

GOETHE'S SEITENSPRUNG

Nachbau und Interpretation Goethes
naturwissenschaftlicher Experimente



„Die Chymie ist noch immer meine heimliche Geliebte“

Verfasserin: Eva Maria Schörgenhuber

Eingereicht bei Dr. Mag. Kurt Haim

Linz, 2006/2007

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Fachbereichsarbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

27. Februar 2007

Eva Maria Schörgenhuber

INHALTSVERZEICHNIS

DANKSAGUNG.....	5
EINLEITUNG.....	6
1. GESCHICHTLICHER WERDEGANG GOETHES.....	7
1.1. DER JUNGE GOETHE.....	8
1.1.1. ELTERN UND GESCHWISTER.....	8
1.1.2. DAS STUDIUM IN LEIPZIG UND STRASSBURG.....	8
1.1.3. DER EINFLUSS VON SAARBRÜCKEN UND ELSASS.....	9
1.2. GOETHE UND DIE ALCHEMIE.....	10
1.2.1. DIE PRAKTISCHE ALCHEMIE.....	11
1.2.2. DAS ENDE DER ALCHEMIE.....	11
1.3. GEOLOGISCHE TÄTIGKEITEN.....	14
1.3.1. DER ILMENAUER BERGBAU.....	14
1.3.2. HARZREISEN 1777, 1783 UND 1784.....	15
1.3.3. REISE IN DIE SCHWEIZ 1779.....	16
1.3.4. REISE NACH ITALIEN.....	17
1.4. WEIMAR UND JENA.....	20
1.4.1. CHEMISCHE BERATER GOETHES.....	20
1.4.2. CHEMISCHE BALNEOLOGIE.....	24
1.4.3. GASCHEMIE.....	26
1.5. FARBENLEHRE.....	28
1.5.1. DIE POLEMIK MIT NEWTON.....	28
1.5.2. AUFBAU DER FARBENLEHRE UND GOETHES FARBENKREIS.....	30
1.5.3. CHEMIE IN DER FARBENLEHRE.....	30
2. CHEMIE IN GOETHES LITERATUR.....	35
2.1. CAGLIOSTRO ODER DER GROSS-COPHTA.....	35
2.2. WILHELM MEISTER.....	36
2.3. WAHLVERWANDTSCHAFTEN.....	37
2.4. FAUST.....	39
3. UNTERWEGS AUF DEN SPUREN GOETHES.....	44
3.1. WEIMAR.....	44

3.2. JENA UND STÜTZERBACH.....	45
4. GOETHE'S NATURWISSENSCHAFTLICHES SCHAFFEN ANHAND	
AUSGEWÄHLTER EXPERIMENTE.....	47
4.1. EXPERIMENTE MIT PFLANZENSÄFTEN.....	47
4.1.1. DURCHFÜHRUNG.....	47
4.1.2. ERGEBNISSE.....	48
4.1.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE.....	50
4.2. MARSBAUM.....	52
4.2.1. DURCHFÜHRUNG.....	52
4.2.2. ERGEBNIS.....	52
4.2.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE.....	52
4.3. VERBRENNUNG VON EISENWOLLE AN REINEM SAUERSTOFF.....	53
4.3.1. DURCHFÜHRUNG.....	53
4.3.2. ERGEBNIS.....	53
4.3.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE.....	53
4.4. INDIANISCHES WEIßFEUER.....	54
4.4.1. DURCHFÜHRUNG.....	54
4.4.2. ERGEBNIS.....	54
4.4.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE.....	55
4.5. MINERALISCHES CHAMÄLEON.....	56
4.5.1. DURCHFÜHRUNG.....	56
4.5.2. ERGEBNIS.....	57
4.5.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE.....	57
4.6. DAS ROTWEIN EXPERIMENT.....	58
4.6.1. DURCHFÜHRUNG.....	58
4.6.2. ERGEBNIS.....	58
4.6.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE.....	59
4.7. EISENGALLUSTINTE.....	61
4.7.1. DURCHFÜHRUNG.....	61
4.7.2. ERGEBNIS.....	61
4.7.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE.....	61
5. DAS „PROBIR-CABINET“ DES JOHANN GÖTTLING.....	62
5.1. NACHBAU.....	64
5.2. VERSUCHE AUS DEM „PROBIR-CABINET“.....	66

5.2.1.	BESTIMMUNG VON CHLORID UND SULFAT IM WASSER.....	66
5.2.1.1.	<i>DURCHFÜHRUNG</i>	66
5.2.1.2.	<i>ERGEBNIS</i>	66
5.2.1.3.	<i>WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE</i>	67
5.2.2.	TESTUNG EINES RHABARBERS AUF GENUSSTAUGLICHKEIT	67
5.2.2.1.	<i>DURCHFÜHRUNG</i>	67
5.2.2.2.	<i>ERGEBNIS</i>	68
5.2.2.3.	<i>WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE</i>	68
5.2.3.	PROBLEMATIK VON „HARTEM“ WASSER BEIM WASCHVORGANG	68
5.2.3.1.	<i>DURCHFÜHRUNG</i>	69
5.2.3.2.	<i>ERGEBNIS</i>	69
5.2.3.3.	<i>WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE</i>	69
5.2.4.	HERSTELLUNG VON BERLINERBLAULAUGE	69
5.2.4.1.	<i>DURCHFÜHRUNG</i>	70
5.2.4.2.	<i>ERGEBNIS</i>	70
5.2.4.3.	<i>WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE</i>	71
5.2.5.	BESTIMMUNG VON KOHLESÄUREHÄLTIGEN VERBINDUNGEN MIT KALKWASSER	71
5.2.5.1.	<i>DURCHFÜHRUNG</i>	72
5.2.5.2.	<i>ERGEBNIS</i>	72
5.2.5.3.	<i>WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE</i>	72
5.2.6.	GILBWURZPAPIER	73
5.2.6.1.	<i>DURCHFÜHRUNG</i>	73
5.2.6.2.	<i>ERGEBNIS</i>	73
5.2.6.3.	<i>WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE</i>	74
5.2.7.	LACKMUSTINKTUR.....	74
5.2.7.1.	<i>DURCHFÜHRUNG</i>	74
5.2.7.2.	<i>ERGEBNIS</i>	75
5.2.7.3.	<i>WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE</i>	75
6.	ANHANG.....	77
6.1.	LITERATURVERZEICHNIS UND INTERNETQUELLEN	77
6.2.	ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	78
6.3.	PROTOKOLL	82

DANKSAGUNG

Da eine Fachbereichsarbeit grundsätzlich nicht ohne die Unterstützung anderer Personen zu Stande kommen kann, sei hier ein Platz geschaffen, der diesen Menschen eine Widmung sein soll.

Mein größter Dank gilt *Dr. Kurt Haim*, der mich nicht nur zum Schreiben motiviert und bei sämtlichen Experimenten unterstützt hat, sondern der mir während der gesamten Zeit stets beratend zur Seite stand.

Weiters möchte ich *Hans Finsterer* meinen Dank aussprechen, denn ohne ihn wäre ich nicht in der Lage gewesen, das „Probir-Cabinet“ so originalgetreu nachzubauen.

Abschließend möchte ich noch meiner *Familie* und meinen *Freunden* danken, die mir in all dieser Zeit unter die Arme gegriffen und mich bei meinem Vorhaben stets unterstützt haben.

EINLEITUNG

„Der Mensch muss bei dem Glauben verharren, dass das Unbegreifliche begreiflich sei; er würde sonst nicht forschen.“¹

Johann Wolfgang von Goethe

Die Faszination um die Person Johann Wolfgang von Goethe ist seit Jahrhunderten aufrecht. „Faust“ wird im Deutschunterricht meist ausreichend behandelt und auch an „Die Leiden des Jungen Werthers“ kommt man kaum vorbei. Ferner ist bekannt, dass Goethe viele Liebschaften hatte und er selbst oft als arrogant und elitär bezeichnet wurde.

Wenn man allerdings auf seine naturwissenschaftlichen Tätigkeiten zu sprechen kommt, so tritt zunächst Verwunderung auf – war Goethe nicht ausschließlich Literat?

Gerade diese schier unbekanntes Beschäftigungen Johann Wolfgang von Goethes mit der Naturwissenschaft waren für mich ein Anreiz, dieses Thema für meine Fachbereichsarbeit zu wählen und mit Hilfe von Aufzeichnungen aus jener Zeit die Chemie des 18. und 19. Jahrhunderts wieder aufleben zu lassen.

Anhand ausgewählter Experimente wurde im Zuge der vorliegenden Arbeit das Schaffen Johann Wolfgang von Goethes im Bereich der Alchemie und Chemie rekonstruiert. Fällungs- und Farbreaktionen waren beispielsweise für ChemikerInnen des 18. und 19. Jahrhunderts von enormer Bedeutung und brachten Erkenntnisse, die noch heute gültig sind. Meistens stellten sie jedoch unlösbare Rätsel dar, obwohl durchaus plausible und oft nahezu richtige Lösungsansätze für die gesehenen Phänomene geliefert wurden. Mit dem heutigen Wissenstand lassen sich solche Versuche leicht nachbauen und erklären.

Von großer Wichtigkeit waren auch die Experimentierkästen, die zur Zeit Goethes zum ersten Mal in Umlauf kamen und das Interesse zahlreicher „Hobby-Chemiker“ erregten. Ein solches „Probir-Cabinet“ wurde im Rahmen der Fachbereichsarbeit originalgetreu nachgebaut.

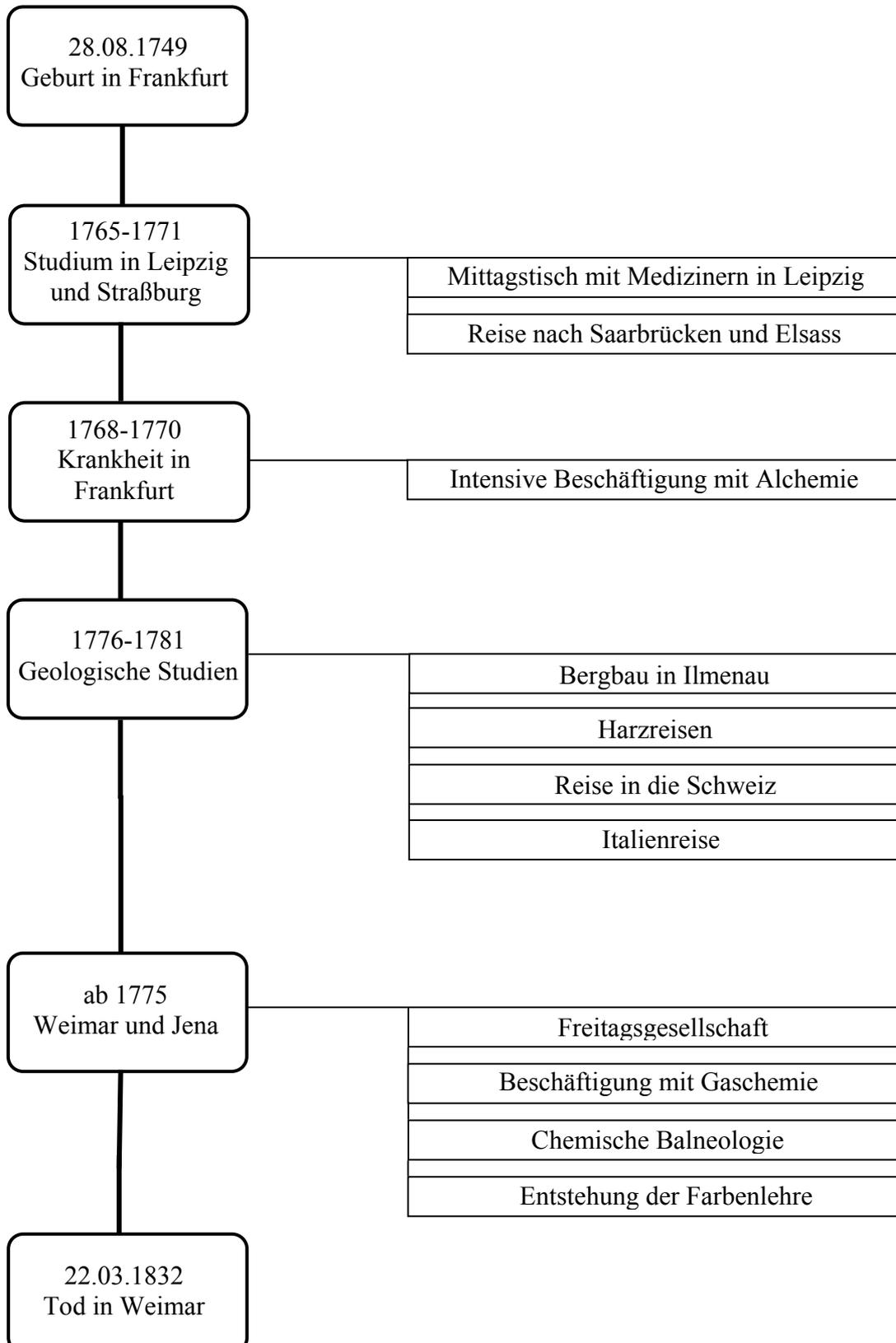
Um Goethes Situation möglichst authentisch erforschen zu können, unternahm ich im August 2006 eine Reise nach Weimar, Jena und Stützerbach, was die Arbeit maßgebend beeinflusste.

Um sich ein wenig in die Chemie der damaligen Zeit hineinversetzen zu können und vor allem, um die Anfänge des heutigen Wissens über chemische Vorgänge zu ergründen, habe ich mich auf die Zeitreise – mit spannendem Ausgang – begeben.

¹ GOETHE, Johann Wolfgang von: Schriften zur Naturwissenschaft, Reclam, Ditzingen 2003, S.43

1. GESCHICHTLICHER WERDEGANG GOETHES

Um einen Überblick über Goethes naturwissenschaftliches Schaffen zu bekommen, soll diese chronologische Darstellung, die alle wichtigen Stationen von seiner Geburt 1749 bis zu seinem Tod 1832 zeigt, helfen.



1.1. DER JUNGE GOETHE

1.1.1. ELTERN UND GESCHWISTER



Abb.8. Goethes Geburtshaus in Frankfurt am Main

Johann Wolfgang von Goethe, der nicht nur eine wichtige Persönlichkeit der deutschen Literaturgeschichte darstellt, sondern auch naturwissenschaftlich interessiert und tätig war, wurde am 28. August 1749 in Frankfurt am Main geboren. Vater Johann Casper (1710-1782), reicher Gastronom, Weinhändler und Jurist und seine Frau Caroline (1731-1808) hatten insgesamt sechs Kinder, von denen aber bis auf Johann Wolfgang und Carolina Friderike (1750-1777) alle sehr bald starben.²

Über seine Eltern schreibt der einzige Sohn:

*„Vom Vater hab’ ich die Statur,
des Lebens ernstes Führen.
Vom Mütterchen die Frohnatur
und Lust zu fabulieren.“³*

Johann Casper unterrichtete seine Kinder stets selbst oder durch Privatlehrer und förderte sie – neben den damals üblichen Fächern – vor allem in Sprachen wie Latein, Griechisch und Englisch. Naturwissenschaftlicher Unterricht blieb beiden allerdings vorenthalten, ganz zum Bedauern Johann Wolfgangs⁴: „[...] *An exotische Pflanzen wurde nicht gedacht, noch viel weniger daran, Naturgeschichte in der Schule zu lehren* [...]“⁵

1.1.2. DAS STUDIUM IN LEIPZIG UND STRASSBURG

Im Oktober 1765, also im Alter von 16 Jahren, kam Goethe in die damals 30.000 Einwohnerstadt Leipzig, die einen sehr positiven Eindruck auf ihn hinterließ. Er studierte Jura, Philosophie, Philologie und nahm Zeichenunterricht bei Adam Oeser (1717-1799), Besitzer einer großen Naturaliensammlung und Direktor der Kunstakademie Leipzig. Das erste Herantasten an die Naturwissenschaften erfolgte am Mittagstisch des damaligen Rektors der Universität Leipzig, Christian Gottlieb Ludwig (1709-1773), der ihn wohl dazu anregte, Vorlesungen über Physik zu besuchen.⁶

² Vgl. BORCHMEYER, Dieter: Schnellkurs GOETHE, DuMont Literatur und Kunst Verlag, Köln 2005, S.9-11

³ GOETHE, Johann Wolfgang von: *Zahme Xenien* VI

⁴ Vgl. KRÄTZ, Otto: *Goethe und die Naturwissenschaften*, Callwey Verlag, München ²1998, S.8

⁵ ebenda S.8

⁶ Vgl. SCHWEDT, Georg: *Goethe als Chemiker*, Springer, Berlin 1998, S.7-9

Durch eine schwere Krankheit, auf die in Kapitel 1.2. noch genauer eingegangen wird, war Goethe gezwungen, sein Studium im Juli 1768 abzubrechen und eine zweijährige Pause einzulegen. Diese Zeit verbrachte er in seinem Elternhaus in Frankfurt, wo er regen Kontakt mit Susanna von Klettenberg (1723-1774) hatte und mit ihr in die Welt der Alchemie eintauchte. Nach vollständiger Genesung reiste Goethe im April 1770 nach Straßburg, um dort sein Jurastudium, diesmal energischer als zuvor in Leipzig, weiterzuführen und schließlich zu beenden. Die Alchemie fast komplett hinter sich gelassen, brachten ihm seine dortigen Tischgenossen – hauptsächlich Mediziner – die Chemie nahe, woraus resultierend Goethe, im Rahmen seines Studiums, zahlreiche Vorlesungen bei Professor Spielmann (1722-1783) besuchte.⁷

1.1.3. DER EINFLUSS VON SAARBRÜCKEN UND ELSASS

Im Juni 1770 brach Goethe zu einer Reise in das Elsass und nach Saarbrücken auf, die vor allem von geologischen und chemischen Erlebnissen geprägt war. In der Nähe von Buchsweiler, am 326 m hohen Bastberg, stellt er etwas für ihn Wichtiges fest⁸:

„Diese Höhe, ganz aus verschiedenen Muscheln zusammengehäuft, machte mich zum ersten Male auf solche Dokumente der Vorwelt aufmerksam; ich hatte sie noch niemals in so großer Masse beisammen gesehen.“⁹

Einen weiteren Höhepunkt auf dieser Reise stellte die Alaungewinnung dar, die Goethe auf dem Weg zu Stauff, Chemiker sowie Leiter eines Kohlen- und Alaunwerkes, ausgiebig betrachten konnte. Im Juli 1770 kehrte der Dichter wieder nach Straßburg zurück, wo er sein Jurastudium 1771 beendete. Im August des gleichen Jahres ging er zurück nach Frankfurt, um sich dort als Advokat niederzulassen.¹⁰

⁷ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.9/22/23

⁸ Vgl. ebenda, S.23/24

⁹ Weimarer Ausgabe I.27, S.327

¹⁰ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.25/35

1.2. GOETHE UND DIE ALCHEMIE

Im Juli 1768 erkrankte Goethe an den Folgen eines Reit- oder Kutschenunfalls. Der daraus folgende Blutsturz zwang ihn zurück in seine Vaterstadt Frankfurt zu gehen, wo er an seinem 19. Geburtstag ankam. Während der Genesung hatte Johann Wolfgang häufig Kontakt mit Susanna von Klettenberg, mit der er Werke von Welling, Paracelsus, Basilius Valentinus, Helmont und Starkey studierte und die eine tragende Kraft in der Anfangszeit von Goethes alchemistischen Treiben war. Die Alchemie war eine mystische Wissenschaft, die als zentrale Rolle das Umwandeln von unedlen Metallen in Gold, sowie die Herstellung von Tinkturen, die ewige Jugend und ewiges Leben garantieren sollten, sah. Das Ende der Alchemie – und zugleich der Beginn der Chemie – wurde mit der Begründung der Oxidationstheorie durch den Franzosen Lavoisier Ende des 18. Jahrhunderts besiegelt.¹¹ Dr. Johann Metz (1721-1782), Chirurg und Arzt Goethes, verabreichte seinem Patienten am Höhepunkt von dessen Krankheit ein Salz, das seine Leiden schnell linderte¹²:

„[...] In diesen letzten Nöten zwang meine bedrängte Mutter mit dem größten Ungestüm den verlegnen Arzt, mit seiner Universal-Medizin hervorzurücken; nach langem Widerstande eilte er tief in der Nacht nach Hause und kam mit einem Gläschen kristallisierten trocknen Salzes zurück, welches in Wasser aufgelöst von dem Patienten verschluckt wurde und einen entschieden alkalischen Geschmack hatte. Das Salz war kaum genommen, so zeigte sich eine Erleichterung [...] nahm die Krankheit eine Wendung [...]“¹³

Heute weiß man, dass es sich hierbei um Natriumsulfat Decahydrat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), auch Glaubersalz genannt, handelte, welches um 1755 das erste Mal von Johann Glauber (etwa 1604-1670) beschrieben und hergestellt wurde.¹⁴ Überzeugt von der Wirkung des Salzes, entwickelte Goethe Interesse an der Chemiatrie, die vor allem von Paracelsus (eigentlich Theophrastus Bombastus von Hohenheim; 1493-1541) geprägt wurde. Die Chemiatrie beschäftigte sich immer mehr mit der Verwendung chemischer Stoffe unter Rücksichtnahme der Dosis zur Krankheitsbehandlung und ging um 1800 in die wissenschaftliche pharmazeutische Chemie über.¹⁵

¹¹ Vgl. STRUBE, Wilhelm: Geschichte der Chemie. Band 1. Das empirische Zeitalter der Chemie, Ernst Klett Verlag, Stuttgart 1999, S.44

¹² Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.9-11

¹³ Weimarer Ausgabe I.27, S.205

¹⁴ Vgl. <http://www.chf.de/eduthek/projektarbeit-glaubersalz.html>

¹⁵ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.15

1.2.1. DIE PRAKTISCHE ALCHEMIE

„[...] Kaum war ich einigermaßen wieder hergestellt und konnte mich, durch eine bessere Jahreszeit begünstigt, wieder in meinem alten Giebelzimmer aufhalten, so fing auch ich an, mir einen kleinen Apparat zuzulegen; ein Windöfchen mit einem Sandbade war zubereitet, ich lernte sehr geschwind mit einer brennenden Lunte die Glaskolben in Schale verwandeln, in welchen die verschiedenen Mischungen abgeraucht werden sollten. Nun wurden sonderbare Ingrediencien des Makrokosmos und Mikrokosmos auf eine geheimnisvolle wunderliche Weise behandelt, und vor allem suchte man Mittelsalze auf eine unerhörte Art hervorzubringen [...]“¹⁶

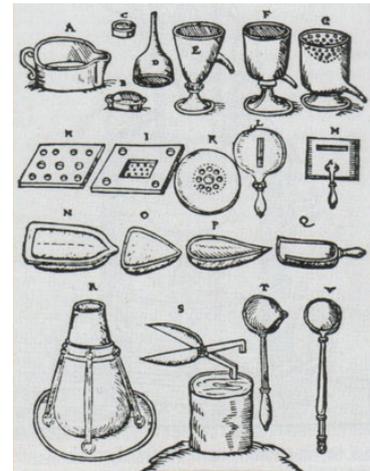


Abb.11. Alchemistische Geräte

Durch diese Aussage Goethes erfahren wir, dass er sich nach seiner Genesung vor allem der praktischen Seite der Alchemie zugewendet haben musste. Er führte unter anderem Versuche von Nicolas Lémery (1645-1715) durch („Marsbaum“)¹⁷, welche auch im praktischen Teil dieser Arbeit vorgestellt werden. In Goethes Literatur hielt die Alchemie vor allem in Faust I. und Faust II. Einzug, was im Kapitel 2.4. näher erläutert wird.

1.2.2. DAS ENDE DER ALCHEMIE

Bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts war die Alchemie eine wichtige, wenn auch sehr spekulative und mystische Wissenschaft. Eine bedeutsame Theorie dafür war die des Phlogistons, deren Geschichte bis ins 10. Jahrhundert zurückzuverfolgen ist. Damals hatten die Araber die Begriffe „Urmaterie“ sowie „Atom“ geprägt und sie in Verbindung mit den Grundeigenschaften warm, kalt, feucht und trocken gebracht. Außerdem vertrat man eine neue Vorstellung von Elementen, wobei Quecksilber, für „das Schwere“ stehend, und Schwefel, das Prinzip des Brennbareren verkörpernd, die Bedeutungsvollsten waren. Paracelsus griff diese Theorie auf und verknüpfte sie mit den Salzen, die seit der Anwendung der Mineralsäuren erheblich vermehrt zu finden waren. Der Begriff „tria prima“ verkörperte also die drei Grundstoffe, aus denen angeblich alle irdischen Dinge bestehen: Quecksilber, Schwefel und Salz. Sie waren der „vier Elemente Theorie“ (Feuer, Wasser, Erde und Luft) des Empedokles beziehungsweise Aristoteles allerdings untergeordnet, da diese mehr Allgemeingültigkeit fand und bis Ende des 18. Jahrhunderts andauerte. Die Annahme der

¹⁶ Weimarer Ausgabe I.27, S.206

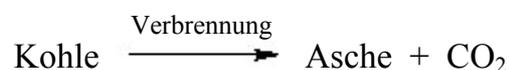
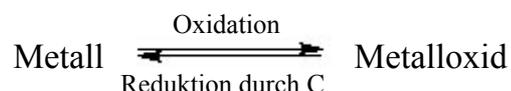
¹⁷ Vgl. KRÄTZ, Otto: Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey Verlag, München 1998, S.24

„*tria prima*“ griff Johann Becher (1635-1682) auf und entwickelte darauf basierend in seinem Buch „*Physica subterranea*“ (1669) die Theorie der „drei Erden“. „*Terra pinguis*“, eine der Erden, erscheint zunächst dem Schwefel entsprechend. Sie unterscheidet sich allerdings dadurch, dass sie in allen brennbaren und „verkalkbaren“ Körpern enthalten sei und beim Verbrennen beziehungsweise Verkalken austrete – „*terra pinguis*“ war also ein hypothetischer Stoff, den man nicht nachweisen musste.¹⁸ Daran anknüpfend begründete Georg Stahl (1660-1734) die Theorie des Phlogistons (griech. Phlox = Flamme) die besagte, dass bei jeder Verbrennung ein unsichtbarer, nicht wägbarer Stoff („Phlogiston“) entweicht. So enthalte zum Beispiel Kohle viel Phlogiston, unbrennbares Gestein dagegen keines.¹⁹ Beim „Verkalken“, heute Rosten genannt, bleibt – nachdem Phlogiston entwichen ist – dephlogistierte Materie zurück. „Metallkalke“ (heute: Metalloxide) und Phlogiston sind dieser Theorie nach die Bestandteile eines Metalls. Wenn man dieses nun erhitzt, so entweicht das Phlogiston und Metallkalk bleibt zurück. Würde man daraus wieder Metall gewinnen wollen, müsste man via Reduktion phlogistonreiche Kohle zufügen. Die Luft spielte bei allen Vorgängen insofern eine Rolle, als dass sie das Phlogiston aufnimmt.²⁰

Hier noch einmal das Prinzip der alten Vorstellung:



Die heutige Interpretation dieser Reaktion sieht wie folgt aus:



Es schien perfekt: man hatte zum ersten Mal in der Geschichte eine in sich geschlossene und beweisbare Theorie und konnte die Reaktionen experimentell durchführen.

¹⁸ Vgl. STRUBE, Wilhelm: Geschichte der Chemie. Band 1. Das empirische Zeitalter der Chemie, Ernst Klett Verlag, Stuttgart 1999, S.104-113

¹⁹ Vgl. SCHWENK, Ernst F.: Sternstunden der frühen Chemie. Von Johann Rudolph Glauber bis Justus von Liebig, C.H. Beck, München 2000, S.81

²⁰ Vgl. Römpp Chemie Lexikon, Suchbegriff „Phlogiston“, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1995

Schnell fiel allerdings auf, dass Metalle beim Rosten an Gewicht zunahmen, obwohl Phlogiston entwich. Stahl war sich dessen durchaus bewusst, beachtete es aber als unwesentliche Begleiterscheinung. Dennoch war dies ein Grund, warum die ersten Zweifel auftraten, und Naturwissenschaftler versuchten, die Phlogistontheorie zu entthronen. Einer von ihnen war John Mayow (1641-1679), der verhältnismäßig weit kam, den Sauerstoff zu entdecken, beziehungsweise den Verbrennungsprozess genau zu beschreiben. Schlussendlich scheiterte er am Einfluss der analytischen Theorie – für Mayow war ein Metall noch immer ein zusammengesetzter Stoff und die Verbrennung eine Zerlegung. Der französische



Abb.13. Antoine de Lavoisier – Begründer der Oxidationstheorie

Chemiker Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) wollte sich mit der Phlogistontheorie ebenfalls nicht zufrieden geben. Er experimentierte drei Jahre lang und konnte schließlich die noch heute gültige Oxidationstheorie begründen, mit der er das Ende der Alchemie einleitete. Lavoisier wies nach, dass kein hypothetischer Stoff für die Erklärung des Redoxprozesses benötigt wird und die Luft eine viel wichtigere Rolle spielte, als bisher angenommen. Etwa zur gleichen Zeit hatte Carl Scheele (1742-1786) ebenfalls den für das Überleben wichtigen Sauerstoff, von ihm

„Feuerluft“ genannt, entdeckt. Da er allerdings von der Phlogistontheorie so beeinflusst war, schaffte er den Sprung zur Oxidationstheorie nicht. Selbiges galt für den aus England stammenden US-Amerikaner Joseph Priestley (1733-1894). Stahl war – selbst wenn sich die Theorie des Phlogistons schlussendlich als falsch herausstellte – dennoch wichtig, denn er erkannte, dass eine Beziehung zwischen den Edukten einer chemischen Reaktion und deren Produkten besteht und war der erste, der den Reaktionsmechanismus von Oxidation und Reduktion erfasste.²¹

Die nun entstandene Chemie – von der Vorsilbe „al“ trennte man sich – war eine experimentelle Wissenschaft, von der auch Medizin und Pharmazie schnell Gebrauch machten. Goethe, der den vorherrschenden Umschwung in der Welt der Naturwissenschaften mit Interesse beobachtete, konnte sich mit diesen neuen Entwicklungen sehr schnell anfreunden.²²

²¹ Vgl. STRUBE, Wilhelm: Geschichte der Chemie. Band 1. Das empirische Zeitalter der Chemie, Ernst Klett Verlag, Stuttgart 1999, S.98/114-116

²² Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.100/101

1.3. GEOLOGISCHE TÄTIGKEITEN

Im November 1775 traf Johann Wolfgang von Goethe in Weimar ein. Er war der Einladung des Herzogs Carl August von Sachsen-Weimar-Eisenach (1757-1828) gefolgt, welchen er im Dezember 1774 in Frankfurt kennen und schätzen gelernt hatte. In Weimar begann Goethe sich nicht nur mit Biologie zu beschäftigen, auch sein Interesse an der Geologie erwachte erneut, diesmal stärker als zuvor.²³

1.3.1. DER ILMENAUER BERGBAU



Abb.14. Lage von Ilmenau im deutschen Bundesland Thüringen

Anfang Mai 1776 besuchte Goethe den Ilmenauer Silber- und Kupferbergbau, in dessen Stollen gerade ein Brand gewütet hatte. Kurz darauf wurde ein Gutachten eingeleitet, welches die Möglichkeit eines Wiederaufbaus in Betracht zog – mit positivem Ausgang. Noch im November desselben Jahres wurden Goethe, der sich seit seinem ersten Besuch stets für das Bergwerk interessierte, sämtliche Bergwerksangelegenheiten zugesprochen. Diese Aufgabe verfolgte er mit größtem Engagement, und so

vermerkte er im Alter von 74 Jahren²⁴:

„Ilmenau hat mir viel Zeit, Mühe und Geld gekostet, dafür habe ich aber auch etwas dabei gelernt und mir eine Anschauung der Natur erworben, die ich um keinen Preis vertauschen möchte.“²⁵

Leider stand das Bergwerk unter keinem guten Stern. Es wurde während der träge vorangehenden Wiederaufbauarbeiten weitreichend überflutet. Nach Behebung des Schadens konnte 1792 die erste Tonne Kupferschiefer abgebaut werden. Es stellte sich allerdings heraus, dass sich darin kaum Kupfer befand und auch die später auf 96 Arbeitskräfte erweiterte Bergwerksmannschaft brachte nur einen minimalen Anstieg der Erträge. Um dieses Problem zu lösen, erlernte Goethe das von Ignaz von Born (1742-1791) entwickelte

²³ Vgl. BORCHMEYER, Dieter: Schnellkurs GOETHE, DuMont Literatur und Kunst Verlag, Köln 2005, S.47

²⁴ Vgl. KRÄTZ, Otto: Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey Verlag, München 1998, S.44/45

²⁵ ebenda, S.44

Verfahren der Amalgamation, mit dem das Auflösen des Erzes in Quecksilber und der späteren Abtreibung des Quecksilbers über Feuer gemeint ist.²⁶

„[...] Verschiedene auf meiner letzten Reise durch Schlesien angestellte mineralogische und chemische Beobachtungen haben mich auf den Gedanken gebracht: ob man nicht den Kupferschiefer ebenso gut, ja wohl noch bequemer als andere Erze durch Pochen und Schlämmen behandeln und das darin befindliche Metall als Schlich ins Enge bringen [...] und die gewonnenen Schliche gleich zu Amalgamation bringen könnte [...]“²⁷

Da diese Technik nicht zielführend war, verharrte man beim Schmelzen des Kupfers im konventionellen Verfahren. Der Metallgehalt in den Erzen war allerdings so gering, dass beim Schmelzen das wenige, noch vorhandene Kupfer verdampfte. Später fand man zwar Stellen, an denen durchaus kupferreicherer Erz zu gewinnen gewesen wäre, aber es ereignete sich eine weitere Katastrophe: Teile der Stollen stürzten ein, andere wurden rasch überschwemmt. Bis zum Mai 1789 versuchte man den Bergbau noch in Stand zu halten, gab letzten Endes aber auf. Im April 1813 schrieb Goethe an den Präsidenten des Weimarer Staatsministeriums Christian von Voigt (1744-1819)²⁸:

„[...] Es ist freilich ein Unterschied, ob man in unbesonnener Jugend und friedlichen Tagen, seinen Kräften mehr als billig ist vertrauend, mit unzulänglichen Mitteln Großes unternimmt und sich und andre mit eitlen Hoffnungen hinhält, oder ob man in späteren Jahren, in bedrängter Zeit, nach aufgedrungener Einsicht, seinem eignen Willen und Habvollbringen zu Grabe läutet [...]“²⁹

1.3.2. HARZREISEN 1777, 1783 UND 1784

Beeinflusst durch den Ilmenauer Bergbau trat Goethe seine erste Reise in den Harz, das höchste Gebirge Norddeutschlands, im November 1777 unter dem Pseudonym Maler Weber (nach Goethes Mutter – geborene Weber) aus Darmstadt an. Grund dafür war weniger ein geologischer Aspekt, sondern eher um mit sich selbst *„ins Reine zu kommen“*, denn das Leben in Weimar war stets hektisch und von Tumulten geprägt. Berichte über diese Reise gibt es kaum, lediglich ein paar Anmerkungen in Briefen an seine gute Freundin Charlotte von Stein (1742-1827), sowie einige wenige Tagebuchaufzeichnungen zu diesem Thema. Dennoch war der Harz für Goethes spätere geologische Studien von großer Bedeutung und auch er selbst zählt die Reisen dorthin zu den wichtigsten Stationen seines Lebens.

²⁶ Vgl. KRÄTZ, Otto: Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey Verlag, München 1998, S.46-48

²⁷ Weimarer Ausgabe IV.9, S.231

²⁸ Vgl. KRÄTZ, Otto: Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey Verlag, München 1998, S.48/50

²⁹ Weimarer Ausgabe IV.23, S.311

Ein zweites Mal besuchte Goethe den Harz im Jahre 1783. Diesmal reiste er in Begleitung von Fritz von Stein (1772-1844), der 1810 preußischer Generallandschaftspräsident in Breslau wurde.³⁰

„Hier bin ich recht in meinem Elemente, und freue mich nur dass ich finde ich sey auf dem rechten Wege mit meinen Spekulationen über die alte Kruste der neuen Welt. Ich unterrichte mich so viel es die Geschwindigkeit erlaubt, sehe viel, das Urtheil giebt sich.“³¹

Diese Worte schrieb Goethe in einem Brief an Charlotte von Stein, in dem sein wachsendes Interesse an der Geologie des Harzes deutlich zum Ausdruck kommt. Eine weitere aber zugleich auch letzte Reise in den Harz unternahm Goethe im Jahre 1784, auf der er ein „geognostisches Tagebuch der Harzreise“ führte. In diesem berichtete er beispielsweise über Grauwacke, ein für den Harz typisches Sediment- beziehungsweise Trümmergestein. Weiters entdeckte Goethe auf der 2. und 3. Harzreise seine Liebe zum Granit, dem er später einen umfassenden Text in seinen naturwissenschaftlichen Aufzeichnungen widmete.³²

1.3.3. REISE IN DIE SCHWEIZ 1779

Die bereits zweite Reise in die Schweiz unternahm Goethe von November bis Dezember 1779. In Kassel machte er Bekanntschaft mit Johann Forster (1754-1794), Forschungsreisender und Reiseschriftsteller, mit dem er auch noch später in schriftlichem Kontakt über die Untersuchungen zur Farbenlehre stand. Als die Reisetruppe zwischen Basel und Biel Halt machte, schrieb Goethe einen Brief, in dem er über das „Birsch-Thal“ und dessen mögliche Entstehung vermerkte³³:

„[...] Man ahnet im Dunkeln die Entstehung und das Leben dieser seltsamen Gestalten. Es mag geschehen sein wie und wann es woll, so haben sich diese Massen, nach der Schwere und Ähnlichkeit ihrer Teile, groß und einfach zusammen gesetzt. [...] Sie scheinen innerlich von gelblicher Farbe zu sein; alleine das Wetter und die Luft verändern die Oberfläche in Graublau, dass nur hier und da in Streifen und in frischen Spalten die erste Farbe sichtbar ist. Langsam verwittert der Stein selbst und rundet sich an den Ecken ab, weichere Flecken werden weggezehrt [...]. Die Vegetation behauptet ihr Recht; auf jedem Vorsprung, Fläche und Spalt fassen Fichten Wurzeln, Moos und Kräuter säumen die Felsen. Man fühlt tief, hier ist nichts Willkürliches, hier wirkt ein alles langsam bewegendes ewiges Gesetz [...]“³⁴

³⁰ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.38/54

³¹ Weimarer Ausgabe IV.6, S.199

³² Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.54

³³ Vgl. ebenda, S.49-51/351

³⁴ Weimarer Ausgabe, I.19, S.225/226

Goethe, der nach dieser Reise begann, gezielt Mineralien zu tauschen und anzukaufen, hinterließ am Ende eine Sammlung von etwa 180.000 Objekten.³⁵

1.3.4. REISE NACH ITALIEN

Um dem Leben am Hofe Weimars einmal mehr entfliehen zu können, brach Johann Wolfgang von Goethe im September 1786 nach Italien auf. Schon Johann Casper, sein Vater, hatte das Land bereist und bei ihm stand, wie auch bei seinem Sohn, die Kultur im Vordergrund. Während Goethes Aufenthalt sollten geologische Tätigkeiten dennoch nicht zu kurz kommen. Anhand der Aufzeichnungen seines Reisetagebuches und in Verbindung mit den Briefen an Charlotte von Stein, entstand 1816/17 Goethes Werk „Italienische Reise“, das ein gutes Bild des damaligen Italiens vermittelt und detaillierte Aufzeichnungen über geologisch-chemische Beobachtungen enthält.³⁶



Abb.17. Goethes Reiseroute in Italien

AUF DEM WEG NACH ROM

Die erste wichtige Station auf dem Weg nach Rom stellt der Brenner, der niedrigste Alpenübergang zwischen Österreich und Italien, dar. Goethe notierte darüber:

„Die Kalkalpen, welche ich bisher durchschnitten, haben eine graue Farbe und schöne, sonderbare, unregelmäßige Formen [...]. An dunkelgrünen und dunkelgrauen Glimmerschiefer, stark mit Quarz durchzogen, lehnte sich ein weißer dichter Kalkstein, der an der Ablösung glimmerig war und in großer, obgleich unendlich verklüfteten Massen anstand. Über demselben fand ich wieder Glimmerschiefer, der mir aber zarter als der vorige zu sein schien. Weiter hinauf zeigt sich eine besondere Art Gneis, oder vielmehr eine Granitart, die sich dem Gneis zubildet [...].“³⁷

³⁵ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S. 53

³⁶ Vgl. ebenda S.57

³⁷ Weimarer Ausgabe, I.30, S.22/23

Auf dem Weg nach Verona kam die Reisetruppe an Trient vorbei, wo Goethe festhielt:

„Wohl eine Meile weit fährt man zwischen Mauern, über welche sich Traubengeländer sehen lassen; andere Mauern, die nicht hoch genug sind, hat man mit Steinen, Dornen und sonst zu erhöhen gesucht, um das Abrupfen der Trauben den Vorbeigehenden zu wehren. Viele Besitzer bespritzen die vordersten Reihen mit Kalk, der die Trauben ungenießbar macht, dem Wein aber nichts schadet, weil die Gärung alles wieder austreibt.“³⁸



Abb.18. Bariummineral Bariumsulfat, welches in vielen Farben und Formen vorkommt

In Bologna stieß Goethe erstmals auf das Bariummineral Baryt, welches auch als Bologneser Schwespath bekannt ist. Dies war seine erste Begegnung mit Lumineszenzen³⁹:

„Ich ritt nach Paderno, wo der sogenannte Bologneser Schwerspath gefunden wird, woraus man die kleinen Kuchen bereitet, welche calciniert im Dunkeln leuchten, wenn sie vorher dem Lichte ausgesetzt gewesen, und die man hier kurz und gut Fosfori nennt.“⁴⁰

Nach einer knapp siebenwöchigen Reise erreichte Goethe im Oktober 1786 sein Ziel: Rom.

GEOCHEMISCHES IN ITALIEN

„Der Vesuv wirft Steine und Asche aus, und bei Nacht sieht man den Gipfel glühen. Gebe uns die wirkende Natur einen Lavafluß. Nun kann ich kaum erwarten, bis auch diese großen Gegenstände mir eigen werden.“⁴¹

Die dreimalige Besteigung des Vesuvs stellte den geologisch-chemischen Höhepunkt der Italienreise dar und auch der Ausbruch des Vulkans im Juni 1787 – einige Tage nach Goethes Rückkehr von Sizilien – imponierte dem Dichter⁴². Er hatte *„sehnsuchtsvoll [...] nach dem Dampfe (geblickt), der den Berg herab langsam nach dem Meer ziehend, den Weg bezeichnete, welche die Lava stündlich nahm [...]“⁴³* und auch in der Dämmerung konnte er erneut von dem Schauspiel nicht genug bekommen: *„[...] Wir gingen im Zimmer auf und ab,*

³⁸ Weimarer Ausgabe, I.30, S.39

³⁹ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.60

⁴⁰ Weimarer Ausgabe, I.30, S.171

⁴¹ Weimarer Ausgabe, I.30, S.276

⁴² Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.62-64/72

⁴³ Weimarer Ausgabe, I.31, S.273

*und sie [Anm.: Herzogin Giuliana Giovane di Girasole], einer durch Läden verschlossenen Fensterseite sich nähernd, stieß einen Laden auf, und ich erblicke, was man in seinem Leben nur einmal sieht. Tat sie es absichtlich mich zu überraschen, so erreichte sie ihren Zweck vollkommen.*⁴⁴

Geochemisch wusste sich Goethe auch auf Sizilien zu beschäftigen, welches er von Anfang April bis Mitte Mai 1787 bereiste. Mit dem Maler und Zeichner Christoph Kniep (1755-1825) unternahm er einen Ausflug in die Umgebung Palermos, wo einst eine bedeutende Schlacht Hannibals stattgefunden hatte. Ganz zum Bedauern des Künstlers interessierte sich Goethe weniger für die Hauptattraktion der Gegend, sondern mehr für die dort zu findenden Gesteinsarten⁴⁵:

*„[...] Noch wunderlicher erschien ich diesem Begleiter, als ich auf allen seichten Stellen, deren der Fluß gar viele trocken läßt, nach Steinchen suchte und die verschiedenen Arten derselben mit mir forttrug. Ich konnte ihm abermals nicht erklären, dass man sich von einer gebirgigen Gegend nicht schneller einen Begriff machen kann, als wenn man die Gesteinsarten untersucht [...]“*⁴⁶

Auf einem Ausflug ins Innere Siziliens weckte der Vulkan Ätna das Interesse Goethes. Zu diesem Zeitpunkt waren die Spuren seines letzten Ausbruchs 1669 noch deutlich sichtbar, denn er hatte große Teile der nahe liegenden Stadt Catania zerstört. Goethe nützte die Gelegenheit und sammelte Basalt, was er bei seiner Besteigung des Vulkans Anfang Mai weiterführte. Im Juni 1788 kehrte er nach zweijähriger Abwesenheit wieder nach Weimar zurück und hatte neben geologisch-chemischen Beobachtungen auch reichlich biologische Studien in Italien durchgeführt.⁴⁷



Abb.19. Zeichnung Goethes mit Blick auf einen Seitenkrater des Ätnas

⁴⁴ Weimarer Ausgabe, I.31, S.274

⁴⁵ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.68

⁴⁶ Weimarer Ausgabe, I.31, S.94/95

⁴⁷ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.69/70/73

1.4. WEIMAR UND JENA

Sowohl Weimar, als auch die deutsche Universitätsstadt Jena waren für Goethes naturwissenschaftliches Schaffen von großer Bedeutung. In diesem Kapitel sollen vor allem seine Berater aus jener Zeit, die Begegnungen mit der Gaschemie und seine Arbeiten mit Mineralwässern vorgestellt werden.

1.4.1. CHEMISCHE BERATER GOETHES

FREITAGSGESELLSCHAFT

Die Freitagsgesellschaft, eine aus etwa zwölf Personen bestehende Gruppe, versammelte sich wöchentlich in Jena oder im Hause Goethes in Weimar. Dieser nannte unter anderen Christoph Wieland (1733-1813), Johann Herder (1744-1803) und Wilhelm Buchholz (1734-1798) als Mitglieder⁴⁸ und vermerkte über sie:

„[...] Männer vom verschiedensten Interesse, ein jeder in seinem Fach ernstlich beschäftigt, vorschreitend im Neuen, nachdenkend über das Alte; keiner der nicht in der Folge des Lebens sich bedeutend erwiesen hätte. [...] Höchst bedeutend war hierbei, dass Durchl. Herzog [Anm.: Herzog Carl August] öfters teilnahm und dabei mit besonderem Scharfsinn die Verdienste des Inhalts so wie des Vortrags beurteilend, jüngere Männer kennen lernte, die ihm sonst schwerlich von dieser Seite so nahe getreten wären.“⁴⁹

Experimentell gesehen waren die Treffen eine große Bereicherung für Goethes naturwissenschaftliches und vor allem chemisches Schaffen. Der Arzt Christoph Hufeland (1762-1836) beeindruckte die Freitagsgesellschaft mit einem seiner Vorträge so sehr, dass ihm eine Professur an der Universität Jena, die zu dieser Zeit führend in Sachen Naturwissenschaften war, angeboten wurde.⁵⁰

Goethes Äußerungen über die Freitagsgesellschaft waren stets positiv:

„Weimar und Jena haben diesen Abenden manche wichtige Anstellung und Auszeichnung zu verdanken.“⁵¹



Abb.20. Gedenkstatue des Mitglieds der Freitagsgesellschaft Christoph Wieland in Weimar

⁴⁸ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.94

⁴⁹ Weimarer Ausgabe, I.42.2, S.454-456

⁵⁰ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.95

⁵¹ Weimarer Ausgabe, I.42.2, S.454-456

WILHELM BUCHHOLZ

„Eigentliches Beginnen. In Weimar. Durch Buchholz. Charakter desselben. Eigentlich Gönner. Wohlhabend, ehrbegierig und thätig. Sucht eine Ehre darin alles Neue zu zeigen. Hat geschickte Provisoren.“⁵²

So beschrieb Goethe den vor allem als sein chemischer Berater bekannt gewordenen Hofapotheker Wilhelm Buchholz (1734-1798), der ebenfalls festes Mitglied der Freitagsgesellschaft war. Buchholz hielt in ihrem Rahmen nicht nur theoretische Vorträge, sondern beeindruckte die Teilnehmer auch durch diverse experimentelle Vorführungen. Selbst in die Welt der Botanik führte er Goethe ein⁵³, welcher später schreibt, Buchholz hätte *„mit der Wissenschaft gleichen Schritt gehalten und die interessantesten Erfahrungen teils selbst gemacht, teils zuerst mitgeteilt und ausgebreitet.“⁵⁴*

Es lässt sich durchaus sagen, dass Buchholz für Goethes anfängliches chemisches Schaffen, eine tragende Kraft spielte und ihn zu weiteren Tätigkeiten auf diesem Gebiet motivierte.

JOHANN GÖTTLING

Mit seinem Periodikum „Almanach oder Taschenbuch für Scheidekünstler und Apotheker“ (1780 erschienen) zog Johann Götting (1755-1809) die Aufmerksamkeit Goethes auf sich. Begeistert von seinen Arbeiten, setzte sich der Weimarer Interessent tatkräftig für sein zweijähriges Stipendium an der Universität Göttingen und eine spätere Anstellung als Professor für Chemie an der Universität Jena ein. Dort hielt er Vorlesungen in Chemie, Technologie und Pharmazie – im Mittelpunkt des Unterrichts stand das von Goethe eingerichtete Laboratorium.⁵⁵

„Professor Götting, der nach einer freisinnigen Bildung durch wissenschaftliche Reisen unter die allerersten zu zählen ist, die den allerdings hohen Begriff der neuern französischen Chemie in sich aufnahmen, trat mit der Entdeckung hervor, dass Phosphor auch in Stickluft [Anm.: Kohlenstoffdioxid] brenne. Die deshalb entstehenden Hin- und Widerversuche beschäftigten uns eine Zeit lang.“⁵⁶

Mit den „wissenschaftlichen Reisen“ sind die Fahrten vorwiegend nach England aber auch Ausflüge innerhalb Deutschlands gemeint. Götting analysierte zahlreiche Mineralien für Goethe und ließ ihn so Anteil an seinen chemischen Untersuchungen nehmen. Bekannt wurde

⁵² Weimarer Ausgabe, I.11, S.300

⁵³ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.95

⁵⁴ Weimarer Ausgabe, I.53, S.189

⁵⁵ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.105-109

⁵⁶ Weimarer Ausgabe, I.35, S.32

Göttling seinerzeit auch durch das „chemische Probir-Cabinet“, von dem er insgesamt vier verschiedene Modelle anfertigen ließ und in Umlauf brachte. Goethe, der selbst einen solchen Vorläufer der heutigen Experimentierkästen besaß, war stets beeindruckt von der praktischen Erfindung.⁵⁷ Näheres zu diesem Kabinett, sowie zum Nachbau eines solchen, ist im praktischen Teil dieser Arbeit zu finden (Kapitel 5.).

JOHANN DÖBEREINER

Nach Göttlings Tod 1809 blieb die Stelle des Chemieprofessors an der Universität Jena einige Zeit lang unbesetzt. Goethe, der sich geschäftig für die Besetzung der Professur engagierte, nahm viele Bewerber, unter ihnen auch den Erfurter Apotheker Johann Trommsdorf (1770-1837), in Augenschein.⁵⁸

„Die Göttlingische Stelle wird, wie wir schon sahen, und noch mehr erfahren werden, von vielen ambirt und gewiss noch von mehreren. Unser Spiel dabei ist, ruhig zu sein und die Anträge abzuwarten. [...] Trommsdorf mit seinem Verdienst, Namen, Institut, und was alles daran hängt, nach Jena zu ziehen, wäre nach meiner Ansicht ebenfalls das wünschenswerteste.“⁵⁹



Abb.22. Nachfolger Göttlings an der Universität Jena: Johann Döbereiner

Aufgrund des spärlichen Gehalts, das man dem neuen Professor bot, war es nicht möglich, prominente Chemiker wie Trommsdorf für die Stelle zu gewinnen.⁶⁰

Nachdem sich der Herzog Carl August im Mai 1810 erfolglos mit einer warnenden Nachricht an Goethe gewandt und ihn darin ausdrücklich gebeten hatte, endlich einen Nachfolger zu finden, riss ihm der Geduldsfaden und er kontaktierte den Münchner Apotheker Adolph Gehlen (1755-1815). Dieser empfahl den gelehrten Apotheker Johann Döbereiner (1780-1849), ohne sich große Erfolgchancen auszurechnen.

Döbereiner hatte nämlich keine Universität besucht, wäre allerdings ein geschickter Mann mit guten Ideen. Auf Gehlen vertrauend, stellte der Großherzog den Chemiker an der Universität Jena ein. Kurz darauf trat Goethe mit dem neuen Professor für Chemie brieflich in Kontakt,

⁵⁷ Vgl. AIGNER, Walter: Die Beiträge des Apothekers Johann Friedrich August Göttling (1755-189) zur Entwicklung der Pharmazie und Sauerstoffchemie, München 1985, S.175

⁵⁸ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.141-143

⁵⁹ Weimarer Ausgabe, IV.21, S.84/85 (Brief Nr. 5821)

⁶⁰ Vgl. KRÄTZ, Otto: Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey Verlag, München 1998, S.146

woraus über die Jahre eine feste Freundschaft entstand. Über Jahrzehnte hinweg blieb Döbereiner der wichtigste chemische Berater Goethes.⁶¹

Döbereiner war außerdem Vorreiter des Periodensystems. Er entwickelte 1819 die Triaden-Regel, die einen Bezug der Atommassen zwischen Calcium, Strontium und Barium herstellte. Mit Hilfe dieser Regel konnten Aussagen über die Eigenschaften der Elemente gemacht werden, die zu dieser Zeit noch nicht genauer bekannt beziehungsweise erforscht waren.

Die größte Erfindung Döbereiners war jedoch sein Feuerzeug.

Er erkannte die katalytische Wirkung des Platins und erreichte somit, dass sich ein Gasgemisch schon bei Raumtemperatur entzündete. Die Funktionsweise des Feuerzeugs ist einfach erklärt: In einem mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Glasgefäß befinden sich eine Glasglocke und ein Zinkkolben. Mit Hilfe eines Hebels kann ein Ventil am oberen Ende der Glasglocke geöffnet und geschlossen werden. Wird es geöffnet, so tritt der durch eine Reaktion von Zink und Schwefelsäure entstandene Wasserstoff über ein schwammförmiges Platin aus. Dieses löst eine katalytische Wirkung mit Sauerstoff aus und durch die Wärme, die bei einer exothermen Reaktion entsteht, wird das Gasgemisch entzündet.⁶²



Abb.23. Nachbau des Döbereiner Feuerzeugs

„Ew. Wohlgeboren haben mir durch die übersendete gründliche und geistreiche Darstellung Ihrer diesjährigen Tätigkeit ein großes Vergnügen gemacht, indem ich dadurch sowohl in den Stand gesetzt bin, das was Sie geleistet haben, entschiedener zu schätzen, als auch angereizt werde, an Ihrer herrlichen Wissenschaft innigeren Anteil zu nehmen.

Möge die Heiterkeit, mit der Sie selbst wirken und an dem Wirken anderer Teil nehmen, Sie immerfort begleiten. Der Frohsinn ist so wie im Leben, also auch in Kunst und Wissenschaft der beste Schutz- und Hülfspatron.“⁶³

Mit diesem Brief richtete sich Goethe im Dezember 1812 an Döbereiner, nachdem er „Döbereiners Bericht über seine wissenschaftliche Tätigkeit im vorigen Jahr“ erhalten hatte.⁶⁴

Es ist unschwer erkennbar, dass er Großes von dem Chemieprofessor an der Universität Jena hielt – als Naturwissenschaftler und als Mensch.

⁶¹ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.144-146

⁶² Vgl. SCHWENK, Ernst F.: Sternstunden der frühen Chemie. Von Johann Rudolph Glauber bis Justus von Liebig, C.H. Beck, München 2000, S.165-167

⁶³ Weimarer Ausgabe, IV.23, S.194-195 (Brief Nr. 6443)

⁶⁴ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.148

1.4.2. CHEMISCHE BALNEOLOGIE

Goethe, ein häufiger Gast in den Bädern von Karlsbad, Bad Berka, Bad Pyrmont, Wiesenbad, Marienbad, Franzenbad, Bad Lauchstädt und Teplitz, interessierte sich besonders für Mineralwässer. Während eines Kuraufenthalts im tschechischen Karlsbad vermerkte er im Juli 1809 in seinem Tagebuch über die Bestandteile des Sprudels⁶⁵:

„Flüchtige Stickgas Azote N.B. Der aufsteigende Dampf ist nur Wasserdampf.

Flüssige Wasser. Wahrscheinl. aus der Töpel [Anm.: Fluss, heute Tepl]

Fixe Kalkerde Luftgesäuerte Mineralische Alkali.

Dasselbe mit Schwefelsäure Glaubers Salz Eisen“⁶⁶

Mit dem veralteten Begriff „Stickgas“, oft auch als „Luftsäure“ betitelt, ist Kohlenstoffdioxid gemeint. „Azote“ bezeichnet Stickstoff, „luftgesäuerte Kalkerde“ Calciumcarbonat, „mineralisches Alkali“ Natriumcarbonat und „Glaubers Salz“ Natriumsulfat. Heute wird das Mineralwasser in Karlsbad als Na-HCO₃-SO₄-Cl-Typ bezeichnet – was mit Goethes Aufzeichnungen teilweise übereinstimmt –, tritt bei 73°C aus und weist einen Gehalt an Mineralstoffen von 6,4g/l auf.⁶⁷ Während seiner weiteren Aufenthalte in der Heilquelle lernte Goethe den lokalen Kenner der Mineralogie beziehungsweise Geologie und Steinschneider Joseph Müller (1727-1817) kennen, mit dem er später häufig Kontakt hatte. Ihre gemeinsamen Arbeiten waren stets fruchtbar, sie unternahmen unzählige Exkursionen und nach zehnjähriger Zusammenarbeit, kam es schließlich sogar zu einem kollektiven Projekt: Goethe beschrieb die Karlsbäder Mineralien und Gesteine, Müller setzte sie jeweils als kleine Sammlung in Kartons zusammen und beides wurde sozusagen als „Set“ vertrieben. Goethe versuchte solche Schriften auch später in anderen Orten zu verkaufen, erreichte damit allerdings nicht den Erfolg wie bei der Zusammenarbeit mit Müller.⁶⁸

Durch eine schwere Gesichtsröse und von Keuchhusten geplagt, brach Goethe im Juni 1810 zu einem Kuraufenthalt in Bad Pyrmont, dessen Mineralwasser er schon im Jahre 1799 zu trinken begonnen hatte, auf. Die übrigen Badegäste waren über den hohen Besuch weniger erfreut, denn Goethe beachtete die „Sterblichen“ um ihn herum kaum, wie eine Zeitzeugin berichtete. Ganz ignorieren konnte man den geschäftigen Dichter allerdings nicht, denn er beeindruckte die naturwissenschaftlich ungebildeten Gäste mit chemischen Experimenten⁶⁹:

⁶⁵ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.148/205

⁶⁶ Weimarer Ausgabe, III.3, S.137

⁶⁷ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.205/206

⁶⁸ Vgl. KRÄTZ, Otto: Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey Verlag, München 1998, S.124/125

⁶⁹ Vgl. ebenda, S.129-131

„Die merkwürdige Dunsthöhle in der Nähe des Ortes, wo das Stickgas [Anm.: CO₂] [...] für sich unsichtbar eine tödliche Atmosphäre bildet, veranlasste manche Versuche, die zur Unterhaltung dienten. [...] Die auf dem unsichtbaren Elemente lustig tanzenden Seifenblasen, das plötzliche Verlöschen eines flackernden Strohwisches, das augenblickliche Wiederentzündungen, und was dergleichen sonst noch war, bereitete staunendes Ergötzen solchen Personen, die das Phänomen noch gar nicht kannten [...].“⁷⁰

Zum Versuch mit den Seifenblasen: Da eine Seifenblase (mit einem Gemisch aus Stickstoff und Sauerstoff gefüllt) spezifisch schwerer ist als die umgebende Luft, würde sie zu Boden sinken. In Goethes Fall war das aus der Quelle entweichende CO₂ spezifisch leichter als die Seifenblase, die daher an der Grenzschicht zwischen Kohlenstoffdioxid und Luft schwebte. Dieser Versuch wird noch heute als Hommage an den Dichter in Bad Pyrmont demonstriert. Goethe transportierte sogar in Flaschen abgefülltes CO₂ nach Weimar, wo er die Versuche, zu denen er sich wohl beim Physiker Lichtenberg oder dessen Bruder in Gotha inspirieren ließ, wiederholte und ähnliche Begeisterung einstrich. Anhand dieser Experimente lässt sich deutlich zeigen, dass Goethe mit der Gaschemie und Gasphysik seiner Zeit sehr vertraut war. Den Kuraufenthalt in Bad Pyrmont beendete er im August 1810.⁷¹

Eine besondere Beziehung hatte Goethe zur Schwefelquelle Bad Berka. Mit Hilfe des Weimarer Fürstenhofes unterstützte er sie nicht nur finanziell, er war auch maßgeblich am Bau und den dazu nötigen Untersuchungen beteiligt. Als er die Quelle im Jahre 1812 das erste Mal besuchte, prägte sie ihn so stark, dass er kurze Zeit später ein Treffen in Jena mit Döbereiner zum Thema *„Berkaische Schwefelquelle, ingleichen Kali enthaltende Mineralien“* einberief. Mit Döbereiner führte Goethe außerdem ein Gutachten der Berka Schwefelquelle durch, welches die Männer engagiert verfolgten.⁷²

„Das Berkaische Mineralwasser nennt der alte kurze Ausdruck hepatisch. Es enthält, nach der neuern genauern und folglich auch weitläufigeren Terminologie, stickgashaltiges Schwefelwasserstoffgas und kohlen-saures Gas, und zwar ersteres in solcher Quantität, dass es dem berühmten Wasser von Eilsen nahe kommt, obgleich die chemische Untersuchung bei ungünstiger Witterung geschehen. Die fixen Bestandteile sind verschiedentlich gesäuerter Kalk, Glauber und Bittersalz.“⁷³

Mit „ungünstiger Witterung“ meinte Goethe den Regenfall, der das Schwefelwasser stark verdünnt hatte. Döbereiner, der die Analyse durchführte, konnte allerdings immer noch 30%

⁷⁰ Weimarer Ausgabe, I.35, S.100

⁷¹ Vgl. KRÄTZ, Otto: Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey Verlag, München 1998, S.130/131

⁷² Vgl. ebenda, S.147/210/211

⁷³ Weimarer Ausgabe, II.13, S.322-340

Schwefelwasserstoff nachweisen. Er schlug daher vor, die Quelle für Heilzwecke auszubauen und auch Dietrich Kieser (1779-1862), Mediziner und Naturforscher mit dem Goethe vorher Bekanntschaft gemacht hatte und der vor allem den Schwefelschlamm als Badeheilschlamm geeignet sah, stimmte völlig zu. Herzog Carl August nahm insbesondere den wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Nutzen wahr, denn er hatte den Wunsch, dass seine Staatsbürger im eigenen Land eine Heilquelle besuchen könnten und nicht kostspielige Badereisen in Kauf nehmen müssten. Außerdem erhoffte er sich wachsenden Fremdenverkehr. Bevor man den Bau allerdings endgültig beschloss, wollte man noch das Urteil Goethes abwarten. Dieser begab sich im Oktober 1812 persönlich für Untersuchungen nach Berka und nach weiteren dreiwöchigen Verhandlungen wurde die Gründung des Bades entschieden, welches schlussendlich im März 1813 eröffnet wurde. Leider hatte es nicht den gewünschten Erfolg: man legte das umliegende Land trocken, um es nutzbar zu machen. Dadurch verringerte sich die Ausschüttung der Quelle und der Mineralgehalt schwand schrittweise völlig. Letzten Endes versiegte sie komplett.⁷⁴

1.4.3. GASCHEMIE

Goethe, stets interessiert an Gaschemie und Gasphysik, beobachtete die neuen Entwicklungen auf diesem Gebiet in den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts gespannt. Ausschlaggebend für sein Interesse waren unter anderem die Versuche der französischen Papierfabrikanten Joseph Montgolfier (1740-1810) und dessen Bruder Jacques Etienne (1745-1799). Sie stellten sich die Frage, ob man nicht durch die Umhüllung von Wolken, vor allem von Gewitterwolken, mit Papier oder ähnlichem Material ein flugtaugliches Objekt machen könnte. Bei ihren Versuchen entdeckten sie das „Montgolfierische Gas“,

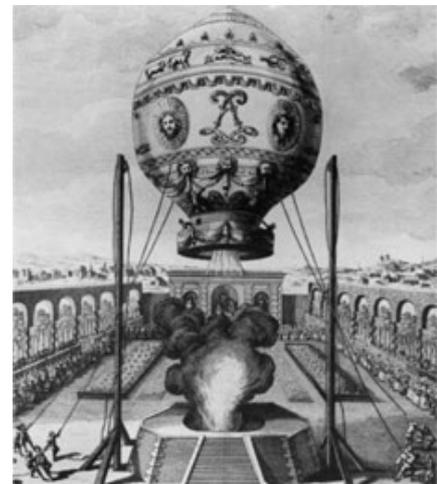


Abb.26. Erster Flug eines „Montgolfière“

das bei der Verbrennung von Stroh und Papier entstand und in der Lage war, einen Ballon nicht nur aufzublähen, sondern ihn auch in die Höhe steigen zu lassen. Dabei handelte es sich zwar nur um warme Luft, aber es funktionierte und so stieg der erste „Montgolfière“ im Juni 1783. Der Versuch machte die Gebrüder berühmt. Obwohl es einige Zeit lang gelang, die Methode zum Steigen des Ballons geheim zu halten, nahm der Pariser Physiker Jacques Charles (1746-1823) fälschlicherweise an, die Gebrüder Montgolfier hätten den Ballon mit

⁷⁴ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.214-218

Wasserstoff gefüllt. Der englische Aristokrat Henry Cavendish (1731-1810) hatte schon zuvor herausgefunden, dass das Nichtmetall leichter als Luft sei und es sich somit für Ballone eignete. Der erste „Charliere“ stieg im August 1783 in die Luft, mit Tieren als Passagiere. Auch Goethe versuchte seinen Vorbildern aus Frankreich nachzueifern und so beschäftigte er sich intensiv mit dem Phänomen Luftballone. Im November 1783 versuchte er vergeblich mit Samuel von Sömmering (1755-1830) einen kleinen Ballon mit Wasserstoff-Füllung steigen zu lassen. Damals war es üblich, Wasserstoff durch eine Reaktion von Eisenfeile und Schwefelsäure herzustellen. Nichts gegen die dabei entstandenen Säuretröpfchen unternehmend, griffen diese die Ballonhülle an und es entstanden Löcher. Erst später gelang es Ludwig Lichtenberg (1738-1813) eine Schweinsblase zum Steigen zu bringen. Bald fand er heraus, dass sich der Amnion von Kälbern sogar noch besser als Material eignen würde.⁷⁵ Während man in Frankreich schon den ersten Ballonflug unternahm, fielen die Erfolge in Weimar eher mäßig aus:

„[...] Buchholz peinigt vergebens die Lüfte, die Kugeln wollen nicht steigen. Eine hat sich einmal gleichsam aus Bosheit bis an die Decke gehoben und nun nicht wieder. – Ich habe selbst in meinem Herzen beschlossen, stille anzugehen, und hoffe auf die Montgolfiers Art eine ungeheure Kugel gewiss in die Luft zu jagen [...]“⁷⁶

Als sich allerdings die ersten Durchbrüche zeigten, war Goethe einmal mehr von dem Phänomen der Luftballone überwältigt. Er verwendete sie sogar als Metapher:

„Höhe des Geistes, nicht Hoheit. Man kann ihn einem Luftballon vergleichen, der sich durch eine eigene Luftart über alles weg schwingt und da Flächen unter sich sieht, wo wir Berge sehn [...].“⁷⁷

Währenddessen überflog der französische Luftschiffer Jean-Pierre Blanchard (1753-1809) im Januar 1785 den Ärmelkanal und fuhr später quer durch Europa um den Ballonflug gegen Bezahlung vor Publikum vorzuführen. Goethe nahm nie an einer solchen Vorstellung teil, schickte aber seinen Schützling Fritz von Stein.⁷⁸

In seinen Aufzeichnungen zu naturwissenschaftlichen Entwicklungen erwähnt Goethe mehrmals die Gaschemie. Es ist also deutlich erkennbar, dass sie einen hohen Stellenwert für ihn hatte und sein Leben maßgeblich beeinflusste:

„[...] Die Luftballone wurden entdeckt. Wie nah ich dieser Entdeckung gewesen. Einiger Verdruss es nicht selbst entdeckt zu haben. Baldige Tröstung [...]“⁷⁹

⁷⁵ Vgl. KRÄTZ, Otto: Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey Verlag, München 21998, S.74-76

⁷⁶ Weimarer Ausgabe, IV.6, S.232

⁷⁷ ebenda, S.289

⁷⁸ Vgl. KRÄTZ, Otto: Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey Verlag, München 21998, S.78

⁷⁹ Weimarer Ausgabe, II.11, S.310

1.5. FARBENLEHRE

„Das Licht- und Farbwesen verschlingt immer mehr meine Gedankenfähigkeit und ich darf mich wohl von dieser Seite ein Kind des Lichts nennen.“⁸⁰

Vierzig Jahre lang beschäftigte sich Goethe mit seiner Farbenlehre, die zwischen 1808 und 1810 erschien und der er eine große Bedeutung zusprach. Noch heute gilt sie als sein größtes Werk, stieß jedoch einst auf viel Kritik. Zwar fand sie bei Künstlern wie Philipp Runge (1777-1810) oder William Turner (1775-1851) Anklang, konnte sich allerdings nicht gegen Sir Isaac Newtons (1643-1727) Theorie des Lichts durchsetzen. Aus diversen Schriften geht hervor, dass Goethe vor allem durch seine Liebe zur Malerei und zur Kunst in die Welt der Farben eintauchte.⁸¹

1.5.1. DIE POLEMIK MIT NEWTON

Newton erbrachte die physikalischen Grundlagen die für das heutige Verständnis des Phänomens „Farbe“ gebraucht werden. Er ließ ein Bündel weißer Lichtstrahlen durch ein Glasprisma auf eine weiße Wand brechen – die Spektralfarben wurden sichtbar. Anschließend ließ er diese durch ein weiteres Glasprisma fallen, worauf wieder weißes Licht entstand.⁸² Goethe stellte die Theorie des britischen Physikers in Frage, da er den Versuch mit einem Glasprisma nachbaut hatte, allerdings das gebrochene Licht immer noch als „weiß“ empfand und lediglich an den Ecken farbliche Veränderungen feststellen konnte. Er hatte nämlich nur ein Loch in einen Vorhang geschnitten und erzeugte somit zu viel Licht, welches zwar vom Prisma in seine Spektralfarben zerlegt wurde, sich jedoch überlagerte und letztendlich wieder weiß erschien. Hätte Goethe den Versuch exakt wie Newton aufgebaut, so

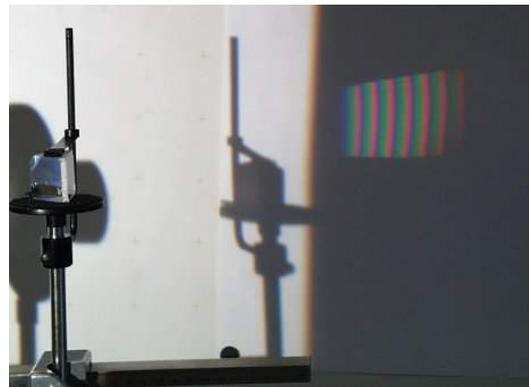


Abb.28.a. Veranschaulichung von Newtons Versuchsaufbau

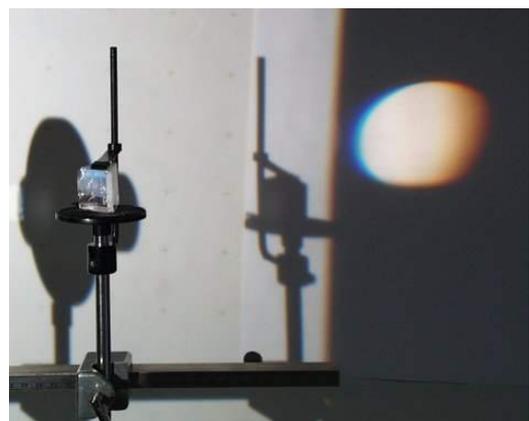


Abb.28.b. Veranschaulichung von Goethes Versuchsaufbau

⁸⁰ Weimarer Ausgabe, IV.9, S.301

⁸¹ Vgl. BORCHMEYER, Dieter: Schnellkurs GOETHE, DuMont Literatur und Kunst Verlag, Köln 2005, S.93

⁸² Vgl. <http://www.zwisler.de/scripts/boring/node4.html>

hätte er nur einen schmalen Spalt in den Vorhang geschnitten durch den Licht fällt und er hätte somit die volle Farbskala erhalten.⁸³

*"Es bedurfte keiner langen Überlegung, so erkannte ich, dass eine Grenze [Hell/Dunkel] notwendig sei, um Farben hervorzubringen, und ich sprach wie durch einen Instinkt sogleich vor mich laut aus, dass die Newtonische Lehre falsch sei."*⁸⁴

Daraufhin war Goethe überzeugt, dass Farben erst durch eine Wechselwirkung von Licht und Finsternis entstehen. Die an den Ecken entstandenen Farben – nach Goethe die Grundfarben – definierte er folgendermaßen: „Zunächst am Licht entsteht uns eine Farbe, die wir Gelb nennen, eine andere zunächst an der Finsternis, die wir mit dem Worte Blau bezeichnen.“⁸⁵

Daraus lässt sich schließen, dass nach Goethes Farbenlehre Farben im Halbschatten entstehen und eine Addition der Spektralfarben demnach nicht weißes Licht ergeben würde⁸⁶: die Polemik mit Newton nahm ihren Anfang.



Abb.29. Der britische Physiker Sir Isaac Newton

In seiner Farbenlehre äußert sich Goethe häufig gegen Newton und seine Theorie des Lichts. So schreibt er unter anderem über seine Verwunderung, „[...] wie ein so außerordentlicher Mann sich in einem solchen Grade irren, seinen Irrtum bis an sein Ende mit Neigung, Fleiß, Hartnäckigkeit, trotz aller äußeren und inneren Warnungen, bearbeiten und befestigen und so viel vorzügliche Menschen mit sich fortreißen könne.“⁸⁷

Newton wollte das Licht analysieren und seine Ursache finden; Goethe wollte die Farberscheinung beschreiben und ordnete Farben psychologische Eigenschaften zu. So verkörpere Gelb Licht, Helligkeit, Kraft, Wärme und Nähe. Blau stelle im Gegensatz dazu Schatten, Dunkelheit, Beraubung, Schwäche und Kälte dar.⁸⁸

Goethes und Newtons Farbtheorien entspringen also aus zwei unvereinbaren Weltanschauungen und müssen daher nebeneinander und in historischer Beziehung gesehen werden.

⁸³ Vgl. <http://www.fh-lueneburg.de/u1/gym03/expo/jonatur/geistesw/klassik/liebleid/farblehr/newton.htm>

⁸⁴ http://www.ehms-treff.de/carmen/farbenlehre/vortrag_farbenlehre.html

⁸⁵ PAWLIK, Johannes: Theorie der Farbe, DuMont Literatur und Kunst Verlag, Köln ⁹1990, S.21

⁸⁶ Vgl. <http://lehrerfortbildung-bw.de/kompetenzen/gestaltung/farbe/systeme/goethe/>

⁸⁷ GOETHE, Johann Wolfgang von: Schriften zur Naturwissenschaft, Reclam, Ditzingen 2003, S.197

⁸⁸ Vgl. <http://www.farbtipps.de/goethe.html>

1.5.2. AUFBAU DER FARBENLEHRE UND GOETHES FARBENKREIS

Goethe teilte seine Farbenlehre insgesamt in drei Abschnitte: ein dialektischer Teil, der seine spezielle Sicht als naturwissenschaftlich tätiger Dichter zur Grundlage hat, ein polemischer Teil, in dem er sich zu Newtons Theorie kritisch äußert, und ein historischer Teil.

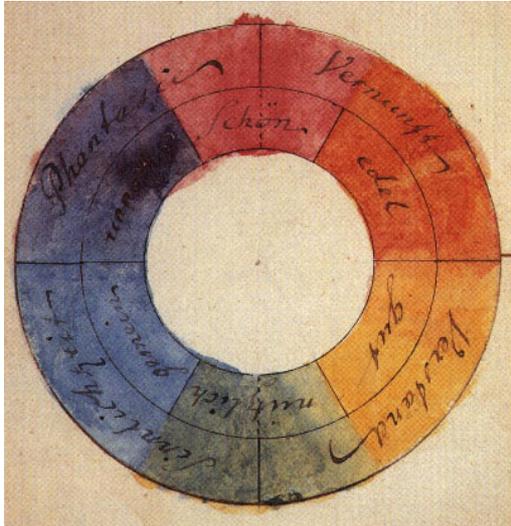


Abb.30. Goethes Farbkreis zur Symbolisierung des menschlichen Geistes- und Seelenlebens, 1809

Vereinigung, sondern durch Fixierung einer Körperlichkeit“ entsteht und nimmt sie daher schlussendlich als dritte Grundfarbe an.⁸⁹

Goethes Farbkreis ist heute eines der bekanntesten Bilder des Dichters und ist einfach erklärt. Wie bereits erwähnt, sah Goethe aufgrund seines Versuchs mit einem Glasprisma die Farben Blau und Gelb als Grundfarben. Wenn man beide vermischt, so kommt Grün zum Vorschein. Wenn man sie allerdings „verdichtet“ beziehungsweise „verdunkelt“, so entstehen Gelbrot (links im Kreis) und Rotblau (rechts im Kreis). Purpur erhält man, wenn man Gelbrot und Rotblau bis zum allerhöchsten „steigert“ – die Grundfarben sind darin nicht mehr sichtbar. Goethe vermerkte, dass die Farbe Purpur „nicht durch Mischung oder

1.5.3. CHEMIE IN DER FARBENLEHRE

Aus chemischer Sicht sind vor allem der historische Teil, sowie der dritte Abschnitt des dialektischen Teils interessant. Im ersten Teil werden hauptsächlich Naturwissenschaftler genannt, die Goethe beim Entstehen der Farbenlehre inspirierten.

Einer von ihnen war Paracelsus, über den der Dichter vermerkt:

„Den Ursprung der Farben schreibt Paracelsus dem Schwefel zu, wahrscheinlich daher, weil ihm die Wirkung der Säuren auf Farbe und Farbenerscheinungen am bedeutendsten auffiel, und im gemeinen Schwefel sich die Säure im hohen Grade manifestiert. Hat so dann jedes Element seinen Anteil an dem höher verstandenen mystischen Schwefel, so lässt sich auch wohl ableiten, wie in den verschiedensten Fällen Farben entstehen können.“⁹⁰

⁸⁹ Vgl. PAWLIK, Johannes: Theorie der Farbe, DuMont Literatur und Kunst Verlag, Köln 1990, S.21

⁹⁰ Weimarer Ausgabe, II.3, S.205-206

Weiters äußert er sich gegenüber dem Wirken der Alchemisten, denen er einen „*Missbrauch des Echten und Wahren, eine falsche Anwendung echter Gefühle*“ und „*ein lügenhaftes Zusagen*“ vorwirft. Der folgende Absatz zeigt erneut, für wie wichtig Goethe seine Anschauung der Farben hielt⁹¹:

„Alles ist in der Natur auf's innigste verknüpft und verbunden, und selbst was in der Natur getrennt ist, mag der Mensch gern zusammenbringen und zusammenhalten. [...] Mit der Farbenlehre war dieses besonders der Fall. Die Farbe ist eine Zugabe zu allen Erscheinungen, und obgleich immer eine wesentliche, doch oft scheinbar eine zufällige. Deshalb konnte es kaum jemand begehren, sie an und für sich zu betrachten, und besonders zu behandeln. Auch geschieht dieses von uns beinahe zum erstenmal, indem alle früheren Bearbeitungen nur gelegentlich geschahen und von der Seite des Brauchbaren oder Widerwärtigen, des einzelnen oder eminenten Vorkommens, oder sonst, eingeleitet worden.“⁹²

Eine weitere wichtige Persönlichkeit war der Physiker und Chemiker Robert Boyle (1627-1691). Boyle erfand den Vorreiter des pH-Indikatorpapiers, denn er experimentierte mit Lackmuspapier, welches durch das Beträufeln von Säuren beziehungsweise Basen eine farbliche Veränderung aufweist und daher als Indikator fungieren kann. Goethe verwendete Boyles Werk „*Experiments and Observations upon Colours*“ (1663 erschienen) in der lateinischen Ausgabe.⁹³

„So unverkennbar auch aus dem Vortrage Boyle's die Vorliebe, gewisse Farbenphänomene mechanisch zu erklären, erhellt, so bescheiden drückt er sich doch gegen andere Theorien und Hypothesen aus, so sehr empfindet er, dass noch andre Arten von Erklärungen, Ableitungen möglich und zulässig wären; er bekennt, dass noch lange nicht genug vorgearbeitet sei und lässt uns zuletzt in einem schwankenden zweifelhaften Zustande. Wenn er nun von einer Seite durch die vielfachen Erfahrungen die er gesammelt, sich bei den Naturforschern Ansehen und Dank erwarb, so dass dasjenige was er mitgeteilt und überliefert, lange Zeit in der Naturlehre Wert und Gültigkeit behielt, in allen Lehrbüchern wiederholt und fortgepflanzt wurde.“⁹⁴

Wirft man nun einen Blick auf den II. historischen Teil und jene Chemiker, die darin vorkommen, so findet man gleich zu Beginn eine Darstellung zur Geschichte der „*Royal Society of London*“ und zur naturwissenschaftlichen Situation in England. Weiters finden wir

⁹¹ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.242

⁹² Weimarer Ausgabe, II.3, S.215

⁹³ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.245/246

⁹⁴ Weimarer Ausgabe, II.3, S.324/325

ein Kapitel mit der Überschrift „Chemiker“ und folgenden Text, in dem Goethe anfänglich auf Boyles Versuche mit Lackmuspapier eingeht⁹⁵:

*„Das Verhalten der Lackmustinktur gegen Säuren und Alkalien, so bekannt es war, blieb doch immer wegen seiner Eminenz und seiner Brauchbarkeit den Chemikern merkwürdig, ja das Phänomen werde gewissermaßen für einzig gehalten. Die frühern Bemerkungen des Paracelsus und seiner Schule, dass die Farben aus dem Schwefel und dessen Verbindungen mit den Salzen sich herschreiben möchten, waren auch noch in firschem Andenken geblieben.“*⁹⁶

Weiters geht Goethe auf Versuche ein, die für die Welt der Farben von großer Bedeutung waren. Einige davon, wie zum Beispiel das „Rotwein Experiment“, werden im praktischen Teil dieser Arbeit ebenfalls vorgestellt (siehe Kapitel 4.6.). Es fällt außerdem auf, dass Goethe Chemiker wie den Franzosen Etienne Geoffroy (1672-1731) nennt, den er wohl durch das Buch „Geschichte der Chemie“ von Leopold Gmelin kannte. Allerdings konnte seine detaillierte Meinung über die Pflanzenversuche (siehe Kapitel 4.1.) Geoffroys nur aus einem Studium praktischer Arbeiten stammen – es ist faszinierend zu beobachten, wie sehr sich Goethe mit der wissenschaftlichen Literatur seiner Zeit beschäftigte.⁹⁷

*„In dem animalischen Reiche hatte Réaumur den Saft einiger europäischen Purpurschnecken und dessen Färbungseigenschaften untersucht. Man fand, dass Licht und Luft die Farbe gar herrlich erhöhten. Andere waren auf die Farbe des Blutes aufmerksam geworden, und beobachteten, dass das arterielle Blut ein höheres, das venöse ein tieferes Rot zeige. Man schrieb die Wirkung der Luft auf die Lungen jene Farbe zu; weil man es aber materiell und mechanisch nahm, so kam man nicht weiter und erregte Widerspruch.“*⁹⁸

Diese interessante Bemerkung machte Goethe auch über die Farbe des Blutes, was aber erst im 20. Jahrhundert physikalisch-chemisch erklärbar wurde: die Natur der Hämfarbstoffe, das Hämoglobin und dessen Bindungsvermögen von Sauerstoff, sowie Myoglobin, der Muskelfarbstoff und die Oxidationsstufen des Eisens (hellrote Farbe – Eisen(II) im Myoglobin; braune Farbe – Eisen(III) im Myoglobin). Weiters erwähnt Goethe noch Nicolaus Lémery (1645-1715), einen Apotheker aus Paris und Begründer der Phytochemie. Dieser veröffentlichte 1675 sein Werk „Corus de chymie“ (auf Deutsch: „Vollständiges Materialien-Lexicon“), das einen guten Überblick über den wissenschaftlichen Stand der Chemie zu jener Zeit gab. Sein Sohn, Louis Lémery (1677-1743), war auch ein begeisterter Naturwissen-

⁹⁵ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.247

⁹⁶ Weimarer Ausgabe, II.4, S.143-145

⁹⁷ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.253

⁹⁸ Weimarer Ausgabe, II.4, S.143-145

schaftler und später Mitglied der Akademie der Wissenschaft sowie der „Fakultät der Ärzte zu Paris“. Von ihm werden diverse Versuche mit Quecksilber in der Farbenlehre beschrieben. Mit Charles du Fay (1698-1739) schließt sich die Reihe der Chemiker. Er war Intendant des botanischen Gartens in Paris und konnte sich ebenfalls für Chemie und Physik begeistern. Im Auftrag eines Ministers soll er Färbungen an Textilien durchgeführt haben⁹⁹:

“[...] Dufay bearbeitete die Färberei [...] Wer von der Färberei in die Farbenlehre kommt, muss es höchst drollig finden, wenn er von sieben, ja noch mehr Urfarben reden hört. Er wird bei der geringsten Aufmerksamkeit gewahr, dass sich in der mineralischen, vegetabilischen und animalischen Natur drei Farben isolieren und spezifizieren Er kann sich Gelb, Blau und Rot ganz rein verschaffen; er kann sie den Geweben mitteilen und durch verschiedene, wirkende und gegenwirkende Behandlungen, so wie durch Mischung die übrigen Farben hervorbringen, die ihm also abgeleitet erscheinen. Unmöglich wäre es ihm, das Grün zu einer Urfarbe zu machen. Weiß hervorzubringen, ist ihm durch Färbung nicht möglich; hingegen durch Entfärbung leicht genug darstellt, gibt es ihm den Begriff von völliger Farblosigkeit, und wird ihm die wünschenswerteste Unterlage alles zu Färbenden. Alle Farben zusammengemischt geben ihm Schwarz.“¹⁰⁰

Ein weiterer interessanter Aspekt in der Farbenlehre ist, dass Goethe zwischen folgenden Farben unterschied:¹⁰¹

- Physiologische Farben: Hierbei geht es um die Reaktionen mit unserer Netzhaut, wie zum Beispiel bei farbigen Nachbildern oder optischen Täuschungen.
- Physische Farben: Beschreiben den Gegensatz von Licht und Dunkelheit.
- Chemische Farben: *„So nennen wir diejenigen, welche wir an gewissen Körpern erregen, mehr oder weniger fixiren, an ihnen steigern, von ihnen wieder wegnehmen und andern Körpern mittheilen können, denen wir denn auch deßhalb eine gewisse immanente Eigenschaft zuschreiben. Die Dauer ist meist ihr Kennzeichen.“¹⁰²*

Hiermit sind unter anderem Farbveränderungen durch Säuren und Basen, die Herstellung von Pigmenten und die Farben an glühenden Metallen gemeint.

Ein Kapitel mit dem Titel „Fixation“ lässt sich ebenfalls finden. Es beschreibt das Färben und die Bleichkunst, welche von Goethe folgendermaßen definiert sind:

⁹⁹ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.254-257

¹⁰⁰ Weimarer Ausgabe, II.4 S.147

¹⁰¹ Vgl. <http://www.fengshuinord.de/referatfarbenlehre.html>

¹⁰² Vgl. <http://www.wissen-im-netz.info/literatur/goethe/farbenlehre/1-iii/iii.htm>

„§546. Es gibt Körper, welche fähig sind ganz in Farbstoff verwandelt zu werden, und hier kann man sagen, die Farbe fixiere sich in sich selbst, beharre auf einer gewissen Stufe und spezifiziere sich. [...]

§595. In dieser völligen Entziehung der Farbe liegt eigentlich die Beschäftigung der Bleichkunst, welche von mehreren empirischer oder methodischer abgehandelt wird.“¹⁰³

Obwohl die Farbenlehre eigentlich auf physikalischen Prinzipien beruht, kann man durchaus sagen, dass die Chemie einen großen Teil davon in Anspruch nimmt und demnach auch sehr wichtig für dieses Werk Goethes war.

¹⁰³ SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.282

2. CHEMIE IN GOETHES LITERATUR

Da die Chemie in Goethes Leben eine tragende Rolle spielte, waren Einflüsse auf sein literarisches Schaffen unvermeidbar. Auch wenn verhältnismäßig wenige Werke naturwissenschaftlich geprägt sind, so finden sich doch in einigen deutliche Spuren der Alchemie und Chemie. Diese sollen im folgenden Kapitel vorgestellt werden.

2.1. CAGLIOSTRO ODER DER GROSS-COPHTA

Als ihn seine Italienreise im April 1787 nach Palermo führte, stellte Goethe nicht nur botanische Studien über die Idee der „Urpflanze“ an, sondern beschäftigte sich intensiv mit der Familie Cagliostro. Auch Friedrich Schiller (1759-1805), guter Freund Goethes, und der französische Schriftsteller Alexandre Dumas (1802-1870) hatten sich mit dem Stammbaum der Familie beschäftigt und sie in ihre literarische Werke „Der Geisterseher“ (1787) beziehungsweise „Joseph Balsamo – Der Ratschluss des Magiers“ (1849) einfließen lassen. Goethe erfuhr über den späteren Protagonisten seines Werkes „Der Groß-Cophta“, Giuseppe Balsamo (oft verwendeter Nachname neben Cagliostro), durch die „Halsbandaffäre“, die im Jahre 1785/86 das Ansehen des französischen Hofes erschütterte. Ihr zu Grunde liegt eine Geschichte – in welche Balsamo fälschlicherweise verwickelt wurde – voller Täuschungen um ein wertvolles Diamantenhalsband.¹⁰⁴ Weitere Informationen findet Goethe in Balsamos Memoiren:

„[...] dass er bald viel Geist und Geschick für die Medicin gezeigt, doch aber wegen seiner übeln Aufführung fortgeschickt worden, dass er in Palermo nachher den Zauberer und Schatzgräber gemacht. [...]“¹⁰⁵

Für Goethe war Giuseppe Balsamo, der als größter Hochstapler des 18. Jahrhunderts in die Geschichte einging, aber vor allem Alchemist. Als solcher ist er in „Der Groß-Cophta“, aber auch in Schillers Werk portraitiert und in vielen anderen Erzählungen wird über alchemistische Tätigkeiten ausführlich berichtet. Forscht man allerdings in Goethes Aufzeichnungen über Balsamo nach, so wird man zuerst über ein Gedicht mit dem Titel „Koptisches Lied“ stolpern, in dem er Aspekte von Balsamos abenteuerlichen Leben aufgreift, ja ihn sogar mit Merlin dem Zauberer aus der Artusliteratur vergleicht. Eine weitere Aufzeichnung gibt Auskunft darüber, was Goethe so faszinierend an dieser Persönlichkeit fand¹⁰⁶:

„[...] Schon im Jahre 1785 hatte die Halsbandgeschichte einen unaussprechlichen Eindruck auf mich gemacht. [...] Ich verfolgte den Proceß mit großer Aufmerksamkeit, bemühte mich in

¹⁰⁴ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.303-308

¹⁰⁵ Weimarer Ausgabe, I.31, S.128/129

¹⁰⁶ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.308-310

Sicilien um Nachrichten von Cagliostro und seiner Familie, und verwandelte zuletzt, nach gewohnter Weise, um alle Betrachtungen los zu werden, das ganze Ereignis unter dem Titel: der Groß-Cophtha, in eine Oper, wozu der Gegenstand vielleicht besser als zu einem Schauspiele getaugt hätte [...]“¹⁰⁷

Weiters schreibt er in einem Brief:

„[...] Was die geheimen Künste des Cagliostro betrifft, bin ich sehr mistrauisch gegen alle Geschichten, besonders von M. her. ich habe Spuren, um nicht zu sagen Nachrichten, von einer großen Masse Lügen, die im Finstern schleicht, von der du noch keine Ahnung zu haben scheinst.[...]“¹⁰⁸

Betrachtet man nun das Stück „Der Groß-Cophtha“, so fallen einem folgende Stellen besonders auf:

„Hat nicht der Graf [Anm.: Cagliostro], unser großer Lehrer und Meister, versprochen uns alle und Sie [Anm.: der in dieser Szene anwesende Domherr] besonders weiter vorwärts in die Geheimnisse zu führen? Hat er nicht den Durst nach geheimer Wissenschaft, der uns alle quält, zu stillen, jeden nach seinem Maße zu befriedigen versprochen? Und können wir zweifeln, dass er sein Wort halten werde?“¹⁰⁹

Allgemein kann also gesagt werden, dass Goethe unzählige Nachforschungen über Giuseppe Balsamo angestellt haben musste und vor allem von seinem alchemistischen Wirken, beziehungsweise seinen betrügerischen Taten, beeindruckt war. Auch wenn im Werk „Der Groß-Cophtha“ keine alchemistischen Ausdrücke zu finden sind, verraten die unzähligen Aufzeichnungen dennoch, dass Goethe viel von der schillernden Gestalt hielt.

2.2. WILHELM MEISTER

Der Bildungsroman „Wilhelm Meister“, der 1795 - 1796 beziehungsweise 1821 erschien, liegt in zwei Teilen vor: „Wilhelm Meisters Lehrjahre“ und „Wilhelm Meisters Wanderjahre oder die Entsagenden“. Im zweiten Buch von „Wilhelm Meisters Wanderjahre oder die Entsagenden“ findet sich das Kapitel „Der Mann von funfzig Jahren“, in dem von einem „Toilettenkästchen“ die Sprache ist. Der Major, der gerade 50 Jahre alt geworden ist und die Titelfigur der Novelle darstellt, will sich mit Hilfe der sich in diesem Kästchen befindlichen Artikel einer

¹⁰⁷ Weimarer Ausgabe, I.35, S.10/11

¹⁰⁸ Weimarer Ausgabe, IV.5, S.150/151

¹⁰⁹ Weimarer Ausgabe, I.17, S.120

Verjüngungskur unterziehen. Die Toilettenartikel¹¹⁰ haben hierbei eine alchemistischen Bedeutung.¹¹¹

„Wenn es auch keine Zauberei ist, lächelte der Major, wodurch ihr andren euch jung erhaltet, so ist es doch ein Geheimnis, oder wenigstens sind es Arcana, dergleichen oft in den Zeitungen gepriesen werden, von denen ihr aber die besten herauszuprobieren wisst.“¹¹²

Mit „Arcana“ meint der Major die Mittel zur Verschönerung des Äußeren; in der Alchemie bedeutet der Begriff „Heilmittel für Kranke“, d.h. unvollkommene Metalle. Der Arzt und Naturforscher Paracelsus adaptierte diesen Terminus und verwendete ihn später für Arzneipräparate mit besonders starker Wirkung.¹¹³

„[...] Teile mir etwas von deinen Tincturen, Pomaden und Balsamen mit, und ich will einen Versuch machen.“¹¹⁴

Als „Tincturen“ (lat. tingere = färben), beziehungsweise Tinkturen, bezeichnete man ursprünglich Färbemittel. In der Alchemie wurde zum Beispiel der „Stein der Weisen“, eine Substanz oder ein Stein zum Umwandeln von unedlen Metallen in Gold, beziehungsweise ein Heilmittel oder Lebenselixier¹¹⁵, als „Große Tinctur“ betitelt. In der wichtigsten Enzyklopädie des 18. Jahrhunderts, dem „Zedler Universallexikon“, werden „Pomaden“ (im Lexikon unter der Bezeichnung „Balsamum Cosmeticum“ zu finden) als aus pflanzlichen Wirkstoffen und tierischen Fetten gewonnene Salben bezeichnet, die die Haut mild machen, sowie Risse und Schwielen verschwinden lassen sollten. „Balsame“ werden im Universallexikon als Heilmittel zur Linderung von inneren sowie äußeren Verletzungen und Beschwerden verwendet.¹¹⁶

2.3. WAHLVERWANDTSCHAFTEN

Die „Wahlverwandtschaften“, ein typisches Beispiel für die literarische Schaffensperiode Weimarer Klassik, wurden 1809 das erste Mal veröffentlicht und war eigentlich als Novelleneinlage für „Wilhelm Meisters Wanderjahre“ gedacht. Das Werk verbindet eine gesellschaftliche Problematik mit naturwissenschaftlichen Errungenschaften des frühen 19. Jahrhunderts: Schon der Titel „Wahlverwandtschaften“ entstammt der Chemie des 18.

¹¹⁰ Der Begriff „Toilette“ umfasste früher alle Artikel zum Ankleiden und Frisieren, sowie Salben, Schminke, Mundwasser, Zahnpulver, etc.

¹¹¹ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.313-316

¹¹² Weimarer Ausgabe, I.24, S.270

¹¹³ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.316

¹¹⁴ Weimarer Ausgabe, I.24, S.27

¹¹⁵ Vgl. GEBELEIN, Helmut: Alchemie, Heinrich Hugendubel Verlag, Kreuzlingen/München 2004, S.92

¹¹⁶ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.317/318

Jahrhunderts und beschäftigt sich mit der Affinitätslehre¹¹⁷, welche auf die menschlichen Beziehungen zwischen vier Personen übertragen wird. Im Laufe eines Gespräches zwischen dem Ehepaar Eduard und Charlotte und ihren Gästen dem Hauptmann und Otilie kommen sie auf die Affinitätslehre zu sprechen. Eduard und der Hauptmann versuchen es Charlotte, die unter „Verwandtschaft“ zuerst die leiblichen Angehörigen verstanden hatte, zu erklären¹¹⁸:

„[...] Ich dünkte, fiel ihm Eduard ein, wir machten ihr und uns die Sache durch Beispiele bequem. Stelle dir nur das Wasser, das Öl, das Quecksilber vor, so wirst du eine Einigkeit, einen Zusammenhang ihrer Teile finden. Diese Eingung verlassen sie nicht, außer durch Gewalt oder sonstige Bestimmung. Ist diese beseitigt, so treten sie gleich wieder zusammen.

Ohne Frage, sagte Charlotte bestimmend. Regentropfen vereinigen sich gern zu Strömen. Und schon als Kinder spielen wir erstaunt mit dem Quecksilber, indem wir es in Kügelchen trennen und es wieder zusammenschieben.

Und so darf ich wohl, fügte der Hauptmann hinzu, eines bedeutenden Punktes im flüchtigen Vorbeigehen erwähnen, dass nämlich dieser völlig reine, durch Flüssigkeit mögliche Bezug sich entschieden und immer durch die Kugelgestalt auszeichnet. Der fallende Wassertropfen ist rund; von den Quecksilberkügelchen haben Sie selbst gesprochen; ja ein fallendes geschmolzenes Blei wenn es Zeit hat, völlig zu erstarren, kommt unten in Gestalt einer Kugel an.

Lassen Sie mich voreilen, sagte Charlotte, ob ich treffe, wo Sie hin wollen. Wie jedes gegen sich selbst einen Bezug hat, so muss es auch gegen andere ein Verhältnis haben.

Und das wird nach Verschiedenheit der Wesen verschieden sein, fuhr Eduard eilig fort. Bald werden sie sich als Freunde und alte Bekannte begegnen, die schnell zusammentreten, sich vereinigen, ohne an einander etwas zu verändern, wie sich Wein mit Wasser vermischt. Dagegen werden andere fremd neben einander verharren und selbst durch mechanisches Mischen und Reiben sich keineswegs verbinden; wie Öl und Wasser zusammengerüttelt sich den Augenblick wieder aus einander sondert.

Es fehlt nicht viel, sagte Charlotte, so sieht man in diesen einfachen Formen die Menschen, die man gekannt hat; besonders aber erinnert man sich dabei der Societäten, in denen man lebte. Die meiste Ähnlichkeit jedoch mit diesen seelenlosen Wesen haben die Massen, die in der Welt sich einander gegenüber stellen, die Stände, die Berufsbestimmungen, der Adel und der dritte Stand, der Soldat und der Civilist.

Und doch versetzte Eduard, wie diese durch Sitten und Gesetze vereinbar sind, so gibt es auch in unserer chemischen Welt Mittelglieder, dasjenige zu verbinden, was sich einander abweis't.

¹¹⁷ Affinität = „chemische Triebkraft“, mit der sich chemische Elemente und Verbindungen zu neuen Stoffen verbinden

¹¹⁸ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.319/328

So verbinden wir, fiel der Hauptmann ein, das Öl durch Laugensalz mit dem Wasser. Nur nicht so geschwind mit Ihrem Vortrag, sagte Charlotte, damit ich zeigen kann, dass ich Schritt halte. Sind wir nicht hier schon zu den Verwandtschaften gelangt? Ganz richtig, erwiderte der Hauptmann, und wir werden sie gleich in ihrer vollen Kraft und Bestimmtheit kennen lernen. Diejenigen Naturen, die sich bei'm Zusammentreffen einander schnell ergreifen und wechselseitig bestimmen, nennen wir verwandt. An den Alkalien und Säuren, die obgleich einander entgegengesetzt und vielleicht eben desswegen, weil sie einander entgegengesetzt sind, sich am entschiedensten suchen und fassen, sich modificiren und zusammen einen neuen Körper bilden, ist diese Verwandtschaft auffallend genug. Gedenken wir nur des Kalks, der zu allen Säuren eine große Neigung, eine entschiedene Vereinigungslust äußert. Sobald unser chemisches Kabinett ankommt, wollen wir Sie verschiene Versuche sehen lassen, die sehr unterhaltsam sind und einen bessern Begriff geben Worte, Namen und Kunstausdrücke.“¹¹⁹

Aus diesem Textstück kann herausgelesen werden, dass hochgiftige Chemikalien wie Quecksilber früher völlig unvorsichtig behandelt wurden. Eine weitere bemerkenswerte Aussage macht Goethe im obigen Auszug aus „Wahlverwandtschaften“ über das im Kapitel 5. näher erwähnte „Probir-Cabinet“ des Chemikers Götting:

2.4. FAUST

Das vermutlich bekanntestes literarische Werk Goethes, die zweiteilige Tragödie „Faust“ („Faust. Der Tragödie erster Teil“ und „Faust. Der Tragödie zweiter Teil“, 1808 bzw. 1832 publiziert), basiert auf der Legende des um 1480 geborenen Magiers, Astrologen und Wahrsagers Doktor Jörg Faustus und erzählt von dessen „Pact“ mit dem Teufel Mephistopheles. Neben unzähligen Dichtersprüchen, die heute als gängige Sprichwörter fungieren (zum Beispiel *„Das ist also des Pudels Kern!“¹²⁰*), zieht sich das Streben nach dem Satz *„Augenblick, Verweile doch! Du bist so schön.“¹²¹* durch beide Teile.¹²² Beleuchtet man das Stück allerdings von der naturwissenschaftlichen Seite, so wird man feststellen, dass einige Szenen vor allem durch alchemistische Ausdrücke geprägt sind.

*„Ich grüße dich, du einzige Phiole!
Die ich mit Andacht nun herunterhole,
In ihr verehr ich Menschenwitz und Kunst,*

¹¹⁹ Weimarer Ausgabe, I.20, S.49-51

¹²⁰ GOETHE, Johann Wolfgang von: Faust. Der Tragödie Erster Teil, Reclam, Ditzingen 2004, S.38

¹²¹ ebenda, S.48

¹²² Vgl. SCHACHERREITER, Christina/SCHACHERREITER, Ulrike: Das Literaturbuch. 70 Fenster zur Literatur, Band 1, Veritas-Verlag, Linz 2004, S.146/147

*Du Inbegriff der holden Schlummersäfte,
Du Auszug aller tödlich feinen Kräfte,
Erweise deinem Meister seine Gunst!
Ich sehe dich, es wird der Schmerz gelindert,
Ich fasse dich, das Streben wird gemindert,
Des Geistes Flutstrom ebbet nach und nach..*¹²³

Die in diesem Auszug aus dem berühmten „Osterspaziergang“ erwähnte Phiole, eigentlich ein gläserner Langhalskolben, wird in der Literatur oft als sinnverwandtes Wort für Gift(-Phiole) verwendet. Im Fall von „Faust“ wird der Begriff als eine Aufbewahrungsmöglichkeit für chemische Substanzen gesehen, die von Goethe im Werk als „Schlummersäfte“ beziehungsweise „tödliche Kräfte“, also als Linderungsmittel aller Schmerzen, bezeichnet werden.¹²⁴

Im zweiten Akt „Vor dem Tor“ beschreibt Faust seinen alchemistisch tätigen Vater näher:

*„Mein Vater war ein dunkler Ehrenmann,
Der über die Natur und ihre heil'gen Kreise,
In Redlichkeit, jedoch auf seine Weise,
Mit grillenhafter Mühe sann.
Der, in Gesellschaft von Adepten,
Sich in die schwarze Küche schloss,
Und, nach unendlichen Rezepten,
Das Widrige zusammengoss.
Da ward ein roter Leu, ein kühner Freier,
Im lauen Bad, der Lilie vermählt
Und beide dann, mit offnem Flammenfeuer,
Aus einem Brautgemach in's andere gequält.
Erschien darauf mit bunten Farben
Die junge Königin im Glas,
Hier war die Arznei, die Patienten starben,
Und niemand fragte: wer genas?
So haben wir, mit höllischen Latwergen
In diesen Tälern, diesen Bergen,
Weit schlimmer als die Pest getobt.
Ich habe selbst den Gift an Tausende gegeben,*

¹²³ GOETHE, Johann Wolfgang von: Faust. Der Tragödie Erster Teil, Reclam, Ditzingen 2004, S.22

¹²⁴ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.341

Sie welkten hin, ich muss erleben

Dass man die frechen Mörder lobt.“¹²⁵

Mit diversen Ausdrücke in diesem Textstück greift Goethe die für Alchemisten charakteristische Sprache auf: „schwarze Küche“ bezeichnete das geheime Laboratorium, die „rote Leu“ fungierte als Deckname für den „Stein der Weisen“.¹²⁶

Interessant ist ebenfalls, dass Goethe die Wichtigkeit des Goldes in der Alchemie in „Faust“ einfließen ließ und sich diesbezüglich folgendermaßen äußerte:

„Nach Golde drängt,

Am Golde hängt

Doch alles, Ach wir armen!“¹²⁷

Wie schon zuvor erwähnt, war das Streben nach der raschen Vermehrung von Gold ein zentrales Thema der Alchemie. Mit Hilfsmitteln wie den Stein der Weisen wollte man das utopische Ziel so schnell wie möglich erreichen.

„Mephistopheles: Wir breiten nur den Mantel aus,

Der soll uns durch die Lüfte tragen.

Du nimmst bei diesem kühnen Schritt

Nur keinen großen Bündel mit.

Ein bisschen Feuerluft, die ich bereiten werde,

Hebt uns behend von dieser Erde.

Und sind wir leicht, so geht es schnell hinauf;

Ich gratuliere dir zum neuen Lebenslauf.“¹²⁸

Mit diesem Absatz wird vor allem Goethes Interesse an der Gaschemie deutlich.

Die „Hexenküche“ wird im gleichnamigen Akt folgendermaßen beschrieben:

„Auf einem niedrigen Herde steht ein großer Kessel über dem Feuer. In dem Dampfe, der davon in die Höhe steigt, zeigen sich verschiedene Gestalten.“¹²⁹

Als „Sudelköcherei“ bezeichnet Faust die Arbeiten in der Hexenküche gegenüber Mephistos:

„Und schafft die Sudelköcherei

Wohl dreißig Jahre mir vom Leibe?

Weh mir, wenn du nichts Bessers weißt!

¹²⁵ GOETHE, Johann Wolfgang von: Faust. Der Tragödie Erster Teil, Reclam, Ditzingen 2004, S.31

¹²⁶ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.342

¹²⁷ GOETHE, Johann Wolfgang von: Faust. Der Tragödie Erster Teil, Reclam, Ditzingen 2004, S.81

¹²⁸ ebenda, S.58

¹²⁹ ebenda, S.66

Hat die Natur und hat ein edler Geist

Nicht irgendeinen Balsam ausgefunden?“¹³⁰

Wie schon zuvor im Werk „Wahlverwandtschaften“, wird auch hier der aus der Alchemie stammende Begriff „Balsam“ in der Bedeutung einer Verjüngungskur, der sich Faust unterzieht, verwendet.

Der zweite Akt des zweiten Teils der Tragödie beginnt mit einem Gespräch zwischen dem früheren Schüler Fausts und jetzigen Famulus Wagner und Mephisto, die sich über den abwesenden Faust unterhalten. Einige Zeit später kommt es dann zur Erschaffung des künstlichen Menschen in der Retorte, zur Erschaffung Homunculus’:

„Es leuchtet! Seht! – Nun lässt sich wirklich hoffen,

Dass, wenn wir aus viel hundert Stoffen

Durch Mischung, denn auf Mischung kommt es an,

Den Menschenstoff gemächlich komponieren,

In einen Kolben verlutieren,

Und ihn gehörig cohobieren,

So ist das Werk im Stillen abgetan.

Zum Herd gewendet.

Es wird! Die Masse regt sich klarer,

Die Überzeugung wahrer, wahrer:

Was man an der Natur Geheimnisvolles pries,

Das wagen wir verständig zu probieren,

Und was sie sonst organisieren ließ,

Das lassen wir kristallisieren.“¹³¹

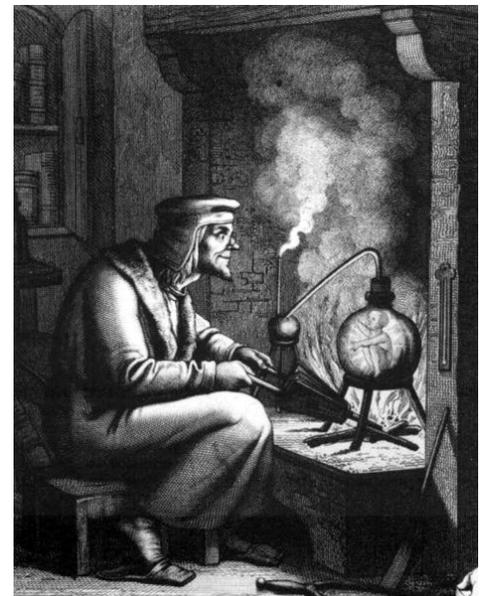


Abb.42. Eine Abbildung aus dem 19. Jahrhundert: Faust beim Ausbrüten des Homunculus

Auch in diesem Textstück finden sich typisch alchemistische Ausdrücke wie „componieren“, „cohobieren“, vom Wort „Cohabation“ stammend, was so viel bedeutet wie die Wiederausammenfügung und „verlutieren“, im Sinne von „verkleben“.¹³²

Die Entstehung des Homunculus in der Phiole ist der alchemistische Höhepunkt in dieser Szene:

„Wagner: Es steigt, es blitzt, es häuft sich an,

Im Augenblick ist es getan.

Ein großer Vorsatz scheint im Anfang toll;

¹³⁰ GOETHE, Johann Wolfgang von: Faust. Der Tragödie Erster Teil, Reclam, Ditzingen 2004, S.67

¹³¹ Weimarer Ausgabe, I.15.1, Zeile 6848-6860

¹³² Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998, S.345

*Doch wollen wir des Zufalls künftig lachen,
Und so ein Hirn, das trefflich denken soll,
Wird künftig auch ein Denker machen.
Entzückt die Phirole betrachtend.
Das Glas erklingt von lieblicher Gewalt,
Es trübt, es klärt sich; also muss es werden!
Ich seh' in zierlicher Gestalt
Ein artig Männlein sich gebärden.
Was wollen wir, was will die Welt nun mehr?
Denn das Geheimnis liegt am Tage.
Gebt diesem Laute nur Gehör,
Er wird zur Stimme wird zur Sprache.
Homunculus: Nun Väterchen! wie steht's? es war kein Scherz.
Komm, drücke mich recht zärtlich an dein Herz.
Doch nicht zu fest, damit das Glas nicht springe.
Das ist die Eigenschaft der Dinge:
Natürlichem genügt das Weltall kaum,
Was künstlich ist, verlangt geschloss'nen Raum.*¹³³

Nach näherer Betrachtung aller naturwissenschaftlich geprägter Werke Goethes kann durchaus gesagt werden, dass „Faust“ – neben den „Wahlverwandtschaften“ – wohl das am stärksten beeinflusste war.

¹³³ Weimarer Ausgabe, I.15.1, Zeile 6865-6884

3. UNTERWEGS AUF DEN SPUREN GOETHES

Auf meinen Entschluss hin eine Fachbereichsarbeit über Goethe zu schreiben, fuhr ich von 08. bis 12. Juni 2006 nach Thüringen, Deutschland. Die Städte Weimar und Jena, sowie die Gemeinde Stützerbach, die ich im Zuge dieser Reise besuchte, waren für die Laufbahn Goethes von großer Bedeutung, auch wenn man heute dort nur noch wenig über seine naturwissenschaftlichen Tätigkeiten erfährt. Geprägt sind aber alle drei Orte entscheidend von dieser wichtigen Persönlichkeit des 16. und 17. Jahrhunderts und seine Spuren lassen sich genau verfolgen.

3.1. WEIMAR

Die für ihr kulturelles Erbe bekannte Stadt Weimar stellt – geschichtlich gesehen – eine literarische und musikalische Hochburg dar: nicht nur Goethe hatte dort gelebt, auch Schiller verbrachte Zeit in Weimar und Persönlichkeiten wie Liszt, Herder und Strauss formten das Gesamtbild der Stadt maßgeblich.

Um Goethes Leben näher kennen zu lernen, war vor allem sein Wohnhaus am Frauenplan von großer Wichtigkeit. Wo der Dichter einst lebte, findet sich heute ein umfangreiches Museum, das durch sämtliche Räume des Anwesens führt. Neben einer Mineraliensammlung und einer Bibliothek mit Werken Goethes, wird man zu seinem Schlafgemach, seinem Arbeitszimmer und in den Garten geführt, wo er stets viel Zeit verbrachte. Ein weiterer Aufenthaltsort Goethes war sein idyllisches Gartenhaus im Park an der Ilm. Das kleine, bescheidene Haus ist heute für Besucher geöffnet.



Abb.44.a. Goethes Wohnhaus am Frauenplan



Abb.44.b. Goethes Gartenhaus im Park an der Ilm

Ein weiterer Blickfang der Stadt ist die Statue Goethes und Schillers, die beide Literaten triumphierend über Weimar blickend zeigt und noch einmal bestätigt, wie bedeutend sie für die Stadt waren.



Abb.45.a. Gedenkstatue Goethes (links) und Schillers (rechts)

Am städtischen Friedhof findet sich außerdem eine Gedenkstätte für die Familie Goethes; Johann Wolfgang's Sarg ist neben dem seines guten Freundes Schiller in der Fürstengruft für Besucher zugänglich.



Abb.45.b. Gedenkstätte der Familie Goethe



Abb.45.c. Sarg Goethes und Schillers in der Fürstengruft

3.2. JENA UND STÜTZERBACH

Sowohl in Jena, als auch in Stützerbach, hielt sich Goethe einige Zeit lang auf. Die Gemeinde Stützerbach besuchte er zwischen 1776 und 1780 mehrfach. Das Haus eines Glasmachers diente damals als Aufenthaltsort und heute als Museum, welches vor allem die naturwissenschaftlichen Studien Goethes in den Vordergrund rückt. Auf Anfrage wurde



Abb.45.d. Geräte zur Glasbearbeitung

mir erlaubt, Bilder der Räumlichkeiten zu machen.



Abb.46.a. Goethes Aufenthaltsort in Stützerbach



Abb.46.b. Goethes Arbeitszimmer in Stützerbach

Die letzte Station auf meiner Reise war Jena, die drittgrößte Stadt Deutschlands. Für Goethe war sie zwar durch die vielen naturwissenschaftlich orientierten Universitäten von großer Bedeutung, allerdings weist heute nur noch wenig auf den Dichter hin. Der „Botanische Garten“ der Stadt bietet allerdings eine kleine Ausstellung, die sich ausschließlich Goethes naturwissenschaftlichem Schaffen widmet. Man kann dort neben einigen Originalaufzeichnungen auch einen Nachbau des Döbereiner Feuerzeug finden.



Abb.46.c. Gedenktafel an der Außenwand des Museums im Botanischen Garten Jena

Allgemein gesehen waren alle drei Städte für Goethe von Wichtigkeit, allerdings ist es schade, dass sein literarisches Schaffen vollkommen in den Vordergrund rückt und die naturwissenschaftlichen Tätigkeiten nahezu kaum erwähnt werden. Auch wenn sie des Öfteren erwähnt werden, sind es meist nur ein paar Worte, die niemals genauer in die Materie eintauchen und daher nur bedingt Auskunft über diese Leidenschaft Goethes geben.

4. GOETHES NATURWISSENSCHAFTLICHES SCHAFFEN ANHAND AUSGEWÄHLTER EXPERIMENTE

Für den praktischen Teil der vorliegenden Fachbereichsarbeit wurden zahlreiche Experimente aus dem Bereich der Farbenlehre, der Alchemie sowie diversen anderen Teilgebieten der Chemie durchgeführt. Es ist erstaunlich und interessant wie viel Goethe damals schon über Naturwissenschaften wusste, auch wenn er die beobachteten Phänomene natürlich nicht exakt erklären konnte.

4.1. EXPERIMENTE MIT PFLANZENSÄFTEN

Im Zuge seiner Experimente für die Farbenlehre, führte Goethe im Juli 1816 einen Versuch mit Pflanzensäften durch. Die dafür benötigten Chemikalien stellte ihm Döbereiner bereit: „Weingeist zur Eduktion derjenigen Pflanzenfarben, welche sich nicht dem Wasser mittheilen“, „Salzsäure zur Entwicklung des sauern Pigments im zusammengesetzten wässerigen oder geistigen Farbenextrakte“ und „Alkali zu sichtbaren Darstellung des basischen Farbstoffs“. Tabellarisch notierte Goethe seine Versuchsergebnisse und untersuchte insgesamt 39 Pflanzen auf ihre Farbigkeit. Dass es sich dabei um die Pflanzen- und Blütenfarbstoffe Anthocyane handelt, wusste man allerdings erst im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts. Weiters weisen diverse Aufzeichnungen auf Goethes Beschäftigung mit dem Phänomen auch nach der Veröffentlichung der Farbenlehre hin. Am Abend des Versuchstages vermerkte Goethe in seinem Tagebuch¹³⁴:

*„Früh aufgestanden. Eger Wasser getrunken. Chemische Behandlung der Blumenblätter. Anderes Vorsehende durchgedacht. Spazieren im Garten. Vegetabilische Farb-Extracte. Mittags für uns. Chemische Behandlung fortgesetzt. Abends mit Hofr. Meyer spazieren gefahren [...]“*¹³⁵

4.1.1. DURCHFÜHRUNG

Zu den Blütenblättern der jeweiligen Pflanze wurden Sand und Spiritus gegeben und durch Reiben in einem Mörser gewann man daraus den Farbstoff. Anschließend wurde der Extrakt zu gleichen Teilen in drei Reagenzgläser aufgeteilt. Probe 1 und Probe 2 verdünnte man mit weiterem Spiritus und destilliertem Wasser, bis die Farbe zwar noch intensiv zu sehen war,

¹³⁴ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethes chemische Experimente, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1999, S.60/61/64

¹³⁵ Weimarer Ausgabe, III.5, S.257

allerdings leicht transparent wirkte. Nun wurde der pH-Wert mittels pH-Indikatorpapier gemessen. Probe 3 ließ man zum späteren Vergleich unbehandelt.

In Probe 1 tropfte man nun Salzsäure (10%), bis eine Verfärbung auftrat.

In Probe 2 gab man einige Tropfen Natronlauge (10%), ebenfalls bis zur Verfärbung.

Danach wurde von beiden Proben den pH-Wert mittels pH-Indikatorpapier gemessen.

4.1.2. ERGEBNISSE

PFLANZE 1: GERBERA, ORANGE



Abb.48.a. Orange Gerbera

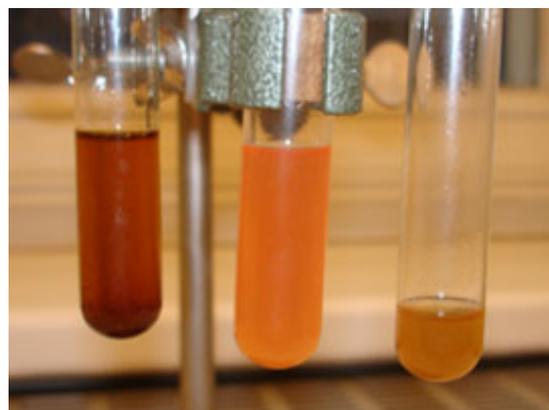


Abb.48.b. Farbliche Veränderung des Gerberaextrakts nach Zugabe diverser Reagenzien

Auf Abb.48.b. kann die farbliche Veränderung des Gerberaextrakts gesehen werden:

Mit einer Base (linkes Reagenzglas) verändert sich die Farbe ins Bräunliche, mit einer Säure (mittleres Reagenzglas) ins Orangefarbene und die unbehandelte Probe befindet sich rechts im Bild.

Tab.48.a. Farbveränderung in Abhängigkeit des pH-Werts

	pH-Wert	Farbe
Reines Extrakt (mit Spiritus und destilliertem Wasser)	5	Hellbraun
Extrakt mit Base	8	Orange
Extrakt mit Säure	2	Braun

Tab.48.b. Goethes Aufzeichnungen zu Pflanze 1

Pflanze	Farbe nach Extraktion	Zusatz von Säure	Zusatz von Base
Tagetes (Sammet-, Studentenblume; Gattung der Korbblütler)	Hochgelb. Die Blätter wenig an Farbe verloren	Zwischen dem Schön- und Ziegelrothen	Papageygrün

Anmerkung: Da zu der Zeit des Versuches keine Tagetes verfügbar war, wurde das Experiment mit einer orangefarbenen Gerbera, ebenfalls zur Gattung der Korbblütler gehörend, durchgeführt.

PFLANZE 2: ROSE, GELB/ROT



Abb.49.a. Rote Rose

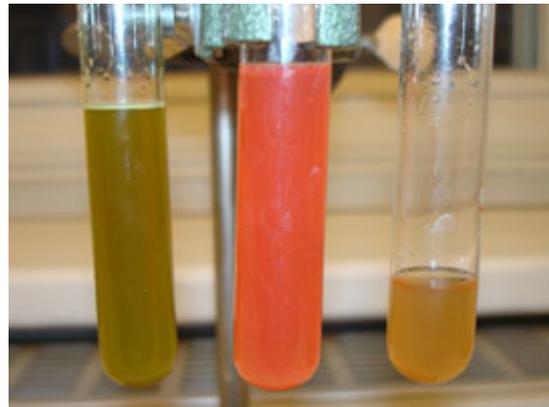


Abb.49.b. Farbliche Veränderung des Rosenextrakts nach Zugabe diverser Reagenzien

Auf Abb.49.b. kann die farbliche Veränderung des Rosenextrakts gesehen werden: Mit einer Base (linkes Reagenzglas) verändert sich die Farbe ins Grünliche, mit einer Säure (mittleres Reagenzglas) ins Rötliche und die unbehandelte Probe befindet sich rechts im Bild.

Tab.49.a. Farbveränderung in Abhängigkeit des pH-Werts

	pH-Wert	Farbe
Reines Extrakt (mit Spiritus und destilliertem Wasser)	5	Gelb
Extrakt mit Base	8	Grün
Extrakt mit Säure	2	Rot

Tab.49.b. Goethes Aufzeichnungen zu Pflanze 2

Pflanze	Farbe nach Extraktion	Zusatz von Säure	Zusatz von Base
Rothgelbe Rose	Gelblich	Blaßroth	Gelblichgrün

PFLANZE 3: RADIESCHEN



Abb.50.a. Rote Radieschen

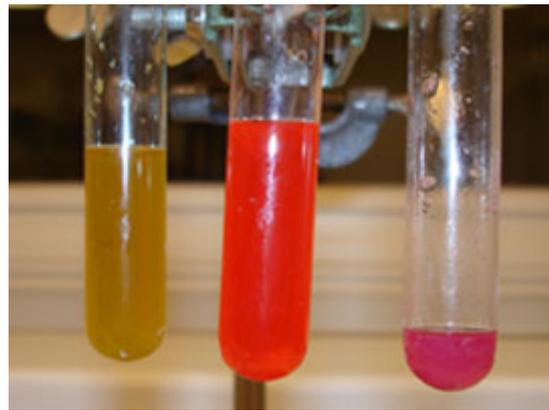


Abb.50.b. Farbliche Veränderung des Radieschenextrakts nach Zugabe diverser Reagenzien

Auf Abb.50.b. kann die farbliche Veränderung des Rosenextrakts gesehen werden:
Mit einer Base (linkes Reagenzglas) verändert sich die Farbe ins Gelbliche, mit einer Säure (mittleres Reagenzglas) ins Rötliche und die unbehandelte Probe befindet sich rechts im Bild.

Tab.50.a. Farbveränderung in Abhängigkeit des pH-Werts

	pH-Wert	Farbe
Reines Extrakt (mit Spiritus und destilliertem Wasser)	5	Rosa
Extrakt mit Base	9	Gelb
Extrakt mit Säure	2	Rot

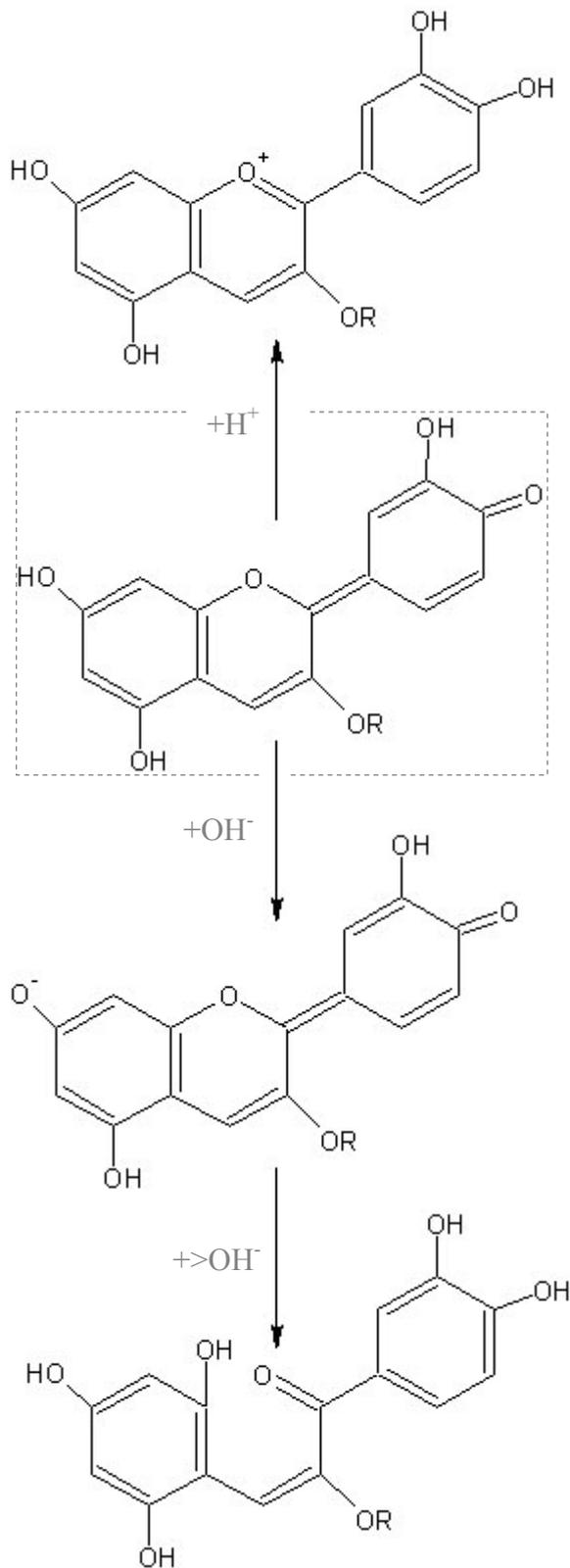
Tab.50.b Goethes Aufzeichnungen zu Pflanze 3

Pflanze	Farbe nach Extraktion	Zusatz von Säure	Zusatz von Base
Schale von rötlichen Radieschen	Dem oriental. Garnat ähnlich	Zwischen Ziegel- und Kaminroth	Beynahe Smaragdgrün

4.1.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE

In den Säften der Blütenblätter kommen Farbstoffe vor, die als Indikator fungieren. Das heißt, sie zeigen bei unterschiedlichen pH-Werten oft unterschiedliche Farben.

Ausgehend von der chinoiden Anhydrobase, die aufgrund des pH-Werts 6-7 eine purpurne Färbung aufweist, können durch die Zugabe einer Base beziehungsweise einer Säure optische Veränderungen auftreten.



Durch die Zugabe einer Säure zum Ausgangsmolekül entsteht – aufgrund einer Protonierung – das **Flavyliumkation** mit einem pH-Wert von ≤ 1 und einer roten Färbung.

Das Ausgangsmolekül weist eine chinoide Struktur auf und heißt daher **chinoide Anhydrobase**. Der pH-Wert liegt bei 6-7; die Farbe ist Purpur.

Nach der Zugabe einer Base verändert sich das Molekül erneut. Der auftretende mesomere Effekt beeinflusst das System so sehr, dass nun eine tiefblaue Färbung wahrnehmbar ist. Der pH-Wert liegt bei 7-8. Es handelt sich um eine **ionische Anhydrobase**.

Wird noch mehr Base hinzugefügt, so öffnet sich der mittlere Ring. Eine differente Farbe ist wahrnehmbar – in diesem Fall Gelb. Der pH-Wert liegt nun bei ~ 10 . Es handelt sich um ein **Chalkon**.

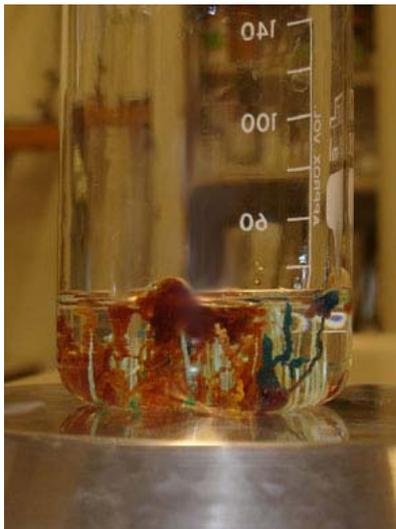
4.2. MARSBAUM

Wie im Kapitel 1.2. bereits erwähnt, verbrachte Goethe aus Krankheitsgründen einige seiner jungen Jahre im Frankfurter Elternhaus. Mit Susanna von Klettenberg lernte er die Welt der Alchemie kennen und führte unter anderem Versuche von Nicolas Lémery durch. Auf ihn ist auch das Experiment des Marsbaums zurückzuführen.

Es ist absolut denkbar, dass Goethe dadurch zum Homunculus in seinem Werk Faust inspiriert wurde, denn es sieht fast so aus, als würden die hineingeworfenen Kristalle plötzlich zum Leben erwachen.

4.2.1. DURCHFÜHRUNG

In ein Becherglas wurde Natronwasserglas und Wasser im Verhältnis 1:2 zusammengeleert. Anschließend gab man mit Hilfe einer Pinzette Eisen(III)chlorid-, Nickelsulfat- und Cobaltnitrat-Kristalle auf den Boden des Becherglases.



4.2.2. ERGEBNIS

Schon nach wenigen Minuten schießen dicke, oft verzweigte Äste in die Höhe. Der sogenannte Marsbaum „wächst“.

Abb.52. Kristalle in Natronwasserglas: Marsbaum

4.2.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE

Die durch Reaktion von Eisen(III)chlorid, Nickelsulfat und Cobaltnitrat mit Natronwasserglas entstehenden Silikate Eisen(III)silikat ($\text{Fe}_2(\text{SiO}_3)_3$), Nickelsilikat und Cobaltsilikat werden von einer semipermeablen Membran umgeben. Wasser diffundiert durch dieses „Häutchen“ und löst erneut einen Teil des Metallsalzes. Die konzentrierte Salz-Lösung verdünnt sich, worauf es mehr Wasser durch die semipermeable Membran zieht. Der osmotische Druck steigt dabei allerdings so sehr, dass die Membran platzt, woraufhin der „Baum“ wächst. Diese Abläufe wiederholen sich einige Male, bis die Metallsilicate nach einigen Stunden vollständig erstarren.

4.3. VERBRENNUNG VON EISENWOLLE AN REINEM SAUERSTOFF

Als Goethe im September 1783 den Harz bereiste, besuchte er ein Abendkolleg des Physikers Georg Lichtenberg. In Goethes Aufzeichnungen erfährt man zwar nichts über den Versuch mit Eisenwolle, allerdings schrieb Lichtenberg einen Brief an einen Freund, in dem er erwähnt, „dass er die dephlogistrierte Luft nicht geschont habe.“¹³⁶

4.3.1. DURCHFÜHRUNG

In einen Standzylinder wurde eine etwa 1 cm hohe Sandschicht gegeben. Daraufhin füllte man das Gefäß mit reinem Sauerstoff, in dem man die Luft verdrängte und verschloss es. Ein etwa golfballgroßes Stück Eisenwolle wurde in eine Zange geklemmt und mit Hilfe eines Bunsenbrenners angezündet. So schnell wie möglich hielt man nun die brennende Wolle in das Gefäß mit reinem Sauerstoff.



Abb.53. Verbrennung von Eisenwolle in reinem Sauerstoff

4.3.2. ERGEBNIS

Zündet man die Eisenwolle an der Luft an, so entstehen Funken, allerdings erlischt die Flamme recht schnell wieder. Die Form der Wolle bleibt größtenteils erhalten und die Bildung von blauschwarzen Punkten kann beobachtet werden.

Wird die erhitzte Eisenwolle allerdings sofort in reinen Sauerstoff gehalten, so brennt diese unter heller Lichterscheinung und Funkensprühen. Nachdem die Flamme erloschen ist, ist nicht mehr viel von der Wolle in ihrer ursprünglichen Form erkennbar.

4.3.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE

Es handelt sich hierbei um eine Oxidation, durch die aus Eisen und Sauerstoff Eisenoxid entsteht.



¹³⁶ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethes chemische Experimente, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1999, S.41/42

Bei der Verbrennung an reinem Sauerstoff wird die komplette Eisenwolle in einem solchen Maß oxidiert, dass das entstehende Eisenoxid zu kleinen Kugeln zusammenschmilzt. Da die Reaktion stark exotherm ist, kann auch eine beträchtliche Menge Wärmeenergie wahrgenommen werden.

4.4. INDIANISCHES WEIßFEUER

Das „Indianische Weißfeuer“ wurde ab dem 17. Jahrhundert in Indien zu Signal- und Feuerwerkszwecken verwendet und wird in der Literatur oft als „griechisch“ bezeichnet. Im Rahmen der Freitagsgesellschaft ließ Goethe den Versuch vorführen und vermerkt 1811 darüber in seinem Tagebuch¹³⁷:

*„[...] Zu Tafel Hofrath Voigt und Sohn, Hofrath Fuchs und Professor Döbereiner. Nach Tafel mancherley Versuche fortgesetzt. Abends das indianische Weißfeuer auf dem Schloßdache anzünden lassen. Darauf zu Abend gespeist und sonst verschiedene Unterhaltungen, besonders physicalische und chemische Discurse.“*¹³⁸

4.4.1. DURCHFÜHRUNG

1,2 g Kaliumnitrat, 1,0 g Bariumnitrat und 2,3 g Saccharose wurden in einem Mörser zu feinem Pulver gerieben. 4,3 g Kaliumchlorat und 0,3 g Aluminiumpulver wurden abgewogen und zum Inhalt des Mörsers geschüttet. Nun wurden die Stoffe gut, aber vorsichtig vermischt und auf eine feuerfeste Unterlage gegeben. Anschließend entzündete man das Gemisch im Abzug.

Achtung: Nach der Zugabe von Kaliumchlorat und Aluminiumpulver darf auf keinen Fall mehr Druck ausgeübt werden, da sich das Pulver sonst vorzeitig entzündet und unter Umständen mit Verletzungen zu rechnen ist.

4.4.2. ERGEBNIS

Das Gemisch entzündet sich sofort zu einer grellweißen Flamme, die nach einigen Sekunden wieder erlischt. Weiters ist eine weiße Rauchentwicklung zu beobachten.

¹³⁷ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethes chemische Experimente, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1999, S.45

¹³⁸ Weimarer Ausgabe, III.4, S.200/201



Abb.55.a. Das Gemisch aus Kaliumnitrat, Bariumnitrat, Saccharose, Kaliumchlorat und Aluminiumchlorat auf feuerfester Unterlage



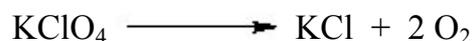
Abb.55.b. Das „Indianische Weißfeuer“

4.4.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE

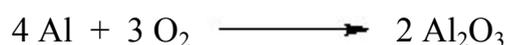
Die Nitrate Kaliumnitrat und Bariumnitrat zersetzen sich beim Erhitzen unter folgender Reaktion:



Dabei bildet sich Sauerstoff, der für die weiteren Reaktionen von großer Bedeutung ist. Beim Erhitzen von Kaliumchlorat entsteht zuerst Kaliumperchlorat, welches durch die starke Wärmeentwicklung zu Kaliumchlorid und Sauerstoff zerfällt:



Der nun entstandene Sauerstoff bewirkt bei der Verbrennung von Saccharose und Aluminium eine beschleunigende Wirkung. Bei der Reaktion von Saccharose und Sauerstoff, welche exotherm ist, tritt eine enorme Wärmeentwicklung auf, durch die Aluminium entzündet werden kann. Das entstandene Aluminiumoxid ist für die grellweiße Flammenfärbung und den weißen Rauch verantwortlich.



4.5. MINERALISCHES CHAMÄLEON

„Überhaupt aber sind diese Farbenerscheinungen von so beweglicher Art, dass die Chemiker selbst, sobald sie in's Feinere gehen, sie als trügliche Kennzeichen betrachten. Wir aber können zu unseren Zwecken diese Materie nur im Durchschnitt behandeln, und wollen nur so viel bemerken, dass man vielleicht die metallischen Farbenerscheinungen, wenigstens zum didaktischen Behuf, einstweilen ordnen könne, wie sie durch Säuerung, Aufsäuerung, Absäuerung und Entsäuerung entstehen, sich auf mannigfaltige Weise zeigen und verschwinden.“¹³⁹

Mit „Farbenerscheinungen“ meint Goethe auch das mineralische Chamäleon, welches er im April 1811 zum ersten Mal vorführen ließ. Der Name „Mineralisches Chamäleon“ geht auf einen der Entdecker des Sauerstoffs, Carl Scheele, zurück, der zahlreiche Versuche mit Braunstein durchführte und dabei Chlor entdeckte.¹⁴⁰

4.5.1. DURCHFÜHRUNG

120 g Natriumhydroxid wurden in 400 ml destilliertem Wasser gelöst und auf 4°C abgekühlt. 50 mg Kaliumpermanganat wurden in 10 ml destilliertem Wasser aufgelöst und 180 ml konzentrierte Essigsäure wurde mit destilliertem Wasser auf 500 ml aufgefüllt. Weiters verdünnte man 1 ml 30%iges Wasserstoffperoxid mit 250 ml destilliertem Wasser. Die Kaliumpermanganat-Lösung wurde zur gekühlten Natronlauge-Lösung hinzugefügt und unter rühren mit einem Glasstab tropfte man soviel Wasserstoffperoxid-Lösung hinzu, bis sich die



Abb.56. Überschichten der Lösungen mit Essigsäure

Lösung dunkelgrün färbte. Nun leerte man die Hälfte dieser Lösung in einen Standzylinder und gab zur zweiten Hälfte der Mangant(VI)-Lösung weitere Wasserstoffperoxid-Lösung hinzu, bis sich die Flüssigkeit blau färbte. Anschließend wurden beide Lösungen vorsichtig übereinander geschüttet, und gleich darauf mit weiterer Essigsäure-Lösung überschichtet.

¹³⁹ Weimarer Ausgabe, II.1, S.211, §516

¹⁴⁰ Vgl. SCHWEDT, Georg: Goethes chemische Experimente, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1999, S.53

4.5.2. ERGEBNIS

Werden alle Lösungen vorsichtig übereinander geleert, so entstehen drei Phasen, die sich nicht vermischen. Farblich unterscheiden sie sich ebenfalls: von oben nach unten können die Abstufungen gelb-grün-blau beobachtet werden. Lässt man das mineralische Chamäleon allerdings für einige Zeit stehen, so vermischen sich diese Phasen aufgrund der Brown'schen Molekularbewegung wieder und es ist nur noch die Farbe grün sowie eine transparente Flüssigkeit zu erkennen.

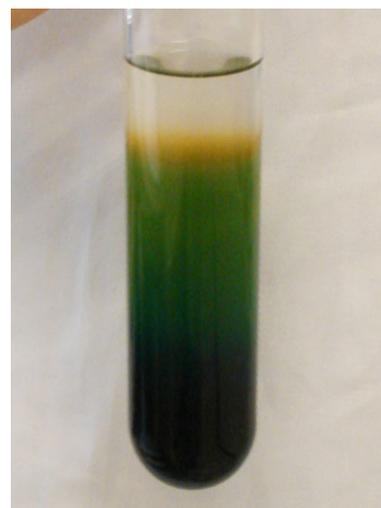


Abb.57. Mineralisches Chamäleon

4.5.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE

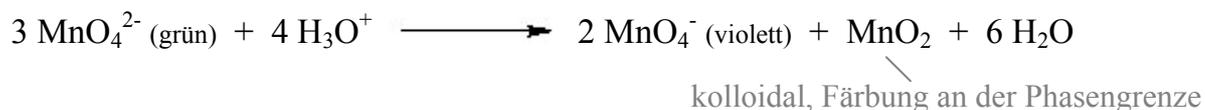
Das durch die verschiedenen Oxidationsstufen des Mangans auftretende MnO_4^- -Ion ist für die verschiedenen Farben verantwortlich:

Mn(IV) – Manganit-Ion: braun, Mn(V) – Hypomanganat-Ion: blau, Mn(VI) – Manganat-Ion: grün, Mn(VII) – Permanganat-Ion: rotviolett

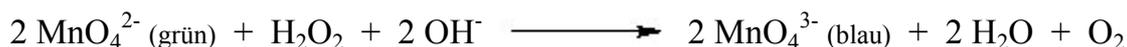
a) In einer alkalischen Lösung kommt es zu einer Reduktion von rotviolettem Permanganat-Ion durch Wasserstoffperoxid zu Mn(VI) , also grünen Manganat-Ionen:



b) Durch die Ansäuerung kommt es zu einer Disproportionierung:



c) Es findet eine Reduktion vom grünen zum blauen MnO_4^- -Ion statt:



Bei der Durchführung des Versuchs konnte eine leichte Abweichung zu Goethes Ergebnissen festgestellt werden. Das nachgemachte „Mineralische Chamäleon“ weist eine Färbung von gelb-grün-blau auf, Goethe erhielt die Farbabstufungen grün-gelb-violett, sowie blau-grün-gelb-violett. Die mit den Farbveränderungen verknüpften Oxidationsstufen des Mangans konnten somit auch nur in abgewandelter Form beobachtet werden.

4.6. DAS ROTWEIN EXPERIMENT

Im Kapitel „Chemiker“ in der Farbenlehre lässt sich eine Andeutung auf den Versuch mit Rotwein finden. Goethe schreibt:

„[...] Man gedachte mit Interesse eines Versuchs von Mariotte, der einen roten französischen Wein durch Alkalien gebräunt und ihm das Ansehen eines schlechten verdorbenen Weins gegeben, nachher aber durch Schwefelgeist die erste Farbe, und zwar noch schöner, hergestellt. Man erklärte damals daraus das Vorteilhafte des Aus- und Aufbrennens der Weinfässer durch Schwefel und fand diese Erfahrung bedeutend.“¹⁴¹

4.6.1. DURCHFÜHRUNG

In drei Reagenzgläsern wurde jeweils die gleiche Menge Rotwein gefüllt.

Schritt 1: Probe 1 blieb unbehandelt, in Probe 2 wurde Natronlauge (2 mol/l) bis zur Braunfärbung zugetropft und in Probe 3 gab man eine Spatelspitze Natriumhydrogensulfit, sowie einige Tropfen Schwefelsäure (2 mol/l).

Schritt 2: Anschließend wurde in Probe 2 Schwefelsäure zugetropft und eine Spatelspitze Natriumhydrogensulfit hinzugegeben.

4.6.2. ERGEBNIS



Abb.58. Nach Durchführung von Schritt 1

Wie man erkennen kann, ist die gewünschte Braunfärbung bei Probe 2 nach Zugabe von Natronlauge nicht eingetreten. Probe 3 unterscheidet sich farblich auch kaum von der unbehandelten Probe 1.

Probe 2 wurde zum Hervorheben der farblichen Veränderung mit etwas destilliertem Wasser verdünnt.

¹⁴¹ Weimarer Ausgabe, II.4, S.143-145



Abb.59.a. Nach Durchführung von Schritt 2

Die fast vollständige Entfärbung von Probe 2 nach Zugabe von Schwefelsäure und Natriumhydrogensulfit ist hingegen gut erkennbar.

Probe 3 zeigte auch nach längerer Wartezeit keine Verfärbung.



Abb.59.b. Probe 2 nach der Durchführung von Schritt 1

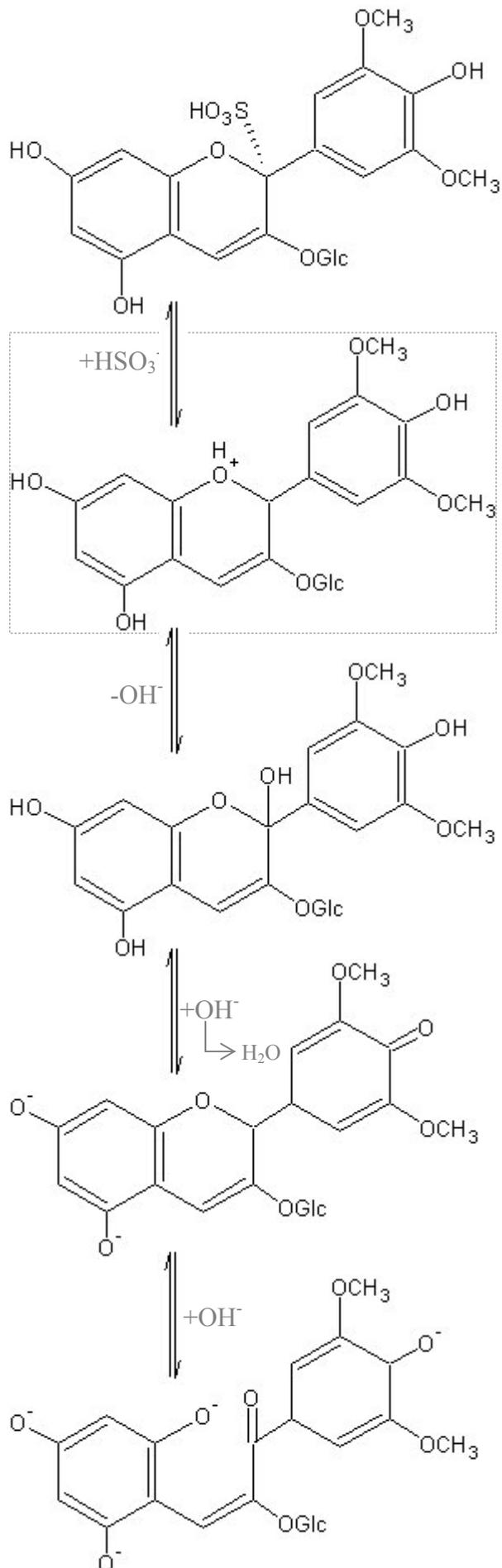
Nach einer erneuten Durchführung des Experiments trat bei Probe 2 zuerst eine Grünfärbung und nach etwa 10 Minuten eine Braunfärbung auf. Allerdings ließ sich die Flüssigkeit trotz Zugabe von Schwefelsäure und Natriumhydrogensulfit nicht mehr entfärben.

Probe 3 wies wiederum die gleichen Ergebnisse wie bei der ersten Durchführung des Versuches auf.

Gründe für die Diskrepanz mit den Aufzeichnungen Goethes könnten mit dem Jahrgang des Weines zusammenhängen. Möglicherweise unterscheiden sich die Trauben des hier verwendeten Zweigelts (2005) so sehr von dem Wein, den Goethe für den Versuch benützte, dass die Ergebnisse nicht übereinstimmen.

4.6.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE

Wie schon bei dem Versuch mit Pflanzensäften im Kapitel 4.1. handelt es sich auch hierbei um Anthocyane, die bei der Änderung des pH-Werts eine differente Farbe aufweisen können. Für die typische Farbe des Rotweins ist das Malvidin-3-Glucosid verantwortlich, welches im normalen Zustand einen pH-Wert von 1-3 hat. Die Veränderungen am Molekül sind wie folgt:



Bei Zugabe von Natriumhydrogensulfit zum Ausgangsmolekül entfärbt sich die Flüssigkeit. Das entstandene Molekül heißt **Sulfonderivat**.
pH-Wert 4-5, farblos

Das Ausgangsmolekül
Malvidin-3-Glucosid
pH-Wert < 1, rot

Bei Zugabe einer Base tritt eine Braunfärbung auf – das Molekül ist nun eine **Pseudebase**.
pH-Wert 6-7, purpur

Bei Zugabe einer Base spaltet sich H_2O ab und eine **Anhydrobase** entsteht.
pH 7-8, tiefblau

Gibt man noch mehr Base hinzu, so öffnet sich der mittlere Ring. Es handelt sich nun um ein **Chalkon**.
pH ~ 10, gelb

4.7. EISENGALLUSTINTE

Über die Eisengallustinte vermerkt Goethe in seiner Farbenlehre:

„Eben so finden wir auch bei den Metallen, dass oft eine Halboxydation statt findet, wenn die schwarze Farbe erregt werden soll. So werden durch schwache Säuerung mehrere Metalle, besonders das Eisen, schwarz, durch Essig, durch gelinde saure Gährungen [...]“¹⁴²

4.7.1. DURCHFÜHRUNG

Aus Galläpfeln wurde durch kurzes Aufkochen im Wasser der Gerbstoff Tannin, beziehungsweise Gallussäure, gewonnen. Anschließend stellte man durch das Vermengen von Eisendraht und Schwefelsäure-Lösung (2 mol/l) eine gelbe Lösung her, die man sogleich zum Gerbstoff hinzufügte.

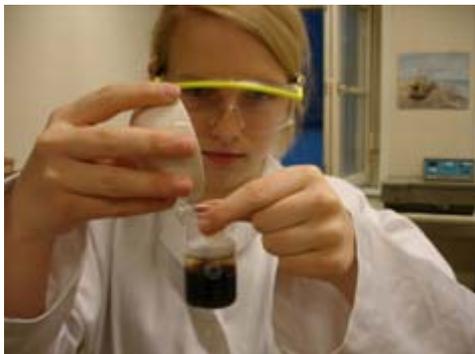


Abb.61.a. Hinzuleeren von Eisen(II)-Sulfat zur Gallussäure

4.7.2. ERGEBNIS

Werden Eisen(II)-sulfat und Tannin zusammengeschüttet, so färbt sich die Flüssigkeit sofort schwarz.

Trägt man die Tinte allerdings auf ein Blatt Papier auf, wird man bemerken, dass sie zunächst hellgrau, nach wenigen Minuten braun nachdunkelt und schlussendlich schwarz wird.

4.7.3. WAS GOETHE NICHT WUSSTE

Das Eisen(II)-sulfat bildet mit der Gallussäure eine Komplexverbindung aus. Allerdings muss das zweiwertige Eisen erst an der Luft zu Fe^{3+} oxidieren, um die typische schwarze Farbe zu erhalten. Das ist auch der Grund, warum die Eisengallustinte beim Auftragen noch hellgrau ist, nach wenigen Minuten allerdings schwarz nachdunkelt.

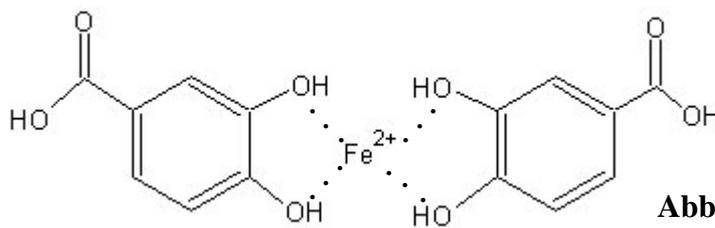


Abb.61.b. Vereinfachte Moleküldarstellung der Eisengallustinte

¹⁴² SCHWEDT, Georg: Goethes chemische Experimente, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1999, S.66

5. DAS „PROBIR-CABINET“ DES JOHANN GÖTTLING

Chemische Experimentierkästen, die sich heute überall kaufen lassen, sind bei weitem keine Erfindung unserer Zeit, sondern lassen sich bis ins 17. Jahrhundert zurückverfolgen. Schon Joachim Becher (1635-1682) beschrieb in einem postum erschienenen Werk (1689) ein tragbares Laboratorium mit 64 Geräten. Doch der bedeutendste Experimentierkasten war wohl der des Chemikers Johann Götting, wie schon in Kapitel 1.4.1. erwähnt. Von ihm sind Aufzeichnungen über insgesamt vier solcher Experimentierkästen erhalten geblieben: drei davon hatte Götting nach eigener Anweisung fertigen lassen, einen vierten, von dem Schweden G. Engström stammend, vertrieb er lediglich. Schriften über alle vier Kästen sind heute nicht mehr vorhanden, allerdings gibt es noch relativ genaue Beschreibungen zum Bau eines solchen „Probir-Cabinets“. Dieses bestand aus je zwei 12x9x9 Zoll großen Kästen, die übereinander gestellt werden konnten und gemeinsam ein Ganzes ergaben. Im Unteren der beiden Kästen befanden sich ein Glasmörser, sowie 14 mit Stöpseln verschlossene Reagenziengläser. Weiters war darin eine Schublade eingearbeitet. Im oberen Kasten fanden 21 Reagenziengläser sowie ein Pistill, eine kleine Waage und ein Blasrohr aus Messing Platz. Die Inhalte dieser Kästen und der Schublade waren wie folgt:

Schublade:

1. Lackmuspapier
2. Fernambukpapier
3. Gilbwurzpapier
4. Lackmuspapier mit Essigsäure gerötet
5. Zuckerglas
6. Glastrichter
7. Gewichte

Unten:

1. Lackmustinktur
2. Berlinerblaulauge
3. Schwefelsäure
4. Salpetersäure
5. Salzsäure
6. Essigsäure

7. Flüchtigtes luftvolles Laugensalz ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$)
8. Feuerbeständiges vegetabilisches luftvolles Laugensalz (K_2CO_3)
9. Gereinigter Weingeist
10. Kalkwasser ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
11. Destilliertes Wasser
12. Kalkleber (CaS)
13. Pulverisierte Weinsteinkristalle
14. Dr. Hanhнемanns Bleiprobe (Sulfatlösung)

Oben:

1. Luftleeres vegetabilisches feuerbeständiges Laugensalz (KOH)
2. Luftleeres flüchtiges Laugensalz (NH_3)
3. Bleiauflösung in Salpetersäure (wahrscheinlich: PbNO_3)
4. Seifenauflösung
5. Arsenikauflösung
6. Sublimatauflösung in destilliertem Wasser
7. Auflösung des Quecksilbers in Salpetersäure in der Wärme bereitet
8. Auflösung des Quecksilbers in Salpetersäure in der Kälte bereitet
9. Flüchtige Schwefelleber (H_2S)
10. Geistige Galläpfeltinktur
11. In der Salzsäure aufgelöste Schwererde (BaCl_2)
12. Silberauflösung
13. Zuckersäure (Oxalsäure)
14. Gereinigter Salmiak
15. Vitriolsaures Bittersalz (MgSO_4)
16. Kupfersulfat
17. Kupfersalmiak (Kupfertetraminkomplex)
18. Quecksilber
19. Mineralisches Laugensalz (NaOH , Na-Verbindung)
20. Kalzinierter Borax (B_2O_3)
21. Schmelzbares Urinsalz (Phosphat)

Interessant ist außerdem noch zu wissen, dass in dieser Zeit für chemische Versuche Weingläser anstatt der später üblichen Reagenzgläser verwendet wurden. Gläser waren noch

kein Massenartikel, sondern mussten für den jeweiligen Zweck hergestellt werden. Götting ließ, mit Hilfe der im Kasten befindlichen Chemikalien, Fällungs- und Farbreaktionen durchführen. Dabei legte er stets viel Wert auf eine Blindprobe, also ein Versuch, bei dem anstatt eines Reagenz destilliertes Wasser verwendet wurde. Die Erscheinung des „Probier-Cabinets“ kündigte Götting für 1789 an, ab 1790 war es schließlich erhältlich und wurde mit seinem Buch „Vollständiges chemisches Probir-Cabinet zum Handgebrauche für Scheidekünstler, Ärzte, Mineralogen, Technologen, Fabrikanten, Ökonomen und Naturliebhaber [...] Untersuchungen auf dem nassen Wege.“ geliefert. Darin waren vorwiegend Versuche in Lösungen beschrieben und aufgrund des Erfolgs seiner Publikation, beschloss er einen zweiten Band (für Versuche „auf dem trockenen Wege“) zu schreiben. Zu einem solchen kam es schlussendlich aber nicht, denn das erste Buch war bereits im Jahre 1802 völlig ausverkauft. So schrieb Götting die Versuchsbeschreibungen vom ersten Buch und dem geplanten zweiten Buch zusammen und veröffentlichte es unter dem Titel „Praktische Anleitung zur prüfenden und zerlegenden Chemie“. Götting war bei seinen Experimentierkästen, sowie beim Buch, welches er dazu lieferte, stets darauf bedacht, die chemischen Vorgänge für jeden verständlich zu erklären, sodass keine weitere Literatur nötig war. Seine Zielgruppe war also stets der normal gebildete Durchschnittsbürger – Männer wie auch Frauen –, der keinerlei Geschicklichkeit im Umgang mit Chemikalien mitbringen musste.¹⁴³

5.1. NACHBAU

Im Zuge der praktischen Arbeit wurde ein solches „Probir-Cabinet“, mit Unterstützung meines Großcousins Hans Finsterer, originalgetreu nachgebaut.

Die Maße für das Duplikat waren 33,5x33,5x21 cm je Kasten und das dafür verwendete Holz eine Erle. Die Abteilungen für Reagenziengläser wurden mit Hilfe eines Setzkasten-Prinzips gemacht und später am Boden der jeweiligen Kästen angeleimt. Für die Befestigung beider Kästen übereinander, sowie für die Befestigung des Deckels und der Schublade, wurden kleine, goldene Sichelhaken an den Seiten angebracht, die sich in den darüber liegenden Ringösen einhängen lassen. Weiters wurde, um den Kasten tragbar zu machen, ein hellbrauner Lederriemen eingeschraubt. Nach Fertigstellung wurde das Holz noch mit einem speziellen Öl eingelassen, einerseits um einen dunkleren Effekt zu erzielen und andererseits um das verarbeitete Material widerstandsfähiger zu machen.

¹⁴³ Vgl. AIGNER, Walter: Die Beiträge des Apothekers Johann Friedrich August Götting (1755-1809) zur Entwicklung der Pharmazie und Sauerstoffchemie, Dissertation der Fakultät für Chemie und Pharmazie der Ludwig-Maximilians-Universität München, München 1985, S.174-178



Abb.65.a. Bau des „Probir-Cabinets“

Das Endprodukt sah schlussendlich folgendermaßen aus:



Abb.65.b. Fertiger „Probir-Cabinet“ Nachbau

5.2. VERSUCHE AUS DEM „PROBIR-CABINET“

Bei den folgenden Versuchen handelt es sich größtenteils um Experimente, die der Chemiker Götting durchführte, beziehungsweise durchführen ließ. Es ist nicht bestätigt, dass auch Goethe Anteil genommen hat, jedoch gilt es als sehr wahrscheinlich, dass auch er praktischen Gebrauch davon machte. Sämtliche kursiv gedruckten Zitate stammen in diesem Teil von Götting.

5.2.1. BESTIMMUNG VON CHLORID UND SULFAT IM WASSER

„Die Auflösung des Silbers, ist ein vorzügliches Prüfungsmittel für Vitriol- und Salzsäure. Man lasse in ein Wasserglas voll destillirten Wassers, einen Tropfen Silberauflösung fallen, und es wird keine Veränderung geschehen.

Vermischt man mit einem Weinglase voll destillirten Wassers einige Tropfen Vitriolsäure, und tröpfelt einige Tropfen von der Silberauflösung hinzu; so entstehet ebenfalls kein Niederschlag, aber das Wasser scheint etwas zu opalisiren [...]

*Mit einem Weinglase voll destillirten Wassers vermische man einen Tropfen reine Salzsäure, und tröpfele einen Tropfen Silberauflösung hinzu; es entstehet sogleich ein weißer Niederschlag [...]*¹⁴⁴

5.2.1.1. DURCHFÜHRUNG

In drei Reagenzgläsern füllte man jeweils drei verschiedene Flüssigkeiten:

Probe 1: destilliertes Wasser

Probe 2: Salzsäure (HCl)

Probe 3: Schwefelsäure (H₂SO₄)

Zu allen drei Proben wurden anschließend einige Tropfen Silbernitrat (AgNO₃) hinzugefügt und die Reaktionen beobachtet.

5.2.1.2. ERGEBNIS

Die mit destilliertem Wasser gefüllte Probe 1, eine von Götting häufig durchgeführte „Blindprobe“, zeigt keine Veränderung. Während das Zutropfen von



Abb.66. Links: mit Salzsäure, Rechts: mit Schwefelsäure

¹⁴⁴ SCHWEDT, Georg: Analytische Basisreaktionen aus einem chemischen Probierkabinett der Goethezeit, CHEMKON 2005, 12, Nr. 1, S.18

AgNO₃ zur Schwefelsäure (Probe 3) nur eine leichte, vorübergehende Trübung aufweist, bildet sich mit Salzsäure (Probe 2) ein weißer, flockiger Niederschlag.

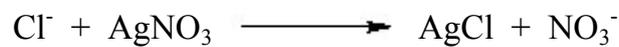
5.2.1.3. WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE

Reaktion zwischen Schwefelsäure und Silbernitrat:



Das Löslichkeitsprodukt K_L von [Ag₂SO₄] liegt bei 10⁻⁵.

Reaktion von Salzsäure und Silbernitrat:



K_L von [AgCl] beläuft sich auf 10⁻¹⁰.

Aufgrund des Löslichkeitsprodukts kann gezeigt werden, dass sich AgCl viel schlechter löst als Ag₂SO₄ und daher als weißer, flockiger Niederschlag ausfällt.

5.2.2. TESTUNG EINES RHABARBERS AUF GENUSSTAUGLICHKEIT

„Wenn in einer Flüssigkeit Kalkerde mit Luftsäure oder irgend einer andern Säure aufgelöst befindlich ist, so werden einige hineingeworfene Krystallen der Zuckersäure sogleich das Wasser trüben, und es wird ein schwerauflöslicher Zuckerselenit zu Boden fallen.“¹⁴⁵

5.2.2.1. DURCHFÜHRUNG

In ein Reagenzglas wurde Calciumcarbonat („Kalkerde“) und kohlensäurehaltiges Wasser („Luftsäure“) gefüllt. Anschließend wurde mit Hilfe einer Tropfpipette Rhabarberextrakt hinzugegeben. Dieser Extrakt enthielt die von Goethe beschriebene „Zuckersäure“ (heute: Oxalsäure).

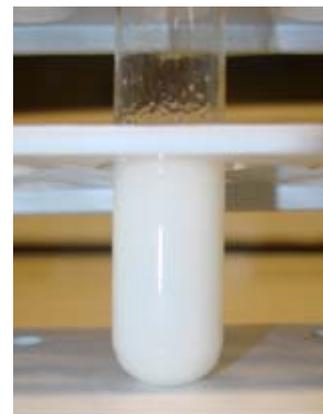


Abb.67. Auftretender Niederschlag beim Vorhandensein von Oxalsäure

¹⁴⁵ SCHWEDT, Georg: Analytische Basisreaktionen aus einem chemischen Probierkabinett der Goethezeit, CHEMKON 2005, 12, Nr. 1, S.18

5.2.3.1. DURCHFÜHRUNG

In ein Reagenzglas wurde kalkhaltiges Wasser gefüllt. Anschließend tropfte man etwas Seifenlösung hinzu.

5.2.3.2. ERGEBNIS

Durch das Zutropfen der Seifenlösung entsteht im Ca^{2+} -haltigen Wasser ein weißer Niederschlag.

5.2.3.3. WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE

Die sich im Wasser befindlichen Calcium-Ionen verbinden sich mit der Seifenlösung $\text{R}(\text{COONa})$ zu wasserunlöslichen $(\text{R-COO})_2\text{Ca}$, welches als Niederschlag ausfällt.



Abb.69. Hinzutropfen von Seifenlösung



Diese Reaktion ist beim Waschvorgang sehr unerwünscht, da sich der Niederschlag in der Kleidung festsetzt und für unansehnliche Flecken sorgt.

5.2.4. HERSTELLUNG VON BERLINERBLAULAUGE

„Enthält eine Flüssigkeit Eisen vermittelt der Luft- oder einer jeden andern Säure aufgelöst, so wird durch diese hinzugetropfte Lauge ein blauer Niederschlag entstehen, und nach und nach zu Boden fallen.

*Die bis jetzt bekannten absorbierenden Erden, die Kalkerde, Bittersalzerde, Alaunerde und Schwererde, wenn sie sich durch Hülfe einer Säure in einer Flüssigkeit aufgelöst befinden, werden durch die Berlinerblaulauge, wenn sie mit dem färbenden Wesen völlig gesättigt ist, und keine Vitriolsäure enthält, nicht niedergeschlagen. Alle Metalle aber, welche sich bey einer Flüssigkeit aufgelöst befinden, werden, und zwar mehrentheils mit verschiedenen Farben, durch die Berlinerblaulauge gefällt [...]*¹⁴⁷

Die Entdeckung des Berlinerblaus, besonders der Berlinerblaulauge, geht auf den Berliner Färber Diesbach zurück, der es 1704 bei der Lagerung eines Potttasche-Produkts aus der

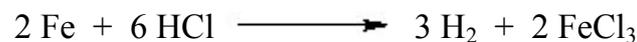
¹⁴⁷ SCHWEDT, Georg: Analytische Basisreaktionen aus einem chemischen Probierkabinett der Goethezeit, CHEMKON 2005, 12, Nr. 1, S.17

Destillation tierischer Fette in rostigen Fässern entdeckte. In der Potttasche befand sich durch Zersetzung des Rinderblutes entstandenes $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, welches mit FeCl_3 zu Berlinerblau reagierte.¹⁴⁸

Entstehung von „Berlinerblaulauge“, also Kaliumhexacyanoferrat(II):



Entstehung von FeCl_3 :



Entstehung von Berlinerblau:



5.2.4.1. DURCHFÜHRUNG

In eine Petrischale wurde Wasser gefüllt. Anschließend gab man auf die rechte Seite eine Spatelspitze FeCl_3 , auf die linke Seite dieselbe Menge $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ („Berlinerblaulauge“).

