

Von der Bronzezeit zum Informationszeitalter - Stationen der Entwicklung

Krüger, J. (1)

Kupfer ist bekanntermaßen eines der ältesten Gebrauchsmetalle der Menschen, das diese durch nahezu alle Jahrtausende wie ein treuer Freund begleitet hat. Immer wieder neue Anforderungen konnten Kupfer und seine Legierungen erfüllen. Dies gilt auch im heutigen Kommunikationszeitalter, das ohne Kupferkabel, -stecker, -kontakte und Leadframes undenkbar wäre. Kupfer ist also ein altes und doch immer wieder junges Metall. Grund genug für einen Blick zurück.

Mit Sicherheit waren Gold und Silber waren die ersten Metalle, die von Menschen verarbeitet wurden. Anwendung fanden sie aber nur im Schmuck und in Kultgegenständen; denn beide Metalle waren zu selten.

Doch auch Kupfer findet sich in gediegener Form und fand daher ebenfalls sehr früh das Interesse der Menschen. Auf den Zeitraum um 6000 v. Chr. lässt sich die erstmalige Verwendung von Kupfer datieren, die sich bald nicht mehr nur auf gediege-

nes Kupfer beschränkte. Um 4000 v. Chr. wurden bereits oxidische Kupfererze verhüttet.

Naturharte Bronzen

Der Übergang auf Bronzen fand im

Zeitraum um 3000 v. Chr. statt. Dabei ergab sich die Zusammensetzung der ersten Bronzen aus der Zusammensetzung der verarbeiteten Erze – Legierungselemente waren zunächst die in den Erzen enthaltenen Begleiter Arsen, Antimon und Nickel. Es entstanden naturharte Bronzen. Die positiven Eigenschaften des Kupfers führten dazu, dass Kupfer und seine Legierungen rasch die verschiedensten Anwendungsbereiche eroberten. Eigenschaften, wie die Haltbarkeit des Kupfers, seine Legierbarkeit, seine gute Verarbeitbarkeit, die dekorative Farbe des Kupfers und seiner Legierungen machten es für die unterschiedlichsten Bereiche interessant – z.B. so im täglichen Leben als Handwerkszeug, Waffe, Schutzschild, aber auch als Schmuck- und Kultgegenstand. Damit ist der eigentliche Beginn der Kupfernutzung in der frühen Bronzezeit zu sehen.

In die mittlere Bronzezeit fällt die erstmalige gezielte Herstellung von Kupfer-Legierungen, insbesondere der Zinnbronzen. Frühe Zinnbronzen weisen Zusammensetzungen auf, die den heute üblichen durchaus ähnlich sind:

■ 85% Cu, < 15% Sn, < 1% Sb.

Um 500 v. Chr. sind bereits bleihaltige Legierungen üblich – sie enthalten

■ >70% Cu, < 10% Sn und 20 % Sb, zusätzlich Blei.

Nach der Bronzezeit (200 v. Chr.) wird erstmalig auch Messing hergestellt. Dies ist bemerkenswert, denn weder



Bild 2: Das größte Bronzegefäß der Hallstattzeit [2]

Zinn noch Zink kommen eigentlich gemeinsam mit Kupfer vor (Bild 1).

Mehrstufige Prozesse für Sulfiderze

In Europa lassen sich verschiedene Zentren des Erzbergbaus und der Verhüttung ausmachen, so auch in Österreich. Zwischen Salzach und Inn wurde bereits in der Bronzezeit und in der Urnengräberzeit Kupferbergbau betrieben und Kupfer hergestellt. Drei Bergbauzentren können heute lokalisiert werden:

■ der Bergbau Mitterberg (oberhalb Bischofshofen, überwiegend Kupferkies),

■ der Bergbau Kitzbühel-St. Johann (Fahlerz und Kupferkies)

■ der Bergbau Schwaz-Brixlegg (Fahlerz).

Von diesen lässt sich für die alten Zeiten quantitativ nur der Bergbau



Bild 1: Glocke aus der Bronzezeit [1]



Bild 3: Hemmoorer Eimer [2]

Mitterberg erfassen. Hier war der einmalige Umstand gegeben, dass der Bergbau nach der Bronzezeit liegen blieb und erst 1829 wieder aufgenommen wurde. So blieb der bronzezeitliche Abbau gut verfolgbar. Untersuchungen ergaben, dass in der Bronzezeit maximal 17.000 t Cu, minimal etwa 10.000 t Cu, gewonnen wurden. Dies entspricht einer Jahresproduktion von 10 -20 t Kupfer. Dazu jedoch mussten pro Tag durchschnittlich 3 - 4 t Erz bewältigt werden – und dies ohne Sprengstoff, ohne Bohrer. Die damaligen Bergleute verfügten nur über Schlägel aus Stein und Keile aus Tiergeweih, beherrschten aber auch das Feuersetzen. Trotz der einfachen Mittel wurden Stollen von mehreren hundert Meter Länge gefunden, die der Lagerstätte folgten.



