

Zur Beschreibung chemischer Verfahren in der altchinesischen Technologie-Enzyklopädie „Tian gong kai wu“ aus dem Jahre 1637

Dr. Konrad Herrmann, Mühltaler Str. 44, 12555 Berlin, <konrad.herrmann@ptb.de>

Zum Inhalt des "Tian gong kai wu"

Die Enzyklopädie "Tian gong kai wu" (Erschließung der himmlischen Schätze) widerspiegelt das technologische Niveau in Landwirtschaft und Handwerk während der Ming-Dynastie (1368 - 1644).

Die Enzyklopädie "Erschließung der himmlischen Schätze" wurde von Song Yingxing verfasst, der von 1587 bis etwa 1666 lebte. Dieses Werk erschien zuerst im Jahre 1637. Song Yingxing entstammte einer verarmten Landbesitzerfamilie in der südostchinesischen Provinz Jiangxi. Ungeachtet der materiellen Schwierigkeiten hielt die Familie am Ideal fest, dass die Söhne studieren sollten, um sich auf die Beamtenprüfungen vorzubereiten, denn die Tätigkeit als Beamter sicherte ein hohes Einkommen und ebenso ein hohes soziales Ansehen. Während er die Prüfung auf Provinzebene, an der mehr als 10000 Kandidaten teilnahmen, mit Bravour ablegte, war ihm danach bei den in der Hauptstadt stattfindenden Palastprüfungen das Prüfungsglück nicht mehr hold. Fünfmal fuhr er in die Hauptstadt, fiel aber jedes Mal durch die Prüfung. Nach der fünften fehlgeschlagenen Palastprüfung war Song Yingxing bereits 45 Jahre alt. Auch wenn er auf die fruchtlosen Beamtenprüfungen viele Jahre seines Lebens verwendet hatte, hatte er doch auf den fünf Reisen von seiner Heimatprovinz Jiangxi nach Peking mit offenen Augen das Leben in den Dörfern und Städten unterwegs beobachtet, denn vieles von seiner praktischen Anschauung widerspiegelt sich in seinem später verfassten Werk "Erschließung der himmlischen Schätze".

Nach Song Yingxings Entschluss, fortan keine große Beamtenprüfung mehr anzustreben, widmete er sich dem Schreiben von Büchern mit zum Teil naturwissenschaftlichem Inhalt. Im Jahre 1637 vollendete er schließlich sein wichtigstes Buch "Erschließung der himmlischen Schätze", das ihn als Enzyklopädisten der

Technologien berühmt machte. Im Kontext seiner Geisteswelt wird klar, dass er mit dem Meisterwerk der "Himmlichen Schätze" nicht nur die zu seiner Zeit bekannten Technologien in Landwirtschaft und Handwerk beschrieb, sondern sie in den Rahmen einer rationalen, praxisbetonten Weltansicht stellte.

Die "Erschließung der himmlischen Schätze" steht in der Traditionslinie des "Buches der Landwirtschaft" (Nong shu) von Wang Zhen (1313) und der "Bilder vom Pflügen und Weben" (Geng zhi tu) aus dem Jahre 1145. Zu den neben der "Erschließung der himmlischen Schätze" herausragenden zeitgenössischen Werken naturwissenschaftlich-technischen Inhalts zählen die umfassende Pharmakologie "Materia Medica" (Bencao gangmu) von Li Shizhen (1518 - 1593), die im Jahre 1596 erschien, und die "Vollständige Abhandlung der landwirtschaftlichen Verwaltung" (Nong zheng quan shu) von Xu Guangqi (1562 - 1633), die im Jahre 1639 gedruckt wurde.

Das Buch ist in 18 Kapitel mit folgendem Inhalt gegliedert:

Wirtschaftszweig	Beschriebene Technologien
Land- und Forstwirtschaft und Bewässerung	Anbau und Verarbeitung von Getreide, Bewässerung, Zucker, pflanzliche Öle, Seidenraupenzucht, Textilien, Textilfarben, fermentierte Nahrungsmittel, Papier, Perlen, Tusche
Metallgewinnung und -verarbeitung	Bronzemetallurgie, Eisenwaren, Metallurgie, Waffen, Quecksilber
Verarbeitung von Bodenschätzen	Keramik, Porzellan, Salz, Kohle, Kupfersulfat, Schwefel, Arsen, Jade
Transportmittel	Herstellung von Wagen und Schiffen

Die Aufstellung verdeutlicht, dass der Landwirtschaft als der Grundlage der Gesellschaft der größte Raum zugewiesen wurde. Aber das Buch beschreibt gerade auch handwerkliche und industrielle Technologien, die einen hohen Grad von Arbeitsteilung erforderten.

Entsprechend der oben aufgeführten Tabelle werden in den Kapiteln über Metallgewinnung und Verarbeitung von Bodenschätzen Verfahren mit anorganischen Stoffen und in den Kapiteln über Textilfarben und fermentierte Nahrungsmittel Verfahren mit organischen Stoffen beschrieben.

