des Aronstabes. Brennender Schmerz an der Zunge durch Kristallnadeln verursacht. Wiederhole Versuch 105 und 106. — Betupfe Stengelquerschnitte des Holunders mittels Glasstab mit einer Lösung von einigen Diphenylaminkristallen in konzentrierter Schwefelsäure. Blaufärbung infolge Gehaltes an Salpetersäure. Kontrollversuch mit Salpetersäure und Diphenylamin. — Trockne Blätter verschiedener Wiesenpflanzen, zerkleinere sie zwischen den Fingern und verteile das Material in verschiedene Reagensgläser. Prüfe sie auf Salpetersäuregehalt, indem du etwas Diphenylaminlösung zugibst und mit einem Glasstab leicht umrührst. Vorsicht!

316. *Farbstoffe.* Zerschneide die Blätter des Rotkohls, tiefblaue Blütenblätter des Stiefmütterchens mit einer Schere und ziehe den Farbstoff in Alkohol aus. Durch Zugaben von Salzsäure und Ammoniak wird die Farbe verändert. (Siehe auch Versuch 103 und 104).

317. *Flüchtige Öle und Riechstoffe.* Prüfe folgende Pflanzen auf ihren Geruch: Minze, Fenchel, Kamille, Waldmeister, Kümmel, Salbei, gefleckter Schierling, schwarze Johannisbeere, Storchschnabel. Schließe die Augen und suche durch bloßes Riechen die wahllos in die Hand gegebenen Arten mit Riechstoffen festzustellen. — Betrachte Blätter des Johanniskrautes gegen das Licht. Durchsichtige, punktförmige Stellen, die von Hohlräumen des Blattgewebes herrühren, welche mit Öl erfüllt sind. — Betrachte Kelchblätter der Wiesensalbei, des stinkenden Storchschnabels mit der Lupe. Drüsenhaare mit Öltröpfchen. — **Mi.** Querschnitte durch Früchte verschiedener Doldenblütler. Ölstriemen.

Beachte ferner die Harzabsonderung an Fichten, die Ausscheidung von Gummi an Zwetschgen und Pflaumen, Wachsüberzüge, Milchsaft der Wolfsmilcharten (stärkehaltig, Jodprobe unterm Mi.), Pflanzengifte und deren Verwendung als Medikamente.

318. **B. H.** Zusammenstellungen: I. Pflanzen mit Riechstoffen. II. Giftpflanzen der Heimat. III. Medizinalpflanzen der Gärten.

319. *Modell einer Siebröhre.* Verwende hiezu eine weite Glasröhre, schneide passende Pappescheibchen zurecht, durchlöchere dieselben siebartig und schiebe sie quer in das Glasrohr.

XI. Wachstum, Bewegung und Reizempfindung als weitere Lebensäußerung des Pflanzenkörpers.

A. Wachstum und Festigung des Stengels.

Material: Bohnensamen, Saubohnen, Hafer, Aststücke von Holunder, Ahorn, Linde, Schilf, grüne Getreidehalme, Binsen, Kerbel, Schachterhalm, Taubnessel, Stativ, Uhrschalen, Phlorogluzinlösung, Salzsäure, Blumentöpfe, Tusche, Pinsel, Holzstäbe, Rolle, Transporteure, Mikroskop, Objektträger, Deckgläser.

Unter diesem Abschnitt sind auch die Versuche 4-87 über die Entwicklung der Pflanzen zu berücksichtigen, ferner Versuch 181-186 über Wurzelwachstum.

320. **Messung und direkte Wahrnehmung des Längenwachstums an oberirdischen Sprossen.* Kultiviere in einem größeren Blumentopf mit Gartenerde eine Bohne oder Sonnenblume. Errichte mit drei Holzstäben ein Gestell, indem du zwei Stäbe in die Topferde steckst und sie oben durch das dritte Stück quer verbindest. Befestige in der Mitte des Querstabes ein Rädchen mit Hohlrinne, Achse wagrecht. Hefte einen Transporteur an die Querleiste, dessen Mittelpunkt mit der Radachse zusammenfällt. Leime auf das Rädchen in radialer Richtung ein dürres Grashalmstück oder feines Holzspänchen. Wenn die Keimpflanze ein Länge von 4-5 cm erreicht hat, wird ein Seidenfaden an die Sproßspitze gebunden. Führe denselben durch die Rinne des Rädchens und beschwere ihn am andern Ende mit einem kleinen Gewicht. Notiere die Zeigerstellung bei Versuchsbeginn. Je größer der Halbkreis und je länger der Zeiger, desto rascher ist eine Wachstumsbewegung wahrzunehmen.

