

DAS KUPFER FÜR DIE "SCHWARZEN MANDER" IN DER INNSBRUCKER HOFKIRCHE

Dem Gedenken an Prof. Ing. Otto Knitel gewidmet

Gerhard Sperl, Leoben

1. Einleitung

Die 28 großen Gußstatuen des Grabmales Kaiser Maximilians (Bild 1) in Innsbruck entstanden zwischen 1509 und 1550 in Innsbrucker und Nürnberger Werkstätten; die 23 Heiligenstatuetten von Stephan Godl zwischen 1514 und 1520 in Innsbruck - Mühlau, die 21 Kaiserbüsten zwischen 1509 und 1518 in Augsburg. Vom Werkstoff der großen Statuen Sesselschreibers ist seit 1968 bekannt, daß er bleireiches Kupfer oder bleihaltiges Messing ist. Ferner ist aus den Dokumenten bekannt, daß als Rohstoff Kupfer aus Taufers bei Bruneck und Schwaz sowie Altmetall (Schrott) verwendet wurde. Zu Messing (eher Tombak) wurde es in den Messingbrennereien in Innsbruck, im Außerfern und Unterinntal unter Verwendung von erzbergischem Galmei gemacht (gebrannt).



Bild 1: Vier Statuen der Innsbrucker Hofkirche (von links nach rechts: Albrecht der Weise (1298 - 1358), Rudolf von Habsburg (1218 - 1291), Philipp der Schöne (1476 - 1506), Chlodwig (466 - 511))

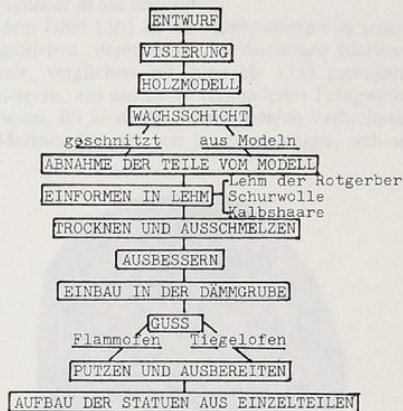
In einer vor kurzem erschienenen Publikation wurden die Analysen an den Statuen zusammengestellt und eine gießtechnische Beurteilung gegeben (Knitel 1988). Gegossen wurde aus Flamm- und Tiegelöfen (Bild 2), wobei sich durch die Umstellung von Messing auf das schwerer schmelz- und gießbare Kupfer Probleme ergaben. Es erscheint aus dieser Sicht schwierig, die Herkunft der Metalle für die einzelnen Figuren, die noch dazu aus bis über zwanzig Einzelteilen bestehen, zu definieren. Anhand der Analyseergebnisse und dem Vergleich mit Analysen derselben Periode soll der Versuch unternommen werden, die Metalltypen zu charakterisieren und allfälligen Herkunftsorten zuzuordnen.

2. Das Taufferer Kupfer

Das Kupfer des Taufferertales hatte zur Zeit der Herstellung der Gußstatuen einen guten Ruf und der Bergbau in diesem Südtiroler Tal kam gerade in Blüte (Tasser 1991). Über den Spurenelementgehalt ist seitens der Lagerstätte nur bekannt (Di Colber-

DAS GRABMAL KAISER MAXIMILIANS I. IN INNSBRUCK

Herstellung der ersten großen Statuen (1509/17)
Werkstätte Gilg Sesselschreibers



nach V. Oberhammer

G. Sperl 1977

Bild 2: Ablaufschema für die Herstellung der Innsbrucker großen Statuen (Knitel, Sperl 1978)

taldo 1962/633), daß es arm an Silber und Nickel, aber mit einem gewissen Arsengehalt zu charakterisieren ist. Genauere Spurenterforschungen, z. B. an den wohl urzeitlichen Gußkuchen aus Prettau im Bozner Städtischen Museum fehlen noch.