Beschreibung chemischer Verfahren

A. VERFAHREN MIT ANORGANISCHEN STOFFEN

1 Metallgewinnung

Stahlherstellung

Das von Song Yingxing beschriebene Verfahren zur Herstellung von Stahl beruht auf dem Vermischen von Roheisen mit einem hohen Kohlenstoffgehalt zwischen 2,0 bis 6,7 % und Schmiedeeisen mit einem Kohlenstoffgehalt von weniger als 0,05%. Beide Eisenarten wurden zusammengegossen, wonach lokale Unterschiede des Kohlenstoffgehalts durch Schmieden ausgeglichen wurden. Die Anfänge dieser Technologie reichen in das Jahr 550 n. Chr. zu Qiwu Huaiwen (Nördliche Qi-Dynastie) zurück. Der während der Ming-Dynastie erzielte Fortschritt bestand darin, dass das Schmiedeeisen zu dünnen Blechstreifen ausgeschmiedet wurde, so dass es eine möglichst große Fläche für das Vermischen mit dem Roheisen bot. Die Abdeckung des Roh- und des Schmiedeeisens mit ausgetretenen Strohstrahlen und feuchtem Lehm ermöglichte ein rasches Erhitzen der Hochofenfüllung.

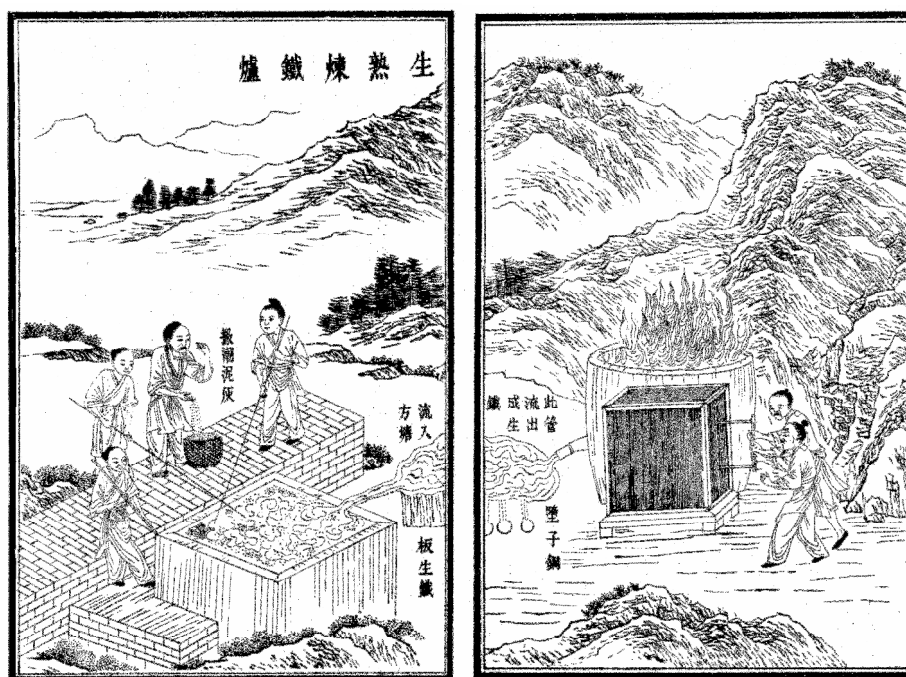


Abb. 1: Ansicht eines Schmelzofens zur Herstellung von Roheisen (rechts) und Rühren des Roheisens zur Gewinnung von schmiedbarem Eisen (Stahl, links)

Bemerkenswert ist die hohe Durchsatzrate für eine Hochofenfüllung, so dass ein mit Eisenerz beschickter Hochofen aller vier Stunden abgestochen werden konnte. Das Schmiedeeisen wurde im Anschluss quasi kontinuierlich durch Rühren mit Weidenstöcken, wobei die unerwünschten Beimengungen oxidierten, hergestellt. In Europa wurde ein vergleichbares Verfahren, bei dem Luppen und Schrott zu flüssigem Stahl geschmolzen wurden, 1742 von Benjamin Huntsman erprobt.

Gewinnung von Zink

Song Yingxing beschrieb in der "Erschließung der himmlischen Schätze" als erster die Herstellung von metallischem Zink aus Zinkspat (ZnCO_3). Die Schwierigkeit des Schmelzens von Zink besteht darin, dass die Reduktionstemperatur von Zink bei etwas über $1000\text{ }^\circ\text{C}$, der Siedepunkt aber nur bei $907\text{ }^\circ\text{C}$ liegt. Deshalb verwandelt sich Zink bei seiner Reduktion im Allgemeinen in Gas, das sich beim Abkühlen mit Sauerstoff wieder zu Zinkoxid verbindet. Die Reduktion des Zinks muss deshalb in luftdicht verschlossenen Reaktionsgefäßen durchgeführt werden.

