

# Vom alchemistischen Symbol zum Element-„Symbol“ der modernen Chemie

Ein Beitrag zum Verständnis der chemischen Zeichensprache

Von Ingrid Wachenfeld, Lutz Stäudel und Holger Wöhrmann

## 1. Einleitung

Die in vielen Rahmenrichtlinien und Lehrplänen für den naturwissenschaftlichen Unterricht (z. B. [1]) geforderte kritische Auseinandersetzung mit dem Gegenstandsbereich des zu lernenden Faches kann solange nicht vollständig eingelöst werden, als nicht auch historische Aspekte in den Unterricht integriert werden. Erst diese ermöglichen ein besseres Verständnis für den Werdegang und die Entwicklung einer Wissenschaft — neben dem unverzichtbaren Fach- und Faktenwissen Grundvoraussetzung für die geforderte kritische Auseinandersetzung. Das Erreichen von Verständnis beim Schüler setzt dabei eigenes Verstehen notwendig voraus: Bezüglich des Faches Chemie heißt das, nicht nur zu wissen, wie die Chemie sich heute darstellt, sondern auch zu begreifen, warum bestimmte Entwicklungen nicht ganz anders verlaufen sind, was von dem Heutigen aus der Tradition vergangener Zeiten stammt, in welchen Bahnen Wissenschaftler zu ihrer

Zeit dachten und wie wir dies bewerten können.

Eine der allgemein anerkannten Voraussetzungen für ein sinnvolles Arbeiten im Chemieunterricht ist die Kenntnis der chemischen Zeichensprache [2]. Gerade ihre Einführung aber bereitet Schülern wie Lehrern Schwierigkeiten. Die Gründe dafür liegen einmal in der komplexen Bedeutung der Symbole selbst, zum anderen im Abstraktions- und Kognitionsniveau der Schüler, das teilweise wesentlich unter dem Abstraktionsgrad der verwendeten Symbolik liegt [3].

Folgende Fakten erfährt ein Schüler in der Regel bei der Einführung der chemischen Symbole (vgl. z. B. [4]):

— *Jöns Jakob Berzelius* führte zu Beginn des 19. Jahrhunderts in die Chemie wissenschaftliche Zeichen oder Symbole ein, indem er die Namen der Elemente abkürzte und diese Abkürzungen als Symbole für die Elemente verwendete.

— Als Abkürzung benutzte er den ersten Buchstaben des lateini-

schen Namens, bei gleichen Anfangsbuchstaben fügte er einen zweiten Buchstaben hinzu.

— Die chemischen Zeichen charakterisieren sowohl eine chemische Qualität, nämlich identische Atome eines Elements mit bestimmten Eigenschaften, wie auch eine Quantität, nämlich ein Atom oder eine gewisse definierte Menge des betreffenden Elements.

Es gibt wohl nur wenige Schüler, die nach einer solchen Einführung der Elementsymbole noch begeistert zum Chemieunterricht eilen.

Unvermittelt stehen die Zeichen der modernen Chemie plötzlich als fertige, rational bestimmte Buchstaben einer Fachsprache im Raum.

Nichts ist zu spüren von der geradezu spannenden Geschichte ihrer Entstehung und Entwicklung. Wie gerne tritt der Lehrer doch manchmal beim Experimentieren als Zauberer und Magier vor die Klasse. Die Zauberwelt der Symbole aber, in ihrer Entwicklungsgeschichte geprägt durch Philosophie, Kult, Religion, Hexenküche und Magie, wird

grundlos, ja widersinnig ihres „Zaubers“ beraubt. Vielleicht ist dies „symbolisch“ für die Misere des Chemieunterrichts.

„Chemische Symbole“ — Alltag des Chemikers und zugleich für viele immer noch geheimnisvolle Zeichen. Lassen Sie uns einige Stationen ihrer faszinierenden Entwicklungsgeschichte verfolgen.

## 2. Symbol — Begriffsbestimmung, Bedeutung, Ursprung

### 2.1. Symbole — was sind das eigentlich?

„Das griechische Wort ‚symbolon‘ bezeichnete ursprünglich einen Rechtsvertrag zwischen zwei oder mehreren Gemeinden. Ebenso wurden das Erkennungswort der in die religiösen kultischen Geheimnisse Eingeweihten und die Erkennungs-marke der Richter im alten Athen symbolon genannt“ [5].

Die Definitions- und Abgrenzungsversuche des heutigen Symbolbegriffs differieren dagegen deutlich. Über die unterschiedlichen Erklärungsansätze kommen auch verschiedene Bezugswissenschaften wie Kulturgeschichte, Linguistik und Psychoanalyse ins Spiel. Übereinstimmung besteht jedoch insofern, daß ein Symbol ein Zeichen oder Sinnbild ist, das stellvertretend für etwas Nicht-Wahrnehmbares steht.

Als Beispiele dafür werden etwa angeführt:

— grünes Ampellicht für freie Fahrt,

— die Schlange als Symbol des Bösen (wenigstens in unserem Kulturkreis) [6],

— eine Fahne als Symbol insofern, wie sie „ein Land, eine Partei oder eine andere Gruppe von Menschen sinnbildlich darstellt und dazu noch gewisse Gefühle oder Willensäußerungen hervorzurufen imstande ist“ [5].

Eine weitergefaßte Begriffsbestimmung versteht dagegen praktisch jedes Schrift- oder Bildzeichen mit verabredeter oder unmittelbar einschichtiger Bedeutung als Symbol, soweit dieses zur verkürzten Kennzeichnung eines Begriffes, Objektes, Verfahrens usw. verwendet wird. Da sich aber bei diesem weiten Begriffsgebrauch Überschneidungen mit dem Bereich der kon-

ventionellen Zeichen, Ikonen u. a. ergeben, die Abgrenzung des Symbolbegriffs gegenüber dem Zeichen für unsere Ausführungen jedoch bedeutsam erscheint, beziehen wir uns hier auf die engere Definition. Eine Unterscheidung von Zeichen und Symbolen ist hauptsächlich über deren Verwendung zugänglich. Zeichen können kognitiv vollständig erfaßt, sie können von jedermann verstanden werden, denn sie besitzen einen eindeutigen Aussagewert, z. B. das Verkehrszeichen „Zulässige Höchstgeschwindigkeit“.

Die Dimension des Symbols reicht aber über die Aussage eines Zeichens und auch über unsere sprachlichen und begrifflichen Ausdrucksmöglichkeiten hinaus. Ein Beispiel aus der Farbensymbolik kann das verdeutlichen: Schwarz steht in unserem Kulturkreis u. a. für Trauer, wobei diese Auslegung den Symbolcharakter, insbesondere seine emotionale Qualität nicht erschöpft. Symbolhafte Kommunikation weist heutzutage zwei zunächst widersprüchliche Tendenzen auf:

— einerseits einen deutlichen Rückgang dieser Kommunikationsform,

— zugleich aber auch ihre inflationäre Ausweitung.

Die Gründe dafür sind vermutlich in der Veränderung gesellschaftlicher Verhältnisse zu suchen:

— Eine von Rationalität und Streben nach Effektivität geprägte Gesellschaft und Wirtschaft braucht Eindeutigkeit der Kommunikation,

wozu Symbole im engeren Sinne nicht taugen.

— Die historische Tradition hat in dem Maß an Bedeutung und Wirksamkeit verloren, wie die gewachsenen Strukturen von privatem Leben (Großfamilie) durch Unterordnung unter ökonomische Entwicklungsanforderungen zerstört wurden [7].

— Der verbleibende Rest von Symbolen wurde weitgehend kommerzialisiert, nach tiefenpsychologischen Gesichtspunkten zu Werbezwecken zugerichtet — und hat somit nur noch indirekt mit den hier gemeinten Symbolen zu tun.

### 2.2. Chemische Symbole — Symbole oder Zeichen?

Trotz der aufgezeigten qualitativen Unterschiede werden die Begriffe Symbol und Zeichen auch in der chemischen Fachliteratur häufig synonym gebraucht (Elementsymbol/Zeichensprache). Über das Selbstverständnis der begrifflichen Praxis der modernen Chemie gibt das folgende Zitat Auskunft:

„Die chemische Formel  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ist für den Chemiker eine Epitome des chemischen Verhaltens von Essigsäure. Unter anderem besagt sie ihm, daß das Molekül von Essigsäure 60 mal so schwer ist wie ein Sechzehntel des Atoms von Sauerstoff, daß die Säure ein Oxydationsprodukt von Acetaldehyd ist, daß eines seiner Wasserstoffatome durch ein Metall ersetzt werden kann, daß drei seiner Wasserstoffatome durch Chlor ersetzbar sind, daß sie sauer schmeckt und einen niedri-



Abb. 1: Verkehrszeichen

gen Siedepunkt hat und daß sie mit Wasser mischbar ist [8].“

Diese vollständig rational bestimmte, auch quantitative Bedeutung von chemischen Zeichen war durchaus nicht immer so definiert, sondern hat sich erst seit *Lavoisier* und *Berzelius* entwickelt. Chemische Zeichen hatten vorher — zur Zeit der Alchemie — eher qualitativen Charakter, mit dem Anspruch, auch das innere Wesen des Seins der Dinge und der Welt zu erfassen.

