Die philosophische und soziale Bedeutung des naturgeschichtlichen Unterrichtes.

Von Prof. Ferdinand Schmutz.

II. Teil.

In der Würdigung der philosophischen Bedeutung des naturgeschichtlichen Unterrichtes fortfahrend, muß jetzt jene Funktion des Denkens betrachtet werden, welche beim Schließen zum Ausdrucke kommt.

Das Fundament der exakten Wissenschaften und des Unterrichts in diesen sind Versuche und Beobachtungen. Das Ergebnis aller Versuche und Beobachtungen, die bezüglich einer Erscheinung angestellt werden, ist das Naturgesetz. Es ist die Angabe der Bedingungen, unter denen eine Erscheinung verläuft.

Die Tätigkeit des Denkens, die sich an der Aufstellung der Naturgesetze betätigt, ist das Schließen, das vom Einzelfall zum allgemeinen fortschreitet, das progressive Schließen. Bei seiner Wichtigkeit für den Aufbau der exakten Naturwissenschaften und für den Unterricht möge etwas ausführlicher dabei verweilt werden.

Das Charakteristische liegt darin, daß die Relation „weil — so“ nur die Wahrscheinlichkeit des Schlußvorganges aus den Prämissen ausdrückt.

Bestandteile des unverkürzten progressiven Schlusses sind:

1. Der Obersatz oder Instanzenkomplex.
2. Der Untersatz oder das konstituierende Urteil.
3. Der Schlußsatz.

Die Berechtigung dieses Schlusses liegt im Untersatz, der hier das im Obersatz Behauptete zur allgemeinen Tatsache ausbaut.

Zwischen den Gegenständen, deren Begriffe im Obersatz in Relation gebracht werden, muß die Relation von Grund und Folge oder ein Abhängigkeitsverhältnis im Sinne einer Definition oder eines Axioms bestehen. Ist dies nicht der Fall, so ist der Schluß nicht möglich bez. richtig.

Es sind daher nicht ohne weiters wissenschaftlich richtige Induktionen vollziehbar. Die Versuche und Beobachtungen müssen mit möglichster Genauigkeit angestellt werden und es muß Wesentliches und Unwesentliches strenge gesondert werden, um für den Obersatz die Relation von Grund und Folge zu gewinnen. Von der Zahl der Instanzen des Obersatzes hängt dann die Wahrscheinlichkeit des Untersatzes ab, denn einen je größeren Teil des Subjekts der Obersatz bereits enthält, umso wahrscheinlicher wird die Verallgemeinerung. Erst nach diesen Vorbedingungen kann man zum Schlußverfahren schreiten. — Der Mensch des Alltags vollzieht logisch berechtigungslose Induktionsschlüsse häufig genug, doch der naturwissenschaftlich Gebildete, der fortwährend angehalten wurde, auf die Bedingungen zum Zustandekommen des logisch berechtigten Induktionsschlusses zu achten, wird vorsichtig zur Verallgemeinerung übergehen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die durch die Induktion im naturwissenschaftlichen Unterrichte gewonnene Erkenntnis zeigt einen verschiedenen Grad von Exaktheit, die einerseits bedingt ist durch die Natur des Gegenstandes, anderseits durch die geistige Fassungskraft des Schülers.

I. Stufe: Das Gesetz vermag nur festzustellen, daß zwischen der Erscheinung und deren Bedingungen ein Zusammenhang besteht, vermag ihn aber nicht zahlenmäßig zu erweisen.

Die meisten Gesetze der beschreibenden Naturwissenschaften können derzeit überhaupt nur auf diese Weise formuliert werden. Auf der gleichen Stufe müssen die meisten Gesetze des physikalischen Anfangsunterrichts stehen bleiben.

Hieher gehörende Beispiele wären: Die Ausbildung der Gefäße in Bezug auf Weite und Zahl im Pflanzenkörper hängt von ihrer Beanspruchung in der Stoffleitung ab. — Die Stärke der Beleuchtung ist umso größer, je senkrechter die Strahlen auffallen.

II. Stufe: Es können sowohl die Stärke der Ursachen als auch die Wirkung durch Messungen verglichen werden, allein es ist noch nicht gelungen, einen einfachen Zusammenhang herzustellen.

Hiehergehörige Beispiele wären: Der Zusammenhang zwischen Löslichkeit eines Salzes und Temperatur des Lösungsmittels; die Beziehung zwischen dem Siedepunkt des Wassers und dem äußeren Druck.

Man bedient sich, um die gegenseitige Abhängigkeit zu veranschaulichen, mit Vorteil der graphischen Darstellung durch das rechtwinklige Koordinatensystem.

Die einen Größen werden als Abszissen, die anderen als Ordinaten aufgetragen. Die Verbindungslinie der dadurch bestimmten Punkte, die in den meisten Fällen eine Kurve darstellt, zeigt nun deutlich die gegenseitige Abhängigheit und bringt sie auch für nicht untersuchte Fälle mit großer Wahrscheinlichkeit zur Anschauung.

Beispiel: Die Pflanzen zeigen bekanntlich unter dem Einflusse des Lichtes Richtungserscheinungen (Heliotropismus); es existiert nun, wie Versuche zeigen, eine gewisse niedrigste Lichtintensität für jede Pflanze, bei der die heliotropische Krümmung beginnt, dann eine, bei der die Krümmung in kürzester Zeit und im größten Winkel erfolgt, endlich eine, bei der gar kein Heliotropismus existiert. Bei weiterer Steigerung der Lichtintensität erreicht die Krümmung einen neuen Schwellenwert und geht in die entgegengesetzte (negative) über.