321. Ziehe in einem Blumentopf mit Gartenerde im Dunkeln 3-4 Keimlinge der Saubohne heran. Wenn die Stengel 3-4 cm Höhe erreicht haben, werden auf ihrer gesamten Länge mittels eines Pinsels Tuschemarken in Abständen von je 2 mm abgetragen. Das Auseinanderrücken der Tuschemarken zeigt, daß die stärkste Streckung im obern Teil des Stengels erfolgt. — *Befestige ähnlich wie in Versuch 183 den Tubus eines Mikroskopes und stelle auf die Spitze eines eben aus der Scheide tretenden Blattes eines Haferkeimlings ein. — Messungen an Sprossen im Freien.

322. *Dickenwachstum von Holzpflanzen.* Betrachte querdurchsägte Aeste oder Stammstücke verschiedener Holzpflanzen. Die Schnittflächen sollen mit scharfem Messer möglichst geglättet werden. Rinde, Holz, Mark, Zählung der Jahrringe. — **Mi.** Stelle Querschnitte her durch einen diesjährigen und letztjährigen Holunderzweig, durch ein-, zwei-, und mehrjährige Linden-, Ahorn- und Föhrenzweige. Behandle die Schnitte vorerst in einer Uhrschale mit Phlorogluzin und Salzsäure (Versuch 313). Die verholzten Teile werden rot gefärbt. Unterscheidung von Rinde (Korkschicht) Siebteil, Markstrahlen, Kambium, Frühjahrs- und Herbstholz, Gefäße, Mark. Untersuche dieselben Elemente auf Längsschnitten.

323. *Die Festigung des Pflanzenkörpers.* Untersuche Schilfstengel, Getreidehalme. Bei höchster Festigkeit Sparsamkeit in Verwendung der Baustoffe. Entferne an grünen Getreidehalmen sorgfältig die Blattscheiden. Umknicken der Stengel. — Festigung der Krautstengel durch Turgorspannung (s. Versuch 198). — **Mi.** Querschnitte durch Binsen (Juncus), Grashalme über den Knoten, Kerbel, Ackerschachtelhalm, Taubnessel werden vorerst mit Phlorogluzin und Salzsäure behandelt. Lagerung der mechanischen Gewebe (verdickte Zellen z. T. verholzt) in den Randzonen.

B. Die Reizbewegungen der Pflanzen.

Material: Blumentöpfe, Holzkisten, Sand, Blumendraht, Korkpfropfen, Weckeruhr Holzstäbe, Nägel, Tusche, Pinsel, heliotropische Kammer, Pferdemist, Pappeschachtel, Saubohnen, Wolfsbohnenpflanze, Löwenzahn, grüne Getreidehalme, Weidenzweigstücke, Senfkörner, Jerichorose, Selaginella, Jepidophylla, Köpfe der Eberwurz, Fruchtkapseln der Kornrade, Lichtnelke, Frucht des Reiherschnabels, Racomitrium canescens, Standzylinder, Blasschale mit Deckel, Wanne.

324. *Der Einfluß der Schwerkraft. (Geotropismus)* Wiederhole Versuch 187. — Kultiviere im Dunkeln in Blumentöpfen Saubohnen. Wenn die Stengel eine Höhe von etwa 8 cm erreicht haben, werden die Geschirre umgelegt. Die Sprosse beginnen sich aufwärts zu krümmen. Hebe die Versuchspflanze nachher im biologischen Herbar auf. — Stelle junge Stengel der Wolfsbohne mit entwickeltem Blütenstand, aber noch geschlossenen Blüten schief in ein Wassergefäß. Die Schosse krümmen sich nach oben.

325. Stecke frisch geschnittene Schäfte des Löwenzahns, an denen die Blütenköpfe enfernt wurden, sowie grüne Getreidehalmstücke, welche Knoten besitzen, wagrecht in einen durchnäßten Sandhaufen, welcher auf dem Boden einer Holz-

schachtel liegt. Der längere Teil der Stengel soll dabei frei in die Luft ragen. Bedecke das Gefäß mit einer Glasscheibe. Der Löwenzahnschaft krümmt sich bogenförmig nach oben, bei den Halmen findet die Biegung in den Knoten statt.

326. *Polarität der Weidensprosse.* Schneide im Februar oder März zwei mit Augen versehene, fingerdicke Weidenzweigstücke von 25 cm Länge. Füttere einen hohen Standzylinder mit Filtrierpapier aus, benetze dasselbe und überschichte den Boden mit etwas Wasser. Suche einen passenden Kork aus und hänge mittels Blumendraht die beiden Weidenzweige in verschiedener Lage, d. h. den einen mit dem äußern Zweigteil nach unten, den andern umgekehrt, an die Unterseite des Pfropfens. Versenke die Vorrichtung in dem Zylinder, daß die Zweige darin frei hängen, ohne die Wände oder das Wasser zu berühren. Stelle die Vorrichtung ins Dunkle. Nach einigen Wochen sind Wurzeln und Blattsprosse hervorgebrochen. Die Wurzeln gehen nur aus denjenigen Augen hervor, welche auf der dickern, dem Hauptstamm der Weide zugekehrten Seite liegen, die Blattsprosse nur aus den auswärtsgelegenen Knospen des dünnern Stengelteils. Sehr schön macht sich der Einfluß der Schwerkraft geltend.

