

Dieter Neuschütz



# Bronze, Messing, Eisen

Die Geschichte der ersten großen Legierungen



Bronze, Messing, Eisen

Die Geschichte der ersten großen Legierungen



Dieter Neuschütz

# **Bronze, Messing, Eisen**

Die Geschichte der ersten großen Legierungen

## **Danksagung**

Für zahlreiche Anregungen und Hinweise bedanke ich mich bei Prof. Joachim Krüger (Aachen), Dr. Paul Splinter (Aachen), Dr. Jürgen Jung (Bergisch-Gladbach), Dr. Pengfu Tan (Baar ZG, Schweiz), und Dr. Paul Romberg (Aachen).

Mein herzlicher Dank gilt den rührigen und engagierten Damen und Herren vom Verlag Stahleisen (Düsseldorf), Herrn Jürgen Beckers, Frau Gabriele Demers und Herrn Burkhard Starkulla sowie Frau Ulrike Stellmacher vom Stahlinstitut VDEh (Düsseldorf).

Ein besonderes Dankeschön geht an meinen Sohn Frank Neuschütz für geduldige Hilfe rund um den Computer und an meine Frau Gertrud Neuschütz für sorgfältiges Gegenlesen und viele neugierige Fragen.

Dieter Neuschütz, Oktober 2017

© 2017 Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und Einspeicherung und/oder Verarbeitung in elektronischen Systemen, insbesondere Datenbanken und Netzwerke.

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

In diesem Buch wiedergegebene Gebrauchsnamen, Handelsnamen und Warenbezeichnungen dürfen nicht als frei zur allgemeinen Benutzung im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung betrachtet werden.

Inhalte, die auf Verordnungen, Vorschriften oder Regelwerken basieren, dürfen nur unter Beachtung der jeweils neuesten Ausgabe in Originalfassung verwendet werden.

Ergänzungen, wichtige Hinweise oder Korrekturen, die nach Veröffentlichung bekannt werden, sind im Internet zu finden unter: [www.stahleisen.de](http://www.stahleisen.de)

## **Vorwort**

Bis zu meinem sechzigsten Lebensjahr hatte ich der Geschichte der Technik wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Mein Interesse galt - sowohl in der Industrie als auch später an der Hochschule - der Entwicklung metallurgischer Verfahren, der Eisengewinnung außerhalb des Hochofens, der Verhüttung von Manganknollen, der Verbesserung des Lichtbogenofens, der Erforschung moderner Beschichtungsverfahren. Mein Blick war in die Zukunft gerichtet, nicht zurück in die Vergangenheit.

Das änderte sich, als ich an der RWTH Aachen eine Zeit lang die Aufgabe hatte, die Neuimmatrikulierten meiner Fakultät zu begrüßen. Um ihnen plausibel zu machen, warum 1870 die damalige Polytechnische Schule vom preußischen König in Aachen und nicht in Köln oder Düsseldorf gegründet worden war, wollte ich auf die lange und vielfältige Geschichte des Bergbaus und der Metallurgie in der Aachener Region verweisen.

Dazu musste ich mir zunächst diese umfangreiche Geschichte bewusst machen: Von den großartigen Bronzeportalen, die Karl der Große auf dem Katschhof in Aachen gießen ließ, über die 800 Jahre währende Periode des Steinkohlenbergbaus im Aachener Revier, über die glänzende Zeit der Messingerzeugung vom 15. bis zum 19. Jahrhundert in Aachen und Stolberg (die Zeit der Kupfermeister) bis zum Stahlwerk Rothe Erde am Rande von Aachen, das von 1850 bis 1926 existierte und zeitweilig das größte Thomaswerk Europas betrieb.

Einmal geweckt, ließ mein Interesse an der Geschichte der Metalle nicht mehr nach. Spielte sich diejenige des Messings zu großen Teilen in der Aachener Region zwischen Dinant und Stolberg ab, so änderte sich der Blickwinkel vollständig, als ich die Geschichte der Bronze ins Visier nahm. Nun rückten Kleinasien und der Fruchtbare Halbmond in den Mittelpunkt der Recherchen, wo um 3000 v. Chr. von findigen Tüftlern in einem wahrlich genialen Augenblick die Zinnbronze erfunden wurde. Dort begann also die Bronzezeit, und dort begann auch 2000 Jahre später der Siegeszug des Eisens.