Sie hatten also Symbolcharakter; ihre Geschichte hängt eng mit der Entwicklung der Symbole im allgemeinen zusammen und ist somit auch ein Stück Menschheitsgeschichte.

### 2.3. Ursprung der Symbole

Symbole müssen als spezifisch menschliche Äußerungen betrachtet werden, als Versuch, Lebenserkenntnisse über mehrere Generationen hinweg zu vermitteln und konkrete äußere Erfahrungen (mit der Umwelt) zusammen mit inneren Erfahrungen (Ängsten, Wünschen, Ohnmacht) ganzheitlich auszudrücken. Symbolentwicklung und -verwendung charakterisieren daher zugleich die spannungs- und widerspruchsvolle Auseinandersetzung des Menschen, nicht nur mit der Natur, sondern auch mit sich selbst. Nach *C. G. Jung* haben die Symbole ihren Ursprung in dem kollektiven überpersonalen Bewußtsein. Sie stellen Ur- und Schlüsselworte des Menschlichen dar [9, S. 59f].

Für den archaisch lebenden Menschen hatten Symbole magisch-mystischen Charakter und dienten zu kultischen Zwecken. Beispiele sind etwa die heiligen Steine der Megalith-Kulturen oder die Höhlenmalerei von Altamira (Jagdzauber).

## 3. Die ersten alchemistischen Symbole

Der natürliche Selbsterhaltungstrieb veranlaßte von jeher den Menschen, sich aktiv mit seiner Umwelt auseinanderzusetzen. Im Unterschied zu den Tieren verhielt sich der Mensch bewußt planend und Erfahrungen sammelnd [10].

Bereits über die Befriedigung seiner Grundbedürfnisse wie Nahrungsversorgung, Kleidung, Schutz vor Naturgewalten usw. konnte der

Mensch im Laufe der Zeit Kenntnisse und Fertigkeiten gewinnen, die wiederum zur ständigen Vergrößerung seines Erfahrungsbereiches führten. Besondere Bedeutung hatten dabei gezielte Stoffveränderungen oder -umwandlungen (z. B. Gerben von Fellen, Konservieren von Nahrungsmitteln, Metallgewinnung aus Erzen usw.), welche die handwerkliche Erfahrungsgrundlage für die spätere systematische Auseinandersetzung mit der Natur und letztendlich für die Herausbildung einer Wissenschaft wie der Chemie bildeten. Nicht zufällig werden ganze Epochen der Menschheitsgeschichte nach den für den Menschen verfügbaren Werkstoffen benannt: Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit [11]. Neben die zunächst direkte, handwerklich-praktische Weitergabe der gesammelten Erfahrungen traten im Laufe der Menschheitsgeschichte auch schriftliche Überlieferungen, bei denen erstmals Symbole verwendet wurden.

Eine besonders umfassende Tradition dieser Art entwickelten die Ägypter um 2000 v. Chr., die ihre Erfahrungen in Form von Rezepten von Generation zu Generation weiter vermittelten und von ihren Verfassern, den Priestern, streng geheimhalten ließen.

Auch die Bezeichnung „Chemie“ hat ihren Ursprung wahrscheinlich in Ägypten. So gibt der griechische Schriftsteller *Plutarch* in seinem Werk über das antike Ägypten („Isis und Osiris“) einen Erklärungsansatz für die Herkunft dieses Wortes: Noch heute nennt man das Land Ägypten wegen seiner besonders dunklen, dem Schwarzen des Auges vergleichbaren Erde „Chemia“ (zitiert nach [12]).

Wie aus dem Zusammenhang hervorgeht, bedeutet „Chemia“ nicht nur die schwarze, von Nilschlamm gefärbte Erde, sondern gleichzeitig auch das Schwarze im Auge (Iris) des Menschen, das wiederum alles Dunkle und Geheimnisvolle ausdrückt.

Im 6. Jh. n. Chr. übernahmen die Araber mit der Begründung der Vorkherrschaft in Nordafrika zugleich die reichhaltigen chemisch-technischen Kenntnisse der Ägypter. Sie veränderten das Wort Chemie in der Weise, daß sie den Artikel „Al“ vor die Bezeichnung Chemie setzten, woraus dann der Begriff Alchemie entstanden ist. Ähnliche Wortbilder sind auch heute noch in der Chemie

anzutreffen, z. B. Alkohol, Alkali usw.

Die Wurzeln der Alchemie sind aber nicht nur in den chemisch-technischen Gewerbezweigen des Altertums zu suchen, sondern auch in der babylonischen Astrologie und der griechischen Philosophie.

### 3.1. Symbole aus der babylonischen Astrologie

Zu den wohl ältesten Symbolen, die für die Alchemie bedeutsam wurden, zählen die planetaren Zeichen, die aus der babylonischen Astrologie hervorgegangen sind. Diese Symbole wurden ursprünglich nicht den Metallen, sondern den Planeten und ihren Göttern zugeordnet.

Schon in der frühen sumerischen Zeit (5. Jahrtausend v. Chr.) wird eine Gottheit durch ein Sternsymbol dargestellt: \*. Ebenso alt ist die Verbindung von Sonne und Mond mit bestimmten Gottheiten (Scha-masch: Sonne; Sin : Mond).

„Obwohl die Verehrung von Sonne, Mond und Sternen sehr begreiflicherweise bei den verschiedenen Völkern des Erdkreises anzutreffen ist, so bestätigen doch die neueren Forschungen, daß man als Heimat der eigentlichen, in der Folgezeit so unermeßlich einflußreichen Astrologie Babylonien anzusehen hat und dieses insbesondere auch ein uralter Sitz der Planetenverehrung war“ [13, S. 346].

Zwischen dem 9. und 7. Jahrhundert v. Chr. erfolgt dann die Zusammenfassung von Sonne und Mond mit den im Altertum bekannten fünf Wandelsternen zu der bis ins späte Mittelalter bedeutsamen Siebenzahl der Planeten bzw. Planetengottheiten.

Aus der gleichen Epoche stammt die Zuordnung bestimmter Metalle zu den Gestirnen (Planetengottheiten), deren Wurzeln wiederum in der griechischen Mythologie zu finden sind (Tabelle 1) (z. B. Ares oder Mars: Kriegsgott/Waffenmetall, Eisen).

Eine wiederum ältere Tradition besitzt die Zuordnung der Metalle zu den Tierkreiszeichen in den sogenannten „Planetenhäusern“. Entsprechend den beobachtbaren Veränderungen am Sternenhimmel im Laufe eines Jahres und der teilweise mythisch-mystischen Interpretation dieser Bewegungen wurden die Planeten den Tierkreiszeichen und damit Sternbildern zugeordnet (Abb. 2).

Tabelle 1: Die sieben planetaren Zeichen und ihre Zuordnung zu den Metallen [14]

Gestirn/ Gottheit	planetares Zeichen	zugeord- netes Metall
Sonne	○	Gold
Mond	☾	Silber
Jupiter	♃	Zinn
Merkur	☿	Quecksilber
Mars	♂	Eisen
Venus	♀	Kupfer
Saturn	♄	Blei

T. Burckhard [15, S. 97] erklärt diese Planetenhäuser folgendermaßen: „Jeder Planet besitzt so zwei sich gegenüberliegende Häuser ein links und ein rechts oder ein weiblich und ein männlich, mit Ausnahme von Mond und Sonne, die nur je ein Haus haben und zugleich die beiden weiblich-männlichen Hälften des Tierkreises beherrschen.“ Diese Beziehungen von Vorgängen am Himmel einerseits und die Verbindungen mit den Metallen als irdischen Stoffen andererseits über die für beide Bereiche gleichermaßen

benutzten planetaren Zeichen sind Ausdruck des Zusammenhangs von „Mikrokosmos und Makrokosmos“, d. h. von der Vorstellung, daß alles, was sich am Himmel abspielt, auf Erden oder im Menschen seine Entsprechung habe.

Der Tierkreis, die Sternbilder und die personifizierten Planeten waren ursprünglich nichts anderes als Projektionen des Unbewußten, und zwar nicht in die Materie, sondern in den Kosmos [9, S. 37f].

„Im Gegenüber von Gestirnen und Metallen hat man so eine Art ontologischer Skala, auf die sich alle Anblicke der Natur beziehen lassen. Das gilt nicht nur für die „äußere“ Natur, den Makrokosmos, sondern auch für den Mikrokosmos, d. h. für den Menschen in seiner seelisch-leiblichen Beschaffenheit; für die Alchemie gibt es „innere“ Metalle, ebenso wie es für die Astrologie „innere“ Planeten gibt“ [15, S. 85].

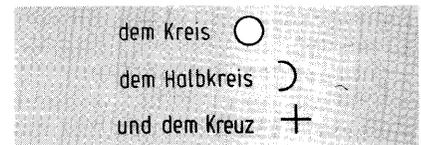
Der enge Zusammenhang von Gestirnen und Metallen findet sich auch in der Metallurgie wieder. Hier bestand die Vorstellung, daß die Planeten auf die Metalle in der Weise Einfluß hätten, daß und wann diese in der Erde wachsen würden. Für die Alchemie war weiterhin von Bedeutung, daß die Planeten, in Anlehnung an die griechische Mythologie, in männliche und weibliche unterteilt wurden. Diese Unterscheidung wurde ebenfalls auf die

zugeordneten Metalle übertragen (männlich: Blei, Eisen, Zinn, Gold; weiblich: Silber, Kupfer).