Trägt man nun die Lichtintensitäten auf der Abszissenachse, die beobachteten Reaktionsgrößen auf der Ordinatenachse auf, so wird dadurch eine Kurve bestimmt, welche die Abhängigkeit der heliotropischen Reaktion von der Lichtintensität darstellt.

III. Stufe: Der Zusammenhang zwischen der Erscheinung und ihrer Bedingung läßt sich durch eine mathematische Formel ausdrücken.

Beispiele bieten die meisten physikalischen und astronomischen Gesetze. Der Unterricht in den Naturwissenschaften hätte aber seine philosophische Aufgabe nicht erfüllt, wenn er die Schüler nur mit der Gewinnung der Induktionsgesetze bekannt machte und nicht auch auf ihre Grundlage, Berechtigung und Bedeutung hinwiese.

Ermangelt der Unterricht nicht, bei entsprechender Gelegenheit auch philosophische Fragen zu berühren, so wird dem Schüler bald verständlich, daß die Induktionsgesetze ihre Grundlage in der Kausalitätsvorstellung haben. Bevor wir aus dem Einzelfall ein Gesetz induzieren, fällen wir

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

schon eine Verallgemeinerung, indem wir aus dem einmaligen Eintritt einer Erscheinung auf deren jedesmaligen Eintritt bei gleichbleibenden Bedingungen schließen. Schon von Kindheit an verknüpfen wir mit der zeitlichen Aufeinanderfolge der Vorgänge die Begriffe von Ursache und Wirkung. — Ein langer Weg ist aber von der rohen Stufe der Kausalitätsvorstellung des Kindes und des Wilden bis zu der wissenschaftlichen Überzeugung, daß sich alle Naturerscheinungen in einer endlosen Reihe wechselseitig als Ursache und Wirkung bedingen. Es ist natürlich in diesem Rahmen nicht möglich, die Frage weiter zu verfolgen, und auch der naturwissenschaftliche Unterricht wird nur in der Lage sein, eine Zeit lang sich als Führer zu erweisen.

Der Schüler wird bald finden, daß die Induktionsgesetze, die wir vermöge unserer Kausalitätsvorstellungen erhalten, nur auf eine bestimmte Einzelerscheinung eingeschränkt sind und keine praktische Bedeutung haben.

Aus den Einzelgesetzen entstehen aber durch ein Abstraktionsverfahren, das der Schüler bei der Bildung der Art-, Gattungs- und Klassenbegriffe kennen gelernt hat, allgemeinere Gesetze.

Wenn unter den Bedingungen a_1 b_1 c_1 die Erscheinung x_1 eintritt und unter den Bedingungen a_2 b_2 c_2 die Erscheinung x_2 eintritt, so kann man schließen, daß unter den Bedingungen a b c die Erscheinung x eintritt.

Auch findet der Unterricht Gelegenheit, auf die Berechtigung eines solchen Schließens hinzuweisen. Durch zufällige Beobachtung und durch Experimente hat der Schüler schon die Überzeugung gewonnen, daß die Natur sich als stetig zusammenhängend erweist und frei von plötzlichen Übergängen und Sprüngen ist.

Auf Grund dieser Überzeugung halten wir uns für berechtigt, die Beobachtungsergebnisse auch auf nicht untersuchte Fälle auszudehnen.

Bei allen graphischen Darstellungen von Gesetzen der Physiologie, Physik, Chemie ergänzen wir die fehlenden Punkte durch Gedankenoperation.

Der Schüler lernt ferner begreifen, daß der nach Wahrheit und Einsicht ringende Menschengeist sich bemüht hat, durch Abstraktion zu den allgemeinsten Gesetzen emporzusteigen: dem Trägheitsgesetz, dem Gesetze der Erhaltung der Energie und dem Kausalitätsgesetz. Wiederum streift der Unterricht philosophische Fragen; wieweit diese Gesetze als empirische gelten, ob sie überhaupt als Produkte der Erfahrung gelten können, und andere Fragen werden sich aufdrängen, um dann weiter durch eine kausale Erklärung der Naturerscheinungen den Geist zu befriedigen.

Der Unterricht begnügt sich jedoch nicht damit, den Schüler Gesetze finden zu lassen, sondern führt ihn auch darauf, das jeweilig gefundene Gesetz zur Erklärung der Einzelfälle heranzuziehen; der Induktion folgt die Deduktion.

Die Philosophie sah lange Zeit in der Deduktion das Hauptmittel menschlicher Erkenntnis, obwohl schon von den griechischen Skeptikern, dann in neuerer Zeit von Baco von Verulam an bis in die neueste Zeit Einwände und Zweifel gegen den Wert des deduktiven Verfahrens erhoben wurden. Ein Einwand ist der, daß die formale Richtigkeit des Schlusses niemals die Wahrheit des Ergebnisses verbürgt, wenn nicht zuvor feststeht, daß die Prämissen richtig waren.

