

Jost Weyer

## **Quellentexte zur Geschichte der Chemie**

Band 1, I      Altertum, Mittelalter, 16. bis 18. Jahrhundert  
Kommentierte Quellentexte in deutscher Übersetzung

Hamburg 2018

## **Vorwort zu Band 1, I**

Die in diesem Werk zusammengetragenen Quellentexte zur Geschichte der Chemie in deutscher Übersetzung sind als eine Ergänzung zu der zweibändigen Geschichte der Chemie gedacht, die 2018 im Springer-Verlag erschienen ist. Quellentexte haben oft mehr Aussagekraft als das, was darüber geschrieben wird, weil der Autor selbst zu Wort kommt. Auch müssen Aussagen über chemiehistorische Sachverhalte immer wieder an den Quellen geprüft werden. So wird beispielsweise behauptet, dass Robert Boyle den modernen Elementbegriff geprägt habe. Geht man auf die Quellen zurück, dann zeigt sich, dass Boyle den von Aristoteles geprägten und von Zenon von Kiton modifizierten Elementbegriff verwendete, ja, dass er Zweifel hatte, ob es überhaupt Elemente in diesem Sinne gebe.

Die Kapitaleinteilung ist dieselbe wie in den beiden Textbänden, und es kommen dieselben Themen zur Sprache. Ein Kommentar zu dem jeweiligen Quellentext erläutert chemiehistorische und chemische Sachverhalte. Die fremdsprachlichen Quellentexte wurden weitgehend aus der Originalsprache übersetzt, wobei bereits vorhandene Übersetzungen eine große Hilfe waren. Die deutschen Texte des 16. bis 18. Jahrhunderts wurden ins heutige Deutsch übertragen.

Band 1, II enthält dieselben Quellentexte in der Originalsprache. Quellennachweis und Kommentar werden hier nicht wiederholt, sondern müssen aus dem vorliegenden Band 1, I entnommen werden.

Hamburg, im Frühjahr 2018

Jost Weyer

## Inhaltsverzeichnis zu Band 1, I

|                                                                                                      |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Teil 1 Chemie im Altertum und Mittelalter</b>                                                     | <b>1</b>       |
| 1 Praktische Chemie im Vorderen Orient                                                               | 1              |
| 2 Materietheorie bei den Vorsokratikern                                                              | 8              |
| 3 Elementenlehre und Materietheorie bei Platon, Aristoteles und<br>späteren griechischen Philosophen | 15             |
| 4 Praktische Chemie in der Antike und im Mittelalter                                                 | 28             |
| 5 Griechische Alchemie                                                                               | 48             |
| 6 Chemie und Alchemie in China und Indien                                                            | 61             |
| 7 Arabische Alchemie                                                                                 | 71             |
| 8 Materietheorie im arabischen und lateinischen Mittelalter                                          | 90             |
| 9 Alchemie im lateinischen Mittelalter                                                               | 100            |
| 10 Chemie und Medizin im Altertum und Mittelalter                                                    | 121            |
| 11 Chemie im Altertum und Mittelalter – Zusammenfassung                                              | 133            |
| <br><b>Teil 2 Chemie vom 16. bis zum 18. Jahrhundert</b>                                             | <br><b>140</b> |
| 12 Entwicklung der Chemie zu einer Wissenschaft                                                      | 140            |
| 13 Praktische Chemie                                                                                 | 153            |
| 14 Chemiatrie                                                                                        | 169            |
| 15 Elementenlehre und Materietheorie                                                                 | 179            |
| 16 Entdeckung der Gase                                                                               | 191            |
| 17 Verbrennungstheorien                                                                              | 205            |
| 18 Affinität der Stoffe                                                                              | 222            |
| 19 Chemische Nomenklatur für anorganische Stoffe                                                     | 232            |

## Teil 1 Chemie im Altertum und Mittelalter

### 1 Praktische Chemie im Vorderen Orient

#### Häufiger für die Quellentexte benutzte Werke:

Thompson, R. Campbell: On the Chemistry of the Ancient Assyrians. London 1925 (kurz: Thompson).

Zimmern, H.: Assyrische chemisch-technische Rezepte, insbesondere für die Herstellung farbiger glasierter Ziegel, in Umschrift und Übersetzung. Zeitschrift für Assyriologie 36 (1925), 177 – 208 (kurz: Zimmern).

Oppenheim, A. Leo; Brill, Robert H.; Baraq, Dan und Saldern, Axel von (Hrsg.): Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia. An Edition of the Cuneiform Texts which Contain Instructions for Glassmakers, with a Catalogue of Surviving Objects (= The Corning Museum of Glass Monographs. Bd. 3). Corning, N.Y. 1970 (kurz: Oppenheim u.a.).

#### Text 1. Mittelassyrischer Text: Rezept zur Herstellung eines Parfüms

Du entfernst die Fasern, aber du nimmst nicht die Holzkohle weg. Das Feuer steigt empor, und es bildet sich Schaum. Du wischt wiederholt das Innere des *diqaru*-Topfes mit einem Tuch aus, dann rührst du um und deckst zu. Es bleibt vier Tage in seinem *diqaru*-Topf stehen. Am folgenden Morgen zündest du ein Feuer an, das nicht zu stark werden darf.

Beim 13. Mal des Ausgießens füllst du das Öl um und wischt den *diqaru*-Topf aus. Du erhitzt Wasser, reinigst ein *hariau*-Gefäß, gießt es in das *hariau*-Gefäß und gießt zwei Becher Extrakt von Balsam hinein. Es bleibt den ganzen Tag stehen. Am Abend gießt du es in eine Schale und fügst 3 qa Balsam hinzu. Es bleibt über Nacht stehen. Beim Hellwerden wischt du einen *diqaru*-Topf aus und schüttest das angefeuchtete aromatische Material, das über Nacht in der Schale gestanden hat, in den *diqaru*-Topf. Du zündest ein Feuer unter dem *diqaru*-Topf an; das aromatische Material wird dann heiß. Du gießt Öl in den *diqaru*-Topf, rührst um und deckst zu. Du entfernst die Fasern, aber du nimmst nicht die Holzkohle weg. Das Feuer steigt empor, und es bildet sich Schaum. Du wischt wiederholt das Innere des *diqaru*-Topfes mit einem Tuch aus; dann rührst du um und deckst zu. Es bleibt vier Tage in seinem *diqaru*-Topf stehen. Am nächsten Morgen zündest du ein Feuer an, das nicht zu stark werden darf.

(Mittelassyrischer Keilschrifttext, ca. 1200 v. Chr. Keilschrifttafel Stambul, 2. Seite, rechte Spalte. – Originaltext in Abschrift und Transkription: Ebeling, Erich: Mittelassyrische Rezepte zur Bereitung von wohlriechenden Salben. Orientalia, N.F. 17 (1948), Taf. 3 (Abschrift), S. 20 – 21 (Transkription), 302 – 303 (dtsh. Übersetzung). – Engl.: Levey, Martin: Chemistry and Chemical Technology in Ancient Mesopotamia. Amsterdam, London, New York und Princeton 1959, S. 37. – Überarbeitete Form der Übersetzungen von Ebeling und Levey)

Kommentar:

Bei dem Text handelt es sich um einen Ausschnitt aus einem Rezept zur Gewinnung von aromatischen Stoffen für wohlriechende Salben. Im Prinzip ging es bei diesem Verfahren darum, dass ätherische Öle aus pflanzlichem Material durch Erhitzen mit Wasser extrahiert wurden, die dann durch Behandeln mit einem geruchsneutralen Öl von der wässrigen in eine ölige Phase übergingen. Der Passus „beim 13. Mal“ besagt, dass hier ein vielstufiges Verfahren vorlag; im weiteren Verlauf des Textes folgen noch Anweisungen für eine 14. bis 16. Stufe der Parfümzubereitung. Die grammatische Form des Verbs „aufwischen“ (akkad. *tultanalap*) zeigt, dass eine Handlung wiederholt ausgeführt wird. Dies könnte man vielleicht so interpretieren, dass beim Erhitzen mit den aromatischen Stoffen angereichertes Destillat in den – nicht erwähnten – Rand des *diqaru*-Topfes gelangte und dort von Zeit zu Zeit mit einem Tuch aufgesogen und entnommen wurde. Qa ist eine Volumeneinheit, die 0,41 l entspricht. Der Buchstabe *ḫ* wird wie *ch* ausgesprochen.

## Text 2. Mittelbabylonischer Text: Rezept zur Herstellung eines roten Glases

Auf jede Mine *zūkû*-Glas [nimm] 10 Šekel Blei, 15 Šekel Kupfer, ½ Šekel *anzahḫu*-Glas, [½ Šekel] Spießglanz. Dies ist das Material für assyrisches rotes Glas.

Auf jede Mine *zūkû*-Glas [nimm] 1/6 [Šekel] Blei, 10 Šekel Kupfer, 1 Šekel Spießglanz, 1 Šekel *anzahḫu*-Glas. Dies ist das Material für akkadisches rotes Glas.

[Während jeder dieser beiden Ansätze in seinem Tiegel geschmolzen wird,], entferne [sie] zweimal [von der unmittelbaren Hitze des Feuers]. Wenn du es das dritte Mal herausnimmst, wirft es auf *hashaltu* und nimm es vollständig heraus [aus dem Ofen], aber schütte es wieder [in einen anderen Tiegel], und es soll [wieder] zum Kochen kommen. Falls es [aussieht wie] *parūtu*-Stein, wenn du das Produkt prüfst, dann Sorge dich nicht. Nimm gleiche Teile des assyrischen und des akkadischen roten Glases und lass sie ineinander schmelzen, und nachdem du sie ineinander hast schmelzen lassen und es [das Glas] [noch] heiß ist, schütte in die geschmolzene Masse auf jede Mine 1 ½ Šekel *zūkû*-Glas, 7 ½ Šekel *anzahḫu*-Glas, 7 ½ Šekel Kupfer, 7 ½ Šekel Blei, das du [alles] in einer Operation fein gemahlen hast. Entferne es nur einmal [von der unmittelbaren Hitze], und dann nimm es [aus dem Ofen] heraus und lass es abkühlen. [Während dieser Operation] soll der [Rauch ?] ... und klar sein, und dein Feuer soll kräftig sein. Schütte es [in einen anderen Tiegel] und verstreue darauf „Kümmelsamen“-Stein und ... Prüfe das Glas mit dem Ende deiner Zange und senke und hebe (?) [den Tiegel]. Lass [dann] das Produkt abkühlen. Prüfe es, und wenn die *dipū*-Löcher *parūtu*-Beschaffenheit [zeigen], dann Sorge dich nicht, [denn] innerhalb des Tondeckels ist tatsächlich rotes Glas.

Wenn sich [mit] diesem roten Glas innerhalb des Tondeckels „Kupferstaub“ und „Kupfer-Ausschwitzung“ bilden, dann mische in dieses hinein 10 Šekel *zūkû*-Glas, 1/12 [Šekel] Kupfer, 1/12 Blei, 1/12 *anzahḫu*-Glas – bringe [aber] keinen Spießglanz hinein – je Mine [Glas] und [dann] prüfe es. Während des Einmischens tu ... und [dann] entferne es.

(Mittelbabylonischer Keilschrifttext, zwischen 1400 und 1000, Keilschrifttafel BM 120968. – Foto, Abschrift, Transkription und Übersetzung: Gadd, C. J. und Thompson, R. Campbell: A Middle-Babylonian Chemical Text. Iraq 3 (1936), 87 – 96, hier Plate IV (Foto), S 89 – 90 (Abschrift), 88, 91 (Transliteration), 91 – 92 (Übersetzung). – Transkription und Übersetzung: Oppenheim u.a., S. 63 (Transkription), 63 – 64 (Übersetzung). – Eigene Übersetzung der engl. Übersetzung von Oppenheim u.a.)

Kommentar:

Der Text stammt von einer vollständig erhaltenen Keilschrifttafel und befasst sich mit der Herstellung eines roten Glases. In den ersten beiden Abschnitten sind die Materialien und Mengen angegeben, die zur Herstellung von zwei Arten von rotem Glas benötigt werden. Bei dem einen Glas handelt es sich um „akkadisches“ Glas, bei dem anderen, in einer ungewöhnlichen Schreibweise, vermutlich um „assyrisches“ Glas. Die Herstellung wird nicht beschrieben, sondern als bekannt vorausgesetzt; *zūkû*-Glas und *anzahhu*-Glas sind „primäre Gläser“, d.h. Zwischenprodukte, die weiterverarbeitet wurden. Das eigentliche Rezept beginnt erst mit dem dritten und längsten Abschnitt, in dem die beiden roten Glasarten vereinigt und weiterverarbeitet werden. Gegen Ende des Prozesses wird die Viskosität des Glases mit einer Zange geprüft. Zweimal wird in diesem Abschnitt gesagt, dass man sich keine Sorgen machen solle, wenn die Reaktion anders als erwartet ablaufe. Im vierten Abschnitt wird sogar eine Arbeitsvorschrift angegeben, was in einem solchen Fall zu tun sei, wobei es sich hier wohl um Kupfer handelt, das vom Glas nicht absorbiert wurde. *Dipû*-Löcher sind wahrscheinlich Löcher im Tondeckel, durch die man die Reaktion verfolgen kann. Spießglanz ist Antimonsulfid. 1 Mine ist eine Gewichtseinheit, die etwa 490 g entspricht; sie ist in 60 Šekel unterteilt. Der Buchstabe š wird wie sch ausgesprochen. *Hashaltu* ist ein Bestandteil unbekannter Zusammensetzung, *parûtu* ein gefärbtes Glas.

### **Text 3. Neuassyrischer Text: Vorschrift zum Bau eines Schmelzofens für Glas**

Wenn du das Fundament eines Ofens zur Glas[herstellung] legen willst, suchst du in einem günstigen Monat einen geeigneten Tag aus und legst [erst dann] das Fundament des Ofens. Wenn du es vollständig beendet hast, stellst du [dort] *kûbu*-Bilder auf. Kein Außenstehender oder Fremder darf [danach noch] hineingehen, ein Unreiner darf nicht [einmal] vor ihnen [den Bildern] vorbeigehen. Du bringst regelmäßig vor ihnen Trankopfer dar. An dem Tag, an dem du das „Metall“ in den Ofen bringen willst, machst du ein Schafopfer vor den *kûbu*-Bildern, legst Wacholder-Weihrauch auf das Räucherbecken und [erst dann] machst du Feuer in dem Ofen und legst das „Metall“ in den Ofen.

Die Werkleute, die du am Ofen beschäftigst, müssen [kultisch] rein sein, und [erst dann] darfst du sie an den Ofen herantreten lassen. Das Holz, das du in dem Herd des Ofens verbrennst, soll dick sein, geschältes Pappelholz, Stämme (?), die keine Astknoten haben, mit Lederriemen zusammengebunden, das im Monat *Abu* geschnitten ist. Dieses Holz soll im Herd deines Ofens verwendet werden.

(Neuassyrischer Keilschrifttext, ca. 700, Tafelfragmente K. 6246 + 8157, K 4747 + 10493, K. 7619. – Abschrift, Transkriptionen und Übersetzungen: Thompson, Plate 1 (Abschrift), S. 131 (Transkription), 57 (Übersetzung). – Zimmern, S. 182 (Transkription), 183 (Übersetzung). – Ruska, Julius: Kritisches zu R. Eislers chemiegeschichtlicher Methode. Zeitschrift für Assyriologie 37 (1927), S. 274 (Übersetzung). – Oppenheim u.a., S. 32 (Transkription), 32 – 33 (Übersetzung). – Eigene Übersetzung der engl. Übersetzung von Oppenheim u.a. unter Berücksichtigung der dtsh. Übersetzung von Ruska)

Kommentar:

Dieser Text löste in den Jahren nach seiner Veröffentlichung durch Thompson und Zimmern eine lebhaft wissenschaftliche Kontroverse aus. Dabei ging es letzten Endes um die Frage, ob derartige magische Handlungen auch in der praktischen Chemie üblich waren oder nur in der Alchemie. Der Text bildet den Anfang einer Sammlung noch erhaltener Glasrezepte. Er zeigt, dass für den Bau und die Einweihung eines Ofens rituelle Vorgänge und magische Praktiken erforderlich waren. Den geeigneten Tag für ein solches Vorhaben konnte man aus astrologischen Tabellen entnehmen. Die *kūbu*-Bilder sind Bilder von Göttern, die man für das Gelingen des Ofenbaus und des Glasschmelzens mit Trankopfern und am Tag der Einweihung mit einem größeren Opfer gnädig stimmen wollte. Die Ofensetzer und während der Einweihung auch die Glasarbeiter mussten kultisch rein sein. Es folgen dann rein technische Vorschriften über die Beschaffenheit des Brennholzes, wobei der Monat *Abu* (Juli oder August) ein besonders heißer und trockener Monat war.

#### **Text 4. Neuassyrischer Text: Rezept zur Herstellung eines einfachen Glases**

Wenn du ein *zagindurū*-farbenes Glas herstellen willst, so zerreiße getrennt voneinander 10 Minen Sand, 15 Minen *naga*-Pflanzenasche und 1  $\frac{2}{3}$  Minen „weißes Kraut“. Du vermischst [sie] miteinander. Du legst sie in einen kalten Ofen, der vier „Augen“ hat, und ordnest [die Mischung] zwischen den „Augen“ an. Du lässt ein gutes und rauchloses Feuer brennen, bis das „Metall“ [die Glasmasse] zusammenbackt. Du nimmst es heraus und lässt es abkühlen. Du zerreibst es wieder und sammelst [das Pulver] in einem sauberen *dabtu*-Tiegel. Du legst [es] in einen kalten Kammerofen. Du lässt ein gutes und rauchloses Feuer brennen, bis es gelbgelblich wird. Du gießt es auf einen gebrannten Ziegel, und dies wird [*zūkū*-Glas] genannt.

(Neuassyrischer Keilschrifttext, ca. 700, Tafelfragmente K. 4747 + 10493, K. 5839, K 8552. – Abschrift, Transkriptionen und Übersetzungen: Thompson, Plate 1 (Abschrift), S. 132 (Transkription), 58 (Übersetzung). – Zimmern, S. 182, 184 (Transkription), 183, 185 (Übersetzung). – Oppenheim u.a., S. 34 – 35 (Transkription), 35 (Übersetzung). – Eigene Übersetzung der engl. Übersetzung von Oppenheim u.a.)

Kommentar:

In diesem Rezept wird die Herstellung eines einfachen und „primären“ Glases (*zūkū*-Glas) beschrieben, das als solches verwendet oder zu besseren Gläsern verarbeitet werden konnte. Die Zutaten sind Sand (*immanakku*-Stein), Pflanzenasche, die das Alkali (Soda oder Pottasche) liefert, und eine unbekannte Pflanzenart (Thompson übersetzt mit *Styraxgummi*), jedenfalls eine organische Substanz, die ähnlich wie

Holzkohle reduzierend wirkt. Die „Augen“ sind Abzugsöffnungen im Ofen. Die Herstellung erfolgt in einem zweistufigen Prozess. Zuerst bildet sich eine rohe Glasmasse, bei der die Teilchen beim beginnenden Erweichen zusammenbacken und die „Fritte“ genannt wird. Diese Masse wird erneut zerrieben und geschmolzen, was den Vorteil hat, dass das Glas gleichmäßiger ist und weniger Blasen enthält. Die Glaschmelze wird auf Ziegelsteine ausgegossen, nicht, um diese zu glasieren, sondern weil die Masse dann schnell abkühlt, in kleinere Stücke zerspringt und leicht pulverisiert werden kann.

#### **Text 5. Neuassyrischer Text: Rezept zur Herstellung von blau gefärbtem Glas mit Hilfe einer Kupfer-Verbindung**

Du legst 10 Minen „langsame“ Kupfer[-Verbindung] in einen sauberen *dabtu*-Tiegel. Du stellst [ihn] in einen heißen Kammerofen und verschließt die Tür des Ofens. Du lässt ein gutes und rauchloses Feuer brennen, bis die Kupfer[-Verbindung] rotglühend ist. Du zerstößt und zerreibst 10 Minen *zūkû*-Glas. Du öffnest die Tür des Ofens und wirfst [das zerriebene Glas] auf die Kupfer[-Verbindung]. Sobald sich das *zūkû*-Glas mit der Oberfläche der Kupfer[-Verbindung] mischt, rührst du es wiederholt mit der Rührstange um, bis du einige Tropfen [von flüssigem Glas] an der Spitze [der Rührstange] siehst. Wenn das „Metall“ [die Glasmasse] die Farbe von reifen Weintrauben aufweist, lässt du es [noch eine Zeitlang] kochen. [Dann] gießt du es auf einen gebrannten Ziegel. Dies wird *tersītu*-Herstellung genannt.

(Neuassyrischer Keilschrifttext, ca. 700, Tafelfragmente K. 6246 + 8157, K 4747 + 10493, K. 8552. – Abschrift, Transkriptionen und Übersetzungen: Thompson, Plate 1 (Abschrift), S. 132 – 133 (Transkription), 58 (Übersetzung). – Zimmern, S. 184 (Transkription), 185 (Übersetzung). – Oppenheim u.a., S. 34 (Transkription), 35 (Übersetzung). – Eigene Übersetzung der engl. Übersetzung von Oppenheim u.a.)

Kommentar:

Ausgangspunkt ist eine unbekannte Kupferverbindung (unwahrscheinlicher ist metallisches Kupfer), die beim Glühen wohl in Kupferoxid überging. Das geglühte Produkt wird mit einem „primären Glas“ (*zūkû*-Glas) gemischt und geschmolzen. Den Erfolg der Umsetzung prüfte man durch die Entnahme einer Glasprobe, die auf ihre Viskosität untersucht wurde. Auch dieses Glas, das durchsichtig und blau oder blaugrün gefärbt war, galt noch als ein Zwischenprodukt. Es wird im Text durch den unbestimmten Begriff *tersītu* bezeichnet, war wörtlich „Herstellung“ bedeutet. Im folgenden – hier nicht wiedergegebenen – Textabschnitt wird es mit zwei weiteren „primären Gläsern“ (*būsu*- und *anzahhu*-Glas) und anderen Ingredienzien verschmolzen und ergibt ein Glas mit der Farbe und Beschaffenheit des Edelsteins *zagindurû*, eines grünlichen Typs des Lapislazuli.

#### **Text 6. Spätbabylonischer Text: Gewichtsverluste bei der Raffination von Gold**

5 Minen Gold, 5 Gewichtsmaße aus den Einkünften des Königs, wurden ins Feuer gebracht. Beim ersten Behandeln im Feuer verschwanden  $\frac{2}{3}$  Minen 5 Šekel Gold. Es wurde auf 4 Minen 15 Šekel vermindert. Beim zweiten Be-

handeln mit Feuer gingen  $\frac{1}{2}$  Mine 2 Šekel Gold verloren, so dass sich  $3\frac{2}{3}$  Minen 3 Šekel Gold ergaben.

(Spätbabylonischer Keilschrifttext, ca. 550. – Abschrift und Übersetzung: Dougherty, Raymond Philipp: Records from Erech, Time of Nabonidus (555 – 538 B.C.) (= Yale Oriental Series. Babylonian Texts. Bd. 6). New Haven und London 1920, Plate XLI, Text 121 (Abschrift, keine Transkription vorhanden. – Levey, Martin: Chemistry and Chemical Technology in Ancient Mesopotamia. Amsterdam, London, New York und Princeton 1959, S. 191)

Kommentar:

Der Text handelt von den Gewichtsverlusten, die bei der Reinigung oder Raffination von Gold auftreten. Es gibt eine ganze Reihe von Keilschrifttexten dieser Art, jedoch ist dieser einer der wenigen, in denen von einer doppelten Raffination die Rede ist. Bei der angewandten Raffinationsmethode wurde Gold im Feuer erhitzt, wobei unedle Metalle wie Blei, Zinn, Kupfer und Eisen schnell oxidiert wurden und entfernt werden konnten. Wenn man die Gewichtseinheiten auf Šekel umrechnet (1 Mine = 60 Šekel), betrugen die Gewichtsverluste im ersten Fall  $45 : 300 = 15\%$ , im zweiten  $32 : 255 = 12,5\%$ , der gesamte Gewichtsverlust  $77 : 300 = 25,7\%$ .

### **Text 7. Schöpfungsgedicht „Enûma eliš“: Entstehung der Welt durch Vermischung der beiden Urwässer Apsû und Ti'âmat**

Als oben die Himmel nicht benannt waren,  
 Als unten die Erde keinen Namen hatte,  
 Als Apsû, der Allererste, ihr Erzeuger,  
 Und Mummu Ti'âmat, die sie alle gebär,  
 Ihre Wasser in eins vermischten,  
 Und kein Weideland gebildet und kein Schilfdickicht zu sehen war,  
 Als keiner der [anderen] Götter ins Dasein getreten war,  
 [Als] sie noch nicht mit Namen belegt wurden und ihre Schicksale nicht festgelegt waren,  
 Da wurden die Götter in ihnen [Apsû und Ti'âmat] geboren.

(Schöpfungsgedicht „Enûma eliš“, altbabylonisch, eventuell 19. – 17. Jh., vielleicht auch 16. – 12. Jh. erhalten sind Kopien in Keilschrift frühestens 9. – spätestens 2. Jh. – Transkription und Übersetzungen: Langdon, Stephen: The Babylonian Epic of Creation. Restored from the Recently Discovered Tablets of Aššur. Transcription, Translation and Commentary. Oxford 1923, S. 66 (Transkription), 67 (Übersetzung). Heidel, Alexander: The Babylonian Genesis. The Story of Creation. 2. Aufl. Chicago 1951, S. 18 (Übersetzung). – Klein, Elisabeth: Die Schöpfungsmythen. Ägypter, Sumerer, Hurriter, Hethiter, Kanaaniter und Israeliten. Einsiedeln, Zürich und Köln 1964. Nachdr. Darmstadt 1977, S. 134 (Übersetzung). – Verwendung der Übersetzungen von Heidel und Klein)

Kommentar:

Das Schöpfungsgedicht „Enûma eliš“ wird nach seinen Anfangsworten „Als oben“ benannt (§ wird wie sch ausgesprochen). Apsû und Ti'âmat sind nach dem babylonischen Schöpfungsmythos die ersten Götter. Der Gott Apsû symbolisiert das Süßwas-

sermeer unterhalb der Erde, aus dem die Quellen ihre Vorräte erhalten, die Göttin Ti'âmat repräsentiert das Salzwassermeer. Mummu ist entweder – wie hier gedeutet – ein Beiname von Ti'âmat oder aber das schöpferische Prinzip und der Bote von Apsû. Durch die Vermischung dieser beiden Urgewässer entstand das Götterpaar Laḥmu und Laḥamu (ḥ wird wie ch ausgesprochen) und aus ihnen weitere Götter und Göttergenerationen, darunter Himmel, Erde und der Gott Marduk als der eigentliche Schöpfergott.

## 2 Materietheorie bei den Vorsokratikern

### Für die Quellentexte benutzte Werke:

Diels, Hermann (Hrsg.): Die Fragmente der Vorsokratiker. Griechisch und deutsch. 3 Bde. 6. Aufl. hrsg. von Walther Kranz. 1951 (kurz: Diels; übersetzt sind nur die wörtlichen Fragmente)

Kirk, Geoffroy S.; Raven, John E. und Schofield, Malcolm: Die vorsokratischen Philosophen. Einführung, Texte und Kommentare. Stuttgart und Weimar 1994 (kurz: Kirk; griechischer Text und deutsche Übersetzung)

Capelle, Wilhelm (Hrsg.): Die Vorsokratiker. Die Fragmente und Quellenberichte. 4. Aufl. Stuttgart 1953 (kurz: Capelle; nur deutsche Übersetzung)

Mansfeld, Jaap (Hrsg.): Die Vorsokratiker. Griechisch / Deutsch. Stuttgart 1987.

### Anmerkungen:

Diels ordnete in seiner Edition die Fragmente der Vorsokratiker, indem er jedem von ihnen eine bestimmte Ziffer gab und die Sekundärberichte mit A, die wörtlichen Fragmente mit B bezeichnete. Bei den übersetzten Texten handelt es sich um eigene Übersetzungen unter Berücksichtigung – soweit vorhanden – der Übersetzungen von Diels, Kirk, Capelle und Mansfeld. Die Jahreszahlen der Abfassung der vorsokratischen Schriften sind meist nicht quellenmäßig abgesichert. Sie entsprechen in der Regel der „Blütezeit“ des betreffenden Philosophen (40. Lebensjahr).

### Text 1. Anaximenes: Die Luft als kosmogonisches Prinzip

Anaximenes aus Milet, der Sohn des Eurystrates, ein Schüler des Anaximander, sagt wie jener, dass das zugrunde liegende Prinzip ein einziges und unbegrenzt sei, aber er erklärt es nicht als unbestimmt wie jener, sondern als bestimmt, indem er sagt, dieses sei die Luft. Sie unterscheide sich aber durch Dünnhheit und Dichtheit in ihren Zuständen.

(Anaximenes, Vorsokratiker-Fragment 13 A 5, ca. 540 – 530. Zitiert bei Simplicius, Kommentar zu Aristoteles: Physica. – Diels, Bd. 1, S. 91. – Capelle, S. 95. – Mansfeld, S. 92 – 93).

Kommentar:

Mit „jener“ ist Anaximander gemeint, der das „Apeiron“ (Unbegrenzte) als kosmogonisches Prinzip postulierte.

### Text 2. Anonyme Pythagoreer: Pythagoreische Lehre von der Zahl als dem Prinzip aller Dinge

Zur selben Zeit und teilweise noch früher beschäftigten sich die so genannten Pythagoreer mit der Mathematik und förderten sie als erste; und da sie mit ihr vertraut waren, glaubten sie, dass die Prinzipien der Mathematik die Prinzipien aller Dinge seien. Weil nun in [der Mathematik] die Zahlen von Natur aus das erste sind, meinten sie, in den Zahlen viele Gleichnisse für das, was

ist und was entsteht, zu erkennen, mehr als im Feuer, in der Erde und im Wasser, ... und da sie ferner sahen, dass die Eigenschaften und Verhältnisse der musikalischen Harmonien auf Zahlen basierten und da auch alle anderen Dinge ihrer ganzen Natur nach den Zahlen zu gleichen schienen, die Zahlen aber das erste der ganzen Natur seien, nahmen sie an, die Grundlagen der Zahlen seien die Grundlagen aller Dinge, und der ganze Himmel sei Harmonie und Zahl. Und alles, was sie an Übereinstimmung in Bezug auf die Zahlen und die Harmonien bei den Eigenschaften und den Teilen des Himmels und bei der ganzen Einrichtung des Kosmos aufzeigen konnten, das sammelten sie und brachten es miteinander in Beziehung.

(Anonyme Pythagoreer, Vorsokratiker 58 B 4, ca. 5. Jh. Zitiert bei Aristoteles: *Metaphysica*. – Diels, Bd. 1, S. 451 – 452. – Kirk, S. 361 – 362. – Capelle, S. 490 – 491, Mansfeld, S. 146 – 149)

### **Text 3. Empedokles: Die vier Elemente Erde, Wasser, Luft und Feuer**

Höre zuerst von vier Wurzeln aller Dinge: / Zeus der strahlende und Hera die Leben verleihende und Hades / und Nestis, die aus ihren Tränen eine sterbliche Quelle fließen lässt.

(Empedokles, Vorsokratiker-Fragment 31 B 6, ca. 450 – 440. – Diels, Bd. 1, S. 311 – 312. – Capelle, S. 192 – 193. – Mansfeld S. 400 – 401)

Kommentar:

Mit „Wurzeln“ (griech. *rhizomata*) sind diejenigen Prinzipien gemeint, die später, seit Platon und Aristoteles, als Elemente bezeichnet wurden. Nestis ist eine sizilische Wassergöttin und entspricht damit dem Wasser, Zeus als blitzeschleudernder Gott dem Feuer, Hera vermutlich der Luft und Hades als Gott der Unterwelt wohl der Erde.

### **Text 4. Empedokles: Satz von der Erhaltung des Stoffes**

Denn es ist unmöglich, dass aus gar nicht Seiendem etwas entsteht, / und ebenso ist es undurchführbar und unbekannt, dass Seiendes völlig zugrunde gehe. / Denn immer wird es dort sein, wohin es einer jeweils stellt.

(Empedokles, Vorsokratiker-Fragment 31 B 12, ca. 450 – 440. – Diels, Bd. 1, S. 313 – 314. – Capelle, S. 197. – Mansfeld, S. 402 – 403)

### **Text 5. Empedokles: Stöchiometrische Zusammensetzung von Knochen**

Die anmutige Erde aber erhielt in breitbrüstigen Tiegeln / von den acht Teilen zwei vom Glanz der Nestis / und vier von Hephaistos. Da entstanden die weißen Knochen, / durch die Leimung der Harmonie auf göttliche Veranlassung zusammengefügt.

(Empedokles, Vorsokratiker- Fragment 31 B 96, ca. 450 – 440. – Diels, Bd. 1, S. 346. – Capelle, S. 195. – Mansfeld, S. 436 – 437)

Kommentar:

Nestis ist das Element Wasser (siehe Text 3), Hephaistos das Element Feuer. Die Knochen bestehen also aus Erde, Wasser und Feuer im Verhältnis 2 : 2 : 4 bzw. 1 : 1 : 2.

#### **Text 6. Empedokles: Aufbau der Stoffe aus den Elementen als mechanische Mischung**

[Die Vereinigung der Elemente zu Stoffen] muss [nach Empedokles] eine „Zusammensetzung“ sein, wie eine Mauer aus Ziegeln und Steinen. Und diese „Mischung“ wird aus den unversehrten Elementen bestehen, die als kleine Teilchen nebeneinander liegen. So ist es beim Fleisch und allem übrigen.

(Empedokles, Vorsokratiker-Fragment 31 A 43, ca. 450 – 440. Zitiert bei Aristoteles: *De generatione et corruptione*. – Diels, Bd. 1, S. 291. – Capelle, S. 191)

Kommentar:

„Zusammensetzung“ (griech. *synthesis*) bedeutet eine mechanische Vermengung. „Mischung“ (griech. *meigma*) ist in diesem Fall der Oberbegriff für mechanische Vermengung einerseits und stoffliche Vereinigung andererseits. Diese Begriffe stammen nicht von Empedokles, sondern aus der Mischungslehre von Aristoteles.

#### **Text 7. Empedokles: Der Einfluss von „Liebe“ und „Streit“ auf die Mischung der Stoffe**

Und ebenso fühlt sich alles, was eine hilfreiche Mischung besser zulässt, / mehr zueinander hingezogen, durch die Liebe miteinander verbunden. / Feindlich dagegen ist am meisten, was am weitesten voneinander entfernt ist / in Bezug auf Herkunft und Mischung und ausgeprägte Erscheinung, / völlig ungewohnt, sich zu verbinden, und sehr unglücklich / durch die Eingebungen des Streites, weil es ihm seine Entstehung verdankt.

(Empedokles, Vorsokratiker-Fragment 31 B 22, ca. 450 – 440. – Diels, Bd. 1, S. 321. – Capelle, S. 201. – Mansfeld, S. 412 – 413)

Kommentar:

„Liebe“ (griech. hier *Aphrodite*) und „Streit“ (griech. *Neikos*) sind die beiden Prinzipien, die unter anderem für die Mischung und Entmischung der Stoffe verantwortlich sind.

#### **Text 8. Hippokratische Schriften: Gleiches verbindet sich nur mit Gleichem**

Ein jedes von ihnen wird durch die Luft gebildet, weil sich, wenn aufgeblasen, alles entsprechend der Verwandtschaft trennt. Denn wenn man eine Röhre an einer Blase festbinden, durch die Röhre Erde, Sand und feine Bleischabssel in die Blase werfen, Wasser zugießen und durch die Röhre blasen wollte,

würden sich jene mit dem Wasser vermischen. Wenn es aber aufgeblasen ist, würde mit der Zeit das Blei zum Blei, der Sand zum Sand und die Erde zur Erde kommen. Wenn man es dann trocknen lassen und nach Zerreißen der Blase betrachten würde, würde man finden, wie Gleiches zu Gleichem gekommen ist. So trennen sich auch der Samen und das Fleisch, und es kommt in ihm das Gleiche zum Gleichen.

(Hippokratische Schriften: De natura pueri, ca. 4. Jh. – Ausgabe: Oeuvres complètes d'Hippocrate. Hrsg. von Émile Littré. Bd. 7. Paris 1851, S. 498, Z. 15 – 25. – Dtsch.: Die Entstehung des Kindes. In Hippokrates: Sämtliche Werke. Hrsg. von Robert Fuchs. Bd. 1. München 1895, S. 223.)

Kommentar:

Der Verfasser der Schrift will die Entstehung und das Wachstum des Embryos erklären und entwirft hier ein chemisches Gedankenexperiment, um zu beweisen, dass sich Gleiches nur mit Gleichem verbindet.

### **Text 9. Anaxagoras: Es gibt unzählig viele stoffliche Prinzipien**

Anaxagoras ... hat als erster die Ansichten über die Prinzipien geändert und die fehlende Ursache ergänzt, indem er die körperlichen Prinzipien als unzählig viele annahm. Denn alle die homogenen Körper, wie Wasser oder Feuer oder Gold, seien unentstanden und unvergänglich; offensichtlich entstanden und vergingen sie nur durch Vereinigung und Trennung [von elementaren Teilchen], denn alles sei in allem enthalten, jedes werde aber charakterisiert durch den darin überwiegenden [Körper]. Denn als „Gold“ erscheint uns jener [Körper], in dem sich überwiegend Gold[teilchen] befinden, obwohl alle Körper darin enthalten sind. Anaxagoras sagt daher: „In allem ist ein Anteil von allem enthalten.“ und: „Wovon am meisten [in einem Körper] enthalten ist, das ist und war am deutlichsten jeweils ein [Körper] für sich.

(Anaxagoras, Vorsokratiker-Fragment 59 A 41, wörtliches Fragment 59 B 12, ca. 440 – 430. Zitiert bei Simplicius, Kommentar zu Aristoteles: Physica. – Diels, Bd. 2, S. 15. – Capelle, S. 263)

Kommentar:

„die fehlende Ursache“: die Bewegungsursache im Sinne der aristotelischen Lehre von den Ursachen. „homogene Körper“: homogene Stoffe im Sinne der aristotelischen Lehre. „Wasser oder Feuer oder Gold“: Die empedokleischen Elemente haben bei Anaxagoras keine Sonderstellung, sondern sind ebenso elementare Stoffe wie beispielsweise Gold.

### **Text 10. Anaxagoras: Die Stoffe enthalten „Samen“ von allen Dingen**

Wenn sich dies aber so verhält, dann muss man annehmen, dass in allem, was sich vereinigt, viele verschiedenartige [Körper] enthalten sind und Samen von allen Dingen, die vielfältige Gestalten, Farben und Geschmäcke haben.

(Anaxagoras, Vorsokratiker-Fragment 59 B 4, ca. 440 – 430. – Diels, Bd. 2, S. 34. – Capelle, S. 266. – Mansfeld, S. 510 – 513)

Kommentar:

„Samen“ (griech. *spermata*): Sie entsprechen etwa dem, was Empedokles „Wurzeln“ und Platon und Aristoteles „Elemente“ nennen.

### **Text 11. Anaxagoras: Es gibt kein echtes Entstehen und Vergehen**

Die Begriffe „Entstehen“ und „Vergehen“ stellen sich die Griechen nicht richtig vor. Denn kein Ding entsteht oder vergeht, sondern aus vorhandenen Dingen mischt es sich und scheidet sich wieder. Und so würden sie richtig das Entstehen Mischung und das Vergehen Trennung nennen.

(Anaxagoras, Vorsokratiker-Fragment 59 B 17, ca. 440 – 430. – Diels, Bd. 2, S. 40 – 41. – Capelle, S. 260. – Mansfeld, S. 510 – 511)

### **Text 12. Leukipp: Unterschiedliche Form, Größe, Lage und Anordnung der Atome**

Diese Atome aber, die in dem unendlichen Raum voneinander getrennt seien und sich durch Formen, Größen, Lage und Anordnung unterschieden, bewegten sich im leeren Raum, und wenn sie sich einholten, stießen sie zusammen; und die einen prallten voneinander ab, wie es sich gerade träfe, die anderen verflochten sich miteinander wegen des Zusammenpassens der Formen, Größen, Lagen und Anordnungen und blieben zusammen, und auf diese Weise erfolge die Entstehung der zusammengesetzten Körper.

(Leukipp, Vorsokratiker-Fragment 67 A 14, Mitte 5. Jh. Zitiert bei Simplicius, Kommentar zu Aristoteles: De caelo. – Diels, Bd. 2, S. 75. – Capelle, S. 299)

Kommentar:

„Form“ und „Größe“ gelten für die einzelnen Atome, „Lage“ und „Anordnung“ für Atome in Verbund miteinander. Was mit Lage (griech. *thesis*) gemeint ist, bleibt unklar, während man bei der Anordnung (griech. *taxis*) sich die lineare oder räumliche Verknüpfung der Atome vorstellen darf, die viele Jahrhunderte später in der Strukturchemie und Stereochemie Aktualität gewann.

### **Text 13. Demokrit: „Mischung“ als Nebeneinanderlagern von Atomen**

Demokritos meint, dass die so genannte Mischung durch Nebeneinanderlagern von Körpern zustande komme, wobei die gemischten [Körper] in kleine [Teilchen] zerlegt würden und durch die Lagerung nebeneinander die Mischung verursachten. Er sagt, dass auch das [stoffliche] Prinzip in Wirklichkeit nicht gemischt sei, sondern die scheinbare Mischung sei ein Nebeneinanderlagern von kleinen [Teilchen] von Körpern, von denen jeder seine eigene Natur behalte, die er von der Mischung gehabt habe. Sie schienen aber für unsere Sinne gemischt zu sein, weil wegen der Kleinheit der nebeneinander lie-

genden [Teilchen] keines der [Teilchen] für sich wahrgenommen werden könne.

(Demokrit, Vorsokratiker-Fragment 68 A 64, ca. 420 – 410. – Zitiert bei Alexander von Aphrodisias: *De mixtione*. – Diels, Bd. 2, S. 100. – Capelle, S. 410)

Kommentar: „Mischung“ (griech. *krasis*, *mixis*): hier Oberbegriff für mechanische Vermengung einerseits und stoffliche Vereinigung andererseits.

#### **Text 14. Demokrit: Mechanisches Aneinanderhaften der Atome**

Infolge ihrer Bewegung stießen sie aufeinander und verflöchten sich derart miteinander, dass sie sich berührten und nahe beieinander seien; aber eine natürliche Einheit entstehe aus ihnen in Wirklichkeit nicht. Denn es sei ganz einfältig, anzunehmen, dass aus zwei oder mehr [Dingen] jemals eines werden könne. Als Grund dafür, dass die Atome eine Zeitlang miteinander zusammenbleiben, gibt er das exakte Ineinanderpassen und das Aneinanderhaften der Teilchen an. Denn einige von ihnen seien rau, andere hakenförmig, andere konvex oder konkav, und andere hätten zahllose andere Unterschiede. Er glaubt, dass sie so lange aneinanderhafteten und zusammenblieben, bis irgendein stärkerer Zwang aus der Umgebung auf sie einwirke, sie durcheinander schüttle und voneinander trenne.

(Demokrit, Vorsokratiker-Fragment 68 A 37, ca. 420 – 410. Zitiert bei Simplicius, Kommentar zu Aristoteles: *De caelo*. – Diels, Bd. 2, S. 93. – Capelle, S. 397. – Mansfeld, S. 610 – 611)

#### **Text 15. Demokrit: Erklärung des unterschiedlichen Gewichts und der unterschiedlichen Härte von Blei und Eisen**

Schwer und leicht unterscheidet Demokrit durch die Größe [der Atome]. Denn wenn man das einzelne [Atom] betrachte und es sich durch die Form [von der eines anderen Atoms] unterscheidet, habe es das Gewicht als seine Natur aufgrund der Größe. In Gemengen aber sei dasjenige leichter, was mehr Leeres habe, schwerer, was weniger habe. So hat er sich jedenfalls an einigen Stellen darüber geäußert; aber an anderen sagt er nur, leicht sei das Feine. Ähnlich [äußert er sich] auch über Hartes und Weiches. Denn das Dichte sei hart, das Feine dagegen weich, und entsprechend sei es auch bei mehr und weniger und allem übrigen.

In gewisser Weise unterscheiden sich die Lage und der Einschluss des Leeren beim Harten und Weichen, sowie beim Schweren und Leichten. Deshalb sei das Eisen zwar härter, das Blei dagegen schwerer. Denn das Eisen sei unregelmäßig zusammengesetzt und habe das Leere an vielen Stellen und in großem Umfang, an einigen Stellen sei es aber auch verdichtet, habe aber insgesamt mehr Leeres. Das Blei, das weniger Leere habe, sei gleichmäßig zusammengesetzt und im Ganzen homogen. Deshalb sei es zwar schwerer, aber auch weicher als das Eisen.

(Demokrit, Vorsokratiker-Fragment 68 A 135, ca. 420 – 410. Zitiert bei Theophrastos: *De sensu*. – Diels, Bd. 2, S. 117. – Mansfeld, S. 614 – 615)

Kommentar:

Blei ist also schwerer als Eisen, weil seine Atome regelmäßiger zusammengesetzt sind und es weniger leeren Raum zwischen den Atomen enthält.

### 3 Elementenlehre und Materietheorie bei Platon, Aristoteles und späteren griechischen Philosophen

#### Für die Quellentexte benutzte Werke:

Für die Texte von Platon, Aristoteles und Theophrast wurden folgende Werke als Grundlage verwendet:

Plato: Timaeus. In: Platons Opera. Hrsg. von J. Burnet. Bd. 4. Oxford 1902 (griech. Text)

Platon: Timaios. Übers. von F. Susemihl. In: Sämtliche Werke. Bd. 3. 5. Aufl. Köln und Olten 1967 (dtsh. Übers.)

Platon: Timaios. Übers. von O. Apelt. In: Platons Dialoge Timaios und Kritias (= Philosophische Bibliothek. Bd. 179). Leipzig 1919 (dtsh. Übers.)

Aristotle: On the Heavens. Übers. von W. K. C. Guthrie (= Loeb Classical Library). London und Cambridge, Mass. 1960 (griech. Text und engl. Übers.)

Aristotle: On Sophistical Refutations. On Coming-to-Be and Passing-Away. Übers. von E. S. Forster. On the Cosmos. Übers. von D. J. Furley (= Loeb Classical Library). London und Cambridge, Mass. 1955 (griech. Text und engl. Übers.)

Aristoteles: Über den Himmel. Von Werden und Vergehen. Übers. von P. Gohlke, Paderborn 1958 (dtsh. Übers.)

Aristotle: Meteorologica. Übers. von H. D. P. Lee (= Loeb Classical Library). London und Cambridge, Mass. 1962 (griech. Text und engl. Übers.)

Aristoteles: Meteorologie. Übers. von P. Gohlke, Paderborn 1955 (dtsh. Übers.)

Aristoteles: Meteorologie. Übers. von H. Strohm. Berlin 1970 (dtsh. Übers.)

Theophrastus: De lapidibus. Hrsg. von D. E. Eichholz. Oxford 1965 (griech. Text und engl. Übers.)

Bei Epikur und den Stoikern werden die benutzten Quellen jeweils am Ende des Textes zitiert. Bei den übersetzten Texten handelt es sich um eigene Übersetzungen, wobei die vorhandenen deutschen und englischen Übertragungen eine Hilfe darstellten. Wie bei den Vorsokratikern so sind auch bei den hier behandelten Philosophen die Jahreszahlen der Abfassung ihrer Schriften oft nicht quellenmäßig abgesichert, sondern nur ungefähre Daten.

#### Text 1. Platon: Zuordnung der Elementarkörper zu den vier Elementen

Wir wollen nun die Arten, die sich aufgrund unserer Darstellung ergeben haben, auf Feuer, Erde, Wasser und Luft verteilen. Der Erde wollen wir die Würfelform geben; denn von den vier Arten ist die Erde die unbeweglichste und von den Körpern der formbarste; dies muss aber in erster Linie für denjenigen Körper zutreffen, der die festesten Grundflächen hat. Nun ist die Grundfläche der anfangs zugrunde gelegten Dreiecke ihrer Natur nach bei gleichen Seiten fester als bei ungleichen, und die aus beiden Arten von Dreiecken zusammengesetzte Fläche als Quadrat notwendigerweise standfester als als gleichseitiges Dreieck – im einzelnen und im ganzen. Wenn wir der Erde also dieses Dreieck zuteilen, bewahren wir damit die wahrscheinliche Darstellung, und ebenso, wenn wir von den noch übrigen Formen dem Wasser die schwerstbewegliche zuteilen, dem Feuer aber die am leichtesten bewegli-

che und der Luft die mittlere; ferner den kleinsten Körper dem Feuer, den größten dem Wasser, den mittleren der Luft; schließlich den Körper mit der schärfsten Spitze dem Feuer, den nächsten der Luft und den dritten dem Wasser.

Wenn dies alles sich so verhält, dann muss derjenige Körper, der die wenigsten Grundflächen hat, von Natur der beweglichste sein, da er allseitig die schärfsten Ecken und Kanten hat, und ferner der leichteste, da er aus der geringsten Zahl gleichartiger Teile besteht; derjenige Körper, der in den genannten Beziehungen als nächster kommt, muss die zweite Stelle erhalten, der dritte die dritte Stelle. Es soll daher, wenn wir der richtigen und der wahrscheinlichen Darstellung folgen, derjenige Körper, der sich zum Tetraeder gestaltete, der Grundbestandteil und Samen des Feuers sein; den seinem Entstehen nach zweiten Körper wollen wir für den der Luft, den dritten für den des Wassers erklären.

(Platon, Timaios, 55 d – 56 b, ca. 360)

Kommentar:

Als Kriterien für die Zuordnung der Elementarkörper zu den Elementen werden benutzt: Beweglichkeit, Größe, Gewicht und räumliche Winkel der Polyeder. Die Zuordnung ist dann die folgende: Würfel = Erde; Tetraeder = Feuer; Oktaeder = Luft; Ikosaeder = Wasser. Für das „Tetraeder“ steht im Griechischen das Wort *pyramis*, Pyramide. Mit der „wahrscheinlichen Darstellung“ oder auch „abbildhaften Darstellung“ (griech. *eikos logos*) ist eine Aussage gemeint, die keinen absoluten Wahrheitsgehalt, sondern einen relativen, gleichnis- oder abbildhaften besitzt.

## **Text 2. Platon: Unterschiedliche Größe der Elementardreiecke**

Aus diesen Ursachen entstanden also die ungemischten und ursprünglichen Körper. Dass sie aber in Bezug auf ihre Gestalt verschiedene Arten ergaben, ist auf die Zusammensetzung der beiden Grundformen zurückzuführen; denn von Anfang an erzeugten beide Grundformen nicht nur ein Dreieck von einer einzigen Größe, sondern größere und kleinere, deren Anzahl den verschiedenen Arten bei den Gestalten entspricht. Daher ergibt sich für die Mischung der Arten mit sich selbst oder mit den anderen Arten eine unbegrenzte Mannigfaltigkeit; dieses muss von jenen berücksichtigt werden, welche die Natur mit Hilfe einer wahrscheinlichen Darstellung beschreiben wollen.

(Platon: Timaios, 57 c – d, ca. 360)

Kommentar:

Zum Begriff „wahrscheinliche Darstellung“ siehe Kommentar zu Text 1.

## **Text 3. Platon: Umwandlungen der Elementarkörper ineinander**

Nach allem, was wir über die Art der Körper bisher bemerkt haben, dürfte es sich der Wahrscheinlichkeit nach damit etwa folgendermaßen verhalten:

Wenn die Erde mit dem Feuer zusammentrifft und durch dessen Schärfe aufgelöst wird, dann wird sie – entweder im Feuer selbst aufgelöst oder in einer Menge von Luft oder Wasser – so lange [in diesem Zustand] sein, bis ihre Teile irgendwo wieder zusammentreffen und miteinander verbunden erneut zu Erde werden; denn es ist nicht anzunehmen, dass diese jemals in eine andere Art übergeht. Wasser, das durch Feuer oder durch Luft zerteilt wird, kann nach erneutem Zusammenschluss in einen Feuerkörper und in zwei Luftkörper übergehen. Bei der Zerteilung der Luft dagegen dürften aus einem aufgelösten Teil zwei Feuerkörper entstehen. Und weiter, wenn Feuer von Luft, Wasser oder Erde eingeschlossen ist, und zwar eine geringe Menge von einer großen, und, in diesen sich bewegend [Massen] mit bewegt, im Kampf mit ihnen unterliegt und zertrümmert wird, dann bildet sich aus je zwei Feuerkörpern ein Luftkörper. Wird dagegen die Luft besiegt und zerstückelt, dann wird sich aus zweieinhalb Luftkörpern ein ganzer Wasserkörper zusammenfügen.

(Platon: Timaios, 56 c – e, ca. 360)

Kommentar:

Die Erde nimmt also (aus geometrischen Gründen) nicht an der Elementumwandlung teil. Bei der Umwandlung von Wasser, Luft und Feuer entscheiden die spitzeren Kanten und Ecken über den Reaktionsablauf, es sei denn, Wasser oder Luft sind in großem Überschuss vorhanden.

#### **Text 4. Aristoteles: Definition des Elementbegriffs**

Als Element der Körper soll dasjenige gelten, in das die anderen Körper zerlegt werden können, das in ihnen potentiell oder aktuell enthalten ist (in welcher von beiden Weisen, ist noch unentschieden), das aber selbst nicht in Bestandteile unterschiedlicher Art zerlegt werden kann.

(Aristoteles: De caelo III 3, 302 a 15 – 18, ca. 350)

Kommentar:

Diese Elementdefinition ist so allgemein gehalten, dass sie von Zenon von Kition (siehe Text 17) und von Robert Boyle (siehe Kap. 15, Text 11) praktisch unverändert als aktuelle Elementdefinition formuliert wurde. „Element“: griech. *stoicheion*. „Körper“: griech. *somata*, Stoffe.

#### **Text 5. Aristoteles: Zuordnung der vier Urqualitäten zu den vier Elementen**

Da es vier Urqualitäten gibt und diese vier sechs Kombinationen eingehen können, wobei sich aber die Gegensätze nicht paaren lassen (das gleiche Ding kann ja nicht warm und kalt sein, und wiederum [nicht] trocken und feucht), wird es offensichtlich vier Kombinationen der Urqualitäten geben, nämlich warm und trocken, feucht und warm, und weiter kalt und trocken und kalt und feucht. Und dies lässt sich in sinnvoller Weise mit den vier einfachen Körpern unserer Erfahrung kombinieren, d.h. mit Feuer, Luft, Wasser und

Erde. Feuer ist nämlich warm und trocken, Luft warm und feucht (die Luft ist ja eine Art Dampf), Wasser kalt und feucht, Erde kalt und trocken. Daher verteilen sich die Unterschiede sinnvoll auf die Urkörper, und ihre Anzahl ist gut begründet.

(Aristoteles: De generatione et corruptione II 3, 330 a 30 – b 7, ca. 350).

Kommentar:

“Urqualität”: Hier steht das griechische Wort *stoicheion*, mit dem sonst ein Element bezeichnet wird. „Einfacher Körper“ (griech. *haplon soma*), „Urkörper“ (griech. *proton soma*, wörtl. erster Körper): beides Namen für den Begriff Element.

#### **Text 6. Aristoteles: Die vier Elemente nicht mit den in der Natur vorkommenden gleichnamigen Stoffen identisch**

Das Feuer, die Luft und alle die anderen genannten Körper sind aber nicht einfach, sondern „gemischt“. Die einfachen Körper sind ihnen zwar ähnlich, aber nicht mit ihnen identisch; wenn z.B. etwas dem Feuer ähnelt, ist es feuerartig, nicht Feuer, und was der Luft ähnelt, ist luftartig. Ebenso ist es sonst.

(Aristoteles: De generatione et corruptione II 3, 330 b 21 – 25, ca. 350)

#### **Text 7. Aristoteles: Gegenseitige Umwandlung (Transmutation) der vier Elemente**

Da früher festgestellt wurde, dass die einfachen Körper aus einander entstehen und dies auch mit unserer Erfahrung übereinstimmt, ... ist jetzt über die Art der gegenseitigen Umwandlung zu sprechen und darüber, ob alles aus allem entstehen kann oder das eine ja, das andere nicht. Dass alles so beschaffen ist, dass es sich ineinander umwandeln kann, ist klar; denn das Werden ist ein Vorgang in Gegensätze und aus Gegensätzen; die Elemente aber haben alle einen Gegensatz zueinander, da ihre unterschiedlichen Merkmale einander entgegengesetzt sind. In einigen Fällen haben sie zwei Gegensätze, wie z.B. Feuer und Wasser (das eine ist trocken und warm, das andere feucht und kalt), in anderen nur einen Gegensatz, wie Luft und Wasser (das eine ist feucht und warm, das andere feucht und kalt). Daher ist auch ganz allgemein zu erkennen, dass alles aus allem von Natur aus entstehen kann, und im einzelnen Fall ist es nicht schwer zu sehen, wie dies zugeht. Alles nämlich wird aus allem hervorgehen, nur wird es sich unterscheiden durch schneller und langsamer, leichter und schwieriger. Denn war eine Eigenschaft gemeinsam hat, wird sich schnell umwandeln, was nicht, langsam, weil es leichter ist, eine Eigenschaft umzuwandeln als zwei. So wird Luft aus Feuer entstehen, wenn sich nur eine Eigenschaft umwandelt: das eine war warm und trocken, das andere ist warm und feucht, so dass nur das Trockene vom Feuchten überwältigt zu werden braucht, damit Luft entsteht. Und wiederum wird aus Luft Wasser entstehen, wenn das Warme vom Kalten überwältigt wird: das eine war warm und feucht, das andere ist kalt und feucht, so dass Wasser entstehen wird, sobald das Warme sich wandelt. ... So erkennt man, dass das Werden für die einfachen Körper einen Kreislauf darstellt und dass diese Art

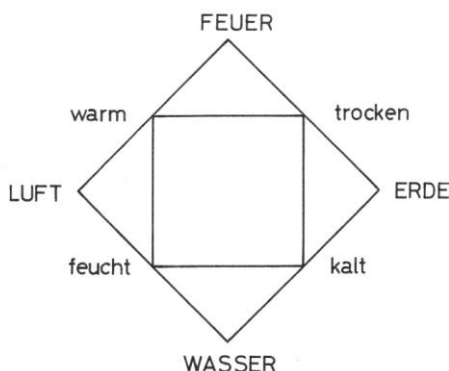
der Umwandlung sich am leichtesten vollzieht, weil jedes mit dem Nachbarn gemeinsame Eigenschaften hat. Es kann zwar auch Wasser aus Feuer und Erde aus Luft entstehen und umgekehrt aus Wasser und Erde Luft und Feuer, aber schwerer, weil dabei mehr Umwandlungen erforderlich sind. Denn wenn aus Wasser Feuer werden soll, muss Kälte und Feuchtigkeit verschwinden. ... Diese Entwicklung braucht also mehr Zeit.

(Aristoteles: De generatione et corruptione II 4, 331 a 7 – 32, b 2 – 11, ca. 350)

Kommentar:

„Umwandlung“: Das griechische Wort *metabole* stellt für Aristoteles einen Oberbegriff für Änderungen beliebiger Art dar; bei den hier untersuchten Umwandlungen handelt es sich um Werden (*genesis*) und Vergehen (*phthora*). „was eine Eigenschaft gemeinsam hat“: wörtl.: was ein *symbolon* miteinander hat. Ein *symbolon* ist eigentlich ein in zwei Teile auseinander gebrochener Gegenstand, der, wieder zusammengefügt, als Erkennungszeichen diente.

Die hier beschriebenen Elementumwandlungen können graphisch durch folgendes Schema dargestellt werden:



### Text 8. Aristoteles: Das Problem der „Mischung“ (stofflichen Umwandlung)

Da die Dinge entweder potentiell oder aktuell existieren, kann „Gemischtes“ irgendwie sein und zugleich nicht sein; denn aktuell ist aus den Bestandteilen etwas anderes geworden, potentiell aber sind die Bestandteile noch, was sie vor der „Mischung“ waren, und sie sind nicht zugrunde gegangen. ... Offensichtlich bildet sich also eine „Mischung“ aus vorher getrennten Bestandteilen, die zusammentreten, die sich aber auch wieder trennen können. Sie bleiben also nicht in Wirklichkeit, was sie waren, ... noch gehen sie zugrunde, weder eines noch beides; ihre Anlage aber bleibt erhalten. Deshalb sollen diese Fragen verlassen werden. Stattdessen muss das eng damit zusammenhängende Problem diskutiert werden, ob die „Mischung“ etwas Wahrnehmbares ist.

Wenn man nämlich die Bestandteile einer „Mischung“ in so kleine Teile zerlegt und diese in der Weise nebeneinander anordnet, dass die einzelnen Teilchen nicht mehr wahrnehmbar sind, sind sie dann „gemischt“ oder nicht?

Oder liegt eine „Mischung“ erst dann vor, wenn beliebige Teile der Komponenten nebeneinander liegen? Zwar ist die erste Ausdrucksweise üblich; man sagt z.B., Gerste und Weizen seien gemischt, wenn man von beiden beliebig etwas zusammengebracht hat. Wenn aber jeder Körper teilbar ist und wenn ein Körper mit einem anderen eine homogene „Mischung“ ergibt, dann müssten beliebige Teilchen der einen Komponente neben beliebigen der anderen liegen. Da es aber eine untere Grenze der Teilbarkeit nicht gibt und da „Zusammensetzung“ nicht dasselbe wie „Mischung“ ist, sondern etwas anderes, ist klar, dass man weder da von „Mischung“ reden darf, wo die Bestandteile in kleinen Teilchen erhalten geblieben sind, denn das ist „Zusammensetzung“, aber nicht „Verschmelzung“ oder „Mischung“, und es wird auch nicht jeder Teil die gleiche Zusammensetzung haben wie das Ganze.

Wir aber sagen, dass, wenn „Mischung“ stattgefunden hat, das „Gemischte“ homogen sein muss und so, wie jeder Teil des Wassers immer wieder Wasser ist, auch jeder Teil des „Gemischten“ beschaffen sein soll. Wenn die „Mischung“ aber nur eine „Zusammensetzung“ kleiner Teilchen ist, wird keines von ihnen sich vereinigen, sondern die Bestandteile werden nur scheinbar „gemischt“ sein, und dasselbe Ding wird dem einen „gemischt“ erscheinen, wenn er nicht so scharfe Augen hat, einem Lynkeus dagegen nicht „gemischt“. Ferner ist klar, dass man nicht von „Mischung“ reden darf bei einer Teilung, wobei beliebige Teilchen nebeneinander zu liegen kommen, denn eine derartige Teilung ist nicht möglich. ... Und „Mischung“ ist das Einswerden der qualitativ veränderten Mischungsbestandteile.

(Aristoteles: De generatione et corruptione I 10, 327 b 22 – 328 a 17, b 22, ca. 350)

Kommentar:

„Mischung“ (griech. *mixis*): stoffliche Vereinigung, wobei ein homogener Stoff mit anderen Eigenschaften als die Ausgangsprodukte entsteht – das „Gemischte“. „Verschmelzung“ (*krasis*): ein anderer Ausdruck für „Mischung“. „Zusammensetzung“ (*synthesis*): eine mechanische Vermengung, wobei die Eigenschaften der Mischungsbestandteile erhalten bleiben. „homogen“ (*homoio meres*): wörtl. gleichteilig, d.h. aus Bestandteilen gleicher Art aufgebaut. „Lynkeus“: einer der Argonauten, der wegen seiner scharfen Augen berühmt war.

### **Text 9. Aristoteles: Affinität und „Mischung“ bei Flüssigkeiten und bei der Bronze**

Offenbar lässt sich also dasjenige „mischen“, was einen Gegensatz des Wirkenden besitzt, weil es auch gegenseitig voneinander erleiden kann. Und wenn kleine Teile [der einen Art] neben kleinen [der anderen] liegen, „mischen“ sie sich besser, weil sie sich leichter und schneller umstellen, während große Mengen hierfür mehr Zeit benötigen. Daher sind von den teilbaren und erleidenden [Körpern] diejenigen leichter „mischbar“, die gut zu formen sind, denn sie lassen sich leicht in kleine Teilchen zerlegen (und darin bestand ja die Formbarkeit). So lassen sich die flüssigen Körper von allen am leichtesten „mischen“, weil sich von den teilbaren [Körpern] das Flüssige am leichtesten formen lässt. ... Wenn aber nur der eine Bestandteil ausschließlich oder stark erleidend ist, der andere nur ganz wenig, dann ist die „Mischung“ aus beiden

nicht oder nur wenig mehr geworden. Dies trifft auf das Zinn und die Bronze zu. Manche [Körper] haben nämlich eine zögernde und unentschiedene Neigung zueinander; es scheint, als ob sie irgendwie nur wenig „mischbar“ seien und als ob der eine Bestandteil zur Aufnahme da sei, der andere für die Form. Das ist hier der Fall: das Zinn verschwindet fast ganz, als ob es eine Eigenschaft der Bronze sei, und hinterlässt bei der „Mischung“ nur seine Farbe. Und dasselbe tritt auch in anderen Fällen ein.

(Aristoteles: De generatione et corruptione I 10, 328 a 31 – b 14, ca. 350)

Kommentar:

Nach Aristoteles reagieren Stoffe leicht miteinander, wenn sie die Fähigkeit haben, wechselseitig zu wirken und zu erleiden. Je feiner die Stoffe verteilt sind, umso leichter und schneller verläuft die Umsetzung. Dies gilt insbesondere für flüssige oder gelöste Stoffe. Ein Sonderfall liegt bei der aus Zinn und Kupfer bestehenden Bronze vor. Hier kann man nach Aristoteles die Materie des Zinns praktisch vernachlässigen, und nur seine „Form“ spielt eine Rolle. Das griechische Wort *chalkos* kann sowohl Kupfer (eines der Ausgangsprodukte) als auch Bronze (das Endprodukt) bedeuten.

#### **Text 10. Aristoteles: Deutung der Verbrennung**

Einige Dinge sind brennbar und andere nicht; so sind Holz, Wolle und Knochen brennbar, Stein und Eis nicht. Brennbar ist, was Poren hat, in die Feuer eindringen kann, und was in seinen längs gerichteten Poren zu wenig Feuchtigkeit enthält, um das Feuer zu überwältigen. Dinge, die keine [Poren] haben, oder [genug Feuchtigkeit], um [dem Feuer] zu widerstehen, sind nicht brennbar, wie z.B. Eis und sehr frisches [Holz]. ...

Brennbar sind diejenigen Körper, die in Asche zerfallen. So verhalten sich alle [Körper], die entweder durch Hitze oder durch beides, Hitze und Kälte, verfestigt wurden, denn bei ihnen lässt sich die Überwältigung durch das Feuer beobachten. Unter den Steinen wird der Edelstein, der Rubin heißt, [vom Feuer] am wenigsten [angegriffen]. Von den brennbaren [Körpern] sind die einen entflammbar, die anderen nicht entflammbar; von [den ersteren] ergeben manche Kohlen. Entflammbar sind solche [Körper], die Flammen erzeugen; die es nicht können, sind nicht entflammbar. Entflammbar sind diejenigen [Körper], die Rauch erzeugen, ohne Feuchtigkeit zu enthalten. Pech, Öl oder Wachs sind eher zusammen mit anderen [Körpern] entflammbar als allein. Am meisten [entflammbar] sind [Körper], die Rauch abgeben. Von ihnen können alle diejenigen Kohlen bilden, die mehr Erde als Rauch enthalten.

Einige [Körper], die schmelzbar sind, sind nicht entflammbar, wie Bronze, und einige entflammbare [Körper] sind nicht schmelzbar, wie Holz; von einigen aber, wie Weihrauch, gilt beides. Die Ursache hierfür ist, dass das Holz die Feuchtigkeit dicht gedrängt und zusammenhängend enthält, so dass es ganz verbrennen kann; Bronze dagegen enthält zwar Feuchtigkeit in jedem Teil, aber nicht zusammenhängend und auch zu wenig, um eine Flamme geben zu können. Bei Weihrauch dagegen sind beide Bedingungen vorhanden.

(Aristoteles: *Meteorologica* IV 9, 387 a 17 – 22, b 13 – 31, ca. 350)

Kommentar:

In diesem Textabschnitt aus dem 4. Buch der “Meteorologie“ findet man zum ersten Mal ausführliche Gedanken über das Wesen der Verbrennung. Brennbare Stoffe enthalten nach Aristoteles Poren, in die Feuer eindringen und die darin enthaltene Feuchtigkeit verdrängen kann.

**Text 11. Platon: Unterscheidung zwischen Flüssigkeiten und schmelzbaren Stoffen, Deutung des Schmelzens und Erstarrens**

Beim Wasser unterscheidet man zwei Arten, nämlich die des Flüssigen und die des Geschmolzenen. Das Flüssige ist, weil es aus kleinen und zwar ungleichen Wasserteilchen zusammengesetzt ist, leicht beweglich, einmal von sich aus, aber auch durch fremden Einfluss, und zwar infolge der Ungleichheit und des [besonderen] Wesens seiner Gestalt. Diejenige [Art] dagegen, die aus großen und gleichartigen [Bestandteilen] zusammengesetzt ist, ist fester als jene und schwerer, wenn sie aufgrund ihrer Gleichartigkeit erstarrt. Dringt aber Feuer ein und löst sie auf, dann verliert sie ihre Gleichförmigkeit und nimmt im gleichen Maß an Beweglichkeit zu; ist sie aber leicht beweglich geworden, so wird sie von der umgebenden Luft fortgedrängt und breitet sich über die Erde aus. Jeder der beiden Vorgänge erhielt einen besonderen Namen: Die Auflösung der Massen nennt man Schmelzen, ihre Ausbreitung über die Erde Fließen. Wenn das Feuer wieder daraus entweicht, dann wird, da es ja nicht in einen leeren Raum verschwindet, auf die umgebende Luft ein Druck ausgeübt; diese wieder drängt die noch bewegliche flüssige Masse an die Stellen, die vorher das Feuer eingenommen hatte, und lässt sie mit sich selbst vereinigen. Diese zusammengedrückte Masse gewinnt ihre Gleichförmigkeit zurück, da die Ursache der Ungleichheit, das Feuer, verschwunden ist, und kehrt so in ihren regelrechten Zustand zurück. Das Entweichen des Feuers wird als Abkühlung bezeichnet, die nach Entfernung desselben eintretende Verdichtung als Erstarrung.

(Platon: *Timaios*, 58 d – 59 a, ca. 360)

Kommentar:

Dieser Text gehört zu einem Abschnitt des *Timaios*, in dem Platon die verschiedenen Erscheinungsformen der vier Elemente erörtert und zugleich zum ersten Mal eine Theorie über die Entstehung der Mineralien skizziert. Sowohl die Flüssigkeiten als auch die schmelzbaren Stoffe sind Erscheinungsformen des Elements Wasser. Beim Schmelzen gehen die großen und gleichartigen Wasserteilchen in kleine und ungleichartige über. Diesen Übergang hat man sich korpuskulartheoretisch so vorzustellen, dass die Dodekaeder des Wassers bis in kleine Elementardreiecke zerlegt werden, die sich dann zu kleineren Dodekaedern vereinigen, ohne dass eine Elementumwandlung in Feuertetraeder oder Luftoktaeder stattfindet. Analoges gilt von dem Vorgang des Erstarrens.

## Text 12. Aristoteles: Theorie über die Entstehung der Mineralien im Erdinnern

[Die Ausdünstung in der Erde] erzeugt zwei verschiedene Arten von Körpern.

...

Es gibt nämlich, so behaupten wir, zwei Arten von Ausdünstungen: eine dampfartige und eine rauchartige; dementsprechend gibt es zwei Arten [von Körpern], die in der Erde erzeugt werden, nämlich „Mineralien“ und Metalle. Die trockene Ausdünstung ist es, die durch ihre Hitze alle „Mineralien“ erzeugt, z.B. die verschiedenen Arten unschmelzbarer Steine, ferner Realgar, Ocker, Mennige, Schwefel und die anderen derartigen [Substanzen]. Die meisten „Mineralien“ sind entweder gefärbter Staub oder aus einer ähnlichen Zusammensetzung gebildeter Stein, wie z.B. Zinnober. Aus der dampfartigen Ausdünstung sind die Metalle entstanden, und diese lassen sich gießen und hämmern, wie z.B. Eisen, Gold und Kupfer. Diese alle werden durch die dampfartige Ausdünstung, die in der Erde eingeschlossen ist, erzeugt, vor allem im Gestein, dessen Trockenheit sie zusammenpresst und verfestigt, so wie es bei Ton oder Rauhreif der Fall ist, wenn er ausgeschieden worden ist; nur entstehen die Metalle, bevor eine solche Ausscheidung erfolgt ist. Deshalb sind sie in gewissem Sinn Wasser, in einem anderen Sinn nicht: ihre Materie hatte die Möglichkeit, zu Wasser zu werden, besitzt sie aber nicht mehr. Auch sind die Metalle nicht, wie die Säfte, aus Wasser entstanden, das irgendeine qualitative Änderung erfahren hat. Auf diese Weise entsteht Kupfer oder Gold nicht, sondern jeder von ihnen entsteht durch Verfestigung der Ausdünstung, bevor diese in Wasser übergeht. Deshalb werden auch alle Metalle vom Feuer angegriffen und enthalten Erde, da sie nämlich die trockene Ausdünstung enthalten. Die einzige Ausnahme macht das Gold: es wird vom Feuer nicht angegriffen.

(Aristoteles: Meteorologica III 6, 378 a 16 – b 4, ca. 340)

Kommentar:

Aristoteles unterscheidet hier zwischen „Mineralien“ und Metallen. Da die Metalle nur in Ausnahmefällen in gediegener Form vorkommen, müsste man eher von den Erzen der Metalle sprechen oder die Erze zumindest in die Definition mit einbeziehen. Dann wären mit den „Mineralien“ (die hier bewusst in Anführungsstriche gesetzt sind) die übrigen Mineralien außer den Erzen gemeint. Die dampfartige Ausdünstung ist ihrer Materie nach das Element Wasser, das im Erdinnern durch das umgebende Gestein so verfestigt wurde, dass es nicht mehr in Wasser übergehen konnte. Die trockene Ausdünstung ist kein materieller Bestandteil der „Mineralien“, sondern liefert die Hitze zu ihrer Entstehung. – Realgar: Arsensulfid  $\text{As}_4\text{S}_4$ ; Mennige: rotes Bleioxid  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ; Zinnober: Quecksilbersulfid  $\text{HgS}$ .

## Text 13. Theophrast: Theorie über die Entstehung der Mineralien im Erdinnern

Von den Dingen, die in der Erde gebildet werden, sind einige aus Wasser und einige aus Erde aufgebaut. Aus Wasser bestehen die Metalle wie Silber, Gold und die übrigen, während aus Erde der Stein besteht, einschließlich der ungebräuchlichen Arten, und jene Abarten der Erde, die sich alle in Farbe, Glätte, Festigkeit oder anderen Eigenschaften charakteristisch voneinander unter-

scheiden. Metalle wurden jedoch schon anderswo erörtert, während wir über die letzteren jetzt sprechen wollen.

Allgemein gesprochen müssen wir annehmen, dass alle diese letzteren Dinge aus einer reinen und einheitlichen Materie gebildet werden, wobei diese Materie entweder als Ergebnis eines „Zusammenflusses“ oder einer „Filtration“ erzeugt wird, wie oben erklärt wurde, oder durch irgendeinen anderen Trennungsprozess; einige dieser Materien mögen vielleicht durch den einen Prozess produziert werden, andere durch den anderen, und einige auf noch eine andere Art und Weise. Von dieser Materie erhalten Steine und Erden gewiss Glätte, Festigkeit, Glanz, Durchsichtigkeit und andere derartige Eigenschaften, die je nach Reinheit und Einheitlichkeit der Materie, aus der die Steine und Erden zusammengesetzt sind, in unterschiedlichem Grad vorhanden sind. Denn im Allgemeinen ist es die mehr oder weniger große Vollkommenheit der Materie, die der Zusammensetzung oder Verfestigung unterworfen ist, welche direkt die aus jener Materie abgeleiteten Eigenschaften bestimmt.

Diese Verfestigung ist in manchen Fällen auf Hitze und in anderen auf Kälte zurückzuführen, denn nichts dürfte dem im Wege stehen, dass bestimmte Steinarten entweder durch Hitze oder durch Kälte gebildet werden, obwohl es so aussieht, als ob die Erden auf jeden Fall alle durch Feuer gebildet werden, da Verfestigung und Auflösung zu entgegengesetzten Gattungen gehören.

(Theophrast: De lapidibus I, 1 – 3, ca. 310)

Kommentar:

Theophrast unterteilt die Mineralien in Metalle, „Steine“ und „Erden“, wobei die letzteren beiden nicht klar umrissene Stoffgruppen darstellen. Über die Entstehung der Metalle äußert er sich nur sehr kurz, da er dieses Thema in einem – verloren gegangenen – Werk über die Metalle abgehandelt hatte. Die Metalle sind aus dem Element Wasser, die Steine und Erden aus dem Element Erde aufgebaut. Das Element Erde wird im Erdinnern zunächst durch irgendeinen Trennungsprozess in eine reine und einheitliche Materie übergeführt und diese dann durch Hitze oder Kälte zu „Steinen“ oder „Erden“ verfestigt.

#### **Text 14. Epikur: „Auswahlregeln“ für die Form von Atomen**

Die Formen der Atome sind unfassbar zahlreich, aber nicht unendlich an Zahl. Denn es gibt weder hakenförmige noch dreizackförmige noch ringförmige [Atome]. Diese Formen sind nämlich leicht zerbrechlich, während die Atome unveränderlich und unzerbrechlich sind.

(Epikur: Maximen, ca. 300 – 280. – Zitiert bei Pseudo-Plutarch: De placitis philosophorum, 877 F. – Ausgabe: Plutarchi Moralia. Bd. 5, Heft 2, Teil 1. Hrsg. von J. Mau. Leipzig 1971, S. 58)

Kommentar:

Während Leukipp und Demokrit unendlich viele Formen der Atome postuliert hatten, schied Epikur diejenigen Formen aus, die nach seiner Ansicht leicht zerbrechlich sind. Er wandte also eine mechanistische Betrachtungsweise auf die Atome an.

### **Text 15. Epikur: Existenz von sichtbaren Atomen nicht akzeptabel**

Man darf nicht glauben, dass bei den Atomen jede beliebige Größe vorhanden ist, damit du nicht durch die Phänomene widerlegt wirst. ... Dass jede beliebige Größe vorhanden ist, ist nicht notwendig für die Unterschiede bei den Qualitäten; auch müssten uns dann schon sichtbare Atome begegnet sein. Dass dies geschieht, wurde nicht beobachtet; auch lässt sich nicht ausdenken, wie es geschehen könnte, dass ein Atom sichtbar ist.

(Epikur: Brief an Herodot, ca. 300 – 280. – Zitiert bei Diogenes Laertius: Leben und Meinungen berühmter Philosophen, X, 55. – Ausgabe: Diogenes Laertius: Lives of Eminent Philosophers. Hrsg. von R. D. Hicks. Bd. 2. London; New York 1925, S. 584, 586 (griech.), 585, 587 (engl.). – Dtsch.: Leben und Meinungen berühmter Philosophen. Hrsg. von Otto Apelt. Buch 1 – 10. 2. Aufl. Hamburg 1967, S. 248)

Kommentar:

Während Demokrit unzählig viele Größen von Atomen postulierte und damit theoretisch auch die Existenz von sichtbaren Atomen zuließ, lehnte Epikur diese Konsequenz ab.

### **Text 16. Stoiker: Aktive und passive Elemente**

Die Stoiker sagen, dass von den Elementen die einen aktiv, die anderen passiv seien. Aktiv seien Luft und Feuer, passiv Erde und Wasser.

(Stoiker, 3. Jh. v. Chr. – Zitiert bei Nemesius: De natura hominis, Kap. 5, S. 126. – Ausgabe: Stoicorum veterum fragmenta. Hrsg. von H. v. Arnim. Bd. 2. Chrysippi fragmenta. Logica et Physica. Leipzig 1903, S. 137, Fragment 418)

Kommentar:

Was Aristoteles nur angedeutet hatte, wird bei den Stoikern als Lehrsatz formuliert: Luft und Feuer sind aktive, Erde und Wasser passive Elemente.

### **Text 17. Zenon von Kition: Definition des Elementbegriffs; jedes Element mit einer Urqualität**

Ein Element ist etwas, aus dem die Dinge als erstes entstehen und in das sie letztlich zerlegt werden. Die vier Elemente seien zusammen die qualitätslose Substanz oder die Urmaterie. Das Feuer sei das Warme, das Wasser das Feuchte, die Luft das Kalte und die Erde das Trockene.

(Zenon von Kition, ca. 290 – 250. – Zitiert bei Diogenes Laertius: Leben und Meinungen berühmter Philosophen, VII, 136 – 137. – Ausgabe: Stoicorum veterum fragmenta. Hrsg. von A. v. Arnim. Bd. 2. Chrysippi fragmenta. Logica et Physica. Leipzig 1903, S. 180, Fragment 580. – Ausgabe und engl. Übers.: Diogenes Laertius: Lives of Eminent Philosophers. Hrsg. von H. D. Hicks. Bd. 2. London; New York 1925, S. 240 (griech.), 241 (engl.). – Dtsch.: Leben und Meinungen berühmter Philosophen. Hrsg. von Otto Apelt. Buch 1 – 10. 2. Aufl. Hamburg 1967. S. 70 – 71)

Kommentar:

Diese Elementdefinition von Zenon lehnt sich an die aristotelische an (siehe Text 4), präzisiert sie jedoch, indem sie die Wörter „als erstes“ und „letztlich“ einbezieht. Sie wurde noch zur Zeit von Robert Boyle (siehe Kap. 15, Text 11) als maßgebende Elementdefinition angesehen. Aristoteles hatte jedem der vier Elemente zwei Urqualitäten zugeordnet, jedoch in einer seiner Schriften angedeutet, dass eine Urqualität vorherrschen könne. Die Stoiker entwickelten diesen Gedanken weiter und machten die vorherrschende zur einzigen Urqualität.

### **Text 18. Chrysippos von Soloi: Lehre von der „totalen Mischung“**

Chrysipps Lehre von der Mischung ist die folgende: Er nimmt an, dass alle Substanz eine Einheit bildet, indem ein gewisses Pneuma es durchdringt, unter dessen Einfluss das Weltall kohärent wird und zusammenhält und mit sich selbst in Wechselwirkung tritt. Er sagt, dass es unter den sich in ihr vermischenden Körpern solche gebe, bei denen die Mischung durch Nebeneinanderlagern zustande kommt, ... wie dies zum Beispiel bei Bohnen und Weizenkörnern [der Fall ist], die abwechselnd nebeneinander liegen. Andere [„Mischungen“] entstehen durch eine totale Verschmelzung, indem ihre Substanzen und die Qualitäten in ihnen sich gegenseitig aufheben, wie das, sagt er, bei Medikamenten der Fall ist, bei denen sich [die Bestandteile] der „Mischung“ gegenseitig aufheben, wobei ein anderer Körper aus ihnen entsteht.

Gewisse Mischungen, so sagt er, entstehen durch totale gegenseitige Durchdringung der Substanzen und ihrer Qualitäten, wobei die ursprünglichen Substanzen und Qualitäten in einer derartigen Mischung erhalten bleiben; er sagt, dies sei Mischung im eigentlichen Sinn. Denn die totale gegenseitige Durchdringung von zwei oder mehr Körpern finde in der Weise statt, dass jeder einzelne von ihnen in einer solchen Mischung seine Substanz und die Qualitäten in ihr bewahrt; er sagt, nur diese Art der Mischungen sei eine Krasis. Denn es sei eine Eigentümlichkeit der [durch Krasis] gemischten [Körper], dass sie wieder voneinander getrennt werden könnten, was nur dadurch möglich ist, dass die gemischten [Körper] in der Mischung ihre Naturen bewahren. ... Er stellt sich vor, dass eine derartige gegenseitige Durchdringung der sich mischenden [Körper] dadurch geschieht, dass die sich mischenden Körper einander so durchdringen, dass es in ihnen keinen Teil mehr gibt, der nicht an allen anderen [Teilen] in einer derartigen durch Krasis zustande gekommenen Mischung Anteil hätte. Denn, wenn dies nicht so wäre, dann wäre das Ergebnis nicht mehr eine Mischung, sondern ein Nebeneinanderlagern.

(Chrysippos von Soloi: De mixtione, ca. 240 – 220. – Zitiert bei Alexander von Aphrodisias: Über Mischung und Wachstum. – Ausgabe: Alexandri Aphrodiensis Praeter

Commentaria Scripta Minora. Quaestiones. De fato. De mixtione. Hrsg. von I. Bruns. Berlin 1892, S. 216 – 217. – Dtsch.: Sambursky, S.: Das physikalische Weltbild der Antike. Zürich und Stuttgart 1965, S. 197 – 198. – Dtsch.: Rex, Friedemann: Chrysipps Mischungslehre und die an ihr geübte Kritik in Alexanders von Aphrodisias „De mixtione“ (Inaugural-Dissertation). Frankfurt am Main 1966, S. 6 – 8)

Kommentar:

Zu Beginn dieses Textes spricht Chrysipp vom Pneuma, das für die Kohärenz der stofflichen Welt verantwortlich ist. Er unterscheidet dann im Folgenden drei Arten von Mischung: eine Mischung durch Nebeneinanderlagern, eine „Verschmelzung“ und eine „totale Mischung“. Die ersten beiden Arten postulierte bereits Aristoteles (siehe Text 8): eine mechanische Vermengung und eine stoffliche Umwandlung. Bei der ersten Art bleibt die Individualität der Bestandteile erhalten, bei der zweiten geht sie verloren. Chrysipp führt nun eine dritte Art ein: die „totale Mischung“ oder „totale Vermischung“ (griech. *krasis di' holon*). Bei der „totalen Mischung“ findet eine vollständige gegenseitige Durchdringung der Bestandteile statt, aber diese verlieren nicht ihre Individualität, sondern können zurückgewonnen werden. Diese Art der Mischung entspricht in etwa dem, was man heute unter einer homogenen Lösung versteht.

#### 4 „Praktische Chemie in der Antike und im Mittelalter“

##### **Text 1. Theophrast: Herstellung von Bleiweiß, Grünspan und Zinnober durch die „Kunst“**

... Diese werden künstlich hergestellt, und so auch das Bleiweiß. Blei von der Größe eines Ziegels wird über Essig in Fässer gelegt. Wenn [das Blei] eine gewisse Dicke erreicht hat, was meist in zehn Tagen der Fall ist, werden [die Fässer] geöffnet, und eine Art von Schimmel wird von ihm abgekratzt, und dies wird so lange wiederholt, bis alles verbraucht ist. Das Abgekratzte wird in einem Mörser verrieben und [das Wasser] immer wieder dekantiert, und was sich schließlich am Boden absetzt, ist das Bleiweiß. Grünspan wird auf ähnliche Weise hergestellt. Kupfer wird auf Weintrester gelegt und das, was sich darauf abgesetzt, abgekratzt; [denn der Grünspan], der entsteht, zeigt sich [auf der Oberfläche des Kupfers].

Es gibt auch natürlichen und künstlich hergestellten Zinnober. Natürlich ist [der Zinnober] in Spanien, der sehr hart und steinig ist, und ebenso der in Kolchis, von dem man sagt, dass er an Abhängen vorkomme und mit Bogen heruntergeschossen werde. Die hergestellte Art kommt nur von einer einzigen Stelle, die ein wenig oberhalb von Ephesos liegt. Es ist ein Sand, der gesammelt wird, der wie die Kermes-Beere leuchtet. Er wird in steinernen Gefäßen sehr fein verrieben, in kupfernen Gefäßen gewaschen, und das, was sich am Boden absetzt, wird genommen, wiederum gewaschen und verrieben. ...

Es ist aufgrund dieser Beispiele klar, dass die Kunst die Natur nachahmt und doch ihre eigenen [Substanzen] produziert, einige von ihnen wegen ihres Nutzens, einige nur wegen ihrer Erscheinung wie die Wandfarben, andere aus beiden Gründen wie Quecksilber, denn auch dieses hat seinen Nutzen. Es wird hergestellt, wenn man [Zinnober] mit Essig in einem kupfernen Mörser mit einem kupfernen Pistill verreibt. Vielleicht könnte man weitere Dinge dieser Art finden.

(Theophrastos: *De lapidibus*, VIII, 55 – 58, 60, ca. 310 v. Chr. – Ausgabe: Theophrastus: *De lapidibus*. Hrsg. von D. E. Eichholz. Oxford 1965, S. 78, 80. – Engl.: Eichholz, S. 79, 81. – Engl.: Theophrastus: *On Stones*. Hrsg. von Earle R. Caley und John F. C. Richards. Columbus, Ohio 1956, S. 57 – 58. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Eichholz und Caley / Richards)

Kommentar:

Theophrast beschreibt in seinem Werk die künstliche Herstellung einiger Stoffe, im hier ausgewählten Textabschnitt von Bleiweiß, Grünspan und Zinnober. Bleiweiß (basisches Bleicarbonat) wurde durch Einwirkung von Essigdämpfen auf Blei hergestellt, Grünspan (basische Kupferacetate) durch Umsetzung von Kupfer mit Weintrestern, aus denen sich nach Vergärung Essigdämpfe entwickelten. Allerdings handelt es sich bei dem von ihm angeführten Beispiel des Zinnobers (Quecksilbersulfid) um keine künstliche Herstellung, sondern um die mechanische Aufbereitung dieses Minerals. Die tatsächliche Herstellung des Zinnobers aus Quecksilber und Schwefel wird bei dem Alchemisten Zosimos um 300 angedeutet und erst seit dem 8. Jahrhun-

dert bei arabischen Alchemisten und in lateinischen Rezeptsammlungen klar beschrieben.

Aristoteles, der Lehrer von Theophrast, hatte den Satz geprägt, dass die „Kunst“ die Natur nachahme. An diesen Satz knüpft Theophrast an und postuliert darüber hinaus, dass durch die Kunst auch Stoffe hergestellt werden können, die nicht in der Natur vorkommen. Der Textabschnitt schließt mit der Vermutung, dass sich auch zukünftig weitere künstlich hergestellte Stoffe finden ließen.

## **Text 2. Dioskurides: „Ofenbruch“ und „Hüttenrauch“**

Die beste Kadmeia ist die aus Zypern, die sogenannte Botrytis, sie ist dicht, mäßig schwer und eher leicht zu nennen, hat ein traubenartiges Aussehen, ist von aschgrauer Farbe, und ist zerstoßen innen asch- und grünspanfarbig. Ihr am nächsten steht eine außen bläuliche, innen hellere, die Streifen ähnlich dem Onyx hat. Es gibt auch eine Plakodes genannte, die zonenartige Streifen hat, weshalb man sie auch Zonitis nennt. Eine [Art] heißt Ostrakitis, sie ist trocken und größtenteils schwarz, sie hat ein erdiges oder scherbenartiges Aussehen. Schlecht ist die weiße. ...

Die Kadmeia bildet sich bei der Verhüttung des Kupfers, indem sich der Rauch an den Wänden der Kamine und oben absetzt. Dort befinden sich sehr große eiserne Stangen, von den Hüttenleuten Alkestiden genannt, die an der Spitze zusammenlaufen, damit die von dem Erz aufsteigenden Körper zurückgehalten werden und sich absetzen. Wenn diese sich immer mehr absetzen, bildet sich ein [einheitlicher] Körper, und es werden einmal nur eine, ein anderes Mal zwei oder auch alle [Arten] hervorgebracht. ...

Manche behaupten, dass die Kadmeia auch in Bergwerken gefunden werde, aber sie lassen sich durch Mineralien täuschen, die viel Ähnlichkeit damit haben, wie auch ein Mineral in Kyme gefunden wird, das aber keinerlei Wirkung aufweist. Man erkennt sie daran, dass sie leichter als die Kadmeia sind und beim Kauen nicht mild im Geschmack sind. Sie tun den Zähnen beim Kauen weh, wenn es dagegen die Kadmeia ist, kann man das Durchbeißen ertragen, da sie nachgiebig ist. Man kann sie auch dadurch unterscheiden, dass die Kadmeia, wenn sie mit Essig fein verrieben und an der Sonne getrocknet wird, fest wird, während dies bei dem Mineral nicht eintritt; ferner dadurch, dass das Mineral, wenn es fein zerrieben und ins Feuer gelegt wird, aufspringt und sein Rauch dem des Feuers gleicht, während die Kadmeia standhält und einen quittengelben und kupferartigen Dampf, wie eine mehrfarbige Zone, aufsteigen lässt. Ferner wird sich das im Feuer erhitzte und wieder abgekühlte Mineral in der Farbe verändern und leichter sein, die Kadmeia aber wird sich überhaupt nicht verändern, wenn man sie nicht eine hinreichend lange Zeit dem Feuer aussetzt.

(Dioskurides: De materia medica, Buch V, Kap. 74, ca. 78 n. Chr. – Ausgabe: Pedanii Dioscuridis Anazarbei De Materia Medica Libri Quinque. Hrsg. von Max Wellmann. Bd. 3. Berlin 1914, S. 37 – 39. – Dtsch.: Des Pedanios Dioskurides aus Anazarbos Arzneimittellehre in fünf Büchern. Hrsg. von J. Berendes. Stuttgart 1902, S. 504 – 505. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Berendes)

Kommentar:

Das griechische Wort *kadmeia* kann zum einen das Zinkmineral Galmei (Zinkcarbonat  $\text{ZnCO}_3$ ) bedeuten, zum andern das Zinkoxid  $\text{ZnO}$ . Letzteres bildete sich als Nebenprodukt bei der Messingherstellung, wenn man Kupfer und Galmei mit Holzkohle im Ofen erhitze. Dabei verdampfte ein Teil des durch Reduktion entstandenen Zinks, bevor es sich mit dem Kupfer verbunden hatte, oxidierte sich an der Luft zu Zinkoxid und setzte sich als „Ofenbruch“ oder „Hüttenrauch“ im oberen Teil des Ofens ab. Offenbar meint Dioskurides mit der Kadmeia hier nur diesen „Ofenbruch“, während er die Aussage, dass man die Kadmeia auch bergmännisch gewinnen könne, zu widerlegen sucht.

Er unterscheidet vier Arten der Kadmeia: eine traubenartige (griech. *botryitis*), onyxartige (*onychitis*), plattenartige (*plakodes*) bzw. zonenartige (*zonitis*) und eine scherbenartige (*ostrakitis*). Bei allen diesen Arten handelt es sich um mehr oder weniger verunreinigtes Zinkoxid. In dem ersten ausgelassenen Textabschnitt geht Dioskurides auch auf die medizinische Verwendung dieser verschiedenen Formen der Kadmeia ein. Im letzten Abschnitt nennt er ein bergmännisch gewonnenes Mineral, das man leicht mit der Kadmeia verwechseln kann, und gibt Proben an – darunter auch die Prüfung auf den Härtegrad durch Zerkauen –, wie man die beiden voneinander unterscheiden kann. Wo im Text das Wort Mineral vorkommt, steht im griechischen Text *lithos* (wörtl. Stein); der Begriff Körper (*soma*) ist die übliche Bezeichnung für einen Stoff.

### Text 3. Plinius: Blei und Zinn

Nun folgt die Natur des Bleis, von dem es zwei Arten gibt, eine schwarze und eine weiße. Am wertvollsten ist die weiße, die von den Griechen *cassiterum* genannt wird. Einem sagenhaften Bericht nach steuerte man die Inseln des Atlantischen Ozeans an und brachte es auf Schiffen, die aus Rutengeflecht bestanden und mit Leder überzogen waren, heran. Heute ist sicher, dass es in Lusitanien und Galläkien vorkommt, in der obersten Erdschicht, sandig und von schwarzer Farbe. Man erkennt es nur an seinem Gewicht. Man findet es auch als kleine Steinchen, besonders in trockenen Bachläufen. Die Metallarbeiter waschen diese Sande aus, und, was sich gesetzt hat, schmelzen sie in Öfen. Es wird auch in Goldgruben gefunden, die sie *alutiae* nennen. Leitet man Wasser ein, dann spült es schwarze, im Farbton leicht unterschiedliche Steinchen heraus, die das gleiche Gewicht wie Gold haben. Daher bleiben sie auch in den Querrillen, in denen das Gold gesammelt wird, mit diesem zurück. Später werden sie zur Verhüttung getrennt, und nach dem Schmelzen ergeben sie Weißblei.

Das Schwarzblei kommt in Galläkien nicht vor, während das benachbarte Kantabrien nur an diesem einen Überfluss hat. Aus Weißblei lässt sich kein Silber gewinnen, wohl aber aus Schwarzblei. Schwarzblei lässt sich ohne Weißblei nicht mit sich selbst verbinden, auch nicht ohne Öl, und nicht einmal das Weißblei mit sich selbst ohne Schwarzblei. Das Weißblei stand schon zu Trojas Zeiten in hohem Ansehen, was Homer bezeugt, der es *cassiterum* nennt.

Schwarzblei hat einen doppelten Ursprung, denn es kommt entweder in seiner eigenen Ader vor und enthält nichts anderes, oder es entsteht mit dem Silber und wird aus den gemischten Adern erschmolzen. Das erste, was sich in den Öfen verflüssigt, wird *stagnum* genannt, das zweite *argentum*. Was in den Öfen zurückbleibt, heißt *galena*, die den dritten Teil des eingegebenen Erzes ausmacht. Wenn diese [*galena*] erneut geschmolzen wird, ergibt sie Schwarzblei mit einem Verlust von neun Zehnteln. ...

Das Weißblei hat eine mehr trockene Natur, während die des Schwarzbleis ganz feucht ist. Daher ist das Weißblei ohne Beimischung zu nichts zu gebrauchen. Auch das Silber kann nicht mit ihm verlötet werden, weil das Silber früher schmilzt. ... Die Probe auf Weißblei erfolgt mit Hilfe eines Papyrusblattes; geschmolzen zerreißt es dieses offenbar durch sein Gewicht, nicht durch die Hitze.

(C. Plinius Secundus: *Naturalis historia*. Buch 34, Kap. 47 – 48 bzw. § 156 – 159, 161, 163, 77 n. Chr. – Ausgabe: C. Plinius Secundus d. Ä.: *Naturkunde*. Lateinisch-Deutsch. Buch 34. Metallurgie. Hrsg. von R. König (= Sammlung Tusculum). München und Zürich 1989, S. 108, 110, 112. – Dgl.: Projektgruppe Plinius (Hrsg.): *Plinius der Ältere über Blei und Zinn*. Tübingen 1989, S. 16, 18. – Dgl.: *Pliny: Natural History*. Bd. 9 (Buch 32 – 35). Hrsg. von H. Rackham (= Loeb Classical Library). Cambridge, Mass. 1952, S. 240, 242, 244. – Dtsch.: König, S. 109, 111, 113. Projektgruppe Plinius, S. 17, 19. – Engl.: Rackham, S. 241, 243, 245. – Leicht überarbeitete Übersetzung von König und der Projektgruppe Plinius. – In den älteren Plinius-Ausgaben sind die Bücher nach Kapiteln gegliedert, in der Edition von König nach Paragraphen.)

Kommentar:

Plinius unterscheidet zwei Arten des „Bleis“: das Schwarzblei (*plumbum nigrum*, Blei) und das Weißblei (*plumbum candidum*, Zinn), offenbar, weil er beide Arten für nahe verwandt hielt. Der sagenhafte Bericht deutet auf das Vorkommen von Zinn in Südengland hin. Gesichert ist dagegen das Vorkommen und der Abbau in Lusitanien (Portugal) und Galläkien (Galicia in Nordwestspanien). Bei dem von ihm erwähnten schwarzen Sand handelte es sich um Zinnstein ( $\text{SnO}_2$ ). Dass die schwarzen Körner oder Steinchen das gleiche Gewicht wie Gold haben, trifft nicht zu, denn Gold hat ein spezifisches Gewicht von 19,3, Zinnstein von ca. 7. Der Prozess der Verhüttung zu Zinn wird nur kurz erwähnt.

Reichhaltige Bleivorkommen gab es nach Plinius in Kantabrien in Nordspanien. Bei dem Blei, das in seiner eigenen Ader vorkommt, handelte es sich um Bleiglanz ( $\text{PbS}$ ), bei dem Blei in der gemischten Ader um silberhaltigen Bleiglanz. Er beschreibt dann den Verhüttungsprozess. Das erste, was sich beim Schmelzen verflüssigte, wurde *stagnum* genannt (sogenanntes Werkblei, d.h. Blei und Silber mit Verunreinigungen), das zweite *argentum* (silberhaltiges Blei) und das dritte, das in den Öfen zurückblieb, *galena* (Rohblei). Die Aussage, dass sich das Silber nicht mit Zinn verlöten lässt, trifft nicht zu. Die Tatsache, dass ein Papyrusblatt durch geschmolzenes Zinn nicht verbrannt wird, ist auf den niedrigen Schmelzpunkt des Zinns ( $232^\circ$ ) zurückzuführen.

#### **Text 4. Leidener Papyrus: Imitation von Silber**

Herstellung von Asemos. Nimm dünnes und weiches Zinn und reinige es vier Mal. Nimm davon 4 Teile, 3 Teile helles Kupfer und 1 Teil Asemos und schmilz. Wenn es geschmolzen worden ist, reinige es zahlreiche Male und stelle her, was du willst. Es wird Asemos von erster Qualität sein, so dass es sogar den Handwerkern verborgen bleibt.

(Leidener Papyrus X, Rezept Nr. 8, erste Hälfte 4. Jh. – Ausgabe: *Les alchimistes grecs*. Bd. 1. Papyrus de Leyde. Papyrus de Stockholm. *Fragments de Recettes*. Hrsg. von Robert Halleux. Paris 1981, S. 86. – Französ.: Halleux, S. 86. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Halleux)

Kommentar:

Helles Kupfer ist, wie aus einem anderen Rezept hervorgeht, eine Kupfer-Arsen-Bronze, Asemos hier Silber. Es entsteht also beim Zusammenschmelzen eine Zinn-Kupfer-Arsen-Silber-Legierung. Das Endprodukt heißt ebenfalls Asemos, bedeutet hier aber eine silberartige Legierung. Es wird als so hervorragend bezeichnet, dass nicht einmal die Handwerker erkennen würden, dass es sich dabei um eine Silberimitation handelte.

