

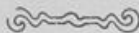
Stern 1911.

Realgymnasium der Ämter Warne und Lickel.

Der Unterricht in der Biologie
in den oberen Klassen

von

Dr. Kleinsorge.



1911. Prog. Nr. 512.

1911.

Qwa
7 (1911)



512



A. Allgemeine Gesichtspunkte bei der Einführung des biologischen Unterrichts.

Die Einführung des biologischen Unterrichts ist zurückzuführen auf den Ministerialerlaß vom 19. März 1908. Schon vor diesem Erlaß sind an einigen höheren Schulen Versuche mit biologischen Unterweisungen im Unterricht gemacht worden mit mehr oder weniger gutem Erfolg. Der biologische Unterricht krankte aber an dem einen Mangel, daß er fast durchweg in fakultativen Stunden erteilt wurde und eine Mehrbelastung der Schüler verursachte. Einen wesentlichen Schritt nach vorwärts bedeutet der erwähnte Erlaß, der zum ersten Male die Möglichkeit bot, die Biologie obligatorisch einzuführen.

Im Anschluß an den Erlaß und an eine diesbezügliche Verfügung des Kgl. Provinzial-Schulkollegiums zu Münster fand eine Konferenz des hiesigen Lehrerkollegiums statt, in der beschlossen wurde, von Ostern 1909 ab den biologischen Unterricht am Realgymnasium obligatorisch einzuführen und zwar mit folgenden Bestimmungen: 1. Der biologische Unterricht wird mit wöchentlich 1 Stunde in den zwei oberen Klassen erteilt; 2. die für die Biologie erforderliche Wochenstunde wird entnommen im 1. Tertial der Chemie-Physik, im 2. dem Latein und der Mathematik, im 3. dem Turnunterricht. Die Begründung für die Heranziehung gerade dieser Fächer erübrigt sich an dieser Stelle. Nur bezüglich des Turnens, auf welches doch behördlicherseits sonst so viel Gewicht gelegt wird, sei erwähnt, daß dieses Fach deshalb zur Hergabe von 1 Stunde wöchentlich gewonnen wurde, weil durch die biologischen Exkursionen sowie Schülerübungen ein gewisser, wenn auch nicht voller Ersatz für die körperlichen Übungen und gesundheitliche Entwicklung der Schüler gewährleistet wird.

3. Schülerübungen sind neben den theoretischen Unterweisungen in vollem Umfange erst im zweiten Jahre, seit Ostern 1910, eingeführt worden, seitdem die erforderlichen Arbeitsplätze im Neubau eingerichtet sind.

Die Erfahrungen, die in dem einen verflossenen Jahre gemacht worden sind, sind im allgemeinen recht günstig. Freilich haben sie keinen Anspruch auf absolute Richtigkeit und Allgemein-giltigkeit. Die Zukunft wird noch manche Aenderung vornehmen müssen, aber die Haupttrichterspur, die Basis, auf der der biologische Unterricht künftig sich zu bewegen hat, ist gewonnen. Ich lasse meine Erfahrungen kurz folgen.

Der anfangs in Aussicht genommene Stoff (es handelt sich hier vorläufig nur um das OII-Pensum) war getroffen im wesentlichen nach den Gesichtspunkten des Ministerialerlasses: „Es kommt nicht so sehr auf stoffliche Vollständigkeit an oder auf Vermittlung abfragbaren Wissens, sondern es soll bei den Schülern das Interesse und Verständnis für biologische Betrachtungsweise geweckt und der Sinn für eigene Beobachtung in dieser Richtung angeregt werden.“ Trotzdem hiernach der Stoff sehr sorgfältig ausgewählt und nach einem vorher entworfenen Plane auf die beiden Semester verteilt war, machte ich schon im Laufe des ersten Jahres die Erfahrung, daß eine vollständige Behandlung nicht möglich war, es fehlte an der nötigen Zeit. Alle diejenigen Abschnitte, für welche

von der Schule keine Demonstrationsobjekte vorhanden waren und solche von mehr oder weniger theoretischer Natur, erregten sehr wenig das Interesse der Schüler, während die auf Beobachtungen und Versuche gestützten Belehrungen ihre volle Teilnahme und Aufmerksamkeit in Anspruch nahmen. Diese Tatsache war für mich maßgebend, um in der Folgezeit den Unterricht noch mehr zu beschneiden und eine noch engere Auswahl als bisher zu treffen. Zur Orientierung über den im vergangenen Jahre behandelten Stoff lasse ich eine kurze Uebersicht folgen.

Sommer 1909: 1. Abhängigkeit der Pflanzen vom Boden. Anschauung: Demonstration verschiedener Bodenarten, Versuch über Capillarität von Sand- und Tonboden in Glasröhren. 2. Anpassung der Pflanzen an das Wasserleben unter Heranziehung der Aquarienpflanzen. 3. Symbiose: Züchtung von Lupinen in sterilem und kultiviertem Boden, Demonstration der Knöllchen, Impfungsversuche. 4. Natürliche Lebensgemeinschaften (Wald, Wiese, Sumpf), studiert auf einer Exkursion in den Hertener Wald. 5. Schutz der Pflanzen gegen Tierfraß, Versuch mit Geranien und Schnecken. 6. Insektenbestäubung, beobachtet auf der Exkursion; künstliche Bestäubung durch Vorführung von Kastrationsversuchen aus der modernen Pflanzenzüchtung.

Winter 1909/10: 1. Tierphysiologische Versuche: Blut und seine Bewegung, Mechanik und Chemismus der Atmung, Verdauung, insbesondere Wirkungsweise der Verdauungssäfte. 2. Biologie des Ackerbodens in experimenteller Behandlung. 3. Haltung und Züchtung von Tieren und Pflanzen in Aquarien bezw. Terrarien.

Sommer 1910: Ausgewählte Kapitel aus der Pflanzenphysiologie. Schon während meiner früheren unterrichtlichen Tätigkeit hatte ich die Erfahrung gemacht, daß die Materialbeschaffung für solchen auf Beobachtungen und Versuchen begründeten Unterricht gerade nicht leicht ist. Die Schwierigkeit wurde aber behoben durch vorherigen Entwurf eines Arbeitsplanes, wodurch ich in den Stand gesetzt wurde, das zur Untersuchung erforderliche Material rechtzeitig für den Unterricht zur Verfügung zu haben. Im Sommer lieferten der kleine Garten an der Turnhalle, die Aquarien und Terrarien, sowie eigens gezogene Topfpflanzen in der Hauptsache das Demonstrations- und Versuchsmaterial; im Winter wurden die nötigen Objekte aus dem Schlachthofe bei rechtzeitiger Bestellung beschafft. Das chemisch-physikalische Kabinett mußte die erforderlichen Gerätschaften liefern.