327. **Aufhebung der Wirkung der Schwerkraft mittels Weckeruhr.* Ziehe im Dunkeln in zwei kleinen Blumentöpfen von etwa 8 cm Höhe in Gartenerde Senf oder Gartenkressen heran. Wenn die Keimlinge eine Höhe von 2 cm erreicht haben, bringt man den einen Topf folgendermaßen mit dem Gehwerk einer Weckeruhr in Verbindung: Stecke an den Knopf, der auf der Rückseite zur Drehung des großen Zeigers dient, einen durchbohrten Kork, der gut sitzen muß. Stoße durch das Loch im Boden der Senfkultur einen 30 cm langen Stab, welcher ebenfalls gut festhalten und auf beiden Seiten gleichweit vorstehen soll. Stecke das untere Ende in die Öffnung des Korkes und lege das obere, gerundete Ende auf eine Unterlage, sodaß die Drehachse wagrecht liegt. Verhindere das seitliche Ausweichen der Achse durch Anbringen von Nägeln. Stelle die Vorrichtung ins Dunkle und lege den zweiten Topf ebenfalls umgekippt daneben. Sämtliche Pflänzchen des letztern zeigen geotropische Krümmung, diejenigen an der Weckeruhr nicht.

328. *Das Winden.* Pflanze in zwei Blumentöpfen Stangenbohnen. Gib den einen eine Holzstütze, den andern nicht. Bezeichne durch dünne Holzstäbchen, welche in die Erde ge-

steckt werden, die verschiedenen Lagen einer windenden Sproßspitze. Bezeichne die konvexe Seite des Sproßendes mit einer Tuschemarke. Beachte die Verschiebung dieser Marke bezogen auf die Achse des Sprosses. Dieser windet links, wobei er sich um die eigene Achse dreht. — Beobachte das Winden an Hopfen, Winde, Glyzine, Bittersüß, Ipomœa japonica, Knöterich (Polygonum Convulvulus), Geißblatt.

329. *Bewegungen unter dem Einfluß mechanischer Reize.* Beobachte das Ranken der Blattstiele der Kapuzinerkresse, die Blattranken der Erbse; besonders empfindlich sind die Ranken der Zaunrübe (Bryonia). Wird eine gestreckte Ranke derselben mit einem Stäbchen berührt, so kann man nach kurzer Zeit eine Krümmung beobachten. Untersuche ferner Kürbis, wilden Wein. — Momentan ausgelöste Bewegung infolge Berührung oder Erschütterung zeigen die Mimose (M. pudica) und auch in schwächerem Maße die Robinie, deren Blätter sich zusammenlegen, Staubfadenhaare der Berberitze, die gespreitzt sind, schlagen nach innen.

330. *Der Einfluß des Lichtes.* Säe in einem kleinen mit Gartenerde gefüllten Blumentopfe Senfkörner aus. Stelle das Geschirr ins Dunkle, bis die Keimpflanzen eine Höhe von 3 cm erreicht haben. Fertige eine heliotropische Kammer an, indem du zwei Zigarrenkisten, die eine ohne Boden, die andere ohne Deckel durch angeleimte Seitenbrettchen zu einer Kiste vereinigst. In die eine Schmalseite wird ein kreisrundes Loch geschnitten und eine kurze Papperöhre eingepaßt. Das Innere wird mit Tusche geschwärzt. Stelle jetzt die Senfkultur so hinein, daß die obern Teile der Keimlinge in die Höhe der Achse des Papperohres liegen. Richte die Öffnung gegen ein Fenster, schließe den Deckel und verhülle die Schachtel zur Sicherheit noch mit schwarzem Tuch oder Papier. Schon nach einigen Stunden wenden sich die Stengelchen dem Lichte zu. Lasse die Kultur längere Zeit drin, begieße sie öfters. Die Stengel wachsen teilweise durch die Öffnung hinaus. — Wiederhole Versuch 189. — Beachte die Blattstellung von Topfpflanzen am Fenster, Drehung von Blüten nach der Sonne.