3. Das Schwazer Kupfer

Das Kupfer der Lagerstätten um Schwaz-Rattenberg wurde aus dem dort anstehenden silberreichen Fahlerz gewonnen; durch den Abdarr- und Seigerhüttenprozeß, wie er in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts geübt wurde, konnte ein Silbergehalt unter 0,05 % (von ursprünglich 0,5 % im Rohkupfer) erreicht werden (Suhling 1976). Typisch für das Kupfer der Seigerhütten des 16. Jahrhunderts ist der Rest-Bleigehalt von 1-5 % Pb. Arsen, Antimon und Zink, im Ausgangserz noch in hohen Anteilen vorhanden, sind im Verkaufskupfer nur mehr in deutlichen Spuren (unter 1 %) enthalten.

4. Das Altmetall (Schrott)

Wie die Akten erweisen, hier insbesondere nach Oberhammer (1935) und Knitel (1988), waren die Innsbrucker Kanonengießereien (Stuckhütten), die viel Altmetall umsetzten, wichtige Metalllieferanten für die "Bildgießer". Dort wurden für die Schußwaffen kleinen Kalibers (Pistolen, Hakenbüchsen etc.) bleihaltige Messingsorten eingesetzt, während für die großen "Stücke", wie auch Riederer (1977) nachwies, fast zinkfreie, aber bleihaltige

Zinnbronze verwendet wurde. Aus dieser Quelle ist daher mit einer breiten Streuung der Zinn-, Blei- und Zinkgehalte zu rechnen, ohne daß extrem niedrige Werte auftreten können.

5. Metallurgische Einflüsse in der Gießerei auf die Analyse.

In der Gießerei wurde das Metall im Tiegel- oder Flammofen unter wechselndem Schutz der Metalloberfläche eingeschmolzen. Während Zinn beim Wiederaufschmelzen vor allem in saurer Umgebung gerne verschlackt, zeigen Blei und Zink heftige Verdampfung. Der Gehalt dieser Elemente wird daher in der Gießerei zuerst verringert, später aber gezielt durch Zulegieren wieder angehoben. Leider wissen wir nicht, wie die Gießer des 16. Jahrhunderts ihr Gußmetall kontrolliert haben, vielleicht wurde ein Probestück gegossen und an Oberfläche und Bruch beurteilt.

Bei den Spurenelementen Arsen, Antimon und Wismut ist mit einem gewissen Verdampfungsverlust gegenüber dem Einsatz zu rechnen, während Silber und Nickel kaum verändert werden (Sperl 1970). Noch ungeklärt ist das Verhalten des Eisens, das oft in deutlichen Gehalten im Gußmetall festzustellen ist, eigentlich aber bevorzugt verschlacken sollte (Sperl

1980). Man muß hier wohl auch an die Auflösung von eisernen Werkzeugen zur Schlackenarbeit im flüssigen Kupfer denken, wobei der Eisengehalt bei Reaktion mit dem Luftsauerstoff wieder Anlaß zur Bildung von Oxydhäuten, damit auch von Gußfehlern gibt.

6. Die Bewertung der Analysen am Grabmal

Während E.Egg (1974) sich grundlegend mit der kunsthistorischen Stellung des Grabmales in der Innsbrucker Hofkirche und seiner Gußstatuen befaßt hat, ist Knitel (1988) das Verdienst der erstmaligen, gesamtheitlichen technologischen Bewertung seitens eines Gießers zu danken. Was dort fehlt, ist eine auf den detaillierten Analysen J.Riederers aufbauende Beurteilung des Werkstoffes und damit der Metallurgie in den Gießereien des 16. Jahrhunderts. Anhand der oben kurz geschilderten Grundlagen und durch Vergleich der hier vorgelegten Analysen mit anderen, gleichzeitigen Objekten des Raumes Innsbruck - München - Augsburg - Nürnberg, für den bezüglich des Kunstgusses zahlreiche Wechselbeziehungen nachweisbar sind, und für die Zeit zwischen 1500 und 1600 soll hier der Versuch gewagt werden, die Werkstoffe Herkunftsarten des Metalles zuzuordnen. 6.1 Der Werkstoff "Altmetall"

Bei der Beurteilung von Metallanalysen ist die wichtigste Problematik bisher zuwenig untersucht, nämlich die Erkennung von zusammengesetzten Metallen. Ganz allgemein ist hier festzustellen, daß beim Zusammenschmelzen von zwei Metallen verschiedener Zusammensetzung sich je nach dem Mischungsverhältnis ein zwischen den Ausgangsgehalten liegender Wert für die Gehalte einstellen muß.

