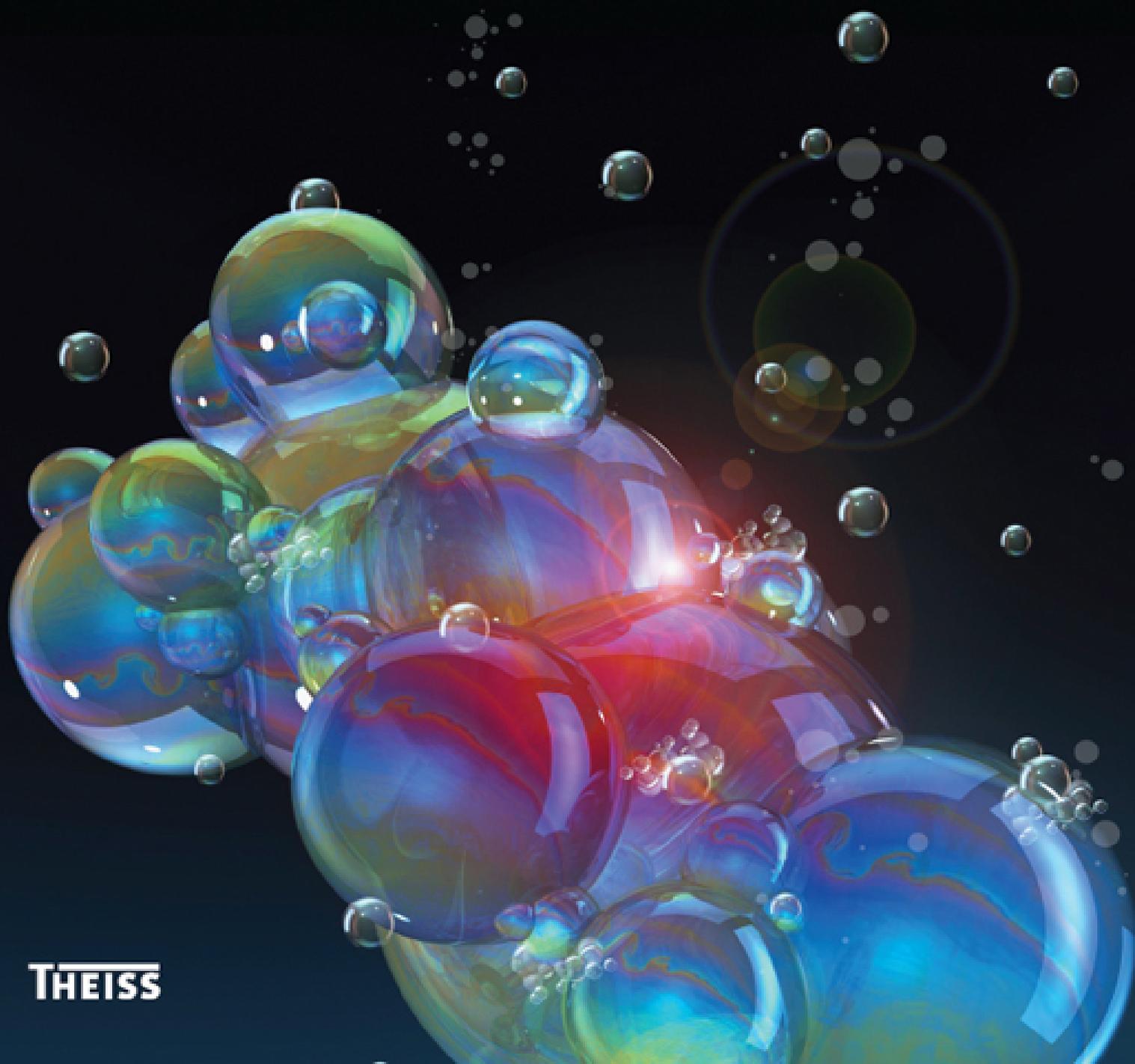


Claus Priesner

# Chemie

Eine illustrierte Geschichte



**THEISS**



Claus Priesner

# Chemie

Eine illustrierte Geschichte

**THEISS**

# Impressum

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

Der Theiss Verlag ist ein Imprint der WBG.

© 2015 by WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt  
Die Herausgabe des Werkes wurde durch die Vereinsmitglieder der WBG ermöglicht.