Eine Sonderstellung nahm das Quecksilber ein, das als Hermaphrodit männliche und weibliche Eigenschaften vereinigte.

Auch in der Metallurgie spielte die Unterteilung in männlich und weiblich eine Rolle. Einmal, weil der Bergmann in den Wachstumsprozeß der Erze durch den Abbau eingriff (Metallurgie als „Geburtshelfer“), zum anderen, weil der Schmelzvorgang als „Hochzeit der Metalle“ angesehen wurde, bei der männliche und weibliche Erze zusammenkamen.

Eine formale Analyse der planetaren Symbole zeigt, daß diese nur aus drei Grundfiguren aufgebaut sind:



Für diese drei Grundfiguren hat T. Burckhardt folgende Erklärung:

„Da der Kreis zugleich das Zeichen für Sonne und der Halbmond das Zeichen für den Mond ist, kann man diese beiden Figuren für Bilder der Sonnenscheibe und der Mondsichel nehmen. Die dritte Grundfigur, das Kreuz, erinnert in astronomischer Hinsicht an das Kreuz der vier Himmelsrichtungen und auf alchemistischer Ebene an die vier Elemente. Ineinandergeschrieben ergeben die drei Grundfiguren das Rad des Himmels“ [15, S. 86f].

Besonders interessant ist die Tatsache, daß das Quecksilber alle drei Grundfiguren enthält und somit bereits in der Formgebung als Ausnahme erscheint (ungewöhnliche Eigenschaften des Quecksilbers). Die Verwendung aller möglichen Grundfiguren entspricht auch seiner Charakterisierung als Hermaphrodit.

E. O. v. Lippmann teilt diese Ansicht über die Entstehung der Symbolformen nur bezüglich der Zeichen für Sonne und Mond. Für alle anderen nimmt er an, daß sie Abkürzungen der Namenszeichen der Planetengottheiten darstellen [13, S. 351].

Als um das 1. Jh. n. Chr. diese Symbole Eingang in die ersten alchemistischen Schriften Ägyptens fanden, brachten sie also bereits ihre

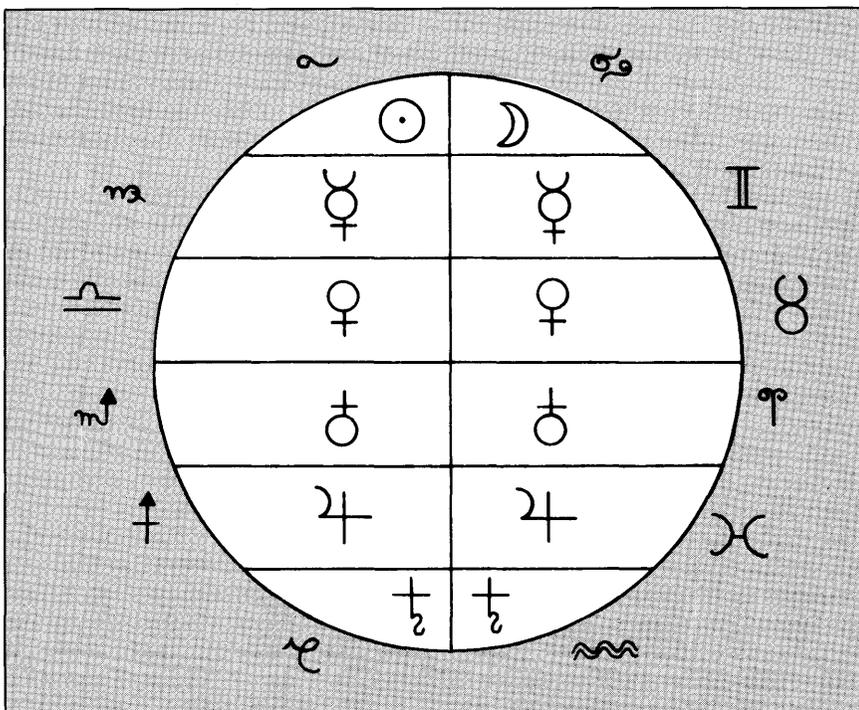


Abb. 2: Zuordnung der Tierkreiszeichen zu den planetaren Zeichen [15, S. 97]

eigene komplexe Entwicklung und ihren differenzierten Bedeutungsgehalt mit. Sie stehen für Gottheiten und Planeten, später auch für Metalle, und manifestieren insofern die bereits angedeutete Entsprechung von Mikrokosmos und Makrokosmos.

### 3.2. Die Bedeutung der griechischen Philosophie für die Alchemie

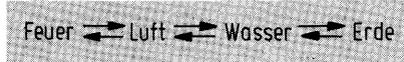
Die Griechen des Altertums standen in einem deutlich anderen Verhältnis zur Natur. *R. Meyer* bemerkt dazu:

„Chemische Beobachtungen wurden von den alten Kulturvölkern wohl fast ausschließlich in Ausübung ihrer gewerblichen Tätigkeit gemacht. Solche aber waren dem vornehmen Griechen völlig fremd, ja sie galten als des freien Mannes unwürdig und wurden den Sklaven oder niederen Volksschichten überlassen. Kriegsdienst und Staatskunst, Philosophie und freie Künste allein ziemten den Vollbürger — so kam dieser kaum in die Lage, chemische Beobachtungen zu machen oder gar Versuche anzustellen“ [16, S. 4].

Erfahrung aus praktischer Tätigkeit oder gar Experimente hatten für die theoretische, spekulative Auseinandersetzung und Deutung der Welt also kaum Bedeutung. Diese Welt und die sie bevölkernden Wesen sollten nach Ansicht der griechischen Philosophen aus Elementen bestehen, Elementen weniger im heutigen Sinn als Erscheinungsformen eines Urstoffes mit bestimmten Qualitäten. Bei der Bestimmung des Urstoffes knüpften die ionischen Naturphilosophen (Vorsokratiker, 600 bis 300 v. Chr.) ganz offensichtlich an kulturelle Traditionen der alten Stromtalkulturen an: *Thales*, z. B., indem er das Wasser als ursprüngliches Prinzip allen Seins nennt. Parallelen dazu finden sich etwa auch in der biblischen Schöpfungsgeschichte, wo die Erde aus dem Wasser abgeschieden wird (vgl. [17, S. 166]). Andere Philosophen nennen die Luft (*Anaximenes*), die Erde (*Xenophanes*) oder das Feuer (*Heraklit*).

Erst *Empedokles* aus Agrigent (495—435 v. Chr.) vereinigte alle vier vermuteten Urstoffe zur 4-Elemententheorie, die später von *Aristoteles* weiter differenziert wurde. *Empedokles* erklärte die unterschiedlichen Eigenschaften der existierenden Stoffe, Dinge und Lebewesen

damit, daß sie jeweils in einem anderen Verhältnis aus den Elementen zusammengesetzt seien. Auch nahm er die gegenseitige Umwandelbarkeit der hierarchisch geordneten Elemente an [18, S. 19]:



Als dynamisches Prinzip ließ er Liebe und Haß walten, ein erstes dualistisches System, das für Bewegung und Veränderung, Anziehung und Abstoßung verantwortlich war. Insgesamt ging er von einem auch materiell abgeschlossenen Weltbild

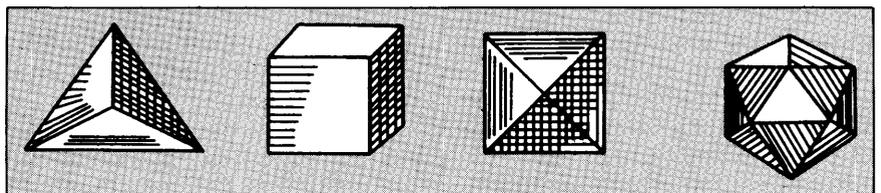
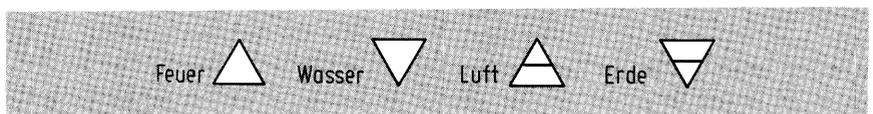


Abb. 3: Die platonischen Körper

Die Zuordnung von Gestalt und Eigenschaften erfolgte dabei in Anlehnung an die Alltagserfahrung der tatsächlichen Stoffe.