Manche Uebelstände ergaben sich aus der Notwendigkeit, den biologischen Unterricht in dem chemischen Lehrzimmer erteilen zu müssen. Mit Freuden begrüßte ich es, als von Ostern d. J. ab der Unterricht in den eigens dazu eingerichteten biologischen Lehrzimmer abgehalten werden konnte, um so mehr, als nun auch die so lange vernachlässigten Schülerübungen voll und ganz zu ihrem Rechte kommen konnten. Es dürfte nicht uninteressant sein, zu erfahren, wie die Schülerübungen dem biologischen Lehrplan eingegliedert sind. Die Schülerübungen laufen neben den gewöhnlichen Biologiestunden her. Da keine besondere Zeit für sie vorhanden ist, wechseln sie gewöhnlich mit einer theoretischen Unterrichtsstunde ab. Ich habe die praktische Biologiestunde unmittelbar vor die chemischen Schülerübungen gelegt, hierdurch ist mir die Möglichkeit gegeben, nötigenfalls einige Minuten diesen Übungen zu Gunsten der Biologie zu entziehen. Vom 1. Oktober 1910 ab finden die Übungen regelmäßig alle 14 Tage in zwei aufeinander folgenden Stunden statt.

B. Die botanischen (pflanzenphysiologischen) Versuche.

Für den biologischen Unterricht an unserer Anstalt habe ich eine größere Anzahl von pflanzenphysiologischen Versuchen zusammengestellt.

Maßgebend für die Auswahl der Versuche waren folgende Gesichtspunkte: Es sollen den Schülern solche Versuche vorgeführt werden, die einen Einblick gewähren in wichtige botanische Fragen,

insbesondere physiologischer Art. Die Versuche sollen ferner derart sein, daß sie ohne große Schwierigkeiten ausgeführt und größtenteils schon mit Hilfe der zur Verfügung stehenden physikalisch-chemischen Mittel aufgebaut werden können.

Für die Reihenfolge der Versuche waren vorwiegend methodische Gesichtspunkte maßgebend; die Versuche sind in der Auseinanderfolge angegeben, wie sie sich etwa aus dem Verlauf des botanischen (physiologischen) Unterrichts an der Schule ergeben. Hiermit soll jedoch kein Schema aufgestellt sein, nach dem gearbeitet wird; je nach Lage der Verhältnisse wird dieser oder jener Versuch vorweggenommen bzw. zurückgestellt werden.

Die am Anfange angeführten Fragen sollen den Zweck jedes einzelnen Versuches angeben, während die kurzen Sätze am Ende des Versuches — soweit dies nötig erschien — in knapper Form eine Antwort auf die Frage geben. Während des Sommers 1910 gelang es bei der zur Verfügung stehenden Zeit nur, einen Teil der im Folgenden dargestellten Versuche auszuführen. Diese sind mit einem * bezeichnet. Doch dürfte eine übersichtliche Zusammenstellung aller derjenigen Versuche, die für den Unterricht als verwendbar anzusehen sind, von allgemeinem Interesse sein.

* 1. Welche Elemente haben die (höheren) Pflanzen zu ihrer Ernährung im Boden nötig?

Man läßt Samen von Mais (Bohne, Hafer) zwischen feuchtem Fließpapier keimen, bis die Wurzeln einige cm lang sind, befestigt die junge Pflanze nebst dem anhängenden Samenkorn mittelst Watte in einem durchbohrten Kork (oder Holzdeckel) derart, daß die Wurzelspitzen unten hervorsehen und setzt den Kork mit Keimpflanze auf ein Glasgefäß, das folgende Nährlösung enthält:

Ca (NO ₃) ₂	0,94 g
H ₂ K P O ₄	0,46 g
Mg S O ₄ , 7 H ₂ O	0,23 g
destilliertes Wasser	1000 ccm
etwas FeSO ₄ oder einige Tropfen einer Fe Cl ₃ -Lösung.	

Nimmt man statt destillierten Wassers Leitungswasser oder Brunnenwasser, so können geringere Mengen obiger Salze genommen werden, das Eisensalz kann sogar vollständig fehlen. Beim Einsetzen der Pflanze in die Nährlösung muß man darauf achten, daß der Same das Wasser nicht berührt, da er sonst leicht fault. Das Glasgefäß wird durch einen passenden Pappcylinder dunkel gehalten, um die störende Bildung von Algen in der Flüssigkeit zu verhindern. Damit kein schädlicher Konzentrationsgrad in der Lösung entsteht, wird ungefähr alle 14 Tage die alte Nährlösung durch neue ersetzt; die verbrauchte Flüssigkeit wird in der Zwischenzeit durch Nachfüllen von Wasser oder Nährlösung ergänzt. Alle 3–4 Tage wird die Lösung zwecks Durchlüftung gut umgerührt. Die Pflanze entwickelt sich normal, genau so, als wenn sie im Boden gewachsen wäre.

Da in obiger Nährlösung nur die 9 Elemente H, O, S, N, P, K, Ca, Mg, Fe enthalten sind, so ergibt der Versuch, daß diese Elemente auch genügen, um jede (höhere) Pflanze zur vollen Entwicklung gelangen zu lassen.

* 2. Welche Rolle spielt das Eisen bei der Ernährung?

Es werden Keimpflanzen (Mais, Bohnen, Hafer) in einer eisenfreien Lösung gezogen. Die zuerst gebildeten Blätter sind infolge des aus dem Samen stammenden Eisens noch grün, die späteren werden chlorotisch (bleichsüchtig). Nachdem sich einige chlorotische Blätter gebildet haben, setzt man der Nährlösung wenige Tropfen einer Eisenchloridlösung zu. Die Blätter färben sich nach kurzer Zeit grün. Bestreicht man mittelst Pinsels die bleichsüchtigen Blätter stellenweise mit einer sehr verdünnten Eisenvitriollösung, so werden die betreffenden Stellen grün, und die Ergrünung verbreitet sich, von hier fortschreitend, über die ganzen Blätter. Das Eisen ist zur Bildung des Chlorophylls (und da-

mit zur Assimilation) unbedingt nötig. Chlorotische Pflanzen können geheilt werden 1. durch Zusatz von Eisen in die Lösung, wobei dasselbe durch die Wurzeln aufgenommen wird, 2. durch Bestreichen der Blätter mit einer eisenhaltigen Lösung, wobei dieselbe durch die Blattmembran hindurch in das Innere des Pflanzentkörpers gelangt und sich hier weiter verbreitet.

