Peter von Dierkes

Chemie und Abfall

Die chemische Patience – das Periodensystem der Elemente

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Chemie und Abfall – Die chemische Patience – das Periodensystem der Elemente / Peter von Dierkes. – Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2003
(Technik, Wirtschaft, Umweltschutz)
ISBN 3-935317-03-4

ISBN 3-935317-03-4 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Dr. Peter von Dierkes
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2003
Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe Manz und Mühlthaler GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB, Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Vorwort

Unsere Abfallwirtschaft steht auf den Schultern der Naturwissenschaften, d.h. der Physik und Chemie. Niemand kann Abfallwirtschaft betreiben oder gar feststellen, er wäre tief eingedrungen, würde er nicht - zumindest - die wesentlichen Grundzüge, insbesondere der Chemie und die für die Abfallwirtschaft wichtigen Elemente, deren Aufbau, Verbindungen und Wirkungsweisen beherrschen.

Seit mehr als vier Semestern habe ich das Vergnügen, an zwei technischen Universitäten (TU- Berlin und TU- Clausthal) Vorlesungen über das Entsorgungs- und Abfallmanagment („...**Theoria cum Praxi**...") abzuhalten und entsprechende Projekt- / Diplom- und Doktorarbeiten (TU- Berlin) zu betreuen.

In temperamentvollen Diskussionen treffe ich dort viele junge und wissensdurstige Menschen. Die Intensität, Neues lernen zu wollen, aber auch Umweltwissen zu erfahren und brauchbare Instrumente für das spätere berufliche Leben in die Hand zu bekommen, ist groß und erfreulich stark. Es ist für mich persönlich eine Bereicherung, mitgestalten zu können und diesen Leistungsträgern "...**in spe**..." soviele praktische Kenntnisse wie nötig, aufgesetzt auf den Schultern einer verständlichen Theorie, vermitteln zu dürfen. So halten sich Theorie und Praxis die Waage, stützen einander und helfen, das gesteckte Ziel zu erreichen.

Aber Eifer und Aufgeschlossenheit ggü. diesem gesamten Fragenkomplex ist noch nicht genug - das reicht nicht. Ein profundes Wissen über die unzähligen Abläufe und Verknüpfungen ist zusätzlich notwendig. Gerade wenn man Beurteilungen über abfallwirtschaftliche Maßnahmen zu erarbeiten, wenn man sich konzeptionell, strategisch und / oder wirtschaftlich in besonderer Weise zu positionieren hat, wenn man Entscheidungen treffen muß, ist das Wissen über Ursache und Wirkung von abfallwirtschaftlichen Abläufen und Prozessen von ausschlaggebender Bedeutung.

Ich habe die Erfahrung gemacht, daß es manchmal daran hapert. Vieles muß oftmals wegen falsch verstandener Eile an der Oberfläche bleiben, man kratzt nur daran - ein Tiefgang fehlt. Ein wirkliches Verstehen und Begreifen setzt deshalb nicht oder zu spät ein. Fakten, Daten und Werte (insbesondere Grenzwerte) werden zwar genutzt, aber nicht in ihrer vollen Tragweite „...**absorbiert**...". Auch das Verbinden technischer Inhalte zu einem lebendigen Ganzen ist zu stärken. Natürlich spielen Kosten und Wirtschaftlichkeit **eine** bestimmende, ja überragende Rolle - aber gerade deshalb bleibt es einem nicht erspart, sich intensiv und ganzheitlich mit den technischen Möglichkeiten auseinander zu setzen. Nur auf diese Weise wird man in der Lage sein, eine qualitative und quantitative Beurteilung abgeben zu können - nur so nimmt man Zusammenhänge und Kausalketten auf, lernt diese begreifen und umsetzen.

Ein Grundsatz hat mein bisheriges Leben immer bestimmt: „...**Verwandle Wissen in Einsicht und Erkenntnis**...". D.h. in Bezug auf die Abfallwirtschaft, sich eben nicht nur mit (wichtigen) beschreibenden und anleitenden Konzepten und Strategien auseinander zu setzen und hierbei Zahlen und wirtschaftliche Vorgaben, genauso wie politische Elemente abzuspeichern, sondern tiefer in

dynamische Zusammenhänge und in das Geschehen „...**Abfall**..." selbst eindringen zu wollen. Abfall als Stoff begreifen, heißt doch, daß man weiß, wie dieser zusammengesetzt ist und wie sich dessen einzelne Substanzen in / oder ohne Wechselwirkung verhalten - und das noch in Abhängigkeit sich ständig verändernder Umfeldeinflüsse.

Auf meiner Suche nach steter Verbesserung, habe ich Schwächen, Zurückhaltung und eine seltsame Form von „...**Abwesenheit**..." in / von diesen Themen entdeckt. Deshalb habe ich mich entschlossen, dagegen anzugehen. Chemie ist nicht schwer, sage ich, man muß sich nur hinein versenken wollen - ein Stück abstraktes Denken ist hilfreich, mehr aber noch, eine kreative Vorstellungskraft in Bildern. So griff ich wieder einmal zur Feder.