Lektorat: Dr. Beatrix Föllner, Nettetal

Satz: TypoGraphik Anette Klinge, Gelnhausen

Einbandabbildung: Abstrakte Bläschen ©Ikon Images/F1online

Einbandgestaltung: Stefan Schmid Design, Stuttgart

Besuchen Sie uns im Internet: [www.wbg-wissenverbindet.de](http://www.wbg-wissenverbindet.de)

ISBN 978-3-8062-2977-6

Elektronisch sind folgende Ausgaben erhältlich:

eBook (PDF): 978-3-8062-3083-3

eBook (epub): 978-3-8062-3084-0

## **Menü**

[Buch lesen](#)

[Innentitel](#)

[Inhaltsverzeichnis](#)

[Informationen zum Buch](#)

[Informationen zum Autor](#)

[Impressum](#)

# INHALT

## VORWORT

### Teil I Die Anfänge der Zivilisation - frühe Kulturtechniken

**KAPITEL 1** Feuer und Erde

**KAPITEL 2** Verwandelte Erde - die Metalle

**KAPITEL 3** Salz und Brot, Bier und Wein - die Nahrungs- und Genussmittel

**KAPITEL 4** Körperkulturen

### Teil II Die Epoche der Alchemie

**KAPITEL 5** Mythen, Magie und Philosophie - Die geistigen Wurzeln der Alchemie

**KAPITEL 6** Die Alchemie der Araber

**KAPITEL 7** Die ersten Alchemisten des Abendlandes

**KAPITEL 8** Berthold Schwarz und das Schießpulver

**KAPITEL 9** Die Alchemie der Renaissance

**KAPITEL 10** Alchemie und Utopie – die Rosenkreuzer

**KAPITEL 11** Der Feuerphilosoph – Georg Ernst Stahl und das Phlogiston

### Teil III Aufklärung und 19. Jahrhundert – Auf dem Weg zur modernen Chemie

**KAPITEL 12** »Eminent atembare Luft« – Die Entdeckung des Sauerstoffs und anderer »Luftarten«

**KAPITEL 13** Ein skeptischer Chemiker und eine neue chemische Philosophie – Atomkonzepte von Boyle bis Dalton

**KAPITEL 14** Der Atomismus in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts

**KAPITEL 15** Die Ordnung der Natur. Das Periodensystem der Elemente

**KAPITEL 16** Vielfalt ohne Ordnung? Die verwirrende Welt der organischen Chemie

### Teil IV Soda, Farben, Pharmaka – Die Entwicklung der chemischen Industrie

**KAPITEL 17** Soda, Chlorkalk und die Anfänge der chemischen Industrie

- KAPITEL 18** Der Kreisprozess der Brüder Solvay
- KAPITEL 19** Vom Vitriolöl zu den »bleiern Kathedralen« - Die Erzeugung von Schwefelsäure
- KAPITEL 20** Vom Chilesalpeter zum Kunstdünger - Chemie und Ernährung
- KAPITEL 21** Ammoniak aus Luft
- KAPITEL 22** Fritz Haber, Biographie eines Patrioten
- KAPITEL 23** Alfred Nobel, das Dynamit und der Weltfrieden
- KAPITEL 24** Koks und Gas - die Erleuchtung
- KAPITEL 25** Anilin und Blue Jeans
- KAPITEL 26** Flüssige Kohle - das Leunabenzin
- KAPITEL 27** Die Interessengemeinschaft Farbenindustrie
- KAPITEL 28** Der Makrokosmos der Makromoleküle
- KAPITEL 29** Heile Welt - Synthetische Medikamente

**Perspektiven**

**Anmerkungen**

**Personenregister**

**Sachregister**

**Hinweise auf weiterführende Literatur**

**Abbildungen**

# VORWORT

Dieses Buch handelt von der Geschichte der Stoffumwandlungen. Manche Umwandlungen sind von Menschen herbeigeführt, die meisten laufen ohne unser Zutun ab. Die Lehre, die sich mit der Art und Weise der Umwandlungen beschäftigt und damit eine Theorie der wandelbaren Materie darstellt, nennen wir Chemie. Früher sagte man dazu Alchemie - auf den tiefgreifenden Bedeutungsunterschied beider Begriffe werde ich noch zu sprechen kommen. Das Wort »Chemie« löst bei vielen Menschen eine Art Abwehrreflex aus; die Chemie erscheint schwer verständlich in Bezug auf ihre Aussagen und irgendwie unheimlich in Bezug auf ihre Auswirkungen. Daher werben auch immer wieder Hersteller unterschiedlicher Artikel mit der Botschaft, ihr Produkt enthalte »keine Chemie«, sondern sei »natürlich«. Dass selbstverständlich jeder Stoff, sei er nun »natürlich« oder »künstlich«, chemische Substanzen enthält, wird unterschlagen. Dabei ist die Chemie, anders als z.B. die Quantenmechanik, keine besonders schwer zu verstehende Wissenschaft - sie muss allerdings klar und verständlich erklärt werden. Darum will ich mich bemühen; das Meiste von dem, was in diesem Buch steht, erschließt sich aber auch ohne besondere Fachkenntnisse.