Dieser Einwand ist richtig und zwingt uns, uns von der Richtigkeit der Prämissen vorerst zu überzeugen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Wichtiger ist aber der Einwand, daß ein solcher Schluß, auch wenn er in allen Teilen stichhältig und richtig sei, niemals etwas lehren und beweisen könne, was nicht in den Prämissen und insbesondere in dem allgemeinen Obersatz erkannt und ausgesprochen wäre. Ein Schluß, der einen praktischen und wissenschaftlichen Zweck verfolgt, setzt aber voraus, daß der Obersatz etwas an sich nicht Selbstverständliches aussage.

Der Mathematiker wird nicht schließen: Diese Figur ist ein rechtwinkliges Dreieck, folglich ein ebenes Gebilde, sondern: Diese Figur ist ein rechtwinkliges Dreieck, daher ist die Summe der Quadrate über den Katheten gleich dem Quadrate über der Hypotenuse.

Der Obersatz darf kein analytisches, sondern muß ein synthetisches Urteil sein. Damit eine wissenschaftliche Deduktion vollzogen werden könne, muß der Obersatz eine allgemeine Wahrheit ausdrücken, die aus der Erfahrung gewonnen wurde.

Der Wert des deduktiven Schließens im naturwissenschaftlichen Unterricht liegt nun gerade darin, daß der Obersatz ein durch Induktion unter Mitbetätigung der Schüler aufgefundenes Gesetz enthält, das der Schüler auf einen Spezialfall anzuwenden hat.

Die moderne Logik*) unterscheidet bei der Induktion und Deduktion 4 Hauptformen der angewandten Schlußarten, den Identitäts-, Subsumtions-, Bedingungs- und schließlich den Beziehungsschluß. Natürlich werden sie im Unterrichte nicht in der gleichen schematischen Weise gezogen, wie sie hier zur Darstellung kommen, sondern dienen nur dazu, den im Schüler vor sich gehenden Gedankenprozeß zur Anschauung zu bringen.

I. Der Identitätsschluß.

Er steht im Dienste der deduktiven analytischen Entwicklung und wir machen bei der Gewinnung von Definitionen davon Gebrauch. Solchen Schlüssen muß zunächst sorgfältige Beobachtung der Tatsachen, ferner genaues Vergleichen, Herausfinden des Wesentlichen gegenüber dem Unwesentlichen und endlich eine wohlüberlegte Synthese vorausgehen. Die Gewinnung aller Definitionen im naturwissenschaftlichen Unterrichte muß darauf basieren, soll dieser nicht zur mechanischen Gehirntätigkeit heruntersinken.

II. Der Subsumtionsschluß.

Der Begriff M repräsentiert das Ganze, der Begriff S den Teil, so daß S unter M zu subsumieren ist.

Er steht ebenfalls im Dienste des deduktiven Schlußverfahrens und wird im naturgeschichtlichen Unterrichte namentlich bei Gewinnung von Klassifikationen angewendet. Beispiel: Pflanzen, deren Keimling nur ein Keimblatt besitzt, gehören zu den Monokotylen. — Die Keimlinge der Gräser haben nur ein Keimblatt. — Schluß: Die Gräser gehören zu den Monokotylen.

Die Prämissen werden durch Beobachtung und Experimente gewonnen.

Im physikalischen und im chemischen Unterrichte findet er Anwendung, wenn es heißt, ein Gesetz durch ein Beispiel illustrieren oder einzelne Erscheinungen einem Gesetze unterordnen, oder auch, um einen durch Beobachtung und Experiment bereits gefundenen Satz weiter zu erklären und zu verdeutlichen. Beispiel: Stoffe, welche kein Gas entwickeln, ver-

*) Die intellektuellen Funktionen, von Dr. Josef Kl. Kreibig, Wien, 1909.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

brennen unter Erglühen. — Eisen verbrennt unter Erglühen. — Schluß: Eisen entwickelt beim Verbrennen kein Gas.

III. Der Bedingungsschluß.

Der Begriff M steht zu S in der Relation des Zukommens oder S hat M als Beschaffenheit. In diesem Falle hat S auch jene sekundären Beschaffenheiten, die der primären Beschaffenheit M zukommen.

Dieser Schluß besitzt ebenfalls einen deduktiven Charakter. Er wird angewendet, um einerseits aus feststehenden Bedingungen neue zu gewinnen, anderseits, um eine feststehende Bedingung auf einen einzelnen Fall anzuwenden.

Die Gebiete, in denen diese Schlußform angewendet wird, sind die Physik, Chemie und Mineralogie.

Beispiel: Wenn der Wasserstoff einer Säure durch ein Metall ersetzt wird, so wird ein Salz gebildet. — Durch Einwirkung eines Metalles auf eine Säure wird der Wasserstoff derselben durch das Metall ersetzt. — Schluß: Durch Einwirkung eines Metalles auf eine Säure wird ein Salz gebildet.

Die Karbonate spalten durch Erhitzen CO_2 ab. — Erhitzt man Kalk, so gibt er CO_2 ab (wie man leicht nachweisen kann). — Schluß: Der Kalk ist ein Karbonat.*)

IV. Der Beziehungsschluß.
(Das progressive Schließen.)

Dieser Schluß steht im Dienste der Induktion. Er wird gebraucht, um aus einzelnen Tatsachen allgemeine Regeln abzuleiten, also Gemeinsames zu verbinden — Verbindungsschluß oder Induktionsschluß, oder um Art- und Gattungsbegriffe durch Vergleichung zu gewinnen — Vergleichungs- oder Analogieschluß.