331. Bringe feuchten, möglichst frischen Pferdemist in eine große Glasschale mit Deckel. Stülpe eine runde Pappeschachtel darüber, in welcher in der Höhe der Schale ein kleines, rundes Loch angebracht wird. Zuerst erscheinen Köpfchenschimmelpilze (Mucor) und in deren Gefolge der „Hutwerfer“ (Pilobolus cristallinus). Die keulenförmigen Frucht-

körper wenden sich dem Lichte zu und schleudern diesem auch ihre Sporenhäufchen entgegen. Infolgedessen wird die Innenseite der Glasschale an der Stelle der Lichtöffnung von den klebrigen, schwärzlichen Sporenmassen bombardiert.

332. *Schlafbewegungen an Blättern und Blüten.* Vergleiche die Stellung der Blätter bei folgenden Pflanzen am Mittag und am Abend an einem schönen, warmen Tage: große Gartenbalsamine, Lein, Vogelmiere (die Blätter stehen tags wagrecht, nachts richten sie sich auf); Springkraut, Bohne (die Blätter senken sich des nachts); Sauerklee, die Teilblättchen legen sich zusammen. Stelle fest, zu welcher Tageszeit sich die Blüten folgender Pflanzen öffnen und wieder schließen: Löwenzahn, Bocksbart, Gänseblümchen, Tabak, Nachtkerze, Tulpe. (Blumenuhr von Linné).

333. *Hygroskopische Bewegungen.* Wirf feine trockene, eingeballte Jerichorose, ferner Selaginella lepidophylla in warmes Wasser. Die Teile rollen sich auf, beim Eintrocknen krümmen sich die Zweige wieder einwärts. — Tauche Köpfe der Eberwurz (Carlina acaulis und vulgaris) in heißes Wasser. Die Hüllblätter schließen sich sofort. Stelle ähnliche Versuche an mit Fruchtkapseln der Lichtnelke, der Kornrade, deren Klappen trocken gespreizt sind, mit Früchten des Reiherschnabels, mit getrockneten Stämmchen des Laubmooses Racomitrium, dessen Blättchen sich sofort zurückkrümmen bei Benetzung.

334. **B. H.** Zusammenstellungen nach folgenden Gesichtspunkten:

1. Die Form des oberirdischen Stengels: Krautstengel, Halm, Schaft, verholzter Stengel, Winder, Ausläufer.
2. Rinde von Holzgewächsen (von gefällten Stämmen).
3. Zweige der Laubhölzer mit Winterknospen.
4. Winder und Ranker.
5. Wildwachsende Pflanzen mit geotropischen Krümmungen.

XII. Die Fortpflanzung.

A. Ungeschlechtliche und geschlechtliche Vermehrung.

Material: Heidekraut, Wasserlinse, Blüten von Lilie, Tulpe, Narzisse, Gladiole, Malve, Nachtkerze, Kürbis, Löwenzahn, Weideröschen, Springkraut, Orchideen, Platterbsen, Fichtenspargel, Schildfarn, Schachtelhalm mit Sporenbehälter; Torf, Plastilin, Pappe, Gummi, Papier; Standzylinder, Glasschale mit Deckel, Mikroskop, Objektträger, Deckgläser, Chloralhydrat, Zitronenöl, Karbolsäure, Gelatine, Rohrzucker.

335. *Vom Alter der Pflanzen.* Stelle die Lebensdauer einiger Gartengewächse fest. — Bestimme das Alter gefällter Bäume durch Zählen der Jahrringe. Suche aus den daraus sich ergebenden Erfahrungen das Alter der Bäume eines Waldbestandes zu bestimmen. Bei Nadelhölzern werden die Astwirtel und deren Narben berücksichtigt. — Skizziere, beschreibe oder photographiere die ältesten Bäume deiner Heimat. Schutz pflanzlicher Naturdenkmäler. — Bestimme das Alter von Rhizomstücken aus den Narben. — **Mi.** Lege Stengelstücke von Zwergsträuchern (Heidekraut, Moorbeere, Alpenrosen, Silberwurz) 14 Tage in ein Gemisch von gleichen Teilen Glyzerin und Alkohol. Stelle Querschnitte her und zähle unterm Mikroskop die Jahrringe. Glyzerindeckglaspräparat.

336. *Ungeschlechtliche Vermehrung.* Über die Fortpflanzung durch Knollen, Zwiebeln, Stecklinge, Winterknospen siehe Versuche 54—74. — Bringe in einen mit Wasser gefüllten großen Zylinder eine einzige Wasserlinse (Lemna minor). Sie vermehrt sich durch Sproßung derart, daß nach einiger Zeit die ganze Oberfläche von Wasserlinsen bedeckt wird. Notiere die Zeit des Versuchsbeginnes und stelle die durch Sprossung entstandenen Tochterpflänzchen durch Zählung innerhalb eines bestimmten Zeitraumes fest. — Suche das in Gräben, an Brunnen und andern feuchten Orten vorkommende Lebermoos Marchantia nach Brutbechern ab und übertrage einige abgeschabte Brutkörperchen auf feuchten Torf in der Feuchtkammer. — Wenn ein Schulgarten vorhanden ist, können dort Pfropfen, Kopulieren und Okulieren vorgeführt werden, sowie die Vermehrung durch Absenker bei Nelken.