Ein erstes Kriterium für zusammengesetzte Metalle verschiedener Analysen ist daher, daß hier extrem niedrige wie auch extrem hohe Gehalte von Begleitelementen selten sind. Am deutlichsten ist dies an den durch die Metallurgie wenig veränderten Spurenelementen zu erklären (Bild 3, unten), anschaulich ist dies auch für die Legierungselemente Cu-Sn-Zn zu zeigen (Bild 3, oben).

Für die Werkstätte Wurzelbauers hat Riederer eine zeitliche Abfolge für die Zusammensetzung festgestellt (Bild 4), die eine Datierung der Produkte dieser

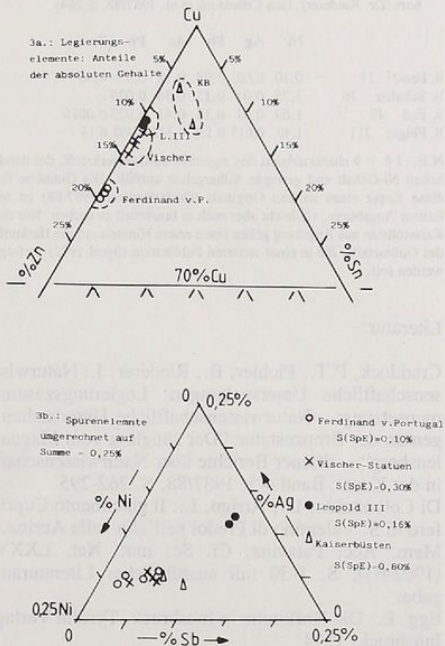


Bild 3: Mischung von Elementen in Kupfergußlegierungen aus Innsbruck, dargestellt im Dreiecksdiagramm für die Summe der Legierungselemente: Cu+Sn+Zn = 100 % (oben) sowie für die Spurenelemente Ag+Ni+Sb = 0,25 % (unten) und die Figuren: FvP = Ferdinand von Portugal (Sesselschreiber 1509) Vis = Artus, Theoderich (Peter Vischer d.J.1513) L III = Leopold III (S. Godl 1519) KB = Kaiserbüsten, Augsburg; Serie I(1509/11), II(1517/18)

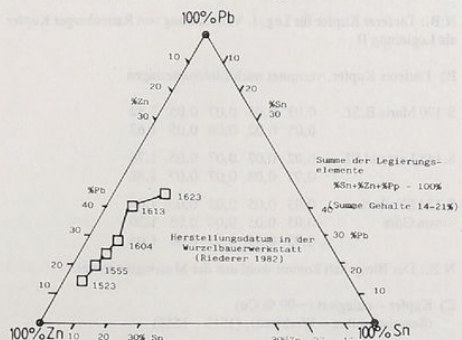


Bild 4: Zeitliche Verschiebung der Zusammensetzung bezüglich der Legierungselemente Zinn (Sn) - Zink (Zn) - Blei (Pb) der Wurzelbauerwerkstatt (1548-1620) nach J. Riederer (1982).

Werkstätte ermöglichen soll. Freilich ist diese nicht für alle Nürnberger oder Augsburgener, und auch nicht für die Innsbrucker Hütte verbindlich, wie ein Vergleich von Bild 3, oben und Bild 4 leicht zeigt.

Aufgrund der Analysen kann man die in der Tabelle angeführte Zuordnung der Figuren der Innsbrucker Hofkirche zu den verschiedenen Kupfergruppen treffen; dabei wurden folgende Kriterien benutzt: SILBER und BLEI: Für die Kupferproduktion in Tirol ist der Silbergehalt ein wichtiges Kriterium, das von den technologischen Möglichkeiten vorgegeben wird. Sulhing gibt eine Grenze des Seigerhüttenprozesses bei 0,05 % Ag an; dabei wird reines Blei zugesetzt, das nicht vollständig ausseigert. Daraus kann man unterteilen:

- a. 0,04 % Ag: silberarmes Ausgangserz: Taufers etc.
 - b. 0,04 - 0,06 % Ag:
über 1,0 % Pb: Inntaler Kupfer (Rattenberg, Schwaz) unter 1,0 % Pb: oft Mischmetall oder Rohkupfer
 - c. 0,06 % Ag: silberreiches Erz: Kitzbühel, Südtirol.
- N.B.: Durch das Messingbrennen wird meist ein gewisser Pb-Gehalt mit dem Galmei eingeschleppt (s. a. Werner 1977).