Bild 4: Bronzegitter im Obergeschoss des Oktagons im Aachener Münster [3]

Zeittafel Altertum

6000 v.Chr.	Verarbeitung gediegenen Kupfers
4000 v.Chr.	Erschmelzen aus oxidischen Erzen
3000 v.Chr.	erstmalige Herstellung von Sn-Bronze
2000 v.Chr.	Erschmelzen aus sulfidischen Erzen
100 v.Chr.	erstmalige Herstellung von Messing
ca. 50 n.Chr.	Recycling nachgewiesen in schriftlichen Quellen

Die Lagerstätte Mitterberg (Mühlbach) ist nach heutigen Kenntnissen die erste ausgebeutete Sulfiderzlagertstätte. Die Metallurgie der Verarbeitung dieser sulfidischen Erze war kompliziert. In einem mehrstufigen Prozess wechselten Schmelz-, Röst- und Reduktionsschritte einander ab, bevor Kupfer mit etwa 98 % Cu entstand. Die Endschlacken weisen aber nur 0,3 - 0,5% Cu auf, reiche Schlacken wurden – auch damals schon! – zurückgeführt. Etwa 200 Schmelzplätze wurden neben den

zeblech von über 3 m² Größe mit einer mittleren Blechdicke von 1,2 mm, das durch Hämmern mit mehrfachem Zwischenglühen hergestellt wurde. Die Nutzung des Gefäßes ist nicht klar. Wahrscheinlich ist es ein Kultgefäß gewesen.

Aus China stammen zwei Glocken, die ebenfalls Beleg für die handwerklichen und künstlerischen Fähigkeiten der Menschen jener Zeit sind. Sie gehören in die östliche Zhou Zeit der streitenden Reiche (450 - 250 v.Chr.) bzw. in die westliche Zhou Zeit (1000



Bild 5: Kupfergewinnung in Mansfeld – die Kupferkammerhütte [4]

Stollen nachgewiesen, ebenso wie Schlacken, Kupferreste und einzelne Gussfladen. Der größte Teil derartigen Kupfers wurde zu Bronzen verarbeitet.

Geniale Handwerkskunst

1953 wurde bei Grabungsarbeiten in Vix nahe Chatillon sur Seine (Haut Marne) das größte Bronzegefäß der Hallstattzeit gefunden (1,64 m hoch, 208 kg schwer, 1.100 l Fassungsvermögen, Bild 2). Es besteht aus Bron-

- 700 v.Chr.). Beide sind Gussbronzen (Bild 1).

Andere historische Gegenstände zeugen ebenfalls vom Können ihrer Schöpfer. Sie können durchaus Kupfer aus Mitterberg enthalten, denn der Erz- und Metallhandel spielte bereits in den Anfängen der Metallurgie eine wichtige Rolle. Dabei waren auch früher beachtliche Entfernungen quer durch Europa zu bewältigen. Metalle wurden in Form von Ingots von 5 bis 40 kg Gewicht gehandelt, meist in Form flacher Scheiben. Der Transport



Bild 6: Die erste Cu-Raffinations-elektrolyse der Norddeutschen Affinerie in Hamburg, 1876 [5]

erfolgte vorzugsweise auf Schiffen, aber auch auf Fahrzeugen.

Die Zeitenwende im Zeichen des Recycling

Da der große Metallbedarf des römischen Zeitalters mit sog. „Jungfräulichem“ Metall nicht zu decken gewesen sein kann, spielte bereits in dieser Zeit das Recycling von Altmetall eine entscheidende Rolle. Darauf weist auch Plinius (23 bis 79 n. Chr.) in seiner Schrift *Naturalis Historia* hin, in der er angibt, dass zu einer Metallschmelze auch „ein Drittel Zusammengelesenes“, d.h. gebraucht gekauftes Metall, hinzuzugeben sei. Man kann sicher sein, dass Recycling bereits schon viel früher das Gesche-



Bild 7: Blick in die heutige, hochmoderne Cu-Raffinations-elektrolyse der Norddeutschen Affinerie in Hamburg (Foto: Norddeutsche Affinerie)

hen bestimmt hat; denn es war immer einfacher, bereits vorhandenes Metall erneut zu verarbeiten, als dieses erst mühselig aus Erzen zu erzeugen. Außerdem führte das „Mehrfachschmelzen“ zu besserer Metallqualität. In Norddeutschland, Belgien und Dänemark wurden zahlreiche Messinggefäße gefunden, die zwischen 150 und 250 n.Chr., wahrscheinlich irgendwo zwischen Maas und Rhein, aus Kupfer und Galmei hergestellt wurden. Es sind die sog. „Hemmoorer Eimer“, benannt nach einem der ersten Fundorte (Bild 3). Sie entstanden offensichtlich durch Hämmern von gegossenen Platten - eine Technik, die von Kupferschlägern, z.B. in Stolberg, bis in das 20. Jahrhundert hinein angewandt wurde. Die Eimer waren mit Sicherheit Gebrauchsgefäße. Man verstand sich auch auf die Reparatur dieser Kessel, wie einzelne Fundstücke zeigen.

