

# **Archäometrische Untersuchungen an antiken chinesischen Bronzen**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Philosophie

der Fakultät für Kulturwissenschaften

der Eberhard-Karls-Universität Tübingen

vorgelegt von:

Haowei Wo

aus Zhejiang, China

2010

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät  
für Kulturwissenschaften der  
Eberhard Karls Universität Tübingen

Gutachter: Prof. Dr. Ernst Pernicka  
Prof. Dr. Markus Speidel

Tag der mündlichen Prüfung: 11.Januar.2010

Dekan: Prof. Dr. Jürgen Leonhardt

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, bedanken. Für die Betreuung der Arbeit danke ich Herrn Prof. Dr. Ernst Pernicka, der meiner Arbeit von Anfang an größte Aufmerksamkeit entgegengebracht und mir in allen Phasen bei dessen Strukturierung sehr geholfen hat.

Herrn Prof. Dr. Markus Speidel möchte ich für die Lieferung der chinesischen Bronzen danken, die diese Arbeit ermöglicht hat und nicht zuletzt für die Betreuung während der Erstellung der Doktorarbeit.

Bei der SHKP-Kwoks Stiftung möchte ich mich für die Möglichkeit herzlich bedanken, in Tübingen studieren und promovieren zu können.

Bei Frau Christel Bock möchte ich mich für das Arrangement meines Studiums und Stipendiums bedanken.

Ein ganz großer Dank geht an Frau Utta Gabriel, für ihre stets hilfsbereite Unterstützung und wörtliche Korrektur der Vorliegenden Arbeit.

Den Mitarbeitern des Curt-Engelhorn-Zentrums für Archäometrie in Mannheim, namentlich Frau Dipl.-Arch. Nicole Lockhoff, Herrn Dr. Roland Schwab, Frau Dipl.-Rest. Sylvia Mitschke, Herrn Dipl.-Chem. Bernd Höppner danke ich für die Hilfe bei der Durchführung der Messungen.

Herrn Dr. Christoph Berthold, am Institut für Geowissenschaften, Arbeitsbereich Mineralogie und Geodynamik, in Tübingen möchte ich herzlich für die Betreuung und wertvolle Ratschläge, vor allem auf dem Gebiet der Röntgendiffraktion danken.

Ein besonderer Dank geht an meine Eltern, die mich stets unterstützt hat. Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner Freundin Hongyan für die stets liebevolle Unterstützung, die Kraft und Motivation insbesondere während der Promotionszeit bedanken.

## INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung.....	1
2. Übersicht der Bronzezeit Chinas.....	3
2.1. Anfang und Ende der Bronzezeit in China.....	3
2.2. Merkmale der Bronzezeit Chinas.....	5
2.3. Herstellung der Bronzen nach der Bronzezeit.....	7
2.3.1. Bronzen aus der Zeit der Streitenden Reiche (475 v. Chr. – 221 v. Chr.).....	7
2.3.2. Bronzen aus den Qin und Han Dynastien (221 v. Chr. – 220 n. Chr.).....	8
2.3.3. Bronzen aus den Drei Reiche, Jin, Südliche und Nördliche Dynastien (220 – 589).....	9
2.3.4. Bronzen aus den Sui und Tang Dynastien (581 – 907).....	10
2.3.5. Bronzen aus den Song, Yuan, Ming und Qing Dynastien (960 – 1911).....	11
3. Oberflächenverzierungstechniken der antiken Bronzen Chinas.....	12
3.1. Einlagen.....	12
3.1.1. Türkiseinlagen.....	12
3.1.2. Kupfereinlagen.....	13
3.1.3. Gold- und Silbereinlagen.....	15
3.2. Vergolden.....	17
3.3. Feuervergoldung.....	18
4. Kopie und Fälschung der chinesischen antiken Bronzen.....	24
4.1. Kopien antiker chinesischer Bronzen.....	24
4.2. Die Fälschungen der chinesischen antiken Bronzen.....	26
4.2.1. Verschiedene Arten von der Fälschung der Bronzen.....	28
4.2.1.1. Teilweise gefälschte Bronzen.....	28
4.2.1.2. Komplette Bronzefälschung.....	30
4.2.2. Gefälschte Korrosionen.....	31
4.3. Verfahren der Authentizitätsbestimmung.....	32