Dieser Schluß bildet die Basis des naturwissenschaftlichen Unterrichts und er muß auch vollzogen werden, bevor die übrigen Schlüsse angewendet werden können; d. h. bevor die allgemeine Regel oder das Gesetz auf induktivem Wege nicht aufgesucht ist, ist eine Anwendung auf den einzelnen Fall nicht möglich.

Beispiele: a) für den Verbindungsschluß.

Zn wirkt auf H_2SO_4 derart ein, daß es den Wasserstoff substituiert; dasselbe zeigen Ca, Pb, Na. — Was Zu, Ca, Pb, Na eigen ist,

*) In formaler Hinsicht unterscheiden die neueren Logiker folgende Fälle der deduktiven Schlüsse.

I. Hauptart: Untersatz bejahend		II. Hauptart: Untersatz verneinend	
1. Form, Obersatz positiv a)		1. Form, Obersatz positiv a)	
2. Form, Obersatz negativ b)		2. Form, Obersatz negativ b)	
a) M hat P	b) M hat nicht P	a) M hat P	b) M hat nicht P
S hat M	S hat M	S hat nicht M	S hat nicht M
S hat P	S hat nicht P	Kein Schluß	Kein Schluß
3. Form, Obersatz positiv a)		3. Form, Obersatz positiv a)	
4. Form, Obersatz negativ b)		4. Form, Obersatz negativ b)	
a) P hat M	b) P hat nicht M	a) P hat M	b) P hat nicht M
S hat M	S hat	S hat nicht M	S hat nicht M
kein Schluß	S hat nicht P.	S hat nicht P	Kein Schluß.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

zeigen die Metalle überhaupt. — Schluß: Wenn Metalle auf eine Säure einwirken, so substituieren sie H.

b) für den Vergleichungsschluß.

Das Rind ist ein Paarzeher, besitzt einen vierfachen Magen und hat im Oberkiefer keine Schneidezähne. — Das Reh ist ein Paarzeher, besitzt einen vierfachen Magen und hat im Oberkiefer keine Schneidezähne. — Schluß: Rind und Reh sind demnach verwandt.

Angesichts der Wichtigkeit des progressiven Schließens für die Gewinnung von Erkenntnissen und seiner Stellung im naturwissenschaftlichen Unterricht mögen wenigstens die Hauptfälle des Verbindungsschlusses mit entsprechenden Beispielen aufgezeigt werden.

Jenachdem der Untersatz, der die Konstitution vollzieht, bejahend oder verneinend ist, gibt es zunächst 2 Hauptarten. In beiden kann wieder der Obersatz positiv oder negativ sein. Ferner können die einzelnen Subjekte des Untersatzes Umfangsbestandteile des ihnen zu- bez. abgesprochenen Prädikats sein oder das Prädikat hat als Umfangsbestandteil die Subjekte S_1 S_2 etc.

Demnach ergibt sich für das progressive induktive Schließen folgendes Schema von Beispielen:

Induktives Schließen.
(Verbindungsschluß.)

I. Hauptart. (Der Untersatz ist bejahend).

a) Der Obersatz ist positiv:

1. Form. Die chlorophyllführenden Pflanzenarten A bis M bilden aus $CO_2 + H_2O$ Stärke. — Was die Arten A bis M haben, haben wahrscheinlich alle grünen Pflanzen. — Schluß: Alle grünen Pflanzen bilden aus $CO_2 + H_2O$ Stärke.

2. Form. Unter den Naturkörpern mit Sinnesorganen sind auch einige Pflanzenfamilien. — Was mehrere Pflanzenarten haben, hat die Pflanze überhaupt. — Kein Schluß möglich!

b) Der Obersatz ist negativ:

1. Form. Die Wirbeltiere, Gliedertiere .... können nicht anorg. Stoffe assimilieren. — Was den Wirbeltieren, Gliedertieren ... eigentümlich ist, haben alle Tiere. — Schluß: Die Tiere können anorg. Stoffe nicht assimilieren.

2. Form. Unter die Tiere, die sich durch Teilung allein fortpflanzen, gehören die Säugetiere, Vögel ... nicht. — Die Eigenschaften, die Säugetiere, Vögel ... haben, besitzen alle Wirbeltiere. — Schluß: Die Wirbeltiere vermehren sich nicht durch Teilung.

II. Hauptart. (Der Untersatz ist verneinend).

a) Der Obersatz ist positiv:

1. Form. Bei den Pflanzen s_1 s_2 s_3 ... konnten Sinnesorgane nachgewiesen werden. — Was die einzelnen Pflanzen nicht haben, hat die Pflanze überhaupt nicht. — Kein Schluß möglich!

2. Form. Zu den chlorophyllfreien Pflanzen gehören die Pilze s_1 s_2 s_3 ... — Was die einzelnen Pilze s_1 s_2 s_3 ... nicht haben, haben Pilze überhaupt nicht. — Kein Schluß möglich!

b) Der Obersatz ist negativ:

1. Form. Die Pflanzenarten A bis M haben keine magnetischen Eigenschaften. — Was A bis M nicht haben, hat die Pflanze über-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

haupt nicht. — Schluß: Alle Pflanzen haben keine magnetischen Eigenschaften.

