

Eine nasschemische Interpretation der alchemistischen Grundbegriffe „Stein der Weisen“, „Mercur“ und „Materia Prima“ auf der Grundlage des hochmittelalterlichen alchemistischen Schrifttums

Wolfgang Tomischko
Univ.Prof. Dipl.–Ing. Dr.techn. Dr.h.c.mult. Herbert Danninger
Ao.Univ.Prof. Mag.pharm. Dr.rer.nat. Ernst Pittenauer
Ao.Univ.Prof. Dipl.–Ing. Dr.techn. Egon Erwin Rosenberg

Alle: Technische Universität Wien, Institut für Chemische Technologien und Analytik, Getreidemarkt 9/164, A – 1060 Wien

0. Abstract

In public opinion, alchemy is often associated with fraud and religious spinning. Unfortunately, this view does not stop at the gates of the academic world. At most it is conceded that it is an immature precursor system to chemistry. The extensive research results of the past decades, however, show that this view does not do justice to the actual facts. Conversely, the great knowledge and skills of alchemists, who have created valuable chemical knowledge under circumstances that are hard to imagine today, must be appreciated. This work shows that the famous – infamous “Philosopher's Stone” has also a well-founded chemical basis if one sticks to the information, possibilities and ways of thinking of the early authors. The experiments are documented and for the most part even suitable for student experiments. Although the surface refinement of metals according to the philosopher's stone process is outdated today, this process may be a method of leaching gold in the future that is far less problematic for health and environment than the currently used methods using amalgam or cyanide.

Alchemie wird in der öffentlichen Meinung häufig mit Betrug und religiöser Spinnerei assoziiert, wobei diese Sichtweise leider auch vor den Toren der akademischen Institutionen nicht Halt macht. Allenfalls wird zugestanden, dass es sich um ein unreifes Vorläufersystem der Chemie handelt. Gerade die umfangreichen Forschungsergebnisse der letzten Jahrzehnte zeigen jedoch, dass diese Auffassung den tatsächlichen Gegebenheiten nicht gerecht wird. Im Gegenteil ist dem großen Wissen und Können der Alchemisten Respekt zu zollen, die unter heute kaum vorstellbaren Umständen wertvolles chemisches Wissen geschaffen haben. Die vorliegende Arbeit zeigt, dass auch dem berühmten – berüchtigten „Stein der Weisen“ wohlbegründete chemische Sachverhalte zugrunde liegen, wenn man sich an die Angaben, Möglichkeiten und Denkweisen der frühen Autoren hält. Die Versuche sind dokumentiert und zum großen Teil sogar für den Schülerversuch geeignet. Auch wenn die Oberflächenveredlung von Metallen nach dem Stein – der – Weisen – Prozess heute überholt ist, so mag dieser Prozess in der Zukunft eine Methode der Gewinnung von Gold darstellen, die weitaus weniger problematisch für Gesundheit und Umwelt ist als die derzeit üblichen Verfahren mittels Amalgam oder Cyanid.

1. Einleitung

Die Arbeiten an der kommentierten Fassung von HEINRICH KHUNRATHS berühmtem alchemistischen Grundlagenwerk „Vom hylealischen Chaos“¹ und dabei wiederum der Kontakt zu den alchemistischen Grundlagenchriften begründeten die Vermutung, dass alchemistische Techniken bis hin zum berühmten – berüchtigten „Stein der Weisen“ keinesfalls Betrug oder religiös verblendete Narretei waren, sondern auf sehr bodenständigen und auch nachvollziehbaren Naturbeobachtungen und Labortechniken beruhten. In der vorliegenden Arbeit wird gezeigt, dass nach Weglassen später hinzugefügter theologisch – philosophischer Interpretationen einerseits, aber auch der Berücksichtigung wissenschaftshistorischer Gegebenheiten andererseits ein tragfähiges Modell dafür entsteht, was unter dem „Stein der Weisen“ sowie dem „Mercur“ im ursprünglichen Sinn verstanden wurde. Dieses Konzept trägt sowohl den nasschemischen Versuchsergebnissen und physikalisch – chemischen Gesetzmäßigkeiten einerseits als auch den in den alchemistischen Grundlagenwerken beschriebenen Modellen andererseits Rechnung. Die Säulen der vorliegenden Arbeit sind

- Die Forderung nach Respekt, Gerechtigkeit und Verständnis für die Ahnen der Wissenschaft.

- Die Korrektur der üblicherweise falschen Vorstellungen von Alchemie, speziell auch des Gegensatzes zwischen den arabischen Grundlagenwerken bis ins 13. Jh. und späteren Arbeiten.
- Die explizite Darstellung der nasschemischen Prozesse bezüglich des Steins der Weisen und des „Universallösungsmittels“ Merkur², sodass diese zum großen Teil auch als Schülerexperimente geeignet sind.

Philosophische und theologische Aspekte der Alchemie werden in vorliegender Arbeit nur soweit behandelt, als sie für das Verständnis des der chemischen Praxis zugrundeliegenden Weltbildes nötig scheinen. Ausführliche Darlegungen dieser nichtchemischen Aspekte findet man in früheren Arbeiten³. Weitgehend unberücksichtigt bleiben auch späte, sekundäre Werke, da diese gegenüber den ägyptischen und arabischen Grundlagenwerken keine erkennbaren Fortschritte in der nasschemischen Technik beinhalteten. Einzige, aber wesentliche Ausnahme war die Erfindung der Mineralsäuren, wahrscheinlich im 14. Jahrhundert⁴. Diese stellte zwar eine Revolution der Nasschemie dar, wurde jedoch aus der Transmutations – Alchemie explizit heraus gehalten⁵.

2. Eine kurze Geschichte der Alchemie in Europa und dem Nahen Osten

Die Entwicklung chemischer Technologien durch Menschen begann vermutlich bereits früh in der Altsteinzeit mit dem Birken(schwel)pech. Dabei handelt es sich um ein schwarzes, teerartiges Destillat, das aus der Birkenrinde gewonnen und seit der Vorzeit als vielseitiger Klebstoff (besonders bei der Schäftung) verwendet wurde. Erste Funde dieser Substanz sind rund 200000 Jahre alt⁶! Ebenso bereits in der Altsteinzeit bekannt war die Lederbearbeitung⁷. Erste Keramiken sind etwa 30000 Jahre alt, Gebrauchskeramiken jedenfalls vor dem 8. Jt. v. Chr.⁸, gebrannte Ziegel 3.Jt. v. Chr.⁹. Erste Hinweise auf die Herstellung von Seife finden sich bei den Sumerern, aber erst die Römer dürften ihre reinigende Wirkung erkannt haben¹⁰. Das vermutlich erste Metall, das von Menschen verwendet wurde, war Kupfer. Hinweise auf seinen Gebrauch datieren bereits in das 8. Jt. v. Chr., weiträumiger Gebrauch ist ab dem 5. Jt. v. Chr. belegt¹¹. Ungefähr zur selben Zeit wurde auch Gold verarbeitet. Goldene Grabbeigaben werden auf das 5. Jt. v. Chr. datiert¹². Die Herstellung von Bronze setzte im 3. Jt. v. Chr. ein. In Mitteleuropa umfasst die Bronzezeit etwa den Zeitraum von 2200 bis 800 v. Chr.¹³. Auch Kosmetik wurde bereits in der Steinzeit betrieben und fand im 5. Jt. v. Chr. in Ägypten eine erste Hochblüte¹⁴.

Um das Jahr 50 n. Chr. stellte PLINIUS DER ÄLTERE das naturkundliche Wissen seiner Zeit in der Enzyklopädie „Naturalis historia“ zusammen¹⁵. Diese galt bis weit in die Neuzeit hinein als zentrale Quelle naturkundlichen Wissens und wurde auch in den alchemistischen Grundlagenwerken¹⁶ häufig zitiert, ähnlich wie die Arbeiten seines Zeitgenossen PEDANIOS DIOSKURIDES¹⁷.

Auch auf der anderen Seite des Zaunes finden sich ab der Steinzeit Modelle über die numinose Welt sowie den praktischen Kontakt zwischen Menschen und Geistwesen¹⁸. Bereits archaische Kulturen kennen Toten¹⁹ – und Ahnenverehrung²⁰ sowie vermutlich auch die Verehrung von und der persönliche Kontakt zu Naturwesen. Ungefähr im 2. Jt. v. Chr. entstanden Großreligionen. Bei allen Unterschieden in den Details ist den religiösen Systemen gemeinsam, dass sie zwar eine Vielzahl von Interaktionen zwischen Bewohnern der numinosen Welt und der irdischen Welt kennen (beispielsweise Inspiration, Belehrung und Kulturstiftung, Sicherung der Kontinuität, aber auch geschlechtliche Aktivität und Fortpflanzung). Eine Repräsentation oder gar Inkarnation der numinosen Wesen in der Materie, vor allem der unbelebten, war aber kein Thema²¹. Die logische Konsequenz war die fehlende theologische Einbindung der Materie, was zu einem strengen Dualismus führen musste, der keinerlei Geborgenheit spenden konnte. ARISTOTELES versuchte in seiner Metaphysik²² die Materie mittels logischer Definitionen zu fassen, blieb dabei jedoch im Endeffekt in der Geringschätzung des Hellenismus gegenüber der Praxis stecken.

Ein bis heute relevanter Lösungsansatz wurde im Raum Ägypten bis Persien im ersten vorchristlichen Jahrtausend begonnen: Die Verschmelzung der hochentwickelten Technologie Ägyptens mit theologischen und philosophischen Konzepten aus Griechenland und der magischen Weltanschauung der Chaldäer. Es gibt bis heute keine belastbare eindeutige Definition von „Alchemie“. Die einzige Übereinstimmung besteht darin, die Vorsilbe Al- als arabischen Beitrag zu sehen. Das Stammwort der „Chemie“ kann aus dem Griechischen wie χυμῶν, Chymon stammen, was wohl den (färbenden) Saft einer Pflanze meint oder χέω, Cheo, was „schmelzen“ oder „fließen“ bedeutet, was als Hinweis auf metallurgische Gusstechniken interpretiert werden kann²³. Andere Autoren schlagen den ägyptischen Begriff Chemeia (auch Chymeia oder ähnlich) vor, der vermutlich „chemische Technologie“ bedeutet.

Vermutlich als „erstes Axiom der Alchemie“ mag der berühmte Vers des sagenhaften OSTHANES verstanden werden: „Die Natur freut sich der Natur, die Natur überwindet die Natur, die Natur beherrscht die Natur“²⁴.

Die Qualitätsverbesserung edelmetallhaltiger Bleche in Zementierbüchsen war bereits im 6. Jh. v. Chr. bekannt²⁵. Dem OSTHANES wird die Qualitätsverbesserung edelmetallhaltiger Substanzen auf nasschemischem Weg zugeschrieben. Die Vorteile des Verfahrens sind unmittelbar einsichtig: Es ist einfacher, weitaus billiger und führt zu Beschichtungsverfahren mit weitaus geringerem Materialbedarf. Neben wirtschaftlichen und soziologischen²⁶ Gründen war das Ausschließen von unethischen Personen die dritte Motivation für die strikte Geheimhaltung²⁷.

Im Jahr 642 nahmen die Araber Alexandria im Zuge der islamischen Expansion dauerhaft ein²⁸. 711 bis 719 wurde die Iberische Halbinsel erobert²⁹. Sie erwiesen sich aber keineswegs als destruktive Barbaren gegenüber der Hochkultur in den eroberten Gebieten, sondern nahmen jene in voller Wertschätzung auf. Dieser Umgang mit dem kulturellen und technologischen Erbe hatte beträchtliche konstruktive Auswirkungen³⁰, sodass die arabische Kultur der mitteleuropäischen über Jahrhunderte hinweg weit überlegen war. So war es nur logisch, dass die Autoren der wesentlichen Grundlagenwerke der Alchemie aus dem arabischen Kulturraum stammten:

- ZOSIMOS PANOPOLITANUS, latinisiert ROSINUS, etwa 3. bis 4. Jh. n. Chr.³¹.
- ABŪ MŪSĀ DSCHĀBIR IBN HAYYĀN, latinisiert GEBER, möglicherweise 721 – 815³².
- MUHAMMED IBN UMAIL AL-TAMIMI, auch ZADITH, latinisiert SENIOR, etwa 900 – 960³³.
- ABD ALLĀH IBN SĪNĀ, latinisiert AVICENNA, um 980 bis 1037³⁴.
- Und natürlich ARNALDUS DE VILLANOVA (1235 – 1311), der zwar selbst die Alchemie ablehnte, dem aber vermutlich schon zu Lebzeiten mehrere wesentliche alchemistische Werke untergeschoben wurden, welche eindeutig der arabischen Denkweise verpflichtet waren.

Diese vollständige Dominanz der arabischen Geisteswelt über die mitteleuropäische änderte sich erst im 13. Jh., wobei unserer Ansicht nach dafür mehrere Gründe ausschlaggebend waren:

- Die zunehmenden Territorialverluste der maurischen Herrscher in Spanien als Konsequenz der Reconquista³⁵.
- Die mongolische Eroberung Bagdads im Februar 1258³⁶. Die Zerstörung der Stadt, Ermordung der Einwohner sowie die Vernichtung ihrer Kulturgüter und Bibliotheken ist wohl als Endpunkt der Blütezeit des Islam anzusehen.³⁷
- Als Quelle konstruktiver Gegenpole ist wohl KAISER FRIEDRICH II.³⁸ zu sehen. Er wertete die Schola Medica Salernitana³⁹ de facto zur Universität auf. Sie wurde zu einem Zentrum der Forschung und Bildung, vor allem aber des Austausches zwischen europäischen und orientalischen Gelehrten. Frauen waren sowohl als Studierende als auch als Lehrende zugelassen. Des Weiteren gründete FRIEDRICH II. 1224 die Universität von Neapel⁴⁰. Dazu kam der Kaiserhof selbst, welcher ebenso eine Stätte des Geistes war.

Auch die Alchemie profitierte davon: Um 1330 schrieb der Stadtarzt PETRUS BONUS⁴¹ das europäische Alchemiebuch „Pretiosa margarita“. Um 1453 folgten „Chymische Schriften vom ebenedeiten Stein der Weisen“ des allerdings historisch nicht fassbaren BERNHARDUS TREVISANUS⁴². Wie auch in den anderen Wissenschaften schuf erst die Erfindung GUTENBERGS⁴³ um 1450 die Voraussetzung für breite Publikationstätigkeit. Der Fall des oströmischen Reiches⁴⁴ 1453 schwemmte Unmengen an antikem Wissen nach Mitteleuropa, was auch als geistige Quelle der Renaissance verstanden wird. Während PARACELSUS⁴⁵ versuchte, Medizin, Metallurgie, Alchemie und Spiritualität auf eine neue, praktikable und vereinheitlichte Grundlage zu stellen, keimte mit der harmlos klingenden Frage „Stimmt das wirklich?“ in den dunklen Studierstuben der Philologen eine neue Weltanschauung mit unabsehbaren Konsequenzen: Die Grundlage der modernen Naturwissenschaften.

Im 16. Jh. verstärkten sich die zentrifugalen Kräfte innerhalb Europas, ein beträchtlicher Teil der Bevölkerung lebte in prekären Zuständen, die geistige Macht der Kirche hatte durch Pest, Hussiten⁴⁶ und Reformation schwer gelitten, Krankheit und Elend regierten. In dieser bedrohlichen Situation machten spekulative Alchemisten wie HEINRICH KHUNRATH⁴⁷ oder JOHN DEE⁴⁸ den Versuch, Alchemie zum Mittel zur Rettung Europas zu erweitern. Dabei scheiterten sie aber schon an der Frage, wie das konkret anzustellen wäre. Aus KHUNRATHS Schriften kann man interpretieren, dass ihm eine friedliche und geisterfüllte Kooperation aller Menschen unter göttlicher Schirmherrschaft (unmittelbare Theokratie) vorschwebte. Doch mit dem Tod des Kaisers RUDOLF II.⁴⁹ im Jahr 1612 entzündeten sich die

schwelenden Konflikte vollständig. Ein letzter Versuch, durch die als „Chymische Hochzeit des CHRISTIAN ROSENKREUTZ“⁵⁰ alchemistisch gedeutete Hochzeit von FRIEDRICH V. VON DER PFALZ⁵¹ mit ELISABETH STUART VON ENGLAND⁵² den Untergang zu verhindern⁵³ schlug fehl. Der dreißigjährige Krieg⁵⁴ zerstörte die mitteleuropäische Infrastruktur auf mehr als ein Jahrhundert und läutete auch das Ende der Alchemie ein. Für Staaten wie Frankreich, England, Schweden und die Generalstaaten (Vorläufer der Niederlande) brachte der Krieg eine deutlich positive Bilanz bezüglich Souveränität, Gebiet und Wirtschaft. Im Reich gewannen die konservativen Kräfte den Krieg, die Vorkriegsverhältnisse wurden nur geringfügig nachgeschärft. Zu den physischen Verwüstungen kam ein Exodus der Geistigkeit, von dem vor allem England profitierte. ISAAC NEWTON⁵⁵ und ROBERT BOYLE⁵⁶, einerseits selbst noch Alchemisten, begründeten die moderne Physik und Chemie, welche einen ungeheuren Siegeszug erlebte. Alchemie wurde zur Freizeitbeschäftigung der Adeligen⁵⁷ und Gegenstand der Trivialliteratur⁵⁸.

Auch im 19. Jh. blieb Alchemie gegenüber den umfassenden wissenschaftlichen Erfindungen und Entdeckungen einerseits und dem Erstarken einer offeneren Esoterik andererseits eine Randerscheinung. Beachtenswert scheinen lediglich SCHMIEDERS⁵⁹ „Geschichte der Alchemie“, 1832, die Alchemie der Wissenschaft nahe brachte, sowie im selben Jahr GOETHES⁶⁰ „FAUST 2“⁶¹. Der britische Esoteriker WAITE⁶² übersetzte 1896 die Turba ins Englische. Der französische Okkultist PAPUS⁶³ veröffentlichte um 1900 in seinem Grundlagenwerk „Die Kabbala“ Auszüge aus KHUNRATHS „Chaos“. Alchemie wurde damit (nicht ganz korrekt) als Aspekt der Kabbala gesehen⁶⁴. Wissenschaftliche Anerkennung kam im ersten Drittel des 20. Jh. durch die drei Autoren LIPPMANN⁶⁵, DARMSTAEDTER⁶⁶ und RUSKA⁶⁷, wobei diese nicht nur die geisteswissenschaftlichen Aspekte der Alchemie aufarbeiteten, sondern auch ausführlich auf die chemische Realität eingingen. Ganz im Gegensatz dazu sahen C. G. JUNG⁶⁸ und seine Mitarbeiterin MARIE – LOUISE VON FRANZ⁶⁹ die Alchemie ausschließlich psychologisch, was einerseits als Kastration zu werten ist, sie andererseits aber auf eine solide geisteswissenschaftliche Grundlage stellte. Die ungarische Autorin MÁRIA SZEPES⁷⁰ erweiterte in ihrem viel beachteten Roman „Der rote Löwe“ 1946 die schon ältere Sichtweise der Arbeit am Lapis als primär seelische Vervollkommnung um das Reinkarnationsmodell. Im Jahr 1980 gelang dem US – amerikanischen Chemiker und Nobelpreisträger GLENN T. SEABORG⁷¹ die Transmutation einer kleinen Menge Wismut zu Gold mit kernphysikalischen Methoden. Trotzdem diese bedeutende Pionierleistung der Physik mit den entsprechenden Angaben in den alchemistischen Grundlagenwerken nichts zu tun hat, wurde sie in einem alchemistischen Kontext gesehen. Das ist zwar nicht korrekt, aber über die Assoziation mit der Goldmacherei nachvollziehbar. Die wissenschaftliche Aufarbeitung der Alchemie wurde durch Realienfunde (unter anderem Oberstockstall 1980⁷², Kapfenberg 2005, Wittenberg 2012⁷³) essentiell unterstützt. Die geisteswissenschaftliche Aufarbeitung erfuhr durch das Internet eine grundlegende Vereinfachung, da viele öffentliche Bibliotheken⁷⁴ ihre Schätze digitalisierten und online stellten. In der Online – Bibliothek eines großen Informationskonzerns⁷⁵ finden sich viele Schätze alter Literatur. Daneben entstanden private frei zugängliche Sammlungen des Alchemika – Bestandes⁷⁶. Eine textkritische Neuausgabe der Paracelsus – Schriften ist ebenso geplant wie eine Sammlung direkt übersetzter antiker Grundlagenwerke der Alchemie.

Neben dem wissenschaftshistorischen Interesse ist wohl auch die zunehmende Skepsis breiter Bevölkerungsschichten gegenüber dem vielfach vertretenen, herz- und seelenlosen Monismus der Materie eine Motivation, ausgehend von früheren Arbeiten wieder zu einer erlebbaren Position in einer spirituellen Welt zu finden. Diese Aussage ist allerdings keinesfalls als Werbung für einen plumpen Obskurantismus⁷⁷ zu verstehen, sondern als Erinnerung an die Aufforderung Tyndalls, in der Wissenschaft den Menschen nicht zu vergessen⁷⁸.

3. Diskussion einiger Meinungen über Alchemie

Meinung: Alchemie ist Glaube, Naturwissenschaft ist objektive Realität.

Antwort: Alchemie ist genauso wie Naturwissenschaft eine menschliche Kulturleistung. Beide beinhalten damit unausweichlich auch die dunklen Seiten des Menschseins:

- Geistige und seelische Inkompetenz, schwere körperliche Mängel, mangelnde Ausbildung, fehlende Mittel⁷⁹ bis hin zum Prekariat⁸⁰ konnten und können praktischen Erfolg und wissenschaftlichen Wert der Arbeiten beeinträchtigen oder verhindern.
- Manche Forschungsthemen und Forschungsergebnisse vermochten die soziale Integration zu gefährden, bis hin zum Prekariat⁸¹.

- Die sowohl aus jenem wirtschaftlichen Mangel als auch aus Geltungssucht resultierende Neigung zum Ersatz wissenschaftlicher Korrektheit durch attraktive Präsentation⁸² war früher wie heute üblich. Die dazu gehörende Neigung, begrenzt wertvolle Substanzen oder Methoden aus wirtschaftlichen Gründen oder Eitelkeit mit wohlklingenden Worten und euphemistischen Darstellungen, notfalls bis hin zum inneren Widerspruch, aufzubauschen, ist ebenso lebendige Tradition⁸³.
- Maßlose Spekulationen wie KHUNRATHS Lapis – Christus – Identifizierung⁸⁴ erleben wir heute im neuen Gewand des Missbrauchs von Simulationen⁸⁵, wo aus Unvollständigem Beliebigeres folgt.
- Unverändert leidet die frühe wie die moderne Wissenschaft unter der Geißel der wirtschaftlich motivierten Geheimhaltungspflicht⁸⁶. Eine weitere problematische Erscheinung ist die Halbbildung, die gegenüber der wahren Geistigkeit feindlich ist⁸⁷. Verstärkt wird gerade heute die Beschädigung von Bildung durch ihre Reduktion auf allgemein verfügbare Informationen, insbesondere „das, was im Internet steht“⁸⁸.
- Umgekehrt ist die Vorstellung definitiv falsch, Wissenschaft sei inhärent objektiv und keine Weltanschauung. Dabei scheint vielen Menschen nicht klar zu sein, dass die Kriterien Intersubjektivität, Reliabilität, Validität, Entscheidbarkeit, Verwendung präzise definierter Begriffe, und teilweise Anwendbarkeit „Wissenschaftlichkeit“ erst definieren⁸⁹. Die Folge ist naturgemäß die Schaffung einer mit der Natur nur bereichsweise zusammenhängenden Kunstwelt, die dann fälschlich mit der Natur identifiziert wird⁹⁰. Übergriffe auf der Naturwissenschaft gar nicht zugängliche Phänomene und Lebensbereiche sind die schmerzhafteste Konsequenz, genauso wie die inhärente Neigung zur Unmenschlichkeit⁹¹.