Metallurgie im Aachener Münster

Das Aachener Münster ist nicht nur ein Beispiel frühmittelalterlicher großer Baukunst. Gleichfalls existieren vielfältige Belege für den Stand von Metallurgie und Fertigungstechnik im Mittelalter. Beeindruckend sind die Bronzetüren des Westportals in ihren Abmessungen - jeweils 3,90 m x 1,35 m (mit 2,15 t Gewicht). Daneben existierten früher vier weitere kleinere Bronzetüren (drei erhalten - jeweils 2,38 m x 0,73 m). Sie sind ebenso wie die acht Bronzegitter im Obergeschoss des Oktagons (4,20 m x 1,20 m, Bild 4) um 800 in Aachen gegossen worden. Je zwei Gitter entsprechen sich. Gefertigt wurden die Gitter im Wachsausschmelzverfahren - eine alte Gießtechnik, die heute sogar im High-Tech-Bereich eingesetzt wird, etwa zum Gießen von Turbinenschaufeln oder bei der Fertigung von Prototypen. In der Vorhalle sind eine bronzene Bärin und ein Wasserspeierkopf sowie ein Pinienzapfen ausgestellt. Diese sind wahrscheinlich antike Bronze-güsse. Nun muss man wissen: In Aachen gibt es weder Kupfer noch Zinn. So

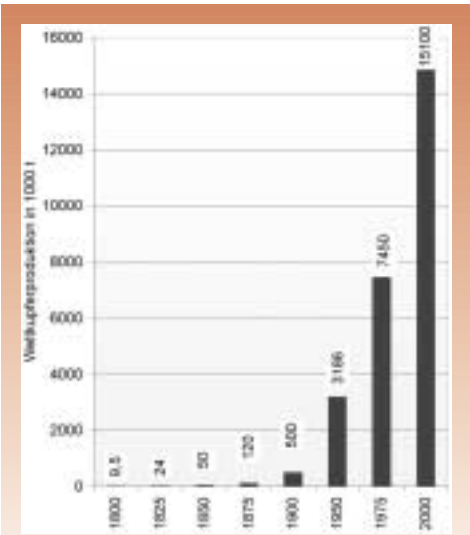


Bild 8: Anstieg der Kupferproduktion

wurde das Metall offensichtlich nach Aachen in die dortige Gießwerkstatt gebracht, darunter mit Sicherheit auch Schrotte, um die entsprechende Gießqualität zu gewährleisten. Vielleicht ist der Pinienzapfen dabei übrig geblieben, er könnte aus dem Schrott stammen.

Im Oktagon hängt an einer 27 m langen schmiedeeisernen Kette der von Friedrich Barbarossa gestiftete Leuchter. Der Leuchter ist aus vergoldetem Kupfer gearbeitet, besitzt einen Durchmesser von 4,34 m und stellt eine achtseitige Krone dar. Sie symbolisiert ein Abbild des himmlischen Jerusalem mit der Stadtmauer und den Türmen.

Kupfergewinnung in Mansfeld

Während die Silbergewinnung aus Bleierzen mindestens seit der Zeitenwende bekannt ist, gelang die Silbergewinnung aus Kupfererzen erst seit der Einführung des Seigerhüttenprozesses, etwa um 1400. Das führte dazu, dass zumindest 200 Jahre der Kupfer-Silber-Bergbau in Mansfeld, Kitzbühel und Schwaz für die europäische Kupfer- und Silberproduktion entscheidend wurde. In den drei Bergbaugebieten waren jeweils 1.500 - 11.500 Personen im Bergbau, der Aufbereitung und den Schmelzbetrieben beschäftigt.

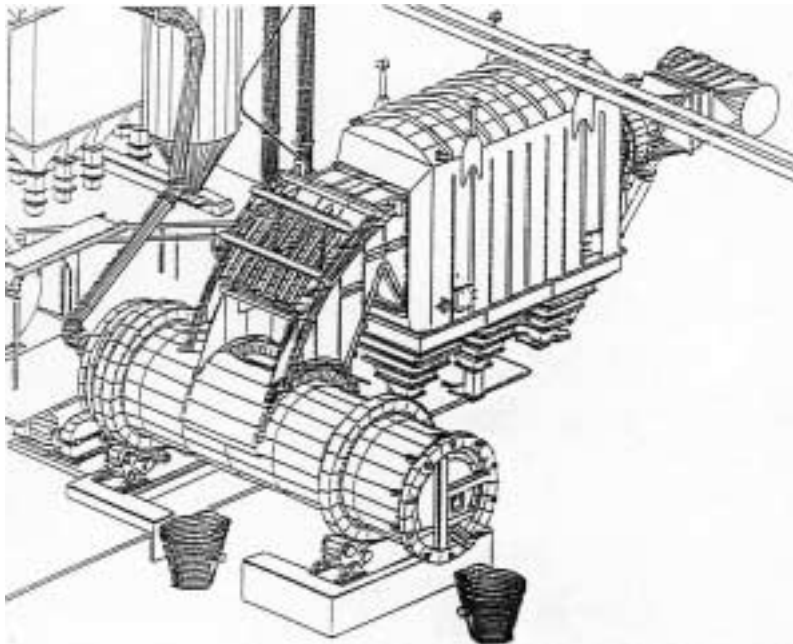


Bild 9: Kupferkonverter [6]