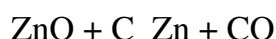


Abb. 2: Raffinieren von Zink in geschlossenen Reaktionsgefäßen

Bei der Beschreibung des Reaktionsgefäßes ließ Song Yingxing offensichtlich ein wesentliches Detail aus. Das Gefäß bestand wohl, wie man der Originalillustration über das "Raffinieren von Zink" entnehmen kann, aus einem vasenförmigen Untergefäß und einem darauf gesetzten Deckel. Der Deckel war anscheinend nicht hermetisch dicht abgeschlossen gewesen, sondern besaß eine Öffnung. In der ersten Phase zersetzte sich das Zinkcarbonat:



Das CO_2 musste durch die Öffnung nach außen entweichen können, und das ZnO wurde dann mit dem von außen eindringenden C reduziert:



Möglicherweise befand sich in der Abdichtung des Deckels eine Mischung aus Lehm und Holzkohlenstaub, der die Reduktion auslöste.

Zwischen beiden Gefäßhälften muss sich im Innern außerdem eine horizontale Zwischenwand mit einer Durchgangsöffnung befunden haben. Wenn das Reaktionsgefäß die Reduktionstemperatur erreicht hatte, stieg der Zinkdampf durch die Öffnung in die obere Gefäßhälfte auf, kühlte sich an der Gefäßwand ab und tropfte als flüssiges Zink wieder in die untere Gefäßhälfte.¹

Reines Zink erlangte während der Ming-Dynastie als Münzmetall Bedeutung. Aus dieser Zeit sind Münzen aus 99 % Zn und 1 % Ag bekannt. In Europa wurde Zink gelegentlich und in kleinen Mengen um 1600 vom Goslarer Hüttenmeister Georg Engelhard von Löhneyss geschmolzen. Die erste Zinkhütte errichtete William Champion 1743 in der Nähe von Bristol.

Schmelzen von Edelmetallen

Die "Erschließung der himmlischen Schätze" beschreibt den sogenannten Treibprozess zur Trennung der Edelmetalle von den mit vorkommenden anderen Metallerzen. Beispielsweise wurde beim Schmelzen von Silber das unerwünschte Blei bei relativ niedriger Temperatur als Bleioxid entfernt, während das Silber nicht oxidiert. Das Erreichen der notwendigen Temperatur zum Schmelzen der Metalle wurde über die Farbe der Flamme bestimmt.

Zur Trennung von Silber aus einer Goldschmelze verwendete man als Flussmittel Borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), das bewirkt, dass das Silber vor dem Gold zu schmelzen anfängt und separiert werden kann.

Verarbeitung von Quecksilbererzen

Das Quecksilbererz Quecksilbersulfid (HgS) hatte eine recht große Bedeutung zur Gewinnung der Farbe Zinnoberrot. Als eine dem Kaiser vorbehaltene Farbe wurde Zinnoberrot zur Herstellung von Schreibtusche und zum Bemalen von Gegenständen für den Kaiserhof, wie z. B. Wandschirmen verwendet. Da aus dem Quecksilbererz wegen seiner minderen Qualität nicht direkt Zinnoberrot gewonnen werden konnte, wurde es erst in einem Ofen mit Holzkohle zu Quecksilber reduziert. Das Quecksilber wurde über eine Haube über dem Ofen und ein Rohr in ein Auffanggefäß geleitet. Danach wurde das Quecksilber mit Schwefel zu Zinnober verwandelt. Wie in Europa wurde in China seit langer Zeit mit Quecksilber experimentiert. Die Umkehrbarkeit der Gewinnung von Quecksilber und Quecksilbersulfid war bekannt. Im „Tian gong kai wu“ wurde auch die Vorstellung von der Erhaltung der Masse unterstellt, wenn es heißt:

Je ein Jin [596,8 g] Quecksilber liefert 14 Liang Zinnober der Spitzenklasse [522,2 g] und 3 Liang 5 Qian [130,6 g] Zinnober zweiter Klasse. Die Ausbeute ist durch die Menge des eingesetzten Schwefels bedingt.

Das Gesetz von der Erhaltung der Masse in chemischen Prozessen wurde zuerst 130 Jahre nach Song Yingxing von Antoine Laurent de Lavoisier (1743 – 1794) formuliert.

2 Verarbeitung von nichtmetallischen Bodenschätzen

Herstellung von Porzellan

Die Herstellung von Porzellan ist im wesentlichen ein Sinterprozess von fein gemahlenem SiO_2 (Quarz, 45 %), Al_2O_3 (Kaolin, 25 %) und Feldspat (Alumosilikat, 25 %). (Die Zusammensetzung kann erheblich differieren.) Die Schwierigkeit der Herstellung von Hartporzellan besteht darin, dass eine Brenntemperatur von ca. 1400 °C über 24 Stunden erreicht werden muss. Hierfür baute man an Berghängen lang gestreckte Tunnelöfen, die durch einen starken Luftzug einen reichliche Sauerstoffzufuhr ermöglichten. Als Brennmaterial diente Holz.