#### **Text 5. Leidener Papyrus: Reinheitsprüfung von Gold und Silber**

Probieren von Gold. Wenn du Gold reinigen willst, so schmilz es erneut oder erhitze es. Wenn es rein ist, zeigt es nach der Behandlung mit Feuer dieselbe Farbe und ist rein wie ein Geldstück. Wenn es weißer erscheint, enthält es Silber; wenn es rauer und härter erscheint, [enthält es] Kupfer und Zinn; wenn es schwarz ist, aber weich, Blei.

Probieren von Silber. Erhitze oder schmilz das Silber wie das Gold. Wenn es weißglänzend ist, ist es rein und nicht verfälscht. Wenn es schwarz erscheint, enthält es Blei, wenn es hart und orangefarben erscheint, Kupfer.

(Leidener Papyrus X, Rezepte Nr. 42 und 43, erste Hälfte 4. Jh. – Ausgabe: Halleux, S. 95 – 96. – Französ.: Halleux, S. 95 – 96. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Halleux)

Kommentar:

In diesen beiden Rezepten wird eine einfache Probe (griech. *dokimasia*) angegeben, mit der man Gold und Silber rein qualitativ auf ihren Reinheitsgrad und die Art ihrer Verunreinigungen prüfen konnte. Hierzu wurde das Edelmetall entweder unterhalb vom Schmelzpunkt erhitzt oder aber geschmolzen. Die Farbe zeigte an, um welches darin enthaltene Metall es sich dabei handelte. Die weiße Farbe bei einem Silbergehalt entsteht dadurch, dass Silber an die Oberfläche diffundiert. Die anderen Farben hängen mit der Bildung von Metalloxiden zusammen; Kupfer müsste sich allerdings bei einer Oxidation schwarz verfärben.

### Text 6. Stockholmer Papyrus: Imitation von Smaragd

Herstellung von Smaragd.  $\frac{1}{2}$  Drachme Malachit,  $\frac{1}{2}$  Drachme armenisches Blau,  $\frac{1}{2}$  Kotyle Harn eines unverdorbenen Knaben,  $\frac{2}{3}$  vom flüssigen Teil der Stiergalle. Vermische und tu es in einen kleinen Topf und gib alle Steine dazu, so dass sie jeweils 2 Drachmen oder 4 Drachmen wiegen. Verschließe den Topf, dichte den Deckel rundherum mit Lehm ab und erhitze mit gelindem Feuer von Olivenholz, indem du 6 Stunden kochst. Wenn sich dies Zeichen einstellt, dass nämlich der Deckel grün wird, dann erhitze nicht länger, sondern lass abkühlen, nimm [die Steine] heraus, und du wirst das Ergebnis finden. Die Steine sind aus Kristall. Jeder Kristall verändert beim Kochen die Farbe.

(Stockholmer Papyrus, Rezept Nr. 88, erste Hälfte 4. Jh. – Ausgabe: Halleux, S. 132 – 133. – Französ.: Halleux, S. 132 – 133. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Halleux)

Kommentar:

Malachit (griech. *chrysokolla*) ist basisches Kupfercarbonat. Warum für die Herstellung ausgerechnet der Harn eines unverdorbenen Knaben benötigt wird – was in anderen Rezepten auch vorkommt –, ist ungeklärt. Auf jeden Fall ergab sich durch Zersetzung des Harns unter Abspaltung von Ammoniak ein alkalisches Milieu. Bei den „Steinen“ handelte es sich vielleicht um blättrige Mineralien wie Glimmer, in die der Farbstoff einziehen konnte. Sie wurden vor dem Färben wohl in die gewünschte Form zurechtgeschnitten. Zu den Maßeinheiten: 1 Drachme = ca. 4,37 g, 1 Kotyle = 0,273 l.

### Text 7. al-Kindī: Sublimation von Campher

Man sublimiert ihn nach zwei Methoden. Die eine von beiden wird in Basra angewandt, und zwar diejenige, die man den „Zucker“ nennt; das ist der gute, hochwertige [Campher], der nicht verfälscht ist. Man nimmt vom guten Campher, nämlich vom Ribāhī, und zwar von seinem gut zerriebenen Pulver. Er kommt in einen Becher, der nach Art einer Schüssel geformt und unten abgerundet ist und ebenfalls mit dem von uns beschriebenen Lehm überzogen wird. Dieser Becher wird auf ein Rohr aus Ton aufgesetzt, dessen Länge drei Spannen beträgt, und man dichtet rund um den Rand des Bechers und zugleich den oberen Teil des Rohres ab. Der Becher ist über dem Rohr aufgehängt, wie du es auf der Abbildung siehst.

Dann bringst du ins Innere dieses Bechers den pulverisierten Campher, und zwar soll sein Maß insgesamt fünf Miṭqāl betragen – das ist das Höchste –, und das Geringste sind drei Miṭqāl. Nun wird auf den Becher eine Schale für Flaschen gedeckt, die ein wenig einer Kuppel ähnelt und deren Wölbung entsprechend der Abbildung nach unten liegt. Die Verbindungsstelle der Schale wird mit dem Rand des Bechers zusammengelehmt, und es wird unten an das Rohr ein mildes Kohlenfeuer gelegt, dessen Behälter ein und dasselbe Gefäß ist. Der Campher steigt auf und bleibt am Boden der Schale hängen, als wäre er weißer Zucker, während seine schweren Bestandteile unten zurückbleiben.

Man sublimiert diesen Campher, wenn er schwarz, braun oder dunkelfarben ist.

(al-Kindī, Ya‘qūb ibn Ishāq: Kitāb fi Kīmiyā’ al-‘itr wa-t-tas‘īdāt, Mitte 9. Jh. – Ausgabe: Kitāb kīmiyā’ al-‘itr wa-t-tas‘īdāt. Buch über die Chemie des Parfüms und die Destillationen von Ya‘qūb b. Ishāq al-Kindī. Ein Beitrag zur Geschichte der arabischen Parfümchemie und Drogenkunde aus dem 9. Jahrh. p. C. Hrsg. von Karl Garbers. Leipzig 1948. S. ٥٠ – ٥١. – Dtsch.: Garbers, S. 95 – 96. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers)

Kommentar:

Campher bildet farblose Kristalle, schmilzt bei 177° und hat einen charakteristischen Geruch. Heute weiß man, dass er die Summenformel  $C_{10}H_{16}O$  hat und ein bicyclisches Keton darstellt. Der Campher wird aus dem Campherbaum (*Cinnamomum camphora*) gewonnen, der in China und Japan vorkommt, eine bessere Sorte aus dem Baum *Dryobalanops aromatica*, der auf Sumatra und Borneo beheimatet ist. Der im Text erwähnte Ribāhī dürfte sich auf diese bessere Sorte beziehen. Über die Gewinnung des Camphers aus dem Campherbaum gibt al-Kindī keine Informationen, sondern er beschreibt nur die Reinigung des importierten Rohcamphers durch Sublimation. Im Manuskript ist auch eine einfache Zeichnung des Ofens erhalten, auf dem der Campher sublimiert wurde:



Zur Gewichtseinheit: 1 Mitqāl als feines Warengewicht entspricht 4,46 g.

### Text 8. al-Hamdānī: Verhüttung von silberhaltigen Bleierzen

Wir haben das Aussehen der Silbergruben schon erwähnt, die zu den Höhlen der Gebirge und den Tiefen der Erde gehören. Das Indiz für das [Silber] ist der Spießglanz bzw. der Bleiglanz. Wo immer er gefunden wird, weiß man, dass er der Dampf des Silbers ist und dass sich das Erz unterhalb davon befindet. Man gräbt nach dem Erz und fördert es. Dann wird es zu Stücken von der Größe großer Weinbeeren zerschlagen. Was davon aus Staub oder kleinen Teilchen besteht, wird mit Wasser und etwas gelbem Ton angerührt, und zwar mit so viel, dass dieses es bindet.

Dann wird der Ofen errichtet. Es ist ein Ofen mit einer Ablaufrinne, und an seiner Rückseite ist eine Öffnung, hinter welcher sich eine Mulde befindet. Diese Öffnung wird verstopft – die Öffnung belüftet den Ofen –, und es ist ein Ofen mit einem oder zwei Blasebälgen, je nachdem, wie wenig oder wie viel Erz in ihn gelegt wird, und je nach der Größe des Ofens und der Güte der [Bälge]. Der Blasebalg ist ein großer Schmiedebalg aus trockenen Palmzweigen und Häuten. Dann legt man eine Schicht Holzkohle von der Akazie unten in den Ofen, darauf eine Schicht Erz, wieder eine Schicht Holzkohle und

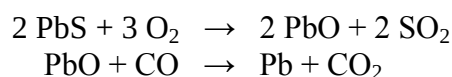
wieder eine Schicht Erz, bis der obere Rand erreicht ist. Manchmal wird die schwere Holzkohle der Akazie mit der im Vergleich zu ihr leichteren der Gummiakazie oder der Zypresse gemischt, damit es geeigneter für die Substanz ist und ertragsreicher für die Gewinnung dessen, was in dem Erz ist. Dann legt man Feuer an. An den beiden Blasebälgen stehen in einiger Entfernung zwei kräftige Männer, die nicht innehalten [dürfen]. Wenn jeden der beiden ein anderer ablöst, reißt er den Blasebalg schnell an sich, damit die Feuerung nicht nachlässt. Es stehen also an dem Blasebalg zwei Männer und an den zwei Blasebälgen vier Männer. Manchmal befindet sich zwischen den beiden Blasebälgen und dem Ofen eine Wand, welche die beiden Blasebälge von dem Rauch des Ofens trennt, weil der Rauch des Bleis eine starke Wirkung auf das Gehirn hat.

Wenn der Ofen[inhalt] abgesunken und niedergedrückt worden ist und ein einziges Stück bildet wie ein Stück Eisen, lässt man abkühlen. Man öffnet die Öffnung, die sich auf seiner Rückseite befindet, so dass alles Blei in die Mulde herauskommt und zu einem Barren wird. Dann macht man sich an das Blei, nimmt es und holt auch das heraus, was im Ofen ist, wenn er kalt geworden ist. Man sammelt die Bleiteilchen, die darin sind, oder man wäscht sie, laugt sie aus und fügt sie dem Barren hinzu.

(al-Hamdānī, Abū Muḥammad al-Ḥaṣan ibn Aḥmad ibn Ya‘qūb: Kitāb al-Ġauharatain al-‘atīqatain al-mā’i‘atain as-safrā’ wa-l-baiḍā’, ca. 942. – Ausgabe: al-Hamdānī: Kitāb al-ġauharatain al-mā’i‘atain aṣ-ṣafrā’ wa’l-baiḍā’. Die beiden Edelmetalle Gold und Silber. Hrsg. von Christopher Toll. Uppsala 1968, S. 269, 271. – Dtsch.: Toll, S. 268, 270. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Toll)

Kommentar:

Al-Hamdānī beschreibt in diesem Text mit der Überschrift „Kapitel über die Förderung des Silbers aus der Grube“ die Verhüttung von Bleierzen, wobei es aber letztlich um die Gewinnung des darin enthaltenen Silbers geht. Das silberhaltige Bleierz wird in Stücke geeigneter Größe zerkleinert und mit Holzkohle erhitzt; die benötigte Luft wird durch Blasebälge zugeführt. Dabei spielen sich zwei chemische Reaktionen ab, die heute in getrennten Arbeitsgängen ausgeführt werden: Das meist als Bleiglanz (Bleisulfid PbS) vorliegende Erz wird durch den Sauerstoff der Luft in Bleiglätte (Bleimonoxid PbO) übergeführt („Röstarbeit“), und diese wird durch das bei unvollständiger Verbrennung von Kohle entstehende Kohlenmonoxid CO zu metallischem Blei reduziert („Reduktionsarbeit“):



Das geschmolzene Blei, in dem sich auch das Silber befindet, wird abgelassen und erstarrt in einer Mulde zu einem Barren. Bei den beiden Mineralien Spießglanz (Antimonsulfid Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) und Bleiglanz, die ein Indiz für das Vorkommen von Silber sein sollen, steht im arabischen Text *kuhl* und *itmid*. Beide Wörter bezeichnen den Spießglanz, können aber ebenso gut den Bleiglanz bedeuten. Nach unseren heutigen Kenntnissen kommt Silber als Sulfid zusammen mit Blei-, Kupfer-, Antimon- oder Arsensulfid vor. Al-Hamdānī weist auf die Giftigkeit der Dämpfe des Bleis hin und gibt eine einfache Schutzvorrichtung für die am Blasebalg tätigen Arbeiter an.

### Text 9. al-Hamdānī: Trennung von Silber und Blei durch den Treibprozess

Dann macht man sich an die Asche des Zwergpalmen- oder Zypressenholzes, siebt sie durch ein Sieb und weicht sie mit Wasser auf. Man fertigt für sie einen Läuterungssofen an und bringt die Asche dort hinein, ebenso eine Schale, die man vorher mit einer geeigneten steinernen Reibkeule sorgfältig ausgerieben hat, bis sie trocken geworden ist. Dann legt man das Blei mitten in jene Schale und befestigt darüber einen Blasebalg – ähnlich dem Blasebalg des Läuterers – zusammen mit einem Treibherd. Man wirft Holzkohle der Zypresse auf das Blei, zündet es an und wirft immer wieder Holzkohle nach, wobei das Blei verbrennt und zu Bleiglätte wird. Wenn alles Blei verbrannt ist und das Silber inmitten der Bleiglätte übrig bleibt, macht man einen Lappen nass und wirft ihn darauf, womit die Kälte in das Silber eindringt. Dann gießt Wasser darüber. Daraufhin ziehst du die Bleiglätte heraus, so wie sie ist, und nimmst aus ihrer Mitte das Silber heraus.

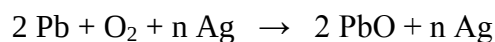
So verhält es sich mit dem reinen Silbererz und mit dem von sehr geringem Bleigehalt. Was das [Erz] betrifft, das viel Blei und wenig Silber oder wenig Silber und wenig, aber schweres Blei enthält, so muss der Barren, der mitten aus der Bleiglätte herauskommt, unbedingt in den Läuterungssofen zurückgebracht werden. ...

Vom Silbererz – das sind die silberhaltigen Steine – gibt es solches, das aus einem Raṭl ½ Raṭl Silber ergibt, und das ist das wertvolle und reichhaltige. Ferner gibt es solches, das ⅓ Raṭl, ¼, 1/5 und 1/6 Raṭl, 1 Uqie usw. bis zum vollgewichtigen Dirham ergibt, und das, welches dazwischen liegt, je nach der guten oder schlechten Qualität.

(al-Hamdānī: Kitāb al-Ğauharatain al-‘atīqatain al-mā’i‘atain aṣ-ṣafrā’ wa-l-baiḍā’, ca. 942. – Ausgabe: Toll, S. 271, 273, 275. – Dtsch.: Toll, S. 270, 272, 274. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Toll)

Kommentar:

Der Text, in dem die Trennung von Silber und Blei beschrieben wird, schließt sich unmittelbar an den vorigen Text an. Das silberhaltige Blei, das zu einem Barren erstarrt war, wird – zusammen mit Bleiresten aus dem Ofen – in einem Tiegel auf dem Treibherd mit Hilfe eines Blasebalges geschmolzen. Dabei wird das Blei zu Bleiglätte oxidiert, während das Silber unangegriffen zurückbleibt:



Verunreinigungen und ein Teil der Bleiglätte werden von der Ascheauskleidung des Tiegels absorbiert. Man bezeichnet diesen Prozess der Entfernung („Abtreiben“) des Bleis vom Silber auch als „Treibarbeit“ oder „Kupellation“. Zu den Gewichtseinheiten: 1 Raṭl (griech. *litron*) entspricht 406 g, 1 Uqie (Unze) 33,85 g, 1 Dirham (griech. *drachme*) 3,125 g. 1 Raṭl = 130 Dirham = 12 Uqien. Der Silbergehalt des Silbererzes variiert also nach al-Hamdānī zwischen 50 und ca. 0,8 % Silber. Reines Silbersulfid

besteht aus 88 % Silber, während es im Bleisulfid in einer Menge bis zu 1 % enthalten sein kann.

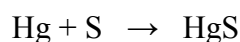
### **Text 10. Compositiones variae: Herstellung von Zinnober**

Herstellung von echtem und feinem Zinnober. Nimm 2 Teile Quecksilber, 1 Teil Schwefel [und 1 Teil reinen Harn]. Nimm einen ganz reinen Kolben, stark genug, um auch ohne Rauch die Hitze [auszuhalten]. Bringe dann den zerkleinerten und mit dem Quecksilber vermischten Schwefel in einen Kolben, aber [mach ihn] nicht voll, sondern lass zwei Fingerbreit leer, falls er größer ist, auch drei. Rühre das Gemisch um und benutze einen kleineren Glasbläserofen [von solcher Größe], dass er einen großen Kolben aufnehmen kann. Lass eine Öffnung frei, durch die der Kolben hineinkommen kann, zerkleinere Schilf und heize dann den Ofen an. Lass auch eine zweite kleine Öffnung frei, durch die der [den Kolben] umgebende Rauch abziehen kann. Das Zeichen für [genügende] Erhitzung ist folgendes: Wenn du siehst, dass der Kolben weniger purpurnen Rauch entwickelt und dass [der Inhalt] die Farbe des Zinnobers zeigt, dann hörst du auf zu erhitzen, denn bei zu starkem Erhitzen zerspringt der Kolben. Wenn der Zinnober fertiggestellt ist, dann lass ihn abkühlen.

(Compositiones variae, spätes 8. Jh. – Ausgabe: Hedfors, Hjalmar: Compositiones ad tingenda musiva (Inaugural-Dissertation). Uppsala 1932, S. 57 – 58. – Dtsch.: Hedfors, S. 193 – 194. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Hedfors)

Kommentar:

Der Text des Rezeptes ist in schlechtem Latein abgefasst und enthält viele Fehler, die vom Herausgeber korrigiert werden mussten. Eine entscheidende Hilfe war dabei die Existenz eines griechischen Parallelrezepts, das älter als das lateinische ist und vielleicht als Vorlage für eine Übersetzung ins Lateinische gedient haben könnte. Der Zusatz von reinem Harn zu dem Gemisch aus Quecksilber und Schwefel, der chemisch keinen Sinn gibt, wurde von dem Herausgeber aus dem griechischen Rezept übernommen. Schwierigkeiten bereitete im lateinischen Text auch der Passus mit „dem Kolben ohne Rauch“. Damit ist wohl gemeint, dass der Kolben auch ein Feuer ohne Rauch, d.h. ein sehr starkes Feuer aushalten soll. Die Reaktionsgleichung für die Umsetzung von Quecksilber mit Schwefel zu Zinnober (Quecksilbersulfid) lautet:



Dieses ist eines der ersten Rezepte, in denen die Herstellung von Zinnober eindeutig beschrieben wird; noch älter ist das erwähnte griechische Rezept.

### **Text 11. Schriften der „Lauteren Brüder“: Eigenschaften des Kupfers**

Das Kupfer ist ein warmes und trockenes Mineral von sehr großer Trockenheit. Es steht dem Silber nahe; sie unterscheiden sich nur durch die Röte und die Trockenheit, d.h. dass das Silber weiß und zart ist und das Kupfer rot, trocken und sehr schmutzig. Seine Röte rührt von der starken Wärme seines

Schwefels her und seine Trockenheit von dessen Schmutz und Grobheit. Wem es gelänge, das [Kupfer] weiß und zart zu machen oder das Silber gelb und trocken, der hätte mit seinem Wunsch Erfolg. Wenn das Kupfer mit den Säuren in Berührung gebracht wird, erzeugt es den Grünspan, und dieser ist ein Gift. Wenn das Kupfer mit Quecksilber bestrichen wird, macht es letzteres spröde und zerbricht es. Wenn man das Kupfer schmilzt und gießt, ihm syrisches Glas zusetzt und es in der Hitze ins Wasser wirft, wird seine Farbe wie die des Goldes. Wenn es mit dem Feuer in Berührung gebracht wird, wird es schwarz, denn das Feuer ist der Richter zwischen den mineralischen Substanzen, der sie in richtiger Weise voneinander scheidet.

(Schriften der „Lauteren Brüder“, ca. 960 – 980. – Ausgabe: Dieterici, Friedrich (Hrsg.): Die Philosophie bei den Arabern im X. Jahrhundert n. Chr. Bd. 13. Die Abhandlungen der Ichwân es-Safâ in Auswahl. Leipzig 1883, S. ١٣٥ - ١٣٦. – Dtsch.: Bd. 5. Die Naturanschauung und Naturphilosophie der Araber im zehnten Jahrhundert. Berlin 1861, S. 127 – 128. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Dieterici)

Kommentar:

Die erste Hälfte dieses relativ kurzen Textes befasst sich mit theoretischen Fragen. Es geht um den materiellen Aufbau des Kupfers aus den beiden Prinzipien „Schwefel“ und „Quecksilber“, wobei die Urqualitäten warm und trocken sowie Farbe und Reinheit eine wichtige Rolle spielen. Wenn man diese Eigenschaften in geeigneter Weise ändern könnte, dann würde der Wunsch nach einer Transmutation von Kupfer in Silber in Erfüllung gehen. Die praktischen chemischen Kenntnisse über das Kupfer, die dem Leser in diesem enzyklopädischen Werk mitgeteilt werden, sind nicht gerade reichhaltig: Mit Säuren – gemeint ist Essig – bildet es Grünspan, mit Quecksilber wird es spröde (Bildung eines Kupferamalgams), mit syrischem Glas geschmolzen nimmt es Goldfarbe an (unbekannter Vorgang), und im Feuer färbt es sich schwarz (Oxidation zu Kupferoxid).

## **Text 12. Isidor von Sevilla: Eigenschaften des Zinns**

Die Etymologie des Zinns ist *apochorizon*, d.h. trennend und scheidend. Es trennt nämlich die miteinander vermischten und verfälschten Metalle durch das Feuer und trennt vom Gold und Silber das Kupfer und das Blei. Es schützt auch andere Metalle vor dem Feuer, und, obwohl die Natur der Bronze und des Eisens sehr hart ist, brennt und verbrennt es, wenn es kein Zinn enthielt. Ein Überzug von Zinn verleiht kupfernen Gefäßen einen angenehmeren Geschmack und verhindert den giftigen Grünspan. Auch Spiegel werden daraus angefertigt. Auch Bleiweiß wird aus ihm wie aus dem Blei hergestellt.

(Isidor von Sevilla: *Etymologiae sive Origines*, ca. 636. – Ausgabe: *De Universo libri viginti duo*. In: B. Rabani Mauri *Opera Omnia*. Hrsg. von J.-P. Migne. Paris 1864. Buch 16, Kap. 23, § 1 – 2; S. 36. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Der Text enthält einige sachliche Fehler und Verwechslungen, die teils auch auf sprachlichen Problemen beruhen. Das Wort, das hier mit „Zinn“ übersetzt wurde, heißt im Originaltext *stagnum*. Aufgrund einer bereits in der Antike geläufigen Ver-

wechslung von Zinn und Blei kann *stagnum* – wie bei Plinius – das sogenannte Werkblei bedeuten, d.h. ein bei der Verhüttung von silberhaltigem Bleiglanz anfallendes Rohblei (siehe Text 3). Es trifft nicht zu, dass man Gold und Silber von unedlen Metallen mit Hilfe von Zinn abtrennen kann, sondern nur Blei beim sogenannten Treibprozess (siehe Text 9). Mit den „verfälschten“ Metallen sind wohl die durch Mischung miteinander verunreinigten Metalle gemeint. Ein zweites sprachliches Problem ist das Wort *aes*, das Erz, Kupfer oder Bronze bedeuten kann. Es wurde hier, je nach dem Sinn, einmal als Kupfer, einmal als Bronze übersetzt. Die Aussage, dass Zinn Metalle wie Bronze (oder Kupfer) und Eisen vor dem Feuer schützt, ist chemisch nicht haltbar, ebenso die Behauptung, dass man auch aus Zinn Bleiweiß (*cerussa*) herstellen könne. Die Etymologie des Zinns stammt von Isidor; die Sätze über das Verzinnen von kupfernen Gefäßen und die Anfertigung von Spiegeln sind wörtlich von Plinius übernommen.

### **Text 13. Bartholomaeus Anglicus: Eigenschaften des Zinns**

Das Zinn ist, wie Isidor sagt, ein Metall, das nach einer griechischen Etymologie bezeichnet ist, denn es trennt und scheidet. Es trennt nämlich die miteinander vermischten und verfälschten Metalle durch das Feuer. Vom Gold und Silber trennt es das Kupfer und das Blei und scheidet sie; es schützt auch andere Metalle vor dem Feuer. Obwohl die Natur der Bronze und des Eisens sehr hart ist, brennt und verbrennt es, wenn es kein Zinn enthielt. Ein Überzug von Zinn verhindert bei kupfernen Gefäßen den giftigen Grünspan und verleiht einen angenehmeren Geschmack. Auch Spiegel werden daraus angefertigt. Auch Bleiweiß wird aus dem Zinn ebenso wie aus dem Blei hergestellt. Bis hier Isidor, Buch 16, Kapitel über die Metalle.

Nach Aristoteles, *Buch der Meteorologie*, ist das Zinn aus gutem Quecksilber und schlechtem Schwefel zusammengesetzt, und diese beiden sind nicht gut miteinander vermischt, sondern gleichsam aus kleinen Teilchen zusammengesetzt. Deshalb ahmt das [Zinn] die Farbe des Silbers nach, aber nicht seine Festigkeit.

Im *Buch der Alchemie* sagt Hermes: Das Zinn zerbricht alle Metalle und Körper, mit denen es vermischt wird, und dies geschieht wegen seiner großen Trockenheit, und es zerstört in ihnen die duktile Natur. Wenn man aber Quecksilber mit ihm vermischt, hebt dies sein Knirschen auf, und es wird weiß, aber danach entschwärzt und zerstört es dieses. Im selben Buch wird auch gesagt, dass das verbrannte Zinn die Farbe der Mennige hervorruft, wie beim Blei, und wenn das Feuer weniger stark ist, überführt es dieses in die ursprüngliche Materie des Zinns.

(Bartholomaeus Anglicus: *Liber de proprietatibus rerum*, ca. 1245. – Ausgabe: Bartholomaei Anglici *De genuinis rerum coelestium, terrestrium et inferarum proprietatibus Libri XVIII*. Frankfurt am Main 1601, S. 763. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Auch in diesem Quellentext geht es, wie im vorigen von Isidor, um die Eigenschaften des Zinns. Bartholomaeus nennt drei Quellen für seine Kenntnisse über dieses Metall. Der erste Textabschnitt stammt, wie leicht zu überprüfen, fast wortgetreu aus

den *Etymologiae* von Isidor. Der Inhalt dieses Textes war bereits kommentiert worden (siehe Text 12). Bei der zweiten Quelle, dem *Buch der Meteorologie* von Aristoteles, handelt es sich um einen Auszug aus dem *Buch der Heilung* von Avicenna, der ins Lateinische übersetzt und oft Aristoteles zugeschrieben wurde. In dem Zitat wird der materielle Aufbau des Zinns aus den beiden Prinzipien „Quecksilber“ und „Schwefel“ entsprechend der Schwefel-Quecksilber-Theorie erwähnt. Das *Buch der Alchemie* von Hermes ist das Werk eines unbekannten Autors, wobei Hermes als der sagenhafte Begründer der Alchemie galt. Das erwähnte Knirschen des Zinns ist zu hören, wenn man z.B. versucht, ein dickeres Zinnblech ganz vorsichtig zu biegen. Diese Eigenschaft verliert das Zinn bei der Amalgambildung mit Quecksilber. Was sonst noch über die Reaktionen des Zinns gesagt wird, ist unklar oder trifft nicht zu.

#### **Text 14. Vinzenz von Beauvais: Gewinnung des Goldes**

Aus dem *Liber de natura rerum*: Gold wird in Bächen und Quellen gefunden und manchmal auch in Bergen, aber selten; das Auswaschen aber macht viel Mühe. Aber wenn man es auch in Begleitung von vielen kleinen Erdteilchen und deren Verunreinigungen vorfindet, so findet man es dennoch rein und nicht in sich mit Erde oder Bitumen vermischt wie das Kupfer oder Silber. Auch wenn man es zwischen Staubteilchen als dünne Blättchen findet, enthält daher die Reinheit des Goldes in sich keineswegs den Schmutz von Verunreinigungen. ...

Das Gold kann sich unter der Gestalt einer bleihaltigen Erde verbergen. Wenn man nämlich dem Gold, weil es verflüssigt werden soll, Quecksilber beimischt und es dann bewegt wird, bis er erstarrt ist, bleibt ein Pulver zurück. Denn das Quecksilber trennt wegen der Durchdringungsfähigkeit seiner substantiellen Feuchtigkeit das Feuchte des Goldes und duldet nicht, dass dieses seinen Zusammenhalt aufrechterhält. So überführen die sarazenischen Künstler ihr Gold von Erde zu Erde. Und wenn sie das Gold rein haben wollen, legen sie es in einen Ofen und verflüssigen es, und das Quecksilber verdampft dabei ohne irgendeinen Verlust. Es verbirgt sich auch unter der Gestalt eines erdigen Pulvers, wenn man nach der Verflüssigung Asche beimischt und es in einem Scherben bewegt, bis es zu einem Pulver geworden ist. Der Scherben, aus dem durch die Hitze des Ofens die ihm eigene Feuchtigkeit entwich, zieht die ganze Feuchtigkeit des Goldes zu sich.

(Vinzenz von Beauvais: *Speculum naturale*. Buch 7, Kap. 7, ca. 1250. – Ausgabe: Vincentii Burgundi ... *Speculum quadruplex, naturale, doctrinale, morale, historiale*. Douai 1524, Sp. 428. – Eigene Übersetzung)

#### **Kommentar:**

Bei dem von Vinzenz als Quelle verwendeten Werk handelt es sich wahrscheinlich um den *Liber de natura rerum* von Thomas von Cantimpré. Es erschien um 1240, aber es gibt mehrere, noch nicht eindeutig datierte Fassungen dieses Werks. Was Aspekte der praktischen Chemie betrifft, so ist das *Speculum naturale* das erste enzyklopädische Werk, das wieder den Rang der *Naturalis historia* von Plinius erreicht. Im ersten Teil wird das Vorkommen des Goldes als Flussgold und als Berggold erwähnt. Ziemlich klar kommt zum Ausdruck, dass das Gold an seinen Fundorten nicht als Mineral, sondern in metallischer Form vorliegt.

Im zweiten Teil wird die Reinigung von Gold durch das Quecksilber-Verfahren beschrieben, wie es von den arabischen Hüttenleuten praktiziert wurde. Bei diesem Verfahren wurde Goldstaub mit Quecksilber verrieben, wobei sich ein Goldamalgam bildete und die meisten Verunreinigungen zurückblieben. Beim Erhitzen wurde das Goldamalgam wieder zerlegt, das Quecksilber wurde abdestilliert, und das gereinigte Gold blieb übrig. Die weiteren Ausführungen über das Gold dürften mit dem Treibprozess zusammenhängen, der im analytischen Maßstab auch Kupellation genannt wird. Bei diesem Verfahren wurde das zu reinigende Gold zusammen mit Blei in einem sogenannten Scherben oder Testscherben (lat. *testula*), einem innen mit Asche ausgekleideten Tontiegel, geschmolzen. Das Blei wurde dabei allmählich zu Bleiglätte oxidiert, nahm die Verunreinigungen auf und wurde von der Ascheauskleidung des Scherbens absorbiert. Wahrscheinlich war sich der Autor über den Sinn dieses Prozesses nicht im Klaren und kannte ihn nur vom Hörensagen, womit sich erklären ließe, warum er den Zusatz von Blei nicht erwähnte.

### **Text 15. Theophilus: Reinigung von Gold durch den Zementationsprozess**

Nimm Gold von beliebiger Art und hämmere es, bis es ein dünner Streifen geworden ist, drei Finger breit und so lang wie möglich. Dann schneide es in Stücke von gleicher Länge und Breite, lege sie gleichmäßig aufeinander und durchbohre sie alle mit einem feinen Eisenschaber. Danach nimm zwei im Feuer geprüfte tönerner [Schmelz]schalen, die so groß sind, dass das Gold in ihnen liegen kann. Zerkleinere einen Ziegelstein oder gebrannten roten Ofenton, wäge von ihm, nachdem du ihn zerkleinert hast, zwei gleiche Teile ab und füge als dritten Teil Salz vom gleichen Gewicht hinzu. Die [Mischung] wird mit etwa Harn besprengt und so vermengt, dass [die Bestandteile] nicht zusammenkleben, sondern gerade feucht sind. Dann gib etwas davon – etwa in der Größe der Gold[bleche] – in eine der Schmelzschalen und erneute Gold, welches von dem Gemenge immer so bedeckt wird, dass sich Gold und Gold nicht berühren. So fülle die Schmelzschale bis zum Rand und bedecke sie mit der anderen Schmelzschale, beschmiere beide ringsum sorgfältig mit Ton, der gut gemischt und durchgeknetet wurde, und stell es ans Feuer, damit es trocknet.

Baue inzwischen einen Ofen aus Steinen und Ton, zwei Fuß hoch und anderthalb Fuß im Durchmesser, unten weit, oben aber verjüngt, wo sich in der Mitte eine Öffnung befinden soll. In diesen [Ofen] ragen drei längliche, harte Steine hinein, welche die Flammen lange Zeit aushalten können. Auf diese setze die Schmelzschalen mit dem Gold und staple noch reichlich weitere Schmelzschalen darüber. Dann lege Feuer und Holzscheite darunter und Sorge dafür, dass es über die Zeitspanne eines Tages und einer Nacht an einem kräftigen Feuer nicht mangelt. Nimm am Morgen das Gold heraus, gieße es erneut, hämmere es und stell es wie vorhin in den Ofen. Nimm es wiederum nach einem Tag und einer Nacht heraus, vermische es mit etwas rotem Kupfer, gieße es wie zuvor und stell es wiederum in den Ofen. Wenn du es zum dritten Mal herausgenommen hast, dann wasche es sorgfältig und trockne es. Wäge es und stelle fest, wie viel verloren gegangen ist, falte es zusammen und bewahre es auf.

(Theophilus: De diversis artibus. Buch III, Kap. 33, ca. 1125. – Ausgabe: Theophilus: De Diversis Artibus. The Various Arts. Hrsg. von C. R. Dodwell. London u.a. 1961, S. 84 – 85. – Engl.: Dodwell, S. 84 – 85. – Engl.: On Divers Arts. The Treatise of Theophilus. Hrsg. von John C. Hawthorne und Cyril S. Smith. Chicago 1963, S. 108 – 109. – Dtsch.: Technik des Kunsthandwerks im zehnten Jahrhundert. Des Theophilus Presbyter Diversarum artium schedula. Hrsg. von Wilhelm Theobald. Berlin 1933, S. 84 – 85. – Dtsch.: Brepohl, Erhard: Theophilus Presbyter und die mittelalterliche Goldschmiedekunst. Leipzig; Köln und Graz 1987, S. 107 – 108. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Brepohl unter Verwendung der anderen Übersetzungen)

Kommentar:

Theophilus beschreibt hier ein wichtiges Verfahren zur Reinigung von Gold, das als Zementationsprozess bezeichnet wird. (Im lateinischen Text steht für „zementieren“ *coquere*, wörtl. kochen.) Bei diesem Verfahren wurde das zu reinigende Gold in Form von Granalien oder dünnen Blättchen in einen Topf oder eine Schmelzschale schichtweise mit einer Mischung aus zerstoßenem Ziegelmehl und Salzen wie Kochsalz, Salpeter oder Sulfaten eingefüllt. Die Schmelzschale wurde verschlossen, abgedichtet und bis zur Rotglut erhitzt, jedoch nicht so stark, dass das Gold dabei schmolz. (Letztere Bedingung geht aus dem Text von Theophilus nur indirekt hervor.) Wie man heute weiß, zerfällt das Kochsalz im abgeschlossenen Raum, indem es mit dem Wasserdampf aus dem Harn unter Bildung von Salzsäuredämpfen reagiert. Das freigesetzte Natrium bildet mit dem Aluminiumsilikat des Ziegelmehls ein Glas. Das im Gold enthaltene Silber und Kupfer diffundieren an die Oberfläche der Goldblättchen und bilden mit der Salzsäure Chloride, die von der Glasur des Ziegelmehl gebunden und verschlackt werden.

### **Text 16. Albertus Magnus: Inhalt des Buches über die Metalle**

Es ist jetzt, der Reihenfolge nach, an der Zeit, eine Untersuchung über die Natur der Metalle anzustellen, nachdem die Natur der Steine untersucht worden ist; denn die Entstehung der Metalle erfolgt häufig in eben diesen Steinen, gleichsam als ob die Substanz der Steine ein besonders geeigneter Ort für die Entstehung der Metalle sei. Für dieses Buch habe ich ebenso wenig wie für die vorhergehenden eine Abhandlung von Aristoteles gesehen, außer einigen Auszügen, nach denen ich in verschiedenen Gegenden der Welt sorgfältig gesucht habe. Ich werde daher in systematischer Ordnung davon berichten, was entweder von den Philosophen überliefert wurde oder was ich durch eigene Beobachtung kennen gelernt habe.

Denn als ich früher einmal unterwegs war, machte ich weite Reisen zu den Fundorten der Metalle, um die Natur der Metalle aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Aus diesem Grund habe ich auch bei der Alchemie Nachforschungen über die Umwandlungen der Metalle angestellt, um daraus etwas über die Natur der [Metalle] und die ihnen eigenen Akzidentien zu erfahren. Das ist die beste und sicherste Methode dieser Nachforschung, weil man dann jedes Ding in Bezug auf die ihm eigene Ursache erkennt und über seine Akzidentien wenig Zweifel bestehen. Dies ist nicht schwierig kennen zu lernen, wie auch die Wissenschaft von den Steinen nicht schwierig zu erforschen ist; denn ihre Ursachen sind offensichtlich, und ihre Körper sind nicht unter-

schiedlich, sondern durch und durch homogen und nicht wie andere Körper, die wegen ihrer Unterschiedlichkeit durch Zerlegung nicht vollständig erforscht und verstanden werden können. Nachdem wir die Steine kennen gelernt haben, schließen wir jetzt die Abhandlung über die Metalle an, da sich, wie wir sagten, als Ort, wo die Metalle entstehen, fast immer der Stein herausstellt.

Ich habe nämlich selber gesehen, wie reines Gold in einem sehr harten Stein gefunden wurde, und ich habe Gold gesehen, das mit der Substanz des Steins vermischt war. Ähnlich habe ich selber Silber gefunden, das mit dem Stein vermischt war, und reines [Silber] in einem anderen Stein, als wäre es eine den Stein durchziehende Ader, aber getrennt von der Substanz des Steins. Ähnliche Beobachtungen habe ich beim Eisen, Kupfer, Zinn und Blei gemacht, aber diese habe ich nicht von der Substanz des Steins unterschieden gefunden. Jedoch habe ich von Fachleuten in solchen Dingen zuverlässig erfahren, dass [auch diese Metalle] häufig von der Substanz des Steins unterschieden gefunden werden, wie man Goldkörner im Sand findet.

(Albertus Magnus: *Mineralia*. Buch III, Trakt. 1, Kap. 1, ca. 1250. – Ausgabe: Albertus Magnus: *De Mineralibus*. In: B. Alberti Magni Opera Omnia. Hrsg. von Auguste und Aemile Borgnet. Bd. 5. Paris 1890, S. 1 – 116, hier S. 59 – 60. – Engl.: Albertus Magnus: *Book of Minerals*. Hrsg. von Dorothy Wyckoff. Oxford 1967, S. 153 – 154. – Dtsch.: Albertus Magnus: *Ausgewählte Texte*. Lateinisch-Deutsch. Hrsg. von Albert Fries. Darmstadt 1981, S. 77, 79. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Wyckoff und Fries)

Kommentar:

Albertus hatte in Buch 1 der *Mineralia* die Steine behandelt, in Buch 2 die Edelsteine. Es folgen in Buch 3, aus dem dieser Textabschnitt entnommen ist, die Metalle allgemein, in Buch 4 die einzelnen Metalle und in Buch 5 die sogenannten „Zwischenstoffe“. Er sagt, dass er trotz eifriger Suche keine Abhandlung von Aristoteles über die Metalle gefunden habe – ebenso wenig wie über die Steine und Edelsteine. In der Tat existiert kein Werk von Aristoteles über diese Themen, und die Auszüge, die Albertus erwähnt, könnten aus dem pseudo-aristotelischen Werk *De lapidibus* stammen.

Er erläutert dann seine Vorgehensweise bei der Erforschung der Metalle und ihrer Eigenschaften. Neben die schriftliche Überlieferung durch die antiken und mittelalterlichen Autoren setzt er gleichberechtigt die eigene Beobachtung. Nur dann, wenn man auch die eigene Beobachtung und die Erfahrungen der Praktiker zu Rate zieht, kommt man nach seiner Ansicht zu sicheren Aussagen über die Ursachen bzw. Entstehungsursachen (*causae*) und die Akzidentien bzw. zufälligen Eigenschaften (*accidentia*) der Metalle. Daher besuchte er nicht nur die Bergwerke, sondern auch die Laboratorien der Alchemisten. Immer wieder kommt in dem Text das Wort *experiri* (versuchen, prüfen, erproben, durch eigene Erfahrung kennen lernen) vor: „was ich durch eigene Beobachtung kennen gelernt habe“: *ea quae expertus sum*; „um ... aus eigener Anschauung kennen zu lernen“: *ut experiri possim*; „ähnliche Beobachtungen habe ich ... gemacht“: *similiter ... expertus sum*; „Fachleute in solchen Dingen“: *experti in talibus*. An einer Stelle sagt er: „ich habe selbst gesehen“: *ipse vidi*.

Im letzten Teil des Textes kommt er auf seine Beobachtungen über das Vorkommen von Gold und Silber zu sprechen. Er sah in den Lagerstätten reines Gold und Gold, „das mit der Substanz des Steins vermischt war“. Wahrscheinlich meinte er damit den Unterschied zwischen metallischem Gold und seinem Erz. Denselben Unterschied stellte er auch beim Silber fest, wobei die erwähnte metallische Silberader „getrennt von der Substanz des Steins“ war. Beim Eisen, Kupfer, Zinn und Blei machte er die Beobachtung, dass diese Metalle in den Lagerstätten nur als Erz vorliegen. Die „Fachleute in solchen Dingen“, d.h. die Prospektoren, welche die Erzvorkommen aufspürten, versicherten ihm zwar, dass auch diese vier Metalle in metallischer Form vorkommen könnten, aber in diesem Fall dürfte Albertus mit seiner Beobachtung im Gegensatz zu den Experten recht behalten haben – vielleicht mit Ausnahme des Kupfers, das in sehr seltenen Fällen auch elementar vorliegt.

### **Text 17. Mappae clavicula: Herstellung von Alkohol**

Wenn man reinen, stärksten Wein mit dem dritten Teil Salz vermischt und in den hierfür geeigneten Gefäßen erhitzt, entsteht ein Wasser, das angezündet eine Flamme gibt, den Stoff aber unverbrannt lässt.

(Mappae clavicula, Phillipps-Manuskript, 12. Jh. –Ausgabe: Phillipps, Sir Thomas: Letter ... Addressed to Albert Way, ..., Communicating a Transcript of a MS. Treatise on the Preparation of Pigments, and on Various Processes of the Decorative Arts Practised during the Middle Ages, Written in the Twelfth Century, and Entitled Mappae Clavicula. Archaeologia (London) 32 (1847), 183 – 244, hier S. 227. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Bei diesem Rezept handelt es sich ursprünglich um ein Kryptogramm, d.h. um einen Text, in dem einige Wörter verschlüsselt sind. Um dies nachzuvollziehen, soll zunächst der lateinische Originaltext wiedergegeben werden:

De commixtione puri et fortissimi xknk cum III. qbsuf tbmkt, cocta in ejus negocii vasis, fit aqua, quae accensa flammans incombustam servat materiam.

Die drei verschlüsselten Wörter kommen dadurch zustande, dass jeweils der folgende Buchstabe im lateinischen Alphabet eingesetzt wurde. Bei der Dechiffrierung muss man daher den vorhergehenden Buchstaben nehmen, und so erhält man:

xknk = vini (Fehler beim n)  
qbsuf = parte  
tbmkt = salis

Bei dem Wort vini hatte der Schreiber des Rezepts vergessen, das n zu verschlüsseln. Der entschlüsselte lateinische Text lautet also:

De commixtione puri et fortissimi vini cum III. parte salis, cocta in ejus negocii vasis, fit aqua, quae accensa flammans incombustam servat materiam.

Es wurde also starker Wein mit dem dritten Teil Salz erhitzt, und dabei entstand ein „Wasser“, das brennbar war. Es war sinnvoll, von möglichst hochprozentigem Wein

auszugehen. Salz wurde vermutlich zugesetzt, weil es als besonders trocken galt und dem Wein Feuchtigkeit entziehen sollte. In der Tat begünstigt ein Salzzusatz die Abtrennung des Alkohols, teils durch eine Siedepunkterhöhung, teils durch eine Herabsetzung der Löslichkeit des Alkohols in Wasser. Zur Geheimhaltung gehört auch, dass weder die Destillation noch die Kühlung des Destillats durch Wasser erwähnt wird, sondern ganz allgemein von „den hierfür geeigneten Gefäßen“ gesprochen wird. Bei dem „Stoff“ handelt es sich, wie aus anderen Rezepten hervorgeht, um einen Leinenlappen. Dass er unverbrannt blieb, deutet darauf hin, dass der überdestillierte Alkohol noch ziemlich viel Wasser enthielt.

### **Text 18. Taddeo Alderotti: Herstellung von Alkohol mit Beschreibung des Destillationsapparats**

Um „Wasser des Lebens“ herzustellen, das mit einem anderen Namen auch „brennendes [Wasser]“ genannt wird, lass dir zwei Gefäße aus Kupfer machen. Das eine soll in der Art eines Kolbens mit Destillierhelm sein, in dem man Rosenwasser destilliert. Es soll jedoch aus einem Stück sein und kein Rohr im Inneren haben, aber einen Schnabel. Oben [auf dem Gefäß] soll sich eine fingerbreite Öffnung befinden, durch die man das zu Destillierende einfüllt. Das andere soll wie ein Kolben ohne Destillierhelm und zylindrisch sein. Es soll ein in sich geschlossenes schlangenförmiges Rohr enthalten, das sich von oben nach unten durchschlängelt. Der Kopf der Schlange soll um drei oder vier Finger aus dem Gefäß herausragen, der Schwanz ebensoviel unten, und [die Schlange] soll mit dem Gefäß fest verlötet sein, damit keine Flüssigkeit ausfließen kann. Dann soll man ein Rohr haben, das einen Arm lang oder länger ist, dessen eines Ende mit dem Rohr des Destillationskolbens verbunden wird, das andere Ende mit dem Schlangenrohr. Das Rohr des Schlangenrohrs soll in ein Glas[gefäß] münden und vollständig verkittet und abgedichtet werden, damit es keine Luft hat, und zwar mit einem Kitt aus Ätzkalk und Eiweiß. Die Form der Gefäße ergibt sich aus dieser Beschreibung.

Nimm nun ausgesuchten Wein, so kostbar du ihn haben kannst, fülle ihn in das [erste] Gefäß und verschließe die Öffnung mit einer gut [passenden] Kapsel, die aus Holz hergestellt ist, umwickle sie mit Leinen und dichte rundherum mit Kitt ab, damit [das Gefäß] keine Luft hat; es soll aber höchstens halbvoll sein. Das zweite Gefäß mit der Schlange soll mit kaltem Wasser gefüllt werden, das oft zu erneuern ist, sobald es sich von dem durch das Rohr laufenden Wasser erwärmt hat, das von dem auf dem Feuer stehenden Gefäß kommt. Destilliere, bis du bei der Hälfte des eingefüllten Weins angelangt bist, der im Destillationskolben übrig geblieben ist. Was destilliert wurde, das unterwirf noch einmal einer Destillation und fange  $\frac{7}{10}$  davon auf, den Rest aber entferne aus dem Gefäß und stell ihn beiseite. Was destilliert wurde, das destilliere wiederum und fange  $\frac{5}{7}$  davon auf. Was am Boden [des Destillationskolbens] zurückbleibt, ist der Rest dieser beiden Destillationen. Er wird „materia“ genannt, wie es der über [die Destillation] verfasste Traktat sagt. Mit jenem [überdestillierten] Wasser sind Proben und Anzeichen verbunden, wenn man eine Kerze dem unteren Ende des [Schlangen]rohres nähert, denn das einmal destillierte [Wasser] brennt unvollkommen, das zweimal destillierte vollkommen, das dreimal destillierte unübertrefflich gegenüber allen anderen. Die Kräfte dieses Wassers sind vielfältig, von denen manche in dem

darüber verfassten Traktat aufgeschrieben sind, wie es [der Leser] ansehen kann. Noch bessere [Kräfte] zeigt es in der Alchemie, denn es löst, fixiert, lässt eindringen, wandelt das Quecksilber um, und mit ihm werden die „Medizinen“ verstärkt.

(Taddeo Alderotti: *Consilia medicinalia*, zweite Hälfte 13. Jh. – Ausgabe: Lippmann, Edmund O. v.: Thaddäus Florentinus (Taddeo Alderotti) über den Weingeist. Archiv für Geschichte der Medizin 7 (1914), 379 – 389, hier S. 386 – 387. – Abgedr. in: Mieli, Aldo: *Pagine di storia della chimica*. Rom 1922, S. 137 – 138. – Dtsch.: Lippmann, Edmund O. v.: Beiträge zur Geschichte des Alkohols. Chemiker-Zeitung 37 (1933), 1313 – 1316, 1346 – 1347, 1358 – 1361, 1419 – 1422, 1428 – 1429, hier S. 1359 – 1360. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Lippmann)

Kommentar:

In diesem Text beschreibt Alderotti zunächst den Aufbau eines Destillationsapparats zur Herstellung von Alkohol. Es handelte sich um zwei miteinander verbundene Gefäße aus Kupfer. Das eine Gefäß war der Destillationskolben (latein. *cucurbita*), der mit einem Destillierhelm (*alembicus*) versehen war; letzterer bestand aus dem Destillierkopf und dem Schnabel (*rostrum*). Das andere Gefäß diente zur Kühlung des Destillats durch Wasser und war von einer kupfernen Kühlschlange (*canale serpentinum*) durchzogen, die oben und unten ein Stück weit aus dem Gefäß herausragte. Ein Rohr verband den Schnabel des Destillierhelms mit dem oberen Teil der Kühlschlange. Zum Auffangen des überdestillierten Alkohols diente ein Glasgefäß als Vorlage, das mit dem unteren Teil des Schlangenrohres verbunden war.

Mit dieser Apparatur wurde Alkohol destilliert, wobei Alderotti auch hier genaue Anweisungen gibt. Man erfährt von ihm unter anderem, wie viel Wein in den Kolben eingefüllt wird, wie viel davon zurückbleiben soll und bei welchen Mengen an Alkohol in der Vorlage man die Destillation abbrechen soll. Auch erinnert er daran, dass das Kühlwasser öfter erneuert werden muss. An einer anderen Stelle in seinen *Consilia medicinalia* sagt er, dass man die Destillation langsam ausführen und den überdestillierten Alkohol in einem Glasgefäß gut verschlossen aufbewahren solle. Dass er den Alkohol als „Lebenswasser“ (*aqua vitae*) bezeichnet, deutet darauf hin, dass zu seiner Zeit der Alkohol nicht mehr als „brennendes Wasser“ (*aqua ardens*) ein Wunderpräparat war, sondern seine medizinische Verwendung im Vordergrund stand. Er wurde als Medikament in sehr kleiner Dosis entweder in reiner Form oder als alkoholischer Auszug von Kräutern oder Drogen angewendet. Die medizinischen Kräfte dieses „Lebenswassers“ deutet Alderotti hier nur sehr kurz an und verweist auf seine Ausführungen hierzu in diesem Traktat. Noch wirksamer sollte der Alkohol in der Alchemie (*alkimia*) sein. Die in diesem Zusammenhang erwähnten „Medizinen“ (*medicine*) sind Elixiere für die Transmutation, also gewissermaßen Heilmittel für die „kranken“, d.h. unvollkommenen Metalle.

### **Text 19. Vitalis de Furno: Herstellung von Salpetersäure**

Außerdem gibt es noch ein anderes Wasser, das alle Körper auflöst und wie folgt entsteht. Nimm ein Pfund Salpeter und ein Pfund Kupfervitriol, verreihe sie miteinander, mische [sie] mit dem erwähnten „brennenden Wasser“, setze sie in einem Harnglas auf ein Asche[bad] und destilliere im Feuer mit gutem Wein. Fange das zuerst übergehende Wasser für sich auf, fülle es, wenn es

ganz abdestilliert ist, wieder wie vorhin in ein Harnglas und destilliere ein zweites Mal. Wenn man jenes zweite Wasser auf ein weißes Wolltuch tropft, macht es dieses safrangelb. Dieses Wasser löst oder verflüssigt jedes Metall und alles Eiserne, Stahl, Silber, Kupfer, Blei, Gold und dergleichen. Es löst ferner Quecksilber, jede beliebigen calcinierten Steine und alle calcinierten Körper.

(Vitalis de Furno: Pro conservanda sanitate, ca. 1300. – Ausgabe: Vitalis de Furno: Pro conservanda sanitate. Hrsg. von Ivo Schoeffer. Mainz 1531, S. 13. – Abgedr. in: Multhaus, Robert P.: The Origins of Chemistry. London 1966, S. 207. – Dtsch.: Lippmann, Edmund O. v.: Das Sammelbuch des Vitalis de Furno und seine Bedeutung für die Geschichte der Chemie. Chemiker-Zeitung 46 (1922), 25 – 29, 50 – 51, 55 – 57, hier S. 26. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Lippmann)

Kommentar:

In diesem Rezept wird die Herstellung von Salpetersäure durch Destillation von Salpeter (Kaliumnitrat) mit Kupfervitriol (Kupfersulfat) beschrieben. Unklar ist, weshalb Alkohol („brennendes Wasser“) und Wein zugesetzt wurden, denn das für die Bildung der Salpetersäure benötigte Wasser hätte auch von dem Kristallwasser des Kupfervitriols  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  geliefert werden können. Das Harnglas ist ein Weithalskolben. Die Salpetersäure hat nicht nur saure, sondern auch oxidierende Eigenschaften. Die Gelbfärbung des Wolltuches beruht auf der Reaktion mit den Proteinen. Von den Metallen wird nur Gold – entgegen der Angabe von Vitalis – durch Salpetersäure nicht gelöst.

## **Text 20. Rezeptsammlung über Farben: Herstellung von Salzsäure**

Nimm gewöhnliches Salz und römischen Vitriol in gleichen Mengen und verleihe sie gut miteinander. Destilliere es dann im Destillationsapparat und bewahre das destillierte Wasser gut verschlossen auf. Wenn du Knochen, Horn oder Elfenbein weich machen willst, dann lege sie für eine Zeitspanne von fünf Stunden in das genannte Wasser, so werden sie weich, so dass du aufprägen kannst, was du willst, und [nachher] werden sie hart wie zuvor.

(Rezeptsammlung über Farben, erste Hälfte 15. Jh. – Manuskript: Universitätsbibliothek Bologna, MS 2861, S. 286. – Abgedr. in: Reti, Ladislao: How Old is Hydrochloric Acid? Chymia 10 (1965), 11 – 23, hier S. 18. – Engl.: Reti, S. 19. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Reti)

Kommentar:

In diesem Rezept aus einem italienischen Manuskript wird unter der Überschrift „Um Knochen weich zu machen“ die Herstellung von Salzsäure durch Trockendestillation von Kochsalz (gewöhnliches Salz) mit Eisensulfat (römischer Vitriol) kurz beschrieben. Die Salzsäure hat keinen eigenen Namen, sondern wird als ein „Wasser“ bezeichnet. Hier dient sie dazu, um Knochen weich zu machen. Das Verfahren beruht darauf, dass Salzsäure das Calciumcarbonat aus den Knochen herauslöst.

## 5 Griechische Alchemie

### Für die Quellentexte benutzte Werke:

Berthelot, Marcellin (Hrsg.): Collection des anciens alchimistes grecs. Unter Mitarbeit von Charles-Émile Ruelle. 3 Bde. Paris 1888. – Nachdr. London 1963 (3 Bde. in einem). – Nachdr. Osnabrück 1967 (kurz: Berthelot; Bd. 1 Kommentar, Bd. 2 griechischer Text, Bd. 3 französische Übersetzung)

Mertens, Michèle (Hrsg.): Les alchimistes grecs. Bd. 4, Tl. 1. Zosime de Panopolis. Mémoires authentiques. Paris 1995 (kurz : Mertens ; griechischer Text und französische Übersetzung)

Die Ausgabe von Berthelot und Ruelle war bisher die maßgebende Edition. Geplant ist eine auf 12 Bände angelegte neue Edition, von der bisher außer dem Teilband über Zosimos erst eine Neuausgabe der Papyri von Leiden und Stockholm (1981) erschienen ist.

Bei den übersetzten Texten handelt es sich um eigene Übersetzungen unter Berücksichtigung der französischen Übersetzungen.

### Text 1. Demokritos: Herstellung einer silberartigen Legierung durch oberflächliche Färbung von Kupfer mit Arsen

Nimm spaltbares Auripigment, spalte es in Blätter, wirf es in ein bauchiges Gefäß und verbrenne es. Wenn es hell aussieht, gib alte Milch darauf, von der Molke geklärt, indem du [das Gefäß] nicht mehr neigst (?). Wenn es fest geworden ist, nimm es heraus und verreib es mit Alaun, der mit dem Urin einer jungen Kuh gewaschen wurde, sieben Tage lang. Und nachdem du es an der Sonne getrocknet hast, verreib wiederum Salzwasser mit ihm, wirf verwittertes Salz derselben Art darauf, halte es sieben Tage, und das Produkt entsteht. Und nimm es, trockne es von neuem an der Sonne; wirf es in ein Gefäß, koche es mit Rettichöl oder Rhizinusöl, bis es gelb wird. Wirf Kupfer darauf, und es wird weiß gefärbt werden. Dasselbe bewirkt auch das Realgar.

(Demokritos, ca. 1. Jh. – Ausgabe: Berthelot, Bd. 2, S. 54. – Französ.: Berthelot, Bd. 3, S. 58)

Kommentar:

Auripigment ist gelbes Arsensulfid  $\text{As}_2\text{S}_3$ . Wenn man es erhitzt, geht es in weißes Arsenik, das heißt Arsenoxid  $\text{As}_2\text{O}_3$  über. Ob das Arsenik bei der weiteren Behandlung chemisch verändert wird, ist unklar, aber auf jeden Fall bildet sich beim Erhitzen dieses Produkts mit Kupfer oberflächlich eine weiße Arsenbronze. Realgar, das heißt rotes Arsensulfid  $\text{As}_4\text{S}_4$ , verhält sich chemisch ähnlich wie Auripigment.

## **Text 2. Demokritos: Herstellung einer Kupfer-Blei-Silber-Gold-Legierung**

Nimm das Klaudianon, mach es glänzend wie Marmor und behandle es wie gewohnt, bis es gelb wird. Färbe nun gelb (ich meine nicht den Stein, sondern den nützlichen Teil des Steins). Du kannst in Alaun, der mit Schwefel oder Auripigment oder Realgar oder Kalk zersetzt wurde, färben oder wie du vorhast. Wenn du es auf Silber wirfst, stellst du Gold her, wenn auf Gold, stellst du „Goldschale“ her. Denn die siegreiche Natur bezwingt die Natur.

(Demokritos, ca. 1. Jh. – Ausgabe: Berthelot, Bd. 2, S. 44. – Französ.: Berthelot, Bd. 3, S. 47)

Kommentar:

Das Klaudianon ist eine Kupfer-Blei-Legierung. Die im folgenden beschriebene Prozedur ist unklar, aber sie weist darauf hin, dass Kupfer und Blei in ihre Sulfide überführt wurden, was als Urmaterie betrachtet wurde. Nur angedeutet ist das weitere Verfahren: der Weg von der Urmaterie über alchemisch hergestelltes Gold bis zur „Goldkoralle“, eine Art Stein der Weisen (siehe Text 3), die hier als „Goldschale“ bezeichnet wird. Der abschließende Satz bezieht sich auf einen für die griechischen Alchemisten wichtigen Leitsatz: „Die Natur freut sich der Natur, die Natur besiegt die Natur, die Natur herrscht über die Natur.“

## **Text 3. Demokritos: Reaktionsfolge mit der „Goldkoralle“ als höchster Stufe**

Er sagt ferner: „[Behandle] Gold durch die „Goldkoralle“, Silber durch das Gold, Kupfer durch das Gold, Blei oder Zinn durch den Molybdochalkos.“

(Demokritos, ca. 1. Jh., zitiert bei Synesios. – Ausgabe: Berthelot, Bd. 2, S. 68. – Französ.: Berthelot, Bd. 3, S. 73)

Kommentar:

Hier werden, wenn auch nicht ganz konsequent und in umgekehrter Reihenfolge, die Stufen der Transmutation genannt: zuerst der Molybdochalkos, wahrscheinlich eine Legierung unedler Metalle, dann das alchemische Silber, das alchemische Gold und schließlich als höchste Stufe die „Goldkoralle“ (griech. *chrysokorallos*), mit der man nahezu jede beliebige Substanz in Gold zu verwandeln hoffte – ein gedanklicher Vorläufer des Steins der Weisen.

## **Text 4. Maria: Konstruktion eines Destillationsapparats mit drei Vorlagen (Tribikos)**

Im Folgenden werde ich dir den Tribikos beschreiben. So nennt man den Apparat aus nicht von Rost verdunkeltem [Kupfer], deren technische Details von Maria überliefert sind. Es verhält sich so: „Mache“, so sagt sie, „aus getriebenem Kupfer drei Rohre – das Blech soll dünn sein, in der Dicke wie ein Sieb, oder ein wenig dicker wie das Kupfer einer Pfanne für Pasteten – von anderthalb Ellen Länge. Mache also drei derartige Rohre. Mache auch einen großen kupfernen Destillierkopf, dessen Größe eine Elle weniger eine Handbreit be-

trägt; die Öffnung des Destillierkopfes soll passend sein. Die drei Rohre sollen die Öffnung haben, die der des Halses einer kleinen Retorte gleich ist, Da das „Daumen-[Rohr]“ [... ?] ist, ist es [erforderlich], dass es zwei „Finger-[Rohre]“ gibt, die den Seiten des Destillierkopfes auf beiden Seiten in der Nähe des Bodens angepasst sind. In diesem Boden sollen sich drei Öffnungen befinden, die den Rohren angepasst sind, und wenn sie angepasst sind, sollen sie besonders gut angelötet werden, da es oben den „Geist“ aufnimmt. Wenn du den Destillierkopf auf den [unteren Teil] eines irdenen Destillierapparats gesetzt hast, der den Schwefel enthält, und die Verbindungsstellen rundherum mit Weizenkleister verschmiert hast, dann setze an den Enden der Ableitungsrohre große, dicke Vorlagen aus Glas an, damit sie nicht durch die Hitze des Wassers, welche dieses in der Mitte mit sich nach oben führt, zerbrechen. Dies hier ist die Zeichnung.“

(Maria, ca. 1. Jh., zitiert bei Zosimos. – Ausgabe: Mertens, S. 14 – 15. Vgl. Berthelot, Bd. 2, S. 236. – Französ.: Mertens, S. 14 – 15. Vgl. Berthelot, Bd. 3, S. 228 – 229)

Kommentar:

Hier wird ein Destillierapparat beschrieben, der vermutlich von Maria erfunden oder aus einfachen Vorstufen entwickelt wurde. Genauer beschrieben wird ein kupferner Destillationskopf mit drei angelöteten Ableitungsrohren. Der untere Teil des Destillierapparats aus Keramik wird nur kurz erwähnt, das dazugehörige senkrechte Rohr überhaupt nicht. Die Destillationsvorlagen bestehen aus Glas. Der Passus „Dies hier ist die Zeichnung“ besagt, dass es schon in der ursprünglichen Abhandlung eine Illustration gegeben haben muss. In einem der Manuskripte, einer Kopie des 10. oder 11. Jahrhunderts, ist ein solcher Tribikos abgebildet. Die Bezeichnung der Einzelteile des Apparats lässt erkennen, dass meist Begriffe aus der Alltagssprache verwendet wurden, die jedoch zum Teil in eine Fachsprache überzugehen beginnen. Der kupferne Destillierkopf (griech. *chalkeion*) heißt eigentlich nur Kupferkessel, das Ableitungsrohr (*solen*) Rohr oder Röhre, der untere Teil des irdenen Destillierapparats (*lopas ostrakine*) irdene Schüssel, die Destillationsvorlage (*bikos*) Gefäß, Krug oder Flasche. Nur der Tribikos (*tribikos*) scheint von vornherein eine Fachbezeichnung für einen Destillationsapparat mit drei Vorlagen (und Ableitungsrohren) gewesen zu sein. Der Satz „Da das Daumenrohr ... angepasst sind“, ist nicht mehr rekonstruierbar, muss sich aber in irgendeiner Weise auf die drei Rohre beziehen.

### Text 5. Maria: Gewichtsangabe bei chemischen Reaktionen

Über dieselben Gewichte der rohen und gekochten [Stoffe]. Nach dem, was die Schriften hierzu empfehlen, muss sicherlich der Schwefel durch Verdampfen entfernt werden. Dies sprach Maria im Rätsel, wenn sie sagte: „Du wirst 5 Teile weniger ein [Viertel] finden, das heißt weniger an verdampftem Schwefel.“ Ebenso sagt sie am Ende ihrer Ausführungen, dass das Kupfer bei seiner Läuterung ein Drittel seines Gewichts abnimmt. Sie sagt, dass diese Änderungen vollendet sind, wenn man weiß oder gelb färbt, denn die schwefeligen [Substanzen] färben, aber sie verflüchtigen sich.

(Maria, ca. 1. Jh., zitiert bei Zosimos. – Ausgabe: Berthelot, Bd. 2, S. 149. – Französ.: Berthelot, Bd. 3, S. 151)

Kommentar:

Dies ist eine Stelle in den Schriften der griechischen Alchemisten, wo von Gewichtsangaben bei chemischen Reaktionen die Rede ist: Es wird der Gewichtsverlust beim Verdampfen von überschüssigem Schwefel und bei der Läuterung von Kupfer angegeben. Das griechische Wort *molybdos*, die übliche Bezeichnung für Blei, deutet Berthelot in diesem Fall als Schwefel, da es sonst chemisch keinen Sinn gibt.

### **Text 6. Maria: Vereinigung von Männlichem und Weiblichem als alchemistisches Prinzip**

Wie Maria irgendwo sagt: „Vereinigt das Männliche und das Weibliche, so wird das Gesuchte gefunden werden. Ohne diese Prozedur der Vereinigung kann nämlich nichts zu einem erfolgreichen Ende gebracht werden. Denn die Natur freut sich der Natur usw.“

(Maria, ca. 1. Jh., zitiert bei Olympiodoros. – Ausgabe: Berthelot, Bd. 2, S. 102. – Französ.: Berthelot, Bd. 3, S. 111)

Kommentar:

In diesem Text wird ein anderer Leitsatz der griechischen Alchemisten genannt: die Vereinigung des Männlichen und Weiblichen oder, allgemeiner gesagt, die Vereinigung der Gegensätze. Kam die Vereinigung nicht zustande, dann hatten auch die Transmutationsversuche keinen Erfolg. Dieses Prinzip wurde als um so wichtiger angesehen, als nach damaliger allgemeiner Anschauung nur diejenigen Stoffe leicht miteinander reagieren, die chemisch miteinander verwandt sind. Der kurze Text endet mit der teilweisen Zitierung eines anderen, bereits erwähnten Leitsatzes (siehe Text 2).

### **Text 7. Maria: „Körper“ und „Nicht-Körper“; Farbstufen Weiß, Gelb und Violett**

Ferner sagt sie: „Wenn nicht die „Körper“ unkörperlich gemacht werden und die „Nicht-Körper“ körperlich, wird nichts von dem Erwarteten eintreten.“ Das heißt, wenn nicht die feuerbeständigen Stoffe mit denen vermischt werden, die vor dem Feuer entweichen, wird nichts von dem Erwarteten eintreten.

Was sind nun aber die „Körper“ und die „Nicht-Körper“ unserer Kunst? „Nicht-Körper“ sind Pyrit und ähnliches, Magnesia und ähnliches, Quecksilber und ähnliches, Chrysokoll und ähnliches – das sind alles „Nicht-Körper“. Die „Körper“ sind Kupfer, Eisen, Zinn und Blei; sie entweichen vor dem Feuer nicht – dies sind „Körper“. Wenn die einen mit den anderen vermischt werden, werden die „Körper“ zu „Nicht-Körpern“ und die „Nicht-Körper“ zu „Körpern“. Vermische auf diese Weise das Quecksilber, das die Vorschriften nennen, und du wirst alles Erwartete erreichen, wovon Maria sagte: „wenn die zwei nicht eins werden“, das heißt, wenn die flüchtigen Stoffe nicht mit den nichtflüchtigen vermischt werden, wird nichts von dem Erwarteten ein-

treten. Wenn nicht weiß gefärbt wird und die zwei drei werden zusammen mit dem weißen Schwefel, der es weiß färbt, [wird nichts von dem Erwarteten eintreten.] Wenn es aber gelb gefärbt wird, werden die drei vier, denn man färbt mit gelbem Schwefel gelb. Wenn es schließlich violett gefärbt wird, wird alles eins.

(Maria, ca. 1. Jh., zitiert und kommentiert von Zosimos. – Ausgabe: Berthelot, Bd. 2, S. 196 – 197. – Französ.: Berthelot, Bd. 3, S. 192)

Kommentar:

Maria klassifiziert die für die Alchemie relevanten Stoffe in „Körper“ (griech. *somata*) und „Nicht-Körper“ (*asomata*). „Körper“ sind die Metalle, „Nicht-Körper“ die nichtmetallischen Stoffe. Zosimos, der diese Aussage kommentiert, gibt eine etwas andere Deutung. „Körper“ sind für ihn Stoffe, die dem Feuer standhalten, „Nicht-Körper“ Stoffe, die vor dem Feuer entweichen, also flüchtig sind. Als „Körper“ führt er Kupfer, Eisen, Zinn und Blei an, als Beispiele für „Nicht-Körper“ nennt er Pyrit (Metallsulfide, insbesondere Eisen- und Kupfersulfid), Magnesia (Eisenmineralien), Quecksilber und Chrysokoll (Malachit, das heißt basisches Kupfercarbonat).

Maria formuliert hier einen weiteren Leitsatz: Wenn man die „Körper“ nicht unkörperlich macht und die „Nicht-Körper“ körperlich, gibt es keine erfolgreiche Transmutation. Zosimos interpretiert diesen Leitsatz so, dass man die nichtflüchtigen Stoffe mit den flüchtigen vermischen müsse, um Erfolg zu haben. Er stellt sich vor, dass dabei die Stoffe ihre Eigenschaften wechselseitig aufeinander übertragen, so dass aus nichtflüchtigen Stoffen flüchtige werden und umgekehrt. In den letzten Sätzen des Textes werden drei Stufen des Transmutationsprozesses genannt: die Weiß-, Gelb- und Violettfärbung. Während bei der Weiß- und Gelbfärbung jeweils ein Stoff – der weiße und der gelbe Schwefel – hinzutritt, ergibt sich bei der Violettfärbung durch Verschmelzen dieser Stoffe eine Einheit.

### **Text 8. Kleopatra: Kreislauf des „Oben“ und „Unten“; Wiederbelebung der „toten“ Stoffe**

Ostanes und seine Begleiter antworteten und sagten zu Kleopatra: „In dir ist das ganze unheimliche und unglaubliche Mysterium verborgen. Kläre uns auch über die Elemente auf! Sage uns, wie das Oberste zum Untersten herabsteigt und wie das Untere zum Obersten aufsteigt; wie das Mittlere zum Obersten gelangt und sich das Mittlere mit ihm vereinigt, und was das ihnen zugrunde liegende Element ist; wie die gesegneten Wasser nach unten steigen, um die Toten zu besuchen, die herumliegen, gefesselt und unterdrückt in der Finsternis und Dunkelheit im Hades; wie die Medizin des Lebens zu ihnen gelangt und sie erweckt, als ob sie von den Besitzern aus dem Schlaf aufgeweckt würden; wie die neuen Wasser eindringen, die zu Beginn und während des Totenlagers hervorgebracht werden und zusammen mit dem Licht kommen, und wie eine „Wolke“ sie aufsteigen lässt und wie diese „Wolke“, welche die Wasser emporhebt, aus dem Meer aufsteigt – die Wasser, über deren Anblick, wenn sie sichtbar werden, sich die Philosophen freuen.“

Kleopatra sagte zu ihnen: „Die eindringenden Wasser erwecken die Körper und die eingeschlossenen und schwachen Geister. Freilich erleiden sie“, so sagte sie, „wiederum eine Unterdrückung und werden wieder im Hades eingeschlossen, aber nach und nach entwickeln sie sich und steigen auf und nehmen bunte Farben an und herrliche wie die Blumen im Frühling; und der Frühling selbst ist froh und freut sich über die Schönheit, mit der sie bekleidet sind.

Euch sage ich es, die ihr verständig seid: Die Pflanzen, die Elemente und die Steine scheinen, wenn ihr sie an ihren Fundorten aufhebt, ganz ausgereift zu sein oder aber nicht ausgereift, da ja das Feuer alles einer Probe unterzieht. Wenn sie aber bekleidet werden mit dem Glanz, der vom Feuer herkommt, und der weithin sichtbaren Farbe, dann ist aufgrund ihrer verborgenen Herrlichkeit Großartiges zu sehen: die angestrebte Schönheit und die irdische Natur, die in die göttliche Natur umgewandelt ist; denn im Feuer findet ihre Ernährung statt, wie der Embryo, der vom Mutterleib ernährt wird, in kurzer Zeit wächst. Wenn aber der festgesetzte Monat naht, hindert ihn nichts daran, herauszukommen. So beginnt auch diese bewundernswerte Kunst. Wogen und Fluten zerstören nach und nach die Stoffe im Hades und im Grab, in dem sie liegen. Wenn aber das Grab geöffnet ist, steigen sie herauf aus dem Hades wie der Säugling aus dem Mutterleib.“

(Kleopatra, ca. 1. Jh. zitiert bei Komarios. – Ausgabe: Berthelot, Bd. 2, S. 292 – 293. – Französ.: Berthelot, Bd. 3, S. 281 – 282)

Kommentar:

Kleopatra ist eine Alchemistin, die wahrscheinlich im 1. Jahrhundert lebte, Ostanos vielleicht eine erfundene Person; er soll der Lehrer von Demokritos gewesen sein. Kleopatra schildert in poetischen Worten, die ihre persönliche Ergriffenheit zeigen, die Auferstehung der „toten“ Metalle aus dem Hades und ihre Verherrlichung. Im letzten Abschnitt des Textes vergleicht sie den Reifungsvorgang der Metalle im Kolben mit dem Wachsen des Embryos im Mutterleib. Die Wörter „Oberstes“, „Unterstes“, „Aufsteigen“ und „Herabsteigen“ beschreiben die Vorgänge im Kolben oder Reaktionsgefäß. Es sind dieselben Begriffe, die in der Gnosis zur Beschreibung psychischer Vorgänge dienten und wahrscheinlich von der Alchemie entlehnt wurden. Die „toten Körper“ sind die oxidierten Metalle, die durch Reduktion zu neuem Leben erweckt wurden, oder nach alchemischer Auffassung die Urmaterie, die in den Zustand der vollkommenen Metalle übergeführt wird. Das Mittel, das diese Umwandlung bewirken sollte, wird „Medizin des Lebens“ (griech. *pharmakon tes zoes*) genannt und im folgenden als „die Wasser“ umschrieben. Die „Wolke“, welche dabei aufsteigt, ist sublimierende Substanz. Die Passage mit dem toten und wiederbelebten Stoffen erinnert an den Mythos vom getöteten und zu neuem Leben erweckten Osiris, der in der griechischen Alchemie auf die Überführung der unedlen Metalle in die Urmaterie und deren Umwandlung in die edlen Metalle übertragen wurde. Hinzuweisen ist noch auf die Bedeutung des Feuers, das einmal zur Probe diente, ob ein unedles oder ein edles Metall vorlag, zum anderen als gelindes Feuer die allmähliche Reifung der Metalle verursachte.

### **Text 9. Agathodaimon: Reaktionsfolge Schwarzfärbung, Weißfärbung und Gelbfärbung**

Nach der Reinigung des Kupfers, seiner Schwarzfärbung und seiner endgültigen Weißfärbung findet dann die dauerhafte Gelbfärbung statt.

(Agathodaimon, ca. 1. - 2. Jh. – Ausgabe: Berthelot, Bd. 2, S. 115. – Französ.: Berthelot, Bd. 3, S. 124)

Kommentar:

In diesem Text sind die Färbungen der wichtigsten Stufen des Transmutationsprozesses aufgezählt. Die Schwarzfärbung entspricht der Urmaterie, die Weißfärbung dem alchemischen Silber, die Gelbfärbung dem alchemischen Gold. Die anschließende Stufe der Violettfärbung, die zur „Goldkoralle“ führt (siehe Text 7) fehlt hier.

### **Text 10. Zosimos: Vorrichtung zur Kühlung des Destillats oder Sublimats; Herstellung von künstlichem Zinnober aus Quecksilber und Schwefel**

Eine Destillationsvorlage aus Glas, ein Ableitungsrohr aus gebranntem Ton, eine Elle lang, ein Destillationskolben oder ein Gefäß mit enger Öffnung, dessen Hals der Dicke der Öffnung der Vorlage entspricht. ...Dies ist die Skizze. Man benötigt für das Ganze eine Schüssel mit Wasser, und man muss es ringsherum mit einem Schwamm abwischen. Das Gefäß ist für die Dämpfe und für das Quecksilber dasselbe. Es ist möglich, im Phanos oder in ähnlichen Apparaten, die innen eine schlangenförmige Vorrichtung haben, das Quecksilber zu fixieren und durch die Dämpfe des Schwefels gelb zu färben, wie es die alten Schriften überliefern, wobei der Phanos kein Blei enthalten darf. Du wirst dich aufgrund dieser Schrift darüber wundern, dass es darin offensichtlich zwei Geheimnisse gibt, die verschwiegen werden und dass wir nicht suchen, wie der Dampf des Schwefels, der weiß ist und alles weiß färbt, das Quecksilber gelb erscheinen lässt; tatsächlich geschieht dies auch, ohne dass [das Quecksilber] dabei verbrannt wird. Und darüber hinaus, wie kommt es, dass das Quecksilber, das aktuell und potentiell weiß ist, von etwas Weißem verbrannt und fixiert wird, wobei es gelb wird? Es war also notwendig, dass die Modernen vor allem danach suchten. Das andere Geheimnis ist, glaube ich, dass nicht allein [das Quecksilber] fixiert wird, sondern zusammen mit der ganzen „Zusammensetzung“.

(Zosimos, um 300. – Ausgabe: Mertens, S. 11 – 12. Vgl. Berthelot, Bd. 2, S. 234. – Französ.: Mertens, S. 11 – 12. Vgl. Berthelot, Bd. 3, S. 227)

Kommentar:

Im ersten Abschnitt dieses Textes geht es wahrscheinlich um eine Vorrichtung zum Kühlen eines Destillats oder Sublimats. In den noch existierenden Manuskripten gibt es zwar dort, wo angezeigt wird: „Dies ist die Skizze“, keine entsprechende Zeichnung, welche diese Vermutung bestätigt, wohl aber an anderer Stelle. Demnach hat man sich eine Schüssel mit Wasser vorzustellen, welche den Destillierkopf ringsherum umgab. Zusätzlich wurde wohl noch ein feuchter Schwamm verwendet, um Teile des Apparats zu kühlen. Der Phanos mag ein solcher spezieller Apparat mit

Kühlvorrichtung gewesen sein. Die anderen Teile des Apparats waren in einem früheren Text genannt worden: Destillationsvorlage (*bikos*), Ableitungsrohr (*solen*), Destillationskolben (*lopas*) (siehe Text 4).

Der zweite Abschnitt handelt von der Umsetzung von Quecksilber mit Schwefel zu Zinnober (Quecksilbersulfid). Zosimos wundert sich darüber, dass aus dem weißen Quecksilber beim Erhitzen mit Schwefel, dessen Dampf weiß ist, gelb-roter Zinnober entsteht. Die Vereinigung der beiden Komponenten wird „Zusammensetzung“ (*synthesis*) genannt. Interessant ist, dass bereits bei Zosimos in Bezug auf die alchemischen Autoren von „Alten“ und „Modernen“ – den Zeitgenossen von Zosimos – die Rede ist.

### **Text 11. Zosimos: Rolle der Erfahrung**

Ich sage, dass die Erfahrung uns eindeutig lehrt, ob etwas richtig ist, dass es ein vollkommenes Werk gibt und dass sie das beständige Xerion vollendet.

(Zosimos, um 300. – Ausgabe: Berthelot, Bd. 2, S. 251. – Französ.: Berthelot, Bd. 3, S. 241)

Kommentar:

Die griechischen Alchemisten unternahmen zum ersten Mal den Versuch, insbesondere beim Transmutationsprozess Theorie und Praxis miteinander in Einklang zu bringen. Zosimos spricht hier von der Erfahrung (*peira*), womit letzten Endes etwas wie die experimentelle Erfahrung gemeint ist. Die Erfahrung soll zeigen, ob es tatsächlich einen Transmutationsprozess gibt, der zum Erfolg führt. Das Xerion (wörtlich Streupulver) ist dem Sinn nach dasselbe wie der Stein der Weisen.

### **Text 12. Zosimos: In „Geister“ umgewandelte „Körper“ als Färbemittel**

Daher sagt der alt-ehrwürdige Zosimos: „Dies ist das Geheimnis der „Goldfärbung“: Diejenigen Stoffe, die „Körper“ sind, werden zu einem „Geist“, damit sie bei den Färbungen als „Geister“ färben können und keinen Stillstand der Operation herbeiführen. Denn wenn sie im festen Zustand sind, können sie nicht färben, wenn sie nicht zunächst fein zerteilt und in einen „Geist“ übergeführt werden. Zunächst zerteilt sie das „Schwefelwasser“ fein, und dann macht sie der Chrysolith zu „Geistern“. Wir wollen also feststellen, dass es zwei Färbungen gibt entsprechend den spezifischen Eigenschaften der beiden „Körper“, während die anderen „Körper“ sozusagen eine Vermittlerrolle spielen, indem sie die Färbung aufnehmen und weitergeben. Diejenigen „Körper“, nehmen die Färbung auf, welche die Stoffe auflösen und zu den „Geistern“ machen, und diejenigen geben sie weiter, welche mit Hilfe des Schmelzofens geschmolzen werden.

Schließlich muss festgestellt werden, dass ebenso wie oberflächlich behandeltes Gold oder Silber oder Eisen oder Kupfer keine Macht hat, wenn keine Beize angewandt wurde, so auch in diesem Fall nicht nur Gold oder Silber keine Macht hat, wenn nicht gebeizt wurde, sondern auch das Xerion, das zu befeuchten imstande ist, wird in der Beize gebeizt, damit die Färbung, welche

die Beize in die Tiefe eindringen und hineinkommen lässt, dort in der Tiefe des „Körpers“ beizend wirkt und wirksam wird, während das Xerion aufgelöst wird. Deshalb freut sich die Natur usw.“

(Zosimos, um 300, zitiert bei Pelagios. – Ausgabe: Berthelot, Bd. 2, S. 258 – 259. – Französ.: Berthelot, Bd. 3, S. 248 – 249)

Kommentar:

Die „Körper“ sind die Metalle oder allgemein die nichtflüchtigen Stoffe, die „Geister“ die flüchtigen Stoffe. Zosimos postuliert, dass die „Körper“ in „Geister“ umgewandelt werden müssen, damit eine „Färbung“, d.h. eine Transmutation durchführbar ist. Er stellt es sich so vor, dass die „Körper“ zunächst durch das „Schwefelwasser“ (eine Lösung von Calciumpolysulfiden) fein zerteilt werden und dann durch den Chrysolith (einen nicht identifizierten Stoff) in „Geister“ übergeführt werden. Er unterscheidet zwei „Färbungen“ entsprechend den beiden „Körpern“ Gold und Silber. Der zweite Teil des Textes lässt erkennen, dass Anschauungen und Begriffe aus der Färberei auf die Alchemie übertragen wurden. Bei der im Altertum praktizierten Wollfärberei wurde die Wolle zunächst mit geeigneten Stoffen gebeizt, damit der Farbstoff beim Färben auf der Wolle haftete. Der Farbstoff, der in der Farbbrühe auf das Gewebe übertragen und selbst dabei kaum verbraucht wurde, wurde „Streupulver“ (*xerion*) genannt. Einen ähnlichen Prozess stellte man sich bei der „Färbung“ der unedlen Metalle mit Hilfe des Xerion vor. Der Text endet mit dem schon mehrfach zitierten Leitsatz.

### **Text 13. Zosimos: Beschreibung des Steins der Weisen in Antithesen**

Behalte das nicht mitteilbare Geheimnis, in das keiner der Propheten jemand mit Worten einzuweihen wagte, sondern in das sie nur mit ihren Gesten einweihten. Denn dieses Hauptstück nannten sie in ihren verschlüsselten Schriften den Stein, der kein Stein ist, den unbekannten und allen bekannten, den ehrlosen und hochgeehrten, den nicht geschenkten und von Gott geschenkten. Ich selbst preise ihn, denn er ist bei unserem Werk das einzige, das stärker als das Materielle ist. Denn dies ist die Medizin, welche die Macht hat, das mithräische Geheimnis.

(Zosimos, um 300. – Ausgabe: Mertens, S. 49. Vgl. Berthelot, Bd. 2, S. 113 – 114. – Französ.: Mertens, S. 48 – 49. Vgl. Berthelot, Bd. 3, S. 122)

Kommentar:

Man unterscheidet in den alchemischen Schriften zwei unterschiedliche Traditionen: Schriften, in denen die Inhalte der Alchemie nur in verschlüsselter Form mitgeteilt werden, und solche, in denen alles direkt und offen gesagt wird. Die hier erwähnten Schriften gehören zur ersten Kategorie, und zwar werden hier nicht technische Details verschlüsselt, sondern es geht um Aussagen über das innerste Wesen der Alchemie, für welche das Symbol die adäquate Darstellungsform ist. Der Stein der Weisen wird in Antithesen beschrieben, die seine Eigenschaften und sein Wesen umkreisen, ohne es exakt benennen zu können. Der Stein ist für Zosimos auch ein Zeichen dafür, dass der Geist über die Materie siegt. Im letzten Satz des Textes wird er als die Medizin (*pharmakon*) bezeichnet und als das „mithräische Geheimnis“,

also als irgendein nicht näher charakterisiertes Geheimnis, das mit dem persischen Gott Mithras zusammenhängt.

#### **Text 14. Zosimos: Visionäres Erlebnis des alchemischen Prozesses**

Ruhe von Wässern, Bewegung, Zunehmen, Entkörperlichung, Verkörperung, Trennung von Geist und Körper, Verbindung von Geist und Körper – sie sind nicht auf fremde von außen zugeführte Naturen zurückzuführen, sondern durch sich selbst und nur in sich selbst besitzt die Natur, die von einheitlicher Form ist, die feste Schale der Metalle und die feuchten Säfte der Pflanzen. ...

Während ich dies sagte, schlief ich ein, und ich sah einen Opferpriester vor mir auf einem schalenförmigen Altar. Dieser Altar hatte fünfzehn Stufen des Aufstiegs; dort stand der Priester. Und ich hörte von oben eine Stimme, die zu mir sagte: „Ich habe den Abstieg über diese fünfzehn Finsternis ausstrahlenden Stufen vollendet und den Aufstieg über die lichtstrahlenden Stufen. Und es ist auch der Opferpriester da, der mich erneuern wird, indem er das Massive des Körpers beseitigt, und ich werde notwendigerweise als Geist vollendet.“ Nachdem ich die Stimme dessen gehört hatte, der auf dem schalenförmigen Altar stand, fragte ich ihn, um zu erfahren, wer er sei. Er antwortete mir mit schwacher Stimme und sagt: „Ich bin Ion, Priester des Allerheiligsten, und ich erleide unerträgliche Gewalt. Denn es kam jemand am frühen Morgen, eilends, und überwältigte mich, indem er mich mit dem Opfermesser zerteilte, entsprechend der Anordnung der Harmonie auseinander nahm und meinen ganzen Kopf enthäutete, mit dem Schwert, das ihm zur Verfügung stand. Er vermischte die Knochen mit den Fleischteilen und verbrannte sie mit dem Feuer, das in seiner Hand war, bis ich verstand, dass ich durch Umwandlung des Körpers Geist geworden war. Dies ist die unerträgliche Gewalt, die mir angetan wird.“

Während er mir dies noch berichtete und ich ihn zum Reden zwang, wurden seine Augen wie Blut, und er spie sein ganzes Fleisch aus. Und ich sah ihn, umgewandelt in ein verstümmeltes Männlein, wie er sich selbst mit seinen eigenen Zähnen verzehrte und in sich zusammenfiel. Voller Furcht erwachte ich und überlegte: „Ist es nicht das, was die Ruhe von Wässern bedeutet?“ Und ich glaubte, überzeugt zu sein, dass ich ihn richtig verstanden hatte.

(Zosimos, um 300. – Ausgabe: Mertens, S. 34 – 36. Vgl. Berthelot, Bd. 2, S. 107 – 109. – Französ.: Mertens, S. 34 – 36. Vgl. Berthelot, Bd. 3, S. 117 – 118. – Dtsch.: Fierz-David, Hans Eduard: Die Entwicklungsgeschichte der Alchemie. 2. Aufl. Basel 1952, S. 49 – 50; Text übersetzt von M.-L. von Franz; auf S. 49 – 56 teilweise Übersetzung und Kommentierung der Visionen von Zosimos)

#### **Kommentar:**

In diesem Text beschreibt Zosimos die erste einer Folge von alchemischen Visionen. Er ruft sich stichwortartig einige Prinzipien des alchemischen Prozesses ins Gedächtnis und fällt dann in einen Schlaf, wobei er ein visionsartiges Erlebnis hat. Er sieht einen Opferpriester, der selbst geopfert wird, damit er von einem Körper in einen Geist übergeht. Zosimos erwacht und glaubt, den Sinn des Traumes – hier die „Ruhe von Wässern“ – verstanden zu haben. Auch in den folgenden Visionen geht es

um Opferszenen, die von einem ehernen Mann (Eisen) über einen roten Barbier (Kupfer) und einen weißglänzenden Alten (Silber) zu einem Mysten im Sonnenkleid (Gold) führen. Hier wird also der Transmutationsprozess bis hin zur Stufe des Goldes dargestellt. Der schalenartige Altar ist das hermetische Gefäß, in dem sich die Wandlung vollzieht, und die Opferszenen, die mit Leiden verbunden sind und schließlich zur Erlösung führen, symbolisieren die einzelnen Stufen des alchemischen Prozesses. Dieser Prozess wird als ein Mysterium der Wiedergeburt erlebt, und ganz allgemein zeigen die Visionen des Zosimos, dass die alchemische Transmutation nicht nur ein chemischer Prozess, sondern zugleich auch ein psychischer Vorgang war.

### **Text 15. Olympiodoros: Rolle der Erfahrung; Alchemie als „geheime Kunst“; Vereinigung der Gegensätze**

Siehe, im allgemeinen bereiten sie das schwarze Blei; denn, wie ich gesagt habt, ist das gewöhnliche Blei von Natur aus schwarz, unseres dagegen wird durch die Herstellung schwarz, was es vorher nicht war. Die Erfahrung wird uns als Meisterin dienen, und ich werde mich von neuem bemühen, die Frage durch zuverlässige Beweise zu klären, indem ich auf unser erstes Thema zurückzukommen suche. Das Asem wird nicht von selbst Gold, wie man sagt, und es wird auch nicht dieses werden, sondern es ist unser Werk. Es ist nicht gerecht, die Alten herabzusetzen, denn „Der Buchstabe tötet, aber der Geist macht lebendig.“ Dieses Wort entspricht allem von den Alten Gesagten, die sich damit beschäftigten, das von unserem Herrn an diejenigen gerichtet war, die ohne nachzudenken fragten. Derjenige, der die verborgene Kunst der Alchemie kennt, sagt ihnen: „Wie muss ich jetzt die Transmutation verstehen? Wie werden Wasser und Feuer, Feinde und einander entgegengesetzt, von Natur aus gegensätzlich, im selben [„Körper“] vereint sein in Eintracht und Freundschaft? Oh, unvorstellbare Mischung! Woher kommt diese unerwartete Freundschaft zwischen Feinden?“

(Olympiodoros, 5. Jh. – Ausgabe: Berthelot, Bd. 2, S. 94. – Französ.: Berthelot, Bd. 3, S. 102)

Kommentar:

Olympiodoros, ein Kommentator aus der Spätzeit der griechischen Alchemie, spricht hier, ähnlich wie Zosimos (siehe Text 11), von der Erfahrung (*peira*). In diesem Fall geht es nicht um den Transmutationsprozess allgemein, sondern um eine Detailfrage, zu der Olympiodoros sagt, dass die Erfahrung als Lehrmeisterin dienen werde. Mit Schwarzblei ist, wie auch sonst in der antiken Literatur, das Blei gemeint; das – nicht erwähnte – Weißblei ist Zinn. Asem ist meist eine silberglänzende Legierung, hier wohl alchemisches Silber. Die „Alten“ sind die älteren alchemischen Autoren. Die Formulierung „unser Herr“ zeigt, dass Olympiodoros Christ war. Der zitierte Satz vom Buchstaben der tötet, und dem Geist, der lebendig macht, steht in einem Brief des Paulus an die Korinther (2. Kor. 3,6). Olympiodoros bezeichnet die Alchemie in diesem Text als „verborgene Kunst der Alchemie“ (*kekrymmene techne tes chymeias*). Im letzten Teil des Textes äußert ein fiktiver Gesprächspartner Gedanken zur Vereinigung der Gegensätze, die als schwierig angesehen wurde (siehe Text 6).

### Text 16. Stephanos von Alexandria: Alchemie als spiritueller Prozess

„Nichts bleibt zurück, nichts wird übriggelassen, außer dem Dampf und dem Aufsteigen des Wassers“. Blicke auf den Ältesten. Siehst du nicht, was der Weise ausgesagt hat? Er spricht so vollständig wie möglich in Rätseln. Er sagt aus, wie ein Lehrer alles darlegt, indem er sagt: „Nichts bleibt zurück, nichts wird übriggelassen außer dem Dampf und dem Aufsteigen des Wassers.“ Er hat hierin die Darstellung des Ganzen gezeigt, indem er alles in wenigen Worten wiedergab, damit ihr nicht die sich bewegenden Dinge mit viel Materie überhäuft, damit ihr nicht an den Safran von Cilicien, die Pflanze Anagallis und den Pontischen Rhabarber denkt oder an andere Säfte, Galle von Vierfüßlern oder anderen Tieren, an Steine oder schädliche Mineralien, Dinge, die der vervollkommnenden, einzigartigen und einen Natur nicht ähnlich sind, damit umherirrende Menschen nicht von der Wahrheit weggeführt werden, damit sie nicht bei einem natürlich Seienden nach einer nichtseienden Tendenz suchen.

Was sonst noch? Der bedeutendste Mann und Anwalt aller Tugend führt sie herum und lenkt ihren Blick auf die Wahrheit, damit du nicht, wie ich sagte, die materiellen Öfen und Apparate aus Glas, die Destillationsapparate, verschiedene Flaschen, Kerotakisapparate und Sublimationsapparate [beachtest]. Und jene, die sich mit solchen Dingen umsonst beschäftigen, denen ist die Last der Ermüdung gewiss. Aber siehe, wie das All mit dieser Redewendung in Erfüllung geht: „Nichts bleibt zurück, nichts wird übriggelassen außer dem Dampf und dem Aufsteigen des Wassers.“

Welche Art von Dampf? Sage es! Was ist der Dampf, und was ist das Werk, das dadurch zur Vollkommenheit gebracht wird? Zeige uns ganz klar den Weg, auf dem wir die Macht des Wortes erkennen können. Und hierzu sagt der Philosoph: „Der Dampf ist das Werk der Zusammensetzung des Ganzen“, das, was hell durch das göttliche Wasser hindurchscheint, das, was die Zerreißung natürlich macht, das, was im Verlauf des Prozesses auftritt und geistig verstanden werden soll.

(Stephanos von Alexandria, erste Hälfte 7. Jh. – Ausgabe: Taylor, F. Sherwood: *The Alchemical Works of Stephanos of Alexandria*. Ambix 1 (1937), 116 – 139; 2 (1938), 39 – 49, hier S. 130. – Engl.: Taylor, S. 131)

#### Kommentar:

Der Text ist ein Ausschnitt aus einer Vorlesung „Über die Goldherstellung“, was man auch am rhetorischen Stil erkennt. Stephanos spricht es hier unmissverständlich aus, dass die in den alchemischen Schriften erwähnten Stoffe, Geräte und Verfahren keine reale Bedeutung haben, sondern dass man den alchemischen Prozess als einen geistigen Vorgang verstehen müsse. Bei ihm gibt es also nicht mehr, wie sonst in der Alchemie, eine Verflechtung von materiellen und spirituellen Aspekten. Es ist auch aufgrund der erhaltenen Schriften anzunehmen, dass Stephanos keinerlei Erfahrung mit der alchemischen Praxis hatte. Zu den Details: Mit „dem Ältesten“, „dem bedeutendsten Mann und Anwalt aller Tugend“ und „dem Philosophen“ ist Demokritos gemeint. Safran von Cilicien, die Pflanze Anagallis und Pontischer Rhabarber enthalten ebenso wie die Galle einen gelben Farbstoff. Das „göttliche Wasser“ (*theion hy-*

*dor*) kann auch „Schwefelwasser“ bedeuten; hier ist zweifellos die erste Übersetzung zutreffend.

## 6 Chemie und Alchemie in China und Indien

Die Quellentexte zur chinesischen Chemie und Alchemie basieren nicht auf dem chinesischen Originaltext, sondern auf der englischen Übersetzung, die Joseph Needham und seine Mitarbeiter anfertigten. Zur indischen Chemie und Alchemie fanden sich keine geeigneten Quellentexte.

### Text 1. Unbekannter Autor: Aussagen der Fünf-Elemente-Lehre

Was die fünf Elemente betrifft, so wird das erste Wasser genannt, das zweite Feuer, das dritte Holz, das vierte Metall und das fünfte Erde. Wasser [ist jene Qualität in der Natur], die wir als befeuchtend und absteigend beschreiben. Feuer jene, die wir als lodernd und aufsteigend beschreiben. Holz jene, die gekrümmte Oberflächen oder gerade Ecken ermöglicht. Metall jene, welche [der Form einer Gussform] folgen und dann hart werden kann. Erde jene, welche Aussaat, [Wachstum] und Reifung ermöglicht.

Das, was befeuchtet, tropft und absteigt, verursacht Salzigkeit. Was lodert, erhitzt und aufsteigt, erzeugt Bitterkeit. Was gekrümmte Oberflächen oder gerade Ecken zulässt, gibt Säure. Was [der Form einer Gussform] folgen kann und dann hart wird, ergibt Schärfe. Was Aussaat, [Wachstum] und Reifung ermöglicht, lässt Süße entstehen.

(Unbekannter Autor: Shu Ching (Historischer Klassiker), ca. 3. Jh. v. Chr. – Engl.: Joseph Needham: Science and Civilisation in China. Bd. 2. Cambridge 1956, S. 243. – Eigene Übersetzung der Übersetzung von Needham)

Kommentar:

Die Fünf-Elemente-Lehre geht auf Tsou Yen (ca. 350 – 270) zurück. Der Quellentext stammt also noch aus dieser frühen Zeit, als die Elementenlehre gerade formuliert worden war. Im ersten Abschnitt werden die fünf Elemente kurz charakterisiert. Dabei ist zu beachten, dass für die chinesischen Gelehrten nicht so sehr die fünf Elemente an sich von Bedeutung waren, sondern ihre Beziehungen zueinander. Im zweiten Abschnitt werden die Elemente mit Geschmacksempfindungen in Beziehung gesetzt. Die genannten Eigenschaften und Korrelationen lassen sich tabellarisch wie folgt darstellen:

|        |                                |            |
|--------|--------------------------------|------------|
| Wasser | Flüssigkeit, Lösung            | Salzigkeit |
| Feuer  | Hitze, Verbrennung             | Bitterkeit |
| Holz   | Festigkeit mit Bearbeitbarkeit | Säure      |
| Metall | Festigkeit mit Gießbarkeit     | Schärfe    |
| Erde   | Ernährung                      | Süße       |

Die Zusammenhänge der Elemente mit den Geschmacksempfindungen lassen sich plausibel machen. Dass Wasser mit Salzigkeit in Verbindung gebracht wurde, lag für ein Volk mit einer ausgedehnten Meeresküste nahe. Die Assoziation von Feuer mit Bitterkeit hängt vielleicht mit dem Abkochen bitterer Medizinpflanzen zusammen, jedoch ist dies sehr spekulativ. Leichter erklärbar ist die Verbindung von Holz mit Säure, da Holz und anderes pflanzliches Material bei der Zersetzung sauer wird. Die

Assoziation von Metall mit Schärfe deutet auf das Erschmelzen der Metalle aus ihren Erzen hin, wobei sich oft scharfe Dämpfe – wie Schwefeldioxid – entwickeln. Dass Erde mit Süße assoziiert wurde, mag damit zusammenhängen, dass die Getreidearten im Allgemeinen einen süßen Geschmack haben.