Der Handel wurde wesentlich durch die Fugger und einige weitere Kaufherren kontrolliert. Während für Schwaz die Kupfer/Silber-Produktion recht genau erfasst ist, gilt das in Kitzbühel nur bedingt. Sicherlich ist die Kupfergewinnung in Schwaz insgesamt größer als in Kitzbühel gewesen. Der größte Bergbau aber war Mansfeld. Von 1200 bis 1990 wurden insgesamt über 2.000.000 t Cu und über 14.000 t Ag gewonnen. Dafür wurden 109.000.000 t Erz bewegt!

Bis zum Umbruch in der Weltwirtschaftskrise von 1930 arbeiteten der Mansfelder Bergbau und die ihm angeschlossenen Betriebe mit Gewinn. Ab 1930 wurden jedoch die Selbstkosten immer höher als die Einnahmen, so dass Mansfeld mit immer höheren Beträgen vom Staat gestützt werden musste. 1990 wurde der Bergbau völlig eingestellt.

Ein wesentliches Problem des Mansfelder Kupferschiefers lag immer in der mit maximal 40 cm Höhe sehr geringen Flözstärke.

Aus dem Mittelalter sind einige Daten bekannt, andere können abgeschätzt werden, so dass man sich ein Bild der seinerzeitigen Kupfergewinnung machen kann: 1530 wurden 1.500 t Cu und 8 t Ag aus 60.000 t Erz gewonnen, wobei das Silber 60% der

Erlöse ausmachte. 3.000 Bergleute förderten das Erz, 750 Hüttenleute produzierten Kupfer und Silber, 1.500 Köhler erzeugten die notwendige Holzkohle, insgesamt 850 Fuhrleute transportierten Erz und Kohle. Allein an Holzkohle fielen etwa 400 Fuhren pro Tag an.

Die Größe der Hütten zeigen zwei zeitgenössische Darstellungen. Die Kupferkammerhütte war eine Rohhütte mit Röststadeln und Schachtöfen, während in der Seigerhütte die

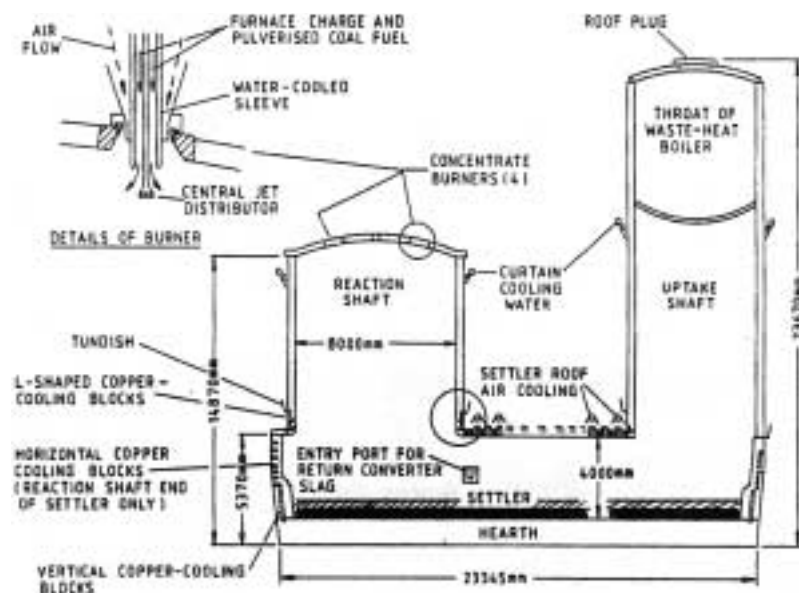


Bild 10: Schwebeschmelzöfen [7]

Cu-Ag-Trennung durchgeführt wurde (Bild 5).

Die Kupferraffinations-elektrolyse

Die Erfindung des Dynamoprinzips im Jahr 1866 brachte der gesamten NE-Metallurgie einen deutlichen Schub. So wurden einige Metalle überhaupt erstmals technisch gewonnen (Aluminium, Magnesium), bei anderen, wie Kupfer, neue Prozesse eingeführt. Bereits 1870 entstand die erste Cu-Raffinationselektrolyse, die in einem Schritt die Herstellung von reinem Kupfer aus Rohkupfer und die vollständige Abtrennung und Anreicherung des Silbers in einem Konzentrat erlaubt.