* 3. Welche Teile der Wurzel besorgen die Nahrungsaufnahme?

Man zieht Getreide, (Erbsen, Senf)-pflanzen in losem (sandigem) Boden, der mäßig feucht gehalten wird. Nach vorsichtigem Herausnehmen findet man die Wurzeln von Bodenteilchen dicht umhüllt, nur die Spitzen und älteren Teile der Wurzeln sind frei. Beim Schütteln und Abspülen mit Wasser bemerkt man, daß die Bodenteilchen dort, wo die Wurzelhaare sind, besonders stark festgehalten werden. Die daran sich anschließende mikroskopische Untersuchung zeigt, daß die Wurzelhaare die Bodenteilchen unter sonderbaren Krümmungen umschließen und mit ihnen förmlich verwachsen. Durch längeres Schwenken im Wasser kann man die Wurzelhaare von den Bodenteilchen befreien; man sieht, wie sie dicht gedrängt zusammenstehen und wie ein Pelz die Wurzel umgeben. — Der Versuch zeigt deutlich, daß die Wurzelhaare die Hauptaufnahmeorgane für die Bodennährstoffe sind und daß sie zwecks Nahrungsaufnahme mit den Bodenteilchen in engste Berührung treten. Ihr massenhaftes Auftreten wird erklärlich, wenn man bedenkt, daß die Pflanze dadurch die nahrungsaufnehmende Oberfläche ihrer Wurzel beträchtlich vergrößert.

4. Auf welche Weise gelangen die Bodennährstoffe in die Pflanze?

Eine tubulierte Glasglocke, die unten mit einer Schweinsblase überzogen ist, wird mit einer konzentrierten Kupfervitriollösung gefüllt und oben mit einem durchbohrten Kork verschlossen, in dessen Oeffnung ein langes, enges, oben offenes Glasrohr eingeführt ist. Den Apparat läßt man mit seinem unteren Ende in ein Gefäß mit destilliertem Wasser tauchen. Die Blase quillt auf, wölbt sich nach unten, und die Flüssigkeit im Innern fällt zuerst, um dann nach einiger Zeit in dem Glasrohr emporzusteigen. Zugleich bemerkt man, daß das Wasser im äußeren Gefäß sich blau färbt. Es hat ein Austausch der Flüssigkeiten durch die Poren der Membran hindurch stattgefunden, bei welchem jedoch mehr Wasser zur Vitriollösung, als von dieser zum Wasser gelangt ist, so daß sich im Innern ein Druck (Turgor) gebildet hat. Dieser Vorgang heißt Osmose. Die Pflanze ist, rein physikalisch betrachtet, obigem Apparat vergleichbar; sie stellt gleichsam einen von organischer Membran rings umschlossenen Raum dar, der in zahllose Zellen eingeteilt und mit verschiedenartigen Stoffen (flüssigen, festen und gasförmigen) gefüllt ist. Befinden sich nun im unteren Teile der Pflanze konzentrierte Lösungen, so dringt das sehr verdünnte Bodenwasser von außen durch die Zellmembranen in das Innere der Pflanze und steigt hier empor. — Der Versuch lehrt, daß die Bodennährstoffe auf osmotischem Wege in die Pflanze gelangen. Es muß aber hervorgehoben werden, daß er kein genaues Bild von der Aufnahme der Bodennährstoffe gibt, da die osmotischen Vorgänge in der lebenden Pflanze anders verlaufen als im physikalischen Apparat; sie werden von der lebendigen Substanz in den Pflanzenzellen, dem Protoplasma, beherrscht und von diesem je nach Bedarf umgeändert.

* 5. Wie verhalten sich die Wurzeln den im Bodenwasser ungelösten Stoffen gegenüber?

a) Eine polierte (schwarze) Marmorplatte legt man — mit der polierten Seite nach oben — in einen Blumentopf und bedeckt sie mit feinem Sande. In diesem werden Getreidekörner, Bohnensamen oder Samentörner von anderen schnell wachsenden Pflanzen durch hinreichendes Begießen mit Wasser zur Keimung gebracht. Stülpt man nach 3—4 Wochen den Topf um und spült die Platte ab, so findet man an den Stellen, wo die Wurzeln sie berührt haben, rauhe Linien, welche durch die ausgetretene Säure in die Platte geätzt sind.

b) Frische Wurzeln (Erbsen) werden mit blauem Lackmuspapier abgewischt oder dazwischen zerdrückt; das Papier färbt sich rot.

Die Wurzeln besitzen ungelösten Stoffen gegenüber aufschließende Eigenschaften. Die ausgetrockneten Substanzen sind saurer Natur und bestehen, wie nähere Untersuchungenargetau haben, hauptsächlich aus primärem Kaliumphosphat, Kaliumformiat und Kohlenäure.

* 6. Wie läßt sich die Saugkraft transpirierender Pflanzenteile nachweisen?

Ein U förmig gebogenes Rohr wird vollständig mit Wasser gefüllt und an beiden Enden mit durchbohrten Gummipfropfen verschlossen, in deren einem eine rechtwinkelig gebogene, enge Glasröhre, in deren anderem ein möglichst glattstieliges großes Blatt (Kastanie) gut eingepaßt ist. An dem Zurückweichen des Wassers in der Glasröhre läßt sich leicht die Verdunstung und ihre saugende Kraft erkennen. Um letztere noch deutlicher vor Augen zu führen, befestigt man einen Sproß mit holzigem Stengel (Himbeere) in dem einen Ende eines zum Teil mit Quecksilber, darüber mit Wasser gefüllten U-Rohres. Der Quecksilberspiegel in dem freien Schenkel sinkt bald erheblich.

* 7. Wo findet die Verdunstung statt?