„Der Erde teilen wir die Würfelgestalt zu. Denn die Erde ist von den vier Gattungen der Elemente das Unbeweglichste und unter den Körpern das Bildsamste. Dazu muß aber notwendigerweise dasjenige werden, was die festeste Grundfläche hat... Dem Wasser müssen wir die unter den drei übrigen Grundfiguren am schwersten bewegliche Gattung zerteilen, die beweglichste dem Feuer, die wenig scharfe dem Wasser, die stumpfste der Luft...“



Auf *Aristoteles* (384—322 v. Chr.) geht eine andere Darstellungsform der vier Elemente zurück, die weit-

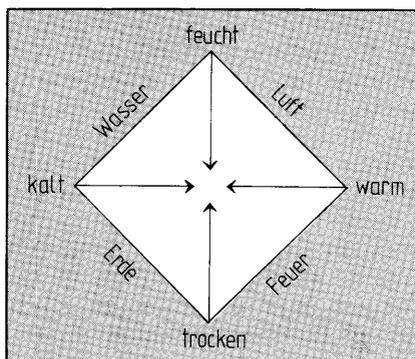


Abb. 4: Die Vierelementenlehre [18, S. 19]

aus, das in einem Zyklus differenziert und vielfältig erscheint, wogegen im nächsten Zyklus alles Sein samt der Gegensätze in Eines zurückkehrt. Die Parallele zur Ouroboros-Inschrift „Eins ist alles“ ist unverkennbar.

Eine symbolische Darstellung fand diese Vierelemententheorie erst später. Ansätze dazu finden sich bei *Plato* (427—347 v. Chr.). Dieser schrieb unter dem Einfluß der Schule der Pythagoräer den Elementen geometrische Körper zu, welche die an sich unstrukturierte Urmaterie als Form begrenzten und bestimmten (Abb. 3).

(aus *Platos* ‚Timäus‘, in [19, S. 31 f]).

Auch *Plato* stellte sich eine Elementumwandlung vor, allerdings auf geometrischer Grundlage durch Veränderung der Anordnung der Urflächen, der Dreiecke, zueinander.

Diese Umwandlung war damit viel eher mechanistisch als organisch, wenn man sie etwa mit den Elementübergängen durch Verdichtung und Verdünnung bei *Empedokles* vergleicht. Die Dreiecke, bevorzugte Grundflächen des *Plato*, finden sich später in Elementensymbolen wieder, die bis weit ins Mittelalter verwendet werden:

gehend aus der Tradition des *Empedokles* zu verstehen ist (Abb. 4).

Dieses Schema, das weniger symbolischen Charakter hat, dafür in elaborierter Weise die Vorstellungen von den Beziehungen der Elemente zueinander über gemeinsame und gegensätzliche Eigenschaften (Prinzipien) wiedergibt, war für das Denken der späteren Alchemisten bestimmend, weit bis ins ausgehende Mittelalter hinein<sup>1)</sup>. Den Elementen kam dabei nicht der Charakter ursprünglicher, unveränderlicher Stoffe zu; sie galten nur

<sup>1)</sup> Auch das 5. Element des *Aristoteles*, der Äther, spielte im Mittelalter eine gewisse Rolle.

als Erscheinungsformen der mit bestimmten Qualitäten ausgestatteten Urmaterie. Daher konnte auch der Übergang von einem Element zum anderen theoretisch leicht begründet und vollzogen werden. Diese Vorstellungen sollten später verallgemeinert als Transmutations-Idee zu weitreichender Bedeutung gelangen: die Veränderung eines Stoffes durch Wegnehmen und Hinzufügen spezieller Eigenschaften oder Qualitäten bei Erhalt der materiellen Grundlage, der Urmaterie.

### 3.3. Alexandrien — Ausgangspunkt der praktischen Alchemie

Bereits die griechischen, insbesondere aber die alexandrischen Alchemisten nahmen die Transmutations-Idee auf und machten sie zum Programm mit dem Hauptziel, unedle in edle Stoffe umzuwandeln. Der Transmutationsprozeß vollzog sich nach einem einheitlichen Plan. Das Erreichen der vier aufeinanderfolgenden Stufen sollte durch das Auftreten bestimmter Farben angezeigt werden:

schwarz → weiß → gelb → rot.

Diese Färbungen hatten sowohl praktische wie symbolische Bedeutung:

— Schwarz stand für die ‚materia prima‘, in die unedle Metalle (Blei oder Eisen) überführt wurden,

— Weiß stand für die Stufe des Silbers, das durch Hinzufügen bestimmter Qualitäten (in Form von Stoffen) erreicht werden sollte,

— Gelb und Rot standen für die Stufen der Vollendung hin zum Gold.

Das so erzeugte Gold galt später als Elixier oder als Stein der Weisen; es sollte als Keim wirken, um andere unedle Metalle zu verwandeln, Krankheiten zu heilen und schließlich die Läuterung der Seele zu fördern.

Farbe stand somit als äußerer Anzeiger für einen inneren Zustand; der Farbwechsel repräsentierte eine vom Menschen beschleunigte Reifung des Unedlen zum Edlen, ähnlich dem natürlichen Reifungsprozeß der Früchte.

Das alchemistische „Werk“ war in der Vorstellung der damaligen Menschen also durchaus ein natürliches Umgehen mit den vorgefundenen Stoffen und kein willkürlicher Eingriff in die Natur. Man versuchte nur, den stehengebliebenen oder noch lange dauernden Reifungsprozeß der angenommenen natürlichen Elementumwandlung oder -vervoll-

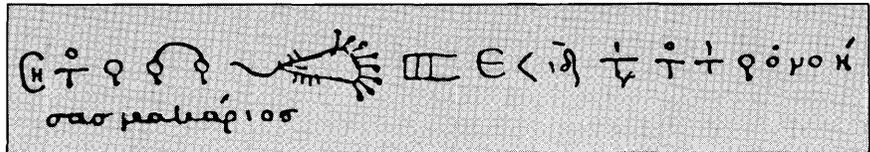


Abb. 5: Die Krebsformel

kommung wieder in Gang zu bringen oder abzukürzen. Die erste sichere symbolisch-formelhafte Überlieferung des alchemistischen Werkes bezieht sich auf die Herstellung des Steins der Weisen. Die sogenannte Krebsformel wird *Zosimus* zugeschrieben und ist im Leydener Papyrus (390 n. Chr. verfaßt) aufgefunden worden (Abb. 5).

Ein Entschlüsselungsversuch von *Berthelot* (1889) liefert etwa folgende „Übersetzung“:

Sei aufmerksam / das Ganze / Kupfer / Krebs (ein alchemistischer Erhitzungssofen) / in Teile (zerlegen) / Mengenangaben in Drachmen.

Unterschrift: „Wer dies begriffen hat, wird glücklich sein“ [19, S. 58f].

Einer endgültigen Interpretation entzieht sich dieses Symbolstengramm, wahrscheinlich nicht nur wegen der vorausgegangenen Veränderung durch mündliche Überlieferung, sondern wohl auch wegen des fehlenden Zugangs zu einer uns fremden Gedankenwelt, für die eine Apostrophierung als halbquantitativ und mystisch sicher zu kurz greift.

Auf die Stellung des Steins der Weisen in der spätmittelalterlichen europäischen Alchemie werden wir weiter unten zurückkommen.

### 3.4. Der Einfluß der Araber — die Quecksilber-Schwefel-Theorie

Im 8. Jahrhundert n. Chr. eroberten die Araber auch Ägypten und traten das reiche Erbe der alexandrischen Schule an. Obwohl in dem Denken der Alchemisten die Vorstellungen des Aristoteles noch stark verwurzelt waren, wurden sie sich aus ihrer Praxis heraus allmählich der Unzulänglichkeit der Vierelemententheorie bewußt und entwickelten eine neue Theorie, die mehr im Einklang mit ihren Beobachtungen stand. Exemplarisch soll hier die „Veredelung“ des Bleiglanzes betrachtet werden: Durch Entfernen des Schwefelgehaltes (Rösten) gelangten die Alchemisten zu gediegenem Blei und zu einer sehr geringen Menge Silber, das in Spuren im Bleiglanz enthalten ist, aber für den

damaligen Alchemisten den Beweis einer Transmutation darstellte [16, S. 13].

Aus derartigen Befunden heraus wurde die Quecksilber-Schwefel-Theorie entwickelt, die nun an die Stelle der aristotelischen Vierelementenlehre trat. Nur noch zwei Elemente werden angenommen: Quecksilber, das die Prinzipien Feucht und Kalt repräsentiert, und Schwefel mit den Qualitäten Warm und Trocken; die Attribute „philosophisch“ (-er Schwefel) kennzeichnen dabei ein Verständnis, das auch hier die Gleichsetzung mit den tatsächlichen Elementen verbietet [20].

In diesem Zusammenhang ist der arabische Naturforscher *Dschbir Ben Hajjan* zu nennen, der u. a. der Auffassung war, daß sich alle Metalle in der Erde unter dem Einfluß der Planeten aus Schwefel und Quecksilber gebildet hätten; Gold entstehe dann, wenn beide Elemente im Gleichgewicht vorliegen.

Wie auch bei den Vorsokratikern ermöglichen hier Gegensätze Harmonie und höchste Vollendung. Quecksilber mit weiblichen und Schwefel mit männlichen Eigenschaften bilden die Pole eines dualistischen Systems, ganz ähnlich wie Körper und Geist oder Yin und Yang der chinesischen Philosophie. Eine mittelalterliche Abbildung bringt dies auch symbolisch zum Ausdruck, wobei Schwefel  $\text{♁}$  mit der (männlichen) Sonne verbunden wird und Quecksilber  $\text{♁}$  mit dem (weiblichen) Mond (Abb. 6).

