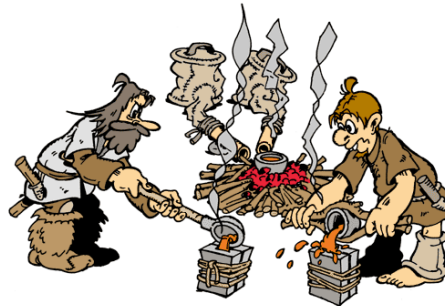


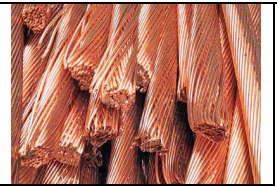
Kupferherstellung

Aufgabe:

Bringe die folgenden Zeichnungen in die richtige Reihenfolge!

Wenn es dir gelungen ist, studierst du den Text im Anschluss und kontrollierst deine Arbeit.





Kupferherstellung

Kupfergewinnung und Verarbeitung (richtige Reihenfolge)

Funde von Guss- und Schmelztiegeln in einigen Siedlungen der Jungsteinzeit beweisen, dass die Technik der Kupferverarbeitung, d.h. das Schmelzen und Giessen des Metalls, bekannt war. Inwieweit damals richtiger Kupferbergbau betrieben wurde, lässt sich nur vermuten. Kupfer findet man in Gestein, das sowohl an der Oberfläche als auch im Berginnern gewonnen werden kann.

Untersuchungen der Kupferklinge haben ergeben, dass das Material dieser frühen Fundstücke nicht unter Tage gewonnen wurde, sondern von der verkrusteten Oberfläche von Kupferlagerstätten stammen muss. Auf jeden Fall finden sich im Alpengebiet zahlreiche Lagerstätten von Kupfererz (**Malachit, Azurit**), die für die Steinzeitmenschen erreichbar waren.



Welche Techniken und Geräte damals zum Schürfen des Erzes eingesetzt wurden, ist auch nicht bekannt. Die einfachste Abbau-methode war vermutlich das Abschaben der über Tage liegenden Krusten mit dem erzhaltigen Gestein.

Zum Einsatz dürften Werkzeuge wie **Geweihhacken** bzw. **Horn- & Feuersteinpicken** und **Hammersteine** gekommen sein, eventuell auch die Methode des "**Feuersetzens**". Dabei wird das kupferhaltige Gestein mit Holzbränden, manchmal über mehrere Tage, erhitzt und anschliessend mit kaltem Wasser abgekühlt. Durch diesen Vorgang wurde das Gestein rissig und konnte leichter weggebrochen werden.

Die Gesteinsbrocken werden gesammelt und auf einer harten Unterlage mit Felsgestein in kleinere Stücke zermahlen, um das eigentliche Erz vom sogenannten 'tauben' Gestein zu trennen.

Dann beginnt die 'Verhüttung' des Materials, d.h. die Umwandlung von Erz in Metall. Azurit und Malachit sind oxidische Kupferverbindungen, die ohne weitere Vorarbeiten verhüttet werden können.



Schwefelhaltige Erze

wie Kupferkies müssen dagegen von ihrem Schwefelanteil befreit werden. Dazu werden die zerkleinerten Brocken zunächst einmal im Feuer geröstet. Während des Röstprozesses reagiert ein Teil des Schwefels mit dem Luftsauerstoff und entweicht als Schwefeldioxid, was sich durch einen starken Schwefelgeruch bemerkbar macht.

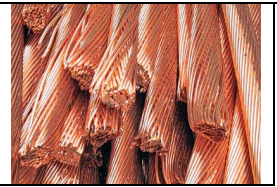
Da der Kupferstein, das Ergebnis dieses Vorganges, immer noch Schwefelanteile enthält, wird das Ganze wiederholt. Bei diesem Prozess kann ein sogenanntes Röstbett zur Anwendung kommen. Dieses besteht aus einem aus gestampftem Lehm gebildeten Rechteck mit einer leichten Vertiefung in der Mitte und einer Umfassung aus Steinen.