2. Form. Unter die magnetischen Körper gehören die Pflanzenarten A bis M nicht. — Was die einzelnen Pflanzenarten A bis M nicht haben, hat die Pflanze überhaupt nicht. — Kein Schluß möglich!

„Überblicken wir nun abschließend alle die Methoden, sei es, daß es sich um ihre Anwendung auf einen einzelnen Gegenstand, eine Gruppe, eine Erscheinung oder ein ganzes Gebiet von Erscheinungen, sei es, daß es sich — bei komplizierten Fällen — um ein Objekt handelt, wo verschiedene Wissenszweige der Naturwissenschaften in Frage kommen — wie das häufig in der Biologie der Fall ist, wo physikalische und chemische Beobachtungen und Experimente eingreifen — dann können wir getrost sagen, keine der auf unseren Schulen betriebenen Wissenschaften beschäftigt die geistige Tätigkeit in einer solchen Vielseitigkeit und nimmt so sehr den ganzen Menschen, den Sinnenmenschen und den denkenden, in Anspruch wie der naturwissenschaftliche Unterricht.

Er zwingt den jugendlichen Geist nicht in die engen Grenzen der Autorität. Durch Selbstsuchen, Finden, Überlegen, Prüfen, Schließen sucht er, unter Wahrung der Freiheit des Geistes, den Menschen zu bilden und unbefangen zu machen — die erste Voraussetzung, um Denkende für die großen, die Menschheit immer bewegenden Fragen zu erziehen.“*)

Die streng logische Schulung, die die Naturwissenschaften zu geben imstande sind, ist von Berufenen auch stets anerkannt worden. Es sei nur Helmholtz zitiert: „Was mir in eigener Erfahrung bei den Schülern, die aus unseren grammatischen Schulen zu naturwissenschaftlichen und medizinischen Studien übergehen, aufzufallen pflegt, ist neben ihrer zu großen Geneigtheit, sich auf Autoritäten zu stützen, eine gewisse Laxheit in der Anwendung streng allgemeiner giltiger Gesetze. Die grammatischen Regeln, an denen sie sich geübt haben, sind in der Tat meistens mit langen Verzeichnissen und Ausnahmen versehen; sie sind deshalb nicht gewöhnt, auf die Sicherheit einer legitimen Konsequenz eines streng allgemeinen Gesetzes unbedingt zu trauen.“

Nicht nur, weil der naturwissenschaftliche Unterricht im vollsten Sinne Sachunterricht ist, sondern auch, weil er eine treffliche und vielseitige logische Schulung bietet, wie im Vorhergehenden dargelegt wurde, muß auch an den sog. humanistischen Anstalten ihm die entsprechende Aufmerksamkeit geschenkt werden. —

Dem Kausalitätsbedürfnis folgend, geht die Wissenschaft über das bloß empirische Gesetz hinaus; sie ergänzt die sinnliche Wahrnehmung durch die Hypothese.

Schon auf der Unterstufe des naturwissenschaftlichen Unterrichts wird der Schüler mit einigen Hypothesen bekannt und gewinnt wenigstens eine Ahnung von ihrer Notwendigkeit und Nützlichkeit; so bei der Besprechung über die Teilbarkeit der Körper, ihre Aggregatzustände, so auch beim Magnetismus u. a.

Auf der Mittelstufe bietet der Unterricht in der Chemie und Mineralogie Gelegenheit, einen Einblick in das Ineinandergreifen und Fortschreiten von empirischen Gesetzen und Tatsachen zu Hypothesen und deren Nützlichkeit in der Erklärung von Naturerscheinungen zu gewinnen

*) Bastian Schmied, Der naturwissenschaftliche Unterricht. Leipzig u. Berlin 1907.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

und so langsam und sicher das kunstvolle System der Wissenschaften begreifen zu lernen.

So werden etwa im Unterrichte in der Chemie und Mineralogie folgende Erkenntnisstufen in logischer Aufeinanderfolge eingeführt.

Beisp. Gegenstand: Molekular- und Atomgwicht.

I. Erfahrungsgesetze: a) chemische:

1. Die Gase verbinden sich nach konstanten Volums- und Gewichtsverhältnissen.
2. Das Volumen einer gasförmigen Verbindung steht zu den Volumina der Komponenten in einem einfachen Verhältnisse; ist daher das Volumen der in geringster Menge vorkommenden Komponente = n (1, 2, 3 . . . . Liter), so ist das Vol. der Verbindung 2 n (2, 4, 6 . . . Liter)

Symbole:

H	+	O	O	=	Wasser H_2O	Wasser H_2O
ein 1		ein 1	ein 1		ein 1	ein 1

H	+	Cl	=	H Cl	H Cl
ein 1		ein 1		ein 1	ein 1

b) physikalische:

1. Gay-Lusac: Der Ausdehnungskoeffizient aller Gase ist derselbe.
2. Boyle-Mariotte: Das Produkt aus Volumen und Druck ist konstant. — Alle Gase zeigen bei gleichem Drucke das gleiche Verhalten.