Formal leitet sich das Schwefelsymbol eindeutig von Feuer und Luft ab, das Quecksilbersymbol vom Zeichen für die Venus. Die Verbindung zu den Planetengottheiten und den 7 Metallen ist in Abb. 7 zu erkennen; im unteren großen Dreieck taucht neben Quecksilber und Schwefel bereits als drittes Prinzip das Salz  $\text{□}$  auf.

Es zeigt sich also, daß die bisher dargestellten Theorien nicht nebeneinander standen, sondern sich vielmehr organisch entwickelten und dabei verschiedene Vorstellungen

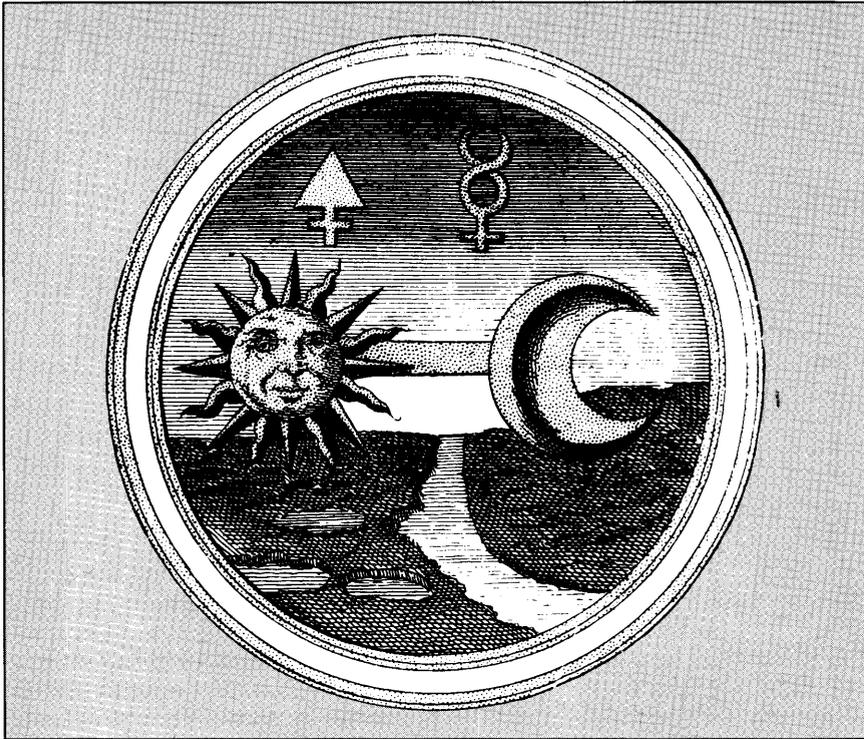


Abb. 6: Sulfur und Merkur überbrücken den Fluß des „ewigen Wassers“ [9, S. 214]

gen und Erfahrungen zu integrieren versuchten. In ihnen und den verwendeten Symbolen spiegelt sich gleichzeitig der jeweilige Erkenntnisstand der Menschen und ihr Verhältnis zur Natur wieder, insbesondere aber auch ihr Begriff von Wissenschaft und ihre Verbindung zu einer empirischen oder experimentellen Praxis.

#### 4. Die alchemistischen Theorien und Symbole im Europa des Spätmittelalters

Erst die Auseinandersetzungen mit dem Islam — die maurische Vorrückung in Spanien und die Kreuzzüge des 11. bis 15. Jahrhunderts — brachten mit den bis dahin

verschollenen Schriften und Zeugnissen der griechisch-hellenistischen Kultur alchemistisches Gedankengut nach Europa. Einer bruchlosen Übernahme der entwickelten arabischen Praxis standen jedoch die schwierige Rückübersetzung der Quellentexte der griechisch-alexandrischen Philosophen und Naturforscher einerseits und das vom christlichen Offenbarungsgedanken geprägte Monopol des Klerus auf Wissenschaft andererseits entgegen. So fand keine Integration mit der handwerklichen Tradition der noch römisch geprägten Metall- und Färbekunst statt. Mönche, Priester und Ärzte beschäftigten sich fortan mit der Transmutationsidee und der Suche nach dem Stein der Weisen. *Albertus Magnus* (1193—1280) machte sich um die Verbreitung der Philosophie des Aristoteles verdient, *Roger Bacon* (1214—1292) stellte das Experiment einer zufälligen Praxis oder bloß kontemplativen Naturbetrachtung entgegen und proklamierte die Anwendung mathematischer Methoden in den Naturwissenschaften [21].

Die Weiterentwicklung der Arbeitsmethoden (z. B. Destillation) und Geräte bereicherte die Alchemie um Substanzen wie Mineralsäuren; die Theorie blieb jedoch der hellenistischen Gedankenwelt verhaftet. Ausschlaggebend dafür waren vermutlich die dogmatische Verurteilung aller neuen Systeme durch die Kirche als Ketzerei [17, S. 240f] und eine entwickelte dezentrale Landwirtschaft als Fundament des feudalistischen Gesellschaftssystems, welche weder einer praxisbezogenen Wissenschaft bedurfte noch sie förderte [22].

Unterstützung fand eine häufig betrügerische Variante der Alchemie jedoch an Fürstenhöfen, wo man sich durch die vermeintlichen Goldmacher eine Auffüllung der oft leeren Schatztruhen erhoffte. Nicht nur die hier notwendige Verschleierung der Fehlschläge bei der Transmutation, sondern auch eine allgemeine Verbreitung des Mystizismus machten die Alchemie bald zur Geheimwissenschaft.

##### 4.1. Symbolvielfalt und Geheimsymbole

Die sprunghaft ansteigende Zahl von Symbolen — für manche Stoffe wurden 50 und mehr gleichzeitig verwendet — läßt sich nicht alleine

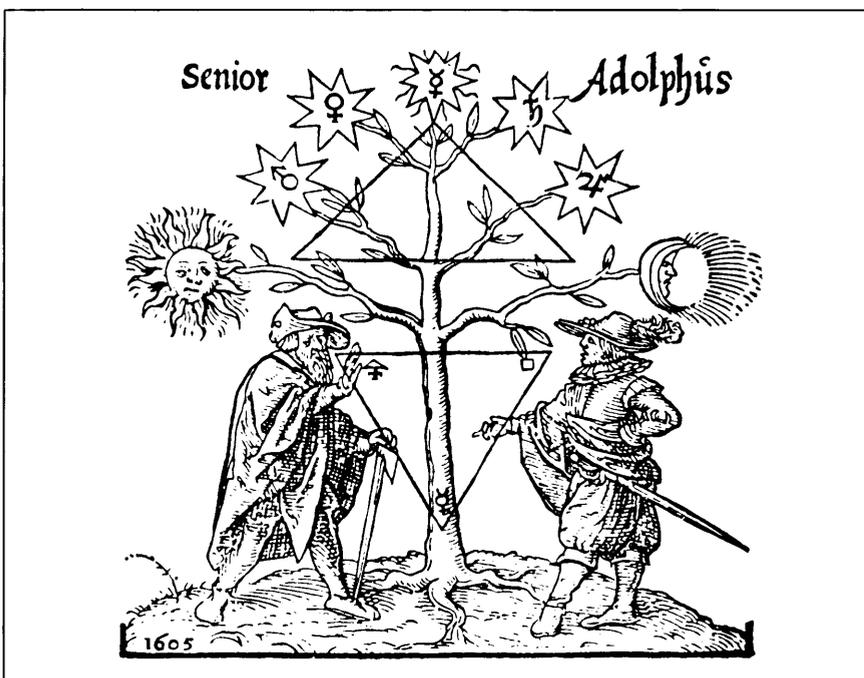


Abb. 7: Der Himmelsbaum

auf die Bemühungen um Geheimhaltung zurückführen. Die sich ständig verbreitende Praxis, erste planmäßige Experimente und eine differenziertere Betrachtung und Beschreibung der Erfahrungen im Umgang mit Stoffen sind ebenfalls dafür verantwortlich.

Wie bei den Arabern die Betrachtung und Erfahrung zur Aufstellung der Quecksilber-Schwefel-Theorie geführt hatte, manifestierte sich diese neue Praxis im Umgang mit Symbolen. Viele nur wenig voneinander verschiedene Symbole mögen an die Stelle eines einzigen getreten sein, das früher für einen Stoff stand. Dieser war aber nach unserer heutigen Kenntnis weder ein Reinstoff noch immer derselbe Stoff, da ja z. B. die Farbe ein wesentliches Klassifizierungsmerkmal war. Unterschiedliches Verhalten von Stoffen „gleicher Art“ wurde jetzt durch Variation des Symbols ausgedrückt (Abb. 8).

Beim Sichten und Ordnen der Symbole gelangt man zu folgenden fünf Gruppen [14, S. 52]:

Buchstaben und buchstabenähnliche Symbole:



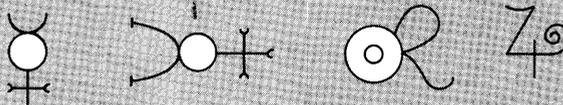
Die vier aristotelischen Symbole der Grundelemente und deren Modifikationen:



Symbole, die mit den Tierkreiszeichen identisch sind:



Symbole, welchen die Zeichen der sieben Planeten (Metalle) zugrunde liegen:



Symbole, welchen einfache geometrische Figuren zugrunde liegen:



Die große Zahl der Symbole und ihre unterschiedliche Herkunft lassen etwas von der Komplexität der Entwicklung der Alchemie erahnen und ihre Wurzeln in den Bereichen von Kosmologie, Astronomie und Astrologie, Metallurgie und der Psyche

erkennen. Gleichzeitig liegt hier eine Ursache für die spätere Fehlinterpretation und Geringschätzung der Alchemie und den schwierigen Zugang für uns Heutige.