## **Text 2. Unbekannter Autor: Raffination von Gold**

Methode zur Raffination von Rohgold, das aus Flüssen stammt. Verwende reinen, erdigen Ton, um einen Tiegel herzustellen, und trockne ihn, indem du ihn über Feuer härtest. Verwende Holzkohle von der Pinie und stelle den Tiegel in den Ofen, dann lege das Rohgold in ihn hinein. Setze den Blasebalg des Ofens in Betrieb, um das Feuer anzufachen, und wenn das Metall geschmolzen ist, bringe pulverisiertes Salz mit hinein und rühre dabei gut um. Beobachte, bis vollständige Schmelzung eingetreten ist, und verwende einen Stock aus Dornenholz, um die Schlacke zu entfernen. Setze weiterhin pulverisiertes Salz zu, rühre um und entferne jeweils die Schlacke. Wenn der Prozess beendet ist, dann gieße das Metall in eine Gussform, wobei du dich vergewissern musst, dass keine Sprünge oder Risse auftreten.

Wenn das der Fall ist, dann mische gleiche Teile zu Pulver gemahlene Eisen-späne, Asche von verbranntem Kuhdung und pulverisiertes Salz und erwärme sie über einem Kuhdungfeuer, bis die Mischung einheitlich körnig wird; dann gib es zu dem wieder erhitzten Gold hinzu. Sieh [nach einiger Zeit] nach, und wenn es weich geworden ist, dann entferne es und hämmere es zu dünnen Blättern. Mische gleiche Teile gelben Alaun und Balsam von der Pappel und verflüssige es [durch Erwärmen] mit Schlamm; schmiere dann die Mischung über die Goldblätter und erhitze sie über einem Holzkohlenfeuer. Höre auf, wenn Rotglut erreicht ist. Wiederhole den Prozess vier oder fünf Mal, und du wirst rotes Gold von der besten Qualität erhalten.

(Unbekannter Autor: Huang Ti Chiu Ting Shen Tan Ching Chüeh (Explanation of the Yellow Emperor's Canon of the Nine-Vessel Spiritual Elixir), 7. – 10. Jh. – Engl.: Joseph Needham: Science and Civilisation in China. Bd. 5, Tl. 2. Cambridge 1974, S. 58. – Eigene Übersetzung der Übersetzung von Needham)

### **Kommentar:**

In dieser Arbeitsvorschrift wird die Reinigung von Gold durch den Prozess der Zementation beschrieben. Er beruht auf dem Erhitzen von Gold mit Kochsalz, wobei alle anderen Metalle, sogar das Silber, als Chloride herausgelöst und von dem Salz aufgenommen werden. Bei dem voll ausgearbeiteten Verfahren wird das zu reinigende Gold in Form von Blättchen schichtweise mit Salz und Ziegelmehl in einem verschlossenen Tiegel zum Glühen erhitzt, ohne dass das Gold dabei zu schmelzen beginnt. Hier wurde das Verfahren im offenen Tiegel und mit geschmolzenem Gold ausgeführt, was den Reinigungseffekt verminderte.

Lediglich für den Fall, dass die erste Raffination nicht ausreicht, wurde ein aufwendigeres Verfahren praktiziert. Die Formulierung „dass keine Sprünge und Risse auftreten“ kann sich aus logischen Gründen nicht auf die Gussform, sondern nur auf das noch unreine Gold beziehen. Es wurde eine Mischung von Salz, Eisenpulver und Asche verwendet, das damit gereinigte Gold zu dünnen Blättchen geschlagen, mit

einer anderen Mischung in der Hitze behandelt und beim Erhitzen zur Rotglut offenbar darauf geachtet, dass das Gold nicht schmolz.

### Text 3. Wei Po-Yang: Umsetzung von Blei und Quecksilber

Das „Buch des Feuerungsprozesses“ wurde nicht ohne Absicht geschrieben und kann nur im Licht des „Buches der Wandlungen“ verstanden werden. Das Reaktionsgefäß und der Ofen ähneln dem zunehmenden Mond, wenn er auf seinem Rücken liegt. Der „weiße Tiger“ bildet den wichtigsten Bestandteil bei diesem Erhitzen. Quecksilber, [das] die Sonne [darstellt], ist „die fließenden Perlen“. Der „blaue Drachen“ geht mit [dem „weißen Tiger“] zusammen, wie wenn sich der Westen mit dem Osten verschmilzt oder die „*kun*“- und „*pho*-Seelen“ einander einfangen. Im ersten Viertel des Mondes hat [das Trigramm] *Tui* die Zahl acht, während im letzten Viertel des Mondes [das Trigramm] *Kên* ebenfalls die Zahl acht hat. Die Essenzen der beiden Viertel vereinigen sich, so dass die Substanz des *Chhien* und *Khun* gebildet wird. Zweimal acht ergeben ein Pfund. Das Tao des „Buches der Wandlungen“ ist immer wahr und unfehlbar.

(Wei Po-Yang: Tshan Thung Chhi (Die Verwandschaft der Drei), ca. 142. – Engl.: Joseph Needham: Science and Civilisation in China. Bd. 5, Tl. 3. Cambridge 1976, S. 71. – Eigene Übersetzung der Übersetzung von Needham)

Kommentar:

Das Werk von Wei Po-Yang ist schwer zu verstehen, da er vieles verschlüsselte und durch Metaphern oder Decknamen ausdrückte. Das gilt auch für den vorliegenden Text, der ohne Interpretationshilfen nicht verständlich wäre. Der „weiße Tiger“ ist wahrscheinlich mit Blei identisch, der „blaue Drachen“ mit Quecksilber und die „fließenden Perlen“, wie der Autor selbst anzeigt, ebenfalls mit Quecksilber. Die Vereinigung der beiden Metalle wäre dann die Bildung eines Bleiamalgams, was Wei Po-Yang als eine grundlegende alchemische Reaktion betrachtete. Diese Reaktion bezeichnet er hier als die Vereinigung von *Chhien* und *Khun*, was eine Umschreibung für die Vereinigung der Gegensätze ist.

Selbst die Gewichtsangaben wurden von Wei Po-Yang verschlüsselt. Das Trigramm *Tui* mit der Zahl acht bedeutet, dass man acht Unzen Quecksilber nehmen sollte, das Trigramm *Kên* mit der Zahl acht, dass auch beim Blei acht Unzen erforderlich waren. Zweimal acht, d.h. 16 Unzen, ergeben dann ein Pfund. Die englischen Gewichtseinheiten (*pound* = Pfund, *ounce* = Unze; 1 *pound* = 16 *ounces*; 1 *pound* = 453,4 g, 1 *ounce* = 28,35 g) gehen auf Needham zurück. Die Trigramme sind Zeichen, die mit der Yin-Yang-Lehre zu tun haben, wobei eine ausgezogene Linie Yang entspricht, eine durchbrochene Linie Yin.

Wei Po-Yang beruft sich auf das *Buch der Wandlungen (I Ching)*. Dieses ist ein sehr heterogenes Werk, das ursprünglich wohl aus einer Sammlung von Orakeltexten bestand, dann aber immer mehr Naturphänomene zu erklären und miteinander zu verknüpfen suchte. Auch das System der Trigramme ist in diesem Werk enthalten. Vielleicht bedeutet der Titel von Wei Po-Yangs Werk *Die Verwandschaft der Drei*, dass er sich darin auf drei Dinge bezog: die Theorie im *Buch der Wandlungen* (einschließ-

lich Yin-Yang-Lehre und Fünf-Elemente-Lehre), die philosophischen Lehren des Taoismus und die Operationen der Alchemie.

#### **Text 4. Wei Po-Yang: Geheimhaltung des alchemischen Wissens**

Diejenigen, die das Tao lieben, verfolgen die Dinge bis auf ihre Wurzel. Sie beobachten sorgfältig die fünf Elemente, um die Gewichte [der benutzten Stoffe] zu bestimmen. Gründliches Nachdenken ist erforderlich, aber eine Diskussion mit anderen ist nicht nötig. Die Geheimnisse sollen sorgfältig gehütet werden, und das Wissen soll nicht schriftlich niedergelegt werden.

(Wei Po-Yang: Tshan Thung Chhi (Die Verwandtschaft der Drei), ca. 142. – Engl.: Joseph Needham: Science and Civilisation in China. Bd. 5, Tl. 3. Cambridge 1976, S. 74. – Eigene Übersetzung der Übersetzung von Needham)

Kommentar:

Der kurze Textabschnitt beginnt mit einer Erwähnung des Taoismus, mit dem die chinesische Alchemie eng verbunden war. Der Satz, dass man die fünf Elemente (Erde, Wasser, Feuer, Metall und Holz) wegen der Bestimmung der Gewichte beachten solle, ist wohl so zu verstehen, dass man mit ihrer Hilfe das richtige Verhältnis von Yin und Yang in einer Mischung ermitteln könne, da jedes Element ein bestimmtes Verhältnis von Yin und Yang repräsentierte. Wei Po-Yang vertrat als Alchemist die Ansicht, dass man das alchemische Wissen geheimhalten und nicht mit anderen darüber diskutieren solle.

#### **Text 5. Ko Hung: Funktion des Goldelixiers als Lebenselixier**

Der Mensch wird durch die fünf Körner am Leben erhalten; solange er sie hat, lebt er; wenn sie abgeschnitten werden, stirbt er. Aber betrachte die Qualität der feinsten Sorten der göttlichen Medizin – wäre sie nicht tausend Mal besser für den Menschen als die fünf Körner? Das Goldelixier ist derart, dass, je länger es erhitzt wird, um so wunderbarer seine Veränderungen und Umwandlungen sind. Selbst wenn man hundert Mal erhitzt, verliert Gold nicht an Gewicht; auch zersetzt es sich nicht, wie lange es auch eingegraben sein mag.

Indem er diese beiden Dinge [d.h. das Elixier und das Gold] nimmt, kann der Mensch seinen Körper läutern, so dass er nie alt wird und nie stirbt. Wenn man nach diesen äußeren Substanzen sucht, um sich selbst zu kräftigen und zu stärken, dann ist dies so, wie wenn man eine Flamme mit Öl ernährt, so dass sie nicht erlischt. [Die Leute benutzen] Grünspan[-Salbe], um ihre [Beine und] Füße damit einzuschmieren, wenn sie viel im Wasser zu arbeiten haben, so dass diese nicht verfaulen, weil die Stärke des Kupfers die darunter liegende Haut und das Fleisch schützt. Aber beim Eintritt in den Körper durchdringt das Goldelixier die Kreislaufsysteme [des Blutes und des *Chhi*]; es ist nicht ein Fall oberflächlicher Hilfe wie bei der Grünspan[-Salbe].

(Ko Hung: Pao Phu Tzu. Nei Phien (Buch des Meisters, der die Solidarität bewahrt. Esoterische Kapitel), ca. 320. – Engl.: Joseph Needham: Science and Civilisation in

China. Bd. 5, Tl. 2. Cambridge 1974, S. 66. – Eigene Übersetzung der Übersetzung von Needham)

Kommentar:

Ko Hung möchte in diesem Text verständlich oder zumindest plausibel machen, weshalb ein zum Gold führendes Elixier nicht nur die unedlen Metalle unvergänglich machte, indem es sie in Gold überführte, sondern auch den sterblichen Menschen durch die Einnahme dieses Elixiers unsterblich machte. Er spricht von fünf „Körnern“ – das sind wohl fünf lebenserhaltende Kräfte oder Prinzipien – von deren Existenz das Leben abhängt. Wieviel wirksamer sei demgegenüber die „göttliche Medizin“, d.h. das Goldelixier! Ferner erwähnt er eine Salbe aus Grünspan (Kupfercarbonat), mit der z.B. die Reisbauern ihre Beine vor Wurmbefall schützten. Diese Salbe wirke nur äußerlich, das Goldelixier aber wirke innerlich, indem es das Blut und das *Chhi* (etwa: „Lebenskraft“) durchdringe.

### **Text 6. Ko Hung: Herstellung eines Goldelixiers**

Das erste Elixier wird „Elixierblüte“ genannt. Man sollte zuerst die „geheimnisvolle gelbe [Substanz]“ herstellen. Füge eine Lösung von Realgar und eine Lösung von Alaun hinzu. Nimm je einige Dutzend Pfund grobes Kansu-Salz, rohes Alkalisalz, Alaun, [pulverisierte] Austernschalen, roten Ton, [pulverisierten] Speckstein und Bleiweiß; mache damit den „6-1-Lehm“ [und versiegele mit ihm das Reaktionsgefäß]. Nach 36 Tagen Erhitzen wird das Elixier fertig sein, und jeder, der es 7 Tage lang regelmäßig einnimmt, wird ein Unsterblicher werden. Wenn nun dieses Elixier mit „geheimnisvollem Fett“ zu Pillen verarbeitet und auf ein scharfes Feuer gebracht wird, wird es sich sehr schnell in Gold umwandeln. Gold kann auch hergestellt werden, indem man 240 *Chu* dieses Elixiers nimmt und es zu 100 *Kätti* Quecksilber hinzugibt; beim Erhitzen wird sich dann alles in Gold umwandeln. Wenn dies funktioniert, dann wissen wir, dass das Elixier richtig ist. Wenn nicht, dann versiegle die Bestandteile erneut und erhitze so lange wie vorher. Dies schlägt nie fehl.

(Ko Hung: Pao Phu Tzu. Nei Phien (Buch des Meisters, der die Solidarität bewahrt. Esoterische Kapitel), ca. 320. – Engl.: Joseph Needham: Science and Civilisation in China. Bd. 5, Tl. 3. Cambridge 1976, S. 83 – 84. – Eigene Übersetzung der Übersetzung von Needham)

Kommentar:

Ko Hung beschreibt hier die Herstellung eines zum Gold führenden Elixiers, wobei die entscheidenden Stoffe, wie in der Alchemie üblich, mit Decknamen versehen werden. Die „geheimnisvolle gelbe Substanz“ ist vielleicht ein Bleimalgam oder ein Gemisch aus Blei- und Quecksilberoxid. Zu ihr kommen Realgar (Arsentetrasulfid) und Alaun (Kalium-aluminium-sulfat) hinzu. Als nächstes wurde der Lehm zum Abdichten des zweiteiligen Reaktionsgefäßes hergestellt. Der Name „6-1-Lehm“ geht nach Aussage des Alchemisten Sun Ssu-Mo darauf zurück, dass die Alchemisten einen Lehm aus 7 Bestandteilen verwendeten und diese Informationen als „6 plus 1“ verschlüsselten und nur dem Eingeweihten zugänglich machten (siehe Text 9).

Nach 36 Tagen Erhitzen im gut abgedichteten Reaktionsgefäß, wobei sicher auch zwischendurch bestimmte Temperaturen und Zeiten zu beachten waren, war die Herstellung des Elixiers beendet. Als Lebenselixier sollte es, innerlich eingenommen, dem Menschen Unsterblichkeit verleihen. Als Goldelixier wurde es mit „geheimnisvollem Fett“ – wieder ein Deckname – zu Pillen verarbeitet, die sich bei scharfem Erhitzen in Gold umwandelten. Eine Alternative war die Vermischung des Elixiers mit Quecksilber mit anschließendem Erhitzen, wobei ebenfalls Gold entstehen sollte.

Needham verwendet in seiner englischen Übersetzung des Textes teils chinesische, teils englische Gewichtseinheiten. *Chu* ist ein chinesisches Gewicht, wobei die angegebenen 240 *Chu* das Gewicht von etwa 10 ounces = Unzen haben. Auch *Kätti* ist ein ostasiatisches Gewicht, das etwa 1 pound = Pfund entspricht (1 pound = 16 ounces; 1 pound = 435,4 g; 1 ounce = 28,35 g).

### **Text 7. Ko Hung: Herstellung von Musivgold (Zinnsulfid)**

Entsprechend der Methode zur Herstellung von gelbem Gold, die der Lehrer Chin Lou von Meister Chhing Li empfangt, gießt man zuerst Tafeln aus Zinn, sechs Zoll im Quadrat und 1,2 Zoll dick. Diese kleinen Barren werden dann überall in der Dicke eines zehntel Zolls mit einem Teig von rotem Salz und Kalkwasser bedeckt und einer nach dem anderen in einen Tiegel aus rotem Ton gelegt. Auf jede zehn *Kätti* Zinn nimmt man vier *Kätti* rotes Salz. Verschließe den Tiegel und versiegele alle Spalten gut; dann erhitze dreißig Tage lang in einem Feuer aus Pferdedung.

Wenn er nach der Entfernung vom Ofen geöffnet und untersucht wird, zeigt es sich, dass alles Zinn in eine Art Asche übergegangen ist, in deren Mitte sich Klumpen wie Büschel von Bohnen befinden – dies ist das Gold. Oder mische die Substanzen zusammen und lege sie für zehn aufeinander folgende Reinigungen in einen Tontopf über einem Holzkohlefeuer, das mit dem Blasebalg angefacht wird; beide [Methoden] sind erfolgreich. Die Mengenverhältnisse sind so, dass man für je zehn *Kätti* Zinn zwanzig Unzen Gold erhält. Es sind nur die Tontiegel geeignet, die in Chhangsha, Kueiyang, Yüchang und Nanhai angefertigt werden. Solche Töpfe sind sehr leicht zu bekommen, weil die Leute in jenen Gegenden sie für das Kochen herstellen.

(Ko Hung: *Pao Phu Tzu. Nei Phien* (Buch des Meisters, der die Solidarität bewahrt. Esoterische Kapitel), ca. 320. – Engl.: Joseph Needham: *Science and Civilisation in China*. Bd. 5, Tl. 3. Cambridge 1976, S. 103. – Eigene Übersetzung der Übersetzung von Needham)

Kommentar:

In dem Werk *Pao Phu Tzu* von Ko Hung wird zum ersten Mal die Herstellung von Musivgold (Zinnsulfid  $\text{SnS}_2$ ) beschrieben. Es war nicht seine eigene Erfindung, sondern er nennt andere Gewährsmänner für dieses Rezept. Das Musivgold wird noch heute hergestellt, und zwar durch Erhitzen von Zinn oder Zinnamalgalam mit Schwefelblume in Gegenwart von Salmiak  $\text{NH}_4\text{Cl}$  nach der Formel:  $\text{Sn} + 2 \text{S} \rightarrow \text{SnS}_2$ . Es bilden sich dabei goldglänzende Blättchen, die ihren Glanz behalten und nicht trübe werden.

Die Herstellung des „roten Salzes“ wird in dem Buch an einer Stelle erwähnt, die unmittelbar auf den vorliegenden Text folgt. Dort wird eine Gipsart mit irgendeiner Sorte von Pottasche und Eisenalaun vermischt und in einem Eisentopf geschmolzen. Die Stelle bleibt unklar, aber auf jeden Fall muss das „rote Salz“ den Schwefel geliefert haben. Ko Hung beschreibt zwei Darstellungsmethoden des Musivgolds mit denselben Ausgangssubstanzen und derselben Methode, die eine wohl auf schnellerem, die andere auf langsamerem Weg.

Die Maßeinheiten sind zum Teil die englischen. 1 *inch* = Zoll entspricht 2,54 cm. 1 *Kätti* entspricht etwa 1 *pound* = Pfund (1 *pound* = 16 *ounces*; 1 *pound* = 435,4 g; 1 *ounce* = 28,35 g). Die Darstellung von Musivgold muss die chinesischen Alchemisten in ihrem Glauben an die Möglichkeit einer Transmutation der unedlen Metalle in Gold bestärkt haben. Ko Hung bezeichnet das Endprodukt als Gold.

### **Text 8. Thao Hung-Ching: Eigenschaften des Quecksilbers**

Es gibt zwei Arten von Quecksilber, rohes und gereinigtes. Dasjenige, das aus der erdigen Ebene von Fu-ling kommt, wird aus Zinnober gewonnen, aber das Erz findet man auch an hellen, sandigen Stellen. Die beste Methode ist es, ihn zu pulverisieren und zu rösten. Die Farbe ist [silbrig] weiß und nicht so unrein wie das rohe Produkt. Quecksilber kann Gold und Silber weich machen und unter Bildung eines Teigs umwandeln. Die Leute benutzen es zum Plattieren von Gegenständen. Es kann in *tan* zurückgeführt und zurückverwandelt werden – so sagen die Handbücher der Unsterblichen, und sie fügen hinzu, dass, wenn man es mit in der Sonne gewärmtem Wein einnimmt, es langes Leben und Unsterblichkeit verleiht. Wenn man es [mit anderen Substanzen] erhitzt, verflüchtigt es sich, und eine Art von Asche haftet am Deckel des Reaktionsgefäßes; dies wird *hung fên* oder im Volksmund *shui-yin hui* genannt. Dieses ist ausgezeichnet, wenn man von Flöhen und Läusen befreit werden will.

(Thao Hung-Ching: [Titel des Werks unbekannt], ca. erstes Drittel 6. Jh. In: [Unbekannter Autor]: *Chêng Lei Pên Tshao*, 1249. – Engl.: Joseph Needham: *Science and Civilisation in China*. Bd. 5, Tl. 3. Cambridge 1976, S. 123. – Eigene Übersetzung der Übersetzung von Needham)

Kommentar:

Von den alchemischen Werken von Thao Hung-Ching ist keines mehr erhalten, aber viel Faktenmaterial daraus ist in pharmazeutischen Naturkunden enthalten. Hier beschreibt er Vorkommen, Gewinnung und Eigenschaften des Quecksilbers. Das rohe Quecksilber war vermutlich mit dem natürlich vorkommenden elementaren Quecksilber identisch. Das reine Quecksilber wurde durch „Rösten“ (Erhitzen unter Luftzutritt) von Zinnober HgS nach der Formel  $\text{HgS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hg} + \text{SO}_2$  gewonnen, wobei über die Details des Verfahrens nichts ausgesagt wird.

Die Begriffe „weich machen“ und „Teig“ umschreiben die Bildung eines Gold- oder Silberamalgams. Der Autor sagt auch, dass man diese Amalgame für das Plattieren, d.h. für das Vergolden und Versilbern von Gegenständen verwende. Mit *tan*, in das das Quecksilber zurückverwandelt werden kann, dürfte der Zinnober gemeint sein oder aber das Elixier, das im Folgenden kurz erwähnt wird. Der letzte Teil des Quel-

lertextes gibt nur dann einen Sinn, wenn man ihn durch den Zusatz „mit anderen Substanzen“ ergänzt, wie es Needham getan hat.

Bei dem sublimierten Stoff, der sich am Deckel des Reaktionsgefäßes absetzte, handelte es sich wahrscheinlich um Kalomel bzw. Quecksilber(I)-chlorid  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  oder um Sublimat bzw. Quecksilber(II)-chlorid  $\text{HgCl}_2$ , das ein sehr starkes Gift ist. Sublimat wird heute durch Erhitzen von Quecksilbersulfat  $\text{HgSO}_4$  mit Kochsalz  $\text{NaCl}$  dargestellt, Kalomel durch Sublimieren von Sublimat mit Quecksilber. Es muss sich also in dem Reaktionsgefäß neben dem Quecksilber zumindest irgendein Chlorid befunden haben, welches das Chlor lieferte.

### **Text 9. Sun Ssu-Mo: Konstruktion eines zweiteiligen Reaktionsgefäßes**

Das untere Gefäß wird aus Eisen gegossen, drei *ts'un* tief und mit einem äußeren Durchmesser von acht *ts'un*. Es ist auf dem Boden sechs *fen* dick und an den Seiten vier *fen*. Der Rand, einen halben *ts'un* weit und drei *fen* dick, sollte eben und stabil sein; lass keine Unebenheit in der Oberfläche zu!

Das obere Gefäß sollte einen *ch'ih* hoch gemacht werden, außen acht *ts'un* weit und ungefähr drei *fen* dick; nur zum Sublimieren von Realgar sollte das obere Gefäß fünf oder mehr *ts'un* hoch sein – es gibt keine feste Regel. Der Rand des unteren Gefäßes sollte mit demselben Umfang wie das obere Gefäß angefertigt werden. Alle diejenigen, die sich mit der Reinigungskunst einlassen wollen, sollten ihre Reaktionsgefäße nach diesem Muster anfertigen. Insgesamt gibt es keine Anordnung, welche diesen Bauplan übertrifft. Wenn zweiteilige Gefäße dieses Typs mit Sorgfalt behandelt werden, besteht keine Gefahr eines Bruchs.

Zwanzig Jahre lang habe ich die taoistischen Künste geliebt. Ich habe nacheinander die vielen Methoden ausprobiert und habe sie alle aus eigener Erfahrung kennengelernt. In der Tat gab es nichts, was ich nicht probieren wollte, aber es gab keinen Weg, der zum Erfolg führte. Meine Mittel waren erschöpft, und ich konnte Not und Armut nicht vermeiden. Nur durch die Verwendung dieses zweiteiligen Reaktionsgefäßes wurde ich aus meiner Notlage befreit.

Das zweiteilige Reaktionsgefäß muss mit 6-1-Lehm abgedichtet werden. Der Lehm muss zu einer angemessen dünnen Konsistenz angemischt werden. Verschmiere ihn über [die beiden Verbindungsteile], indem du eine Bürste aus Kokosfasern verwendest, und trockne das Gefäß in der Sonne. Bedecke das Gefäß, nachdem es trocken ist, mit Lehm und lass es wie vorher in der Sonne trocknen. Das Verfahren wird insgesamt drei oder vier Mal wiederholt, bis der Lehm drei oder mehr *fen* dick ist. Es wird nie brechen. Eine oder zwei Schichten über das obere Gefäß reichen völlig aus, oder es muss überhaupt nicht verlehmt werden. Dieses Verlehmen des zweiteiligen Reaktionsgefäßes mit dem 6-1-Lehm ist völlig dauerhaft; weshalb sollte es nötig sein, das Gefäß [zusätzlich] mit Erde zu verschmieren? Beimischung von Zucker ist die alte Methode, aber sie hat keine praktische Wirkung. Was besagt es, wenn sie alt wäre? Etwas nicht wissen ist eine Situation, bei der es keinen Unterschied zwischen modernen und alten Zeiten gibt. Dass die Alten angesehen waren,

ist völlig richtig, aber sie waren in dieser Materie nicht exakt, und in den meisten Fällen waren sie unfähig, deren Prinzipien zu verstehen.

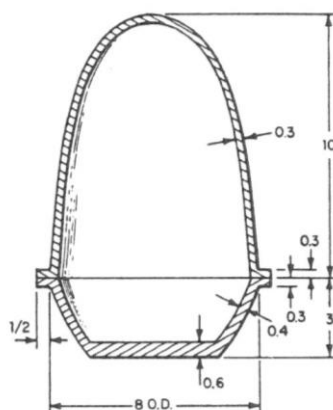
(Sun Ssu-Mo: Tan Ching Yao Chüeh (Wesentliche Rezepte zur mündlichen Überlieferung aus den alchemischen Klassikern), ca. 640. – Engl.: Nathan Sivin: Chinese Alchemy. Preliminary Studies. Cambridge, Mass. 1968, S. 166 – 168. – Eigene Übersetzung der englischen Übersetzung von Sivin)

Kommentar:

Der Alchemist und Arzt Sun Ssu-Mo beschreibt hier den Bau eines zweiteiligen Reaktionsgefäßes, dessen Wert er hoch einschätzte, da er ihm nach seiner eigenen Aussage letzten Endes seinen Erfolg in der Alchemie verdankte. Das Gefäß bestand aus einem eisernen Unterteil und einem Oberteil, der vermutlich aus Keramik angefertigt war. Besondere Sorgfalt musste bei seinem Bau auf die Verbindungsstelle zwischen den beiden Teilen verwandt werden. Genannt werden die Längenmaße *fen*, *ts'un* und *ch'ih*. Unter ihnen bestehen folgende Relationen:

|          |   |         |            |         |
|----------|---|---------|------------|---------|
|          |   | 1 fen   | entspricht | 2 ½ mm  |
| 10 fen   | = | 1 ts'un | "          | 24 ½ mm |
| 10 ts'un | = | 1 ch'ih | "          | 24 ½ cm |

Mit Hilfe der Maßangaben im Text fertigte Sivin eine Rekonstruktionszeichnung des Reaktionsgefäßes an:



Sun Ssu-Mo kommt dann auf den Lehm zum Abdichten der Verbindungsstelle zwischen dem Unterteil und dem Oberteil des Gefäßes zu sprechen. Er nennt ihn „6-1-Lehm“ und sagt an einer anderen Stelle, dass dieser Lehm aus  $6 + 1 = 7$  Bestandteilen zusammengemischt wurde und die Alchemisten dieses Wissen durch die Formel „6-1-Lehm“ geheimhalten wollten (siehe Text 6). Bei dem Verlehen ging es in erster Linie um die Verbindungsstellen. Der obere Teil konnte verlehmt werden, wenn weniger Wärme verlorengehen sollte, aber es war nicht unbedingt erforderlich. Wurden Sublimationen darin ausgeführt – Realgar bzw. Arsensulfid  $\text{As}_4\text{S}_4$  wird als Beispiel genannt –, dann waren solche Verlehmungen nicht ratsam, damit sich das Sublimierte an den kühlen Wänden des oberen Teils absetzen konnte. Der eiserne untere Teil, der wohl meist erhitzt wurde, wurde bis auf die Verbindungsstelle nicht verlehmt.

Mit der „Reinigungskunst“ (*Refining Art* nach Sivin) sind wohl alle Methoden gemeint, die zur Reinigung oder Raffination von Metallen und anderen Stoffen dienten. Die „taoistischen Künste“ sind nichts anderes als die Alchemie, die in China eng mit dem Taoismus verbunden war.

Der Textabschnitt endet mit einem nicht nur für die chinesische Alchemie, sondern auch für die westliche Alchemie ungewöhnlichem Bekenntnis zur Moderne. Während üblicherweise die Anschauung vertreten wurde, dass die „Alten“ bereits alles alchemische Wissen besessen hätten, sagt Sun Ssu-Mo hier bei allem Respekt vor den Alten ganz offen, dass sie vieles, was die Alchemie betrifft, nicht wussten, darüber nur unklare Vorstellungen hatten und meist auch die zugrunde liegenden Prinzipien nicht verstanden.

## 7 Arabische Alchemie

### Text 1. Ġābir: Bedeutung des Experimentierens

Die wesentliche Voraussetzung für die Vollkommenheit in dieser Kunst sind die Praxis und das Experiment. Denn wer nicht praktisch arbeitet und nicht experimentiert, hat niemals irgendeinen Erfolg. Deshalb, mein Sohn, achte darauf, dass du ausdauernd beim Experimentieren oder bei der praktischen Arbeit bist, damit du Wissen besitzt. Und es ist richtig, dass du das Gebiet von seinem Anfang bis zu seinem Ende kennst mit allem, was zu seiner Klärung führt und zu seinen Ursachen gehört.

(Ġābir ibn Haiyān: Kutub al-Mawāzīn: Kitāb at-Tağrīd (Bücher der Gleichgewichte: Buch der Abstraktion), 8./10. Jh. – Ausgabe: The Arabic Works of Jābir ibn Hayyān. Hrsg. von Eric John Holmyard. Bd. 1, Tl. 1. Paris 1928, S. 137 – 138 (Neuaufkl. der Edition von al-Šīrāzī. Tl. 2. Bombay 1891, S. 20). – Abgedr. in: Quellengeschichtliches Lesebuch zur Chemie und Alchemie der Araber im Mittelalter. Hrsg. von Karl Garbers und Jost Weyer. Hamburg 1980, S. 11. – Engl.: Eric John Holmyard: Jābir ibn Ḥayyān. Proceedings of the Royal Society of Medicine, Section of the History of Medicine 16 (1923), 46 – 57, hier S. 57. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 10. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

Kommentar:

Ġābir gehört zusammen mit ar-Rāzī zu den Vertretern einer experimentell orientierten Alchemie. In diesem Text ist von der Praxis oder dem Tun (*‘amal*) und vom Experiment oder Versuch (*tağrīb*) die Rede. Der letzte Satz des Textes ist so zu interpretieren, dass zur erfolgreichen Ausübung der Alchemie auch theoretische Kenntnisse notwendig sind.

### Text 2. Ġābir: Wirkungsweise des Elixiers als Überträger von Eigenschaften

Aufgrund unserer vorausgegangenen Darlegung ist es sicher und steht fest, dass die vier elementaren Prinzipien auf die Körper aus den drei Naturreichen einwirken, Einflüsse hinterlassen und für die Färbung nützlich sind, nämlich das Feuer, das Wasser, die Luft und die Erde. Wir können keine Einwirkung bei einem dieser Naturreiche feststellen, die nicht auf jene Elemente zurückgeht. Deshalb beruht unser Vertrauen in dieser Kunst auf dem Verfahren mit diesen Elementen, indem wir verstärken, was bei ihnen schwach ist, schwächen, was stark ist, und in Ordnung bringen, was mangelhaft ist. Wer also dahin gelangt, auf diese Elemente in den drei Naturreichen einzuwirken, der hat alles Wissen erlangt und hat das Wissen von der Schöpfung und die technische Beherrschung der Natur erreicht. Daran zweifle nicht!

Die Natur eines jeden Elixiers kommt aus den [Elementen] und durch sie. Wir führen in das Elixier eine Natur ein, welche die Oberhand gewinnt über die Natur, die den Zustand in dem Körper schädigt. Angenommen, es gibt etwas wie ein Ding, in dem sich ein Überschuss an Wässrigkeit befindet. Dann führen wir ihm Feuer zu und halten die [Zufuhr] in dem Maß aufrecht, wie es erforderlich ist, damit du es auch nicht verbrennst, so dass seine Un-

vollkommenheit größer wird als vorher. So kommt das durchs Feuer behandelte Ding ins Gleichgewicht, und du führst es zu einem Endzustand, den wir wünschen.

(Ġābir ibn Ḥaiyān: Al-Kutub as-Sab‘ūn: Kitāb al-Aġnās (Die sieben Bücher: Buch 47. Buch der Naturreiche), 8./10. Jh. – Ausgabe: Paul Kraus: Jābir ibn Ḥayyān. Essai sur l’histoire des idées scientifiques dans l’Islam. Bd. 1. Textes choisis. Kairo und Paris 1935, S. 481 – 482. – Abgedr. in: Garbers / Weyer (siehe Text 1), S. 27. – Französ.: Paul Kraus: Jābir ibn Ḥayyān. Contribution à l’histoire des idées scientifiques dans l’Islam. Bd. 2. Jābir et la science greque (= Mémoires présentés à l’Institut d’Égypte. Bd. 45). Kairo 1942, S. 7. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 26. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

Kommentar:

Ġābir äußert hier seine Überzeugung, dass es keine Wirkung auf die Stoffe in den drei Naturreichen – Mineral-, Pflanzen- und Tierreich – gibt, die nicht von den vier Elementen Feuer, Wasser, Luft und Erde ausgeht. Dies muss auch für die Elixiere gelten. Bei den unedlen Metallen befinden sich die vier Elemente nicht im Gleichgewicht, sondern es gibt einen Unter- oder Überschuss des einen oder anderen Elements. Die Elixiere sorgen dafür, dass diese Differenz ausgeglichen wird, so dass dann z.B. ein Körper – die übliche Bezeichnung für Stoff – mit der Gleichgewichtszusammensetzung des Goldes entsteht. Diese Vorstellungen erinnern an die antike Vier-Säfte-Lehre, nach der Gesundheit und Krankheit des Menschen von der Gleichgewichtszusammensetzung der vier Säfte Blut, Schleim, schwarze Galle und gelbe Galle abhängen. Bemerkenswert ist die Aussage von Ġābir, dass man bei einer erfolgreichen Transmutation nach diesem Muster nicht nur alles Wissen über die Schöpfung erlangt habe, sondern auch die Natur technisch beherrschen könne.

### **Text 3. Ġābir: „Innere“ und „äußere“ elementare Qualitäten bei Gold und Blei mit Zahlenangaben**

Wisse, dass kein Ding in der Welt, d.h. in der Welt des Entstehens und Vergehens, in Bezug auf seine Entstehung über sieben Krafteinheiten hinausgeht. Das heißt, wenn ein Teil von der Wärme herrührt, dann kommen zwangsläufig drei Teile von der Kälte, und umgekehrt: wenn ein Teil von der Kälte stammt, dann drei Teile von der Wärme; eine andere [Proportion] gibt es bei den aktiven [Qualitäten] nicht. Wenn fünf Teile von der Trockenheit stammen, dann acht Teile von der Feuchtigkeit, und umgekehrt: wenn fünf Teile von der Feuchtigkeit, dann acht Teile von der Trockenheit; eine andere [Proportion] gibt es bei den passiven [Qualitäten] nicht. Die Zusammensetzung aller Dinge erfolgte auf diese Weise. Merke es dir und ziehe deine Schlüsse daraus, dann wirst du dabei den richtigen Weg finden – mit Gottes Erlaubnis. ...

Wie vortrefflich ist doch das, was die Meister der weisen Kunst mit dem Satz aussagten, dass das Blei im Inneren Gold sei und das Zinn in seinem Inneren Silber. Denn das Äußere dieser beiden Mineralien [ist folgendermaßen]: Was das Blei betrifft, so ist sein Äußeres kalt und trocken und sein Inneres zweifellos warm und feucht. Beim Gold dagegen ist sein Äußeres warm und feucht und sein Inneres kalt und trocken. So ist also das Innere des Goldes

wie das Äußere des Bleis und das Äußere des Goldes wie das Innere des Bleis. Ebenso verhält es sich mit dem Zinn und dem Silber: Das Zinn ist äußerlich warm und feucht und innerlich kalt und trocken, und ebenso ist das Silber innerlich warm und feucht und äußerlich kalt und trocken.

Wenn also notwendigerweise das Innere eines von [mehreren] Dingen wie das Äußere eines anderen Dinges von seiner Art her ist, dann handelt es sich um dasselbe Ding; ist es aber von anderer Art als dieses, dann nur unter der Bedingung, dass die eine Art der Art des anderen [Dinges] sehr nahe steht. Das deckt sich notwendigerweise mit dem, was wir früher sagten, dass eine Umwandlung der Dinge von einem Ding zum andern möglich ist, und zwar von Art zu Art, was näher liegt, oder von Urqualität zu Urqualität, was ferner liegt.

Das ist der Sinn dessen, was wir im vorangehenden brachten, als wir die siebzehn Krafteinheiten und ihr Zahlenverhältnis untereinander erörterten. Wir behaupten: Wenn zum Beispiel das Äußere des Bleis drei Teile Kälte und acht [Teile] Trockenheit enthält, dann enthält sein Inneres zweifellos einen Teil Wärme und fünf [Teile] Feuchtigkeit. Es siegt also die Kälte bei diesem Vorgang über die Wärme wegen der Menge ihres Anteils. Denn es gehört zur Art und Weise des Siegenden, dass es nach außen hin sichtbar wird, und zu der des Besiegten, dass es sich ins Innere zurückzieht. Das leitet sich von den Grundvoraussetzungen des Verstandes her.

Wenn jemand trotz unserer vorangegangenen Ausführungen hierüber bezweifeln sollte, dass das Äußere des Goldes drei Teile Wärme und acht Teile Feuchtigkeit enthält, sein Inneres einen Teil Kälte und fünf Teile Trockenheit, [dann ist zu entgegnen, dass] die Verschiedenheit die Tatsache der Abtrennung infolge der Verschiedenheit dieser Teile darstellt, d.h. dass das Gold zwei Teile Wärme mehr gegenüber der Wärme des Bleis hat. Wenn man dem Blei also etwas hinzufügt, dessen Menge in seinem Äußeren zwei Teilen Wärme und drei Teilen Feuchtigkeit entspricht, derart, dass eine völlige Verbindung zwischen ihm und dem Blei eintritt, dann entstehen im Äußeren des Bleis drei Teile Wärme und acht [Teile] Feuchtigkeit, und es verschwinden die Kälte und die Trockenheit, weil die Wärme und die Feuchtigkeit gesiegt haben. So wird das Blei zu Gold – mit einem Schlag und in einem einzigen Werdegang. Dasselbe ist über das Zinn und das Silber zu sagen.

Da dies nun klar ist und ebenso die Tatsache, dass sich die Dinge von der einen Natur in die andere überführen lassen, ... sind diejenigen von ihnen, die unter eine Art fallen, näher liegend als das, was von ihnen von einer Art in die andere umgewandelt wird. Merke dir dies!

(Ğābir ibn Ḥaiyān: Kutub al-Mawāzīn: Kitāb at-Tağmī‘ (Bücher der Gleichgewichte: Buch der Ansammlung), 8./10. Jh. – Ausgabe: Marcellin Berthelot (Hrsg.) unter Mitarbeit von O. Houdas: Histoire des sciences. La chimie au moyen âge. Bd. 3. L’alchimie arabe. Paris 1893, S. ١٦١ – ١٦٣. – Abgedr. in: Garbers / Weyer (siehe Text 1), S. 31, 33. – Französ.: Berthelot / Houdas, S. 191 – 192. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 30, 32. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

Kommentar:

Nach Ġābir's Materietheorie hat jedes Metall von den vier Urqualitäten warm, kalt, trocken und feucht je zwei „außen“ (manifest) und zwei „innen“ (latent). Z.B. ist das Gold „außen“ warm und feucht, „innen“ kalt und trocken. Diese Vorstellungen quantifiziert er, wobei er in dem vorliegenden Text mit den Zahlen 1, 3, 5 und 8 operiert, deren Summe 17 ergibt. Diese vier Ziffern sind in einem magischen Quadrat enthalten, und zwar in dem kleineren Quadrat unten links:

|   |   |   |
|---|---|---|
| 4 | 9 | 2 |
| 3 | 5 | 7 |
| 8 | 1 | 6 |

Das als Beispiel genannte Gold besitzt nach Ġābir „außen“ 3 Teile Wärme und 8 Teile Feuchtigkeit, „innen“ 1 Teil Kälte und 5 Teile Trockenheit. Beim Blei sollten die Verhältnisse qualitativ und quantitativ genau umgekehrt sein. Liegt ein derartiger Fall wie beim Blei und Gold vor, dann handelt es sich nach seiner Ansicht im Grunde um dieselbe Art. Wenn man dem Blei – mit Hilfe von Elixieren – die fehlenden Mengen an Wärme und Trockenheit zuführen würde, müsste eine Transmutation von Blei in Gold ohne Zwischenstufen möglich sein. Die Unterscheidung zwischen aktiven und passiven Qualitäten geht auf Aristoteles zurück, und die Formulierung „Werden und Vergehen“ entspricht dem Titel eines Werkes von Aristoteles.

#### **Text 4. ar-Rāzī: Für die Alchemie erforderliche Kenntnisse; Stoffgruppen**

Im Namen Gottes, des gnädigen Erbarmers. Gewähre deine Hilfe, du Gütiger. Wisse, dass es für jede Kunst Geräte gibt und dass diese Geräte Namen haben, welche die Fachleute kennen, die anderen aber nicht. Auch die Kunst, die als Alchemie bekannt ist, hat Geräte und Stoffe, und diese haben Namen, welche die Fachleute kennen, die anderen aber nicht. Wer auch nur ein wenig in sie eindringen möchte, für den ist es unerlässlich, dass er die Namen und Charakteristika der Geräte und Stoffe und die guten und schlechten Eigenschaften der Stoffe kennt. Dies alles versteht der Anfänger in dieser [Kunst] erst nach langer Zeit und nach Erforschung ihrer wesentlichen Eigenarten und diesbezüglichen Reaktionen. Ich habe davon eine Zusammenstellung gemacht, so dass ein Studierender, wenn er sie zur Kenntnis nimmt, darin zu Hause ist wie einer von ihnen und sie versteht. Gott aber verleiht Erfolg zum Guten durch seine Gnade und Allmacht.

Die ersten Stoffe dieser Kunst sind diejenigen, welche sie „Körper“ nennen. Sie bezeichnen sie so, d.h. als „Körper“, weil die Stoffe in zwei Arten zerfallen. Zu ihnen gehört einmal das, was bei Berührung mit Feuer verdunstet und verfliegt, zum andern das, was standhält und stabil ist. Die Fachleute nennen die stabilen Stoffe „Körper“ wegen der Grobheit des Körpers und seiner Er-

digkeit, und sie nennen die flüchtigen Stoffe „Geister“ wegen der Feinheit des Geistes.

Die „Körper“ sind das Gold, das Silber, das Zinn, das Blei, das Eisen, das Kupfer und das „Chinesisch-Eisen“. Das Zinn ist etwas, das man herstellt, das Schwarzblei etwas, das man nicht herstellt. Das „Chinesisch-Eisen“ ist so eigenartig, als ob es gar nicht existiert.

Die „Geister“ sind der Schwefel, das Quecksilber, das „Arsen“ und der Salmiak. Diese alle verflüchtigen sich, wenn sie aufs Feuer gebracht werden, und deshalb nennt man sie „Geister“. Von ihnen verflüchtigen sich zwei und verbrennen nicht, und zwei verflüchtigen sich und verbrennen. Die beiden, die nicht verbrennen, aber sich verflüchtigen, sind der Salmiak und das Quecksilber, und die beiden, die verbrennen und sich verflüchtigen, sind der Schwefel und das „Arsen“. Alles, was sich an Wässern und feuchten Stoffen vor dem Feuer verflüchtigt, nennen sie „Geist“, und alles, was schwer, grob und feuerbeständig ist, nennen sie „Körper“.

(ar-Rāzī, Abū Bakr Muḥammad ibn Zakarīyā': Kitāb al-Mudḥal at-ta'limī (Buch der propädeutischen Einführung), ca. 900 – 910. – Ausgabe: H. E. Stapleton, R. F. Azo und M. Hidāyat Ḥusain: Chemistry in 'Irāq and Persia in the Tenth Century A. D. Memoirs of the Asiatic Society of Bengal 8, H.6 (1927), 317 – 417, hier S. 412. – Abgedr. in: Garbers / Weyer (siehe Text 1), S. 3. – Abgedr. in: Jamil Jawad: Neue Aspekte zur alchemistischen Theorie bei ar-Rāzī. Textstellen von ar-Rāzī in den alchemistischen Werken von al-Mağrītī und al-Ğildakī (Doktor-Dissertation). Hamburg 1994, S. 36. – Engl.: Stapleton u. a., S. 345 – 346. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 2. – Dtsch.: Jawad, S. 47 – 48. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

Kommentar:

Mit diesem Textabschnitt beginnt das *Buch der propädeutischen Einführung*, eingeleitet durch eine Anrufung Gottes, wie es auch in der wissenschaftlichen Literatur üblich war. Ar-Rāzī bezeichnet die Alchemie (arab. *kīmīyā'*) als eine „Kunst“ (*ṣinā'a*) und sagt von ihr, dass sie wie jede andere Kunst ihren eigenen Gegenstand – hier die Geräte und Stoffe – und eine Fachsprache habe. Wenn der Anfänger in die Alchemie eindringen wolle, dann müsse er sich mit den Geräten und Stoffen gründlich vertraut machen, und hierfür solle auch dieses einführende Buch dienen.

Ar-Rāzī kommt dann auf die Stoffe (*'aqqār*, Plur. *'aqāqīr*, Droge; Heilmittel; Substanz, Stoff) zu sprechen und nennt die beiden für die Alchemie wichtigsten Stoffgruppen: die „Körper“ (*ğasad*, Plur. *ağsād*) und die „Geister“ (*rūḥ*, Plur. *arwāḥ*). Die „Körper“ sind die Metalle und die „Geister“ die flüchtigen Stoffe. In der Reihe der sieben traditionellen Metalle fehlt das Quecksilber, das von ar-Rāzī wegen seiner Flüchtigkeit den „Geistern“ zugeordnet wurde. An seine Stelle trat – um die Siebenzahl wieder aufzufüllen – das „Chinesisch-Eisen“, ein Metall, dessen Existenz er in Frage stellte. Statt der Metallnamen stehen hier die entsprechenden Planetennamen, die in der Alchemie völlig gleichberechtigt neben den Metallnamen benutzt wurden. Unklar ist, weshalb man nach ar-Rāzī das Zinn (Weißblei) herstellen kann, das Blei (Schwarzblei) dagegen nicht.

Bei den „Geistern“ sind mit „Arsen“ die beiden Arsensulfide Auripigment und Realgar gemeint, und der Salmiak kann entweder Ammoniumchlorid oder Ammoniumhydrogencarbonat sein (Näheres hierzu siehe Text 5). Die vier „Geister“ werden teils mit ihren eigenen Stoffnamen, teils mit Decknamen bezeichnet. Das „Feuer“ bedeutet Schwefel, das „Flüchtige“ Quecksilber und der „Adler“ Salmiak. Diese Decknamen waren aber bei den Alchemisten so geläufig, dass sie ihre Funktion als Decknamen nahezu eingebüßt hatten.

### **Text 5. ar-Rāzī: Flüchtige Stoffe: Quecksilber, Salmiak, „Arsen“ und Schwefel**

Das Quecksilber: Das gute davon liegt vor, wenn es weiß und zart ist. Wenn man es durch ein Tuch presst, bleibt wie beim Grauspießganz nichts davon zurück.

Der Salmiak: Von ihm gibt es zwei Arten. Die eine ist mineralisch, weiß, spaltbar, heiß, salzig und beißend; sie kommt aus Chorasán und aus Samarkand. Von ihr gibt es auch eine gelbe Sorte, die nicht zu den in der Kunst verwendeten Dingen gehört. Die andere Art ist der Salmiak des Haares. Wir werden seine Arten beim Verfahren der tierischen auflösbaren Steine erwähnen, so Gott will.

Das „Arsen“: Es gibt verschiedene Arten. Darunter ist eine grüne Art, die mit erdigen Steinen vermengt ist; diese ist das wertloseste der „Arsene“. Dann eine gelbe, unreine, mit Erde gemischt; sie wird in den Bädern benutzt. Dann eine gesättigt gelbe, blättrige, goldfarbene; sie ist brauchbar für uns und ist vorzüglich. Ferner eine gelbe, mit Rot gemischt; sie ist vorzüglich für unser Werk. Eine andere, in der sich Staub befindet; sie ist nicht brauchbar für uns. Schließlich eine rote von reinem Rot, blättrig; sie ist ausgezeichnet für unser Werk.

Der Schwefel: Eine rote Art gibt es nicht. Eine gelbe Art ist kompakt wie der Sandarak und rein. Eine andere gelbe ist körnig, rein und von sattem Gelb. Eine Art ist weiß wie Elfenbein. Eine ist weiß, mit Staub gemischt; diese ist nicht geeignet für uns.

(ar-Rāzī, Abū Bakr Muḥammad ibn Zakarīyā': Kitāb al-Asrār (Buch der Geheimnisse), ca. 920. – Manuskript: Göttingen, Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek, Cod. MS arab. 95, S. 2 – 3. – Abgedr. in: Garbers / Weyer (siehe Text 1), S. 11. – Dtsch.: Ruska, Julius: Al-Rāzī's Buch Geheimnis der Geheimnisse (= Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin. Bd. 6). Berlin 1937, S. 85. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 10. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

#### **Kommentar:**

Ar-Rāzī beschreibt in diesem Textabschnitt aus seinem Hauptwerk die „Geister“, d.h. die flüchtigen Stoffe. Die Unterscheidung der Arten deckt sich nur teilweise mit unseren heutigen Vorstellungen: Teils handelte es sich dabei um echte chemische Individuen, teils um Gemische oder verunreinigte Produkte. Quecksilber wurde meist von festen Verunreinigungen befreit, indem es durch ein sehr fein gewebtes Tuch

gepresst wurde. Grauspießglanz (Antimonsulfid, arab. *kuhl*) gibt beim Verreiben ein sehr feines Pulver, und so hat *kuhl* auch die Bedeutung „sehr feines Pulver“.

Beim Salmiak unterschied ar-Rāzī zwei Arten. Der mineralische Salmiak ist Ammoniumchlorid, der, wie er sagt, aus Chorasān und Samarkand komme, also von dort bezogen wurde. Ferner nennt er einen tierischen Salmiak, der durch Trockendestillation aus Haaren gewonnen wurde. Dieser war ein Gemisch aus Ammoniumhydrogencarbonat und Ammoniumcarbaminat.

Von den Arten des „Arsens“, d.h. den Arsensulfiden, ist die gesättigt gelbe Auripigment, die rote Realgar. Beim Schwefel wird es sich nur bei den gelben Arten um echten Schwefel gehandelt haben. *Sandarāk* (griech. *sandarache*) ist meist das Wort für Realgar, also das rote Arsensulfid, aber hier bezeichnet es das Sandarakharz von Thuja oder Junipersus.

### **Text 6. ar-Rāzī: Beschreibung des Destillationsapparats und der Destillation**

Der Destillierkolben und der Destillierhelm sind für alles da, was du destillieren willst. Die Bedeutung der Destillation ist die folgende: Du bringst die [zu destillierende Substanz] in den [Kolben], befestigst darauf den Destillierhelm, wobei du für die Verbindung mit Eibisch-Gummi und Pflanzenleim verschmierte Lappen nimmst, und lässt trocknen. Dann setzt du das Ganze auf einen Herd und bringst einen neue Vorlage daran an. Das bedeutet, dass du das Abflussrohr des Destillierhelms in einen Becher leitest, damit sich das, was davon überdestilliert, darin sammelt. Dann machst du Feuer, wobei folgendes zu beachten ist: wenn es sich um eine feuchte Substanz handelt, dann durch ein mildes Feuer mit Hilfe von Holzkohle oder etwas anderem; wenn es sich um etwas anderes handelt, dann dementsprechend. Dies lernt man aus der Erfahrung, denn eine Erörterung darüber würde zu lang werden. Wenn die [Destillation] auf dem [Feuer] lange genug dauert, geht ein Wasser in die Vorlage über. Dieses wird ein Destillat genannt, aus welcher Substanz auch immer du es hergestellt hast.

Du kannst diesen Destillierkolben auch, wenn milde Behandlung gewünscht wird, in einen Topf mit Wasser stellen und unter dem Topf ein Feuer anzünden, bis das Destillat durch die Wärme des Wassers übergeht, oder ihn in einen Topf mit Asche stellen. Du kannst den Kolben aber auch in einen Topf hängen, wie er [hierfür] benötigt wird, ohne Asche und ohne Wasser, und dennoch gelingt die Destillation.

Du verstehst dieses und ähnliches leichter, wenn du es mit eigenen Augen siehst. Erkundige dich daher bei den Fachleuten danach, damit du diese Dinge beobachten kannst. Wenn jemand nun sagt: Wenn wir in dieser Sache gezwungen sind, die Geräte in Augenschein zu nehmen und die Fachleute nach ihnen zu befragen, was nützt uns dann das Buch? – dann erhält er darauf die Antwort: Es nützt uns tatsächlich. Alles, was man darüber zu fragen genötigt sein kann, das zeigt es mit allen seinen Merkmalen auf. Darin liegt der größte Nutzen, denn wenn du die Kenntnis der Geräte und Stoffe von ihnen in einer anderen Anordnung als der vorliegenden zu erfahren wünscht, dann lernst du es erst in einer langen Zeitspanne, in dem Maße, wie es erwähnt wird oder bei den Operationen benötigt wird. Du wirst auch nicht dagegen abgesichert, dass

sie es falsch benennen, indem ein Ding mit einem anderen als seinem richtigen Namen benannt wird. Wenn du es dagegen aus dem Buch kennen lernst, verkürzt sich die Zeit, und du bist mit Hilfe des Buches sicher vor der Verfälschung der Betrüger.

(ar-Rāzī, Abū Bakr Muḥammad ibn Zakarīyā': Kitāb al-Mudhal at-ta'limī (Buch der propädeutischen Einführung), ca. 900 – 910. – Ausgabe: Stapleton u. a. (siehe Quellentext 4), S. 415. – Abgedr. in: Garbers / Weyer (siehe Text 1), S. 13. – Abgedr. in: Jawad (siehe Text 4), S. 41 – 42. – Engl.: Stapleton u. a., S. 357 – 358. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 12. – Dtsch.: Jawad, S. 53 – 54. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

Kommentar:

Ar-Rāzī beschreibt hier für den Anfänger in der Alchemie den Destillationsapparat, seine Teile und seine Funktion. Dieser Destillationsapparat – der hier übrigens nicht als Ganzes genannt wird – besteht aus dem Destillierkolben (*qar'*, wörtl. Kürbis), dem Destillierhelm (*anbīq*), der Vorlage (*qābila*) und einem Herd (*mustauqad*). Der Stoff, der bei der Destillation in die Vorlage übergeht, wird Destillat (*muqaṭṭar*) genannt. Die Destillation kann je nach der erforderlichen Temperatur auf einem Wasserbad oder einem Aschebad ausgeführt werden, aber auch ohne ein derartiges Bad ist nach ar-Rāzī eine Destillation möglich.

Im *Buch der Geheimnisse* liefert ar-Rāzī zusätzliche Informationen über den Destillationsapparat und die Destillation, die in diesem Fall für den Fortgeschrittenen bestimmt waren (Dtsch.: Ruska – siehe Text 5 –, S. 94 – 95). Der Kolben aus Glas soll groß und dickwandig sein, ohne Sprung am Boden oder Blase in der Wand, und der Helm soll gut passend auf dem Helm aufsitzen. Er nennt diese Detailkenntnisse „Geheimnis“. Bei der Destillation im Wasserbad soll der Kolben bis zur Höhe der eingefüllten Substanz ins Wasserbad eingetaucht sein, und es soll ein Kessel mit siedendem Wasser bereitstehen, um verdunstetes Wasser nachzufüllen. Der heiße Glaskolben soll nicht mit kaltem Wasser in Berührung kommen, da er sonst zerspringt, und er soll im Wasserbad gegen Zerschlagen gesichert sein.

Im Zusammenhang mit der Beschreibung des Destillationsapparats empfiehlt ar-Rāzī dem Anfänger, sich bei den Fachleuten danach zu erkundigen und die Details der Destillation durch eigene Beobachtung kennen zu lernen. Auf den nahe liegenden Einwand des Anfängers, was für einen Nutzen er dann noch von dem Buch habe, hat ar-Rāzī eine Antwort parat: Man lernt das Beobachtete durch dessen systematische Darstellung schneller und ist auch gegen falsche Auskünfte von Betrügern abgesichert.

### **Text 7. ar-Rāzī: Herstellung eines Elixiers aus Haaren**

Ein anderes [Rezept]. Nimm das Haar, reinige es gemäß dem Vorgegangenen und destilliere sein Wasser und sein Öl. Wiederhole das Destillieren des Wassers, bis es rein ist, und stelle es weg, und verdicke das Öl in dem blinden Destillierkolben auf einem kleinen Herd mit dem Feuer einer Lampe oder einer Erdöllampe oder mit heißer Asche, oder in der Sonne einige Tage in den Tagen des Sommers, bis es fest geworden ist. Dann bringe es in einen blinden Destillierkolben, gieße darauf von dem weggestellten Wasser, bis es bedeckt

ist, stelle die Verbindung her und setze es einen Tag und eine Nacht auf heiße Asche. Dann dekantiere von ihm ab, und es kommt purpurrot heraus. Erneure ihm das Wasser und [wiederhole] das Verfahren, bis du seine ganze Farbe weggenommen hast, und stelle es weg. Dann nimm das Gold, das mit Vitriol, Quecksilber und Schwefel verkalkt wurde, tränke es mit diesem Wasser mit der zehnfachen [Menge] von ihm zwanzig Mal, verreise es bei jeder einzelnen Tränkung, bis es trocken ist, und röste es in einer verlehmtten Flasche mit einem Dungfeuer. Ein Dirham von ihm erzeugt von welchem Metall du willst 600 Dirham Feingold, so Gott will.

(ar-Rāzī, Abū Bakr Muḥammad ibn Zakarīya': Kitāb al-Asrār (Buch der Geheimnisse), ca. 920. – Manuskript: Göttingen, Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek, Cod. MS arab. 95, S. 119. – Abgedr. in: Garbers / Weyer (siehe Text 1), S. 17. – Dtsch.: Ruska (siehe Text 5), S. 209. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 16. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

Kommentar:

Der Text lässt das Prinzip erkennen, nach dem ar-Rāzī die tierischen Elixiere herstellte: Aus tierischen Produkten wurde z.B. durch Trockendestillation ein Präparat gewonnen, das mit einem gold- oder silberhaltigen Präparat zu einem Elixier vereinigt wurde. In einem der vorhergehenden Abschnitte seines Buches beschreibt er, wie das Haar vor der Destillation mit Seife gewaschen und zerkleinert wurde. Dort ging es um den Destillationsrückstand, der nach Reinigung ein weißes Pulver (Ammoniumhydrogencarbonat) ergab, hier um ein „Wasser“ und ein „Öl“, d.h. um eine durch fraktionierte Destillation gewonnene wässrige und ölige Fraktion. Das Wasser und das Öl werden weiter behandelt und im Laufe des Verfahrens wieder miteinander vereinigt.

In einem anderen vorausgegangenen Abschnitt wird die „Verkalkung“ des Goldes mit Vitriol (meist Sulfate), Quecksilber und Schwefel beschrieben. Diese vier Stoffe werden in chemisch nicht nachzuvollziehenden Reaktionen gemeinsam sublimiert und weiter behandelt. Im vorliegenden Text wird dann das calcinierte Gold mit dem Wasser / Öl wiederholt „getränkt“ und abschließend „geröstet“. Das so entstandene Elixier soll das 600fache seines Gewichts eines beliebigen Metalls in feines Gold umwandeln (1 Dirham entspricht als Münzgewicht 2,82 g.).

### **Text 8. Ibn Umail: Beschreibung einer Tafel mit symbolisch-allegorischen Figuren zur Alchemie**

Gegen Abend begaben wir uns in einen Tempel, den die Prätendenten geöffnet hatten. Da sah ich an der Decke seiner Vorhalle ein Bild von neun Adlern, die Flügel ausgebreitet, als ob sie flögen, die Fänge vorgestreckt und geöffnet, in den Fängen eines jeden Vogels etwas wie der gespannte, breite Bogen, der sich in Händen des Heeres befindet. An der Wand der Vorhalle, zu beiden Seiten, rechts von dem, der den Tempel betritt, und zu seiner Linken, befanden sich Bilder von stehenden Leuten in der vollkommensten Ausführung dessen, was es an Bildern und deren Schönheit gibt, überzogen mit verschiedenartigen Farben, ihre Hände ausgestreckt gegen das Innere des Tempels, indem sie mit ihnen auf ein Götterbild hinwiesen, das im Inneren des Tempels saß, an der Seite, am Torpfeiler des Tempelraums, und zwar zur Linken

dessen, der in den Tempelraum einzutreten wünschte, mit seinem Gesicht sich dem zuwendend, der von der Vorhalle aus zu ihm eintrat, und zwar auf einem Sessel ähnlich den Sesseln der Ärzte, herausgearbeitet aus dem Götterbild.

In seinem Schoß auf seinen Unterarmen, die Hände ausgestreckt und auf seinen Knien ruhend, [befand sich] eine Steintafel, herausgearbeitet aus ihm, deren Länge gleich der Größe einer Elle war und deren Breite die Fingerspanne seiner beiden Hände betrug, die Finger von unterhalb der Tafel um diese gebogen, als ob das Götterbild diese festhalte. Sie glich einem Buch, das für jeden offen lag, der eintrat, als ob das [Götterbild] mit ihr dem Eintretenden ein Zeichen gab: Schau auf sie! Auf der Seite, auf der das [Götterbild] saß, ich meine die Säulenhalle, befanden sich Bilder von vielerlei Dingen und Inschriften in hieroglyphischer Schrift.

Die Tafel, die sich im Schoß des Götterbildes befand, war durch eine Linie in ihrer Mitte in zwei Hälften geteilt. Auf der einen Hälfte von ihr fand sich das Bild von zwei Vögeln, und zwar in ihrem unteren Teil, nämlich dem, der an die Brust des [Götterbildes] grenzte. Dem einen von beiden waren beide Flügel gestutzt, der andere besaß beide Flügel. Jeder von beiden hatte mit seinem Schnabel den Schwanz des anderen gefasst und hielt ihn fest, als ob der [geflügelte] Vogel mit dem verstümmelten wegfliegen wollte, während der verstümmelte ihn bei sich zurückzuhalten suchte. Es war, als ob die beiden miteinander verbundenen und einander gefangen haltenden Vögel einen einzigen Kreis bildeten, ein Bild von Zwei in Einem. Am Kopf des Fliegenden von den beiden befand sich ein Kreis, und oberhalb dieser beiden Vögel am Kopf der Tafel, die an die Finger des Götterbildes grenzte, war ein Abbild des Neumondes. Zur Seite des Neumondes befand sich ein Kreis, ähnlich dem Kreis bei den beiden Vögeln unten. Das Ganze ergibt fünf: drei unten, nämlich die beiden Vögel und der Kreis, und darüber das Bild des Neumondes und der andere Kreis.

Auf der anderen Hälfte, am Kopf der Tafel, zu dem Teil gehörend, der an die Finger seiner Hand grenzte, befand sich ein Abbild einer Sonne, die zwei Strahlen hatte, so, als ob sie das Bild der Zwei in einem wären; und den beiden zur Seite befand sich eine andere Sonne mit einem einzigen absteigenden Strahl. Dies sind also drei Dinge, d.h. drei Lichter. Der Strahl der Zwei in Einem und der absteigende Strahl des Einen, der sich gegen den unteren Teil der Tafel hin erstreckte, sie umfassten – ich meine die Strahlen – einen schwarzen Kreis, zu einem Drittel geteilt, so dass ein Drittel und zwei Drittel entstanden. Das eine Drittel von ihm entspricht dem Bild des Neumondes, weil sein Inneres weiß, nicht schwarz ausgefüllt war; und der schwarze Kreis umgab ihn, weil sein Bild ein Bild einer Zwei in Einem ist. Das, was sich darunter befand, ist Eines von Zweien. Beide, der schwarze Kreis und der Neumond, den er umgab, weil sein Bild ein Zwei in Einem darstellt, und die beiden oberen Sonnen, d.h. das Bild der Zwei in Einem – und die einzelne Sonne – also das Bild des Einen im Einen –, diese machen ebenfalls fünf Dinge aus. So kommt das Ganze also auf zehn Dinge, entsprechend der Zahl jener Adler und der schwarzen Erde.

(Ibn Umail at-Tamīnī, Muḥammad: Kitāb al-Mā' al-waraqī wa-l-arḍ an-nağmīya (Buch des Silberwassers und der Sternenerde), erste Hälfte 10. Jh. – Ausgabe: H. E. Stapleton: Three Arabic Treatises on Alchemy by Muḥammad Bin Umail (10th Century A. D.). Texte hrsg. von Muḥammad Turāb 'Alī. Memoirs of the Asiatic Society of Bengal 12, H.1 (1933), 1- 213, hier S. 1 – 2. – Abgedr. in: Garbers / Weyer (siehe Text 1), S. 47, 49. – Latein.: Stapleton, S. 147 – 148. – Engl.: Stapleton, S. 119 – 120. – Dtsch.: Julius Ruska: Studien zu Muḥammad Ibn Umail al-Tamīnī's Kitāb al-Mā' al-Waraqī wa'l-Arḍ an-Najmīyah. Isis 24 (1936), 310 – 342, hier S. 311 -313. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 46, 48. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

Kommentar:

Ibn Umail beschreibt hier die Entdeckung einer geheimnisvollen Tafel, wie sie in ähnlicher Form auch in den Schriften der griechischen Alchemisten erzählt wird. Obwohl er im vorausgehenden Textabschnitt in der Ich-Form spricht und zwei historisch identifizierbare Zeitgenossen nennt, mag es sein, dass er die Szene in die Zeit der griechischen Alchemie zurückverlegen wollte. Auf jeden Fall spielt die Handlung in einem altägyptischen Tempel an einem Ort zwischen Sakkarah und Gizeh, in der Nähe der großen Pyramiden. Die Prätendenten sind Wächter des Tempels – ein Ehrenamt von hohem Rang. Das Götterbild stellt Hermes Trismegistos dar, den legendären Urvater der Alchemie.

Der geflügelte Vogel symbolisiert die Verflüchtigung, der verstümmelte die Verfestigung der Materie. Der von den beiden Vögeln gebildete Kreis ist das Symbol des „Schwanzfressers“ (griech. *Uroboros*) – in der griechischen Alchemie meist als Drache dargestellt – und bedeutet die Einheit und den ewigen Kreislauf der Materie. Das „Bild von Zwei in Einem“ symbolisiert gleichzeitig die Vereinigung der Gegensätze. Der Neumond ist ein Symbol für das Quecksilber, die Sonne für das große Elixier, das zum Gold hinführen sollte. Bei den genannten Zahlen handelt es sich um eine Zahlensymbolik, wie sie bei den Pythagoreern üblich war. Die Zahl 10 als Summe der ersten vier Zahlen  $1 + 2 + 3 + 4$  galt bei ihnen als heilige Zahl.

### **Text 9. al-Mağrīfī: Chemische Kenntnisse für den angehenden Alchemisten**

Ich habe dir dieses Buch über eines der beiden Ergebnisse gewidmet, und ich habe es zu einer allgemeinen Einführung in sie gemacht und zu einer Erleichterung für ihre Schwierigkeit. So übe dich darin. Ich habe es zu einem Ersatz für zahlreiche Bücher gemacht, welche von der Übung für den Zugang zu dieser Wissenschaft handeln. Wisse, dass ich bei unseren Zeitgenossen sehe, dass sie die Lektüre der propädeutischen Wissenschaften nicht gut beherrschen und sich nicht in ihnen üben. Sie steigen aber auf zur Lektüre der Wissenschaft der Alchemie und der Wissenschaft der Divination und nehmen diese Wissenschaften für sich in Anspruch, doch offensichtlich versteht keiner von ihnen etwas von der manuellen Geschicklichkeit und von der Suche nach den verborgenen [Eigenschaften] der Dinge. Keiner kennt die metallischen Körper und unterscheidet die minderwertigen von ihnen von den guten, geschweige denn, dass er die Mischungen des einen mit dem andern kennt, die Abtrennung eines vom andern und die Möglichkeit zu ihrer Gießung, Verbrennung, Streckung, Schmiedung und Reinigung, obwohl diese Dinge

bei der Allgemeinheit bekannt sind. Wisse, Studierender, dass diese zu den Grundlagen gehören, die man in dieser Wissenschaft benötigt.

Ferner [benötigt man] außer ihnen die Kenntnis von dem, was sie an spezifischen Eigenschaften enthalten und was ihnen möglich ist an [chemischen] Reaktionen, an Gewinnung des einen [Metalls] aus dem andern, an Verbrennung des einen durch ein anderes und an Reinigung des einen durch ein anderes. Dies alles wird an seiner Stelle erörtert werden, so Gott will. Wenn du dies alles kennst, Studierender, und du darin deine Hand durch die Praxis und dein Auge durch die Beobachtung geübt hast, so wende dich der Übung deines Verstandes in der Behandlung jener Dinge zu, welche die Vorgänger derart geheim hielten, dass nur ein Wissender wie sie den Zugang zu ihrer Betrachtung findet.

(al-Mağrītī, Abū-l-Qāsim Maslama ibn Aḥmad (zugeschr.): *Rutbat al-Ḥakīm* (Rangstufe des Weisen), 1050. – Manuskripte: Paris, Bibliothèque Nationale, MS arab. 2612, Bl. 7<sup>a</sup> – 7<sup>b</sup>; Birmingham, Selly Oak Colleges Library, MS arab. 1313, Bl. 7<sup>a</sup>; Istanbul, Beşir Ağa, MS 501/1, Bl. 5<sup>a</sup>; Paris, Bibliothèque Nationale, MS arab. 2613, Bl. 12<sup>a</sup> – 13<sup>a</sup>. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Das „eine der beiden Ergebnisse“ ist die Alchemie (*kīmiyā*), das andere die natürliche Magie (*sīmiyā*), die al-Mağrītī als nahe verwandte Gebiete betrachtet. Über das zweite Thema verfasste er ein Buch „*Ġāyat al-Ḥakīm*“ (Ziel der Weisen), das er nach der *Rutba* schrieb. Al-Mağrītī beklagt sich hier, aber auch an anderen Stellen in seinem Werk über den niedrigen Bildungsstand seiner Zeitgenossen. Sie verstehen wenig von den propädeutischen Wissenschaften, die er als Voraussetzung für das Studium der Alchemie betrachtet. Im vorausgegangenen Textabschnitt zählt er sie auf – Geometrie, Arithmetik, Astronomie und Logik – und nennt die zu empfehlenden Werke. Wenn sich seine Zeitgenossen der Alchemie zuwenden wollen, wissen sie aber auch nichts über die Eigenschaften und die Behandlung der Metalle, obwohl dies allgemein bekannt sei – er meint wohl bestimmte Handwerksberufe.

Die *Rutba* soll als Einführung in das Studium der Alchemie dienen und manche vorbereitende Bücher überflüssig machen. Al-Mağrītī bezeichnet die Alchemie als eine Wissenschaft; die erwähnte Wissenschaft der „Divination“ ist die Vorhersage der Zukunft. Wenn sich der Anfänger mit dem Inhalt der *Rutba* gründlich vertraut gemacht hat und dadurch Eigenschaften und Reaktionen der Stoffe kennen gelernt hat, soll er, wie es im Text heißt, „seine Hand durch die Praxis und sein Auge durch die Beobachtung üben“ – er soll also beim Umgang mit den Stoffen experimentelle Erfahrungen sammeln. In dritter Stufe soll er sich dann mit den symbolischen Hinweisen der Vorgänger oder „Alten“, wie man es auch übersetzen kann, befassen, um etwas über die Geheimnisse der Transmutation zu erfahren und Hinweise auf ihre praktische Ausführung zu erhalten. Mit den Vorgängern sind die alchemischen Autoritäten gemeint, wobei al-Mağrītī im folgenden Textabschnitt griechische und arabische Alchemisten nennt. Der vierte, ausführliche Hauptabschnitt der *Rutba* ist diesen symbolischen Hinweisen gewidmet.

### Text 10. al-Mağrīfī: Quantitatives Experiment mit Quecksilber

Ich erläutere dir bezüglich der Verfestigung [des Quecksilbers], was ich mit eigenen Augen gesehen habe. Wisse, dass ich überhaupt nichts hinzufügen wollte, weil ich seiner Aussage folgte, die lautet: „Sie haben das Öl verfestigt, bis sich die feuerartige [Natur] darin gesammelt hat.“ Und er bewies, dass das Feuer mit zunehmender Stärke immer röter wird und dann schwarz, bis zum Ende seiner Ausführungen. So nahm ich das Quecksilber und brachte es in ein Glasgefäß, wirblig und zitternd, wobei sich nichts anderes mit dabei befand und das Gefäß eiförmig war. Ich brachte [das Gefäß] in ein anderes Gefäß, das einem Kochtopf glich, und stellte es auf ein äußerst mildes Feuer, dessen Wärmegrad derart war, dass ich die Wärme jenes Topfes berührte und sie so fand, dass die Hand [die Wärme] bei der Berührung ertragen konnte. Ich erhitzte auf [dem Feuer] Tag und Nacht, vierzig Tage lang. Dann nahm ich das Quecksilber heraus. Sein Gewicht betrug  $\frac{1}{4}$  Ratl. Ich fand es als ein rotes Pulver, fein bei der Berührung, als ob es in jener ganzen Zeitspanne pulverisiert worden wäre. Ich wog es und fand, dass sein Gewicht unverändert geblieben war. Ich erkannte, dass die Feuchtigkeit, die darin vorherrscht hatte, die Wärme daran gehindert hatte, nach außen hin in Erscheinung zu treten, und dass das Quecksilber insgesamt rot geworden war.

(al-Mağrīfī, Abū-l-Qāsim Maslama ibn Aḥmad (zugeschr.): *Rutbat al-Ḥakīm* (Rangstufe des Weisen), 1050. – Manuskripte: Paris, Bibliothèque Nationale, MS 2612, Bl. 33<sup>a</sup>; Birmingham, Selly Oak Colleges Library, MS arab. 1313, Bl. 33<sup>a</sup> – 33<sup>b</sup>; Istanbul, Beşir Ağa, MS 505/1, Bl. 19<sup>a</sup>; Paris, Bibliothèque Nationale, MS arab. 2613, Bl. 60<sup>a</sup> – 60<sup>b</sup>; Dublin, Chester Beatty Library, MS 5234, S. 29. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Im vorhergehenden Textabschnitt stellte al-Mağrīfī Überlegungen darüber an, was das von den Alchemisten erwähnte „Öl“ als Bestandteil der mineralischen Stoffe im Sinne der Schwefel-Quecksilber-Theorie bedeuten könne: entweder das Prinzip „Schwefel“ oder das Prinzip „Quecksilber“. „Schwefel“ enthält nach al-Mağrīfī Wärme (oder Feuer) und Trockenheit, „Quecksilber“ Wärme (oder Feuer) und Feuchtigkeit, die überwiegen sollte. Er zitiert ar-Rāzī, der zu der zweiten Deutung neigte. Ar-Rāzī sagte nämlich, dass die Färbung in dem „Öl“ verteilt sei und darin überwiege. Wenn das „Öl“ durch das Feuer verbrannt werde, werde die überschüssige Feuchtigkeit daraus entfernt, und die Färbung werde sichtbar, weil sie dem Feuer ähnlich sei.

Im hier wiedergegebenen Textabschnitt wird noch einmal ar-Rāzī zitiert, nach dessen Theorie erst eine zunehmend rote, dann schwarze Färbung zum Vorschein kommen sollte. Um diese aus der Theorie abgeleitete Folgerung zu beweisen, führte al-Mağrīfī ein Experiment mit natürlichem Quecksilber aus, das ja nicht mit dem Prinzip „Quecksilber“ identisch ist, aber doch einen hohen Anteil davon enthalten sollte. Er wog Quecksilber ab ( $\frac{1}{4}$  Ratl entspricht 101,5 g) und erhitzte es vierzig Tage lang in einem eiförmigen Gefäß auf mildem Feuer. Es bildete sich ein rotes Pulver (Quecksilberoxid HgO), und beim erneuten Auswägen stellte er fest, dass das Gewicht unverändert geblieben war. Nach unserer heutigen Theorie hätte sich beim Übergang von Hg in HgO eine Gewichtszunahme von 8 % ergeben müssen. Wahrscheinlich war bei dem milden Erhitzen schon ein Teil des Quecksilbers verdampft, bevor es in

das Oxid übergeführt worden war. Nach ar-Rāzīs Theorie hätte das Quecksilber wegen des Entzugs der Feuchtigkeit sogar leichter werden müssen, so dass die quantitative Durchführung des Experiments keine Aussagekraft hatte. Qualitativ dagegen schien die Umwandlung des Quecksilbers in ein rotes Pulver ar-Rāzīs Theorie zu bestätigen.

**Text 11. Ġa‘far aṣ-Ṣādiq (zugeschr.): Vereinigung der Gegensätze als Gegenstand der Alchemie**

Wisse, mein Sohn, dass diese Kunst nicht von einem Ding handelt, das an und für sich beständig oder an und für sich flüchtig ist; vielmehr ist es sowohl flüchtig wie auch beständig, männlich wie weiblich, warm wie kalt, feucht wie trocken. Der Urquell aller Dinge ist das klare Wasser und der Ursprung von drei Dingen: Seele, Geist und Körper, und daraus bestehen die Geschöpfe. Strebe danach, mein Sohn, dass du das, was zwischen diesen dreien besteht, beharrlich vereinigt hältst, ohne dass sich eins von ihnen vom andern trennt. Wenn du zwischen ihnen eine beharrliche Vereinigung hergestellt hast, die nicht getrennt werden kann, geht aus ihnen eine einzige Substanz hervor, welche die Feuer nicht verbrennen und die Gewässer nicht auflösen, schmelzend, fließend, färbend und in jeden Körper eindringend.

Wisse, mein Sohn, dass für unsere Väter, die Weisen, das Schwerste der Dinge, die sie als schwierig betrachteten, die Verewigung des Geistes im Körper war; das aber ist sehr schwierig. So versammelten sich die Gelehrten aus den Ländern der Erde und stellten scharfsinnige Überlegungen über dergleichen Dinge an. Sie sagten: Es muss etwas geben, was den Geist in vollkommener Weise mit dem Körper verbindet, derart, dass sich die beiden nicht mehr trennen lassen. Das bedeutet die Auferweckung der Toten. Die Gelehrten stimmten insgesamt dahingehend überein, dass sie die Seele rein von den Verschmutzungen und Befleckungen halten wollten. Sie ist ja das Bindeglied zwischen dem Geist und dem Körper. Dann ist die Paarung des Männlichen mit dem Weiblichen erforderlich, die Verbindung des Warmen mit dem Kalten, des Feuchten mit dem Trockenen. Aus der Beziehung zwischen ihnen geht das Kind hervor. Dieses ist weder männlich noch weiblich, weder fein noch grob, weder warm noch kalt, weder feucht noch trocken. Es ist vielmehr die Substanz eines Elixiers, das auf alle Dinge einwirkt, während sie nicht darauf einwirken. Es gibt nichts, was ihm gleicht in seiner Kraft und seiner Verwendbarkeit, seinem Durchdringungsvermögen und seiner Macht. Es vereinigt die Kräfte aller Dinge, und deshalb besiegt es sie durch seine Kraft. Dies ist also das große Elixier; es schmilzt und läuft über die Probebleche, und das Feuer hat keine Macht darüber.

(Unbekannter Autor, Abū ‘Abdallāh Ġa‘far aṣ-Ṣādiq zugeschrieben: *Risāla fī ‘Ilm aṣ-ṣinā‘a wa-l-ḥağar al-mukarram* (Sendschreiben über die Wissenschaft der Kunst und des edlen Steins), ca. 11. Jh. – Manuskript: Gotha, Herzogliche Bibliothek, MS A 1292 (Haleb Nr. 338). – Faksimile-Abdruck in: Julius Ruska: *Arabische Alchemisten*. II. Ġa‘far alṢādiq, der sechste Imām. Heidelberg 1924, Bl. 2<sup>b</sup> – 3<sup>a</sup>. – Abgedr. in: Garbers / Weyer (siehe Text 1), S. 45, 47. – Dtsch.: Ruska, S. 67 – 68. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 44, 46. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

Kommentar:

Ğa‘far aṣ-Ṣādiq (ca. 700 – 765) war der sechste Imām der Šī‘iten. Er kommt als Verfasser nicht in Frage, sondern es handelt sich um ein pseudepigraphisches Werk. In dem Text wird ein zentrales Thema der Alchemie angesprochen: die Vereinigung der Gegensätze. Die Vorstellung, dass die Welt aus polaren Gegensätzen aufgebaut sei, ist bereits in der Bronze- und Eisenzeit nachweisbar. In der griechischen Alchemie kam die Idee hinzu, dass man diese Gegensätze miteinander vereinigen müsse, um eine Transmutation erfolgreich durchzuführen. Dies wurde als sehr schwierig angesehen, da sich nach damaliger Ansicht Stoffe nur dann leicht vereinigten, wenn sie miteinander verwandt waren.

Die Erwähnung der Versammlung der Gelehrten aus allen Ländern der Erde ist wahrscheinlich eine Anspielung auf ein um 900 verfasstes Werk *Versammlung der Gelehrten* (latein. *Turba Philosophorum*). Dort kommen griechische Philosophen zu einem fiktiven Gespräch zusammen, um über Fragen der Materietheorie und der Transmutation zu diskutieren. Es stellte sich dann heraus, dass im großen Elixier (das zum Gold hinführen sollte) alle Gegensätze zu einer harmonischen Einheit verschmolzen waren. Beim Erhitzen auf einem Probeblech schmolz das Elixier, ohne zu verdampfen oder sich zu zersetzen.

## **Text 12. al-‘Irāqī: Argumente für die alchemische Transmutation**

Wisse – und Gott schenke dir seine Gnade –, dass die Kunst Alchemie eigentlich nur eine einzige Art zum Gegenstand hat, die das schmiedbare Metall genannt wird und unter der sechs artspezifische natürliche Individuen eingestuft sind, die nicht festgelegt sind wie die Individuen der Tiere und Pflanzen, nämlich das Gold, das Silber, das Kupfer, das Eisen, das Blei und das Zinn. Jede dieser [sechs] Erscheinungsformen unterscheidet sich von der anderen durch unterschiedliche Akzidenzien, wobei, wenn man deren Verschwinden annimmt, die Fortdauer der artspezifischen Natur möglich ist. Denn wir behaupten und sagen: Bei keiner von zwei natürlichen Arten, die sich definitionsgemäß und tatsächlich voneinander unterscheiden, ist die Umwandlung der einen durch die Kunst und ihr Übergang in die andere möglich, wie z.B. beim Menschen und beim Pferd. Aber von diesen sechs Erscheinungsformen kann jede einzelne durch die Kunst in die andere umgewandelt werden.

Was das Blei betrifft, so kann es in das Silber umgewandelt werden dadurch, dass du ein Raṭl davon in das Läuterungsfeuer bringst. Dann bewirkt das Feuer in ihm einen Vorgang der Veredlung und Reifung derart, dass das meiste davon verbrennt und nur sehr wenig an Silber herauskommt, so dass vom Raṭl nur  $\frac{1}{4}$  Dirham reines Silber übrig bleibt. Da nun aber die Umwandlung eines Teils des Bleis in Silber möglich ist, ist die Umwandlung im ganzen nicht unmöglich.

Was die Umwandlung des Silbers in das Gold betrifft, so erfolgt sie nur durch wiederholtes Schmelzen. Denn das [Silber] wird vom Feuer gefärbt, verdichtet und umgewandelt, und der Proberstein offenbart das Goldene in ihm. Es sind also einige Umwandlungen unter Erhaltung der artspezifischen Natur möglich. Wenn das [Silber] verschieden wäre vom Gold in Bezug auf seine artspezifische Natur, dann wäre es unmöglich, dass es sich in dieses umwan-

deln lässt, ebenso wie es für das Pferd unmöglich ist, dass es durch die Kunst in die Art „Mensch“ umgewandelt wird, da sich beide definitionsgemäß und tatsächlich voneinander unterscheiden.

Ein anderes Indiz, vollkommener als das erste, besteht darin, dass man vom Gold einiges in seinem Erz findet, das von vollkommener Natur ist, und anderes von unvollkommener. Das unvollkommene läutert man durch Anwendung von Feuer, und es scheidet sich dann in Silber und Gold. Ebenso findet man das Silber in seinem Erz vermischt mit Blei. Man läutert es, und es scheidet sich das Silber vom Blei. Der Grund für das Vorkommen des Silbers in dem Erz des Goldes liegt darin, dass die Hitze das zur Reife bringt, was sich von den Erzteilen in ihrer Nähe befindet, und es zu Gold werden lässt, wenn es Golderz ist, oder zu Silber, wenn es Silbererz ist. Aber sie bringt das nicht zur Reife, was von ihr entfernt liegt, wegen der geringen Erwärmung und Hitze.

Es ist also klar, dass die sechs Erscheinungsformen allesamt eine einzige Art darstellen. Sie unterscheiden sich untereinander nur durch unterschiedliche Akzidenzien. Ihr äußerstes Ziel ist es, Gold zu werden. Was frei ist von einem Akzidens, das ist Gold; zu welchem aber ein Akzidens hinzutritt, das wird, wenn es von einer kalten Qualität herrührt, zu Silber oder zu den beiden Bleiarten, oder, wenn es von einer warmen Qualität herrührt, zu Kupfer oder zu Eisen. Diese sechs Erscheinungsformen einer einzigen artspezifischen Natur sind vergleichbar mit der gesunden und der kranken Wesensart des Menschen. Wenn der Kranke behandelt wird, so dass seine Krankheit schwindet und er zur Gesundheit zurückkehrt, gelangt er erneut in die vollkommenste Wesensart des Gesunden.

(al-‘Irāqī, Abū-l-Qāsim Muḥammad ibn Aḥmad: Kitāb al-‘Ilm al-muktasab fī zirā‘at ad-dāhab (Buch des erworbenen Wissens über die Aussaat des Goldes), 13. Jh. – Ausgabe: E. J. Holmyard (Hrsg.): Kitāb al-‘ilm al-muktasab fī zirā‘at adh-dhahab. Book of Knowledge Acquired Concerning the Cultivation of Gold by Abu ‘l-Qāsim Muḥammad ibn Aḥmad al-‘Irāqī. Paris 1923, S. ۷ - ۸. – Abgedr. in: Garbers / Weyer (siehe Text 1), S. 35, 37. – Engl.: Holmyard, S. 12 – 13. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 34, 36. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

Kommentar:

Die Argumentation zugunsten einer alchemischen Transmutation läuft darauf hinaus, dass alle Metalle letztlich zu einer einzigen Art (arab. *nau‘*) gehören bzw. eine Art darstellen und daher ineinander umgewandelt werden können. Sie unterscheiden sich voneinander nur durch akzidentelle, d.h. unwesentliche Eigenschaften, die durch geeignete Behandlung entfernt werden können. Nur das Gold ist frei von solchen Akzidenzien.

Die Indizien für eine Transmutation, die al-‘Irāqī hier aufführt, zerfallen in zwei Gruppen. Im ersten Teil wird argumentiert, dass sich beim Schmelzen der Metalle durch die Einwirkung des Feuers etwas Blei in Silber umwandelt, ebenso etwas Silber in Gold. Im zweiten Teil wird die Ansicht vertreten, dass sich dieser Umwandlungsprozess bei den genannten Metallen bereits im Erdinnern unter der Einwirkung von Hitze abspielt. Basis dieser Anschauungen ist die erwiesene Tatsache, dass oft

Silber in geringen Anteilen in Bleierzen enthalten ist und dass Gold gemeinsam mit Silber vorkommen kann.

Al-‘Irāqī bezeichnet die Alchemie als eine „Kunst“ (*ṣinā‘a*). Er führt nur sechs grundlegende Metalle auf – die traditionelle Siebenzahl der Metalle war also für die arabischen Alchemisten nicht allgemeinverbindlich. „Die beiden Bleiarten“ sind das Blei und das Zinn. Wenn er angibt, dass von 1 Raṭl Blei  $\frac{1}{4}$  Dirham Silber übrig bleibt, dann entspricht dies einem Silbergehalt des Bleis von etwa 0,2 % (1 Raṭl = 130 Dirham = ca. 406 g). Nach unseren heutigen Kenntnissen kann der Silbergehalt im Bleiglanz bis zu 1 % betragen. Der Probierstein war ein harter Stein, mit dem man den Gold- oder Silbergehalt einer Legierung schätzungsweise ermitteln konnte. Wie man heute weiß, gibt es Golderze im engeren Sinne praktisch nicht, sondern nur Erze anderer Metalle, in denen Gold vorkommt.

### **Text 13. al-Mas‘ūdī: Stellung des Literaten zur praktischen Arbeit des Alchemisten**

Möge uns Gott bewahren vor der völligen Hingabe an das, was das Gehirn verfinstert, das Augenlicht raubt und die Gesichtsfarbe fahl werden lässt vom Dampf der Destillationen und den Gerüchen der Vitriole und anderer Mineralien.

(al-Mas‘ūdī, ‘Alī ibn al-Ḥusain ibn ‘Alī: *Murūğ ad-ḡahab* (Die Wiesen des Goldes), erste Hälfte 10. Jh. – Ausgabe: Maṣoudi: *Les prairies d’or*. Hrsg. von C. Barbier de Meynard. Bd. 8. Paris 1874, S. 177. – Französ.: Maṣoudi, S. 177. – Engl.: E. J. Holmyard: *Chemistry in Mediaeval Islam. Chemistry and Industry Review* 1 (1923), 387 – 390, hier S. 390. – Dtsch.: Manfred Ullmann: *Die Natur- und Geheimwissenschaften im Islam*. Leiden 1972, S. 251. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

In diesem Ausspruch des Historikers al-Mas‘ūdī kommt der Abscheu des Literaten vor der praktischen Arbeit des Alchemisten im Laboratorium treffend zum Ausdruck. Es geht hier nicht um den Wahrheitsgehalt der Alchemie oder dergleichen, sondern um die gefühlsmäßige Abneigung gegen eine manuelle Tätigkeit, die schmutzig ist und die Gesundheit gefährdet. Mit ähnlichen Worten beurteilten im Bereich der lateinischen Alchemie Petrarca (siehe Kap. 9, Text 14) und Chaucer den Alchemisten und seine Arbeit im Laboratorium.

### **Text 14. Ibn Sīnā: Kritische Stellung zur alchemischen Transmutation**

Es ist nahe liegend, dass die Alchemisten Methoden ersinnen, durch welche die Verfestigungszustände des Quecksilbers mittels der Schwefelarten mit Hilfe der Kunst zu sinnlich wahrnehmbaren Verfestigungen führen, auch wenn die künstlichen Zustände nicht den Rang der Weisheit und Fehlerlosigkeit der Natur besitzen, sondern diesem nur ähnlich und vergleichbar sind. So entsteht der Glaube, dass die Richtung ihres Entstehens in der Natur dieselbe Richtung sei oder eine ihr nahe stehende. Jedoch erreicht die Kunst in dieser Hinsicht die Natur nicht und holt sie nicht ein, auch wenn sie sich anstrengt.

Was die Ansprüche der Anhänger der Alchemie betrifft, so muss man wissen, dass es nicht in ihrer Macht steht, eine echte Transmutation der Arten auszuführen. In ihrer Macht stehen jedoch ausgezeichnete Imitationen, so dass sie das rote [Metall] weiß färben in starker Annäherung an das Silber und es gelb färben in starker Annäherung an das Gold, dass sie das weiße [Metall] mit jeder beliebigen Färbung färben, die sie wünschen, so dass seine Ähnlichkeit mit dem Gold oder dem Kupfer sehr stark wird, und dass sie bei den Bleiarten das meiste von dem wegnehmen, was in ihnen an Unvollkommenheit und Fehlern steckt. Jedoch bleiben ihre eigentlichen Naturen erhalten. Es dominieren in ihnen vielmehr erworbene Qualitäten, derart, dass man sich in Bezug auf sie täuschen lässt, wie es auch den Leuten passiert, dass sie das Salz, den Qalqand, den Salmiak und andere derartige Stoffe [für echt] annehmen.

Ich halte es nicht für ausgeschlossen, dass man in Bezug auf die Genauigkeit einen Grad erreichen kann, bei dem die Sache [sogar] dem Schlaunen verborgen bleibt. Was aber die Sache betrifft, dass die artbildenden Unterschiede aufgehoben oder aufgeprägt werden können, so leuchtet mir die Möglichkeit hierzu nicht ein – im Gegenteil, meiner Meinung nach liegt ihre Denkbareit sehr fern, da es keinen Weg gibt, die eine Verbindung in die andere aufzuspalten. Denn bei diesen sinnlich wahrnehmbaren Zuständen handelt es sich, wie es scheint, nicht um die Unterschiede, durch welche diese Metalle zu [verschiedenen] Arten werden, sondern es sind Akzidenzien und Attribute, während ihre [eigentlichen] Unterschiede unbekannt sind. Wenn aber ein Ding unbekannt ist, wie sollte es dann möglich sein, dass man das Ziel anstrebt, es existent oder nicht-existent zu machen?

Was die Abtrennung solcher Färbungen und Akzidenzien – wie etwa Gerüche und Gewichte – betrifft oder deren Aufprägung, so gehört dies nicht zu dem, auf dessen Leugnung wir unbedingt deshalb bestehen müssen, weil man nichts darüber weiß; denn es gibt überhaupt keinen Beweis für ihre Unmöglichkeit. Es scheint, dass das Verhältnis, das zwischen den Elementen bei der Zusammensetzung einer jeden Substanz der hier aufgezählten [Metalle] besteht, abweichend ist von dem bei einer anderen Zusammensetzung. Wenn dies so ist, kann man keine Rückführung vornehmen, ohne dass die Zusammensetzung aufgespalten wird, damit man es in die Zusammensetzung dessen überführen kann, in das man es umzuwandeln wünscht. Dies gehört aber nicht zu dem, was durch einen Schmelzvorgang möglich ist, bei dem die Verbindung erhalten bleibt und nur eine fremde Substanz oder Kraft mit ihm vermischt wird.

(Ibn Sīnā, Abū ‘Alī al-Ḥusain ibn ‘Abdallāh: Kitāb aš-Šifā’ (Buch der Heilung), ca. 1022. – Ausgabe: E. J. Holmyard und D. C. Mandeville (Hrsg.): *Avicennae de congelatione et conglutinatione lapidum*, Being Sections of the Kitāb al-shifā. Paris 1927, S. 85 – 86. – Abgedr. in: Garbers / Weyer (siehe Text 1), S. 39, 41. – Engl.: Holmyard / Mandeville, S. 40 – 42. – Latein.: *Maximi philosophorum Aristotelis De mineralibus*. Manuskript: Cambridge, Trinity College, MS 1400. Ausgabe: Holmyard / Mandeville, S. 53 – 55. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 38, 40. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

# Kommentar:

Ibn Sīnā ist der Ansicht, dass die Metalle klar voneinander getrennte Arten (*nauʿ*, Plur. *anwāʿ*) darstellen, während z.B. al-ʿIrāqī sagte, dass sie letzten Endes eine einzige Art bilden (siehe Text 12). Er vertritt die Schwefel-Quecksilber-Theorie, nach der die Metalle aus den Prinzipien „Schwefel“ und „Quecksilber“ mit unterschiedlichen Eigenschaften aufgebaut sind (die ihrerseits aus den vier Elementen bestehen). Diese beiden Komponenten sind nach seiner Meinung in den Metallen so fest miteinander verbunden, dass es praktisch keine Möglichkeit gibt, sie aufzuspalten und zu neuen Metallen zusammenzusetzen. Auf keinen Fall erreicht man eine solche Umwandlung, wie manche Alchemisten behaupten, durch einen einfachen Schmelzvorgang. Die Alchemisten können zwar hervorragende Gold- und Silberimitationen herstellen, aber hierbei werden nur die akzidentellen Eigenschaften der Metalle umgewandelt, während die essentiellen Eigenschaften unverändert bleiben.

Im ersten Absatz geht Ibn Sīnā auf die von Aristoteles formulierte These ein, dass die „Kunst“ die Natur nachahme. Er ist der Meinung, dass die Kunst, was die Transmutation betrifft, die Natur nie erreiche, d.h. dass der Alchemist die im Erdinneren ablaufenden Vorgänge nicht im Laboratorium nachahmen könne. Bei dem roten Metall wird es sich um das Kupfer gehandelt haben. Die „Bleiarten“ sind das Blei und das Zinn. Der Qalqand (griech. *chalkanthos*) ist eine Vitriolart.

## 8 Materietheorie im arabischen und lateinischen Mittelalter

### Text 1. Ibn Rušd (Averroës): Bemerkungen zum „mixtio-Problem“

„Mischung“ findet statt, wenn [zwei Mischungsbestandteile] in gleicher Weise erleiden und wirken, derart, dass das, was sich daraus ergibt, irgendeine mittlere Qualität zwischen den beiden Gegenständen ist. Die Quantität jener Qualität wird den beiden Mischungs[bestandteilen] unterworfen sein, und sie sind einander gleich oder gewissermaßen den Quantitäten von beiden unterworfen. Wenn das nicht so ist, wird die Quantität der einen Mischungs[komponente] größer sein als die Quantität der Mischungs[bestandteile]. Und deswegen nimmt wohl der eine der beiden Mischungs[bestandteile] vom anderen nichts auf als die Qualität wegen der Schwierigkeit des Aufnehmens, oder, wenn er ihn aufgenommen hat, wird die Quantität klein sein, wie es bei der „Mischung“ des Zinns mit dem Kupfer der Fall ist, denn das Kupfer nimmt vom Zinn nur die Färbung auf.

(Ibn Rušd Abū'l-Walīd Muḥammad ibn Aḥmad ibn Muḥammad, latein. Averroës: Kommentar zu Aristoteles: De generatione et corruptione, Buch I, 1172, latein. Übersetzung 13. Jh. – Latein. Ausgabe: Averrois Cordubensis Commentarium medium in Aristotelis De generatione et corruptione libros. Hrsg. von Francis Howard Fobes. Cambridge, Mass. 1956, S. 92 – 93. – Engl.: Averroes on Aristotle's „De generatione et corruptione.“ Middle Commentary and Epitome. Hrsg. von Samuel Kurland. Cambridge, Mass. 1958, S. 65 – 66. – Eigene Übersetzung unter Berücksichtigung von Kurland, dessen Übersetzung jedoch auf mehreren arabischen Manuskripten, einer hebräischen und einer lateinischen Übersetzung basiert)

Kommentar:

Ibn Rušd (Averroës) kommentiert hier eine Stelle, in der sich Aristoteles selbst mit dem „mixtio-Problem“ auseinandersetzt. Ibn Rušd vertritt die Anschauung, dass bei der *mixtio* sowohl die *qualitates elementorum* als auch die *formae elementorum* eine Intensitätsabschwächung erleiden, wobei Letztere zur *forma mixti* verschmelzen. Hiervon findet man im vorliegenden Text nur eine zarte Andeutung, insofern er von „irgendeiner mittleren Qualität zwischen den beiden Gegensätzen“ (*aliqua qualitas media inter duas contrarietates*) spricht. Das Übrige ist aristotelisch. Aristoteles sagt an der betreffenden Stelle seines Werks, dass die an der *mixtio* beteiligten Stoffe die Fähigkeit haben müssen, wechselseitig zu wirken und zu erleiden, also ein Gegensatz vorhanden sein muss. Ferner müssen die daran beteiligten Kräfte und Stoffmengen etwa von der gleichen Größenordnung sein.

Ist dieses Gleichgewicht nicht vorhanden, so kann es wie bei der Umsetzung von Kupfer und Zinn zu Bronze geschehen, dass man die Quantität des Zinns vernachlässigen kann und dieses nur seine silberartige Färbung auf das Kupfer überträgt – so die Ansicht von Aristoteles. Während Aristoteles eindeutig von Zinn spricht, steht in der lateinischen Übersetzung eigentlich „Blei“ (*plumbum*), was chemisch keinen Sinn gibt. Das Wort *plumbum* ist nur dann vertretbar, wenn man, wie im Lateinischen üblich, zwischen *plumbum nigrum* („Schwarzblei“ = Blei) und *plumbum candidum* („Weißblei“ = Zinn) differenziert.