Mit den nachfolgenden Überlegungen, Betrachtungen und Schlußfolgerungen habe ich versucht, die wichtigsten Eigenschaften der in der Abfallwirtschaft dominant vorkommenden Elemente und Verbindungen Revue passieren zu lassen, Besonderheiten zu identifizieren und insbesondere etwas über den Aufbau dieser Elemente kund zu tun. Deshalb nimmt auch das Periodensystem der Elemente (**PSE**) in diesem Werk einen Platz in der Mitte ein.

In der 2ten Hälfte des 19. Jh. wurde nämlich das **PSE** (Mendelejew und Meyer) soweit konkretisiert, daß damit alle damaligen Elemente nach ihren chemischen Eigenschaften in eine logische Ordnung gebracht werden konnten. So war man in der Lage, die vielen Tausende von chemischen Verbindungen auf wenige Elemente (damals <70 – heute 112) zu reduzieren. Mit dieser Ordnung konnte man sogar Voraussagen (Lückenschließung) vornehmen. Genau diese Idee hat man viel später auch auf den „...Teilchenzoo (subatomare Bausteine; > 200)..." angewendet (eine Ordnung schaffende Symmetrie). Rd. 50 Jahre später (um 1920) wurde dann die Theorie geboren, nach der die Ähnlichkeit der chemischen Eigenschaften bestimmter Atome mit einer ähnlichen Anordnung der den Kern „...**umkreisenden**..." Elektronen[1] in Verbindung gebracht wurde. Durch Experimente fand man schließlich heraus, daß das „...**unteilbare**..." Atom plötzlich teilbar geworden war.

Jedes Element hat nun seine ganz "...**persönliche**..." Geschichte. Diese Geschichte trägt es wie einen Rucksack mit sich herum, gefüllt mit allgemeinen Wissenselementen und aufregenden Details. Es gilt, diesen Rucksack aufzuschnüren und hinein zu schauen, um über den Inhalt etwas zu erfahren. Erst dann ist man in der Lage, zu urteilen und zu beurteilen. Das ist wichtig, wenn man sich z.B. an die schwierige Beurteilung von Toxizitäten heranwagt oder wenn man versuchen möchte, eine Entscheidung über eine abfallwirtschaftliche Konzeption zu fällen.

[1] Ein Lepton: $m_e = 9{,}1 \bullet 10^{-31}$ kg, $m_e \bullet c^2 = 0{,}511$ MeV, $e = 1{,}6\ 10^{-19}$ C (= As, Amperesekunden) - die Vorstellung, daß sich Elektronen wie Wellen verhalten, führte dann zur SGL und QM

Damit das „...**Sich-Vertiefen und Behalten**..." etwas leichter fällt, habe ich wieder das didaktische Schema des Frage- / Antwortspiels gewählt. Ich meine, daß gerade dadurch schwierige Sachverhalte klarer und einsichtiger werden. Beim Lesen und Durcharbeiten der wichtigsten Inhalte und Daten zum PSE wurde ich auch stark an meine frühere Zeit des „...**Schachspielens**..." erinnert. In meiner Studentenzeit war ich u.a. Vorsitzender eines Schachklubs und hatte mich in dieser Funktion intensiv um die Ausbildung des jugendlichen Nachwuchses gekümmert. Um das Verständnis für diese herrliche Denktätigkeit zu festigen, hatte ich damals den jungen Menschen folgendes Bild nahe gebracht, von dem ich meine, daß deutliche Analogien auch zum PSE bestehen:

*Auf den 64 Feldern eines Schachbrettes stehen die unterschiedlichen Figuren (entsprechen den Elementen im PSE auf über 100 Feldern) in ihren Ausgangspositionen (ein System der Positionierung und Grundordnung – wie im PSE). Jeder Figur kommt ein bestimmtes Gewicht zu (all' die meßtechnisch erfaßten Eigenschaften der Elemente im PSE). Die Wirkungskraft (man denke an Reaktionen der Elemente) einer Figur hängt nun in besonderem Maße von der Kraft[2] eben dieses Steins im turbulenten Spielgeschehen ab. Die Figur (Element) ändert nämlich im Laufe des Spiels ständig ihre Position, ständig ihre Wechselwirkungsfähigkeit mit anderen Steinen (Affinitäten der Elemente; die Reaktionen; schwach oder stark ausgeprägte Neigungen eines Elementes, mit anderen Verbindungen eingehen zu wollen) am Brett und damit ständig ihre Bedeutung (das Erkennen von Mustern – gilt auch für das PSE – ist die Basis aller Voraussagen). Entscheidend ist also, daß die Figuren (Elemente) mittelbar bzw. unmittelbar miteinander in Wechselwirkung stehen (die Kombinationen) und ihre Kraft (im PSE die Reaktivität, chemische Affinität) somit stark von diesen (im PSE die Umgebungsbedingungen) bestimmt ist (Randzone, Mittenbereich, Zentrum). D.h. letztlich, man kann sich die Wirkungssphäre einer Figur sehr gut als ein „...**Gebirge**..." vorstellen, das sich über dem Brett auftürmt und dessen Höhen und Tiefen sich dem gesamten Geschehen ständig fluktuierend anpassen. Dieses Bild läßt sich auch gut auf das gesamte reaktive Geschehen im PSE übertragen. Alle unterschiedlichen Eigenschaften und Verhaltensweisen, ausgedrückt in Zahlenwerten, können damit in ein dreidimensionales System hineingedacht werden, ebenso wie die energetischen Schlüsselgrößen (d.h.: ein dynamisch oszillierendes Gebilde). So und nun, „...die **Übung** möge gelingen...".*

Für mich ist klar, daß das **PSE** das bedeutendste Konzept ist, das in der 2ten Hälfte des 19. Jh. erarbeitet wurde (Theorie und Praxis). Es dient zur Orientierung, weist neue, innovative Wege in die Forschung und schafft die notwendige Ordnung – und es wird nie „...alt..." werden.