#### 4.2. Die Iatrochemie — Erweiterung der Quecksilber-Schwefel-Theorie und deren medizinische Anwendung

Mit dem Übergang vom Mittelalter zur Renaissance (15./16. Jh.) erhielt die vom antiken Geiste erfüllte Alchemie neue Impulse durch die Medizin und entwickelte sich zur Iatrochemie (iatros (griechisch) = der Arzt) weiter. Paracelsus (eigentlich: Theophrastus Bombastus von Hohenheim, 1493—1541) erweiterte die Quecksilber-Schwefel-Theorie der Araber zur ‚Tria prima‘: Zum Schwefel als Prinzip der Brennbarkeit und dem Quecksilber (Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit) kam als drittes das Salz, welches für Dauerhaftigkeit und Festigkeit stand.

Der entscheidende Schritt der Iatrochemie war die Anwendung dieser Theorie auch auf den menschlichen Körper. Das Gleichgewicht der drei Prinzipien alleine bedeutete Gesundheit. Überwiegen oder Fehlen einer Komponente im Krankheitsfall mußte durch gezielte Gaben entsprechender Medikamente, der Arkanen, ausgeglichen werden.

Bei der Suche nach geeigneten chemischen Substanzen als Heilmitteln stand somit die Zusammensetzung der Stoffe aus den Tria Prima und deren Anwendung im Zentrum des Interesses. Die Intensivierung

Gold; lat.: Aurum, sol; fr.: Or; e.: Gold; it.: Oro.

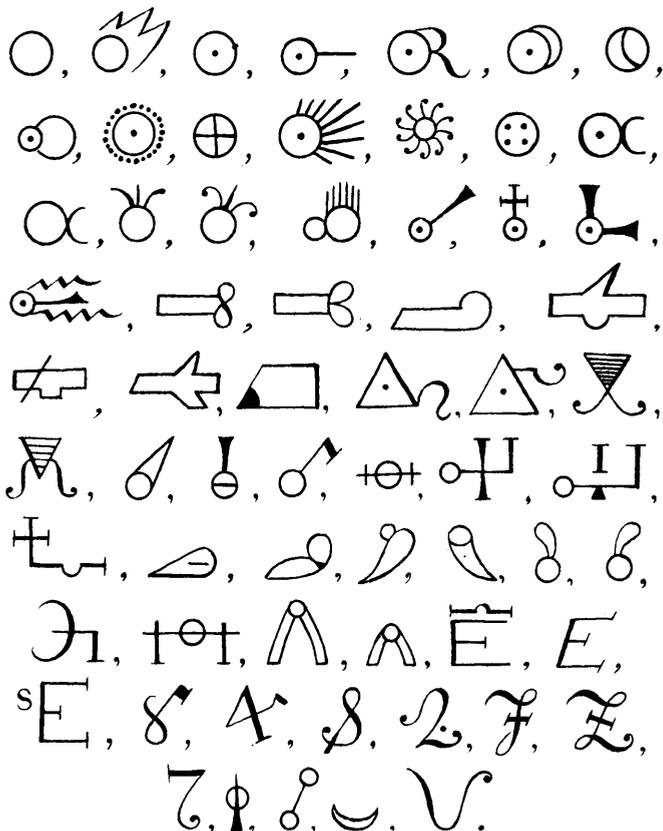


Abb. 8: Symbole für das Gold [14, Tafel XX]

einer empirisch fundierten Praxis erfolgte aber nach wie vor auf der Grundlage der überlieferten philosophisch-alchemistischen Vorstellungen, wie ein Zitat des *Paracelsus* deutlich macht:

„Nun aber im Grund betrachten, welcher ist der, der mag ein Arzt sein ohn die drey: der da nit sei ein Philosoph, Astronomus, ein Alchemist?“

Keiner sondern er muß in den dreyen Dingen erfahren seyn: dann in ihnen steht die Wahrheit der Arztney“ [23].

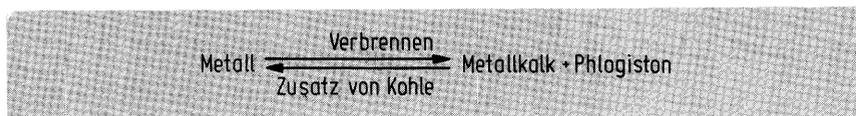
## 5. Das Phlogistonzeitalter. Übergang von der Alchemie zur Chemie

Obwohl sich mit der Iatrochemie bereits der Ablösungsprozeß einer „wissenschaftlichen“ Chemie von der Alchemie andeutete, erlebte die Goldmacherei eine neue Blüte. Es entstanden ‚hermetische Gesellschaften‘, und fast jedes Kloster und jeder Fürstenhof hielten sich eigene Alchemisten. Die Entwick-

lung der Chemie von einer Hilfswissenschaft der Medizin zu einer selbständigen Wissenschaft wurde besonders durch *Robert Boyle* (1627—1691) gefordert; sie sollte sich mit folgenden Aufgaben befassen:

„Mit der Erkenntnis der Zusammensetzung, Umwandlung und Zerlegung der Körper, mit der Erforschung der Erscheinungen, welche bei ihrer Umwandlung und Zerlegung auftreten, mit den Gesetzen, nach welchen diese Vorgänge sich vollziehen, und mit der Bestimmung, inwiefern die Eigenschaften der Körper von ihrer Zusammensetzung abhängen“ [24, S. 63].

Besondere Aufmerksamkeit widmete man in der nun folgenden Epoche den Verbrennungsvorgängen. Zu deren Erklärung stellte der Chemiker und Arzt *Georg Ernst Stahl* (1660—1734) die sogenannte Phlogistontheorie auf [18, S. 37]. Wie viele seiner Zeitgenossen nahm er an, daß brennbare Körper einen gemeinsamen Stoff, das Phlogiston, enthielten, der bei der Verbrennung entweiche und eine Gewichtsabnahme verursache:



Aufgrund der rein qualitativen Betrachtungsweise der Verbrennung konnte der Widerspruch dieser Theorie, daß nämlich gerade eine Gewichtszunahme stattfand, nicht erkannt werden. Wissenschaftsgeschichtlich stellt die Phlogistontheorie einen wichtigen ersten Versuch dar, beobachtete Stoffveränderungen rational und systematisch zu erfassen. Auch die verwendeten Symbole spiegeln dieses

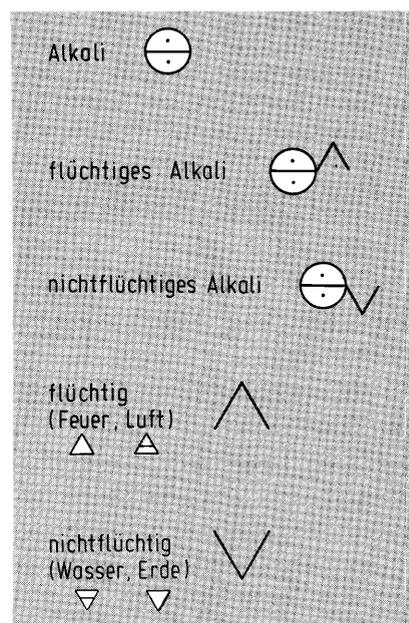
Spannungsverhältnis wieder, indem sie einerseits der alchemistischen Tradition eng verwandt sind, andererseits mehr als vorher Aussagen über Zusammensetzung und Verwandtschaft der Stoffe machen.

Die folgenden Beispiele sollen dies illustrieren: Für Säuren und Salze wird ein gemeinsames Zeichen, der Kreis, benutzt; durch Zusatzzeichen findet eine Differenzierung statt:

Muttersubstanz	Symbol	verwandte Substanz	Symbol
Salz		Salzsäure	
Salpeter		Salpetersäure	
Vitriol		Schwefelsäure	

Alkalien wurden durch einen Kreis mit einem waagerechten Querstrich dargestellt. Weiter unterschied man zwischen flüchtigen und nichtflüchtigen Stoffen durch Anhängen ei-

nes offenen Dreiecks. Hierbei wurde offensichtlich auf die Form der aristotelischen Grundsymbole zurückgegriffen:



Der entscheidende Schritt, der wiederum die Überwindung der Phlogistontheorie vorbereitete, war die Revision des Element-Begriffs durch *R. Boyle*. An die Stelle der spekulativen aristotelischen vier Elemente setzte er eine empirisch fundierte Definition:

Das Element als Stoff, der nicht weiter in verschiedene Bestandteile zerlegt werden kann.

