
2.1 Höllenqualen für einen Kuss

Der Bart eines Mannes besteht aus etwa 7000 bis 15.000 Haaren, die täglich etwa 0,4 mm wachsen und die im trockenen Zustand beinahe ebenso hart sind, wie gleich dicke Kupferdrähte. Männer, die sich regelmäßig nassrasieren, verbringen etwa 140 Tage Ihres Lebens damit, sich fast 840 m Bart abzuscheren. Ich habe das nicht nachgemessen, aber diese Zahlen liest man allenthalben, wenn man im Internet googelt, zum Beispiel in einem Bericht des Handelsblattes aus dem Jahre 2006 über eine Ausstellung zur „Kultur des Rasierens“. Angesichts dieses Aufwandes möchte ich gern einer Studie der Gillette Company glauben, dass die meisten Frauen lieber glattrasierte Männer küssen als Kerle mit Bart – was übrigens eine deutsche Sexualwissenschaftlerin bestätigt [1].

Höhlenmalereien und archäologischen Funde liefern ziemlich sichere Hinweise darauf, dass sich schon unsere Vorväter in der Steinzeit rasiert haben. Welche Gründe sie dafür hatten, liegt im Dunkeln. Wir wissen nicht, wie ihre Höhlendamen über die Attraktivität männlicher Bärte dachten. Wir können uns aber vorstellen, dass unsere männlichen Vorfahren seinerzeit ziemliche Qualen auf sich genommen haben, um ihren Bart ab zu bekommen – kaum denkbar, dass bessere Erfolgchancen beim weiblichen Geschlecht dabei kein Rolle gespielt haben sollen. Warum sonst sollte ein Mann bereit sein, sich seinen Bart mit behauenen und abgeschliffenen Steinen oder Vulkanglas abzuschaben?

Heute stehen Rasierklingen ganz weit oben auf der Hitliste von Erzeugnissen, die in Drogeriemärkten geklaut werden, wie „Die Zeit“ berichtet hat [2]. Vermutlich, weil viele Männer nicht einsehen, warum sie mehrere Euro für ein paar kleine Metallblättchen bezahlen sollen. Haben Sie sich mal gefragt, warum die so teuer sind? Die Antwort ist: Sie bestehen aus Hightech-Werkstoffen, deren Herstellung sehr kompliziert ist.

Die Entwicklung der Nassrasiertechnik von ihren Anfängen bis zur Gegenwart war eine Kulturleistung der Menschheit [3], die nur dadurch gelingen konnte, dass

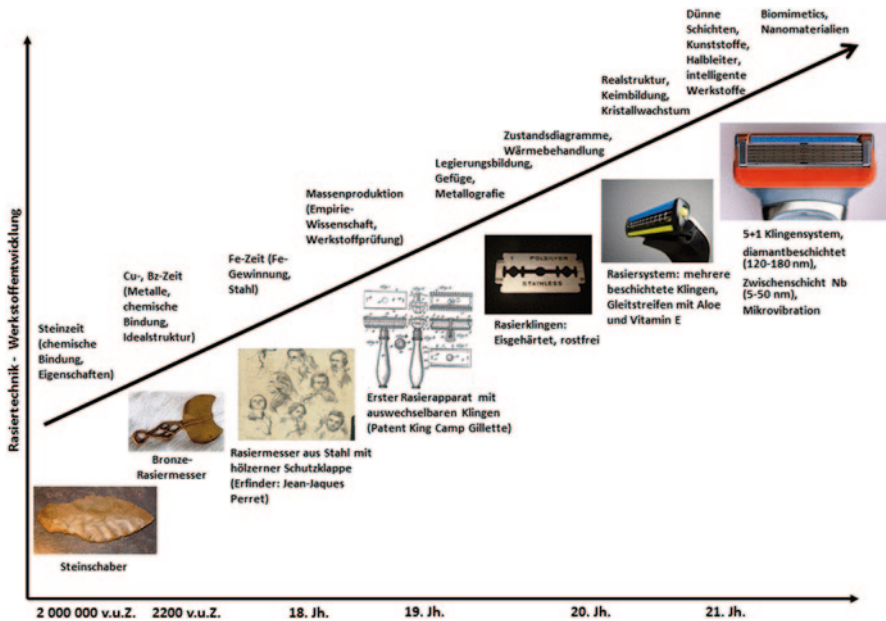


Abb. 2.1 Neue Werkstoffe – neue Rasiertechnik

für die Herstellung von Rasierklingen im Laufe der Zeit immer neue Werkstoffe zur Verfügung standen (Abb. 2.1).