5. Archäometrische Untersuchungen der antike Bronzen Chinas.....	33
5.1. Einleitung.....	33
5.2. Beobachtungen und Beschreibungen der Objekte.....	33
5.3. Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA).....	54
5.3.1. Einführung.....	54
5.3.2. Messbedingungen und Ergebnis.....	56
5.3.3. Diskussion.....	57
5.4. Echtheitbestimmung der Bronzen mit der $^{210}\text{Pb}$ Methode.....	60
5.4.1. Einführung.....	60
5.4.2. Messbedingungen und Probenvorbereitung.....	62
5.4.3. Ergebnis und Diskussion.....	62
5.5. Untersuchungen der Korrosionen mit der Röntgendiffraktion (XRD) Methode.....	66
5.5.1. Einführung.....	66
5.5.2. Messbedingungen und Ergebnis.....	68
5.5.3. Diskussion.....	70
5.6. Metallographie.....	74
5.6.1. Einführung.....	74
5.6.2. Korrosion.....	75
5.6.3. Metallgefüge.....	82
6. Zusammenfassung.....	84
Anhang A: Messergebnis $^{210}\text{Pb}$ .....	89
Anhang B: Messergebnis XRD.....	100
Anhang C: Metallgefüge.....	121
Literaturverzeichnis.....	126

## Abbildungsverzeichnis

Abb.2.1. Bronzemesser aus Dongxiang Linjia (GSM, 1979).....	4
Abb.2.2. Bronzeritualgefäß Jue aus Erlitou (AICAS, 1999).....	4
Abb.3.1. Bronzeblech mit Türkis verzierten Taotie Motiv (AICAS 1999).....	21
Abb.3.2. Röntgenbild der Bronzescheibe aus Erlitou (AICAS 1999).....	21
Abb.3.3. Bronzen <i>Ge</i> von Fuhaos Grab, mit Türkis verziert (AICAS 1981).....	21
Abb.3.4. Bronzegefäß <i>Jian</i> aus Shanbiaozhen (Guo 1959).....	22
Abb.3.5. Bronzegefäß Fou von Luanshu (Rong und Zhang 1984).....	22
Abb.3.6. Goldeingelegtes Bronzegefäß Dou aus Changzhi, Shanxi Provinz (Bian 1972).....	22
Abb.3.7. Bronzefigur Tiger und Rind mit Gold und Silber eingelegt (HBKK 1979).....	23
Abb.3.8. Bronzener Passierschein von Marquis Ejun Qi aus Shouxian (Hua 1999).....	23
Abb.3.9. Bronzene Laterne des Changxin Palasts, westliche Han-Dynastie (AICAS 1980).....	23
Abb 5.1. Bagua Spiegel.....	36
Abb.5.2. Fasern in den Rillen des Spiegels.....	36
Abb 5.3. Objekt 19: Stern-Wolken Spiegel.....	37
Abb.5.4. Textilreste auf dem Spiegel.....	37
Abb.5.5. Durchbrochener Deckel, Boshanlu.....	38
Abb.5.6. Riss und abgeblätterte Korrosionsschicht auf Objekt 3.....	39
Abb.5.7. Gelbe Plastikfasern mit der Korrosion zusammengebacken.....	39
Abb.5.8. Vergoldeter Deckel, <i>Boshanlu</i> .....	39
Abb.5.9. Blaue Korrosion auf Deckel No. 6.....	39
Abb.5.10. Deckel mit Drachenkopf, <i>Boshanlu</i> .....	40
Abb.5.11. Mineralreste auf Deckel No. 7.....	40
Abb.5.12. Vergoldeter Deckel, Fisch <i>Boshanlu</i> .....	41
Abb.5.13. Runder kleiner Deckel, <i>Tilianghu</i> .....	42
Abb.5.14. Frässtreifen und Kunststofffasern auf Objekt 2.....	42