Ähnlich verhält es sich mit dem Begriff »Geschichte«. Auch dahinter verbirgt sich weit mehr als eine Anhäufung historischer Daten, die sich keiner merken kann oder will und die keine Bedeutung für unser jetziges Leben haben.

Vielmehr bildet die Geschichte, richtig aufgefasst, den Schlüssel zum Verständnis des heutigen Denkens und unseres modernen Weltbildes. Wenn man nun beide Begriffe thematisch verbindet, formt sich daraus eine Reise durch die Vergangenheit, die im Neolithikum beginnt und uns zum Schöpfungs- und Naturverständnis der antiken Philosophen führt. In jener Zeit formte sich die Magie und Experiment verbindende Alchemie mit ihrer Suche nach dem rätselhaften »Stein der Weisen«, die für etwa eineinhalb Jahrtausende das abendländische Naturverständnis maßgeblich beeinflusste. Erst gegen Ende der Reise, die zahlreiche Wege und noch mehr Irrwege aufzeigt, werden wir in die Gefilde der naturwissenschaftlichen Chemie mit ihren Atomen und Molekülen gelangen, die das moderne Verständnis der Welt als eines komplexen Systems chemischer Kreisläufe ermöglichte. Machen wir uns also auf den Weg - ich verspreche Ihnen einen ebenso spannenden wie aufschlussreichen Gang durch die Geschichte des Abendlandes!

**Teil I** DIE ANFÄNGE DER  
ZIVILISATION - FRÜHE  
KULTURTECHNIKEN



# KAPITEL 1

## FEUER UND ERDE

Die Beherrschung des Feuers, also die Fähigkeit, brennbares Material kontrolliert zu entzünden und das Feuer zu diversen Zwecken zu nutzen, ist vermutlich jene Fertigkeit, durch die sich der Mensch entscheidend von allen anderen mehr oder minder intelligenten Lebensformen abhebt. Damit, und nicht etwa mit dem Gebrauch von Werkzeugen oder der Verständigung durch Zeichen und Laute, überschritt der Mensch die Grenze von einem Dasein, das sich nicht grundsätzlich von dem anderer Herdentiere unterscheidet, hin zur Zivilisation. Wann und wo es wem erstmals gelang, diesen fundamentalen Vorgang gezielt auszuführen, ist unbekannt. Auch die Frage, seit wann sich diese Technik verbreitet hat, kann nur ungefähr beantwortet werden. Archäologische Befunde, die bis in die Zeit der Australopithecinen zurückreichen, sind umstritten. Relativ sicher scheint, dass eine ca. eine Million Jahre alte Feuerstelle in der »Wonderwerk«-Höhle in Südafrika gezielt angelegt wurde. Damals lebte die Vorform des Homo sapiens, der Homo erectus. Die Besiedlung Europas nördlich der Alpen und Asiens, die vor rund 600.000 Jahren begann, war wohl nur möglich, weil die langsam eindringenden Gruppen den Gebrauch des Feuers beherrschten. Auch hier sind manche Befunde unter Archäologen umstritten, allerdings herrscht weitgehend

Einigkeit darüber, dass in Europa seit mindestens 400.000 Jahren die Menschen mit dem Feuer vertraut waren.

Um ein Feuer zu entfachen, wurden grundsätzlich zwei Methoden verwendet, nämlich das Feuerschlagen und das Feuerbohren. Zum Feuerschlagen wurde ein passender Stein benötigt, meist war dies ein sog. Pyrit, ein goldglänzendes Eisenmineral, das auch als »Katzengold« bekannt ist. Pyrit ist eine chemische Verbindung aus Eisen und Schwefel (mit der Formel  $\text{FeS}_2$ ), die Funken sprüht, wenn sie mit einem harten »Feuerstein« zusammengeschlagen wird. Fallen diese Funken auf ein leicht entzündliches Material, namentlich den sprichwörtlichen Zunder (einen Baumschwamm), so beginnt dieser zu glimmen und man kann damit wiederum kleine Holzspäne oder trockene Blätter entzünden und danach auch größere Holzscheite. Diese Methode war in Europa bis zur Einführung des Zündholzes zu Beginn des 19. Jh. vorherrschend.