Entlang der historischen Entwicklung dieser steinalten Kulturtechnik, die über Jahrtausende eine Domäne der Männerwelt war, von der heute aber auch das schöne Geschlecht Besitz ergriffen hat, soll uns nun auf unserer Erkundungstour durch die Werkstoffforschung navigieren. Starten wir dort, wo alles angefangen hat.

2.2 Die Spur der Steine

Er liegt im Britischen Museum und ist etwa zwei Millionen Jahre alt. Ein Stein mit einer messerscharfen Kante, so behauen, dass er gut in der Hand liegt. Er ist einer der ältesten Gegenstände, die jemals von Menschenhand gefertigt worden sind, so weit wir heute wissen. Gefunden hat ihn der britische Archäologe Louis Leakey im Jahre 1931 in der Olduvai-Schlucht in Tansania, nahe der Grenze zu Kenia. Dort liegen die tiefsten Wurzeln unserer Kultur, der erste „Werkzeugkasten der Menschheit“ [4]. Ob auch die Nassrasierkultur dort ihren Ausgangspunkt hat, ist eher fraglich. Genau erfahren werden wir es vermutlich nie.

In unserer Weltgegend fand die Steinzeit erst eine runde Million Jahre später statt, etwa zwischen dem 10. und dem 2. Jahrtausend v.u.Z. Archäologen haben Rasierschabern aus Stein und Obsidian ausgegraben, die aus dieser Zeit stammen. Jedenfalls sind sie sich ziemlich sicher, dass es sich um Rasiergeräte handelt. Aber,

obwohl Vieles dafür spricht, einen gesicherten Beweis dafür, dass sich Steinzeitmänner wirklich rasiert haben, gibt es allem Anschein nach bislang nicht.

Behauene und polierte Steine und Klingen aus Obsidian waren Werkzeuge vom Feinsten, Hightech-Geräte der Steinzeit, hart und scharfkantig. Deshalb verwendete man sie zum Beispiel als Speerspitzen zur Jagd, löste damit Fleisch vom Knochen erlegter Tiere, zertrümmerte mit ihnen die Knochen, um an das nahrhafte Mark zu gelangen, benutzte sie als Hackwerkzeuge, um Holz zu zerkleinern, und wahrscheinlich eben auch zum Rasieren. Ihre Herstellung und Nutzung hat der Entwicklung des Menschen einen enormen Schub gegeben.

Sie erforderten räumliches Vorstellungsvermögen, kreatives Vorausdenken, Geschick und geordnete Arbeitsabläufe. Das trainierte das Gehirn und bewirkte eine Differenzierung seiner Struktur und damit seiner Leistungsfähigkeit. Gleichzeitig sorgte der erleichterte und vermehrte Zugang zu energiereicherer Nahrung für dessen Wachstum und für eine Stärkung der Körperkraft des Menschen. All das führte zu einer sprunghaften Erweiterung der Fähigkeiten und Fertigkeiten des Menschen – ausgelöst durch Steinzeit-Hochtechnologie. Können Sie sich vorstellen, dass unsere moderne Technik sowie die durch sie veränderte Lebensweise der Entwicklung des Menschen einen vergleichbaren Impuls verleihen? Ich fürchte, dass sie auf Dauer bei Vielen von uns eher das Gegenteil bewirken könnte: Eine Degeneration mancher geistiger und körperlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten, weil bestimmte Teile unseres Gehirns und unseres Bewegungsapparates weniger beansprucht werden als nötig wäre, um sie ordentlich auf Trab zu halten.

Was den Werkstoffforscher interessiert, ist natürlich: Was sind das für Materialien, die unsere Altvordenen vor Jahrtausenden als Werkstoffe zur Fertigung von Rasierschabern und anderen Werkzeugen verwendet haben, Steine und Obsidian? Warum eignen sie sich überhaupt dazu? Woraus bestehen sie? Wie sieht ihre innere Struktur aus?

Steine oder Gesteine, wie die Geologen sagen, bestehen in erster Linie aus Mineralen. Das sind vor allem Silicate, wie Feldspäte, Quarz und Glimmer. In weitaus geringerer Menge findet man Gesteine, die aus Karbonaten bestehen, wie Calcit oder Dolomit. Denken Sie an die daraus entstandene Gebirgskette in den Alpen, die Dolomiten.