Im „Tian gong kai wu“ sind die Zubereitung der Porzellanmasse, die Herstellung der Porzellanrohware, das Glasieren und das Brennen des Porzellans ausführlich beschrieben.

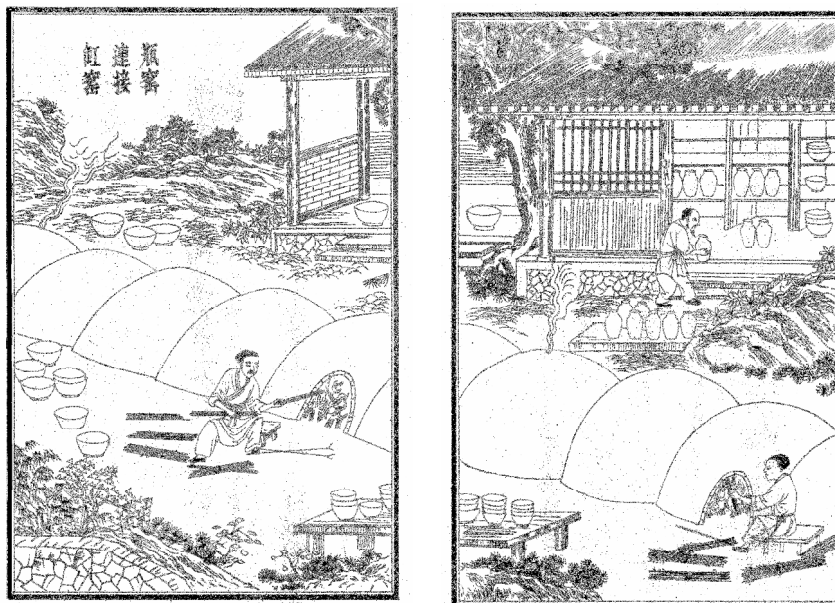


Abb. 3: Tunnelförmiger Porzellanbrennofen an einem Berghang

Unter den Gesteinen, die geröstet wurden, hatte die Gewinnung von Kalk die wirtschaftlich größte Bedeutung. Im „Tian gong kai wu“ heißt es:

Kalk lässt sich nach dem Brennen verwenden. Wenn er einmal seine besonderen Eigenschaften erhalten hat, kann er durch Wasser nicht verderben. Auf unzähligen Schiffen und in unzähligen Mauern wird er zum Schutz vor Wasser eingesetzt.

Herstellung von Schießpulver

Die Erfindung des Schießpulvers (im 9. Jahrhundert n. Chr.) zählt zusammen mit der Erfindung des Kompasses, der Papierherstellung und des Buchdrucks zu den vier großen Erfindungen im alten China. Im „Tian gong kai wu“ ist beschrieben, dass der Hauptbestandteil Schwefel durch Reduktion aus Pyriterz (Eisensulfid) oder pyrithaltiger Kohle mit Steinkohle gewonnen wird.

Der Salpeter (NaNO_3) wurde an verschiedenen Fundstellen in China abgebaut, gereinigt und durch Kochen einer Salpeterlösung auskristallisiert.

Die Bestandteile Schwefel, Salpeter und Holzkohle wurden fein gemahlen und in einem Verhältnis von ungefähr 10,6 % Schwefel, 75,7 % Salpeter und 13,7 % Holzkohle gemischt.²

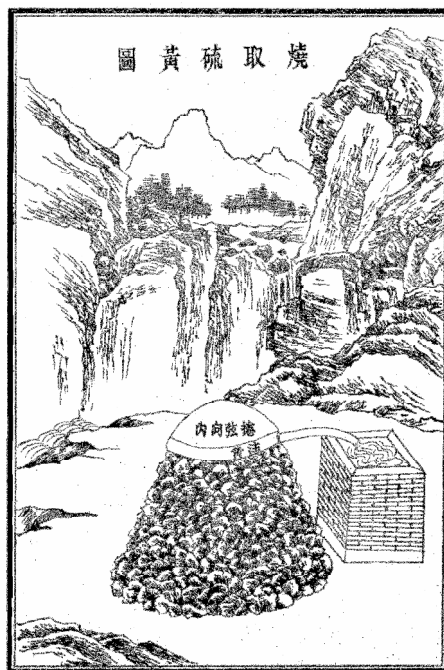


Abb. 4: Rösten von Pyritierz zur Gewinnung von Schwefel

Zur Erklärung der Explosionswirkung des Schießpulvers heißt es im „Tian gong kai wu“:

Salpeter hat einen sehr starken Yin- und Schwefel einen sehr starken Yang-Charakter, und wenn Yin- und Yang-Stoffe in einem Raum ohne jegliche Zwischenräume zusammentreffen, explodieren sie, so dass Menschen ihr Leben verlieren und Materie zu Staub zerfällt.