Das Verfahren des Feuerbohrens beruht auf der Nutzung von Reibungshitze. Ein Stäbchen aus relativ weichem Holz wird in einer mit einer Aussparung versehenen Unterlage aus hartem Holz rasch gedreht, entweder mit den Händen oder - besser - mittels eines Bogens und der Bogensehne. In der Aussparung befindet sich ebenfalls ein leichtentzündliches Material, das nach einiger Zeit zu glimmen beginnt, worauf man dann in derselben Weise fortfährt wie beim Feuerschlagen. Diese Methode war in Afrika, Asien (zusammen mit dem Feuerschlagen), Polynesien und Südamerika verbreitet und wird von indigenen Gruppen teilweise heute noch verwendet.

## Gebrannte Erde – die Keramik

Abgesehen von der Nutzung des Feuers zum Kochen oder Braten von Speisen ist es für zwei der ältesten Kulturtechniken des Menschen unerlässlich, der Erzeugung von Keramik und Glas. Die Herstellung gebrannter keramischer Produkte ist nach derzeitigem Kenntnisstand seit 12.000 bis 13.000 Jahren bekannt (Gegenstände aus ungebranntem Ton oder Lehm können derart lange Zeiträume nicht überstehen, weshalb entsprechende Funde fehlen). Älteste Funde bei niedrigen Temperaturen gebrannter Keramik stammen aus Japan und sind etwa 12.500 Jahre alt.<sup>1</sup> Im 6. Jahrtausend v. Chr. wurde in Kleinasien die Töpferscheibe erfunden; von da ab war es möglich, rotationssymmetrische Objekte (Schalen, Becher, Teller, Vasen etc.) relativ einfach und schnell zu erzeugen. Besonders in Griechenland erreichte die Töpferkunst schon zu Zeiten Homers einen sehr hohen Grad technischer und künstlerischer Vollendung.

Aus welchen Stoffen bestehen keramische Produkte und wie verändern sich diese auf dem Weg vom Roh- zum Fertigprodukt? Die Basis jeder Keramik ist Ton oder Lehm. Dabei handelt es sich um Verwitterungsprodukte vulkanischer Gesteine, die mit dem Sammelnamen Feldspat bezeichnet werden. Es gibt viele Feldspate, die alle Kieselsäure enthalten. Reine wasserfreie Kieselsäure kennen wir als Quarz; er hat die chemische Formel  $\text{SiO}_2$ . Enthält die Kieselsäure chemisch gebundenes Wasser, kann sie mit Natrium, Kalium, Calcium oder Aluminium Salze, sog. *Silikate* bilden. In der Regel enthalten die Feldspate auch physikalisch gebundenes »Kristallwasser«. Diese Eruptivgesteine sind hart und kompakt. Durch langsame Verwitterungsprozesse entstehen mehr oder minder feinkörnige Pulver, die sich mit Wasser gut mischen und kneten lassen und die sich fettig anfühlen. Diese nennt man *Tone*. Wenn ein solcher Ton mit sandigen, oft eisenhaltigen Beimengungen vermischt ist, dann handelt es sich um

*Lehm*. Beide sind nicht zu verwechseln mit der *Tonerde*, die keine Kieselsäure enthält und auch im feuchten Zustand nicht gut knetbar ist. Sie besteht aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Tonerde kann dem Ton oder Lehm als sog. Magerungsmittel zugesetzt werden. Sie ist praktisch unschmelzbar, der Schmelzpunkt liegt oberhalb von 2000 °C. Auch Ton und Lehm sind schwer schmelzbar, lassen sich aber aufgrund ihres Gehalts an Kieselsäure versintern. Dabei schmelzen die einzelnen Körnchen oberflächlich an und backen zusammen. Je nachdem, wie dicht der dabei entstehende »Scherben« ist, unterscheidet man die diversen Sorten der Keramik. Ist der Scherben porös und klebt an der Zunge, handelt es sich um Tongut, auch *Steingut* oder Irdenware genannt, die bei relativ niedrigen Brenntemperaturen von etwa 850–950 °C entsteht. Bei Brenntemperaturen von mehr als 1000 °C erhält man Sinterware oder *Steinzeug*, zu dem auch die edelste Form der Keramik, das *Porzellan*, gehört.



Die Venus von Dolní Věstonice.