Die Erdkruste besteht zu etwa 90 % aus Silicaten. Für den Chemiker sind das die Salze der Kieselsäure ($\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$). Entfernt man aus ihnen das Wasser, entsteht Siliciumdioxid (SiO_2). Den Werkstoffforscher interessiert jedoch nicht nur die Zusammensetzung, sondern vor allem die Struktur der Silicate. Er fragt sich: Wie sind die Silicium- und Sauerstoffatome in den Silicaten angeordnet? Um diese Frage zu beantworten, reaktivieren Sie bitte Ihr chemisches Grundwissen und erinnern Sie sich:

Silicium ist vierwertig positiv geladen, Sauerstoff zweiwertig negativ. In den Silicaten ist das Si-Atom das zentrale Atom. Es schart tetraederförmig vier Sauerstoffatome um sich. Da diese insgesamt acht negative Ladungen tragen, vom Si-Atom aber nur vier gebunden werden, bleibt an jedem Sauerstoffatom eine negative Ladung frei. Dieses SiO_4 -Tetraeder ist der Grundbaustein, die „Einheits- oder Elementarzelle“ der Silicate (Abb. 2.2).

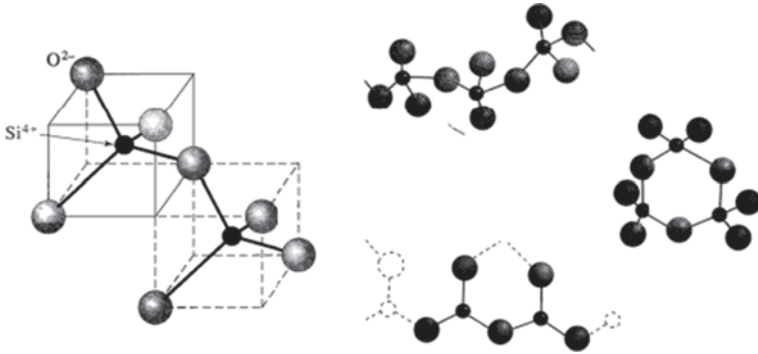


Abb. 2.2 Silicatstrukturen: *links*: $(\text{SiO}_4)^{4-}$ – Tetraeder (Grundbausteine), *rechts*: **a** Kettensilicat (das sich seitlich über Sauerstoffatome zu einem Bandsilicat verbinden kann), **b** Ringsilicat, **c** Schichtsilicat

Über die freien Ladungen der Sauerstoffatome sind die Tetraeder in der Regel zu größeren Komplexen verknüpft. Dadurch entstehen mehr oder weniger geordnete Strukturen, von Bändern über Schichten bis hin zu räumlichen Gittern. So konnte die Natur aus den silicatischen Grundbausteinen verschiedene Arten von Silicatmineralen bilden. Materialien, die aus solchen geordneten Raumgittern bestehen, bezeichnet man als „kristallin“. Sie bilden Kristalle. Der Begriff Kristall leitet sich vom griechischen „krýstallós“ = Eis ab. Vermutlich hat man im antiken Griechenland Quarz-Kristalle gefunden und sie für Eis gehalten, das nicht geschmolzen war.

Aufgrund dieser Kristallbildung konnten unsere steinzeitlichen Vorväter Steine in eine scharfkantige und handliche Form bringen. Werden Steine nämlich mechanisch bearbeitet, spalten sich Splitter ab, und zwar meist nicht irgendwie, sondern entlang bestimmter Kristallebenen. Dadurch entstehen ebene Spaltflächen, die die Oberfläche des Steines bilden. Die Menschen der Steinzeit haben die Splitter nun geschickt und gezielt so abgeschlagen, dass die hergestellten Werkzeuge ihre funktionsgerechte Gestalt erhielten, handlich und scharfkantig. Dafür war vor allem Feuerstein gut geeignet. Er besteht aus sehr kleinen Kristallen und ist deshalb besonders hart und wenn man ihn zerschlägt, entstehen sehr scharfe Kanten.

Warum sind Steine aber so hart, fragt sich der Werkstoffforscher weiter, dass sie sich als Werkzeuge eignen? Was „schweißt“ ihre Atome so fest zusammen, dass sie sich dem mechanischen Eindringen der meisten anderen Materialien in ihre Oberfläche widersetzen können? Um das zu verstehen, müssen wir uns ansehen, auf welche Weise die Atome in Silicat-Strukturen chemisch aneinander gebunden sind. Denn grundlegende Eigenschaften eines Materials, nicht nur von Silicaten, hängen von der Art der chemischen Bindung zwischen seinen Atomen ab.