Ein Ephen- (Birnbäum-) blatt oder ein anderes in der Sonne gepflücktes und lebhaft transpirierendes Blatt wird auf beiden Seiten mit Fliesspapier bedeckt, das mit einer 4–5 % Kobaltchloridlösung getränkt und unmittelbar vor dem Versuch bis zur Bläuung über einer Flamme sorgfältig getrocknet ist. Das Fliesspapier nebst Blatt wird zwischen trockne Glasscheiben gelegt, die mittels Klammern zusammengehalten werden. Nach kurzer Zeit, während welcher man das Ganze zweckmäßig in die Sonne hält, zeigt sich auf dem Papier, das die Unterseite des Blattes bedeckte, eine rosa Farbe. Die mikroskopische Untersuchung der Blattunterseite lehrt, daß in der Epidermis kleine Öffnungen, (Spaltöffnungen) vorhanden sind, die von einem Paar grün gefärbter Zellen umgeben werden. — Dieser Versuch zeigt deutlich, daß die Verdunstung (bei Landpflanzen) vorwiegend auf der Blattunterseite stattfindet und zwar durch die Spaltöffnungen.

8. Sind Kork und Cuticula Schutzmittel gegen Verdunstung?

a) Zwei Kartoffeln oder zwei Äpfel von möglichst gleicher Größe werden gewogen und gleichen Verdunstungsbedingungen ausgesetzt, nachdem das eine Exemplar geschält ist. Nach einiger Zeit wird wieder gewogen; man stellt fest, daß das geschälte Exemplar einen viel größeren Wasserverlust durch die Verdunstung erlitten hat, als das ungeschälte.

b) Sedum- oder Cactuspflanzen werden vor dem Versuch gewogen und ohne Wasserzufuhr längere Zeit günstigen Verdunstungsbedingungen ausgesetzt. Ein merkliches Verwelken oder eine wesentliche Gewichtsverminderung findet nicht statt. Schon beim Durchschneiden der Pflanzen bemerkt man die dicke Cuticula, die durch Abziehen noch deutlicher gezeigt werden kann. — Kork sowohl als auch eine dicke Cuticula sind starke Schutzmittel gegen die Wasserverdunstung. (Trockenlandpflanzen).

9. Durch welche Teile der Pflanze nimmt das Wasser seinen Weg?

a) Man entfernt am Stamm einer im Boden wurzelnden Holzpflanze oder am Zweige eines Baumes mit dem Messer einen mehrere cm breiten Rindenstreifen ringsum, ohne das Holz zu verletzen. Die verwundete Stelle umgibt man zweckmäßig mit einem für Wasser undurchlässigen Stoff (Gummi, Kautschuk). Man bemerkt, daß die oberhalb des Ringelschnittes gelegenen Teile längere Zeit völlig frisch bleiben, auch wenn die Sonne lange darauf scheint.

b) Schneidet man einen frischen, gut transpirierenden Sonnenblumensproß unter einer Kupfervitriollösung ab und läßt ihn genügend von der Lösung aufnehmen, so färben sich Schnitte

durch ihn, die man in eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz legt, infolge des entstandenen Niederschlages rotbraun. Wie aber die nähere Untersuchung zeigt, sind nur die Gefäße und Tracheiden mit dem Niederschlag versehen. — Die Leitung des Wassers geht im Holzteil vor sich und zwar in den Gefäßen und Tracheiden. Aus der Beobachtung, die man in der Natur an manchen lebenden Bäumen (Weiden) macht, wo nämlich das ganze Innere bis auf einen dünnen Holzmantel ausgefüllt ist, läßt sich ferner schließen, daß das Wasser hauptsächlich durch den äußeren der Rinde zunächst gelegenen Holzteil geht.

10. Wie kann man den Wurzeldruck nachweisen, und wie ist er zu erklären?

Man schneidet den Stamm einer Birke (Weinrebe) im Frühjahr, wenn die ersten Blätter sich entwickeln, nahe über dem Boden ab oder man verfährt ebenso mit einer im Topf gezogenen kräftig vegetierenden Sonnenblume. Auf den Stumpf setzt man mittelst eines Kautschukschlauches ein Glasrohr luftdicht auf. Bei genügender Wärme und Feuchtigkeit im Boden beobachtet man in kurzer Zeit ein erhebliches Steigen des Saftes im Rohr. Biegt man das Rohr oben um, so kann man die Flüssigkeit in einem Gefäß auffammeln und dann verdampfen; die Untersuchung ergibt, daß der Rückstand aus organischen und anorganischen Stoffen besteht. — Der Wurzeldruck ist ein von unten her durch die Wurzeln wirkender Druck, der bei überwinterten Pflanzen im Frühjahr am stärksten ist. Er läßt sich in der Weise erklären, daß die in den unteren Pflanzenteilen angehäuften Reservestoffe sich in kurzer Zeit verflüssigen und eine sehr konzentrierte (Nähr)lösung gegenüber der Bodenflüssigkeit bilden. Infolgedessen tritt auf osmotischem Wege Wasser aus dem Boden in erheblicher Menge in die Pflanze ein und erzeugt hier einen starken nach aufwärts gerichteten Druck. Die Schwellung und schnelle Entwicklung der Knospen, wie sie im Frühjahr zu beobachten ist, wird hierdurch ohne weiteres verständlich.

* 11. Worauf beruht die Festigkeit krautiger Pflanzen und Pflanzenteile?

a) Man schneidet aus dem in voller Entwicklung befindlichen Stengel einer Sonnenrose oder aus dem Blütenstiel von Löwenzahn ein mehrere cm langes Stück heraus und spaltet es in der Mitte durch. Man sieht, wie beide Teile auseinanderweichen und sich nach außen biegen. Noch deutlicher wird der Vorgang, wenn man bei der Sonnenrose aus dem Stück zunächst eine Mittellamelle schneidet und diese dann in der Mitte durchschneidet. Der Vorgang ist so zu erklären, daß zwischen Innengewebe und Rinde eine Spannung besteht, die dadurch hervorgerufen wird, daß die zarten Zellen des Innengewebes einen starken Turgor besitzen, während die Rinde aus weniger turgeszenten Zellen besteht und daher nur passiv gedehnt wird.

b) Man schneidet aus einem Weidenaste oder dem Stengel einer Sonnenrose eine Querscheibe und löst die Rinde durch einen senkrechten Schnitt von dem Stamm los. Versucht man diese später wieder um den Stamm zu legen bis zur völligen Berührung der beiden Enden, so gelingt das nicht; sie hat sich zusammengezogen. Auch hier ist eine Spannung zwischen Rinde und Innenteil vorhanden. Während aber bei a) die Spannkraft in Richtung des Pflanzenkörpers wirken (Längsspannung), treten sie hier quer zur Stengelrichtung in die Erscheinung (Querspannung).