Man kann sich recht gut vorstellen, wie es zur Entdeckung der Töpferei kam. Ton oder Lehm kommen überall auf der Erde vor und das Bestreben, aus dieser plastischen Masse etwas zu formen, kann man schon bei kleinen Kindern beobachten. Wenn ein solches Objekt ins Feuer fällt oder hineingebracht wird, verhärtet es sich. Eine solche Beobachtung wurde zu unterschiedlichen Zeiten sicherlich an sehr vielen Orten gemacht und später auch gezielt genutzt. Es gibt auch die Theorie, dass die Töpferei ursprünglich mit der Korbflechterei verbunden war, man also die Zwischenräume in den Geflechten mit Ton oder Lehm ausgekleidet und das Ganze dann im Feuer gehärtet haben könnte. Dies ist aber archäologisch kaum zu beweisen und spielt für uns auch keine Rolle. Sicher ist, dass die Beschäftigung mit dem Ton nicht nur praktischen Bedürfnissen diente, sondern auch der künstlerischen Betätigung. Neben den steinzeitlichen Höhlenmalereien sind gebrannte Tonobjekte die frühesten Beispiele für eine

künstlerische bzw. kultische Betätigung von Menschen. Die sog. Venus von Dolní Věstonice in Mähren ist eine Schöpfung der mittleren Jungsteinzeit und wird auf ein Alter von 25.000 bis 29.000 Jahren geschätzt. Zu dieser Zeit waren der Gebrauch und die Herstellung von Keramik sicher noch nicht verbreitet; ihre Herstellung und Nutzung in größerem Ausmaß ist Teil der »Neolithischen Revolution«, die vor ca. 12.000 Jahren begann.

Um Gefäße aus Irdenware wasserdicht zu machen, benötigt man eine Glasur. Porzellan bzw. Steinzeug ist von sich aus dicht. Bei der Glasur handelt es sich um einen glasartigen Überzug, der aus einem vollständig geschmolzenen Material besteht. Glasuren zeichnen sich durch eine vergleichsweise niedrige Schmelztemperatur aus und sind oft chemisch leichter angreifbar als die Keramik selbst. Sie bieten nicht nur einen schützenden und dichtenden Überzug, sie können auch gefärbt werden. Normalerweise wird eine Grundmischung aus Bleioxid mit Ton, Lehm oder Sand hergestellt, die äußerst fein geschlämmt wird. Dazu werden diverse Metallsalze oder -oxide gegeben, die die Masse durchgehend färben. Kobaltverbindungen wie das bekannte »Kobaltblau« ergeben blaue Überzüge, Eisenverbindungen grüne oder rote, Antimonverbindungen gelbe, Kupfersalze grüne bzw. blaue und Braunstein (Mangandioxid) schwarze. Will man ein gemaltes Motiv aufbringen, kann man die Objekte entweder vor dem Brennen bemalen, anschließend in die Glasur tauchen und dann brennen, oder man bemalt sie nach dem Brennen, glasiert sie und brennt sie dann nochmals. Eines der frühesten und eindrucksvollsten Zeugnisse der Glasur von Keramik ist das Ishtar-Tor bzw. die Prozessionsstraße der Stadt Babylon, die im 6. Jh. v. Chr. von König Nebukadnezar II. (605–562) geschaffen wurde.

Beispiele für mehrfarbig bemalte und glasierte Tonwaren sind die Fayencen, benannt nach der italienischen Stadt

Faenza, und die Majoliken, deren Name sich von der Insel Mallorca ableitet. Dort errichteten die Araber zur Zeit ihrer Herrschaft in Spanien Töpfereien, die diese Verzierungskunst beherrschten. Im 14. und 15. Jh. etablierte sich diese Kunsthandwerksgattung dann in Faenza und Urbino in Italien. Bekannt wurden auch die mit Kobaltblau bemalten und mit einer farblosen bzw. weißen Zinnglasur versehenen Delfter Kacheln, mit denen im 17. Jh. die teuren chinesischen Porzellanobjekte nachgeahmt wurden und die nach und nach zu begehrten eigenständigen Produkten avancierten. Das simpelste Verfahren der Glasur kann man bei Steinzeug anwenden, indem man einfach Kochsalz (Natriumchlorid) in den Brennofen wirft, das bei den herrschenden hohen Temperaturen mit dem bei der Verbrennung des Brennstoffes (z.B. Holz) freiwerdenden Wasserdampf reagiert und Salzsäuredämpfe freisetzt. Das Natrium des Kochsalzes bildet mit dem ebenfalls vorhandenen Verbrennungsprodukt Kohlendioxid Natron (Natriumhydrogencarbonat,  $\text{NaHCO}_3$ ), das sich an die Wände der Objekte anlegt und aufschmilzt.



Das Ishtar-Tor im Pergamon-Museum in Berlin.