Abb.5.15. Runder Deckel mit Silbereinlagen, <i>Guanhu</i> .....	42
Abb.5.16. Spuren von Pinselstrichen auf Objekt 4.....	43
Abb.5.17. Quadratischer Deckel mit Silbereinlagen, <i>Fanghu</i> .....	44
Abb.5.18. Silbereinlagen und Frässpuren auf Objekt 5.....	44
Abb.5.19. Schildkröte.....	44
Abb.5.20. Deckel mit Gold- und Silbereinlagen, <i>Ding</i> .....	45
Abb.5.21. Lampe.....	45
Abb.5.22. Bruchstück, <i>Zhan</i> .....	46
Abb.5.23. Durchbrochener Deckel mit Einlagen.....	46
Abb.5.24. Runder Deckel.....	47
Abb.5.25. Faserartiges Material auf Objekt 14.....	47
Abb.5.26. Flachdeckel.....	48
Abb.5.27. Schwarzes kolloidales Material auf Objekt 15.....	48
Abb.5.28. Deckel mit Vogel.....	49
Abb.5.29. Fabeltier auf Objekt 16.....	49
Abb.5.30. kleiner Topf <i>Hu</i> mit Goldeinlage.....	50
Abb.5.31. Frässpuren auf Gefäßöffnung und Basis des Topfs.....	50
Abb.5.32. Großer Topf <i>Hu</i> .....	51
Abb.5.33. Inschriften auf dem großen Topf <i>Hu</i> .....	51
Abb.5.34. Gußlinie auf der Sohle des Topfs.....	52
Abb.5.35. Reste von Schilfmatte.....	52
Abb.5.36. Reste vom Gewebe.....	52
Abb.5.37. Bronzedolch <i>Ge</i> .....	53
Abb.5.38. Bilder auf Objekt 20 sowie auf dem Dolch aus Dayangzhou.....	53
Abb.5.39. Arbeitsvorgänge der EDRFA und WDRFA (Mommsen, 1986).....	55
Abb.5.40. EDRFA Analysator ARL QUANT'X.....	56
Abb.5.41. U-238 Zerfallsreihe.....	60
Abb.5.42. Messkammer vom Alpha Spektrometer und Nickelplättchen.....	62
Abb.5.43. Reflexion von Röntgenstrahlen an Netzebenen und Ableitung der Bragg-Gleichung (Spieß et al., 2005) .....	67

Abb.5.44. Beugungsgeometrie bei konstruktiver Interferenz und destruktiver Interferenz....	67
Abb.5.45. Atacamit auf dem Objekt 10.....	72
Abb.5.46. Cerussit auf dem Objekt 13.....	72
Abb.5.47. 20 Proben im Epoxidharz.....	74
Abb.5.48. Objekt 11 mit Hellfeldbeleuchtung und polarisiertem Licht.....	75
Abb.5.49. Schliffbild von Objekt 7.....	76
Abb.5.50. Schliffbild von Objekt 18.....	76
Abb.5.51. Schliffbild von Objekt 2.....	77
Abb.5.52. Schliffbild von Objekt 3.....	77
Abb.5.53. Schliffbild von Objekt 17.....	78
Abb.5.54. Schliffbild von Objekt 12.....	78
Abb.5.55. Schliffbild von Objekt 13.....	78
Abb.5.56. Schliffbild von Objekt 16.....	78
Abb.5.57. Zeit-Korrosion Kurve (Robbiola, 2006) .....	78
Abb.5.58. Schliffbild von Objekt 4.....	79
Abb.5.59. Schliffbild von Objekt 5.....	79
Abb.5.60. Schliffbild von Objekt 6.....	79
Abb.5.61. Schliffbild von Objekt 8.....	79
Abb.5.62. Schliffbild von Objekt 9.....	80
Abb.5.63. Schliffbild von Objekt 10.....	80
Abb.5.64. Schliffbild von Objekt 14.....	80
Abb.5.65. Schliffbild von Objekt 1.....	81
Abb.5.66. Schliffbild von Objekt 20.....	81
Abb.5.67. Schliffbild von Objekt 15.....	81
Abb.5.68. Schliffbild von Objekt 19.....	81
Abb.5.69. Veränderung der Metallgefüge (Scott, 1991) .....	83