II. Folgerungen:

1. Hypothese v. Avogadro: Gleiche Gasvolumina haben bei gleichem Drucke und gleicher Temperatur die gleiche Anzahl von Molekülen.
2. Daltons Atomtheorie. Aus der Tatsache, daß

H	H		O		Wasser	Wasser
x Mol.	x Mol.	+	x Mol.	=	x Mol.	x Mol.
ein 1	ein 1		ein 1		ein 1	ein 1

u. a. schloß Dalton, daß bei Bildung einer chem. Verbindung die Moleküle in kleinere Teile (Atome) zerfallen müssen;*) ferner muß jede chemische Verbindung aus gleichartigen Molekülen bestehen.

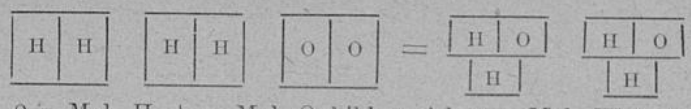
III. Schlüsse.

Daraus können nun folgende Schlüsse gezogen werden:

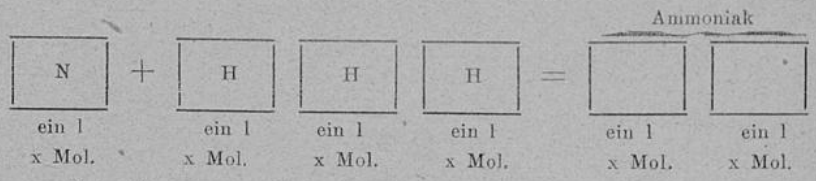
				Wasser	Wasser
H	H	+	O	=	
ein 1	ein 1		ein 1	ein 1	ein 1
x Mol.	x Mol.		x Mol.	x Mol.	x Mol.

*) Sonst stünde diese Gleichung im Widerspruche mit der Hypothese von Avogadro, die ihrerseits aber durch physikalische und chemische Erfahrungsgesetze gefestigt ist.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf



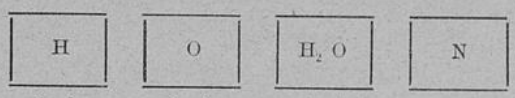
Aus 2 x Mol. H + x Mol. O bilden sich 2 x Mol. Wasser oder:
aus 2 Mol. H + 1 Mol. O bilden sich 2 Mol. Wasser.
Daher hat Wasser die Molekularformel H_2 O.



Aus x Mol. N und 3 x Mol. H bilden sich 2 x Mol. Ammoniak oder:
aus 1 Mol. N + 3 Mol. H bildet sich 2 Mol. Ammoniak,
daher hat Ammoniak die Molekularformel N H_3.
u. s. w.

IV. Berechnung der Molekular- und Atomgewichte.

1. Moleküle und Atome sind nur eine hypothetische Annahme; da die Moleküle und Atome, falls die Materie aus solchen besteht, jenseits der Grenze menschlicher Wahrnehmung und Meßbarkeit liegen, so können natürlich nicht die absoluten, sondern nur ihre vergleichsweisen (relativen) Gewichte berechnet werden.
2. Nach der Avogadroschen Hypothese haben gleiche Volumina von Gasen — gleichen Druck vorausgesetzt — die gleiche Anzahl Moleküle, daher:



u. s. w.

ein 1	ein 1	ein 1	ein 1	
Mol. x	x	x	x	
0·0899 g	1·4298 g	0·8063 g	1·2521 g	Gewicht eines Liters.

Wie man aus allen Versuchen ersieht, ist Wasserstoff der leichteste Körper, daher hat 1 Mol. H auch das kleinste Gewicht. Wir können deshalb vorteilhaft die Molekulargewichte der übrigen gasförmigen Verbindungen auf Wasserstoff beziehen.

Bezeichnet man das Gewicht von 1 l H mit G,
" " " " 1 l O mit G_2,
so ergibt sich: $G_1 : G_2$, = 0·0899 : 1·4298
oder x Mol. H : x Mol. O = 0·899 : 1·4298;
daher 1 Mol H : 1 Mol. O = 0·0899 : 1·4298.

Da 1 Mol. H, wie bereits erschlossen, aus 2 Atomen zusammengesetzt gedacht werden muß, so bezeichnet man mit Vorteil das relative Molekulargewicht des Wasserstoffes mit 2, daher das Gewicht von:

$$1 \text{ Mol. H} : 1 \text{ Mol. O} = 2 : \frac{1{\cdot}4298}{0{\cdot}0899} \cdot 2 = 2 : 32;$$

das relative Molekulargewicht des Sauerstoffes ist somit 32.

Auf dieselbe Weise wird den Schülern die Berechnung der übrigen Molekulargewichte gasförmiger Verbindungen verständlich.

Aus der Kenntnis der Molekulargewichte und der Tatsache, daß die Moleküle der meisten Elemente aus 2 Atomen bestehen, ergibt sich, daß man

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

bei den meisten Elementen das Molekulargewicht nur durch 2 zu dividieren braucht, um das Atomgewicht zu erhalten.

Also: Das Molekulargewicht des Wasserstoffes wurde gleich 2 gesetzt, das Atomgewicht ist daher

$$\frac{\text{Molekulargewicht}}{2} = \frac{2}{2} = 1$$

Das Molekulargewicht von Sauerstoff wurde mit 32 festgesetzt, daher ist das Atomgewicht gleich

$$\frac{\text{Molekulargewicht}}{2} = \frac{32}{2} = 16.$$

Ebenso verhält es sich bei den anderen Elementen.