Bedenkt man, wie alt die Töpferei ist, dann kann man durchaus feststellen, dass das Porzellan eine recht junge Erfindung ist. In Europa glaubte man lange, dass dessen Erfindung durch die Chinesen schon in den frühen Dynastien erfolgte. Heute geht man davon aus, dass die Chinesen die Porzellanherstellung im frühen 7. Jh. n. Chr. entwickelten. Porzellan besteht aus drei Komponenten, Kaolin, Feldspat und Quarzsand. In der Regel erfolgt nach dem Formen der Rohlinge ein erster Brand bei moderaten 900 °C, dann erfolgt die Bemalung und Glasur und der zweite Brand bei 1450 °C. Man muss die richtige Sorte Feldspat einsetzen, was nicht so einfach ist, da es, wie gesagt, viele Feldspatvarietäten gibt. Für das Porzellan soll der Feldspat im Wesentlichen ein Kalium-Aluminium-Silikat darstellen und nur wenig Natrium, Calcium und Magnesium enthalten. Das eigentliche Geheimnis der Porzellanfabrikation bildete aber das Kaolin. In Europa war bekannt, dass man diese »Erde« benötigte, wenn man

Porzellan machen wollte. Was man hingegen nicht wusste war, welchen Stoff die Chinesen mit dem Wort »Kaolin« bezeichneten. Lange Zeit schlugen alle Versuche, das Rätsel zu lösen, fehl, bis am 15. Januar 1708 der auf der Festung Königstein gefangengehaltene Alchemist und Goldmacher Johann Friedrich Böttger das europäische Porzellan entdeckte. Inzwischen wissen wir, dass Kaolin eine spezielle Form eines Aluminiumsilikats darstellt.



Chinesische Porzellanvase.

Mit der Fabrikation von Keramik hatte man gelernt, Öfen zu bauen, in denen man längere Zeit relativ hohe Temperaturen aufrechterhalten konnte. Dies spielte bei der Herstellung von Baumaterialien wie Ziegelsteinen und Dachziegeln eine entscheidende Rolle. Die massenhafte Fabrikation wasserbeständiger Bausteine ermöglichte den Bau fester Gebäude auch in Gegenden, in denen es öfter regnete. Zudem war es einfacher, ein Haus aus

Ziegelsteinen zu errichten, als dafür Natursteine zu verwenden. In trockenen Gebieten verzichtete man auf das Brennen der Ziegel (auch, weil dafür häufig nicht ausreichend Holz vorhanden war) und verbaute luftgetrocknete Lehmziegel.

## Geschmolzene Erde - das Glas

Eng verbunden mit der Töpferkunst ist die Geschichte des Glases. Obwohl Unsicherheit hinsichtlich der Ursprünge der Glasbereitung herrscht, steht doch fest, dass die Geschichte der Glasbereitung weitaus kürzer ist als die der Töpferei. Die Schätzungen reichen vom 5. oder 4. bis in die Mitte des 3. Jahrtausends v. Chr. Vermutlich sind die ersten Gläser bei Versuchen zur Herstellung von Glasuren entstanden. Im Lauf der Zeit haben sich aus diesen Anfängen dann eigenständige Techniken zur Herstellung farbiger und durchscheinender Schmelzen entwickelt.

Das Wort »Glas« wurde im germanischen Sprachgebrauch ursprünglich für Bernstein verwendet und danach auch auf aus dem Römischen Reich eingeführte farbige Glasperlen angewandt, die man als Ersatz bzw. als Nachahmung farbiger Edel- und Halbedelsteine ansah. In der Anfangsphase waren diese noch undurchsichtigen kleinen Glasobjekte ähnlich selten und wertvoll wie echte Edelsteine. Im Gegensatz zur Keramik sind Gläser echte Schmelzen. Wichtigster Rohstoff des Glases ist der Quarzsand (wasserfreie Kieselsäure,  $\text{SiO}_2$ ). Sein Schmelzpunkt liegt mit über  $1500\text{ }^\circ\text{C}$  sehr hoch. Flussmittel wie Soda (Natriumcarbonat,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) oder Pottasche (Kaliumcarbonat,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) machen die Mischung leichter schmelzbar. Allerdings wird das Glas mit steigendem Alkalianteil auch immer leichter wasserlöslich, bis hin zum »Wasserglas«, das man früher zum Einlegen von frischen

Eiern benutzte. Um die Wasserempfindlichkeit zu reduzieren, setzt man Kalk (Calciumcarbonat,  $\text{CaCO}_3$ ) zu. Die diversen Glasmischungen werden in geeigneten Glasöfen zusammengeschmolzen. Die Öfen entwickelten sich aus den bei der Töpferei verwendeten Brennöfen. Glas wurde seit 1600 v. Chr. in Mesopotamien als kompakter Klumpen (»künstlicher Stein«) gewonnen. Gegen 1400 v. Chr. entstand die »Sandkerntechnik« zur Hohlglasfabrikation. In Alexandria fertigte man um 300 v. Chr. berühmte Mosaikgläser. Um 50 v. Chr. erfolgte in Phönizien die entscheidende Erfindung, das bis heute gebräuchliche Blasen von Glas mit der Pfeife. Jetzt konnte man dünnes, durchsichtiges Glas in großer Menge produzieren. Eine Vielzahl von Glashütten machten das Glas bereits im 1. Jh. n. Chr. zur Massenware.