Meinung: Alchemie ist Betrug.

Antwort: Der Vorwurf ist nicht ganz unberechtigt. Schon den antiken Alchemisten war klar, dass Metallveredelung eine Einladung zum Betrug darstellt. Man versuchte daher, nach Möglichkeit ausschließlich Alchemisten heranzubilden, die neben meisterlicher Fachkompetenz auch höchste Moral aufwiesen. HEINRICH KHUNRATH schuf eine umfangreiche Sammlung durchaus literarisch wertvoller Formulierungen für vorgeschlagene Hinrichtungsmethoden⁹². Dabei sollte die Schuld allerdings nicht ausschließlich den Pseudo – Alchemisten in die Schuhe geschoben werden⁹³!

Viel zu selten wird hingegen daran erinnert, dass gerade die Großen der Naturphilosophie immer wieder einen sehr derben Humor zelebrieren, mit dem sie die Schwächen der Menschen vorführen. Darauf ist im Sinn der Gerechtigkeit hinzuweisen, dass es eben auch ein großer Scherz ist⁹⁴, Massen an Leuten Jahrtausende lang glauben zu machen, mit einer Handvoll Chemikalien und ein wenig Technologie makroskopische Materietransmutation zu vermögen.

Meinung: Fachbegriffe haben eine eindeutige, intuitiv einsichtige Bedeutung.

Antwort: Die Bedeutung von Fachbegriffen verändert sich mit Kontext und Zeit. Die fundierte Kenntnis der Bedeutung der Fachbegriffe (zumindest in der eigenen Disziplin) ist unbestritten eine essentielle Kompetenz jeder/s ernst zu nehmenden Wissenschaftlerin/s. Bei der Bearbeitung von Themen aus anderen Disziplinen, Zeiten oder Kulturkreisen geschieht es bedauerlicherweise leicht, dass der Wandel der Bedeutung der Begriffe unberücksichtigt bleibt. Es folgen fatale Missverständnisse, menschliche Abwertungen und wertlose Debatten, welche allzu oft mit befremdlichem Fanatismus ausgetragen werden. Dabei wird beispielsweise schon in der Sekundarstufe 1 selbstverständlich erwartet, dass SchülerInnen erkennen können, ob „m“ den SI – Präfix für Milli oder die SI – Einheit „Meter“ repräsentiert.

Die korrekte Formulierung der erhaltenen Ergebnisse ist von einer entsprechenden Nomenklatur abhängig. Klagen noch heute so manche ChemikerInnen über schwammige oder unsaubere Stoffbezeichnungen (z.B. Martensit), so kann die Nomenklatur der Substanzen bis ins 19. Jh. hinein nur extrem chaotisch genannt werden: Im RULANDUS⁹⁵ sind mehr als ein Dutzend Bedeutungen für einen Stoffnamen keine Seltenheit. Zwar wurden immer wieder Versuche unternommen, Klarheit zu schaffen. Trotzdem begann die Entwicklung einer einheitlichen Nomenklatur erst im Jahr 1787 mit dem Buch „Méthode de nomenclature chimique“⁹⁶. Die IUPAC⁹⁷ wurde 1919 gegründet.

Meinung: Die moderne Wissenschaft hat bewiesen, dass eine nasschemische Umwandlung von Blei in Gold unmöglich ist.

Antwort: So einleuchtend dieser Satz klingt, und so gerne er als pseudo – vernünftiges Argument in einschlägigen Debatten verwendet wird, so wenig hilfreich ist er in Wirklichkeit⁹⁸. Um richtig zu sein, setzt er die unkritische Interpretation der Worte „Blei“ und „Gold“ als „homogenes Material der Ordnungszahl 82 bzw. 79“ voraus. Da die erste Tabelle mit relativen Atommassen (noch nicht Ordnungszahlen!) 1805 von JOHN DALTON veröffentlicht wurde⁹⁹, ist dieses System zur Argumentation gegen chemische Modelle und Techniken aus antiker Zeit offensichtlich ungeeignet. Genanntes Argument gegen die Transmutationslehre ist allerdings sehr wohl von Wert, wenn man den dahinterstehenden Fehler genau betrachtet. Eigentlich geht es um eine essentielle Frage, die schon die antiken Naturforscher und Philosophen beschäftigt hat, die Frage nach der Substanz, ihrem Wesen und ihren Eigenschaften. Substanz ist nach dem lateinischen Wort substantia das, woraus etwas besteht, aus substare, darunter stehen¹⁰⁰. Für ChemikerInnen ist die Frage nach den festen und veränderlichen Eigenschaften der Substanzen identitätsbestimmend. Natürlich sind auch homogene Substanzen einer Atomsorte¹⁰¹ ein Aspekt chemischer Arbeiten, weitaus häufiger beschäftigt man sich allerdings mit Anordnungen solcher Elemente. Dann treten die bekannten Zusammenschlüsse wie Legierungen, Verbindungen oder Gefüge sowie anderer Zustände der Materie in den Fokus des wissenschaftlichen wie technisch – wirtschaftlichen Interesses. Da die antike Alchemie weder Tabellen der relativen Atommassen noch Massenspektrometer¹⁰² zur Verfügung hatte, mussten andere beobachtbare Eigenschaften zur Definition der Metalle herangezogen werden. GEBER nennt dazu Reinheit, Farbe, Duktilität, Schmelzbarkeit, Beständigkeit und Gewicht¹⁰³.

Meinung: Alchemie ist mittelalterliche Narretei und Betrug.

Antwort: Schon die im 19. Jh. gefundenen Schriften „Papyrus Leiden“ und „Papyrus Stockholm“¹⁰⁴ beweisen, dass Alchemie wesentlich älter, jedenfalls vorchristlich ist. Diese Texte widerlegen auch den Aberglauben, Alchemie sei von Anfang an nur ein magisch – mystisches Hirngespinnst gewesen. Der Aberglaube „Narretei und Betrug“ ist schon längst durch die Arbeiten von ERNST DARMSTAEDTER¹⁰⁵ und EDMUND VON LIPPMANN¹⁰⁶ widerlegt.

4. Metallumwandlung

Aufgrund der chaotischen Verwendung dieses zentralen Begriffes der (Al)chemie und auch seiner teilweise intensiven weltanschaulichen Belegung soll vorweg eine Differenzierung und Klärung versucht werden.

Das ontologische Wesen einer Substanz ist ausschließlich mittels a – priori – Erkenntnis erkennbar. Im Weltbild der Kabbala könnte man formulieren, dass die unmittelbare Erkenntnis des „Dings an sich“ mittels des Geistes der Weisheit Gottes, Ruach Elohim, durch die Sphäre Chockmah zugänglich ist. Unabhängig davon, ob diese Methode prinzipiell existiert, liegt sie jedenfalls weit außerhalb der Reichweite der Wissenschaft. Innerhalb der Reichweite der Wissenschaft liegt die a – posteriori – Erkenntnis. Dabei werden die Eigenschaften des Wesens durch die Beobachtung von dessen Interaktionen mit bekannten Umwelteinflüssen erforscht und auf diese Weise Rückschlüsse auf das Wesen selbst gezogen. In der chemischen Praxis bedeutet das beispielsweise, eine Substanz

- auf ihre elementaren physikalischen Eigenschaften wie Dichte, Schmelz- und Siedepunkt, wenn anwendbar, Härte und Farbe;
- auf ihre elementaren chemischen Eigenschaften wie das Verhalten gegenüber Säuren, Laugen, Chloriden, Wasser, Soda und dergleichen;
- auf ihre atomaren oder molekularen Eigenschaften wie beispielsweise ihr Verhalten in Analysengeräten wie MS, AAS, ICP – MS, ICP – OES und dergleichen

zu untersuchen.

Es ist wohl davon auszugehen, dass die Lehre der Metallumwandlung seit der Antike von Pragmatismus bestimmt war: Stellte schon die Kenntnis der Eigenschaften der einzelnen Metalle und deren Veredlung den Metallurgen vor gewaltige Herausforderungen¹⁰⁷, so war die darauf aufbauende Umwandlung der Metalle dem Meister vorbehalten und wurde deshalb auch „Magisterium“ genannt. Das zugrunde liegende Prinzip lautet: „Das, was den unvollkommenen Metallen fehlt, wird durch die Medizin ergänzt, das überflüssige wird entfernt.“¹⁰⁸. Konkret sind das Farbe und Glanz, Härte¹⁰⁹, hoher Schmelzpunkt und Gewicht^{110, 111}. In der Praxis handelt es sich um die prinzipiell altbekannten, aber im Detail

fordernden Verfahren von Reinigung, Legierung, Wärmebehandlung und Oberflächenveredlung, wie sie auch heute angewendet werden.

Die praktischen Möglichkeiten der Alchemisten bezüglich dieser Magisteria waren durchaus unterschiedlich: Härte und Schmelzpunkt konnten durch Reinigung und Legierung in akzeptablem Masse variiert werden. Die Anpassung der Dichte wurde durchaus begründet als schwierigste Disziplin betrachtet. Da selbst Blei mit Dichte $11,34 \text{ g/cm}^3$ deutlich leichter als Gold (Dichte $19,3 \text{ g/cm}^3$) ist, musste man es mit Quecksilber (Dichte $13,6 \text{ g/cm}^3$) versuchen. Diese Methode ist aber nicht belastbar, da die Amalgame im Feuer nicht beständig sind, was auch schon die Alten wussten. Es ist daher davon auszugehen, dass die Alchemisten das Magisterium des Gewichtes nicht befriedigend lösen konnten¹¹². Glanz und vor allem Farbe wurden gegebenenfalls durch Oberflächenveredlung, das bedeutet Überziehen mit einem anderen Metall oder oberflächliches Legieren, erzeugt.

Die zentrale Substanzklasse für diese Oberflächenveredlung nannte man im arabischen Raum Elixier¹¹³ und im europäischen Raum Tinktur, wobei die Begriffe unabhängig von ihrer exakten Übersetzung weitgehend gleichbedeutend verwendet wurden¹¹⁴: Das Wort Elixier bedeutet eigentlich Pulver, und eine Tinktur ist ein Mittel, das durch Eintauchen färbt¹¹⁵. Ein wichtiges Qualitätsmerkmal dieser Färbung war ihre Beständigkeit, vor allem im Feuer. Das ist abseits der juristischen Situation allein schon für Gebrauchs- und Dekorationsgegenstände im nicht gerade sauberen Zeitraum der Antike bis in die Renaissance leicht nachvollziehbar.

Um diese Oberflächenveredlung durchzuführen, gab es zwei Verfahren, den nassen und den trockenen¹¹⁶ Weg¹¹⁷. In heutiger chemische Sprache ist damit wohl die Zementation aus der wässrigen Lösung (beispielsweise $\text{H[AuCl}_4]$ oder AgNO_3 bzw. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$) sowie das Auflöten des Goldkolloides auf die entsprechend vorbereitete Metalloberfläche zu verstehen. Beide Verfahren benötigen hohe Kunstfertigkeit¹¹⁸.

Abgesehen von diesen rein chemischen Überlegungen ist bekannt, dass die Variation von Aufbau und Zusammensetzung von Münzen nicht alleine eine Domäne von Alchemisten und Falschmünzern war. Auch der Edelmetallgehalt der offiziellen Münzen wurde gemäß den aktuellen wirtschaftlichen Gegebenheiten, Begehrlichkeiten des Münzherren („Münzverschlechterung, Münzentwertung“¹¹⁹) sowie der Verfügbarkeit der Edelmetalle¹²⁰ häufig „angepasst“. Dazu kommt, dass Münzen unterschiedlicher Münzämter unterschiedliche Feingehalte hatten. Aus diesem Grund mag die alchemistische Herstellung von Goldmünzen durchaus real gewesen sein, da ja auch die offiziellen Münzen nicht allzu dicht gewesen sind!¹²¹

Die Metallumwandlung bedarf keines theologischen Überbaues! Zwar wurde die Ethik des Alchemisten eingefordert, hier und da Gott und dessen Segen angerufen, eine technische Notwendigkeit dazu bestand aber nicht¹²². Fehlenden Erfolg im Labor mit mangelnder himmlischer Unterstützung zu begründen, wurde ausdrücklich als Ausrede betrachtet¹²³.

Zusammengefasst verstand man unter der Metallumwandlung die Methode, aus einem vergleichsweise minderwertigen Material durch geeignete chemisch – metallurgische Technologien (Reinigung, Legierung, Wärmebehandlung und Oberflächenveredlung) möglichst preisgünstig ein hochwertiges Material zu machen. Gerade bei der Goldherstellung wurde in der älteren Literatur kaum von „Transmutation – Umwandlung“, sondern meist von „Tingieren – dauerhaft Färben“ gesprochen.

5. Begriffsdefinitionen

Der Lapis Philosophorum¹²⁴ (Stein der Weisen) galt seit jeher als das Meisterstück des Metallurgen. Der Legende nach soll er durch den ägyptischen oder persischen Weisen OSTHANES¹²⁵ hergestellt worden sein. Bedauerlicherweise haben wir bis heute weder von diesem Gelehrten noch von seiner Beschreibung des Lapis eine direkte Quelle zur Verfügung. Erste belastbare Hinweise auf dieses sagenhafte Material stammen aus den ersten vorchristlichen Jahrhunderten¹²⁶. Wesentlich an dieser Substanz war, dass damit die Metallumwandlung besonders effektiv durchgeführt werden konnte. Der Begriff „Stein“ bezeichnet im Gegensatz zur heutigen Bedeutung in der Alchemie kein kompaktes Objekt aus Mineral oder Gestein¹²⁷, sondern allgemein eine „Substanz, die im Feuer beständig ist“¹²⁸. Plausibel scheint, dass der körperliche Stein der Weisen aus Goldkolloiden oder Goldsalzen zusammengesetzt ist, wie bereits DARMSTAEDTER schamhaft angedeutet hat¹²⁹. Die Umwandlung von Gold in den Lapis geschieht durch das Große Werk (Opus Magnum). Dabei wird das rohe Gold zuerst nasschemisch

gereinigt, indem unlösliche Beimengungen sowie Legierungselemente z.B. nach der Dichte abgetrennt werden. Danach geht das Gold selbst in Lösung. Je nach gewünschtem Reaktionsweg kann danach die goldsalzhaltige Lösung für Zementationsreaktionen verwendet werden, oder man fällt das Gold beispielsweise durch Zufügung von Reduktionsmitteln aus. Danach schwimmt das Goldkolloid auf. Durch Lichtbrechung an dieser dünnen Schichte entsteht der berühmte Pfauenschwanz, der den erfolgreichen Abschluss des Opus anzeigt.

Basiliskenblick: Eine Eigenschaft des Lapis ist, dass er Quecksilber verfestigt, analog dem Basilisken¹³⁰, der durch seinen Blick Menschen zu Stein erstarren lässt¹³¹. Dieser Effekt wurde als Qualitätskriterium für den Lapis verwendet. Wie so oft in der Alchemie ist die Verwendung des Begriffes nicht eindeutig. Wohl in Anspielung auf die feurigen Augen des Basilisken wurde das Universallösungsmittel auch Basilisk¹³², Drachenwasser¹³³ oder auch Gift¹³⁴ bezeichnet. Die chemische Realität des Basiliskenblicks wird später in dieser Arbeit gezeigt.

Die zentrale Substanz der Transmutations – Alchemie war der Mercur. Aufgrund seiner universellen Bedeutung und der unglaublichen Unwissenheit der meisten Alchemisten¹³⁵ erhielt er im Lauf der Zeit eine unüberschaubare Vielzahl an Namen. Das Wort Alkahest stammt eigentlich von PARACELTUS, wurde von diesem aber als Name eines Leberheilmittels verwendet. Im Sinn des universellen Lösungsmittels wurde der Name vom Paracelsisten HELMONT¹³⁶ zu Beginn des 17. Jh. verwendet. Eine andere übliche Bezeichnung war das arabischstämmige Azoth¹³⁷, entsprechend dem lateinischen Merkur, wohl in Anspielung auf deren Fähigkeit, Gold in Lösung zu bringen. Auf den essentiellen Unterschied, dass der Lapis nur über den nasschemischen Weg geschaffen werden kann und nicht über das Amalgam, wurde häufig und ausführlich, aber leider oft erfolglos, hingewiesen. Ein anderes Wort für das Universallösemittel war Mercurius Solis. Dass dieses Mittel jede metallische, mineralische, tierische und pflanzliche Substanz lösen können soll, ist als spätere Idealisierung zu betrachten. Denn einem GEBER, SENIOR oder AVICENNA zu unterstellen, sie wüssten nicht, dass die meisten Steine¹³⁸ sowie Keramik unlöslich sind, ist beleidigend. Wie im folgenden Kapitel über die Laborversuche klargestellt wird, ist die Lehre vom Alkahest, eingeschränkt auf die klassischen Metalle allerdings korrekt. Wie bereits in früheren Arbeiten¹³⁹ ausgeführt ist die chemische Grundlage des Universallösungsmittels der Mauersalpeter zusammen mit Salpetersäure. Die vorliegende Arbeit zeigt, dass als Säure durchaus auch Essigsäure¹⁴⁰ verwendet werden kann¹⁴¹. Daraus folgt, dass der Merkur sehr wohl bereits in der vorchristlichen Antike chemische Realität gewesen sein kann! Großen Wert für den Lösungsvorgang der edlen Metalle (positives Standardpotential) hat zusätzlich das im Mauersalpeter manchmal enthaltene Nitrit, das viele Lösungsprozesse deutlich beschleunigt und bei niedrigeren Temperaturen ablaufen lässt. Auf die Problematik des Chloridgehaltes hat schon DARMSTAEDTER hingewiesen¹⁴². Es steht zu mutmaßen, dass die Alchemisten das Chlorid durch Umkristallisieren abgetrennt haben, wenn sie den „kleinen Stein“ herstellen wollten¹⁴³. Durch das parasitäre Ausfällen von AgCl wird die Ausbeute trotzdem bescheiden gewesen sein.

Eine häufige Bezeichnung für den Mauersalpeter als essentiellen Teil des Merkur war „schmierige Feuchtigkeit“ oder auch „trockenes Wasser, das die Hände nicht benetzt“¹⁴⁴. Dies ist eine häufig anzutreffende Charakterisierung des hygroscopischen Mauersalpeters, der die Nitratquelle für den Merkur darstellt. Er fühlt sich ölig an, da er die Haut entwässert, und ist ein „immerwährendes Wasser“, da er im trockenen Zustand Luftfeuchtigkeit anzieht und so innerhalb weniger Tage selbständig wieder in Lösung geht.

Nigredo, Albedo und Citrinitas sind drei Farbeffekte, die im Laufe des Opus Magnum auftreten und die charakteristische Zeichen sind, dass der Alchemist auf dem richtigen Weg ist. Wie bei vielen Aspekten des Opus Magnum lassen sich die Alten nicht über Details aus, der Wissenschaftshistoriker muss die chemischen Gegebenheiten sprechen lassen.

Die Nigredo (Schwärzung, daher manchmal verhüllend auch als Antimon¹⁴⁵ bezeichnet) ist eigentlich eine parasitäre Reaktion. Es sind drei Aspekte der Nigredo zu unterscheiden: Einerseits das Austreten dunkler schwerlöslicher Substanzen (Rabenhaupt, caput corvi) aus dem goldhaltigen Gemenge wie Ruß, Oxide oder Sulfide. Diese schwimmen dann auf und müssen vor dem nächsten Schritt mechanisch abtrennt werden. Im Zuge der dem vorliegenden Werk zugrundeliegenden Laborarbeiten zeigte sich eine weitere Bedeutung der Nigredo: Ist der Merkur mit Quecksilbersalzen verunreinigt, entsteht eine nicht dauerhafte, sehr dunkle quecksilberhaltige Schicht auf dem Gold. Bei der Herstellung des Lapis mit modernen Laborchemikalien¹⁴⁶ treten beide daher nicht auf. Als dritte Version zeigte sich die der Auflösung des Metalls unmittelbar vorangehende Zerstörung der Oberflächenstruktur als merkbare Verdunkelung. Diese tritt daher auch bei sauberer Arbeit auf.

Auch die Albedo (Weißung) ist die Konsequenz einer Nebenreaktion. Nachdem die quecksilberhaltige schwarze Schicht abgeätzt ist, zeigt sich für kurze Zeit ein silberglänzender Überzug auf dem Gold. Diese Schicht verschwindet allerdings ebenso nach kurzer Zeit.

Der Begriff Citrinitas (Gelbfärbung) lässt sich in zweierlei Weise interpretieren: Einerseits auf die intensiv gelbe komplexe Goldsalzlösung, andererseits (falls nicht von sauberem Gold ausgegangen wurde) auf die nach dem Abätzen von Verunreinigungen und dem chemischen Aufrauen strahlend gelbe Oberfläche des Goldes.

6. Alte und neue pharmazeutische Anwendungen der Metallverbindungen

Die medizinische Verwendung von Metallen und Metallverbindungen reicht bis tief in die Antike zurück: Mehr als zwei Jahrtausende vor der Zeitenwende nennt der SMITH – Papyrus¹⁴⁷ bereits Kupfer als Desinfektionsmittel. In der Alchemie scheinen medizinische Anwendungen früh¹⁴⁸ auf und wurden dann im Lauf der Jahrhunderte infolge unkorrekter Identifikation von Lapis, Theriak¹⁴⁹, Panazee¹⁵⁰, Balsam¹⁵¹ und Moly¹⁵² ins Absurde übersteigert. Umgekehrt haben Metallpräparate auch in der heutigen Pharmazie eine gewisse Bedeutung. In diesem Kapitel wird versucht, einige alchemistische Präparate aufzuzählen und deren pharmakologische Wirksamkeit abzuschätzen.

Der Große Stein der Weisen ist chemisch wohl Goldkolloid, je nach Autor und Präparation auch die Vorstufe Tetrachloroaurat. GEBER beschreibt in seiner Summa: „*Es ist eine Medizin, die erheitert und den Körper jugendlich erhält.*“¹⁵³ Tatsächlich werden seit 1935 moderne Goldpräparate wie Auranofin¹⁵⁴, Aurothiomalate oder Aurothioglucose bis heute erfolgreich gegen rheumatoide Arthritis eingesetzt. Dies verbessert die Lebensqualität der Kranken erheblich, da sie wieder mobilisiert werden. Der Wirkungsmechanismus ist bis heute nicht bekannt. GEBER wie auch Consilium¹⁵⁵ beschreiben des Weiteren eine antidepressive Wirkung. Diese wird bis heute immer wieder publiziert, allerdings in Open Access – Journalen oder außerhalb der wissenschaftlichen Pharmazie. Belastbare klinische Hinweise darüber sind uns derzeit nicht bekannt. Möglicherweise handelt es sich um einen verständlichen Sekundäreffekt, da Schmerzreduktion und Mobilisierung die Stimmungslage entscheidend verbessern können.