Erdacht hat sich den Begriff „chemische Bindung“ der englische Chemiker Edward Frankland (1825–1899). Er hat metallorganische Verbindungen synthetisiert und dabei im Jahre 1852 sein Konzept der „Sättigungskapazität“ entwickelt. Danach kann jedes Atom nur eine bestimmte maximale Anzahl anderer Atome an sich binden. Wir beschreiben dieses Konzept heute mit der Theorie der Valenzelektronen. Von Elektronen konnte Frankland noch nicht die leiseste Ahnung haben, denn

sie sind erst 45 Jahre später, ebenfalls von einem Engländer, dem Physiker Joseph John Thomson (1856–1940), entdeckt worden. Der Mann ist 1906 mit dem Nobelpreis für Physik geehrt worden, allerdings nicht für diese Entdeckung, sondern für seine Arbeiten über die elektrische Leitfähigkeit von Gasen. Die Existenz des Elektrons war theoretisch schon 1874 von dem irischen Physiker George Johnstone Stoney (1826–1911) vorausgesagt worden. Er hatte postuliert, dass es elektrische Elementarladungen gibt, die mit den Atomen verbunden sind.

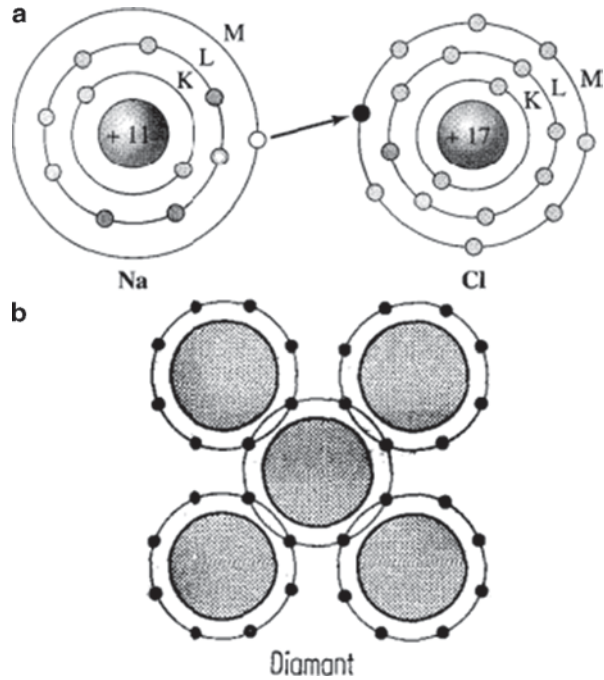
Sie haben über chemische Bindungsarten ganz sicher schon im Chemieunterricht gehört und Sie werden in Lehrveranstaltungen über die chemischen und physikalischen Grundlagen von Werkstoffen tiefer in diese Theorie eindringen. Kurz und knapp gesagt zu Ihrer Erinnerung:

Wie sich Atome verschiedener Elemente miteinander verbinden, hängt vom Aufbau ihrer Elektronenhülle ab. Alle Elemente sind bestrebt, bei chemischen Reaktionen eine möglichst stabile Elektronenkonfiguration zu erreichen. Das ist dann der Fall, wenn ihre äußere Elektronenschale voll mit Elektronen besetzt ist. Eine besonders stabile Elektronenkonfiguration weisen die Elemente der 8. Hauptgruppe im Periodensystem der Elemente (Edelgase) auf. Bei ihnen ist die äußere Elektronenschale mit acht Elektronen besetzt (Edelgaskonfiguration). Edelgase gehen daher nur wenige chemische Reaktionen ein. Die übrigen Elemente versuchen, in chemischen Reaktionen eine Edelgaskonfiguration zu erreichen. Im einfachsten Fall dadurch, dass sie Elektronen abgeben oder aufnehmen. Dadurch entstehen Ionen, die sich gegenseitig elektrostatisch anziehen. Diese Art der chemischen Bindung bezeichnet man deshalb als Ionenbindung (auch heteropolare Bindung). Sie tritt vor allem zwischen Metallen und Nichtmetallen auf, also bei Salzen, und bindet die beteiligten Partner sehr fest aneinander.

Sind beide Materialien Nichtmetalle, funktioniert die chemische Bindung zwischen ihren Atomen anders. Sie sind nämlich nicht gewillt, Elektronen abzugeben. Die Elektronen nichtmetallischer Elemente sind fester im Atom verankert als bei allen anderen, abgesehen von den Edelgasen. Wie können zwei Nichtmetalle bei einer chemischen Reaktion dennoch beide eine Edelgaskonfiguration erreichen? Nun, die Atome teilen sich die Elektronen ihrer äußeren Schalen und bilden Elektronenpaare, die quasi beiden gehören. Auf diese Weise werden beide Atomsorten ebenfalls sehr fest aneinander gekettet. Diese Art der chemischen Bindung bezeichnet man als Atom- oder Molekülbindung (auch kovalente oder homöopolare Bindung).