Unsere reale Welt besteht aus rd. 100 Elementen. Diese finden wir überall, sie sind Bestandteil der gasförmigen, flüssigen und festen Materie, sie formen nicht nur unser Universum, sondern auch uns.

[2] Daneben bestimmen noch Raum und Zeit die Qualität des Spiels – **Raum** korreliert mit dem verfügbaren Platz am Brett und **Zeit** bedeutet, keine oder ganz bewußte Umwege zum Ziel (Schach Matt) in Kauf zu nehmen

Chemie und Abfall

Bevor man sich aber mit den Tiefen und Untiefen eines PSE beschäftigt, sollte man kurz innehalten und ein Stück Vergangenheit vorüberziehen lassen. Chemie, in der jetzigen Prägung, blickt auf einen langen, schwierigen und oft kontroversen Entwicklungsprozeß zurück. Aber ohne diese „...**Geschichte**..." macht es wenig Sinn, sich mit der Gegenwart, geschweige denn mit zukünftigen Entwicklungen zu befassen. Ein Stück „...**Alchemistischen Wissens**..." muß man schon kennen, um festzustellen, daß wir mit unserer heutigen Chemie auf dem richtigen Wege sind. Es macht also Sinn, auch diesen für ein gemeinsames Verständnis so wichtigen Teil besser zu ergründen.

Allen meinen Studenten, den jetzigen und den zukünftigen wünsche ich beim Schmökern und Studieren (etwas anderes als Lernen) viel Spaß.

Meinen beiden engen Mitarbeitern, Dipl.-Volkswirt G. Bruch und Privatdozent Dr.-Ing. A. Hurtado, die wie immer, intensiv, sorgfältig und kritisch geholfen, unterstützt, aufgemuntert und verbessert haben, sage ich - genauso wie Herrn Professor Dr. Dr. h.c. K. J. Thomé-Kozmiensky, der steter Katalysator guter Ideen war, ist und bleibt, ein herzliches Dankeschön.

Dierkes, Berlin 2003

Inhaltsverzeichnis

1 Der Auftakt ... 13
2 Das große Werk der Alchemie ... 13
2.1 Allgemeines ... 13
2.2 Die wichtigsten Vertreter ... 29
2.2.1 Maria die Jüdin (Maria Prophetissa, 470 v.Chr.) ... 29
2.2.2 Demokrit von Abdera (um 420 v.Chr.) ... 30
2.2.3 Bolos von Mendes (um 200 v.Chr.) ... 32
2.2.4 Julius Africanus (um 200 n.Chr.) ... 33
2.2.5 Zosimos von Panopolis (400 n.Chr.) ... 33
2.2.6 Dschabir Ibn Hajjan (Gabir Ibn Hayyan, 750 n.Chr.) ... 39
2.2.7 Al Kindi, Yacqub Ibn Ischaq (um 830 n.Chr.) ... 41
2.2.8 Rhazes Abu Bakr Muhammad Ibn Zakariya al-Razi (um 890 n.Chr.) ... 42
2.2.9 Ibn Umail (um 930 n.Chr.) ... 43
2.2.10 Vinzenz von Beauvais (1220 n.Chr.) ... 44
2.2.11 Anglicus Bartholomäus (um 1230 n.Chr.) ... 44
2.2.12 Albertus Magnus (1240 n.Chr.) ... 44
2.2.13 Roger Bacon (1250 n.Chr.) ... 47
2.2.14 Geber (um 1250 n.Chr.) ... 48
2.2.15 Raimundus Lullus (1270 n.Chr.) ... 49
2.2.16 Arnaldus Villanovanus (1270 n.Chr.) ... 51
2.2.17 Nicholas Flamel (um 1370 n.Chr.) ... 52
2.2.18 Basilius Valentinus (um 1400 n.Chr.) ... 53
2.2.19 Bernard von Trevisan (um 1450 n.Chr.) ... 54
2.2.20 Georg von Ripley (um 1450 n.Chr.) ... 54
2.2.21 Paracelsus (1520 n.Chr.) ... 55
2.2.22 Thomas Charnock (um 1550 n.Chr.) ... 59
2.2.23 Isaac Hollandus (um 1550 n.Chr.) ... 59
2.2.24 John Dee (um 1550 n.Chr.) ... 61
2.2.25 Andreas Libavius (1580 n.Chr.) ... 61
2.2.26 Jean Beguin (um 1580 n.Chr.) ... 62
2.2.27 Michael Maier (um 1590 n.Chr.) ... 62
2.2.28 Jakob Böhme (1600 n.Chr.) ... 63
2.2.29 Robert Fludd (um 1605 n.Chr.) ... 63
2.2.30 Fabricio Bartoletti (um 1610 n.Chr.) ... 63
2.2.31 Arthur Dee (um 1610 n.Chr.) ... 64
2.2.32 J. Babtista von Helmont (1620 n.Chr.) ... 64
2.2.33 Hennig (Heinrich) Brand (1650 n.Chr.) ... 65
2.2.34 Johann Joachim Becher (um 1650 n.Chr.) ... 65