Das trockene Feuerholz wird so in dem Röstbett aufgeschichtet, dass das Erz deutlich oberhalb des Bodens auf das Holz gelegt werden kann. So kann sich das Erz erst in der Mitte der Vertiefung sammeln, nachdem es mit dem Sauerstoff

reagiert hat. Durch die Auskleidung des Röstbettes mit Lehm kann das geröstete Erz nach Abschluss des Röstvorganges mehr oder weniger vollständig herausgelesen werden.

Derartige **Röstbette** wurden allerdings erst bei Ausgrabungen von Verhüttungsplätzen aus der späteren Bronzezeit entdeckt. Eine Verhüttung von schwefelhaltigen Erzen ist im Gegensatz zur Verwendung von Malachit und Azurit für die Jungsteinzeit nicht nachgewiesen und gilt als unwahrscheinlich.



Kupferherstellung

Nun beginnt der eigentliche Schmelzvorgang, bei dem das Kupfer aus dem Erzgestein gewonnen wird.

Die entsprechende Methode entwickelte sich vor ca. 8000 Jahren im vorderen Orient, von wo aus sie sich vermutlich über Ungarn nach Mitteleuropa verbreitete und schliesslich vor 5000 Jahren auch den Alpenraum erreichte.



Die Konstruktion eines Ofens der Jungsteinzeit hat aller Wahrscheinlichkeit nach jenen Schachtöfen entsprochen, die aus Fundstellen der Bronzezeit bekannt sind. Ein solcher Ofen wird aus behauenen Steinblöcken mit Lehm als Mörtel gemauert, seine Innenseite vermutlich mit Lehm verkleidet. Am unteren Rand der Vorderseite befindet sich das Abstichloch mit der davorliegenden Schlackengrube. Darüber ist das Düsenloch angebracht, durch das die Windzufuhr erfolgt.

Für die Verhüttung des Erzes wird nun der Ofen mit Kupfererz und Holzkohle 'beschildert' bzw. angefüllt, die in mehreren Schichten übereinander gelagert werden. Da Kupfer einen hohen Schmelzpunkt besitzt, muss in diesem Ofen eine Temperatur von über 1000° erreicht werden. Zu die-

sem Zweck wird der Holzkohleglut mehrere Stunden lang Sauerstoff bzw. Luft durch das Düsenloch zugeführt. Dies erreicht man mit Hilfe von Blasebälgen.

Wie ein solcher steinzeitlicher Blasebalg tatsächlich ausgesehen hat, ist nicht bekannt. Experimentelle Archäologen stellten aber funktionierende Blasebälge aus Ledersäcken her, die mit aus Ton gefertigten Rohren verbunden wurden. Über ein solches Tonrohr wird die Luft in den Ofen geblasen.

Sobald im Ofen die Schmelztemperatur erreicht wird, trennt sich das reine Kupfer von den Verunreinigungen, der eisenhaltigen Schlacke. Während letztere beim 'Ofenanstich' durch das Abstichloch in die Schlackengrube abfließt, bleibt der Gusskuchen aus Rohkupfer (Kupferkuchen, Kupferbarren) am Grund des Bodens zurück.



Die Schlacke selbst kann wieder eingesammelt und nochmals eingeschmolzen werden, um auch den letzten Rest von Kupfer, der noch in ihr enthalten ist, zu gewinnen.

Diese Kupferkuchen können nun durch verschiedene Verarbeitungstechniken (Schmelzen, Giessen und Schmieden) zu Gegenständen weiterverarbeitet werden.

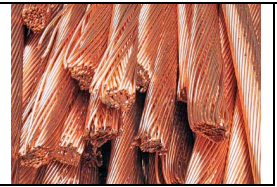
DIE KUPFERVERARBEITUNG



Nach der Gewinnung von Kupfer aus Erzgestein kann die Herstellung von Gegenständen aus Metall beginnen.

Damalige Beilklinge und Messer bestanden aus beinahe reinem Kupfer. Die wenigen natürlichen Verunreinigungen aus Silber und Arsen waren von grösstem Vorteil für die weitere Verarbeitung, denn völlig reines Kupfer lässt sich nur sehr schlecht giessen.