Das vorliegende Buch ist das kurz gefasste Ergebnis einer Forschung, bei der ich als gelernter Metallurge zum Hobby-Historiker wurde. Es sollte kein Fachbuch für Spezialisten werden, sondern ein Sachbuch für eine interessierte, aber nicht notwendigerweise fachkundige Leserschaft. Auf zu viele, letztlich ermüdende Details habe ich verzichtet und dafür Wert auf zahlreiche Bilder gelegt, die zum Verständnis des Textes beitragen.

Ich wünsche den Lesern und Leserinnen genauso viel Vergnügen und Unterhaltung mit diesem Buch, wie ich bei seiner Herstellung hatte.

Herzogenrath, im Oktober 2017  
Dieter Neuschütz

<b>Zur Vorgeschichte</b>	<b>1</b>
Das Dreiperiodensystem: Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit .....	2
Die Werkzeuge der Steinzeit .....	2
Erste Metalle, erste Metallurgie: Die Kupfersteinzeit .....	3
„Ötzi“, der Mann aus dem Eis: Kupfer, noch keine Bronze .....	5
<b>Durch Mischen zum Erfolg: Die Zinnbronze</b>	<b>6</b>
Der Siegeszug der Bronze .....	8
Zur Herkunft des Kupfers in der Bronzezeit .....	8
Zentrales Problem: Die Beschaffung von Zinn .....	10
Ein einzigartiger Fund: Das Schiffswrack von Uluburun .....	10
Herkunftsbestimmung von Kupfer mittels Bleiisotopie .....	12
Bleiisotopie und Zinnherkunft .....	13
Rolle der bronzezeitlichen Großkulturen des Mittelmeerraumes .....	13
Zinn aus Cornwall, aus dem Erzgebirge, aus Zentralasien .....	15
Denkbare Verkehrswege für den Zinntransport .....	15
Schifffahrt im Mittelmeer .....	16
Denkbare Landrouten für den Zinntransport .....	18
Die Zinnfrage: Zusammenfassung und Ausblick .....	19
Zinn heute .....	20
Die lange Koexistenz von Bronze und Eisen .....	21
Bronzeerzeugung im alten China .....	23
Bronze heute .....	24
Kupfer heute .....	24
<b>Im Schatten der Großen: Gelbes Kupfer (Messing)</b>	<b>25</b>
Das Galmei-Verfahren .....	25
Frühe Messingfunde .....	27
Messing bei den Römern .....	27
Messing im Mittelalter: die Maas-Städte .....	28
Messingkunst in Europas Kirchen .....	29
Messingerzeugung in Aachen ab 1450 .....	31

Auswirkungen der Aachener Religionswirren .....	32
Mehr Fließwasser und mehr Toleranz: Umzug nach Stolberg .....	33
Höhepunkt und Ende der großen Messingzeit in Stolberg .....	36
Messing und Zink heute .....	38
<b>Das widerspenstige unter den ersten Metallen: Eisen</b>	<b>39</b>
Die erste Eisenherstellung .....	39
Beginn der frühgeschichtliche Eisenzeit .....	40
Der Rennofen .....	41
Die Nutzung der Wasserkraft .....	43
Die Erzeugung von flüssigem Roheisen .....	44
Nachbehandlung des Roheisens durch Frischen .....	45
Einschub: Die Anfänge der Eisenerzeugung in China .....	45
Zurück nach Europa: Vom Floßofen zum Hochofen .....	47
Eisen verdrängt endgültig Bronze .....	47
Holzkohle wird Mangelware .....	49
Gusseiserne Brücken .....	51
Der Tiegelstahl des Benjamin Huntsman .....	52
Hochofenbetrieb mit Steinkohlenkokks .....	50
Das Puddelverfahren .....	53
Das Bessemer-Verfahren .....	55
Das Thomasverfahren .....	57
Zwei berühmte Bauwerke aus Puddeleisen .....	57
Der Begriff „Stahl“ .....	58
Das Sauerstoff-Frisch-Verfahren .....	59
Das Siemens-Martin-Verfahren .....	59
Der Elektrolichtbogenofen .....	61
Beispiel für den großen Umbruch: Das Hüttenwerk Rothe Erde .....	62
Stahlproduktion heute .....	64
Hommage an das Eisen: Das Brüsseler Atomium .....	65
<b>Verwendete Literatur</b>	<b>66</b>
<b>Abbildungsnachweis</b>	<b>68</b>