Geschlechtliche Vermehrung. Die Teile einer Blüte, insbesondere der äußere Bau der männlichen und weiblichen Blütenorgane, Zwitter, Ein- und Zweihäusigkeit, die Bestäubung durch Wind und Insekten, Selbstbestäubung, Schutzeinrichtung der Blüten, Anpassungserscheinungen u. a. werden am zweckmäßigsten im Zusammenhang mit der Besprechung typischer Vertreter dieser biologischen Gruppen (siehe No. 88) behandelt. Unter der reichen Literatur über Blütenbiologie möchte ich an dieser Stelle besonders die Arbeit unseres Kollegen Prof. Dr. Hans Meierhofer*) empfehlen. — Zum Verständnis des Befruchtungsorganes werden die folgenden mikroskopischen Übungen vorgenommen.

*) Siehe Literaturverzeichnis.

337. **Mi.** *Männliche Geschlechtszellen.* Stelle Querschnitte durch die uneröffneten Blüten der Lilie, Tulpe, Hyazinthe, sodaß die Staubbeutel getroffen werden. Bette Staubbeutelquerschnitte in Wassertropfen oder einen Tropfen Kalilauge. Deckglas. Beachte die Zahl der Pollenkammern und die darin liegenden Pollen. — Untersuche als Trockenpräparat ohne Deckglas Pollen von Malven und den oben genannten Arten. — Stelle Wasserdeckglaspräparate her. Platzen vieler Pollen. — Öltröpfchen und Stacheln oder Leisten bei Insektenpollen. — Formenreichtum der Pollen: Kürbis, Heidekraut, Nachtkerze, Nelken, Haselwurz, Löwenzahn, Weideröschen. — Flugpollen der Föhre. — Miß die Größe der Pollen, indem Hirschbrunstsporen zum Präparat gefügt werden. — Um Pollen durchscheinend zu machen, werden sie je nach der Art (ausprobieren!) in Karbolsäure, Zitronenöl oder Chloralhydrat eingebettet.

338. **Mi.** *Pollenschläuche.* Schabe an bestäubten Narben von Malven, Narzissen, Orchideen, Lilien mit einem Messerchen die Narbenoberfläche ab und untersuche das Geschabsel im Wasserdeckglaspräparat. Pollen mit und ohne Schläuche. — Künstliche Pollenschlauchbildung: a) in breitgestrichenem Wassertropfen auf dem Objektträger: Springkraut, Blutweiderich, Lobelie, Tabak, Lilien; die Objektträger werden ohne Deckglas in eine Feuchtkammer gelegt (O-zutritt!) und von Zeit zu Zeit bei schwacher Vergrößerung unterm Mikroskop kontrolliert. b) In 100 Teilen Wasser + 1,5 % Gelatine + Zuckerzusatz je nach der Art: Lauch 3 % Zucker, Mohn 1 %, Tulpe 3 %, Narzisse 5 %, Malven 30 %, Platterbsen 15 % (besonders günstig). — Zur Sichtbarmachung der Pollenschlauchkerne löst man in 20-prozentiger Essigsäure soviel Methylgrün, bis die Flüssigkeit tief blaugrün erscheint. Füge mit Glasstab einen Tropfen zu einem Pollenpräparat.

339. **Mi.** *Die Samenanlagen.* Zerschneide die Fruchtknoten von Tulpe, Lilie, Hyazinthe längs und quer und beobachte Zahl und Anordnung der Fruchtfächer und Samenanlagen. — Stelle mit Rasiermesser feine Querschnitte durch Fruchtknoten der Lilie, Narzisse, Gladiole her. Durchmustere die erhaltenen Querschnitte bei schwacher Vergrößerung und isoliere mit Nadeln diejenigen, auf denen Samenanlagen genau in der Längsrichtung halbiert wurden. Beachte die Häute der Samenanlage, den Keimsack mit Eizelle und den sie begleitenden andern eingeschlossenen Zellen. (Synergiden, Antipoden, Polkerne). — Besonders günstige Objekte sind die durchschei-

nenden Samenanlagen der Fichtenspargel, des Wintergrüns, von Orchideen, Gloxinien und der ebenfalls in Gärten kultivierten Torenia asiatica. — Im Schulgarten Versuche über Bestäubung (Verhinderung des Insektenbesuches, Notwendigkeit der Fremdbestäubung).