Pharmazeutisch weitaus bedeutender sind Silberkolloid und Silbernitrat, alchemistisch manchmal (aber keineswegs eindeutig) „kleiner Stein“ genannt. Dabei handelt es sich um ein heroisches und (abgesehen von Reizungen) weitgehend nebenwirkungsfreies Antiseptikum. Heute ist eine Vielzahl von silberbasierenden Präparaten verfügbar. Namensbeispiele sind Coldargan¹⁵⁶ als Antiseptikum für Schleimhäute, Magen und Urogenitalsystem sowie Micropur¹⁵⁷ zur Trinkwasserentkeimung. Bis 1986 war die Augenprophylaxe von Babies mit 1% Silbernitratlösung gegen Infektionen mit mütterlichen Gonokokken verpflichtend. Allerdings ist die Wirksamkeit der Silberpräparate immer nur lokal. Bedauerlicherweise findet man manchmal auch das übertriebene Versprechen systemischer Wirksamkeit, beispielsweise zur Krebszellen – Umwandlung und Krebsheilung. Vor derartigen unangebrachten Hoffnungen kann nur entschieden gewarnt werden!

Quecksilberhaltige Präparate haben sich als Antiseptika in der Humanmedizin lange gehalten. Das Sublimat HgCl_2 ist grundsätzlich ein äußerst wirksames, allerdings extrem giftiges Antiseptikum. Durch die Einführung des weitaus weniger giftigen Kalomels Hg_2Cl_2 zu Zeiten des PARACELTUS gewann die Quecksilbertherapie an Bedeutung. Noch dazu war sie bis zur Einführung des Salvarsan¹⁵⁸ 1910 praktisch die einzige Therapie der Syphilis. Um 1940 wurde das Phenylmercuriborat entwickelt, welches in verschiedenen Präparaten mit dem Markennamen Merfen¹⁵⁹ überaus verbreitet war. Erst um die Jahrtausendwende wurden die meisten Quecksilberpräparate vom Markt genommen. Das Konservierungsmittel Thiomersal¹⁶⁰ ist allerdings bis heute zugelassen¹⁶¹.

Eisenpräparate wurden schon im Mittelalter zur Blutstillung und Wunddesinfektion verwendet. Bei Anämie können oral verabreichte Eisenpräparate hilfreich sein, allerdings kann Überdosierung zu schweren Gesundheitsschäden führen! MEYERS Konversations – Lexikon nennt mehr als zwei Dutzend pharmazeutische Eisenpräparate. Es gibt Hinweise, dass die billigen und recht einfach zuzubereitenden Eisenpräparate schon früh als Aurum Potabile verkauft wurden, wobei die rote Farbe den Betrug¹⁶² unterstützte. In Österreich werden Eisenpräparate derzeit unter Markennamen wie Lösferron¹⁶³ oder Ferretab¹⁶⁴ vertrieben.

Antimonpräparate wie der Mercurius vitae¹⁶⁵ $Sb_4O_5Cl_2$ wurden speziell in der paracelsistischen Medizin als Antiseptikum und Austreibungsmittel hoch geschätzt, haben aber wohl so manchen Patienten das Leben gekostet¹⁶⁶. In der Homöopathie werden Antimonpräparate zur Behandlung von Stoffwechselschwäche bis heute eingesetzt¹⁶⁷. In der wissenschaftlichen Pharmazie werden sie heute zur Therapie von Tropenerkrankungen (Pentostam¹⁶⁸) sowie Krebs (Lenocta¹⁶⁹) verwendet.

Bei dieser Darstellung sollte jedenfalls bedacht werden, dass den Alchemisten und Pharmazeuten von der Antike bis zur Renaissance keine Reinsubstanzen, wie sie heute üblich sind, zur Verfügung standen. Aufgrund der hohen Wirksamkeit der Metallpräparate ist jedenfalls von einer beträchtlichen Mitbeteiligung der Verunreinigungen auszugehen! Im Gold waren mit hoher Wahrscheinlichkeit vor allem Silber und Quecksilber sowie Blei und Antimon enthalten.

Lithiumsalze haben medizinische Wirkung, vor allem im psychiatrischen Bereich. Über der therapeutischen Menge liegende Konzentrationen sind jedoch gesundheitsschädlich und können leicht zum Tod führen!

Natrium, Kalium und Kalzium sind für alle tierischen Organismen essenzielle Mineralstoffe (Mengelemente).

Rubidium scheint bei Tieren für den normalen Verlauf der Trächtigkeit notwendig zu sein. Der Einsatz als antidepressiver Wirkstoff wird diskutiert.

Caesium und Francium haben keine bekannte biologische oder medizinische Bedeutung.

Beryllium hat keine bekannte konstruktive biologische Bedeutung. Beryllium, Berylliumoxid und Berylliumsalze sind giftig und karzinogen.

Magnesium ist das Zentralatom im Chlorophyll. Medizinisch wird es gegen banale Muskelkrämpfe eingenommen, die Wirksamkeit ist nicht gesichert.

Das Strontiumsalz der Ranelicsäure wird als Arzneistoff zur Behandlung der Osteoporose eingesetzt.

Bariumsulfat wird als Röntgenkontrastmittel verwendet, da es absolut unlöslich ist. Alle löslichen Bariumsalze sind schwere Gifte, sie wurden früher als Rattengift verwendet.

Radium wurde anfangs in großem Umfang als Dekor- und Heilmittel eingesetzt, ab den 1930er Jahren wurde seine Gefährlichkeit erkannt. Heute wird es in der Radioonkologie verwendet.

Plutonium und Neptunium sind schwere Blutgifte, selbst winzigste Mengen können Leukämie auslösen.

Das Spurenelement Vanadium gilt nicht als lebensnotwendig, erfüllt aber trotzdem wichtige Aufgaben im Körper.

Molybdän ist ein lebensnotwendiges Spurenelement.

Platin wird in der Krebsbehandlung in Form verschiedener Komplexe als Zytostatikum verwendet.

Zink ist ein essentielles Spurenelement. Es ist das Zentralatom des Insulin – Hexamers. ZnO wirkt stark mikrobizid und wird statt Antibiotika in großen Mengen dem Tierfutter beigemischt.

Basische Wismutsalze werden in Kombinationstherapien mit Antibiotika und Magensäureblockern gegen *Helicobacter pylori* verwendet.

Cobalt ist Bestandteil von Vitamin B12 (Cobalamin), das für den Menschen überlebensnotwendig ist. Orale Dosen ab einigen 10 mg täglich sind stark gesundheitsschädlich. Dies wurde einigen Biertrinkern zum Verhängnis, da einige wenige Brauereien in den 1960er Jahren dem Bier Cobalt(II) – Sulfat als Schaumstabilisator beigemischten. Cobalt(II) – Salze sind gegenwärtig als Dopingmittel im Gespräch. Eingeatmete Stäube von Cobaltmetall und dessen Verbindungen sind krebserregend.

Die physiologische Bedeutung von Nickel ist derzeit nicht belastbar geklärt. Behauptungen, es sei essentiell, stehen fehlende Belege von Mangelerscheinungen gegenüber. Die allergene Wirkung von

Nickelstäuben ist allgemein bekannt. Anorganische Nickelverbindungen, vor allem das Ni²⁺ Ion, sind krebserregend.

Kupfer ist ein lebensnotwendiges Spurenelement. Es wird medizinisch primär zur Wirkungssteigerung von Intrauterinpessaren verwendet. Da es bakterizid ist, wird es derzeit als Beschichtungsmetall für Türklinken, Lichtschalter oder Wasserhähne versucht. Kupferverbindungen werden im Weinbau als Pflanzenschutzmittel verwendet.

Blei ist in Form von gelösten Bleiverbindungen sowie Bleistäuben toxisch. Besonders toxisch sind organische Bleiverbindungen, die bis heute verbotenerweise Kraftstoffen beigemischt werden. Blei hat keine konstruktive medizinische Wirkung. In den letzten Jahren wurden mit Blei verunreinigte Ayurveda – Medikamente gefunden, welche den Patienten schwere Gesundheitsprobleme einbrachten.

Auch wenn es keine Metallverbindung ist, darf eine Substanz in der Aufzählung nicht fehlen:

Ethanol, alchemistisch Aqua ardens oder Aqua Vitae, wird etwa ab dem 14. Jh. ausführlich beschrieben. Die Substanz scheint aber deutlich länger bekannt zu sein. Der Legende nach hat sie der irische Mönch ST. PATRICK im 5. Jh. aus Ägypten importiert¹⁷¹. Manchmal wird ein italienischer Arzt des 13. Jh. namens TADDEO ALDEROTTI¹⁷² als Erfinder genannt. Vor allem RUPESCISSA¹⁷³ äußerte sich über Ethanol überschwänglich und pries es als Quinta Essentia. Für den Wissenschaftshistoriker ist zu beachten, dass die Bezeichnung „Aqua Vitae“ nicht fest zugeordnet ist. Sie wird ebenso für das immerwährende Wasser und andere Substanzen verwendet. Die pharmazeutische Bedeutung liegt einerseits in seiner hohen antiseptischen Wirkung, wobei eine 70% – Konzentration optimal ist. Der Zusatz von 1% Alkalien steigert die Wirkung gegen Viren und Sporen deutlich. Auch Insekten werden abgetötet. Dies macht auch die gepriesene Wirkung gegen Pest plausibel. Andererseits haben ethanolhaltige Genussmittel hohe psychische und soziale Bedeutung, welche allgemein bekannt sind. Hohe Einzeldosen oder langfristige Exposition führen zu Gesundheitsschäden, in Einzelfällen zum Tod.

7. Chemische Grundlagen und praktische Hinweise

7.1. Chemische Grundlagen des Lösens von Metallen

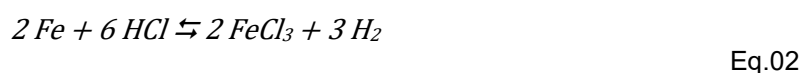
Das Lösen von Metallen ist eine Redox – Reaktion, die zwei Eigenschaften des Lösungsmittels bedingt: Es muss ein Protonendonator (Säure nach BRØNSTED und LOWRY) und ein Oxidationsmittel sein. Der Ablauf der Reaktion hängt maßgeblich davon ab, wie edel das Metall ist. Wie edel ein Metall ist, hängt vom elektrochemischen Standardpotential ab. Unedle Metalle haben zunehmend negatives, edle zunehmend positives Standardpotential gegenüber der Normal – Wasserstoffelektrode.

Ein sehr unedles Metall wie beispielsweise Natrium wird schon von Wasser oxidiert. Dabei entsteht bei heftigem Reaktionsverlauf naszierender Wasserstoff:



Das Gleichgewicht liegt bei dieser Art von Reaktion (und aufgrund des Entweichens des gasförmigen Wasserstoffs aus dem Reaktionsgemisch) nahezu völlig bei den Produkten, daher zeigt der Pfeil auch nur nach rechts.

Auch die weniger unedlen Metalle wie Eisen werden von Protonen oxidiert, es handelt sich aber in der Praxis deutlich erlebbar um eine umkehrbare Reaktion. Dabei gibt es keinen qualitativen Unterschied zwischen der Oxidation eines sehr unedlen Metalls (Na) und der eines immer noch, aber nicht ganz so unedlen Metalls (Fe) – sondern nur einen quantitativen. Es sind nicht andere Spezies, die in die Reaktion eingreifen, sondern immer das Proton, welches zu naszierendem Wasserstoff und in der Folge zu H₂ reduziert wird, während das unedle Metall in Lösung geht.

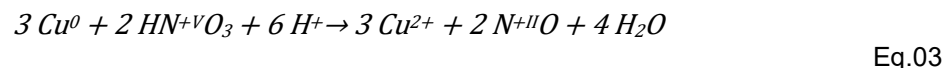


Wodurch sich Na und Fe unterscheiden, ist allerdings die Differenz der Standard – Redoxpotentiale. Diese betragen bei Na: E₀ = -2,71 V für Na⁺ / Na⁰; und bei Fe: E₀ = -0,04 V für das Redoxpaar Fe³⁺ /

Fe⁰. Aus Eq. 21 folgt daraus, dass für Fe⁰ / Fe³⁺ die Gleichgewichtskonstante K = 107, für Na dagegen K ≈ 7 · 10⁴⁵ ist! Im ersten Fall ist damit tatsächlich eine Umkehrbarkeit der Reaktion gegeben.

Details der Edukte, vor allem die Beschaffenheit der Oberfläche, Gefüge, Legierungspartner oder Verunreinigungen des Eisens können den Reaktionsablauf deutlich verändern. So zeigte die praktische Erfahrung, dass selbst 4 N ≈ 14% HCl einen handelsüblichen gereinigten und abgeätzten Eisennagel nur äußerst langsam angreift, bis zur vollständigen Lösung dauerte es einen guten Tag. Erst ab etwa 8 N ≈ 25% geht die Reaktion schnell vor sich. Diese Abhängigkeit der Reaktivität der Metalle von ihrer genauen Beschaffenheit macht man sich unter anderem bei der technisch wichtigen Metallographie¹⁷⁴ zu Nutze.

Metalle, die edler als Wasserstoff sind, können von Protonen nicht mehr oxidiert werden. Man nutzt hier beispielsweise Stickstoffverbindungen wie Nitrate:



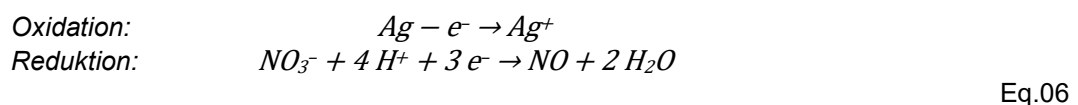
In dieser Schreibweise wird unmittelbar klar, dass die Salpetersäure in dieser Reaktion die Doppelfunktion von Säure und Oxidationsmittel hat. Dabei ist der Protonenverbrauch drei Mal so hoch wie der Verbrauch von Nitrat! Betrachtet man das Massenwirkungsgesetz dieser Reaktion, wird die Abhängigkeit des Reaktionsverlaufs vom pH – Wert noch eindrucksvoller erkennbar:

$$K = \frac{[Cu^{2+}]^3 [NO]^2 [H_2O]^4}{[Cu^0]^3 [HNO_3]^2 [H^+]^6} \quad \text{Eq.04}$$

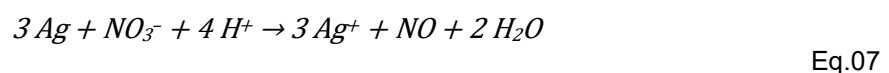
Die praktische Konsequenz ist, dass ein Ansteigen des pH – Wertes die Reaktion sehr schnell zum Stillstand bringt, auch wenn noch genug Oxidationsmittel vorhanden ist. Speziell wenn – wie im vorliegenden Vorschlag – nicht mit Mineralsäuren gearbeitet wird, ist ein großer Überschuss an Säure erforderlich, um selbst geringe Mengen edler Metalle zu lösen. Zur quantitativen Abschätzung dieses essentiellen Problems der antiken Alchemisten mit den Ausbeuten zieht man die HENDERSON – HASSELBALCH – Gleichung¹⁷⁵

$$pH = pKs + \lg \left(\frac{[Ac^-]}{[HAc]} \right) \quad \text{Eq.05}$$

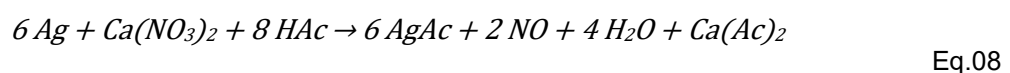
heran. Als Beispiel diene die Lösung von Silber in einem Überschuss von 4 N Essigsäure und ausreichender Menge Calciumnitrat¹⁷⁶:



Die Zusammenfassung dieser Teilreaktionsgleichungen ergibt



In heutiger Zeit stammen die Nitrat – Ionen natürlich von der Salpetersäure. Bei den frühen Alchemisten, die die Salpetersäure noch nicht isolieren bzw. aufkonzentrieren konnten, stammte das Nitrat aber aus einem Salz:



Bei den geringen Konzentrationen kann für die quantitative Abschätzung von einer vollständigen Lösung der Acetate ausgegangen werden. Die Löslichkeiten betragen für Silberacetat¹⁷⁷ 10,2 g/l und für Calciumacetat¹⁷⁸ 400 g/l, daher ist diese Vereinfachung einigermaßen vertretbar. Erfahrungsgemäß stoppt die Reaktion ungefähr bei pH 3,5. Der pKs der Essigsäure beträgt ungefähr 4,75.

Einsetzen in die Henderson – Hasselbalch – Gleichung ergibt:

$$3,5 = 4,75 + \lg\left(\frac{[Ac^-]}{4}\right)$$

Eq.09

nach Elementarumformung $[Ac^-] = 0,23 \text{ Mol / l}$. Da die Acetatmenge aber von beiden Salzen stammt, wurde nur $6/8 \cdot 0,23 \text{ Mol Ag}$ dabei gelöst. Daher kann unter diesen Bedingungen 1 l 4 N Essigsäure ungefähr 0,17 Mol Ag lösen. Im Versuch wurde mit 5 ml Essigsäure gearbeitet, diese löst daher

$$0,17 \text{ Mol / l} \cdot 0,005 \text{ l} \cdot 107,87 \text{ g / Mol} = 0,09 \text{ g Silber}$$

Eq.10

Rechnet man fälschlich lediglich stöchiometrisch ohne Berücksichtigung der Calcium – Ionen, würde die gleiche Menge Essigsäure

$$4 \text{ Mol / l} \cdot 0,005 \text{ l} \cdot 107,87 \text{ g / Mol} = 2,16 \text{ g Silber}$$

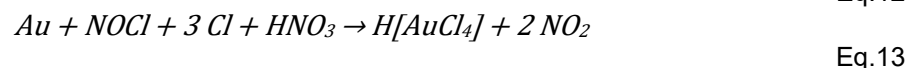
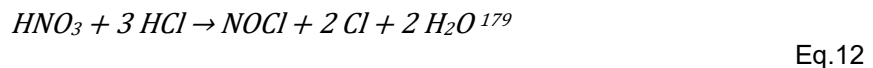
Eq.11

lösen. Das ist etwa das 25 – fache und widerspricht dem Experiment.

Auch wenn dieses Modell stark vereinfacht und für eine ordnungsgemäße quantitative Beschreibung ungeeignet ist, zeigt es doch einige notwendige Reaktionsbedingungen auf, die auch den Erfahrungen der Praxis entsprechen:

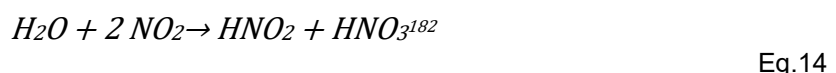
1. Es muss mit einem sehr hohen Überschuss an möglichst konzentrierter Säure gearbeitet werden.
2. Die Anwesenheit von Wasser schwächt die Reaktion ab, bei den edleren Metallen verhindert es die Lösung. Daher müssen die Oxidationsmittel möglichst trocken zugesetzt werden, keinesfalls dürfen wässrige Lösungen verwendet werden. Dass die verwendeten Oxidationsmittel in kalter Essigsäure nur mäßig löslich sind, darf nicht zum Zusetzen von Wasser verführen!

Das Lösen von Gold in Königswasser erfolgt gemäß den Gleichungen



Diese Darstellung ist nicht unwidersprochen, da vor allem der genaue Ablauf des zweiten Schrittes von der Konzentration der Säure abhängt. Ein wesentlicher Teil der Lösewirkung des verwendeten Königswassers für Gold liegt in der Bildung des ausgesprochen stabilen Tetrachloro – Gold – Komplexes, was zu einer deutlichen Senkung des Redoxpotentials des Au/Au^{3+} – Redoxpaars führt.

Eine möglicherweise bedeutsame Nebenreaktion mag bereits in alter Zeit den Reaktionsverlauf beeinflusst haben, ohne dass die Alchemisten dies bemerkten: Das bei der Oxidation edler Metalle mit Nitrit oder Nitrat entstehende NO oxidiert an der Luft sehr schnell weiter zu NO_2 . Dieses löst sich unter Hydrolyse¹⁸⁰ wiederum sehr gut in Wasser, ohne dass dazu weitere Maßnahmen notwendig sind. Bei Prozessen in geschlossenen Behältern¹⁸¹ kommt es dann zur seit einem Jahrhundert industriell genutzten Disproportionierung:



Diese Reaktionsgleichung ist zwar ein wenig vereinfacht, da der genaue Reaktionsablauf konzentrationsabhängig ist, zeigt aber was in mancher chemischen Apparatur geschehen sein mag.

Die für das Lösen der Metalle notwendigen Substanzen waren auch für die vorchristlichen Alchemisten leicht zugänglich¹⁸³: Calciumnitrat und Ammoniumcarbonat sowie Ammoniumchlorid sind Bestandteile des Mauersalpeters. Dieser entsteht, wenn Urin mit Kalk – entweder aus natürlichem Kalkstein oder

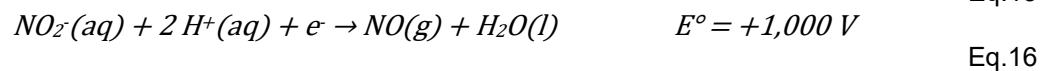
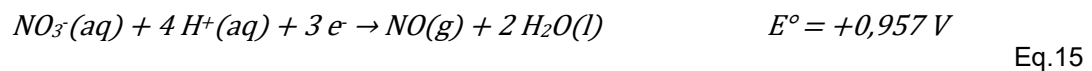
aus Kalkmörtel – reagiert. Essig wurde bereits in den alten Hochkulturen aus sauer gewordenen Fruchtsäften, Wein und Bier hergestellt.

7.2. Die Bedeutung des Nitrit – Gehaltes

Die Experimente zeigten, dass die edlen Metalle in einer Essigsäure – Nitrit – Mischung weitaus leichter löslich sind als in einer Essigsäure – Nitrat – Mischung. Hierbei stellt sich vorweg die Frage nach der Quelle des Nitrits. Nitrite entstehen hauptsächlich durch bakterielle Oxidation von Ammoniak durch sogenannte Nitrifikanten oder Nitrobakterien (*Nitrosomonas*). Solche Bakterien kommen insbesondere in Böden und Gewässern vor¹⁸⁴. Nitrite können zum Beispiel auch bei Harnwegsinfekten¹⁸⁵ gehäuft auftreten, wobei Nitrat bei bakterieller Infektion verstärkt zu Nitrit reduziert wird.

Die beobachtete und auf den ersten Blick überraschende deutlich stärkere Wirkung des Nitrits lässt sich wie folgt argumentieren:

Sowohl Nitrat wie auch Nitrit können im Säuren als Oxidationsmittel wirken. Die entsprechenden als Reduktion formulierten Gleichungen lauten:



Aus den obigen Reaktionsgleichungen erkennt man, dass das Nitrit aufgrund seines höheren Standard-Redoxpotentials einen Vorteil bietet: Der Unterschied der Standardpotentiale um 43 mV entspricht in der Nernst – Gleichung dabei bei einem Ein – Elektronen – Übergang fast einem Konzentrationsunterschied um eine Zehnerpotenz!

Die entsprechende Gleichung für die Oxidation des Cu lautet (ebenfalls als Reduktion angeschrieben):



Die Reaktion läuft so lange ab, als das Potential an der Kathode (wo die Reduktion von Nitrat oder Nitrit stattfindet) positiver ist als das Potential der Anode (wo Kupfer oxidiert wird).

Nun ist die Oxidation des Kupfers nicht pH – abhängig, wie aus der Eq.17 ersichtlich ist, die Reduktionen von NO_2^- und NO_3^- dagegen schon, wie Eq.15 und Eq.16 zeigen.