# Zur Vorgeschichte

Der Übergang vom Dasein der Menschen als Jäger und Sammler zum sesshaften Bauern mit Ackerbau und Viehzucht, der als neolithische Revolution bezeichnet wird, erfolgte in der Alten Welt in der Zeitspanne vom 11. bis zum 8. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung, noch innerhalb der Steinzeit. Damals kannte der Mensch Metalle nur in dem Maße, wie er sie in gediegenem, das heißt metallischem, Zustand fand, und das waren, jeweils in nur kleinen Mengen, Gold und Silber, hin und wieder Kupfer sowie ganz selten meteoritisches Eisen. Diese Funde wurden wegen ihres Glanzes und/oder ihrer Seltenheit meist zu rituellen oder schmückenden Zwecken verwendet, dienten jedenfalls nicht zur Herstellung von Werkzeugen.

Erst ab etwa 4500 v. Chr., als es erstmals gelang, metallisches Kupfer aus dem Erz, nämlich durch Reduktion von Kupferverbindungen mit Kohlenstoff, zu erzeugen, ergaben sich neue, ungeahnte Möglichkeiten, die Palette der bis dahin bekannten Werkzeuge zu erweitern. Mit der Nutzbarmachung der Metalle wurde ein völlig neues Kapitel in der Geschichte der menschlichen Zivilisation aufgeschlagen.

Und doch war es noch ein langer Weg, bis die Schneid- und Stichwerkzeuge der Jungsteinzeit, die aus Feuerstein oder Obsidian gefertigt waren, durch ähnlich harte Metalle ersetzt wurden und das Ende der Steinzeit einläuteten. Denn das (unlegierte) Kupfer ließ sich zwar hämmern, in Formen gießen und wieder einschmelzen (alles Eigenschaften, die den Steinwerkzeugen völlig fehlten), aber zum Schneiden und Stechen war es viel zu weich. So hatte der berühmte Mann aus dem Eis („Ötzi“), der um 3200 v. Chr. im südlichen Alpenraum lebte, neben einem Holzbeil mit Kupferklinge immer noch Messer und Pfeilspitzen aus Feuerstein bei sich.

Bis dahin hatte es viele Versuche zur Härtung von Kupfer gegeben, etwa durch Schmieden (Kaltverformung) und durch Verwendung unterschiedlicher Kupfererze. So hatte zum Beispiel der Einsatz arsenhaltiger Kupfererze zu einem Teilerfolg etwa in Form von Arsenbronze geführt. Aber erst das bewusste Zumischen anderer Metalle zum Kupfer führte schließlich zum großen Durchbruch, zur gezielten Herstellung von Zinnbronze, in der sich ab etwa 10% Zinngehalt eine besonders harte intermetallische Phase ausbildet, Cu<sub>31</sub>Sn<sub>8</sub>, die der Zinnbronze die ungewöhnlich hohe Festigkeit verleiht, mit der sie den Steinwerkzeugen (endlich!) den Garaus machen konnte.

Diese Entdeckung gelang erstmals um 3000 v. Chr., und das Rezept zur Herstellung von Zinnbronzen aus den beiden (vorweg und separat herstellten) Metallen Kupfer und Zinn verbreitete sich in Windeseile (will sagen, innerhalb von 500 bis allerhöchstens 1000 Jahren) in der gesamten Alten Welt.

Bronze ist also unser erstes „großes“ Metall, nicht das länger bekannte Kupfer, nicht das Zinn oder das (durchaus auch wichtige) Blei. Deshalb erscheint es gerechtfertigt, genauer von den „großen Legierungen“ zu sprechen, die uns Menschen in den letzten 5000 Jahren geprägt haben. Denn auch in der Folge begegnen uns vornehmlich Legierungen in der Geschichte der Metalle, insbesondere die Kupfer-Zink-Legierung Messing, und – alles in den Schatten stellend – die Eisen-Kohlenstoff-Legierung, die heute je nach Kohlenstoffgehalt Stahl oder Eisen genannt wird.