340. **B. H.** Zusammenstellung:

1. Pflanzen mit Organen, die der ungeschlechtlichen Vermehrung dienen.
2. Verschiedene Blütenstände (Einzelblüte, Köpfchen, Körbchen, Ähre, Traube, Rispe, Scheindolde, Dolde).
3. Windblütler.
4. Pflanzen mit Zwitterblüten, Ein- und Zweihäusigkeit.
5. Schutzvorrichtungen der Blüten vor ungebetenen Gästen (Haare, Drüsen, Leimring, Wasserbehälter).
6. Umwandlung von Staubblättern in Blütenblätter bei Seerose und kultivierten Rosen.
7. Monstrositäten, Vergrünungen, Blütengallen.

341. *Arbeiten in Plastilin.* Bilde in stark vergrößertem Maßstab folgende Gebilde nach: Staubbeutel der Lilie oder Tulpe, Stempel (Fruchtknoten, Griffel, Narbe), anhaftende Pollen durch Glasperlen darstellen, Samenanlage, Pollen der Malve (zugespitzte Zündhölzchen als Stacheln), Föhre (2 Farben), Nachtkerze (Nähfaden), Nelke, Kürbis, Haselwurz, Lilie (anklebende Öltröpfchen mit andersfarbigem Plastilin).

Modelle: Hebelvorrichtung an den Staubblättern der Salbei, Schlendervorrichtung an den Staubblättern der Nessel.

B. Verbreitung von Früchten und Samen.

342. *Eigenbewegungen.* a) Kryptogamen: **Mi.** Schabe von getrockneten Wedeln des Engelsüß oder Schildfarn Sporangienhäufchen auf einen Wassertropfen auf dem Objektträger. Betrachte bei schwacher Vergrößerung (ohne Deckglas). Die Sporangien sind geschlossen. Sauge das Wasser mit einem Filtrierpapierstreifen weg, fahre dann mit dem Objektträger einige Male durch eine Flamme und beobachte dann sofort wieder im Mikroskop. In dem Maße, wie das Wasser verdunstet, strecken sich die hygroskopischen Ringe der Sporangien und schnellen schließlich rückwärts um, wobei Sporen und Sporangien herumgeschleudert werden. — Schütte aus dem Sporenbehälter eines frisch gesammelten Schachtelhalmes ein Häufchen Sporen auf den trockenen Objektträger. Beobachte das unbedeckte Material bei schwacher Vergrößerung.

Grüne Sporen mit Schleuderbändern, die in trockenem Zustande gespreizt sind. Hauche auf den Objektträger, oder halte die warme Hand in die Nähe. Die stark hygroskopischen Bänder rollen sich spiralig um die Spore und schnellen beim Austrocknen zurück.

b) Blütenpflanzen: Beachte die Schleudervorrichtungen bei Veilchen, Sauerklee, Lupinen, Robinien u. a. Schmetterlingsblütlern, Storchschnabel, Springkräutern; die erdwendige Bewegung des Fruchtstieles des Zymbelkrautes.

343. *Verbreitung von Samen und Früchten durch Wasser, Wind, Tiere und Menschen.* B. H.:

1. Zusammenstellungen von Früchten und Samen mit Flugvorrichtungen auf schwarzem Papier, mittels Gummi anheften.
2. Verbreitung durch Tiere, Beeren (in Formol in kleinen Präparatengläsern), Hakenfrüchte, Samen von Ameisenpflanzen (Veilchen, Schöllkraut, Gundelrebe, Haselwurz).
3. Durch den Menschen verschleppte Pflanzen an Bahndämmen, Straßenrändern, in der Umgebung von Mühlen, Baumwollfabriken, mit Getreidesaat eingeschleppte „Unkräuter".

Lehrausflug im Herbst zum Studium der Samenverbreitung. — Modelle aus Papier: Hülse, Schote. — Nachbildung von Frucht- und Samenformen aus Plastilin.

Neben den Lehrausflügen, deren Ziel im Zusammenhang mit dem im vorliegenden Texte behandelten Stoffe steht lassen sich auf unserer Stufe noch eine Reihe anderer naturkundlicher Exkursionen ausführen, deren Zweck hier noch kurz angedeutet sei.

Jeder Wald bietet Gelegenheit zu forstwirtschaftlichen Studien. Einführung in die Begriffe: Hoch-, Nieder- und Mittelwald; Nadel-, Laub- und Mischwald; Besuch einer Pflanzschule; natürliche und künstliche Waldverjüngung; Plenterwald, Femel- und Kahlschlag. Am Seeufer wird die Verlandung und Moorbildung besprochen. Der Besuch von Kiesgruben und Ablagerungsplätzen gibt Gelegenheit, von der Besiedelung kahlen Bodens und der Wanderung der Pflanzen unter dem Einfluß des Menschen zu sprechen. Ganz besonders sei auch der Besuch unseres botanischen Gartens empfohlen und zwar wiederholt innerhalb eines Jahres. Auch größere Parkanlagen (Alpenquai, Belvoir in Zürich) bieten viel Lehrreiches. Daß bei Vorbesprechung einer Schulreise neben geographischen und geologischen Erläuterungen auch der Vegetation des zu besuchenden Gebietes gedacht wird, scheint mir selbstverständlich.