Somit griff Song Yingxing auf die alte Yin-Yang-Theorie zurück, nach der alle physikalische Erscheinungen in dialektische Gegensatzpaare eingeteilt werden und die sich zyklisch ineinander umwandeln.

Rösten von Arsenverbindungen

Die abgebauten Arsenerze waren Eisenarsensulfid (FeAsS), Arsensulfid (As_2S_3 oder As_2S_2) und Eisenarsenoxid ($\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Durch Rösten mit Kohle gewann man aus diesen Erzen Arsentrioxid (As_2O_3). Arsenoxid wurde zum Beizen von Saatgut verwendet. Eine andere Anwendung war sein Zusatz zum Schießpulver in Sprenggranaten, wodurch diese eine Giftgaswirkung erhielten.

Vitriole

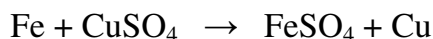
Vitriole sind kristallwasserhaltige Sulfate verschiedener Metalle, die als Farbstoffe verwendet wurden. Schwarzes Vitriol, das auch grünes Vitriol genannt wird, hat eine blaugrüne Farbe und die Zusammensetzung $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Rotes Vitriol ist ein roter Farbstoff mit der Formel $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, und gelbes Vitriol ist ein wasserlöslicher Farbstoff mit der Formel $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Schließlich hat das blaue „Gallenvitriol“ die Zusammensetzung $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Das Gestein wurde mit Steinkohle geröstet, wonach es sich leicht mechanisch zu Pulver zerkleinern ließ. Das Pulver wurde dann in Wasser eingekocht.

Über das „Gallenvitriol“ heißt es:

Taucht man rotglühende Eisengegenstände in eine Lösung von Gallenvitriol, nehmen sie gleich die Farbe von Kupfer an.

Diese Angabe beschreibt die Reduktion des Kupfersulfats durch Eisen:



Diese Reduktion wurde schon in dem Werk „Shennong bencao jing“ (Pharmakologischer Kanon des Heiligen Ackerbauers) aus der Zeit der Westlichen Handynastie (202 v. Chr. – 9 n. Chr.) erwähnt und ist somit schon lange bekannt.

Alaun

Alaun ist ein komplexes Aluminium-Kaliumsalz mit der Zusammensetzung $\text{KAl}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$. Das Salz kommt in weißer, grauer, hellblauer und rosaroter Modifikation vor. Alaun wurde als Beize zum Färben verwendet. Im „Tian gong kai wu“ wird vermerkt, dass Alaun die Oberfläche der Farbe verfestigt und wasserundurchlässig macht.

Man verwendete Alaun auch als äußerliche Anwendung zur Behandlung von Ekzemen und Hautgeschwüren.

Nach dem Rösten von Alaungestein mit Steinkohle erhielt man den weißen Alaun, der die Zusammensetzung $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ oder $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ aufweist.

B. VERFAHREN MIT ORGANISCHEN STOFFEN

Herstellung von Textilfarben

Im „Tian gong kai wu“ ist die Herstellung von 18 verschiedenen Textilfarben beschrieben. Dabei spielen als pflanzliche Farbstoffe Indigo (dunkelblaue Farbe), der aus dem Indigostrauch (lat. *Indigofera tinctoria*), Färberknöterich und anderen Pflanzen gewonnen wurde, Färberdistel (scharlachrote Farbe), Schnurbaumblüten (grüne Farbe), Sappanholz (rote Farbe), Korkbaumholz (gelbe Farbe) und Lotossamenschalen (schwarze Farbe) eine besondere Rolle. Oft werden zum Beizen Alaun und Galläpfel verwendet.

Bei der Herstellung von Indigo als dunkelblauer Farbstoff wurden die Pflanzenteile sieben Tage lang eingeweicht, um den Indigosaft herauszuziehen. Das Herauslösen des Indigosaftes wurde offensichtlich durch die Zugabe von Kalk stimuliert. Der Schaum, der sich beim Einweichen auf der Flüssigkeit bildet, wurde abgeschöpft. Schließlich wurde die Indigolösung noch mit Pflanzenasche vermischt und mehrere Tage lang umrühren. Das Umrühren diente zur Oxidation der Indigolösung, die dadurch stabilisiert wurde. Danach konnte die Farblösung in Gefäße abgefüllt werden.