## Text 2. Thomas von Aquin: Bemerkungen zum „mixtio-Problem“

Man muss also bedenken, dass die aktiven und passiven Qualitäten der Elemente einander entgegengesetzt sind und mehr oder weniger aufnehmen können. Aus entgegengesetzten Qualitäten aber, die mehr oder weniger aufnehmen können, kann eine mittlere Qualität zustande kommen, welche etwas von der Natur beider Extreme aufweist, wie das Graue zwischen dem Weißen und Schwarzen und das Lauwarme zwischen dem Warmen und Kalten. So kommt also nach Abschwächung der charakteristischen Eigenschaften der elementaren Qualitäten aus ihnen eine Art mittlerer Qualität zustande, welche die dem „gemischten Körper“ eigene Qualität ist, die jedoch in verschiedenen [„Körpern“] je nach dem verschiedenen Verhältnis der „Mischung“ unterschiedlich ist.

Diese Qualität ist die Disposition, die zur „Form“ des „gemischten Körpers“ gehört, wie die einfache Qualität zur „Form“ des „einfachen Körpers“ gehört. Wie man also die Extreme in der Mitte findet, weil sie an der Natur beider teilhat, so findet man die Qualitäten der „einfachen Körper“ in der dem „gemischten Körper“ eigenen Qualität. Die Qualität eines „einfachen Körpers“ ist freilich etwas anderes als seine „substantielle Form“, aber sie wirkt dennoch mit der Kraft (*in virtute*) einer „substantiellen Form“. Andernfalls würde Wärme nur erwärmen, und es würde nicht durch ihre Kraft (*virtus*) eine „substantielle Form“ in die Aktualität übergeführt werden, da nichts außerhalb seiner Art wirkt.

So bleiben also die Kräfte (*virtutes*) der „substantiellen Formen“ der „einfachen Körper“ in den „gemischten Körpern“ erhalten. Daher sind die „Formen“ der Elemente in den „gemischten [Körpern]“ nicht aktuell, sondern potentiell (*virtute*) vorhanden, und dies ist es, was der Philosoph im 1. Buch von *De generatione et corruptione* sagt: „Die Elemente bleiben in der „Mischung“ nicht aktuell erhalten, wie ein Körper oder etwas Weißes, auch gehen sie nicht zugrunde oder werden verändert, weder beide noch eines von ihnen, denn ihre Kraft (*virtus*) bleibt erhalten“.

(Thomas von Aquin: *De mixtione elementorum*, ca. 1272. – Ausgabe: *Opuscula Philosophica*. Hrsg. von Raymundus M. Spiazzi. Turin und Rom 1954, S. 155 – 156, hier S. 156. – Engl.: Vincent L. Larkin: Saint Thomas Aquinas: „On the Combining of the Elements“. *Isis* 51 (1960), 68 – 72, hier S. 71 – 72. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Larkin)

### Kommentar:

Thomas von Aquin stellt in einer kurzen Abhandlung *De mixtione elementorum* seinen Lösungsvorschlag für das „mixtio-Problem“ vor. Bei der *mixtio* bleiben die Qualitäten der Elemente, aus denen das *mixtum* gebildet wird, bis zu einem gewissen Grad erhalten, denn sie bilden durch gegenseitige Beeinflussung eine mittlere Qualität (*qualitas media*), die von den Qualitäten der Elemente (*qualitates elementorum*) noch etwas bewahrt. Die „einfachen Körper“ (*corpora simplicia*) sind entsprechend der aristotelischen Diktion die Elemente, die „gemischten Körper“ (*corpora mixta*) die aus den Elementen gebildeten homogenen Stoffe.

Durch die mittlere Qualität ist die Materie darauf vorbereitet, dass die *forma mixti* – was in dem Text nicht ausdrücklich gesagt wird – als Neuschöpfung in sie eingeführt werden kann. Dabei gehen die „substantiellen Formen der einfachen Körper“ (*formae substantiales simplicium corporum*) oder, kurz gesagt, die „Formen der Elemente“ (*formae elementorum*) fast ganz verloren – fast, weil sie durch ihren Zusammenhang mit den entsprechenden Qualitäten wenigstens potentiell (*virtualiter*) erhalten bleiben. Mit dieser Interpretation bezog sich Thomas auf Aristoteles („der Philosoph“), der an einer Stelle in *De generatione et corruptione* gesagt hatte, dass die Ausgangsstoffe bei der *mixtio* weder unverändert bleiben noch zugrunde gehen, da ihre Anlage (griech. *dynamis*, latein. *virtus*) erhalten bleibe.

### **Text 3. Ibn Rušd (Averroës): Bemerkungen zur minima-naturalia-Lehre**

Wenn wir [das Feuer] teilen, und noch einmal und noch einmal, werden wir zu einer solchen Größe gelangen, bei der das Feuer zugrunde geht, wenn es weiter geteilt wird, da die kleinste Größe des Feuers festgelegt ist. ...

Es ist unmöglich, dass etwas unbegrenzt zunimmt oder abnimmt, denn wenn die von der Natur festgelegte Größe überschritten wird, sei es, dass es zunimmt oder abnimmt, geht das Seiende zugrunde. Denn das Wirken eines jeden Seienden ergibt sich aus einer begrenzten Quantität und Qualität. ...

Das erste beim Entstehen oder Vergehen [eines Körpers] ist das kleinste Teilchen, das beim Entstandenen gefunden werden kann. Denn das Kleinste ist bei allem Entstandenen von begrenzter Quantität.

(Ibn Rušd, Abū'l-Walīd Muḥammad ibn Aḥmad ibn Muḥammad, latein. Averroës: Kommentar zu Aristoteles: *Physica*. Phys. IV, comm. 72 ; unbekannte Stelle ; Phys. VI, comm. 32, ca. 1170 – 1190. – Latein. Ausgabe: *Physica quartus tomus Operum Aristotelis ...*, qui de physica auscultatione inscribitur. ... Averrois Cordubensis ... in eandem Commentaria ... Venedig 1560 – Dtsch. : A. G. M. van Melsen: *Atom gestern und heute. Die Geschichte des Atombegriffs von der Antike bis zur Gegenwart*. Freiburg und München 1957, S. 88 – 89. – Engl.: Martin Levey: *Studies in the Development of Atomic Theory*. *Chymia* 7 (1961), 40 – 56, hier S. 54 – 59. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Melsen und Levey. Beim zweiten Textabschnitt konnte der lateinische Text nicht ermittelt werden, da sowohl Melsen als auch Levey eine falsche Stelle angeben.)

Kommentar:

Aristoteles sagt an einer Stelle in der *Physica*, dass es für die Pflanzen und Tiere und ihre Teile eine obere und untere Grenze ihrer Größe gebe. Bereits einige Aristoteles-Kommentatoren der Spätantike und ebenso die Gelehrten des arabischen und lateinischen Mittelalters legten diese Stelle so aus, als ob dies auch für die unbelebte Natur gelte, jedenfalls was die minimale Größe betrifft. Es sollte daher bei den Stoffen kleinste Teilchen (*minima naturalia* oder *minimae partes*) geben, die für jede Stoffart charakteristisch waren. Gelangte man bei einer immer weiteren Teilung eines Stoffes bis zu den kleinsten Teilchen, dann hörte der Stoff auf zu existieren, sobald diese Grenze überschritten wurde.

#### Text 4. Balīnūs: Entstehung des Bleis in der Lagerstätte

Ich sage ferner: Das Blei begann zu Anfang seiner Entwicklung mit viel Wärme und Trockenheit, weil das Quecksilber in seiner Lagerstätte mit viel Schwefel zusammentraf. Dann löste ihn das Quecksilber und verbarg ihn in seinem Innern durch die Milde des Kochens. Als der Schwefel die Oberhand über das Quecksilber erlangte und die Wärme des Quecksilbers stärker wurde wegen der großen Menge des Schwefels, den es in seinem Innern verbarg, stieg die Trockenheit an die Oberfläche des Quecksilbers und schloss seine Feuchtigkeit ein; so wurde der Stoff der Kochungswärme von ihm abgeschnitten, so dass nichts von der Kochungswärme [mehr] zu seiner Wärme gelangte. Daher kühlte [das Blei] ab, sein Äußeres wurde kalt und trocken, weil sich die Wärme von seinem Körper entfernt hatte, und sein Inneres wurde warm und feucht – das ist nämlich sein Geist.

Es wird bei der Schmelzung flüssig wegen der großen Menge der Flüssigkeit seines Geistes, während die Trockenheit in seinem Geist nicht so vollkommen ist wie in seinem Körper, so dass es einen [metallischen] Klang hätte. Es befindet sich seine Bitterkeit in seiner Schwärze, seine Schwärze in seiner Kälte, seine Kälte in seinem Körper, seine Öligkeit in seiner Wärme und sein Gestank in seiner Schwärze.

Es bringt die Metalle und die Steine zum Schmelzen wegen der starken Wärme seines Schwefels, denn, wenn die Wärme es trifft, kehrt es zu seiner Natur zurück, die es anfangs hatte: Es verbirgt sich die Kälte, die sich in seinem Körper befindet, durch die Wärme, die es zum Schmelzen bringt, und es tritt die Wärme an die Stelle der Kälte. So wird [das Blei] warm und trocken wie der Schwefel und bringt daher jedes Metall und jeden Stein zum Schmelzen. Es harmonisiert mit den Steinen und mischt sich mit ihnen wegen der Stärke seiner Trockenheit. Weil die Körper der Steine kalt und trocken sind, stimmt es mit ihnen durch seine Trockenheit überein, und es bringt sie zum Schmelzen durch seine Wärme und seinen Schwefel.

Es zieht die Farben an und nimmt sie an durch seine Natur. Es ist unter den Metallen ebenso kräftig wie der Saturn unter den Sternen.

(Balīnūs: Kitāb Sirr al-ḥalīqa (Buch über das Geheimnis der Schöpfung), 8. Jh. – Ausgabe: Buch über das Geheimnis der Schöpfung und die Darstellung der Natur (Buch der Ursachen) von Pseudo-Apollonius von Tyana. Hrsg. von Ursula Weisser (= Sources and Studies in the History of Arabic-Islamic Science. Natural Sciences Series. Bd. 1). Aleppo 1979, S. ٢٤٩ - ٢٥٠)

Kommentar:

In dem *Buch über das Geheimnis der Schöpfung*, das fälschlich Apollonios (Balīnūs) von Tyana zugeschrieben wurde, wird zum ersten Mal die Schwefel-Quecksilber-Theorie erörtert und auf die Entstehung und Eigenschaften der Metalle angewandt. Das „Quecksilber“ bildete sich im Erdinnern durch einen Läuterungsprozess aus dem Element Wasser, während über den Entstehungsprozess des Prinzips „Schwefel“ nichts ausgesagt wird. Die beiden Komponenten vereinigten sich unter dem Einfluss von „Kochungswärme“, und daraus entstand dann je nach den äußeren Bedingungen

eines der sieben traditionellen Metalle – das natürliche Quecksilber inbegriffen. Zur Schwefel-Quecksilber-Theorie kam noch eine für alle Stoffe geltende Modifikation der aristotelischen Elementenlehre hinzu, wonach jeder Stoff von den vier Urqualitäten warm, kalt, trocken und feucht je zwei „außen“ (manifest) und „innen“ (latent) besitzt.

Auf der Grundlage dieser beiden Theorien werden hier die Entstehung des Bleis im Erdinnern und einige seiner Eigenschaften beschrieben. Zu Anfang seiner Entwicklung war das Blei außen warm und trocken, weil in ihm „Quecksilber“ mit viel „Schwefel“ verbunden war. Der Gehalt an „Schwefel“ nahm ständig zu und gewann schließlich die Oberhand über das „Quecksilber“, so dass dieses den „Schwefel“ nicht mehr im Innern auflösen konnte und dessen Trockenheit nach außen drang. Daher kühlte sich das Blei ab und wurde außen kalt und trocken, innen warm und feucht.

Wegen seiner großen inneren Feuchtigkeit sollte das Blei leicht schmelzen, und weil seine innere Trockenheit nicht so vollkommen war wie seine äußere, fehlte dem Blei der metallische Klang. Die starke Wärme seines „Schwefels“ führte dazu, dass das Blei die anderen Metalle und die „Steine“ (Erze, Mineralien) zum Schmelzen brachte, und seine große Trockenheit war die Ursache dafür, dass es sich mit den „Steinen“ mischte. – Das „Äußere“ eines Metalls entspricht seinem „Körper“, das „Innere“ seinem „Geist“, das Blei ist dem Planeten Saturn zugeordnet.

#### **Text 5. Ibn Sīnā (Avicenna): Eigenschaften des Quecksilbers; Aufbau der Metalle aus „Schwefel“ und „Quecksilber“**

Was das Quecksilber betrifft, so nimmt es sich aus wie ein Wasser, mit dem sich eine sehr feine schweflige Erdigkeit fest verband, so dass sich keine Oberfläche von ihm absondert, ohne dass etwas von jener Trockenheit sie bedeckt. Deswegen haftet es nicht an der Hand und lässt sich auch nicht stark einengen durch die Form dessen, was es umschließt, sondern es beharrt in seiner ihm zukommenden Form, es sei denn, dass man ihm Gewalt antut. Sein Weiß stammt von der Klarheit jener Wässrigkeit und von dem Weiß der feinen Erdigkeit, die in ihm steckt, und kommt zustande durch die Beimischung der Luftigkeit zu ihm.

Es gehört zur Eigenart des Quecksilbers, dass es sich durch die Dämpfe der Schwefelarten verfestigt, und deshalb ist es möglich, es durch Blei oder den Dampf des Schwefels schnell zu verfestigen. Es scheint, dass das Quecksilber oder etwas, was ihm ähnelt, der Grundbestandteil aller schmelzbaren Substanzen ist, denn alle gehen beim Schmelzen in dieses über. Meist jedoch erfolgt das Schmelzen des Metalls erst nach starker Erhitzung, so dass du sein Quecksilber gerötet siehst. Was das Blei betrifft, so kann die Beobachtung nicht zweifelhaft sein, dass es im geschmolzenen Zustand Quecksilber ist, denn es schmilzt schon vor der starken Erhitzung. Wenn es aber beim Schmelzen stark erhitzt wird, dann geht auch seine Farbe in die der anderen schmelzbaren Substanzen über, d.h. in Bezug auf die Feuerrötung. Deswegen haftet das Quecksilber an allen diesen Metallen, weil es von ihrer Substanz ist. Jedoch unterscheiden sich diese Metalle in ihrer Entstehung aufgrund der Verschiedenheit des Quecksilbers oder dessen, was an seine Stelle tritt, und

aufgrund der Verschiedenheit dessen, was sich mit ihm verbindet, so dass es dieses verfestigt.

Wenn das Quecksilber rein ist und wenn das, was sich mit ihm verbindet, so dass es dieses verfestigt, die Kraft von weißem Schwefel ist, der nicht brennt und nicht schmutzig ist, vielmehr besser ist als das, was die Alchemisten aus ihm erhalten, dann entsteht daraus das Silber. Wenn der Schwefel bei seiner Reinheit noch besser ist als der erwähnte und noch reiner und wenn in ihm die Kraft seiner Färbung feurig, fein und nicht verbrennend ist, wenn er besser ist als jener, den die Alchemisten erhalten, dann verfestigt der Schwefel das Quecksilber zu Gold. Wenn ferner das Quecksilber von guter Substanz ist, der Schwefel aber, der es verfestigt, unrein ist und in ihm sogar Verbrennbarkeit steckt, dann entsteht aus ihm etwas wie das Kupfer. Wenn das Quecksilber schlecht ist, unrein, ohne Zusammenhalt und erdig, und wenn sein Schwefel ebenfalls unrein ist, dann entsteht daraus das Eisen. Was das Zinn betrifft, so scheint es, dass sein Quecksilber gut ist, jedoch sein Schwefel schlecht und nicht gründlich durchgemischt, und zwar so, als ob er es Schicht für Schicht durchdringe, und deshalb knirscht das Zinn. Was das Blei betrifft, so scheint es, dass sein Quecksilber schlecht ist, schwer und lehmig, und dass sein Schwefel schlecht ist, stinkend und schwach, und deshalb ist bei ihm die Verfestigung des Quecksilbers nicht stark.

(Ibn Sīnā, Abū ‘Alī al-Ḥusain ibn ‘Abdallāh, latein. Avicenna: *Kitāb aš-Šifā’* (Buch der Heilung), ca. 1022. – Ausgabe: E. J. Holmyard und D. C. Mandeville (Hrsg.): *Avicennae de congelatione et conglutinatione lapidum*, Being Sections of the *Kitāb al-shifā’*. Paris 1927, S. 83 – 85. – Abgedr. in: *Quellengeschichtliches Lesebuch zur Chemie und Alchemie der Araber im Mittelalter*. Hrsg. von Karl Garbers und Jost Weyer. Hamburg 1980, S. 37, 39. – Engl.: Holmyard / Mandeville, S. 38 – 40. – Latein.: *Maximi philosophorum Aristotelis De mineralibus*. Manuskript: Cambridge, Trinity College, MS 1400. Ausgabe: Holmyard / Mandeville, S. 51 – 53. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 36, 38. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

Kommentar:

Ibn Sīnā beschreibt hier die Eigenschaften des Quecksilbers und geht anschließend auf den Aufbau der Metalle entsprechend der Schwefel-Quecksilber-Theorie ein. Dabei unterscheidet er nicht deutlich zwischen dem natürlichen Quecksilber und dem Prinzip „Quecksilber“. Seine Materietheorie entspricht – abgesehen von der Schwefel-Quecksilber-Theorie – im Großen und Ganzen der Vier-Elemente-Lehre von Aristoteles; in den Texten ist von einer Wässrigkeit, Erdigkeit, Luftigkeit und Feurigkeit die Rede. Das natürliche Quecksilber soll seinem elementaren Aufbau nach vorwiegend aus Wasser, einer sehr feinen Erde und einer Beimischung von Luft bestehen. Die feine Erdigkeit ist die Ursache dafür, dass das Quecksilber nicht – wie die anderen Flüssigkeiten – an der Hand haftet. Es bleibt in dieser besonderen flüssigen Form, „es sei denn, dass man ihm Gewalt antut“, z.B., indem man es mit natürlichem Schwefel zu Zinnober umsetzt. Eine Verfestigung tritt auch ein, wenn es mit Blei ein Amalgam bildet.

Das Quecksilber „oder etwas, das ihm ähnelt“ oder „was an seine Stelle tritt“ betrachtet er als einen Grundbestandteil aller „schmelzbaren Substanzen“, d.h. der Metalle. Man könne dies daran erkennen, dass alle Metalle beim Schmelzen in Queck-

silber übergehen, die einen erst bei Rotglut, die anderen schon früher. Daher haften das Quecksilber auch gut an den Metallen. Die zweite Komponente der Metalle, der Schwefel, wird umschrieben als das, „was sich mit ihm verbindet, so dass es dieses verfestigt“. An einer Stelle kurz vor dem hier ausgewählten Textabschnitt charakterisiert er den elementaren Aufbau des natürlichen Schwefels (wörtl. „der Schwefelarten“). Dieser besteht aus Wasser, das durch Erde und Luft aufgelockert ist, so dass der Schwefel seiner Natur nach ölig ist.

Die Verschiedenartigkeit der Metalle beruht nach Ibn Sīnā auf der Verschiedenartigkeit ihrer beiden Komponenten „Schwefel“ und „Quecksilber“, deren Eigenschaften von ihm sehr differenziert beschrieben werden. Für die Eigenschaften des „Schwefels“ gilt: gut, schlecht; rein, unrein; brennbar, nicht brennbar; feurig; stinkend; schwach; schlechte Mischung der Teilchen. Für das „Quecksilber“ gilt: gut, schlecht; rein, unrein; erdig, lehmig; kein Zusammenhalt der Teilchen. Genannt werden die sechs Metalle Silber, Gold, Kupfer, Eisen, Zinn und Blei, wobei das Gold, wie üblich, die beste, das Blei die schlechteste Zusammensetzung hat. Mit dem Knirschen des Zinns wird auf das sogenannte „Zinngeschrei“ angespielt, d.h. auf das Phänomen, dass man beim Biegen eines Zinngegenstandes ein knackendes Geräusch hört. Es beruht, wie man heute weiß, auf einem Aneinanderreiben der Kristallite des Zinns.

#### **Text 6. Albertus Magnus: Allgemeines über die „Brennbarkeit“ der Metalle nach der Schwefel-Quecksilber-Theorie**

Zu den akzidentellen Eigenschaften der Metalle, die sehr bezeichnend für ihre Substanzen sind, gehören ihre Verbrennbarkeit oder Brennbarkeit und ihre Nicht-Brennbarkeit. Die Ursachen hierfür und die Unterschiede in den Naturen der Metalle müssen [wir] jetzt kennenlernen. Wir wissen, dass das Wasser entsprechend seiner Art nicht zu den brennbaren Dingen gehört, sondern es sind vielmehr alle Dinge, die eine sehr fettige Feuchtigkeit haben, vermischt mit erdiger Substanz. Wir wissen, dass der „Schwefel“ sehr fettig und erdig ist, das „Quecksilber“ aber wässrig mit einer feinen Erdigkeit.

Wir wissen also, dass die Brennbarkeit der Metalle auf den „Schwefel“ zurückgeht, nicht auf das „Quecksilber“ selbst. Ferner wissen wir, dass in allem, das eine sehr fettige Feuchtigkeit, vermischt mit Erdigkeit, enthält, drei Arten von Feuchtigkeit festzustellen sind. Eine von ihnen ist sehr luftartig und feuerartig und haftet an der Oberfläche als Folge der Aufwärtsbewegung dieser Elemente, so dass sie immer zur Oberfläche der Dinge aufsteigen, in deren „Mischung“ und Verbindung sie eingehen. Die zweite Art, die sich nahe unter ihr befindet, hat mehr Wässrigkeit, die in den Teilchen des Dings herumswimmt. Die dritte Art hat ihre Feuchtigkeit fest verwurzelt und in die Teilchen eingetaucht und für die Verbindungsbildung festgemacht; und daher ist dies die einzige [Art], die nicht leicht aus der Verbindung getrennt werden kann, ohne dass das Ding vollkommen zerstört wird. Deshalb muss sich dies auch in der Natur des „Schwefels“ so verhalten. ...

Ähnliche Überlegungen müssen für das „Quecksilber“ angestellt werden, welches das zweite Element der Metalle ist. Denn wenn dieses rein ist, in seiner erdigen Substanz gut gewaschen, fein und fest gebunden durch „Mischung“ mit wässriger Feuchtigkeit, und wenn seine wässrige Feuchtigkeit

weder zu viel noch zu wenig ist, sondern der Verbindung und den Kräften der Erdigkeit in ihm gleich ist, dann schützt eins das andere vor dem Feuer, wie wir öfters gesagt haben. Denn die Erdigkeit hält dann die Feuchtigkeit fest und lässt sie nicht verdampfen, und die Feuchtigkeit löscht die Erdigkeit aus und lässt sie sich nicht entzünden.

Wenn aber die Erdigkeit schmutzig ist oder zu viel oder zu wenig davon im Vergleich mit der Feuchtigkeit vorhanden ist oder aber, wenn sie ihr genau gleich ist, diese aber in der „Mischung“ nicht fest gebunden ist, dann entzündet sie sich und wird verbrannt und verbrennt die Substanz des Metalls. Desgleichen, wenn die Feuchtigkeit nicht in einer für die Vereinigung zum Metall geeigneten Weise verteilt und nicht gut gebunden ist oder zu viel oder zu wenig davon vorhanden ist, dann muss sie notwendigerweise durch Verdampfen verschwinden, und sie wird die Substanz des Metalls trocken und brennbar zurücklassen. Nach diesen [Gesichtspunkten] müssen wir die Brennbarkeit der Metalle betrachten: [Ein Metall] ist brennbar, wenn irgendeine von diesen [Bedingungen] vorhanden ist, und es ist umso mehr brennbar, je mehr von diesen [Bedingungen] zusammenkommen.

(Albertus Magnus: *Mineralia*, Buch III, Trakt. 2, Kap. 5, ca. 1250. – Ausgabe: Albertus Magnus: *De Mineralibus*. In: B. Alberti Magni Opera Omnia. Hrsg. von Auguste und Aemile Borgnet. Bd. 5. Paris 1890, S. 1 – 116, hier S. 80 – 81. – Engl.: Albertus Magnus: *Book of Minerals*. Hrsg. von Dorothy Wyckoff. Oxford 1967, S. 197 – 198. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Wyckoff)

Kommentar:

Albertus Magnus machte in seinem Werk *Mineralia* ausgiebigen Gebrauch von der Schwefel-Quecksilber-Theorie, wobei er, soweit möglich, eine Harmonisierung mit der aristotelischen Elementenlehre anstrebte. Die kurze Abhandlung von Avicenna über die Mineralien (siehe Text 5) war ihm bekannt. Hier erörtert er die „Verbrennbarkeit“ (*cremabilitas*) oder „Brennbarkeit“ (*adustibilitas*) – Begriffe, die von ihm offensichtlich synonym verwendet werden. Statt von Verbrennung sprach man im Mittelalter üblicherweise von einer Calcination der Metalle. Bekanntlich wird dieser Prozess heute als Oxidation bezeichnet, seitdem man weiß, dass er auf einer Verbindung des Metalls mit Sauerstoff beruht. Wenn Albertus bei den Metallen den Begriff der Brennbarkeit benutzte, deutet dies darauf hin, dass er die Calcination eines Metalls und die Verbrennung z.B. von Holz als analoge Prozesse empfand.

Nach Albertus sind die Metalle aus den beiden Prinzipien „Schwefel“ und „Quecksilber“ aufgebaut, die er interessanterweise an einer Stelle im Text als Element (*elementum*) bezeichnet. Der „Schwefel“ besteht aus einer sehr fettigen Feuchtigkeit (*unctuosa humiditas*) und Erdigkeit, das „Quecksilber“ aus Wässrigkeit und einer feinen Erdigkeit. Hiervon ist der Begriff der „fettigen Feuchtigkeit“ nicht aus der aristotelischen Elementenlehre ableitbar. Die Brennbarkeit der Metalle geht auf ihren Gehalt an „Schwefel“ zurück. „Quecksilber“ dagegen kann bei geeigneter Beschaffenheit und Zusammensetzung der Metalle diese vor dem Verbrennen schützen.

Im Zusammenhang mit der fetten Feuchtigkeit des „Schwefels“ erörtert er drei Arten von Feuchtigkeit. Die eine Art, die als luftig und feurig bezeichnet wird, haftet an der Oberfläche der Stoffe und ist daraus leicht zu entfernen. Nach der aristotelischen

Elementenlehre galten Luft und Feuer als leichte Elemente, die vom Erdmittelpunkt weg nach oben strebten. Die zweite Art, die mehr wässrig war, befand sich im Innern des Stoffes und bewegte sich zwischen seinen Teilchen (*partes*). Die dritte Art der Feuchtigkeit war tief in dem Stoff verwurzelt und mit seinen Teilchen verbunden – es war der flüssige Zustand des geschmolzenen Metalls. Der Versuch, diese Feuchtigkeit abzutrennen, endete mit der Zerstörung der Substanz. In der im „Schwefel“ enthaltenen fettigen Feuchtigkeit sollten alle drei Arten von Feuchtigkeit vorhanden sein. In dem ausgelassenen Textabschnitt wird kurz beschrieben, wie die Erfahrenen unter den Alchemisten die ersten beiden Arten von Feuchtigkeit aus dem „Schwefel“ abzutrennen suchten.

Während über die Beschaffenheit des „Schwefels“ abgesehen von seiner Zusammensetzung nichts weiter ausgesagt wird, ist dies umso ausführlicher beim „Quecksilber“ der Fall. Es kann seine Schutzfunktion ausüben, wenn seine Erdigkeit fein und rein ist, Feuchtigkeit und Erdigkeit im richtigen Mischungsverhältnis zueinander stehen und fest miteinander verbunden sind. Ist seine Erdigkeit dagegen schmutzig, sind Feuchtigkeit und Erdigkeit ungleich oder schlecht miteinander verbunden, dann ist das Metall brennbar, und zwar umso mehr, je mehr von diesen Bedingungen gegeben sind.

#### **Text 7. Albertus Magnus: „Brennbarkeit“ der einzelnen Metalle nach der Schwefel-Quecksilber-Theorie**

Gold, das wegen des ausgezeichneten Zustands [seiner] beiden Bestandteile – nämlich des „Schwefels“ und „Quecksilbers“ – rein und gut ist, verbrennt also am wenigsten. Alle die [Körper], die andere Metalle verbrennen, verbrennen [das Gold] nicht, sondern reinigen es, wie Salz und zermahlener Ziegelstein, Schwefel, „Arsen“ und derartiges. Silber steht etwas unter [dem Gold], weil sein „Schwefel“ etwas schweflige Wässrigkeit enthält, und ähnlich ist es mit seinem „Quecksilber“. Sobald diese Wässrigkeit verdampft, beginnt das Silber zunächst wegen seiner Brennbarkeit schwarz zu werden, und dann brennt es durch brennbare [Körper] wie Schwefel, „Arsen“, die erwähnten [Körper] und viele andere, welche die Alchemisten gebrauchen.

Kupfer wird sehr stark verbrannt, weil [sein] „Schwefel“ nicht gut in der Wässrigkeit [seines] „Quecksilbers“ festgehalten wird und zu viel Erdigkeit enthält; daher verbrennt es sehr leicht. Ich habe selbst in Kupferberg gesehen, dass grüne Hölzer, die gegen Kupfererz gelehnt wurden, sofort verbrannten wegen des Überschusses an „Schwefel“ und an Fettigkeit, die aus dem Kupfererz heraustraten. Eisen verbrennt zu einem tiefroten [Körper], weil die Erdigkeit in ihm überwiegt und sich entzündet. Zinn und Blei haben ein „Quecksilber“, das nicht gut von einer lehmigen, fettigen Substanz gereinigt wurde, die außerdem zu wässrig ist. Wenn daher der wässrige [Teil] durchs Feuer verschwindet, verbrennt die lehmige, fettige Substanz in ihnen.

(Albertus Magnus: *Mineralia*, Buch III, Trakt. 2, Kap. 5, ca. 1250. – Ausgabe: B. Alberti Magni Opera Omnia. Hrsg. von Auguste und Aemile Borgnet. Bd. 5. Paris 1890, S. 1 – 116, hier S. 81. – Engl.: Albertus Magnus: *Book of Minerals*. Hrsg. von Dorothy Wyckoff. Oxford 1967, S. 198 – 199. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Wyckoff)

Kommentar:

Der Textabschnitt schließt sich an den vorherigen Quellentext unmittelbar an. Hatte Albertus dort die „Brennbarkeit“ der Metalle im Allgemeinen erörtert, so geht er hier auf die einzelnen Metalle ein. Es sind Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Zinn und Blei. Ihr Aufbau aus „Schwefel“ und „Quecksilber“ wird an anderer Stelle in seinem Buch ausführlicher beschrieben. Die Erklärung der Brennbarkeit ist nicht sehr systematisch abgehandelt, aber es sind allgemeine Tendenzen erkennbar. Die unedlen Metalle enthalten viel Erdigkeit, und wenn die Feuchtigkeit (erster und zweiter Art) durch Erhitzen aus dem Metall ausgetrieben wurde, bleibt die Erdigkeit zurück, welche das Metall brennbar macht. Die Nennung von Schwefel und „Arsen“ (die Arsensulfide Auripigment  $\text{As}_2\text{S}_3$  und Realgar  $\text{As}_4\text{S}_4$ ) als die Brennbarkeit übertragende Stoffe zeigt, dass auch die Bildung von Metallsulfiden als eine Verbrennung betrachtet wurde.

Albertus besaß aus eigener Anschauung Kenntnisse von der metallurgischen und alchemischen Praxis. Die Erwähnung von Salz und zermahlenem Ziegelstein im Zusammenhang mit Gold spielt auf den Zementationsprozess zur Reinigung von Gold an. Hierbei wurden dünne Goldfolien alternierend mit Schichten aus Salz und Ziegelmehl im geschlossenen Gefäß erhitzt, wobei die Verunreinigungen von dem Pulver aufgenommen wurden. Die Beobachtung, die er in Kupferberg machte, bezog sich wohl auf das „Polen“ von Kupfer. Bei diesem Prozess wurde grünes Holz in geschmolzenes Kupfer getaucht, um eventuell gebildete Kupferoxide durch Kohlenmonoxid zu reduzieren. Die grüne Flammenfärbung des Kupfers mag er als brennenden Schwefel interpretiert haben.

## 9 Alchemie im lateinischen Mittelalter

### Text 1. Geber: Vorrede zu einem alchemischen Werk

All unser Wissen, das wir aus den Büchern der Alten in unseren Büchern in unterschiedlicher Auswahl und verkürzter Darstellung vorgestellt haben, wollen wir hier zu einer „Summa“ zusammenfassen. Was in den [früheren] von uns verfassten Büchern nur verkürzt dargestellt war, das haben wir in dem [vorliegenden] Buch vervollständigt und deren Defizit durch eine Darstellung ausgeglichen, die nicht zu weitschweifig ist. Was von uns [damals] an einer Stelle verborgen wurde, das haben wir an der entsprechenden Stelle dieses unseres Buches offen dargelegt, damit den Gelehrten der vollständige Zugang zu diesem so hervorragenden und edlen Teil der Philosophie offen stehe. Wisse also, mein Sohn, dass in diesem Werk die ganze Ausübung der Kunst enthalten ist, in umfassenden Kapiteln, in erschöpfender Erörterung und ohne irgendeine Einschränkung. Wer nach diesem Buch arbeitet, dem wird, bei Gott, das Glück zuteil, zum Ziel dieser Kunst gelangt zu sein.

Aber wisse, lieber Sohn, dass derjenige, der die natürlichen Prinzipien nicht im Innersten begriffen hat, von vornherein weit von unserer Kunst entfernt ist, denn ihm fehlt die wahre Grundlage, auf der er sein Vorhaben gründen kann. Andererseits – wer alle für ihn wichtigen natürlichen Prinzipien und Ursachen kennt, der muss damit nicht notwendig das wahre Ziel und den wahren Zweck dieser sehr verborgenen Kunst erfasst haben, aber immerhin – er hat den leichteren Zugang zu den Prinzipien der Kunst, mag er auch noch so unwissend sein über ihr Ziel und über die Methode unseres Buches. Dieser ist vom Zugang zu unserer Kunst nicht weit entfernt. Wer aber von allem die Prinzipien, die Ursachen der Mineralien und die Art [ihrer] Entstehung kennt, wie sie nach dem Willen der Natur geschieht, der ist nicht mehr weit von der Vollendung des Werks entfernt, ohne die unsere Wissenschaft nicht zu ihrer Erfüllung gelangen kann.

Denn die Kunst ahmt die Natur nicht in allen ihren Werken nach, sondern sie ahmt sie nach, so gut sie es kann. Deshalb, lieber Sohn, hüte das, was wir dir jetzt sagen, als ein Geheimnis: Darin irren sich die Künstler, dass sie die Natur in allen unterschiedlichen Eigenheiten ihres Wirkens nachahmen wollen. Mach dich also mit Eifer daran, in unseren Büchern zu studieren, und bemühe dich, es immer wieder zu überdenken, damit du aus unseren Worten den wahren Sinn erfassen mögest. Denn in ihnen wirst du das finden, worauf du dein Denken gründen musst. Lerne auch aus ihnen, wie du Irrtümer vermeidest und in welchen Dingen du beim Ausüben deiner Kunst die Natur nachahmen kannst.

(Geber latinus: *Summa perfectionis*, Kap. 1, spätes 13. Jh. – Ausgabe: William R. Newman: *The „Summa perfectionis“ of Pseudo-Geber*. Leiden u. a. 1991, S. 249 – 252. – Engl.: Newman, S. 633 – 634. – Dtsch.: *Die Alchemie des Geber*. Hrsg. von Ernst Darmstaedter. Berlin 1922, S. 19 – 20. – Von Darmstaedter verwendete Ausgabe: *De Alchemia*. Nürnberg 1541, S. 20 – 22. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Newman und Darmstaedter)

Kommentar:

Hinter dem Pseudonym Geber, dem lateinischen Namen für den arabischen Alchemisten Ġābir, verbirgt sich ein Autor namens Paulus von Tarent. Er verfasste unter seinem richtigen Namen ein alchemistisches Werk *Theorica et practica*, ferner anonym eine Bearbeitung von ar-Rāzīs *Buch der Geheimnisse* unter dem Titel *De investigatione perfectionis*. Im letzteren Werk kündigte er an, er werde demnächst eine *Summa* verfassen. Die auch bei anderen Alchemisten gebräuchliche Methode, manches nur anzudeuten oder verkürzt darzustellen, hatte den Zweck, wichtige Informationen nur dem Fortgeschrittenen zugänglich zu machen und den Dilettanten fernzuhalten. Paulus stützte sich bei diesem Passus auf Ġābirs *Siebzig Bücher*, die er als Quelle für die *Summa* verwendete. Er verspricht seinem Schüler, in diesem Werk alles Wesentliche in hinreichender Ausführlichkeit zu bringen.

Geber latinus kommt dann auf die theoretischen Grundlagen der Alchemie zu sprechen. Die „natürlichen Prinzipien“ (lat. *principia naturalia*) und „Ursachen“ (*causae*) sind die Urstoffe und Ureigenschaften, insbesondere die aristotelischen vier Elemente und Urqualitäten, ferner die Prinzipien „Schwefel“ und „Quecksilber“. Die Kenntnis von diesen Prinzipien gehörte zum Wissensbestand der mittelalterlichen Gelehrten, wenn sie sich ausführlicher mit der Materietheorie befassten. Wer damit vertraut ist, der ist nach Gebers Ansicht von den Anschauungen der Alchemie nicht weit entfernt.

Er kommt dann auf ein Thema zu sprechen, das von den Alchemisten und auch von ihren Gegnern oft diskutiert wurde. „Die Kunst ahmt die Natur nach“ (*ars imitat naturam*) – dieser Leitsatz stammt von Aristoteles, der auch die Ansicht vertrat, dass die „Kunst“ die Natur nie erreichen könne, also künstliche Prozesse oder Produkte immer hinter den natürlichen zurückblieben. Diese Frage wurde in der Alchemie durch die künstliche Herstellung von Gold oder Silber aktuell, womit man den Bildungsprozess dieser beiden Metalle abkürzen wollte, der sich nach allgemeiner Anschauung in langen Zeitabschnitten auch im Erdinnern abspielte. Der Autor bejahte die Ansicht von Aristoteles, dass die Kunst die Natur nicht in allen Punkten nachahmen könne.

Geber verwendet hier und auch sonst in der *Summa* nicht die Begriffe Alchemie und Alchemist. Stattdessen spricht er abwechselnd von „unserer Kunst“ (*ars nostra*) oder „unserer Wissenschaft“ (*scientia nostra*), gelegentlich auch von „Philosophie“ (*philosophia*), lässt aber keinen Zweifel daran, dass sie für ihn eine Wissenschaft darstellt. Der Alchemist wird von ihm meist als „Künstler“ (*artifex*) bezeichnet. Das „Werk“ (*opus*) ist der zum Gold und Silber oder zum Stein der Weisen hinführende Transmutationsprozess.

## **Text 2. Geber: Berufliche Qualifikation des Alchemisten**

Wir schließen also aus dem oben Gesagten, dass der Künstler dieses Werks in Grundkenntnissen der Naturphilosophie unterrichtet und fortgeschritten sein muss. Denn wie viel Geld er auch haben mag, eine wie tiefe natürliche Begabung, wie viel Begeisterung für diese Kunst, er wird dennoch ihr Ziel nicht erreichen, wenn er nicht durch Unterweisung zur Beherrschung der Naturphi-

losophie gelangt ist. Denn was man allein durch eine natürliche Begabung nicht erreicht, dessen Mangel wird durch Unterweisung ausgeglichen.

Ferner muss sich der Künstler von äußerstem Forschungseifer und Fleiß leiten lassen. Denn mag er auch durch die Unterweisung mit noch so viel Wissen vollgestopft sein – wenn nicht der natürliche Fleiß dazukommt, wird er nicht zum herrlichen Festmahl eingeladen werden. Durch Forschungseifer und Fleiß nämlich würde er seinen Irrtum auf der Stelle korrigieren, gegen den er kein Heilmittel hätte, wenn er nur auf sein angelerntes Wissen bauen könnte. In ähnlicher Weise würde er seinen Irrtum auf der Stelle durch seine erlernten Grundkenntnisse korrigieren, den er allein durch seinen natürlichen Fleiß nicht vermeiden könnte. Denn die Kunst wird durch die Begabung unterstützt und ebenso die Begabung durch die Kunst.

Es ist auch notwendig, dass er beim Werk von beständigem Willen ist, so dass er nicht bald dieses, bald jenes auszuprobieren sich vornimmt, denn unsere Kunst kommt nicht in der Vielheit der Dinge zum Ziel. Es gibt nämlich nur einen einzigen Stein und eine einzige Medizin, auf dem das Magisterium beruht, und dem setzen wir nichts hinzu, noch nehmen wir etwas weg, es sei denn, dass wir bei der Präparation Überflüssiges entfernen. Er muss auch emsig bei seinem Werk bis zu dessen Vollendung bleiben, so dass er es nicht verstümmelt und unvollendet liegen lässt, denn aus einem unvollständigen Werk wird er weder Wissen noch Nutzen gewinnen, sondern allenfalls Verzweiflung.

Es ist auch wichtig, dass er die Prinzipien und wichtigsten Grundlagen kennt, die das Wesen des Werks ausmachen, denn wer den Anfang nicht kennt, der wird auch nicht das Ende erreichen. Wir werden dir alle diese Prinzipien vorführen in einer Darstellung, die vollständig und für die Verständigung genügend offen und manifest ist, entsprechend den Erfordernissen dieser unserer Kunst. Es ist ebenfalls wichtig, dass er ein ruhiges Temperament hat und wenig zum Zorn neigt, damit er nicht etwa in einem Wutanfall alles, was er begonnen hat, zerstört und vernichtet. Desgleichen soll er sein Geld zusammenhalten und es nicht leichtsinnig an Unzuverlässige verteilen, damit er nicht, wenn er [das Ziel] der Kunst vielleicht nicht erreicht, völlig verarmt in Elend und Verzweiflung versinken muss; oder, wenn er vielleicht durch seine Forschungen fast ans Ziel dieses Magisteriums gelangt ist, dann seine Mittel erschöpft sind und der Bedauernswerte aus Armut das wahre Ziel gewaltsam aufgeben muss.

(Geber latinus: *Summa perfectionis*, Kap. 6, spätes 13. Jh. – Ausgabe: William R. Newman: *The „Summa perfectionis“ of Pseudo-Geber*. Leiden u.a. 1991, S. 261 – 265. – Engl.: Newman, S. 638 – 639. – Dtsch.: *Die Alchemie des Geber*. Hrsg. von Ernst Darmstaedter. Berlin 1922, S. 21 – 22. – Von Darmstaedter verwendete Ausgabe: *De Alchemia*. Nürnberg 1541, S. 27 – 28. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Newman und Darmstaedter)

Kommentar:

Ausführlich setzt sich Geber in seinem Werk mit der Qualifikation des Alchemisten auseinander und mit den Hindernissen, die es zu vermeiden gilt. In dem hier ausge-

wählten Textabschnitt geht es hauptsächlich um „äußere Hindernisse“, wie er sie nennt. Zunächst muss der „Künstler“, d.h. der Alchemist gut in der Naturphilosophie (*philosophia naturalis*) unterwiesen worden sein und nicht nur oberflächliche Kenntnisse besitzen. Die Unterweisung (*doctrina*) spielt also eine wichtige Rolle. Die Naturphilosophie betrifft in diesem Fall vor allem die Materietheorie, wie z.B. die aristotelische Elementenlehre. Ferner ist eine natürliche Begabung (*ingenium naturale*) erforderlich. Auch soll der Alchemist Forschungseifer (*perscrutatio*) und Fleiß (*industria*) besitzen. Natürliche Begabung und Kunst – hier vielleicht die praktische Erfahrung - unterstützen sich gegenseitig.

Weitere Charaktereigenschaften werden genannt. Der Alchemist soll einen beständigen Willen (*voluntas*) haben und nicht bald dieses, bald jenes planen – es gebe nur einen einzigen Stein der Weisen. Ferner wird von dem Alchemisten Ausdauer verlangt, damit das Werk nicht unvollendet bleibt. Schließlich ist auch ein ruhiges Temperament erforderlich, da ein Choleriker bei Misserfolg seine Arbeit zerstören könnte. Zwischendurch kommt Geber noch einmal (siehe Text 1) auf die Prinzipien (*principia*) und wichtigsten Grundlagen (*radices principales*) der Alchemie zu sprechen. Damit ist einmal die allgemeine Materietheorie gemeint, zum andern aber auch die speziellen Theorien der Alchemie. Er sagt, wer den Anfang (*principium*) nicht kenne, der finde auch nicht das Ende – ein Wortspiel mit dem Wort „principium“ in seinen beiden Bedeutungen Prinzip und Anfang, das man im Deutschen nicht nachahmen kann. Der Text endet mit der Mahnung, dass der Alchemist mit seinem Geld sparsam umgehen solle.

„Medizin“ (*medicina*) ist ein anderes Wort für den Stein der Weisen. „Magisterium“ (*magisterium*), wörtl. Meisterwerk, ist wie „Werk“ (*opus*) eine Bezeichnung für die Ausführung des Transmutationsprozesses.

### **Text 3. Geber: Verfahren der Calcination**

Nach der Behandlung der Destillation wollen wir nun unser Kapitel über die Calcination vorlegen. Die Calcination eines Dinges durch das Feuer ist die Überführung dieses Dinges in ein Pulver, verursacht durch die Entfernung der Feuchtigkeit, die seine Teilchen verfestigte. Der entscheidende Punkt dieses Verfahrens ist der, dass die verderbende und verunreinigende, brennbare Schwefligkeit durch das Feuer beseitigt wird. Unterschieden wird dieses Verfahren je nach der Verschiedenheit der zu calcinierenden Dinge. Calciniert werden die Metalle („Körper“), die flüchtigen Stoffe („Geister“) und andere Dinge, die von der Natur dieser beiden abweichen, und zwar mit einer jeweils verschiedenen Zielsetzung. Weil die unvollkommenen Metalle von zweierlei Art sind, nämlich harte wie Kupfer und Eisen und weiche wie Zinn und Blei, die alle calciniert werden, ist es notwendig, dass sie mit einer unterschiedlichen, speziellen Zielsetzung calciniert werden.

Sie werden aber dennoch mit nur einer einzigen Zielsetzung calciniert, nämlich, dass jene verderbende und verunreinigende Schwefligkeit zerstört wird. Durch das Feuer wird nämlich aus jedem beliebigen Ding die brennbare Schwefligkeit herausgebrannt, die ohne Calcination nicht zerstört werden kann, weil das Metall selbst fest ist. Wegen der Festigkeit und Verborgtheit der Schwefligkeit in der Verbindung mit der Substanz des Quecksilbers wird es durch [das Quecksilber] vor der Verbrennung geschützt. Daher war es nö-

tig, diese Verbindung aufzulösen, damit das Feuer freier zu jedem seiner kleinsten Teilchen gelangen und die Schwefligkeit aus ihm herausbrennen kann und damit die Verbindung mit dem Quecksilber in ihm es nicht schützen kann. ...

Auch die Metalle, die untereinander verschieden sind, werden im gleichen Sinne auf verschiedene Weise calciniert. Denn die weichen Metalle haben eine gemeinsame Methode entsprechend der Zielsetzung der Calcination, nämlich die, dass sie beide nur durch das Feuer calciniert werden – oder durch die Schärfe von präpariertem oder unpräpariertem Salz.

Die erste Methode – nur durch das Feuer – wird so ausgeführt, dass man ein eisernes oder irdenes Gefäß nimmt, ähnlich wie eine Schüssel geformt, dessen Struktur fest sein soll. [Das Gefäß] soll einem Calcinationsofen für [die weichen Metalle] angepasst sein, und zwar derart, dass man darunter ein Kohlenfeuer anlegen und dieses anblasen kann. Das Blei oder Zinn lege man auf den Boden des Gefäßes, das fest auf einem eisernen Dreifuß oder drei steinernen Säulen stehen soll. [Der Dreifuß] soll in ähnlicher Weise an den Ofenwänden durch vier oder drei Steine eingekeilt werden, die ihn dagegen drücken, damit sich das Gefäß nicht bewegen kann. Die Form des Ofens soll dieselbe sein wie die des Ofens für starkes Erhitzen, über den bereits berichtet wurde und in einem vollständigeren Kapitel noch einmal berichtet werden soll. Es soll dann ein Feuer in [dem Ofen] unter jenem Calcinationsofen angezündet werden, das kräftig genug ist, um das zu calcinierende Metall zu schmelzen.

Wenn das Metall durch die Hitze des Feuers auf seiner Oberfläche eine schwarze Haut gebildet hat, soll diese mit einem eisernen Spatel oder einem Stein abgezogen werden, die durch die Einwirkung des Kalks nicht verbrannt werden können. Dieses Abziehen soll so lange fortgesetzt werden, bis das Metall in ein Pulver übergeführt worden ist. Wenn es sich um Blei handelte, soll es einem stärkeren Feuer ausgesetzt werden, bis sein Kalk in eine rein gelbe Farbe umgewandelt worden ist. Wenn es Zinn war, soll es in ähnlicher Weise ausgesetzt und abgezogen werden, bis [sein Kalk] vollständig in reines Weiß umgewandelt worden ist.

Wir machen den Künstler aber darauf aufmerksam, dass Blei aus seinem Kalk leicht [in den metallischen Zustand] zurückkehrt, Zinn aber nur sehr schwierig. Daher soll es ihm nicht passieren, dass er einen gravierenden Fehler macht, wenn er das Blei nach seiner ersten Calcination einem stärkeren Feuer aussetzt, damit nicht dessen Kalk, bevor er ganz hergestellt worden ist, in [seinen metallischen Zustand] zurückkehrt. Denn das Feuer benötigt eine Mäßigung und eine allmähliche und vorsichtige Steigerung, bis [das Blei] in seinem Kalk dauerhaft gemacht ist, damit es nicht leicht [in seinen metallischen Zustand] zurückkehrt, und damit ihm jetzt ein stärkeres Feuer zugeführt werden kann, so dass [die Bildung] seines Kalks vollendet wird. Auch soll es ihm nicht passieren, dass er wegen der schwierigen Reduktion des Zinns einen Fehler macht, so dass, wenn er dessen Kalk der Reduktion unterworfen hat, es ihm passiert, dass er ihn nicht mehr reduzieren kann, sondern er feststellt, dass [der Kalk] sich noch in seinem früheren Zustand befindet oder in

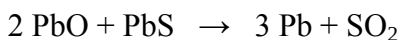
ein Glas übergeführt worden ist, und nun meint, seine Reduktion sei unmöglich.

(Geber latinus: Summa perfectionis, Kap. 47, spätes 13. Jh. – Ausgabe: William R. Newman: The „Summa perfectionis“ of Pseudo-Geber. Leiden u.a. 1991, S. 417 – 419, 421 – 425. – Engl.: Newman, S. 704 – 707. – Dtsch.: Die Alchemie des Geber. Hrsg. von Ernst Darmstaedter. Berlin 1922, S. 53 – 54. – Von Darmstaedter verwendete Ausgabe: De Alchemia. Nürnberg 1541, S. 105 – 108. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Newman und Darmstaedter)

Kommentar:

Geber befasst sich in diesem Kapitel, aus dem der Textabschnitt entnommen ist, mit der Calcination. Zuerst erörtert er allgemeine Gesichtspunkte und beschreibt dann die Verfahren, die je nach der Stoffgruppe verschieden sind. Seine Deutung der Calcination der Metalle, die nach unseren heutigen Kenntnissen deren Vereinigung mit Sauerstoff darstellt, basiert auf der Schwefel-Quecksilber-Theorie. Nach dieser Theorie sind die Metalle aus den beiden Prinzipien „Schwefel“ und „Quecksilber“ aufgebaut, die ihrerseits aus den vier Elementen bestehen. Durch die Calcination soll der Anteil des brennbaren „Schwefels“, der unter anderem für den unedlen Charakter der Metalle verantwortlich war, durch das Feuer verbrannt werden. Bei normaler Temperatur war dieser „Schwefel“ in den Metallen durch die enge Verbindung mit dem „Quecksilber“ weitgehend geschützt. Nach außen hin manifestierte sich die Calcination dadurch, dass das feste Metall in ein Pulver umgewandelt worden war.

Im Folgenden wird dann die Ausführung der Calcination von Blei und Zinn genau beschrieben. Beim Blei bildet sich ein gelber Kalk, die Bleiglätte bzw. das Bleioxid  $\text{PbO}$ , beim Zinn ein weißer Kalk, das Zinnoxid  $\text{SnO}_2$ . Geber weist darauf hin, dass der Bleikalk leicht wieder in Blei übergeht, der Zinnkalk aber nur schwer in Zinn, damit der Alchemist bei seinen Arbeiten keinen Fehler macht. Was die leichte Reduzierbarkeit der Bleiglätte zu Blei betrifft, so ist diese im Prinzip bei reduzierender Atmosphäre des Feuers ohne Zusatz von Holzkohle möglich. Viel wahrscheinlicher ist aber, dass das Blei noch Bleiglanz  $\text{PbS}$  enthielt, der mit der Bleiglätte etwa nach folgender Formel reagierte:



Zinnoxid schmilzt bei starker Hitze zu einem rötlichen glasartigen Produkt. Bemerkenswert ist, dass bei der Rückführung des Kalks in das entsprechende Metall von einer Reduktion (*reductio*) gesprochen wird.

Zur Calcination des Bleis und Zinns mit dem „scharfen Salz“ liefert Geber keine näheren Informationen. Vielleicht wurden auch in diesem Fall die Metalle in ihre Kalke umgewandelt, ohne dass die Salze daran beteiligt waren. Im Folgenden, hier nicht wiedergegebenen Text wird auch die Calcination von Eisen und Kupfer genau beschrieben. In allen Fällen versucht Geber, auch eine theoretische Erklärung für das Verhalten der einzelnen Metalle bei der Calcination zu geben. Über die Calcination der flüchtigen Stoffe wird nicht viel mehr ausgesagt, als dass sie dadurch beständiger und wasserlöslicher werden. Die Metalle werden in diesem Text als „Körper“ (*corpora*), die flüchtigen Stoffe als „Geister“ (*spiritus*) bezeichnet – eine Benennung, die

bereits in der griechischen Alchemie üblich war. Blei, Zinn, Eisen und Kupfer tragen hier die Namen der zugehörigen Planeten (*Saturnus, Jupiter, Mars, Venus*).

**Text 4. Geber: Für die Transmutation erforderliche Eigenschaften der „Medizin“**

Wir wollen nun vor allen Dingen einen allgemeinen Bericht über die Medizinen mit ihren theoretischen Grundlagen und mit deutlichen Experimenten geben. Wir weisen nachdrücklich darauf hin: Wenn nicht alles Überflüssige, sei es durch eine Medizin, sei es durch eine Methode der Präparation, von den unvollkommenen Metallen weggenommen wird, werden sie nicht vervollkommen werden. Das heißt, es muss von [den Metallen] alle überflüssige Schwefligkeit und alle schmutzige Erdigkeit entfernt werden, mit anderen Worten, diese beiden müssen bei der Schmelzung nach der Projektion der Medizin, die sie umwandeln soll, aus der Mischung abgetrennt werden. Wenn du dies festgestellt hast, hast du schon eines von den Unterscheidungsmerkmalen der Vollkommenheit.

Ferner und vor allem: Wenn die Medizin nicht entsprechend deiner angestrebten Absicht [das Metall] glänzend macht und es in eine weiße oder rein-gelbe Farbe umwandelt, die ein wunderbares Leuchten mit dem Glanz des Blitzes hervorruft, ist die Vollendung der von der Vollkommenheit entfernten Metalle nicht ganz beendet.

Und ferner: Wenn [die Medizin] nicht als endgültiges Ergebnis ein Schmelzen wie beim Silber oder Gold bewirkt, befindet sich die noch veränderliche [Substanz] nicht im Zustand der Vollkommenheit, da sie bei den Probiermethoden nicht zur Ruhe kommt, sondern sich von der Mischung trennt und verschwindet. Dies werden wir im Folgenden noch in ausführlicherer Darstellung zeigen.

Und ferner: Wenn die Medizin nicht mit einer dauerhaften Wirkung der Umwandlung fortdauert, ist die Umwandlung [der Metalle] wertlos, da sie nicht beständig ist, sondern die Wirkung sich wieder verliert.

Und ferner: Wenn sie nicht die Gewichte der Vollkommenheit hervorbringt, wandelt sie nicht in der zuverlässigen und unbestechlichen Vollendung der Natur um, bei der es keine Täuschung durch den Irrtum der Leichtgläubigkeit gibt. Das natürliche Gewicht ist nämlich eines der Zeichen der Vollkommenheit.

Da es fünf Unterscheidungsmerkmale der Vollkommenheit gibt, ist es klar, dass die Medizin unseres Magisteriums diese fünf Unterscheidungsmerkmale bei der Projektion hervorbringen muss. Hierdurch ist klar, woraus unsere Medizin gewonnen werden muss. Denn sie wird durch [die Dinge] gewonnen, die sich am besten mit den Metallen verbinden und sich tief in ihrem Inneren freundschaftlich an sie hängen und so umwandeln. Da wir bei unseren Untersuchungen über andere Dinge durch unsere Forschung herausgefunden haben, dass kein anderes Ding den Naturen der Metalle freundlicher ist als das Quecksilber, haben wir unsere ganze Aufmerksamkeit darauf gerichtet und

gefunden, dass dieses die wahre Medizin für die umzuwandelnden [Dinge] in ihrer Vollendung ist, mit einer echten und reichen Umwandlungsfähigkeit.

Es bleibt noch übrig, dass wir seine Substanz und die unterschiedlichen Eigenschaften dieser Substanz präzise beschreiben. Da wir gefunden haben, dass es ohne das Mittel der Umwandlung seiner Natur nicht selbst umwandeln kann, haben wir zugleich gefunden, dass es notwendigerweise vorher präpariert werden muss, da es sich ohne eine Methode der Präparation nicht [mit dem Metall] tief im Inneren vermischt. Diese [Methode] besteht darin, dass die Substanz [des Quecksilbers] so beschaffen sein muss, dass sie sich tief im Inneren bis zum verborgenen Teil des umzuwandelnden Metalls mischt, ohne sich in Ewigkeit wieder [von ihm] zu trennen. Dies aber geschieht nur, wenn es durch eine genau bestimmte und festgelegte Präparation aufs äußerste fein gemacht wird – dies wird im entsprechenden Kapitel behandelt werden.

(Geber latinus: Summa perfectionis, Kap. 71, spätes 13. Jh. – Ausgabe: William R. Newman: The „Summa perfectionis“ of Pseudo-Geber. Leiden u. a. 1991, S. 539 – 543. – Engl.: Newman, S. 749 – 751. – Dtsch.: Die Alchemie des Geber. Hrsg. von Ernst Darmstaedter. Berlin 1922, S. 77 – 78. – Von Darmstaedter verwendete Ausgabe: De Alchemia. Nürnberg 1541, S. 164 – 165. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Newman und Darmstaedter)

Kommentar:

In diesem Kapitel entwickelt Geber seine allgemeinen Vorstellungen über die Eigenschaften, die ein Elixier haben sollte, damit eine echte und dauerhafte Transmutation stattfindet. Statt „Elixier“ verwendet er das Wort „Medizin“ – sozusagen als Heilmittel für die „kranken“, d.h. unedlen Metalle. Grundlage seiner Überlegungen ist seine Materietheorie, in der die aristotelische Vier-Elemente-Lehre, die Schwefel-Quecksilber-Theorie und eine Korpuskulartheorie miteinander kombiniert sind. Die vier Elemente treten in erster Stufe zu „Schwefel“ und „Quecksilber“ zusammen, und diese bilden in zweiter Stufe in unterschiedlicher Menge und unterschiedlichem Reinheitsgrad die Metalle. Das unterschiedliche Gewicht der Metalle ergibt sich aus der unterschiedlichen Größe und der dichteren und loseren Packung der Schwefel- und Quecksilberteilchen. Gold sollte nach Geber vorwiegend aus kleinen, einheitlichen Quecksilberteilchen bestehen, womit er dessen hohes Gewicht erklärte.

Da das Quecksilber mit Gold leicht ein Amalgam bildet, hielt er das natürliche Quecksilber für das geeignete Ausgangsprodukt zur Gewinnung der Medizin. Es konnte aber nicht als solches verwendet werden, sondern musste vorher „präpariert“, d.h. chemisch bearbeitet werden. Nach Geber gibt es fünf Merkmale für eine Transmutation, die im Idealfall alle erfüllt sein müssen: 1. Überflüssiger „Schwefel“ und eine verunreinigende erdige Substanz müssen aus dem umzuwandelnden Metall entfernt werden. 2. Es muss ein Metall mit Farbe und Glanz des Silbers oder Goldes gebildet werden. 3. Das Produkt muss dasselbe Schmelzverhalten wie Silber oder Gold zeigen – von einem Schmelzpunkt kann man ja damals noch nicht sprechen. Andernfalls besteht das Produkt Probiermethoden wie Kupellation oder Zementation nicht. 4. Die Umwandlung muss eine dauerhafte sein. 5. Das Produkt muss dasselbe Gewicht wie Silber oder Gold haben. Die ideale Medizin muss so beschaffen sein,

dass sie alle diese Eigenschaften dem umzuwandelnden Metall verleiht, wozu die erwähnte Präparierung des Quecksilbers notwendig ist.

Es ist noch auf einige Fachbegriffe kurz hinzuweisen. „Magisterium“ (*magisterium*), wörtl. Meisterwerk, ist eine Bezeichnung für den Transmutationsprozess, „Projektion“ (*proiectio*) bedeutet das Aufwerfen des Elixiers auf die umzuwandelnde Substanz, die „Probiermethoden“ heißen auf Lateinisch *iudicia*, Sing. *iudicium*. Für „Umwandlung“ verwendet Geber das Wort *alteratio*, das bei Aristoteles eigentlich nur eine qualitative Umwandlung bedeutet. „Mischung“ (*commixtio*) ist kein mechanisches Gemenge, sondern etwas, was begrifflich in die Nähe einer chemischen Bindung rückt. Für „Experiment“ steht im Lateinischen das Wort *experientia*, das auch „Erfahrung“ bedeuten kann. Das Wort „Vollkommenheit“, latein. *perfectio*, bezeichnet den Endzustand der gelungenen Transmutation. Die Transmutation mit Hilfe der „Medizin“ findet *in profundo*, d.h. ganz tief im Inneren des umzuwandelnden Metalls statt.

### **Text 5. Geber: Probiervverfahren der Kupellation**

Wir geben nun einen Bericht über die Kupellation mit allen ihren offenbaren theoretischen Grundlagen und der Methode ihrer Ausführung. Nur die Substanz des Silbers und des Goldes hält der Probe der Kupellation stand. Wir wollen daher die wahren Unterschiede der Substanzen dieser beiden vollkommenen Metalle genau erforschen, auch die theoretischen Grundlagen der Kupellation, und wir werden zu ergründen versuchen, weshalb bei der Probe dieses Magisteriums von den von der Vollkommenheit entfernten Metallen die einen mehr, die anderen weniger standhalten. ...

Diejenigen von der Vollkommenheit entfernten Metalle, die mehr Erdigkeit enthalten, halten bei dieser Probe weniger stand. Diejenigen, die weniger [Erdigkeit] enthalten, [halten] mehr [stand], weil diese wegen der Feinheit ihrer Teilchen, die sich in ganz besonderer Weise miteinander vermischen und vereinigen, besser zusammenhalten. Die Metalle, die von größerer Feinheit [ihrer Teilchen] sind, oder die Metalle, die von größerer Grobheit sind als diejenigen, die sich in der Vollkommenheit befinden, werden notwendigerweise ganz aus der Mischung abgetrennt, da sie nicht dasselbe Schmelzverhalten zeigen, und folglich trennen sie sich. Diejenigen, die eine kleine Menge Quecksilber enthalten, trennen sich leichter aus der Mischung. Es ist daher klar, dass das Blei, da es viel Erdigkeit und eine geringe Menge Quecksilber enthält und daher leicht schmelzbar und fein ist – [Eigenschaften,] die alle der Kupellation genannten Probe der Vollkommenheit ganz entgegengesetzt sind –, dass das Blei im Vergleich zu allen anderen Metallen während der Probe der Kupellation in der Mischung am wenigstens standhält, sondern sich sehr schnell abtrennt und verschwindet. ...

Wir wollen nun über die Methode [der Kupellation] berichten, da sie uns für die sichere Erkenntnis der Vollkommenheit dieses Magisteriums sehr notwendig ist. Ihre Methode besteht darin, dass man gesiebte Asche, Kalk, pulverisierte gebrannte Tierknochen oder eine Mischung von allen oder einigen nimmt. Dies soll dann mit Wasser angefeuchtet und mit der Hand festgedrückt werden, es soll eine feste und dichte Schicht entstehen, in der Mitte der Schicht soll eine runde und feste Vertiefung gemacht und auf den Boden

jener Vertiefung eine gewisse Menge zerriebenes Glas gestreut werden. Dann lässt man es trocknen, und wenn es trocken ist, soll jenes [Metall], das man dieser Probe zu unterziehen beabsichtigt, in die erwähnte Vertiefung gelegt werden, und darüber soll eine starkes Kohlenfeuer angezündet werden. Über die Oberfläche des zu probierenden Metalls soll geblasen werden, bis es schmilzt. Wenn es geschmolzen ist, wollen wir einen Teil Blei nach dem andern darauf werfen, und darüber soll mit der Flamme eines sehr starken Feuers geblasen werden.

Wenn du siehst, dass es durch eine starke Erschütterung hin und her bewegt wird, dann ist es [noch] nicht rein. Wenn es verschwunden ist und seine Bewegung nicht aufhört, ist [das Metall] nicht gereinigt. Wirf also noch einmal Blei darauf und blase noch einmal, bis das Blei abgetrennt ist. Wenn es [immer noch] nicht zur Ruhe gekommen ist, dann wiederhole das Daraufwerfen des Bleis und das Blasen über seine Oberfläche so oft, bis es ruhig ist und du siehst, dass es auf seiner Oberfläche rein und klar ist. Dann nimm die Kohlen weg, zerstreue das Feuer und gieße Wasser auf seine Oberfläche. Du wirst finden, dass es in vollkommener Weise probiert worden ist.

Wenn du irgendwann während des Blaseprozesses dieser Probe Glas darauf wirfst, wird [das Metall] noch besser und vollkommener gereinigt, weil [das Glas] die Verunreinigungen wegnimmt und sie einhüllt. Statt Glas kann man auch Salz, Borax oder irgendeinen Alaun darauf werfen. Übrigens kann seine Probe auch in einem irdenen Tiegel ausgeführt werden, und es kann sowohl außenherum, als auch über die Oberfläche geblasen werden, so dass das zu Probierende schneller erhitzt wird.

(Geber latinus: *Summa perfectionis*, Kap. 83, spätes 13. Jh. – Ausgabe: William R. Newman: *The „Summa perfectionis“ of Pseudo-Geber*. Leiden u.a. 1991, S. 591 – 594, 597 – 600. – Engl.: Newman, S. 769 – 773. – Dtsch.: *Die Alchemie des Geber*. Hrsg. von Ernst Darmstaedter. Berlin 1922, S. 87 – 89. – Von Darmstaedter verwendete Ausgabe: *De Alchemia*. Nürnberg 1541, S. 187 – 188, 190 – 191. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Newman und Darmstaedter)

Kommentar:

Geber behandelt im letzten Teil seines Buches in mehreren Kapiteln das „Probieren“ (*examen*), d.h. analytische Methoden, mit deren Hilfe man den Erfolg einer Transmutation überprüfen konnte. Die hier erörterte Methode ist die Kupellation, die bei Geber „Aschenprobe“ (*cineritium*) genannt wird. Die Kupellation wurde in einem dickbodigen Tiegel aus gepresster Asche mit einer kleinen Vertiefung ausgeführt, der als Kupelle oder Kapelle bezeichnet wurde. Bei Geber ist es kein Tiegel, sondern eine Schicht aus gepresster Asche, aber das Prinzip ist dasselbe. Das zu untersuchende Metall wurde zusammen mit Blei in der Vertiefung geschmolzen. Bei der im Text erwähnten Kohle handelte es sich um Holzkohle, und zum Blasen wurde vermutlich ein Handblasebalg benutzt. Das Blei verschmolz mit dem Metall, wurde allmählich oxidiert, und das Bleioxid wurde von der Ascheschicht absorbiert und nahm dabei die Oxide der unedlen Metalle und die Verunreinigungen mit. Nur Silber und Gold wurden bei der Kupellation nicht angegriffen, sondern blieben als Silber- oder Goldkugeln in der Vertiefung zurück, wenn das Metall tatsächlich eines der beiden Edelmetalle enthielt. Merkwürdig ist, dass Geber beides nicht erwähnt: weder das

Gold- oder Silberkügelchen bei Edelmetallgehalt noch die leere Vertiefung, wenn das zu probierende Metall kein Gold oder Silber enthielt. Die Kupellation ist eine sehr genaue Analysenmethode und wird noch heute bei der Edelmetallanalyse angewandt.

Geber gibt mit Hilfe seiner Materietheorie eine theoretische Erklärung für das unterschiedliche Verhalten der Metalle bei der Kupellation. Dabei unterscheidet er zwischen den Edelmetallen („Metalle, die sich in der Vollkommenheit befinden“) Silber und Gold und den unedlen Metallen („die von der Vollkommenheit entfernten Metalle“) Kupfer, Zinn, Blei und Eisen. Über die Edelmetalle wird an der ausgelassenen Textstelle ausgesagt, dass sie wegen der vielen feinen und verdichteten Quecksilberteilchen schwer schmelzbar sind und daher der Kupellation standhalten. Die unedlen Metalle enthalten viel Erdigkeit, wenig „Quecksilber“ und entweder feinere oder gröbere Teilchen als die Edelmetalle und trennen sich daher leichter aus der Mischung, d.h. sie halten der Kupellation weniger stand. In dem folgenden, hier ausgelassenen Text versucht er, bei den unedlen Metallen eine Reihenfolge ihrer Beständigkeit gegenüber der Kupellation festzulegen. Zinn ist am beständigsten, es folgt das Kupfer, und am wenigsten hält das Blei stand; Eisen ist mit Blei überhaupt nicht mischbar.

#### **Text 6. Albertus Magnus (zugeschr.): Ratschläge für den Alchemisten**

Die erste Vorschrift lautet, dass der Künstler dieser Kunst verschwiegen sein und zurückgezogen leben soll und dass er niemandem sein Geheimnis enthüllen soll, und dies muss er deutlich machen, mehr als alle Vernunft. Denn er muss sich darüber völlig im Klaren sein, dass, wenn mehrere [sein Geheimnis] wüssten, es auf keine Weise ausbleiben kann, dass es unter das Volk gebracht wird. Und wenn es unter das Volk gebracht ist, wird man ihn für einen Fälscher halten, und so wird er im Elend versinken und das Werk unvollendet zurückbleiben.

Die zweite Vorschrift lautet, dass der Künstler einen besonderen Ort und ein besonderes Haus außerhalb der Sichtweite der Menschen haben soll, in dem sich zwei oder drei Räume befinden, in denen die Operationen zum Sublimieren, zu den Lösungen und Destillationen ausgeführt werden sollen, wie ich es im Folgenden näher erläutern werde.

Die dritte ist, dass er die Zeit beachten soll, in der die Operationen ausgeführt werden sollen, insbesondere die Stunden für Sublimationen, Lösungen und Destillationen. Denn Sublimationen hätten im Winter nur wenig Wert, aber Lösungen und Calcinationen können zu jeder Zeit ausgeführt werden. Alle diese Dinge werde ich bei den betreffenden Operationen klar erläutern.

Die vierte lautet, dass der Künstler dieser Kunst fleißig und beständig bei den Operationen sein soll, dass er nicht ihrer überdrüssig werden, sondern bis zum Ende durchhalten soll. Denn wenn er angefangen und nicht durchgehalten hat, verliert er Material und Zeit.

Die fünfte, dass stets nach den Regeln der Kunst gearbeitet werden soll: erstens beim Zusammengeben [der Stoffe], zweitens bei den Sublimationen, drittens bei den Fixierungen, viertens bei den Calcinationen, fünftens bei den

Lösungen, sechstens bei den Destillationen, siebtens bei den Koagulationen, und zwar in der richtigen Reihenfolge. Wenn er aber vorhaben sollte, neben dem Sublimieren gleichzeitig auch zu färben, zu koagulieren und durch Destillation zu lösen, wird er seine Pulver verlieren. Denn, wenn sie projiziert worden sind, wird er von ihnen nichts mehr zurückbehalten, sondern es wird sich im Handumdrehen verflüchtigen. Oder, wenn er mit fixierten Pulvern färben möchte, die vorher weder gelöst noch destilliert wurden, werden sie weder in die Körper eindringen noch sich mit ihnen vermischen.

Die sechste ist, dass alle Gefäße, in die man die Medizinen einfüllt – seien es Wässer oder Öle, auf dem Feuer oder auch nicht –, aus Glas angefertigt oder glasiert sein müssen. Denn wenn scharfe Wässer in ein Kupfergefäß eingefüllt werden, werden sie grün, wenn aber in ein Gefäß aus Eisen oder Blei, werden [die Gefäße] schwarz und werden angegriffen, wenn in ein Tongefäß, dringen sie durch [die Gefäßwand], und alles wird zerstört.

Die siebte lautet, dass du dich vor allem davor hüten musst, dass du dich nicht wegen irgendwelcher Operationen mit Fürsten oder Herrschern einlässt, und zwar wegen zweier drohender Übel: Wenn du dich nämlich mit ihnen eingelassen hast, dann werden sie von Zeit zu Zeit von dir Auskunft haben wollen: „Nun, Meister, wie geht’s voran? Wann werden wir etwas Gutes sehen?“ Und da sie das Ende des Werks nicht abwarten können, werden sie sagen, es sei nichts, es sei Schwindel usw., und dann wirst du sehr großen Verdross haben. Und wenn du es nicht zu einem gutem Ende bringst, wirst du dir ihren dauernden Unwillen zuziehen. Bist du aber zu einem guten Ende gelangt, dann werden sie alles daransetzen, dich für immer festzuhalten, und sie werden dich nicht gehen lassen. Und so wirst du verstrickt sein durch die Worte aus deinem Munde und gefangen sein durch deine eigenen Sprüche.

Die achte Vorschrift lautet, dass niemand sich auf diese Operationen einlassen soll, der nicht zumindest ausreichende finanzielle Mittel zur Verfügung hat, und dass er sich alles das kaufen kann, was für die Kunst notwendig und nützlich ist. Wenn er sich nämlich darauf eingelassen hat und das Geld ausgeht, wird er das Material und alles verlieren.

(Unbekannter Autor, Albertus Magnus zugeschr.: *Libellus de alchimia*, ca. 1300. – Ausgabe: B. Alberti Magni Opera Omnia. Hrsg. von Auguste und Aemile Borgnet. Bd. 37. Paris 1898, S. 549 – 550. – Engl.: *Libellus de Alchimia*, Ascribed to Albertus Magnus. Hrsg. von Virginia Heines. Berkeley und Los Angeles 1958, S. 12 – 14. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Heines)

Kommentar:

Der unbekannte Autor des *Büchleins über die Alchemie* befasst sich in seinen Ratsschlägen für den Alchemisten fast ausschließlich mit Aspekten der alchemischen Praxis, die er aus eigener Anschauung gekannt haben muss. Der Alchemist soll nach Möglichkeit ein Laboratorium außerhalb der Sichtweite der Menschen haben – vermutlich wegen Feuergefahr und Geruchsbelästigung. Er soll mit der Ausführung aller chemischer Operationen gut vertraut sein. Dazu gehört beispielsweise auch, dass man Sublimationen möglichst nicht im Winter ausführt. „Medizinen“ (Elixiere) soll man nur in Glasgefäßen oder glasierten Gefäßen aufbewahren, „scharfe Wässer“

(Säuren oder Basen) nicht in Kupfergefäßen, da sie sich sonst – durch Bildung von Kupfersalzen – grün färben.

In drei Ratschlägen kommen allgemeinere Gesichtspunkte zur Sprache: Der Alchemist soll sein Wissen über die alchemische Transmutation geheim halten, soll bei seinen Arbeiten im Laboratorium beständig und ausdauernd sein und genügend finanzielle Mittel besitzen – Begründungen hierfür werden jeweils gegeben. Die letzten beiden Gesichtspunkte werden auch in Gebers *Summa perfectionis* erörtert, die dem Verfasser des *Libellus* bekannt war. Die siebte Vorschrift zeigt, dass es schon um 1300 Fürsten gab, die Alchemisten an ihren Hof zu ziehen versuchten. Meist stand dahinter das Interesse, dass die Alchemisten mit ihren Künsten die Staatsfinanzen aufbessern sollten. Der Autor des *Libellus* sieht klar, was dies für den Alchemisten bedeutete: Er wurde bei seinen Arbeiten ständig zur Eile angetrieben, musste bei Misserfolg mit Strafen rechnen und bei Erfolg, dass man ihn für immer am Hof halten und nicht mehr wegziehen lassen wollte.

### **Text 7. Petrus Bonus: Natürlicher und übernatürlicher Aspekt der Alchemie**

Wir sagen, dass [diese Kunst] teils natürlich ist und teils göttlich oder übernatürlich. Wenn man es aus dem Blickwinkel der Projektion des Steins auf die unvollkommenen Metalle betrachtet, dann ist sie natürlich, weil sie die [unvollkommenen Metalle] schlicht nur in Gold umwandelt, wie es die Natur auch macht – sei es, dass ein Teil auf hundert oder auf tausend [Teile] geworfen wird.

Betrachtet man sie aber aus dem Blickwinkel der Digestion, der Zeugung, der Keimung und der Geburt des Steins, dann gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder von Seiten der Sublimation, bei deren Ende eine strahlende Seele mittels des Geistes hervorkeimt und zusammen mit dem Geist zum Himmel fliegt. Dieser Stein ist offenbar und manifest, und in diesem Sinne ist er natürlich, denn die Keimung ist nichts anderes als die Rückführung eines Dinges auf das, was es vor undenklicher Zeit war, und das ist natürlich. Für uns ist es immerhin staunenswert, wenn auch nicht für die Philosophen.

Oder aber von Seiten der Fixierung und des Verharrens von Seele und Geist beim Ende der Sublimation. Und dies geschieht durch die Zugabe des verborgenen Steins, der mit den Sinnen nicht erfasst werden kann, sondern mit dem Verstand nur durch göttliche Inspiration und Offenbarung – oder auch durch die Lehre eines Weisen. ...

Dieser verborgene Stein ist es, der zu Recht als eine Gabe Gottes bezeichnet wird. ... Dieser göttliche verborgene Stein ist es, ohne dessen Beimischung zu dem [manifesten] Stein die Alchemie nichtig ist, da er der Inbegriff der Alchemie ist, und [ohne den] das Werk zur selben Stunde zugrunde geht. Dieser göttliche Stein ist das Herz und die Tinktur des Goldes, die von den Philosophen [so sehnlich] gesucht wird. ... Deshalb ist Gott allein derjenige, der das Werk ausführt, während die Natur als Künstler untätig bleibt.

(Petrus Bonus: *Pretiosa margarita novella*, Kap. 6, 1330. – Ausgabe: *Margarita pretiosa, novella correctissima*. In: *Bibliotheca Chemica Curiosa*. Hrsg. von Jean Jacques Manget. Bd. 2. Genf 1702, S. 29 – 30. – Italien.: Pietro Bono da Ferrara:

Preziosa Margarita Novella. Hrsg. von Chiara Crisciani. Florenz 1976, S. 105 – 106. – Engl.: The New Pearl of Great Price. Hrsg. von Arthur Edward Waite. London 1894, S. 123 – 124 (verkürzte Übersetzung). – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Crisciani und Waite)

Kommentar:

Bonus geht hier auf die beiden Aspekte der Alchemie, den materiellen und den spirituellen, ein. Der spirituelle Aspekt besteht für ihn nicht in Vorstellungen über die Erlösung der Materie oder einen psychischen Reifungsprozess des Alchemisten, sondern in einer Inspiration in der Endphase des Großen Werks, die nur durch göttliche Gnade verliehen wird. Er bezeichnet diese Inspiration als den verborgenen oder okkulten Stein, im Gegensatz zum offenbaren oder manifesten Stein. Bonus versucht deutlich zu machen, wie weit bei der Transmutation der natürliche Prozess geht und wo er endet. Die Umwandlung der unedlen Metalle in Gold mit Hilfe des Steins der Weisen ist an sich noch ein natürlicher Prozess. Dasselbe gilt, wenn bei der Sublimation „Seele“ (*anima*) und „Geist“ (*spiritus*) – beides Dämpfe oder leichtflüchtige Stoffe – aufsteigen und sich vom „Körper“ trennen. Mit der Inspiration hat die Natur nichts zu schaffen, sie ist allein Gottes Werk. Materieller und spiritueller, natürlicher und übernatürlicher Aspekt, Vernunft und Offenbarung gehören in der Alchemie nach Bonus zusammen und ergänzen einander.

#### **Text 8. Thomas von Aquin (zugeschr.): Alchemische und christliche Symbolik**

Der Titel dieses Buches wurde „Die aufsteigende Morgenröte“ getauft, und zwar aus vier Gründen: Erstens heißt Morgenröte gleichsam „goldene Stunde“; und so hat auch diese Wissenschaft eine [günstige] Stunde zu einem goldenen Ziel für diejenigen, die das Opus richtig bewerkstelligen. Zweitens ist diese Morgenröte das Mittlere zwischen Nacht und Tag, und sie leuchtet in zwei Farben, nämlich Gelb und Rot, und ebenso erzeugt auch diese Wissenschaft die gelbe und rote Farbe, welches die mittleren sind zwischen Schwarz und Weiß. Drittens [heißt das Buch so], weil in der Morgenröte die Kranken von allen nächtlichen Leiden erleichtert werden und einschlafen; so verschwinden und verduften auch in der Morgenröte dieser Wissenschaft alle übeln Gerüche und Dämpfe, die den Geist des Laborierenden infizieren, ermatten und altern, wie es im Psalm heißt: Den Abend lang währt das Weinen, aber des Morgens ist Freude. Viertens und letztens bedeutet die Morgenröte das Ende der Nacht und den Anfang des Tages, oder die Mutter der Sonne, und so ist auch unsere Morgenröte im Höhepunkt der Rötung das Ende aller Finsternis und die Vertreibung der Nacht, jener winterlichen Dauer, in der einer, wenn er darin wandelt und sich nicht in Acht nimmt, anstoßen wird. Von ihr heißt es in der Schrift: Und eine Nacht tut die Wissenschaft kund der andern, und ein Tag sagt das Wort dem andern, und die Nacht wird lichthell wie der Tag in ihrer Wonne.

(Unbekannter Autor, Thomas von Aquin zugeschrieben: Aurora consurgens, zweite Hälfte 13. – erste Hälfte 15. Jh. (Datierung unsicher). – Ausgabe: Marie-Luise v. Franz: Aurora consurgens. Ein dem Thomas von Aquin zugeschriebenes Dokument der alchemistischen Gegensatzproblematik. Zürich und Stuttgart 1957, S. 44. – Dtsch.: Franz, S. 45. – Übersetzung von Franz)

Kommentar:

Der unbekannte Autor dieses Traktats ist ein Vertreter der spirituellen Alchemie. Hier erklärt er, warum er dem Werk den Titel *Aurora consurgens* (Aufsteigende Morgenröte) gegeben hat. Dabei bedient er sich eines Wortspiels, das in der deutschen Übersetzung nicht nachzuahmen ist: Die *aurora* (Morgenröte) ist sozusagen eine *aurea hora* (goldene Stunde). Damit kommt das Ziel der Transmutation, das Gold, zur Sprache. Die nächste Erklärung bezieht sich auf die Farbsymbolik des alchemischen Prozesses. Schwarz ist die Stufe der Urmaterie, weiß des Silbers, gelb und rot des Goldes. In der dritten Erklärung wird ein Läuterungsprozess angedeutet, entweder in der Seele des Alchemisten oder in seiner Erkenntnis. In der vierten Erklärung weist die Morgenröte auf den Tag hin, den Endzustand der Erkenntnis und des Transmutationsprozesses, symbolisiert durch die Sonne bzw. das Gold. Die Stellen aus den Psalmen lauten: „Den Abend lang währt das Weinen, aber des Morgens ist Freude“ (Ps. 30,6), „Ein Tag sagt's dem andern, und eine Nacht tut's kund der andern“ (Ps. 19,3) und „... und die Nacht leuchtete wie der Tag“ (Ps. 139, 12).

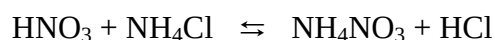
### Text 9. Ulmannus: Darstellung von Königswasser

Wollt ihr auch Gold lösen und in ein Wasser verwandeln, wie ihr das vorhin mit dem Silber getan habt, so stoßt Salmiak klein und tut davon 4 Unzen oder mehr in das vorhin beschriebene geklärte Aquafort, so dass es 1 Pfund wird. Wenn der Salmiak in diesem Aquafort ganz zu einem Wasser gelöst worden ist, dann macht ihr hierin Gold zu einem Wasser, genau so, wie ihr vorhin das Silber zu einem Wasser gemacht habt. ... Silber löst ihr darin nicht; es bleibt so, wie ihr es hineinlegt.

(Ulmannus: Buch der heiligen Dreifaltigkeit, 1419. – Manuskript: Nürnberg, Germanisches Nationalmuseum, Hs. 80061. – Abgedr. in: H. Peters: Die Chemie des Markgrafen Friedrich I. von Brandenburg. Mitteilungen aus dem Germanischen Nationalmuseum. Nürnberg 1893, S. 104. – Eigene Übertragung)

Kommentar:

In diesem Rezept des auf Deutsch abgefassten Werks wird zum ersten Mal, soweit bisher bekannt, die Darstellung von „Königswasser“ beschrieben, ohne dass der Name genannt wird. Königswasser ist eine Mischung aus Salzsäure HCl und Salpetersäure HNO<sub>3</sub>. Der Name rührt daher, dass dieses Säuregemisch auch den „König“ der Metalle, das Gold, löst. In dem Rezept von Ulmannus wird Königswasser durch Auflösen von Salmiak NH<sub>4</sub>Cl (*sal armoniacum*) in Salpetersäure (Aquafort, im Text: *aquae fortes*) gelöst:



Für Lösen steht im Text „solviren“, und als ein „Wasser“ wurde jede wässrige Flüssigkeit bezeichnet, nicht dagegen die öligen. 1 Unze entspricht etwa 30 g; 12 Unzen sind 1 Pfund.

### Text 10. Norton: Laboranten als Hilfskräfte

Die zweite Übereinstimmung mit dieser Kunst ist, wenn du geeignete Diener finden kannst. Kein Diener ist für dieses Vorhaben geeignet, wenn er nicht nüchtern, klug und sorgfältig ist, zuverlässig, achtsam und auch pünktlich, nicht schwatzhaft, körperlich unversehrt, von reinlichen Händen, sorgfältig beim Hantieren, nicht ungehorsam oder anmaßend – solche Diener werden für deine Arbeit Sorge tragen und sie vor aller gröblichen Verletzung bewahren. Aber denke nicht, dass zwei oder drei solche Diener für dein Werk ausreichen. Wenn deine Materie von beträchtlichem Umfang ist, dann sind acht solche Diener angemessen, aber bei kleinerem Umfang wirst du finden, dass vier Männer imstande sind, alles auszuführen, wobei die eine Hälfte von ihnen arbeiten muss, während die andere schläft oder zur Kirche geht.

(Norton, Thomas: *Ordinall of Alchimy*, 1477 (begonnen). – Ausgabe: Thomas Norton's *Ordinal of Alchemy*. Hrsg. von John Reidy. London, New York und Toronto 1975, S. 85. – Abgedr. mit angeglicherer Rechtschreibung in: Elias Ashmole: *Theatrum Chemicum Britannicum*. London 1652, S. 93 – 94. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Im *Ordinall of Alchimy*, das auf Englisch, und zwar in Versform abgefasst ist, beschäftigt sich Norton auch mit dem Thema der Laboranten oder Diener (engl. *ministers*) – mehr als jeder andere alchemische Autor. In dem hier ausgewählten Textabschnitt zählt er die Eigenschaften eines idealen Laboranten auf und macht Vorschläge, wie viele Laboranten ein Alchemist anstellen sollte. An einer anderen Stelle seines Werks warnt Norton davor, verheiratete Laboranten zu nehmen, da diese bald müde würden; auch solle man entweder nur Männer oder nur Frauen einstellen. Alle diese Einsichten hatte er aus den ganz persönlichen Erfahrungen mit seinen eigenen Laboranten gewonnen, die offenbar negativer Art waren und in den Stoßseufzer mündeten: „Die Treuen sind dumm, die Intelligenten falsch.“

### Text 11. Albertus Magnus: Stellung zur Alchemie

Aufgrund aller dieser angeführten [Argumente] können wir jetzt überlegen, ob die Aussage richtig ist, die einige dem Aristoteles zuschreiben, während es in Wahrheit eine Aussage von Avicenna ist, nämlich: „Die Alchemisten sollen wissen, dass die Art [eines Metalls] nicht umgewandelt werden kann, sondern sie [die Metalle] ihnen nur ähnlich machen können, wenn sie beispielsweise ein rotes [Metall] gelb färben, so dass es wie Gold aussieht, oder es weiß färben, so dass es dem Silber sehr ähnlich ist.“ – oder dem Gold oder dem Körper, den sie färben wollen. Was den Rest betrifft, nämlich: „Dass die spezifischen Unterschiede [zwischen den Metallen] durch irgendeine geniale Methode aufgehoben werden, halte ich nicht für möglich. Nicht unmöglich ist aber die Aufhebung der akzidentellen Eigenschaften oder zumindest ihre Verminderung.“ – dies ist die Ansicht von Avicenna, die er Hasen zuschreibt, einem in [Fragen der] Natur und der Mathematik ausgezeichneten Philosophen.

Dennoch sagt Avicenna in seiner „Alchemia“, dass er einen Widerspruch bei [der Argumentation] jener fand, die bei der Diskussion über die Transmutation der Metalle widersprachen. Aus diesem Grund fügt er selbst hinzu, dass „die Arten [der Metalle] nicht umgewandelt werden, es sei denn, sie werden zuerst auf die Urmaterie und die Materie der Metalle zurückgeführt“, und dann, mit Hilfe der Kunst, in die Art des Metalls übergeführt, das sie gewünscht haben. ...

Wir werden sagen, dass die erfahrenen Alchemisten in genau derselben Weise bei der Transmutation der Metalle vorgehen. Denn zuerst reinigen sie die Materie des Quecksilbers und Schwefels gründlich, die, wie wir sehen, in den Metallen vorhanden ist. Wenn sie gereinigt sind, stärken sie die elementaren und himmlischen Kräfte, die sich in der Materie befinden, entsprechend dem Mischungsverhältnis des Metalls, das sie produzieren wollen. Dann ist die Natur selbst am Werk und nicht die Kunst, außer als Instrument, helfend und fördernd, wie wir sagten. Und so produzieren und machen sie offensichtlich echtes Gold und echtes Silber.

Denn was die elementaren und himmlischen Kräfte in natürlichen Gefäßen machen, das machen sie in künstlichen Gefäßen, vorausgesetzt, dass die künstlichen in der Art der natürlichen Gefäße geformt sind. Und was die Natur durch die Wärme der Sonne und der Sterne macht, das wird die Kunst durch die Wärme des Feuers machen, vorausgesetzt, es wird so temperiert, dass es nicht stärker ist als die bewegende und formende Kraft, die sich in den Metallen befindet; denn in ihr ist eine himmlische Kraft vorhanden, die von Anfang an mit ihr vermischt war, und diese wird mit Hilfe der Kunst zum einen oder anderen [Ergebnis] gelenkt. ...

Die Alchemie geht auf diese Weise vor, d.h. indem sie eine [Substanz] durch Entfernung ihrer Art zerstört und mit Hilfe von dem, was sich in der Materie befindet, die Art der anderen einführt. Deshalb ist von allen alchemischen Operationen diejenige die bessere, die von denselben [Methoden] ausgeht, von denen die Natur ausgeht, beispielsweise von der Reinigung des Schwefels durch Kochen und Sublimation, von der Reinigung des Quecksilbers und von der guten Vermischung dieser [beiden] mit der Materie des Metalls, denn in diesen wird durch deren Kräfte die Art eines jeden Metalls eingeführt.

Diejenigen aber, die das Weiße mit dem Weißen färben oder das Gelbe mit dem Gelben, diese sind, da ja die Art des bisherigen Metalls erhalten bleibt, zweifellos Betrüger, und sie machen kein echtes Gold und kein echtes Silber. Und so gehen fast alle vor, ganz oder teilweise. Deshalb ließ ich Proben ausführen [mit dem Ergebnis], dass alchemisches Gold, das in meine Hände gelangte, und ebenso Silber, nachdem es sechs oder sieben Mal dem Feuer standgehalten hatte, bei weiterem Erhitzen plötzlich verzehrt wurde, verloren ging und in eine Art Schlacke übergeführt wurde.

(Albertus Magnus: Mineralia. Buch III, Trakt. 1, Kap. 9, ca. 1250. – Ausgabe: Albertus Magnus: De Mineralibus. In: B. Alberti Magni Opera Omnia. Hrsg. von Auguste und Aemile Borgnet. Bd. 5. Paris 1890, S. 70 – 71. – Engl.: Albertus Magnus: Book of Minerals. Hrsg. von Dorothy Wyckoff. Oxford 1967, S. 177 – 179. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Wyckoff)

Kommentar:

Albertus Magnus betrachtet die Alchemie, wie aus einer anderen Stelle in den *Mineralia* hervorgeht, nicht als eine Wissenschaft, sondern als eine „Kunst“. Im ersten Teil des vorliegenden Textes befasst er sich mit einer berühmten Avicenna-Stelle, in der die Möglichkeit einer Transmutation der Metalle angezweifelt wird. Es handelt sich um einen Textabschnitt aus Avicennas *Kitāb aš-Šifā'* (Buch der Heilung), der unter dem Titel *Liber de congelatione et conglutinatione lapidum* bekannt war und teils Avicenna als dem richtigen Autor, teils Aristoteles zugesprochen wurde. Albertus erkannte, dass dieser Text nicht von Aristoteles, sondern von Avicenna stammte. Er nennt noch ein zweites Werk von Avicenna mit dem Titel *Epistola ad Regem Hasen*, das aber pseudepigraphisch ist; auch der Titel *Alchemia* bezieht sich wohl auf dieses Werk. Durch die Lektüre dieser Texte von Avicenna, mochten sie echt oder unecht sein, fühlte sich Albertus in seiner Überzeugung bestärkt, dass eine Transmutation der Metalle möglich sei.

Im ausgelassenen Textabschnitt sagt er, dass der erfahrene Alchemist wie der erfahrene Arzt vorgehe, und beschreibt kurz die Methode des Arztes. Analog hierzu reinigt der Alchemist die Komponenten „Quecksilber“ und „Schwefel“, aus denen die Metalle bestehen sollten, stärkt ihre Kräfte und gibt sie dann im richtigen Mischungsverhältnis zusammen. Den eigentlichen Umwandlungsprozess vollzieht dann die Natur, während die Kunst nur Hilfestellung gibt. Die Vorgänge im Erdinnern sind nämlich denen im Kolben analog, vorausgesetzt, der Alchemist folgt mit seinen Operationen der Natur. Die Art (*species*) interpretiert Albertus als „spezifische Form“, verwendet aber weiterhin den Begriff *species*. Bei der Transmutation wird also nicht eine Art in die andere umgewandelt, sondern die alte spezifische Form – das heißt die charakteristischen Eigenschaften – geht verloren, und eine neue wird in das Metall eingeführt. Den hohen Anforderungen an die Ausführung einer Transmutation wird nach der Ansicht von Albertus kaum einer der Alchemisten gerecht, und die meisten sind in seinen Augen Betrüger. Er selbst ließ alchemistisches Gold und Silber – vielleicht bei einem Goldschmied – probieren, und es hielt der Feuerprobe nicht stand.

### **Text 12. Roger Bacon: Unterscheidung zwischen „theoretischer Alchemie“ und „praktischer Alchemie“**

Aber es gibt eine andere Wissenschaft, die von der Entstehung der Dinge aus den Elementen handelt und von allen unbelebten Dingen, beispielsweise von den Elementen, den einfachen und zusammengesetzten Säften, von den gewöhnlichen Steinen, den Edelsteinen und Marmorarten, vom Gold und den übrigen Metallen, von den Schwefelarten, Salzen und Tinten, vom Lasurstein, der Mennige und den übrigen Farben, von den Ölen und brennenden Asphaltarten und von zahllosen anderen Dingen, von denen wir nichts in den Werken von Aristoteles finden; auch wissen die Naturphilosophen nichts hiervon und nichts der ganze Haufen der Lateiner.

Und da der Haufen derer, die sich darum bemühen, diese Wissenschaft nicht kennt, folgt notwendigerweise, dass sie auch alles das über die natürlichen Dinge, was daraus folgt, nicht kennen, beispielsweise die Entstehung der belebten Dinge wie der Pflanzen, der Tiere und der Menschen. Da man die ers-

teren Dinge nicht kennt, kennt man notwendigerweise auch nicht die daraus folgenden. Denn die Entstehung der Menschen, der Tiere und der Pflanzen erfolgt aus den Elementen und den Säften und hat dies mit der Entstehung der unbelebten Dinge gemeinsam.

Daher kann man wegen der Unkenntnis jener Wissenschaft auch nicht die allgemeine Naturphilosophie kennen, auch nicht die theoretische Medizin und folglich die praktische Medizin, nicht nur, weil Naturphilosophie und theoretische Medizin für ihre Praxis notwendig sind, sondern weil man alle einfachen Medizinen aus unbelebten Dingen dieser Wissenschaft verdankt. ... Auch kennt man nicht die Namen [der Medizinen] oder ihre Bezeichnungen ohne diese Wissenschaft. Diese Wissenschaft ist die theoretische Alchemie, die über alle unbelebten Dinge und über die Entstehung aller Dinge aus den Elementen theoretisiert.

Es gibt auch eine praktische Alchemie, die lehrt, wie man die Edelmetalle, die Farben und viele andere Dinge macht, besser und reichlicher durch die Kunst, als sie durch die Natur gemacht werden. Eine Wissenschaft dieser Art ist größer als alle vorhergehenden, weil sie größeren Nutzen produziert. Sie kann nämlich nicht nur die Ausgaben und unzählige andere [Bedürfnisse] des Staates befriedigen, sondern sie lehrt auch, Dinge zu entdecken, die das menschliche Leben sehr stark verlängern können, was durch die Natur nicht erreicht werden kann.

(Roger Bacon: Opus tertium, ca. 1266. – Ausgabe: Opera quaedam hactenus inedita. Hrsg. von J. S. Brewer. Bd. 1. London 1859, S. 39 – 40. – Abgedr. in: William R. Newman: The „Summa perfectionis“ of Pseudo-Geber. Leiden u.a. 1991, S. 44. – Engl. Newman, S. 21. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Newman)

Kommentar:

Roger Bacon unterscheidet zwischen einer theoretischen Alchemie (*alkimia speculativa*) und einer praktischen Alchemie (*alkimia operativa et practica*). Die theoretische Alchemie handelt laut Definition von der Entstehung der Dinge aus den Elementen und von allen unbelebten Dingen. Untersuchungsgegenstand sind also nicht nur die Mineralien, sondern alle unbelebten Dinge, insofern sie aus den vier aristotelischen Elementen aufgebaut sind. Da sich die belebten Dinge auf die vier Säfte (Blut, Schleim, gelbe und schwarze Galle) zurückführen lassen, diese wiederum auf die vier Elemente, ist die theoretische Alchemie auch für das Verständnis der Medizin unerlässlich.

Die praktische Alchemie lehrt, wie man Stoffe für den täglichen Bedarf mit Hilfe der Kunst herstellt, und zwar besser, als es der Natur möglich ist. Diese Ansicht von Roger Bacon ist bemerkenswert, da der Satz des Aristoteles, dass die Kunst die Natur nachahme, meist in der Weise interpretiert wurde, dass die Kunst die Natur allenfalls erreichen, aber nicht übertreffen könne. Der Gedanke, dass man mit Hilfe der praktischen Alchemie Stoffe entdecken könne, mit deren Hilfe sich das menschliche Leben weit über das normale Maß hinaus verlängern lasse, stammt ursprünglich aus der chinesischen Alchemie.

Sowohl die theoretische als auch die praktische Alchemie bezeichnet Roger Bacon als eine Wissenschaft (*scientia*). Die Alchemie nimmt beim ihm wissenschaftstheoretisch einen hohen Rang ein. Die theoretische Alchemie bildet letzten Endes die Grundlage für die Naturphilosophie und Medizin, und die praktische Alchemie übertragt wegen ihres Nutzens alle anderen vergleichbaren Wissenschaften. Die Alchemie ist bei ihm viel umfassender formuliert, fast eine Universalwissenschaft, und die Metalltransmutation wird bei der praktischen Alchemie unter dem Stichwort „Edelmetalle“ nur leicht angedeutet. Bacons praktische Alchemie ist mit der praktischen Chemie identisch, und seine theoretische Alchemie kann ganz entfernt mit einer theoretischen Chemie verglichen werden.

### **Text 13. Johannes XXII.: Päpstliches Dekret gegen Alchemisten und Goldmacher**

Sie versprechen Reichtümer, die sie nicht vorweisen können, die armseligen Alchemisten, und zugleich fallen sie, die sich weise dünken, in die Grube, die sie sich selbst gegraben haben. ... Wenn sich die gesuchte Wahrheit nicht einstellt, ... verheimlichen sie ihren Irrtum mit vielen Worten, so dass sie schließlich behaupten, dies sei echtes Gold oder Silber, hergestellt durch sophistische Transmutation, was von Natur aus nicht möglich ist. Und so weit geht ihre verdammte und verdammenswerte Unverschämtheit, dass sie auf das unechte Metall für leichtgläubige Menschen die Zeichen des staatlichen Geldes aufprägen. ...