6.2 Charakteristische Analysenwerte:

Heute ist es zunehmend üblich, Analysenserien an Kupferfunden insbesondere archäologischen Objekten, in einer mehrdimensionalen "Clusteranalyse" zu bewerten (Sperl 1988); obige Kriterien lassen eine solche Betrachtungsweise zwar zu und wären auch sinnvoll, für das vorliegende Problem ist aber eine direkte Erklärung aus der Situation der Lagerstätten und der Technologie des 16. Jahrhunderts anschaulicher; daher werden in den folgenden Tabellen Gruppen von Analysenwerten jeweils für sich zur Diskussion gestellt. Tabelle: Beispiel der Zuteilung von Analysenrastern zu Kupfertypen (aus Knitel 1988)

A) Beispiel für Mischmetall: Chlodwig (1550), (Kn.S.196)

	Ni	Ag	Sb	As	Pb	
Kopf	0,07	0,02	0,02	0,05	0,94	Leg. I
Postament	0,14	0,03	0,03	0,09	1,00	Gemisch I/II
Körper	0,20	0,05	0,07	0,19	2,21	Legierung II
linker Arm	0,20	0,05	0,07	0,18	1,14	

N.B.: Taufere Kupfer für Leg. I, Verwendung von Rattenberger Kupfer als Legierung II

B) Taufere Kupfer, vermutet nach Lieferunterlagen

S.170 Maria B.Sf.	0,03	0,05	0,07	0,05	2,32
	0,05	0,02	0,06	0,05	1,63
S.148 Leopold III	0,02	0,07	0,07	0,05	1,76
	0,02	0,08	0,07	0,07	1,88
S.134 Elisabeth von Görz	0,03	0,05	0,03	0,05	1,04
	0,03	0,05	0,06	0,05	1,20
	0,03	0,05	0,03	0,05	1,05

N.B.: Der Bleigehalt kommt wohl aus der Messingbrennerei.

C) Kupfer – unlegiert (~99 % Cu) (Sesselschreiber – Werkstatt), (1513 – 1516)

S.128 Ernst der Eiserne	0,01	0,08	0,08	0,05	0,42
S.132 Philipp der Schöne	0,01	0,08	0,08	0,05	0,42

S.138 Zimbürgis	0,01	0,07	0,05	0,05	1,19
S.200 Maximilian /De Duca (1583)	0,01	0,08	0,03	0,05	0,71
	0,01	0,05	0,02	0,05	0,38
	0,01	0,06	0,02	0,05	0,45

N.B.: Zusammensetzung entspricht eher den Vorstellungen von Taufere

Kupfer – zum Vergleich

Rosetten-Kupfer aus Sp	0,08	0,06	0,06	0,39
------------------------	------	------	------	------

D) Kupfer der Augsburgener Büsten

	Ni	Ag	Sb	As	Pb
Serie I, S.102	0,436	0,159	0,18	0,46	4,25
	0,410	0,143	0,29	0,52	4,19
S.103	0,086	0,030	0,03	0,05	1,02
	0,791	2,242	0,19	0,94	4,03
Serie II, S.107	0,057	0,107	0,262	0,129	1,87
	0,262	0,117	0,29	0,28	0,72
S.108	0,096	0,096	0,16	0,12	0,75
	0,160	0,160	0,160	0,11	1,70

N.B.: Der Silbergehalt ist markant hoch, auch Nickel, das z.B. im Harz-Kupfer vorkommt (Laub 1991), deutlich vertreten.