2.2.35 Robert Boyle (1650 n.Chr.) ... 66
2.2.36 John Mayow (um 1660 n.Chr.) ... 67
2.2.37 Johann Rudolph Glauber (um 1660 n.Chr.) ... 67
2.2.38 Isaac Newton (1700 n.Chr.) ... 68
2.2.39 G. Wilhelm Leibniz (1700 n.Chr.) ... 69
3 Die Geschichte des PSE ... 70
3.1 Die Triaden von Döbereiner (1820 n.Chr.) ... 70
3.2 Die Tellurische Helix von Chancourtois (1850 n.Chr.) ... 71
3.3 Die Oktaven von Newland (1870 n.Chr.) ... 72
3.4 Die Patience von Mendelejew (1870 n.Chr.) ... 72
3.5 Die Differenzbetrachtungen von Meyer (1870 n.Chr.) ... 83
3.6 Die weiteren Schritte ... 85
4 Das PSE heute ... 87
4.1 Die wichtigsten Tendenzen im PSE ... 88
4.2 Die Hauptgruppenelemete (PSE-verkürzt) ... 89
4.3 Aufbau der e-Schalen (HG) ... 92
4.3.1 Das Schalenmodell (Bauprinzip) ... 92
4.3.2 Die Hauptquantenzahl (n) ... 93
4.3.2.1 K- Schale (1te) ... 95
4.3.2.2 L- Schale (2te) ... 95
4.3.2.3 M- Schale (3te) ... 96
4.3.2.4 N- Schale (4te) ... 97
4.3.3 Die Nebenquantenzahl (l) ... 99
4.3.4 Die Magnetische Quantenzahl ... 100
4.3.5 Die Spinquantenzahl ... 101
4.3.6 Zusammenfassung ... 102
4.4 Energie-Inhalte ... 103
4.5 Die Nebengruppenelemente des PSE ... 104
4.5.1 Allgemeines ... 104
4.5.2 Die äußeren Nebengruppenelemente (d-BLOCK-Elemente): ... 106
4.5.3 Die inneren Übergangselemente (f-Block-Elemente) ... 109
4.5.3.1 Elektronenkonfiguration der f-Me ... 109
4.5.3.2 Auffüllung der Orbitale ... 110
4.5.3.3 Einordnung des f-Blocks in das PSE ... 113
4.6 Besondere Eigenschaften im PSE (HG) ... 114
4.6.1 Allgemeines ... 114
4.6.2 Die Abschirmung ... 115
4.6.3 Die Größe der Atome ... 118
4.6.3.1 Allgemeines ... 118

4.6.3.2 Atom-, Ionen- und Kovalenzradien ... 118
4.6.4 Die Ionisierungsenergie (IE) ... 120
4.6.5 Elektronenaffinitäten (EA) ... 122
4.6.6 Elektronegativitäten (EN) ... 127
4.6.6.1 Die Pauling- Skala ... 131
4.6.6.2 Andere EN- Skalen ... 131
4.6.6.2.1 Allred und Rochow (AR) ... 137
4.6.6.2.2 Mulliken und Jaffe (MJ) ... 137
4.6.6.2.3 Sanderson ... 137
4.6.6.3 Veränderlichkeit der EN ... 139
4.7 Weitere Eigenschaftstrends in den HG ... 139
4.7.1 Allgemeine Reaktivität ... 142
4.7.2 Die Schrägbeziehung ... 142
4.7.3 Ni-Me und Me- Charakter ... 143
4.7.4 Wertigkeit der Elemente (Ionen) ... 144
4.7.5 Die Dichten ... 145
4.7.6 Redoxstabilität ... 148
4.7.7 Basizität und Acidität ... 148
4.7.7.1 Allgemeines ... 149
4.7.7.2 Die Basizität (OH- Verbdg.) in der Periode (HG) ... 149
4.7.7.3 Die Basizität (OH- Verbdg.) in der Gruppe (HG) ... 151
4.7.7.4 Acidität und Basizität verschiedener H-Verbindungen ... 152
4.7.8 Anomalien der 3ten und 4ten HG ... 153
4.8 Eigenschaften der Übergangsmetalle (Trends) ... 154
4.8.1 Allgemeines ... 156
4.8.2 Die d- Orbitale (Ni-Me) ... 156
4.8.3 Metallcharakter ... 157
4.8.4 Wertigkeiten ... 160
4.8.5 Ähnlichkeiten zwischen HG und NG ... 160
4.8.6 Ionisierungsenergien ... 162
4.8.7 Die Lanthanoiden- und Actinoidenkontraktion ... 162
4.8.8 Beständigkeit von Oxidationsstufen ... 163
4.8.9 Ähnlichkeiten innerhalb der NG ... 164
5 Die Elemente ... 164
5.1 Allgemeines ... 165
5.2 Die Alkaligruppe ... 165
5.3 Die Erdalkaligruppe ... 167
5.4 Die Borgruppe ... 169
5.4.1 Aluminium ... 171