Um diese [Praktiken] für alle Zeiten auszurotten, bestimmen wir durch dieses Edikt, dass jeder, der Gold oder Silber dieser Art herstellt, ... als Strafe so viel [echtes] Gold oder Silber in den Staatsschatz zu zahlen hat, wie alchemistisches Metall vorhanden ist, und zwar zur Verwendung für die Armen. ... Jene aber, die in eine solche Unwissenheit über ihr unseliges Tun geraten sind, dass sie diese Münzen nicht nur verkaufen, sondern die Regeln des natürlichen Rechts missachten, die Grenzen der Kunst überschreiten und die Gesetze brechen, indem sie Falschgeld aus alchemistischem Gold oder Silber schlagen oder gießen oder aber schlagen oder gießen lassen: für jene ordnen wir als Bestrafung an, dass ihre Güter eingezogen und sie selbst zeitlebens für ehrlos erklärt werden. ...

(Johannes XXII.: Dekret „Spondent quas non exhibent“, ca. 1317. – In : Extravagantes communes. Buch V, Titel 6, De crimine falsi. – Ausgabe: Corpus juris canonici. Hrsg. von E. Friedberger. Leipzig 1879, Sp. 1295 – 1296. – Abgedr. in: J. R. Partington: Albertus Magnus on Alchemy. Ambix 1 (1937), 3 – 220, hier S. 15 – 16. – Abgedr. in: Robert Halleux: Les textes alchimiques. Turnhout 1979, S. 124 – 125. – Teilw. abgedr. in: Jost Weyer: Der Alchemist im lateinischen Mittelalter (13. bis 15. Jahrhundert). In: Der Chemiker im Wandel der Zeiten. Hrsg. von Eberhard Schmauderer. Weinheim, Bergstr. 1973, S. 11 – 43, hier S. 36 – 37. – Engl.: Partington, S. 16. – Französ.: Halleux, S. 125 – 126. – Dtsch. teilw.: Weyer, S. 37. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Partington und Halleux)

Kommentar:

Johannes XXII. gehört zu den Päpsten, die ihren Sitz in Avignon hatten. In seinem Dekret „Spondent quas non exhibent“ wendet er sich gegen die Alchemisten (*alchy-*

*mistae*), doch eine genauere Prüfung des Textes – auch der ausgelassenen Stellen – zeigt, dass er damit letzten Endes die Goldmacher und Falschmünzer meinte. Alchemische Fragen werden nur berührt, wenn er davon spricht, dass eine Umwandlung in echtes Gold oder Silber von Natur nicht möglich sei, und die Versuche der Alchemisten als eine sophistische, d.h. auf einer falschen Theorie basierende, Transmutation bezeichnet.

König Philipp IV. von Frankreich (Reg. 1285 – 1314) hatte zu Anfang des 14. Jahrhunderts Geld mit vermindertem Silberanteil prägen lassen, was den Beginn einer Geldentwertung großen Stils markierte. Solche Missstände waren es wohl, die Johannes anprangerte, wobei die Befürchtung bestand, dass sich die Herrscher die Kenntnisse und Fähigkeiten der Alchemisten zunutze machten, um mit ihrer Hilfe minderwertiges Geld herzustellen.

#### **Text 14. Petrarca: Spott des Humanisten über den Alchemisten**

... die ihren Frohsinn verloren haben, immer von Sorge und Angst erfüllt sind, nichts anderes mehr im Kopf haben als Blasebälge, Zangen und Kohlen und den anderen Menschen ... fast wie Halbwilde erscheinen. ... ein Narr, der sich am Gebläse halb tot gearbeitet hat, von Flammen angeweht und von Ruß geschwärzt. ... In jeder Ecke werden Schüsseln, Schalen und Phiolen mit stinkenden Wässern stehen, fremde Kräuter und ausländische Salze, Schwefel[brocken], Destilliergefäße und Öfen.

(Petrarca, Francesco: *De remediis utriusque fortunae libri duo* (1360 – 66), Buch I, Dialog CXI. – Ausgabe: 5. Aufl. Genf 1645, S. 330 – 333. – Abgedr. in: Jost Weyer: *Der Alchemist im lateinischen Mittelalter* (13. bis 15. Jahrhundert). In: *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*. Hrsg. von Eberhard Schmauderer. Weinheim, Bergstr. 1973, S. 11 – 43, hier S. 18. – Dtsch.: Edmund O. v. Lippmann: *Petrarca über die Alchemie*. *Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik* 6 (1913), 236 – 240, hier S. 237 – 238. – Dtsch.: Weyer, S. 18 – 19. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Lippmann)

Kommentar:

Petrarca widmet in seinem Werk *De remediis utriusque fortunae* (Trost in Widerwärtigkeit) einen Abschnitt der Alchemie. Er ist in Dialogform abgefasst, wobei die „Vernunft“ die Position des Dichters repräsentiert, die „Hoffnung“ die Stimme des gläubigen Anhängers der Alchemie, der sich nicht belehren lässt. Petrarca hält nichts von der Alchemie, ohne dass er sich dabei auf Diskussionen über die Möglichkeit einer Transmutation einlässt. Für ihn sind die Alchemisten Narren oder Betrüger.

Die aus dem Text ausgewählten Sätze oder Satzfragmente lassen etwas von der Abscheu des Literaten vor einer solchen mit Dreck und Gestank verbundenen Arbeit erkennen, die mit der Alchemie untrennbar verbunden ist. Menschen, die sich auf eine solche Kunst einlassen, verlieren ihren Frohsinn, sind immer in Angst und Sorge, haben ein dumpfes Gemüt, können das Augenlicht verlieren und geraten in Armut. Die kurze Aufzählung der Gegenstände in einem alchemischen Laboratorium verrät seine Unkenntnis in diesen Fragen.

## 10 Chemie und Medizin im Altertum und Mittelalter

### Text 1. Alkmaion von Kroton: Lehre vom Gleichgewicht der Kräfte als Ursache für die Gesundheit

Alkmaion sagt, dass die Gesundheit durch das Gleichgewicht der Kräfte aufrechterhalten werde: des Feuchten und Trockenen, Kalten und Warmen, Bitteren und Süßen und der übrigen [Kräfte], dass aber die Alleinherrschaft von einer von ihnen die Krankheit verursache, denn die Alleinherrschaft von einer von ihnen beiden sei verderblich. Krankheit stelle sich ein, was ihre Ursache betrifft, durch ein Übermaß an Wärme oder Kälte, was ihren Anlass betrifft, durch ein Übermaß oder einen Mangel an Speisen, was aber das „wo“ betrifft, so habe sie ihren Sitz entweder im Blut oder im Mark oder im Gehirn. Manchmal entstünden Krankheiten auch aus äußeren Ursachen: durch die Beschaffenheit des Wassers oder des Landes, durch Überanstrengung, Folterung oder dergleichen. Die Gesundheit dagegen beruhe auf der gleichmäßigen Mischung der Qualitäten.

(Alkmaion von Kroton: Vorsokratiker-Fragment 24 B 2. ca. 500 v. Chr. – Ausgabe: Hermann Diels (Hrsg.): Die Fragmente der Vorsokratiker. Bd. 1. Berlin 1903. 6. Aufl. 1951. Hrsg. von Walter Kranz, S. 215 – 216. – Dtsch.: Wilhelm Capelle (Hrsg.): Die Vorsokratiker. Die Fragmente und Quellenberichte. Leipzig 1935. 4. Aufl. Stuttgart 1953, S. 107 – 108. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Capelle)

Kommentar:

Der Arzt und Philosoph Alkmaion von Kroton stand den Ideen der Pythagoreer nahe. In seinen Anschauungen über Gesundheit und Krankheit verband er die alte Lehre von den Gegensätzen mit dem pythagoreischen Konzept der Harmonie. Gesundheit war vorhanden, wenn sich die entgegengesetzten Kräfte im menschlichen Körper das Gleichgewicht hielten, Krankheit stellte sich ein, wenn eine von ihnen die Alleinherrschaft (griech. *monarchia*) gewann. Zu den Gegensätzen rechnete er unter anderem feucht und trocken, kalt und warm, bitter und süß. Mit der Beschaffenheit des Wassers ist das Trinkwasser gemeint, mit der des Landes das Klima.

### Text 2. Anaxagoras: Entstehung der Stoffe im Tier- und Pflanzenreich durch Trennung von Stoffen

Da er nun sah, dass alles aus allem entsteht, wenn auch nicht unvermittelt, sondern in einer bestimmten Reihenfolge – es entsteht ja aus Feuer Luft, aus Luft Wasser, aus Wasser Erde, aus Erde Stein und aus Stein wiederum Feuer, und wenn ein und dieselbe Nahrung wie z.B. Brot zugeführt wird, entstehen viele ungleiche Dinge wie Fleisch, Knochen, Adern, Sehnen, Haare, Nägel und, wenn es sich so trifft, Gefieder und Hörner; es wächst aber das Gleiche aufgrund des Gleichen –, deshalb nahm er an, dass in der Nahrung und auch im Wasser, falls durch dieses die Bäume ernährt würden, Holz, Rinde und Frucht vorhanden seien.

Daher sagte er, dass alles in allem gemischt sei und dass die Entstehung durch Aussonderung statfinde. ... Da er nun sah, dass von einem jeden der jetzt getrennten Stoffe alles ausgesondert wurde, wie vom Brot das Fleisch, die Knochen und alles Übrige, unter der Annahme, dass alles zugleich in ihm vorhanden und zusammengemischt sei, vermutete er, dass auch alle Dinge zusammengemischt waren, bevor sie getrennt wurden. Daher begann auch seine Schrift mit den Worten: „Ursprünglich waren alle Dinge zusammen“, so dass jedes beliebige Ding, wie das Brot hier und das Fleisch und die Knochen hier, eine Mischung von ganz der gleichen Art wie das Ganze sei.

(Anaxagoras: Vorsokratiker-Fragment 59 A 45. ca. 440 – 430. – Ausgabe: Hermann Diels (Hrsg.): Die Fragmente der Vorsokratiker. Bd. 2. Berlin 1903. 6. Aufl. 1951. Hrsg. von Walter Kranz, S. 18. – Dtsch.: Wilhelm Capelle (Hrsg.): Die Vorsokratiker Die Fragmente und Quellenberichte. Leipzig 1935. 4. Aufl. Stuttgart 1953, S. 265 – 266. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Capelle)

Kommentar:

Nach der Materietheorie von Anaxagoras gibt es unzählig viele Urstoffe („Samen“). Von allen Stoffen sollte es die entsprechenden Samen geben, also z.B. vom Blut Samen des Blutes, und in allen Stoffen sollten sämtliche Arten von Samen enthalten sein. Wahrscheinlich kam er durch Fragen des Stoffwechsels und des Wachstums auf seine Grundidee, dass es von allen Stoffen die entsprechenden Samen gab. Einer der Belege hierfür ist das vorliegende Textfragment, das in einem Werk von Aristoteles enthalten ist.

Anaxagoras beobachtete, dass aus der Nahrung wie z.B. dem Brot im menschlichen Körper so unterschiedliche Dinge wie Fleisch, Knochen, Adern usw. entstanden, bei den entsprechenden Tieren auch Gefieder oder Hörner. Daraus folgerte er, dass die Samen von Fleisch, Knochen usw. bereits im Brot vorhanden waren und durch Aussonderung (griech. *ekkrisis*) sinnlich wahrnehmbar wurden. Er nahm an, dass sich analoge Vorgänge auch im Pflanzenreich abspielten, dass z.B. bei den Bäumen die Samen von Holz, Rinde und Früchten bereits in den Nährstoffen des Baumes vorhanden waren.

### **Text 3. Hippokratische Schriften: Lehre von den vier Säften**

Der Körper des Menschen enthält Blut, Schleim, gelbe Galle und schwarze Galle; diese machen die Natur seines Körpers aus, und durch sie empfindet er Schmerz und erfreut sich der Gesundheit. Er erfreut sich der Gesundheit am meisten, wenn diese [Säfte] im richtigen Verhältnis zueinander stehen in Bezug auf Mischung, Kraft und Menge und wenn sie vollkommen gemischt sind. Schmerz wird empfunden, wenn einer dieser [Säfte] im Unterschuss oder Überschuss vorhanden ist oder wenn er im Körper isoliert existiert, ohne mit allen anderen vermischt zu sein. Denn wenn einer dieser Säfte isoliert existiert und für sich allein steht, muss nicht nur die Stelle krank werden, aus der er sich zurückzog, sondern auch die Stelle, wo er überflutend ist, muss wegen des Überflusses Schmerz und Leiden verursachen.

(Hippokratische Schriften: De natura hominis, Kap. 4. ca. 400 v. Chr. – Ausgabe: Nature of Man. In: Hippocrates. Bd. 4. Hrsg. von W. H. S. Jones (= Loeb Classical

Library). Cambridge, Mass. und London 1931, S. 10, 12. – Engl.: Jones, S. 11, 13. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Jones)

Kommentar:

In der hippokratischen Schrift *De natura hominis*, die wahrscheinlich von Polybos, dem Schwiersohn von Hippokrates stammt, wird die Vier-Säfte-Lehre zum ersten Mal eingeführt. Nach dieser Lehre bestehen die Körperflüssigkeiten aus vier Säften: Blut (griech. *haima*), Schleim (*phlegma*), gelber Galle (*chole xanthe*) und schwarzer Galle (*chole melaina*). Wenn sich die vier Säfte im Körper im Gleichgewicht befinden und gut miteinander vermischt sind, ist der Mensch gesund. Ist dagegen einer dieser Säfte im Unterschuss oder Überschuss vorhanden oder nicht mit den anderen verbunden, so verursacht dies Krankheit.

#### **Text 4. Dioskurides: Metallisches Blei als Heilmittel**

Das gewaschene Blei wird auf folgende Art zubereitet. Gib in einen Mörser aus Blei Wasser und reibe mit einem bleiernen Pistill, bis sich das Wasser schwarz färbt und schlammig wird, dann seihe es durch Leinen, indem du Wasser nachgießt, damit alles Ausgegossene durchgeseiht wird. Dies wiederhole, bis du genug zu haben glaubst. Dann lass das Ausgewaschene sich absetzen, gieße das Wasser ab und anderes zu und wasche es wie die Kadmeia, bis nichts Schwarzes mehr obenauf schwimmt, dann forme es zu Pastillen und bewahre es auf.

Einige feilen reines Blei und reiben es in einem Steinmörser mit einer steinernen Keule oder mit den Händen unter Zugabe von Wasser und gießen die schwarze Masse unter den Händen ab, welche sie sich absetzen lassen und nach dem Abgießen gleich zu Pastillen formen, denn bei langem Reiben wird es dem Bleiweiß ähnlich. Einige setzen den Feilspänen ein wenig Molybdaina zu, und sie behaupten, dass das so gewaschene Blei besser sei.

Es hat die Kraft zu adstringieren, zu kühlen, eine Haut zu bilden, zu erweichen, die Hohlräume auszufüllen, die Augenflüsse zu hemmen und ebenso die Fleischwucherungen der Geschwüre. Es ist auch blutstillend und [wirkt] mit Rosen[salbe] bei Geschwüren am After, bei Geschwülsten, Hämorrhoiden und schwer vernarbenden Wunden. Überhaupt wirkt es wie die Spodos, bis auf die Vernarbung. Das reine Blei hilft aufgerieben gegen den Biss des Seeskorpions und Seedrachens.

(Dioskurides: *De materia medica*, Buch V. ca. 78 n. Chr. – Ausgabe: Pedanii Dioscuridis Anazarbei *De materia medica libri quinque*. Hrsg. von Max Wellmann. Bd. 3. Berlin 1914, Buch V, Kap. 81, S. 53 – 54. – Dtsch.: *Des Pedanios Dioskurides aus Anazarbos Arzneimittellehre in fünf Büchern*. Hrsg. von J. Berendes. Stuttgart 1902, Buch V, Kap. 95, S. 514. – Überarbeitete Übersetzung von Berendes)

Kommentar:

Dioskurides beschreibt hier die Zubereitung von metallischem Blei, um es als Medikament zu verwenden. Es handelt sich um keine chemische Prozedur, denn das Blei wird lediglich fein verrieben und durch Waschen von eventuellen Verunreinigungen

befreit. Einige chemische Stoffe werden erwähnt. Kadmeia ist entweder Galmei (Zinkcarbonat) oder Zinkoxid, Bleiweiß bzw. Psimythion ist basisches Bleicarbonat, Molybdaina bzw. Bleiglätte ist das Bleimonoxid, und Spodos ist Zinkoxid. Als Medikament wird das fein verteilte Blei nur äußerlich angewendet.

### **Text 5. Galen: Umwandlung der Nahrung im Mund und Magen**

Es kann daher keine Nahrung geben, die für das Tier geeignet ist, die nicht auch dementsprechend den Qualitäten unterworfen ist, die in dem Tier vorhanden sind. Und unterworfen sein bedeutet, einer Änderung zu unterliegen. Da nun einige Teile in Bezug auf ihre Kräfte stärker sind, andere schwächer, werden alle die Nahrung, die für das Tier geeignet ist, unterwerfen, aber sie werden es nicht alle in der gleichen Weise tun. So wird folglich der Magen seine Nahrung unterwerfen und ändern, aber nicht in der gleichen Weise wie die Leber, die Venen, Arterien und das Herz. ...

Die zerkaute Nahrung wird zuerst mit diesem Schleim durchtränkt und vermengt, und zweitens wird sie ganz mit der Haut des Mundes in Kontakt gebracht. Daher unterliegt sie mehr einer Umwandlung als die Nahrung, die in den Zwischenräumen zwischen den Zähnen eingeklemmt ist.

Aber ebenso wie die zerkaute Nahrung mehr verändert wird als die letztere, so wird [Nahrung], die hinuntergeschluckt wurde, mehr [verändert] als diejenige, [die nur zerkaut wurde]. In der Tat lassen sich diese beiden Umwandlungen nicht vergleichen. Wir müssen nur betrachten, was der Magen enthält: Schleim, Galle, Pneuma, [eingepflanzte] Wärme und die ganze Substanz des Magens. Und wenn man im Zusammenhang damit die angrenzenden Eingeweide als eine Menge von brennenden Herden rund um einen großen Kessel betrachtet – zur Rechten die Leber, zur Linken die Milz, darüber das Herz und zusammen mit ihm das Zwerchfell, aufgehängt in einem Zustand ständiger Bewegung, und darüber das Bauchfellnetz, das sie alle schützt –, dann kann man glauben, was für eine außerordentliche Änderung die Nahrung erfährt, die im Magen aufgenommen wird.

(Galen: *De naturalibus facultatibus*, Buch III, Kap. 7. ca. 160 – 190. – Ausgabe: *On the Natural Faculties*. Hrsg. von Arthur John Brock (= Loeb Classical Library). Cambridge, Mass. und London 1916, S. 250, 252, 254. – Engl.: Brock, S. 251, 253, 255. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Brock)

#### **Kommentar:**

In dem hier ausgewählten Textabschnitt äußert Galen einige Gedanken zur Umwandlung der Nahrung im tierischen oder menschlichen Körper. Im Mund kommt die Nahrung mit Schleim (griech. *phlegma*), d.h. Speichel in Berührung und wird dadurch bis zu einem gewissen Grad verändert. Die bei weitem wichtigste Umwandlung findet aber im Magen statt, und zwar unter der Einwirkung von Schleim, Galle, Pneuma und eingepflanzter Wärme. Galle gehört wie Schleim zu den vier Säften, wobei nicht angegeben wird, ob es sich um die gelbe oder schwarze Galle handelt. Pneuma ist ein luftartiges Prinzip, das nicht mit der Luft identisch ist. Es geht von der Lunge zum Herz und mischt sich mit dem Blut, um die lebensnotwendige eingepflanzte Wärme zu produzieren. Im Magen erfolgt eine erste Verarbeitung der Nah-

rung, wobei die nützlichen Teile zur Leber transportiert werden. Dort findet eine zweite Verarbeitung statt, indem die Nahrung durch „Kochung“ in Blut umgewandelt wird. Galen vergleicht den Magen mit einem großen Kessel, um den herum Leber, Milz und Herz als unter Feuer stehende Herde angeordnet sind.

#### **Text 6. Huan Ti (zugeschr.): Funktion der Organe und ihr Zusammenhang mit der Yin-Yang-Lehre**

Der Kaiser fragte: Wie kannst du die äußeren Erscheinungen der Organe erklären?

Ch'i Po antwortete: Das Herz ist die Wurzel des Lebens und verursacht die Wendigkeit der spirituellen Möglichkeiten. Das Herz beeinflusst das Gesicht und füllt den Puls mit Blut. Innerhalb des Yang, des Prinzips von Licht und Leben, wirkt das Herz wie das große Yang, welches das Klima des Sommers durchdringt.

Die Lunge ist der Ursprung des Atems und der Sitz der animalischen Geister oder der niedrigeren Seele. Die Lunge beeinflusst das Körperhaar und hat ihre Wirkung auf die Haut. Innerhalb des Yang wirkt die Lunge wie das große Yin, welches das Klima im Herbst durchdringt.

Die Nieren rufen das ins Leben, was schlafend und versiegelt ist; sie sind das natürliche Organ für das, was gelagert werden muss, und sie sind der Ort, wo die Ausscheidungen ihren Sitz haben. Die Nieren beeinflussen das Kopfhaar und haben eine Wirkung auf die Knochen. Innerhalb des Yin wirken die Nieren wie das kleinere Yin, welches das Klima des Winters durchdringt.

Die Leber verursacht äußerste Müdigkeit und ist der Sitz der Seele oder des spirituellen Teils des Menschen, der zum Himmel aufsteigt. Die Leber beeinflusst die Nägel und wirkt auf die Muskeln; sie bringt animalische Wünsche und Kraft hervor. Der Geschmack, der mit der Leber verbunden ist, ist bitter, und die mit der Leber verbundene Farbe ist grün. Innerhalb des Yang wirkt die Leber wie das kleinere Yang, das die Luft im Frühling durchdringt.

Im Magen, den tieferen Organen, den kleinen Organen, den drei Herden, der Leiste und der Blase kann man die grundlegenden Prinzipien für die staatlichen Kornkammern und das Lager eines Regiments finden. Diese Organe werden „Gefäße“ genannt, und sie haben die Kraft, den Bodensatz und das Sediment umzuwandeln, und sie veranlassen die Geschmäcker, sich zu wenden, so dass sie in die Gefäße eintreten und sie verlassen. Diese Organe beeinflussen die Lippen und sind die Ursache dafür, dass das Fleisch um sie herum helle Farbe hat; die Organe wirken auf das Fleisch und die Muskeln. Der Geschmack, der mit diesen Organen verbunden ist, ist süß, und die Farbe ist gelb. Sie gehören zu den Organen des Yin, das das Klima der Erde durchdringt.

(Huang Ti (zugeschr.): Nei Ching Su Wên. zwischen 300 v. und 1100 n. Chr. – Engl.: Huang Ti Nei Ching Su Wên. The Yellow Emperor's Classic of Internal Medicine. Hrsg. von Ilza Veith. 2. Aufl. Berkeley und Los Angeles 1966, S. 139. – Eigene Übersetzung der englischen Übersetzung von Veith)

Kommentar:

Das Werk *Des gelben Kaisers Klassiker der inneren Medizin* ist schwer zu datieren. Huang Ti ist ein legendärer Kaiser, der 2696 – 2598 gelebt haben soll. Wichtige Teile des Werks könnten um 1000 v. Chr., d.h. zur Zeit der Han-Dynastie, verfasst worden sein, einige sind älter, andere wurden von Kommentatoren bis ca. 1100 n. Chr. hinzugefügt. Da die Yin-Yang-Lehre im philosophischen Sinne Anfang des 4. Jahrhunderts v. Chr. Gestalt gewann, kann der vorliegende Textabschnitt nicht früher als ca. 300 v. Chr. verfasst worden sein.

Nach den in diesem Werk geäußerten Gedanken ist der Mensch durch die Wechselwirkung der beiden fundamentalen, einander entgegengesetzten Kräfte Yin und Yang entstanden und besteht aus den fünf Elementen Erde, Holz, Feuer, Metall und Wasser. Im Lauf der Zeit wurden die fünf Elemente mit immer mehr Dingen und Eigenschaften korreliert, wobei nicht nur die Zuordnung, sondern oft auch die Fünzfahl willkürlich war. In dem ausgewählten Text werden fünf Organe des menschlichen Körpers mit den Jahreszeiten und der Intensität von Yin und Yang in Verbindung gebracht. Das Herz ist mit Sommer und großem Yang assoziiert, die Lunge mit Herbst und großem Yin, die Nieren mit Winter und kleinerem Yin, die Leber mit Frühling und kleinerem Yang. Nur bei dem Magen als fünftem Organ ist die Assoziation mit dem Klima der Erde und dem Prinzip Yin sichtlich unbefriedigend.

### **Text 7. Ibn Sīnā: Klassifizierung der Organe nach ihrer Wirkung**

Galen klassifizierte die Organe in jene, welche eine Wirkung hervorrufen (z.B. das Herz), jene, welche die Wirkung unterstützen (z.B. die Lunge), und jene, die beides zustandebringen (z.B. die Leber). Ich dagegen betrachte als „Wirkung“ jene Art von Wirkung, mit deren Hilfe ein bestimmtes Organ die Aufrechterhaltung des Lebens des Individuums zustandebringt oder die Erhaltung der Art. So lässt das Herz den Atem entstehen. Die Wirkung wird unterstützt, wenn ein Organ vorbereitet wird, die Wirkung des anderen Organs aufzunehmen und dadurch den Prozess – entweder dem Individuum das Leben zu geben oder die Art fortzupflanzen – zu vollenden.

So bereitet die Lunge die Luft vor. Die Leber führt die erste Verdauung so weit aus, dass die dritte und vierte Verdauung vorbereitet sind. Je vollkommener die Leber in Bezug auf die zweite Verdauung funktioniert, um so wahrscheinlicher wird das Blut zubereitet, dass es geeignet ist, die Gewebe zu ernähren. Daher verursacht die Leber in dieser Hinsicht eine Wirkung; und insofern die Leber dazu beiträgt, eine weitere Wirkung zu vollbringen, bereitet sie jene Wirkung vor.

(Ibn Sīnā: *Kitāb al-Qānūn fī ṭ-ṭibb*, Buch I. zwischen ca. 1005 und 1020. – Engl.: O. Cameron Gruner: *A Treatise on the Canon of Medicine of Avicenna. Incorporating a Translation of the First Book*. London 1930, S. 99. – Eigene Übersetzung der englischen Übersetzung von Gruner)

Kommentar:

In diesem Text erörtert Ibn Sīnā das Problem der Wirkung der Organe. Um es verständlicher zu machen, müssen andere Stellen aus seinem Hauptwerk ergänzend herangezogen werden. Für ihn sind Herz, Gehirn und Leber die wichtigsten Organe. Das Herz war der Sitz der Lebenskraft oder der „eingepflanzten Wärme“, das Gehirn der Sitz der geistigen Kräfte und die Leber der Sitz der ernährenden Kräfte.

Hier werden Herz und Lunge nur kurz erwähnt, während der größere Teil des Textes von der Leber handelt. Der Magen wandelt den verwertbaren Teil der Nahrung in Chylus um. Ein Teil des Chylus wird in der Leber in Blut umgewandelt. Das Blut geht weiter zum Herz und vereinigt sich dort mit dem Pneuma der Luft zum Lebensgeist. Die Leber bildet aus dem Chylus neben dem Blut auch die gelbe und die schwarze Galle. Infolge dieser Prozesse kann Ibn Sīnā sagen, dass die Leber sowohl eine Wirkung verursacht, als auch eine andere Wirkung vorbereitet.

### **Text 8. Hildegard von Bingen: Verdauung und Ernährung**

Von der Verdauung. Wenn ein Mensch isst, so verteilen die Äderchen, die den Geschmack empfinden, diese durch den Körper. Den feineren Saft aus der Nahrung nehmen die inneren Adern, also die der Leber, des Herzens und der Lunge vom Magen her auf und befördern ihn durch den ganzen Körper. Auf diese Weise wird das Blut im Menschen vermehrt und der Körper ernährt, wie das Feuer durch den Blasebalg zum Brand angefacht wird und durch den Wind und den Tau das Gras grünt und wächst. Denn wie der Blasebalg das Feuer anfacht und wie Wind und Tau die Gräser hervorbringen, ebenso lässt der Saft aus den Speisen und Getränken Blut und Blutwasser wie auch das Fleisch des Menschen entstehen und sich vermehren.

Wie aber der Blasebalg nicht Feuer ist und Wind und Tau nicht Gras sind, so ist auch weder der Saft aus der Nahrung Blut noch der Saft der Getränke Blutwasser, sondern der Saft aus der Nahrung wird wie Blut gefärbt und befindet sich in diesem, und der Saft aus den Getränken nimmt die Farbe des Blutwassers an und bleibt in diesem. Beide bauen so das Blut zur Flüssigkeit auf und lassen es aufgehen wie Sauerteig die ganze Mehlmasse, d.h. den Teig, und verbleiben so in ihnen, vereinigen sich auf diese Weise mit ihnen und verschwinden mit ihnen und in ihnen und werden verbraucht. ...

Von der Ernährung. Wenn der Mensch isst und trinkt, so führt der dem Leben eigene Zug der Vernunft, der im Menschen liegt, den Geschmack, den feineren Saft und den Geruch der Speisen und Getränke nach oben hin zu seinem Gehirn und erwärmt dies dadurch, dass er dessen Äderchen ausfüllt. Die übrigen Bestandteile der Speisen und Getränke, die zum Magen hingelangen, erwärmen das Herz, die Leber und die Lunge. Diese ziehen etwas von dem Geschmack, dem feineren Saft und dem Geruch zu ihren Adern hin, so dass diese dadurch gefüllt, erwärmt und genährt werden, wie wenn man ein ganz eingetrocknetes Stück Darm in Wasser legt, dies dann weich wird, aufquillt und sich anfüllt. So also werden, wenn ein Mensch isst und trinkt, seine Adern durch den Saft aus Speise und Getränk aufgefüllt und erwärmt, indem jener Saft das Blut und das Blutwasser in den Adern erwärmt und das Blut,

das im Fleisch sich befindet, sich seine rote Farbe aus dem Inhalt der Adern zieht.

(Hildegard von Bingen: *Causae et curae*. zwischen 1150 und 1157. – Ausgabe: Hildegardis *Causae et curae*. Hrsg. von Paul Kaiser. Leipzig 1903, S. 112 – 113. – Dtsch.: Ursachen und Behandlung von Krankheiten „*Causae et curae*“. Übers. von H. Schulz. München 1933. – Abgedr. in: E. Strübing: Nahrung und Ernährung bei Hildegard von Bingen, Äbtissin, Ärztin und Naturforscherin (1098 – 1179). *Centaurus* 9 (1963), 73 – 124, hier S. 97 – 98. – Übersetzung von Schulz mit kleinen Änderungen von Strübing)

Kommentar:

In ihrem medizinischen Werk *Causae et curae* äußert sich Hildegard von Bingen über den Verdauungsprozess. Im Großen und Ganzen stützte sie sich dabei auf Galens Theorie, modifizierte sie aber in einigen Punkten. Der für die Ernährung wichtigste Teil der Nahrung ist für sie ein Saft, von dem ein Teil ins Gehirn geht und es erwärmt, der größte Teil aber in den Magen gelangt. Von dort nehmen die Adern der Leber, des Herzens und der Lunge den Saft auf, wodurch diese Organe erwärmt werden, und verteilen ihn über den ganzen Körper. Aus dem Saft entstehen Blut, „Blutwasser“ und Fleisch. Das Wort *tabes*, das mit Blutwasser übersetzt wurde, bedeutet eigentlich Fäulnis, Verwesung, Schlamm, auch Schlamm von sich zersetzendem Blut. Hier dürfte wohl das Plasma oder das Serum des Blutes gemeint sein.

Den Umwandlungsprozess der Nahrung oder des Saftes in Blut usw. versucht sie durch Beispiele aus dem Alltagsleben anschaulich zu machen. Aus ihrer Beschreibung des Prozesses geht aber lediglich hervor, dass der Saft aus der Nahrung wie Blut und der Saft aus den Getränken wie „Blutwasser“ gefärbt wird und dass der Saft nachher irgendwie im Blut, „Blutwasser“ und Fleisch enthalten ist.

### **Text 9. Vinzenz von Beauvais: Nutzen der Alchemie für die Medizin**

Denn [die Alchemie] kann mit Recht zu den mechanischen [Künsten] gerechnet werden und für einige der anderen ist sie nicht wenig nützlich, wie für die Schmiede[kunst] und die Medizin. Für die Schmiedekunst wegen der Untersuchung, Vermischung, Trennung und Transmutation der Metalle. Für die Medizin wegen der Abtrennung der heilsamen Substanzen oder Qualitäten von den schädlichen, die oft auch mit einfachen Medizinen vermischt sind. ...

Hierzu gehört auch, die vier Elemente aus einer beliebigen Pflanze durch Destillation aufzutrennen, so dass in einer jeden die Herrschaft eines einzigen Elements zurückbleibt, und daraus zuerst das Wasser zu extrahieren, dann das Öl und als drittes das Feuer, welches die rote Flüssigkeit ist. Als viertes bleibt die Erde als eine Art Bodensatz zurück. Und daraus kann man erfahren, welches Element mehr in jener Pflanze vorherrscht, um die es sich handelt. Aus einer trockenen Pflanze kann man kein Wasser extrahieren. ... Dasselbe kann auch bei einigen Dingen geschehen, die aus Tieren stammen, wie beim Knochen, Haar, Ei und dergleichen. Daher lehrt Avicenna im Kapitel „De complexionibus membrorum“, man solle die Knochen und Haare destillieren, um zu wissen, in welchen von ihnen sich mehr Feuchtigkeit befindet.

(Vinzenz von Beauvais: Speculum doctrinale, Buch XI, Kap. 105, 132. ca. 1250. – Ausgabe: Douai 1624. – Abgedr. in: Barbara Obrist: Alchemie und Medizin im 13. Jahrhundert. Archives Internationales d'Histoire des Sciences 43 (1993), 209 – 246, hier S. 218 – 219. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Im Wissenschafts- und Bildungssystem des lateinischen Mittelalters gab es neben den Wissenschaften die sieben freie Künste (*septem artes liberales*) mit Grammatik, Rhetorik, Dialektik, Arithmetik, Geometrie, Musik und Astronomie und die Eigenkünste oder mechanischen Künste (*artes mechanicae*). Zu den Eigenkünsten, bei denen ebenfalls eine Siebenzahl angestrebt wurde, rechnete man meist Agrikultur, Jagd, Navigation, Waffenschmiedekunst, Webkunst, Schauspiel und Medizin. Bei Vinzenz von Beauvais tritt an die Stelle der Waffenschmiedekunst die Schmiedekunst – vielleicht wäre Metallurgie ein passenderes Wort –, die Alchemie kommt neu hinzu, und die Medizin wird beibehalten.

Nach der Ansicht von Vinzenz hat die Alchemie eine große Bedeutung für die Medizin. Dabei meint er mit Medizin, wie aus dem Zusammenhang hervorgeht, insbesondere den Bereich der Pharmazie. Die Alchemie kann für die Zubereitung von Medikamenten von Nutzen sein, da man mit ihrer Hilfe die heilsamen Substanzen von den schädlichen abtrennen kann. Ferner kann man ein pflanzliches oder tierisches Produkt durch Destillation auftrennen, wobei sich mehrere Fraktionen ergeben. Die von ihm aufgezählten Fraktionen entsprechen denen der arabischen und lateinischen Alchemisten, wenn sie versuchten, die Stoffe in die vier Elemente zu zerlegen, um sie dann zum Elixier zusammenzusetzen. Wasser, Feuer und Erde werden erwähnt, das Öl entspricht dem Element Luft. Aus dem Ergebnis der Destillation kann geschlossen werden, welches Element und welche Urqualität vorherrscht, und dies wiederum zeigt die Eignung der Pflanze als Heilmittel für eine bestimmte Krankheit. Bemerkenswert ist, dass die Destillation von Vinzenz als eine spezifisch alchemische Tätigkeit betrachtet wird.

#### **Text 10. Johannes von Rupescissa: Die Quintessenz als Heilmittel für den Menschen**

Du wirst aber sagen, da alles, was in dieser Welt körperlich ist oder dem Nutzen des Körpers dient, Elemente sind oder aus Elementen zusammengesetzt ist, dass die Grundlage des Lebens von den Menschen in dieser Welt oder diesem Zeitalter nicht gefunden werden kann, welche den Körper am Leben erhalten kann bis zur letzten Grenze des Lebens, die von Gott den Sterblichen gesetzt ist. Darauf werde ich zuversichtlich antworten, dass man ein Ding suchen muss, das sich in Bezug auf die vier Elemente, aus denen unser Körper zusammengesetzt ist, verhält wie der Himmel in Bezug auf die vier Elemente. Die Philosophen aber nannten den Himmel in Bezug auf die vier Elemente die Quintessenz, weil der Himmel in sich unvergänglich und unveränderlich ist und keinen fremden Einflüssen unterliegt, es sei denn auf Befehl Gottes.

So ist also das Ding, das wir in Bezug auf die vier Qualitäten unseres Körpers suchen, nämlich die Quintessenz, in sich unvergänglich. Sie ist weder warm und trocken wie das Feuer, noch feucht und kalt wie das Wasser, noch warm und feucht wie die Luft, noch kalt und trocken wie die Erde. Denn sie ist eine

Quintessenz, welche zu Gegensätzen fähig ist und unvergänglich wie der Himmel, der, wenn es notwendig ist, Feuchtigkeit schickt, manchmal Wärme, manchmal Kälte, manchmal Trockenheit. So geartet ist die Grundlage des Lebens, die Quintessenz, die der Höchste in der Natur geschaffen hat, damit er die Notlage des Körpers ergänzen könne diesseits jener letzten Grenze, die Gott unserem Leben gesetzt hat.

Ich habe gesagt, dass der Höchste die Quintessenz geschaffen hat, die aus dem Körper der geschaffenen Natur von Gott mit Hilfe der menschlichen Kunst extrahiert wird, und ich werde sie mit den drei Namen benennen, die ihr die Philosophen gegeben haben. Sie wird brennendes Wasser genannt, Seele oder Geist des Weins und Wasser des Lebens. Und wenn du sie verheimlichen willst, dann wirst du sie Quintessenz nennen, weil die größten Philosophen ihre Natur und ihren Namen niemandem offenbaren wollten, sondern die Wahrheit mit sich ins Grab nahmen.

(Johannes von Rupescissa: De consideratione quintae essentiae rerum omnium, Buch I, Kap. 2. ca. 1351 – 1352. – Ausgabe: Basel 1597, S. 16 – 17. – Mittelhochdeutsch: Udo Benzenhöfer: Johannes' de Rupescissa „Liber de consideratione quintae essentiae omnium rerum“ deutsch. Studien zur Alchemia medica des 15. bis 17. Jahrhunderts mit kritischer Edition des Textes (= Heidelberger Studien zur Naturkunde der frühen Neuzeit. Bd. 1). Stuttgart 1989, S. 100 – 101. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Benzenhöfer)

Kommentar:

Nach der Kosmologie von Aristoteles ist die Welt in zwei prinzipiell verschiedene Bereiche eingeteilt, deren Grenze die Sphäre des Mondes bildet. Unterhalb davon gibt es die vier Elemente Erde, Wasser, Luft und Feuer, aus denen alle Materie aufgebaut ist und die dem Kreislauf von Werden und Vergehen unterworfen sind. Oberhalb davon gibt es den „Äther“, einen Stoff, aus dem auch die unvergänglichen Himmelskörper bestehen. Er ist sozusagen eine fünfte Seinsweise (*quinta essentia*), aber kein Element, da er unvergänglich ist.

Rupescissa machte sich zu Anfang seines Werkes Gedanken über ein Heilmittel, das Gesundheit verleiht, Jugend und Kräfte zurückbringt und das Leben bis zu der von Gott gesetzten Grenze verlängert. Hier setzt der Quellentext ein. Wenn das Heilmittel, so ist seine Überlegung, den Körper vor Zerstörung bewahren soll, dann muss es selbst unzerstörbar sein. Es muss sich zu den vier Elementen, aus denen der Körper zusammengesetzt ist, verhalten wie der Himmel zu den vier Elementen. Diesen Stoff nennt er die Quintessenz. Sie soll sich anders verhalten als die vier Elemente mit ihren Urqualitäten warm, kalt, trocken und feucht und letzten Endes unvergänglich sein.

Rupescissa beließ es nicht bei diesen allgemeinen Überlegungen, sondern nannte konkret eine Quintessenz, die er für besonders wirksam hielt: den Alkohol. Der Alkohol wurde seit der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts als Medikament verwendet und in kleinen Mengen entweder in reiner Form oder als alkoholischer Auszug von Kräutern oder Drogen verabreicht. Seine belebenden und konservierenden Eigenschaften waren bekannt. Anfangs galt er auch als eine Art Wundermittel, denn ein Wasser, das brannte, widersprach völlig der aristotelischen Elementenlehre. Rupe-

scissa zählt die Namen auf, die zu seiner Zeit für den Alkohol üblich waren: brennendes Wasser (*aqua ardens*), Seele des Weins (*anima vini*), Geist des Weins (*spiritus vini*) und Wasser des Lebens (*aqua vitae*).

### **Text 11. Johannes von Rupescissa: Gewinnung der Quintessenz des Antimons**

Der gepriesene Gott des Himmels sei selbst Zeuge, dass ich jetzt ein so großes Geheimnis enthüllen werde, das nie jemandem enthüllt wurde oder nur sehr wenigen bekannt ist. Dies ist das Geheimnis aller Geheimnisse: die Quintessenz aus dem Antimonium zu extrahieren. Das Verfahren geht so, dass du das Antimonium pulverisierst, bis es nicht mehr fühlbar ist. Nimm, wenn dies getan ist, den Essig der Philosophen, vortrefflich destilliert, und bringe das Pulver des Antimoniums [mit dem Essig] in ein glasiertes Gefäß und setze es 70 Tage in Pferdedung. Dann stelle das Antimonium in einem Kolben mit dem Essig auf ein Aschebad über einem Öflein und gib ein so langsames Feuer, dass du die erwärmte Asche mit der Hand ertragen kannst, bis sich der Essig rot färbt. Dann soll der gerötete Essig entfernt und ordentlich beiseite gestellt werden, und es soll weiterer Essig auf den Bodensatz aufgebracht werden, bis dieser sich auch über einem mäßigen Feuer färbt. Dies soll so oft geschehen, bis sich der Essig nicht länger färbt.

Wenn du die derart gefärbten Essig[mengen] gesammelt hast, dann bringe sie in ein Destillierbad mit zugehörigem Destillierhelm und destilliere mit einem langsamen Feuer, so steigt zuerst der Essig auf. Dann wirst du ein erstaunliches Wunder sehen, denn durch den Schnabel des Destillierhelms wirst du gleichsam tausend Flüssigkeitsäderchen des gepriesenen Erzes herabsteigen sehen als rote Tropfen, als ob es Blut wäre. Sammle diese gepriesene Flüssigkeit und stelle sie in einem Glas oder einem glasierten Topf beiseite. Wenn du das getan hast, hast du ein Ding, mit dem kein Schatz der ganzen Welt gleichkommen kann. Sieh das offensichtliche Wunder: du wirst eine solche Süße des Antimoniums in seiner roten Quintessenz finden, dass die Süße des Honigs ihm nicht gleichkommen kann. Ich sage es dir in Gottesliebe, dass der menschliche Verstand weder den Wert noch die erstaunliche Kraft der Quintessenz des erwähnten Antimoniums begreifen oder glauben könnte.

(Johannes von Rupescissa: De consideratione quintae essentiae rerum omnium, Buch I, Kap. 42. ca. 1351 – 1352. – Ausgabe: Basel 1597, S. 88 - 90. – Mittelhochdeutsch: Udo Benzenhöfer: Johannes' de Rupescissa „Liber de consideratione quintae essentiae omnium rerum“ deutsch. Studien zur Alchemia medica des 15. bis 17. Jahrhunderts mit kritischer Edition des Textes (= Heidelberger Studien zur Naturkunde der frühen Neuzeit. Bd. 1). Stuttgart 1989, S. 136 – 137. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Benzenhöfer)

#### **Kommentar:**

Nach der Ansicht von Rupescissa gibt es nicht nur die Quintessenz des Weins, sondern die Quintessenz lässt sich auch aus vielen pflanzlichen, tierischen und mineralischen Stoffen gewinnen. Hier geht es um die Gewinnung der Quintessenz des Antimons, wobei das Ausgangsprodukt, das Antimonium, nicht das elementare Antimon darstellt, sondern den Grauspießglanz bzw. das Antimonsulfid  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ .

Die Beschreibung ihrer Darstellung ist im Prinzip nachvollziehbar – bis auf den „Essig der Philosophen“, eine unbekannte Säure, so dass man nicht weiß, welche Reaktion dabei stattgefunden hat. Zuerst wurde der Grauspießganz im Mörser so fein pulverisiert, dass man beim Verreiben zwischen den Fingern keine körnige Konsistenz mehr feststellen konnte, was gerade bei dieser Substanz gut durchführbar ist. Das Pulver wurde zusammen mit dem „Essig“ in ein verschließbares Glasgefäß gebracht und dieses in einen Kasten mit Pferdedung gesetzt, in dem man Temperaturen um etwa 50° mehrere Wochen aufrechterhalten konnte. Nach 70 Tagen wurden Antimonium und „Essig“ in einen Kolben umgefüllt und dieser auf einem Aschebad derart erhitzt, dass die Temperatur bei Berührung der Asche mit der Hand noch erträglich war. Wenn sich der „Essig“ rot gefärbt hatte, wurde er abgegossen, beseite gestellt und diese Prozedur so oft wiederholt, bis sich der „Essig“ beim Erwärmen nicht mehr rot färbte. Die gesammelten Extrakte, die sich rot gefärbt hatten, wurden in einem Destillierapparat destilliert. Dabei ging zunächst der „Essig“ über, dann folgte, wie man im Schnabel des gläsernen Destillierhelms beobachten konnte, eine rote Flüssigkeit, die wie Blutstropfen überging. Dies betrachtete Rupescissa als die Quintessenz des Antimons. Ihn faszinierte nicht nur die rote Farbe, die in der Alchemie eine zentrale Rolle spielte, sondern auch der außerordentlich süße Geschmack dieser Substanz.

## 11 Chemie im Altertum und Mittelalter – Zusammenfassung

### Text 1. Albertus Magnus: Affinität des Schwefels zum Silber

Schwefel aber verbrennt Silber, wenn er im geschmolzenen Zustand über das Silber ausgebreitet wird, und die Schwärzung des Silbers zeigt an, dass es vom Schwefel verbrannt wird, wie wir oben gesagt haben. Denn Schwefel verbrennt wegen der Affinität seiner Natur die Metalle, aber er verursacht in anderen Dingen wie Holz und Stein kein großes Brennen, auch wenn er im entflammten Zustand über sie ausgebreitet wird.

(Albertus Magnus: Mineralia. Buch IV, Kap. 5, ca. 1250. – Ausgabe: Albertus Magnus: De Mineralibus. In: B. Alberti Magni Opera Omnia. Hrsg. von Auguste und Aemile Borgnet. Bd. 5. Paris 1890, S. 1 – 116, hier S. 90. – Engl.: Albertus Magnus: Book of Minerals. Hrsg. von Dorothy Wyckoff. Oxford 1967, S. 221. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Wyckoff)

Kommentar:

Der Textabschnitt stammt aus einem Kapitel über die Eigenschaften des Silbers. Der Ausdruck „geschmolzen“ (*liquefactus*) kann sich grammatisch sowohl auf das Silber als auch auf den Schwefel beziehen. Experimente haben aber gezeigt, dass nur das Aufbringen von geschmolzenem Schwefel auf festes Silber einen eindrucksvollen Effekt der Schwärzung durch Bildung von Silbersulfid gibt. Hier geht es um Fragen der Affinität. Albertus war der erste, der den Begriff *affinitas* nicht mehr im Sinne von Verwandtschaft gebrauchte, sondern damit ganz allgemein das Bestreben der Stoffe bezeichnete, sich miteinander zu vereinigen. Schwefel und Silber reagierten nicht aus dem Grund miteinander, weil sie miteinander verwandt, d.h. stofflich ähnlich waren, sondern aus anderen Gründen, die hier nicht genannt werden.

### Text 2. Geber: Probleme der Affinität der Stoffe

Wir sagen also, dass die Methode der Abtrennung seiner überflüssigen Erde darin besteht, [das Quecksilber] mit Dingen zu mischen, mit denen es keine Verwandtschaft hat, und seine Sublimation mit ihnen oft zu wiederholen. Zu dieser Art gehören Talk, der Kalk von Eierschalen und weißem Marmor, fein zerstoßenes Glas und jede präparierte Art von Salz. Es wird nämlich durch diese [Dinge] gereinigt. Von anderen aber, mit denen es eine Verwandtschaft hat – außer es handelt sich um die vollkommenen Metalle – wird es nicht gereinigt, sondern eher verdorben, weil sie alle eine Schwefligkeit haben, die bei der Sublimation zusammen mit [dem Quecksilber] aufsteigt und dieses verdirbt.

Du erkennst es aus diesem Experiment, nämlich, wenn du es mit Zinn oder mit Blei sublimierst, wirst du feststellen, dass es schwarz gefärbt ist. Es ist daher besser, die Sublimation mit den Dingen auszuführen, mit denen es nicht zusammenpasst. [Die Sublimation] mit [den Dingen], mit denen es zusammenpasst, wäre [eigentlich] besser, wenn sie nur keine Schwefligkeit enthielten. Daher ist eine Sublimation mit Talk besser als mit allen anderen Dingen,

weil er mit [dem Quecksilber] wenig zusammenpasst und keine Schwefligkeit enthält. ...

[Die Medizin] wird nur aus dem Quecksilber leichter, näherliegend und vollkommener gewonnen, weil eine Natur eine näherliegende Natur freundschaftlicher umarmt und sich an ihr mehr erfreut als an einer fremden. Es gibt im [Quecksilber] die Möglichkeit, jene feine Substanz zu extrahieren, da es bereits aktuell eine feine Substanz enthält. ...

Ob sich das Magisterium im [Zustand der] Vollkommenheit befindet, erkennt man in ähnlicher Weise durch eine Mischung mit Schwefel, da wir durch unsere Erfahrung gefunden haben, dass Schwefel, der mit den Metallen vermischt ist, die einen mehr, die anderen weniger verbrennt; auch haben wir durch unsere Kunstfertigkeit erfahren, dass manche aus der Verbrennung zurückkehren, manche nicht. Hierdurch kann man auch den Unterschied der von der Vollkommenheit entfernten Metalle feststellen, die durch eine sophistische Vollendung hergestellt wurden. Da wir bei den Metallen einer jeden Art gefunden haben, dass das Gold am wenigsten durch Schwefel verbrannt wird, danach das Zinn, dann das Silber, danach das Blei, noch leichter als diese alle das Kupfer und am leichtesten das Eisen durch die Öligkeit des Schwefels, erkennt man dadurch, welches [Metall] sich mehr und welches weniger der Vollkommenheit nähert.

(Geber latinus: Summa perfectionis, Kap. 42, 49, 89, spätes 13. Jh. – Ausgabe: William R. Newman: The „Summa perfectionis” of Pseudo-Geber. Leiden u.a. 1991, S. 385 – 386, 447, 620 – 621. – Engl.: Newman, S. 691 – 691, 715, 781. – Dtsch.: Die Alchemie des Geber. Hrsg. von Ernst Darmstaedter. Berlin 1922. S. 47, 59, 93. – Von Darmstaedter verwendete Ausgabe: De Alchemia. Nürnberg 1541, S. 89, 119 – 120, 200. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Newman und Darmstaedter)

Kommentar:

Aus dem Hauptwerk von Geber latinus wurden drei Textabschnitte ausgewählt, die Fragen der Affinität betreffen. Der erste Abschnitt ist einem Kapitel über die Sublimation des Quecksilbers entnommen. Der Autor überlegt sich, welche Stoffe man bei der Sublimation des Quecksilbers zusetzen muss, um es von seinen überflüssigen erdigen Bestandteilen zu befreien. Er kommt zu dem Ergebnis, dass es Stoffe sein müssen, mit denen es keine Verwandtschaft (*affinitas*) hat. Als geeignete Stoffe schlägt er Talk (ein Aluminiumsilikat), Kalk, Glaspulver oder Salze vor. Beim Zinn und Blei stellte er durch Experimente fest, dass sie dazu nicht geeignet waren.

Im zweiten Absatz kommt etwas von der Theorie Gebers zum Ausdruck, dass das Quecksilber die geeignete Ausgangssubstanz zur Gewinnung der „Medizin“, d.h. des Elixiers oder des Steins der Weisen, sei. Es enthalte nämlich eine Substanz aus feinen Teilchen, die er als wichtigsten Bestandteil des Elixiers betrachtete, und damit seien Quecksilber und Medizin miteinander verwandt. Seine Begründung hierfür besagt mit anderen Worten, dass sich Gleiches lieber mit Gleichem als mit Ungleichem verbindet.

Der dritte Absatz stammt aus einem Kapitel über die Behandlung mit Schwefel. Zunächst sind einige Begriffe zu erläutern. Magisterium (wörtl. Meisterwerk) ist der

zum Silber oder Gold führende Transmutationsprozess. Die von der Vollkommenheit entfernten Metalle sind die unedlen Metalle. Wenn die Metalle verbrannt werden, ist dies nach unserer heutigen Theorie eine Oxidation, in diesem Fall allerdings die Bildung eines Sulfids, die Rückkehr aus der Verbrennung eine Reduktion. „Sophistisch“ ist ein von den Alchemisten nicht klar umrissenes Wort, womit z.B. der Gegner des Alchemisten gemeint sein kann, der nicht die richtige Theorie hat und daher bei seinen Transmutationsversuchen keinen Erfolg haben kann.

Geber wusste, dass die Metalle mit Schwefel unterschiedlich leicht reagieren, und stellte eine Reihenfolge auf. Am wenigsten reagierte das Gold mit Schwefel, jeweils stärker das Zinn, das Silber, das Blei, das Kupfer und am leichtesten das Eisen. Eine solche Reihe würde man heute als Affinitätsreihe bezeichnen. Für ihn war sie ein Maß für den mehr oder weniger edlen Charakter der Metalle.

### **Text 3. Platon: Wissenschaftliche Bedeutung quantitativer Methoden**

Sokrates: Bei den handwerksmäßigen Künsten wollen wir zuerst überlegen, ob den einen von ihnen mehr Wissenschaftlichkeit zukommt, den anderen weniger, und ob man die einen als sehr rein betrachten muss, die anderen als unreiner.

Protarchos: Das sollten wir!

Sokrates: Dann müssen wir diejenigen, welche den ersten Rang einnehmen, von den anderen abtrennen.

Protarchos: Welche und wie?

Sokrates: Wenn man beispielsweise von allen Künsten die Rechenkunst abtrennen würde und die Messkunst und die Wägekunst, dann wäre das, was von jeder noch übrigbliebe, sozusagen wertlos.

Protarchos: Ja, ganz wertlos!

Sokrates: Was danach noch übrigbliebe, wäre Mutmaßung und Übung der Sinne durch Erfahrung und irgendeine Fertigkeit.

(Platon: *Philebos* 55 d 5 – e 6, ca. 363. – Ausgabe: *Platonis Opera*. Hrsg. von J. Burnet. Oxford 1901. – Dtsch.: Übers. von L. Georgii. In: *Platon: Sämtliche Werke*. Bd. 3. 5. Aufl. Köln und Olten 1967, S. 73 – 74. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Georgii)

Kommentar:

Die Mathematik hat in Platons Philosophie einen hohen erkenntnistheoretischen Stellenwert. Im Dialog *Philebos* trägt Sokrates Platons Ansichten über die wissenschaftliche Bedeutung quantitativer Methoden vor. Er kommt auf die Rechenkunst, Messkunst und Wägekunst (griech. *technē arithmetikē, metretikē, statikē*) zu sprechen. Wenn man diese drei von den übrigen Künsten abtrennen würde, wäre der Rest nahezu wertlos. Als Beispiel führt er im folgenden Text die Architektur an, während Medizin, Agrikultur und Navigation auch ohne quantitative Methoden auskommen könnten. Zu beachten ist, dass Platon hier zwar nur Künste, keine Wissenschaften aufführt, aber zu Anfang des Textes doch von den Kriterien einer Wissenschaft (*epistēmē*) spricht.

#### **Text 4. Buch der Weisheit: Ordnung der Welt nach Maß, Zahl und Gewicht**

Doch du hast alles nach Maß, Zahl und Gewicht geordnet.

(Buch der Weisheit 11, 20 (oder 21), ca. Mitte 1. Jh. v. Chr. Altes Testament. – Ausgabe: Septuaginta. Vetus Testamentum Graecum. Auctoritate Societatis Litterarum Göttingensis editum. Bd. 12,1. Sapientia Salomonis. Hrsg. von J. Ziegler. Göttingen 1962, S. 131)

Kommentar:

Das *Buch der Weisheit* gehört zur jüdischen Weisheitsliteratur, die in den letzten Jahrhunderten v. Chr. in Palästina und Ägypten entstand. Der Verfasser war ein hellenistisch gebildeter Jude, der in Alexandria lebte. Er wendet sich in dem Text an Gott und sagt zu ihm, dass er alles in der Welt nach Maß (*metron*), Zahl (*arithmos*) und Gewicht (*stathmos*) geordnet habe. Dieser Satz, der sicher auf pythagoreische Einflüsse zurückgeht, war noch bis ins 19. Jahrhundert hinein für die Forscher ein Leitmotiv, die Natur auf ihre Quantifizierbarkeit hin zu untersuchen.

#### **Text 5. al-Ḥāzinī: Anwendung der hydrostatischen Waage für physikalische und chemische Probleme**

Kapitel über die Aufzählung der Vorzüge und Nutzenanwendungen der Waage der Weisheit. Es sagte al-Ḥāzinī nach Erörterung der gewöhnlichen Waage: Die Waage der Weisheit, welche die Gedanken erfunden und das Experiment und die Erprobung vollendet haben, ist von großer Bedeutung wegen ihrer Vorteile und weil sie geschickte Handwerker ersetzt. Zu diesen Vorteilen gehören: 1. Die Genauigkeit im Wägen. Man erkennt mit ihrer Hilfe eine Differenz von einem Mitqāl oder einer Ḥabba, selbst wenn das Gesamtgewicht aller seiner Teile dabei tausend Mitqāl beträgt, vorausgesetzt, ihr Benutzer hat eine zarte Hand und ist feinfühlig in der Kunst und versteht diese. 2. Es wird durch sie das echte Metall gegenüber seiner Fälschung verifiziert, jedes einzeln, ohne Läuterung. 3. Man erkennt mit ihrer Hilfe, welche Bestandteile in einem metallischen Körper vorhanden sind, der mit einem anderen metallischen Körper gemischt ist, ohne dass einer vom anderen durch Schmelzen, Läuterung oder Formänderung geschieden werden muss, und das in kürzester Zeit und mit geringstem Aufwand.

4. Man erkennt mit ihrer Hilfe den Gewichtsüberschuss des einen Metalls über das andere in Wasser, wenn ihr beider Gewicht in Luft gleich ist, und umgekehrt in Luft, wenn ihr Gewicht in Wasser gleich ist; und man erkennt die Proportionen des Volumens des einen Metalls zum anderen, was von ihr beider Gewicht in beiden Medien abhängt. 5. Man erkennt mit ihrer Hilfe die Substanz des gewogenen Dinges von seinem Gewicht her, im Gegensatz zu den übrigen Waagen, denn sie unterscheiden nicht zwischen Gold und Stein, wenn diese gewogen werden. ... 7. Das Höchste, was man mit ihr erreichen kann, ist die Erkennung der Echtheit von Steinsubstanzen wie z.B. des Saphirs, Granats, Smaragds oder einer Perle, denn sie unterscheidet in Wahrheit zwischen diesen und ihren Imitationen und Färbungen zwecks Betrug.

(al-Ḥāzinī, Abū'l Faṭḥ 'Abd ar-Raḥmān: Kitāb Mīzān al-ḥikma (Buch der Waage der Weisheit), 1121/22. – Ausgabe: Khanikoff, N. (Hrsg.): Analysis and Extracts of Kitāb Mīzān al-Ḥikma, Book of the Balance of Wisdom, an Arabic Work on the Water Balance, written by al-Khāzinī in the Twelfth Century. Journal of the American Oriental Society 6 (1860), 1 – 128, hier S. 8 – 10. – Abgedr. in: Quellengeschichtliches Lesebuch zur Chemie und Alchemie der Araber im Mittelalter. Hrsg. von Karl Garbers und Jost Weyer. Hamburg 1980, S. 25, 27. – Engl.: Khanikoff, S. 8 – 10. – Dtsch.: Garbers / Weyer, S. 24, 26. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Garbers / Weyer)

Kommentar:

Al-Ḥāzinī's Werk ist der hydrostatischen Waage gewidmet. Mit ihr konnte das spezifische Gewicht von Substanzen bestimmt werden, indem diese in Luft und in Wasser gewogen wurden. Nach dem Archimedischen Prinzip, wonach der scheinbare Gewichtsverlust eines in eine Flüssigkeit eingetauchten Körpers gleich dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge ist, ließ sich daraus das spezifische Gewicht berechnen. Die „Waage der Weisheit“ war eine besonders leistungsfähige hydrostatische Waage, deren Konstruktion von al-Ḥāzinī beschrieben wird. Die Angabe, dass sie 1 Miṭqāl oder – sogar – 1 Ḥabba anzeigte, selbst wenn das Gesamtgewicht 1000 Miṭqāl betrug, würde bedeuten, dass es einen merkbaren Ausschlag der Waage bei einer Gewichtsänderung von etwa 45 mg bei einem Gesamtgewicht von 4,5 kg gab, wenn man die Angabe für die Ḥabba wählt (1 Miṭqāl = 4,46 g; 1 Ḥabba = 0,0446 g; 1 Miṭqāl = 100 Ḥabba).

Als weiteren Vorteil dieser Waage nennt er die Möglichkeit, das echte Metall ohne jeden Läuterungsprozess von seiner Fälschung zu unterscheiden – gemeint sind Gold und Silber. Der dritte Vorteil, dass man die Bestandteile einer Legierung durch Wägung erkennen könne, gilt nur sehr eingeschränkt. Beim vierten Vorteil geht es letzten Endes um die Bestimmung des spezifischen Gewichts, vielleicht um daraus Tabellen zusammenzustellen. Der fünfte Vorteil ist der, dass man durch die hydrostatische Waage Stoffe allein durch ihr spezifisches Gewicht erkennen kann, was entsprechende Tabellen voraussetzt. Der siebte Vorteil entspricht dem zweiten, nur dass es hier um Edelsteine statt um Edelmetalle geht.

#### **Text 6. Nikolaus von Kues: Anwendung der Waage für physikalische und chemische Probleme**

Der Laie: Ich bin der Meinung, dass man mittels der Gewichtsunterschiede in größerer Wahrheit zu den Geheimnissen der Dinge vordringen und vieles mit Hilfe wahrscheinlicher Mutmaßungen wissen kann. ...

Der Gelehrte: Ich habe gehört, sagte der Gelehrte, dass man einst durch diese Erfindung den Unterschied der Metalle sehr genau ermittelt hat und dass einige aufgezeichnet haben, wie viel die Gussform einer Unze Wachs an Gold, Silber, Kupfer und allen anderen Metallen aufnimmt.

Der Laie: Derjenige ist zu loben, der mittels der Gussform die Größe erkennt. Er sieht nämlich, wenn das Gold einen Raum einnimmt, der einer Unze Wachs entspricht, wie groß dann sein Gewicht sein wird. Dasselbe gilt von den anderen Metallen. Denn es ist völlig gewiss, dass bei gleicher Größe [der

Form] das Gewicht des Goldes, des Silbers und der anderen Metalle jeweils ein anderes ist. Und anders ist das Gewicht eines jeden Dinges in Luft, in Wasser, in Öl oder in einer anderen Flüssigkeit. Wenn daher jemand alle diese Gewichte aufgezeichnet zur Verfügung haben würde, dann würde er tatsächlich wissen, um wie viel ein Metall in Luft schwerer ist als ein anderes und um wie viel in Wasser. Folglich könnte er bei einer beliebigen Masse mittels des Gewichtsunterschiedes in Luft und Wasser wissen, aus welchem Metall die Masse besteht und aus welcher Mischung. Und was vom Wasser und der Luft gesagt wurde, das könnte auch vom Öl oder einer beliebigen anderen Flüssigkeit gesagt werden, in der dieser Versuch ausgeführt worden wäre.

Der Gelehrte: So würde man also ohne Schmelzen der Masse und ohne Scheidung der Metalle ihre Mischung herausfinden, und eine solche Erfindung wäre bei den Münzen wichtig, um zu wissen, wie viel Kupfer dem Gold oder Silber beigemischt ist. ...

Der Gelehrte: Könnte der Künstler nicht auch in Erfahrung bringen, wie viel Quecksilber und wie viel Schwefel ein beliebiges Metall enthält und ebenso die Steine?

Der Laie: Gewiss könnte er alles dieses aufgrund der Gleichheit und Verschiedenheit der Gewichte angenähert erforschen. In ähnlicher Weise könnte man auch die Elemente des Quecksilbers aufgrund der Verschiedenheit seines Gewichts in Luft, in Wasser und in Öl, verglichen mit Wasser und Öl und als Asche derselben Größe gewogen, [erforschen]. Dasselbe gilt vom Schwefel. So könnte man auf diese Weise zu den Elementen aller Metalle und Steine und dem Gewicht der Elemente in einer der Wahrheit näher kommenden Mutmaßung vordringen.

(Nikolaus von Kues: *Idiota de staticis experimentis* (Der Laie über Versuche mit der Waage), 1450. – Ausgabe: *Idiota de staticis experimentis*. Der Laie und die Experimente mit der Waage. In: Philosophisch-theologische Schriften. Hrsg. von Leo Gabriel. Bd. 3. Wien 1967, S. 611- 647, hier S. 612, 620, 622, 626. – Dtsch.: Gabriel, S. 613, 621, 623, 627. – Dtsch.: Nikolaus von Cues: Der Laie über Versuche mit der Waage. *Idiota de staticis experimentis*. Hrsg. von Hildegund Menzel-Rogner (= Philosophische Bibliothek. Bd. 220). 2. Aufl. Leipzig 1944, S. 20, 25 – 26, 29 – 30. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Gabriel und Menzel-Rogner)

Kommentar:

Das Werk *Idiota de staticis experimentis* ist eine programmatische Schrift, in der Nikolaus von Kues die Waage als experimentelles Hilfsmittel zur Messung der verschiedensten physikalischen Eigenschaften vorschlug. Der Inhalt ist in die Form eines Dialogs zwischen einem Laien (latein. *idiotus*) und einem Gelehrten (*rhetor*) gekleidet, wobei der Gelehrte der Traditionsgebundene ist, der sein Fach studiert hat, der Laie der Neuerer und Wissbegierige. Die Meinung des Autors wird sowohl durch den Laien als auch durch den Gelehrten repräsentiert. Für Cusanus ist alles Erkennen ein Messen und Vergleichen. Eine völlig sichere Erkenntnis gibt es nicht, sondern lediglich eine Mutmaßung (*coniectura*).

Aus diesem Werk wurden Textabschnitte ausgewählt, die chemische Fragen berühren. Der Gelehrte spricht von Aufzeichnungen über die Gewichte einiger Metalle, die einer Unze (ca. 30 g) Wachs entsprechen. Das könnte sich auf die chemisch-technische Rezeptsammlung *Mappae clavicula* aus dem 10. Jahrhundert beziehen, in der solche Angaben enthalten sind. Der Laie macht daraufhin den Vorschlag, Wägungen der Metalle in Luft, Wasser und Öl vorzunehmen und die Ergebnisse aufzuzeichnen. Durch den Gewichtsunterschied eines Metalls in Luft und Wasser könnte man feststellen, um welches Metall es sich handelt, oder bei einer Legierung, wie sie zusammengesetzt ist. Der Gelehrte stimmt ihm zu und weist darauf hin, dass dann ein Schmelzen oder eine Scheidung der Metalle überflüssig sei und dass dies auch für das Probieren der Münzmetalle ein brauchbares Verfahren sein könnte.

An einer späteren Stelle in *De staticis experimentis* kommt der Gelehrte auf Fragen der Materietheorie zu sprechen. Nach der Schwefel-Quecksilber-Theorie sind alle Metalle aus den beiden Prinzipien „Schwefel“ und „Quecksilber“ aufgebaut, die ihrerseits aus den vier Elementen Erde, Wasser, Luft und Feuer bestehen. Der Gelehrte stellt die Frage, ob man durch Wägung ermitteln könne, wie groß der Anteil des Quecksilbers und Schwefels in den einzelnen Metallen und deren Erzen („Steinen“) ist. Der Laie bejaht dies und entwickelt diesen Gedanken noch weiter, indem er den Vorschlag macht, Quecksilber und Schwefel ihrerseits auf ihren mengenmäßigen Anteil an den vier Elementen zu untersuchen. Auch hier wird noch einmal betont, dass man der Wahrheit durch eine Mutmaßung näher kommen könne, ohne sie ganz zu erreichen. – „Künstler“ (*artifex*) ist die gebräuchliche Bezeichnung für jemand, der eine auf die Praxis ausgerichtete Tätigkeit („Kunst“, *ars*) ausübt.

## Teil 2 Chemie vom 16. bis zum 18. Jahrhundert

### 12 Entwicklung der Chemie zu einer Wissenschaft

#### Text 1. Biringuccio: Der nutzbringende Aspekt der Alchemie

Auch wenn das Ziel dieser Kunst nichtig wäre, wie viele glauben, ist sie in der Tat so erfindungsreich und für die Naturforscher so unterhaltsam, dass sie es nicht lassen können, alle nur mögliche Zeit, Mühe und Kosten darauf zu verwenden. Dazu kommt die süße Hoffnung, schließlich etwas von dem Reichtum zu erlangen, den diese Kunst so freigiebig verspricht. Sicherlich ist dies eine schöne Tätigkeit, denn jeden Tag weist sie neue und sehr schöne Erscheinungen auf, und außerdem ist sie für den Bedarf und die Annehmlichkeiten des menschlichen Lebens sehr nützlich, z.B. zur Gewinnung von Heilmitteln, Farben, Wohlgerüchen und unzähligen Verbindungen. Es gibt nämlich viele Künste, von denen man weiß, dass sie allein aus [der Alchemie] hervorgegangen sind, ja, die ohne sie und ihre Hilfe nie von den Menschen entdeckt worden wären, es sei denn durch göttliche Eingebung.

Doch genug davon. Man kann sagen, dass diese Kunst der Ursprung und die Begründerin vieler Künste ist, und deshalb muss man sie hoch achten und ausüben. Aber derjenige, der sie ausübt, darf über die natürlichen Ursachen und Wirkungen nicht unwissend sein, er darf auch nicht arm sein, damit er die Kosten tragen kann. Er darf sie auch nicht aus Habgier betreiben, sondern nur, um sich an den schönen Früchten ihrer Wirkungen zu erfreuen, an ihrer Kenntnis und an den abwechslungsreichen Neuigkeiten, die sie dem Ausübenden zeigt.

(Biringuccio, Vannoccio: *De la Pirotechnia*. Buch IX, Kap. 1. Venedig 1540, Bl. 123<sup>b</sup>. – Dtsch.: Biringuccios *Pirotechnia*. Hrsg. von Otto Johannsen. Braunschweig 1925, S. 398 – 399. – Engl.: *The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio*. Hrsg. von C. S. Smith und M. T. Gnudi. New York 1942. Neuaufl. Cambridge, Mass. und London 1959, S. 336 – 337. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Johannsen)

Kommentar:

Biringuccio setzt sich in der *Pirotechnia* ausführlich mit der Alchemie auseinander. In einem früheren Abschnitt (Buch I, Kap. 1) bezweifelt er das Gelingen einer alchemischen Transmutation, ohne die im Erdinnern sich vollziehende Transmutation der Metalle in Frage zu stellen. Nach seiner Ansicht geht die Natur so subtil vor und dringt so tief ins Innere der Stoffe ein, dass der Mensch dies mit seinen groben Mitteln nicht nachahmen kann.

Hier kommt er in einem Textabschnitt, der ausgelassen wurde, noch einmal auf diese Thematik zurück, wobei er erneut seine Zweifel zum Ausdruck bringt, dass einem Alchemisten jemals eine Transmutation gelungen sei. Er kommt dann darauf zu sprechen, dass die Alchemie auch ihre guten Seiten habe, die er sehr hoch einschätzt. Er nennt als Beispiel die Herstellung von Medikamenten, Farben und Geruchsstoffen und ist als Berg- und Hüttenfachmann der Meinung, dass dies alles letztlich der Alchemie zu verdanken sei. Für ihn besteht also ein Zusammenhang zwischen Alche-

mie und praktischer Chemie. Im abschließenden Teil des Textes sagt Biringuccio einiges über die Qualifikation des ernsthaften Alchemisten, wie man es im Mittelalter in ähnlicher Weise auch bei dem Alchemisten Geber latinus findet.

Das Wort „Alchemie“ kommt in dem ausgewählten Textabschnitt nicht vor, aber in der Überschrift zu diesem Kapitel: *Del arte alchimica in generale* (Allgemeines über die alchemische Kunst). Was als die „Naturforscher“ übersetzt wurde, lautet im italienischen Text *speculatori delle cose naturali* (diejenigen, die über die natürlichen Dinge nachdenken; engl. *students of natural things*).

## **Text 2. Wolfgang von Hohenlohe: Probieren einer „Luna fixa“**

Hochgeborener Fürst, gnädiger Herr, Euer Gnaden stehe ich jederzeit gern zu Diensten. Auf das am 15. dieses [Monats] an mich abgeschickte Schreiben habe ich es auf Euer Gnaden Wunsch nicht versäumt, die mitgeschickte Luna fixa zu probieren. Von ihr habe ich ein halbes Quintlein genommen, ein gewöhnliches Aquafort darüber gegossen und sie, wie üblich, in der Wärme gelöst. Dabei hat das erwähnte Aquafort die Luna fixa so sehr verzehrt und aufgelöst, dass weniger als ein Viertel davon als ein schwarzer Kalk liegengeblieben ist, den ich ausgeglüht habe und der sich als Gold erwiesen hat. Euer Gnaden erhalten dieses Gold in einem beigelegten Papierlein, ebenso in dem anderen Papierlein die übrig gebliebene Luna fixa, die ich Euer Gnaden hiermit ebenfalls schicke.

Ob es nun die mehrfach erwähnte Luna fixa tatsächlich gibt oder nicht, das sollen diejenigen beurteilen und ermitteln, die damit umgehen, denn ich für meine Person habe noch nie eine gesehen. Da Euer Gnaden nachfragen, ob ich etwa eine andere, gewisse Kunst hätte, [muss ich sagen,] dass ich selbst eine solche Kunst sehr nötig hätte und gut gebrauchen könnte. Ich habe bisher immer nur auf die Extraktion der Anima Solis hin arbeiten lassen, habe diese aber, wie ich Euer Gnaden schon berichtet habe, nicht gefunden.

(Wolfgang von Hohenlohe: Brief an Friedrich I. von Württemberg, Weikersheim, 22. Okt. 1597. Hohenlohe-Zentralarchiv, Neuenstein. – Abgedr. in: Jost Weyer: Graf Wolfgang II. von Hohenlohe und die Alchemie. Alchemistische Studien in Schloß Weikersheim 1587 – 1610. Sigmaringen 1992, S. 499 – 500, hier S. 499. – Eigene Übertragung ins Neuhochdeutsche)

### **Kommentar:**

Graf Wolfgang II. von Hohenlohe und Herzog Friedrich I. von Württemberg führten einen Briefwechsel über ihre alchemischen Experimente. Unter einer „Luna fixa“ (wörtl. beständiges Silber) verstand man ein Silber, das – wie das Gold – chemisch stabil war, d.h. sich beispielsweise bei langem Erhitzen an der Luft nicht veränderte und sich in Salpetersäure nicht löste. Die beiden Fürsten hatten schon darüber korrespondiert, Friedrich hatte eine Luna fixa zum Probieren an Wolfgang geschickt, die sich als unzulänglich erwies, und bei einem persönlichen Treffen in Neuenstadt am Kocher war das Thema ebenfalls zur Sprache gekommen. An dem im Textabschnitt erwähnten 15. Oktober hatte Friedrich erneut an Wolfgang eine Luna fixa geschickt mit der Zusicherung, sie enthalte dieses Mal absolut kein Gold. Er bat darum, auch dieses Präparat zu probieren, d.h. analytisch zu untersuchen.

Wolfgang nahm etwas von der Luna fixa (ein halbes Quentlein entspricht als Probiengewicht 0,14 mg, als Handelsgewicht 1,83 g) und behandelte sie in der Wärme mit Salpetersäure („Aquafort“). Dabei löste sich das angeblich „fixe“ Silber zum größten Teil auf, und es blieb ein schwarzes Pulver („Kalk“) zurück, das sich beim Erhitzen in einem Schmelztiegel als Gold herausstellte. Gold ist nämlich in fein verteilter Form schwarz und zeigt erst als größeres Metallkügelchen das typische Aussehen von metallischem Gold. Aufgrund dieser Ergebnisse äußerte Wolfgang seine Zweifel, ob es überhaupt so etwas wie ein Luna fixa gebe.

Auf Friedrichs Anfrage, ob er „eine andere, gewisse Kunst“ habe, bekannte Wolfgang, dass er selbst ein solches brauchbares Verfahren benötige. Er habe sich bei seinen Experimenten bisher immer nur um die Extraktion der Anima Solis bemüht, damit aber keinen Erfolg gehabt. Dahinter steckt die Vorstellung, dass man auf irgendeine Weise das Prinzip oder die „Seele“ des Goldes aus dem Gold abtrennen könne. Damit hätte man de facto einen Stein der Weisen gehabt, mit dem man dann die Eigenschaften des Goldes auf die unedlen Metalle übertragen konnte. Wolfgang beendet seinen Brief an Friedrich – vor den üblichen allgemeinen Schlussformeln – mit den Worten, dass er „in diesen Sachen viel gesucht und nichts gefunden habe und deshalb zur Zeit dem Werk nur geringen Glauben schenke“. Mit anderen Worten hatte er damals starke Zweifel, ob das alchemische Werk – der Transmutationsprozess – überhaupt möglich sei.

### **Text 3. Libavius: Vorrede zu einem chemischen Lehrbuch**

Aus vielerlei Autoren und auf Grund praktischer Lehrerfahrungen habe ich, geneigter Leser, mit dem Ziel einer auf den wissenschaftlichen Unterricht angelegten Methode die Lehren der „Alchemie“ in einem einzigen Werk zusammengestellt, wozu mich neben vielen anderen Gründen hauptsächlich die Absicht bewogen hat, die Studien der Jugend auch in diesem Wissenszweig zu fördern. Welch große Arbeit ist [doch] in den übrigen Disziplinen [schon] geleistet worden! Mit allen Kräften haben sich die bedeutendsten Gelehrten darum bemüht, diese so vollendet wie möglich darzustellen und durch deren Nutzen der Welt zu helfen; allein die Chymie ist größtenteils ohne Pflege brachgelegen. Aristoteles berichtet, zu seiner Zeit habe die Dialektik mehr auf Einzelbeispielen als auf Regeln beruht. Wenn man von der Chymie dasselbe behauptet, geht man wohl nicht fehl.

An Beispielen für [chymische] Operationen wimmelt es an allen Ecken und Enden; Einzelheiten treten allenthalben in den Vordergrund, teilweise halten sie sich auch an entlegenen Stellen verborgen. Von allgemeinen Gesichtspunkten ist nichts zu hören, und es gibt keine Richtschnur, nach der sich die Einzeltatsachen einordnen und beurteilen ließen. Daher lässt es sich, wenn mehrere Vorschriften für dasselbe Ding vorliegen, nicht leicht beurteilen, zu welchem Kapitel der [chymischen] Kunst sie gehören oder mit welchem Namen sie zu bezeichnen sind, noch inwieweit sie sachgerecht beschrieben sind. Ja, falls etwa für ein einzelnes Ding keine besondere Ausarbeitung vorliegen sollte, ergibt sich die missliche Lage, notgedrungen entweder auf seine Kenntnis ganz zu verzichten und damit seine Herstellung zu übergehen oder sich nach einem zweifelhaften Vorbild umzusehen und einen Schuh nach dem Bild eines [anderen] Schuhs und nicht nach Vorschriften zu formen oder von

der Ansicht eines ebenso unzuverlässigen Lehrmeisters abzuhängen. Eine Abhilfe gegen diesen Missstand meine ich in einem sachgerechten System der [chymischen] Kunst erarbeitet zu haben.

(Libavius, Andreas: *Alchemia*. Frankfurt am Main 1597, S. [IV]. – Abgedr. in: Die Alchemie des Andreas Libavius. Hrsg. vom Gmelin-Institut für Anorganische Chemie und Grenzgebiete. Weinheim, Bergstr. 1964, gegenüber S. IX. – Dtsch.: Die Alchemie des Andreas Libavius, S. IX. – Übersetzung des Gmelin-Instituts mit geringen Änderungen)

Kommentar:

Libavius legt in diesem Abschnitt aus der Vorrede zu seinem Werk *Alchemia* die Gründe dar, die ihn zur Abfassung seines Buches veranlassten. Als humanistisch gebildeter Gelehrter und Schulmann war es sein besonderes Anliegen, ein für den wissenschaftlichen Unterricht der Jugend geeignetes Werk zu schreiben, in dem die Chemie zusammenfassend dargestellt war. Gerade auf dem Gebiet der Chemie bestehe ein großer Nachholbedarf. Es gebe zwar zahllose chemische Einzeltatsachen, doch sie seien verstreut und völlig ungeordnet. Hier nun wollte Libavius mit seinem Werk Abhilfe schaffen, in dem die chemischen Fakten systematisch geordnet und unter einem einheitlichen Gesichtspunkt behandelt wurden, wie es einem Lehrbuch entsprach.

Zum Fachvokabular von Libavius ist anzumerken, dass die Chemie in seinem Lehrbuch in zweierlei Sinn gebraucht wird: „Alchemie“ (*alchemia*) ist der Oberbegriff, und mit „Chymie“ (*chymia*) wird die Herstellung der einzelnen chemischen Stoffe bezeichnet (siehe Text 4). Im vorliegenden Textabschnitt ist allerdings kein Unterschied zwischen beiden Begriffen festzustellen. Ferner bezeichnet er die Chemie in diesem Text als eine „Kunst“ (*ars*), was in der Übersetzung durch das Wort „chymisch“ ergänzt wurde. Das zugehörige Wort *artifex* (Künstler) wurde hier mit „Gelehrter“ übersetzt. Mit dem Wort „Ding“ (*res*) meint Libavius, wie aus dem Zusammenhang hervorgeht, einen Stoff im chemischen Sinne.

#### **Text 4. Libavius: Definition und Einteilung der Chemie**

Alchemie ist die Kunst, Magisterien zu vervollkommen und reine Essenzen aus gemischten [Stoffen] nach Abtrennung des „Körpers“ zu extrahieren. Weil diese beiden Aufgaben allgemein in dem Wort „laborieren“ zusammengefasst werden, könnte man sie auch als die Kunst, gut zu laborieren, bezeichnen oder [als die Kunst] der Abtrennung des Reinen vom Unreinen, in Gestalt eines Saftes und durch das Verfahren des Schmelzens oder Lösens. Wegen der hervorragenden Bedeutung dieses Teils hat die Kunst, wie man glaubt, von daher ihren Namen erhalten.

Ihren Ausgang nimmt sie von der Natur, welche die ersten Künstler eifrig nachzuahmen suchten, und zwar anfangs ganz besonders durch das Extrahieren der mineralischen Säfte aus der Erzader mit [nachfolgender] Reinigung, auf welche Weise die Natur selbst lautere, reine Metalle und Säfte aus den Minen hervorquellen lässt, so dass man sie sogar offen aus ihren Adern zutage treten sieht. Deshalb hat [die Alchemie] einst in der Metallurgie die größte Bedeutung gehabt. Jetzt dient sie mehr der Medizin und erstreckt ihre Bemü-

hungen nicht nur auf das Mineral-, sondern auch das Tier- und Pflanzenreich, zum Nutzen des Menschen und zum Schutz seiner Gesundheit, obwohl sie auch sehr viel zu den Annehmlichkeiten des Lebens beiträgt. ...

Die Alchemie umfasst zwei Teile: die Handgrifflehre und die Chymie. Die Handgrifflehre bildet den ersten Teil der Alchemie [und handelt] von den Verfahren der Operationen. ...

Die Chymie ist der zweite Teil der Alchemie [und handelt] von der Herstellung der chymischen Arten. Eine chymische Art ist das, was durch die in der Handgrifflehre dargelegten Operationen der Alchemie vervollkommen wird. Deshalb ist auch der erste Teil der Alchemie um des zweiten willen da, in welchem die von dort genommenen Verfahren speziell für ein vollkommenes chymisches Werk angewandt werden.

(Libavius, Andreas: Alchemia. Frankfurt am Main 1597, S. 1, 2, 85. – Teilw. abgedr. in: Die Alchemie des Andreas Libavius. Hrsg. vom Gmelin-Institut für Anorganische Chemie und Grenzgebiete. Weinheim, Bergstr. 1964, gegenüber S. 1, gegenüber S. 119. – Dtsch.: Die Alchemie des Andreas Libavius, S. 1, 2, 119. – Übersetzung des Gmelin-Instituts mit geringen Änderungen)

Kommentar:

Libavius verwendet bei der Definition und Einteilung der Chemie eine eigene und teils auch eigenwillige Diktion. Der Oberbegriff lautet „Alchemie“ (*alchemia*), der aber nichts mit der Alchemie im traditionellen Sinne zu tun hat. Die chymische Art (*species chymica*), d.h. der Stoff, ist nach Libavius entweder einfach oder zusammengesetzt; als einfache Art tritt er als Magisterium oder als Extrakt auf. Das Magisterium (*magisterium*, wörtl. Meisterstück) ist ein von seinen äußeren Verunreinigungen befreiter Stoff, die Essenz (*essentia*) ein zweifacher Extrakt aus einem veredelten Stoff, der Körper (*corpus*) wohl der Rückstand. Da es sich bei den Stoffen meist um medizinisch wirksame Bestandteile handelte, ist seine Definition der Chemie chemiatrich orientiert.

Er gibt dann noch eine zweite Definition der Chemie, die aber auf dasselbe hinausläuft: die Abtrennung des Reinen vom Unreinen. Die Herkunft des Begriffs „Alchemie“, worauf Libavius anspielt, bezieht sich auf das griechische Wort *chymos* (Saft). Er ist der Ansicht, dass die Chemie früher hauptsächlich auf dem Gebiet der Metallurgie Bedeutung besessen habe, während sie jetzt mehr der Gesundheit und den Annehmlichkeiten der Menschen diene.

Libavius teilt die „Alchemie“ in die Handgrifflehre (*encheiria*) und die „Chymie“ (*chymia*) ein, die für ihn den wichtigsten und eigentlichen Teil der „Alchemie“ darstellt. Unter der Rubrik der Handgrifflehre erörtert er in seinem Buch die chemischen Geräte und die chemischen Grundoperationen, unter der Rubrik der Chymie die Herstellung der chemischen Stoffe (*species chymicae*).

#### **Text 5. Alsted: Chemiatriche und alchemische Definition der Chemie**

Alchemie oder Chemie ist die Kunst, eine äußerst reine Medizin zu präparieren, um den Körper des Menschen und der unvollkommenen Metalle zu ver-

vollkommenen. ... Die wahre Chemie ist eine der vier Säulen einer erhabeneren Wissenschaft.

(Alsted, Johann Heinrich: *Scientiarum Omnium Encyclopaedia*. Bd. 2. Herborn 1630, S. 2274. – Abgedr. in: Eberhard Schmauderer: *Chemiatriker, Scheidekünstler und Chemisten des Barock und der frühen Aufklärungszeit*. In: Eberhard Schmauderer (Hrsg.): *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*. Weinheim, Bergstr. 1964, S. 101 – 205, hier S. 106)

Kommentar:

Der Autor setzt in seiner Enzyklopädie Alchemie (*alchymia*) und Chemie (*chemia*) gleich. Als Ziele nennt er die Herstellung von Medikamenten sowohl für den kranken Menschen als auch für die „kranken“, d.h. unedlen Metalle – ein Gedanke, der bereits in der chinesischen und der mittelalterlichen Alchemie vorkommt. Mit der „erhabeneren Wissenschaft“ dürfte die Medizin gemeint sein, denn Paracelsus bezeichnet die Chemie als eine der vier Säulen der Medizin.

#### **Text 6. van Helmont: „Baum-Experiment“**

Dass aber alle Pflanzen ihrer Materie nach unmittelbar nur aus dem Element Wasser hervorgehen, habe ich durch folgenden Versuch gelernt. Ich nahm nämlich ein Tongefäß, in welches ich 200 Pfund im Backofen getrocknete Erde brachte; ich befeuchtete sie mit Regenwasser und pflanzte einen Weidenstamm ein, der 5 Pfund wog. Nach fünf Jahren war ein Baum daraus geworden, der 169 Pfund und etwa 3 Unzen wog. Das Tongefäß wurde immer nur, soweit es nötig war, mit Regenwasser oder destilliertem Wasser befeuchtet. Es war geräumig und war in die Erde eingesetzt, und damit der umherfliegende Staub sich nicht mit der Erde vermischte, bedeckte ein eisernes, verzinntes Blech mit vielen Löchern den Rand des Gefäßes. Ich stellte das Gewicht der Blätter, die in den vier Jahren im Herbst abfielen, nicht in Rechnung. Schließlich trocknete ich die Erde des Gefäßes wieder und fand dieselben 200 Pfund wieder, vermindert um etwa zwei Unzen. Es waren also 164 Pfund Holz, Rinde und Wurzeln ausschließlich aus Wasser entstanden.

(van Helmont, Johan Baptista: *Complexionum atque mistionum elementalium figmentum*. § 30. In: *Ortus Medicinae*. Amsterdam 1648, S. 108 – 109. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Van Helmont lehnte die aristotelische Elementenlehre mit den vier Elementen Erde, Wasser, Luft und Feuer ab und vertrat die Ansicht, dass das Wasser das einzige Element im chemischen Sinne sei. Um zu demonstrieren, dass Erde kein Element ist, sondern aus dem Element Wasser gebildet werden kann, führte er sein „Baum-Experiment“ durch, das berühmt wurde. Er wog Ausgangs- und Endprodukt, beachtete also den quantitativen Aspekt, und sorgte durch Vorsichtsmaßnahmen dafür, dass die Werte nicht verfälscht wurden. Das Ergebnis schien ihm recht zu geben, dass die Holzsubstanz des Baumes aus dem zugesetzten Wasser entstanden war. Heute weiß man, dass sie aus dem in der Luft enthaltenen Kohlendioxid stammt, das durch Assimilation über die Blätter aufgenommen wird. Ein im Prinzip ähnliches Gedanken-

experiment findet man bei Nikolaus von Kues, wovon van Helmont möglicherweise Kenntnis gehabt hat. – Für die Gewichtsangaben gilt: 1 Pfund (*libra*) = 12 Unzen (*uncia*) = 358 g (als Apothekergewicht).

### **Text 7. Glauber: Nutzen der Chemie unter kameralistischen Gesichtspunkten**

Es ist viel besser, dass man anderen etwas verkaufen kann, als dass man es von anderen kaufen muss. Was mangelt uns ..., das uns Gott und die Natur nicht reichlich und im Überfluss für alle unsere Bedürfnisse gegeben hätten, wenn wir es nur begreifen würden?

Deutschland ist ... mit zahlreichen Bergwerken reichlich versehen. ... Es mangelt nur an erfahrenen Leuten, welche diese herrichten können, denn Holz und alles Notwendige – um diese zu versorgen – sind vorhanden. Warum sind wir so schlecht, dass wir unser Kupfer nach Frankreich oder Spanien und das Blei nach Holland und Venedig schicken, um Spanisch Grün und Bleiweiß daraus zu machen, denen wir es dann für teures Geld wieder abkaufen müssen? Sind unser Holz, Sand und Asche in Deutschland nicht so gut, um Kristallglas daraus zu machen, wie jenes in Venedig oder Frankreich? Und so gibt es viele andere Dinge, die in Deutschland besser als in anderen Königreichen herzustellen sind. ... Statt dass wir anderen Nationen unseren Überfluss für Geld verkaufen könnten, führen wir es aus dem Land aus, um andere damit zu bereichern und uns davon zu entblößen.

(Glauber, Johann Rudolf: *Operis Mineralis, oder vieler künstlichen und nützlichen Metallischen Arbeiten Beschreibung*. Tl. 3. Frankfurt am Main 1651, S. 141 – 142. – Abgedr. in: Eberhard Schmauderer: *Chemiatriker, Scheidekünstler und Chemisten des Barock und der frühen Aufklärungszeit*. In: Eberhard Schmauderer (Hrsg.): *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*. Weinheim, Bergstr. 1964, S. 101 – 205, hier S. 119. – Eigene Übertragung ins Neuhochdeutsche)

Kommentar:

Diese Sätze aus einem Werk von Glauber sind im Geist der Kameralistik geschrieben. Ziel der Kameralistik war es, die einheimische Wirtschaft durch verschiedene Maßnahmen zu fördern. Gerade nach den verheerenden Folgen des Dreißigjährigen Krieges war ihm „Teutschlands Wohlfart“, wie der Titel eines seiner Hauptwerke lautet, ein besonderes Anliegen. Er weist auf die zahlreichen Bergwerke und reichen Bodenschätze in Deutschland hin und bedauert den Mangel an Fachkräften. Kupfer und Blei werden exportiert und als Spanisch Grün (Grünspan, basisches Kupferacetat) und Bleiweiß (basisches Bleicarbonat) für teures Geld importiert. Kristallglas wird in Venedig und Frankreich hergestellt, obwohl die Rohstoffe hierzu auch in Deutschland vorhanden sind. Glauber ist der Ansicht, dass dies alles genau so gut in Deutschland hergestellt werden kann.

### **Text 8. Boyle: Das Experiment als methodisches Hilfsmittel**

Daher werde ich jetzt zu meiner dritten allgemeinen Überlegung übergehen, nämlich, dass es nicht den Anschein hat, dass die Drei genau und allgemein die Zahl der verschiedenen Substanzen oder Elemente ist, in welche die gemischten Körper durch das Feuer zerlegbar sind. ...

Nun gibt es zwei Arten von Argumenten, fuhr Carneades fort, die vorgebracht werden können, um meine dritte Behauptung wahrscheinlich zu machen. Die eine Art ist mehr von spekulativer Natur, und die andere wurde aus der Erfahrung abgeleitet. ...

Für den genaueren Beweis dieser Behauptung werde ich an erster Stelle vorbringen, dass es etliche Körper gibt, von denen ich nie gesehen habe, dass sie durchs Feuer in drei elementare Substanzen zerlegt werden. Ich würde gern, wie ich vorhin zu Philoponus sagte, sehen, dass jenes fixe und edle Metall, das wir Gold nennen, in Salz, Schwefel und Quecksilber getrennt ist, und wenn sich irgendein Mensch im Fall eines Scheiterns einer angemessenen Geldbuße unterziehen würde, wäre ich im Fall eines guten Erfolges gewillt, sowohl die Materialien als auch die Ausgaben für ein derartiges Experiment zu bezahlen.

Nach all dem, was ich selbst versucht habe, möchte ich nicht entschieden leugnen, dass aus dem Gold eine bestimmte Substanz extrahiert werden kann, bei der ich die Chymisten nicht daran hindern kann, sie als seine Tinktur oder seinen Schwefel zu bezeichnen, und welche den restlichen Körper, dem die gewünschte Farbe [des Goldes] entzogen wurde, hinterlässt. Ich bin mir auch nicht sicher, ob man nicht aus diesem Metall ein schnelles und laufendes Quecksilber herausziehen kann. Aber was das Salz des Goldes betrifft, so habe ich nie eines gesehen oder wurde durch den Bericht irgendeines zuverlässigen Augenzeugen zufriedengestellt, dass es ein solches abgetrenntes Ding *in rerum natura* gibt. ...

Denn obwohl ich nicht absolut versichern will, dass es unmöglich sei, diese Körper in ihre *Tria Prima* zu analysieren, muss ich mir die Freiheit nehmen, dies nicht zu glauben, weil weder meine eigenen Experimente noch irgendein sachkundiges Zeugnis mich gelehrt haben, dass es sich so verhalten hat, bis die Chymisten es beweisen oder uns verständliche und praktikable Prozesse angeben, um auszuführen, was sie behaupten.

(Boyle, Robert: *The Sceptical Chymist*. London 1661, S. 168 – 170, 174, 176. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Boyle setzt sich in seinem Werk *The Sceptical Chymist* mit den bisherigen Elementenlehren, insbesondere der Vier-Elemente-Lehre von Aristoteles und der Drei-Prinzipien-Lehre von Paracelsus, kritisch auseinander. Der Inhalt ist in die Form eines Gespräches zwischen vier Gelehrten, Carneades, Eleutherius, Themistius und Philoponus, gekleidet, wobei Carneades die Rolle des skeptischen Chemikers und damit Boyles vertritt. Hier geht es um die Theorie von Paracelsus, dass alle Stoffe aus den Prinzipien „Schwefel“, „Quecksilber“ und „Salz“ aufgebaut sind und durch das Feuer in diese drei Prinzipien (*Tria Prima*) zerlegt werden können. Boyle bezweifelt dies und stützt seine Beweisführung auf die Erfahrung (*experience*) und das Experiment (*experiment*). Der vorliegende Textabschnitt wurde so gewählt, dass seine allgemeine Vorgehensweise erkennbar wird, während die von ihm und anderen ausgeführten Experimente weggelassen wurden.

Boyles Argumentation beruht teils auf spekulativen Gedanken, teils auf experimenteller Erfahrung. „Körper“ (*bodies*) sind entsprechend der traditionellen Diktion die Stoffe, „gemischte Körper“ (*mixt bodies*) die homogenen Stoffe. Er sagt, dass er zahlreiche Stoffe kenne, die sich noch nie unter der Einwirkung von Feuer in drei elementare Substanzen zerlegen ließen. Beim Gold könne er sich auf Grund seiner Experimente vorstellen, dass man aus ihm etwas wie „Schwefel“ und „Quecksilber“ extrahieren könne, aber dass man daraus auch ein „Salz“ gewinnen solle, hielt er für ausgeschlossen. Mit „Chymisten“ (*chymists*) bezeichnet er ganz allgemein die Chemiker, hier aber insbesondere die Vertreter der paracelsischen Drei-Prinzipien-Lehre. Wenn sie behaupten, dass man die Stoffe in die drei Prinzipien zerlegen könne, dann sollen sie, so sagt Boyle, dies beweisen oder Experimente angeben, mit denen man es nachprüfen kann.

### **Text 9. Beguin: Chemiatriische Definition der Chemie**

Die Chymie ist die Kunst, die gemischten natürlichen Körper zu lösen und die gelösten zu verfestigen, um bessere, bekömmlichere und sicherere Heilmittel herzustellen. ... Dadurch wird der andere Teil der Chymie ausgeschlossen, der von der Transmutation der Metalle handelt.

(Beguin, Jean: *Tyrocinium Chymicum*. Neuaufl. Amsterdam 1669, S. 1. – Abgedr. in: Eberhard Schmauderer: *Chemiatriker, Scheidekünstler und Chemisten des Barock und der frühen Aufklärungszeit*. In: Eberhard Schmauderer (Hrsg.): *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*. Weinheim, Bergstr. 1964, S. 101 – 205, hier S. 126. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

In dem chemischen Lehrbuch von Beguin ist die Aufgabe der Chemie schon etwas weiter definiert als in früheren Definitionen, da sie die Stoffe auftrennen und vereinigen soll. Das Ziel dieser chemischen Operationen ist die Herstellung von Medikamenten, ist also chemiatriisch definiert. Die Alchemie wird einerseits noch als Bestandteil der Chemie betrachtet, andererseits aber von der Definition der Chemie abgetrennt.

### **Text 10. Boerhaave: Definition der Chemie**

Chemie ist die Kunst, welche die Ausführung bestimmter physikalischer Operationen lehrt, wodurch Körper, die mit den Sinnen erkennbar sind oder erkennbar gemacht werden können und in Gefäßen aufnehmbar sind, durch geeignete Instrumente so umgewandelt werden, dass sich bestimmte und charakteristische erzeugte Wirkungen zeigen und deren Ursachen durch die Wirkungen selbst erkennbar werden, zum Nutzen verschiedener Künste.

(Boerhaave, Herman: *Elementa Chemiae*. Tl. 1. Leiden 1732, S. 37. – Abgedr. in: Eberhard Schmauderer: *Chemiatriker, Scheidekünstler und Chemisten des Barock und der frühen Aufklärungszeit*. In: Eberhard Schmauderer (Hrsg.): *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*. Weinheim, Bergstr. 1964, S. 101 – 205, hier S. 125. – Engl.: James Riddick Partington: *A History of Chemistry*. Bd. 2. London; New York 1961, S. 746. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Partington)

Kommentar:

Die Definition der Chemie (*Chemia*) in Boerhaaves chemischem Lehrbuch ist etwas umständlich, aber es war das Bestreben des Autors, die Chemie so genau wie möglich zu umreißen, um sie von allen anderen Künsten zu unterscheiden. Die Chemie wird als eine „Kunst“ bezeichnet; den Abschluss der Definition bildet ein Hinweis auf den Nutzen der Chemie.

### **Text 11. Chambers: Definition einer eigenständigen Chemie**

Das Hauptziel der Chemie ist, natürliche Körper zu zerlegen oder zusammenzusetzen, sie auf ihre ersten Prinzipien zurückzuführen, ihre verborgenen Kräfte zu entdecken und ihren inneren Zusammenhang aufzuzeigen. ... Mit einem Wort: Chemie ist die Anatomie natürlicher Körper mit Hilfe des Feuers.