Dieser Ausschnitt versucht (um es noch einmal zu wiederholen) zu zeigen, wie es bereits auf der Mittelstufe des naturwissenschaftlichen (bzw. mineral.-chem.) Unterrichts möglich ist, den Schüler einen Einblick in die Tatsache gewinnen zu lassen, daß die Wissenschaft auf Grund von Erfahrungsgesetzen zur Aufstellung von Hypothesen schreitet, diese dann wieder zur Grundlage von Folgerungen und Schlüssen macht und so eine Erkenntnis und Erklärung der Naturerscheinungen anzustreben sucht.

Auf der Oberstufe des naturgeschichtlichen Unterrichtes ergibt sich vielfach Gelegenheit, nicht nur über die Notwendigkeit von Hypothesen, sondern auch über ihren Werdegang, ihre Fundamente und Ausbildung und auch über ihre Kämpfe zu sprechen. Gerade die Naturwissenschaften bieten das erfreuliche und erhebende Schauspiel eines echt wissenschaftlichen Kampfes.

Der Schüler wird erkennen lernen, daß die gereifte Forschung bei allen Problemen, die über die bloße Beobachtung nicht mit mathematischer Gewißheit hinausgehen, Hypothesen mit Berechtigung anwendet. — Der Verständige ist nicht der, welcher die Hypothesen vermeidet, sondern der, welcher die wahrscheinlichsten stellt und den Grad ihrer Wahrscheinlichkeit am besten abzuschätzen weiß. Schon längst gewann der Schüler durch den naturwissenschaftlichen Unterricht die Überzeugung, daß die Ursachen nicht der Beobachtung zugänglich sind und daher ursprünglich nur in Form von Hypothesen hinzugedacht werden können, bis allmählich im Fortschritt der Wissenschaft die vorläufig problematische Annahme in die apodiktisch gewisse Erkenntnis übergegangen ist. Gerade in diesem Unterrichtsfache wird ihm doppelt klar, daß wissenschaftliche Hypothesen keine aus der Luft gegriffenen Behauptungen, sondern Resultate der Reflexion über gesammelte Erfahrungen sind und zugleich die Prämissen versuchsweiser Deduktionen, die notwendigen Vorstufen der adäquaten Erkenntnis bilden. Greifen wir nur einige Beispiele heraus.

Bei der abschließenden Besprechung der optischen Erscheinungen bietet sich Gelegenheit, auf die beiden Hypothesen der Emissions- und Undulationshypothese etwas einzugehen und zu zeigen, daß beide keine luftigen Phantasiegebilde waren, sondern mit Notwendigkeit aus den physikalischen Erscheinungen hervorgingen.

Beide blieben, wie bekannt, eine zeitlang gemeinsam bestehen und jede war mit allen bekannten Erscheinungen vereinbar, obwohl die eine diese, die andere jene Gruppe von Erscheinungen leichter zu erklären schien — aber endlich wurden Phänomene bekannt (wie die Interferenz, Beugung, Polarisation), die der Undulationshypothese endgiltig den Sieg verschafften.

Auf der Oberstufe des zoologischen und botanischen Unterrichtes kann ohne Zweifel auch die Darwinsche Entwicklungshypothese besprochen werden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Diese ist insoferne auch ein belehrendes Beispiel, weil hier die logische Analyse wesentlich zu deren Präponderanz verhalf.

Nach Darwin gehen die höheren Organismen aus wenigen niederen hervor u. zw. durch deren successive Um- und Weiterbildung im Kampfe ums Dasein. Diese Hypothese*) empfiehlt sich teils direkt durch die Analogie mit der embryonalen Entwicklung des Individuums (autogenetischen Entwicklung), teils durch folgende Erwägungen: 1. Es muß entweder die Ewigkeit der bestehenden Arten der Organismen auf der Erde oder mindestens die Ewigkeit eines bloß periodischen Wechsels auf ihr oder 2. ein plötzliches Werden komplizierter Gebilde aus dem Nichts oder der anorganischen Materie oder 3. eine allmählich fortschreitende Entwicklung des Organischen aus dem Unorganischen, der höheren Organismen aus den niederen angenommen werden. Andere Erwägungen sind kaum möglich.

Was spricht bezüglich 1. dafür oder dagegen? — Der Hinweis auf geologische, paläontologische und astronomische Tatsachen ist gegen diese Annahme; bezüglich 2. würde der plötzliche Hervorgang komplizierter Organismen ein Wunder involvieren, dessen Annahme der Naturwissenschaft als einer Erfahrungswissenschaft fremd ist. Sonach bleibt nur die 3. Annahme übrig.

Es erübrigt nun zu untersuchen, was dieser Annahme aus der Erfahrung entgegensteht. Nun sind ja mit der Darwinschen Hypothese gewiß manche Tatsachen scheinbar im Widerspruche. Man müßte daher weiters prüfen, ob eine Lösung dieses Widerspruches möglich und die Beseitigung eine notwendige Bedingung ihrer Aufrechthaltung ist. —

Durch alle diese Erwägungen, die ganz gut in einer dem jugendlichen Geiste angemessenen objektiven Weise besprochen werden können, lernt der Schüler Bedeutung und Zweck wissenschaftlicher Hypothesen kennen. Er lernt dadurch die Wissenschaft achten, die keine blinde, sondern eine nur durch logische Gründe gebundene Zustimmung verlangt, und er erkennt, daß es sich bei Hypothesen und Theorien nur um Bilder und nicht um bleibende Wahrheiten handelt.