## Das Dreiperiodensystem: Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit

Zur Gliederung der europäischen Frühzeit des Menschen hat sich das erstmals vom dänischen Altertumsforscher Christian Jürgensen Thomsen 1825 vorgeschlagene Dreiperiodensystem eingebürgert, das die menschliche Entwicklungsgeschichte in die drei aufeinander folgenden Perioden Steinzeit, Bronzezeit und Eisenzeit unterteilt. Für die Alte Welt (Vorderasien und Europa) und für Ostasien hat sich dieses Konzept bestätigt, für andere Teile der Welt (etwa für Zentralafrika und das vorkolumbianische Amerika) gilt es allerdings nicht. Die folgenden Ausführungen betreffen im Wesentlichen (bis auf zwei kurze „Ausflüge“ ins frühe China) die Alte Welt.

Die Benennung nach Thomsen bezieht sich auf die jeweils eingesetzten Werkstoffe zum Schneiden und Stechen, also für Aufgaben, die möglichst harte und scharfkantige Werkzeuge erforderten. Da derartige Werkzeuge die Jahrtausende bis zu ihrem Auffinden in jüngster Zeit

relativ gut überstanden hatten, besser jedenfalls als Stoffe, Leder- oder Holzgegenstände, bildeten sie ab dem 19. Jahrhundert neben der Keramik die häufigsten Funde aus vorgeschichtlicher Zeit und konnten als Basis für eine zeitliche Einordnung verwendet werden.

Man sollte daraus allerdings nicht voreilig schließen, dass die Menschen in der Steinzeit von oben bis unten in Stein gekleidet herumliefen, ebenso sah man dem typischen Menschen der Bronzezeit die Bronze im täglichen Leben auch nicht sofort an. Am ehesten trifft die Bezeichnung Eisenzeit noch im späten Mittelalter auf die adeligen Herren zu, wenn sie in vollem Harnisch zum Turnierkampf auf ihr Pferd gehoben wurden, oder heutzutage, wenn wir uns in den Pkws zu Ferienbeginn auf den Autobahnen stauen.



## Die Werkzeuge der Steinzeit

In der Steinzeit dominierten Schneid- und Stichwerkzeuge aus Feuerstein (Flint, Si-lex), einem aus Quarz und amorpher Kieselsäure bestehenden harten Gestein mit meist muscheligem Bruch und bräunlicher oder grauer Farbe, **Bild 1**. Ursprünglich geht

### Bild 1

Neolithischer Feuersteindolch in Form eines sogenannten Fischschwanzes.



**Bild 2**

Kern und Klingen aus Obsidian von der Insel Melos. Foto: Rainer Altherr

Feuerstein auf Kieselorganismen zurück. Seit der Altsteinzeit ist dieser Werkstoff so wichtig für das tägliche Leben, dass sich im Laufe der Zeit ein regelrechter Feuersteinhandel entwickelte. In Deutschland sind 10 größere Vorkommen bekannt, z.B. am Aachener Lousberg (Abbau zwischen 3500 und 3000 v. Chr., geschätzt 300.000 Beilrohlinge, geliefert im Umkreis von 280 km) und auf Rügen (von dort Verbreitung bis zum Mittelmeer).

Für besondere Aufgaben verwendete der Steinzeitmensch den noch härteren, allerdings auch selteneren schwarzen Obsidian, **Bild 2**, ein kieselsäurreiches glasig erstarrtes Vulkangestein, entstanden durch rasche Erstarrung von rhyolithischer Lava. In der Jungsteinzeit gab es im Mittelmeerraum wenigstens drei regelmäßig ausgebeutete Lagerstätten für Obsidian: Im östlichen Mittelmeer die Kykladeninsel Melos, im zentralen Mittelmeer die Insel Lipari nördlich von Sizilien und weiter westlich Sardinien (Monte Arci), das Korsika, Südfrankreich und Norditalien belieferte. Der offenbar lange Zeit florierende Export von Obsidianwerkzeugen brachte den Bewohnern dieser Inseln hohe Gewinne, die sich in beträchtlichem Wohlstand ihrer Gemeinwesen manifestierte.

## **Erste Metalle, erste Metallurgie: Die Kupfersteinzeit**

Die erste Bekanntschaft mit Metallen machten die Menschen zweifellos mit Gold, das man beispielsweise aus den Sanden von Flussmündungen aussieben konnte. Auch Silber und gelegentlich gediegenes Kupfer fanden sich in Flussläufen oder in Steinbrüchen. Man lernte, solche Funde durch Hämmern in dünne Bleche umzuwandeln, also ihre Form zu ändern, und sie wegen ihrer schönen Farben und ihrer Seltenheit den Göttern zu weihen oder als Schmuck für hochgestellte Persönlichkeiten oder deren Frauen zu verwenden.