Für deren Potential lässt sich folgende Abhängigkeit vom pH – Wert, abgeleitet von der Nernst – Gleichung¹⁸⁶ formulieren:

$$E = E^\circ + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{\text{ox}}}{a_{\text{red}}} \quad \text{Eq.18}$$

R allgemeine Gaskonstante R = 8,31447 J mol⁻¹ K⁻¹

T Temperatur in K

z Zahl der ausgetauschten Elektronen

F Faraday – Konstante F = 96485,34 As mol⁻¹

a_{ox} Aktivität der oxidierten Form

a_{red} Aktivität der reduzierten Form

(Aktivitäten können näherungsweise mit Konzentrationen gleichgesetzt werden).

Für Nitrit lautet diese:

$$E = E^\circ + \frac{0,059 \text{ V}}{1} \cdot \log \frac{a(\text{H}^+, \text{aq})^2 \cdot a(\text{NO}_2^-, \text{aq})}{a(\text{NO}, \text{g}) \cdot a(\text{H}_2\text{O}, \text{l})}$$

$$E = E^\circ + 2 \cdot 0,059V \cdot (-pH) + 0,059 V \cdot \log \frac{a(NO_2^-, aq)}{a(NO, g) \cdot a(H_2O, l)}$$

Eq.19

Und für Nitrat:

$$E = E^\circ + \frac{0,059 V}{3} \cdot \log \frac{a(H^+, aq)^4 \cdot a(NO_3^-, aq)}{a(NO, g) \cdot a(H_2O, l)^2}$$

$$E = E^\circ + \frac{4}{3} \cdot 0,059V \cdot (-pH) + \frac{1}{3} \cdot 0,059 V \cdot \log \frac{a(NO_3^-, aq)}{a(NO, g) \cdot a(H_2O, l)^2}$$

Eq.20

Beide Salze zeigen damit ein pH – abhängiges Verhalten, und zwar nimmt bei beiden das Halbzellenpotential und damit die Oxidationswirkung mit zunehmendem pH-Wert ab, allerdings unterschiedlich stark. Um die Größe der Effekte abschätzen zu können, wurden Modellrechnungen angestellt. Dabei wurde versucht, realistische Konzentrationsannahmen zu machen: beide Salze mögen 1 molar vorliegen; Wasser liegt in Wasser ca. 55,55 molar vor (55,55 mol H₂O = 1000 g = 1 kg H₂O, das ist ziemlich genau 1 l Wasser). Die Konzentration (= der Partialdruck) von NO lässt sich noch am schlechtesten abschätzen – hier wurden 0,001 atm angenommen. Der absolute Wert ist aber im Grunde nicht so wichtig, da die relativen Unterschiede über die Analogie der Bruchterme im Logarithmus von Gl. (19) und (20) mehr oder minder erhalten bleiben. Aus Abbildung 1 erkennt man:

- Dass die Gerade für das Redoxpaar NO₂⁻/NO im stark Sauren über der des Redoxpaars NO₃⁻/NO liegt. Unter diesen Bedingungen (pH ≤ 3) besitzt Nitrit also eine höhere Oxidationskraft als Nitrat.
- Ebenfalls wird erkennbar, dass die Oxidationskraft für beide Oxidationsmittel deutlich mit steigendem pH – Wert abnimmt. Dies ist für Nitrit allerdings stärker der Fall als für Nitrat, was eine Konsequenz der Zahl der übergehenden Elektronen und der verbrauchten H⁺ – Ionen pro Formelumsatz ist: Für Nitrit ist dieser Faktor, der zugleich die Steigung der Potentiallinie in Abbildung 1 ist, (– (2/1 · 0,059 · pH = – 0,118 · pH [V]), weil bei einem Ein – Elektronen – Übergang zwei Protonen in die Reaktionsgleichung eingehen und damit in seinem Betrag wesentlich größer als die Steigung von Nitrat mit (– (4/3 · 0,059 · pH = – 0,079 · pH [V]), weil in diesem Fall vier Protonen in der Reaktionsgleichung auftreten und drei Elektronen ausgetauscht werden.
- Wenn die Reaktion daher bei einem sehr niedrigen pH – Wert durchgeführt wird, (z.B. mit pH < 3, wie mit Essigsäure eingestellt), dann ist NO₂⁻ ein stärkeres Oxidationsmittel als NO₃⁻. Diese Aussage ist allerdings mit Vorsicht zu betrachten, da der Potentialwert sehr stark von den Konzentrationen der beteiligten Spezies abhängt.

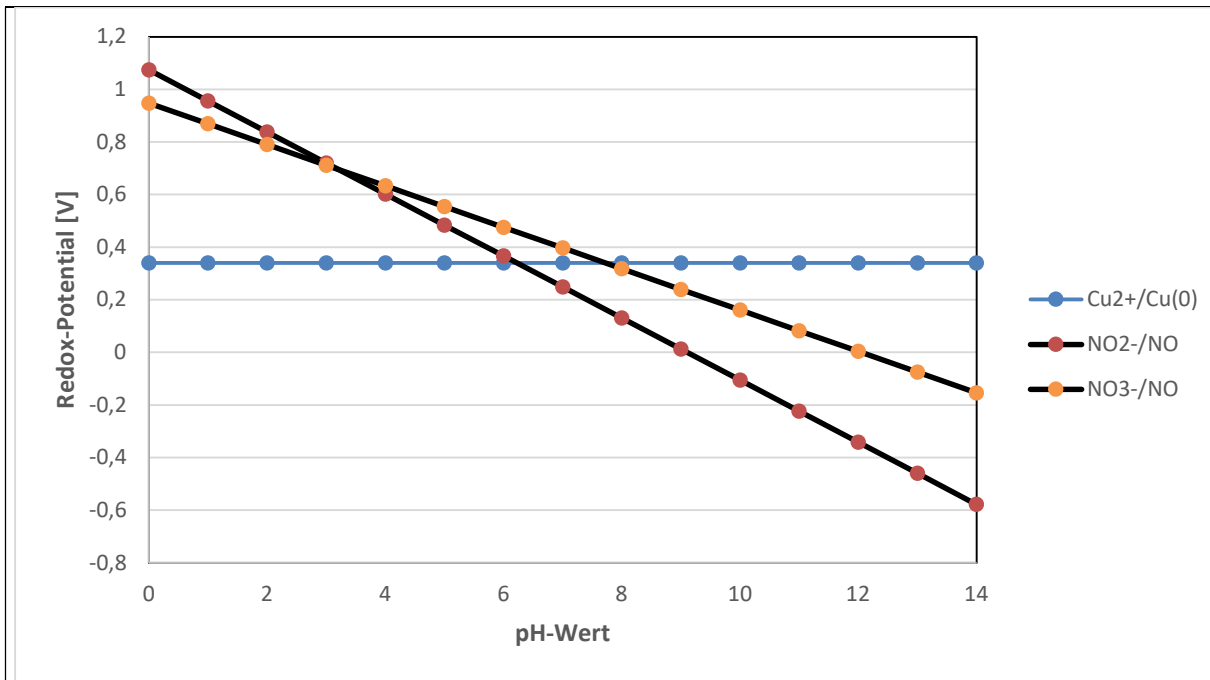


Abbildung 1: Redox-Potentiale der Redoxpaare Cu²⁺/Cu, NO₂⁻/NO und NO₃⁻/NO als Funktionen des pH-Wertes

Thermodynamisch lässt sich zusätzlich argumentieren, dass das Gleichgewicht einer elektrochemischen Reaktion – ausgedrückt über den Wert der Gleichgewichtskonstanten K – von der Potentialdifferenz

$$\Delta E = E(\text{Kathode}) - E(\text{Anode})$$

abhängt:

$$\Delta G^\circ = -R \cdot T \cdot \ln K = -z \cdot F \cdot \Delta E$$

Eq.21

Das bedeutet, dass sobald die Potentialdifferenz der elektrochemischen „Zelle“ (resultierend aus der anodischen und der kathodischen Halbreaktion) positiv ist, die freie Gibbs – Energie der Reaktion negativ ist und die Reaktion daher spontan abläuft (und natürlich umso „spontaner“, je größer die Potentialdifferenz ist). Zugleich bedeutet dies, dass der Logarithmus der Gleichgewichtskonstanten K positiv sein muss, und die Gleichgewichtskonstante K damit > 1 sein muss, das Gleichgewicht also auf Seiten der Produkte liegt.

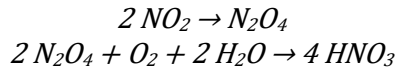
Zwei experimentelle Beobachtungen mögen das zuvor Gesagte über die Funktion des Nitrits bei der Lösung der Metalle untermauern:

Reaktion von 2 g NaNO₂ + 5 ml konzentrierte Essigsäure: Unter heftiger Reaktion entweicht braunes NO₂, welches im geschlossenen Messkolben beim Schütteln sofort verschwindet. Des Weiteren entweicht farbloses NO, welches natürlich den Kolben unter Druck setzt (nicht dicht verschließen!) und im Kontakt mit dem Luftsauerstoff wieder zu braunem NO₂ oxidiert. Oxidieren und Ausschütteln wird mehrfach wiederholt, bis die Reaktion zum Stillstand kommt. Die erhaltene Flüssigkeit, in der das ursprünglich vorhandene Nitrit vollständig zu Nitrat oxidiert worden ist, ist bei dem niedrigen pH – Wert der Lösung nicht imstande, Kupfer anzugreifen.

Wird bei gleichen Ausgangssubstanzen ein Kupferdraht in das Gefäß gehalten (siehe Abb. 2), so wird dieser oberhalb des Flüssigkeitsspiegels sofort angegriffen! Offenbar wird NO₂ mit Luftfeuchtigkeit ähnlich dem Ostwald – Verfahren über einige Zwischenprodukte gemäß



Abbildung 2: Oxidativer Angriff nitroser Gase an einem Kupferdraht in Anwesenheit von Luftfeuchtigkeit.



Eq.22

zu Salpetersäure umgesetzt.

Des Weiteren zeigte die Praxis, dass Nitrit bei der Lösung von Kupfer, Silber und Quecksilber extrem gute Dienste leistet, bei der Lösung von Gold konnte aber keine Wirkung beobachtet werden.

7.3. Basiliskenblick

Der Basiliskenblick beruht darauf, dass bereits 1% Au im Hg genügen, um bei Raumtemperatur unter die Liquiduslinie zu kommen. Das Phasendiagramm¹⁸⁷ Au – Hg ist unterhalb der Liquiduslinie schlecht erforscht und wegen mehrerer intermetallischer Phasen (im Diagramm vereinfacht mit AuHg_x zusammengefasst) kompliziert. Daher lässt sich das genaue Verhalten des Zweiphasengemisches zwischen 1% Au und 67% Au nicht so ohne weiteres aus dem Phasendiagramm entnehmen. Sicher ist aber, dass bereits geringe Goldmengen genügen, um das im reinen Zustand quickelebendige Hg in einen zähen Brei zu verwandeln; auch von anderen metallischen Systemen ist bekannt, dass schon geringe Anteile an Feststoff die Viskosität einer Metallschmelze markant erhöhen¹⁸⁸. Praktische Versuche wie im folgenden Kapitel beschrieben zeigten, dass diese Reaktion blitzschnell vor sich geht, was die Assoziation mit dem Basilisken ebenso plausibel macht.

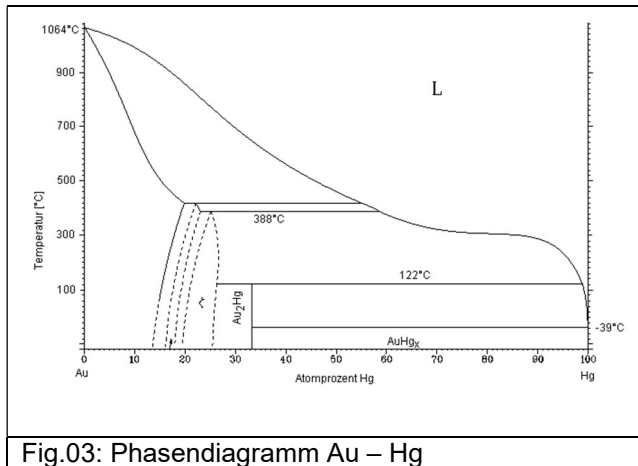


Fig.03: Phasendiagramm Au – Hg

7.4. Nigredo

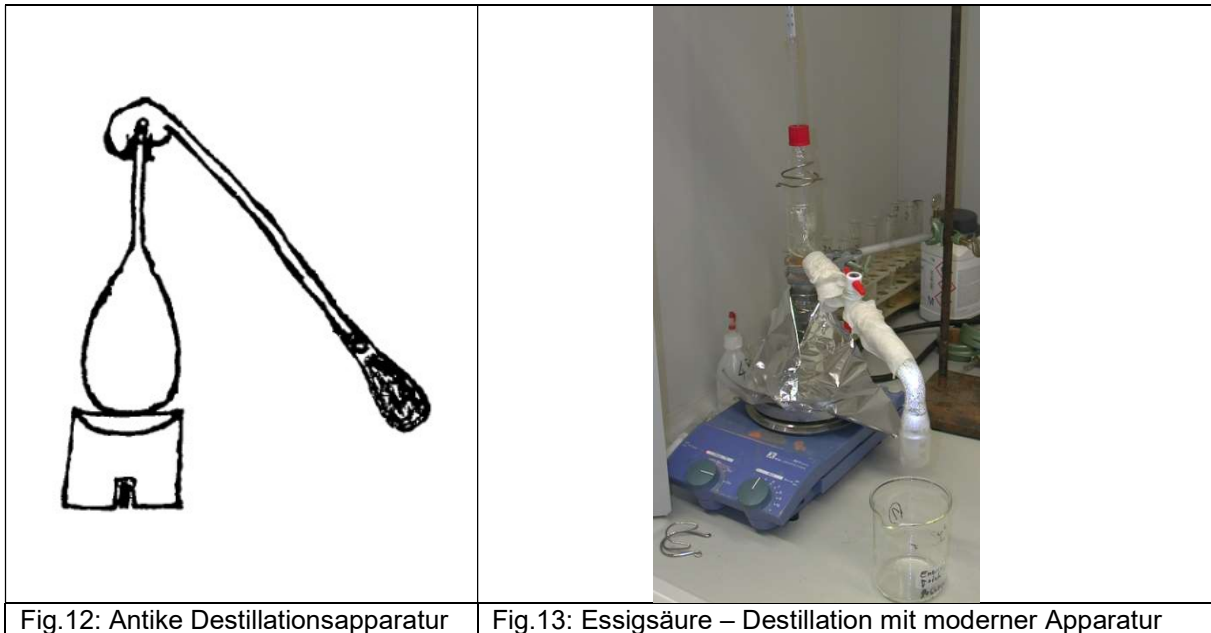
Wie erwähnt kann Nigredo drei verschiedene Phänomene beschreiben, davon sind zwei allerdings physikalischer Natur und bedürfen in dieser Arbeit keiner detaillierten Beschreibung.

Beobachtung: Taucht man ein Goldblech in eine Lösung ein, die Hg_2^+ - Ionen enthält, so scheidet sich spontan metallisches Hg ab und amalgamiert die Oberfläche des Goldblechs. Vermutlich handelt es sich um eine Disproportionierung, da in der Flüssigkeit auch Reste von metallischem Hg verblieben sind und es scheidet sich schwarzer (mit mikroskopisch kleinen Hg – Tröpfchen versetzter) Kalomel ab.

8. Die Laborversuche und Ergebnisse¹⁸⁹

8.1. Die Herstellung konzentrierter Essigsäure

Essigsäure ist Bestandteil von Essig, welcher bereits in den alten Hochkulturen ein geschätztes Produkt war. Es wurde aus sauer gewordenen Fruchtsäften, Wein und Bier gewonnen¹⁹⁰. Das Abtrennen der Essigsäure von der Matrix erfolgt durch Destillation¹⁹¹. Die Siedepunkte von Wasser (100°C) und Essigsäure (118°C) liegen ausreichend weit auseinander, und – was besonders wichtig ist – die beiden Stoffe bilden kein Azeotrop. Die Konzentration der Essigsäure bis zum Eisessig gelingt etwas arbeitsaufwändig über mehrstufige Destillation und anschließendes Ausfrieren. Daher war schon im Altertum die Herstellung hochprozentiger Essigsäure prinzipiell möglich¹⁹². Gemäß der antiken Literatur und auch entsprechender archäologischer Funde war die Destillation in der antiken Alchemie eine Standardprozedur.



Gemäß einer antiken Zeichnung¹⁹³ wurde mit einem ähnlichen Aufbau mit modernen Laborgeräten das Konzentrieren von 0,8 N = 5% Essigsäure aus handelsüblichem Gärungssessig mittels Destillation durchgeführt. Pro Destillationsschritt wurde eine Konzentration um das 1,5 – bis 2,2 – fache erreicht. Im Endeffekt wurde nach fünf Destillationsschritten eine Konzentration von etwa 95% erreicht.¹⁹⁴

Die Ausbeuten sind bescheiden, dafür ist die Ausgangssubstanz preisgünstig und in großen Mengen verfügbar. Der Prozess ist zwar zeitaufwändig, aber einfach durchzuführen und konnte daher wohl auch angelernten Kräften überlassen werden. Daher kann die Verfügbarkeit konzentrierter Essigsäure in der Antike als plausibel angenommen werden, auch wenn direkte Beweise fehlen.

8.2. Lösungsversuche an verschiedenen Metallen

Eisen ist in 4 N Essigsäure – Calciumnitrat gut löslich. Chlorid – Ionen stören nicht, ändern aber deutlich sichtbar den Reaktionsverlauf. Nitrit kann das Nitrat teilweise ersetzen, ob es die Reaktion verstärkt, war mit den hier angewandten einfachen Methoden nicht zu entscheiden.

Zinn ist im großen Überschuss von Essigsäure – Calciumnitrat bei Siedetemperatur einigermaßen löslich. Nitrit und Chlorid haben keinen erkennbaren Einfluss, sind aber auch nicht von Nachteil. Auffällig ist wie bei basischen Substanzen häufig das große Volumen der Reaktionsprodukte. Um die Bildung des nahezu inerten Zinnsteins SnO_2 zu vermeiden, darf nur minimale Menge an Oxidationsmittel zugesetzt werden! Das mag auch der Grund sein, warum Nitrit nicht wirksam ist. Bei der Analyse ist das Basischmachen der Lösung unbedingt zu vermeiden, da dabei parasitär $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ausfällt!

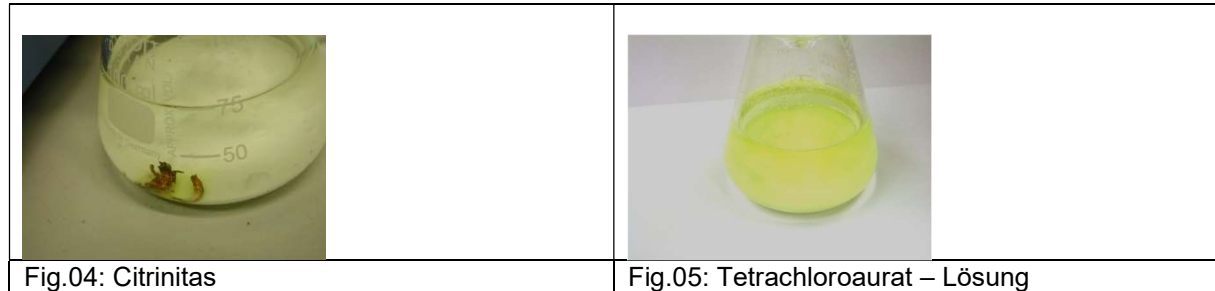
Blei ist im großen Überschuss von 4 N Essigsäure – Calciumnitrat bei 80 °C einigermaßen löslich. Nitrit hat keinen nennenswerten Einfluss, ist aber auch nicht von Nachteil. Chlorid stört die Reaktion, verhindert sie aber nicht.

Kupfer ist in der Mischung Essigsäure und Nitrit in der Hitze schnell, bei Raumtemperatur langsam löslich. Nitrat und Chlorid verändern die Farbe der Lösung, haben auf die Reaktion selbst aber keinen nennenswerten Einfluss. Essigsäure mit verdünnten wässrigen Lösungen von Nitrat und / oder Chlorid können Kupfer nicht in nennenswertem Maß lösen. Erst konzentrierte Essigsäure – Nitrat – Lösung löst Kupfer in der Wärme sofort.

Silber ist in der Mischung Essigsäure und Nitrit auch bei Raumtemperatur gut löslich. Nitrat verändert den Ablauf, verhindert die Lösung aber nicht. Silber ist auch in der Mischung 4 N Essigsäure – wasserfreies Nitrat bei 70 °C im Ultraschallbad sehr gut löslich. Zusatz von Chlorid verhindert klarerweise die Lösung (Bildung von unlöslichem AgCl). Die Verwendung von wasserhaltigem Nitrat stört sehr.

Quecksilber ist in Essigsäure mit festem Nitrit auch bei Raumtemperatur schnell und gut löslich. Zugabe von Chlorid beschleunigt die Reaktion. Quecksilber ist auch mit 4 N Essigsäure und wasserfreiem Nitrat bei 70 °C im Ultraschallbad gut löslich. Zugabe von Chlorid beschleunigt auch hier die Reaktion. In jedem Fall ist Verdünnung durch Verwendung von Lösungen Gift für die Reaktionen. Ebenso kommt die Reaktion bei steigendem pH – Wert bald zum Erliegen. Der graue Schleier ist vermutlich die Folge der Disproportionierung des im ersten Oxidationsschritt entstehenden Kalomels zu sofort löslichem Hg^{2+} und metallischem Hg.

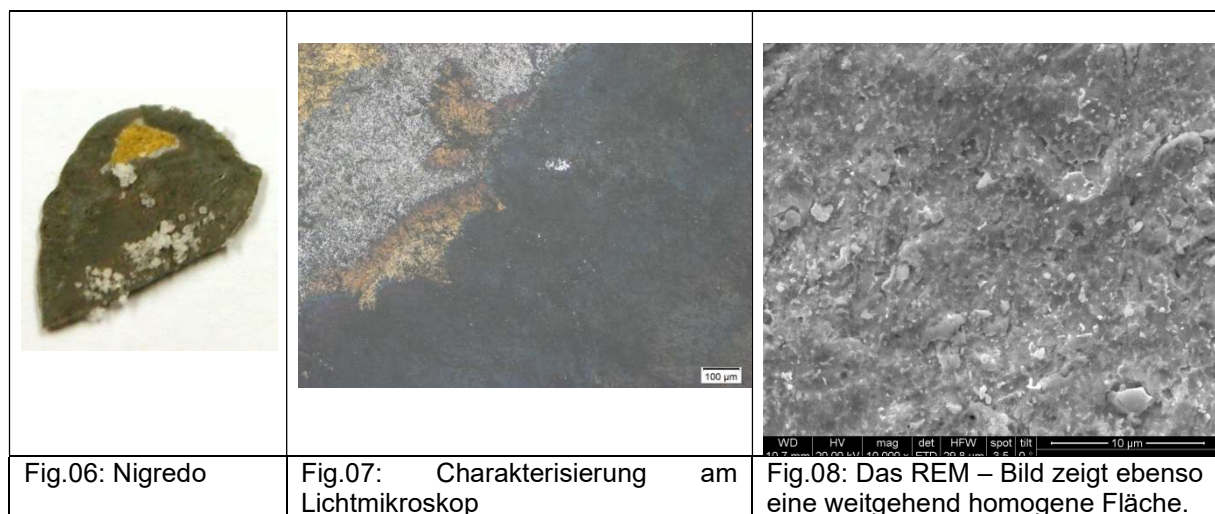
Gold ist in einer weitgehend wasserfreien Mischung Essigsäure – Calciumnitrat – Ammoniumchlorid gut löslich. Behutsame Temperaturerhöhung beschleunigt den Prozess deutlich. Bei Raumtemperatur entwickelte sich innerhalb weniger Stunden (bei 50 °C innerhalb von wenigen Minuten) rund um das Metall eine gelbe Wolke (Citritinas).