Das richtige Verständnis der Hypothese ist aber auch für das weitere Interesse an der Philosophie und für die Beschäftigung mit ihr notwendig, denn sie als die Wissenschaft der Prinzipien bedarf am meisten des Hinausgehens über die bloße Beobachtung.

So bietet der naturwissenschaftliche Unterricht dem Schüler vielfach Gelegenheit, in die Werkstätte des menschlichen Geistes einen Einblick zu gewinnen und zu sehen, wie neue Hypothesen, Theorien und aus ihnen Wahrheiten entstehen; er gewinnt Achtung nicht nur vor den wissenschaftlichen Leistungen seiner Generation, sondern auch unserer Vorfahren, auf deren Schultern wir ja stehen, aber auch Bescheidenheit, denn immer neue Rätsel drängen sich uns auf. Nichts ist in der Natur kleinlich: Der rohe Stein, der unscheinbare Grashalm, der unbedeutende Käfer birgt Wunder über Wunder.

Fassen wir das bisher Dargelegte zusammen so ergibt sich, daß der naturwissenschaftliche Unterricht einerseits durch seine Begriffe eine Grundlage für die philosophische Betätigung bildet, anderseits mit philosophischen Problemen geradezu verknüpft ist.

Von der Physik führt eine Brücke zu den Problemen der Außenwelt,

*) Charles Darwin „Über die Entstehung der Arten im Tier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung". 1859.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

die Physiologie der Sinnesorgane führt den Schüler zu den Beziehungen zwischen physischen und psychischen Erscheinungen und zu den Hypothesen über die Seele.

Die Kenntnis der Naturgesetze drängt schließlich zu einer bestimmten Weltanschauung. Bei allen diesen Ausblicken steht aber die Welt der Materie nicht isoliert da; sie berührt sich mehrmals mit der Welt des Geistes; und da die Wirklichkeit nicht allein mit dem Verstande besehen werden kann, sondern auch mit dem Gemüte erlebt und mit dem Gefühl geschätzt werden muß, so greift der naturwissenschaftliche Unterricht auch auf ethische und aesthetische Gebiete über.

So steuern schließlich die humanistischen und die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer demselben Ziele zu: der Erziehung einer harmonischen Persönlichkeit.

Wie verschieden und scheinbar getrennt beide Disziplinen auch dem oberflächlichen Beurteiler erscheinen mögen, in ihrem philosophischen, aesthetischen und ethischen Gehalte berühren sich beide und nehmen gleich wichtigen Anteil an der Erziehung der Jugend.

Zum Schlusse mögen einige Vorschläge erstattet werden, die geeignet erscheinen dürften, die Stellung der naturwissenschaftlichen Disziplinen an unseren Lehranstalten — ohne weitere Belastung der Schüler — zu befestigen und ihren philosophischen, aesthetischen und ethischen Gehalt mehr zur Anerkennung zu bringen.

In den klassischen Sprachen wird durch die Privatlektüre die Schullektüre ergänzt; auch der naturwissenschaftliche Unterricht soll durch die Lektüre und Besprechung der Klassiker der Philosophie und Naturwissenschaften vertieft und ergänzt werden. Verschiedene Kapitel der Physik und der beschreibenden Naturwissenschaften sollen mehr oder minder weitgehende Illustrationen aus der Geschichte der Philosophie erfahren. Galilei, Locke, Hume u. a. sollen in den oberen Klassen zu Worte kommen. Und bespricht der Philologe in der Privatlektüre einen Philosophen der Alten, so möge er auch den Naturwissenschaftler zu Worte kommen lassen. Jeder möge sein Arbeitsgebiet haben: Der eine erschließt das Verständnis durch die notwendige naturwissenschaftliche Erläuterung, der andere kann nun, darauf aufbauend, den Philosophen in sprachlich-historischer Hinsicht dem Schüler vorführen. So stünde für den Schüler die Welt der Alten nicht mehr so isoliert da, er würde erkennen, daß in ihnen die Wurzeln unserer Kultur liegen, die noch immer frischen Saft uns zuführen. Der Schüler würde mit Freude gewahr, daß es ihm infolge der Kenntnis des Lateinischen und Griechischen nun möglich ist, diese interessante Entwicklung zu verfolgen.

Die philosophische Propädeutik soll, da sie zum Teil nur eine Fortführung und Zusammenfassung der im naturwissenschaftlichen Unterricht besprochenen philosophischen Begriffe ist, im engsten Anschlusse daran gelehrt werden.

Es soll demnach die Psychologie, die jetzt nur naturwissenschaftliche Methoden anwendet, in unmittelbarem Anschluß an den Somatologie-Unterricht durchgenommen und die Logik anstatt der jahrhundertealten Beispiele mit solchen aus der Biologie und den exakten Naturwissenschaften illustriert werden. Logik und Psychologie gehören in die Hand des Naturwissenschaftlers, sie sollen der Abschluß des naturwissenschaftlichen, philosophisch gerichteten Unterrichtes sein. —

Der zweite Teil der Untersuchung, die Frage nach dem sozialen Bildungswert des naturwissenschaftlichen Unterrichts, wird in einem 3. Abschnitt besprochen werden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf