

War Leonardo ein Chemiker?**

Pedro Cintas*

Das Editorial und das Titelbild der ersten Ausgabe der *Angewandten Chemie* des Jahres 2000 präsentieren den Menschen nach Vetriv, eine berühmte Federzeichnung von Leonardo da Vinci.^[1] Dieses Genie der Renaissance wurde bereits zu Lebzeiten – und auch heute noch – wegen seiner Vielseitigkeit und seines schier grenzenlosen Strebens nach Wissen bewundert. Die meisten Biographien konzentrieren sich auf Leonardo als den großen Künstler, Architekten, Musiker und Militärtechniker. Seine verschiedenen wissenschaftlichen Fähigkeiten sind ebenfalls dokumentiert, wobei aber seine Beiträge zur Chemie und Physik weitgehend unbeachtet bleiben.

Die wissenschaftlichen Errungenschaften sind in einer großen Sammlung von Manuskripten enthalten, hauptsächlich in unzusammenhängenden Notizen für seinen eigenen Gebrauch, die zwischen 1490 und 1518 geschrieben wurden. Einige seiner Kodizes, vor allem der umfassende *Codex Atlanticus* und der *Codex Arundel*, enthalten zahlreiche Skizzen und Beschreibungen von chemischen Präparaten und Geräten wie Öfen, einer Mischmühle, Destillierkolben und kunstvollen Waagen.^[2-4] Viele Leser werden wissen, dass all dies in Leonardos besonderer Handschrift niedergeschrieben wurde: Die Notizbücher können mit Hilfe eines Spiegels gelesen werden. Entgegen der landläufigen Meinung sollte diese Angewohnheit nicht als Geheimschrift betrachtet werden. Leonardo war nämlich Linkshänder, und in Spiegelschrift zu schreiben war daher selbstverständlich für ihn.

Anders als seine künstlerischen Studien sind seine wissenschaftlichen Aufzeichnungen nicht klar geordnet. Leonardo hatte eine bemerkenswerte Beobachtungsgabe, kombiniert mit einer streng empirischen Betrachtungsweise, um natürliche Phänomene, oft anhand mechanischer Modelle, zu

erklären. Leonardo befürwortete das Wiederholen von Experimenten, und die Bestimmung von Gewichten, Entfernungen und Geschwindigkeiten bildete einen festen Bestandteil aller seiner Beobachtungen. Er erfand zwar die Waage nicht, zumindest nicht in der uns geläufigen Form, aber er entwickelte einige Vorrichtungen zum Vergleich von Gewichten.

Besonders in den Jahren von 1482 bis 1499 war Leonardo wissenschaftlich aktiv (während dieser Zeit vollendete er dagegen nur sechs Gemälde), im Dienst des Herzogs Ludovico Sforza in Mailand als „pictor et ingenarius ducalis“ (Maler und Kriegsbaumeister des Herzogs). Später, 1502, trat er als Kriegsbaumeister und Militärtechniker in den Dienst von Cesare Borgia. Leonardo untersuchte die Zusammensetzung von Bronzen für das Gießen von Geschützen und stellte fest, dass Zinn durch Blei ersetzt werden kann; die Bronze für Geschütze, so stellte er fest, sollte sechs bis acht Prozent Zinn enthalten. Ebenso beschrieb er die Herstellung eines Schießpulvers, das er Griechisches Feuer nannte, wobei Salpeter (Kaliumnitrat), Weidenholzkohle, Weingeist, Schwefel, Pech, Weihrauch und Campher zusammen erhitzt und auf „lana etiopica“ (Wolle) ausgebreitet wurden. Er erfand ein „Kampfgas“, bestehend aus dem Rauch verbrannter Federn, Schwefel und Realgar (Arsensulfid, As₄S₄), dessen Wirkung sieben bis acht Stunden anhielt.

Leonardo beschrieb die Herstellung von „aqua fortis“ (Salpetersäure) aus gleichen Mengen Römischtalit,^[5] Salpeter, Grünspan^[6] und Zinnober (oder Colcothar).^[7] Eine so hergestellte Lösung vermochte Kupfer aufzulösen, und Leonardo bemerkte, dass Pyrite Kupfer enthalten, wenn ihre Behandlung mit aqua fortis eine grüne Lösung liefert, aus der mit Salpeter und Schmierseife ein Niederschlag erhalten wird.

Leonardos Aufzeichnungen zur Chemie enthalten auch Formulierungen für Farben und Pigmente, die er bei seinen künstlerischen Arbeiten verwendete. So enthält der *Codex Atlanticus* zahlreiche Anleitungen: „Für vetro giallo (gelben Glanz) nehme man eine Unze tuzia (Zinkoxid), $\frac{3}{4}$ Teile indischen Safran, $\frac{1}{4}$ Teile Borax und zerreiße alles zu einem Pulver“. Leider enthalten andere Aufzeichnungen keine genauen Mengenangaben: „Um Wohlgeruch zu erzeugen, nehme man frisches Rosenwasser und befeuchte die Hände, dann nehme man Lavendelblüten und reibe sie zwischen den Handballen, und es wird gut sein.“

Eines seiner Pigmente, das als Grünes Feuer bezeichnet wurde, erhielt man durch Einweichen von Grünspan in

[*] Prof. Dr. P. Cintas
Departamento de Química Orgánica
Facultad de Ciencias
Universidad de Extremadura
06071 Badajoz (Spanien)
Fax: (+34) 924-271-149
E-mail: pecintas@unex.es

[**] Diese Arbeit wurde vom spanischen Ministerium für Bildung und Kultur (Förder-Nr. PB98-0997) unterstützt. Ich danke dem Britannica Center, Chicago, für die freundlicherweise zur Verfügung gestellten Informationen über die Biographie und die wissenschaftlichen Beiträge Leonardo da Vincis.

Terpentinöl und anschließendes Filtrieren; andere Farben wurden mit Alkohol aus Blumen extrahiert. Leonardo verwendete auch Proteine in Form einer konzentrierten Gelatine- oder Eiweißlösung, zu der Pigmente oder Pflanzenextrakte gegeben wurden. Solche Mischungen wurden auf keramische Formen aufgebracht, die getrocknet und lackiert wurden, um damit Gegenstände herzustellen, die wie Achat, Jaspis oder Bernstein aussahen. Durch Imprägnieren von Papier mit diesen Pigmenten entstanden dichte Platten, die nach dem Lackieren Glas ähnelten und wasserundurchlässig waren – eine fast perfekte Imitation eines modernen Kunststoffs.

Ein großer Teil von Leonards chemischen Untersuchungen war der Verbrennung gewidmet. Eine Zeichnung eines Alchimistenofens mit zwei Destilliergefäßen findet sich im *Codex Atlanticus*. Leonardo erfand auch einen Lampenofen, bei dem die Flamme mit Frischluft versorgt wurde, und eine Lampe mit gleichbleibendem Ölspiegel. Leonardo kannte die Bedeutung der Luft für die Helligkeit einer Flamme und für die Erhaltung von Leben. Er beschrieb Flammen ausführlich in Bildern, die den blauen inneren Kegel zeigen. Einige Gelehrte haben dies dahingehend gedeutet, dass Leonardo kurz vor der Entdeckung des Sauerstoffs stand (was schließlich Priestley 1774 gelang): „Wo Feuer nicht bestehen kann, kann kein Tier leben, das Atem holt“ (*Codex Atlanticus*). Feuer und Atmung waren jedoch für Leonardo zwei verschiedene Phänomene, die nichts miteinander zu tun hatten, und es ist deshalb spekulativ anzunehmen, Leonardo habe gedacht, Luft enthielte eine für das Leben essentielle Komponente.

Selbst wenn Leonardo alchimistische Methoden zur Herstellung von Dingen schätzte, die in der Natur nicht vorkommen, so erkannte er doch viele Fehldeutungen und Betrügereien von Alchimisten (*Codex Atlanticus*):

„I bugiardi interpitri di natura affermano lo argento vivo essere commune semenza a tutti i metalli, non si ricordamo che la natura varia le semenze secondo la diversità delle cose che essa voле produrre al mondo.“ („Die lügenhaften Naturdeuter erklären, dass Quecksilber der gemeinsame Samen eines jeden Metalls sei, nicht bedenkend, dass die Natur den Samen verändert entsprechend der Vielzahl der Dinge, die sie in der Welt zu schaffen wünscht.“)

Außerdem merkte er an: „Die Natur macht nicht auf irgendeine Art Gold aus Quecksilber oder Schwefel, doch nur durch das Feuer oder die Wärme der Natur wird die Welt belebt.“

Leonardo war mit der induktiven Methode vertraut, und das zu einer Zeit, als nur wenige Menschen einen direkten

Dialog zwischen Beobachtung und Experiment herstellten. Er hatte die Arbeiten von Archimedes studiert und erkannte die Bedeutung der Mathematik. Er verglich die Dichten von Flüssigkeiten durch Ausbalancieren von Flüssigkeitssäulen in U-Rohren; er bemerkte, dass frisches Wasser leichter ist als Salzwasser, letzteres sein Salz beim Filtrieren durch Ton zurücklässt und die Dichte von Wasser zunimmt, wenn es kälter wird, bis es gefriert.

Obwohl Leonardo Begriffe wie Bewegung, Gewicht oder Kraft alle im Zusammenhang mit den aristotelischen Elementen Luft, Feuer, Wasser und Erde diskutierte, war er doch skeptisch gegenüber den „Spiritus oder Fluida“ in Materie. Er nahm an, dass alle Wärme im Universum letztlich von der Sonne kommt. Sonnenwärme kann an einem Spiegel reflektiert sowie durch Wassertropfen gebrochen werden und erwärmt das Wasser nicht beim Durchtritt. Er stellte fest, dass Salz kein „Schweiß“ der Erde ist, da der Erde entspringende Quellen nicht salzhaltig sind. Der Salzgehalt des Meeres sei auf Quellen zurückzuführen, die in der Erde Mineralsalze lösen und sie ins Meer tragen.

Zweifellos war Leonardo seiner Zeit voraus. Anhand seiner naturwissenschaftlichen Beiträge ließe er sich eher zur Aufklärung zuordnen als zur Renaissance. Viele seiner Beobachtungen oder Beschreibungen sind vergleichbar mit denen seiner Zeitgenossen. Hätte Leonardo in unserer Epoche gelebt, wäre er auch ein Chemiker gewesen, weil er offensichtlich zeitlebens aktiv chemische Forschung betrieb.

-
- [1] P. Gölitz, *Angew. Chem.* **2000**, *112*, 3–4; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2000**, *39*, 3–4.
 - [2] Eine Reihe von Büchern beschäftigt sich mit der wissenschaftlichen Seite Leonards: L. Goldscheider, *Leonardo da Vinci: Life and Work*, Graphic, New York, **1959**; I. B. Hart, *World of Leonardo da Vinci: Man of Science, Engineer and Dreamer of Flight*, Viking, New York, **1962**; J. H. Randall in *Roots of Scientific Thought* (Hrsg.: P. P. Wiener, A. Noland), Basic Books, New York, **1957**, S. 207–218; V. P. Zubov, *Leonardo da Vinci*, Harvard University Press, Cambridge, **1962**.
 - [3] L. Reti, *Chim. Ind. (Milan)* **1952**, *34*, 655–721.
 - [4] F. Klemm, *Chem. Exp. Didakt.* **1976**, *2*, 361–365.
 - [5] Es sollte sich um Schwefelsäure handeln, obwohl der Begriff Vitriol eigentlich für manche Metallsulfate verwendet wurde.
 - [6] Eine grüne oder blaue kristalline Verbindung, die durch Behandeln von Kupfer mit Essigsäure erhalten wurde und als Fungizid und Pigment eingesetzt wurde. Der Name kommt vom französischen „vert de Grice“.
 - [7] Wahrscheinlich verwendete Leonardo beide Mineralien. Zinnober entspricht der roten Form des Quecksilbersulfids und wurde als Pigment verwendet. Der Name kommt vom lateinischen „cinnabaris“, das „orientalischen Ursprungs“ bedeutet. Colcothar (von einem französischen oder arabischen Wort) bezeichnet eine fein gepulvrierte Form von Eisen(III)-oxid, die durch Erhitzen von Eisen(II)-sulfat hergestellt wurde und ebenfalls als Pigment Verwendung fand.