- Die Norddeutsche Affinerie in Hamburg baut 1876 die erste eigene Cu-Raffinationselektrolyse mit einer Kapazität von 200 t/a (Bild 6).
- Bis 1900 wird sie auf 2.000 t/a erweitert, ein Neubau wird erforderlich.
- 1910 weist die neue Elektrolyse eine Kapazität von 10.000 t/a auf,
- 1925 von 50.000 t/a, 1936 von 90.000 t/a,
- 1960 ist ein Endausbau mit 150.000 t/a erreicht.
- 1988 wird wieder einmal eine neue Elektrolyse gebaut, mit einer Kapazität von 250.000 t/a.

■ Sie ist im Jahr 2000 auf eine Kapazität von 390.000 t/a erweitert worden. Eine derartige neue Elektrolyse ist weitgehend automatisiert, computergesteuert und überwacht. So wird eine Stromausbeute von 98% erreicht, der Personalbedarf sinkt auf unter 0,4 Mannstunden/t Cu ab (Bild 7).

Doch zurück zur Historie: Die Erfindungen in der Nachrichtentechnik und von Maschinen zur Energieumwandlung (Dynamos, Elektromotoren) führten zu einem starken Anstieg der Weltkupferproduktion. Jeweils innerhalb von 25 Jahren verdoppelt sich die Produktion bis zum heutigen Tag (siehe Bild 8). (Zum Vergleich: 2001 Weltkupferproduktion 15.549.630 t).

Reaktionsschmelzen

Die Hauptmenge des Primärkupfers wird auch heute aus sulfidischen Konzentraten gewonnen. Diese Sulfide sind nicht durch Reduktion etwa mit Koks zu reduzieren. Vielmehr ist eine Metallgewinnung nur durch eine zweistufige kontrollierte Oxidation des Schwefels möglich, bei der der Schwefel selbst Reduktionsmittel für das Kupfer ist.

Konzentrat + O₂ → Kupferstein + SO₂

Kupferstein + O₂ → Kupfer + SO₂

Dabei wird die latente Energie der Schwefelverbrennung direkt zum Schmelzen der Einsatzstoffe genutzt, somit also Fremdenergie in entscheidendem Maße eingespart.

Die technische Umsetzung der zweiten Stufe gelang zuerst. Nach ersten Versuchen um 1880 wurden zwischen 1900 und 1910 im Prinzip die Konverter entwickelt, die noch heute genutzt werden (Bild 9).

Die Umsetzung des ersten Schrittes ließ auf sich warten.

Am 9. Juni 1944 greift die rote Armee mit starken Kräften auf der karelischen Landenge die finnischen Truppen an. Diese müssen der Übermacht weichen, Wiborg/Viipuri geht für die Finnen verloren. Am 5. Juli 1944 erhält Outokumpu einen Geheimbefehl des finnischen Armeekommandos, die Kupferhütte Imatra (nun nahe der Front) nach Westen