## 6. Die Anfänge der quantitativen Chemie — Entwicklung der modernen Zeichensprache

### 6.1. Lavoisier's Verbrennungstheorie

Erst die Einführung der Waage und die damit möglichen quantitativen Untersuchungen führten zu dem von *T. S. Kuhn* [25] beschriebenen Paradigmawechsel, der die moderne Chemie einleitete: *Lavoisier* formulierte aufgrund umfangreicher Untersuchungen eine Verbrennungstheorie, die die Phlogistonlehre bald ablöste. Die Verbrennung wurde als Verbindung eines Stoffes mit einem Bestandteil der Luft erkannt und wegen der Entstehung saurer Produkte (aus Nichtmetallen) als Oxydation bezeichnet [24, S. 17].

Die zunehmende Zahl definierter herstellbarer oder isolierbarer Stoffe führte zu neuen umfangreichen Klassifikationsversuchen; *Hassensfratz* und *Adet* entwickelten dazu ein funktionales Symbolsystem,

das eindeutige Zuordnungen zu den Stoffen erlaubte:

— Die gerade Linie stand für Substanzen und Stoffe, die leicht eine Reaktion mit anderen Stoffen eingehen:

| Wärmestoff — Sauerstoff

— Das Dreieck  $\Delta$  wurde für die alkalischen und erdigen Substanzen,

— der Vollkreis  $\bigcirc$  für metallische Substanzen,

— ein Quadrat  $\square$  für versäuerbare Substanzen,

— das auf der Spitze stehende Quadrat  $\diamond$  für unbekannte Stoffe verwendet.

In das jeweilige Grundsymbol wurde der Anfangsbuchstabe des Elementnamens gesetzt: z. B. Kupfer

$\bigcirc$  C, Silber  $\bigcirc$  S. Damit waren

bereits erste Verbindungsformeln möglich, z. B.: Aus  $\nabla$  P für Pottasche und  $\square$  A für Essigsäure

wird  $\nabla$  P  $\square$  A für essigsauren Kalk.

Gleichzeitig erfolgte der Übergang von den bis dahin verwendeten „Trivialnamen“ zu Bezeichnungen, die aus einer rationalen Nomenklatur abgeleitet werden konnten (*Lavoisier, Guyton, Berthollet, Foury*).

### 6.2. Die Dalton'sche Atomhypothese und ihre Darstellung in einem neuen Element-Zeichen-System

Während das *Hassenfratz'sche* Symbol-System noch eine formale Anlehnung an die griechischen Elementdarstellungen auswies und in seinen Symbolen die in den bezeichneten Stoffen enthaltenen Prinzipien und Eigenschaften andeutete, verschwanden mit *J. Dalton* (1766—1844) diese Gestaltungsunterschiede zu Gunsten der einheitlichen Kreisform als folgerichtige Konsequenz der von ihm propagierten Atomhypothese mit kugelförmigen kleinsten Teilchen [24, S. 21]. Vorangegangen war die Entdeckung der Gesetze der konstanten und multiplen Proportionen, aber auch die Beschäftigung mit Demokrit und anderen frühen Naturphilosophen.

Die Metalle erhielten wieder den Anfangsbuchstaben ihres Namens, Nichtmetalle geometrische Zeichen als Differenzierung der Element-Kreise (Abb. 9).

Mit diesen Zeichen konnten Verbindungen erstmals auch, dem Kennt-

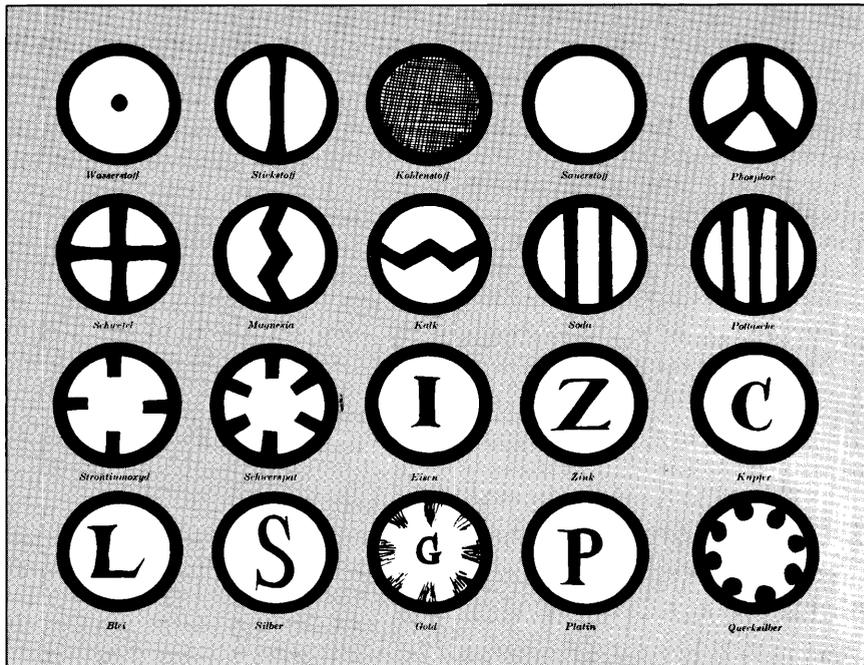
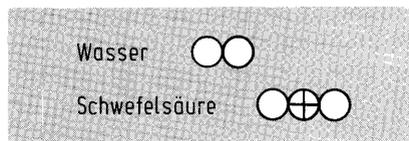


Abb. 9: Die Daltonschen Zeichen der Elemente [27]

nisstand der Zeit entsprechend, stöchiometrisch „richtig“ dargestellt werden, etwa



[16, S. 80]. Die Schwerfälligkeit dieser Zeichensprache führte jedoch schon bald zu weiterer Abstraktion.

### 6.3. Berzelius und Liebig — Einführung der modernen chemischen Zeichensprache

1818, gerade 10 Jahre nach *Dalton's* „New System of Chemical Philosophy“, schlug *J. J. Berzelius* die heute noch verwendeten chemischen Zeichen der Fachöffentlichkeit vor. Nicht nur die Umständlichkeit der Dalton-Schreibweise war Anlaß zu dieser Neuentwicklung; für viele Wissenschaftler dieser Zeit ging es auch darum, der sich rational und kritisch-experimentell verstehenden Wissenschaft eine entsprechende Ausdrucksform zu geben.

Die neuen Zeichen erfüllen diese Bedingung, kennzeichnen aber gleichermaßen die Abkehr von der komplizierten und verschleierte erscheinenden Symbolik der Alchemie. Es ist verständlich, daß zu einem Zeitpunkt, als alchemistische und spekulativ-philosophischen Gedanken nochmals eine Blüte erlebten,

die Vertreter einer rationalen Wissenschaft in der Auseinandersetzung mit diesen Tendenzen der neuen Fachsprache zu einer schnellen Verbreitung verhalfen.

*Berzelius* wählte für diese rationale Sprache die Anfangsbuchstaben der damals weitgehend benutzten lateinischen Elementnamen. In Verbindungen benutzte er für die häufig vorkommenden Elemente einfache Zeichen: für Schwefel ein Komma, für Sauerstoff den Punkt, für Selen einen waagerechten Strich und für Tellur ein Kreuz [28].  $\text{Cu}$  bedeutete Kupferoxid,  $\text{Ag}$  Schwefelsilber. Diese als Vereinfachung gedachten Kurzzeichen wurden bald wieder fallengelassen, ebenso die Atomverdoppelung durch einen Querstrich ( $\text{C}\ominus$  für Kohlendioxid [16, S. 81]). Dafür setzten sich seit *Liebig* die rechts unten hinzugefügten numerischen Indizes durch: aus  $\text{P-O}^5$  wurde  $\text{P}_2\text{O}_5$ . *Justus von Liebig* (1803—1873) wandte das neue Zeichensystem erstmals auch für die Formulierung von Umsetzungsgleichungen an [26, S. 264].

Die folgende rasche Entwicklung war begleitet von einer Ergänzung und Erweiterung der einfachen Zeichenverknüpfung hin zur Strukturformel. Ein letztes Mal kann in diesem Zusammenhang bei der Aufstellung der Benzolformel durch *August Kéculé v. Strandonitz* (1826—1896) das Nachwirken symbolhafter Naturdarstellung in einer Zeit ratio-

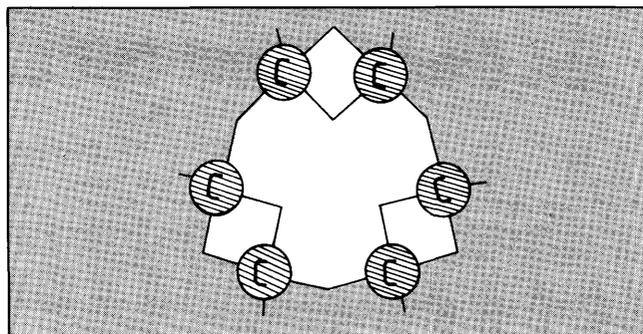
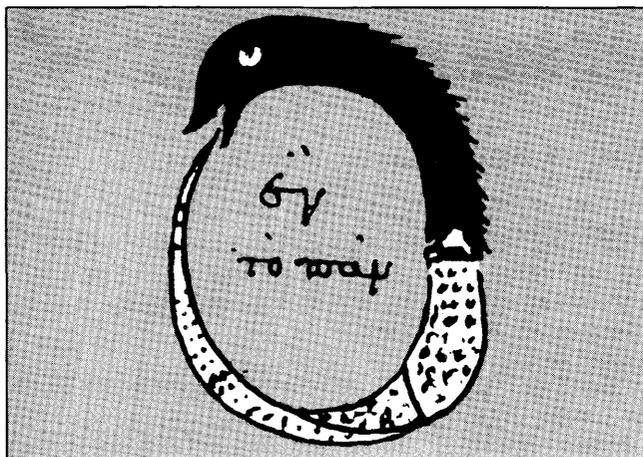