Zum Giessen des Gegenstandes muss eine Gussform hergestellt werden. Diese kann aus Stein (Sandstein), Ton oder sogar Holz bestehen. Die Form des Gegenstandes wird mit geeigneten Werkzeugen (Steinmeissel etc.) aus den beiden Teilen der Gussform herausgearbeitet. Bei der Verwendung von Ton kann auch eine Originalform oder ein aus Holz geschnittenes Modell bei der Anfertigung der Gussformen verwendet werden. Ein eigener Abluftkanal (Luftloch) dient dazu, dass beim Giessen die Gase entweichen können. Die beiden Teilformen werden fest zusammengebunden, und die Gussform mit Lehm verstrichen, um sie dicht zu halten.



Kupferherstellung

Die kleinen Kupferbarren oder Kupferkuchen werden nun in einen Schmelztiegel (aus Stein) gegeben und in einer Holzkohleglut erhitzt. Damit der notwendige Schmelzpunkt von über 1000°C erreicht wird, muss man wieder auf den Einsatz von Blasebälgen zurückgreifen. Der Sauerstoff wird ununterbrochen über ein Tonrohr ins Holzkohlefeuer geblasen, um die Glut zu entfachen und die extreme Hitze zu erzeugen.

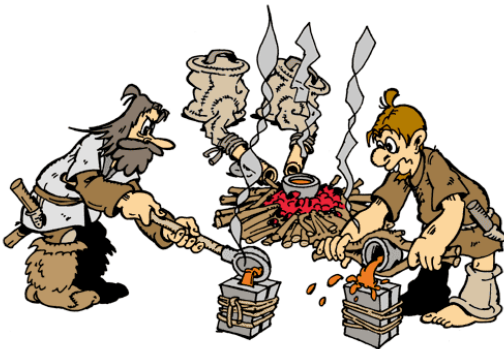
Sowie das Kupfer schmilzt, muss alles sehr schnell gehen. Sollte Asche auf dem flüssigen Kupfer schwimmen, wird sie mit einem Pusterrohr weggeblasen, um Verunreinigungen vorzubeugen.

Dann wird das flüssige Kupfer in die vorbereitete, aufrechtstehende Gussform gegossen. Dieser Prozess ist sehr schwierig. Läuft der ganze Vorgang richtig ab, kann man damit rechnen, einen brauchbaren Rohling zu erhalten.



Schäumt oder spritzt aber das Kupfer während des Giessens, wird der Rohling kleine Hohlräume (Lunker) enthalten, die ihn für eine weitere Bearbeitung unbrauchbar machen - er ist zu porös. Während sich das Metall beim Erkalten zusammenzieht, können sich solche Hohlräume bilden, wenn das Kupfer beim Schmelzen Sauerstoff aufgenommen hat.

Man erkennt einen unbrauchbaren Rohling leicht an den zahlreichen Poren an seiner Oberfläche. Auch die Kupferklingen der gefundenen Steinzeitbeile waren nie frei von solchen Fehlern. Immer wieder finden sich Lunker in den Klingen.



Sobald sich die Gussform abgekühlt hat, wird sie geöffnet und der Rohling herausgenommen. Nun muss er in stundenlanger Arbeit durch Hämmern (Dengeln), Schleifen und Polieren in seine endgültige Form gebracht werden.

Eventuelle Gussgrate und Unebenheiten an den Stellen, an denen die beiden Teilformen aufeinandertreffen, müssen entfernt bzw. geglättet, die Schneide verbreitert und geschärft werden.



Das Schmieden einer Kupferklinge muss sehr vorsichtig vor sich gehen. Das Kupfer wird zwar durch das Hämmern gehärtet, aber gleichzeitig besteht auch die Gefahr, dass dabei das spröde Kupfer Risse bekommt.

Das Schleifen der Klinge, insbesondere deren Schneide, erfolgt an Steinen und Felsen. Dabei kommt immer mehr die eigentliche rote und glänzende Farbe des Kupfers zum Vorschein, während der Rohling noch eine dunkle, schmutzig-braune Tönung aufweist.