Bei Raumtemperatur war das Metall nach einem Tag (bei 50 °C innerhalb von 40 Minuten) vollständig aufgelöst. Die vorher farblose Flüssigkeit hatte sich strahlend gelb gefärbt. Die hohe Farbintensität des Lösung (man bedenke, dass die Konzentration auf das Gold bezogen etwa 18 mg / 100 ml, also weniger als 2‰ beträgt) legt nahe, dass das Gold in diesem Zustand als Komplex vorliegt, wahrscheinlich dem Tetrachloroaurat $[AuCl_4]$. Diese Aussage lässt sich damit begründen, dass Komplexe im Allgemeinen weitaus höhere Farbintensität aufweisen als hydratisierte Salze. Dies beruht darauf, dass die vergleichsweise schwachen Bindungskräfte der Komplexbindung viel leichter mit Photonen interagieren können. Dass das Gold in diesem Versuch einwertig vorliegen könnte, ist wenig plausibel, da Gold (I) – Verbindungen wenig stabil sind¹⁹⁵.

Des Weiteren sind die Beschreibungen von Nigredo und Albedo als korrekt zu betrachten:

Enthält die Lösung Spuren von Quecksilbersalzen, tritt bereits nach wenigen Minuten Nigredo ein – die Goldfolie färbt sich tiefschwarz. Die Charakterisierung am Lichtmikroskop¹⁹⁶ zeigt eine weitgehend homogene dunkle Fläche, stellenweise ist bereits Albedo zu sehen.



Die Charakterisierung mittels EDX ergibt (bei hohem quantitativem Fehler), dass der metallische Anteil der Schicht vor allem aus Goldamalgame besteht¹⁹⁷:

Element	Gewicht%	Atom%	Net. Int.	Error %	Kratio
N K	2,53	17,72	6,85	30,00	0,0062
O K	4,32	26,46	27,75	17,07	0,0112
ClK	3,41	9,43	70,82	14,12	0,0215
FeK	1,70	2,98	25,12	25,84	0,0217
AuL	39,06	19,45	81,62	13,56	0,3664
HgL	48,99	23,96	89,83	14,27	0,4475

Fig.09: EDX – Charakterisierung der Nigredo – Schicht

Obwohl die Konzentration von Quecksilbersalz in der Flüssigkeit dermaßen niedrig war, dass die H_2S – Probe keine nennenswerte Reaktion zeigte, war die Konzentration des Quecksilbers in der Nigredo – Schicht sehr hoch. Das ist durchaus erstaunlich, da es nahelegt, dass Gold für Quecksilber eine Art „Getter“ darstellt¹⁹⁸.



Fig.10: Albedo

Verbleibt das negrierte Gold im Lösungsmittel, verschwindet die Schwärzung bald, und es zeigt sich die Albedo, die Weißfärbung. Auch diese ist nicht beständig.

Revivication: Zur Wiedergewinnung des Goldes ist naturgemäß vorerst der Merkur zu zerstören. Das kann durch vorsichtiges Abdampfen oder einfaches Verdunsten der Essigsäure geschehen, für einen Vorversuch genügt auch das vorsichtige Neutralisieren mit Soda. Beim Verdunsten fällt auch überschüssiges $Ca(NO_3)_2$ aus,

was den Reinigungsprozess vereinfacht. Der pH – Wert darf dabei aber nicht soweit erhöht werden, dass $Ca(OH)_2$ ausfällt! Dann einige Tropfen konzentrierte Glucose – Lösung als Reduktionsmittel zufügen und erhitzen. Sofort fällt kolloidales Gold aus.

Dieses kann man dann absetzen lassen, die überstehende Flüssigkeit abdekantieren, den Niederschlag waschen und trocknen. Fertig ist der Lapis.

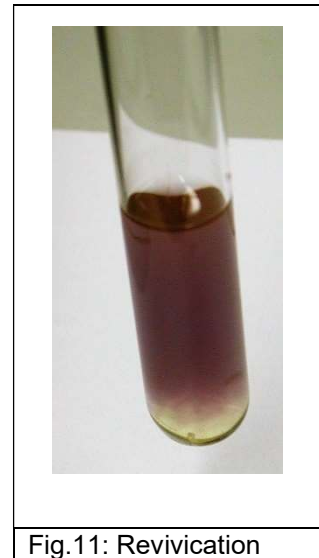


Fig.11: Revivication

Zur Überprüfung der Existenz des Basiliskenblicks wurde eine etwa 130 nm dicke¹⁹⁹ Folie 950‰ Blattgold (Rest Silber gemäß Herstellerangaben) auf ein Uhrglas aufgepresst. Dann wurde ein Quecksilbertropfen mit etwa 2 mm Durchmesser (geschätzte Masse 50 mg) mit einer Kunststoffpipette aufgebracht. Ohne erkennbaren Zeitverzug wurde die Goldfolie vom Quecksilber lokal aufgenommen, wobei der Tropfen sofort seinen flüssigen Charakter verlor. Das Uhrglas ließ sich um etwa 45° neigen, ohne dass der Tropfen zu rinnen begann²⁰⁰.

Aus der nicht mehr vergoldeten Fläche lässt sich ein Goldverbrauch von etwa 0,2 mg errechnen, daraus ergibt sich ein Goldanteil im Quecksilber von lediglich 0,4%. Aufgrund der schlechten Löslichkeit von Gold im Quecksilber und der Härte des Amalgams ist allerdings davon auszugehen, dass das Gold nur an der Oberfläche des Tropfens reagiert. Dafür spricht nicht nur die gelbliche Farbe des Tropfens, sondern auch der Umstand, dass bei stärkerer Neigung des Uhrglases der Tropfen doch abrinnt.

Die Lehre vom Basiliskenblick ist damit als korrekt zu betrachten.



Fig.14: Basiliskenblick

9. Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass die essentiellen Grundbegriffe der Alchemie Lapis, Merkur und dergleichen ausschließlich aus nasschemischen Erfahrungen begründet werden können und keines philosophischen oder theologischen Überbaus bedürfen. Vor allem konnte gezeigt werden, dass es mit den Mitteln der vorchristlichen Antike sehr wohl möglich war, Gold in wässrige Lösung zu bringen, was der gängigen Lehrmeinung widerspricht. Auch die oft beschriebenen Nebeneffekte Nigredo, Albedo und Citrinitas sowie die Überprüfung mittels Basiliskensicht gelangen einwandfrei. Unter Beachtung einer aufgrund der Chlorid – Problematik angemessenen Unschärfe ist auch das Universallösungsmittel Alkahest nachvollziehbare chemische Realität. Elementare Überlegungen zur Kinetik der Reaktionen mittels Massenwirkungsgesetz und Puffergleichung zeigten die großen Probleme der Alchemisten mit pH – Wert und Wassergehalt²⁰¹. Beachtet man die angegebenen Rezepte²⁰², können die Laborversuche ohne weiteres auch in weniger üppig eingerichteten chemischen Laboratorien ausgeführt werden. Dadurch ist die Überprüfung der angeführten Verfahren und Ergebnisse selbst in der Sekundarstufe möglich.

Die Einfachheit, mit der diese Arbeiten ausgeführt werden können, bestätigt den Text der Turba „[16] Sprach SOKRATES: (...) Ich habe nun die Darstellung des ‘weißen Bleis’ gezeigt; wenn man das aber weiß, ist das weitere nur noch Frauenwerk und Kinderspiel.“²⁰³ sowie auch den Schlusssatz ebendort: „Wenn wir unseren Stein nicht mit vielen und seltsamen Namen verbergen würden, so würden auch die Kinder unsere Weisheit verlachen.“²⁰⁴. Jedenfalls konnte gezeigt werden, dass die in der Wissenschaft bisher eher belächelten alten alchemistischen Prozeduren real sind und mit den Mitteln, die den Alchemisten auch in der vorchristlichen Antike zur Verfügung standen, ausgeführt hätten werden können. Natürlich ist dies nicht notwendigerweise ein Beweis dafür, dass sie alle auch in dieser Weise ausgeführt wurden.

Zu jedweder nicht – naturwissenschaftlichen psychologischen oder religiösen Interpretation, speziell im Sinn der symbolischen Alchemie, machte diese Arbeit absichtlich keine Aussagen, und es sind auch keine solchen Aussagen daraus abzuleiten!

Abseits der wissenschaftshistorischen Aspekte weisen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit darauf hin, welche essentielle Bedeutung chemische Grundmodelle wie das Massenwirkungsgesetz, vor allem bezüglich Konzentration und pH – Wert, für den Verlauf chemischer Reaktionen haben. Gerade auch, wenn es nicht möglich ist, konzentrierte Chemikalien zu verwenden, verlaufen selbst Standardreaktionen oftmals nicht wie erwartet. Dies scheint gerade im didaktischen Bereich, sowohl in der sekundären wie tertiären Ausbildung, allzu oft unterschätzt zu werden.

Die vorliegende Arbeit zeigt die nasschemische Realität des „Steins der Weisen“. Als wissenschaftsgeschichtliches Forschungsergebnis mag dies eine gewisse Relevanz haben. Im Sinn chemischer Technologie ist das Vergolden mit Goldsalzen oder Goldkolloiden längst überholt. Elementare Qualitätskriterien moderner Beschichtungen wie eng tolerierte und geringe Schichtdicken, hohes Haftungsvermögen, minimaler Materialeinsatz und maximale Homogenität sind von einem aus der vorchristlichen Antike stammenden nasschemischen Verfahren kaum zu erwarten.

Aktuell in Gebrauch sind das Blattgoldverfahren²⁰⁵ im Bereich Kunst und Dekoration, die Galvanik im technischen Bereich sowie ebenso in der Dekoration, und das Sputtern²⁰⁶ für die Herstellung extrem dünner Schichten. Das frühantike Aufhämmern von Blechen verbietet sich aufgrund des untragbar hohen Materialeinsatzes von selbst, die Zementation ist aus oben genannten Gründen ebenso seit langer Zeit obsolet, und die antike Feuervergoldung²⁰⁷ wird aufgrund des großen Aufwandes für den Schutz von MitarbeiterInnen und Umwelt nur mehr von ganz wenigen Unternehmen ausgeübt. Das Überziehen von Wolfram mit einer dünnen Goldschicht wird als Betrugsmethode allerdings nach wie vor angewandt²⁰⁸.

Größeres Interesse besteht unverändert sowohl in der konventionellen als auch in der Alternativmedizin an der Anwendung von Metallkolloiden und Metallverbindungen. Gerade aufgrund der noch weitgehend unerforschten Wirkungen von Nanopartikeln²⁰⁹ auf unsere Körper steht die diesbezügliche wissenschaftliche Arbeit erst am Anfang. Dabei ist allerdings kein unbegründeter Optimismus am Platze, hingegen bestehen ernst zu nehmende Bedenken gegen den unbedachten Einsatz von Nanomaterialien. Die Zukunft mag weisen, welche Nanomaterialien wie einzusetzen sind, damit sie der Menschheit möglichst großen Nutzen bringen können.

10. Ausblick

Das Ziel dieser Arbeit war der Nachweis der nasschemischen Realität des „Steins der Weisen“ samt den damit assoziierten Begriffen und die damit einhergehende Forderung nach Gerechtigkeit und Respekt gegenüber den ernsthaften Alchemisten seit der vorchristlichen Antike. Wie bei wissenschaftlichen Arbeiten üblich, folgen aus Antworten neue Fragen. In diesem Fall unter anderem:

Da der „Stein der Weisen“ als Vergoldungstechnik nun als chemische Realität zu betrachten ist, die sicher von der Antike an Anwendung suchte, bleibt zu klären, in welchem Ausmaß vorhandene Kunstgegenstände²¹⁰ mit dieser Methode vergoldet wurden und nicht, wie vielleicht ohne Abklärung behauptet, mittels Feuervergoldung oder Blattvergoldung. Hierzu sind die KollegInnen der Institute für Naturwissenschaften und Technologie in der Kunst aufgerufen. Man erinnere sich vielleicht auch an die Probleme mit dem Begriff der „Bronze“ in der Archäologie.

Bei vorliegender Arbeit völlig außer Acht gelassen wurde das Thema jener organischen Substanzen, welche für die vor allem von KHUNRATH als essentiell erachteten „göttlichen Feuerfunken“²¹¹ verantwortlich sind. Auch das Rosarium beschreibt jenes Einsenken der Seele in den Körper zusammen mit dem Emblem „Animae iubiliatio“²¹². Vermutlich ist damit das Zurückgießen der vorher abgetrennten organischen Substanzen gemeint, welche dann die Reduktion des Goldkomplexes zum Kolloid bewirken. Da die chemischen Reaktionen von Alkohol, Essigsäure und Nitriten bzw. Nitraten leicht zu giftigen Explosivstoffen führen, sind dabei wohl neben hoher Sachkenntnis auch entsprechende Einrichtungen notwendig.

Des Weiteren außer Acht gelassen wurde das Auflöten einer Goldschicht auf einen metallischen Untergrund. Hierbei wird wohl neben einer sachkundigen Vorbereitung des Untergrundes auch das geeignete Flussmittel wesentlichen Anteil an der Qualität des Ergebnisses haben.

Die chemischen Arbeiten für vorliegende Grundlagenarbeit wurden mit reinen Laborchemikalien ausgeführt. Ein weites Forschungsfeld öffnet sich mit der Frage, inwieweit die Verwendung von lediglich elementar gereinigten Naturstoffen die beschriebenen Prozesse verändert²¹³. Das kann durchaus (man denke beispielsweise an die Bedeutung der Nitrite) sogar eine Vereinfachung bedeuten.

Für den Wissenschaftsphilosophen stellt der Kontakt mit der alchemistischen Geisteswelt einen schwerwiegenden Hinweis dar, dass Beobachtungen und experimentelle Befunde einerseits und Weltmodelle bzw. Weltanschauungen andererseits weitaus weniger fest gekoppelt sind, als man glauben möchte. Das kann und sollte sehr wohl als Warnung davor verstanden werden, (speziell wider die Menschlichkeit gerichtete) Weltanschauungen als „bewiesen“ zu betrachten. Denn gerade, wenn man sehr lange in einem geistigen System gelebt hat, fällt es allzu leicht, seine Arbeit für streng wissenschaftlich zu halten, während man in Wirklichkeit einer zweifelhaften Teleologie²¹⁴ folgt.

11. Haftungsausschluss

Zitate und Links zu Websites Dritter werden nur zur Information angegeben und bedeuten keine Zustimmung oder Unterstützung dieser Websites durch die Autoren oder von diesen zitierten Personen. Sämtliche Informationen dieser Schrift sind sorgfältig ausgewählt. Sie werden aber ohne Gewähr für eventuell daraus entstehende Schäden zur Verfügung gestellt.

Alle genannten Markennamen sind Eigentum der jeweiligen Inhaber. Das Fehlen eines Warenzeichens – Hinweises lässt nicht darauf schließen, dass der Markenname nicht geschützt ist. Die Nennung eines Markennamens darf nicht zur Annahme verleiten, einer der Autoren sei Inhaber diesbezüglicher Markenschutzrechte.

Hinweise zu Gesundheitsthemen sind ausschließlich wissenschaftsgeschichtliche Informationen und dürfen keinesfalls zur alleinigen Grundlage für gesundheitsbezogene Entscheidungen oder Aktionen verwendet werden. Aus der Wiedergabe gesundheitsbezogener Informationen ist keinesfalls eine Wertung oder gar Empfehlung abzuleiten!

Die Beschreibung der chemischen Prozesse wendet sich an Personen mit einschlägiger chemischer Fachausbildung und sittlicher Reife, die sich der Risiken bewusst sind und damit fachgerecht umgehen

können. Die Arbeiten sind in einem professionellen Labor auszuführen. Das „Nachkochen“ durch Amateure in nicht für die Arbeit mit Giftstoffen wie wasserlöslichen Blei- und Quecksilberverbindungen sowie Stickoxiden ausgelegten Labors ist in jedem Fall zu unterlassen. Natürlich muss auch die sachgerechte Entsorgung der Produkte gesichert sein. Bei der Arbeit mit Nitriten und Nitraten zusammen mit organischen Chemikalien oder bei trockenen Prozessen besteht Verpuffungsgefahr, werden diese Arbeiten in geschlossenen Behältnissen durchgeführt, besteht hohe Explosionsgefahr.

12. Danksagung

Diese Arbeit ist nur durch die konstruktive Mitarbeit vieler KollegInnen möglich geworden, denen wir auf diesem Wege danken möchten:

Dem Institut für chemische Technologien und Analytik (damalige Leitung Herr UNIV. PROF. MAG. PHARM. DR. RER. NAT. GÜNTER ALLMAIER †) für die grundlegende Unterstützung und die Finanzierung der Arbeiten.

Den AssistentInnen

Herrn UNIV.DOZ. MAG.RER.NAT. DR.TECHN. RUDOLF SOUKUP
Herrn ASSOCIATE PROF. DIPL.-ING. DR.TECHN. CHRISTIAN GIERL-MAYER,
Herrn AO.UNIV.PROF. DIPL.-ING. DR.TECHN. ROLAND HAUBNER,
Frau VANESSA NÜRNBERGER,
Herrn ASS.PROF. DIPL.-ING. DR.TECHN. ALEXANDER REICHHOLD,
Herrn AO.UNIV.PROF.I.R. DIPL.-ING. DR.TECHN. WOLF-DIETER SCHUBERT,
Herrn DANIEL STANKIC und
Frau OR DIPL.-ING. DR.TECHN. SUSANNE STROBL

für ihre theoretische Unterweisung und praktische Anleitung.

Den Laboranten Herrn MICHAEL LUGER und Herrn THOMAS SEEBAUER für die logistische Unterstützung der Laborarbeiten.

13. Details der Laborexperimente

13.1. Allgemeines

Die angegebenen Versuche wurden mit üblichen Laborchemikalien durchgeführt. Entweder wurde in Eprouvetten gearbeitet, bei größeren Ansätzen auch in geeigneten Bechergläsern oder Erlenmeyerkolben. Die Form, in der die Metalle vorliegen, ist jeweils gesondert angegeben. Wasserfreies $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ wurde aus dem handelsüblichen Tetrahydrat durch wochenlanges Trocknen im Trockenschrank bei 150°C erhalten, um antike Bedingungen nachzustellen. Trocknung im Exsikkator mit Silicagel ist weitaus effektiver, allerdings nicht für grundlegende Arbeiten angemessen. Außerdem verwandelt sich das Salz dabei in eine feste, harte und schwer zu verarbeitende Masse. Im abschließenden Experiment hat sich allerdings gezeigt, dass diese Maßnahmen nicht notwendig waren, die Verwendung des Tetrahydrates genügt vollkommen.

Die pH – Werte wurden mit „pH-Indikatorstäbchen pH 0 – 6,0 MColorpHast™“ der Firma Merck²¹⁵ bestimmt. Als Wärmequelle dienten (durchaus etwas willkürlich gewählt) entweder die übliche Gasflamme, ein Magnetrührer mit Heizplatte oder ein Ultraschallbad mit Heizung. Erfahrungsgemäß beschleunigt das Ultraschallbad die Reaktionen, ohne sie zu verändern, essentielle Unterschiede waren allerdings nicht zu beobachten. Die Versuche sind nach den relevanten Standardpotentialen²¹⁶ geordnet.

13.2. Eisen (Standardpotential $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe} -0,41 \text{ V}$, $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} +0,77 \text{ V}$) als Eisennagel

$\text{Fe} + \text{NH}_4\text{Cl}$ – Pulver + 4 N HAc führt auch beim Sieden zu keiner Reaktion. Zugabe von 20% NaNO_2 Lösung führt sofort zu heftiger Reaktion und Gasentwicklung, das Eisen löst sich. Das gleiche gilt auch, wenn statt NH_4Cl NaCl eingesetzt wird.

$\text{Fe} + 4 \text{ N HAc} + \text{gesättigte NaCl}$ – Lösung ergibt auch in der Wärme keine nennenswerte Reaktion.

$\text{Fe} + 4 \text{ N HAc} + \text{einige Tropfen 20\% NaNO}_2$ Lösung ergibt schwache Reaktion. Prüfung der Lösung mit NH_4SCN – Lösung zeigt aber deutlichen Farbumschlag.

$\text{Fe} + 4 \text{ N HAc} + \text{NaCl}$ – Lösung + einige Tropfen 20% NaNO_2 Lösung ergibt in der Kälte schwache, beim Erhitzen starke Reaktion. Das Eisen wird unter Gasentwicklung gelöst.

$\text{Fe} + 5 \text{ cm}^3 \text{ Ca(NO}_3)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O} + 5 \text{ ml 4 N HAc}$ ergibt in der Kälte schwache, beim Erhitzen starke Reaktion. Es bildet sich eine dunkelbraune durchsichtige Lösung.

$\text{Fe} + 5 \text{ cm}^3 \text{ Ca(NO}_3)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O} + 5 \text{ ml gesättigte NaCl}$ – Lösung + 5 ml 4 N HAc ergibt in der Kälte schwache, beim Erhitzen starke Reaktion. Es bildet sich eine dunkelbraune flockige undurchsichtige Lösung, welche beim Stehen dann teilweise in eine durchsichtige Phase oben und eine undurchsichtige Phase unten auftritt.

13.3. Zinn (Standardpotential $\text{Sn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn} -0,14 \text{ V}$, $\text{Sn}^{4+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} +0,15 \text{ V}$) als 3 cm 0,71 mm Ø Lötzinn 99% Sn

$\text{Sn} + 6 \text{ ml 4 N HAc} + 3 \text{ g Ca(NO}_3)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$. Das Zinn wird bei Raumtemperatur innerhalb einer Stunde aufgelöst. Es bildet sich eine weiße schaumige Lösung, aus der sich schnell metallisch graue Partikel absetzen. Der pH – Wert steigt dabei von ca. 4 auf 6. Wird mit einem Tropfen 4 N HCl angesäuert (der pH – Wert sinkt auf 3), klart die Flüssigkeit sofort völlig auf.

$\text{Sn} + \text{HAc}$ zeigt auch beim Erhitzen keine erkennbare Reaktion. Auch die Zugabe von einigen Tropfen 20% NaNO_2 – Lösung ergibt nur eine minimale Reaktion, Zugabe von NH_4OH führt zu keinem Niederschlag.

$\text{Sn} + 4 \text{ N HAc} + \text{NH}_4\text{Cl}$ – Lösung + NaNO_2 – Lösung führt zu keiner Reaktion.

$\text{Sn} + 3 \text{ cm}^3 \text{ Ca(NO}_3)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O} + 5 \text{ ml 4 N HAc}$ bei 80 °C im Ultraschallbad geht innerhalb weniger Minuten teilweise in flockig weiße „Lösung“ (vielleicht Zinnsäure, Zinn(IV) – hydroxid, H_2SnO_3 ; das Entstehen einer Zinn(II) – Verbindung scheint unter diesen Bedingungen wenig plausibel) und der Durchmesser des Lotes sinkt gut messbar von 0,71 mm auf 0,6 mm. Nach vorsichtiger Schätzung beträgt der Materialabtrag daher etwa 24 mg von insgesamt etwa 84 mg.