Während des Mittelalters und der Neuzeit erfolgten zahlreiche Verbesserungen und Weiterentwicklungen, etwa das Bleikristallglas oder der Strass-Schmuck. Ersteres ist vor allem in Böhmen und im Bayerischen Wald hergestellt worden und hat seinen Namen von einem Zusatz von Bleioxid, der dem Glas einen hohen Brechungsindex und dadurch einen schönen Kristallglanz verleiht.



Porträt von Johannes Kunckel (um 1630–1703).

Der Elsässer Georg Friedrich Strass (1701–1773) entwickelte diese Technik weiter und ihm gelang es, mit Bleikristallgläsern Diamanten zu imitieren. Da am Hof König Ludwigs XV. ein beträchtlicher Bedarf an edel aussehendem Schmuck vorhanden war, wurde der Strass-Schmuck ein echter Verkaufserfolg und Strass sogar zum Hofjuwelier ernannt.

Aufsehen erregte auch der Alchemist Johannes Kunckel (1630/38–1702/03), der am Hof des Kurfürsten Johann Georg II. von Sachsen wirkte. Er beschäftigte sich ausgiebig mit der experimentellen Erforschung von Glasmischungen und entdeckte dabei ein rubinrotes Glas. Tatsächlich ist das »Goldrubinglas« eine kolloidale Lösung von Gold in der Glasmasse.



Der Becher aus Goldrubinglas mit dem Deckel aus dem Besitz der Wittelsbacher wird traditionell Johannes Kunckel zugeschrieben.