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1. Periodisierung der chinesischen Bronzezeit und der frühen Eisenzeit.....	6
Tab. 5.1. Liste der untersuchten Objekte mit Labornumern der Proben.....	34
Tab. 5.2. Der Name, die Natur und die Richtung der Acht Trigramme.....	35
Tab. 5.3. Chemische Zusammensetzung der untersuchten Objekte.....	59
Tab. 5.4. Die Ergebnisse des $^{210}\text{Pb}$ Tests.....	64
Tab. 5.5. Zwei Gruppen des $^{210}\text{Pb}$ Tests.....	65
Tab. 5.6. Mineralphasen identifiziert mit XRD.....	69
Tab. 5.7. Vier Gruppen von den 20 Objekten.....	70
Tab. 5.8. Zusammenfassung der Beobachtungen.....	88

## 1. Einführung

Vor hundert Jahren waren chinesische Bronzen noch sehr selten in Europa im Gegensatz zu den berühmten chinesischen Porzellanen. Einer der ersten Sammler von chinesischen Bronzen war Enrico Cernuschi (1821- 1896), ein italo-französischer Nationalökonom und Bankier. Von seiner Reise in den Fernen Osten brachte er zahlreiche Kunstgegenstände nach Frankreich mit, darunter auch etwa zwanzig chinesischen Bronzen (Elisseeff, 1977). Diese Sammlung asiatischer Kunst ist heute im Musée Cernuschi ausgestellt. George Eumorfopoulos (1863-1939) war ebenfalls ein bedeutender Sammler chinesischer Bronzen zu jener Zeit. Seine Sammlung wurde von Yetts dokumentiert und publiziert (Yetts, 1929, 1930). Dank Otto Kummel, dem Kurator der Staatlichen Museen zu Berlin, besaßen die Museen bereits in den 1920er Jahren eine bedeutende Sammlung chinesischer Bronzen (Kummel, 1928), die aber im zweiten Weltkrieg bedauerlicherweise verloren ging.

Von 1935 bis 1936 fand eine Weltausstellung chinesischer Kunst in London statt, darunter über 200 chinesische Bronzen. Mit dieser Ausstellung wurde das öffentliche Interesse an chinesischen Bronzen geweckt. Viele Museen in Europa begannen chinesische Bronzen zu sammeln und Kataloge ihrer Sammlungen zu veröffentlichen.

Der Brite Perceval Yetts (1878-1957) und der Schwede Bernhard Karlgren (1889-1978) zählten zu den bedeutensten Kennern chinesischer Bronzen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Ihre Forschungen konzentrierten sich auf Formen und Dekorationen sowie Datierungen der Bronzen.

Ab den 1960er Jahren interessierte sich die Wissenschaft dann auch für die Gußtechniken und die Herkunft der Herstellungstechniken der chinesischen Bronzen. Das Buch *Bronze casting and bronze alloys in ancient China* von dem Australier Noel Barnard (Barnard, 1961) stellte diesbezüglich eine wichtige Veröffentlichung dar. Hier präsentierte er auf der Grundlage der ausgegrabenden Bronzen in China sowie den gesammelten Objekten vieler Museen weltweit die Gußtechniken der chinesischen Bronzen, die er systematisch untersucht hatte. Dabei gelangte er zu dem Schluss, dass die Gußtechniken der chinesischen Bronzen in einer eigenen Tradition stehen und sich autochthon entwickelt hätten. 1969 veröffentlichte der

Amerikaner Gettens Rutherford das Buch *The Freer chinese bronzes* (Gettens, 1969). In diesem Buch hat er und seine Gruppe die chinesischen Bronzen im Freer Museum mit verschiedenen naturwissenschaftlichen Methoden untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind bis heute für die Forschungen wertvoll.