(Chambers, Ephraim: Cyclopaedia, or an Universal Dictionary of Arts and Sciences. Bd. 1. London 1741, Stichwort „Chymistry“. – Abgedr. in: Eberhard Schmauderer: Chemiatriker, Scheidekünstler und Chemisten des Barock und der frühen Aufklärungszeit. In: Eberhard Schmauderer (Hrsg.): Der Chemiker im Wandel der Zeiten. Weinheim, Bergstr. 1964, S. 101 – 205, hier S. 135. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Diese Definition der Chemie (*chymistry*) aus einem enzyklopädischen Lexikon spiegelt eine eigenständig gewordene Chemie wider. Ihr Gebiet ist genau umrissen, ihr Ziel ist nicht mehr die Herstellung von Medikamenten, und der Nutzen spielt im Zusammenhang mit der Definition keine Rolle. Der letzte Satz ist so zu verstehen, dass man durch Anwendung von Feuer als „Analysator“, sei es durch Verbrennung oder Trockendestillation, Aussagen über den inneren Aufbau der Stoffe erwartete.

### **Text 12. Lomonossow: Forderung nach einer Mathematisierung der Chemie**

So wird also, wenn die Chemie die verborgenen überreichen Schätze ihrer Herrin untersucht, der wissensdurstige und unermüdliche Naturforscher sie mit Hilfe der Geometrie ausmessen, mit Hilfe der Mechanik wägen und mit Hilfe der Optik betrachten, so dass es sehr wahrscheinlich ist, dass er zu den ersehnten Geheimnissen vordringt. Hier, glaube ich, möchten Sie noch fragen: Warum haben denn bis heute die Naturforscher erst so wenig erreicht? Hierauf antworte ich, dass dazu ein sehr geschickter Chemiker und ein gründlicher Mathematiker in einer Person erforderlich ist. ...

Nutzlos sind die Augen dem, der das Innere der Dinge sehen will, aber nicht die Hände hat, um es bloßzulegen. Nutzlos sind die Hände dem, der keine Augen zum Betrachten der entdeckten Dinge hat. Man könnte mit Recht die Chemie als die Hände, die Mathematik als die Augen der Physik bezeichnen. Aber wie beide bei der Erforschung der inneren Eigenschaften der Körper unbedingt ihre gegenseitige Hilfe brauchen, so lenkt sie im Gegensatz dazu das menschliche Denken oft auf verschiedene Wege.

Der Chemiker, der bei jedem Versuch verschiedene und oft unerwartete Erscheinungen und Produkte findet und dadurch verleitet wird, einen schnellen Nutzen aus ihnen zu ziehen, lacht über den Mathematiker, der sich nur mit nutzlosen Erwägungen über Punkte und Linien zu beschäftigen scheint. Der Mathematiker dagegen, der durch klare Beweise von seinen Lehrsätzen überzeugt ist und durch unbestreitbare und lückenlose Schlussfolgerungen unbekannte Eigenschaften quantitativer Verhältnisse findet, verachtet den Chemiker, der sich seiner Meinung nach nur mit der Praxis abplackt und zwischen vielen regellosen Versuchen umhertappt; an reines Papier und blanke geometrische Instrumente gewöhnt, verabscheut er Rauch und Asche der Chemiker. ... Dies ist der Grund, weshalb vollkommene Kenntnisse der Chemie bisher noch nicht mit einer gründlichen mathematischen Bildung verbunden waren.

(Lomonossow, Michail Wassiljewitsch: Slovo o pol'ze chimii (Rede über den Nutzen der Chemie), 1751. – Dtsch. in: Ausgewählte Schriften in 2 Bänden. Bd. 1. Berlin 1961, S. 171 – 194, hier S. 177 – 178. – Unveränderte Übersetzung)

Kommentar:

Der Universalgelehrte Lomonossow äußerte sich in einer „Rede über den Nutzen der Chemie“ auch zu der Frage nach einer Mathematisierbarkeit der Chemie. Diese Frage wurde zu einer Zeit aufgeworfen, als es in der Chemie abgesehen von allgemeinen Ideen von einer Quantifizierung der Natur noch keine quantitativen Konzepte gab. Sie wird aber vor dem Hintergrund verständlich, dass Lomonossow eine Korpuskulartheorie vertrat, wonach alle stofflichen Umwandlungen durch die Bewegung von Teilchen zustandekamen, die den mathematisch beherrschbaren Regeln der Mechanik unterlagen.

Lomonossow forderte daher vom Chemiker eine gründliche mathematische Bildung. Im Idealfall sollten Chemiker und Mathematiker in einer Person vereint sein. Die im ersten Satz genannte „Herrin“ mit ihren verborgenen überreichen Schätzen ist die Natur.

### **Text 13. Mangold: Unterscheidung zwischen reiner und angewandter Chemie**

Die reine Chemie ist eine Wissenschaft, welche von der Mischung der Körper und ihren Anfängen handelt. Ihr Zweck ist mehr lehrend als ausübend. ...

Die angewandte Chemie ist eine ausübende Wissenschaft, welche von den Produkten handelt, die durch Zerlegung und Zusammensetzung der Körper gebildet werden und im täglichen Leben von Nutzen sein können. Der Zweck dieser Chemie ist mehr ausübend als lehrend, nämlich, diejenigen Dingen, die im täglichen Leben nützlich sind, durch die chemische Kunst herzustellen und die Art, sie herzustellen, wenn es nötig ist, zu verbessern.

(Mangold, Christoph Andreas: Vorwort zu: Johann Gottschalk Wallerius: Physische Chemie, welche von der Natur und Beschaffenheit der Chemie handelt. Übers. von Christoph Andreas Mangold. Schleusingen [1762]. – Abgedr. in: Christoph Meinel: Reine und angewandte Chemie. Die Entstehung einer neuen Wissenschaftskonzeption in der Chemie der Aufklärung. Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 8 (1985), 25

– 45, hier S. 32. – Rechtschreibung und Ausdruck dem heutigen Sprachgebrauch angeglichen)

Kommentar:

Der schwedische Chemiker Wallerius prägte die Begriffe „reine Chemie“ und „angewandte Chemie“. Sein Lehrbuch *Chemia physica* wurde von Mangold ins Deutsche übersetzt, und aus Mangolds Vorwort wurde der Quellentext entnommen. Hinter den Begriffen reine und angewandte Chemie verbarg sich ein neues Wissenschaftskonzept, durch welches die traditionelle Trennung der Chemie in theoretische Wissenschaft und praktische Kunst aufgehoben wurde. Beide Zweige galten jetzt als Wissenschaft, wie aus dem Text hervorgeht, und unterschieden sich nur durch ihr Forschungsziel. Die reine Chemie befasste sich mit der Verbindung der Stoffe miteinander und ihren „Anfängen“, womit entweder ihre Entstehung oder die zugrundeliegenden Prinzipien gemeint sein könnten. Die angewandte Chemie befasste sich mit der Herstellung von Produkten, die für die Bedürfnisse des Menschen nützlich waren.

#### **Text 14. Kant: Einstufung der Chemie als „systematische Kunst“**

Eigentliche Wissenschaft kann nur diejenige genannt werden, deren Gewissheit apodiktisch ist; Erkenntnis, die nur empirische Gewissheit enthalten kann, ist ein nur uneigentlich so genanntes Wissen. Dasjenige Ganze der Erkenntnis, das systematisch ist, kann schon deshalb Wissenschaft heißen und, wenn die Verknüpfung der Erkenntnis in diesem System ein Zusammenhang von Gründen und Folgen ist, sogar rationale Wissenschaft. Wenn aber diese Gründe oder Prinzipien in ihr, wie z.B. in der Chemie, letztlich doch nur empirisch sind, und die Gesetze, aus denen die gegebenen Fakten durch die Vernunft erklärt werden, nur Erfahrungsgesetze darstellen, sind sie nicht mit einem Bewusstsein von ihrer Notwendigkeit verbunden (sind nicht apodiktisch-gewiss), und dann verdient das Ganze im strengen Sinne nicht den Namen einer Wissenschaft, und die Chemie sollte daher eher eine systematische Kunst als eine Wissenschaft heißen. ...

Ich behaupte aber, dass in jeder einzelnen Naturlehre nur so viel eigentliche Naturwissenschaft gefunden werden kann, wie darin Mathematik zu finden ist. ...

Solange also für die chemischen Wirkungen der Materien aufeinander noch kein Begriff gefunden worden ist, der sich konstruieren lässt, d.h. sich kein Gesetz der Annäherung oder Entfernung der Teile angeben lässt, nach welchem sich ihre Bewegungen einschließlich ihrer Folgen in Abhängigkeit von ihrer Dichte und dergleichen im Raum a priori anschaulich machen und darstellen lassen (eine Forderung, die wohl niemals erfüllt werden wird), kann die Chemie höchstens eine systematische Kunst oder eine Experimentallehre, aber niemals eine eigentliche Wissenschaft werden, weil ihre Prinzipien nur empirisch sind und keine Darstellung a priori in der Anschauung erlauben, folglich die Grundlagen chymischer Erscheinungen in ihrer Möglichkeit nicht im Geringsten begreiflich machen, weil sie zu einer Anwendung der Mathematik nicht fähig sind.

(Kant, Immanuel: Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Riga 1786. – Abgedr. in: Werke in 12 Bänden. Hrsg. von Wilhelm Weischedel. Wiesbaden 1957, S. 9 – 135, hier S. 12, 14 – 15. – Rechtschreibung und Ausdruck dem heutigen Sprachgebrauch angeglichen)

Kommentar:

Kant verlangte von einer Wissenschaft im eigentlichen Sinne, dass sie eine apodiktische Gewissheit aufweisen sollte, nicht nur eine empirische Gewissheit. Ferner müsse sie einer mathematischen Behandlung zugänglich sein. Im Fall der Chemie hatte er die Vorstellung, dass sich die Reaktionen der Stoffe als Bewegung von Teilchen beschreiben lassen müssten, und zwar mit Hilfe der Mathematik. Dies aber hielt er für nahezu ausgeschlossen. Daher konnte die Chemie nach seiner Meinung nie eine Wissenschaft werden, sondern sie war eine Kunst oder höchstens eine systematische Kunst.

### **Text 15. Macquer: Definition der Chemie als Wissenschaft**

Die Chemie ist eine Wissenschaft, deren Ziel es ist, die Natur und die Eigenschaften aller Körper durch ihre Zerlegungen und Vereinigungen zu erkennen.

(Macquer, Pierre Joseph: Dictionnaire de Chymie. 2. Aufl. Paris 1778. Bd. 1, Stichwort „Chymie“. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Macquer gibt in seinem chemischen Wörterbuch eine kurze und prägnante Definition der Chemie. Er stellt fest, dass die Chemie (französ. *chymie*) eine Wissenschaft (*science*) ist, und ihr Ziel besteht darin, die Eigenschaften der Stoffe durch ihre Zerlegung (*analyse*) und Vereinigung (*combinaison*) zu ermitteln.

## 13 Praktische Chemie

### Text 1. Lochner: Fällung von Silber als Silberchlorid und Reduktion zu metallischem Silber

Nimm das Silber und löse es mit dem starken Wasser Aquafort zu einem Wasser. Wenn das geschehen ist, dann nimm das Silberwasser und gieße es in ein einfaches Wasser, das warm und gesalzen ist, so setzt sich das Silberwasser augenblicklich am Boden ab und wird zu einem Pulver. Dann lass es eine Weile stehen, bis es sich gut gesetzt hat. Danach gieße das Wasser davon ab und trockne den Rückstand, so wird es zu einem Pulver wie Asche.

Danach kann man es wieder in Silber umwandeln. Nimm also das Pulver, lege es in einen Testscherben, nimm Pulver des Rückstandes, aus dem man das Aquafort macht, lege es darauf und setze ihm Blei zu, je nachdem, wie viel es ist. Blase gleichmäßig Luft darüber, wenn das Blei die Stoffe in sich aufgenommen hat, sonst würdest du die Stoffe wegblasen, und blase so lange, bis es „blickt“, so hast du ebenso viel Silber wie vorher.

(Lochner, Zacharias: Probir Büchlein auff alle Metall, so die Ertzt und Bergkwerck des hochloblichen Teutschen Landts geben. Augsburg 1565, Nr. 68. – Eigene Übertragung ins Neuhochdeutsche)

Kommentar:

Lochner beschreibt in seinem *Probierbüchlein* eine Reinigungsmethode für das Silber. Die Überschrift dieses Rezepts lautet im Originaltext *Silber zu Pulver zu machen und wider zu Silber*. Silber wird in „Aquafort“ (Salpetersäure  $\text{HNO}_3$ ) zu Silbernitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) gelöst und die Lösung in Wasser eingegossen, das Kochsalz ( $\text{NaCl}$ ) enthält; dabei fällt das Silber als schwerlösliches Silberchlorid ( $\text{AgCl}$ ) aus. Der Niederschlag (*feces*) wird getrocknet und auf einem Testscherben (*Dest*), d.h. einem schüsselartigen, innen mit einer Ascheschicht ausgefütterten Keramiktiegel, mit Blei und Zugschlägen vor dem Blasebalg erhitzt. Dabei wird das Silberchlorid zu metallischem Silber reduziert; sobald das Silber aus der Masse herausscheint („Silberblick“), ist die Reaktion beendet.

### Text 2. Unbekannter Autor: Ätzen mit einem „scharfen Wasser“

Nimm Grünspan, Mercurius sublimatus, Vitriol und Alaun, von jedem gleich viel, und stoße alles klein. Tu es in ein Glas, lass es einen halben Tag stehen und rühre es oft um: Schreibe dasjenige, das du ätzen willst, mit Wachs oder mit einer Mischung von Bleigelb und Leinöl oder von Mennige und Leinöl. Streiche das Wasser darauf und lass es einen halben Tag stehen. Willst du es sehr tief haben, so lass es umso länger stehen. Wenn du aber vertiefte Schrift oder Bilder ätzen willst, dann bestreiche das Eisen oder den Stahl ganz dünn mit Wachs, schreibe mit einem Pfriemen auf das Wachs bis auf den Grund und streiche das Wasser darauf, so frisst es sich hinein. Oder lege Mercurius sublimatus auf die Schrift, die du mit dem Pfriemen eingekratzt hast, gieße Essig darauf und lass eine halbe Stunde stehen.

(Unbekannter Autor: Kunstbüchlin Gründtlichen rechten gebrauchs aller Kunstbaren Werckleut. Frankfurt am Main 1566, Bl. 8<sup>a</sup>. – Eigene Übertragung)

Kommentar:

In diesem Rezept geht es um das Ätzen von Eisen oder Stahl. Im ersten Fall ist die Schrift oder die Zeichnung erhaben, im zweiten Fall vertieft. Grünspan ist ein Gemisch basischer Kupfer(II)-acetate, Mercurius sublimatus Quecksilber(II)-chlorid  $\text{HgCl}_2$ , Vitriol Eisensulfat  $\text{FeSO}_4$  oder Kupfersulfat  $\text{CuSO}_4$ , Alaun Kaliumaluminium-sulfat, Bleigelb gelbes Blei(II)-oxid  $\text{PbO}$  und Mennige rotes Bleioxid  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ . Es bleibt unklar, weshalb der Autor von einem „Wasser“ spricht. Entweder ist das angegebene Gemisch hygroskopisch und zog beim Stehen an der Luft Feuchtigkeit an oder aber vergaß der Autor, einen Zusatz von Wasser zu erwähnen. Auf jeden Fall hat dieses Gemisch ätzende Wirkung und löst Eisen auf.

### **Text 3. Biringuccio: Elementarer Aufbau des Kupfers; Eigenschaften des Kupfers und seiner Erze**

Und nun sage ich dir, dass das Kupfererz wie die anderen Erze im Gestein der Berge entsteht aus einer elementaren erdigen Substanz mit wenig Feuchtigkeit, zusammen mit dem richtigen Anteil an Qualitäten derjenigen erforderlichen Substanzen, die unter dem Einfluss der Venus ernährt werden, zusammen mit denjenigen Zeugungskräften, welche die Natur liefert. Da [diese Substanzen] weder genügend rein noch fein sind, können sie auch keine so gute Mischung und Abkochung bilden wie jene des Goldes oder des Silbers.

Das Kupfer wird von den Philosophen bezüglich seiner ihm eigenen Natur als warm und trocken beurteilt. Bei seiner Entstehung wurde seine Substanz ziemlich stark verbrannt und entzündet, wovon die Röte seiner Farbe herührt. Weil auch seine anderen Substanzen wegen ihrer Unreinheit schlecht miteinander verbunden sind, lassen sie es unvollkommen werden. Aus diesen Gründen nennen die praktizierenden Philosophen es ein krankes Metall, blättrig, erdig und wegen jener Mängel unedel und besonders deshalb, weil es beim Bearbeiten in eine Asche umgewandelt wird und im Feuer leicht verkalkt wird und sich auflöst. Seine Dehnbarkeit, die im Widerspruch zur Natur der sehr erdigen Substanzen steht, führen sie auf seine große mineralische Fettigkeit zurück.

Diese Spekulationen beiseite lassend sage ich dir, dass das [Kupfer]erz verschiedene Farben zeigt, und es entsteht auch in verschiedenen Arten von Gesteinen, und zusammen mit ihm produziert die Natur oft Silber und manchmal auch Blei. Das Anzeichen dafür, dass ein Erz nicht rein ist, ist sein Rauch, denn wenn es nicht rein ist, gibt es einen blauen und gelben Rauch. Die Stellen, an denen ein solches Erz entsteht, erkennt man oft an der Brüchigkeit seines Gesteins, denn die Stelle, wo dieses [Metall] entsteht, ist mehr zermürbt und zerbrochen als die irgendeines anderen Metalls außer dem Gold, obwohl beim Quecksilbererz ähnliche Verhältnisse vorliegen. Ich glaube, dass die Ursache hierfür in seiner verbrannten Substanz liegt, die mit ihrer großen Wärme die Feuchtigkeit aus den Teilchen der benachbarten Steine austreibt, und, da sie von feuriger Natur ist und von der Feuchtigkeit und Kälte der Wässer darunter gejagt wird, sucht es nach oben zu entweichen, um den

entgegengesetzten Naturen zu entfliehen, und fast mit Gewalt dringt es in alles ein, auch in das Gestein und zermürbt und zerbricht es, wie ich gesagt habe. Wenn man solche Dinge beobachtet, ist es ein offensichtlicher Hinweis darauf, nicht nur, dass der Berg Erz enthält, sondern auch, dass es Kupferz ist und reichlich vorliegt. ...

Wenn das [Kupferz] auch nicht sehr vollkommen ist, gleicht es die vorausschauende und gütige Natur durch die Menge aus, die es reichlich hervorbringt und uns darbietet, und, damit es unseren Zwecken dienen kann, hat sie es biegsam und schmelzbar gemacht. Wenn es so hergestellt wurde, ist es geeignet, um daraus zahllose Zusammensetzungen für Handwerksarbeiten zu machen. Bei den sophistischen Alchemisten ist es fast immer die Grundlage aller ihrer Arbeiten, ja, es ist der Körper ihrer Anatomie, wie es das Quecksilber für die philosophischen Alchemisten ist.

Das Kupfer ist ein in allen Ländern sehr bekanntes Metall; es lässt sich sehr leicht bearbeiten und wird von Galmei oder Tutia gelb gefärbt, und zwar oft derart, dass es dem Gold gleicht. Durch Schwefelpulver wird es verkalkt, durch Salz verändert, und durch Zusammenschmelzen mit Zinn, Arsenik und allen anderen Arten von Giften verliert es seine rote Farbe und wird weiß. Einige behaupten, dass sie durch bestimmte Verfahren ihrer Kunst mit Hilfe von Zementen oder anderen Materialien aus Kupfer etwas Gold gewinnen könnten. Es ist wahr, dass es etwas [Gold] enthält, aber ich glaube, dass es wenig ist, denn ich kenne darin keine [elementare] Mischung, die der des Goldes entspricht. Wenn sie es aber [tatsächlich] ausführen, ist dies unter den schönen Werken Gottes und der Natur umso mehr zu schätzen.

(Biringuccio, Vannoccio: *De la Pirotechnia*. Buch I, Kap. 3. Venedig 1540, Bl. 12<sup>a</sup> – 13<sup>a</sup>. – Ausgabe: *De la Pirotechnia* (1540). Hrsg. von Aldo Mieli. Bd. 1. Bari 1914, S. 95 – 99. – Dtsch.: *Biringuccios Pirotechnia*. Hrsg. von Otto Johannsen. Braunschweig 1925, S. 56 – 59. – Engl.: *The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio*. Hrsg. von C. S. Smith und M. T. Gnudi. New York 1942. Neuaufl. Cambridge, Mass. und London 1959, S. 52 – 54. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Johannsen und Smith / Gnudi)

Kommentar:

In den ersten beiden Abschnitten des Textes setzt sich Biringuccio mit theoretischen Fragen auseinander, d.h. mit den Ansichten der Gelehrten über den elementaren Aufbau des Kupfers und seine Entstehung im Erdinnern. Die Philosophen (*italien. filosofi*) sind mit diesen Gelehrten gleichzusetzen, die praktizierenden Philosophen (*speculatori operanti*) vielleicht mit denjenigen Gelehrten, die auch praktische chemische Kenntnisse hatten oder – wie die Alchemisten – selbst experimentierten. Theoretische Grundlage dieser Spekulationen ist die aristotelische Elementenlehre mit den vier Elementen Erde, Wasser, Luft und Feuer und den vier Urqualitäten warm, kalt, trocken und feucht. Entsprechend der Makrokosmos-Mikrokosmos-Lehre sollte der Planet Venus einen Einfluss auf das ihr zugehörige Metall Kupfer ausüben und es im Erdinnern wachsen lassen.

Er kommt dann auf das Kupferz zu sprechen, seine Farbigkeit, das gelegentliche Vorkommen zusammen mit Silber oder Blei, die Brüchigkeit des Gesteins, wo Kup-

fererz vorkommt. Seine theoretischen Erklärungen hierfür basieren ebenfalls auf der aristotelischen Elementenlehre. Im ausgelassenen Textabschnitt gibt er genauere Hinweise darauf, an welchen Anzeichen man das Vorkommen von Kupfererz erkennen kann. Er geht dann kurz auf die Eigenschaften des Kupfers ein, wobei er die Natur, die dieses hervorbringt, nahezu personifiziert. Die philosophischen Alchemisten (*filosofi alchimici*) sind die ernsthaften Alchemisten, die sophistischen Alchemisten (*alchimici sofistici*) nicht die betrügerischen Alchemisten, sondern eine in der alchemischen Literatur nicht klar umrissene Gruppe, vielleicht die mit der falschen theoretischen Grundlage ihres Arbeitens.

Der letzte Textabschnitt handelt von chemischen Reaktionen des Kupfers. Galmei (*giallamina*) ist Zinkcarbonat, Tutia (*tutia*) ist „Ofenbruch“ oder „Hüttenrauch“, d.h. Zinkoxid, das sich bei der Messingherstellung im Ofen absetzte. Messing ist eine Legierung aus Kupfer und Zink. Schwefel (*solfo*) bildet mit Kupfer schwarzes Kupfersulfid, Salz (*sale*) greift Kupfer unter besonderen Bedingungen an. Arsenik (*arsenico*) ist Arsenoxid. Mit Zinn (*stagno*) gibt Kupfer Bronze, mit Arsen Arsenbronze.

#### **Text 4. Biringuccio: Allgemeines über die „Halbmineralien“**

Nachdem ich oben die Metalle beschrieben habe, möchte ich, bevor ich fortfahre, nicht versäumen, euch zu sagen – obgleich diese Dinge außerhalb unseres gewählten Themas zu liegen scheinen –, was ich durch die Praxis von den Halbmineralien kennen gelernt habe, genau wie ich es im ersten Kapitel von den Erzen zu tun versprochen hatte. Da sie von der Natur weder als richtige Steine noch als richtige Metalle erschaffen wurden, werden sie von den Naturforschern Halbmineralien genannt. Man findet von ihnen sehr viele Arten. Diejenigen, die den Gesteinen ähnlich sind, sind erdig, sehr schwer schmelzbar und viel mehr zur Malerei geeignet als zu anderen Zwecken. Die im Feuer schmelzbaren wie der Schwefel, der Grauspießglanz, der Markasit, der Galmei, der Zaffer, der Braunstein und dergleichen sind den Metallen fast so ähnlich wie Brüder. Einige andere sind mehr wässrig, so dass sie sich in Wasser auflösen, obwohl sie eine gewisse Dichte haben, und mit Hilfe von Wasser werden sie gewonnen und in ihren vollkommenen Zustand zurückgeführt. Es sind dies die Salze, der Vitriol, der Alaun und der Salpeter.

Als wässriger [Stoff] gehört hierher auch das Quecksilber, wie es wegen seiner Beweglichkeit gewöhnlich genannt wird. Obwohl dieses nicht nur flüssig, sondern sehr flüssig aussieht, entspricht es in keiner seiner Wirkungen den oben erwähnten [Stoffen], sondern bleibt immer im selben Zustand, bis seine „Form“ verbraucht ist. Da die Gründe für diese Wirkungen fast unerforschlich sind, will ich hier nicht darüber sprechen und jetzt auch nicht auf dieses Chaos von Spekulationen eingehen, denn ich möchte euch definitiv klarmachen, was das Quecksilber tatsächlich ist. Deshalb lasse ich die Meinungen und Dispute beiseite und werde nur diejenigen genannten Halbmineralien behandeln, von denen ich erkannt habe, dass sie sich als nützlich erwiesen haben. ...

Von jenen [Halbmineralien], die ihrem Gewicht und ihrem Äußeren nach Metalle zu sein scheinen, will ich euch erzählen, dass sich aus ihnen auf keine Weise, die mir bekannt ist, ein Metall gewinnen lässt. Aber wie ihr aus der Praxis lernt, werdet ihr sehen, dass sie nichts anderes sind als der Rauch von

Erzen oder in Bildung begriffene Erze. Einige andere geben etwas Metall, aber dieses ist so brüchig und unvollkommen, dass man es als wertlos bezeichnen kann, abgesehen davon, dass es den sophistischen Alchemisten zum Weißfärben des Kupfers oder zum Härten des Zinns dient. Ich glaube aber nicht, dass sie ihnen sehr nützlich sind, denn es sind sehr leicht verdampfbare Materien wie jene, die man aus dem Grauspießglanz, dem Auripigment oder dem Galmei gewinnt und vielleicht auch aus irgendeinem Markasit, dem Zaffer und dem Braunstein. Obwohl diese sich mit bestimmten Mitteln schmelzen lassen, liefern sie nicht eine Spur Metall.

(Biringuccio, Vannoccio: De la Pirotechnia. Buch II, Vorwort. Venedig 1540, Bl. 21<sup>b</sup> – 22<sup>a</sup>. – Ausgabe: De la Pirotechnia (1540). Hrsg. von Aldo Mieli. Bd. 1. Bari 1914, S. 147 – 153. – Dtsch.: Biringuccios Pirotechnia. Hrsg. von Otto Johannsen. Braunschweig 1925, S. 86 – 88. – Engl.: The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio. Hrsg. von C. S. Smith und M. T. Gnudi. New York 1942. Neuaufl. Cambridge, Mass. und London 1959, S. 77 – 78. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Johannsen und Smith / Gnudi)

Kommentar:

Biringuccio teilt die bergmännisch gewinnbaren Stoffe in drei Gruppen ein: in die Mineralien (italien. *minerali*), die Halbmineralien (*mezzi minerali*) und die Steine (*pietri*). Die Mineralien umfassen die Metalle (*metalli*) und deren Erze (*miniére*). Der ausgewählte Textabschnitt ist dem Vorwort zum Kapitel über die Halbmineralien entnommen. Die Halbmineralien sind weder echte Metalle bzw. Erze noch echte Steine, sondern im Entstehen begriffene Erze. Aus einigen von ihnen kann man etwas Metall gewinnen, aber dieses ist brüchig und für Biringuccio kein echtes Metall, da es nicht hämmerbar ist.

Er unterscheidet bei den Halbmineralien unter anderem erdartige, im Feuer schmelzbare und im Wasser lösliche. Zur zweiten Kategorie gehören Schwefel (*solfo*), Grauspießglanz (*antimonio*, Antimonsulfid), Auripigment (*orpimento*, Arsensulfid), Galmei (*giallamina*, Zinkcarbonat), Markasit (*margassita*, Eisensulfid), Zaffer (*zaffera*, geröstetes Kobalterz mit Sand) und Braunstein (*manganese*, Manganoxid). Einige von diesen Erzen enthalten ein damals noch unbekanntes Metall: Antimon, Arsen, Zink, Kobalt und Mangan. Zu den in Wasser löslichen Stoffen rechnet er die Salze. Auch das Quecksilber (*argento vivo*, wörtl. lebendes Silber) gehört für ihn nicht zu den Metallen, sondern zu den Halbmineralien.

Mit „Form“ sind im aristotelischen Sinne die charakteristischen Eigenschaften eines Stoffes gemeint. Die Naturphilosophen (*speculatori fisici*) sind Gelehrte, die sich mit Fragen der Natur befassen (vgl. hierzu den Begriff der *speculatori operanti* im Text 3). Zum Begriff der sophistischen Alchemisten siehe Text 3.

## **Text 5. Agricola: Allgemeines über das Probieren der Erze und Metalle**

Das sechste Buch hat die Gezähe, die Gefäße und die Maschinen behandelt, dieses wird die Probiervverfahren beschreiben. Damit nämlich die geförderten Erze gewinnbringend verschmolzen und aus ihnen nach Abtrennung der Schlacken reine Metalle hergestellt werden können, ist es der Mühe wert, sie

vorher zu probieren. Aber obwohl ein solches Probieren von den Schriftstellern erwähnt worden ist, hat keiner von ihnen Vorschriften darüber überliefert. Daher ist es nicht verwunderlich, dass auch spätere [Schriftsteller] nichts darüber geschrieben haben.

Die Hüttenleute erkennen aus jenem Probieren der Erze, ob sie irgendetwas Metall in sich enthalten oder keines oder, wenn die Erze uns Anzeichen für ein Metall oder mehrere gegeben haben, ob viel oder wenig darin ist. Auf diese Weise können die Teile eines Erzes, die Metall enthalten, von denen getrennt werden, die keines enthalten, und jene wiederum, in denen viel vorhanden ist, von denen, in denen wenig vorhanden ist. Wenn dies nämlich nicht vorher, bevor die Metalle aus den Erzen ausgeschmolzen werden, sorgfältig geschieht, werden sie nicht ohne große Nachteile für die Besitzer ausgeschmolzen werden. Denn diejenigen Teile des Erzes, die nicht leicht im Feuer schmelzen, reißen die Metalle an sich oder verzehren sie. Auf diese Weise entweichen sie mit dem Rauch, oder aber sie vermischen sich mit den Schlacken und dem Ofenbruch. Dadurch geht der Gewinn der Mühe, die die Grubenbesitzer bei der Herstellung der Öfen und Herde aufgewendet haben, verloren; und es ist notwendig, dass sie neue Kosten für derartige Schlacken und andere Dinge aufwenden.

Die bereits geschmolzenen Metalle pflegen wir zu probieren, so dass wir in Erfahrung bringen können, wie groß der Anteil Silber in einem Zentner Kupfer oder Blei ist oder welchen kleinen Teil Gold ein Pfund Silber in sich enthält, andererseits, wie klein der Teil Kupfer oder Blei in einem Zentner Silber ist oder wie groß der Anteil Silber in einem Pfund Gold. Daraus kann man schließen, ob das wertvolle Metall mit Nutzen von dem geringerwertigen geschieden werden kann. Ein solcher Versuch lehrt auch, ob Münzen echt oder unecht sind, und ermittelt mit Sicherheit das Silber, wenn die Münzer davon mehr, als recht ist, dem Gold beigemischt haben, oder das Kupfer, wenn sie dieses mehr, als sie dürfen, mit dem Gold oder Silber legiert haben. Alle diese Verfahren werde ich so sorgfältig wie möglich erläutern.

Das Probieren der Erze, das nur für die Hüttenleute von Nutzen ist, unterscheidet sich vom Verschmelzen lediglich durch die geringe Menge des Gutes. Wenn wir nämlich eine geringe Menge verschmelzen, erfahren wir, ob das Verschmelzen einer großen Menge uns Gewinn oder Schaden bringen wird. Wenn sich nämlich die Hüttenleute nicht mit Eifer dem Verfahren des Probierens widmen würden, das sie anwenden, würden sie die Metalle, wie ich schon gesagt habe, mitunter mit Schaden, mitunter ohne jeden Nutzen ausschmelzen, denn probieren können wir die Erze mit ganz geringen Kosten, ausschmelzen nur mit großen [Kosten]. Die Methoden aber sind die gleichen. Erstens nämlich: wie wir die Erze in einem kleinen [Probier]ofen probieren, so verschmelzen wir sie in einem [Schmelz]ofen. Zweitens verbrennen wir in beiden Fällen nicht Holz, sondern [Holz]kohle. Wie ferner im Probierscherben, wenn wir die Erze probieren, die darin befindlichen Metalle, sei es Gold, Silber, Kupfer oder Blei, auf das genaueste [mit Zuschlägen] vermischt werden, so pflegt man sie in den ersten Öfen, wenn sie erschmolzen werden, durchzumischen. Wie ferner diejenigen, die die Erze in Feuer probieren, das Metall entweder flüssig ausgießen oder, wenn es ausgekühlt ist, das [Metall] nach Zerschlagen des Tontiegels von den Schlacken reinigen, so gießen die

Schmelzer, sobald das Metall aus dem Ofen in den Vorherd geflossen ist, kaltes Wasser darauf und ziehen die Schlacken mit Kratzen ab. Wie schließlich auf einer Aschekupelle das Gold oder Silber vom Blei getrennt wird, so auch in den zweiten Öfen.

(Agricola, Georg: De re metallica libri XII. Buch VII. Basel 1556, S. 174 – 175. – Dtsch.: Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. Hrsg. von Carl Schiffner. Berlin 1928, S. 188 – 189. – Dtsch.: De re metallica libri XII (Bergbau und Hüttenkunde, 12 Bücher). Hrsg. von Georg Fraustadt und Hans Prescher (= Georgius Agricola: Ausgewählte Werke. Bd. 8). Berlin 1974, S. 298 – 299. – Überarbeitete Übersetzung von Fraustadt / Prescher unter Verwendung von Schiffner)

Kommentar:

Agricola befasst sich im siebten Kapitel seines Berg- und Hüttenbuches mit der Probierkunst und äußert in der Einleitung einige allgemeine Gedanken hierzu. Die chemische Probierkunst umfasste einen Satz von Methoden, womit man die Erze auf ihren Gehalt an Metallen und die Metalle auf ihren Gehalt an Gold oder Silber untersuchen konnte, und zwar qualitativ und quantitativ. Das Probieren wurde mit kleinen Mengen ausgeführt und verlief im Prinzip genau so wie das Verschmelzen der Erze zu den Metallen oder die Abtrennung von Gold oder Silber aus den unedlen Metallen. Agricola weist besonders auf den wirtschaftlichen Aspekt hin. Wenn die Probierkunst gewissenhaft angewendet wurde, konnte sich der Grubenbesitzer große Kosten ersparen, da er dann wusste, ob sich der Abbau bestimmter Erze lohnte. Auch im Münzwesen leistete die Probierkunst wichtige Dienste.

Der Text enthält eine Reihe von berg- und hüttentechnischen Fachausdrücken. Gezähe (latein. *ferramenta*) sind eiserne Werkzeuge für den Bergbau, eine Kratze (*rutrum*) ist eine Schaufel. *Fornacula* ist ein kleiner Ofen, hier ein Probierofen, *fornax* ein Ofen von normaler Größe, hier ein Schmelzofen. Auch der erste Ofen (*prima fornax*) ist ein Schmelzofen, der zweite Ofen (*secunda fornax*) ein Treibherd, auf dem das Blei durch den Treibprozess vom Silber abgetrennt wurde. Ein *catillum terrenum* ist ein Tontiegel, ebenso ein *catillum fictile*, mit dem hier aber ein Probierscherben gemeint ist, ein schüsselartiger Tiegel zum Probieren. Ein *catillum cinereum*, wörtlich Aschetiegel, ist eine Aschekupelle, d.h. ein dickbodiger Tiegel aus gepresster Asche, der beim Probieren von Gold und Silber verwendet wurde.

Die Erze heißen im Originaltext *venae*, die Metalle *metalla* und die Schlacken *recrementum*. Mit Ofenbruch (*cadmia*) sind ebenso wie mit der Tutia (siehe Text 3) meist Ablagerungen von Zinkoxid gemeint, die sich bei der Messingherstellung an den Ofenwänden absetzten. Für Probieren steht im Originaltext *experiri*. Die Hüttenleute heißen *metallici*, die Schmelzer *excoctores*, die Gruben- oder Hüttenbesitzer *domini*.

#### **Text 6. Agricola: Allgemeines über das Verschmelzen der Erze zur Gewinnung der Metalle**

Ich habe die verschiedenen Arbeiten zur Vorbereitung der Erze beschrieben; nun will ich die einzelnen Verfahren ihrer Verschmelzung behandeln. Diejenigen, welche die Erze erhitzen, rösten und brennen, ziehen zwar manches von dem ab, was mit den Metallen vermischt oder verbunden zu sein pflegt,

vieles auch die, welche die [Erze] mit Stempeln pochen, sehr viel die, welche sie waschen, sieben und trennen, aber alles, was das Aussehen der Metalle verschleiert und sie unschön und unrein macht, können sie nicht wegnehmen. Deshalb ist man notwendigerweise auf die Verschmelzung gekommen, wodurch Erden, feste Gemenge und Steine so von den Metallen getrennt werden, dass jedes [Metall] die ihm eigene Farbe aufweist, dass es rein wird und in vieler Hinsicht für den Menschen von großem Nutzen ist. Indem aber die Verschmelzung eine Abtrennung derjenigen [Bestandteile] ist, die vor der Verschmelzung der Erze mit den Metallen vermischt waren, wird jedes Metall durch das Feuer sozusagen geläutert.

Weil sich aber die metallhaltigen Erze sehr voneinander unterscheiden, einmal durch die Metalle, die sie enthalten, dann durch die größere oder geringere Menge des in ihnen enthaltenen Metalls, ferner dadurch, dass die einen schnell im Feuer schmelzen, andere langsam, gibt es mehrere Verfahren des Verschmelzens. Durch die ständige Beschäftigung der Schmelzer mit diesen Dingen lehrte sie die Praxis, wie sie mit einem [Verfahren] aus denselben Erzen mehr Metall ausbrachten als mit einem anderen. Wenn man aber auch bisweilen durch mehrere Verfahren aus denselben Erzen das gleiche Gewicht an Metall erschmelzen kann, erfordert doch das eine Verfahren mehr Aufwand als das andere. Die Erze werden entweder in einem Ofen oder außerhalb verschmolzen. Wenn in einem Ofen, dann entweder bei zeitweise geschlossenem Stich oder bei immer geöffnetem, wenn außerhalb des Ofens, dann entweder in Töpfen oder in Rinnen.

(Agricola, Georg: De re metallica libri XII. Buch IX. Basel 1556, S. 285. – Dtsch.: Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. Hrsg. von Carl Schiffner. Berlin 1928, S. 310. – Dtsch.: De re metallica libri XII (Bergbau und Hüttenkunde, 12 Bücher). Hrsg. von Georg Fraustadt und Hans Prescher (= Georgius Agricola: Ausgewählte Werke. Bd. 8). Berlin 1974, S. 462. – Überarbeitete Übersetzung von Fraustadt / Prescher unter Verwendung von Schiffner)

Kommentar:

Auch in diesem Textabschnitt handelt es sich um die Einleitung zu einem Kapitel aus Agricolas Berg- und Hüttenbuch, nämlich zu dem Kapitel über das Verschmelzen der Erze zu den Metallen. Die vorbereitenden Arbeiten zur Aufbereitung der Erze werden kurz, jedoch nicht in systematischer Reihenfolge, erwähnt. Die rohen Erze wurden oft mechanisch ausgelesen, dann durch Pochmühlen zerkleinert, gegebenenfalls gewaschen und gesiebt. Zu den vorbereitenden Arbeiten gehörte auch das Erhitzen, Rösten oder „Brennen“ der Erze, jedoch war dies bereits ein chemischer Prozess. So wurde beim Rösten oft Schwefel entfernt, der für die weitere Verarbeitung hinderlich gewesen wäre.

Der entscheidende Prozess war die Gewinnung des Metalls aus dem aufbereiteten Erz. Da es sich nicht um einen reinen Schmelzvorgang handelt, spricht man präziser vom Verschmelzen der Erze oder vom Erschmelzen der Metalle; bei Agricola steht meist *excoquere* statt *coquere*, schmelzen. Bei diesem Prozess wurde das Erz mit Zuschlägen vermischt, welche die Abtrennung der Verunreinigungen begünstigen, und im Ofen mit Holzkohle unter Luftzutritt zum Metall reduziert. Die geschmolzene

Masse konnte durch eine Öffnung im Ofen, den „Stich“, in einen Vorherd abgelassen werden.

An einer Stelle im Text wird Agricolas Einteilung der Mineralien sichtbar. Er teilt die Mineralien, soweit es sich nicht um Gemische, sondern um einfache Stoffe handelt, ein in Erden (*terrae*), feste Gemenge (*succi concreti*), Steine (*lapides*) und Metalle (*metalla*).

### **Text 7. Agricola: Eigenschaften des Quecksilbers**

Das Quecksilber hat ebenfalls eine weiße Farbe. Es ist von Natur aus flüssig. Gießt man es auf eine Tafel, so fließt es auseinander. Es befeuchtet sie jedoch nicht, wie andere Flüssigkeiten, wegen der Trockenheit, welche die Feuchtigkeit mäßigt und sie nicht an der Tafel haften lässt. Das Feuer meidet es derart, dass es nach oben strebt, wenn ihm unten kein Ausgang zur Verfügung steht; ist auch dieser verschlossen, haftet es am Deckel. Weil es aber, wie Aristoteles meint, mehr Luft als Wasser enthält, verfestigt es sich nur durch die chymische Kunst. Mit dem Gold ist es befreundet. Während nämlich die anderen Metalle und Gegenstände von großer Masse und großem Gewicht darauf schwimmen, versinkt dies eine [Metall] auch bei kleinstem Gewicht in ihm. Denn auf zwei Talenten Quecksilber schwimmt ein Talent Eisen, aber ein Denar Gold versinkt.

„Weil es aber das Gold an sich zieht“, sagt Plinius, „reinigt es dieses sehr gut, indem es dessen übrige Verunreinigungen durch häufiges Schütteln in irdenen Gefäßen ausscheidet. Wenn so die Schlacken abgeworfen sind, gießt man es, um es selbst vom Gold zu trennen, auf darunter gelegte Felle; über diese fließt es wie Schweiß ab und lässt das reine Gold zurück.“ Wenn es am Gold hängen bleibt, verflüchtigt es sich, sobald man es auf glühende Kohlen bringt. Auch an die Bleiarten hängt sich das Quecksilber leicht an, schwer an Silber, schwerer an Kupfer, am schwersten an Eisen, und zwar nur durch einen Kunstgriff, mit dem die Goldschmiede silberne und kupferne Arbeiten vergolden, denn darunter gestrichen hält es Goldblättchen mit größter Zähigkeit fest. Aus [Quecksilber] gewinnt man künstlichen Zinnober; das Verfahren werde ich an der entsprechenden Stelle erklären.

Die Mauren gießen es, wenn die Glut der Sonne alles verdorren lässt, in eine Wanne, werfen eine Haut darüber, legen sich darauf und erfrischen sich so. Aber eine Wanne aus beliebiger Materie kann es nicht zusammenhalten, auch nicht ein Gefäß. Sie müssen vielmehr aus Metall, hartem Stein oder Glas sein, denn tönerner und hölzerner Gefäße und Wannen durchbricht es. Viel verwendet wird es von den Chymisten, öfters auch von den Ärzten bei der Heilung der Hautkrankheit, die die Italiener die französische, die Franzosen selbst die spanische nennen. Dioskurides sagt, es sei ein tödlicher Trank, weil es durch sein Gewicht die Eingeweide zerstöre. Galen schreibt einmal, wobei er sich der Meinung von Dioskurides anschließt, dass die Körperwärme es dazu bringe, durch Zersetzung zu töten. An einer Stelle zählt er es zu den Dingen, die in ihrem ganzen Sein den Menschen so feindlich sind, dass, wenn selbst nur ein ganz kleiner Teil davon genommen wird, er im Ganzen schädigt.

(Agricola, Georg: De natura fossilium libri X. Buch VII. Sammelband Basel 1546, S. 336. – Dtsch.: De natura fossilium libri X. Die Mineralien. Hrsg. von Georg Fraustadt und Hans Prescher (= Georgius Agricola: Ausgewählte Werke. Bd. 4). Berlin 1958, S. 218 – 219. – Überarbeitete Übersetzung von Fraustadt / Prescher)

Kommentar:

Agricola beschreibt hier in der traditionellen Weise früherer Autoren die Eigenschaften des Quecksilbers. Von den antiken Autoren erwähnt er Aristoteles und Galen und zitiert eine Stelle aus Plinius (Naturalis historia, Buch 33, Kap. 32 bzw. § 100). Zweifellos erfuhr er manches auch durch Befragen von Fachleuten oder aus eigener Beobachtung. Er versucht, einige seiner Eigenschaften aus der Vier-Elemente-Lehre abzuleiten, beschreibt seine besondere Art des Flüssigseins, seine Flüchtigkeit beim Erhitzen und sein großes spezifisches Gewicht. Die Dichte von Quecksilber beträgt 13,5, von Eisen 7,9 und Gold 9,3. 1 (attisches) Talent entspricht 26,2 kg, 1 Denar 3,4 g.

Er kommt dann auf eine von Plinius angegebene Reinigungsmethode des Goldes mit Hilfe von Quecksilber zu sprechen, stellt die unterschiedliche Affinität des Quecksilbers zu den einzelnen Metallen fest – die „Bleiarten“ sind bei Agricola Blei, Zinn und Wismut; siehe Text 8 – und erwähnt kurz die Herstellung von Zinnober (Quecksilbersulfid) aus Quecksilber. Die chymische Kunst (lat. *ars chymica*) entspricht ganz entfernt dem Begriff Chemie, der Chymist (*chymista*) dem Chemiker. Die Chemie begann sich im 16. Jahrhundert in einem komplizierten Prozess, der sich über zwei Jahrzehnte hinzog, allmählich zu einer Wissenschaft zu entwickeln. Schließlich geht Agricola als Arzt auch auf die medizinische Anwendung des Quecksilbers ein – die genannte Krankheit ist die Syphilis – und warnt vor seiner Giftigkeit.

### **Text 8. Agricola: Vorkommen von Zinn, Wismut und Blei**

Es folgt das Blei, von dem es drei Arten gibt. Das eine ist glänzendweiß, das zweite aschgrau, das dritte schwarz. Das glänzendweiße nennen die Griechen kassiteros, das schwarze molybdos. Das aschgraue haben sie anscheinend ebenso wie die Lateiner nicht gekannt; unsere Landsleute nennen es Wismut. Plinius nennt das silberweiße auch Silberblei, weil es dem Silber sehr ähnlich ist; er nennt es auch weiß. In Wirklichkeit aber ist es glänzendweiß, und zwar so, dass das dritte im Vergleich dazu den Römern als schwarz erschien und sie mit diesem Wort das eine von dem anderen unterschieden, während es [eigentlich] nicht schwarz ist, sondern [nur] dunkler glänzendweiß. Das zweite ist von mittlerer Farbe zwischen dem als glänzendweiß und schwarz bezeichneten. Denn es ist schwärzer als jenes und weißer als dieses. Wer die deutsche Bezeichnung nicht mag, wird es mit demselben Recht als aschgrau bezeichnen können, mit dem die Römer das dritte als schwarz bezeichnet haben.

Wenn man auch das weiße in seiner eigentlichen Farbe nicht findet, unterscheiden sich doch die kleinen weißlich-schwarzen Steine, aus denen es gewonnen wird, nur in der Farbe von ihm. Ebenso findet man manchmal Bleiglanz, der nur wenig Stein enthält und zum größten Teil schwarzes Blei ist. Das aschgraue wird in Schneeberg in einer Grube gefördert, die daher Wismutgrube heißt. Häufig findet man es auch in Silberbergwerken. Das täuscht

sehr oft den Bergmann, der im Bergbau nicht recht erfahren ist, oder den, der nicht sorgsam genug aufpasst. Beide meinen nämlich, bleifarbenes rohes Silber gegraben zu haben, während sie tatsächlich dieses aschgraue Blei gegraben haben. Es weist manchmal auch Silber auf, dessen Materie nicht zu vernachlässigen ist. Wenn man jedoch das Silber daraus erschmilzt, verzehrt das Feuer das Ganze. Es findet sich aber, gleichsam nicht gediegen, in dreierlei Form. Entweder werden Stücke davon an sich gegraben, oder kleine Stücke leuchten in der Schwärze auf, oder ganz kleine Blättchen überziehen Gestein, Marmor und Steine. Wismut findet man häufiger in seiner eigenen Farbe, obwohl nicht völlig gediegen, als das Erz von anderer Farbe, aus dem es gewonnen werden kann.

(Agricola, Georg: De natura fossilium libri X. Buch VIII. Sammelband Basel 1546, S. 339 – 340. – Dtsch.: De natura fossilium libri X. Die Mineralien. Hrsg. von Georg Fraustadt und Hans Prescher (= Georgius Agricola: Ausgewählte Werke. Bd. 4). Berlin 1958, S. 339 – 340. – Leicht überarbeitete Übersetzung von Fraustadt / Prescher)

Kommentar:

In der Antike und im Mittelalter hielt man Zinn und Blei für zwei so nahe verwandte Metalle, dass man sie als „die beiden Bleiarten“ bezeichnete: das weiße Blei oder Weißblei (latein. *plumbum candidum*) war Zinn, das schwarze Blei oder Schwarzblei (*plumbum nigrum*) war Blei. Agricola fügte eine dritte „Bleiart“ hinzu: das aschgraue Blei (*plumbum cinereum*), nämlich das Wismut (*bisemutum*). Es war ein neues Metall, das man, wie er feststellte, in der Antike offenbar noch nicht kannte.

Agricola geht dann auf das Vorkommen der drei „Bleiarten“ ein. Das wichtigste Zinnerz ist der rötlich-braune bis fast schwarze Zinnstein  $\text{SnO}_2$ , das wichtigste Bleierz der bleigraue Bleiglanz (*galena*)  $\text{PbS}$ . Wismut kommt gediegen vor, auch als Wismutglanz  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  und Wismutocker  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ . Als Fundort gibt Agricola Schneeberg an, eine Bergstadt in Sachsen. Er erwähnt auch, dass der Bergmann (*fossor*), wenn er unerfahren oder unachtsam sei, sich vom Wismut täuschen lasse und meine, er habe Silber gefunden.

### **Text 9. Ercker: Abtrennung von Gold durch das Quecksilber-Verfahren; Schädlichkeit der Quecksilberdämpfe**

Wenn das Gold nach dem Anquicken durch den doppelten Barchent oder durch das Sämischleder gezwungen worden ist, bleibt für gewöhnlich noch ein wenig Gold im Quecksilber, besonders wenn die Goldschliche und Golderze arm sind und das Quecksilber davon nicht reich an Gold wird. Dieses kann, wenn weiterer Schlich vorhanden ist oder gemacht wird, zu weiterer Arbeit und weiterem Anquicken verwendet werden. Wenn aber kein weiterer Schlich verarbeitet werden sollte, müsste das Gold, das mit dem Quecksilber durchs Leder gegangen ist, in einem besonderen Scheiden sehr rein von ihm getrennt werden. Es enthält gewöhnlich in einem Zentner zwei oder drei Lot Gold oder auch darüber, besonders wenn das Quecksilber von armen Schlichen gekommen ist.

Das Scheiden des Goldes geschieht nun so: Lass dir einen eisernen Krug in der Form schmieden, dass du ihn am Bauch auseinandernehmen kannst. Ver-

schmiere den unteren Teil des [Krug] innen einen halben Finger dick mit recht gutem, geschlämmtem Lehm, der im Feuer hält und nicht reißt. Lass es trocknen, setze das Oberteil darauf, binde beide Teile mit einem eisernen Draht fest aufeinander und verschmiere außen den ganzen Krug überall mit gutem Lehm. Ist er trocken geworden, so setze ihn in einen Ofen, den man den Heinzen nennt und in dem man sonst Scheidewasser zu brennen pflegt. Bringe, wenn du das hast, fünfzig Pfund Quecksilber hinein und setze einen irdenen Helm darauf. Lege einen irdenen Krug vor, der drei Maß Wasser enthalten soll, alles außen miteinander gut verlehmt und getrocknet.

Lass dann das Feuer allmählich angehen und verstärke es von Stunde zu Stunde so lange, bis der Krug gut glüht. Gib ihm aber nicht zu jähe Hitze, damit er nicht zerspringt oder das Quecksilber zerspritzt. So wird alles Quecksilber übergehen und in dem vorgelegten Krug ins Wasser gehen, was, wenn man das Feuer ziemlich gleichmäßig hält, in sieben oder acht Stunden geschehen kann. Wenn alles übergegangen ist, dann lass den Krug gut abkühlen, nimm ihn aus dem Feuer und brich ihn auf, so wirst du das Gold am Boden angesammelt vorfinden. Das stich vom Lehm ab und lass es zusammenfließen. ...

Es mag nun jeder die Art gebrauchen, die ihm dienlich und bequem erscheint. Merke dir aber: Wenn du das überschüssige Quecksilber, ohne es übergehen zu lassen, vom Gold abrauchen lässt, so hüte dich, dass dir der Rauch oder Dampf in den Leib geht, denn es ist ein giftiger, kalter Dampf, der lähmt und tötet, denn, wo er Nässe vorfindet, scheidet er das Quecksilber ab, das dann die Gliedmaßen zerstört.



A der Heinzenturm. B die Nebenöfen. C der vorgelegt irdene Krug. D der irdene Helm. E der blinde Helm mit der kleinen Schnauze, in den Wasser gegossen werden kann. F der Anquicker (Amalgamierer), G der Arbeiter, der das Quecksilber durch das Leder drückt. H der Unterteil des eisernen Kruges. K der Oberteil des eisernen Kruges. L ein lederner Beutel für das Durchdrücken. M der Arbeiter, der das Gold vor dem Gebläse zusammenschmilzt.

(Ercker, Lazarus: Beschreibung Allerfürnemisten Mineralischen Ertzt unnd Bergkwercks arten. Buch II. Frankfurt am Main 1580, Bl. 49<sup>b</sup> – 51<sup>9</sup>. – Neuhochdtsch.: Beschreibung der allervornehmsten mineralischen Erze und Bergwerksarten. Hrsg. von Paul Reinhard Beierlein (= Freiburger Forschungshefte. Kultur und Technik. D 34). Berlin 1960, S. 124 – 127. – Überarbeitete Übertragung von Beierlein)

Kommentar:

Ercker beschreibt hier eine Methode zur Abtrennung des Goldes von anderen Stoffen mit Hilfe von Quecksilber, die zugleich auch eine Reinigungsmethode des Goldes darstellte. Das Golderz oder unreine Gold wurde im Mörser mit Quecksilber verrieben, wobei sich ein wachswieches Goldamalgam bildete. Es wurde in einen Beutel aus feinem Leder gefüllt, und durch Pressen drang das überschüssige Quecksilber durch die Poren des Beutels, während das Goldamalgam darin zurückblieb. Dieses kam in einen eisernen, mit Lehm ausgekleideten Destillationskolben, der mit Helm und Vorlage versehen und auf einem Bequemlichkeitsofen erhitzt wurde. In der Hitze wurde das Goldamalgam wieder in seine Bestandteile zerlegt. Das Quecksilber destillierte in die Vorlage, während das reine Gold am Boden des Destillationskolbens zurückblieb. Es wurde herausgenommen und in einem Tiegel zu einem Klumpen zusammengeschmolzen.

Auch dieser Text enthält einige Fachbegriffe. Unter Anquicken versteht man das Verreiben mit Quecksilber. Barchent ist ein dichtes, geköpertes Baumwollgewebe, Sämischleder ein locker-weiches und waschbares Leder. Schlich ist das fein vermahlene, durch Waschen von Verunreinigungen befreite Erz. Der Heinz oder Heizen-turm, auch „Fauler Heinz“ genannt, war ein Bequemlichkeitsofen. Er bestand aus einem turmförmigen Hauptofen, in den die Holzkohle eingefüllt wurde, und meist aus zwei Nebenöfen. Er hieß Bequemlichkeitsofen oder Fauler Heinz, weil nicht immer wieder Feuerungsmaterial nachgelegt werden musste und man mehrere Öfen gleichzeitig beheizen konnte. Scheidewasser ist Salpetersäure. 1 Zentner als Handelsgewicht entsprach 46,8 kg, 1 Pfund 468 g, 1 Lot 14,6 g. Es gelten die Relationen: 1 Zentner = 100 Pfund, 1 Pfund = 32 Lot.

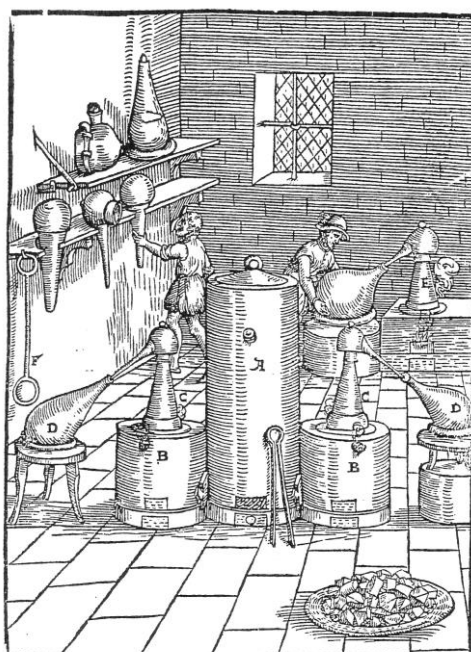
Am Ende des ausgewählten Textabschnittes geht Ercker auf die Giftigkeit der Quecksilberdämpfe ein. Er warnt davor, bei der Zerlegung des Goldamalgams auf eine geschlossene Apparatur zu verzichten. Wahrscheinlich diente das Wasser in der Vorlage dazu, die kondensierten Quecksilberdämpfe zusätzlich abzuschirmen, denn die schweren Quecksilbertropfen fielen sofort unter die Wasseroberfläche. Auf der Abbildung sieht man keine Schutzvorrichtungen zum Hantieren mit Quecksilber, es sei denn, dass der Arbeiter im Hintergrund das Zusammenschmelzen des Goldklumpens unter einer Esse vornimmt.

#### **Text 10. Ercker: Scheidung von Gold und Silber durch „Scheidewasser“ (Salpetersäure)**

Wenn man das Gold aus güldischem Silber durch Scheidewasser scheiden will, muss das Silber zuerst auf einem Test rein gebrannt sein. Wenn es nicht sehr viel Silber ist, dann gieße es zu einem Zain, schlage ihn auf einem Amboss dünn und schneide es in kleine Blechlein. Die [Blechlein] biege so um, dass sie hohl werden, und glühe sie in einem Tiegel, damit das Scheidewasser

sie besser angreift. Wenn diese ausgeglühten Blechlein kalt geworden sind, bringe sie in ein umkleidetes Glas oder einen Scheidekolben, aber auf einmal nicht mehr als fünf solcher dünn geschlagenen Blechlein oder höchstens sechs Mark güldisches Silber, auch wenn du noch viel davon hättest, wegen der Gefahr des Brechens, denn sie nehmen im Kolben viel Raum ein. Gieße von dem gereinigten und gefällten Scheidewasser so viel darauf, dass es einen guten Querfinger über dem Silber steht; sofort fängt es an, aus eigener Kraft zu arbeiten. Setze den Scheidekolben mit dem Silber auf warmen Sand, der sich in einem großen tönernen Scherben, aus gutem Ton gemacht, auf einem Heinzenofen befinden soll, damit der Sand immer heiß bleibt. Wenn das erste Scheidewasser genug gearbeitet hat, so dass es nicht mehr angreift, dann gieße das silbrige Scheidewasser ab in einen anderen umkleideten Kolben, jedoch nicht zu heiß, damit der Kolben nicht zerspringt.

Gieße wiederum ein zweites gutes, ungebrauchtes und gefälltes Scheidewasser auf die [Silberbleche], setze den [Kolben] wieder auf den warmen Sand und lass es zum zweiten Mal arbeiten, doch etwas stärker als beim ersten Mal, und zwar so lange, bis auch dieses zweite aufgegossene Scheidewasser nichts mehr angreift. Dann gieße es rein ab zu dem ersten silbrigen Scheidewasser. Gieße zum dritten Mal Scheidewasser darauf, setze es wieder auf den heißen Sand und lass es zuletzt stark und mit großen Blasen arbeiten, bis endlich alles Silber aus dem Gold herausgelöst ist, das aus den drei genannten Wasser[zugaben] sehr rein anfällt. Falls man mehr zu scheiden hat, kann man das letzte [Scheide]wasser für weiteres [güldisches] Silber gebrauchen und es zum ersten Aufgießen nehmen. Es arbeitet noch und greift gut an, und damit könnte man etwas Scheidewasser sparen.

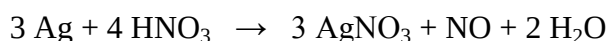


A der Heinzenturm. B die Nebenöfen, auf denen die tönernen Scherben mit dem Sand stehen. C die Scheidekolben mit den Helmen. D ein vorgelegter Kolben. E wie das Scheidewasser abdestilliert wird. F ein eisernes Gerät, mit dem die Glaskolben abgenommen werden.

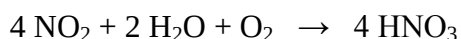
(Ercker, Lazarus: Beschreibung Allerfürnemisten Mineralischen Ertzt unnd Bergwercks arten. Buch II. Neuaufl. Frankfurt am Main 1580, Bl. 71<sup>b</sup> – 72<sup>a</sup>, 74<sup>a</sup>. – Neuhochdtsch.: Beschreibung der allervornehmsten mineralischen Erze und Bergwerksarten. Hrsg. von Paul Reinhard Beierlein (= Freiburger Forschungshefte. Kultur und Technik. D 34). Berlin 1960, S. 162 – 163, 165. – Überarbeitete Übertragung von Beierlein)

Kommentar:

In diesem Text wird die Scheidung von Gold und Silber durch Behandeln mit Salpetersäure beschrieben, das deshalb zu Erckers Zeit als „Scheidewasser“ bezeichnet wurde. Gold bleibt bei diesem Prozess als schwarzes Pulver unlöslich zurück, während Silber entsprechend der Reaktionsgleichung



als Silbernitrat in Lösung geht. Das bei der Reaktion entstehende farblose Stickoxid NO verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft zu braunem Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub>, das mit Wasser unter Mitwirkung von Sauerstoff letzten Endes in Salpetersäure übergeht:



Bevor die Umsetzung stattfinden konnte, musste das güldische, d.h. goldhaltige Silber hierfür vorbereitet werden. Zunächst wurde es im Test oder Testscherben, einem schüsselartigen Tiegel aus Ton, der innen mit einer festgedrückten Schicht Asche ausgefüttert war, durch Erhitzen von seinen Verunreinigungen befreit. Dieser Prozess wurde „Feinbrennen“ genannt. Das Silber wurde dann zu einem Zain, d.h. Barren, gegossen, auf einem Amboss zu einem dünnen Blech geschlagen, dieses zerschnitten, aufgerollt und in einem Tiegel geglüht.

Das Scheidewasser wurde durch Erhitzen von Salpeter und Eisen- oder Kupfervitriol im Kolben gewonnen, wobei die dabei gebildete Säure überdestillierte und in einer Vorlage aufgefangen wurde. Das so hergestellte Scheidewasser eignete sich noch nicht zur Trennung von Gold und Silber, sondern musste gereinigt werden. Hierzu wurde in einem kleinen Kolben Feinsilber in einer kleinen Menge des Scheidewassers aufgelöst und die Lösung in das frisch hergestellte Scheidewasser gegossen. Es bildete sich ein weißer, milchiger Niederschlag, der sich allmählich absetzte und von dem die klare Lösung dekantiert wurde. Diese Säure ist gemeint, wenn im Text von einem reinen und gefällten Scheidewasser die Rede ist. Wie man heute weiß, enthielt die rohe Salpetersäure noch etwas Chlorid, das durch den Zusatz der Silbernitratlösung als Silberchlorid ausgefällt wurde.

Auf der Abbildung sieht man in der Mitte den Bequemlichkeitsofen oder Heinzenofen (siehe Text 9). Rechts und links auf den Nebenöfen befinden sich die Kolben, in denen das goldhaltige Silber gelöst wird. Nur andeutungsweise zu sehen ist der Scherben, d.h. der tönernerne Einsatz für das Sandbad. Nicht erwähnt wird im vorliegenden Textabschnitt, dass die beiden Kolben mit Helm und Vorlage versehen waren. Wahrscheinlich sollten damit die bei der Auflösung des Silbers entstehenden nitrosen Gase aufgefangen werden. Im Hintergrund wird durch Destillation Scheidewasser aus der Silberlösung zurückgewonnen.

Ein umkleidetes Glas ist ein mit Lehm verschmierter Glaskolben. 1 Mark ist eine Gewichtseinheit, die 234 g entspricht. In den folgenden Textabschnitten beschreibt Ercker die Reinigung des Goldes und die Rückgewinnung des Silbers.

## 14 Chemiatrie

### Text 1. Paracelsus: Alchemie als die Kunst, das von der Natur Begonnene zu vollenden I

Nun ist es eine Kunst, die notwendig ist und sein muss. Weil in ihr die Kunst Vulcani ist, ist es notwendig, zu wissen, was Vulcanus kann. Alchemie ist eine Kunst, Vulcanus ist der Künstler in ihr. Der nun der Vulcanus ist, der hat die Gewalt über die Kunst, wer es nicht ist, der hat über nichts Gewalt. Nun wisset zuerst, um von solcher Kunst die Dinge zu verstehen, dass Gott alle Dinge geschaffen hat, aus nichts etwas. Das Etwas ist ein Samen. Der Samen liefert das Ende seiner Bestimmung und seiner Aufgabe. Wie vom Nichts bis zum Ende alle Dinge geschaffen sind, so gibt es nichts, das bis zum Ende ganz ist, d.h. bis zum Ende, aber nicht ganz bis zum Ende, sondern der Vulcanus muss es vollenden. Soweit sind alle Dinge geschaffen, dass sie in unserer Hand sind, aber nicht, wie sie in unserer Hand sein sollen. Das Holz wächst bis zu seinem Ende, aber nicht zu Kohlen oder Scheiten. Der Lehm wächst, aber die Töpfe nicht. Daher erkennt diesen Vulcanus.

Also ein Beispiel: Gott hat das Eisen geschaffen, aber nicht das, was daraus werden soll, nicht Hufeisen, nicht Stangen, nicht Sicheln, nur das Eisenerz, und im Erz gibt er es uns. Er empfiehlt es dann dem Feuer und dem Vulcanus, der Meister des Feuers ist. Es folgt daraus, dass dies dem Vulcanus befohlen ist und daher die Kunst gerecht ist, denn wenn sie nicht gerecht wäre, wäre Vulcanus nicht notwendig. Jetzt folgt daraus, dass das Eisen zuerst von der Schlacke geschieden werden muss, dann muss geschmiedet werden, was daraus werden soll. Das ist Alchemie, das ist der Schmelzer, der Vulcanus heißt. Was das Feuer tut, ist Alchemie, auch in der Küche, auch im Ofen. Was das Feuer regiert, das ist Vulcanus, auch der Koch, auch der Stubenheizer.

So ist es auch mit der Arznei: Sie ist von Gott geschaffen, aber nicht bis zum Ende bereitet, sondern in Schlacke verborgen. Jetzt ist dem Vulcanus befohlen, die Schlacke von der Arznei zu scheiden. Wie ihr es vom Eisen verstanden habt, so ist es auch mit der Arznei: Was die Augen am Kraut sehen, oder an Gesteinen, oder an Bäumen, ist nicht Arznei. Sie sehen nur die Schlacke, inwendig aber unter der Schlacke, da liegt die Arznei. Nun muss zuerst die Schlacke von der Arznei genommen werden, dann ist die Arznei da. Das ist Alchemie und das Amt Vulcani; da ist er ein Apotheker und ein Laborant der Arznei.

(Paracelsus: *Labyrinthus medicorum errantium*, Buch II, Kap. 5. 1537 – 1538. – Ausgabe: Theophrast von Hohenheim, gen. Paracelsus: *Sämtliche Werke*. 1. Abteilung. Medizinische, naturwissenschaftliche und philosophische Schriften. Hrsg. von Karl Sudhoff. Bd. 11. München und Berlin 1928, S. 186 – 188. – Neuhochdtsch.: Paracelsus: *Sämtliche Werke*. Hrsg. von Bernhard Aschner. Bd. 1. Jena 1926, S. 512 – 513. – Neuhochdtsch.: Theophrastus Paracelsus: *Werke*. Hrsg. von Will-Erich Peuckert. Bd. 2. Darmstadt 1965, S. 462 – 463. – Eigene Übertragung unter Verwendung von Aschner und Peuckert)

Kommentar:

In diesem und dem folgenden Text kommen einige Grundanschauungen von Paracelsus zur Sprache, die das Fundament für seine physiologischen und medizinischen Theorien bildeten. Die im Text erwähnte Alchemie ist für ihn begrifflich dasselbe wie die Chemie. Der Hauptzweck der Alchemie liegt nach seiner Ansicht nicht in der Umwandlung unedler Metalle in Silber oder Gold, sondern in der Herstellung von Medikamenten. Er bezeichnet die Alchemie, wie üblich, als eine „Kunst“, nicht als eine Wissenschaft.

Nach Paracelsus schuf Gott die Dinge in ihrer ersten Materie (*prima materia*), nicht in ihrer letzten Materie (*ultima materia*). Diese erste Materie manifestierte sich in „Samen“, in denen die Anlagen eines jeden Dings in seiner letzten Materie bereits enthalten waren. Die Natur wandelte die Stoffe nur bis zu einer mittleren Materie (*media materia*) um. Den Rest musste der Mensch selbst mit Hilfe der Alchemie besorgen, oder diese Umwandlung vollzog sich in seinem Körper.

Die Kraft, die dies in der Natur bewirkte, nannte Paracelsus den Vulcanus. Vulcanus (griech. Hephaistos) war in der antiken Mythologie der Gott des Feuers und der Schmiedekunst. Der Vulcanus arbeitete mit chemischen Methoden und suchte aus einem undifferenzierten Materiereservoir, dem Iliaster, geeignetes Material zusammen. Paracelsus gibt einige anschauliche Beispiele für das Wirken des Vulcanus.

Im letzten Absatz des Textes überträgt er diese Anschauungen auf die Zubereitung von Medikamenten. Auch in diesem Fall wird die Arznei nicht im fertigen Zustand geliefert, sondern ist wie das Eisen im Eisenerz in Pflanzen oder Gesteinen verborgen. Wie bei der Abtrennung der Schlacke vom Eisen so muss auch hier der Vulcanus mit chemischen Methoden die „Schlacke“ von der Arznei entfernen.

## **Text 2. Paracelsus: Alchemie als die Kunst, das von der Natur Begonnene zu vollenden II**

Ein Beispiel vom Brot: Die äußere Kunst der Alchemie im Backofen kann nicht die letzte Materie machen, sondern eine mittlere Materie. Die Natur macht die erste bis zur Ernte, dann schneidet, mahlt und backt sie die Alchemie bis zum Maul. Jetzt ist die erste und mittlere Materie erfüllt, jetzt fängt die Alchemie Microcosmi an. Diese hat die erste Materie im Mund, d.h. das Brot, und kaut es; das ist das erste Werk. Dann ist im Magen die zweite Materie, sie verdaut es, so dass es zu Fleisch und Blut wird; das ist jetzt die letzte Materie. ...

Aus meiner Erklärung folgt nun, dass nichts ganz bis zur letzten Materie geschaffen ist. Aber alle Dinge werden zur ersten Materie geschaffen, und darauf folgt der Vulcanus nach, der macht sie durch die Kunst der Alchemie zur letzten Materie. Dann folgt der Archeus, der innere Vulcanus, der kann, wie es die Dinge und die Verteilung erfordern, zirkulieren und präparieren, so wie die Kunst selbst sublimieren, destillieren, reverberieren usw. kann. Denn die Künste sind alle im Menschen, ebensowohl wie in der äußeren Alchemie, die diese präfiguriert. So unterscheiden sich der Archeus und der Vulcanus voneinander. ...

Die Bildschnitzer entfernen das vom Holz, was nicht dazugehört, und so wird ein Bild daraus. So gibt es auch Alchemisten der Medizin, die von der Arznei das entfernen, was nicht Arznei ist. Jetzt seht, was die Alchemie für eine Kunst ist. Sie ist die Kunst, die das Nutzlose vom Nützlichen entfernt und es zu seiner letzten Materie und seinem letzten Wesen bringt.

(Paracelsus: *Labyrinthus medicorum errantium*, Buch II, Kap. 5. 1537 – 1538. – Ausgabe: Edition Sudhoff, S. 188 – 189. – Neuhochdtsch.: Übertragung Aschner, S. 513 – 514; Übertragung Peuckert, S. 463 – 465. – Eigene Übertragung unter Verwendung von Aschner und Peuckert)

Kommentar:

Im Anschluss an den vorigen Text geht Paracelsus auf die Umwandlung der Nahrung im menschlichen Körper bis zur letzten Materie ein. Hier beginnt nach seiner Diktion die Alchemie des Mikrokosmos. Entsprechend der Makrokosmos-Mikrokosmos-Idee ist mit dem Mikrokosmos hier der Mensch gemeint, mit dem Makrokosmos die Erde oder vielleicht das Weltall.

Zur Lenkung und Ausführung der Vorgänge im menschlichen Körper benötigte der Vulcanus einen Gehilfen, den Archeus, wobei jeder individuelle Lebensprozess seinen eigenen Archeus hatte. Es gab eine Arbeitsteilung zwischen diesen beiden Kräften: Der Archeus war für die Vorgänge im lebenden Organismus zuständig, der Vulcanus vorwiegend für die Prozesse außerhalb davon. Der Archeus konnte im Körper ähnliche oder analoge Prozesse ausführen, wie sie in der Alchemie praktiziert wurden. Zirkulieren bedeutete das Erhitzen einer Substanz im geschlossenen Gefäß unter Rückfluss, reverberieren das Erhitzen in einem Reverberierofen, von dessen Wänden die Flammen zurückschlugen.

Im letzten Textabschnitt umreißt er noch einmal die Zielsetzung der Alchemie bzw. Chemie. Sie soll das Nutzlose vom Nützlichen abtrennen, bei den Medikamenten das Unwirksame oder Schädliche von dem medizinisch Wirksamen, und sie soll ganz allgemein das von der Natur nicht Vollendete bis zur Stufe der letzten Materie vollenden.

### **Text 3. Paracelsus: Ein „Alchemist“ im Magen, der aus der Nahrung das Gute vom Giftigen abtrennt**

Damit wir euch einen Begriff vom Alchemisten geben, so wisset, dass Gott einem jeden Geschöpf sein Wesen gegeben hat und was ihm zukommt, nicht etwa, damit es sich selbst regiere oder dergleichen, sondern wegen des Gebrauchs dessen, was ihm nötig ist und es haben muss, was aber Gift enthält. Dieses [Geschöpf] hat im Leib einen, der dieses Gift von dem absondert, was der Leib zu sich nimmt. Dies ist der Alchemist, und zwar aus dem Grund, weil er die Kunst der Alchemie gebraucht. Er scheidet das Böse vom Guten, er verwandelt das Gute in eine Tinktur, er tingiert den Leib zu seinem Leben, er ordnet der Natur das Subjekt in ihr zu, er tingiert sie, so dass sie zu Blut und Fleisch wird. Dieser Alchemist wohnt im Magen, welcher sein Instrument ist, in dem er kocht und arbeitet.

Und das verstehe so: Der Mensch isst Fleisch, in dem Gift und Gutes ist, aber in seinem Essen hält er das alles für gut. Nun, unter dem Guten liegt das Gift verborgen und unter dem Bösen nichts Gutes. Wenn also die Speise, das ist das Fleisch, in den Magen kommt, dann ist alsbald der Alchemist da und scheidet. Was nicht zur Gesundheit des Leibes gehört, das wirft er an einen besonderen Ort, das Gute kommt an seine Stelle, wo es hingehört. Das ist eine Ordnung des Schöpfers. So wird der Leib davor bewahrt, dass ihm von dem Gift, das er isst, nichts widerfährt, sondern dass es von ihm durch den Alchemisten geschieden wird, ohne das Zutun des Menschen. So wirkt die Tugend und Kraft des Alchemisten im Menschen.

(Paracelsus: Volumen Paramirum. Buch II, Kap. 7. 1531 – 1535. – Ausgabe: Edition Sudhoff, Bd. 1, München und Berlin 1929, S. 194 – 195. – Neuhochdtsch.: Übertragung Aschner, Bd. 1, Jena 1926, S. 28 – 29; Übertragung Peuckert, Bd. 1, Darmstadt 1965, S. 200 – 201. – Eigene Übertragung unter Verwendung von Aschner und Peuckert)

Kommentar:

Nach der Lehre von Paracelsus gibt es im menschlichen Körper ein dynamisches Prinzip, das er an anderer Stelle den Archeus nennt (siehe Text 2). Jedes Organ und jeder individuelle Lebensvorgang hatte seinen eigenen Archeus. Der wichtigste Archeus hat seinen Sitz im Magen, wo er die Funktion hat, die ernährenden Teile der Nahrung von den Abfallprodukten zu trennen und die ersteren an die anderen Organe weiterzuleiten.

Hier bezeichnet er den Archeus schlicht als „den Alchemisten“, und zwar deshalb, weil die Prozesse, die er kontrolliert oder ausführt, chemische Prozesse darstellen. Von den verschiedenen Funktionen des Archeus im Magen wird im vorliegenden Text seine Aufgabe ausführlicher beschrieben, die ernährenden Teile der Nahrung von dem giftigen Anteil abzutrennen. Von den sonstigen, nicht giftigen Abfallprodukten wird nichts ausgesagt. Die „Tinktur“, in die der gute Anteil durch den Archeus umgewandelt wird, ist hier wohl als eine Art Heilmittel zu verstehen, zumindest im übertragenen Sinne. In der Alchemie ist Tinktur einer der Namen für den Stein der Weisen, womit die unedlen Metalle zu Gold oder Silber „tingiert“ wurden.

#### **Text 4. Paracelsus: Das Antimonium als hervorragendes Heilmittel**

In derselben Weise, in der das Antimonium das Gold vollendet, in derselben Form und Gestalt vollendet es auch den Leib. Denn in ihm ist die Essentia, die nichts Unreines beim Reinen lässt. Keiner, der in allen archidoxischen Schriften erfahren ist, und kein Spagyriker kann die Kraft und Tugend des Antimoniums ergründen. Denn im ersten Yle ist das Antimonium derart herausgehoben und zu den Erzen des Elements Wasser bestimmt worden, dass seine Kraft und Tugend durch keine Sintflut genommen worden ist, wie es den anderen Gewächsen des Wassers geschah, die alle vom Antimonium übertroffen werden. Das ist seine Bestimmung, dass seiner Kraft und Tugend nichts fehlt und sie nicht geschwächt werden.

Unser Lob gilt ihm mehr als allen anderen Mineralien, von denen es das höchste Arcanum enthält. Es reinigt sich selbst und zugleich auch anderes

Unreines. Wenn nichts Gutes im Subjekt gefunden wird, verwandelt es den unreinen Leib in einen reinen, wie bei der Lepra angezeigt wird; das alles beweist die spagyrische Praxis. Damit wir aber die Bereitung nicht länger vorenthalten, sondern seine Tugend zu präparieren lernen, die lange Zeit verborgen gewesen ist und von der ein Buchstabe besser ist als alle Werke unserer Profession, soll die Bereitung so verstanden werden, dass es in seiner Form nicht zerstört werden soll. Seine Form ist nämlich sein Arcanum. Sie soll durch die Retorte getrieben werden, ohne jedes Caput mortuum, und in das dritte Cohob geführt werden. Seine Dosis sei 4 Gran, wie es an sich selbst ist, und es soll in Quinta essentia der Melisse genommen werden. Mehr hat der Archeus der Erde ihm nicht zu geben.

(Paracelsus: Die fünf Bücher De vita longa. Buch III, Kap. 6. 1526. – Ausgabe: Edition Sudhoff, Bd. 3, München und Berlin 1930, S. 306. – Neuhochdtsch.: Übertragung Aschner, Bd. 3, Jena 1930, S. 176 – 177. – Eigene Übertragung unter Verwendung von Aschner)

Kommentar:

Das Kapitel, aus dem dieser Text stammt, ist überschrieben mit „De magisterio antimonii“ (Über das Magisterium des Antimoniums). Antimonium ist nicht identisch mit dem Element Antimon Sb, sondern es handelt sich um den Grauspießglanz bzw. das Antimonsulfid  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ . Das Antimonsulfid gehört zu den Stoffen, die ohne Zersetzung sublimiert werden können. Zur Zeit von Paracelsus gab es in der praktischen Chemie ein Verfahren zur Scheidung von Gold und Silber mit Hilfe von Antimonium. Hierbei wurde eine Gold-Silber-Legierung mit Antimonsulfid und Kupfer verschmolzen, wobei sich elementares Antimon bildete. Dieses nahm das Silber in sich auf, griff das Gold aber nicht an.

Wenn das Antimonium derart reinigend und vervollkommnend auf das Gold wirkte, so folgte Paracelsus, musste es in derselben Weise auch auf den menschlichen Körper wirken. Dies war für ihn keine bloße Metapher, sondern entsprechend der Makrokosmos-Mikrokosmos-Idee sah er einen realen Bezug zwischen dem Mineralreich und dem Bereich des Menschen.

Paracelsus entwickelte eine eigene Fachsprache, deren Vokabular erläutert werden muss. Dabei sind manche Begriffe nur schwer zu umreißen. Das Magisterium ist bei den Chemiatrirkern eine Substanz, die von ihren äußeren Verunreinigungen befreit wurde. Die Essenz ist ein Extrakt aus einem vorher gereinigten Stoff. Im Rang noch höher steht die Quintessenz, die das medizinisch wirksame Prinzip eines Stoffes darstellte. Das Arcanum könnte man umschreiben als eine Kraft oder Eigenschaft, die in den Mineralien und Kräutern vorhanden ist.

Der Archeus ist nach Paracelsus eigentlich diejenige Kraft, die für die physiologischen Vorgänge im menschlichen Körper verantwortlich ist. Hier ist aber wohl der Vulcanus gemeint, der für die chemischen Prozesse außerhalb davon zuständig ist. Das Wort Yle (Aschner schreibt Ylech) konnte nicht geklärt werden; vielleicht hängt es mit dem griechischen Wort *hyle* (Stoff, Materie) zusammen.

„Spagyrisch“ ist eine Wortschöpfung von Paracelsus, zusammengesetzt aus den griechischen Wörtern *span* (trennen) und *ageirein* (verbinden). Ein Spagyriker ist ein

Arzt, der die von Paracelsus entwickelten chemiatriischen Anschauungen vertritt und praktiziert. Wahrscheinlich meint er mit den archidoxischen Schriften ebenfalls Werke, in denen chemiatriische Ideen vertreten werden. Auf jeden Fall gibt es von ihm ein Werk mit dem Titel *Zehn Bücher der Archidoxen*, das als Handbuch der paracelsischen Chemie gilt.

Bei der Zubereitung des Antimoniums als Medikament sagt Paracelsus, dass es in seiner „Form“ nicht zerstört werden solle. Da mit „Form“ die charakteristischen Eigenschaften eines Stoffes gemeint sind, bedeutet dies, dass das Antimonsulfid als solches erhalten bleiben und nicht in eine andere Antimonverbindung umgewandelt werden soll. Es wird in der Retorte sublimiert, wobei kein Rückstand (*caput mortuum*) übrigbleiben soll. *Cohobatio* ist das wiederholte Abdestillieren und Hinzugießen einer Flüssigkeit zu einem Stoff; damit muss das erwähnte „dritte Cohob“ zusammenhängen. 1 Gran entspricht 62 mg, 4 Gran also 248 mg.

### **Text 5. Paracelsus: Lehre von den tartarischen Krankheiten**

Nun ist bei allem, was ich über die Herkunft des Tartarus berichtet habe, nicht weniger wichtig, dass er von äußeren Dingen in uns geboren wird, von den Dingen, die wir genießen. Nach dieser Art empfängt der Tartarus sein Wesen in uns, so dass die äußeren Tartari unsere Tartari werden. Das bedeutet, dass die äußeren Tartari durch Speise und Trank in uns hineinkommen und dann in uns menschliche Tartari werden. Das geschieht wegen des menschlichen Archeus, in dem Umwandlungs[kraft] vorhanden ist, und wegen einer anderen Art bei der Verpflanzung.

Eine andere Art ist auch im Spiritus der menschlichen Koagulation vorhanden, daher ist auch eine andere Koagulation da, so dass sich die Form, die Farbe und die Koagulation beim äußeren und inneren Tartarus voneinander unterscheiden. Darum sollen wir von der Koagulation und Bildung den Grund dafür wissen, dass es nicht geschehen kann, es sei denn, dass in der Natur des Menschen eine Eigenschaft ist, die zu einer solchen Koagulation hilft, und dass etwas im Menschen ist, das bei einer solchen Umwandlung mithilft. Dies kann nicht durch die äußere Kraft geschehen, die im äußeren Tartarus liegt, sondern es muss durch zwei Spiritus geschehen, die im Menschen angeboren sein müssen: durch den Spiritus Salis, der im Mikrokosmos liegt, und durch den Archeus der Natur des Mikrokosmos. ...

Ferner wird es notwendig sein, da die Tartari genügend erklärt worden sind, auch die Gefäße zu beschreiben, in denen sich der Tartarus ansetzt, denn in ihnen wird das meiste liegen. Fortan wird man den Tartarus an dem Ort zu suchen haben, wo er liegt. Nun ist nicht weniger wichtig, dass bisher nicht mehr als zwei Fässer angezeigt wurden, in denen sich der Tartarus ansetzt, nämlich in der Niere und in der Blase. Dies ist noch nicht genügend untersucht und verstanden worden, denn es gibt viel mehr Enden und Orte, die die Fässer des Tartarus sind, wie ich es später anzeige.

Damit ihr wissen und verstehen mögt, wo er liegt und seine Wohnung im Leib hat, habe ich mir vorgenommen, dieses Kapitel zu schreiben und dies zu erklären. Die Ursache, die mich dazu bewegt, ist die, dass es viele tartarische

Krankheiten im Menschen gibt, die für andere Krankheiten gehalten werden und doch nicht die sind, wie sie die alten Autoren beschrieben haben.

(Paracelsus: Das Buch von den tartarischen Krankheiten, Kap. 5, 8. 1538. – Ausgabe: Edition Sudhoff, Bd. 11, München und Berlin 1928, S. 40 – 41, 55. – Neuhochdtsch.: Übertragung Aschner, Bd. 1, Jena 1926, S. 556 – 557, 568. – Eigene Übertragung unter Verwendung von Aschner)

Kommentar:

In der Krankheitslehre von Paracelsus spielten die tartarischen Krankheiten eine besondere Rolle. Tartarus war das lateinische Wort für den Weinstein (Kaliumhydrogentartrat). Der Tartarus war das Prinzip aller Krankheiten, die durch Ablagerungen fester Stoffe im Körper verursacht wurden, ähnlich wie sich der Weinstein in den Weinfässern absetzte. Als Beispiele führt er unter anderem Blasensteine, Gallensteine, Nierensteine und die Gicht an. Er widmete den tartarischen Krankheiten eine spezielle Schrift, aus der der vorliegende Textabschnitt entnommen ist.

Der Tartarus gelangte mit der Nahrung in den menschlichen Körper, kam also von außen. Im Körper fand dann unter besonderen Bedingungen eine Koagulation der schleimartigen Materie statt. Koagulation bedeutete in der Chemie und Alchemie die Verfestigung einer Substanz durch Eindampfen, Auskristallisieren oder Ausfällen. Die Umwandlung geschah entweder durch den Archeus, ein Prinzip, das die chemischen Umwandlungen im Körper kontrollierte und ausführte, oder durch den „Spiritus Salis“ (Geist des Salzes), der mit dem paracelsischen Prinzip des „Salzes“ zusammenhängt, das Festigkeit symbolisierte. Die Bildung und Ablagerung eines Tartarus im Körper fand nur dann statt, wenn es im Menschen eine Veranlagung hierzu gab. Mit dem in diesem Zusammenhang genannten Mikrokosmos ist der menschliche Körper gemeint.

Im zweiten Teil des Textes geht Paracelsus auf die Stellen im Körper ein, in denen sich der Tartarus an- oder absetzt. Er nennt sie Gefäße oder – in Analogie zu dem chemischen Vorbild – Fässer. Die Ablagerungen in der Niere und Blase hatte er bereits behandelt, andere sollten in späteren Kapiteln erörtert werden. Paracelsus weist darauf hin, dass seine Lehre vom Tartarus neu sei und dass viele tartarische Krankheiten von früheren Autoren falsch interpretiert worden seien.

### **Text 6. van Helmont: Lehre von den Fermenten**

Es gibt also zwei und nicht mehr Uranfänge der Körper und [der Dinge, die sich] aus körperlichen Ursachen [ableiten], nämlich das Element Wasser oder den Anfang, aus dem [ein Ding entsteht], und das Ferment oder den samenartigen Anfang, durch den [ein Ding entsteht], das heißt etwas, das die Materie so disponiert, dass daraus alsbald ein Samen hervorgeht. Wenn diese den Samen bekommen hat, entsteht daraus das Leben oder die mittlere Materie desselben Dinges, die sich bis an das Ende oder bis in die letzte Materie des Dinges erstreckt. Das Ferment ist ein erschaffenes Wesen, zur Form gehörig, weder etwas Substantielles noch etwas Akzidentelles, sondern keines von beiden, in der Art des Lichtes, des Feuers, des Magnale, der Formen usw., erschaffen seit Anfang der Welt, in den Orten seines jeweiligen Herrschaftsbe-

reichs, damit es die Samen zubereite, aufwecke und ihnen vorangehe. Dies ist nämlich das Ferment im Allgemeinen. ...

Ich betrachte die Fermente, wie sie in Wahrheit und tatsächlich vorhanden und individuell nach Arten verschieden sind. Die Fermente sind Gaben und Wurzeln, die vom Schöpfer, dem Herrn, so beständig gemacht wurden, dass sie bis zum Ende der Welt bei einer ständigen Fortpflanzung ausreichend und dauerhaft sind und aus dem Wasser die ihnen eigenen Samen aufwecken und machen. Indem er der Erde die Kraft gegeben hat, etwas aus sich heraus keimen zu lassen, gab er ihr so viele Fermente, wie Früchte zu erwarten waren, so dass sie auch ohne den Samen einer vorhergehenden Pflanze aus dem Wasser ihre Säfte und Früchte hervorbringen könnten.

(van Helmont, Johan Baptista: *Causae et initia naturalium*, § 23 – 15. In: *Ortus Medicinae*, Amsterdam 1648, S. 35 – 36. – Dtsch.: *Aufgang der Artzney-Kunst*. Hrsg. von Christian Knorr von Rosenroth. Sulzbach 1683, S. 34. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Knorr von Rosenroth)

Kommentar:

Van Helmonts Lehre von den Fermenten hängt mit seiner Elementenlehre zusammen. Nach seiner Theorie gibt es nur ein einziges Element im chemischen Sinn, nämlich das Wasser. Zu diesem stofflichen Prinzip tritt noch ein nicht-stoffliches Prinzip hinzu, die sogenannten Samen. Diese Samen verliehen jedem Ding seine charakteristischen Eigenschaften, entstanden und vergingen mit diesem.

Als ein weiteres Prinzip kam das Ferment (*fermentum*) hinzu, vor dem van Helmont an einer anderen Stelle sagt, dass dieser Name bisher unbekannt gewesen und nur für den Sauerteig verwendet worden sei. Die Abgrenzung des Begriffs Ferment von dem des Samens ist bei ihm nicht ganz eindeutig. Einerseits war das Ferment nahezu mit dem Samen identisch, an anderen Stellen von ihm verschieden. Im vorliegenden Text wird das Ferment als nicht-stoffliches Prinzip anstelle des Samens (*semen*) genannt und als „samenartiger Anfang“ (*initium seminale*) bezeichnet. Es beeinflusste die Materie, d.h. das Element Wasser so, dass daraus ein Samen hervorging, der schon vorher darin enthalten war. Das Ferment war ein nicht-stoffliches Prinzip, das für alle chemischen und physiologischen Prozesse verantwortlich war.

Im zweiten Teil des Textes berichtet van Helmont, dass es unzählig viele Fermente gebe. Gott habe eine so große Zahl von ihnen erschaffen, dass sie bis zum Ende der Welt ausreichten. Im weiteren Verlauf des Textes, der hier ausgelassen wurde, ist davon die Rede, dass die Fermente nicht nur in der Erde, sondern auch im Wasser und in der Luft vorkommen. – Das bei den nicht-stofflichen Prinzipien erwähnte Magnale ist ein luftartiges, das Leben erhaltendes Prinzip.

### **Text 7. van Helmont: Die Rolle der Magensäure bei der Verdauung**

Weil man glaubt, dass die ganze Grundlage der Natur nur von der Wärme abhängt, weil ferner die Elemente, die Mischungen und die Temperamente bereits aus der Betrachtung ausgeschieden wurden und um die Herkunft des Archeus und der Lebensgeister zu bekräftigen, soll im Folgenden von den Verdauungen die Rede sein. Weil die Schulen behaupten, diese kämen von der

Wärme her, werde ich zeigen, dass die Wärme nicht das eigentliche Werkzeug der Verdauungen ist. ...

Paracelsus, der sich auch durch die Verdauungswärme täuschen ließ und das Ferment des Magens nicht kannte, wundert sich, dass manche sehr harte Dinge in wenigen Stunden in Chylus verwandelt werden und dass Knochen in der milden Wärme eines Hundemagens verzehrt werden. Er, der die Alleinherrschaft in der Heilkunde anstrebte, ist hier gescheitert, nachdem er diese wunderbare Kraft benannt hatte; er kannte sie nicht und wusste nichts von den Fermenten. ...

Dies bestärkte mich schon in meiner Jugend darin, dass die Speisen durch eine Säure umgewandelt werden und dass sich im Magen ein Ferment befindet, das alles in ihn Hineingebrachte, auch wenn es süß ist, in eine Säure verwandelt. Deshalb sind auch alle Dinge sauer, die man zur Appetitanregung darreicht, wie beispielsweise Saft von sauren Trauben, Essig, Zitronen- und Orangensaft, Senf, Salz und Salpeter, soweit sie einen hungrigmachenden Geist und eine sehr angenehme Säure in sich haben, ferner Berberitzen, Johannisbeeren, Kirschen, Quitten usw. Dies alles gefällt den Kranken, deren Magen nicht gesund ist. Die Betrachtung ist also deshalb so notwendig, weil es für die Lenkung des Lebens maßgebend ist. Man muss daher sehr bedauern, dass die Kenntnis von ihm bisher in den Schulen unterdrückt wurde. ...

Jenes Verdauungsferment beruht aber nicht ausschließlich auf einem gewissen sauren Charakter. Denn weder Essig noch Zitronensaft lässt das Mehl gären; folglich ist der Sauerteig kein Ferment des Magens. Diese Säure ist hungrigmachend, zum Magen gehörig, spezifisch und dem Menschen eigen. Sie ist bei den einzelnen Tierarten spezifisch unterschieden, so dass jede Art ihre eigene Säure hat. ...

Jenes Verdauungsferment ist also eine wesentliche Eigenschaft, die in einem gewissen lebensfördernden sauren Charakter besteht und zu Umwandlungen fähig ist; und deshalb ist es von spezifischer Eigenschaft. ...

Die Wärme ist also nicht die Ursache der Verdauung, sondern es ist irgendeine andere Lebenskraft, welche die Speisen tatsächlich und dem Formalen nach umwandelt. Diese habe ich mit dem Namen „Fermente“ bezeichnet. Es gibt aber mehrere Fermente in uns, wie ich in der Abhandlung über die Verdauungen bald erklären werde. Weil aber das Ferment gelegentlich dem Magen fehlt, geht daraus hervor, dass das Ferment des Magens nicht diesem eigen ist, sondern von anderswo zufließt und eingeflößt wird. Deshalb liegt die Milz derartig auf dem Magen, dass bei den Hühnern die Milz vollständig um den Magen herum angeordnet ist und sie deshalb besser verdauen können.

(van Helmont, Johan Baptista: *Calor efficienter non digerit, sed tantum excitativè*, § 1, 20, 24, 26, 28 – 30. In: *Ortus Medicinae*. Amsterdam 1648, S. 201, 204 – 205. – Dtsch.: Anfang der Artzney-Kunst. Hrsg. von Christian Knorr von Rosenroth. Sulzbach 1683, S. 254, 256 – 258. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Knorr von Rosenroth)

Kommentar:

Van Helmont beginnt seine Erörterungen über die Bedeutung der Magensäure mit der Feststellung, dass die traditionelle Ansicht nicht richtig sei, welche die Wärme als den maßgebenden Faktor bei der Verdauung betrachtete. Nicht einmal Paracelsus habe dies erkannt. Diese Anschauungen gehen letzten Endes auf Galen zurück, für den die „eingepflanzte Wärme“ bei der Verdauung und anderen physiologischen Prozessen eine wichtige Rolle spielt.

Um die Aussagen über die Magensäure und das Verdauungsferment in diesem Text verständlicher zu machen, sollen sie unter Hinzuziehung anderer Stellen aus van Helmonts Schriften in einem größeren Zusammenhang dargestellt werden. Der im Text kurz erwähnte Archeus war ein Leben verleihendes und ein lenkendes Prinzip. Im menschlichen Körper sollte es zwei Arten des Archeus geben: den beeinflussenden Archeus und die innewohnenden Archei. Der beeinflussende Archeus hatte die Oberaufsicht über alle Vorgänge im Körper, residierte eigentlich im Magen und der Milz, war aber überall im Körper präsent. Die innewohnenden Archei unterstanden dem beeinflussenden Archeus, hatten die Kontrolle über die Vorgänge in den einzelnen Organen und Körperteilen und waren an sie örtlich gebunden.

Das Ferment war ein Prinzip, das für alle chemischen und physiologischen Prozesse verantwortlich war. Es führte das aus, was ihm vom Archeus als Aufgabe zugewiesen war. Im Körper gab es nicht nur die spezialisierten innewohnenden Archei, sondern in gleicher Weise auch spezialisierte Fermente, die ebenso wie die Archei den einzelnen Organen zugeordnet waren.

Der Verdauungsprozess vollzog sich nach van Helmont in sechs Stufen. Die erste Verdauung fand im Magen statt, der unter der Leitung des Archeus eng mit der Milz zusammenwirkte. Die Milz schickte ein Ferment, und dieses produzierte im Magen eine Säure, die nach seiner Erkenntnis zur Verdauung nötig war.

Im Text kommt einigermaßen klar zum Ausdruck, dass Verdauungsferment und Magensäure voneinander verschieden sind: Das Ferment verwandelt das, was in den Magen gelangt, in eine Säure. Es beruht nicht ausschließlich auf einem gewissen sauren Charakter, obgleich dies zu seinen Eigenschaften gehört. Van Helmont betont, dass er den Begriff Ferment (*fermentum*) geprägt habe. Das Ferment wird nicht im Magen produziert, sondern kommt, wie er andeutet, von der Milz her.

Für die Existenz einer Säure im Magen führt er mehrere Beispiele an. Ein Knochen wird im Hundemagen aufgelöst. In einer hier ausgelassenen Textstelle stellte er fest, dass sich im Hals von Sperlingen eine Säure befand. Magenkranke erhielten zur Appetitanregung säuerliche Getränke. Diese Säure gehörte zum Magen, wurde dort produziert und regte den Appetit an. Sie war spezifisch, d.h. der Mensch und jede Tierart hatten ihre eigene Säure.

## 15 Elementenlehre und Materietheorie

### **Text 1. Paracelsus: Aufbau der Stoffe aus den drei Prinzipien “Schwefel” (Sulphur), “Quecksilber” (Mercurius) und “Salz” (Sal)**

Drei Substanzen sind es, die einem jeden seinen Körper geben, das heißt: ein jeder Körper besteht aus drei Dingen. Die Namen dieser drei Dinge sind: Sulphur, Mercurius und Sal. Diese drei werden zusammengesetzt, und dann nennt man es einen Körper, und ihnen wird nichts hinzugefügt als nur das Leben und was damit zusammenhängt. Wenn du also einen Körper in die Hand nimmst, so hast du unsichtbar drei Substanzen von einer Gestalt. Von diesen dreien soll die Rede sein, denn da sind drei Substanzen in einer Gestalt, und diese geben und machen alle Gesundheit.

Denn wenn du ein Holz in der Hand hast, dann hast du vor deinen Augen nur einen einzigen Leib. Dieses Wissen nützt dir aber nichts, die Bauern wissen und sehen es auch. So weit musst du es ergründen und erfahren, bis du weißt, dass du in der Hand einen Sulphur hast, einen Mercurius und ein Sal. Wenn du die drei Dinge sichtbar hast, greifbar und wirklich, ein jedes vom anderen gesondert, dann hast du die Augen, mit denen ein Arzt sehen soll. Mit diesen Augen sollst du so deutlich sehen, wie der Bauer das rohe Holz sieht. Und lass dir auch das ein Exempel sein, dass du erkennen sollst, dass die drei im Menschen sind ebenso wie im Holz.

(Paracelsus: Opus Paramirum. Buch I, Kap. 2. St. Gallen 1531. – Ausgabe: Theophrast von Hohenheim, gen. Paracelsus: Sämtliche Werke. I. Abteilung. Medizinische, naturwissenschaftliche und philosophische Schriften. Hrsg. von Karl Sudhoff. Bd. 9. München-Planegg 1925, S. 45 – 46. – Neuhochdtsch.: Paracelsus: Sämtliche Werke. Hrsg. von Bernhard Aschner. Bd. 1. Jena 1926, S. 67. – Neuhochdtsch.: Theophrastus Paracelsus: Werke. Hrsg. von Will-Erich Peuckert. Bd. 2. Darmstadt 1965, S. 6 – 7. – Eigene Übertragung unter Verwendung von Aschner und Peuckert.)