5.4.2 Thallium ... 174
5.5 Die Kohlenstoffgruppe ... 177
5.5.1 Kohlendioxid und Kohlenmonoxid ... 182
5.5.2 Dioxine ... 182
5.5.2.1 Allgemeines ... 182
5.5.2.2 Weitere Dioxine (PCDD) und Furane (PCDF) ... 182
5.5.2.3 Freisetzung der Dioxine ... 184
5.5.2.4 Toxikologie ... 184
5.5.2.4.1 Wirkungsmechanismus ... 185
5.5.2.4.2 Akute Vergiftungssymptome ... 186
5.5.3 Asbest (Silicate) ... 188
5.5.4 Das Pb und sein Verhalten ... 190
5.6 Die Stickstoffgruppe ... 193
5.6.1 Ausgewählte N- Verbindungen ... 193
5.6.2 Arsen ... 194
5.7 Die Sauerstoffgruppe ... 197
5.7.1 Ozon ... 198
5.7.2 Ausgewählte Schwefelverbindungen ... 199
5.8 Die Halogengruppe ... 202
5.8.1 HF und HCl ... 204
5.8.2 Einsatz von Auftaumitteln ... 205
5.9 Die Cu-Gruppe ... 207
5.9.1 Chemie der Cu- Salze ... 207
5.9.1.1 Allgemeines ... 208
5.9.1.2 Toxische Wirkung ... 208
5.10 Die Zn-Gruppe ... 211
5.10.1 Die Hg- Chemie ... 211
5.10.1.1 Der Name ... 214
5.10.1.2 Hg-Organische Verbindungen ... 214
5.10.1.3 Problematik (Hg in Form des Amalgam) ... 215
5.10.1.3.1 Geschichte ... 215
5.10.1.3.2 Amalgame (Zusammensetzungen) ... 215
5.10.1.3.3 Amalgam- Arten ... 217
5.10.1.4 Hg / Hg- Verbindungen und der Mensch ... 219
5.10.2 Zink und Cadmium ... 221
5.11 Die Cr-Gruppe ... 224
5.12 Die Mn-Gruppe ... 225
5.13 Die Fe-Gruppe ... 228
6 Namensgebung ... 242

7 Verzeichnis der Abkürzungen ... 242
8 Verzeichnis der Tabellen ... 245
9 Glossar ... 248
10 Zeittafel ... 258
11 Literaturverzeichnis ... 267
12 Indexregister ... 269

1 Der Auftakt

Jedes Element besitzt ganz charakteristische Eigenschaften und bildet mit anderen Elementen Verbindungen bestimmter Art (nach Regeln, nie willkürlich). Es ist deshalb vernünftig, Elemente untereinander zu vergleichen und nach Analogien zu suchen (Gesetzmäßigkeiten und Einordnungen in Gruppen / Perioden). Diesem Unterfangen haben sich in der Vergangenheit viele Forscher unterzogen und schließlich ihr stetes Lernen[3] mit dem heute bekannten PSE gekrönt.

Das neue **PSE** wurde in einem langen Findungsprozess von der Last atomarer Massen (**AM**) befreit und schließlich nach Ordnungszahlen (OZ) aufgebaut. Man erkannte klar, der Atomaufbau[4] mußte der Schlüssel zum PSE sein. Die **OZ** stellte sich nach einer langen Phase als identisch mit der Anzahl der Protonen (**p**) im Kern (Kernladungszahl) heraus und die später gefundenen Neutronen (**n**) ergänzten das Atom zu seiner Gesamtmasse. Der Wasserstoff (**H**) besitzt z.B. 1**p** und das Uran (**U**) 92**p** und damit auch genauso viele Elektronen (**e**). Heute reicht die **e**-Spanne von 1 bis 112. Auf diese Weise (OZ- Schema) ist eine eindeutige Positionierung der Elemente im **PSE** möglich.

Aber bevor es soweit kommen konnte waren viele Wege und insbesondere Irrwege zu beschreiten. Unstrittig ist, daß unsere heutige Chemie (zum Teil auch Medizin u.a.) mit der Alchemie im engen Zusammenhang steht. Viele Jahrhunderte dauerte es, bis sich die Chemie von der Alchemie trennen konnte. Es ist deshalb wert, sich ein wenig damit zu befassen und die Gedanken unserer wissenschaftlichen Vorfahren (echte und unechte) nicht als etwas Lästiges abzutun, sondern diese aufzunehmen und zu verarbeiten.

2 Das große Werk der Alchemie

2.1 Allgemeines

Die Anfänge der Alchemie liegen im Dunkeln, auch der Ursprung des Wortes ist nicht eindeutig geklärt. Einige Forscher leiten es von dem ägyptischen Wort „...**Khem** bzw. **Chymeia**..." ab, das ursprünglich „...**schwarz**..." bedeutete und damit auch für den fruchtbaren Nilschlamm benutzt wurde. Andere meinen, Alchemie komme vom griechischen „...**chyma**..." (Metallguss) bzw. könne auch vom griechischen Wort für Saft (**chymos**) abstammen. Bis ins 5. Jh. n.Chr. wurden für die Alchemie auch die Namen „...**Göttliche** bzw. **Geheiligte Kunst**..." verwendet, was eindeutig auf den mystisch-religiösen Charakter dieser besonderen „...**Wissenschaft**..." hinweist.