In dieser Dissertation wurden 20 chinesischen Bronzen mit archäometallurgischen Methoden untersucht. Zuerst gibt es einen Abschnitt zur Forschungsgeschichte, beginnend mit einer Übersicht zur Bronzezeit Chinas, gefolgt von unterschiedlichen Techniken der Oberflächenverzierungen sowie einem Kapitel, das dem Thema Kopie und Fälschung der antiken chinesischen Bronzen gewidmet ist.

Die 20 Bronzen stammen aus einer privaten Sammlung. Das Hauptziel dieser Arbeit bestand darin, diese Bronzen auf ihre Echtheit hin zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden die Bronzen mit verschiedenen naturwissenschaftlichen Verfahren untersucht. Es wurde die Zusammensetzung und Korrosion der Bronzen analysiert, gefolgt von metallurgischen Untersuchungen sowie der  $Pb^{210}$  Methode, mit der die Echtheit der Bronzen bestimmt werden kann.

Heutzutage kommen immer mehr Fälschungen chinesischer Bronzen auf den Kunstmärkten vor, teilweise gilt dies auch für Museen, wo hin und wieder neben Originalen auch Fälschungen anzutreffen sind. Um die Fälschungen zu erkennen, sind Untersuchungen mit naturwissenschaftlichen Methoden unerlässlich. Allerdings reichen einzelne Methoden oftmals nicht aus; vielmehr ist eine Kombination aus geeigneten Methoden notwendig.

## 2. Übersicht der Bronzezeit Chinas

### 2.1. Anfang und Ende der Bronzezeit in China

Aufgrund von archäologischen Funden halten die meisten chinesischen Archäologen die Erlitou Kultur (historische Entsprechung Xia Dynastie), die ca. 19. Jh. v. Chr. in der Mitte Chinas begann, für den Anfang der Bronzezeit in China.

An verschiedenen Orten in China, vor allem in Nordwestchina treten Bronzen aber auch schon vor der Periode der Erlitou Kultur auf. Der früheste Bronzefund, der bisher in China gefunden wurde, ist ein Bronzemesser aus Dongxiang Linjia in der Gansu Provinz (GSM 1979, 141-142) (Abb.2.1). Das Messer stammt aus der Majiayao Kultur, die etwa von 3100 bis 2650 v. Chr. datiert wird. Die Radiokohlenstoffdatierung ergab ein Alter für das Messers von 2740 cal. BC. Metallographischen Untersuchungen zufolge enthielt es etwa 6-10% Zinn und wurde in zweischaligen Gussformen gegossen. Die Schneide des Messers wurde geschmiedet (Sun und Han 1997, 75-77). Nach der Majiayao Kultur wurden Bronzen an mehreren Orten gefunden. Die meisten von ihnen verteilen sich auf die Einzugsgebiete des Ober- und Mittellaufes des Gelben Flusses und gehörten verschiedenen archäologischen Kulturen an, wie z.B. der Machang Kultur und der Qijia Kultur in der Gansu Provinz sowie der Longshan Kultur in der Shanxi und Henan Provinz. An diesen Orten wurden die Bronzen zusammen mit Gegenständen aus Kupfer ausgegraben. In den meisten Fällen wurden nur kleine Werkzeuge und Schmuck entdeckt. Sowohl Guss- als auch Schmiedetechniken wurden verwendet. Gefäße aus Bronze dagegen traten selten auf. Hinweise auf Bronzegefäße aus dieser Zeit beschränken sich bislang auf wenige dünne und kleine Gefäßüberreste. Bronzewaffen wurden bisher noch nicht gefunden. Auch wenn Bronze schon in manchen archäologischen Kulturen erscheint, wird erst die Erlitou Kultur als Bronzezeit bezeichnet.