Färberdistel (lat. *Carthamus tinctorius*, auch Färber-Saflor genannt) liefert eine scharlachrote Farbe. Die Färberdistelblüten wurden zerstoßen. Durch Auswringen der Blüten in einem Baumwollsack erhielt man einen gelben Saft. Danach wurden die Blüten noch einmal zerstoßen und mit gegorenem Waschwasser von Reis oder Hirse gewaschen. Das Gären des Reis- oder Hirsewaschwassers lieferte eine leichte Säure, mit der man den unerwünschten gelben Farbstoff leichter extrahieren konnte. Wieder wringt man die Färberdistelblüten in einem Baumwollsack aus. Danach werden die Blüten, mit Beifuss abgedeckt, eine Nacht liegengelassen. Dabei sollte das Abdecken mit Beifuss die Bildung von Schimmel verhindern. Die entstandene Masse wurde zu einem dünnen, trockenen Kuchen ausknetet, der lagerfähig war und zum Färben eingesetzt werden konnte.

Herstellung von fermentierten Lebensmitteln

Im „Tian gong kai wu“ ist neben der seit langer Zeit bekannten Weinhefe zur Herstellung von alkoholischen Getränken auch die Herstellung der so genannten „roten Hefe“ beschrieben:

Die Zubereitung von roter Hefe wurde in jüngerer Zeit erfunden. Ihr Prinzip besteht darin, den anfänglichen üblen Geruch in Wohlgeruch zu verwandeln. Streicht man diese Hefe dünn auf leicht verderbliche Lebensmittel, wie Fisch und

Fleisch, so kann man sie selbst in sommerlicher Hitze für zehn Tage haltbar machen. Fliegen gehen nicht daran, und Farbe und Geschmack bleiben wie ursprünglich. So wunderbar ist diese Hefe!

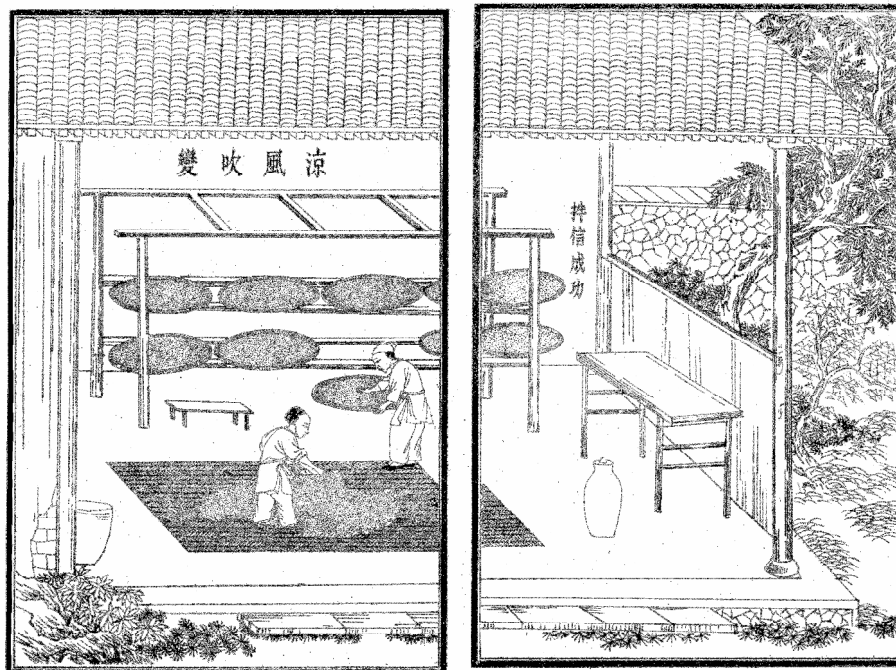


Abb. 5: Fermentieren von gedämpftem Reis zur Herstellung von roter Hefe

Die Hefe wurde aus Weinmaische hergestellt, die mit dem Saft von Pferdeknöterich vermischt und in Alaun-Wasser verrührt wurde.

Diese Hefemischung wurde in gegorenen, noch warmen Reis getan, der als Unterlage zur Entwicklung der Hefe diente.

Da die roten Hefepilze langsam wachsen, aber säurebeständig sind, unterstützt man sie durch die saure Umgebung des Alaunwassers. Gleichzeitig wird die Bildung von störenden Hefen unterdrückt. Unter dem Einfluss der Hefe wird der weiße Reis im Verlaufe von zwei Tagen zuerst schwarz, dann braun, rostrot, rot und schließlich hellgelb. Dabei musste der Reis in luftigen, gleichmäßig temperierten Räumen gelagert werden. Bis der Reis eine rote Farbe annimmt, wurde er dreimal gewaschen. Im „Tian gong kai wu“ wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass bei der Zubereitung der Hefe größte Sauberkeit herrschen muss, „denn der geringste Schmutz könnte die gesamte Hefe verderben“.