Abb. 10 (links): Das alchemistische Schlangensymbol Ouroboros [29, S. 170]

Abb. 11 (oben): Benzolring [29, S. 178]

nalen und vorwiegend quantitativ-experimentellen Umgangs mit den Stoffen gezeigt werden, wie aus dem folgenden Text hervorgeht:

„Kékulé sprach über die Entdeckung des Benzolringes und sagte, daß er einmal auf dem Weg zur Vorlesung in Gedanken über sein Problem an einer Apotheke vorbei kam, an deren Tür eine gewundene und sich in den Schwanz beißende Schlange oder der Ouroboros abgebildet war. Auf seinem Weg dachte er über die Schlange nach, die wie das Symbol eines geschlossenen Ringes aussah. Dies war die Schlange, die (als ein Reflex) ihm bei seinen Überlegungen zum Problem des Benzolringes immer wieder in den Sinn kam. Damit ist der Benzolring als eine Paraphrase des alchemistischen Schlangensymbols anzusehen“ [29] (Abb. 10 und 11).

## 7. Schlußbemerkungen

Wir hoffen, daß es uns trotz des begrenzten Rahmens dieses Artikels gelungen ist, etwas von der Komplexität der Entwicklung der chemischen Elementzeichen aus frühgeschichtlichen Planetensymbolen darzustellen. Damit ist allerdings nur ein Schritt in Richtung eines besseren Verständnisses von Naturwissenschaft getan, ein halber Schritt vielleicht, bezogen auf eine veränderte Praxis des Chemieunterrichts. Sollen historische Elemente nicht zu anekdotenhaften Geschichten verkommen, müssen sie konstruktiv in die Unterrichtsplanung und -gestaltung integriert werden. Die bisherigen Versuche — etwa der Ansatz der PINC-Gruppe (Gesellschaftliche Arbeit als Leit-

prinzip bei der historischen Rekonstruktion der Eisengewinnung) [30], Jens Pukies' historisch-genetischer Ansatz in der Physik (Bedeutung spekulativen Vorgehens bei G. Galilei und R. Meyer) [31] und die Arbeiten der CUNA-Arbeitsgruppe am Deutschen Museum in München [32] — sind in ihrer Konkretion deutlich gegenstands-, schulstufen- oder situationsspezifisch und daher kaum verallgemeinerbar. Über unsere eigenen Versuche, die hier geschilderte Entwicklung der chemischen Zeichensprache für die Schulchemie praktisch werden zu lassen, werden wir zu einem späteren Zeitpunkt berichten.

Wir danken Herrn Ingo Schulz für die Anfertigung der Photographien.

### Literatur

- [1] Der Hessische Kultusminister: Hessische Rahmenrichtlinien Chemie, Sekundarstufe I. Frankfurt am Main 1976, S. 4 und S. 10
- [2] G. Löffler: Die Formelsprache im Chemieanfangsunterricht. Der Chemieunterricht 10 (1979) H. 4, S. 5
- [3] C. Jenelten-Altkofer, R. Duit: Entwicklung des Energiebegriffs bei 5- bis 16jährigen. NiU-P/C 28 (1980) S. 408
- [4] H. R. Christen: Chemie. Frankfurt am Main 1971, S. 43f
- [5] Das Wissen des 20. Jahrhunderts (Lexikon). München 1969; Stichwort „Symbol“
- [6] Knauer Lexikon. München 1975; Stichwort „Symbol“
- [7] W. Gottschalch et al.: Sozialisationsforschung. Frankfurt am Main 1971, S. 26f
- [8] E. J. Holmyard: Symbolismus in der Wissenschaft. Endeavour (deutsche Ausgabe) Bd. VII, Nr. 27 (1984) S. 82
- [9] C. G. Jung: Psychologie und Alchemie. Freiburg 1972
- [10] F. Engels: Anteil der Arbeit bei der Menschwerdung des Affen. Berlin 1946, S. 6
- [11] R. Pauly, P. Wurmbach: Curriculare

Beispiele für den Biologie- und Chemieunterricht in der Sekundarstufe I auf der Basis des Leitprinzips ‚gesellschaftliche Arbeit‘; in: H. Dahncke (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Hannover 1975, S. 295

[12] R. Wolf: Die Sprache der Chemie. Bonn 1971, S. 1

[13] E. O. v. Lippmann: Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, Bd. 2. Hildesheim 1978

[14] G. W. Gessmann: Die Geheimsymbole der Chemie und Medizin des Mittelalters. München 1963

[15] T. Burckhardt: Alchemie. Freiburg 1961

[16] R. Meyer: Vorlesung über die Geschichte der Chemie. Leipzig 1922

[17] J. D. Bernal: Sozialgeschichte der Wissenschaft, Bd. I, Reinbek 1978 (rororo Taschenbuch 6224)

[18] E. Rothacker: Geschichte der Wissenschaften. Bad Godesberg 1944

[19] W. Bein: Der Stein der Weisen und die Kunst, Gold zu machen. Berlin 1915

[20] J. Weyer: Die theoretischen Grundlagen der Alchemie. Der Chemieunterricht 3 (1972) H. 2, S. 74

[21] A. C. Crombie: Von Augustinus bis Galilei. München 1977, S. 50f

[22] W. Lefèvre: Naturtheorie und Produktionsweise. Darmstadt 1978, S. 19f

[23] A. v. Bernus: Alchemie und Heilkunst. Nürnberg 1948, S. 1

[24] H. Bauer: Geschichte der Chemie. Berlin 1921

[25] T. S. Kuhn: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt am Main 1973

[26] W. Ludwig: Die Geschichte der chemischen Zeichensprache. MNU 2 (1950) S. 260

[27] C. A. Reichen: Die Geschichte der Chemie. Lausanne 1963, S. 56

[28] V. Mirschel: Zur Geschichte der chemischen Symbole. Chemie in der Schule 22 (1975) S. 429

[29] K. Scherf: Vom Schlangensymbol. Die BASF 15 (1965) S. 170 f.

[30] Projektgruppe PINC; Natur und Produktion im Unterricht. Weinheim 1978

[31] J. Pukies: Das Verstehen der Naturwissenschaften. Braunschweig 1979

[32] Jochim Varchmin: Geschichte als notwendige Voraussetzung für einen problemorientierten naturwissenschaftlich-technischen Unterricht; in: H. Härtel (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Hannover 1980, S. 27

# Naturwissenschaften im Unterricht

Zeitschrift für die Unterrichtspraxis der Sekundarstufe I

OKTOBER 1981

HEFT 10

29. JAHRGANG

## Physik/ Chemie

ISSN 0340-5479

### Herausgeber

Prof. Dr. Wolfgang Bleichroth  
(Geschäftsführender Herausgeber  
Physik);  
Prof. Dr. Heinz Schmidkunz  
(Geschäftsführender Herausgeber  
Chemie);  
Wiss. Oberrat Dr. Reinders Duit;  
OStDir. Karl Häusler;  
StDir. Martin Volkmer.

### Schriftleiter

Prof. Dr. Gottfried Merzyn.

### Beiträge

- B. Landwehr, R. Pacena  
Eine transportable Ausstellung zur Elektrizitätslehre für die Sekundarstufe I ..... 361
- W. K. Schmidt-Wolbrandt  
Der Fehlerstrom-Schutzschalter und seine Behandlung im Physikunterricht ..... 363
- I. Wachenfeld, L. Stäudel, H. Wöhrmann  
Vom alchemistischen Symbol zum Element-, Symbol' der modernen Chemie ..... 371
- H.-J. Ritzefeld  
Ein Chemietest mit experimentellen Aufgaben ..... 382
- Denksportaufgabe** ..... 391
- Zeitschriftenrundschau** ..... 391
- Vorschau** ..... 392
- Kurzfassungen der Beiträge** ..... III

## Biologie

ISSN 0342-5487

### Herausgeber

Prof. Dr. Almut Gerhardt  
und  
Prof. Dr. Hans Grupe  
(Geschäftsführende Herausgeber);  
StDir. Wolfdieter Bojunga;  
Rektor Eitel-Friedrich Scholz;  
OStR. Dr. Jürgen Tendel.

### Mitherausgeber und Schriftleiter

Akad. Oberrat Dr. Volker Naroska.

### Themenheft 7:

**Der Baggersee**

**Herausgeber dieses Heftes:**

Prof. Dr. Ilse Danneel

### Beiträge

- Ilse Danneel  
Der Baggersee. Einführung in das Unterrichtsthema ..... (1) 345
- Karl F. Herhaus  
Die natürliche Besiedlung des Baggersees ..... (5) 348
- Ilse Danneel  
Der eutrophe See ..... (31) 375
- Ruth Jäger  
Baggern und Rekultivieren ..... (46) 390
- Vorschau** ..... (64) 408
- Kurzfassungen der Beiträge** ..... III



Aulis Verlag Deubner & Co KG