Bei Silicaten und anderen Mineralen ist die Art der chemischen Bindung komplizierter als bei reiner Ionen- oder Atombindung. Sie hat einen Doppelcharakter: Im Grunde ist sie eine Atombindung, hat aber auch einen starken ionischen Bindungsanteil. Daraus, dass sowohl Ionen- als auch Atombindungen zwischen den Atomen die Reaktionspartner sehr fest miteinander verbinden, erklärt sich die Härte von Mineralen und der aus ihnen bestehenden Steine. Dafür, dass Steine in grauer Vorzeit zu einem Hightech-Werkstoff werden konnten waren aus Sicht der Werkstoffforschung also zwei Faktoren entscheidend, die Art der chemischen Bindung zwischen ihren Atomen und ihr kristalliner Aufbau. Auf einen Begriff gebracht: Ihre innere Struktur (Abb. 2.3)

Abb. 2.3 Ionenbindung (a) und kovalente Bindung (b)



Sie wissen jetzt, warum Steine für unsere Altvorden ein vortrefflicher Rasierschaber-Werkstoff waren. Archäologen haben aber auch Klingen gefunden, die unsere steinzeitlichen Vorfahren aus Obsidian hergestellt hatten. Haben Sie eine Ahnung, was das für ein Material ist? Falls nicht, haben Sie eine Idee, welches Material zur Herstellung eines Rasiermessers seinerzeit noch in Frage gekommen ist? Große Auswahl hatten die Leute ja nicht. Holz? Wohl kaum. Metalle? Im Prinzip ja. Aber welche? Metalle aus Erzen zu gewinnen haben die Steinzeitmenschen erst relativ spät gelernt. Und jene, die sie vielleicht zufällig gediegen in der Natur fanden, waren Edel- oder Halbedelmetalle, wie Gold und Kupfer. Und die waren zu weich, viel weicher als Stein, um daraus vergleichbar scharfe Klingen herzustellen.

Was halten Sie von Glas? Geeignet ist es zweifellos. Hart genug ist es und scharf kann es auch sein, wie jeder aus Erfahrung weiß. Aber wo sollten die Männer der Steinzeit Glas hernehmen? Herstellen konnten sie es jedenfalls noch nicht. Doch die Natur hat es gut mit ihnen gemeint. Sie hatte für sie ein Gesteinsglas im Angebot, das bei der Eruption von Vulkanen entstanden war, und das wir auch heute noch finden können. Es besteht im Grunde aus den gleichen Elementen wie Minerale. Seine Bausteine sind aber nicht über größere Bereiche hinweg periodisch geordnet. Das vulkanische Magma war so rasch abgeköhlt, dass sie nicht genügend Zeit hatten, sich zu einer Kristallstruktur zu ordnen. Solche Materialien, deren Atome keine geordneten Strukturen bilden, bezeichnet man als amorphe Materialien. Typisch dafür ist Glas. Und genau das ist auch Obsidian, ein natürliches Glas. Seine scharfkantigen Bruchflächen machten es selbstredend ebenfalls zu einem für Steinzeitver-

hältnisse ausgezeichneten Rasierschaber-Werkstoff. Die Bezeichnung Obsidian soll von Obsius abgeleitet worden sein, dem Namen des Römers, der als Erster solches Gesteinsglas von Äthiopien nach Rom gebracht haben soll.

Das Wort „Glas“ bezeichnet übrigens nicht ein Material, wie es umgangssprachlich üblich ist, sondern den nichtkristallinen, amorphen Zustand eines Materials. Wenn man sie schnell genug aus der Schmelze abkühlt, können aus fast allen Materialien Gläser entstehen, beispielsweise auch „metallische Gläser“, amorphe Metalle. Gläser aus organischen Materialien, wie Kunststoffen, kennen Sie sicher als Brillengläser.

Ein charakteristisches Merkmal von Gläsern ist, dass sie sich beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand über einen weiten Temperaturbereich verdichten und nicht sprunghaft, wie kristalline Werkstoffe. Das heißt, Glas hat keinen Schmelzpunkt. Es geht beim Erwärmen kontinuierlich in einen plastischen, viskosen und anschließend in den flüssigen Zustand über. Was dabei genau geschieht, ist bis heute erst unvollständig verstanden und Gegenstand intensiver Forschung.

Die Entstehung der Minerale und vulkanischen Gläser fällt in das Forschungsfeld der Geologen. Die Untersuchung ihrer Zusammensetzung und ihrer Struktur ist Gegenstand der Mineralogie und der Kristallographie, geht es um Gesteine, auch der Petrographie. Während meines Studiums hatte ich ein Semester lang eine Lehrveranstaltung „Petrographie“, Vorlesung und Praktikum. Ich habe damals zunächst nicht verstanden, was das eigentlich soll, Gesteinskunde für Werkstoffkundler. Denn Gesteine und Mineralien stehen ja eher am Rande der Palette moderner Werkstoffe. Dann, gegen Mitte des Semesters, hat unser Dozent eine Exkursion in eine Porzellanfabrik mit uns unternommen. Dort begann mir zu dämmern, dass es von der Gesteinskunde eine direkte Verbindung zur Werkstoffforschung gibt. Einigermassen verstanden habe ich es, als uns unser Dozent im Anschluss an das, was wir während der Exkursion gelernt hatten, vom Porzellan zu den Keramiken geführt hat.