Erklärung chemischer Prozesse mit Hilfe der Theorie der "Fünf Wandlungsphasen"

Obwohl die im „Tian gong kai wu“ beschriebenen chemischen Prozesse überwiegend auf empirischem Wissen beruhten, dass in vielen Fällen über mehrere Jahrhunderte akkumuliert wurde, versuchte man, sich die Stoffumwandlungen mit der damals schon mehr als tausend Jahre alten Theorie der „Fünf Wandlungsphasen“ (chin. wu xing) zu erklären. Die „Fünf Wandlungsphasen“ beruhten auf den fünf Elementen

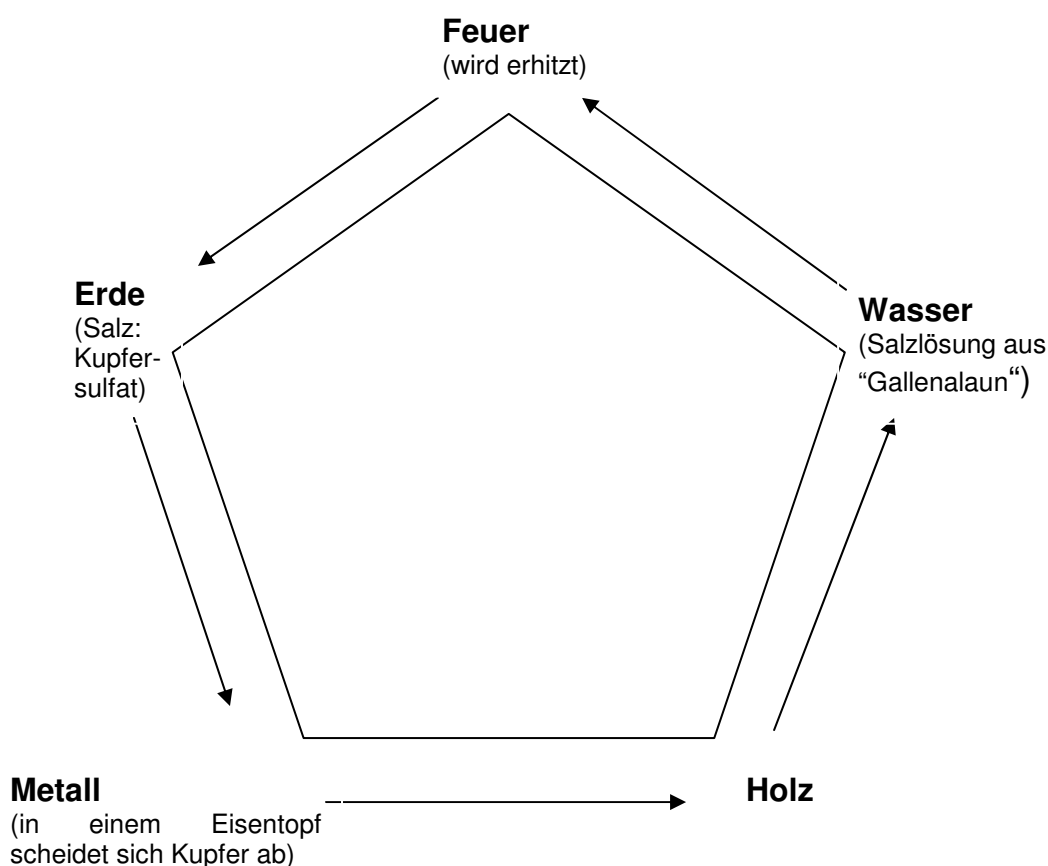


Abb. 6: Erklärung der chemischen Reduktion von Kupfersulfat mit Hilfe von Eisen auf der Grundlage der Theorie der „Fünf Wandlungsphasen“ (wu xing)

Wasser – Feuer – Erde – Metall – Holz. Diese fünf Elemente dachte man sich als in einer ständigen zyklischen Umwandlung von einem Element in das nächste befindlich. In der hier angegebenen Reihenfolge ergeben die fünf Elemente die Reihenfolge ihrer gegenseitigen Erzeugung.

In dem Werk „Meng xi bi tan“ (Pinselunterhaltungen am Traumbach) von Shen Kuo aus dem Jahre 1096 ist die Reduktion von Kupfersulfat im Beisein von Eisen unter Bezugnahme auf die Theorie der „Fünf Wandlungsphasen“ angegeben.³ Derselbe Prozess ist auch im „Tian gong kai wu“ beschrieben, jedoch ohne eine theoretische Erklärung zu liefern.

Dieser chemische Prozess ist in Abb. 6 schematisiert.

Entsprechend der Erklärung in den „Pinselunterhaltungen am Traumbach“ wird die wässrige Lösung aus „Gallenalaun“ (Wasser) mittels des Feuers in Erde umgewandelt (d. h. Kupfersulfat kristallisiert aus). Erfolgt dieser Vorgang in einem Eisenkessel, so scheidet sich Kupfer (Metall) ab. In diesem chemischen Prozess taucht das Element Holz nicht auf, aber nach der Theorie der „Fünf Wandlungsphasen“ ging man davon aus, dass aus Metall letztendlich wieder Pflanzen (Holz) hervorgehen.