---

[3] **Merke:** „...es ist gefährlich, nur ein wenig zu lernen - Tu' einen tiefen Zug - oder koste NICHT vom Born des Wissens..."

[4] **Merke:** Ein Atom besteht aus einem **Kern** (p, n) und aus einer **Hülle** (e) – die **p** im Kern sind **positiv** geladen und die **e** in der Hülle **negativ** – im neutralen Element gilt immer: $\Sigma p = \Sigma e$

Bereits um 2500 v.Chr. sind alchemistische Tätigkeiten aus China bekannt (vielleicht wurde diese schon vorher in Persien gepflegt?). Von dort zieht sich eine Spur nach Indien, Fernost und insbesondere Japan und Südostasien. In Indien und China fokussierte sich die Alchemie fast ausschließlich auf das Thema Lebensverlängerung (in China wurde Alchemie mit „...**chin-jo**..." übersetzt, was soviel heißt wie Goldsaft, Elexier – in Indien hatte die Alchemie im Tantrismus ihren Platz).

Im Land der Pharaonen wurde die Kunst, Gold zu verarbeiten, noch früher (um 3000 v.Chr.) betrieben. Die ägyptischen Könige und Tempelpriester („...**die Freunde des Königs**..." - sie durften ihr Wissen nicht weitergeben) sahen in der Verwandlung unedler Metalle in Gold (Nachahmung von Au, Perlen etc.) und in der Suche nach der Unsterblichkeit der Seele eine wesentliche Grundlage ihres Denkens und Glaubens. Diese Idee bildete letztlich die Grundlage der Alchemie, die ohnehin nie für die Allgemeinheit gedacht war, sondern nur für die von Gott Auserwählten, die Symbole und Zeichen zu lesen verstanden (religiös-mystische Komponente der Alchemie). **Osiris** (sterbender und auferstehender Gott) steht im Zentrum des Geschehens. **Thot** (sein griechisches Pendant wird **Hermes**[5] genannt) überwacht den Prozeß der Auferstehung desselben.

Alchemie wurde auch im alexandrinischen Ägypten gepflegt (2tes und 3tes Jh. v.Chr.). Dort spezialisierte man sich insbesondere auf die Zusammenführung von Erkenntnissen (mystisch-religiöse, astrologische und auch technische[6]). Die Stadt Alexandria steht im Mittelpunkt.

Im östlichen Mittelmeerraum spielte insbesondere die griechisch-naturphilosophische Elementenlehre eine wichtige Funktion. Eine spezielle Technik des Nachbildens wertvoller Naturstoffe hatte sich herausgebildet (bereits im persisch-ägyptischen Raum). Man befaßte sich mit Gold (**Au**), Silber (**Ag**), mit Edelsteinen und Farbstoffen. Das „...**Goldmachen**..." umschloß hierbei das Plattieren, das Vergolden von Me-OF (Metalloberflächen) sowie die Herstellung von goldähnlichen (gelblichen) Legierungen (Messing, Bronze) nach speziellen Rezepten.

Nach der griechischen Denke gab es keine Möglichkeit natürliche Stoffe künstlich herzustellen, deshalb bedurfte es bei der Umwandlung der Hilfe der Götter und bestimmter Gestirnkonstellationen (Astrologie). Deshalb ist die griechische Naturphilosophie in dieser Zeit reich an Mythologie (apokryphe Werke).

[5] Beide, Thot und Hermes, werden auch als **Trismegistos** (der Dreimalgrößte) bezeichnet - Hermes avanciert zum Schutzgott der Alchemisten – das findet seinen Niederschlag darin, daß diesem „...**Hermes Trismegistos**..." fast alle Frühschriften zugeordnet werden (Corpus Hermeticum, Fragmente) und die alchemische Kunst schließlich als „...**Hermetische Kunst**..." bezeichnet wird

[6] Kern ist das Laborexperiment – also ein konkreter physikalisch-chemischer Vorgang

Stark alchemistische Züge besaß aber auch die Chemie der Araber. Von dort fand sie ihren Weg nach Europa (Kreuzzüge), wo sie eine phantastische Blüte erlebte.

Die Basis der Alchemie war die Elementenlehre und Mischungstheorie von Aristoteles in einer Neuinterpretation Platons. Es war die Lehre von den 4 Elementen (Erde, Wasser, Luft, Feuer) als Zustandsformen der Grundmaterie (Prima Materia, PM) und deren Umwandlung ineinander. Danach gaben die Teilchen einer Mischung an diese ausschließlich ihre **Eigenschaften** weiter, aber **nicht** ihre **Materie**. Wenn man z.B. Kupfer (Cu) mit Zinn[7] (Sn) verschmilzt, dann wird die besondere Eigenschaft der **Sn**-Farbe auf das **Cu** übertragen (eine Art Einfärbung der Cu- Atome; eine Weißung des Cu wurde mit As_2O_3 versucht) und Bronze[8] erzeugt. Das Sn, so die Vorstellung, hatte dabei eine enzymatische (Maza, Hefe) Wirkung. Diese „...**Maza**..." (später auch als Stein der Weisen bezeichnet) konnte somit bevorzugte bzw. gewünschte Eigenschaften auf unedle Produkte übertragen und diese veredeln (sie wurden dann zu Au, Ag etc.). Diesen Vorgang benannte man als „...**Transmutation**..." der Me. Allerdings mußte man zuvor die Ausgangsprodukte in die sog. „...**schwarze** Grundmaterie (PM)..." überführen.