E) Jüngling vom Magdalensberg, Analysen des Rathgen-Forschungslabors (Dr. Riederer), (aus Craddock et al. 1987/88, S.264)

	Ni	Ag	Sb	As	Pb	Zn
li. Ferse J1	0,10	0,02	0,08	0,18	0,45	4,36
li. Schulter J6	1,75	0,01	0,15	0,36	0,025	
li. Fuß J9	1,69	0,01	0,15	0,41	0,025	0,0016
li. Finger J11	1,40	0,015	0,138	0,342	0,400	6,13

N.B.: J 6 + 9 charakterisiert den eigentlichen Gußwerkstoff, der durch hohen Ni-Gehalt und geringen Silbergehalt auffällt. Die Gußhütte für diese Kopie eines antiken Originals (Gschwandtner 1987/88) ist im Raume Augsburgs, vielleicht aber auch in Innsbruck zu suchen. Nur die Kaiserbüsten aus Augsburg geben einen ersten Hinweis auf die Herkunft des Gußmetalls, die in einer weiteren Publikation (Sperl 1992) verfolgt werden soll.

Literatur:

Craddock, P.T., Pichler, B., Riederer, J.: Naturwissenschaftliche Untersuchungen, Legierungszusammensetzung: - Naturwissenschaftliche Untersuchungen an der Bronzestatue "Der Jüngling vom Magdalensberg"; - Wiener Berichte über Naturwissenschaft in der Kunst; Band 4/5, 1987/88, S. 262-295

Di Colbataldo, D., Arrigo, L.: Il giacimento Cupriero di S. Valentino di Predoi nell'alta valle Aurina, - Mem. Acc. Patavina, Cl. Sc. mat. Nat. LXXXV (1962-63), S. 1-30 mit ausführlicher Literaturangabe.

Egg, E.: Die Hofkirche in Innsbruck, Tyrolia Verlag Innsbruck, 1974

Gschwandtner, K.: Das Forschungsprojekt der Antikensammlung des Kunsthistorischen Museums Wien. - Naturwissenschaftliche Untersuchungen an der Bronzestatue "Der Jüngling vom Magdalensberg", Wiener Berichte über Naturwissenschaft in der Kunst, Band 4/5, 1987/88, S. 256-261

Laub, G.: Die Kupferhütte bei Bad Lauterberg im Südharz (1705-1826). Ein Beitrag zum niedersächsischen Kupferhüttenwesen des 18. Jahrhunderts. -

Technikgeschichte, Band 58 (1991), Heft 3, S. 189-208
Knitel, O., Sperl, G. (1978): Werkstoffe und Gießtechnik bei den "Schwarzen Mandern", den Gußstatuen des Maximiliangrabes in Innsbruck, Vortrag gehalten in Innsbruck am 17. Mai 1978 anlässlich des Österreichischen Bergbautages 1978.
Knitel, O.: Die Gießer zum Maximiliangrab, Handwerk und Technik. Eigenverlag Innsbruck o.Jg. (hrsg. 1988?)
Oberhammer, V.: Die Bronzestandbilder des Maximilian Grabmales in der Hofkirche zu Innsbruck, Tyrolia-Verlag Innsbruck, 1935
Riederer, J.: Metallanalysen von Statuetten der Wurzelbauer-Werkstatt in Nürnberg. - Berliner Beiträge zur Archäometrie, Band 5, Berlin 1980, S. 43-58
Sperl, G.: Das Eisen im alten Kupfer, - Freiburger

Forschungshefte, B 217 Metallurgie und Werkstofftechnik - Nichteisenmetallurgie, 1980, S. 17-25
Sperl, G.: Metallurgische Beschreibung römischer Kupfers, Vortrag auf der 10. internationalen Tagung über antike Bronzen, Tagung Freiburg/Brsg. 18.-22.7.1988.
Sperl, G.: Der Guß des Jünglings vom Magdalensberg, Manuskript, Druck vorgesehen für BHM 1992, H.5.
Suhling, L.: Der Seigerhüttenprozeß, die Technologie des Kupferseigerns nach dem frühen metallurgischen Schrifttum, Riederer Verlag Stuttgart, 1976
Tasser, R., Scantamburlo, N.: Das Kupferbergwerk von Prettau, Athesia Bozen, 1991
Werner, O.: Woher stammt der Bleigehalt der alten Messinge, - Mineralische Rohstoffe als kulturhistorische Quelle, Verlag des VDCh, Hagen 1978