Dieses Beispiel verdeutlicht, dass die Theorie der „Fünf Wandlungsphasen“ zum Zeitpunkt ihrer Entstehung geeignet war, auf der Grundlage von Korrelationen zwischen Erscheinungen von Natur und Mensch mit zyklischen Transformationen ein relativ geschlossenes Weltbild zu liefern. Zugleich wird aber auch klar, dass es nicht in der Lage war, für kompliziertere chemische Prozesse, die allein aufgrund empirischen Wissens beherrscht wurden, eine schlüssige Erklärung zu liefern. So wurde die Theorie der „Fünf Wandlungsphasen“ spätestens während der Ming-Dynastie, als das „Tian gong kai wu“ entstand, bereits zu einem Hemmnis für die weitere Entwicklung der Wissenschaften.

Vergleich des Standes der mittelalterlichen Chemie in China und Europa

Ungeachtet der eben angedeuteten theoretischen Defizite verkörpert die Technologie-Enzyklopädie „Erschließung der himmlischen Schätze“ einen großen Vorsprung, den die Chemie am Anfang des 17. Jahrhunderts in China vor der Chemie im damaligen Europa einnahm.

Diesen Stand veranschaulicht die Abb. 7, in dem für ausgewählte Erfindungen auf dem Gebiet der Chemie die Zeitpunkte ihrer Erfindung in China und in Europa gegenübergestellt sind.

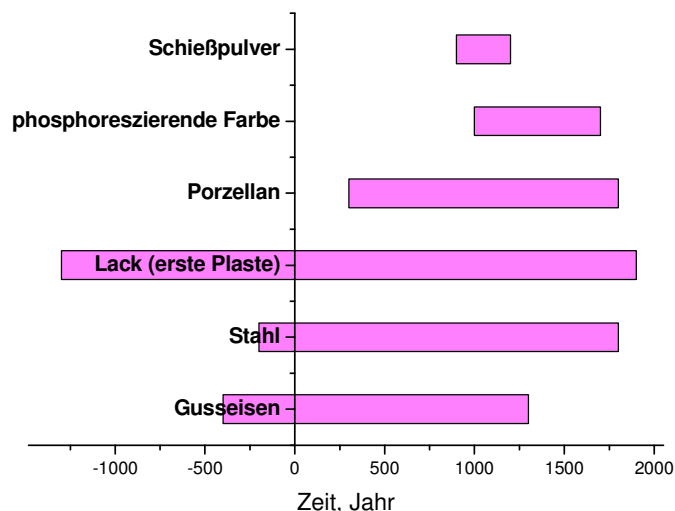


Abb. 7: Zeitliche Differenz zwischen ausgewählten Erfindungen auf dem Gebiet der Chemie in China und Europa⁴

In dem Bild zeigt das linke Ende des Balkens den Zeitpunkt der Erfindung in China und das rechte Ende des Balkens den Zeitpunkt der Erfindung in Europa an. Beispielsweise wurde Hartporzellan in China ab dem Jahr 600 n. Chr. gebrannt, in Deutschland wurde das Porzellan im Jahre 1708 von Tschirnhaus erfunden.

Zusammenfassung

Der Beitrag gibt einen Überblick über die in der altchinesischen Technologie-Enzyklopädie „Tian gong kai wu“ (Erschließung der himmlischen Schätze) beschriebenen chemischen Verfahren. Diese Verfahren schließen anorganische und organische Stoffe ein.

Diese Technologie-Enzyklopädie aus dem Jahre 1637 belegt, dass China in der Zeit vom 10. bis zum 16. Jahrhundert den führenden Platz auf technologischem Gebiet in der Welt einnahm.

Auf dem Gebiet chemischer Verfahren zeigen die Herstellung von Porzellan und Schießpulver exemplarisch die führende Stellung Chinas im Mittelalter.

China beherrschte seit mehr als 2000 Jahren die Herstellung vieler Metalle aus Erzen.

Auf dem Gebiet der Verarbeitung organischer Substanzen nimmt die Herstellung von Farben eine herausragende Stellung ein. Auf diesem Gebiet ist noch hervorzuheben, dass Hefe nicht nur zur Herstellung alkoholischer Getränke, sondern auch zum Haltbarmachen verderblicher Lebensmittel, wie Fleisch und Fisch verwendet wurde.

- 1 Song Yingxing: *Erschließung der himmlischen Schätze (Tian gong kai wu)*, Aus dem Altchinesischen übersetzt v. K. Herrmann (Bremerhaven 2004), S. 316f.
- 2 Joseph Needham: *Science and Civilisation in China Vol. 7* (Cambridge 1986), S. 358.
- 3 Shen Kuo: *Pinselunterhaltungen am Traumbach (Meng xi bi tan): Das gesamte Wissen des alten China*, Übersetzt und herausgegeben von K. Herrmann (München 1997), S. 171.
- 4 Robert Temple: *The Genius of China – 3000 years of science, discovery and invention* (London 1991).