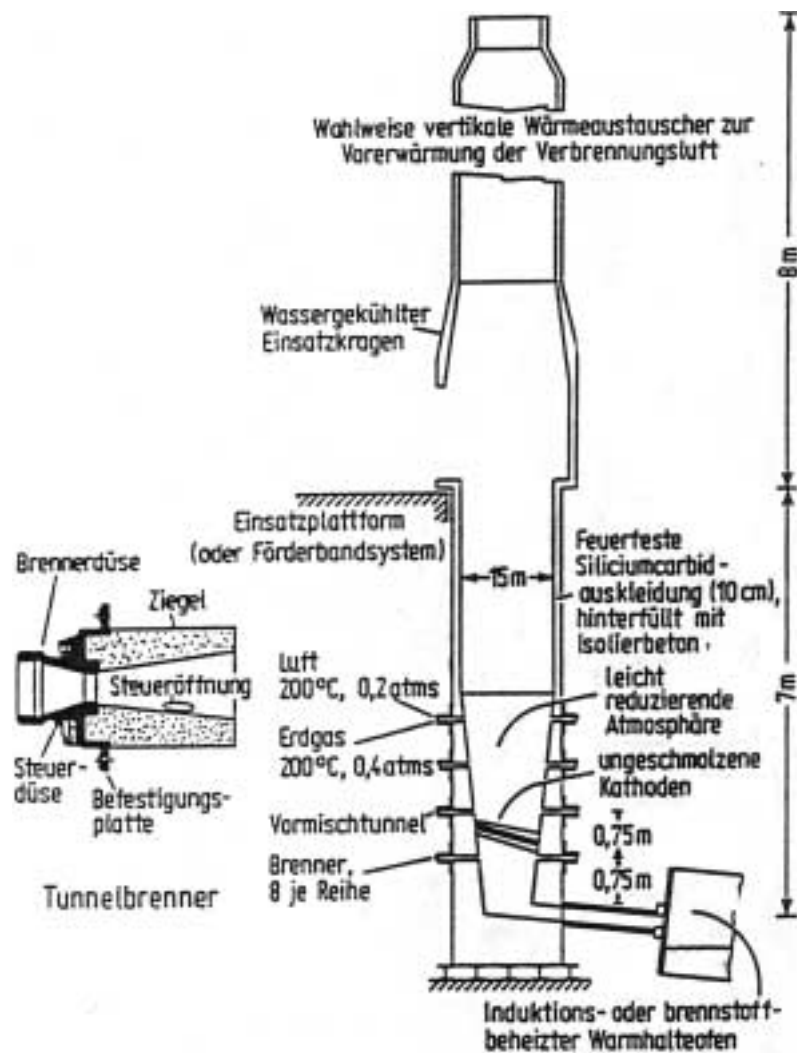


Bild 11: Asarcoschachtofen [9]

(Pori/Harjavalta) zu verlagern, damit sie nicht in russische Hände fällt. Die Vorbereitungen wurden bereits vorher getroffen. Ende 1944 wurde die Produktion am neuen Standort aufgenommen. Aber nun tauchte ein neues Problem auf, Energie war knapp geworden; denn Deutschland lieferte keine Kraftwerkskohle mehr. Der Elektroofen verbrauchte soviele Energie, wie für 50% der Versorgung

Helsinki erforderlich waren. Dieser Umstand gab den Anstoß für die Entwicklung des Schwebeschmelzverfahrens; die in den Sulfiden steckende Energie sollte bei der Oxidation genutzt werden, um die Beschickung zu schmelzen. Das Verfahrensprinzip war bereits vor dem 2. Weltkrieg in Kanada vorgeschlagen worden, jedoch mit Sauerstoff als Reaktionsgas. Dieses alte Patent wurde nun

Zeittafel Neuzeit

Zeittafel Neuzeit

nach 1400	Cu-Ag-Trennung durch den Seigerhüttenprozess
1870	Einführung der Cu-Raffinationselektrolyse
1885 - 1910	Entwicklung des Cu-Konverters
1949 - 1952	Reaktionsschmelzen von Konzentraten (Flash Smelting)
1960	kontinuierliche Gießdrahtfertigung
1965	Einführung des Kathodenschachtofens

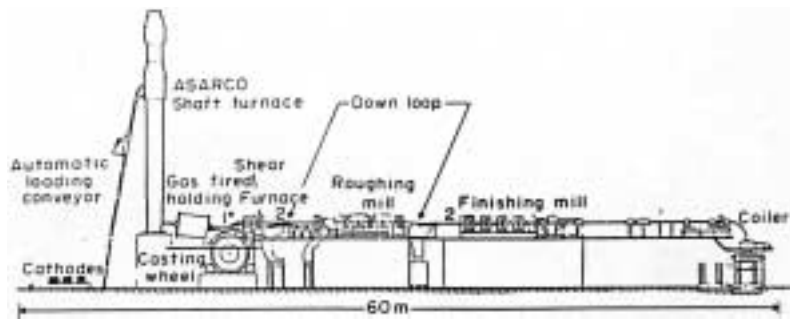


Bild 12: Southwire-Anlage [9]

wieder „ausgegraben“ und auf die finnischen Verhältnisse jener Zeit angepasst. Hier kam Sauerstoff nicht in Betracht, da in den damaligen Tagen keine Elektroenergie zur Luftzerlegung verfügbar war. So wurde die Oxidationsluft nur vorgewärmt, um weitere Energie einzusparen. Heute werden alle Schwebeschmelzöfen mit sauerstoffangereicherter Luft betrieben [8].

Mit stärkerem Sauerstoffeinsatz konnte die Produktion immer weiter gesteigert werden. Heute laufen Schwebeschmelzöfen völlig autotherm (Bild 10). Im Reaktionsschacht muss nun sogar schon Überschusswärme durch Kühlung abgeführt werden.

Umschmelzen von Kathoden

Das Umschmelzen der Kathoden erfolgte früher im Herdofen. Er ist inzwischen weltweit durch den erdgasbeheizten Asarcoschachtofen abgelöst worden (Bild 11). Dieser wurde etwa 1965 in der Praxis eingeführt; heute sind mehr als 150 Anlagen in Betrieb. Der Ofen zeichnet sich aus durch:

- hervorragenden Wärmeaustausch,
- damit geringen Energieaufwand und
- hohe Schmelzgeschwindigkeit sowie eine
- kontinuierliche Arbeitsweise

Er ist ein wichtiges Schmelzaggregat für nachfolgende kontinuierlich arbeitende Gieß- und Gießwalzverfahren. Die Schmelz- und Gießgeschwindigkeiten können zwischen 6 und 80 t/h variieren. Der energetische Wirkungsgrad des Ofens erreicht dabei 60 %.