Kommentar:

Wenn Paracelsus die drei Prinzipien als „Substanzen“ bezeichnet, bedeutet dies, dass er ihre aktuelle Existenz in den Stoffen annimmt. Mit „Leben“ sind die „Lebensgeister“ gemeint, welche die drei Prinzipien zu einer stofflichen Einheit werden lassen, so dass man sie nicht gesondert wahrnehmen kann. Die Erwähnung des Arztes erinnert daran, dass sich Paracelsus mit seinen Schriften in erster Linie an den Arzt wandte.

### **Text 2. Paracelsus: Verbrennung von Holz als Beispiel für den Aufbau der Stoffe aus den drei Prinzipien**

Nun – um diese Dinge zu erfahren, beginnt mit dem Holz; dieses ist ein Leib. Nun lass es verbrennen, dann ist das, was brennt, der Sulphur, was raucht, der Mercurius, und was zu Asche wird, das Sal. Das Brennen bringt den Bauern um seinen Verstand, für den Arzt aber bietet es den Anfang für den ärztlichen Blick. So gibt es also drei Dinge, nicht mehr und nicht weniger, und ein jedes Ding ist vom andern geschieden. Von diesen dreien ist weiterhin zu merken,

dass alle Dinge die drei Dinge haben, und wenn sie sich nicht auf diese Weise den Augen offenbaren, dann offenbart es die Kunst, die es dazu bringt und sichtbar macht. Das, was brennt, ist der Sulphur, und nichts anderes brennt als der Sulphur. Das, was raucht, ist der Mercurius, und nichts anderes sublimiert als der Mercurius. Das, was zu Asche wird, ist das Sal, und nichts anderes wird zu Asche als das Sal.

Das Ding, das zu Asche wird, das ist eine Substanz, das ist ein Stück, aus dem das Holz wird. Und obwohl [die Asche] ultima materia und nicht prima materia ist, beweist sie doch die prima materia, deren ultima materia sie ist, wenn sie im lebendigen Körper vorhanden ist. Obwohl das so ist, sieht man am lebendigen Körper nichts anderes, als was ein Bauer sieht; die Scheidung aber beweist die Substanzen. Ich rede aber nicht von der prima materia, denn ich will hier ja nicht Philosophie lehren, sondern Medizin. Ähnlich wie beim Salz wisset auch vom Rauch, dass er den Mercurius beweist, der im Feuer aufsteigt und sublimiert. Und obwohl auch seine prima materia hier nicht sichtbar ist, ist doch seine ultima materia sichtbar; also gibt es auch den Mercurius, die zweite Substanz des Dinges. Was aber brennt und den Augen feurig erscheint, das ist der Sulphur, der verzehrt sich, denn er ist flüchtig. Nun ist das, was das Feuer ist, auch eine Substanz und zwar die dritte, welche den Körper vervollständigt. Daraus ergibt sich die Theorie, aus dem, was im Holz und in den anderen [Körpern] ist, dasjenige zu nehmen, was der Sulphur, der Mercurius und das Sal ist, und es mit dem Mikrokosmos zu vergleichen. Jetzt hast du den Menschen, dass nämlich sein Leib nichts anderes ist als ein Sulphur, ein Mercurius und ein Sal. Auf diesen dreien beruhen seine Gesundheit, seine Krankheit und alles, was damit zusammenhängt.

(Paracelsus: Opus Paramirum. Buch I, Kap. 2. St. Gallen 1531. – Ausgabe: Edition Sudhoff, S. 46 – 47. – Neuhochdtsch.: Übertragung Aschner, S. 68 – 69; Übertragung Peuckert, S. 7 – 8. – Eigene Übertragung unter Verwendung von Aschner und Peuckert)

Kommentar:

Paracelsus demonstriert hier am Beispiel der Verbrennung von Holz, dass man durch die „Kunst“ – d.h. geeignete chemische Operationen – einen Stoff so zerlegen kann, dass die drei Prinzipien Schwefel, Quecksilber und Salz sichtbar werden. Flamme, Rauch und Asche sind zwar nicht die „prima materia“, d.h. die drei Prinzipien selbst, sondern die „ultima materia“, nämlich damit zusammenhängende Endprodukte, aber sie weisen auf die Prinzipien hin. – Auch hier kommt Paracelsus wieder, wie in Text 2, auf den Arzt zu sprechen, desgleichen auf Medizin, Gesundheit und Krankheit. – Nach der alten Makrokosmos-Mikrokosmos-Lehre hat alles, was sich am Himmel (Makrokosmos) abspielt, seine Entsprechung auf der Erde oder im Menschen (Mikrokosmos).

### **Text 3. van Helmont: „Luft“ und „Wasser“ als die beiden einzigen Elemente**

Ich habe gesagt, dass es zwei ursprüngliche Elemente gebe, nämlich Luft und Wasser, weil sie nicht wechselseitig ineinander übergehen; die Erde aber sei gleichsam aus dem Wasser entstanden, weil sie wieder in Wasser zurückgeführt werden kann. ...

Da nun hinreichend bewiesen wurde, dass Luft und Wasser durch keine Möglichkeit der Natur, der Zeit oder der Kunst wechselseitig ineinander umgewandelt werden können, so folgt daraus, dass wenn diese drei einfachen Stoffe bald das Aussehen der Erde, bald der Luft annehmen, es sich um keine echte Erde und keine echte Luft handelt, sondern nur um eine solche Erde oder ein solches Gas, welche durch Zurückführung letztlich in Wasser übergehen und so lange eine andere Larve tragen, wie fremde samenartige Prinzipien bestimmend sind.

(van Helmont, Johan Baptista: *Complexionum atque mistionum elementalium figmentum*. § 1, § 26. In: *Ortus Medicinae*. Amsterdam 1648, S. 104, 108. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Für van Helmont gibt es nur zwei Elemente, nämlich Luft und Wasser, aber da die Luft an keiner chemischen Umsetzung beteiligt ist, bleibt nur noch das Wasser als Element im chemischen Sinne. Erde ist für ihn kein Element, sondern kann aus Wasser gebildet werden, wofür er unter anderem sein berühmtes „Baum-Experiment“ als experimentellen Beweis anführt (siehe Kap. 12, Text 6). Samenartige, für jedes Ding charakteristische Prinzipien sind dafür verantwortlich, dass das Element Wasser in den meisten Stoffen nicht mehr erkennbar ist.

#### **Text 4. Sennert: Aufbau der Stoffe aus elementaren Atomen und deren Vereinigung zu „prima mista“**

Aber wozu braucht es die Bestätigung durch Gewährsleute, wenn die Sache an sich klar ist? Wenn wir nämlich die Naturerfahrung, die bei Demokrit von Aristoteles so sehr gerühmt wird, zu Rate ziehen, werden wir feststellen, dass die Vorgänge des Werdens und Vergehens der natürlichen Dinge durch Atome vor sich gehen und dass überall in der Natur Beispiele für Vereinigung und Trennung von Atomen vorkommen. Da es aber nicht nur eine einzige Art von Atomen gibt, sondern entsprechend der Verschiedenheit der natürlichen Körper verschiedene, wollen wir sie nach solchen bei einfachen Körpern, die wir Elemente nennen, und nach solchen bei zusammengesetzten betrachten. Zunächst nämlich zerfallen die Elemente selbst in solche Körper, und wenn sich diese Korpuskeln wieder vereinigen, bilden sie sowohl die zusammengesetzten Körper als auch die Masse der Elemente selbst. Diese Atome der Elemente gehen einerseits aus der Auflösung oder dem Zerfall der zusammengesetzten [Körper] hervor, andererseits aus der Erdkugel, in welcher alle Elemente vorhanden sind und sich in die Luft erheben. ...

Es gibt ferner neben den elementaren [Atomen] noch eine zweite Art von Atomen – oder wenn sie jemand lieber primäre Mischteilchen nennen möchte, sei ihn dies unbenommen –, in welche wie in Weizenmehl andere zusammengesetzte Körper sich auflösen. Überhaupt werden bei der „Mischung“ der natürlichen Dinge, jedenfalls bei den leblosen, die Körper, aus denen die „gemischten“ bestehen, in so kleine Teile zerbrochen und verkleinert, dass keines mehr getrennt für sich allein wahrgenommen werden kann. Bei allen Gärungsprozessen, Scheidungen und Kochungen, sei es, dass sie natürlich

oder künstlich stattfinden, geschieht nichts anderes, als dass [die Körper] in ihre kleinsten [Teile] zurückgeführt werden und diese sich eng miteinander verbinden. Dagegen ist die Zerlegung der natürlichen Körper, sei es, dass sie natürlich oder künstlich geschieht, nichts anderes als eine Zerlegung in kleinste Körper.

(Sennert, Daniel: *Hypomnemata Physica*, Trakt. III, Kap. 1, 1636. In: *Opera*. Bd. 1. Lyon 1656, S. 116, 118. – Ausgabe: Stückelberger, Alfred (Hrsg.): *Antike Atomphysik. Texte zur antiken Atomlehre und zu ihrer Wiederaufnahme in der Neuzeit*. München 1979, S. 270, 272, 274; Verwendung der Auflage der *Opera*, Bd. 1, Lyon 1676. – Dtsch.: Stückelberger, S. 271, 273, 275. – Übersetzung von Stückelberger mit einigen Änderungen)

Kommentar:

Sennert unterscheidet hier zwischen den Atomen der Elemente und denen der zusammengesetzten Stoffe. Dies bedeutet mit anderen Worten einen frühen Versuch, zwischen Atomen und Molekülen zu differenzieren. Fast überall, wo im Text „Körper“ (latein. *corpora*) steht, sind damit Stoffe gemeint – im Sprachgebrauch, der seit Aristoteles üblich war und erst im 19. Jahrhundert durch andere Begriffe ersetzt wurde. – Zur Terminologie: „einfache Körper“ (*simplicia corpora*): Elemente; „zusammengesetzte Körper“ (*composita corpora*): homogene Stoffe, Verbindungen; „primäre Mischteilchen“ (*prima mista*): kleinste Teilchen der homogenen Stoffe; „Mischung“ (*mixtio*): stoffliche Vereinigung, Verbindungsbildung; „gemischte Körper“ (*mista corpora*): Verbindungen.

#### **Text 5. Sennert: Hinweise aus der chemischen Praxis auf die Existenz von Atomen und Korpuskeln**

In erster Linie machen chemische Zerlegungen die Atome offenbar und beweisen recht deutlich, wie winzig diese Korpuskeln sind. So geht etwa Alkohol durch ein vierfach gefaltetes Papier in den Destillationskolben, und es steigen von Pflanzen und Mineralien bei den Destillationen und Sublimationen derartige Atome in den Kolben oder die Vorlage, von welchen sogar einige Myriaden, wenn sie sich wieder vereinigen, kaum einen Tropfen oder eine wahrnehmbare Masse bilden. Wenn man nun aber aus Wasser oder Weingeist einen Dampf oder aus brennendem Pech, Schwefel oder Holz einen Rauch aufsteigen sieht, darf man nicht meinen, dass diese Körper sich etwa in Luft verwandeln, sondern das Wasser, der Weingeist wie auch die anderen Körper lösen sich in kleinste Atome auf, welche, wenn sie sich vereinigen, wieder zu Wasser, Weingeist oder zu dem betreffenden Körper werden, wie die Kolben und anderen Auffanggefäße der Chemiker zeigen. ...

Ebenso verflüssigen sich Schwefelblüten wieder zu Schwefel; gefälltes, sublimiertes oder sonst wie aufgelöstes Quecksilber geht wieder in fließendes und lebendiges Quecksilber über. Ebenso, obwohl eine Säure, in welcher ein Metall aufgelöst wurde, nichts anderes als klares Wasser zu sein scheint und derart vollkommen gemischt ist, dass ein solches Wasser sogar durch ein Papier durchgegossen werden kann, behält dennoch das Metall darin seine Eigenart uneingeschränkt bei und kann mit geringer Mühe in Form eines sehr feinen Pulvers auf dem Boden [des Gefäßes] ausgefällt werden, das anschlie-

ßend wieder zu Metall geschmolzen wird. Desgleichen, wenn auch aus Gold und Silber durch Schmelzen eine Legierung entsteht und sich [die beiden Metalle] in den kleinsten Atomen so vereinigen, dass niemand mehr feststellen könnte, dass dieser Körper aus verschiedenen [Metallen] besteht, so behält doch jedes unter all diesen kleinsten Atomen seine „Form“ bei und kann durch Salpetersäure wieder getrennt und zum ursprünglichen Körper zurückgeführt werden.

(Sennert, Daniel: *Hypomnemata Physica*, Trakt. III, Kap. 1, 1636. In: *Opera*, Bd. 1, Lyon 1656, S. 118. – Ausgabe: Stückelberger, S. 274, 276, 278. – Dtsch.: Stückelberger, S. 275, 277, 279. – Übersetzung von Stückelberger mit einigen Änderungen)

Kommentar:

Auch hier bedeutet „Körper“, wie in Text 5, so viel wie Stoff. – Zur Terminologie: „Destillierkolben“, „Kolben“ (*alembicus*), „Vorlage“, „Auffanggefäß“ (*recipiens*, *vas recipiens*): Teile des Destillationsapparats, der aus Destillierkolben, Destillieraufsatz und Vorlage besteht; „Weingeist“ (*spiritus vini*): Alkohol; „lebendiges Quecksilber“ (*vivus Mercurius*): meist wurde das Quecksilber im Lateinischen *Mercurius* oder *argentum vivum* (lebendiges Silber) genannt; „Säure“ (*aqua*): wörtl. Wasser; „Salpetersäure“ (*aqua fortis*): wörtl. starkes Wasser; „Legierung“ (*massa*): wörtl. Masse; „Form“ (*forma*): die charakteristischen Eigenschaften eines Stoffes. – Die „Schwefelblüten“ sind pulverartiger Schwefel, der sich beim Erhitzen des Schwefels an den kälteren Stellen des Gefäßes absetzt und bei noch höherer Temperatur in flüssigen Schwefel übergeht. – Gold und Silber können durch Salpetersäure voneinander getrennt werden. Dabei geht das Silber in Lösung, während das Gold als schwarzes Pulver zurückbleibt.

### **Text 6. Gassendi: Zusammensetzung der Atome zu Molekülen**

Aus den Atomen bilden sich zuerst bestimmte, untereinander verschiedene Moleküle, welche die Samen der verschiedenen Dinge sind, und anschließend werden bestimmte Dinge aus ihren Samen so zusammengefügt und aufgebaut, dass sie aus anderen [Teilen] weder bestehen noch bestehen können.

... Es gibt Moleküle oder, wenn du lieber willst, sehr kleine Konkretionen, die durch bestimmte vollkommenere und unlöslichere Vereinigungen entstanden sind und sozusagen die lange beständigen Samen der Dinge darstellen.

... und jene, sei es, dass sich lediglich die aus den Atomen zusammengesetzten Moleküle „mischen“, sei es, dass nach der Auflösung der Moleküle in die Atome sich die Atome selbst „mischen“. Dies [geschieht] daher nicht ohne das Vergehen der Moleküle und Körper, die aus ihnen bestehen, wie Wein, Wasser, Honig und ähnliches, und ohne das Entstehen des „gemischten Körpers“ und seiner Moleküle. Offenbar „mischen“ sie sich nicht wie zum Beispiel Wasser und Wein, sondern sozusagen wie wasserbildende und weinbildende Atome.

(Gassendi, Pierre: Opera Omnia. Bd. 3. Lyon 1658, S. 18, 25. – Abgedr. in: Partington, James Riddick: A History of Chemistry. Bd. 2. London; New York 1961, S. 462. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Hier verwendet Gassendi zum ersten Mal den Begriff Molekül (latein. *molecula*) etwa im heutigen Sinne als einen relativ stabilen Zusammenschluss von Atomen. Mit „Mischen“ ist, wie bei früheren Texten, nicht eine mechanische Vermengung, sondern eine Verbindungsbildung gemeint.

### **Text 7. Descartes: Erklärung der Verbrennung mit Hilfe der Korpuskulartheorie**

Daraus ist offensichtlich, dass zur Erhaltung des Feuers zwei [Dinge] erforderlich sind: Erstens, dass es in ihm Erdteilchen gibt, die, vom ersten Element angestoßen, verhindern können, dass es von der Luft oder anderen darüberliegenden Flüssigkeiten erstickt wird. ... Das zweite, was man zur Erhaltung des Feuers benötigt, ist, dass es an irgendeinem Körper haftet, aus dem anstelle des abziehenden Rauches neue Materie zu ihm hinzutreten kann. ...

Ich sage, dass die Teilchen jenes Körpers genügend dünn sein müssen, damit das Feuer erhalten bleibt. Denn wenn z.B. Weingeist, der auf einen Leinenlappen gespritzt wurde, entflammt wird, wird diese sehr feine Flamme den ganzen Weingeist verzehren, aber den Leinenlappen, den ein anderes Feuer leicht verbrennen würde, nicht angreifen, da dessen Teilchen nicht genügend dünn sind, um von [der Flamme] bewegt zu werden. Der Weingeist ernährt nämlich die Flamme sehr leicht, weil er nur aus sehr dünnen Teilchen besteht und weil sich in ihnen Verzweigungen befinden, die so kurz und biegsam sind, dass sie nicht aneinander hängen, denn sonst würde der Weingeist in Öl umgewandelt. Sie sind vielmehr so beschaffen, dass sie um sich viele sehr kleine Zwischenräume lassen, die nicht von den Kügelchen des zweiten Elements, sondern von der Materie des ersten besetzt werden können.

Das Wasser dagegen ist offenbar dem Feuer sehr feindlich, weil es nicht nur aus dickeren, sondern auch aus schlüpfrigen und glatten Teilchen besteht, so dass dem nichts im Wege steht, dass die Kugeln des zweiten Elements diese von allen Seiten umgeben und ihnen folgen. Ferner aus biegsamen [Teilchen], so dass es leicht in die Gänge der brennenden Körper eindringt, und, indem es aus ihnen die Teilchen des Feuers fernhält, verhindert, dass andere [Teilchen] Feuer fangen.

(Descartes, René: Principia Philosophiae. Teil IV, § 100 – 104. Amsterdam 1672, S. 176 – 177. – Dtsch.: Die Prinzipien der Philosophie. Hrsg. von Artur Buchenau. 6. Aufl. Hamburg 1961, S. 192 – 194; Grundlage ist die Auflage Amsterdam 1644. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Buchenau)

Kommentar:

Descartes postuliert drei Materiearten: Materie der ersten Art (Feuerelement), bestehend aus sehr feinen, sich schnell bewegenden Teilchen; Materie der zweiten Art

(Luftelement), bestehend aus kugelförmigen, ebenfalls sich schnell bewegenden Teilchen; Materie der dritten Art (Erdelement), bestehend aus gröberen Teilchen unterschiedlicher Form, die sich nur wenig bewegen. Hiermit interpretiert er die Verbrennung, die im Prinzip darauf beruht, dass die in die Erdteilchen eingelagerten Luftteilchen durch Feuerteilchen verdrängt werden. – „Weingeist“ (*spiritus vini*): Alkohol. Alkohol verbrennt mit so niedriger Temperatur, dass ein Leinenlappen davon nicht entzündet wird.

**Text 8. Jungius: Mahnung zur Vorsicht bei der Anwendung des Elementbegriffs auf eine homogene Substanz**

Die gründlichen Philosophen werden deshalb nicht durch jene Chemiker zufriedengestellt, die, wenn irgendeine Auflösung eines scheinbar homogenen Körpers ausgeführt wurde und einige Körper daraus hervorgehen, die dem Salz, Öl oder Quecksilber analog sind, sofort die Beobachtung einstellen; denn nicht nur die Auflösung durchführen, das heißt die daraus hervorgehenden homogenen [Körper] weiter auflösen, sondern auch verschiedene Auflösungen dieses scheinbar homogenen [Körpers] vornehmen und diese miteinander vergleichen muss derjenige, der die Prinzipien eines Dinges, sowohl die nächsten wie die ersten, ergründen will.

(Jungius, Joachim: De principiis corporum naturalium II, § 55. Hamburg 1642. – Dtsch.: Wohlwill, Emil: Joachim Jungius und die Erneuerung atomistischer Lehren im 17. Jahrhundert. Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften. Hrsg. vom Naturwissenschaftlichen Verein in Hamburg. Bd. 10, Beitrag 2. Hamburg 1887, S. 40 – 41. – Überarbeitete Übersetzung von Wohlwill)

Kommentar:

Mit den „Chemikern“ (latein. *Chymici*) meint Jungius hier die Anhänger von Paracelsus – also die Chymiatiker – und seiner Drei-Prinzipien-Lehre (hier „Öl“ statt des Prinzips Schwefel). – Zu seiner Terminologie: „homogener Körper“ (latein. *corpus simile*): homogener Stoff; „scheinbar homogener Körper“ (*corpus apparenter simile*): dem Anschein nach homogener Stoff; „nächstes Prinzip“ (*principium [hypostaticum] proximum*): bei der Analyse eines Stoffes zunächst erhaltbares Prinzip; „erstes Prinzip“ (*principium [hypostaticum] primum*): bei der Analyse eines Stoffes letztendlich erhaltbares Prinzip, „Element“.

**Text 9. Jungius: Überlegungen, welche Stoffe als elementar betrachtet werden können**

Nur wenige von denjenigen [Körpern], die zu den einfachen gezählt werden, sind dies in Wirklichkeit. Gold beispielsweise, Silber, Quecksilber, Schwefel, Talk und einige andere sind auf verschiedene Weise behandelt und untersucht worden und konnten dabei nicht in selbständig existierende Teile getrennt werden. Bei den übrigen Körpern weiß man teils, dass sie sich zerlegen lassen, teils hofft man es. Für einige steht nämlich eine Zerlegung bisher noch aus, weil Chemiker, Metallurgen, „Künstler“ und Handwerker keinen Nutzen darin sahen oder keine Gelegenheit zu einer Trennung hatten.

(Jungius, Joachim: Praelectiones Physicae. Assertiones secundae, § 4. ca. 1630. – Ausgabe: Jungius, Joachim: Praelectiones Physicae. Historisch-kritische Edition. Hrsg. von Christoph Meinel. Göttingen 1982, S. 206 – 207. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Ein „in Wirklichkeit einfacher Körper“ (*corpus re vera simplex*) ist in etwa das, was man ein Element nennen könnte. Jungius vermeidet das Wort Element, weil, wie er an einer Stelle sagt, damit zu viel Missbrauch getrieben worden sei. „Selbständig existierende Teile“ (*partes hypostaticae*) sind Teile, in die ein Stoff zerlegt werden kann. Jungius verwendet hier einen operationalen Elementbegriff, indem er nur das als „Elemente“ betrachtet, was mit den bisherigen Methoden nicht weiter zerlegt werden kann.

### **Text 10. Boyle: Chemische Umwandlungen des Quecksilbers als Stütze für die Korpuskulartheorie**

Es ist nicht nur das beständigste der Metalle, sondern auch das flüchtigste, das ich zugunsten unserer Behauptung anführen kann. Denn Quecksilber bildet mit einigen Metallen ein Amalgam, mit einigen Lösungsmitteln scheint es sich in eine Flüssigkeit zu verwandeln, mit Aqua fortis wird es entweder in ein rotes oder weißes Pulver oder Präzipitat übergeführt, mit Vitriolöl in ein hellgelbes, mit Schwefel bildet es einen blutroten und flüchtigen Zinnober, mit einigen salzigen Körpern steigt es als ein Salz auf, das in Wasser löslich ist; mit dem Regulus des Antimons und Silber habe ich es in einer Art von Kristallen sublimieren sehen, mit einer anderen Mischung überführte ich es in einen hämmerbaren Körper, mit einer anderen in eine harte und spröde Substanz; und es gibt Leute, die behaupten, dass sie durch geeignete Zusätze Quecksilber in Öl, ja sogar in Glas überführen können, von anderen Dingen zu schweigen. Und doch können wir aus allen diesen sonderbaren Verbindungen dasselbe flüssige Quecksilber gewinnen, das ihr Hauptbestandteil war und in ihnen maskiert war. Nun, der Grund dafür (fährt Carneades fort), dass ich diese Dinge in Bezug auf Gold und Quecksilber angeführt habe, ist, dass es nicht absurd erscheinen mag, sich vorzustellen, dass solche kleinen primären Massen oder Haufen, wie sie unsere Behauptung erwähnt, trotz ihres Eintritts in die Verbindung verschiedener Konkretionen unzertrennt bleiben können, da ja die Korpuskeln von Gold und Quecksilber, obwohl sie nicht primäre Konkretionen der kleinsten Teilchen der Materie, sondern anerkanntermaßen gemischte Körper sind, fähig sind, reichlich zur Verbindung verschiedener sehr unterschiedlicher Körper beizutragen, ohne dass sie ihre eigene Natur oder Textur verlieren oder ihr Zusammenhalt durch die Trennung der mit ihnen verbundenen Teile oder Bestandteile verletzt würde.

(Boyle, Robert: The Sceptical Chymist. London 1661. S. 40 – 41. – Neuaufl. (= Everyman's Library). London und New York 1911, S. 31 – 32. – Ausgabe: The Works of the Honourable Robert Boyle. Hrsg. von Thomas Birch. Bd. 1. London 1772, S. 475 – 476. – Dtsch.: Der skeptische Chemiker. Hrsg. von Eduard und Moritz Färber (= Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Bd. 229). Leipzig 1929, S. 8 – 9. – Überarbeitete Übersetzung von Färber)

Kommentar:

Im davor liegenden Textabschnitt hatte Boyle die chemischen Umwandlungen des Goldes als Beispiel angeführt. Die hier beschriebenen Umsetzungen des Quecksilbers können größtenteils nicht rekonstruiert werden. Eindeutig ist die Bildung von Amalgamen mit verschiedenen Metallen und die Umsetzung mit Schwefel zu rotem Zinnober (Quecksilbersulfid); beim Auflösen in „Aqua fortis“ (Salpetersäure) bildet sich Quecksilbernitrat in Form von farblosen Kristallen, das beim Erhitzen in rotes Quecksilberoxid übergeht; mit „Vitriolöl“ (engl. *Oyl of Vitriol*; Schwefelsäure) entsteht farbloses Quecksilbersulfat. Mit dem „Regulus des Antimons“ (*Regulus of Antimony*) ist elementares Antimon gemeint. Carneades ist der Gesprächspartner, der die Anschauungen Boyles vertritt.

Im Text kommen verschiedene Begriffe seiner Korpuskulartheorie vor. Die unterste Stufe des materiellen Aufbaus bilden die „kleinsten Teilchen der Materie“ (*most minute particles of matter*), die mit den Atomen identisch sind. Durch Vereinigung von unterschiedlicher oder gleichartiger Teilchen dieser Art entstehen die „primären Konkretionen“ (*primary concretions*), „primären Massen“ (*primary masses*) oder „primären Haufen“ (*primary clusters*). Diese wiederum bilden in der nächsten Stufe die „gemischten Körper“ (*mixt bodies*), d.h. die meisten chemischen Stoffe. Offensichtlich betrachtet Boyle Gold und Quecksilber nicht als elementar, sondern rechnet sie zu den „gemischten Körpern“.

#### **Text 11. Boyle: Elementbegriff; Skepsis gegenüber der Existenz von Elementen**

Und, um Missverständnisse zu vermeiden, muss ich euch darauf aufmerksam machen, dass ich jetzt unter Elementen, wie jene Chemiker, die am deutlichsten reden, unter ihren Prinzipien bestimmte ursprüngliche und einfache oder vollkommen ungemischte Körper verstehe, die nicht aus irgendwelchen anderen Körpern oder auseinander aufgebaut sind und die Bestandteile bilden, aus denen alle jenen so genannten vollkommen gemischten Körper unmittelbar zusammengesetzt sind und in die sie letztlich aufgelöst werden. Ob es nun irgendwelche derartigen Körper gibt, die stets in einem jeden von den Körpern anzutreffen sind, die aus Elementen zusammengesetzt sein sollen, ist das, was ich jetzt in Frage stelle.

Bei diesem Stand der Kontroverse könnt ihr, nehme ich an, erraten, dass mich nichts zu der Absurdität nötigt, zu leugnen, dass es solche Körper wie Erde und Wasser und Schwefel und Quecksilber gibt. Aber ich betrachte Erde und Wasser als Bestandteile des Weltalls oder vielmehr des Erdballs, nicht aller gemischten Körper. Und obwohl ich nicht entschieden abstreiten will, dass man manchmal ein flüssiges Quecksilber oder eine brennbare Substanz aus einem Mineral oder sogar einem Metall erhalten kann, muss ich doch nicht zugeben, dass eines von ihnen ein Element im oben angegebenen Sinne ist, wie ich gleich zeigen werde.

(Boyle, Robert: *The Sceptical Chymist*. London 1661. S. 350 – 351. – Neuaufl. London und New York 1911, S. 187. – Ausgabe: *The Works*. Bd. 1. London 1772, S. 562. – Dtsch.: Leipzig 1929, S. 84 – 85. – Überarbeitete Übersetzung von Färber)

Kommentar:

Im ersten Teil der Elementdefinition ist davon die Rede, dass es „bestimmte ursprüngliche und einfache oder vollkommen ungemischte Körper“ (*certain primitive and simple or perfectly unmingled bodies*) gibt, aus denen die „vollkommen gemischten Körper“ (*perfectly mixt bodies*) aufgebaut sind. Diese Formulierung ist im Großen und Ganzen mit der Elementdefinition von Aristoteles identisch (siehe Kap. 3, Text 4). Der Zusatz, dass die „vollkommen gemischten Körper“ unmittelbar aus den Elementen zusammengesetzt sind und letztlich in diese aufgelöst werden, ist identisch mit der stoischen Elementdefinition, wie sie von Zenon von Kition gegeben wurde (siehe Kap. 3, Text 17). Boyle gab hier also keine neue Elementdefinition, wie oft behauptet wurde, sondern er verwendete, wie er selbst sagt, den zu seiner Zeit gebräuchlichen Elementbegriff. Unmittelbar im Anschluss an die Definition stellt er dann ja auch die Frage, ob es überhaupt Elemente in diesem Sinne gibt.

### **Text 12. Newton: Aufbau der Stoffe aus massiven Atomen von unterschiedlicher Größe und Form**

Wenn man alle diese Dinge in Betracht zieht, scheint es mir wahrscheinlich, dass Gott im Anfang die Materie zu festen, massiven, harten, undurchdringlichen und beweglichen Teilchen gestaltete, von solcher Größe und Gestalt, mit solchen anderen Eigenschaften und in solchem Verhältnis zum Raum, wie sie am meisten zu dem Endzweck führten, zu dem er sie gestaltet hatte, und dass diese ursprünglichen Teilchen, da sie Festkörper sind, unvergleichlich härter als alle aus ihnen zusammengesetzten porösen Körper sind, ja, so hart, dass sie sich niemals abnutzen oder in Stücke zerbrechen, denn keine gewöhnliche Kraft ist imstande, das zu teilen, was Gott bei der ersten Schöpfung als eines gemacht hat. Solange die Teilchen als Ganzes bestehen bleiben, können sie zu allen Zeiten Körper ein und derselben Natur und Textur bilden, aber wenn sie abgenutzt oder in Stücke zerbrochen würden, würde sich die Natur der von ihnen abhängenden Dinge ändern. Wasser und Erde, die aus alten, abgenutzten Teilchen oder Fragmenten von Teilchen zusammengesetzt wären, hätten jetzt nicht mehr dieselbe Natur und Textur wie Wasser und Erde, die im Anfang zusammengesetzt wurden. Damit die Natur von Dauer ist, dürfen also die Änderungen der körperlichen Dinge ausschließlich in die verschiedenen Trennungen, Vereinigungen und Bewegungen dieser dauerhaften Teilchen verlegt werden, da zusammengesetzte Körper zum Zerbrechen neigen, nicht in der Mitte der festen Teilchen, sondern dort, wo diese Teilchen zusammenliegen und sich nur in wenigen Punkten berühren.

(Newton, Isaac: *Opticks: or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*. 4. Aufl. London 1730. Buch III, Teil 1, S. 400 (Query 31). – Dtsch.: *Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts*. Hrsg. von William Abendroth. Buch II und III (= Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Bd. 97). Leipzig 1898, S. 143. – Überarbeitete Übersetzung von Abendroth)

Kommentar:

Newton äußert hier nahezu dieselben Ideen wie Leukipp und Demokrit in ihrer Atomtheorie. Die stoffliche Welt ist aus massiven Atomen aufgebaut (Newton

spricht von *particles*). Diese unterscheiden sich voneinander wie in der antiken Atomtheorie durch Größe und Form (*figure*), ferner im Verband miteinander durch ihre Textur (*texture*), was der Lage und Anordnung in der antiken Atomtheorie entspricht. Anders als bei Leukipp und Demokrit existieren die Atome nicht schon seit ewigen Zeiten, sondern sie wurden von Gott zu Beginn der Welt geschaffen, und zwar derart fest, dass sie sich nicht abnutzten oder zerbrachen. Was nicht in diesem Quellentext zum Ausdruck kommt, ist die Tatsache, dass Newton die Vereinigung und den Zusammenhalt der Stoffe auf Anziehungskräfte zurückführte.

### **Text 13. Stahl: „Einfache“ und „gemischte Körper“; physikalische und chemische Prinzipien**

Alle natürlichen Körper sind entweder einfach oder zusammengesetzt, *simplicia vel composita*; jene sind in Bezug auf ihre selbstständigen und physikalischen Teile nicht aus *atomis* oder unteilbaren Stäubchen zusammengesetzt, diese bestehen daraus. Jene nennt man Anfänge oder *principia* oder *primae causae materiales mixtorum*. Diese unterscheiden sich nach der Art ihrer „Mischung“, und zwar werden sie *mixta* oder gemischte Körper genannt, wenn sie nur aus den *principiis* oder Anfängen gemischt sind, dagegen *composita* oder zusammengesetzte Körper, wenn sie aus den *mixtis seu principiatis* zusammengesetzt sind. Schließlich gibt es auch die zusammengehäuften Körper oder *aggregata*, die willkürlich und planlos miteinander verbunden werden. Jede Art werden wir im Einzelnen behandeln. ...

Als *principium* oder Anfang wird sowohl *a priori* dasjenige bezeichnet, woraus etwas wesensmäßig und zuerst besteht; als auch *a posteriori* dasjenige, in das der gemischte Körper zuletzt wieder aufgelöst wird.

Beide Beschreibungen sind richtig, wenn man nämlich eine natürliche und ganz reine Auflösung voraussetzt. Weil aber die bisher bekannte Auflösung in der Chymie damit nicht übereinstimmt, auch nicht leicht feststellbar ist und daher durch die Kunst nur schwer beobachtbar gemacht werden kann, ist es heutzutage üblich, zwischen physikalischen und chymischen Anfängen der gemischten Körper zu unterscheiden.

Physikalische oder natürlich-eigentliche Anfänge nennt man diejenigen, aus denen der gemischte Körper wirklich und gewiss besteht. Diese sind aber bisher noch ungewiss und unbekannt, denn die bekannten vier Elemente der Aristoteliker, wie man sie im Allgemeinen versteht, verdienen diesen Namen nicht. Chymische Anfänge aber nennt man im Allgemeinen diejenigen, auf welche die Körper durch die bisher bekannten Operationen nach bisheriger Erfahrung zurückgeführt werden können.

Diese nun werden Salz, Schwefel und Quecksilber genannt wegen der Ähnlichkeit, die sie mit den entsprechenden Mineralien haben, oder auch erdig und trocken, brennbar, flüssig und flüchtig (*fluidum volatile*), oder Salz, Öl und Geist.

(Stahl, Georg Ernst: Chymia rationalis et experimentalis; Oder: Gründliche der Natur und Vernunft gemäße und mit Experimenten erwiesene Einleitung zur Chymie. 3. Aufl. Leipzig 1746, S. 3 – 5. – Eigene Übertragung ins Neuhochdeutsche)

Kommentar:

Stahl unterscheidet mehrere Stufen des stofflichen Aufbaus. Die unterste Stufe sind die Prinzipien – er nennt sie Anfänge – oder die einfachen Körper, die aus Atomen bestehen. Aus ihnen entstehen in zweiter Stufe die gemischten Körper, und diese bilden in dritter Stufe entweder die zusammengesetzten Körper oder die Aggregate, d.h. mechanische Gemenge. Ferner differenziert er zwischen physikalischen und chemischen Prinzipien. Erstere sind die wahren grundlegenden Bausteine der Materie, letztere diejenigen Bausteine, mit denen man die Stoffe mit den bisher bekannten chemischen Methoden zerlegen kann.

**Text 14. Lavoisier: Elemente als mit den bisherigen Mitteln nicht weiter zerlegbare Stoffe**

Alles, was man über die Zahl und die Natur der Elemente sagen kann, beschränkt sich, wie ich meine, auf rein metaphysische Diskussionen. Es sind unbestimmte Probleme, die man zu lösen sich vornimmt, die eine unbegrenzte Zahl von Lösungen zulassen, von denen aber sehr wahrscheinlich keine einzige für sich in Übereinstimmung mit der Natur ist. Ich begnüge mich daher zu sagen, dass wenn wir mit dem Begriff von Elementen die einfachen und unteilbaren Teilchen bezeichnen wollen, aus denen die Körper zusammengesetzt sind, es wahrscheinlich ist, dass wir sie nicht kennen. Wenn wir dagegen mit dem Begriff von Elementen oder Prinzipien der Körper die Idee der letzten Grenze verbinden, bis zu der die Analyse vordringt, dann sind alle Substanzen, die wir nicht durch irgendein Mittel zerlegen konnten, für uns Elemente. Nicht deshalb, weil wir darüber Gewissheit erlangen könnten, dass diese Körper, die wir als einfache ansehen, nicht ihrerseits aus zwei oder sogar einer größeren Zahl von Prinzipien zusammengesetzt sind, sondern weil sich diese Prinzipien nie trennen lassen, oder, besser gesagt, weil wir kein Mittel haben, sie zu trennen, handelt es sich aus unserer Sicht um eine Art einfacher Körper, und wir dürfen sie erst dann als zusammengesetzt ansehen, wenn das Experiment und die Beobachtung uns dafür den Beweis geliefert haben.

(Lavoisier, Antoine Laurent: *Traité élémentaire de chimie*. Bd. 1. Paris 1789, S. XVII – XVIII. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Lavoisier propagiert in diesem Textabschnitt aus seinem chemischen Lehrbuch einen Elementbegriff, wonach diejenigen Stoffe (*corps*) als Elemente (*éléments*) oder Prinzipien (*principes*) zu betrachten seien, die sich mit den zu seiner Zeit vorhandenen experimentellen Hilfsmitteln nicht weiter zerlegen ließen. Damit führte er einen so genannten operationalen Elementbegriff ein, der den ontologischen, der nach den wahren elementaren Bestandteilen der Stoffe fragte, ersetzte.

## 16 Entdeckung der Gase

### Text 1. van Helmont: „Gas“ als vierte Art des „Rauches“

Unter [den Arten des Rauches] zählt Aristoteles nur zwei auf: einen feuchten, den er einen wässrigen Dunst nennt, und einen trockenen oder öligen, den er als eine Ausdünstung bezeichnet. Die Chymie fügt noch einen dritten hinzu, der den Peripatetikern unbekannt war. Dieser Körper, der aus seinen Verbindungen in Richtung des Rauches aufsteigt und sich an den Seiten der Gefäße absetzt, wird Sublimat genannt. So haben Schwefel, „Arsen“, Campher, Quecksilber, Pyrit, Zink, Salmiak usw. ihre Ausdünstungen, die von dem ursprünglichen Körper nicht zu unterscheiden sind. Ich habe schließlich noch eine vierte Art des Rauches hinzugefügt, denn unter der Einwirkung eines Ferments kann ein fester Körper in einen Windhauch oder in ein wildes Gas übergehen.

(van Helmont, Johan Baptista: *Asthma et tussis*, § 53 – 54. In: *Ortus Medicinae*. Amsterdam 1648, S. 372. – Dtsch.: *Aufgang der Artzney-Kunst*. Hrsg. von Christian Knorr von Rosenroth. Sulzbach 1683, S. 789 – 798. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Knorr von Rosenroth)

Kommentar:

Van Helmont unterscheidet in diesem Text vier Arten von „Rauch“ (*fuligo*). Die ersten beiden Arten gehen auf Aristoteles zurück, nach dessen Theorie es im Erdinnern eine dampfartige und eine rauchartige Ausdünstung gab. Die dampfartige Ausdünstung ließ die Metalle entstehen, die rauchartige Ausdünstung die Mineralien. Die Chymie, so sagt er, habe als dritte Art das Sublimat (*sublimatum*) hinzugefügt. In der Tat hatten die Alchemisten einen derartigen Begriff geprägt, der allerdings bei ihnen „Geist“ hieß und von den Naturphilosophen und Chymisten übernommen wurde. Die Peripatetiker sind die Anhänger von Aristoteles. Die Stoffe, die er als Beispiele aufzählt, sind dieselben, die auch in den alchemischen und den praktisch-chemischen Werken vorkommen. Mit „Arsen“ (*arsenicum*) sind die Arsensulfide Auripigment und Realgar gemeint, mit Pyrit (*marcasite*) die Eisensulfide. Charakteristisch für diese Art ist, dass sich das Sublimat stofflich nicht von dem betreffenden Festkörper unterscheidet.

Van Helmont entdeckte eine vierte Art des „Rauches“: das Gas. Er nennt es hier einen „Windhauch“ (*flatus*) oder ein „wildes Gas“ (*Gas sylvestre*). „Wild“ – *sylvestris* heißt wörtlich „zum Wald gehörig“ – bedeutet hier so viel „der menschlichen Kontrolle entzogen“. Er war nämlich davon überzeugt, dass der Druck der Gase so groß sei, dass sie jedes Gefäß sprengen würden. Wenn sich aus einem Festkörper ein Gas entwickelte, dann war dies nach seinen theoretischen Vorstellungen nur mit Hilfe eines „Ferments“ (*fermentum*) möglich.

### Text 2. van Helmont: Prägung des Begriffs „Gas“; Fixierung von Gasen in Festkörpern

Ferner bleibt jede Kohle, ... auch wenn sie bis zum Jüngsten Tag in einem glühenden Ofen geröstet würde, in einem geschlossenen Gefäß glühend. Es

befindet sich aber ein echtes Feuer in dem Gefäß, nicht anders wie bei der Kohle, die nicht eingeschlossen ist, aber trotzdem geht nichts davon verloren, denn es kann nicht verbraucht werden, da es am Entweichen gehindert wird. Daher geben die Kohle und allgemein alle Körper, welche nicht sofort ins Wasser gehen oder fix sind, notwendigerweise einen wilden Geist von sich. Angenommen, man erhält aus 62 Pfund Eichenkohle ein Pfund Asche, dann sind die restlichen 61 Pfund jener wilde Geist, der, auch wenn er Feuererscheinungen zeigt, nicht entweichen kann, wenn das Gefäß verschlossen ist.

Diesen Geist, der bisher unbekannt war, bezeichne ich mit dem neuen Namen Gas. Er kann weder in Gefäßen festgehalten noch in einen sichtbaren Körper übergeführt werden, es sei denn, man vernichte zuerst seinen Samen. Einige Körper enthalten diesen Geist und manche auch vollständig, so dass sie ganz in einen derartigen Geist übergehen. Es ist aber nicht so, dass er in ihnen tatsächlich in dieser Form enthalten wäre (denn nichts könnte ihn zurückhalten, und so würde sich alle feste [Substanz] zugleich verflüchtigen), sondern er ist ein festgewordener Geist und ist wie ein fester Körper zusammengeballt. Er wird in Freiheit gesetzt durch die Wirkung eines Ferments, wie etwa in Wein, Most, Brot, Met usw., oder aber durch einen fremden Zusatz, wie ich es anderwo von Salmiak sagte, oder schließlich durch irgendeine Disposition zur Veränderung.

(van Helmont, Johan Baptista: *Complexionum atque mistionum elementalium figmentum*, § 13 – 15. In: *Ortus Medicinae*. Amsterdam 1648, S. 106. – Dtsch.: *Aufgang der Artzney-Kunst*. Hrsg. von Christian Knorr von Rosenroth. Sulzbach 1683, S. 145. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Knorr von Rosenroth)

Kommentar:

Der Text beginnt mit der auf experimenteller Erfahrung basierenden Beobachtung, dass man Kohle im geschlossenen Gefäß unbegrenzt zum Glühen erhitzen kann, ohne dass sie dabei verbraucht wird. Im offenen Gefäß dagegen entwickeln Kohle und andere Stoffe beim Erhitzen einen „wilden Geist“ (*spiritus silvester*). Körper, die sofort ins Wasser gehen, sind leicht wasserlösliche Stoffe, fixe Körper sind nichtflüchtige Stoffe. Er bringt ein quantitatives, wahrscheinlich von ihm selbst ermitteltes Beispiel, wonach beim Verbrennen von Eichenholz etwa 2 % Asche entstehen; das Übrige muss dann, so folgerte er, der wilde Geist sein.

Van Helmont gab diesem bisher unbekannten Geist den Namen „Gas“ (*Gas*). Er war davon überzeugt, dass das Gas nicht in Gefäßen festgehalten werden konnte. Auch konnte es, wenn es einmal in Freiheit gesetzt war, nicht wieder in einen Festkörper übergeführt werden, wenn man nicht vorher seinen Samen vernichtete. Dieser „Samen“ war ein Prinzip, das für jedes Ding charakteristisch war und mit diesem entstand und verging. Dieser Umwandlungsprozess spielte sich in der Atmosphäre ab.

Er kommt dann auf die Frage zu sprechen, in welcher Form das Gas in dem Körper enthalten ist, aus dem es in Freiheit gesetzt wurde. Im gasförmigen Zustand könne es nicht vorliegen, da es sich dann sofort zusammen mit der festen Substanz verflüchtigen würde. Er nennt das Gas in diesem Zustand einen „festgewordenen Geist“ (*spiritus concretus*) – eine Umschreibung dafür, dass das Gas in diesen Fällen in irgendeiner Weise chemisch gebunden ist. Die Freisetzung des Gases aus dem Körper konnte

unter anderem durch die Wirkung eines Ferments verursacht werden. Der Begriff „Ferment“ war bei van Helmont wesentlich weiter gefasst, als es die von ihm angeführten Beispiele nahelegen. Es war ein Prinzip, das für alle chemischen und physiologischen Prozesse verantwortlich war. Durch die Formulierung „oder durch irgendeine Disposition zur Veränderung“ relativiert er aber in diesem Fall die Rolle des Ferments.

### **Text 3. Black: Experimente mit Ätzkalk, gelöschtem Kalk und „fixer Luft“**

Eine Kalkerde, der ihre Luft entzogen wurde oder die sich im Zustand von Ätzkalk befindet, absorbiert gierig eine beträchtliche Menge Wasser, wird in dieser Flüssigkeit löslich, und man sagt dann, sie sei gelöscht. Sobald sie aber auf fixe Luft trifft, nimmt man an, dass sie das Wasser verlässt und sich mit [dieser] Luft verbindet, für welche sie eine größere Anziehung hat, und daher wird sie wieder ihren ersten Zustand der Milde und der Unlöslichkeit in Wasser übergeführt.

Wenn Ätzkalk mit Wasser gemischt wird, wird die fixe Luft im Wasser durch den Kalk angezogen und sättigt eine kleine Menge davon, aber ein Teil des übrigbleibenden Ätzkalks wird gelöst und bildet gelöschten Kalk.

Wenn diese Flüssigkeit der freien Luft ausgesetzt wird, ziehen die Teilchen des Ätzkalks, die der Oberfläche am nächsten sind, allmählich die Teilchen der fixen Luft an, die in der Atmosphäre schwimmen. Aber zur gleichen Zeit, in der ein Teilchen des Kalks auf diese Weise mit [der fixen] Luft gesättigt wird, wird er auch zu seinem ursprünglichen Zustand der Milde zurückgebracht, und da diese ganze Änderung an der Oberfläche stattfinden muss, wird der ganze Kalk dort nach und nach als eine geschmacklose Kalkerde, genannt der Rahm oder die Krusten des Kalkwassers, gesammelt. ...

Ätzkalk zieht die Luft nicht an, wenn sie sich in ihrer gewöhnlichsten Form befindet, aber er ist imstande, sich mit nur einer speziellen Luftart zu verbinden, die über die Atmosphäre verteilt ist, entweder in der Form eines außerordentlich feinen Pulvers oder wahrscheinlicher in jener eines elastischen Fluidums. Dieser habe ich den Namen fixe Luft gegeben, was vielleicht sehr unpassend ist, aber ich hielt es für besser, ein in der Philosophie bereits vertrautes Wort zu benutzen, als einen neuen Namen zu erfinden, bevor wir vollkommener mit der Natur und den Eigenschaften dieser Substanz bekannt geworden sind, was wahrscheinlich der Gegenstand meiner weiteren Forschung sein wird.

(Black, Joseph: Experiments upon magnesia alba, quick-lime, and other alkaline substances. Edinburgh; London 1777, S. 53 – 54, 69 – 70. – Nachdr.: (= Alembic Club Reprints. Bd. 1). Edinburgh; London 1893, S. 24 – 25, 30 – 31. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

In diesem Text geht es um vier Substanzen: Kalkerde (*calcareous earth*, Calciumcarbonat  $\text{CaCO}_3$ ), Ätzkalk (*quick-lime*, Calciumoxid  $\text{CaO}$ ), gelöschten Kalk (*lime-water*, Calciumhydroxid  $\text{Ca(OH)}_2$ ) und „fixe Luft“ (*fixed air*, Kohlendioxid

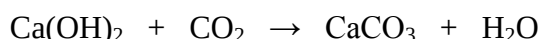
CO<sub>2</sub>). Black beschreibt die Umwandlung von Kalkerde in Ätzkalk und dessen Lösung in Wasser zu gelöschtem Kalk. Dies entspricht den Gleichungen:



und:



Wenn der gelöschte Kalk als wässrige Lösung der Luft ausgesetzt wird, bildet sich allmählich an der Oberfläche eine Ablagerung, die genau so milde, d.h. nicht-ätzend und wasserunlöslich wie die ursprüngliche Kalkerde ist:



Black deutete diesen Vorgang so, dass in der normalen Luft ein kleiner Anteil an fixer Luft enthalten ist, der sich mit dem gelöschten Kalk zu Kalkerde verbindet. Über die Natur der fixen Luft sagt er, dass sie vielleicht ein äußerst feines Pulver darstelle oder aber, was wahrscheinlicher sei, ein elastisches Fluidum, was eine Umschreibung für den gasförmigen Zustand ist.

#### **Text 4. Cavendish: Entdeckung des Wasserstoffs**

Ich kenne nur drei metallische Substanzen, nämlich Zink, Eisen und Zinn, die brennbare Luft durch Lösung in Säuren erzeugen und dies nur durch Lösung in verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure.

Zink löst sich sehr schnell in diesen beiden Säuren, und wenn sie nicht sehr verdünnt sind, erzeugt es eine beträchtliche Hitze. Eine Unze Zink produziert etwa 356 Unzen-Maße an Luft. Die Menge scheint genau dieselbe zu sein, in welcher Säure auch immer es aufgelöst wird. Eine Unze Eisendraht produziert etwa 412 Unzen-Maße an Luft. Die Menge war genau dieselbe, ob das Vitriolöl mit dem 1 ½-fachen oder 7-fachen seines Gewichts mit Wasser verdünnt wurde, so dass die Menge der produzierten Luft überhaupt nicht von der Stärke der Säure abzuhängen scheint.

... Ich gehe nun zu den Experimenten über, die zur brennbaren Luft ausgeführt wurden.

Ich kann nicht feststellen, dass diese Luft irgendeine Tendenz hat, ihre Elastizität beim Stehenlassen zu verlieren, oder dass sie überhaupt absorbiert wird, weder von Wasser noch durch fixe oder flüchtige Alkalien, da ich etwas davon mehrere Wochen lang in einer Flasche aufbewahrte, die umgekehrt in einem Gefäß mit Wasser stand, ohne irgendeine merkliche Abnahme des Volumens, und da ich auch etwas davon einige Tage lang in Flaschen aufbewahrte, die umgekehrt in Gefäßen mit Seifenlauge und Salmiakgeist standen, ohne dass ich feststellte, dass sich ihr Volumen überhaupt verminderte.

Es ist von anderen beobachtet worden, dass, wenn ein Stück angezündetes Papier an die Öffnung einer Flasche gebracht wird, die eine Mischung von brennbarer und normaler Luft enthält, die Luft Feuer fängt und mit einer Ex-

plosion losgeht. Um zu beobachten, in welcher Weise sich der Effekt verändert entsprechend den verschiedenen Anteilen, in denen sie gemischt werden, wurde das folgende Experiment ausgeführt. ...

Es zeigt sich aus diesen Experimenten, dass diese Luft wie andere brennbare Substanzen nicht ohne die Unterstützung von normaler Luft brennen kann. Es scheint auch, dass, wenn die Mischung nicht mehr normale als brennbare Luft enthält, die normale Luft darin nicht ausreicht, um alle brennbare Luft zu verbrauchen. Dadurch bleibt ein Teil der brennbaren Luft übrig und brennt mit Hilfe der normalen Luft, die in die Flasche nach der Explosion einströmt.

(Cavendish, Henry: Three Papers, containing Experiments on factitious Air. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 56 (1766), 141 – 184, hier S. 144, 146 – 147, 149. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Cavendish stellte systematische Versuche an, wobei er verschiedene Metalle mit unterschiedlichen Säuren umsetzte. Zink, Eisen und Zinn gaben mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure brennbare Luft (Wasserstoff). Setzte er dasselbe Metall mit einer der beiden Säuren um, dann erhielt er dieselbe Menge an brennbarer Luft, ebenso, wenn er Schwefelsäure von verschiedener Stärke verwendete (Vitriolöl ist konzentrierte Schwefelsäure).

In dem ausgelassenen Textabschnitt beschreibt er die Auflösung von Eisen und Zinn in den genannten Säuren näher und geht dann auf die Reaktion der drei Metalle mit Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure über. Im Fall der Salpetersäure entwickelten sich Dämpfe, die nicht brennbar waren (nitrose Gase), ähnlich bei der Schwefelsäure (Schwefeldioxid). Diese Ergebnisse interpretierte er im Sinne der Phlogistontheorie, wonach das Phlogiston in allen Fällen aus dem Metall stammte. Bei der verdünnten Schwefelsäure und der Salzsäure entwich das Phlogiston ungehindert in die Luft, so dass mit anderen Worten brennbare Luft und Phlogiston für ihn identisch waren. Bei der Salpetersäure und der konzentrierten Schwefelsäure dagegen verband sich das Phlogiston mit einem Teil der Säure und verlor dadurch seine Brennbarkeit. 1 Unze (*ounce*) entspricht etwa 3,1 g; der Begriff Unzen-Maß (*ounce measure*) – offenbar ein Hohlmaß – konnte nicht geklärt werden.

Cavendish untersuchte dann die Eigenschaften der brennbaren Luft. Er stellte fest, dass sich diese Luft nicht in Wasser oder Alkalien löste. Die fixen Alkalien (*fixed alcalies*) sind Kalium- und Natriumhydroxid, die flüchtigen Alkalien (*volatile alcalies*) oder der Salmiakgeist (*spirit of sal ammoniac*) sind Ammoniumhydroxid. Er wusste, dass die brennbare Luft mit der normalen Luft explosive Gemische bildete, und variierte die Anteile, um die Mischung mit der stärksten Explosivkraft herauszufinden. Er stellt dabei auch fest, dass, wenn man brennbare und normale Luft zu gleichen Teilen mischte, ein Teil der normalen Luft übrig blieb. Im weiteren Verlauf des Textes beschreibt er seine Experimente, um die Dichte der brennbaren Luft zu bestimmen. Er kam zu dem Ergebnis, dass sie elf Mal so leicht wie normale Luft war.

### Text 5. Cavendish: Isolierung einer kleinen Menge eines inerten Gases (Argon)

So weit sich die bisher veröffentlichten Experimente erstrecken, wissen wir über die Natur des phlogistierten Teils unserer Atmosphäre kaum mehr, als dass er durch gelöschten Kalk, kaustische Alkalien oder nitrose Luft nicht vermindert wird, dass er nicht imstande ist, das Feuer zu unterstützen oder das Leben von Tieren aufrechtzuerhalten und dass sein spezifisches Gewicht nicht viel kleiner ist als das der normalen Luft. Obwohl nun die Salpetersäure durch die Vereinigung mit Phlogiston in eine Luft übergeführt wird, die diese Eigenschaften besitzt, und obwohl es vernünftig war anzunehmen, dass wenigstens ein Teil der phlogistierten Luft aus dieser mit dem Phlogiston vereinigten Säure besteht, könnte es dennoch mit Recht angezweifelt werden, ob sie ganz von dieser Art ist oder ob es nicht in Wirklichkeit viele unterschiedliche Substanzen gibt, die von uns unter dem Namen der phlogistierten Luft durcheinander gebracht werden.

Ich machte daher ein Experiment, um zu bestimmen, ob von einer gegebenen Menge der phlogistierten Luft der Atmosphäre alles auf Salpetersäure zurückgeführt werden könnte, oder ob es nicht einen Teil von anderer Natur als der Rest gebe, der jene Änderung nicht mitmachen würde. Das vorhergehende Experiment entschied in der Tat in gewisser Weise diesen Punkt, da weit aus der größte Teil dieser Luft, die in das Rohr gelassen wurde, seine Elastizität verlor; jedoch, da etwas nicht absorbiert zurückblieb, erschien es nicht sicher, ob es von derselben Natur wie das übrige war oder nicht.

Zu diesem Zweck verminderte ich eine ähnliche Mischung von dephlogistierter und normaler Luft in derselben Weise wie vorher, bis sie auf einen kleinen Teil ihres ursprünglichen Volumens reduziert war. Um so viel wie möglich von der phlogistierten Luft, die im Rohr zurückblieb, zu zersetzen, fügte ich ihr dann etwas dephlogistierte Luft zu und setzte die Einwirkung durch den Funken fort, bis keine weitere Volumenverminderung mehr eintrat. Nachdem ich auf diese Weise so viel wie möglich von der phlogistierten Luft kondensiert hatte, nahm ich schließlich etwas Schwefelleber-Lösung, um die dephlogistierte Luft zu absorbieren. Danach blieb nur noch eine kleine Luftblase nicht absorbiert, die bestimmt nicht mehr als  $1/120$  des Volumens der phlogistierten Luft betrug, die in das Rohr hineingelassen worden war. Wenn es also irgendeinen Teil der phlogistierten Luft unserer Atmosphäre gibt, der sich vom Rest unterscheidet und nicht auf Salpetersäure zurückgeführt werden kann, dann können wir mit Sicherheit daraus schließen, dass er nicht mehr als  $1/120$  des Ganzen beträgt.

(Cavendish, Henry: Experiments on Air. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 75 (1785), 372 – 384, hier S. 381 – 382. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

In diesem Text geht es um die Untersuchung der phlogistierten Luft (*phlogisticated air*, Stickstoff). Von ihr war bekannt, dass sie durch gelöschten Kalk, Kalium- oder Natriumhydroxid oder nitrose Luft (*nitrous air*, Stickstoffmonoxid) in ihrem Volumen nicht vermindert wurde, Verbrennung und Atmung nicht unterhielt und ihr spezifisches Gewicht etwas kleiner als das der normalen Luft war. Bekannt war auch,

dass die normale Luft aus einem Teil dephlogistierter Luft (*dephlogisticated air*, Sauerstoff) und vier Teilen phlogistierter Luft bestand.

Cavendish hatte eine Apparatur entwickelt, in der er Mischungen von phlogistierter Luft mit normaler oder dephlogistierter Luft einer Funkentladung aussetzte. Wenn er fünf Teile reiner dephlogistierter Luft mit drei Teilen normaler Luft in Gegenwart von Seifenlauge umsetzte, verschwand fast alle Luft, und in der Seifenlauge wurde Salpetersäure bzw. Salpeter nachgewiesen. Nach den heutigen Anschauungen wird bei dieser Reaktion der Stickstoff in Stickoxid  $\text{NO}$  umgewandelt, das mit weiterem Sauerstoff Stickstoffdioxid  $\text{NO}_2$  bildet, das seinerseits mit Wasser Salpetersäure  $\text{HNO}_3$  ergibt. Cavendish interpretierte dieses Ergebnis derart, dass die phlogistierte Luft durch Wegnahme ihres Phlogistons in Salpetersäure überging. Dies alles ist in dem ersten Teil des Aufsatzes enthalten, der hier ausgelassen wurde.

Cavendish stellte sich dann die Frage, ob in der Luft, die man als phlogistierte bezeichnete, nicht auch noch andere Luftarten enthalten sein könnten, die nicht in Salpetersäure umwandelbar waren. Er wiederholte das Experiment mit der phlogistierten und normalen Luft, wobei eine kleine Luftmenge übrigblieb. Zu dieser gab er etwas dephlogistierte Luft und unterwarf die Mischung einer Funkentladung. Was danach noch vorhanden war, behandelte er mit einer Lösung von Schwefelleber (Kaliumpolysulfid), um restliche dephlogistierte Luft zu entfernen.

Nach diesen Prozeduren blieb nur noch eine kleine Luftblase übrig, die sich allen Umwandlungen widersetzte. Cavendish gab deren Menge als  $1/120$  vom Volumen der phlogistierten Luft (des Stickstoffs) an. 1894 wiederholte Lord Rayleigh die Versuche von Cavendish und fand, dass dieser Rest das von ihm entdeckte Edelgas Argon war, das im atmosphärischen Stickstoff zu etwa 1 % enthalten ist. Auch die Edelgase Helium, Neon, Krypton und Xenon sind ein Bestandteil der Luft, wenn auch in viel geringerer Menge als beim Argon. Damit hatte Cavendish auch in dieser Hinsicht mit seiner Vermutung Recht.

## **Text 6. Priestley: Entdeckung des Sauerstoffs I**

Nach einer Reihe von anderen Experimenten, über die an geeigneter Stelle berichtet werden wird, versuchte ich mit dieser Apparatur am 1. August 1774, Luft aus „mercurius calcinatus per se“ zu extrahieren, und ich fand sofort, dass mit Hilfe dieser Linse Luft sehr leicht daraus ausgetrieben wurde. Nachdem ich etwa drei oder vier Mal so viel wie das Volumen meines Materials erhalten hatte, ließ ich Wasser hinzutreten und fand, dass [die Luft] von diesem nicht aufgesogen wurde. Was mich aber mehr überraschte, als ich es richtig ausdrücken kann, war, dass eine Kerze in dieser Luft mit einer bemerkenswert kräftigen Flamme brannte, sehr ähnlich jener vergrößerten Flamme, mit der eine Kerze in nitroser Luft brennt, welche Eisen oder Schwefelleber ausgesetzt ist. Da ich aber nichts dieser bemerkenswerten Erscheinung Ähnliches von irgendeiner Luftart abgesehen von dieser besonderen Modifikation der nitrosen Luft erhalten hatte und da ich wusste, dass bei der Herstellung von „mercurius calcinatus“ keine Salpetersäure benutzt worden war, war ich vollkommen außerstande, hierfür eine Erklärung zu geben.

In diesem Fall war die Flamme der Kerze, obwohl ich damals diesen Umstand noch nicht genügend beachtete, nicht nur größer, sondern sie brannte

auch mit mehr Leuchtkraft und Hitze als in jener Art der nitrosen Luft. Ein Stück rotglühendes Holz sprühte darin Funken, genau so wie ein Papier, das in eine Salpeterlösung getaucht wurde, und es wurde sehr schnell verzehrt – ein Experiment, das ich mit nitroser Luft anzustellen nie daran gedacht hätte.

(Priestley, Joseph: Of Dephlogisticated Air and of the Constitution of the Atmosphere. In: Experiments and Observations on Different Kinds of Air. 2. Aufl. Bd. 2. London 1775, S. 29 – 61, hier S. 34 – 35. – Abgedr. in: The Discovery of Oxygen. Part I. Experiments by Joseph Priestley (1775) (= Alembic Club Reprints. Bd. 7). Edinburgh; London 1923, S. 8, 10. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Die Entdeckung des Sauerstoffs durch Priestley erstreckte sich über eine Zeitspanne von mehr als einem halben Jahr. Er gibt davon in seiner Veröffentlichung einen detaillierten Bericht und verschweigt auch nicht seine Irrtümer. Er besorgte sich eine große Linse von 12 Zoll Durchmesser und 20 Zoll Brennweite und erhitzte mit deren Hilfe die verschiedensten Substanzen, um zu prüfen, welche Luftart sich dabei entwickelte. Die Substanz befand sich in einem kolbenartigen Glasgefäß, das mit Quecksilber gefüllt war und mit der Öffnung nach unten in einer Wanne mit Quecksilber stand.

Er richtete die gebündelten Sonnenstrahlen auch auf „mercurius calcinatus per se“, d.h. auf rotes Quecksilberoxid  $\text{HgO}$ , das durch Erhitzen von Quecksilber an der Luft gewonnen worden war. Dabei entwickelte sich eine Luftart, die sich nicht in Wasser löste und in der eine Kerze zu seinem großen Erstaunen mit leuchtender Flamme brannte. Er hielt sie zunächst für eine Modifikation der „nitrosen Luft“ (Stickoxid  $\text{NO}$ ). Wenn er nämlich nitrose Luft über Eisenfeilspänen oder Schwefelleber (Kaliumpolysulfid) stehen ließ, wurde sie derart umgewandelt, dass eine Kerze darin brannte. Dabei könnte es sich um Distickstoffoxid  $\text{N}_2\text{O}$  gehandelt haben, das etwas in Wasser löslich ist und die Verbrennung unterhält, was beim Stickoxid beides nicht der Fall ist.

Priestley war ratlos, da bei der Darstellung des „mercurius calcinatus“ keinerlei Salpetersäure verwendet worden war, also eine Modifikation der nitrosen Luft nicht in Frage kam. Er hatte auch, wie er selbst sagt, nicht beachtet, dass die Kerze in der neuen Luftart wesentlich heller brannte als in der Modifikation der nitrosen Luft. Der weitere Verlauf der Entdeckungsgeschichte wird im folgenden Quellentext beschrieben.

### **Text 7. Priestley: Entdeckung des Sauerstoffs II**

Bis zu diesem 1. März 1775 hatte ich so wenig Verdacht gegen die Luft aus „mercurius calcinatus“ usw., die so gesund war, dass ich nicht einmal daran gedacht hätte, den Test mit der nitrosen Luft darauf anzuwenden. Als ich aber (wie mein Leser sich vorstellen muss, dass ich es häufig getan hätte) an die Kerze dachte, die darin nach langem Rühren [dieser Luft] in Wasser brannte, kam es mir schließlich in den Sinn, dieses Experiment zu machen. Indem ich ein Maß nitroser Luft zu zwei Maß dieser Luft dazugab, fand ich nicht nur, dass sie vermindert wurde, sondern auch, dass sie genau wie normale Luft

vermindert wurde und dass die Rotfärbung der Mischung außerdem der einer ähnlichen Mischung von nitroser und normaler Luft gleich war.

Danach hatte ich keinen Zweifel daran, dass die Luft aus „mercurius calcinatus“ für die Atmung geeignet war und dass sie alle die anderen Eigenschaften der echten normalen Luft hatte. Aber ich nahm keine Notiz davon, was ich hätte beobachten können, wenn ich nicht so völlig von der Vorstellung besessen gewesen wäre, dass es keine Luft gebe, die besser als die normale Luft sei, dass nämlich die Rotfärbung in Wirklichkeit tiefer und die Abnahme etwas größer war, als es die normale Luft zugelassen hätte. ...

Ich möchte meinen Leser nicht mit der häufigen Wiederholung des Wortes „Überraschung“ und anderer von ähnlicher Bedeutung völlig ermüden, aber ich muss in diesem Stil noch etwas länger fortfahren. Denn am nächsten Tag war ich mehr überrascht, als ich es je zuvor gewesen war, als ich fand, dass, nachdem die oben erwähnte Mischung von nitroser Luft und der Luft aus „mercurius calcinatus“ die ganze Nacht gestanden hatte (In dieser Zeit muss die gesamte Verminderung stattgefunden haben, und folglich, wenn es normale Luft gewesen wäre, wäre sie vollkommen schädlich gemacht worden und völlig ungeeignet für Atmung oder Entflammung), eine Kerze in ihr brannte, und sogar besser als in normaler Luft. ...

Nachdem ich nun von der hervorragenden Güte dieser Luftart völlig überzeugt war, machte ich mich daran, jenen Grad der Reinheit mit so viel Genauigkeit, wie ich konnte, durch den Test der nitrosen Luft zu messen. Ich begann damit, ein Maß nitrose Luft zu zwei Maß von dieser Luft dazuzugeben, als ob ich normale Luft geprüft hätte. Nun beobachtete ich, dass die Abnahme offensichtlich größer war, als es mit der normalen Luft bei derselben Behandlung geschehen wäre. ... Fünf Maß brachten [die Luft] genau auf ihre ursprünglichen Dimensionen. ...

Nun – da normale Luft etwa die Hälfte ihres Volumens an nitroser Luft aufnimmt, bevor sie beginnt, irgendeine Vergrößerung ihrer Dimensionen aus mehr nitroser Luft anzunehmen, und da diese Luft mehr als viereinhalb Maß aufnahm, bevor sie aufhörte, durch mehr nitrose Luft vermindert zu werden, und da sogar fünfeinhalb Maß ihre ursprünglichen Dimensionen nicht vergrößerte, schloss ich daraus, dass sie zwischen vier und fünf mal so gut wie normale Luft war.

(Priestley, Joseph: Of Dephlogisticated Air, and of the Constitution of the Atmosphere. In: Experiments and Observations on Different Kinds of Air. 2. Aufl. Bd. 2. London 1776, S. 29 – 61, hier S. 40 – 42, 47 – 48. – Abgedr. in: The Discovery of Oxygen. Part I. Experiments by Joseph Priestley (1775) (= Alembic Club Reprints. Bd. 7). Edinburgh; London 1923, S. 14 – 15, 18 – 19. – Eigene Übersetzung)

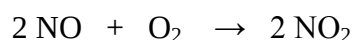
Kommentar:

Nachdem Priestley bei der Untersuchung der unbekannten Luftart monatelang keine Fortschritte gemacht hatte, kam er auf die Idee, den Test mit der „nitrosen Luft“ darauf zu anzuwenden. Dieser Test diente zu Priestleys Zeit zum Nachweise der „Güte“ der atmosphärischen Luft, womit, wie man seit Lavoisier weiß, deren Gehalt an Sau-

erstoff bestimmt wurde. Durch Lösen von Metallen in Salpetersäure entwickelte sich ein farbloses Gas, von Priestley nitrose Luft genannt, das bei Kontakt mit der atmosphärischen Luft rotbraune Dämpfe bildete. Wurde die Reaktion über Wasser ausgeführt, dann lösten sich die Dämpfe darin unter Volumenverminderung. Das farblose Gas ist Stickoxid NO, das mit Sauerstoff Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub> bildet. Letzteres löst sich in Wasser und gibt salpetrige und Salpetersäure. Der Test beruht auf der quantitativen Durchführung dieser Gasreaktionen.

Priestley setzte also der unbekannten Luftart nitrose Luft in Gegenwart von Wasser zu und fand, dass das Volumen ähnlich wie bei der normalen Luft vermindert wurde und auch die Rotfärbung vergleichbar war. Nun war er überzeugt, dass die unbekannte Luftart dieselben Eigenschaften wie die normale Luft hatte, erkannte aber noch nicht, dass sie ein Bestandteil der normalen Luft war. Er ließ die Mischung über Nacht stehen, damit die Volumenverminderung ihren Abschluss fand, und stellte zu seiner großen Überraschung fest, dass eine Kerze darin immer noch hell brannte. Er machte auch Atmungsexperimente mit einer Maus, die in der unbekannten Luftart wesentlich länger lebte als in der atmosphärischen Luft.

Jetzt erkannte er, dass die unbekannte Luftart in ihrer Qualität besser als die normale Luft war. Um deren „Güte“ quantitativ zu ermitteln, führte er den Test der unbekannten Luft mit stufenweise zunehmender Menge an nitroser Luft durch. Nach der Gleichung



reagieren zwei Volumina Stickoxid bei vollständigem Verlauf mit einem Volumen Sauerstoff. Wird das gebildete Stickstoffdioxid in Wasser gelöst, so geht das Volumen auf Null zurück. Was die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft betrifft, so bestehen fünf Volumina Luft aus einem Volumen Sauerstoff und vier Volumina Stickstoff. Beim Test wird auch hier ein Volumen Sauerstoff durch zwei Volumina Stickoxid gebunden, aber es bleiben bei vollständiger Reaktion vier Volumina Stickstoff übrig. Diese Relationen muss man im Auge behalten, um Priestleys Ergebnisse zu verstehen.

Er begann mit einem Maß nitroser Luft und zwei Maß der unbekannten Luft, wie er es bei der Untersuchung der normalen Luft machte – die Reaktionsgleichung zeigt, dass dabei noch reichlich unverbrauchter Sauerstoff übrig blieb. Er steigerte dann die Menge der nitrosen Luft um jeweils ein oder ein halbes Maß, bis bei fünf Maß die Volumenverminderung aufhörte. Da dieser Grenzwert bei der normalen Luft bei einem halben Maß nitroser Luft und einem Maß normaler Luft erreicht war, folgerte er daraus, dass die neue Luftart vier oder fünf Mal so gut wie die normale Luft war. Jetzt war Priestley davon überzeugt, dass die atmosphärische Luft zusammengesetzt war und er eine neue Luftart als deren Bestandteil entdeckt hatte. Er nannte sie „dephlogistierte Luft“, weil sie nach seiner Ansicht weniger Phlogiston als die normale Luft enthielt.

### **Text 8. Scheele: Entdeckung des Sauerstoffs**

Ich nahm eine gläserne Retorte, welche acht Unzen Wasser fassen konnte, und destillierte die rauchende Salpetersäure nach der gewöhnlichen Methode. Im Anfang ging die Säure rot über, darauf folgte sie ungefärbt, und zuletzt

wurde alles wieder rot. Sobald ich letzteres gewahr wurde, nahm ich die Vorlage weg und band eine von Luft ausgeleerte Blase vor, in welche ich etwas dicke Kalkmilch gegossen hatte, um das Zerfressen der Blase zu verhindern. Darauf fuhr ich mit der Destillation fort. Die Blase fing nach und nach an, sich auszudehnen. Danach ließ ich alles erkalten und schnürte die Blase zu. Schließlich löste ich sie vom Hals der Retorte.

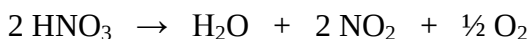
Ich füllte ein Glas, welches zehn Unzen Wasser enthielt, mit dieser Luft; darauf stellte ich ein schmales angezündetes Licht hinein. Kaum war dies geschehen, fing das Licht an, mit einer großen Flamme zu brennen, wobei es einen so hellen Schein von sich gab, dass es die Augen blenden konnte. Ich mischte einen Teil dieser Luft mit drei Teilen derjenigen Luft, in welcher das Feuer nicht brennen wollte. Hier hatte ich eine Luft, welche der normalen in allem gleich war. Da diese Luft unbedingt zur Entstehung des Feuers erforderlich ist und etwa ein Drittel in unserer normalen [Luft] ausmacht, werde ich sie der Kürze wegen künftig die „Feuerluft“ nennen. Die andere Luft aber, welche Feuererscheinungen überhaupt nicht zulässt und etwa zwei Drittel in unserer Luft ausmacht, will ich im Folgenden mit dem bereits bekannten Namen „verdorbene Luft“ bezeichnen.

(Scheele, Carl Wilhelm: Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer. Uppsala und Leipzig 1777. – 2. Aufl. Leipzig 1782. – Abgedr. in: Sämtliche physische und chemische Werke. In deutscher Sprache hrsg. von Sigismund Friedrich Hermbstädt. Bd. 1. Berlin 1793, S. 86 – 87. – Nachdr.: Hrsg. von Wilhelm Ostwald (= Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Bd. 58). Leipzig 1894, S. 25 – 26. – Rechtschreibung und gelegentlich Ausdruck dem heutigen Sprachgebrauch angeglichen)

Kommentar:

Scheele war davon überzeugt, dass die normale Luft zusammengesetzt ist und aus zwei unterschiedlichen Luftarten besteht. Er führte verschiedene Reaktionen in einem abgeschlossenen Luftvolumen aus und stellte in einigen Fällen eine Volumenabnahme fest, in anderen dagegen nicht. Durch Verbrennung von „brennbarer Luft“ (Wasserstoff) in einem abgeschlossenen Luftvolumen und andere Experimente verstärkte sich bei ihm die Vermutung, dass sich bei dieser Reaktion das Phlogiston, das er mit der „brennbaren Luft“ gleichsetzte, mit der unbekannten Luftart zu Wärme verband.

Nun wollte er die unbekannte Luftart gewinnen. Er ging dazu von der Überlegung aus, dass man die Wärme in ihre beiden Bestandteile zerlegen müsse und wählte Salpetersäure als Ausgangssubstanz. Diese wird beim Erhitzen in Wasser, rotbraunes Stickstoffdioxid und Sauerstoff zerlegt, was folgender Formel entspricht:



Scheele sammelte die farblose Luft in einer Tierblase, die er zum Schutz gegen die aggressiven rotbraunen Dämpfe und zu deren Absorption mit etwas Kalkmilch (Calciumhydroxid) gefüllt hatte, und überführte sie von der Blase in ein Glasgefäß.

Eine Kerze brannte in dieser Luftart mit heller Flamme. Wenn er ein Teil hiervon mit zwei Teilen jener Luftart vermischte, welche die Verbrennung nicht unterhielt, erhielt er ein Gemisch mit den Eigenschaften der normalen Luft. Er nannte den Teil der Luft, welcher die Verbrennung unterhielt, „Feuerluft“ (Sauerstoff), den Teil, der die Verbrennung nicht zuließ, „verdorbene Luft“ (Stickstoff).

### **Text 9. Lavoisier: Gas als dritter Aggregatzustand der Materie**

Da alle Körper der Natur in drei verschiedenen Zuständen existieren können – nämlich im Zustand eines Festkörpers, in dem einer Flüssigkeit und schließlich in dem von Dämpfen, d.h. in der Form luftförmiger Fluida –, genügt ausschließlich der Grad der Wärme, um denselben Körper nacheinander in einen dieser drei Zustände zu überführen, und die Natur liefert uns hierfür eine Menge von Beispielen.

Diese Wörter „Lüfte“, „Dämpfe“ und „luftförmige Fluida“ drücken also nur einen Modus der Materie aus; sie bezeichnen eine Klasse von unendlich ausgedehnten Körpern, und dieses Prinzip, das ich unablässig seit einigen Jahren wiederholt habe, ohne die Genugtuung zu haben, gehört zu werden, wird uns den Schlüssel für fast alle Phänomene bezüglich der verschiedenen Luftarten und der Verdampfung liefern.

(Lavoisier, Antoine Laurent: De quelques substances qui sont constamment dans l'état de fluides aériformes au degré de chaleur et de pression habituel de l'atmosphère (1777 Manuskript bei der Académie des Sciences eingereicht, aber nicht gedruckt. 1792 zum Druck vorbereitet). – In: A.L. Lavoisier: Mémoires de Chimie. Bd. 1. 1792, S. 348 ff. – Abgedr. in: Oeuvres de Lavoisier. Bd. 2. Paris 1862, S. 783 – 803, hier S. 783. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Lavoisier vertrat 1777 zum ersten Mal in einer schriftlichen Ausarbeitung die Anschauung, dass alle Stoffe (*corps*) der Natur in drei verschiedenen Zuständen (*états*) existieren können: als Festkörper, als Flüssigkeit und als „luftförmiges Fluidum“ (*fluide aériforme*). Lediglich mit Hilfe der Temperatur sei es möglich, einen Stoff von einem in die anderen beiden Zustände zu überführen. Die Begriffe „Lüfte“ (*airs*), „Dämpfe“ (*vapeurs*) und „luftförmige Fluida“ sind für ihn eine Umschreibung dafür, dass hier der betreffende Stoff in äußerst fein verteilter Form vorliegt.

### **Text 10. Lavoisier: Korpuskulartheoretische Deutung der drei Aggregatzustände**

Man kann diese Phänomene nur begreifen, wenn man die Existenz eines besonderen Fluidums annimmt, dessen Anhäufung die Ursache für die Wärme ist und dessen Abwesenheit die Ursache für die Kälte. Es ist zweifellos dieses Fluidum, das sich zwischen die Teilchen der Körper lagert, das sie voneinander entfernt und den Platz einnimmt, den sie zwischen sich freilassen. Ich nenne dieses Fluidum, welches es auch sei, zusammen mit der Mehrheit der Naturforscher, „feuriges Fluidum“ oder „Materie der Wärme oder des Feuers“. ...

Man begreift, dass bei dieser Lage der Dinge die Teilchen keine Bindung untereinander hätten, dass es keinen Festkörper geben würde, wenn sie nicht durch eine andere Kraft zusammengehalten würden, nämlich durch die Anziehung, die, welches auch immer ihre Ursache sein mag, ein allgemeines Naturgesetz ist, dem die ganze Materie unterworfen zu sein scheint.

Nach dieser ersteren Ansicht gehorchen alle Körper der Natur zwei Kräften, dem feurigen Fluidum, der Materie des Feuers, die dauernd danach strebt, die Teilchen voneinander zu entfernen, und der Anziehung, die ihr entgegenwirkt. So lange die letztere dieser Kräfte, die Anziehung, siegreich ist, bleibt der Körper im festen Zustand; befinden sich diese beiden Kräfte im Zustand des Gleichgewichts, so wird der Körper flüssig; schließlich, wenn die expansive Kraft der Wärme ihn besiegt, nimmt der Körper den luftförmigen Zustand an.

Aber, wenn es nur diese beiden Kräfte gäbe, würde in dem Augenblick, wo die Körper aufhören würden, sich im festen Zustand zu befinden, die geringste Zunahme der Wärme, die sie empfangen, ausreichen, um sie zu verdampfen, und sie würden nicht nur plötzlich in den luftförmigen Zustand übergehen, sondern ihre Teilchen würden sich auch mehr und mehr unbegrenzt voneinander entfernen. Aber es gibt eine dritte Kraft, die verhindert, dass dieser Effekt stattfindet, und das ist die Schwere der Atmosphäre. Ohne diesen Druck würde das Wasser in dem Augenblick, in dem es beim Nullpunkt des Thermometers aufhören würde, Eis zu sein, in ein luftförmiges Fluidum übergehen, während im Gegenteil dieser Effekt nur bei einer Wärme von 80 Grad und einem Druck von 28 Zoll stattfindet.

(Lavoisier, Auguste Laurent: *Réflexions sur le phlogistique, pour servir de développement à la théorie de la combustion & de la calcination*, publiée en 1777 (vorgetragen Juni 1785). *Histoire de l'Académie Royale des Sciences, avec les Mémoires de Mathématique et de Physique* (1783, erschienen 1786), 505 – 538, hier S. 523 – 525. – Abgedr. in: *Oeuvres de Lavoisier*. Bd. 2. Paris 1862, S. 623 – 655, hier S. 641 – 642. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Lavoisier erläuterte in einem Aufsatz, in dem er sich endgültig von der Phlogistontheorie distanzierte, seine Vorstellungen über die Struktur der Materie und deren Zusammenhang mit den drei Aggregatzuständen. Zunächst einmal sind hierbei für ihn zwei Kräfte maßgebend: das „feurige Fluidum“ (*fluide igné*) oder die „Materie der Wärme und des Feuers“ (*matière de la chaleur et du feu*) und die Anziehung (*attraction*). Die Wärme fasst er als einen gewichtslosen Stoff auf, der zwischen die Teilchen (*molécules*) eines Stoffes (*corps*) dringt.

Während die Wärme die Teilchen ständig zu trennen suchte, strebte die Anziehung danach, sie zusammenzuhalten. Durch das Wechselspiel der beiden Kräfte ließ sich der Aggregatzustand der Stoffe erklären. Dominierte die Anziehung, dann befand sich der Stoff im festen Zustand, hielten sich beide Kräfte das Gleichgewicht, dann war er flüssig, war die Wärme stärker, dann befand er sich im gasförmigen Zustand. Den Begriff „Gas“ verwendete Lavoisier zum ersten Mal 1787 in der *Méthode de nomenclature chimique*; hier spricht er vom „luftförmigen Zustand“ (*état aériforme*).

Nach Erörterung dieser Zusammenhänge bringt Lavoisier noch einen dritten Faktor ins Spiel: den Luftdruck. Wenn es diesen nicht gäbe, würde es z.B. im Fall des Wassers oberhalb vom Schmelzpunkt des Eises kein flüssiges Wasser mehr geben, sondern alles würde verdampfen. Die Temperatur ist in Grad Réamur angegeben, einer Skala mit 80 Graden zwischen dem Gefrierpunkt und Siedepunkt des Wassers. 80 Grad (*degrés*) Réamur entsprechen also 100 Grad Celsius. 1 Zoll als 1/12 des alten „Pariser Fußes“ beträgt umgerechnet 2,71 cm. 28 Zoll (*pouces*) entsprechen also  $28 \times 2,71 = 75,88$  cm, was sich auf die Höhe der Quecksilbersäule bezieht.

## 17 Verbrennungstheorien

### Text 1. Biringuccio: Erster Erklärungsversuch für die Gewichtszunahme bei der Calcination von Blei

Ein schöner und sehr beachtenswerter Effekt scheint mir die Calcination [des Bleis] im Reverberierofen zu sein, so dass ich sie nicht mit Stillschweigen übergehen darf. Denn tatsächlich findet man, dass der Körper des Metalls an Gewicht zunimmt, um acht oder vielleicht zehn Prozent mehr, als es betrug, bevor er calciniert wurde. Dies ist eine wunderbare Sache, wenn man bedenkt, dass das Feuer alles unter Verminderung der Substanz verzehrt, und aufgrund dieser Überlegung müsste der Betrag des Gewichts abnehmen, während man findet, dass er zunimmt. Nachdem es so lange im Feuer war, scheint es vernünftig, dass das Gegenteil eintreten müsste, da viele von seinen Teilen verbraucht wurden, vielleicht auch von denen des elementaren Feuers.

Wenn man Gründe für einen derartigen Effekt anführt, könnte man antworten, dass alles Schwere zum Mittelpunkt strebt und, je dichter ein Körper ist, um so schwerer er in seiner Art ist. Wenn nun aus dem Blei, das eine derartige Zusammensetzung hat, durch das Feuer, wie bei einem schlecht gemischten Metall, jene luftartigen und wasserartigen Teilchen ausgetrieben werden, und da alle seine natürlichen Poren verschlossen sind, durch welche die Luft einzutreten pflegt, die es durch ihre Natur und Kraft mit einer gewissen Leichtigkeit in seinem Bereich hielt, fällt das Ganze, wenn es in diesem Zustand gebracht wurde, in sich zusammen wie ein aufgegebenes und lebloses Ding. So behält es mehr von seiner Schwere, ähnlich wie es auch bei dem Körper eines toten Tieres der Fall ist, das tatsächlich viel mehr wiegt als der lebende Körper. Denn, wie man sieht, wenn die Geister aufgelöst sind, die das Leben aufrechterhalten, die man sich nicht anders vorstellen kann als Substanzen mit der Qualität der Luft, bleibt der Körper ohne die Hilfe, die ihn zum Himmel emporzieht und dadurch leichter macht, zurück, und beim schwereren Teil des Elements nimmt seine natürliche Kraft zu und zieht ihn zum Mittelpunkt. So wird durch eine derartige Überlegung das genannte Problem gelöst.

(Biringuccio, Vannoccio: *De la Pirotechnia*. Venedig 1540, Buch I, Kap. 4, Bl. 14<sup>b</sup> – 15<sup>a</sup>. – Dtsch.: *Pirotechnia* – Ein Lehrbuch der chemisch-metallurgischen Technik und des Artilleriewesens aus dem 16. Jahrhundert. Übers. von Otto Johannsen. Braunschweig 1925, S. 64 – 65. – Engl.: *The Pirotechnia*. Übers. von Cyril Stanley Smith und Martha Teach Gnudi. New York 1942. Nachdr. Cambridge, Mass. und London 1966, S. 58 – 59. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Johannsen und Smith/Gnudi)

Kommentar:

Biringuccio befasst sich in seinem Berg- und Hüttenbuch im Kapitel über das Blei und seine Erze auch mit der Gewichtszunahme des Bleis bei der Calcination (Oxidation). Er ist der erste, der eine theoretische Erklärung hierfür lieferte; es folgten Cardano, Scaliger und Bodin mit ähnlichen Deutungen. Er nennt zwei Zahlenwerte für die Zunahme des Gewichts: „8 oder vielleicht 10 %.“ Die heutigen Werte betragen

7,7 % für den Übergang von Blei in gelbes Bleioxid  $\text{PbO}$  und 10,2 % für den Übergang in Mennige  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ . Da sich beim Erhitzen von Blei im Ofen zunächst gelbes Bleioxid bildet, das durch weiteres Erhitzen in Mennige umgewandelt werden kann, ist seine Aussage über die Gewichtszunahme bei der Calcination (italien. *calcinatione*) völlig zutreffend. Ein Reverberierofen (*reverbero*) ist ein Calcinationsofen, in dessen Mitte sich ein Topf mit der zu calcinierenden Substanz befand. Er war so konstruiert, dass die Flammen von oben auf die Substanz zurückschlügen (von latein. *reverberare*, zurückschlagen).

Bei seiner Deutung stützte sich Biringuccio auf die Vier-Elemente-Lehre von Aristoteles und eine Porentheorie, die bei Empedokles, Demokrit und Aristoteles in ähnlicher Weise vorkommt. Nach Aristoteles gehören Erde und Wasser zu den schweren Elementen und streben daher zum Erdmittelpunkt, der gleichzeitig der Weltmittelpunkt ist, während Luft und Feuer zu den leichten Elementen gehören und vom Erdmittelpunkt weg streben, also sozusagen ein negatives Gewicht haben. Im Blei sollte wegen seines unedlen Charakters viel Luft enthalten sein, die dem Blei eine Art Auftrieb erteilte. Bei der Einwirkung von Feuer wurde die Luft aus den Poren des Bleis ausgetrieben; dadurch fiel die Masse in sich zusammen, und das Blei wurde schwerer.

## **Text 2. Rey: Erklärung für die Gewichtszunahme bei der Calcination von Zinn**

Nun habe ich die Vorbereitungen getroffen und das Fundament für meine Antwort auf die Frage des Herrn Brun gelegt. Er tat zwei Pfund sechs Unzen feines englisches Zinn in ein eisernes Gefäß und setzte dies auf einen Herd mit starkem, offenem Feuer. Nachdem er sechs Stunden ständig gerührt hatte, ohne irgendetwas zuzusetzen, erhielt er daraus zwei Pfund dreizehn Unzen weißen Kalk. Dies setzte ihn zuerst in Erstaunen und erweckte in ihm den Wunsch zu wissen, woher diese sieben Unzen mehr kamen. Und um diese Schwierigkeit noch zu vergrößern, sage ich, dass man sich nicht nur informieren muss, woher diese sieben Unzen stammen, sondern auch, woher dasjenige kommt, das die Abnahme des Gewichts ersetzt, die sich zwangsläufig durch die Volumenvergrößerung des Zinns ergibt, wenn es sich in Kalk verwandelt, und durch den Verlust von Dämpfen und Ausdünstungen, die nicht berücksichtigt wurden.

Auf diese Frage also antworte ich und behaupte stolz, gestützt auf das von mir gelegte Fundament: Dasjenige, was das Gewicht zunehmen lässt, rührt von der Luft her, die in dem Gefäß durch die intensive und lange andauernde Hitze des Ofens verdichtet, schwerer und anhaftend gemacht wurde. Diese Luft vermischt sich mit dem Kalk (hierbei hilft das häufige Rühren) und verbindet sich mit dessen kleinsten Teilchen, nicht anders, als das Wasser den Sand schwerer macht, den man hineinwirft und darin umrührt, indem es sich an die kleineren seiner Körner anhängt.

(Rey, Jean: Sur la recherche de la cause pour laquelle l'Estain & le Plomb augmentent de poids quand on les calcine. Bazas 1630, S. 95 – 97. – Dtsch.: Abhandlung Jean Rey's Über die Ursache der Gewichtszunahme von Zinn und Blei beim Verkalken. Hrsg. von Ernst Ichenhäuser und Max Speter (= Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Bd. 172). Leipzig 1909, S. 28. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Ichenhäuser / Speter)

### Kommentar:

Der französische Landarzt Jean Rey erhielt von einem befreundeten Apotheker namens Brun die briefliche Anfrage, weshalb Zinn und Blei beim Calcinieren an Gewicht zunehmen. Er widmete sich diesem Problem und veröffentlichte die Ergebnisse seiner Untersuchungen in einem Büchlein. Rey ging von der Annahme aus, dass alle Dinge schwer sind und ein Gewicht haben, auch die Luft, die nach Aristoteles sozusagen ein negatives Gewicht haben sollte. Ferner postulierte er, dass die Luft aus schwereren und leichteren Teilchen bestehe und dass sie schwerer werde, wenn man sie komprimierte, ihr schwerere Teilchen zuführte oder leichtere Teilchen entzog.

Mit Hilfe dieser Hypothesen konnte Rey das Schwererwerden der Metalle beim Calcinieren erklären. Bei der Einwirkung von Hitze auf das Zinn wurden die Teilchen der Luft verdichtet, so dass die Luft schwerer wurde, und hängten sich fest an den Zinnkalk an, der damit schwerer wurde. Wohlgedacht wird die Gewichtszunahme nicht dadurch erklärt, dass sich die verdichtete Luft mit dem Metall verbindet, was dem Grundgedanken der Oxidationstheorie entsprochen hätte, sondern die Luft sollte sich an den Kalk anhängen. Theoretisch müsste die Gewichtszunahme bei der vollständigen Oxidation von Zinn zu weißem Zinnoxid  $\text{SnO}_2$  nicht 7, sondern 10 Unzen betragen. Für die angegebenen Gewichtseinheiten Pfund (französ. *livre*) und Unze (*once*) gelten folgende Relationen: 1 *livre* = 489,5 g (Pariser Markgewicht); 1 *once* = 30,6 g; 1 *livre* = 16 *onces*. – Das Wort *fourneau* wurde hier einmal mit „Herd“, das zweite Mal mit „Ofen“ übersetzt; der Herd ist eine spezielle Form eines chemischen Ofens. Statt „... anhaftend gemacht wurde“ steht im Originaltext „... keineswegs anhaftend gemacht wurde“, was Reys Aussagen widersprechen würde.

### **Text 3. Hooke: Postulat, dass die Luft eine Art Lösungsmittel für brennbare Stoffe darstellt**

Erstens, dass die Luft, in der wir leben, uns bewegen und atmen, die sehr viele Körper umgibt und fast alle Körper ernährt, die sie umgibt, dass diese Luft das „menstruum“ oder universale Lösungsmittel aller schwefligen Körper ist.

Zweitens, dass sie diese Wirkung erst ausübt, wenn der Körper vorher hinreichend erhitzt wurde, wie es sich auch für die Lösung vieler anderer Körper durch verschiedene andere „menstrua“ als notwendig herausstellt.

Drittens, dass diese Wirkung der Lösung eine sehr große Hitze hervorruft oder erzeugt, welche wir Feuer nennen; und dies gilt auch für die Lösungen vieler anderer Körper durch „menstrua“, wofür ich zahllose Beispiele geben könnte.

Viertens, dass diese Wirkung mit so großer Heftigkeit vor sich geht und so genau wirkt und die kleinsten Teilchen der brennbaren Materie so schnell hin und her bewegt, dass sie im durchsichtigen Medium der Luft die Wirkung oder den Impuls von Licht hervorruft, von dem ich anderswo bereits gesagt habe, was es darstellt.

Fünftens, dass die Lösung der schwefligen Körper durch eine Substanz erfolgt, die der Luft inhärent und mit ihr vermischt ist, die derjenigen, die im

Salpeter gebunden ist, ähnlich wenn nicht mit ihr identisch ist, was durch zahlreiche mit Salpeter ausgeführte Experimente, wie ich meine, sehr klar gezeigt wurde.

Sechstens, dass in dieser Lösung der Körper durch die Luft ein bestimmter Teil vereinigt und verbunden oder aufgelöst und in Luft umgewandelt und mit ihr in derselben Weise auf und ab bewegt wird wie ein metallischer oder anderer Körper, der, in irgendwelchen „menstrua“ aufgelöst, den Bewegungen und dem Vordringen des Lösungsmittels folgt, bis er ausgefällt wird.

(Hooke, Robert: *Micrographia, or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses, with Observations and Inquiries thereupon*. London 1665, S. 103. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Robert Hooke veröffentlichte in der *Micrographia* auch eine Verbrennungstheorie. Nach seiner Ansicht ist die Luft eine Art Lösungsmittel für brennbare Stoffe. Die bei der Verbrennung auftretende Wärme ist demnach eine Lösungswärme, die so stark werden kann, dass diese Stoffe unter Feuererscheinung verbrennen. Die Auflösung wird durch eine Substanz verursacht, die in der Luft enthalten und mit ihr vermischt ist. Hooke folgerte aus seinen Experimenten mit Salpeter (Kaliumnitrat), dass sie der Substanz ähnlich sei, die im Salpeter enthalten ist, oder sogar mit ihr identisch. Die brennbaren Stoffe nennt er „schweflige Körper“ (engl. *sulphureous bodies*) – ein Begriff, der mit dem Prinzip „Schwefel“ in der Schwefel-Quecksilber-Salz-Theorie zusammenhängt, das für die Brennbarkeit verantwortlich sein sollte. Das Wort *menstruum* ist ein Oberbegriff für alle Lösungsmittel. Unter dem „universellen Lösungsmittel“ (*Alkahest, menstruum universale*) stellten sich die Alchemisten und Chemiker eine Substanz vor, die alle Stoffe in ihre Grundbestandteile zerlegte.

#### **Text 4. Boyle: Beschreibung eines Calcinierungsexperiments mit Zinn**

Zwei Unzen Zinnspäne wurden sorgfältig gewogen und in eine kleine Retorte gebracht, deren Hals anschließend schmal zu einer sehr kleinen Spitze ausgezogen wurde. Dann wurde das Glasgefäß auf brennende Kohlen gebracht, welche für einige Zeit Dämpfe an der kleinen Öffnung des Halses austrieben. Anschließend wurde das Glasgefäß, nachdem es an der Spitze versiegelt worden war, mehr als zwei Stunden auf dem Feuer gehalten. Dann wurde es vom Feuer genommen und die Spitze abgebrochen. Dabei hörte ich, wie die Luft von außen hineinströmte, denn, als die Retorte versiegelt wurde, war die Luft in ihr sehr stark verdünnt. Dann wurde das Glasgefäß zerbrochen und das Zinn herausgenommen; es bestand aus einem Klumpen, um den herum etwas grauer Kalk zu sehen war, und einigen kleinen Kügelchen, die Späne zu sein schienen, die zu dieser Form zusammengeschmolzen waren. Das Ganze wog zwei Unzen und zwölf Gran, wobei der letztere Gewichtsanteil offenbar durch die Einwirkung des Feuers auf das Metall dazugekommen war. Im Hals der Retorte erschien dort, wo er mit dem Körper der Retorte verbunden war, eine gelbliche und klebrige Substanz in dünner Schicht, die fast wie das stinkende Weinsteinöl schmolz.

(Boyle, Robert: *Essays of the Strange Subtily, Great Efficacy, Determinate Nature of Effluviūms. To which are annexed New Experiments to make Fire and Flame ponderable* (S. 706 – 722). Together with a *Discovery of the Perviousness of Glass*. London 1673. – Ausgabe: *The Works*. Hrsg. von Thomas Birch. 2. Aufl. London 1772. Bd. 3, S. 659 – 730, hier S. 720 – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Im Rahmen einer Serie von Calcinierungsexperimenten erhitzte Boyle eine abgewogene Menge Zinn in einer versiegelten Retorte. Da bei einem der vorigen Versuche ein verschlossenes Glasgefäß explodiert war, erhitzte er die Substanz zunächst eine Zeitlang in offener Retorte, um vermeintlich überschüssige Luft auszutreiben, und schmolz erst dann den Hals der Retorte zu. Nach zweistündigem Erhitzen ließ er abkühlen und brach die zugeschmolzene Spitze ab, wobei Luft in die Retorte strömte. Boyle führte dies darauf zurück, dass die Luft beim ersten Erhitzen stark verdünnt worden war, aber er konnte bei seiner Versuchsanordnung gar nicht unterscheiden, ob der Unterdruck in der Retorte durch die Verdünnung der Luft oder durch die Verbindung des Zinns mit einem Teil der Luft zustande gekommen war. Beim Auswägen des teilweise calcinierten Zinns stellte er fest, dass dieses etwas an Gewicht zugenommen hatte. Er folgerte daraus, dass wägbare Feuerteilchen durch die Glaswand der Retorte gedrungen seien und sich mit dem Zinn verbunden hätten.

Für die Gewichtseinheiten Unze (engl. *ounce*) und Gran (*grain*) gelten folgende Relationen: 1 ounce = 31,10 g (Apothekergewicht); 1 grain = 64,8 mg; 1 ounce = 480 grain. Bei einer vollständigen Oxidation hätten die 2 Unzen Zinn statt 12 Gran eine Gewichtszunahme von 259 Gran ergeben müssen, jedoch war dies in einer kleinen geschlossenen Retorte natürlich nicht möglich. Weinsteinöl (*Oleum Tartari*) ist eine Lösung von Kaliumcarbonat.