Auf solchen Längs- und Querspannungen der Gewebe beruht die Festigkeit krautiger Pflanzen. Das Innen- (parenchymatische) Gewebe strebt nach Ausdehnung, während das Außen- (Sklerenchym- und Holzfasern-) Gewebe sich zusammenziehen sucht.

* 12. Wie läßt sich der Sauerstoff bei der Assimilation nachweisen? Welche Rolle spielen das Licht (die Wärme) und die Kohlensäure bei der Assimilation?

Einen großen Glastrichter füllt man mit lebhaft grün gefärbten Wasserpflanzen (Elodea, Myriophyllum), stülpt den Trichter umgekehrt in ein weites, mit kohlensäurehaltigem Wasser an-

gefülltes Gefäß und über das obere Ende des Trichters, das mit Wasser bedeckt sein muß, ein ebenfalls mit Wasser gefülltes Reagenzglas. Den ganzen Apparat setzt man in direktes Sonnenlicht. Man sieht, daß sich Blasen aus den Pflanzen entwickeln, die im Trichter aufsteigen und sich im Reagenzglas nach und nach ansammeln. Die Prüfung ergibt, daß das Gas aus Sauerstoff besteht.

b) Stellt man den Apparat in zerstreutes Tageslicht, so läßt die Blasenentwicklung nach, stellt man ihn in einen dunklen Raum, so hört dieselbe vollständig auf. Letzteres findet auch statt, wenn das Wasser durch Zusatz von Eis auf eine andere Temperatur abgekühlt wird.

c) Wendet man den Versuch in der Weise ab, daß man den Sproß einer Wasserpflanze (Elodea) zuerst in Wasser bringt, dem Kohlensäure (Selterswasser) zugefugt ist, dann in destilliertes Wasser und zuletzt in Wasser, dem man durch Zusatz von etwas Kaltwasser die Kohlensäure vollständig entzogen hat, so beobachtet man im ersten Falle viel, im zweiten wenig und im dritten gar keine Blasenentwicklung.

Aus dieser Versuchsreihe ergibt sich, daß das Licht (die Wärme) und die Kohlensäure in einem ursächlichen Zusammenhange zur Sauerstoffentwicklung stehen. Das Verhältnis ist so zu deuten, daß das Licht*) in Form der Ätherschwingungen die nötige Kraft liefert für die Abspaltung des Sauerstoffs aus den Kohlensäuremolekülen, während die Kohlensäure durch ihren Kohlenstoff die Quelle und Grundlage für die Bildung zunächst der Stärke, dann aber auch der übrigen organischen Verbindungen in der Pflanze abgibt.

13. Wie kann man Stärke als Assimilationsprodukt nachweisen? Verschwindet dieselbe auch bei Tage aus den Blättern?

Es werden Blätter von Tropaeolum (Phaseolus, Solanum) einige Minuten in Wasser gekocht, um das Protoplasma zu töten und die vorhandenen Stärkekörner zum Quellen zu bringen, dann in starken, auf 60° erwärmten Alkohol gelegt, wodurch das Chlorophyll in kurzer Zeit gelöst wird. Darauf bringt man die Blätter eine halbe bis mehrere Stunden in eine verdünnte alkoholische Jodlösung; sie färben sich in sehr kurzer Zeit schwarzblau mit Ausnahme der Adern.

Um nachzuweisen, daß die Stärke auch bei Tage aus den Blättern verschwindet, braucht man nur einige gut entwickelte Blätter Vormittags bei Sonnenschein auf der Ober- und Unterseite stellenweise zu verdunkeln, indem man auf beiden Seiten gleich große Korkscheiben mit Stecknadeln befestigt oder einen Staniolstreifen um das Blatt herumlegt. Die verdunkelten Stellen färben sich schon am Nachmittage bei Anwendung der Jodprobe nicht mehr blau.

14. Durch welche Teile der Pflanze werden die Assimilationsprodukte geleitet?

a) Ein fingerdicker Weidenzweig wird einige cm oberhalb seines unteren Endes geringelt und so in Wasser gestellt, daß dieses nicht über die geringelte Stelle reicht. Der Zweig treibt keine oder doch nur ganz unzureichende Wurzeln, während er seine Zweigknospen teilweise entwickelt.

b) Ein ebenso behandelter Weidenzweig wird so in das Wasser gestellt, daß dieses die geringelte Stelle ganz bedeckt. Es bilden sich nicht nur Knospen aus, sondern auch am unteren Ende Wurzeln, letztere aber nur in dem oberhalb der Ringelung befindlichen Teile, soweit er vom Wasser bedeckt ist. Der Versuch zeigt, daß die in den Blättern gebildeten organischen Baustoffe im Bast abwärts geleitet werden. Die in a) gebildeten kleinen Wurzelansätze sind lediglich auf das unterhalb der Ringelung im Bast schon vorhandenen Bildungsmaterial zurückzuführen.

*) Von der experimentellen Untersuchung der Frage, welche Lichtstrahlen die Assimilation bewirken, soll vorläufig Abstand genommen werden, da bei dem Mangel an erforderlichen Glasglocken der Versuch mühsam und oft nicht von dem erwarteten Erfolge begleitet ist.

15. Wie kann man Reservestärke, Eiweiß und andere Pflanzenstoffe nachweisen?

a) Man bringt einige Tropfen Jodjodkalium (Lösung von Jod in Jodkalium; 25 g H_2O + 0,125 g J K. + 0,125 g J) auf die Schnittfläche einer Kartoffel; sie färbt sich schwarzblau. Unter dem Mikroskop erkennt man, daß die Stärkekörner die gefärbten Teile sind.

b) Ein von einer eingequollenen Bohne entnommener Schnitt wird mit Vanillinlösung (in Alkohol) und nach dem Eintrocknen mit Schwefelsäure betupft. Das Eiweiß färbt sich rosa.

c) Um Pflanzensäuren nachzuweisen, bringt man blaues Lackmuspapier an die frischen Schnittflächen von Rumer, Begonia, Oxalis-Stengel oder an die Schnitte verschiedener saurer Früchte; das Papier färbt sich rot.

d) Zum Nachweis von Oxalsäure werden Blattstiele von Rheim, Oxalis, Begonia auf Reibeisen zerrieben oder in einem Mörser zerquetscht. Der mittelst Tuches aus dem Brei gepresste Saft wird filtriert und mit Calciumchlorid versetzt. Es entsteht ein Niederschlag von Calciumoxalat.

e) Zum Nachweis von Gerbsäure wird ein Rosenblatt auf Filzpapier ausgepresst und die feuchte Stelle mit Eisenchlorid betupft: sie färbt sich dunkelblau.