Alchemisten versuchten also mit unterschiedlichsten Substanzen nach alten mystischen Rezepten diesen „...**Stein der Weisen**...", als Basisstoff für die Umwandlung unedler Substanzen in edle, zu gewinnen. Sie nahmen hierbei an, daß alle **Me** aus **S** und **Hg** aufgebaut wären. **Au**, dachte man, sei reines **Hg** und erhalte durch eine kleine Menge **S** erst seine gelbe Farbe (Gilbung meist mit Kalk und S unter Kochen → Polysulfide). Deshalb glaubte man, **Hg** sei ein Hauptbestandteil des Steins der Weisen.

Das Universum wurde von der Alchemie als magische Einheit verstanden. Eine besondere Rolle spielte darin unsere Erde und die auf sie einwirkenden Planeten. Den Erdkern stellte man sich umgeben von Erzschichten vor, aus denen schrittweise **Me** und Mineralien herauswuchsen. Weil man überzeugt war, daß alle gegenständlichen Dinge (Me, Mineralien etc.) mit Leben erfüllt wären, versuchte man auch das Wachstum der Natur im Labor nachzuvollziehen (das Wachsen von **Au** in der Erde unter kosmischem Einfluß). Das war der Grund, warum das Reifen von **Au** und anderen **Me** im Boden als Schlüssel zum Geheimnis des Lebens galt. Die Schmiedekunst der alten Zeit wurde deshalb als „...**geheiligte Aufgabe**..." angesehen.

[7] Sn ist das „...**menschlichste**..." Element – es wird **krank** (Sn-Pest) und es **schreit** (beim Verbiegen) – bei <13,2°C verwandelt sich metallisches β-Sn in das bröselige α-Sn (grau) – **Avicenna** (Ibn Sina, 980 – 1037, ein scharfer Alchemistengegner – „...**sciant artifices**...") z.B. beschreibt genau die Sn-Eigenschaften und meint, „...sein Gebrechen läge am schlechten **S** und an der mangelhaften Durchmischung des **S** mit **Hg**..." – der S durchdringe nämlich das Hg in Schichten, deshalb würde das Sn beim Biegen knirschen – ebenso sieht er die Ursachen der **unedlen** Me, wie Cu und Fe, an der Qualität der innewohnenden unreinen **S / Hg** – Mischungen – auch **Napoleon** hatte Probleme mit dem Sn: 1812 zerfielen die Sn-Knöpfe der napoleonischen Uniformen / Moskau (bei rd. minus 48°C gibt es nämlich eine maximale Umwandlungsgeschgwindigkeit)

[8] **Bronze** ist eine wichtige **Sn**-Legierung (andere sind z.B. Britanniametall, Weichlot, Lagermetalle) – der Name „...**Bronze**..." hat eine Epoche geprägt (zwischen der Jungsteinzeit und der Eisenzeit; von rd. 17. Jh. v.Chr. – rd. 8. Jh. v.Chr.) – es gibt viele Arten von Bronzen – die Hauptbestandteile sind Cu (< 95%), Sn (< 20%) und oft noch Zn, Pb, Al etc.

Ziel der hermetischen Kunst war somit die bereits v.g. Transmutation (das große Werk, das „...**Opus Magnum**...") der Me durch einen Läuterungsprozeß (chemische Reaktionen). Die Herstellung des „...**lapis philosophorum**[9]..." verstand man als eine sich auf chemischem Wege vollziehende göttliche Geburt. Die Umwandlung der Substanzen korrelierte mit der Idee einer Stufenleiter der Vollkommenheit. Als Ausdruck des Gelingens galt konsequenterweise die **Au**-Gewinnung (oder Ag). Beide Substanzen waren aber bereits in der **PM** potentiell vorhanden. Symbolisch wurde das als Vereinigung der Gegensätze (conjunctio), des Männlichen und Weiblichen (chymische Hochzeit), Makrokosmos und Mikrokosmos, interpretiert.

Um die Gewinnung von Au, Ag zu bewerkstelligen, versuchte man zuerst dem **Au** (bzw. den Au enthaltenden Substanzen) den Samen zu entnehmen (Extraktion), um diesen dann in anderen Stoffen wachsen zu lassen. Als Mittel dazu diente der v.g. Stein. Auch die Erschaffung eines **Homunculus** (s.h. A. Magnus, Paracelsus) gehörte zum Magisterium. Manchmal wurden die 4 Elemente auf 2 mit gegensätzlichen Qualitäten reduziert. Eine geheimnisvolle Anziehung und Abstoßung wurde angenommen. Z.B. Feuer / Wasser, So / Mo, männlich / weiblich, S / Hg, wobei als Symbole oft das Bild[10] eines Brautpaares, eines Königs / einer Königin (Osiris, Isis), eines Bruders / einer Schwester bzw. rote / weiße Blumen herangezogen wurde. So übersetzte man die formenden Kräfte bzw. Prinzipien für die Stoffe und PM. **S** (Brennbarkeit) und **Hg** (Flüchtigkeit) waren mit den Identitäten Seele und Geist verknüpft und benötigten zur Vereinigung den Körper (als dessen Prinzip - formgebende und kristallisierende Kraft - nutzte Paracelsus z.B. das „...**Sal**..."). Die so vereinigte Dreiheit (S + Hg + Sal) war der **Androgyn**[11] (die Quintessenz).