Der Ofen ist sehr schlank, er soll immer bis zur Einsatzplattformhöhe mit Kupfer gefüllt sein. Die Erwärmung erfolgt über bis zu 4 Brennerreihen. Das ausgebrannte Gas strömt im Schacht nach oben, erwärmt das Kupfer, dieses schmilzt auf und läuft flüssig direkt ab in einen Vorherd.

Der Ofen kann per Knopfdruck abgeschaltet werden. Das noch flüssige Kupfer läuft ab, der Schmelzprozess stoppt. Nach einer Unterbrechung ist der Ofen schnell wieder auf Leistung zu fahren.

Gießwalzverfahren

Die Kupfer- und Aluminiumhütten verfügen seit mehr als 30 Jahren über leistungsfähige kontinuierlich arbeitende Gießwalzdrahtanlagen. Sie arbeiten nach verschiedenen Verfahren. Bild 12 zeigt eine Southwire-Anlage zur Erzeugung von Gießdraht, bei der der Strang über ein Gießrad erzeugt wird. Bild 13 zeigt eine Con-

tirod-Anlage, die zur Herstellung von Gießwalzdraht und wechselweise auch zur Flachbänderzeugung (150 mm breit) dient. Der nächste Schritt ist die Erzeugung von Breitband. Hier sind Prototypen in der Erprobung. Mit diesen Gießwalzverfahren für Band und Draht sind erhebliche Energieeinsparungen verbunden, da in einer Hitze gearbeitet wird. Ferner ist auch ihre Produktivität sehr hoch, womit die Betriebskosten gesenkt werden.

Kupfer heute

Kupfer wird nun schon mehrere tausend Jahre genutzt. Dennoch ist es das Zeitalter der Industrialisierung, und hier besonders die Erfindung von Dynamomaschine und Elektromotor, die einen seit dieser Zeit ungebrochenen Anstieg der Kupfernutzung brachten. In jüngster Zeit ist es der Kommunikationssektor, der neue Impulse setzt. In Zukunft kann die Verfahrenstechnik zu einem erneuten Schub führen. Heute spielen die hohe elektrische und Wärmeleitfähigkeit, das volle Recycling ohne jeden Qualitätsverlust die entscheidende Rolle. Die Kupfernutzung zeigt Bild 14.

Der derzeitige Anteil von 8% im Verkehrssektor ist hauptsächlich auf die 25 kg Cu/Automobil zurückzuführen. Eine wichtige Rolle im Transportwesen hat aber die Bahn inne. ICE, Transrapid, Metrorapid sind Entwicklungen, für die Kupfer unverzichtbar ist.

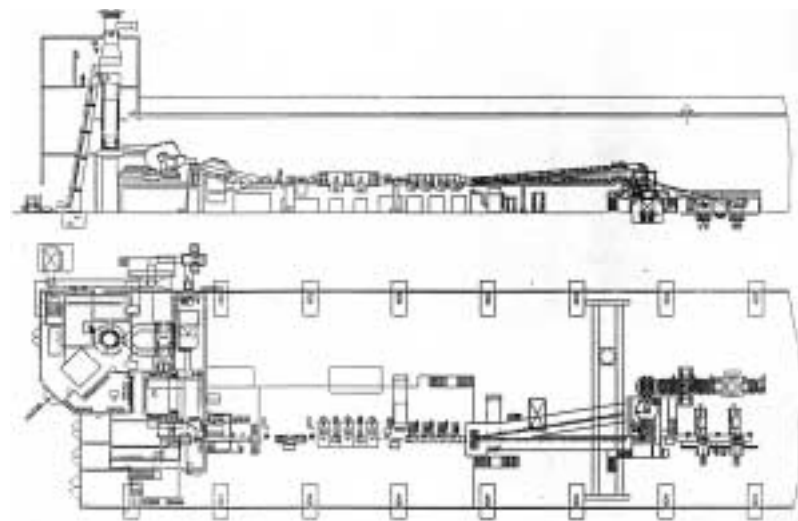


Bild 13: Contirod-Anlage [10]

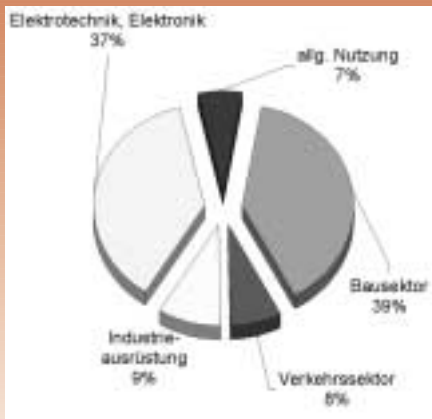


Bild 14: Kupfernutzung durch Endverbraucher in Europa im Jahre 2000

Die hohe Wärmeleitfähigkeit des Kupfers ist ein entscheidendes Kriterium für seine Anwendung als Wärmetauscher gleichermaßen bei höheren und tiefen Temperaturen, im Haushalt und auch in der Industrie. Im Bausektor nehmen die Trinkwasser- und Heizungsinstallationen einen wichtigen Platz ein. Hier wirken Wärmeübertragung, Beständig-

keit des Werkstoffs und die antibakteriellen Eigenschaften gleichermaßen positiv. Unter den positiven Eigenschaften spielt auch die Korrosionsbeständigkeit eine wichtige Rolle.