16. Wie kann man die Atmung der Pflanzen nachweisen?

Ein Glaszylinder von ca. 1 l Inhalt wird zu $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ mit gekeimten feuchten Samen von Erbsen oder Getreide angefüllt und dann verschlossen. Nach 12—24 Stunden kann man mittelst eines hineingehaltenen brennenden Lichtes den Mangel an Sauerstoff und mittelst eines hineingestellten Gefäßes mit Barytwasser die gebildete Kohlensäure nachweisen. Statt Erbsen- oder Getreidesamen kann man auch sich entwickelnde Blütenköpfe von Compositen oder junge Gimpilze nehmen. Um den Versuch auch mit grünen Pflanzen anzustellen, muß man entweder ein undurchsichtiges Metallgefäß anwenden oder das Glasgefäß in einen dunklen Raum stellen, weil sonst die Pflanzen im Licht die durch die Atmung entstandene Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff ausscheiden.

17. Wie kann man die bei der Atmung entstandene Wärme nachweisen?

Man füllt einen großen Glastrichter mit in Keimung begriffenen Samen von Weizen oder Erbsen, setzt ihn auf ein mit Kalilauge gefülltes Gefäß und überdeckt das Ganze mit einer tubulierten Glasglocke. Durch den Tubulus wird ein $\frac{1}{2}^{\circ}$ noch anzeigendes Thermometer so geschoben, daß die Quecksilberkugel in die Mitte der gekeimten Samen zu liegen kommt. Um Wärmeverlust möglichst zu vermeiden, wird der Trichter oben mit Watte bedeckt, ohne jedoch die Luft vollständig abzuschließen. Zur Vergleichung bringt man neben diesen Apparat einen der dem vorigen gleichen, bei welchem aber die Samen durch feuchte Holzwole oder Filzpapierklügeln ersetzt sind. Nach einiger Zeit beobachtet man an dem zwischen die Samen gesteckten Thermometer einen Temperaturüberschuß von einigen Graden.*)

18. Wie kann man an Pflanzen das Stengelwachstum bestimmen?

Die Spitze einer jungen Bohnenpflanze wird mit einem Seidenfaden verbunden, der über eine leicht bewegliche Rolle läuft und an seinem anderen Ende ein leichtes, den Faden eben spannendes Gewicht trägt. An der Achse der Rolle ist ein leichter, langer Zeiger (Rollenzeiger) befestigt, der vor einer in mm eingeteilten Skala sich bewegt. An dem Gewicht ist ebenfalls ein kurzer, wagerecht vor einer Skala sich befindlicher Zeiger (Gewichtszeiger) angebracht. Beim Wachstum bewegen sich beide

*) Da, wie ich erfahren habe, auch eine Aroidce in nicht zu weiter Entfernung von Wanne vorkommen soll, wird selbstverständlich auch diese zur Versuchsanstellung herangezogen.

Zeiger abwärts. An dem Gewichtszeiger kann man den Zuwachs direkt ablesen, während beim Rollenzeiger die Zahl der an der Skala durchschnittenen mm, dividiert durch die Länge des Zeigers, (von der Rollennachse an gemessen), den wirklichen Zuwachs ergibt.

* 19. Wie verteilt sich das Wachstum an den Wurzeln?

Man trägt auf die Keimwurzel einer Bohne in Abständen von 1 mm feine Tuschestriche mit einem Pinsel auf und befestigt die Keimpflanze — mit der Wurzel nach unten — auf der Unterseite eines Korkes, den man auf eine mit Wasser versehene Glasflasche aufsetzt. Bei gleichmäßiger, nicht zu niedriger Temperatur, beobachtet man schon in den nächst folgenden Tagen, daß die Striche in ganz ungleichem Maße auseinander gerückt sind. Dabei zeigt sich, daß die Wachstumsgewindigkeit an der Spitze (dem Vegetationspunkte) sehr gering ist, daß sie in einer gewissen nahe hinter dem Vegetationspunkte gelegenen Zone am größten ist, dahinter aber nach und nach wieder abnimmt, bis das Wachstum schließlich ganz erlischt. — Hinsichtlich der Wachstumsgewindigkeit kann man also 3 Zonen an den Wurzeln unterscheiden 1. diejenige geringeren Wachstums; sie liegt an der Spitze, wo die Zellen in lebhafter Teilung begriffen sind. 2. diejenige größten Wachstums; sie liegt dahinter, wo die Zellen im Wachstum, also in Streckung sich befinden und 3. diejenige geringsten Wachstums; hier sind die Zellen weder in Teilung noch in Streckung, sondern haben bereits ihren ausgewachsenen, fertigen Zustand erreicht.

20. Wie wirkt die Schwerkraft auf die Hauptwurzeln und -sprosse?

a) Man befestigt eine gekeimte Bohnen- oder Erbsenpflanze in einer Glasglocke mittelst einer Nadel so unter der mit Kork bedeckten Oeffnung, daß die Hauptwurzel wagerecht zu liegen kommt. Die Unterlage, auf der die Glasglocke steht, bedeckt man mit mehreren Lagen feuchten Fliesspapiers. Nach einigen Stunden bemerkt man, daß die Wurzelspitze sich abwärts gekrümmt hat und in der senkrechten Richtung nach unten weiter wächst. Um die Kraft zu messen, mit welcher die Wurzel nach unten zustrebt, wird unter dieselbe eine Schale gestellt, die am Grunde mit Quecksilber und darüber mit Wasser gefüllt ist. Die Wurzel bringt nicht nur durch das Wasser, sondern auch in das Quecksilber ein, obwohl sie erheblich leichter ist.

b) Eine im Topf gezogene kräftig wachsende Pflanze (Hyacinthe, Tulpe) wird wagerecht umgelegt; die Sprosse richten sich in kurzer Zeit aufwärts und wachsen senkrecht in die Höhe. — Die Schwerkraft wirkt richtend auf wachsende Wurzeln und Sprosse ein und zwar in der Weise, daß die Hauptwurzeln in Richtung der Schwerkraft (positiver Geotropismus), die Sprosse in entgegengesetzter Richtung wachsen (negativer Geotropismus). Um die ihnen zukommende Richtung beizubehalten, wird nach a) eine verhältnismäßig bedeutende Kraft entwickelt.