Porzellan ist ein keramisches Produkt, wie Sie vielleicht annehmen. Es unterscheidet sich von anderen Keramiken, wie Steingut, vor allem durch seine innere Struktur. Während Keramiken im Allgemeinen vollständig kristallin aufgebaut sind, hat Porzellan daneben teilweise eine amorphe Struktur. Dieser Glasanteil ist der Grund dafür, dass sehr dünnes Porzellan durchscheinend ist.

Keramiken werden aus Mineralen hergestellt, aus denen auch Gesteine aufgebaut sind. Sie bestehen wie Minerale aus anorganischen nichtmetallischen Elementen, die ebenfalls durch Atom- und Ionenbindungen chemisch miteinander verbunden sind, und sie bilden wie diese Kristalle. Aufgrund ihrer gleichartigen inneren Struktur haben Keramiken auch ganz ähnliche Eigenschaften wie Minerale. Keramiken sind gewissermaßen künstlich erzeugte Verwandte von Mineralen und Steinen.

Ursprünglich war Keramik identisch mit Tonwaren. Die meisten Tone sind feinkörnige Verwitterungsprodukte silicatischer oder auch anderer Minerale. Gebrannt, geformt und im Feuer gehärtet, diente Ton schon in der Steinzeit beispielsweise zur Herstellung von Gefäßen für die Aufbewahrung von Lebensmitteln. Die ersten Gefäße sind, so besagen neuere Erkenntnisse, vor etwa 7000 Jahren in Japan hergestellt worden. Entscheidend dafür war die chemische Beständigkeit dieses Werkstoffes. Lange hat man angenommen, dass die Töpferei mit der Entwicklung von

Ackerbau und Viehzucht einhergegangen ist, in deren Folge die Menschen sesshaft geworden sind. Dem lag die plausible Vermutung zugrunde, dass Menschen nicht töpfern, wenn sie häufig ihren Aufenthaltsort wechseln. Inzwischen weiß man jedoch, dass Keramiken schon in der Altsteinzeit entstanden, wie Altertumsforscher sie nennen, als sie noch als Jäger von Ort zu Ort umhergezogen sind [5].

Zunächst waren aus Ton die ersten kunsthandwerklichen Gegenstände hergestellt worden. Der älteste, den wir kennen, ist die „Venus von Vestonice“ (benannt nach ihrem Fundort). Sie ist etwa 25.000 Jahre alt und wird im Mährischen Landesmuseum in Brno aufbewahrt, aber leider nicht ausgestellt [6]. Später begann man Keramiken als Baumaterial zu nutzen. Technische Keramiken waren noch bis vor wenigen Jahrzehnten Silicat- oder Oxidkeramiken (die im Wesentlichen aus Metalloxiden bestehen). Erst in jüngerer Zeit hat man gelernt, auch keramische Werkstoffe auf der Basis von Bor-, Kohlenstoff-, Stickstoff- und Siliciumverbindungen herzustellen, die z. T. völlig frei von silicatischen und oxidischen Bestandteilen sind. Dazu gehören vor allem Silicium- und Borcarbide sowie -nitride. Aufgrund ihres hohen Anteils kovalenter chemischer Bindungen sind sie besonders hart und fest sowie hochtemperatur- und korrosionsbeständig und werden deshalb oft als Hochleistungskeramiken bezeichnet.

Aufgrund ihrer Eigenschaften sind die guten alten Keramiken seit geraumer Zeit beispielsweise im Maschinen- und Anlagenbau, im Turbinenbau und in der Medizintechnik zu einer ernsthaften Konkurrenz von Metallen geworden, ja haben diese sogar aus manchen Anwendungsbereichen verdrängt. Was einer ihrer Vorteile ist, kann aber auch ein Nachteil sein. Harte Werkstoffe sind in der Regel spröde, schlecht plastisch verformbar. Ein ordentlicher Schlag oder eine kräftige Biegebelastung und sie sind hinüber.