In zahlreichen heutigen Anwendungen ist Kupfer äußerlich nicht mehr sichtbar, häufig sind es kleine und kleinste Bauteile, die in zahlenmäßig großer Stückzahl als Schaltelemente und in der Kommunikationstechnik eingesetzt werden.

Auch Vorstellungen der Nachhaltigkeit lassen sich mit Kupfer lösen. Thermische Solaranlagen führen zu beachtlichen Energieeinsparungen, ebenso wie der Einsatz von Energiesparmotoren.

Fazit:

Kupfer und seine Legierungen sind nicht nur Metalle, sie sind wichtige Bestandteile der Kulturgeschichte der Menschheit. Sie haben wichtige Plätze im heutigen Alltag eingenommen, wobei sich die Schwerpunkte in der Anwendung mit der Zeit verschoben haben. Dabei werden Kupfer und sei-

ne Legierungen nicht verbraucht, wohl aber genutzt, um nach Aufarbeitung ohne Qualitätsverlust einer neuen Nutzung zugeführt zu werden.

Literatur:

- [1] Scarpari, M.: Das antike China. Verlag Karl Müller, Köln, 2001
- [2] Marechal, J. R.: Prähistorische Metallurgie. Otto Junker GmbH, Lammersdorf, 1962
- [3] Grimme, E. G.: Der Dom zu Aachen. Einhard-Verlag, Aachen, 1994
- [4] Verein Mansfelder Berg- und Hüttenleute, Eisleben und Deutsches Bergbau-Museum, Bochum: Mansfeld, die Geschichte des Berg- und Hüttenwesens. Eisleben und Bochum, 1999
- [5] 125 Jahre Norddeutsche Affinerie AG. Hamburg, 1991
- [6] Tarasoff, P.: Process R&D, The Noranda Process. Met. Trans. B, 15B, 1984, p. 411-432
- [7] Sohn, H. Y., et. al.: Advances in Sulfide Smelting. TMS Warrendale, 1983
- [8] Särkikoshi, T.: A Flash of Knowledge. Outokumpu Oyi, Espoo, 1999
- [9] Biswas, A. K.; Davenport, W. G.: Extractive Metallurgy of Copper. Pergamon Press, 1994
- [10] Kupferanlagen. SMS Meer, Mönchengladbach, 2000

(1) Prof. Dr.-Ing. Joachim Krüger, RWTH Aachen

From Alchemy to Atomic Bombs

This new book is an expanded version of seven articles published by the author between 1989 and 2000. Here he tells the story of the beginnings of chemistry and the extraction of metals from their ores, how these disciplines were reformed, developed, and became basic and applied sciences. In this way the book spans the whole period of civilization. The author shows that chemistry and metallurgy have the same origin - alchemy. It all started in the East, then was transmitted gradually through the ages to the West. The West was capable of mastering these rudimentary ideas and transforming them into a useful technology. This was utilized to colonize the East. As well known - then came the discovery of electric current and X-rays which opened the way to a series of discoveries regarding the structure of the atom and uranium fission that finally led to atomic bombs.

The book describes that alchemy started by the ancient Egyptians because they were the first to use large amounts of chemicals in mummification or extracted gold and copper from their ores. The Indians of the fifth century perfected the manufacture of iron. The Chinese are credited by a number of discoveries. The Germans developed mining and metallurgy. The Italians contributed to the use of electric current. The French, the Swedes, and the Russians organized the new science of chemistry and mineralogy. At the beginning of the twentieth century, it was the British who developed the concept of the atom and its structure. Finally, the Americans, with the help of a number of European refugees, made the bomb. Although none of the alchemists succeeded in transmuting a base metal into gold or in preparing the elixir of life, the great amount of work done in this direction bore fruit in other direc-

tions, and led to the discovery of many new substances such as alcohol, the mineral acids, and many metallic salts.

The fabrication of the first atomic bomb was the result of the efforts of tens of thousands of chemists, physicists, metallurgists, engineers, technicians, military personnel, and others. Ironically, this advanced technology produced nothing but a weapon of mass destruction. The use of the atomic bomb at the end of World War II marked the beginning of the Cold War that lasted for nearly half a century.

Fathi Habashi, *Métallurgie Extractive Québec*, 2002, 365 pages with 220 illustrations, 30 of them in color. ISBN 2-922-686-00-0. Price Can.\$ 70 + postage. Distributed by: Laval University Bookstore "Zone" Québec Canada Tel: (418) 656-2600, Fax: (418) 656-2665
carl.beaulieu@zone.ul.qc.ca