Literatur

◇

Aus der umfangreichen biologischen Literatur mögen hier einige Arbeiten genannt werden, die 1. für Methodik und Praxis des naturwissenschaftlichen Unterrichtes wertvoll sind, 2. solche, die dem Lehrer als Hilfsmittel für selbständige Naturstudien dienen.

1. Methodik des Biologieunterrichts.

Biologische Arbeit, Heft 1—17, Verlag Theod. Fisher, Freiburg i. B.

Detmer, W., Das kleine pflanzenphysiologische Praktikum, Jena 1902.

Pietsch, A., Mikroskopische Untersuchungen über den Bau der Pflanze. Leipzig 1922. Q. u. M.

Rein, R., Leitfaden für biologische Schülerübungen. Leipzig 1914. Q. u. M.

Riggenbach, E., Das biologische Herbarium. Herausgegeben vom schweiz. Bund für Naturschutz. Basel 1914.

Schäffer, Biologisches Experimentierbuch. Leipzig und Berlin 1913. Teubner.

Schoenichen, W., Methodik und Technik des naturgeschichtlichen Unterrichtes. Leipzig 1914. Q. u. M.

Strassburger, Ed., Das kleine botanische Praktikum für Anfänger. Jena 1921.

Vogler, P., Biologische Schülerübungen. Funktion und Bau der vegetativen Pflanzenorgane. Heft 19 der „Theorie und Praxis des Sekundarschulunterrichtes". St. Gallische Sekundarlehrerkonferenz 1909.

2. Lehrbücher über Anatomie, Physiologie und Biologie der Pflanzen.

Kerner-Hansen, Pflanzenleben. Leipzig und Wien 1903.

Meierhofer, H., Einführung in die Biologie der Blütenpflanzen. Stuttgart 1907 (Lutz).

Migula, W., Pflanzenbiologie, Leipzig 1909. Q. u. M.

Molisch, H., Anatomie der Pflanze. Jena 1922.

— Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. Jena 1921.

Strassburger, Noll, Schenk, Schimper, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Jena 1921.

3. Lehrausflüge und Erforschung der heimischen Flora.

Christ, H. Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1879.

Flury, P., Die forstlichen Verhältnisse der Schweiz. Zürich 1914. Beer & Cie.

Furrer E., Kleine Pflanzengeographie der Schweiz. Zürich 1923. Beer & Cie.

Kolkwitz, R., Pflanzenphysiologie. Versuche und Beobachtungen an höhern und niedern Pflanzen. Jena 1922.
Michael, E, Führer für Pilzfreunde. 3 Bde. Zwickau 1917.
Pascher, A., Die Süßwasserflora Deutschlands, Östreichs und der Schweiz. 16 Hefte. Jena, seit 1913.
Rübel & Schröter, Pflanzengeographischer Exkursionsführer. Zürich 1923. Rascher.
Schœnichen, W., Der biologische Lehrausflug. Jena 1922.
Schinz, H., Führer durch den botanischen Garten der Universität Zürich. 1915.
Schinz und *Keller*, Flora der Schweiz, 1. Teil, 4. Auflage. Zürich 1923.
Schröter, C., Die Schwebeflora unserer Seen. Zürich 1896.
— Das Pflanzenleben der Alpen. 2. Aufl. im Erscheinen begriffen. Zürich 1923. Raustein.
— Taschenflora des Alpenwanderers. Zürich 1900.
Warming und *Gräbner*, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Berlin 1918. (Bornträger).

Womit ein Arbeitsplatz (eine Schülergruppe) für botanische Schülerübungen ausgerüstet sein sollte.

1 Eisenstativ mit Ring u. Klemme
1 Drahtnetz mit Asbesteinlage
3 Abdampfschalen aus Porzellan (3 Größen)
3 Bechergläser (3 Größen)
2 Erlenmeyerkolben
1 Fußzylinder, geschliffen
1 Glastrichter
1 Trichterröhre
1 Brenner
1 Thermometer 150° C.
1 Glasstab
1 Emailwanne
1 Reibschale mit Pistill
1 Reibeisen
1 Pipette
1 Petrischale
12 Reagensgläser
1 Reagensglas, schwer schmelzb.
1 Reagensglasgestell
1 Glasbürste
4 Uhrschalen
1 Meßzylinder 100 ccm
1 Glasplatte
1 Wage
1 Gewichtssatz
1 Lupe
1 Schere
2 Präpariernadeln
1 Messer
2 Pinzetten
1 Schülermikroskop
Objektträger
Deckgläser
1 Hirschleder
Reinigungslappen

Dazu kommen Chemikalien und sonstiges Verbrauchsmaterial, deren Anschaffung vom Umfang der Übungen abhängt.