Deshalb habe nicht nur ich daran gezweifelt, dass es gelingen könnte, Walzen aus Keramik herzustellen, mit denen man Erzeugnisse aus Stahl fertigen kann. Zumal solche Versuche in Japan und in Frankreich in den 1990er Jahren nicht zum Erfolg geführt haben. Trotz, nein richtiger gesagt, gerade wegen des Risikos, dass es misslingen könnte, hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt gefördert, das sich zum Ziel gesetzt hatte, die Werkstoffeigenschaften und den Herstellungsprozess von Keramikwalzen aus Siliciumnitrid (Si_3N_4) so zu optimieren, dass sie in der Industrie zur Fertigung von qualitativ hochwertigen Drähten, Rohren und Bändern eingesetzt werden können. Nach Jahren intensiver Forschung, Entwicklung und Erprobung in verschiedenen Anwendungsgebieten steht fest: Es geht.

Keramiken waren auch die erste Klasse von Werkstoffen, die ihre Bedeutung vor allem dem Vermögen verdankt, aufgrund ihrer Eigenschaften nicht nur mechanische, sondern vor allem physikalische (elektrische, magnetische, optische) Funktionen erfüllen zu können. Man spricht deshalb auch von Funktionskeramiken. Denken Sie nur an Isolatoren, ohne die die Entwicklung und Verbreitung der Elektro- und der Rundfunktechnik undenkbar gewesen wäre. Keramiken haben im Vergleich mit anderen Werkstoffen noch immer die größte Spannweite funktionaler Einsatzmöglichkeiten. Heute erfüllt ein keramischer Werkstoff nicht selten mehrere Funktionen gleichzeitig.

Sowohl die Keramikentwicklung als auch deren Anwendung haben zu einer verwirrenden Vielgestaltigkeit der Keramikindustrie geführt: Man kennt heute etwa 40 Anwendungsfelder, 160 Produktgruppen und 75 Stoffsysteme. Typisch ist geblieben, dass die Keramikherstellung in der Regel direkt zu fertigen Erzeugnissen führt, bei denen keine Nacharbeit notwendig ist. Sie sind damit nicht nur im funktionellen, sondern auch im geometrischen Sinne, also im eigentlichen Sinne des Begriffes, „Werkstoffe nach Maß“. Keramiken werden in einem Verfahren hergestellt, das später auch in die Metallindustrie übernommen worden ist und zur Entstehung der Pulvermetallurgie geführt hat. Sie werden gesintert. Das heißt, die Ausgangsstoffe werden zu Pulver gemahlen und unter Druck erhitzt, wobei sie „zusammenbacken“.

Eine der Spuren, die Steine in der Geschichte der Menschheit hinterlassen haben, hat uns also, wenngleich auf einem kleinen Umweg, von den ersten Rasiergeräten zu Hightech-Kreationen der modernen Werkstoffforschung geführt. Während Keramiken jedoch seit Jahrtausenden auf dem Vormarsch sind und neue Anwendungsgebiete erobert haben, ist es mit den Rasierschaber-Werkstoffen der Steinzeit anders gelaufen. Steine und Obsidian haben bald eine Konkurrenz bekommen, der sie nicht standhalten konnten: Rasiermesser aus Bronze. Das wird zwar das Rasieren noch nicht gerade komfortabel gemacht, dürfte aber die Leiden der Männer schon erheblich gelindert haben.

Einen Mann aus der Zeit, in der Steinwerkzeuge und -geräte von Geräten aus Bronze abgelöst wurden, kennen wir „persönlich“: Den im Jahre 1991 gefriergetrocknet als Mumie in Südtirol gefundenen Ötzi, der ca. 3300 v. Chr. lebte. Er hatte ein Bronzebeil bei sich. Die Klinge war gegossen und ähnlich geformt, wie ein aus Stein geschliffenes Beil. Ob er sich mit einem Rasiermesser aus Bronze rasierte, wissen wir nicht. Es ist aber eher unwahrscheinlich. Sicher ist, dass Männer es eines Tages taten, in Europa aber erst ab der mittleren Bronzezeit um 1600 v.u.Z., wie Altertumsforscher durch archäologische Funde ermittelt haben. Die erste kulturgeschichtliche Karte der europäischen Vorgeschichte aus dem Jahre 1889 zeigt uns, dass sich Männer früher oder später in allen Ländern Europas ihren Bart mit bronzenen Rasiermessern geschert haben. [7]

Die Frage ist: Warum war diese Innovation, wie wir heute sagen würden, so erfolgreich? Was hat Bronze, was haben Metalle, was andere Werkstoffe nicht haben? Welche Vorteile hatten sie in der „Evolution der Werkstoffe“? Was hat sie zum „Jahrtausende-Renner“ gemacht?