Im zweiten Teil des Versuches wurden drei Reagenzgläser mit der gleichen Menge an CaCl_2 , KAlSO_4 sowie BaCl_2 gefüllt und jeweils die gleiche Menge destilliertes Wasser hinzugeleert. Anschließend gab man zu allen drei Lösungen eine Spatelspitze Kaliumhexacyanoferrat(II). In ein viertes Reagenzglas wurde CuCl_2 gefüllt und wieder eine Spatelspitze $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ hinzugeschüttet.

5.2.4.2. ERGEBNIS

Nach kurzer Zeit wird in der Mitte der Petrischale ein blauer Streifen auftreten, der mit der Zeit immer größer wird und schlussendlich als Niederschlag zu Boden fällt.

Die zweite Versuchsreihe zeigt keine Veränderung: Das Kaliumhexacyanoferrat(II) reagiert nicht mit CaCl_2 , KAlSO_4 und BaCl_2 . Allerdings tritt eine Reaktion im vierten Reagenzglas auf: die Flüssigkeit färbt sich nach Zugabe von Kaliumhexacyanoferrat(II) violett.

¹⁴⁸ SCHWEDT, Georg: Analytische Basisreaktionen aus einem chemischen Probierkabinett der Goethezeit, CHEMKON 2005, 12, Nr. 1, S.17

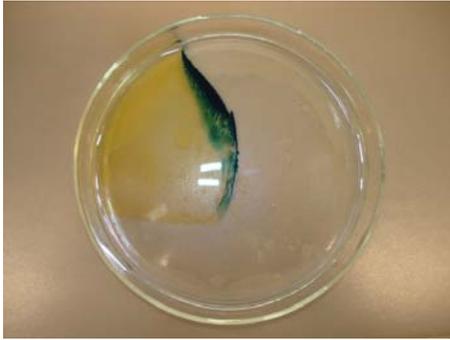


Abb.71.a. In der Petrischale tritt nach kurzer Zeit ein blauer Streifen in der Mitte auf: das Berlinerblau



Abb.71.b. Keine Reaktion: CaCl_2 , KAlSO_4 und BaCl_2 nach der Zugabe von $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$



Abb.71.c. Violette Färbung beim Vermengen von $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ und CuCl_2

5.2.4.3. WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE

Die sich im Wasser gelösten FeCl_3 - und $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ -Salze bewegen sich aufgrund der Brown'schen Molekularbewegung aufeinander zu. Wenn sie in der Mitte zusammentreffen, kommt es zur Reaktion und das Berlinerblau entsteht.

Auch Götting konnte beobachten, dass bei der Zugabe von Erdalkalimetallen, sogenannten „Kalkerde [CaCO_3], Bittersalzerde [MgCO_3], Alaunerde [KAlSO_4] und Schwererde [BaSO_4]“, keine Reaktion eintrat.

Um diese Aussage zu bestätigen, wurde der Versuch auch noch mit CuCl_2 durchgeführt. Wie oben schon beschrieben, tritt eine Verfärbung auf: Göttings Annahme war also richtig.

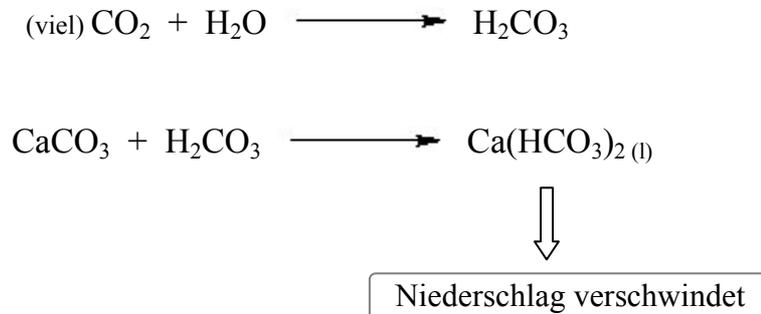
5.2.5. BESTIMMUNG VON KOHLESÄUREHÄLTIGEN VERBINDUNGEN MIT KALKWASSER

„Vermischt man gleiche Theile von einer zu untersuchenden Flüssigkeit und Kalkwasser, so wird sogleich eine merkliche Trübung erfolgen, wenn freye Luftsäure dabey vorhanden ist, weil die im Kalkwasser aufgelöst befindliche luftleere Kalkerde, sich gleich mit der vorhandenen Luftsäure verbindet, und als luftvoller Kalk zu Boden fällt. Es ist nöthig, gleiche Theile von der Flüssigkeit und Kalkwasser zu nehmen, weil sonst der luftvolle Kalk durch die etwa noch überflüssig vorhandene Luftsäure wieder aufgelöst werden kann [...]

Man schwängere etwas destillirtes Wasser mit Luftsäure, und schütte nur wenig frisches Kalkwasser hinzu; es werden sogleich weiße Wolken entstehen, die aber beym Umschütteln wieder verschwinden. Vermischt man aber gleiche Theile mit Luftsäure geschwängerten

Schritt 2:

Bläst man nun mehr CO_2 hinzu, so bildet sich weitere Kohlensäure, die wiederum mit Kalk reagiert und ihn zu löslichem $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ umwandelt; die Trübung verschwindet.



5.2.6. GILBWURZPAPIER

„Das mit Gilbwurztinktur gefärbte Papier, ist den vorhandenen Erfahrungen zu Folge, den übrigen gefärbten Papieren, um das in einer Flüssigkeit befindliche Laugensalz zu entdecken, weit vorzuziehen, weil es von den mit Luftsäure verbundenen Erden, welche zugleich neben dem Laugensalze mit einer solchen Flüssigkeit verbunden seyn können, nicht verändert wird. Ist also Laugensalz dabey befindlich, so wird die gelbe Farbe dieses Papiers in eine braune verändert.“¹⁵⁰



Abb.73. Mit Curcumin getränktes Filterpapier in Kaliumcarbonat-Lösung

5.2.6.1. DURCHFÜHRUNG

Ein Reagenzglas wurde etwa 2 cm hoch mit Currypulver gefüllt. Anschließend leerte man Aceton darüber, rührte mit einem Glasstab um und gewann daraus den Farbstoff Curcumin. Mit ihm wurde sogleich ein Filterpapier getränkt und gewartet, bis es getrocknet war. Nun hielt man das Papier in eine Lösung von Kaliumcarbonat (K_2CO_3).

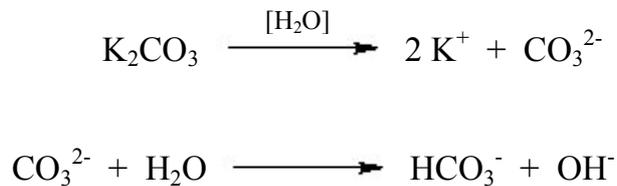
5.2.6.2. ERGEBNIS

Der Filterpapierstreifen färbt sich, sobald es mit der K_2CO_3 -Lösung in Kontakt kommt, rot.

¹⁵⁰ SCHWEDT, Georg: Analytische Basisreaktionen aus einem chemischen Probierkabinett der Goethezeit, CHEMKON 2005, 12, Nr. 1, S.16

5.2.6.3. WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE

Kaliumcarbonat löst sich im Wasser zu K^+ und CO_3^{2-} . CO_3^{2-} reagiert wiederum mit H_2O :



Die basisch wirkenden OH^- -Ionen verändern das alternierende Doppelbindungssystem des Curcumins so sehr, dass ein Farbumschlag von gelb nach rot beobachtet werden kann.

5.2.7. LACKMUSTINKTUR

„Ist eine Flüssigkeit mit Luft- oder einer jeden andern Säure geschwängert, so wird die blaue Farbe der Lackmustinktur dadurch roth gefärbt. Ist aber das Röthen durch Luftsäure geschehen, so wird die Flüssigkeit durch ein gelindes Erwärmen der Mischung wieder blau, weil durch diese Erwärmung die Luftsäure verdampft, und welche die Lackmustinktur in ihrer natürlichen Farbe zurücklässt; eben dies geschieht, wiewohl etwas langsamer, wenn die Flüssigkeit in einem offenem Glase eine zeitlang gestanden hat. Wenn aber das Rothwerden durch eine andere, der bekannten, mehr feuerbeständigen Säuren geschehen ist, so wird die Flüssigkeit auch nach der Erwärmung, roth bleiben.“¹⁵¹

5.2.7.1. DURCHFÜHRUNG

In ein Reagenzglas wurde Wasser gefüllt und mit einer Tropfpipette Lackmus hinzugeleert. Nun führte man CO_2 zu, bis eine farbliche Veränderung zu sehen war. Anschließend hielt man das Reagenzglas über die Flamme eines Bunsenbrenners und beobachtete die Vorgänge.



Abb.74.a. Hinzufügen von CO_2 : der Lackmus färbt sich rot



Abb.74.b. Erwärmung der Flüssigkeit: das ursprüngliche Blau kommt wieder zum Vorschein

¹⁵¹ SCHWEDT, Georg: Analytische Basisreaktionen aus einem chemischen Probierkabinett der Goethezeit, CHEMKON 2005, 12, Nr. 1, S.16



Abb.75. Hinzutropfen von Lackmus: die Flüssigkeit färbt sich sofort rot

In ein zweites Reagenzglas wurde HCl („feuerbeständige Säure“) gefüllt und ebenfalls Lackmus hinzutropft. Anschließend wurde die Flüssigkeit erhitzt.

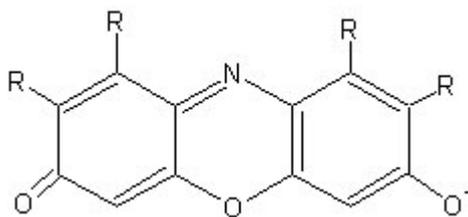
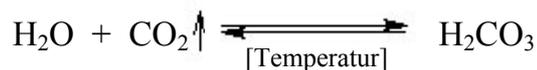
5.2.7.2. ERGEBNIS

Beim Zutropfen von Lackmus in Wasser färbt sich die Lösung blau. Bläst man CO₂ hinein, so verändert sich die Farbe ins Rote. Wird die Flüssigkeit nun über eine Flamme gehalten, kehrt die Farbe wieder in ihren Grundzustand zurück: blau.

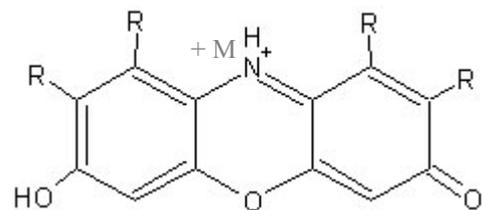
Bei der zweiten Probe ändert sich die Farbe der Flüssigkeit sofort, wenn man Lackmus hinzutropft. Das soeben entstandene rot verschwindet nicht, wenn man die Flüssigkeit über dem Feuer erhitzt.

5.2.7.3. WAS GÖTTLING NICHT WUSSTE

Durch die Zugabe von CO₂ entsteht Kohlensäure, die die Struktur des Lackmus-Moleküls so verändert, dass man eine rote Farbe wahrnehmen kann. Erhitzt man die Flüssigkeit, entweicht die Kohlensäure und das Molekül geht wieder in seine ursprüngliche Form zurück.



Lackmus blau
im Neutralen



Lackmus rot
im Sauren

Der chromophore Bereich eines Moleküls ist immer jener Bereich, der für die Absorption des Lichts zuständig und daher für die Farbigekeit eines Stoffes verantwortlich ist.

Durch die Anwesenheit der Kohlensäure entsteht im Lackmus-Molekül ein zusätzlicher positiver mesomerer Effekt, wodurch der chromophore Bereich erweitert wird und eine Farbveränderung beobachtet werden kann.

Beim zweiten Versuch kann die Säure durch Erwärmung nicht mehr aus der Lösung ausgetrieben werden; die Farbe ändert sich daher selbst durch Erhitzen nicht mehr.



6. ANHANG

6.1. LITERATURVERZEICHNIS UND INTERNETQUELLEN

LITERATURVERZEICHNIS

AIGNER, Walter: Die Beiträge des Apothekers Johann Friedrich August Götting (1755-1809) zur Entwicklung der Pharmazie und Sauerstoffchemie, Dissertation der Fakultät für Chemie und Pharmazie der Ludwig-Maximilians-Universität München, München 1985

BORCHMEYER, Dieter: Schnellkurs GOETHE, DuMont Literatur und Kunst Verlag, Köln 2005

GEBELEIN, Helmut: Alchemie, Heinrich Hugendubel Verlag, Kreuzlingen/München 2004

GOETHE, Johann Wolfgang von: Faust. Der Tragödie Erster Teil, Reclam, Ditzingen 2004

GOETHE, Johann Wolfgang von: Schriften zur Naturwissenschaft, Reclam, Ditzingen 2003

KRÄTZ, Otto: Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey Verlag, München 1998

PAWLIK, Johannes: Theorie der Farbe, DuMont Literatur und Kunst Verlag, Köln 1990

SCHACHERREITER, Christina/SCHACHERREITER, Ulrike: Das Literaturbuch. 70 Fenster zur Literatur, Band 1, Veritas-Verlag, Linz 2004

SCHWEDT, Georg: Analytische Basisreaktionen aus einem chemischen Probierkabinett der Goethezeit, CHEMKON 2005, 12, Nr. 1

SCHWEDT, Georg: Goethe als Chemiker, Springer, Berlin 1998

SCHWEDT, Georg: Goethes chemische Experimente, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1999

SCHWENK, Ernst F.: Sternstunden der frühen Chemie. Von Johann Rudolph Glauber bis Justus von Liebig, C.H. Beck, München 2000

STRUBE, Wilhelm: Geschichte der Chemie. Band 1. Das empirische Zeitalter der Chemie, Ernst Klett Verlag, Stuttgart 1999

INTERNETQUELLEN

Sämtliche Internetquellen wurde am 27. Februar 2007 auf eine Zugriffsmöglichkeit geprüft.

<http://www.chf.de/eduthek/projektarbeit-glaubersalz.html>

<http://lehrerfortbildung-bw.de/kompetenzen/gestaltung/farbe/systeme/goethe/>

<http://wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/natur/naturwissenschaften/index,page=1248178.html>

http://www.ehms-treff.de/carmen/farbenlehre/vortrag_farbenlehre.html

<http://www.farbtipps.de/goethe.html>

<http://www.fengshuinord.de/referatfarbenlehre.html>

<http://www.fh-lueneburg.de/u1/gym03/expo/jonatur/geistesw/klassik/liebleid/farblehr/newton.htm>

<http://www.wissen-im-netz.info/literatur/goethe/farbenlehre/1-iii/iii.htm>

<http://www.zwisler.de/scripts/boring/node4.html>

6.2. ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Alle angegebenen Quellen wurden am 27. Februar 2007 auf eine Zugriffsmöglichkeit geprüft. Weiters wurden sämtliche Bilder ohne Quellverweis von der Verfasserin selbst gemacht.

Titelbild – Silhouette

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/f/f2/Goethe.GIF>

Abb.8. Goethes Geburtshaus in Frankfurt am Main

<http://www.goethezeitportal.de/index.php?id=801>

Abb.11. Alchemistische Geräte

STRUBE, Wilhelm: Geschichte der Chemie. Band 1. Das empirische Zeitalter der Chemie, Ernst Klett Verlag, Stuttgart 1999, S.92

Abb.13. Antoine de Lavoisier – Begründer der Oxidationstheorie

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/96/Antoine_lavoisier.jpg

Abb.14. Lage von Ilmenau im deutschen Bundesland Thüringen

http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Dialekte_Thüringen.PNG

(Bearbeitung durch die Verfasserin)

Abb.17. Goethes Reiseroute in Italien

http://www.at-rejse-er-at-leve.dk/rejser/rejsekort/italien_byer.gif

(Bearbeitung durch die Verfasserin)

Abb.18. Bariummineral Bariumsulfat, welches in vielen Farben und Formen vorkommt

<http://baryt.granat.at/baryt%20klassisch%20kl.jpg>

Abb.19. Zeichnung Goethes mit Blick auf einen Seitenkrater des Ätnas

KRÄTZ, Otto: Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey Verlag, München 1998, S.111

Abb.20. Gedenkstatue des Mitglieds der Freitagsgesellschaft Christoph Wieland in Weimar

Abb.22. Nachfolger Göttlings an der Universität Jena: Johann Döbereiner
http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Johann_Wolfgang_Döbereiner.jpeg

Abb.23. Nachbau des Döbereiner Feuerzeugs
http://home.arcor.de/piegler/doebereiner/fotos/fotoalbum/Bilder/feuerzeug2_jpg.jpg

Abb.26. Erster Flug eines „Montgolfière“
http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Montgolfiere_1783.jpg

Abb.28.a. Veranschaulichung von Newtons Versuchsaufbau
http://www.fh-lueneburg.de/u1/gym03/expo/jonatur/geistesw/klassik/liebleid/farblehr/vers3_3g.jpg

Abb.28.b. Veranschaulichung von Goethes Versuchsaufbau
http://www.fh-lueneburg.de/u1/gym03/expo/jonatur/geistesw/klassik/liebleid/farblehr/vers3_2g.jpg

Abb.29. Der britische Physiker Sir Isaac Newton
<http://www.mathe.tu-freiberg.de/~hebisch/cafe/newton.jpg>

Abb.30. Goethes Farbkreis zur Symbolisierung des menschlichen Geistes- und Seelenlebens, 1809
<http://swiki.hfbk-hamburg.de:8888/Institut/uploads/116/GoetheFarbkreis.jpg>

Abb.42. Eine Abbildung aus dem 19. Jahrhundert: Faust beim Ausbrüten des Homunculus
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Homunculus_Faust.jpg

Abb.44.a. Goethes Wohnhaus am Frauenplan

Abb.44.b. Goethes Gartenhaus im Park an der Ilm

Abb.45.a. Gedenkstatue Goethes (links) und Schillers (rechts)

Abb.45.b. Gedenkstätte der Familie Goethe

Abb.45.c. Sarg Goethes und Schillers in der Fürstengruft

Abb.45.d. Geräte zur Glasbearbeitung

Abb.46.a. Goethes Aufenthaltsort in Stützerbach

Abb.46.b. Goethes Arbeitszimmer in Stützerbach

Abb.48.a. Orange Gerbera
<http://www.lancasterfarms.com/images/64817607650.gif>

Abb.48.b. Farbliche Veränderung des Gerberaextrakts nach Zugabe diverser Reagenzien

Abb.49.a. Rote Rose
<http://www.ualani.net/rose-red-and-white.jpg>

Abb.49.b. Farbliche Veränderung des Rosenextrakts nach Zugabe diverser Reagenzien

Abb.50.a. Rote Radieschen

<http://www.mehrzweckbeutel.de/staubsauger/images/beutelbilder/RADIESCHEN.jpg>

Abb.50.a. Farbliche Veränderung des Radieschenextrakts nach Zugabe diverser Reagenzien

Abb.52. Kristalle in Natronwasserglas: Marsbaum

Abb.53. Verbrennung von Eisenwolle in reinem Sauerstoff

Abb.55.a. Das Gemisch aus Kaliumnitrat, Bariumnitrat, Saccharose, Kaliumchlorat und Aluminiumchlorat auf feuerfester Unterlage

Abb.55.b. Das „Indianische Weißfeuer“

Abb.56. Überschichten der Lösungen mit Essigsäure

Abb.57. Mineralisches Chamäleon

Abb.58. Nach Durchführung von Schritt 1

Abb.59.a. Nach Durchführung von Schritt 2

Abb.59.b. Probe 2 nach der Durchführung von Schritt 1

Abb.61.a. Hinzuleeren von Eisen(II)-Sulfat zur Gallussäure

Abb.61.b. Vereinfachte Moleküldarstellung der Eisengallustinte

Abb.65.a. Bau des „Probir-Cabinets“

Abb.65.b. Fertiger „Probir-Cabinet“ Nachbau

Abb.66. Links: mit Salzsäure, Rechts: mit Schwefelsäure

Abb.67. Auftretender Niederschlag beim Vorhandensein von Oxalsäure

Abb.69. Hinzutropfen von Seifenlösung

Abb.71.a. In der Petrischale tritt nach kurzer Zeit ein blauer Streifen in der Mitte auf: das Berlinerblau

Abb.71.b. Keine Reaktion: CaCl_2 , KAlSO_4 und BaCl_2 nach der Zugabe von $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$

Abb.71.c. Violette Färbung beim Vermengen von $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ und CuCl_2

Abb.72.a. Erzeugung von „Luftsäure“ durch hineinblasen

Abb.72.b. Weiteres hineinblasen von CO_2

Abb.73. Mit Curcumin getränktes Filterpapier in Kaliumcarbonat-Lösung

Abb.74.a. Hinzufügen von CO₂: der Lackmus färbt sich rot

Abb.74.b. Erwärmung der Flüssigkeit: das ursprüngliche Blau kommt wieder zum Vorschein

Abb.75. Hinzutropfen von Lackmus: die Flüssigkeit färbt sich sofort rot

TABELLENVERZEICHNIS

Tab.48.a. Farbveränderung in Abhängigkeit des pH-Werts

Tab.48.b. Goethes Aufzeichnungen zu Pflanze 1

SCHWEDT, Georg: Goethes chemische Experimente, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1999, S.64

Tab.49.a. Farbveränderung in Abhängigkeit des pH-Werts

Tab.49.b. Goethes Aufzeichnungen zu Pflanze 2

SCHWEDT, Georg: Goethes chemische Experimente, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1999, S.63

Tab.50.a. Farbveränderung in Abhängigkeit des pH-Werts

Tab.50.b. Goethes Aufzeichnungen zu Pflanze 3

SCHWEDT, Georg: Goethes chemische Experimente, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1999, S.63

6.3. PROTOKOLL

19.04.2006	Festlegung des Themas mit Prof. Haim
04.07.2006	Besprechung mit Prof. Haim
08. – 12.07.2006	Reise nach Weimar, Stützerbach und Jena
11.09.2006	Besprechung mit Prof. Haim
22.09.2006	Frist für die Themenwahl
03.10.2006	Besprechung der Fachbereichsarbeiten mit Direktor Seitz
17.10.2006	Besprechung mit Prof. Haim über den Grundriss der FBA, die Experimente und weiteren Vorgehensweisen
30.11.2006	Durchführung der ersten Experimente: Marsbaum, Verbrennung von Eisenwolle an Sauerstoff, Mineralisches Chamäleon (missglückt)
01.12.2006	Wiederholung des Versuches zum Mineralischen Chamäleon
14.12.2006	Herstellung der Eisengallustinte
15.12.2006	Durchführung des Rotwein Experiments und des Versuches mit Pflanzensäften
21.12.2006	Besprechung mit Prof. Haim
30.12.2006	Arbeiten mit Hans Finsterer am „Probir-Cabinet“ in Haslach an der Mühl
02.01.2007	Arbeiten mit Hans Finsterer am „Probir-Cabinet“
04.01.2007	Fertigstellung des „Probir-Cabinets“ mit Hans Finsterer
11.01.2007	Durchführung der Versuche zum „Probir-Cabinet“: Seifenauflösung, Auflösung des Silbers in der Salpetersäure, Rhabarberextrakt
25.01.2007	Versuch zum Indianischen Weißfeuer, Versuch zum „Probir-Cabinet“: Lackmustinktur
13.02.2007	Besprechung mit Prof. Haim
14.02.2007	Besprechung mit Prof. Haim
16.02.2007	Besprechung mit Prof. Haim
26.02.2007	Besprechung mit Prof. Haim
02.03.2007	Abgabe der Fachbereichsarbeit