Sachverzeichnis

Die Zahlen bedeuten die Nummern des Versuches.

Algen 75, 95, 102
Alkoholnachweis 301
Anthozyan 266
Aquarium 74
Aschenanalyse 117
Aschenbilder 130
Assimilation 248 ff
Atmung 290 ff
Bakterien 79
Bakterienknöllchen 276
Beringelung 214
Bodenanalyse 160 ff
Bodenarten 143
Brutknöllchen 64
Chlornachweis 129, 161
Chlorophyllkörner 101, 267
Chlorophyllkristalle 264
Chlorophyllösung 259
Chlorose 131
Destillation, trockene 108 ff
Diastase 306
Dickenwachstum 322
Druckschwärzeverfahren 246
Düngung 167
Durchlüftung 148, 257
Eisennachweis 124, 161
Eiweißreaktion 45, 308
Farbstoffe 103, 316
Farnvorkeime 77, 101
Fäulnisbewohner 285
Fettnachweis 47
Feuchtkammer 14
Flammenfärbung 206
Fluoreszenz 260
Gallerte 10
Gefäße 210 ff
Gefrieren 159
Geotropismus 187, 324
Gerbstoffe 314
Haarröhrchenanziehung 152, 204, 217
Halbschmarotzer 284
Hefegärung 299 ff
Holzstoffnachweis 89
Humusgehalt 162
Hungerkulturen 140
Hygroskopische Bewegung 333
Infiltrationsmethode 237
Insektenfresser 286ff
Inulin 311
Jodätherprobe 252
Kaliumnachweis 126 ff
Kalkgehalt des Bodens 160
Kalkgehalt des Wassers 164
Kalziumnachweis 122, 161
Kataplasma 4
Keimblätter 36
Keimfähigkeit 20
Keimung 14ff
Knollen 54 ff
Kobaltprobe 234
Kohlensäurenachweis 115, 117
Kosmos 302
Kristalle 105
Kunstformen der Natur 95
Längenwachstum 320
Laminariastift 4
Lehrausflüge 30, 143, 168, 192 242, 274
Leitbündel 207 ff
Leuchtbakterien 80
Lichtpausverfahren 34, 246
Lichtwirkung 26, 189, 250, 263 271, 330
Lithiumversuch 206
Luftgehalt des Wassers 163
Magnesiumnachweis 121
Markstrahlen 294
Messung im Mikroskop 94
Modelle 213, 289, 341, 343
Nährbouillon 84
Nährkulturen 131
Nährsalze 131
Nährstoffabbau 50

Naturschutz 88, 335
Naturselbstdrucke 246
Öle 47, 317
Osmose 194
Pferdemistkultur 86
Phosphornachweis 119, 161
Pilobolus 86
Pilze 79 ff, 278, 285, 290
Plasmolyse 202
Porenvolumen 151
Pflanzenhaare 244
Pflanzenkrankheiten 283
Pflanzensäuren 315
Polarität 326
Pollen 337
Pollenschläuche 338
Purpurbakterien 81
Quellung 4 ff
Rhizoiden 178
Rhizom 67
Rindenporen 294
Saftsteigen 205
Samenanlagen 339
Sandkultur 136
Sauerstoffausscheidung 269
Saugkraft der Sprosse 224
Schimmelpilze 332
Schlämmen 145
Schleudervorrichtung 342
Schmarotzer 282
Schwefelnachweis 108, 118, 161
Schwerkraft, Einfluß der 187, 324
Siebröhren 309
Spaltöffnungen 235
Stärkebildung 255
Stärkekörner 42
Stärkenachweis 40, 59, 70, 249, 251
Stärkephotographie 251
Stärkeverzuckerung 51, 52, 53, 305
Stärkewanderung 303
Stecklinge 72 ff
Stickstoffnachweis 111
Symbiose 278
Torf 147
Torfmoose 203, 286
Tradescantia 98, 105, 107, 225, 258
Transpiration 225 ff, 241
Traubesche Zelle 199
Trockengewicht 113
Turgor 196
Wachsüberzug 243
Wasserverdunstung 225 ff, 241
Winden 328
Winterknospen 74
Wurzeldruck 220
Wurzelhaare 170 ff
Wurzelhaube 176
Wurzelkasten 172
Wurzelwachstum 181 ff
Zellform 89 ff
Zellkern 98
Zellulose 312
Zirkulation 107
Zuckernachweis 68, 70, 254, 304
Zwiebel 26, 69 ff