21. Wie wirkt das Licht auf diese Pflanzenteile?

Auf einem mit durchlöchernten Tüll überspannten und mit Leitungswasser versehenen Gasgefäß befestigt man Keimpflanzen von Erbsen, Senf oder Bohnen in der Weise, daß die Keimwurzeln durch die Oeffnungen des Tülls treten und in das Wasser reichen. Dann stülpt man über das Gefäß einen dunklen Pappkasten mit einem engen Spalt, durch den das Licht eintreten kann. Nach einiger Zeit zeigt sich, daß der Stengel zur Lichtquelle hin (positiver Heliotropismus), die Wurzel grade in entgegengesetzter Richtung fortwächst (negativer Heliotropismus).

22. Welchen Einfluß übt das Licht auf die Blattstellung aus?

Eine im Freien stehende gerade Sonnenblume, bei welcher die Blattflächen im wesentlichen senkrecht zur Sproßachse stehen, wird horizontal umgebogen und in dieser Stellung längere Zeit

befestigt. Die Blätter drehen sich allmählich so, daß sie nun nicht mehr senkrecht, sondern waagrecht zur Achse stehen. — Die Erklärung für diese Drehbewegung ist darin zu suchen, daß die Blätter möglichst viel Licht aufzufangen suchen, sich also senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen stellen. (Transversal-Heliotropismus.)

23. Welche Wirkung hat der Lichtmangel auf die Ausbildung der oberirdischen Pflanzenteile?

Man läßt in einem Topf Kartoffeln, Sonnenblumen oder Bohnen keimen und stülpt darüber einen Pappkasten. Unmittelbar daneben steht ein zweiter mit denselben Pflanzen aber ohne Pappkasten. Die im ersten Topf befindlichen Pflanzen entwickeln sich nicht normal. Das Chlorophyll fehlt, die Blattflächen sind klein, während die Blattstiele und insbesondere die Stengel eine außergewöhnliche Verlängerung und große Schläffheit aufweisen. Solche Pflanzen heißen etioliert. Die daran sich anschließende mikroskopische Untersuchung etiolierter und normal entwickelter Stengel (insbesondere von Sonnenblumen) zeigt, daß bei ersteren das Collenchym- und Bastfasergewebe in viel geringerem Umfange vorhanden ist, und daß ihre Zellwände eine viel geringere Verdickung besitzen. — Aus dem Versuche geht hervor, daß Lichtmangel eine Etiolierung der Pflanzen hervorruft. Die Verlängerung und die damit verbundene Schwäche der Stengel ist zurückzuführen auf die sehr geringe Gewebespannung, die wieder ihren Grund hat in der geringen Ausbildung des Festigungsgewebes (Collenchym und Bastfasern).

Der Nutzen dieser Erscheinung ist klar. Die Verlängerung der im Boden austreibenden Sprosse von Stauden und der jungen Keimstengel hat den Vorteil, daß die Pflanze ihre assimilierenden Organe schnell an das Tageslicht bringt und so zur selbständigen Ernährung gelangt. Solche Sprosse aber, die sich im Boden befinden, bedürfen der festigenden Gewebe auch nur in geringem Maße.

24. Wie findet das Winden statt?

Die Antwort auf diese Frage soll durch folgende Versuche mit Bindfaden (Gummischlauch) gegeben werden.

a) Ein dicker Bindfaden wird spiralig um einen Stab gebunden und die Außenseite durch eine Linie markiert. Wickelt man dann den Faden ab und streckt ihn gerade, so beschreibt die Linie eine Spirale; sie stellt am windenden Stengel die Linie stärksten Wachstums dar.

b) Man rollt den Bindfaden spiralig in einer Ebene auf und hebt das eine Ende in die Höhe, während man das andere festhält. Der Faden zeigt eine kräftige Drehung und veranschaulicht, warum ein spiralig gewachsener, sich streckender Stengel in Drehung versetzt wird.

* 25. Wie kann man die Bewegung des Protoplasmas nachweisen?

a) Man nimmt Haare von Sprossen oder jungen Blättern des Kürbiss, die man am Grunde abgeschnitten hat und betrachtet sie unter dem Mikroskop. Die Haare erweisen sich als vielzellig, und in den einzelnen Zellen zeigt sich unmittelbar nach der Präparation eine schnelle Strömung des Protoplasmas; mitunter werden große Chlorophyllkörner mit fortbewegt. Die Protoplasmastränge sind verschieden dick, und in fast jedem Strange sind entgegengesetzte Strömungen wahrzunehmen.

b) Man nimmt ganze Blätter von *Elodea canadensis* und betrachtet mikroskopisch die langgestreckten Zellen der durchscheinenden Mittelrippe. Die Bewegung des Protoplasmas vollzieht sich in einer einzigen die Vakuole im Innern umkreisenden Richtung. Statt *Elodea canadensis* kann man auch die überall als Aquariumpflanze verbreitete *Vallisneria spiralis* nehmen, — Da derartige Flüssigkeitsbewegungen als Lebenserscheinungen zu deuten sind, so muß das Protoplasma als Träger des Lebens angesehen werden. Die Protoplasma-bewegung kann auf zweierlei Weise stattfinden; 1. in Form der Circulation (Landpflanzen), 2. in Form der Rotation (Wasserpflanzen).