$\text{Sn} + 3 \text{ cm}^3 \text{ Ca(NO}_3)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O} + 50 \text{ ml 4 N HAc}$ im Magnetrührer bei etwa 90 °C. Der 0,71 mm Ø – Draht wird innerhalb von etwa 2 Stunden auf 0,38 mm Ø abgeätzt. Nach vorsichtiger Schätzung beträgt der Materialabtrag daher etwa 60 mg von insgesamt etwa 84 mg. Beim Abkühlen fällt gelblicher Niederschlag, wenig löslich in konzentrierter HCl, nach einigen Stunden färbt der Niederschlag auf grau um.

3 cm Zinndraht wird auf etwa 0,1 mm Dicke flach geklopft²¹⁷. Dazu 6 ml 4 N HAc + 1 Körnchen $\text{Ca(NO}_3)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$. Bei 70 °C im Ultraschallbad ist die Folie nach 2 Stunden deutlich angeätzt, die Lösung ist gelblich – milchig. Nach weiteren 2 Stunden fällt wieder Zinnsäure mit grauen Verunreinigungen, löslich in konzentrierter HCl. Wird dieser Prozess dreimal mit neuem Lösungsmittel wiederholt, ist das Zinn bis auf geringe Mengen Verunreinigungen vollständig gelöst, ohne dass sich Niederschlag von Zinnstein bildet.

13.4. Blei (Standardpotential $\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb} -0,13 \text{ V}$) als Bleifolie

1 g $\text{Pb} + 6 \text{ ml 4 N HAc} + 3 \text{ g Ca(NO}_3)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O} + 1 \text{ g NH}_4\text{Cl}$ – Pulver bei Raumtemperatur. Es bildet sich sofort eine weiße schaumige Lösung, das Metall wird matt und dunkel.

0,9 g Pb als 0,2 mm dicke Folie + 5 ml 4 N HAc + 3 cm³ Ca(NO₃)₂ · 4 H₂O bei 80 °C im Ultraschallbad: Nach einer Stunde ist das Metall deutlich abgeätzt, die Lösung wird trüb – grau. Die Restmasse des Bleis beträgt etwa 0,5 g. Bei tropfenweiser Zugabe von Aceton – H₂S fällt sofort schwarzes PbS.

0,5 g Pb als 0,2 mm dicke Folie + 20 ml 4 N HAc + 5 ml 20% NH₄Cl – Lösung bei 50 °C im Magnetprüher ergibt keine Reaktion.

0,5 g Pb als 0,2 mm dicke Folie + 20 ml 4 N HAc + 5 ml 20% NH₄Cl – Lösung + 3 g Ca(NO₃)₂ · 4 H₂O bei 70 °C im Magnetprüher ergibt schwache Reaktion. Die Lösung färbt sich trüb – weiß. Die H₂S – Probe ergibt bräunliche Lösung. Zugabe einiger Tropfen 20% NaNO₂ Lösung ergibt abgesehen von der Entwicklung nitroser Gase keine erkennbare Reaktion. Nach dem Abkühlen fällt deutlich weißer Niederschlag. Sowohl der filtrierte und gewaschene Niederschlag als auch die Lösung zeigen in der Kälte bei Zugabe von Aceton – H₂S deutliche Braun– bis Schwarzfärbung.

13.5. Kupfer (Standardpotential $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu} + 0,35 \text{ V}$) als 3 cm 1,5 mm² Kupferdraht

Cu + 6 ml 4 N HAc + 3 g Ca(NO₃)₂ · 4 H₂O führt bei Raumtemperatur zu keiner erkennbaren Reaktion. Das bleibt auch so, wenn die Mischung gekocht wird.

Cu mit 20% NaNO₂ – Lösung sieden ergibt keine Reaktion.

Cu mit 20% NaNO₂ – Lösung und einigen Tropfen 4 N HAc führt selbst bei Raumtemperatur zu heftiger Entwicklung von braunem Gas, das Kupfer geht sofort in hellgrüne Lösung.

Cu + 1 g NH₄Cl – Pulver + 4 N HAc + 20% NaNO₂ Lösung führt selbst bei Raumtemperatur zu heftiger Entwicklung von braunem Gas, das Kupfer geht sofort in hellgrüne Lösung.

Cu + 6 ml 4 N HAc + 3 g Ca(NO₃)₂ · 4 H₂O + 1 g NH₄Cl – Pulver zeigt nach einem Tag bei Raumtemperatur minimale Reaktion: Die Lösung hat sich geringfügig grün gefärbt. Beim Erhitzen deutliche Grünfärbung.

Cu + 5 ml konzentrierte HAc (>98%) und 1 g wasserfreies Ca(NO₃)₂ zeigte bei Raumtemperatur nur minimale Reaktion und ganz wenig Gasentwicklung. Schon bei leichtem Erwärmen (vielleicht 50 °C) tritt sofort massive Reaktion ein: Intensive Gasentwicklung und die Lösung färbt sich sofort tiefblau.

Cu + 10 ml 10 N HAc (etwa 60%) und 1 g wasserfreiem Ca(NO₃)₂ zeigte bei Raumtemperatur nur minimale Reaktion, ganz wenig Gasentwicklung. Bei Siedetemperatur schwache Reaktion: Leichte Gasentwicklung und die Lösung färbt sich lichtblau.

13.6. Silber (Standardpotential $\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ag} + 0,80 \text{ V}$) als Silberbröckchen bzw. Silberpulver

Ag wurde in einer Mischung von 4 N HAc + Ca(NO₃)₂ · 4 H₂O innerhalb eines Tages bei Raumtemperatur gelöst. Die HCl – Probe war deutlich positiv.

Ag wurde in einer Mischung von 4 N HAc + 20% NaNO₂ – Lösung innerhalb eines Tages bei Raumtemperatur gelöst. Die HCl – Probe war deutlich positiv.

Ein bereits vorhandener Silberspiegel aus einer Tollensprobe wurde in der Mischung von 5 ml 4 N HAc + 2 ml 20% NaNO₂ – Lösung bei 50 °C im Ultraschallbad innerhalb von 5 Minuten rückstandsfrei aufgelöst. Die Chloridprobe war deutlich positiv, der weiße Niederschlag war gut löslich in konzentriertem Ammoniak.

Silberpulver in einer Mischung von 3 ml 4 N HAc + 3 cm³ Ca(NO₃)₂ · 4 H₂O bei 50 °C im Ultraschallbad ergab keine erkennbare Reaktion, die Chloridprobe war negativ. Weitere Zugabe von 2 ml 20% NaNO₂ – Lösung im Ultraschallbad bei 70 °C ergab eine trübe, kolloidale Lösung. Die Chloridprobe war deutlich positiv, der weiße Niederschlag war gut löslich in konzentriertem Ammoniak.

Silberpulver in einer Mischung von 3 ml 4 N HAc + 3 cm³ Ca(NO₃)₂ · 4 H₂O + 3 ml 20% NH₄Cl – Lösung ergab im Ultraschallbad bei 50 °C keine erkennbare Reaktion. Auch die Zugabe von 2 ml 20% NaNO₂ – Lösung ergab nach 15 Minuten im Ultraschallbad bei 70 °C keine erkennbare Reaktion.

Ag wurde in einer Mischung von 4 N HAc + 0,5 cm³ wasserfreies Ca(NO₃)₂ innerhalb zwei Wochen bei Raumtemperatur ansatzweise gelöst. Die H₂S - Probe war deutlich positiv.

Ag wurde in einer Mischung von 4 N HAc + 0,5 cm³ wasserfreies Ca(NO₃)₂ 2 Stunden im Ultraschallbad bei 70 °C behandelt. Danach war der pH - Wert auf 3 gestiegen. Die NaCl - Probe war deutlich positiv, sogar mit üppigem weißen Niederschlag, gut löslich in konzentriertem NH₄OH. Auch die H₂S - Probe war deutlich positiv. Ein Stück Kupferdraht fällte schwammiges Silber.

13.7. Quecksilber (Standardpotential $\text{Hg}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Hg} + 0,85 \text{ V}$) als rund 2 mm Ø Tropfen (geschätzte Masse 50mg)

Hg + 30 ml 4 N HAc + 10 ml 20% NaNO₂ - Lösung. Im Magnetrührer bei Raumtemperatur zeigte sich auch nach 3 Stunden keine Reaktion. Auch im Ultraschallbad zeigte sich nach 20 Minuten bei 50 °C keine erkennbare Reaktion. Zugabe von H₂S ergab keine Reaktion. Auch die weitere Zugabe von 20 ml 20% NH₄Cl Lösung bei 50 °C im Magnetrührer ergab keine überzeugende Reaktion.

Hg + 5 ml 4 N HAc + 3 cm³ Ca(NO₃)₂ · 4 H₂O im Ultraschallbad 20 Minuten bei 50 °C: Die Lösung färbt sich grau und wird trüb. Zugabe von H₂S ergibt keine Reaktion. Die weitere Zugabe von 2 ml 20% NH₄Cl - Lösung führt zur Bildung grauer Schwaden.

Hg + 4 N HAc + Ca(NO₃)₂ · 4 H₂O + 20% NH₄Cl - Lösung + ein paar Tropfen konzentrierte HCl ergibt im Ultraschallbad eine graue, trübe Lösung. Filtrieren ergibt eine klare Lösung. Zugabe von H₂S ergibt einen schwarzen Niederschlag.

Hg + 2 g wasserfreies Ca(NO₃)₂ + 7 ml 4 N HAc bei 70 °C im Ultraschallbad: Nach etwa 1 Stunde langsame, aber beständige Lösung des Quecksilbers unter Nachziehen eines grauen Schleiers, der sich beim Schütteln auflöst. Die H₂S - Probe ist positiv, der pH - Wert bleibt bei etwa 1,5.

Hg + 1 g NaNO₂ - Pulver + 7 ml 4 N HAc führt sofort zu heftiger Entwicklung unten weißer und oben brauner Gase. Schon nach wenigen Minuten ist bei Raumtemperatur der H₂S - Nachweis deutlich positiv.

Hg + 1 g NaNO₂ - Pulver + 2 ml gesättigte NaCl Lösung + 7 ml 4 N HAc führt bei Raumtemperatur sofort zu heftiger Entwicklung unten weißer und oben brauner Gase. Der vorher metallisch glänzende Quecksilbertropfen färbt sich grau, auch die Lösung wird grau. Der H₂S - Nachweis ist sofort deutlich positiv. Nach etwa 5 Stunden war das Metall praktisch vollständig zu grauem Niederschlag gelöst. Der pH - Wert betrug nun 4,5. Abdekantieren der Lösung und erneute Zugabe frischer HAc brachte die Reaktion wieder in Gang, erneute Zugabe von Oxidationsmittel war offenbar nicht erforderlich.

Hg wurde in einer Mischung von 4 N HAc + 0,5 cm³ wasserfreies Ca(NO₃)₂ innerhalb zwei Wochen bei Raumtemperatur nicht angegriffen. Die H₂S - Probe war negativ.

Hg + 4 N HAc + 0,5 cm³ wasserfreies Ca(NO₃)₂ wurde 2 Stunden im Ultraschallbad bei 70 °C behandelt. Danach war der pH - Wert auf 3 gestiegen. Die H₂S - Probe war deutlich positiv. Ein Stück Kupferdraht wurde sofort ver"silbert". Die Reaktionsprodukte waren deutlich unterscheidbar: Restliches metallisches Quecksilber, üppiges Kalomel und flockiges weißes Hg²⁺ - Salz. Die Niederschläge lösten sich beim Ansäuern mit einigen Tropfen HNO₃ auf.

Um beim H₂S - Nachweis das Fällen von kolloidalem Schwefel durch das Nitrit zu verhindern, sollte die Lösung vor dem Zugeben des H₂S so lange abgekocht werden, bis keine braunen Gase mehr entweichen. Dann die Epruvette unter fließendem Wasser abkühlen und erst dann H₂S zugeben. Das im Analysengang notwendige Ansäuern kann unter den gegebenen Bedingungen unterbleiben. Achtung: Nitrit schädigt einige Indikatorfarbstoffe! Unbedingt vor der Messung die Lösung so lange abkochen, bis keine braunen Gase mehr entweichen. Dann die Epruvette unter fließendem Wasser abkühlen und erst dann den pH - Wert bestimmen!

13.8. Gold (Standardpotential $\text{Au}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Au} + 1,50 \text{ V}$). Für die Vorversuche wurde 23 karatiges = 950‰ Blattgold²¹⁸ verwendet. Für den Hauptversuch wurde 0,5 mm dicke Sputtergold – Folie verwendet.

1 Blatt Blattgold wurde in einem 100 ml – Erlenmeyerkolben mit 100 ml konzentrierter (> 98%) Essigsäure, 5,2 g wasserfreiem $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ und 5,2 g NH_4Cl – Pulver versetzt.

In einem weiteren Versuch wurde 0,6 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ und 0,6 g NH_4Cl – Pulver mit 30 ml konzentrierter (> 98%) Essigsäure mit 2/3 Blatt Blattgold in einem 100 ml – Erlenmeyerkolben auf eine 50 °C Heizplatte gebracht. Das Gold war innerhalb von nur 40 Minuten aufgelöst.

14. Literatur und Anmerkungen

¹ HEINRICH KHUNRATH: Vom Hylealischen Chaos der naturgemässen Alchymiae und Alchymisten. Ausgabe 1597 <https://books.google.at/books?id=YPBRAAAACAAJ>
Ausgabe 1708 <https://books.google.at/books?id=qVc6AAAACAAJ>
Ausgabe 1786 <http://books.google.at/books?id=vPQTAAAAQAAJ>
Letzter Zugriff für alle 24.01.2016. Faksimileausgabe der Ausgabe von 1708 bei Akademische Druck – und Verlagsanstalt Graz Austria, 1990.

² Eine detaillierte Beschreibung dieser beiden Substanzen findet sich in Kapitel 5.

³ HEINRICH KHUNRATH (1708): Vom hylealischen Chaos der naturgemässen Alchemie und Alchemisten – bearbeitet und ausführlich kommentiert von WOLFGANG TOMISCHKO: http://www.rudolf-werner-soukup.at/Forum_Dokumente/Khunrath_Chaos_mit_Kommentaren.pdf sowie „Vom Hylealischen Chaos“. Anmerkungen zu einer kommentierten Edition des berühmten Werkes von HEINRICH KHUNRATH“ in der Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Wissenschaftsgeschichte, ÖGW RES NOVAE XV. Mensch Wissenschaft Magie, 34 – 35, 2019, S.75 – 102.

⁴ Die entsprechende Schrift des GEBER „De inventione veritatis“ ist untergeschoben. Die genannte Textstelle steht im Kapitel 23, DARMSTAEDTER, Die Alchemie des GEBER, Berlin 1922, S.113. Uns sind keine Hinweise bekannt, dass die arabische Alchemie Mineralsäuren kannte. Aufgrund der fehlenden Disziplin bei der Datierung der Schriften und der häufigen Praxis des Unterschiebens haben wir auch heute noch bei vielen Themen keine genaue Kenntnis des Datums einer Erfindung.

⁵ KHUNRATH verspottet sogar explizit die Anwender von Königswasser in der Alchemie. Chaos, Ausgabe 1708, S.94.

⁶ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Birkenpech>, letzter Zugriff 14.10.2017.

⁷ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Gerben>, letzter Zugriff 07.11.2017.

⁸ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Keramik>, letzter Zugriff 07.11.2017.

⁹ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Mauerziegel#Geschichte>, letzter Zugriff 09.11.2017.

¹⁰ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Seife>, letzter Zugriff 07.11.2017.

¹¹ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Kupfer>, letzter Zugriff 07.11.2017.

¹² Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Gold>, letzter Zugriff 07.11.2017.

¹³ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Bronzezeit>, letzter Zugriff 07.11.2017.

¹⁴ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Kosmetik>, letzter Zugriff 09.11.2017.

¹⁵ Aus https://de.wikipedia.org/wiki/Plinius_der_Ältere, letzter Zugriff 07.11.2017.

¹⁶ Beispielsweise im RULANDUS, Lexicon alchemiae, Francofurtensium 1612.

¹⁷ Aus https://de.wikipedia.org/wiki/Pedanios_Dioskurides, letzter Zugriff 07.11.2017.

¹⁸ Hierbei ist zu beachten, dass die Grundlage vieler Konflikte zwischen Naturwissenschaft und Esoterik in unterschiedlichen Interpretationen des „Natur“- Konzeptes liegt. Beispielsweise wird der Esoterik die Beschäftigung mit „Übernatürlichem“ vorgeworfen, obwohl es in den großen esoterischen Systemen ebenso wie im Hellenismus gar keine grundsätzliche Trennung zwischen „Diesseits“ und „Jenseits“ gibt.

¹⁹ Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Bestattung>, letzter Zugriff 09.11.2017.

²⁰ Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Ahnenkult>, letzter Zugriff 09.11.2017.

²¹ Die einzige mir bekannte Geschichte der Inkarnation von Geistwesen in die unbelebte Materie ist die Schaffung von Adam aus Lehm mittels eingeblasenem göttlichem Geist. (Gen. 2 – 7).

²² ARISTOTELES: Metaphysik. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg 1994 – 2010.

²³ Vergleiche dazu beispielsweise LUDWIG AUGUST KRAUS: Kritisch – etymologisches medizinisches Lexikon, 1831, S.201f.

²⁴ Siehe dazu: SCHMIEDER: Geschichte der Alchemie, 1832. S.39. Am 08.04.2015 auf <https://books.google.at/books?id=SVE6AAAACAAJ> verfügbar.

²⁵ RUDOLF WERNER SOUKUP, HELMUT MAYER: Alchemistisches Gold, paracelsistische Pharmaka. (Verlag Böhlau Wien 1997). S.113.

²⁶ Kulturleistungen künstlich wertvoll zu machen hat Geschichte. Man lese dazu beispielsweise das Kapitel über Geheimnisse in MERTEN, SCHMIDT, WEISCHENBERG: Die Wirklichkeit der Medien. Springer 2013. S.192ff. Am 10.11.2017 auf <https://books.google.at/books?id=pBMjBgAAQBAJ> verfügbar. Hier wird unter anderem auf die zentrale Rolle von Geheimhaltungspflichten für die Schaffung gemeinschaftlicher Strukturen hingewiesen.

Siehe des Weiteren: <http://de.wikipedia.org/wiki/Arkanprinzip> , letzter Zugriff 10.11.2017.

²⁷ Offenbar war den antiken Alchemisten schnell klar, welches Missbrauchspotential in der neuen Technik schlummerte. Man denke beispielsweise an die berühmte Geschichte um den betrügerischen Goldschmied, der eine Krone für den König HIERON II. VON SYRAKUS hätte anfertigen sollen und der durch ARCHIMEDES überführt worden war. (Aus https://de.wikipedia.org/wiki/Archimedisches_Prinzip , letzter Zugriff 11.11.2017.) Was an dieser Geschichte gerne übersehen wird, ist die Tatsache, dass die Herstellung von Metallimitationen bereits um das Jahr 250 v. Chr. offensichtlich bekannt und praktiziert wurde.

²⁸ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Alexandria#Kalifenreich> , letzter Zugriff 10.11.2017.

²⁹ Aus https://de.wikipedia.org/wiki/Islamische_Expansion , letzter Zugriff 10.11.2017.

³⁰ Wie sie beispielsweise bis heute in Granada oder Toledo zu bestaunen ist.

³¹ ROSINUS ist als erster historisch fassbarer alchemistischer Autor rein zeitlich nicht als Araber zu betrachten, sondern eher als Hellenist. Aufgrund von Art und Stil seiner Schriften und da er in Alexandria lebte, möge diese Unschärfe verziehen werden. Zu seiner Person siehe CLAUS PRIESNER, KARIN FIGALA (Hg): Alchemie: Lexikon einer hermetischen Wissenschaft. (Verlag C.H. Beck, München 1998), S.380f.

³² Aus https://en.wikipedia.org/wiki/Jabir_ibn_Hayyan , letzter Zugriff 10.11.2017. Neben originalen Schriften des GEBER existieren auch spätere, untergeschobene Werke. Siehe dazu CLAUS PRIESNER, KARIN FIGALA (Hg): Alchemie: Lexikon einer hermetischen Wissenschaft. (Verlag C.H. Beck, München 1998), S.144ff.

³³ Aus https://de.wikipedia.org/wiki/Ibn_Umail , letzter Zugriff 11.11.2017.

³⁴ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Avicenna> , letzter Zugriff 10.11.2017.

³⁵ Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Reconquista> , letzter Zugriff 10.11.2017. Bezüglich der Problematik dieses Begriffes wird auf die einschlägige Literatur verwiesen.

³⁶ Siehe dazu [https://de.wikipedia.org/wiki/Eroberung_von_Bagdad_\(1258\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Eroberung_von_Bagdad_(1258)) , letzter Zugriff 10.11.2017.

³⁷ Man mag sich fragen, inwieweit diese dramatischen Geschehnisse zur derzeitigen fatalen Krise des islamischen Raumes beitragen.

³⁸ 1194 – 1250, Kaiser des römisch – deutschen Reiches. Siehe dazu [https://de.wikipedia.org/wiki/Friedrich_II._\(HRR\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Friedrich_II._(HRR)) , letzter Zugriff 23.11.2017.

³⁹ Siehe dazu https://en.wikipedia.org/wiki/Schola_Medica_Salernitana , letzter Zugriff 11.11.2017.

⁴⁰ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Universit%C3%A4t_Neapel_Federico_II , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁴¹ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Petrus_Bonus , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁴² Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Bernhardus_Trevisanus , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁴³ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Johannes_Gutenberg , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁴⁴ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Byzantinisches_Reich , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁴⁵ Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Paracelsus> , letzter Zugriff 12.11.2017 sowie die ausführliche Darstellung in SOUKUP, Chemie in Österreich, Böhlau 2007, S.200ff.

⁴⁶ Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Hussiten> , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁴⁷ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Khunrath , letzter Zugriff 12.11.2017 sowie die ausführliche Darstellung in SOUKUP, Chemie in Österreich, Böhlau 2007, S.330ff.

⁴⁸ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/John_Dee , letzter Zugriff 12.11.2017 sowie die ausführliche Darstellung in SOUKUP, Chemie in Österreich, Böhlau 2007, S.330ff.

⁴⁹ Siehe dazu [https://de.wikipedia.org/wiki/Rudolf_II._\(HRR\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Rudolf_II._(HRR)) , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁵⁰ JOHANN VALENTIN ANDREAE: Chymische Hochzeit: CHRISTIANI ROSENCREUTZ. Anno 1459, LAZARI ZETZNER'S Erben, 1616. Am 12.11.2017 auf <https://books.google.at/books?id=KtJiAAAACAAJ> verfügbar.

⁵¹ Siehe dazu [https://de.wikipedia.org/wiki/Friedrich_V._\(Pfalz\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Friedrich_V._(Pfalz)) , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁵² Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Elisabeth_Stuart , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁵³ Eine umfassende Darstellung dieser geschichtsträchtigen Geschehnisse findet man in SOUKUP, Chemie in Österreich, Böhlau 2007, S.392.

⁵⁴ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Drei%C3%9Fig%C3%A4hriger_Krieg , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁵⁵ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁵⁶ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Robert_Boyle , letzter Zugriff 12.11.2017.