#### **Text 5. Mayow: Postulierung von „Salpeterluftteilchen“, die Verbrennung und Atmung unterhalten**

Erstens, meine ich, muss man zugeben, dass es irgendetwas Luftartiges gibt, was es auch sei, das zum Anfachen einer Flamme nötig ist. ... Es besteht nunmehr nicht der geringste Zweifel, dass irgendwelche Luftteilchen ausnahmslos zum Anfachen eines Feuers benötigt werden, und es ist unsere Meinung, dass diese beim Anfachen des Feuers eine besondere Rolle spielen und die Form der Flamme hauptsächlich von ihnen abhängt, die in schnelle Bewegung versetzt wurden, wie unten ausführlicher erläutert werden soll. Man denke aber nicht, dass die feuerluftartige Nahrung die Luft selbst sei, sondern sie ist nur ihr aktiverer und feinerer Teil. Eine Kerze erlischt ja in einem verschlossenen Glasgefäß, obwohl in ihm noch eine genügend große Menge Luft enthalten ist. ...

Nach dem Gesagten steht, meine ich, ziemlich fest, dass der Salpeter die Feuerluftteilchen in sich enthält, die für die Erzeugung einer Flamme erforderlich sind. Da nun ein Teil des Salpeters aus der Luft stammt und die Luftfeuerteilchen in ihm existieren, muss man wohl feststellen, dass der luftartige Teil des Salpeters nichts anderes ist als seine Feuerluftteilchen. Da ferner der luftartige Teil des Salpeters in seinem sauren Geist auftritt, nicht in seinem fixen Salz, das den übrigen Teil des Salpeters bildet, wie wir oben gezeigt haben, darf

man schließen, dass die Feuerluftteilchen des Salpeters, welche mit seinem luftartigen Teil identisch sind, im Salpetergeist verborgen sind und seinen luftartigen Teil bilden. ... Daher sei es gestattet, jene Feuerteilchen, welche dem Salpeter und der Luft gemeinsam sind, künftig Salpeterluftteilchen oder einen Salpeterluftgeist zu nennen.

(Mayow, John: Tractatus Quinque Medico-Physici. Quorum primus agit de Sal-Nitro, et Spiritu Nitro-Aereo. ... Oxford 1674, S. 11 – 12, 17 – 18. – Dtsch.: Untersuchungen über den Salpeter und den salpetrigen Luftgeist, das Brennen und das Atmen. Verkürzt hrsg. von F. G. Donnan (= Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Bd. 125). Leipzig 1901, S. 8 – 9, 11. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Donnan)

Kommentar:

Mayow folgerte aus seinen Verbrennungs- und Atmungsexperimenten, dass die Luft zusammengesetzt und in ihr ein Bestandteil enthalten sei, der die Verbrennung unterhält. Der Salpeter (Kaliumnitrat  $\text{KNO}_3$ ) war nach damaliger Anschauung aufgebaut aus einem „fixen“ – d.h. nicht-flüchtigen – „Salz“ (Kaliumhydroxid  $\text{KOH}$ ) und einem „sauren Geist“ (Salpetersäure  $\text{HNO}_3$ ). Durch seine Experimente mit Salpeter und Boyles Beobachtung, dass Schießpulver auch im Vakuum brennt, zog Mayow den Schluss, dass der luftartige Bestandteil, der die Verbrennung unterhielt, auch im „Salpetergeist“ (Salpetersäure) enthalten sei. Er nannte diesen Teil der Luft daher den „Salpeterluftgeist“ (latein. *spiritus nitro-aëreus*).

#### **Text 6. Mayow: Korpuskulartheoretische Deutung der Verbrennung**

Man darf sicherlich annehmen, dass die Salpeterluft- und Feuerteilchen den Luftteilchen anhaften und ihren aktiveren Teil bilden. Obwohl nämlich die Luftteilchen sehr klein sind und üblicherweise für ein einfaches Element gehalten werden, scheint es mir doch notwendig zu sein, sie als etwas Zusammengesetztes aufzufassen. Die einen Bestandteile von ihnen sind verzweigt und haften fest aneinander, als ob sie mit Haken gegenseitig verbunden seien; die anderen sind sehr fein, fest, leicht, beweglich, feuerartig und wirklich elementar. Diese letzteren sind zwischen die anderen fest eingelagert und verleihen ihnen Festigkeit. ...

Es ist nun in der Tat wahrscheinlich, dass die Luftteilchen, die in die Flamme hineingemischt sind, auf folgende Weise ihre Elastizität verlieren: Die in sehr schneller Bewegung begriffenen schwefligen Teilchen des Feuers treffen auf beliebige nächstliegende Luftteilchen, prallen gegen die daran befestigten Salpeterluftteilchen und treiben diese mit Gewalt aus ihrem Verbund. Da sie von ihnen gewaltsam herausgerissen und in heftige Bewegung versetzt wurden, wird dadurch eine Flamme entfacht, wie unten ausführlicher gezeigt werden soll.

Ferner darf man annehmen, dass die Luftteilchen, die in der angegebenen Weise ihrer Salpeterluftteilchen beraubt wurden, nicht nur ungeeignet werden, das Feuer aufrechtzuerhalten, sondern darüber hinaus von starren in biegsame [Teilchen] übergehen und folglich ihrer Elastizität beraubt werden. Die Starrheit der Luftteilchen geht nämlich auf die Salpeterluftteilchen zu-

rück, die in diese fest eingelagert sind, ihre Elastizität auf die Festigkeit der letzteren, wie ich oben zu zeigen versucht habe.

(Mayow, John: Tractatus Quinque ..., hier S. 114 – 117. – Dtsch.: Untersuchungen über den Salpeter ..., hier S. 30 – 31. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Donnan)

Kommentar:

In seiner korpuskulartheoretischen Deutung der Verbrennung lehnte sich Mayow an die Materietheorie von Descartes an, ohne ihr in allen Details zu folgen. Nach Mayow sind die „Feuerluftteilchen“ (*particulae igneo-aëreae*) oder „Salpeterluftteilchen“ (*particulae nitro-aëreae*) den eigentlichen Luftteilchen eingefügt und bilden deren beweglicheren Teil. Die normalen Luftteilchen (*particulae aëreae*) sind verzweigt und haften aneinander, die Salpeterluftteilchen dagegen sind sehr fein, beweglich usw. Beim Vorgang des Verbrennens – Mayow spricht stattdessen oft vom „Anfachen eines Feuers“ – treffen die sich schnell bewegenden brennbaren Teilchen einer brennenden Substanz auf die nächstliegenden Luftteilchen auf und treiben die daran befestigten Salpeterluftteilchen aus. Diese erzeugen eine Flamme, während die Luft einen Teil ihrer Elastizität verliert.

### **Text 7. Stahl: Definition des Phlogistons und sein Verhältnis zum Feuer**

Das erste nun, was bei dem sulfurischen oder schwefligen Prinzip oder Urstoff zu bedenken ist, ist

1. sein Verhältnis zum Feuer. ...

Nachdem ich den Plan meines Vorgehens genannt habe, kann ich mit gutem Grund zum ersten Punkt folgendes sagen: Zum Feuer verhält sich dieses Schwefel-Prinzip derart, dass es nicht nur vorwiegend, sondern tatsächlich und allein dasjenige Etwas ist, das zu der eigentlichen Feuer-Bewegung am geeignetsten ist, ja, gleichsam dazu geschaffen und bestimmt ist. Auch stellt es sinnvollerweise das körperliche Feuer dar, die eigentliche Feuermaterie, den wahren Urstoff der Feuer-Bewegung in allen brennbaren Verbindungen. Aber außerhalb der Verbindungen gibt es entweder gar kein Feuer ab, sonder zerstreut sich und verfliegt in die unsichtbare Feinheit, oder aber es stellt nur ein weitverteiltes, unsichtbares Feuer, nämlich die Wärme, dar und bildet diese.

Es ist weiterhin wichtig festzustellen, dass diese Feuermaterie für sich allein – ohne Mithilfe und Mitwirkung anderer Dinge, insbesondere der Luft und des Wassers – nicht als flüchtig oder sich zerstreud angenommen werden darf. Wenn es aber einmal durch die Feuer-Bewegung unter Beteiligung der freien Luft zerstreut und verflogen ist, dann wird es dadurch in eine solche allen Sinnen unerkennbare Feinheit und unermessliche Ausbreitung zerstreut, dass von da an keine bekannte menschliche Wissenschaft mehr die Macht hat, es zu erkennen, und keine menschliche Kunst, es wieder zusammenzubringen, zu verdichten und zu vereinigen, zumal wenn dies häufig und schnell geschehen sollte. Wie unerdenklich fein oder subtil aber dieses Etwas durch die Feuer-Bewegung wird, dafür wird eine Erfahrung oder ein Experiment anzu-

führen sein, das nachdenkliche Überlegung erfordert, aber auch Vergnügen bringt.

Aufgrund aller dieser Umstände habe ich gemeint, dass man ihm keine passendere Benennung als „das erste, eigentliche, grundlegende, brennbare Etwas“ geben könne. Denn da man es für sich allein, außerhalb aller Verbindung und Vereinigung mit anderer Materie, bisher nirgends finden oder erkennen kann und man daher keinen Grund und keine Gelegenheit hatte, ihm eine seiner charakteristischen Eigenschaft entsprechende Beschreibung oder treffende Benennung zu geben, ist es meines Erachtens das Vernünftigste, wenn man es nach seinen allgemeinen Wirkungen benennt, die es in verschiedenen Verbindungen zeigt, insbesondere in denen, wo es sozusagen am wenigsten verbunden ist. Deshalb habe ich es mit dem griechischen Namen „phlogiston“, zu Deutsch „brennbar“, belegt.

Jedoch ist bei dieser Eigenschaft wohl zu merken, dass dennoch dieses Etwas, solange es sich in einem sinnlich wahrnehmbaren oder fühlbaren Zusammenhalt befindet, vom Feuer allein nicht zerstört, zerstreut oder verflüchtigt werden kann, sondern, wenn die freie Luft es nicht verführen kann, in der größten Glut bestehen und ausdauern kann, solange die Welt besteht, und zwar ohne irgendeine bisher bewusste oder bekannte Veränderung.

(Stahl, Georg Ernst: Zufällige Gedancken und nützliche Bedencken über den Streit von dem sogenannten Sulphure, und zwar sowohl dem gemeinen, verbrennlichen oder flüchtigen als unverbrennlichen oder fixen. Halle 1718, S. 77 – 80. – Eigene Übertragung ins Neuhochdeutsche)

Kommentar:

In diesem Textabschnitt äußert Stahl, der Begründer der Phlogistontheorie, einige grundlegende Gedanken über das Prinzip der Brennbarkeit, für das er den Namen Phlogiston prägte. Er bezeichnet es zwar einleitend auch als ein „schwefliges Prinzip“, aber dies ist nur noch eine aus der Tradition übernommene Redeweise und hat nichts mehr mit dem paracelsischen Prinzip Schwefel zu tun. Das Phlogiston ist für Stahl ein materielles Prinzip, d.h. eine unzerstörbare materielle Substanz. Es wird beim Verbrennen aus der brennbaren Substanz freigesetzt und verteilt sich unter Mithilfe der Luft zu einer außerordentlich großen Feinheit. Daraus kann man folgern, dass nach Stahl das Phlogiston immer an einen Träger gebunden ist, in diesem Fall entweder an den brennbaren Stoff oder an die Luft. Das Verhältnis zum Feuer und zur Flamme ist hier nicht ganz klar, aber aus anderen Stellen geht hervor, dass das Phlogiston beim Verbrennen eine heftige Bewegung der verbrennenden Materie verursachen sollte, was dann mit der Flamme identisch sein sollte.

Von den Fachausdrücken, die aus Stahls barockem Deutsch ins Neuhochdeutsche übertragen wurden, seien folgend auch im Original-Wortlaut genannt: *sulphurisches* oder *schwefliges Prinzip* oder *Urstoff*: *Sulphurisches oder Schwefelichtes Principium oder Grund=Wesen*; das erste, eigentliche, grundlegende, brennbare Etwas: *das erste, eigentliche, gründliche, brennliche Wesen*; brennbare Verbindungen: *brennliche Vermischungen*.

### Text 8. Cavendish: Deutung der „brennbaren Luft“ (Wasserstoff) als Phlogiston beim Auflösen von Metallen in verdünnten Säuren

Es scheint demnach wahrscheinlich, dass wenn eine der oben erwähnten metallischen Substanzen in Salzsäure oder der verdünnten Schwefelsäure gelöst wird, dass dann deren Phlogiston entweicht, ohne dass dessen Natur durch die Säure verändert wird, und die brennbare Luft bildet; dass aber, wenn sie in der Salpetersäure gelöst werden oder wenn sie sich durch Erhitzen mit der Schwefelsäure vereinigen, ihr Phlogiston sich mit einem Teil der für ihre Lösung verwendeten Säure verbindet und mit dieser in Form von Dämpfen entweicht, wobei das Phlogiston durch die Vereinigung seine Eigenschaft der Brennbarkeit verliert. Die flüchtigen schwefligen Dämpfe, die durch die Vereinigung dieser metallischen Substanzen durch Hitze mit der unverdünnten Schwefelsäure erzeugt werden, zeigen deutlich, dass sich in diesem Fall ihr Phlogiston mit der Säure verbindet; denn es ist gut bekannt, dass die Vitriol-schwefelsäure aus normaler Schwefelsäure besteht, die mit Phlogiston vereinigt ist. Es ist ebenfalls äußerst wahrscheinlich, dass derselbe Vorgang eintritt, wenn man diese metallischen Substanzen in der Salpetersäure löst; obgleich die während der Auflösung erzeugten Dämpfe zum großen Teil einfach aus der Salpetersäure zu bestehen scheinen, hat es dennoch wegen ihres durchdringenden Geruchs und aus anderen Gründen den Anschein, dass die Säure irgendeine Änderung in ihrer Natur erfahren haben muss, die kaum etwas anderem zugeschrieben werden kann als ihrer Vereinigung mit dem Phlogiston. Was die brennbare Luft betrifft, die durch Auflösen dieser Substanzen in Salzsäure oder der verdünnten Schwefelsäure erzeugt wird, so gibt es guten Grund zu der Annahme, dass sie in ihrer Zusammensetzung nichts von der Säure enthält.

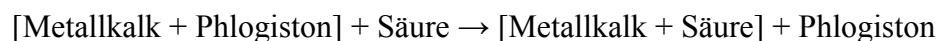
(Cavendish, Henry: Three Papers, containing Experiments on Factitious Air. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 56 (1766), 141 – 184, hier S. 145 – 146. – Abgedr. in: The Scientific Papers of the Honourable Henry Cavendish. Bd. 2. Hrsg. von Edward Thorpe. Cambridge 1921, S. 77 – 101, hier S. 79 – 80. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Cavendish untersuchte in diesem Teil seiner Arbeit die Auflösung von Metallen in Mineralsäuren. Beim Auflösen unedler Metalle in Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure erhielt er ein brennbares Gas, das er „brennbare Luft“ (*inflammable air*) nannte und das Wasserstoff darstellt. Cavendish, der die Eigenschaften dieses von ihm entdeckten Gases untersuchte, nahm an, dass diese „brennbare Luft“ mit dem lange gesuchten Phlogiston identisch sei. Die von ihm ausgeführte Reaktion



lässt sich in den Anschauungen der Phlogistontheorie mühelos formulieren:



Das Phlogiston stammte also aus dem Metall, was genau der Phlogistontheorie entspricht. Nicht immer verläuft die Umsetzung von Metallen mit Mineralsäuren che-

misch so einfach. Bei Verwendung von konzentrierter Schwefelsäure („Vitriolschwefelsäure“, *vitriolic sulphureous acid*) entweicht auch Schwefeldioxid („flüchtige schweflige Dämpfe“, *volatile sulphureous fumes*), während bei Salpetersäure (*nitrous acid*), wenn sie etwas konzentrierter ist, nitrose Gase, d.h. Stickstoffoxide gebildet werden.

**Text 9. Priestley: „Dephlogistierte Luft“ (Sauerstoff) eine Verbindung aus Salpetersäure und einer „Erde“**

Nachdem ich nun völlig zufriedengestellt war hinsichtlich der Natur dieser neuen Luftart – d.h. da sie mehr Phlogiston aus salpetriger Luft aufnehmen kann, enthält sie ursprünglich weniger von diesem Prinzip –, befasste sich meine nächste Untersuchung damit, auf welche Art und Weise es geschieht, dass sie so rein wird oder, wissenschaftlich ausgedrückt, so sehr dephlogistiert wird. Da Mennige die gleiche Luftart wie „Mercurius calcinatus“ gibt, obgleich sie mit fixer Luft vermischt ist, und da sie ein viel billigeres Material darstellt, untersuchte ich als nächstes alle Präparate des Bleis, die durch Erhitzen an der Luft hergestellt werden, um zu sehen, welche Luftart sie ergeben würden, und begann mit dem grauen Bleikalk und endete mit Bleiglätte.  
...

Obgleich sich bei diesen Experimenten ein Unterschied ergab, auf den ich nachher eingehen werde, war ich nun überzeugt, dass es die Salpetersäure war, welche von der Mennige aus der Luft aufgenommen worden war und letztere befähigt hatte, die dephlogistierte Luft zu bilden, was meiner ursprünglichen Vermutung entsprach. Da ich also fand, wie man im folgenden Abschnitt sehen wird, dass dieselbe Luftart gebildet wird, wenn man irgendeine Erde, die frei von Phlogiston ist, mit Salpetersäure anfeuchtet und wenn man, wie ich es getan habe, die Mennige wie im zuletzt erwähnten Experiment behandelt, hatte ich keinen Zweifel daran, dass nämlich die atmosphärische Luft oder das Etwas, das wir atmen, aus Salpetersäure und einer Erde besteht, mit so viel Phlogiston, wie für ihre Elastizität erforderlich ist, und ferner so viel mehr, wie benötigt wird, um sie von ihrem Zustand der vollkommenen Reinheit in die mittelmäßige Beschaffenheit zu bringen, in der wir sie vorfinden.

(Priestley, Joseph: Of Dephlogisticated Air and of the Constitution of the Atmosphere. In: Experiments and Observations on Different Kinds of Air. 2. Aufl. Bd. 2. London 1776, S. 29 – 61, hier S. 48 – 49, 54 – 55. – Abgedr. in: The Discovery of Oxygen. Part I. Experiments by Joseph Priestley (1775) (= Alembic Club Reprints. Bd. 7). Edinburgh; London 1923, S. 19, 23. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Priestley beschreibt in seiner Veröffentlichung die Entdeckung einer neuen Luftart, die in der normalen Luft enthalten war und Verbrennung und Atmung förderte – es handelte sich um den Sauerstoff. Er bezeichnet dieses Gas in der hier wiedergegebenen Textstelle zum ersten Mal als „dephlogistierte Luft“ (*dephlogisticated air*), denn er nahm an, dass diese Luftart nur wenig oder kein Phlogiston enthielt und erst bei der Verbrennung oder Verkalkung Phlogiston aufnahm. Er führte seine Versuche zunächst mit „Mercurius calcinatus per se“ aus, dem roten oder gelben Quecksil-

ber(II)-oxid  $\text{HgO}$ , das er mittels eines Brennglases in seine Komponenten zerlegte. Da dies ein sehr teures Präparat war und er bei der Mennige (rotes Bleioxid  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , engl. *red lead*) dieselbe Luftart erhalten hatte, nur etwas verunreinigt durch „fixe Luft“ (Kohlendioxid  $\text{CO}_2$ , *fixed air*), führte er seine nächsten Versuche mit Verbindungen des Bleis aus, darunter die Bleiglätte (gelbes Bleioxid  $\text{PbO}$ , *litharge*). Er untersuchte die neue Luftart mit Hilfe der von ihm entdeckten „salpetrigen Luft“ (Stickstoffmonoxid  $\text{NO}$ , *nitrous air*). Diese ist ein farbloses Gas, das sich in Berührung mit atmosphärischer Luft oder Sauerstoff unter Bildung von Stickstoffdioxid  $\text{NO}_2$  rotbraun färbt; dieses wiederum löst sich in Wasser und bildet Salpetersäure  $\text{HNO}_3$  (*spirit of nitre*, *nitrous acid*). Aufgrund dieser experimentell gefundenen Zusammenhänge kam Priestley zu dem Schluss, dass die „dephlogistierte Luft“ aus Salpetersäure und irgendeiner erdartigen Substanz bestehe.

**Text 10. Scheele: Verbrennungswärme entsteht durch Vereinigung von „Feuerluft“ (Sauerstoff) mit Phlogiston**

Daher bekomme ich Anlass zu vermuten, dass bei jeder Verbindung des Phlogistons mit der Luft eine Hitze erzeugt wird und folglich die Hitze aus derjenigen Luft, welche ein Drittel in der allgemeinen Luft ausmacht, und einem brennbaren Prinzip zusammengesetzt ist. Diese Hitze ist es, welche bei der Destillation der konzentrierten Salpetersäure zerlegt und in ihre Bestandteile aufgelöst wird; sie verdankt ihr Dasein dem Feuer, mit dem die Destillation unterhalten wird. Sie ist zunächst aus der Luft, ohne welche kein Feuer gedacht werden kann, und dem Phlogiston der Kohlen zusammengesetzt, dringt dann durch Kapelle, Sand und Retorte und trifft hier auf eine Materie, welche das Brennbare stärker als die mit ihr verbundene Luft anzieht. Folglich wird die Hitze zersetzt, und die Salpetersäure erhält dadurch eine dunkle Röte. Die Luft, welche vorher durch das Phlogiston so unbegreiflich fein verteilt war, bekommt ihre vorige Eigenschaft [zurück], sie wird mit Hilfe der sie begleitenden Säure, welche durch die Hitze elastischer geworden ist, mit in den Rezipienten gestoßen. Hier ist der Ort, wo sie wieder imstande ist, Brennbare anzuziehen, und da hier mehr von dieser Art Luft als in der gemeinen Luft vorhanden ist, ist es kein Wunder, dass die Flamme auch hier stärker und heller brennen muss. So fremd, wie mir diese Meinung anfangs vorkam, so fremd wird sie gewiss auch meinen Lesern vorkommen. ...

Da diese Luft unbedingt zur Entstehung des Feuers erforderlich ist und etwa ein Drittel in unserer allgemeinen [Luft] ausmacht, werde ich sie künftig der Kürze halber die Feuerluft nennen. Die andere Luft aber, welche zu einer Feuererscheinung überhaupt nicht geeignet ist und welche in unserer Luft etwa zwei Drittel ausmacht, will ich im Folgenden mit dem bereits bekannten Namen verdorbene Luft belegen.

(Scheele, Carl Wilhelm: Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer. Upsala und Leipzig 1777. 2. Aufl. Leipzig 1782. – Abgedr. in: Sämtliche physische und chemische Werke. Hrsg. von Sigismund Friedrich Hermbstädt (nach der 2. Aufl.). Bd. 1. Berlin 1793, S. 1 – 244, hier S. 84 – 85, 87. Abgedr.: Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer. Hrsg. von Wilhelm Ostwald (= Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Bd. 58). Leipzig 1894, S. 24 – 26. – Rechtschreibung und Ausdruck dem heutigen Sprachgebrauch angeglichen)

Kommentar:

Scheele entdeckte unabhängig von Priestley den Sauerstoff. In den Abschnitten, aus denen dieser Text ausgewählt wurde, beschäftigt er sich mit der Frage, weshalb bei der Destillation von konzentrierter Salpetersäure in der Endphase ein in die Vorlage hineingestelltes Licht wesentlich heller brennt als in normaler Luft. Nach den heutigen Erkenntnissen handelte es sich bei dem Gas in der Vorlage nicht um Sauerstoff, sondern es entstanden Stickstoffoxide, die ebenfalls die Verbrennung fördern. Der Versuchsaufbau lässt sich anhand der erwähnten Stichwörter nachvollziehen: ein Ofen mit Kohlen, darauf eine Keramikschale (Kapelle) mit einem Sandbad und einer Retorte, daran angeschlossen eine Vorlage (Rezipient). Scheele zog aus diesem und anderen Versuchen den Schluss, dass in der normalen Luft zu etwa einem Drittel eine Luftart enthalten sei, die für ein Feuer unentbehrlich war. Er nannte diese neue Luftart „Feuerluft“, während er für die restlichen zwei Drittel der Luft die Bezeichnung „verdorbene Luft“ übernahm. Scheele stellte die zunächst selbst für ihn fremdartige These auf, dass die Wärme oder Hitze, die bei der Verbrennung auftrat, aus Phlogiston und der „Feuerluft“ zusammengesetzt sei, entsprechend folgender Formulierung:

$$\text{Hitze} = \text{Phlogiston} + \text{Feuerluft}$$

Im vorliegenden Beispiel drang die Hitze des Kohlenfeuers durch das Sandbad in die Retorte, und die zum Sieden erhitzte Salpetersäure entriss der stofflich gedachten Hitze das Phlogiston, so dass sich in der Vorlage die Feuerluft ansammelte. Hier konnte die Feuerluft wieder mit Brennbarem reagieren, indem sie sich mit dessen Phlogiston verband.

### **Text 11. Lavoisier: Erste Formulierung seiner Oxidationstheorie**

Man beobachtet im allgemeinen bei der Verbrennung der Körper vier gleichbleibende Phänomene, die Gesetze zu sein scheinen, von denen die Natur niemals abgeht ...:

Erstes Phänomen: Bei jeder Verbrennung findet eine Freisetzung von Feuer- und Lichtmaterie statt.

Zweites Phänomen: Die Körper können nur in einer sehr kleinen Zahl von Luftarten verbrennen, oder vielmehr kann Verbrennung sogar nur in einer einzigen Luftart stattfinden, nämlich in der, die Priestley dephlogistierte Luft genannt hat und die ich hier reine Luft nennen möchte. Es ist nicht nur so, dass die Körper, die wir als brennbare bezeichnen, weder im Vakuum noch in einer anderen Luftart brennen, sondern sie verlöschen im Gegenteil so schnell darin, als ob man sie ins Wasser oder irgendeine andere Flüssigkeit tauchte.

Drittes Phänomen: Bei jeder Verbrennung findet eine Zerstörung oder Zersetzung der reinen Luft statt, in der die Verbrennung abläuft, und der verbrannte Körper nimmt genau im Verhältnis der Menge der zerstörten oder zersetzten Luft an Gewicht zu.

Viertes Phänomen: Bei jeder Verbrennung wandelt sich der verbrannte Körper durch die Hinzufügung der Substanz, die sein Gewicht vermehrte, in eine

Säure um. Wenn man beispielweise Schwefel unter einer Glasglocke verbrennt, ist das Verbrennungsprodukt Schwefelsäure; wenn man Phosphor verbrennt, ist das Verbrennungsprodukt Phosphorsäure; wenn man eine kohlenstoffhaltige Substanz verbrennt, ist das Verbrennungsprodukt fixe Luft, auch Kreidesäure genannt, usw.

Die Calcination der Metalle ist genau denselben Gesetzen unterworfen, und Macquer hat vollkommen Recht, wenn er sie als eine langsame Verbrennung betrachtet hat. So findet 1. bei jeder Calcination von Metallen eine Freisetzung von Feuermaterie statt; 2. kann eine echte Calcination nur in der reinen Luft vor sich gehen; 3. tritt eine Verbindung der Luft mit dem calcinierten Körper ein, aber mit dem Unterschied, dass statt einer Säure eine besondere Verbindung entsteht, die unter dem Namen Metallkalk bekannt ist.

Es ist hier nicht der Ort, die Analogie aufzuzeigen, die zwischen der tierischen Atmung, der Verbrennung und der Calcination besteht; ich werde darauf im Laufe dieser Abhandlung zurückkommen. ...

Die reine Luft, die Priestley dephlogistierte Luft nennt, ist demnach eine feuerartige Verbindung, in welche die Feuer- oder Lichtmaterie als Lösungsmittel eintritt und eine andere Substanz als Basis. Wenn man nun in irgendeiner Lösung der Basis eine Substanz anbietet, zu der sie mehr Affinität hat, verbindet sich diese sofort mit ihr, und das Lösungsmittel, das sie verlassen hat, wird in Freiheit gesetzt.

Dasselbe geschieht mit der Luft bei der Verbrennung: Der verbrennende Körper entreißt der Luft ihre Basis; sobald die Feuermaterie, die ihr als Lösungsmittel diente, frei wird, bekommt sie alle ihre Rechte zurück und entweicht mit den Charakteristika, die man von ihr kennt, nämlich mit Flamme, Wärme und Licht.

(Lavoisier, Antoine Laurent: *Mémoire sur la combustion en général* (Sept. 1777). *Histoire de l'Académie Royale des Sciences, avec les Mémoires de Mathématique et de Physique* (1777, erschienen 1780), 592 – 600, hier S. 593 – 594, 596. – Abgedr. in: *Oeuvres de Lavoisier*. Bd. 2. Paris 1862, S. 225 – 233, hier S. 226 – 227, 229. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Nachdem Lavoisier seit 1772 Versuche zur Verbrennung und Calcination ausgeführt und veröffentlicht hatte, stellte er mit einer 1777 eingereichten Abhandlung zum ersten Mal seine neue Verbrennungstheorie vor. Vorausgegangen war auch Joseph Priestleys Entdeckung des Sauerstoffs im Jahr 1774. Nach seiner Theorie – später Oxidationstheorie genannt – ist in der normalen Luft eine Luftart enthalten, die für die Verbrennung verantwortlich ist. Priestley hatte sie im Sinne der Phlogistontheorie „dephlogistierte Luft“ genannt, während Lavoisier sie hier als „reine Luft“ (*air pur*) bezeichnet – es handelt sich um den Sauerstoff. Die „reine Luft“ sollte aus einer Basisubstanz (*base*) bestehen, die er bald darauf „säurebildendes Prinzip“ (*principe oxygine*) nannte, und einer gewichtslosen Feuermaterie (*matière du feu*). Bei der Verbrennung wurde die „reine Luft“ in ihre beiden Komponenten zerlegt, und der verbrannte Stoff nahm durch Vereinigung mit der „Basis“ genau so viel an Gewicht

zu, wie von der „reinen Luft“ zersetzt worden war. Bei der Verbrennung entsteht nach Lavoisiers Ansicht eine Säure, wofür er drei Beispiele anführt („fixe Luft“ ist Kohlendioxid bzw. Kohlensäure). Auch die Calcination der Metalle sollte nach demselben Muster ablaufen, nur dass hier keine Säuren gebildet wurden, sondern Metallkalke (Oxide). Der in diesem Zusammenhang erwähnte Pierre Joseph Macquer (1718 – 1784) war Professor für Chemie am Jardin du Roi in Paris. Lavoisier weist darauf hin, dass sich auch bei der Atmung analoge Vorgänge abspielen.

**Text 12. Cavendish: Synthese des Wassers aus „brennbarer Luft“ (Wasserstoff) und „dephlogistierter Luft“ (Sauerstoff) und deren Deutung nach der Phlogistontheorie**

Nach den vorausgegangenen Experimenten scheint es, dass wenn man eine Mischung von brennbarer und dephlogistierter Luft in einem solchen Mengenverhältnis zur Explosion bringt, dass die verbrannte Luft nicht sehr phlogistiert ist, dass dann die kondensierte Flüssigkeit ein wenig Säure enthält, welche immer von nitroser Art ist, gleichgültig, von welcher Substanz die dephlogistierte Luft geliefert wurde; aber wenn das Mengenverhältnis derart ist, dass die verbrannte Luft fast vollständig phlogistiert ist, dass dann die kondensierte Flüssigkeit überhaupt nicht sauer ist, sondern reines Wasser zu sein scheint, ohne eine Beimengung irgendeiner Art; und da, wenn sie in jenem Mischungsverhältnis gemischt werden, sehr wenig Luft nach der Explosion übrigbleibt, während fast die gesamte Menge kondensiert wird, folgt daraus, dass fast die gesamte Menge der brennbaren und der dephlogistierten Luft in reines Wasser übergeführt wird. ...

Ich denke, wir müssen zulassen, dass dephlogistierte Luft in Wirklichkeit nichts anderes ist als dephlogistiertes Wasser oder Wasser, dem sein Phlogiston weggenommen wurde, oder, mit anderen Worten, dass Wasser aus dephlogistierter Luft besteht, die mit Phlogiston vereinigt ist, und dass brennbare Luft entweder reines Phlogiston ist, wie Dr. Priestley und Mr. Kirwan annehmen, oder aber Wasser, das mit Phlogiston vereinigt ist, denn entsprechend dieser Annahme vereinigen sich diese Substanzen miteinander, um reines Wasser zu bilden. ... Nach dem, was gesagt wurde, besteht der beste Grund sich vorzustellen, dass dephlogistierte Luft nur Wasser ist, dem sein Phlogiston weggenommen wurde, und dass brennbare Luft, wie vorhin gesagt wurde, entweder phlogistiertes Wasser oder aber reines Phlogiston ist, aber aller Wahrscheinlichkeit nach das erstere. ...

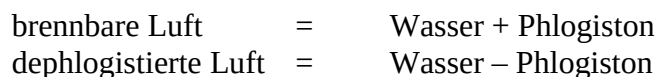
Es gibt mehrere Abhandlungen von Mr. Lavoisier, die von der Akademie der Wissenschaften veröffentlicht wurden, in denen er das Phlogiston völlig verwirft und diese Phänomene, welche normalerweise dem Verlust oder der Anziehung jener Substanz zugeschrieben worden sind, durch die Absorption oder Austreibung von dephlogistierter Luft erklärt. ... Entsprechend dieser Hypothese müssen wir annehmen, dass Wasser aus brennbarer Luft besteht, die mit dephlogistierter Luft vereinigt ist; ... und in der Tat, da die Zugabe von dephlogistierter Luft zu einem Körper auf dasselbe hinausläuft wie wenn man ihm sein Phlogiston wegnimmt und Wasser zusetzt, und da es vielleicht keine Körper gibt, die überhaupt kein Wasser enthalten, und da ich keine Art und Weise kenne, durch welche Phlogiston von einem auf einen anderen Körper übertragen werden kann, ohne dass es ungewiss bleibt, ob nicht gleichzeitig

Wasser übertragen wird, wird es sehr schwierig sein, durch das Experiment zu entscheiden, welche von beiden Meinungen der Wahrheit am nächsten kommt; aber da das allgemein anerkannte Prinzip des Phlogistons alle Phänomene erklärt, jedenfalls ebenso gut wie Lavoisiers [Ansichten], habe ich daran festgehalten.

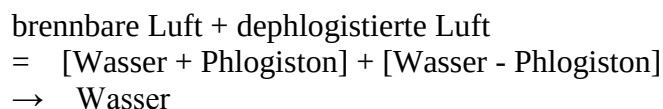
(Cavendish, Henry: Experiments on Air. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 74 (1784), 119 – 153, hier S. 133, 137, 140, 150, 152. – Abgedr. in: The Scientific Papers of the Honourable Henry Cavendish. Bd. 2. Hrsg. von Edward Thorpe. Cambridge 1921, S. 161 – 181, hier S. 169 – 173, 179 – 181. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Cavendish hatte sich schon etwa drei Jahr mit den Verbrennungsprodukten des von ihm entdeckten Wasserstoffs beschäftigt. Er zögerte mit einer Veröffentlichung, da er außer Wasser eine kleine Menge einer Säure unbekannter Herkunft gefunden hatte. Cavendish konnte dann die Fehlerquelle ausschalten, wobei es sich um „nitrose Gase“ handelte, d.h. um Oxide des Stickstoffs, die sich bildeten, wenn der Sauerstoff Stickstoff enthielt. Er fand, dass beim richtigen Mengenverhältnis durch Verbrennen von „brennbarer Luft“ (*inflammable air*, Wasserstoff) mit „dephlogistierter Luft“ (*dephlogisticated air*, Sauerstoff) nichts anderes als reines Wasser entsteht. Cavendish hatte, als er die „brennbare Luft“ entdeckte, diese mit dem lange gesuchten Phlogiston gleichgesetzt (siehe Text 8). Jetzt bevorzugte er eine andere Interpretation: Die „dephlogistierte Luft“ sollte Wasser sein, dem sein Phlogiston weggenommen wurde, die „brennbare Luft“ Wasser, das mit Phlogiston angereichert war. Vereinigte man die beiden Luftarten, dann fand eine Umverteilung des Phlogistons statt, und es bildete sich Wasser. Dies lässt sich mit Formeln wie folgt veranschaulichen:



Daraus folgt für die Vereinigung der beiden Luftarten:



Der im Text erwähnte irische Chemiker Richard Kirwan (1733 – 1812) setzte die „brennbare Luft“ mit dem Phlogiston gleich und trat später – anders als Cavendish – zu Lavoisiers Oxidationstheorie über. Den letzten Abschnitt seines Aufsatzes fügte Cavendish kurz vor der Drucklegung hinzu. Er ging dort auf Lavoisiers System ein, das auf der Aufnahme oder Abspaltung von „dephlogistierter Luft“ (Sauerstoff) beruhte. Demnach sei Wasser aus „brennbarer Luft“ und „dephlogistierter Luft“ aufgebaut. Es sei jedoch experimentell schwer zu entscheiden, welche von beiden im Grunde gleichwertigen Deutungen zutreffe, und so bleibe er bei dem allgemein anerkannten Prinzip des Phlogistons.

### Text 13. Lavoisier: Endgültige Abkehr von der Phlogistontheorie

In der Folge der Abhandlungen, die ich der Akademie mitgeteilt habe, habe ich die wichtigsten Phänomene der Chemie vorgestellt; ich habe diejenigen betont, welche die Verbrennung, die Calcination der Metalle und allgemein alle Operationen begleiten, bei denen eine Absorption oder Fixierung von Luft stattfindet. Ich habe alle diese Erklärungen von einem einfachen Prinzip abgeleitet, nämlich, dass die reine Luft, die Lebensluft aus einem besonderen Prinzip zusammengesetzt ist, das ihr eigen ist, ihre Basis bildet und das ich „säurebildendes Prinzip“ genannt habe, verbunden mit der Materie des Feuers und der Wärme. Wenn man dieses Prinzip einmal zulässt, scheinen die wichtigsten Schwierigkeiten der Chemie zu verschwinden und sich aufzulösen, und alle Phänomene lassen sich mit einer erstaunlichen Einfachheit erklären.

Aber wenn sich alles in der Chemie auf befriedigende Weise ohne Zuhilfenahme des Phlogistons erklären lässt, dann ist es allein dadurch äußerst wahrscheinlich, dass dieses Prinzip nicht existiert, dass es ein hypothetisches Ding ist, eine unbegründete Annahme; und in der Tat gehört es zu den Prinzipien einer guten Logik, die Dinge nicht ohne Notwendigkeit zu vervielfachen. Vielleicht hätte ich mich an diese negativen Beweise halten und damit zufrieden geben können, bewiesen zu haben, dass man den Phänomenen ohne das Phlogiston gerechter wird als mit dem Phlogiston, aber es ist jetzt an der Zeit, dass ich mich in einer präziseren und formelleren Weise über eine Anschauung äußere, die ich als einen für die Chemie verhängnisvollen Irrtum betrachte und die mir durch die schlechte Art des Philosophierens, mit der sie eingeführt wurde, den Fortschritt [der Chemie] beträchtlich verzögert zu haben scheint.

Ich bitte meine Leser, wenn sie diese Abhandlung [zu lesen] beginnen, soweit es möglich ist, jedes Vorurteil abzulegen, in den Fakten nichts anderes zu sehen, als was sie darbieten, daraus alles zu verbannen, was das Urteil darüber vermutet hat, sich in die Zeiten vor Stahl zu versetzen und für einen Augenblick, wenn es möglich ist, zu vergessen, dass seine Theorie existiert hat.

In der Epoche, als Stahl schrieb, waren die grundlegenden Phänomene der Verbrennung noch unbekannt. ... Nichts war in der Tat natürlicher als zu sagen, dass die brennbaren Körper entflammt werden, weil sie ein entflammbares Prinzip enthalten. Aber man verdankt Stahl zwei wichtige Entdeckungen, unabhängig von jedem System, von jeder Hypothese, die ewige Wahrheiten sein werden: Erstens, dass die Metalle brennbare Körper sind, dass die Calcination eine echte Verbrennung ist und dass sich daraus alle diese Phänomene erklären. ...

Die zweite Entdeckung, die man Stahl zu verdanken hat und die noch wichtiger ist, ist die, dass die Eigenschaft zu brennen, entflammbar zu sein, von einem Körper auf einen anderen übertragen werden kann. Wenn man z.B. Kohle, die brennbar ist, mit Schwefelsäure mischt, die nicht brennbar ist, wandelt sich die Schwefelsäure in Schwefel um; sie erlangt die Eigenschaft zu brennen, während die Kohle sie verliert. ...

Diese Theorie von Stahl über die Calcination der Metalle und über die Verbrennung allgemein trug nicht einem sehr früh beobachteten Phänomen Rechnung, das von Boyle verifiziert wurde und das heute eine unbestrittene Wahrheit geworden ist, dass nämlich alle brennbaren Körper während der Zeit, in der sie brennen oder calciniert werden, an Gewicht zunehmen; dies ist es, was man auf eine eklatante Weise vor allem bei den Metallen, beim Schwefel, beim Phosphor usw. beobachtet. Nun – im System von Stahl entweicht aus den Metallen, während man sie calciniert, und aus den brennbaren Körpern, die verbrennen, Phlogiston, das ein Prinzip mit einem Gewicht ist; sie müssten also eine gewisse Menge ihres Gewichts verlieren, statt etwas davon zu erlangen.

(Lavoisier, Antoine Laurent: *Réflexions sur le phlogistique, pour servir de développement à la théorie de la combustion & de la calcination*, publiée en 1777 (vorgetragen Juni 1785). *Histoire de l'Académie Royale des Sciences, avec les Mémoires de Mathématique et de Physique* (1783, erschienen 1786), 505 – 538, hier S. 505 – 508. – Abgedr. in: *Oeuvres de Lavoisier*. Bd. 2. Paris 1862, S. 623 – 655, hier S. 623 – 626. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Als Lavoisier 1785 den Inhalt seines Aufsatzes vortrug, war er sich seiner Oxidationstheorie ganz sicher, und die letzten Unstimmigkeiten und Zweifel waren beseitigt. Erst jetzt trennte er sich endgültig von der Phlogistontheorie und bezeichnete sie als einen für die Chemie verhängnisvollen Irrtum, der den wissenschaftlichen Fortschritt erheblich verzögert habe. Wie aus dem hier nicht wiedergegebenen Text hervorgeht, richtete sich seine Kritik nicht so sehr gegen Stahl, sondern gegen die phlogistischen Ansichten seiner Zeitgenossen. Von Stahl sprach er weiterhin mit Hochachtung und schrieb ihm zwei wichtige Entdeckungen zu: dass die Calcination der Metalle eine Verbrennung darstelle und dass die Eigenschaft der Brennbarkeit von einem Stoff auf einen anderen übertragen werden könne. Er kritisierte an der Phlogistontheorie vor allem, dass sie nicht die Tatsache berücksichtigt habe, dass die Stoffe bei der Verbrennung oder Calcination an Gewicht zunehmen. Wenn das Phlogiston ein stoffliches Prinzip sei, dann müsse es ein Gewicht haben, und folglich sollten die Stoffe beim Entweichen des Phlogistons leichter und nicht schwerer werden.

## 18 Affinität der Stoffe

### **Text 1. Glauber: Beispiele für die unterschiedliche Affinität der Stoffe gegenüber dem „sauren Geist“ und der „fixen Flüssigkeit“**

Es müssen also die Extreme, der Anfang und das Ende, das primum ens und das ultimum esse, das Flüchtigste sowie Verbrennlichste und das Fixeste sowie Beständigste, gegen einander gehalten werden. Den gemeinen brennbaren Schwefel, der allen Erzen und metallischen Mineralien anhaftet, wollen wir als den Anfang nehmen und das Feingold als das Ende. Der rohe Schwefel lässt sich mit der „fixen Flüssigkeit“ ganz und gar auflösen, das reife Gold aber lässt sich davon überhaupt nicht beeinflussen, der „saure Geist“ aber löst das Gold und lässt den Schwefel ganz liegen.

Die mittleren Substanzen aber, welche an beiden Naturen teilhaben, als da sind Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Quecksilber und Silber, lassen sich von beiden Naturen lösen, also sowohl von der „fixen Flüssigkeit“ als auch von dem „sauren Geist“. Je mehr aber die Substanz an dem Schwefel teilhat, um so lieber löst die „fixe Flüssigkeit“ sie auf, wie unter den Mineralien den Grauspießglanz, das Auripigment, den gemeinen Schwefel, das Realgar usw., bei den Metallen das Eisen, Kupfer, Zinn und Blei schwer, das Silber noch schwerer, das Quecksilber am allerschwersten, das Gold als das letzte und allerbeste [Metall] überhaupt nicht. [Das Gold], weil es vom überflüssigen und äußeren verbrennenden Schwefel ganz und gar von Natur gereinigt und befreit wurde und die reinste Quecksilber-Substanz von Natur gewaschen und gereift wurde.

Dagegen löst auch der „saure Geist“, wenn er stark genug ist, das oberste Metall bis zum untersten Mineral, und das allerunterste, nämlich den Schwefel, lässt er liegen, aber doch immer das eine Metall lieber als das andere, je nachdem, wie es ihm in seiner Natur verwandt und zugetan ist. Es kann also jeder Chemiker allein durch die Lösung in diesen beiden Lösungsmitteln erfahren, welche Natur und Eigenschaften jedes Metall und Mineral hat. Merke wohl – durch dieses Mittel habe ich herausgefunden, welche Metalle und Mineralien dem Gold am nächsten sind; das ist viel sicherer als das in den Büchern Gelesene.

(Glauber, Johann Rudolph: *Pharmacopoea spagyrica* ... Tl. 2. Amsterdam 1656. – Abgedr. in: *Opera Chymica*, Bücher und Schrifften, ... Frankfurt am Main 1658, S. 49 – 50. – Eigene Übertragung ins Neuhochdeutsche)

Kommentar:

Glauber war ein Vertreter der Drei-Prinzipien-Lehre von Paracelsus, wonach alle Stoffe aus den Prinzipien „Schwefel“, „Quecksilber“ und „Salz“ in unterschiedlichem Mengenverhältnis zusammengesetzt sind. Für das Reaktionsverhalten der Metalle und Mineralien sah er deren Zusammensetzung aus „Schwefel“ und „Quecksilber“ als bestimmend an, wobei der normale Schwefel mit dem höchsten Gehalt an „Schwefel“ das eine Ende, das Gold mit dem höchsten Gehalt an „Quecksilber“ das andere Ende der Skala bildete.

Glauber suchte nach einem besonderen Lösungsmittel, um das Reaktionsverhalten bzw. die Affinität der Stoffe zu untersuchen. Er glaubte es im Salpeter (*nitrum*) gefunden zu haben, genauer gesagt, in zwei davon abgeleiteten „Derivaten“: einem „sauren Geist“ (*spiritus acidus*) und einer „fixen Flüssigkeit“ (*liquor fixus*), wobei „fix“ nichtflüchtig bedeutet. Bei dem „sauren Geist“ handelte es sich um Salpetersäure. Die „fixe Flüssigkeit“ stellte er her, indem er Salpeter mit Holzkohle im Tiegel erhitze, die Schmelze abgoss, nach dem Erkalten pulverisierte und in einem feuchten Raum stehen ließ, wobei sie sich verflüssigte. Es handelte sich, wie man heute weiß, um nichts anderes als Pottasche (Kaliumcarbonat  $K_2CO_3$ ), die schon lange vor Glauber bekannt war.

Mit Hilfe der Drei-Prinzipien-Lehre und der beiden Lösungsmittel gelangte er zu einigen verallgemeinernden Aussagen über die Affinität, die nach seinen Worten darauf beruhte, dass jede Natur ihresgleichen liebte und sich gern damit vereinigte. Die „fixe Flüssigkeit“ löste den normalen Schwefel und griff das Gold nicht an, während der „saure Geist“ das Gold löste und den Schwefel unverändert ließ. Dieses Schema hatte allerdings einen Schönheitsfehler, denn Gold löst sich nicht in Salpetersäure, es sei denn, man hätte zur Salpetersäure Salzsäure zugegeben und so Königswasser hergestellt.

Die Metalle und Mineralien, die zwischen den beiden Extremen lagen und sowohl „Schwefel“ als auch „Quecksilber“ enthielten, lösten sich sowohl in der „fixen Flüssigkeit“ als auch in dem „sauren Geist“. Dabei gab es aber Abstufungen. Je mehr eine Substanz „Schwefel“ enthielt, umso besser löste sie sich in der „fixen Flüssigkeit“ und umso schlechter in dem „sauren Geist“. Analog hierzu wurde eine Substanz umso besser in dem „sauren Geist“ gelöst, je mehr „Quecksilber“ sie enthielt, und umso schlechter in der „fixen Flüssigkeit“. In diesem Zusammenhang sagt er, dass der „saure Geist“ die Metalle mehr oder weniger löse, „je nachdem, wie es ihm in seiner Natur verwandt und zugetan ist“. Bei den Metallen nennt er die traditionellen sieben Metalle, die er durch ihre chemischen Symbole charakterisiert. Hier gibt er bei einigen auch eine Reihenfolge der Löslichkeit in der „fixen Flüssigkeit“ an. Für die gute Löslichkeit in der „fixen Flüssigkeit“ führt er vier Mineralien an: Grauspießglanz (*Antimonium*) ist Antimonsulfid  $Sb_2S_3$ , Auripigment (*Auripigmentum*) gelbes Arsensulfid  $As_2S_3$ , Realgar (*Arsenicum rubrum*) rotes Arsensulfid  $As_4S_4$ , und der gemeine Schwefel (*Sulphur commune*) braucht nicht erklärt zu werden.

## **Text 2. Lemery: Korpuskulartheoretische Deutung der Ausfällung von Silber durch Kupfer**

Wenn man Kupfer in eine Lösung von Silber bringt, verlässt das Aquafort das Silber in dem Maße, wie es das Kupfer auflöst. Einige behaupten, sie könnten diese Ausfällungen erklären, indem sie sagen, da diese Mischungen Poren hätten, von denen die einen mehr als die anderen der Form der Spitzen des Aquafort angepasst seien, sei es selbst imstande, das erstere zu verlassen, um das zweite aufzulösen. Aber es scheint, dass sie aufgrund dieser Überlegung den Spitzen des Aquafort Intelligenz verleihen würden. Denn warum verlassen diese Spitzen, die sich in der Lösung des Silbers in die kleinen Teilchen dieses Metalls verfangen haben und diese suspendiert halten, diese kleinen Körper, um stattdessen in das Kupfer einzudringen? Das kann man nicht al-

lein hierdurch erklären, es sei denn, man nimmt an, das Aquafort sei mit Vernunft versehen.

Ich glaube, dass man diese Schwierigkeit nicht besser klären kann, als dass man sagt, dass das Phlegma der Lösung kleine Körper des Kupfers freimacht, die [dann] innerhalb der Lösung schwimmen, und da diese kleinen Körper auf die Spitzen des Aquafort treffen, die mit Teilchen des Silbers beladen sind, stoßen sie an diese an und erschüttern sie derart, dass sie zerbrechen, wodurch dann die Ausfällung von Silber zustande kommt; denn wenn die Spitzen, die sie suspendiert halten, zerbrochen sind und das Phlegma nicht mehr stark genug ist, um es zu halten, dann muss sich das Silber durch seine eigene Schwere ausfällen. Was die Auflösung des Kupfers betrifft, so erfolgt diese anschließend durch die Kraft, die dem Aquafort verbleibt; denn obwohl die feinsten Spitzen dieses Lösungsmittels zerbrochen sind, ist es immer noch scharf genug, um das am leichtesten Lösliche des Kupfers zu durchdringen und die zweite Lösung herzustellen.

(Lemery, Nicolas: Cours de chymie. 5. Aufl. Paris 1683, S. 90 – 91. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Lemery war ein Vertreter der Materietheorie von Descartes, wonach alle Säuren letzten Endes kleine Teilchen mit Spitzen darstellen, die Substanzen mit einer porösen Struktur beeinflussen können. Zu diesen korpuskulartheoretischen Anschauungen kommt bei Lemery eine spezielle Elementenlehre mit fünf elementaren Prinzipien hinzu. Eines hiervon ist das Phlegma, das annähernd mit dem aristotelischen Element Wasser gleichgesetzt werden kann.

Lemery gibt hier auf der Basis einer Korpuskulartheorie eine Erklärung für die Ausfällung von Silber aus einer Silbersalzlösung durch Kupfer, wobei eine entsprechende Menge Kupfer in Lösung geht. Letztere Tatsache war zu seiner Zeit bekannt und wurde nicht mehr als ein Beispiel für eine Transmutation angesehen. Im ersten Textabschnitt geht er auf eine ebenfalls korpuskulartheoretische Deutung ein, die er aber ablehnt und die nicht diskutiert werden soll.

Aquafort (*eau forte*) ist Salpetersäure; es handelt sich also um eine Silbernitratlösung, in die metallisches Kupfer eingetaucht wird. Nach seiner Ansicht löste das Phlegma im obigen Sinne aus dem Kupfer kleine Teilchen (*petits corps*) heraus, die dann in der Lösung schwammen. Sie stießen auf die Spitzen der Salpetersäure, die mit Silberteilchen beladen waren, und zerbrachen diese. Dadurch konnten diese die Spitzen der Silberteilchen nicht mehr in der Schwebe halten, und das Silber fiel infolge seiner Schwere aus. Obwohl die feinsten Spitzen der Salpetersäure zerbrochen waren, waren sie immer noch scharf genug, um wenigstens die am leichtesten löslichen Teile des Kupfers zu durchdringen. Zu dieser Interpretation ist anzumerken, dass Lemery die Lösung des Kupfers zweimal ins Spiel bringt: zu Anfang, um das Zerbrechen der Säurespitzen zu erklären, und zum Schluss nach erfolgter Ausfällung des Silbers.

### **Text 3. Newton: Anziehung kleiner Teilchen als Ursache für die Affinität**

Haben nicht die kleinen Teilchen der Körper gewisse Kräfte, Wirkungen und Einflüsse, durch welche sie über eine Entfernung wirken, nicht nur auf die Lichtstrahlen, um sie zu reflektieren, brechen und beugen, sondern auch aufeinander, um dadurch einen großen Teil der Naturerscheinungen hervorzurufen? Denn es ist gut bekannt, dass die Körper durch die Anziehungen von Gravitation, Magnetismus und Elektrizität aufeinander wirken. Diese Beispiele zeigen uns das Wesen und den Lauf der Natur und machen es wahrscheinlich, dass es außer diesen noch mehr anziehende Kräfte geben mag, denn die Natur ist sehr gleichförmig und mit sich übereinstimmend. Wie diese Anziehungen zustandekommen mögen, will ich hier nicht untersuchen.

Was ich Anziehung nenne, kann durch Impulse oder auf andere mir unbekannte Weise zustandekommen. Ich verwende dieses Wort hier nur, um allgemein irgendeine Kraft zu bezeichnen, durch welche die Körper zueinander streben, was auch immer die Ursache sein mag. Denn wir müssen aus den Naturerscheinungen lernen, welche Körper einander anziehen und welches die Gesetze und Eigenschaften der Anziehung sind, bevor wir die Ursache erforschen, durch welche die Anziehung zustandekommt. Die Anziehungen von Gravitation, Magnetismus und Elektrizität reichen bis in merkliche Entfernungen und sind daher von aller Welt Augen beobachtet worden. Es mag andere geben, die in so kleine Entfernungen reichen, dass sie bisher der Beobachtung entgangen sind, und vielleicht reicht die elektrische Anziehung in solch kleine Entfernungen, auch wenn sie nicht durch Reibung angeregt wurde. ...

Die Teile aller homogenen harten Körper, die sich vollkommen berühren, hängen sehr stark aneinander. Um zu erklären, wie dies möglich ist, haben einige Atome mit Haken erfunden, womit sie die Frage unbeantwortet lassen. Andere erzählen uns, dass die Körper durch die Ruhe miteinander verklebt seien, d.h. durch eine okkulte Qualität oder eigentlich durch nichts, und andere, dass sie durch zusammenwirkende Bewegungen aneinander kleben, d.h. durch relative Ruhe gegeneinander. Ich würde eher aus ihrer Kohäsion folgern, dass ihre Teilchen sich durch irgendeine Kraft gegenseitig anziehen, die bei unmittelbarer Berührung außerordentlich stark ist, bei kleinen Entfernungen die oben erwähnten chemischen Reaktionen ausführt und nicht weit von den Teilchen entfernt keine spürbare Wirkung mehr zeigt.

(Newton, Isaac: *Opticks or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light*. Buch III, Query 31. 4. Aufl. London 1730, S. 375 – 406, hier S. 375 – 376, 388 – 389. – Dtsch.: *Sir Isaac Newton's Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts* (1704). Hrsg. von William Abendroth. II. und III. Buch (= Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Bd. 97). Leipzig 1898, S. 125 – 147, hier S. 125 – 126, 135. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Abendroth)

Kommentar:

Newton ist ein Vertreter einer Attraktionstheorie der Affinität. Er erörterte derartige Fragen im Anhang zu seinem Werk *Opticks*, und zwar in der Query 31, die im Grunde eine chemische Abhandlung darstellt. Zu seiner Zeit waren drei Kräfte bekannt, die eine Anziehung (*attraction*) zwischen den Körpern bewirkten: der Magnetismus, die Elektrizität und die von ihm entdeckte Gravitation. Er hielt es für vorstellbar, dass es noch eine vierte anziehende Kraft gab, mit deren Hilfe man die unterschiedliche Affinität der Stoffe erklären konnte.

Diese Kraft war bei unmittelbarer Berührung der Teilchen sehr stark, verursachte bei geringer Entfernung der Teilchen voneinander die chemischen Reaktionen und war in größerer Entfernung nicht mehr wirksam. Auf die Frage, wodurch diese Anziehung verursacht werde, wollte er nicht eingehen. Zuerst müssten die Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten dieser unbekannten Kraft untersucht werden. Er führt ein paar korpuskulartheoretische Deutungen der Affinität an, die er aber ablehnt. Eine okkulte Qualität ist eine Eigenschaft, die nicht experimentell nachgewiesen wurde.

#### **Text 4. Newton: Beispiele für die Affinität durch Anziehung der Teilchen**

Wenn zerfließendes Weinsteinsalz, das in die Lösung irgendeines Metalls gegossen wird, das Metall fällt und es in Form von Schlamm zum Boden der Flüssigkeit sinken lässt – spricht das nicht dafür, dass die Säureteilchen stärker von dem Weinsteinsalz als von dem Metall angezogen werden und durch die stärkere Anziehung von dem Metall auf das Weinsteinsalz übergehen?

Ebenso, wenn eine Lösung von Eisen in Aquafort den Galmei löst und das Eisen loslässt oder eine Lösung von Kupfer Eisen löst, das darin eingetaucht wurde, und das Kupfer loslässt, oder wenn eine Lösung von Silber Kupfer löst und das Silber loslässt, oder eine Lösung von Quecksilber in Aquafort, die auf Eisen, Kupfer, Zinn oder Blei gegossen wird, das Metall löst und das Quecksilber loslässt – spricht das nicht dafür, dass die Säureteilchen des Aquaforts durch den Galmei stärker angezogen werden als durch Eisen, stärker durch Eisen als durch Kupfer, stärker durch Kupfer als durch Silber und stärker durch Eisen, Kupfer, Zinn und Blei als durch Quecksilber? Und benötigt nicht aus demselben Grund Eisen mehr Aquafort, um gelöst zu werden, als Kupfer und Kupfer mehr als die anderen Metalle, und löst sich nicht aus demselben Grund von allen Metallen Eisen am leichtesten und ist am meisten rostanfällig, und als nächstes nach dem Eisen das Kupfer? ...

Wenn Aquafort Silber löst und nicht Gold, und Königswasser Gold löst und nicht Silber, kann man dann nicht sagen, dass das Aquafort fein genug ist, um sowohl Gold als auch Silber zu durchdringen, aber nicht genügend Anziehungskraft hat, um [das Gold] eintreten zu lassen, und dass das Königswasser fein genug ist, um sowohl Silber als auch Gold zu durchdringen, aber zu wenig Anziehungskraft hat, um [das Silber] eintreten zu lassen? Denn Königswasser ist nichts anderes als Aquafort, das mit etwas Salzgeist oder mit Salmiak vermischt wurde; und selbst gewöhnliches Salz, das in Aquafort gelöst wurde, ermöglicht es dem Lösungsmittel, Gold zu lösen, obwohl das Salz ein grober Körper ist. Wenn daher der Salzgeist Silber aus Aquafort fällt –

kommt dies nicht dadurch zustande, dass er das Aquafort anzieht und sich mit ihm vermischt und das Silber nicht anzieht oder vielleicht zurückstößt?

(Newton, Isaac: *Opticks or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light*. Buch III, Query 31. 4. Aufl. London 1730, S. 375 – 406, hier S. 380 – 383. – Dtsch.: *Sir Isaac Newton's Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts* (1704). Hrsg. von William Abendroth. II. und III. Buch (= Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Bd. 97). Leipzig 1898, S. 125 – 147, hier S. 129 – 131. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Newton führt in der Query 31 eine Fülle von chemischen Reaktionen auf, bei denen er Einflüsse einer Anziehungskraft vermutete. Einige wurden in dem vorliegenden Text ausgewählt. Das erste Beispiel betrifft das Weinsteinsalz bzw. den Weinstein (*Tartar per deliquium*), d.h. Kaliumhydrogentartrat. Er geht darauf ein, dass Weinsäure mit manchen Metallen schwerlösliche Salze bildet, und führt dies darauf zurück, dass die Säureteilchen – gemeint ist vielleicht die Säure, in der das Metall gelöst wurde – mehr vom Weinstein als vom Metall angezogen (*attract*) werden und infolge der Anziehung (*attraction*) das Metall verlassen und sich mit dem Weinstein verbinden.

Im zweiten Beispiel untersuchte er die Affinität verschiedener Metalle gegeneinander, die in Aquafort (*Aqua fortis*), d.h. Salpetersäure, gelöst wurden. Es handelt sich um das Mineral Galmei (*Lapis calaminaris*), d.h. Zinkcarbonat, und die Metalle Eisen, Kupfer, Silber, Zinn, Blei und Quecksilber. Auch hier vermutete er die Wirksamkeit von Attraktionskräften, dass nämlich die Ausfällung der betreffenden Metalle dadurch zustandekam, dass die Säureteilchen der Salpetersäure durch das eine Metall stärker als durch das andere angezogen wurden. Dies führte ihn zur Aufstellung einer Affinitätsreihe, die sich vom Galmei bis zum Quecksilber erstreckte.

In dem dritten Beispiel behandelt Newton das schwierige Problem, weshalb Königswasser Gold löst, aber kein Silber, Salpetersäure Silber, aber kein Gold. Königswasser (*Aqua regia*) ist ein Gemisch aus Salpetersäure und Salzsäure (*Spirit of Salt*, Salzgeist) und kann auch durch Zugabe von Ammoniumchlorid (*Salarmoniac*, Salmiak) oder Kochsalz (*common Salt*) zu Salpetersäure dargestellt werden. Er vertritt die Ansicht, dass sowohl die Salpetersäure als auch das Königswasser von ihrer Teilchengröße fein genug seien, um Gold oder Silber zu lösen, die Salpetersäure aber nicht genügend Anziehungskraft habe, um in das Gold einzudringen, und das Königswasser nicht genügend Anziehungskraft für ein Eindringen in das Silber. Die Ausfällung von Silber aus einer Silbernitratlösung durch Salzsäure sah er als eine Stütze für seine Interpretation an.

#### **Text 5. Geoffroy: Prinzip der einfachen Wahlaffinität; Aufstellung einer Affinitätstabelle**

Man beobachtet in der Chemie bestimmte Beziehungen zwischen unterschiedlichen Körpern, welche bewirken, dass diese sich leicht untereinander vereinigen. Diese Beziehungen haben ihre Grade und Gesetze. Man beobachtet ihre unterschiedlichen Grade, indem man bei manchen Materien, die miteinander vermischt sind und eine gewisse Neigung haben, sich miteinander

zu vereinigen, feststellt, dass die eine dieser Substanzen sich ständig mit einer bestimmten Substanz bevorzugt vor allen anderen verbindet.

Was die Gesetze dieser Beziehungen betrifft, so habe ich beobachtet, dass unter den Substanzen, die diese Neigung haben, sich miteinander zu vereinigen und bei denen zwei miteinander vereinigt vorliegen, einige, wenn man sie einander nähert oder miteinander vermischt, sich mit einer von diesen verbinden und die andere loslassen, und dass einige andere sich weder mit der einen noch mit der anderen verbinden und sie nicht mehr loslassen. Daher schien es mir, man könne daraus mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit schließen, dass diejenigen, die sich mit einer der beiden verbinden, eine größere Beziehung bezüglich der Vereinigung oder eine größere Neigung haben, sich mit ihr zu vereinigen als die anderen, die einander bei ihrer Annäherung loslassen. Ich habe geglaubt, dass man aus diesen Beobachtungen den folgenden Satz ableiten könne, der weite Geltung hat, obwohl man ihn nicht als allgemeingültig hinstellen kann, da ich nicht alle überhaupt möglichen Verbindungen untersuchen konnte, um sicher zu sein, dass man nichts Gegenteiliges findet:

„Jedesmal, wenn zwei Substanzen, die irgendeine Neigung haben, sich miteinander zu verbinden, miteinander vereinigt vorliegen, und wenn dann eine dritte Substanz hinzukommt, die mehr Beziehung zu einer von beiden hat, dann vereinigt sie sich mit dieser, wobei sie die andere loslässt.“

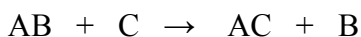
Diesen Satz findet man in sehr großem Umfang in der Chemie, wo man ihm sozusagen auf Schritt und Tritt bei den Wirkungen dieser Beziehung begegnet. Von dieser Eigenschaft hängt der größte Teil der verborgenen Bewegungen ab, die sich nach der Vermischung der Körper abspielen und die ohne diesen Schlüssel fast unerforschbar sind. Aber da die Reihenfolge dieser Beziehungen wenig bekannt ist, habe ich geglaubt, dass es eine sehr nützliche Sache sei, diejenigen festzustellen, welche die hauptsächlichen Materien, mit denen man in der Chemie zu arbeiten pflegt, untereinander beachten, und daraus eine Tabelle aufzustellen, in der man mit einem Blick die unterschiedlichen Beziehungen überschauen kann, die sie untereinander besitzen.

Ich stelle heute in dieser Tabelle diese unterschiedlichen Beziehungen vor, die ich sowohl aus den Experimenten und Beobachtungen anderer Chemiker als auch aus meinen eigenen zusammengetragen habe. Durch diese Tabelle werden sich diejenigen, die beginnen, die Chemie zu erlernen, in kurzer Zeit eine richtige Vorstellung von der Beziehung bilden können, welche die verschiedenen Substanzen zueinander haben, und die Chemiker werden dort eine leichte Methode finden, um zu entdecken, was sich in manchen ihrer schwierigen Operationen entmischen lässt und was Mischungen ergeben muss, die unterschiedliche gemischte Körper hervorbringen.

(Geoffroy, Étienne François: Table des differents rapports observés en Chimie entre differentes substances. Mémoires de Mathématiques et de Physique, tirés des Registres de l'Académie Royale des Sciences (1718), 202 – 212, 1 Taf., hier S. 202 – 203. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Geoffroy formulierte in seinem Aufsatz das Prinzip der einfachen Wahllaffinität. Er verwendete hierfür nicht das übliche Wort *affinité*, sondern den begrifflich neutralen Ausdruck *rapport* (Beziehung, Verhältnis, Verwandtschaft), der hier mit „Beziehung“ übersetzt wurde. Das Prinzip besagt: Wenn zu zwei miteinander verbundenen Substanzen A und B eine dritte Substanz C hinzukommt, die z.B. zu A eine größere Beziehung hat, dann löst sich A aus der Bindung mit B und vereinigt sich mit C:



Da zu seiner Zeit in der Chemie schon eine relativ große Zahl solcher Wahllaffinitäten oder Beziehungen bekannt war, hielt es Geoffroy für sinnvoll, diese in einer Tabelle zusammenzustellen. Die Daten beruhten teils auf seinen eigenen Beobachtungen und Experimenten, teils auf denen anderer Forscher. Er betrachtete seine Tabelle als ein Hilfsmittel für den angehenden Chemiker, um einen ersten Eindruck von dem unterschiedlichen Reaktionsverhalten der Stoffe zu gewinnen, und für den erfahrenen Chemiker, um sich im Detail darüber zu informieren. Im daran anschließenden Text, der hier nicht wiedergegeben ist, erläutert Geoffroy seine Tabelle, die am Ende des Zeitschriftenbandes abgedruckt ist.

#### **Text 6. Bergman: Aufstellung einer umfangreichen Affinitätstabelle**

Eine lange Zeit war für dieses Werk erforderlich, weil viele Bestimmungen mit so viel Sorgfalt, wie mir möglich war, ausgeführt werden mussten. Um so weniger konnte ich leichtfertig zu dem Glauben verleitet werden, es könne schon jetzt vorgelegt werden, je gewisser mir bekannt war, dass jener leichte und bereits in Angriff genommene Plan mehr als 30.000 ausgewählte Experimente erfordern würde, wenn er eine gewisse Vollkommenheit erreichen sollte. Aber inzwischen überlegte ich bei mir, wie kurz der Lauf des Lebens ist und dass eine gute Gesundheit etwas Unsicheres ist, und daher beschloss ich, die bisher von mir angestellten Beobachtungen, so unvollständig und unvollkommen sie auch sein mochten, und sei es auch sehr kurz, zu veröffentlichen, damit sie nicht in meinen Aufzeichnungen verlorengehen. ...

Ich werde jetzt das mir gesetzte Ziel und die Art der Anordnung erläutern, von der ich hoffe, wenn sie den Gelehrten nicht missfällt, dass sich mir viele helfende Hände entgegenstrecken werden, denn es ist leichter, die eine oder die andere Spalte aufzustellen, als eine einzelne systematisch bis zur Vollständigkeit zu untersuchen. Ich führe eine große Zahl einfacher Substanzen auf, die in der Chemie vorkommen. Von ihnen sind manche zusammengesetzt, können aber leicht in ihre elementaren Prinzipien zerlegt werden. ... Außerdem habe ich verschiedene Substanzen aufgeführt, die erst kürzlich bekannt geworden sind und bei denen Entstehung und Zusammensetzung bisher unsicher sind. ... Die oberste Reihe der Tabelle enthält, sozusagen, 50 horizontal angeordnete Tabellenplätze, welche 50 verschiedene Substanzen aufweisen, die durch bereits bekannte oder neue Zeichen dargestellt werden. ... Es sind aber die folgenden Substanzen: 1. Schwefelsäure, 2. phlogisierte Schwefelsäure, 3. Salpetersäure, ... 48. Zink, 49. Antimon und 50. Magnesium.

Diese Substanzen sind gleichsam die Kapitelüberschriften, die an der Spitze einer vertikalen Spalte stehen und auf die sich die einzelnen Substanzen darunter derart beziehen, dass, je weiter sie oben stehen, man erkennt, dass ihre Affinität oder Anziehung um so stärker ist. Deshalb soll jede Spalte nicht nur bei den einzelnen Substanzen anzeigen, welche von den 50 aufgezählten sich mit der „Kapitelüberschrift“ oder der obersten Hauptsubstanz vereinigen kann, sondern sie soll auch die Reihenfolge anzeigen, in welcher diese Vereinigungen aufeinander folgen.

(Bergman, Torbern: *Disquisitio de attractionibus electivis*. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis* 2 (1775), 159 – 248, Tab. VII und VIII, hier S. 185 – 187. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Die umfangreichste Affinitätstabelle, die es je gab, wurde von Bergman erstellt. Seine Tabelle enthält 50 Spalten. In der obersten waagerechten Reihe führte er die chemischen Formeln von 50 Substanzen auf, mit denen die Substanzen in der Kolonne darunter mit von oben nach unten abnehmender Affinität reagierten. Der obere Teil der Tabelle enthält die in wässriger Lösung, der untere Teil die auf trockenem Weg durchgeführten Reaktionen. Er ermittelte die Affinitäten auf experimentellem Weg und führte diese Bestimmungen mit großer Sorgfalt durch.

Hätte er seinen Plan vollständig verwirklicht, dann wären hierfür, wie er ausrechnete, mehr als 30.000 Experimente erforderlich gewesen. In Anbetracht seiner instabilen Gesundheit beschloss er, seine Untersuchungen an einer geeigneten Stelle abzubrechen und seine bisherigen Ergebnisse zusammenzustellen und zu veröffentlichen. Durchschnittlich enthält jede Spalte etwa 15 Affinitätsbestimmungen in wässriger Lösung und etwa 10 Bestimmungen auf trockenem Weg.

Zu den Substanzen in der obersten Reihe gehören Mineralsäuren, organische Säuren, Alkalien, „Erden“ noch unbekannter Metalle, Wasser, Luft, Phlogiston, Schwefel, Alkohol, Äther, Öl und zahlreiche Metalle. „Phlogistierte Schwefelsäure“ ist schwefelige Säure. Was hier mit „elementaren Prinzipien“ übersetzt wurde, heißt im lateinischen Originaltext *principia proxima*, „Affinität“ und „Anziehung“ lauten *adfinitas* und *attractio*.

### **Text 7. Berthollet: Chemische Wirksamkeit der Stoffe abhängig von Affinität und Mengenverhältnis**

Ich beabsichtige, in dieser Abhandlung zu beweisen, dass die Wahlaaffinitäten nicht als absolute Kräfte wirken, durch welche eine Substanz in einer Verbindung durch eine andere verdrängt wird, sondern dass in allen Zusammensetzungen und Zersetzungen, die auf die Wahlaaffinität zurückgehen, eine Teilung des Gegenstandes der Vereinigung zwischen den beiden Substanzen stattfindet, deren Wirkung entgegengesetzt ist, und dass die Verhältnisse dieser Teilung nicht nur von der Energie der Affinitäten dieser Substanzen abhängig sind, sondern auch von der Menge, mit der diese wirken, derart, dass die Menge die Kraft ersetzen kann, um denselben Sättigungsgrad zu erzeugen.

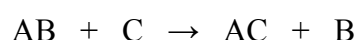
Wenn ich feststelle, dass die Menge einer Substanz die Kraft ihrer Affinität ersetzen kann, ergibt sich daraus, dass ihre Wirkung proportional der Menge ist, die notwendig ist, um einen bestimmten Sättigungsgrad zu erzeugen. Ich bezeichne diese Menge, die das Maß der Sättigungskapazität der verschiedenen Substanzen ist, als die „Masse“.

Wenn ich also die Affinitäten der Substanzen vergleichen will, werde ich meine Aufmerksamkeit auf die wägbare Menge richten, welche bei diesem Vergleich ihr gleich sein muss, aber wenn ich ihre Wirkung vergleichen will, die sich aus ihrer Affinität und ihrem [Mengen]verhältnis zusammensetzt, ist es ihre Masse, die ich berücksichtigen muss.

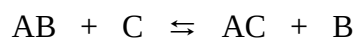
Indem ich die Annahme von Nr. 3 wieder aufnehme, muss ich beweisen, dass, wenn sich A und BC gegenüberstehen, die Verbindung AC nie stattfinden wird – es sei denn, durch die Mitwirkung einer anderen Kraft –, sondern dass sich A zwischen B und C im Verhältnis ihrer Affinität und ihrer Menge, d.h. im Verhältnis ihrer Masse, aufteilen wird.

(Berthollet, Claude Louis: Recherches sur les lois de l’affinité. Mémoires de l’Institut National des Sciences et Arts. Mémoires de la Classe des Sciences Mathématiques et Physiques (1801), 1 – 96, hier S. 3 – 4. – Dtsch.: Untersuchungen über die Gesetze der Verwandtschaft von Claude Louis Berthollet (1801). Hrsg. von Wilhelm Ostwald (= Ostwald’s Klassiker der exakten Wissenschaften. Bd. 74). Leipzig 1896, S. 5. – Eigene Übersetzung unter Verwendung von Ostwald)

Kommentar: Berthollet lehnte den Satz von der konstanten Zusammensetzung der chemischen Verbindungen ab. Stattdessen vertrat er die Anschauung, dass sich bei allen chemischen Reaktionen ein Gleichgewicht der daran beteiligten Komponenten einstellte. In § 3 der ersten Abschnitts, auf den er hinweist, war er auf den von Bergman erörterten Fall eingegangen, dass ein Stoff C einen Stoff B aus seiner Verbindung mit einem Stoff A verdrängte:



Berthollet postulierte nun, dass eine solche Reaktion nie ganz in einer Richtung verlief, sondern sich ein Gleichgewicht zwischen der von Bergman beschriebenen und der gegenläufigen Reaktion einstellte:



Während man bisher das analytische Ergebnis einer derartigen Reaktion als ein unmittlbares Maß für die Affinität betrachtet hatte, zeigte Berthollet, dass dies nicht zutrifft, sondern dass zu der Affinität im engeren Sinne noch andere Einflüsse hinzukommen. Insbesondere wies er nach, dass die Lage des Gleichgewichts zwischen den Komponenten einer Reaktion nicht nur von der Affinität, sondern auch von der Menge der Komponenten abhängt. Er bezeichnete diesen Anteil als die „Masse“ (französ. *masse*). Um denselben Sättigungsgrad der Gleichgewichtszusammensetzung zu erhalten, konnte man das, was an Affinität fehlte, durch die Masse ersetzen.

## 19 Chemische Nomenklatur für anorganische Stoffe

### Text 1. Guyton de Morveau: Notwendigkeit einer Reform der chemischen Nomenklatur

Die Bezeichnung der Dinge, die den Gegenstand einer Wissenschaft oder einer Kunst bilden und die ihre Materialien, ihre Geräte und ihr Produkt sind, stellen das dar, was man ihre Fachsprache nennt. Der Zustand der Vollkommenheit der Sprache zeigt den Zustand der Vollkommenheit der Wissenschaft selbst an; ihre Fortschritte sind nicht sicher, sie können nicht schnell sein, solange die Ideen nicht durch präzise und bestimmte Zeichen dargestellt werden, richtig in ihrer Bedeutung, einfach in ihrem Ausdruck, bequem im Gebrauch, leicht zu behalten, [Zeichen,] die, soweit es möglich ist, ohne Irrtum die Analogie bewahren, die [jene Zeichen] nahe legt, die ferner das System bewahren, das jene definiert, und sogar die Etymologie, die dazu dienen kann, dass man sie errät.

Nachdem diese Prinzipien aufgestellt sind, denen niemand zu widersprechen wagen wird, folgt daraus, dass die Sprache der Chemie zum größten Teil reformiert werden muss; dass, wenn man hartnäckig die falschen Benennungen beibehält, welche sie nach und nach aufgenommen hat, dies bedeuten würde, dass man die Kenntnis ihrer Entdeckungen verhindern und sich ihren Fortschritten entgegenstellen würde, die offensichtlich mit der Möglichkeit dieser Kenntnis verbunden sind. ....

Diese Notwendigkeit wird spürbar in dem Maße, wie ihre Objekte zahlreicher werden. Es ist weniger als zwanzig Jahre her, als man nur sechs Säuren kannte, als man nur zwei lösliche Erden unterschied, als man nur zehn oder zwölf Metalle zählte, als man nicht einmal von einem Teil der Verbindungen der bekannten Basen wusste. Es wäre zweifellos noch möglich gewesen, in seinem Gedächtnis die ungeeigneten Namen von etwa dreißig Salzen aufzunehmen, sie durch häufig wiederholtes Lesen zu behalten, und sie zu verstehen; aber heute, wo die Chemie achtzehn Säuren zählt, deren Wirkung und deren Produkte unterschiedlich sind, wo kürzlich zwei Erden und mehrere Halbmetalle hinzugekommen sind, wo man mit Sorgfalt die Wirkung so vieler Stoffe der einen auf die anderen untersucht, seien sie einfach, oder liegen sie als Verbindung vor – [heute] wird es unerlässlich, ein System von Benennungen zu wählen, um mit ihm ohne Verwirrung die Ergebnisse anzuzeigen.

(Guyton de Morveau, Louis Bernard: *Mémoire sur les dénominations chimiques, la nécessité d'en perfectionner le système, & les règles pour y parvenir*. Observations sur la Physique, sur l'Histoire Naturelle et sur les Arts 19 (1782), 370 – 382, 1 Taf., hier S. 371 – 372. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Guyton de Morveau gehört zusammen mit Bergman zu denjenigen Chemikern, die vor dem Erscheinen der *Méthode de nomenclature chimique* die Notwendigkeit einer Reform der chemischen Nomenklatur propagierten und einen eigenen Nomenklaturvorschlag veröffentlichten. Später wurde er einer der Mitarbeiter an der *Méthode*. In

seinem Aufsatz vertritt er mit Nachdruck die Ansicht, dass die Vollkommenheit der Sprache einer Wissenschaft ein untrügliches Indiz für die Vollkommenheit dieser Wissenschaft sei. Er kommt dann auf die Chemie zu sprechen und stellt fest, dass deren Fachsprache dringend reformbedürftig sei. Wenn man weiterhin an den falschen Bezeichnungen festhalte, welche in die Chemie eingesickert seien, werde dies den Fortschritt der Chemie verhindern. Als Grund für die Dringlichkeit einer Reform nennt Guyton die starke Zunahme der Anzahl der Stoffe in den letzten beiden Jahrzehnten. Der Passus „wo man mit Sorgfalt die Wirkung so vieler Stoffe der einen auf die anderen untersucht“ bezieht sich auf die 1775 veröffentlichten umfangreichen Affinitätstabellen von Torbern Bergman.

## **Text 2. Bergman: Notwendigkeit einer Reform der chemischen Nomenklatur**

Gewiss ist es kaum als richtig anzusehen, dass eine derart edle Wissenschaft, die gleichsam das Mark der Naturphilosophie darstellt, durch eine vollkommen absurde Sprache Wahrheiten von größter Bedeutung ausspricht. Wenn ein jedes unter den europäischen Völkern die Muttersprache mit größter Anstrengung reinigt und verbessert, warum dienen dann die Wissenschaften einer Barbarei, sie, die täglich durch neue Erfindungen bereichert werden, aber keine neuen Namen zur Verfügung haben, die entsprechend der Überprüfung durch die Vernunft konstruiert sind, und die andernfalls jene Begriffe eines Tages durch ihre Menge zu Fall bringen werden, wenn nicht alles rechtzeitig geordnet und weise eingerichtet wird. In der Botanik ist eine derartige Reform vor Kurzem erfolgreich durchgeführt worden; was steht also dem im Weg, dass in anderen Wissenschaften derselbe brauchbare Vorschlag Fortschritte macht?

Ogleich aber die Notwendigkeit einer Reform sowie einer ausgewogenen und festen Norm, nach der neue Namen gebildet werden können, augenfällig ist, wird diese Aufgabe dennoch in der freien literarischen Republik nicht ohne große Schwierigkeiten durchgeführt werden können. Die Natur der Sache kann nicht so sein, dass man beliebig viele zulässt und dass ein jeder seiner eigenen Auffassung nachgibt und sich andere Grundlagen wählt, durch welche Abweichungen eine allgemeine Übereinstimmung unmöglich wird – jedenfalls zu Anfang. Indessen darf man nicht resignieren: wenn nicht alle, so werden doch vielleicht eines Tages die meisten Stimmen einer Meinung sein und die Stimmen der Hartnäckigen und Abtrünnigen zum Schweigen bringen.

(Bergman, Torbern: *Meditationes de Systemate Fossilium Naturali*. Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis 4 (1784), 63 – 128, hier S. 117 – 118. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Bergman befasste sich in einem 1782 erschienenen Werk *Sciagraphia Regni Mineralis* ausführlicher mit der chemischen Nomenklatur, dessen überarbeiteter Version von 1784 der vorliegende Textabschnitt entnommen ist. Wie Guyton de Morveau beklagte er den gegenwärtigen Zustand der Benennung chemischer Stoffe und hielt eine Reform für dringend erforderlich. Überhaupt stehe es mit der Sprache der Wissenschaften in Europa noch schlecht. Als einzige sei die Nomenklatur der Botanik inzwischen reformiert worden. Damit meinte er die botanische Nomenklatur von Carl

von Linné, dessen Student Bergman gewesen war. Er wusste, dass eine solche Reform in der Chemie mit großen Schwierigkeiten verbunden sein werde, aber er hoffte, dass sich eines Tages wenigstens die Mehrheit der Chemiker auf eine gemeinsame Nomenklatur einigen könnte. Diese Vision ging mit der *Méthode de nomenclature chimique* von 1787 in Erfüllung, die nach einer längeren Rezeptionsphase sogar von allen Chemikern angenommen wurde.

### **Text 3. Bergman: Benennung von Metallen und Salzen**

Sechzehn Namen von Metallen sind Substantiva und, mit einer Ausnahme, Neutra. Das hydrargyros der Griechen übertrug Plinius einst als Hydrargyrum ins Lateinische. Könnte dann nicht auch die Platina der Spanier durch eine Neutrumendung das lateinische Bürgerrecht erlangen? Wir haben also folgende Namen der Arten: Aurum, Platinum, Argentum, Hydrargyrum, Plumbum, Cuprum, Ferrum, Stannum, Vismutum, Niccolum, Arsenium, Cobaltum, Zincum, Antimonium, Magnesium und Siderum, wenn sich dieses tatsächlich vom Zinn unterscheidet. ...

Diejenigen Körper, deren unmittelbare Prinzipien man bisher noch nicht zerlegen konnte, erfordern einfachere Namen, am besten ursprüngliche und aus einem Wort, diejenigen aber, die man als zusammengesetzt erkannt hat, sollen durch Derivate bezeichnet werden, welche die Prinzipien erkennen lassen, wenn nicht durch ein einziges, dann durch zwei feststehende Wörter oder höchstens durch drei. Die einzelnen [Körper] durch besondere und einfache Namen zu bezeichnen, würde sowohl eine ungeheure Mühe bereiten als auch durch ihre Menge das Gedächtnis allzu sehr belasten.

Viel würde aber ein System der Benennungen in der Klasse der Salze helfen, wenn ein jeder einfache [Körper] durch ein einziges Wort angezeigt werden könnte. Wäre es nicht möglich, bei bekannter Säure die Namen der Arten so zu bilden und wie Substantiva anzuwenden? [Also:] Vitriolicum, Nitrosum, Muriaticum, Regalinum, Fluoratum, Arsenicale, Boracinum, Oxalinum (was mit Oxalis acetosellae verbunden ist), Tartareum, Benzoinum, Citrinum, Succineum, Galacticum, Formicale, Sebaceum, Phosphoreum und Aëreum. Vitriolicum phlogisticatum kann Sulphureum genannt werden und mit Phlogiston beladenes Nitrosum Nitreum. Ähnlich könnte man in der Gattung der Alkalien dasjenige, was das pflanzliche heißt, als Potassinum bezeichnen, das mineralische aber als Natrum, was seit Kurzem allmählich in Gebrauch kommt, und schließlich das flüchtige als Ammoniacum. Der Nutzen dieser Einfachheit wird außerordentlich sein, wie wir bald sehen werden, bei der Bildung der Namen von zusammengesetzten [Stoffen], die, wenn sie zwei oder drei Wörter überschreiten, sowohl beim Sprechen als auch beim Schreiben weitläufig sind und einen unklaren Stil verursachen. Sicherlich sind die Namen aus mehreren Wörtern bei Weitem schlechter als Definitionen.

Spezifische Unterschiede, die anstelle von Namen dienen können, tragen insbesondere zur Bequemlichkeit bei. Dies ist in der Klasse der Salze bereits leicht erreichbar, auf welchem Wege man alle doppelten vollkommen gesättigten Arten erhält, wenn man einmal gebilligt hat, was in den vorhergehenden Paragraphen vorausgesetzt wurde. ... Mit Hilfe dieser Methode werden

wir recht geeignete Namen erhalten, indem wir die Säure mit dem Adjektiv der Base verbinden, und zwar:

|                           |       |                       |
|---------------------------|-------|-----------------------|
| Vitriolicum potassinatum  | statt | Tartarus vitriolatus  |
| Nitrosum natratum         | “     | Nitrum cubicum        |
| Muriaticum ammoniacatum   | “     | Sal ammoniacum        |
| Acetum potassinatum usw.  | “     | Terra foliata tartari |
| Vitriolicum calcareatum   | “     | Gypsum                |
| “ magnesiatum             | “     | Sal Epshamensis       |
| “ argillatum              | “     | Alumen                |
| Nitrosum barytatum        | “     | Baryta nitratus       |
| “ calcareatum usw.        | “     | Calcar nitratus usw.  |
| Muriaticum barytatum usw. | “     | Baryta muriatus usw.  |

(Bergman, Torbern: *Meditationes de Systemate Fossilium Naturali*. Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis 4 (1784), 63 – 128, hier S. 121 – 124. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

In derselben Veröffentlichung, aus der der vorige Quellentext entnommen ist, legte Bergman seine Vorschläge zu einer Reform der chemischen Nomenklatur vor, deren Grundlage die lateinische Sprache bildete. Alle Metalle sollten Substantive im Neutrum sein, also mit der Endung –um. Dieser Vorschlag hat bis heute bei der Benennung von chemischen Elementen Gültigkeit. Dementsprechend sollte der Name Platina in Platinum umgeändert werden. Das Siderum, an dessen Existenz Bergman Zweifel anmeldete, taucht in Lavoisiers Elementtabelle nicht mehr auf.

Die Formulierung „Körper, deren unmittelbare Prinzipien man bisher noch nicht zerlegen konnte“, ist andeutungsweise eine Vorwegnahme von Lavoisiers Elementbegriff, wonach als Elemente oder Prinzipien der Körper alle die Körper anzusehen sind, die bisher noch nicht durch irgendein Mittel zerlegt werden konnten. Unter „Körper“ (latein. *corpus*) versteht Bergman, wie üblich, einen Stoff. Die bisher nicht weiter zerlegbaren Körper sind aber bei Bergman nicht nur die elementaren Stoffe, sondern auch die Radikale der Säuren und Basen. Diese alle sollen möglichst mit nur einem einzigen Wort bezeichnet werden. Die zusammengesetzten Stoffe sollen die Bestandteile erkennen lassen, aus denen sie aufgebaut sind, und aus zwei, höchstens aber aus drei Wörtern bestehen.

Er schlug vor, die Namen der Säuren wie Substantive zu behandeln und zur Bezeichnung der Salze die Namen der Basen als Adjektive anzuhängen. Bei den Namen der Säuren, die er dann aufzählt, muss man jeweils das Wort *acidum* davorsetzen. Es befinden sich auch viele Namen von organischen Säuren darunter. *Acidum muraticum* ist Salzsäure, *acidum aëreum* Kohlensäure. Der Name *acidum regalinum* kommt dadurch zustande, dass man glaubte, das „Königswasser“ (*aqua regia*), eine Mischung aus Salpetersäure und Salzsäure, bilde eigene Salze. Bergman konnte mit seiner Terminologie auch phlogistonreichere Säuren kennzeichnen, d.h. in der Begriffssprache der Oxidationstheorie sauerstoffärmere Sauerstoffsäuren. Phlogistiertes *acidum vitriolicum* nennt er *acidum sulphureum* (schweflige Säure), phlogistiertes *acidum nitrosum* *acidum nitreum* (salpetrige Säure). Im letzten Teil des Textes führt er Beispiele dafür an, wie er die Namen der Salze aus den Namen der zugrunde lie-

genden Säuren und Basen zusammensetzte, und stellt sie den bisherigen Namen gegenüber.

#### **Text 4. Lavoisier: Fortschritt der Chemie eng von ihrer Fachsprache abhängig**

Die Sprachen haben nicht nur, wie man allgemein glaubt, den Zweck, Ideen und Bilder durch Zeichen auszudrücken; sie sind darüber hinaus echte analytische Methoden, mit deren Hilfe wir vom Bekannten zum Unbekannten fortschreiten, und zwar bis zu einem bestimmten Punkt, nach Art der Mathematiker. Versuchen wir, diese Idee zu entwickeln. ...

Diese Methode, die in das Studium und die Unterweisung der Chemie einzuführen so wichtig ist, ist eng mit der Reform ihrer Nomenklatur verbunden. Eine gut gebildete Sprache, eine Sprache, in welcher man die aufeinanderfolgende und natürliche Ordnung der Ideen erfasst hat, wird eine notwendige und sogar schnelle Revolution in der Art der Unterweisung nach sich ziehen; sie wird denen, welche die Chemie ausüben, nicht gestatten, sich vom Weg der Natur zu entfernen; man wird entweder die Nomenklatur ablehnen müssen oder aber unwiderstehlich dem Pfad folgen, den sie markiert haben wird. So hängt also die Logik der Wissenschaften wesentlich von ihrer Sprache ab. ...

Es ist an der Zeit, die Chemie von Hindernissen aller Art zu befreien, die ihre Fortschritte verzögern, in sie einen wahrhaft analytischen Geist hineinzutragen, und wir haben hinreichend darauf hingewiesen, dass diese Reform mittels der Vervollkommnung der Sprache durchgeführt werden müsste. Wir sind zweifellos weit davon entfernt, das Ganze insgesamt, alle Teile der Wissenschaft schon zu kennen. Man muss also damit rechnen, dass eine neue Nomenklatur, mit so viel Sorgfalt sie auch aufgestellt sein mag, weit von ihrem Zustand der Vollkommenheit entfernt sein wird.

(Lavoisier, Antoine Laurent in: Louis Bernard Guyton de Morveau, Antoine Laurent Lavoisier, Claude Louis Berthollet und Antoine François de Fourcroy : *Méthode de Nomenclature Chimique*. Paris 1787, S. 1 – 25, hier S. 6, 12, 16. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Lavoisier bezeichnete in seinem Beitrag zur *Méthode* die Sprache als eine analytische Methode, um vom Bekannten zum Unbekannten fortzuschreiten, also als ein Arbeitsinstrument für die wissenschaftliche Forschung. Er berief sich hierbei – in einem hier ausgelassenen Textabschnitt – ausdrücklich auf den Philosophen Étienne Bonnot de Condillac, dessen Werk *Logique* er den jungen Leuten, die sich den Wissenschaften widmen wollten, zur Lektüre empfahl. Von diesen allgemeinen Überlegungen ausgehend kommt er dann auf die Situation der Chemie zu sprechen. Er hielt es für wichtig, diese analytische Methode auch in das Studium und die Lehre der Chemie einzuführen. Eine solche Neuerung sei aber eng mit einer Reform der chemischen Nomenklatur verbunden. Er begründet dies damit, dass die Logik der Wissenschaften entscheidend von ihrer Sprache abhängen, und macht sich hiermit eine weitere grundlegende Idee von Condillac zu eigen. In dem ausgewählten Textabschnitt verwendet Lavoisier zweimal das Wort Reform, einmal sogar den Begriff Revoluti-

on. Die Aussage, dass man dem Weg der Natur folgen müsse, ist altes Gedankengut der Chemie und wurde von den Alchemisten oft als Leitsatz zitiert.

### **Text 5. Guyton de Morveau: Benennung der Verbindungen des Schwefels in verschiedenen Oxidationsstufen**

Wenn sich der Schwefel mit dem Sauerstoff verbindet, bringt er eine Säure hervor. Es ist offensichtlich, dass, um den Gedanken dieser Herkunft zu bewahren, um den ersten Grad der Zusammensetzung klar auszudrücken, der Name dieser Säure ein Derivat des Namens seiner Basis sein muss. Jedoch tritt diese Säure in zwei Sättigungsgraden auf und zeigt also verschiedene Eigenschaften. Um sie nicht zu verwechseln, musste man jedem dieser Zustände einen Namen beilegen, der, während er weiterhin die Grundwurzel bewahrt, dennoch diesen Unterschied anzeigen würde. Man musste das gleiche Ziel für die Salze erreichen, die aus diesen beiden Säuren gebildet werden; man musste schließlich den Schwefel in anderen direkten Verbindungen betrachten, mit den Alkalien, den Erden, den Metallen: fünf unterschiedliche Endungen, die derselben Wurzel angepasst wurden, auf eine Art, die dem Urteil des Ohres am passendsten erschien und die diese fünf Zustände desselben Prinzips unterschied.

Die Schwefelsäure wird ausdrücken, dass der Schwefel, soweit es geht, mit Sauerstoff gesättigt ist; sie bezeichnet das, was man Vitriolsäure genannt hat.

Die schweflige Säure wird ausdrücken, dass der Schwefel mit einer geringeren Menge Sauerstoff vereinigt ist; sie bezeichnet das, was man schweflige flüchtige Vitriolsäure oder phlogistierte Vitriolsäure genannt hat.

Sulfat wird der Gattungsname aller Salze sein, die aus der Schwefelsäure gebildet werden.

Sulfit wird der Name der Salze sein, die aus der schwefligen Säure gebildet werden.

Sulfid wird alle die Verbindungen des Schwefels anzeigen, die nicht bis zum Zustand der Säure gebracht worden sind, und wird so in einheitlicher Weise die unpassenden und wenig einheitlichen Namen Schwefelleber, Hepar, Pyrit usw. ersetzen.

(Guyton de Morveau, Louis Bernard in: Louis Bernard Guyton de Morveau, Antoine Laurent Lavoisier, Claude Louis Berthollet und Antoine François Fourcroy: *Méthode de Nomenclature Chimique*. Paris 1787, S. 26 – 74, hier S. 39 – 41. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

In diesem Teil erläutert der Autor auf der Basis der Oxidationstheorie die Benennung der Schwefelsäure und schwefligen Säure, ihrer Salze und der Sulfide. Wenn er schreibt, dass durch die Verbindung von Schwefel mit Sauerstoff eine Säure entsteht, muss man beachten, dass man damals noch nicht zwischen der Säure und dem Säu-

reanhydrid, das heißt dem entsprechenden Oxid unterschied. Das Wort Basis (französ. *base*) bedeutet hier nicht Base, sondern eben dieses Säureanhydrid.

Mit Hilfe der Oxidationstheorie war es möglich, die Säuren des Schwefels in verschiedenen Oxidationsstufen zu benennen. Eine solche Differenzierung hatte bereits Bergman in seinem Nomenklaturvorschlag von 1784 vorgenommen, und zwar auf der Grundlage der Phlogistontheorie. Die Bezeichnungen für die fünf Substanzen und Substanzklassen lauten im Originaltext: *acide sulfurique* (Schwefelsäure), *acide sulfureux* (schweflige Säure), *sulfate* (Sulfat), *sulfite* (Sulfit) und *sulfure* (Sulfid). Die Übersetzung „Sulfid“ gibt Anlass zu der Vermutung, dass binäre Verbindungen durch die Endung -id gekennzeichnet waren, was jedoch nicht zutrifft, wie das ursprüngliche Wort *sulfure* zeigt.

#### **Text 6. Hassenfratz, Adet: Entwurf von chemischen Symbolen für die elementaren Stoffe**

Wir haben sechs allgemeine Zeichen für die sechs Klassen der einfachen oder nicht zerlegbaren Körper verwendet. Die gerade Linie dient dazu, die erste Klasse zu bezeichnen oder die Substanzen, die in die Zusammensetzung der größten Zahl der Körper einzugehen scheinen; das Dreieck bezeichnet die Erden und Alkalien, der Halbkreis die brennbaren Substanzen, der Kreis die metallischen Substanzen; das Quadrat schließlich die Säureradikale, die uns noch unbekannt sind und deren Natur man zu entdecken hofft, und das Quadrat mit der Spitze nach oben die zusammengesetzten Substanzen, die keinen Säurecharakter haben und deren Komponenten man noch nicht kennt.

Dadurch, dass wir diese Zeichen zwei zu zwei oder drei zu drei kombiniert haben, haben wir eine Möglichkeit gefunden, um auf gleichbleibende und einheitliche Weise alle die Verbindungen anzuzeigen, die wir kennen, und entsprechend unseren allgemeinen Gesetzen die Bequemlichkeit zu zeigen, die Zeichen von Verbindungen zu bilden, die uns die Kunst eines Tages kennenlassen wird.

Schließlich sind wir durch die gegenseitige Anordnung der Zeichen einer Verbindung dazu gekommen, die Mengenverhältnisse der Substanzen erkennbar zu machen, die an der Verbindungsbildung teilnehmen. Dies ist der Weg, dem wir gefolgt sind, um das Problem zu lösen, das sich natürlicherweise bei der Bildung der chemischen Zeichen stellte.

(Hassenfratz, Jean Henri und Adet, Pierre Auguste in: Louis Bernard Guyton de Morveau, Antoine Laurent Lavoisier, Claude Louis Berthollet und Antoine François de Fourcroy : *Méthode de Nomenclature Chimique*. Paris 1787, S. 271 [im Original fälschlich S. 255] – 287, hier S. 285 – 287. – Eigene Übersetzung)

Kommentar:

Hassenfratz und Adet hatten den Auftrag bekommen, ein System von Symbolen zu entwerfen, das den Richtlinien der neuen chemischen Nomenklatur entsprach. Sie wählten sechs Zeichen: vier für die elementaren Stoffe und zwei für Verbindungen von noch unbekannter Zusammensetzung. Linie, Dreieck, Halbkreis, Kreis und Quadrat wurden verwendet, und zwar in der Zuordnung, wie sie im Text angegeben

ist. Dreieck, Kreis und Quadrat wurden durch einen oder gegebenenfalls zwei Buchstaben ausgefüllt, die vom lateinischen Namen des betreffenden Stoffes abgeleitet waren. Durch Kombination dieser Symbole entstanden Formeln für Verbindungen, wobei auch der Fall berücksichtigt wurde, dass sich zwei Bestandteile in mehr als einem Mengenverhältnis miteinander vereinigten.

Am Beispiel einiger der in diesem Text verwendeten Fachbegriffe soll gezeigt werden, wie sehr diese noch gegen Ende des 18. Jahrhunderts und darüber hinaus von der aristotelischen Diktion beeinflusst waren. „Körper“ (französ. *corps*) ist ein Stoff im chemischen Sinne, ein „einfacher oder nicht zerlegbarer Körper“ (*corps simple ou non-décomposé*) ein Element. „Verbindung“ (*mixte*) müsste wörtlich übersetzt durch „Mischung“ ersetzt werden, bedeutet aber in beiden Fällen kein mechanisches Gemenge. Mit dem Begriff „Kunst“ (*ars*) wurde eine auf die Praxis ausgerichtete Tätigkeit bezeichnet, womit in diesem Fall wohl die Chemie gemeint war.

Geschichte der Chemie Band 1 – Altertum, Mittelalter,  
16. bis 18. Jahrhundert

Weyer, J.

2018, XIV, 576 S. 45 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-662-55797-6