* 26. Wie züchtet man Schimmel- und Hefepilze?

a) Es wird etwas angefeuchtetes Schwarzbrot unter eine Glasglocke auf einen Teller gelegt. Man beobachtet, wie sich zunächst ein Pilz mit weißen, später schwarzen Sporangien bildet: *Mucor stolouifer*. Nach etwa 8 Tagen entstehen blaugrüne Polster von *Penicillium crustaceum*. Den gewöhnlichsten Schimmelpilz: *Mucor mucedo*, kann man leicht züchten auf frischem Pferde- oder Rindvieh- dünger, wenn für Luftabschluß gesorgt ist. Gleichzeitig mit ihm oder etwas später entwickelt sich gewöhnlich auch *Pilobolus cristallinus*.

b) Man stellt sich folgende (Pasteursche) Nährlösung her:

Destilliertes Wasser	84,00 g
Randiszucker $C_{12} H_{22} O_{11}$	15,00 "
Ammoniumtartrat $(NH_4)_2 C_4 H_4 O_6$	1,00 "
Dikaliumphosphat $K_2 HPO_4$, 12 $H_2 O$	0,02 "
Magnesiumsulfat $Mg SO_4$, 7 $H_2 O$	0,02 "
Calciumphosphat $Ca_3 P_2 O_8$	0,02 "
Ferrosulfat $Fe SO_4$, 7 $H_2 O$	0,01 "

Die Lösung wird durch Kochen in einem durch Wattepfropfen verschlossenen Kolben sterilisiert, mit in Wasser gelöster Preßhefe versetzt und unter öfterem Umschütteln in einem 25° C warmen Raume gehalten. Es tritt eine lebhafte Schaumbildung, Trübung und schließlich Bildung eines Bodensatzes ein. Zu Anfang der Gärung kann man unter dem Mikroskop die Hefezellen und ihre Sprossung zeigen und am Schluß das Hauptgärungsprodukt, den Alkohol, durch Destillation nachweisen.

* 27. Wie kann man Bakterien nachweisen und züchten?

a) Einige Erbsensamen werden in kochendes Wasser auf kurze Zeit gelegt und dann in einem Becherglase mit etwas überstehenden Wasser sich selbst überlassen. Auch kann man Stroh oder Heu mit Wasser übergießen und in offenen Gefäßen stehen lassen. In dem fauligen Wasser bildet sich bald an der Oberfläche eine Rahmhaut, in der bei starker mikroskopischer Vergrößerung bewegliche Bakterien zu erkennen sind.

b) Um die große Verbreitung der Bakterien (in Luft, Wasser und Erde) nachzuweisen, bedient man sich zweckmäßig der Fleischwasserpeptongelatine. Die Herstellung dieser Nährgelatine ist mit soviel Mühe und Schwierigkeiten verbunden, daß es empfehlenswert ist, sie fertig zu beziehen.*) Die keimfreie Gelatine wird in sterilisierte Petrischalen gegossen. Zur Untersuchung der Luft stellt man eine solche Schale über Nacht offen in das Schulzimmer, worauf man sie schließt. Nach ca. 1—2 Tagen bilden sich aus den Keimen, die aus der Luft auf die Gelatine gefallen waren, Kolonien, die anfangs klein und vereinzelt sind, später aber größer werden und teilweise zusammenwachsen. Zur Untersuchung des Wassers und der Erde verflüssigt man zunächst die Gelatine im Reagenzglase, fügt geringe Mengen des Untersuchungsmaterials (Wasser ca. $\frac{1}{2}$ –1 ccm je nach der Verunreinigung) zu, mischt gut und gießt dann die flüssige Gelatine in die Schalen, welche zugedeckt werden. Nach einigen Tagen erscheinen auch hier Kolonien. — Um die Kolonien zu zählen, stellt man die Schalen auf eine Zählplatte, die man in der Weise herstellt, daß in einen schwarzgefärbten Karton der Länge und Breite nach weiße Linien in einer Entfernung von 1 cm eingeritzt werden. — Von irgend einer einzelnen Kolonie lassen sich auch Reinkulturen anlegen, indem man unter Berücksichtigung gewisser Vorsichtsmaßregeln ein wenig davon auf keimfreie Nährgelatine überimpft.

*) Die Firma Dr. G. Gräbner u. Comp. in Leipzig liefert sie gebrauchsfertig sterilisiert in Reagenzgläsern zu ca. 10 g Inhalt (10 Röhrchen für 2 Ml.)

Vom 1. Oktober übernahm an Stelle des zum Direktor der Landwirtschaftsschule in Lüdinghausen ernannten Herrn Dr. Kleinsorge den biologischen Unterricht in der Prima Herr Dr. Quehl.

Für das Wintersemester handelte es sich darum ein kleineres Gebiet zoologischer Art im Zusammenhange zu studieren. Zu dem Zwecke wurde das Leben des Meeres ausgewählt, das besonders deshalb brauchbar erschien, weil es gleichzeitig Gelegenheit gab, den Aufbau einer Anzahl von Vertretern niederer Tiere zu studieren, die den Schülern im Unterrichte früherer Klassen durch eigene Anschauung nicht genügend bekannt geworden waren.

Es wurde begonnen mit der Kultur und dem Studium von Bakterien, der Untersuchung und Zeichnung von Radiolarien, Foraminiferen und Paramaecium. Daran schlossen sich Plankton der Nordsee, Medusen und Polypen, Seeesterne und Würmer. Die höheren Tierstämme werden folgen.

Als Material wurde benutzt außer den Vorräten der Schulsammlung eine Sendung von Meerestieren von der Biologischen Anstalt auf Helgoland. Bei jeder Uebung wurden ein oder mehrere Tiertypen untersucht; daran schlossen sich je nach Bedürfnis theoretische Zusammenfassungen und biologische Betrachtungen. Es wird beabsichtigt, eine genauere Darstellung dieses Teiles des biologischen Unterrichtes in einer späteren Abhandlung folgen zu lassen.

Vom 1. Oktober
Lüdinghausen ernannten S.

Für das Winter
Zusammenhänge zu studieren
besonders deshalb brauchbar
von Vertretern niederer Tierarten
eigene Anschauung nicht g.

Es wurde beige
und Zeichnung von Radiolen
der Nordsee, Medusen und

Als Material r
Meerestieren von der Biol.
Tierarten untersucht; dar
biologische Betrachtungen.
gischen Unterrichtes in ein

Direktor der Landwirtschaftsschule in
unterricht in der Prima Herr Dr. Quehl.

kleineres Gebiet zoologischer Art im
ben des Meeres ausgewählt, das
heit gab, den Aufbau einer Anzahl
im Unterrichte früherer Klassen durch

ium von Bakterien, der Untersuchung
ium. Daran schlossen sich Plankton
die höheren Tierstämme werden folgen.

et Schulsammlung eine Sendung von
eder Uebung wurden ein oder mehrere
theoretische Zusammenfassungen und
Darstellung dieses Teiles des biolo-
gen.

© The Tiffen Company, 2007

TIFFEN® Gray Scale

A 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

R G B W G K Y M