⁵⁷ Siehe dazu CLAUS PRIESNER, KARIN FIGALA (Hg): Alchemie: Lexikon einer hermetischen Wissenschaft. (Verlag C.H. Beck, München 1998), S.140ff. Vor dem Krieg hatten viele Adelige als Mäzene von Alchemisten gewirkt, selbst aber nur in Ausnahmefällen im Labor gearbeitet. Das war nun anders.

-
- ⁵⁸ Dieses Schicksal blieb nicht auf die Alchemie beschränkt. Gerade im Rokoko war Naturwissenschaft eine beliebte Unterhaltung und Volksbelustigung. Siehe dazu „Die Wandermänner der Wissenschaft“, Kultur & Technik 04/2005, S.42ff. Diese Tradition hat sich gehalten: Auch heute werden wissenschaftliche Halbwahrheiten mundgerecht aufbereitet und mit der Verspottung Andersdenkender gewürzt als Wissenschaftsshows für die breite Masse angeboten.
- ⁵⁹ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Karl_Christoph_Schmieder , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁶⁰ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Johann_Wolfgang_von_Goethe , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁶¹ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Faust._Der_Trag%C3%B6die_zweiter_Teil , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁶² Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Arthur_Edward_Waite , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁶³ Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Papus> , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁶⁴ Siehe dazu den umfassenden Artikel von PETER FORSHAW: „Cabala Chymica or Chemia Cabalistica“ in ambix, Vol. 60 No. 4, November 2013, 361 – 389.
- ⁶⁵ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Edmund_Oskar_von_Lippmann , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁶⁶ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Ernst_Darmstaedter , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁶⁷ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Julius_Ruska , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁶⁸ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Carl_Gustav_Jung , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁶⁹ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Marie-Louise_von_Franz , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁷⁰ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1ria_Szepes , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁷¹ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Glenn_T._Seaborg , letzter Zugriff 11.07.2019.
- ⁷² Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Schloss_Oberstockstall , letzter Zugriff 12.11.2017 sowie die ausführliche Aufarbeitung in RUDOLF WERNER SOUKUP, HELMUT MAYER: Alchemistisches Gold, paracelsistische Pharmaka. (Verlag Böhlau Wien 1997).
- ⁷³ Siehe dazu http://www.la-isa.de/landesmuseum_fuer_vorgeschichte/sonderausstellungen/ausstellungsarchiv/alchemy_die_suche_nach_dem_weltgeheimnis/ , letzter Zugriff 12.11.2017.
- ⁷⁴ Beispielsweise <http://digital.slub-dresden.de/> , <http://sammlungen.ub.uni-frankfurt.de> , <http://www.e-rara.ch> , <http://digi.ub.uni-heidelberg.de> , um nur einige zu nennen.
- ⁷⁵ <https://books.google.at/books>
- ⁷⁶ Beispielsweise www.alchemywebsite.com/ , letzter Zugriff 16.11.2017.
- ⁷⁷ Siehe dazu auch <https://de.wikipedia.org/wiki/Obskurit%C3%A4t> letzter Zugriff 03.06.2020.
- ⁷⁸ JOHN TYNDALL (1820 – 1893, britischer Physiker) schrieb wunderbar zauberhaft über seine Bergbesteigungen, die er immer als wichtige Beiträge für seine Naturerkenntnisse betrachtet hat. Kennzeichnend für Tyndalls Arbeiten ist seine Herangehensweise an die Phänomene der Natur. Er sagt in aller Schärfe, dass jede Theorie der Materie, in der das menschliche Bewusstsein samt aller Emotionalität nicht enthalten ist, notwendigerweise falsch ist. (JOHN TYNDALL, The Glaciers of the Alps & Mountaineering in 1861, London, J. M. Dent & Co, 1906.)
- ⁷⁹ Diese Hindernisse wurden schon von GEBER angesprochen: DARMSTAEDTER, Die Alchemie des GEBER, Berlin 1922, S.19ff.
- ⁸⁰ Dieses Thema rückt erst in jüngerer Zeit in den Fokus der alchemistischen Forschung: Viele ernsthafte Naturforscher, aber auch Betrüger und Verfasser seltsamer Schriften handelten nicht aus primär krimineller Absicht, sondern aus blanker existenzieller Not sowie persönlicher Gefahr. Siehe dazu die bahnbrechenden Arbeiten von Herrn Prof. DR. MARTIN MULSOW, Professor an der Universität Erfurt, beispielsweise seinen Vortrag zum Thema „Pseudonymität, Prekarität und Netzwerkbildung bei Alchemikern der Frühen Neuzeit“ sowie seine Monographie „Prekäres Wissen. Eine andere Ideengeschichte der Frühen Neuzeit“. Berlin: Suhrkamp 2012, 556 S.
- ⁸¹ Auch diese Tradition hat sich gehalten. Man vergleiche das Schicksal von Forschern, die sich mit der Programmierung von Wasser, aperiodischen Kristallen oder Gewichtsveränderungen in Magnetfeldern beschäftigt haben.
- ⁸² Schon KHUNRATH erkannte bitter: „Die Welt will betrogen werden, daher wird sie betrogen.“ Khunrath Chaos 1708, S.281 nach dem römischen Rechtsgrundsatz „Qui vult decipi, decipiatur.“ Zu Deutsch ungefähr „Wer betrogen werden will, mag ruhig betrogen werden.“
- ⁸³ Man denke an derzeitige Modebegriffe wie Nanomaterial oder Graphen, deren Gebrauch in Förderungsanträgen allein schon gute Chancen auf Zuerkennung bringt, selbst wenn im Detail beispielsweise von „Multilayer – Graphen“ zu lesen ist.
- ⁸⁴ Eine vollständige Zusammenfassung findet man in: „Vom Hylealischen Chaos. Anmerkungen zu einer kommentierten Edition des berühmten Werkes von HEINRICH KHUNRATH“ in der Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Wissenschaftsgeschichte, ÖGW RES NOVAE XV. Mensch Wissenschaft Magie, 34 – 35, 2019, S.89 – 94.
- ⁸⁵ Bitte hier die genaue Argumentation zu beachten: Simulationen sind technisch wie wissenschaftlich überaus wertvolle Methoden, wenn sie korrekt eingesetzt werden. Werden allerdings beispielsweise bei

thermodynamischen Simulationen relevante Zwischen- oder Endprodukte nicht einbezogen, sind die unreflektiert publizierten Ergebnisse für Praktiker von großem Unterhaltungswert. Das ist gemeint!

⁸⁶ Das kann man beklagen, aber so lange nicht weltweit alle wissenschaftlichen Erkenntnisse veröffentlicht werden, wird Geheimhaltung notwendig sein. Und so lange Forschung und Entwicklung viel Geld kostet, werden auch „intellectual property rights“ notwendig sein, denn sonst würde niemand mehr Forschung betreiben, sondern alle würden nur darauf lauern, was die anderen tun, um es nachzukochen.

⁸⁷ „Das Halbverstandene und Halberfahrene ist nicht die Vorstufe der Bildung, sondern ihr Todfeind.“ THEODOR W. ADORNO, Soziologische Schriften 1, Suhrkamp 1972, S.205.

⁸⁸ Unter Verwendung von <https://de.wikipedia.org/wiki/Halbbildung> , letzter Zugriff 03.09.2017.

⁸⁹ Es ist klar herauszustreichen, dass „Wissenschaft“ nicht durch Themen oder Ergebnisse definiert wird, sondern eben durch die wissenschaftliche Methodik, die alles als grundsätzlich falsifizierbar betrachtet (POPPER). Gerade diese grundlegende Selbstdefinition schützt die Wissenschaft auch vor dem verhängnisvollen Missbrauch als Ersatzreligion! Viele verstehen das nicht, siehe die Auseinandersetzung zwischen dem Virologen PROF. DR. CHRISTIAN DROSTEN und der Bild – Zeitung im Zuge der Corona – Pandemie.

⁹⁰ Dieses Problem war bereits den Gelehrten der Renaissance durchaus bewusst, wie das beispielsweise das Gemälde von JEAN PERREAL (ca 1460 – 1530) über das Gespräch des Alchemisten mit der Natur zeigt. Das Bild ist beispielsweise auf http://www.artchive.com/web_gallery/reproductions//205001-205500/205005/size1.jpg zu sehen, letzter Zugriff 11.09.2017.

⁹¹ Diese kristallisierte sich vor allem nach dem Deutsch – Französischen Krieg 1870/71 (https://de.wikipedia.org/wiki/Deutsch-Franz%C3%B6sischer_Krieg , letzter Zugriff 06.02.2018). heraus, in dessen Folge sich die Naturwissenschaft radikalisierte und zunehmend in den Griff bürgerlicher, nationaler und militärischer Gruppen geriet.

⁹² „O Weißbrot / das der Seiler becket / Solchen Goldmachern zu essen geben, wann sie durch solche Mittel dich um viel Geld bringen.“ KHUNRATH, Chaos 1708, S.273. „Durch ein Hänfen – Fenster gucken lassen solche Arg Chymistische Silbermacher.“ KHUNRATH, Chaos 1708, S.275.

⁹³ „Also gehets / wann der hungerige und geitzige zusammen kommen.“ KHUNRATH, Chaos 1708, S.272.

⁹⁴ Eine wunderschöne Darstellung dieses Themas findet man in https://de.wikipedia.org/wiki/Montana_Sacra_%E2%80%93_Der_heilige_Berg , letzter Zugriff 06.02.2018.

⁹⁵ Lexicon Alchemiae Sive Dictionarium Alchemisticum, Francofurtensium 1612. Das Buch war am 24.01.2016 unter <https://books.google.at/books?id=JWJAAAAcAAJ> verfügbar.

⁹⁶ Autoren: ANTOINE FRANÇOIS DE FOURCROY, ANTOINE LAURENT DE LAVOISIER, CLAUDE-LOUIS BERTHOLLET, JEAN-HENRI HASSENFRATZ, LOUIS BERNARD GUYTON DE MORVEAU und PIERRE-AUGUSTE ADET. Das Buch war am 14.11.2017 unter <https://books.google.at/books?id=0MMPAAAAQAAJ> verfügbar.

⁹⁷ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/International_Union_of_Pure_and_Applied_Chemistry , letzter Zugriff 14.11.2017.

⁹⁸ Sich der Mühe zu unterziehen, zumindest ein Semester Philosophie zu studieren, würde so manche minderhilfreiche Aussage und wertbefreite Diskussion vermeiden helfen!

⁹⁹ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Atommasse#Historisches> , letzter Zugriff 30.08.2017.

¹⁰⁰ Nach <https://de.wikipedia.org/wiki/Substanz> , letzter Zugriff 30.08.2017.

¹⁰¹ Das Spezialthema der Isotope soll hier nicht berücksichtigt werden, da es in der Nasschemie nur selten von Bedeutung ist.

¹⁰² Auch die Entwicklung der Massenspektrometer aus den älteren Kanalstrahlrohren war eine kontinuierliche. Es macht einen gewissen Sinn, das Jahr 1897 als Geburtsjahr der Massenspektrometrie zu sehen, als JOSEPH J. THOMSON Kathodenstrahlen von verschiedenen Kathodenmetallen mit elektromagnetischen Feldern ablenkte. (Unter Verwendung von <https://de.wikipedia.org/wiki/Massenspektrometrie> , letzter Zugriff 06.09.2017.)

¹⁰³ Aus DARMSTAEDTER, Die Alchemie des GEBER, Berlin 1922, S.77f.

¹⁰⁴ Eine gute englischsprachige Zusammenfassung findet man in „GEORG LUCK: Arcana Mundi, 1985“.

¹⁰⁵ Die Alchemie des GEBER, Berlin 1922

¹⁰⁶ Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, Berlin 1919

¹⁰⁷ Die Durchsicht der Protokolle und Prüfungsbögen gegenwärtiger StudentInnen der Chemie verhilft gegebenenfalls zu etwas Demut und Respekt gegenüber den antiken und mittelalterlichen Alchemisten.

¹⁰⁸ DARMSTAEDTER, Die Alchemie des GEBER, Berlin 1922, Summa perfectionis, Kapitel 69, S.73.

¹⁰⁹ Mit Härte ist wahrscheinlich eher Duktilität gemeint, aber die Beachtung dieses Unterschiedes fällt auch ChemikerInnen der Gegenwart oft schwer.

¹¹⁰ Hiermit ist wahrscheinlich die Dichte gemeint.

¹¹¹ Dieser Satz ist aus DARMSTAEDTER, Die Alchemie des GEBER, Berlin 1922, Summa perfectionis, Kapitel 69 – 86, S.73 – 87 zusammengefasst.

¹¹² Siehe dazu auch den Eintrag im RULANDUS in der lateinischen Fassung 1612 auf S.311.

¹¹³ KHUNRATHS Interpretation des EI – I – X – eir als Ausdruck des umfassend Mächtigen bleibt alleine Teil seiner persönlichen spekulativen Alchemie. Siehe KHUNRATH, Chaos 1708, S.33.

¹¹⁴ Siehe dazu den ausführlichen Text in DARMSTAEDTER, Die Alchemie des GEBER, Berlin 1922, Anmerkungen 35, S.142ff.

¹¹⁵ Im heutigen Sprachgebrauch ist davon noch die Variante „tunken“ für eintauchen gebräuchlich.

¹¹⁶ Die Herstellung des Lapis auf dem trockenen Weg wurde bereits gezeigt. CHRISTIAN HEINRICH WUNDERLICH, RAINER WERTHMANN: Processus universalis. Ein experimenteller Zugang. Präsentiert im Rahmen der Tagung „Alchemistische Labore, Praktiken, textliche und materielle Hinterlassenschaften“, Wien, Kirchberg am Wagram, 19. – 21. 2. 2020.

¹¹⁷ Man vergleiche dazu die Bezeichnungen Pulver und Elixier. Halbwegs brauchbare Darstellungen dazu finden sich im Liber Rosarium. Lateinisch im Artis Auriferae, Volumen Secundum, Basileae 1610, S.135 unten, auf Englisch im Levity – Rosarium S.2 Mitte. Des Weiteren im PSEUDO – GEBER: DARMSTAEDTER, Die Alchemie des GEBER, Berlin 1922, Liber de inventione veritatis, Kapitel 10ff, S.102ff. KHUNRATH (Chaos 1708, S.83f) bringt dazu chemisch nichts Neues, interpretiert aber religiös. Eine detaillierte Darstellung würde den Rahmen dieser Abhandlung sprengen, man lese im Quellenwerk.

¹¹⁸ Man denke an die Probleme, beim Tollens – Versuch, einen schönen Silberspiegel zu schaffen, oder das wenig befriedigende Ergebnis, wenn man einen Eisennagel einfach in wässrige Silbernitrat – Lösung steckt. Des Weiteren bedenke man, wie lange ElektrotechnikerInnen benötigen, um trotz leicht verfügbarer, hochwertiger Lötgeräte und moderner Mehrphasen – Lote tatsächlich gute Lötstellen zu erzielen.

¹¹⁹ Siehe dazu auch <https://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%BCnzentwertung> letzter Zugriff 03.06.2020.

¹²⁰ Man sollte nicht übersehen, dass speziell infolge der Kreuzzüge der Zugang zu Gold aus dem Orient blockiert war und die wenigen mitteleuropäischen Goldminen den Bedarf nicht decken konnten. Das änderte sich erst mit der Erschließung der Goldvorkommen in der Neuen Welt, was aber wiederum zu einem Niedergang der spanischen Wirtschaft führte und den Dreißigjährigen Krieg in seinem fatalen Umfang erst ermöglichte.

¹²¹ Nach <http://de.wikipedia.org/wiki/Gulden> und <http://de.wikipedia.org/wiki/Feingehalt> , letzter Zugriff 29.05.2015.

¹²² Siehe dazu DARMSTAEDTER, Die Alchemie des GEBER, Berlin 1922 sowie THOMAS KESSLER: Fünfhundert außerlesene Chymische Prozeß und Stücklein 1645, am 16.11.2017 auf <https://books.google.at/books?id=aLM5AAAAcAAJ> verfügbar.

¹²³ PETRUS BONUS: „Praeciosa ac nobilissima artis chymiae“, Cap XXXI, Blatt 19b. Die Ausgabe 1554 war am 11.12.2015 auf <https://books.google.at/books?id=UXQXHfD3rI0C> verfügbar. Dort heißt es: „LILIUS sic ponit, opus hoc non causatur à motu superior, quia omni tempore fieri potest.“ Zu Deutsch ungefähr: „LILIUS legt fest, dass dieses Werk nicht durch die himmlische Bewegung verursacht wird, daher kann es zu jeder Zeit getan werden.“ Eine ähnliche Aussage findet man auch im Ludus Puerorum, ARNALDUS S.285 Mitte, Artis Auriferae, Volumen Secundum, Basileae 1610, S.114 unten: „HALI Philosophus et Rex in Turba dicit: Lapis noster invenitur in omni tempore, in omni loco, et apud omnem hominem, et cetera.“ Zu Deutsch ungefähr: „Der Philosoph und König HALI spricht in der Turba: Der Stein wird zu allen Zeiten gefunden, an jedem Ort und bei jedem Menschen, und so weiter.“ Dass das nicht in der Turba steht, darf man nicht so eng sehen.

Abgesehen von dieser historischen Seite wünschen sich so manche HochschullehrerInnen, diesen Satz als Motto über dem Eingang zu den Studierendenlabors anzubringen.

¹²⁴ Eine ausführliche Erklärung findet man in CLAUS PRIESNER, KARIN FIGALA (Hg): Alchemie: Lexikon einer hermetischen Wissenschaft. (Verlag C.H. Beck, München 1998), S.215ff.

¹²⁵ Auch OSTANES; * um 400 v. Chr. Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Ostanes> sowie <https://en.wikipedia.org/wiki/Ostanes> , letzter Zugriff 14.10.2017.

¹²⁶ Beispielsweise in dem Text „Unterricht der CLEOPATRA durch den Priester KOMARIOS“. Eine englische Übersetzung findet man im Buch „GEORG LUCK: Arcana Mundi“, Baltimore 1985, S.449ff.

¹²⁷ Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Stein>, letzter Zugriff 14.10.2017.

¹²⁸ „Die unser hohes Werck den lapidem Philosophorum genennet / welches sein gebräuchlichster Namen ist / haben auff das Ende unsers Wercks gesehen / daß es nach seiner Bereitung fix und beständig im Feuer bleibet. Denn die Philosophi pflegen alles das ein lapidem zu nennen / was nicht auß dem Feuer fleucht / und sich nicht auffsublimirt.“ DIONYSIUS ZACHARIAS: „Von der natürlichen Philosophia,...“, 1609, S.90.

¹²⁹ DARMSTAEDTER S.86 „Über die solare Medizin dritter Ordnung“ sowie in den Anmerkungen S.170f: „Man könnte daran denken, dass durch die Einwirkung von Metallsalzlösungen auf Goldchlorid bzw.

Silbernitrat kolloidales Gold bzw. Silber entstanden, Präparate, die in der Alchemie, wie ich glaube, von Bedeutung waren.“

¹³⁰ Der Basilisk (griechisch: basiliskos, lat. regulus = „kleiner König“; auch Sibilus) ist ein mythisches Tier und wurde zum Namensgeber einer Leguangattung in Lateinamerika (Basilisken). Er gilt als „König der Schlangen“. In mittelalterlichen Tierbüchern werden Basilisken oft als Mischwesen mit dem Oberkörper eines Hahns, auf dem Kopf eine Krone, und dem Unterleib einer Schlange dargestellt. Der Blick eines Basilisken versteinert oder tötet. Sein Atem ist tödlich giftig. Zum ersten Mal nachweislich erwähnt wird der Basilisk bei DEMOKRIT und dessen Plagiator BOLOS VON MENDES. Seitdem kann er auf eine „Karriere“ als eines der bekanntesten Fabeltiere der Geschichte zurückblicken.

(Aus: [http://de.wikipedia.org/wiki/Basilisk_\(Mythologie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Basilisk_(Mythologie)) letzter Zugriff 09.07.2014.)

¹³¹ Aus CLAUS PRIESNER, KARIN FIGALA (Hg): Alchemie: Lexikon einer hermetischen Wissenschaft. (Verlag C.H. Beck, München 1998), S.216 Mitte.

¹³² Beispielsweise im RULANDUS, Ergänzungsteil. In der englischen Übersetzung von WAITE: „*The Chemical Philosophers have sometimes given this name to their Mercury, because it dissolves everything.*“

¹³³ Liber Rosarium, Levity – Rosarium S.6 Mitte, Artis Auriferae S.145 Mitte: „*GEBER: Nota, quòd nullum argentum potest fieri nisi omnia prius solvantur. Secundò, quòd nulla solutio debet fieri, nisi in sanguine proprio vel appropriato: id est, in aqua Mercurii, quae dicitur aqua draconis.*“ Zu Deutsch ungefähr: „*GEBER: Beachte, dass kein Silber hergestellt werden kann, wenn nicht alles vorher gelöst worden ist. Zweitens, dass keine Lösung zustande gebracht werden kann, außer in seinem eigenen und angemessenen Blut: das ist im merkuralen Wasser, welches auch als Drachenwasser bezeichnet wird.*“

¹³⁴ Beispielsweise in der Turba: [14] *Sagte ARSUBERES (XENOPHANES): (...) Wenn das 'Gift' den Körper durchdringt, färbt es ihn mit unveränderlicher Farbe, und niemals läßt der 'Körper' zu, dass die 'Seele', die seine Gefährtin ist, sich von ihm trennt.*

¹³⁵ So schreibt der bekannte Philosoph, Alchemist und Arzt, Professor der Philosophie in Lausanne CLAUDE AUBÉRY (ca. 1545 – 1596) in seinem „CLAUDII ALBERII TRIUNCURIANI, De concordia medicorum, disputatio exoterica“, Genf 1585, S.80: „*Weil ja von niemandem eine theoretische Definition des Steins der Weisen überliefert werden konnte, so ist es nur logisch, dass die Ursachen des bewundernswerten Steines bisher auch von niemandem dargelegt werden konnten. Also! Die Philosophen konnten zwar eine theoretische Definition liefern, aber sie wollten nicht; ich berichtete, dass, wenn jene es gewollt hätten, die Ursachen darzulegen, sie es auch gekonnt hätten. Ich erklärte es bereits. Die theoretische Definition, die du zu Recht als Zugang und Anfang eines jeden einzelnen Begriffes bezeichnest, wird dich lehren, was du suchst, sodass es so ist. Sei nur vorsichtig.*“ (Übersetzung von Frau MAG. ALEXANDRA KROMBOLZ und Herrn PROF. STEFAN BÜTTNER).

¹³⁶ Siehe dazu https://de.wikipedia.org/wiki/Johan_Baptista_van_Helmont , letzter Zugriff 08.02.2018.

¹³⁷ Azoth ist die Äthersubstanz oder auch Königssohn, die universelle Lebenskraft, die Quelle des Steins. Gemäß der ursprünglichen Formel aleph – zet – omega Anfang und Ende der Schleife der Lebenskraft. Der Begriff stammt ursprünglich aus dem arabischen Wort al-zā'ūq mit der Bedeutung Quecksilber. In dieser Bedeutung hat ihn auch Paracelsus verwendet. In der Kosmologie der Kabbala wird Azoth mit Ain Soph, der ersten, dynamischen Emanation Gottes und damit dem Heiligen Geist assoziiert. (Nach <http://de.wikipedia.org/wiki/Azoth> , letzter Zugriff 16.08.2014).