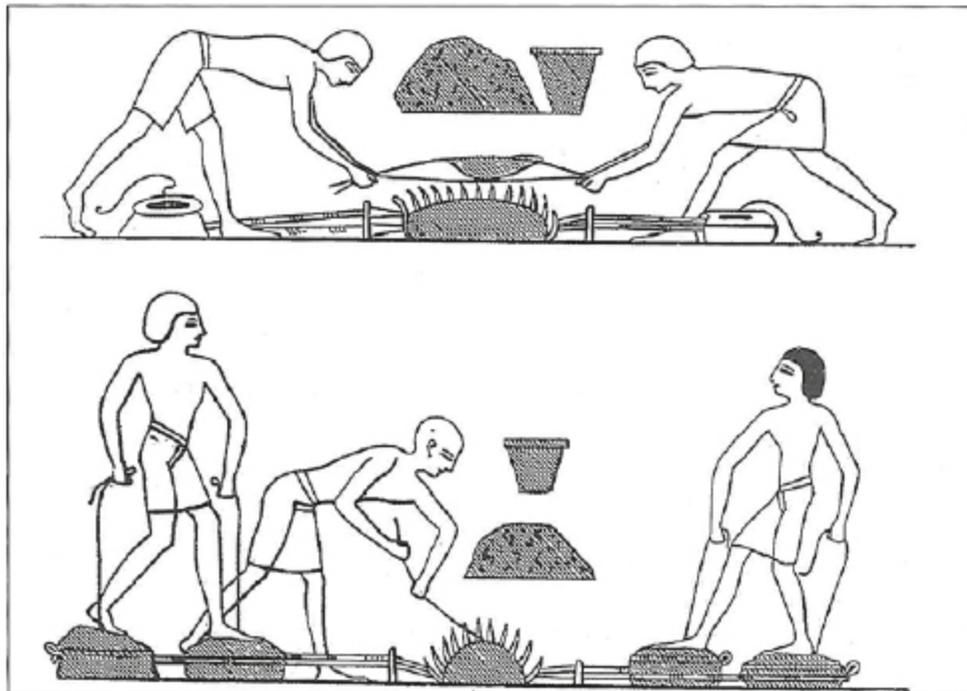
## KAPITEL 2

# VERWANDELTE ERDE - DIE METALLE

Die bisher beschriebenen Kulturtechniken der Töpferei und Glasfabrikation verlangten keine komplizierten Verfahren. Es kam nur darauf an, bestimmte Mineralien im passenden Verhältnis zu mischen und dann mehr oder weniger stark zu erhitzen. Dabei bildeten sich entweder Sinterprodukte (Töpferei) oder Schmelzen (Glas). Wesentliche chemische Reaktionen innerhalb der Gemische finden dabei nicht statt. Dies ändert sich, wenn wir nun zur Metallerzeugung kommen. Mit Ausnahme des Goldes, das stets gediegen gefunden wird und - in der Antike - durch rein mechanische Verfahren von der »Gangart«, d.h. den begleitenden Mineralien, getrennt wurde, muss man mehr oder minder aufwendige Methoden der »Verhüttung« genannten Umwandlung von Erzen in Metalle beherrschen. Ein Metallerz ist eine Verbindung des Metalls mit anderen chemischen Elementen, meist mit Sauerstoff (Oxide) oder Schwefel (Sulfide). Da viele Mineralien aus chemisch gleichen oder ähnlichen Verbindungen bestehen, aber recht unterschiedliches Aussehen besitzen, verwendet man neben den chemischen Bezeichnungen auch die mineralogischen Namen. Im Gegensatz zu den chemischen Bezeichnungen sagen sie aber nichts über die Zusammensetzung der Minerale aus. Mit der Entdeckung der ersten Metalle bzw. der Verfahren zu ihrer Gewinnung endete die Steinzeit. Dieser Übergang

fand in unterschiedlichen Kulturen zu verschiedenen Zeiten statt.

Bei der Verhüttung geht es darum, aus Metallerzen gediegene Metalle herzustellen. Grundsätzlich muss man dazu den Sauerstoff bzw. den Schwefel entfernen. Hat man ein oxidisches Erz, erfolgt dies gewöhnlich durch Erhitzen mit Holzkohle.



Schmelzen und Gießen von Metallen. Ägyptische Grabmalerei um 1450 v. Chr.

Dabei verbindet sich der Kohlenstoff der Kohle mit dem Sauerstoff des Erzes zu Kohlenmonoxid bzw. Kohlendioxid und das Metall bleibt zurück. Ein sulfidisches Erz muss zuvor an der Luft »geröstet« werden. Das Sulfid wandelt sich in ein Oxid um und aus dem Schwefel entsteht Schwefeldioxid. Das Oxid wird dann wie eben beschrieben weiterverarbeitet. Da viele Erze schwer schmelzbar sind, mischt man Zusätze (»Zuschläge«) bei, die den Schmelzprozess erleichtern und mit Verunreinigungen des Erzes sog. Schlacken bilden. Manche Metalle, etwa das

Blei, lassen sich sehr einfach aus ihren Erzen gewinnen, bei anderen - insbesondere beim Eisen - ist das relativ schwierig. Aus diesem Grund ging die *Bronzezeit* der *Eisenzeit* voran.

Die Verwandlung eines Erzes in ein Metall ist ein spektakulärer Vorgang, da Ausgangs- und Endprodukt vollständig verschieden sind. Metalle besitzen ganz besondere Eigenschaften: Sie sind schmelzbar, glänzen metallisch (meist silbrig), lassen sich hämmern und schmieden und bilden miteinander Legierungen, die wieder veränderte Materialeigenschaften besitzen. Viele Legierungen sind härter als die reinen Einzelmetalle, aus denen sie bestehen. Daher ist es kein Wunder, dass die Menschen der Frühgeschichte denjenigen, die mit der Gewinnung von Erzen, deren Verhüttung und der Verarbeitung der Metalle befasst waren, eine Sonderstellung einräumten. Sie waren entweder besonders geachtet oder wurden gefürchtet und ausgegrenzt. Ihre Fähigkeiten entschieden manchmal über Wohl und Wehe eines Stammesverbandes. In den Legenden des Mittelalters wie dem Nibelungenlied oder der Artus-Sage spielen Schwerter mit magischen Eigenschaften eine wichtige Rolle. Die Griechen nannten ihren göttlichen Schmied und Beherrscher des Feuers Hephaistos, die Römer Vulkan, bei den Germanen genoss Wieland der Schmied immerhin halbgöttlichen Status.



Aufsuchen von Erzlagerstätten mittels einer Wünschelrute und durch das Graben von Schürftgräben.

Die Entdeckung der Metalle wurde aber schon in der Antike auch als zivilisatorische Grenzüberschreitung empfunden. Der im späten 8. oder frühen 7. Jh. v. Chr. lebende Dichter Hesiod verband als Erster verschiedene Epochen der Menschheitsgeschichte mit bestimmten Metallen. Am Anfang der Welt steht das Goldene Zeitalter, in dem ein von den Göttern zur Zeit der Herrschaft des Gottes Kronos geschaffenes Geschlecht von Menschen in Frieden und Eintracht mit der Natur lebte. Die Welt insgesamt und die Menschheit in ihr befanden sich in einem paradiesischen Zustand. Nach dem Aussterben dieser Menschenrasse begann mit einem neuen Geschlecht das Silberne Zeitalter, das schon weit weniger vollkommen und bereits dem Leid unterworfen war. Mit dem Erz, d.h.