Die Bedeutung von Hg, S und Sal in der Alchemie

Hg	**S**	**Sal**	**Bemerkung**
Sinnbild einer zeugenden Urkraft	Sinnbild einer zeugenden und entfaltenden Urkraft	Jedes **Me** besteht aus drei Teilen → Hg + S + Sal (B. Valentinus)	**Hg** und **S** feiern die sog. „...**chymische Hochzeit**...", die Vermählung / Versöhnung im hermetischen Gefäß
Wirkt auf **Me** ein	**S** wirkt auf **Me** ein und ist	Die Alchemie war durch **3**	**Die** weibliche Natur löst aber

[9] Der Stein war eigentlich gar kein Stein, sondern ein „...**Rotes Pulver**..." – es gab viele verschiedene Namen dafür; Roter Löwe / Leu, Rotes Elexier, Pulver der Projektion etc. – zentrale Aufgabe war es: 1. **Me** zu transmutieren – 2. Als **Universalheilmittel** zu dienen (aufgelöst im Wein) – 3. **Ewiges Licht** zu spenden (eingeschmolzen in eine Glasampulle) – es gab auch noch das sog. „...**Weiße Elexier**..." (dieses war für das „...**Kleine Werk**..." zuständig – Umwandlung unedler **Me** zu **Ag**)

[10] F. **Sherwood Taylor** pflegt derartige Beschreibungen intensiv – die Kombination von 2 Elementen (Reaktionen) wird als Vermählung übersetzt – der Verlust einer besondern Eigenschaft (Farbwechsel, Aggregatzustandsveränderung etc.) dann als Tod interpretiert, bzw. das Entstehen einer neuen als Geburt – die Dampfbildung wird von ihm als Geist aufgefaßt, der durch den Körper entweicht usw.

[11] Bezeichnung für ein besonderes Etwas, das rein männliche und glz. rein weibliche Merkmale trägt – der hermetische Androgyn war König (Sonne; rot gekleidet) und Königin (Mond; weiß gekleidet) zugleich

	Ursache der Erstarrung / Sprödigkeit, Härte	(abwechselnde, parallele) **Theorien** gekennzeichnet (Hg-Theorie; Hg-S-Theorie; Hg-S-Sal-Theorie)	die männliche aus ihrer Erstarrung
Hg ist fest, flüssig, flüchtig	**S** ist feurig und vermag das **Hg** zu färben – HgS	Diese 3 Kräfte / Ursachen machen aber **auch** die Natur des Menschen aus	**Mit** der Vermählung ist der **Tod** verwandt – König / Königin sterben / begraben und stehen verjüngt auf **Hg** und **S** – beide Kräfte sterben und erstehen in neuer Form wieder
Hg gehört zu den Kö / Me und zu den Geistern	**S** ist aber auch die schöpferische Ursache der neuen, edleren Form des Stoffes	**Sal** ist das statische und neutrale Element	**Hg** wirkt zuerst gegen den **S** – es entreißt ihm den Stoff
Hg verbindet sich mit anderen Me (**Amalgame**) – es wirkt belebend und lösend - Trennungsqualität	Die Natur des **S** wird im **Hg** entfaltet	Das **Sal** ist die seelische Form des Kö (Sinnbild und Begrenzung)	**S** und **Hg** werden manchmal auch als das „...**Doppelte**..." (männlich-weiblicher Merkur) bezeichnet
Hg trägt den Keim der Sonne in sich und wird oft „...**menstruum**..." genannt	**S** kommt in vielen Arten vor (Reinheitsgrade)	**S** bewirkt die Verbrennung – das **Hg** die Verdunstung, und das **Sal** ist die „...**Asche**..." (s.h. Paracelsus)	**Die** organisch manifestierte Entzweiung des Menschen ist eine Folge des Abfalls von Gott
Hg wird manchmal mit „...**spiritus**..." (**Lebens**geist!) übersetzt	Wird manchmal mit „...**anima**..." (Seele, Valentinus) übersetzt	Das **Sal** bleibt zurück und hält den flüchtigen Geist fest	Männlicher und weiblicher **Pol** stehen einander ggü.- das zeigt sich im **S** und **Hg**
Auf der körperlichen Ebene ist **Hg** im Samen / Blut – zwischen Kö und Seele ist es im Atem / Herz		**Sal** ist der Schlüssel, der die geheimnisvolle Tür zum Schatz öffnet (B. Valentinus)	Aus der vollständigen Vereinigung von **Hg** und **S** entsteht das lebendige **Au**
Die weibliche **Urkraft** hat den Mond zum Haupt und reitet auf	**Die** männliche **Urkraft** hat die Sonne zum Haupt und reitet auf	**Sal** spielt in der schwarzen Phase der Putrefactio die Rolle	**S** enthält das **Au** (des Geistes) in unfruchtbarer Form