¹³⁸ In Essigsäure der für den Merkur notwendigen Konzentration sollten Perlen, die fast ausschließlich aus CaCO₃ in verschiedenen Varietäten bestehen, gut löslich sein. Die bekannte Legende des PLINIUS über KLEOPATRAS in Speiseessig gelösten Perlen ist hingegen zweifelhaft, da Essigsäure in der nötigen Konzentration zumindest ungenießbar ist (Gärungsessig enthält ungefähr 5% Essigsäure, das sind ungefähr 0,8 N) oder aber ein langwieriger Prozess notwendig ist. (Unter Verwendung von <https://de.wikipedia.org/wiki/Perle> , letzter Zugriff 22.10.2015). Eigene Versuche ergaben, dass selbst das Lösen von Kalk in 4 N Essigsäure in 10 fachem Volumensüberschuss ein sehr langwieriger Prozess ist, der bereits bei etwa pH 5 zum Erliegen kommt. Die Menge an Calciumionen im Merkur macht den Prozess wohl nicht leichter!

¹³⁹ R. WERNER SOUKUP: Mercurius Solis. Hunting a Mysterious Alchemical Substance. Extended version of a paper presented at the international workshop „On the Fringes of Alchemy“, Budapest, 9 – 10 July 2010. Am 28.01.2016 auf http://www.rudolf-werner-soukup.at/Publikationen/Dokumente/Mercurius_Solis.pdf verfügbar. Des Weiteren RUDOLF WERNER SOUKUP: „MICHAEL SENDVOGIUS: An alchemist and Austrian-Polish double agent of the beginning 17th century“, Proceedings of the 2nd ICESHS (Cracow, Poland, September 6–9, 2006), S.2. Am 25.01.2016 auf http://www.2iceshs.cyfronet.pl/2ICESHS_Proceedings/Chapter_15/R-7_Soukup.pdf verfügbar. Siehe dazu auch https://de.wikipedia.org/wiki/Micha%C5%82_S%C4%99dziw%C3%B3j, letzter Zugriff am 13.10.2017.

¹⁴⁰ Das wird auch durch die häufige Nennung „unser Essig“ für den Merkur nahegelegt. So in der Turba [12] Sprach LUCAS (LEUKIPPOS): (...) Nehmet also 'Martak' (Bleiglätte) und weißet ihn mit 'Kadmia' und 'Essig' und 'immerwährendem Wasser'.

¹⁴¹ Interessanterweise wurde die Zusammensetzung des Merkurs vom recht ungenierten ISAAK HOLLANDIUS bereits in der Renaissance publiziert, ohne dass dies bemerkt wurde. Das ist umso erstaunlicher, als sonst um den Merkur ein Riesengeheimnis gemacht wurde: Im Opus Mineralium von JOHANNES ISAAK HOLLANDUS (Theatrum Chemicum 3, S.511) wird klar ausgedrückt: „DANTHYNUS: Aqua nostra invenitur in veteribus stabulis et latrinis ac foetidis cloacis.“ Zu Deutsch ungefähr „DANTHYNUS: Unser Wasser wird in den alten Stallungen, Latrinen und stinkenden Abwasserkanälen gefunden.“ Auch die Protonenquelle für den Prozess wird in selbiger Schrift (Theatrum Chemicum 3, S.337) klargemacht: „Scies, mi fili, pro magno secreto in arte, medicinam ad album aut rubeum, quae initio in aceto aut aqua communi dissoluta fuit, quae post suam perfectionem semper solvitur in aceto aut aqua communi aut vino.“ Zu Deutsch sehr ungefähr „Wisse mein Sohn, dass das große Geheimnis der Kunst die Medizinen auf weiß und rot sind. (Also zur Umwandlung der minderen Metalle in Silber und Gold.) Diese wurden am Anfang (des Werkes) in Essig oder gemeinem Wasser gelöst, und sind nach ihrer Vervollkommnung immer in Essig oder gemeinem Wasser oder Wein gelöst.“

¹⁴² Siehe dazu auch KHUNRATH (Chaos 1708, S.212): „Die allzustercken Scheidewasser (darzu der Salpeter vom Salz nicht wol geleutert) greiffen das Gold gewaltig an, und rauben sehr; daher dann im Scheidesilber nochmahls Gold funden wird. Alle erfahrene Silber und Gold Scheider wissen wol, daß mit den Scheide – Wassern dißfalls gute Aufsicht vonnöthen. Ich rede auch auß Erfahrungheit.“

¹⁴³ Das ist plausibel, denn in 1 l Wasser lösen sich nahezu unabhängig von der Temperatur etwa 318 g Kochsalz. (Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Natriumchlorid> , letzter Zugriff 27.11.2017.) In 1 l Wasser lösen sich bei 0 °C 1470 g und bei 40 °C 2710 g Salpeter.

(Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Calciumnitrat>, letzter Zugriff 27.11.2017.)

¹⁴⁴ Beispielsweise im „Novum lumen chemicum“, MANGET 2, S.475 links Mitte: „Aqua vitae non madefaciens manus.“

¹⁴⁵ Dass daraufhin eine Anzahl Unverständiger den Lapis im Antimon suchten, brachte ihnen außer Vergiftungen auch den Spott der Kundigen ein. Siehe beispielsweise KHUNRATH, Chaos 1708, S.74: „Antimonitum möchte es eigentlicher genannt werden, dieweil es aller Philosophen dißfalls Rath und Vermahnungen zuwider ist.“ (Die spöttische Schreibweise Antimonitum ist korrekt, wird aber nicht in allen Ausgaben eingehalten.) [Anti, gr. ΑΝΤΙ: gegen, anstelle von. Monitum, lat: Mahnung. (Aus <http://frag-caesar.de> letzter Zugriff 26.08.2015).]

¹⁴⁶ Und sauberem Arbeiten: Die Entdeckung der Nigredo war (wie so oft in der Geschichte) ein Zufall aufgrund einer Verschleppung von Quecksilber aus einem früheren Versuch.

¹⁴⁷ Grundlegende Angaben zu diesem Text findet man in https://de.wikipedia.org/wiki/Papyrus_Edwin_Smith , letzter Zugriff 15.09.2017.

¹⁴⁸ So schon bei GEBER, DARMSTAEDTER S.38. Eine ganz pathetische Lobpreisung des Lapis als Heilmittel findet man im Rosarium Liber Dictus 2, Kapitel 31. Deutsch in ARNALDUS S.117, auf Latein im Artis Auriferae, Volumen Secundum, Basileae 1610, S.296.

¹⁴⁹ Theriak (über lateinisch theriaca von griechisch thēriakón (antídoton) aus thēr(ion): Tier, wildes Tier, giftiges Tier) ist eine in der Antike als Antidot („Gegengift“) gegen tierische Gifte (insbesondere Schlangengift) entwickelte Arznei, die im Mittelalter als Universalheilmittel gegen viele Krankheiten und Gebrechen angewandt wurde. (Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Theriak> , letzter Zugriff 11.09.2017).

¹⁵⁰ Die Panazee (zu Deutsch Allheilmittel) ist ein mythisches Universal – Heilmittel (bzw. – Arznei-/Medikament) zur Behandlung aller möglichen Krankheiten. Der Name leitet sich ab von griechisch Πανάκεια Panakeia, deutsch ‚alles heilend‘, einer Tochter des ASKLEPIOS, des Gottes der Heilkunst in der griechischen Mythologie. (Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Panazee> , letzter Zugriff 11.09.2017).

¹⁵¹ Balsame sind pflanzliche Sekrete aus den Interzellulärgängen der Balsambäume und anderer Balsampflanzen. Sie wurden schon seit der Antike als Konservierungsmittel, zur Parfümierung, für sakrale Räucherungen und pharmazeutische Drogen verwendet. (Aus <https://de.wikipedia.org/wiki/Balsame> , letzter Zugriff 11.09.2017).

¹⁵² Moly bezeichnet in der antiken Mythologie eine zauberwirksame Pflanze. Sie wird im 10. Gesang der Odyssee erstmals erwähnt. ODYSSEUS erwähnt dort, dass HERMES sie ihm als Schutz gegen die Hexenkünste der KIRKE gegeben habe. Wohl der Allium nigrum (Schwarzlauch). (Aus <http://de.wikipedia.org/wiki/Moly> letzter Zugriff 11.09.2017).

¹⁵³ DARMSTAEDTER, Die Alchemie des GEBER, Berlin1922, Kapitel 38, S.32.

¹⁵⁴ Handelsname Ridaura der Firma Beragena Arzneimittel GmbH, Baden – Baden

¹⁵⁵ Consilium conjugii: Eigentlich „Consilium conjugii de massa solis et lunae“. Dieses Exzerpt – Florilegium gibt sich als eine Übersetzung aus dem Arabischen, besteht aber aus Auszügen lateinischer Schriften (entstanden im 16. Jahrhundert?). Erstdruck unter dem Titel „Studium ConsiliiConjugij de massa Solis et Lunae“ in „Ars chemica, Straßburg 1566, S.48 – 263.“ Das Consilium vereint Exzerpte

aus im 16. Jahrhundert aktuellen Werken des arabisch – spätmittelalterlichen Alchemicabestandes. (Aus: KÜHLMANN, TELLE: Der Frühparacelsismus. Walter de Gruyter, 2004. S.696. Am 27.02.2015 auf <https://books.google.at/books?id=au0iAAAQBAJ> verfügbar .) Es ist im Theatrum Chemicum 5, S.429 – 507 und in MANGET 2, S.235 – 266 enthalten.

¹⁵⁶ Produkt der Firma Sigmapharm Arzneimittel GmbH, Wien

¹⁵⁷ Produktlinie der Firmengruppe Katadyn, Kemptthal

¹⁵⁸ <https://de.wikipedia.org/wiki/Arsphenamin> , letzter Zugriff 07.10.2017.

¹⁵⁹ Frühere Produktlinie der Firma Novartis AG, Basel

¹⁶⁰ Hersteller: Caesar & Loretz GmbH, Hilden

¹⁶¹ Gelegentlich kommen auch heute noch illegale Präparate nach Europa, die als alternativmedizinisches Mittel, Wellnessprodukt oder Kosmetika etikettiert sind und dann unerwartete Nebenwirkungen haben. Siehe dazu beispielsweise https://www.meinbezirk.at/voecklabruck-c-lokales/umweltalarm-quecksilber-in-wellness-pulver_a2422165 letzter Zugriff 03.06.2020.

¹⁶² Dass korrekt zubereitete und angewandte Eisenpharmazeutika weitaus wirksamer sind als die goldbasierenden, ist dabei eine der vielen Bizarrerien der Wissenschaftsgeschichte.

¹⁶³ Produkt der Firma Mibe GmbH Arzneimittel, Brehna

¹⁶⁴ Produkt der Firma G. L. Pharma GmbH, Lannach

¹⁶⁵ Siehe dazu RUDOLF WERNER SOUKUP, HELMUT MAYER: Alchemistisches Gold, paracelsistische Pharmaka. (Verlag Böhlau Wien 1997). S.209f

¹⁶⁶ Beispielsweise die tragische Geschichte des Kirchherrn von Kirchberg am Wagram und Domherrn von Passau, Herrn CHRISTOPH VON TRENBACH, der im Frühwinter 1552 aus Schrecken über den Kontakt zu einem Pestkranken von seinem Arzt und Professor der hebräischen Sprache DR. ANDREAS PLANCK einen Antimontrank bekam und zu sich nahm und daran einige Tage später unter Qualen verstarb. Siehe dazu „Catalogus rectorum et illustrium virorum Archigymnasii Viennensis, ab anno 1237 usque ad annum 1644, p. 81.“

¹⁶⁷ Siehe dazu STAUFFER: Klinische Homöopathische Arzneimittellehre, Regensburg 1926; am 26.08.2014 im Buchhandel verfügbar, am 07.03.2015 auf https://books.google.at/books?id=WBMSz_sWO9UC verfügbar. Er beschreibt die Wirksamkeit diverser Antimon – Verreibungen (S.53ff in der Ausgabe 2002) bei Griesgrämigkeit, die von schwachem Stoffwechsel, speziell vom Darm und später von den Atmungsorganen ausgeht. Dabei bleibt er mit D3 – D6 meist im allopathischen Lager. Er warnt eindringlich vor innerer Anwendung bei niedrigen Potenzen, da diese Mittel Herzschwäche verursachen können! Grundsätzlich gehören Präparate auf Basis von Antimon oder Arsen nicht in die Hände von Amateuren!

¹⁶⁸ GlaxoSmithKline plc. (GSK), London

¹⁶⁹ Am 11.09.2017 ist dieses Produkt im Eigentum von VioQuest Pharmaceuticals, Inc, Basking Ridge, NJ und in Phase IIa der klinischen Tests. (Dieser Verweis aus blomberg.com ist mit besonderer Vorsicht zu verwenden und von begrenzter Plausibilität.)

¹⁷¹ Aus <http://www.oldcook.com/en/history-alcohol> , letzter Zugriff 11.11.2017.

¹⁷² Aus https://de.wikipedia.org/wiki/Taddeo_Alderotti , letzter Zugriff 10.11.2017.

¹⁷³ Eigentlich JEAN DE ROQUETAILLADE, etwa 1310 – 1366, Franziskaner, Alchemist und apokalyptischer Visionär in Südfrankreich.

(Aus https://de.wikipedia.org/wiki/Johannes_de_Rupescissa , letzter Zugriff 26.09.2017.)

¹⁷⁴ Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Metallografie> , letzter Zugriff 08.02.2018.

¹⁷⁵ Auch Puffergleichung genannt, ab 1906. Siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/Henderson-Hasselbalch-Gleichung> , letzter Zugriff 26.09.2017.

¹⁷⁶ Die Calcium – Ionen nehmen an der Reaktion nicht teil.

¹⁷⁷ <https://de.wikipedia.org/wiki/Silberacetat> , letzter Zugriff 07.10.2017.

¹⁷⁸ <https://de.wikipedia.org/wiki/Calciumacetat> , letzter Zugriff 07.10.2017.

¹⁷⁹ Aus HOLLEMAN – WIBERG, Lehrbuch der anorganischen Chemie, Walter de Gruyter 1985, S.603.

¹⁸⁰ [http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/001090.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/001090.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0) , letzter Zugriff 26.09.2017.

¹⁸¹ Die Vorschrift, das Gefäß verschlossen zu halten, findet sich in KHUNRATH, Chaos 1708, S.126, zitiert nach dem Opusculum des ZACHARIAS, MANGET 2, S.346 rechts unten, deutsche Fassung in der „natürlichen Philosophie“ S.96 Mitte: „Diese Verwandlung der Elementen ist nichts anders / wie LULLIUS saget / als daß man die Erde / die fix ist / flüchtig mache / und das Wasser das feuchte und flüchtig ist / trucken und fix mache / welches gar wol und recht geschehen kann / durch unser stetes kochen in unserm Gefäß / welches man nicht auß dem Feuer nemen / oder öffnen soll / darmit nicht etwan unser element aumbkommen und rauchweise in der Lufft davon fliehen.“

¹⁸² Aus https://de.wikipedia.org/wiki/Salpetrige_S%C3%A4ure und <https://de.wikipedia.org/wiki/Ostwaldverfahren> , letzter Zugriff für beide 29.11.2017.

-
- ¹⁸³ Diese Allgegenwart des rohen Steins der Weisen wurde unter anderem von MICHAEL MAYER in seiner *Atalanta Fugiens* (Oppenheim 1618), Emblem 26, S.153, anschaulich dargestellt.
- ¹⁸⁴ <https://de.wikipedia.org/wiki/Nitrosomonas> , letzter Zugriff 26.09.2017.
- ¹⁸⁵ <https://de.wikipedia.org/wiki/Harnwegsinfekt> , letzter Zugriff 26.09.2017.
- ¹⁸⁶ Siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/Nernst-Gleichung> , letzter Zugriff 04.02.2023.
- ¹⁸⁷ Phasendiagramm nach THADDEUS B. MASSALSKI: *Binary Alloy Phase Diagrams*. (American Society for Metals, 1986)
- ¹⁸⁸ Dieser Effekt wurde unter anderem bei übereutektischen Gusseisenschmelzen beobachtet. Vergleiche dazu auch: H. DANNINGER, J.M. GARMENDIA GUTIERREZ, R. RATZI, J. SEYRKAMMER: Reactive sinter brazing of ferrous PM parts using iron – carbon fillers. *Powder Metall. Progress* 10 (2010) No.3, 121 – 132. Und beim Flüssigphasensintern rinnen die Körper auch nicht auseinander.
- ¹⁸⁹ Die detaillierten Versuchsanordnungen sind im Kapitel 13 (Supplement) aufgelistet.
- ¹⁹⁰ <https://de.wikipedia.org/wiki/Essig>, letzter Zugriff 26.09.2017.
- ¹⁹¹ Die reine Technik des Destillierens war in der Antike bestens bekannt. In den Manuskripten, die letztlich auf die Zeit um 100 n. Chr. zurückgehen, findet man nicht nur Beschreibungen, sondern auch Abbildungen. Was nicht beschrieben wird, ist die Destillation von Wein. Ein eindeutiger Beweis, dass damals Essig destilliert wurde, fehlt auch. Es finden sich nur merkwürdige Formulierungen wie „Hinaufziehen eines feuchten Dampfes“ oder das „Aufsteigen des Wassers“. Dazu aus der Eintragung zum Stichwort Essigsäure im „Lexikon der Naturstoffchemie“, S.88: Das griechische Wort für sauer, scharf (oxys) und das lateinische acidus finden sich in den Namen für den Essig (oxos bzw. acetum) wieder. Bereits der antike Philosoph THEOPHRAST beschrieb anfangs des 3. vorchristlichen Jahrhunderts die Wirkung von Essig auf bestimmte Metalle. (Aus http://www.rudolf-werner-soukup.at/Publikationen/Dokumente/Lexikon_der_Naturstoffchemie_5.pdf, letzter Zugriff 07.10.2017.)
- ¹⁹² Zur Begründung siehe die entsprechenden Versuche im folgenden Kapitel.
- ¹⁹³ Aus https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/Zosimos_distillation_equipment.jpg , aus der Site https://en.wikipedia.org/wiki/Zosimos_of_Panopolis, letzter Zugriff 13.10.2017.
- ¹⁹⁴ Zur Optimierung dieses Ergebnisses wurde als letzter Schritt in einer Versuchsreihe ein praktikables Verhältnis zwischen minimaler Konzentration des Eduktes und maximaler Temperatur für das Ausfrieren des Eisessigs ermittelt. Das Ergebnis waren 90 % Essigsäure in Wasser bei +6 °C. Die Mischung wurde schnell gallertig, nach kurzem Reiben mit dem Glasstab kristallisierte der Eisessig sofort aus und ließ sich leicht physikalisch abtrennen. Höhere Konzentration des Eduktes erhöht natürlich schnell auch die minimale Prozesstemperatur, sodass diese auch in mediterranen Ländern nachts erreicht wird.
- ¹⁹⁵ *Industrielle Anwendung von Edelmetallen 1986*, herausgegeben von DIPL.-CHEM.-ING. LASZLO ORGOVAN. S.38.
- ¹⁹⁶ Mikroskopische Aufnahme von Frau DIPL.–ING. DR. TECHN. SUSANNE STROBL.
- ¹⁹⁷ Die Analysen mittels REM und EDX wurden von Frau DIPL.–ING. DR. TECHN. ELISABETH RAUCHENWALD ausgeführt.
- ¹⁹⁸ Die Mischkristallbildung ist aufgrund der Mischungsentropie thermodynamisch begünstigt.
- ¹⁹⁹ Dickenmessung von Herrn DIPL.-ING. LUKAS VOLGGER.
- ²⁰⁰ Foto von Frau DIPL.-ING. DR. TECHN. KARIN WIELAND.
- ²⁰¹ Diese Warnung sprach schon KHUNRATH aus (*Chaos* 1708, S.151): *So ist dir doch unmöglich, Schamaim mit einem Catholischen Feuerfüncklein Ruach Elohim animiret, zu überkommen; auch zu wissen und zu treffen justam proportionem, so die Natur hält und gehalten haben will, in Compositione Natürlicher Dinge: Dieweil du in derselben geheimen Rath kein Secretarius, viel weniger ein Assessor, Beysitzer und Rathgeber bist.*
- ²⁰² Das bedeutet nicht, dass diese Rezepte keinen Spielraum zur Optimierung bieten!
- ²⁰³ RUSKA, S.198f.
- ²⁰⁴ Bei RUSKA nur auf S.102, nicht in der Hauptübersetzung. In der englischen Übersetzung von WAITE ist nach der Rede 72 noch eine „conclusion“ angeschlossen, die AGMON spricht. Deren allerletzter Satz heißt tatsächlich so ähnlich: „Unless the names were multiplied, so that the vulgar might be deceived, many would deride our wisdom.“. Er steht auch gleich am Anfang des Consilium, (*Theatrum chemicum* 5, S.430): „Nisi enim nomina multiplicarentur in hac arte nostra, sapientiam nostram pueridererent.“ Ebenso im *Speculum Alchimiae*, ARNALDUS S.193 Mitte.
- ²⁰⁵ Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Vergolder> sowie <https://de.wikipedia.org/wiki/Blattgold> , letzter Zugriff für beide 09.11.2017.
- ²⁰⁶ Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Sputtern> , letzter Zugriff 09.11.2017.
- ²⁰⁷ Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Feuervergoldung> , letzter Zugriff 09.11.2017.
- ²⁰⁸ Siehe dazu beispielsweise <https://feingoldhandel.de/falschgold-daran-erkennen-sie-gefaelschtes-gold>, letzter Zugriff 12.11.2017.

²⁰⁹ Hier scheint zu beachten, dass „Nanopartikel“ eigentlich die gleiche Zustandsform von Substanzen meint wie „Kolloid“, nur dass der Begriff modern wirkt. Siehe dazu beispielsweise <https://de.wikipedia.org/wiki/Kolloid> , letzter Zugriff 09.11.2017.

²¹⁰ Man denke beispielsweise an die nach heutigem Weltbild bizarre Schrift „Responsum einer berühmten Juristen – Facultaet: da sich ein Ehemann belehren lässt: Ob ihm das seiner Frauen in Gold transmutirte silberne Gefässe nicht zukomme?“ aus dem „Deutsches Theatrum chemicum 2, 1730“, S.113.

²¹¹ So unter anderem auf den Seiten 33, 39 und 51 der Chaos – Ausgabe 1708, wo KHUNRATH diese Feuerfunken mit dem Geist der göttlichen Weisheit Ruach Elohim identifiziert.

²¹² Artis Auriferae, Volumen Secundum, Basileae 1610, S.184.

²¹³ Beispielsweise in KHUNRATH, Chaos 1708, S.4: „*Des Philosophischen Steins debita Materia, ist in der Natur.*“

²¹⁴ Siehe dazu <https://de.wikipedia.org/wiki/Teleologie> , letzter Zugriff 02.01.2018.

²¹⁵ http://www.merckmillipore.com/AT/de/product/pH-indicator-strips--pH-0--6.0.MDA_CHEM-109531 letzter Zugriff 16.10.2017.

²¹⁶ Alle Standardpotentiale sind aus https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrochemische_Spannungsreihe entnommen, letzter Zugriff 04.10.2017.

²¹⁷ Die Methode, Metalle in Form dünner aufgerollter Folien zu bearbeiten ist alt. Man nannte das „Röllgens Weise“. Vergleiche RUDOLF WERNER SOUKUP, HELMUT MAYER: Alchemistisches Gold, paracelsistische Pharmaka. (Verlag Böhlau Wien 1997) S.166.

²¹⁸ Hersteller GIUSTO MANETTI BATTILORO. https://it.wikipedia.org/wiki/Giusto_Manetti_Battiloro , letzter Zugriff 13.10.2017.