2.3 Zwei biblische Werkstoffe

Da trat aus dem Lager der Philister ein Vorkämpfer namens Goliath aus Gat hervor. Er war sechs Ellen und eine Spanne groß. Auf seinem Kopf hatte er einen Helm aus Bronze, und er trug einen Schuppenpanzer aus Bronze, der fünftausend Schekel wog. Er hatte bronzene Schienen an den Beinen, und zwischen seinen Schultern hing ein Sichelschwert aus Bronze.
1 Samuel 17:4–7

Stein gegen Metall – wie im Kampf David gegen Goliath, auf den dieses Zitat aus der Bibel verweist. Es beschreibt eine Szene des Kampfes zwischen den Philistern und den Israeliten. Die Philister hatten sich im 12. Jahrhundert v.u.Z. im fruchtbaren Süden des historischen Palästina angesiedelt und dort einen Bund der Stadtstaaten Aschdod, Askalon, Ekron, Gath und Gaza gegründet. Die Region stand zunächst noch unter ägyptischer Vorherrschaft. Später übernahmen die Philister die Macht und hielten sie fest bis zu eben diesem Kampf [8]. Wer kennt sie nicht, die Legende vom Kampf des kleinen David gegen den Riesen Goliath?

Einer aus den Reihen der Israeliten sollte, so wollte es Goliath, zum Zweikampf gegen ihn antreten. Sollte dieser siegen, würden die Philister den Israeliten dienen. Würde er aber unterliegen, sollten die Israeliten Knechte der Philister werden. Man kann sich leicht vorstellen, wie den Israeliten angesichts der Größe und vor allem der bronzenen Ausrüstung Goliaths zumute war. Ihr König, Saul, versprach demjenigen, dem es gelänge, Goliath zu schlagen, nicht nur Reichtum, sondern sogar die Hand seiner Tochter.

Der junge David erklärte sich bereit zu kämpfen. Mit nichts anderem bewaffnet als mit einer Steinschleuder und einem Sack voll Steinen. Erinnern Sie sich, wie das ungleiche Duell ausging? David schleuderte einen Stein genau auf Goliaths ungeschützte Stirn, sodass dieser zu Boden fiel. Zwar versuchten die Philister zu fliehen, nachdem ihr stärkster Mann gefallen war, aber sie wurden von den Israeliten niedergemetzelt.

Stein hatte Bronze besiegt. Jedenfalls in diesem legendären Kampf. Im historischen Wettbewerb der Werkstoffe allerdings, konnten Steine gegenüber den Vorzügen der Bronze nicht standhalten. Eingeleitet hat den Übergang von der Steinzeit in die Bronzezeit, der etwa 5000 Jahre gedauert hat, ein anderes Metall, das der Menschheit bereits vor etwa 10.000 Jahren als Werkstoff diente: Kupfer. Anfangs war es gediegenes Kupfer, das der Mensch in der Natur gefunden, bearbeitet und genutzt hat. Wie auch Gold, aus dem er vor allem Schmuck und rituelle Gegenstände herstellte sowie Münzen prägte. Als Werkstoff für die Herstellung von Geräten und Waffen war dieses edle Metall jedoch nicht geeignet, weil es zu weich ist.

Wohl eher zufällig haben unsere Vorfahren eines Tages entdeckt, dass man nicht unbedingt nach gediegenem Kupfer suchen muss, sondern dass man es auch aus bestimmten Steinen gewinnen kann. Vermutlich hatten sie dieses Aha-Erlebnis bei der Herstellung von Keramiken. Es ist bekannt, dass Handwerker in der Jungsteinzeit z. B. Keramikvasen mit Malachit dekorierten. Malachit ist ein Mineral/ $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ mit einem Kupfergehalt von 57%. Da die Brennöfen bis zu 800 °C heiß wurden, ist der Malachit beim Töpfern erst zu Kupferoxid und dann weiter zu Kupfer reduziert worden. Stellen Sie sich vor, wie der jungsteinzeitliche Handwerker gestaunt haben muss, vor dessen Augen sich zum ersten Mal der grüne Malachit in goldähnlich glänzendes Kupfer verwandelt hat! Leider ist uns die Fähigkeit zu staunen weitgehend abhandengekommen. Dabei ist sie doch eine Quelle der Neugier. Und die treibt uns an, Neues zu erlernen und zu erforschen. Prüfen Sie sich doch mal selbst, wann und worüber Sie zum letzten Mal gestaunt haben.

Archäologen gehen davon aus, dass die Umwandlung von Malachit in Kupfer, die beim Töpfern in der Steinzeit begann, der Ausgangspunkt für die Kupfergewinnung

Materialwissenschaft und Werkstofftechnik

Ein Ritt auf der Rasierklinge

Urban, K.

2015, XII, 280 S. 101 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-662-46236-2