Die Erlitou Kultur wurde nach dem Erstfund in Erlitou in der Henan Provinz benannt. Aus der Erlitou Fundstätte wurden hunderte Bronzen ausgegraben, hauptsächlich aus der dritten und vierten Phase dieser Kultur. In diesen zwei Phasen wurden nicht nur Bronzeschmuck und Bronzewerkzeuge, sondern auch Bronzegefäße und Bronzewaffen, vorzugsweise

Bronzepfeile häufig entdeckt. Das Bronzeritualgefäß *Jue* stammt aus der dritten Phase (AICAS 1999, 195) (Abb.2.2). Mehr als zwei Gussformen wurden gebraucht, um ein *Jue* herzustellen. Alle diese Funde zeigen deutlich, dass die damalige Gußtechnologie der Bronze bereits einigermaßen entwickelt war. Mit dem Auftreten des Ritualgefäßes *Jue* und den Bronzepfeilen begannen die Bronzen eine wichtige Rolle in der Gesellschaft zu spielen.

Die Bronzezeit endete in der Mitte der Zeit der Streitenden Reiche (ca. 4. Jahrhundert v. Chr.) und wurde durch die Eisenzeit ersetzt.



Abb.2.1. Bronzemesser aus Dongxiang Linjia  
(GSM, 1979)



Abb.2.2. Bronzeritualgefäß *Jue* aus Erlitou  
(AICAS, 1999)

Das Eisen wurde schon in der Shang-Dynastie verwendet. In Gaocheng Taixi, in der Hebei Provinz, wurde eine Bronzewaffe *Yue* mit einer Schneide aus Eisen entdeckt. Bislang ist es der älteste Fund eines Eisengegenstandes. Untersuchungen ergaben, dass es sich um Eisenmeteorit handelt (HBKI 1985, 168). Eisenverhüttung scheint in der Zeit der Frühling- und Herbstannalen noch nicht vorzukommen. Vor der Mitte der Zeit der Streitenden Reiche wurde nur wenig Eisenverhüttung und –bearbeitung geübt. Erst danach entwickelte und verbreitete sie sich rasant und extensiv im damaligen China. Jeder Staat hatte eigene Eisenverhüttungszentren. Viele große Fundstätten der Eisenverhüttungswerkstätten wurden ausgegraben und manche hatten eine Fläche von über vierzigtausend Quadratmetern. Zahlreiche Waffen und Ackergeräte wurden aus Eisen hergestellt und die Bronzezeit wurde schließlich durch die Eisenzeit ersetzt. Trotzdem wurden Bronzen weiter hergestellt und

verwendet, so z. B. für Ritualgefäße, welche bis zur Han Dynastie hauptsächlich aus Bronze gearbeitet wurden. Infolge der Entwicklung der Gesellschaft verwandelten sich die Bronzeritualgefäße graduell in Alltagsgefäße. Wegen der weitreichenden Anwendungen der Eisenprodukte und des Porzellan nach der Han Dynastie nahm der Gebrauch von Bronze wesentlich ab und beschränkte sich auf die Herstellung von Spiegel und Münzen.

Der Zeitrahmen vor der westlichen Zhou Dynastie war lange nicht klar. Konventionell wurde das Jahr 841 BC als das erste Jahr der konsekutiven Datierung der chinesischen Geschichte angesehen. Nur nach diesem Jahr hat China eine sichere Chronologie. Ab 1996 wurde das Projekt *Xia, Shang, Zhou Chronologie Projekt* in China ausgeführt, etwa 200 Experten von verschiedenen Bereichen wie Archäologie, Archäometrie, Geschichte, Astronomie usw. haben zusammengearbeitet, um einen präzisen Zeitrahmen von den Xia, Shang und Zhou Dynastien zu beschließen. Die Ergebnisse von dem Projekt wurde im Jahr 2000 veröffentlicht (EPC 2000).

In der Tabelle 2.1 wurde die Periodisierung der chinesischen Bronzezeit und der frühen Eisenzeit gegeben.

## **2.2. Merkmale der Bronzezeit Chinas**

Der Beginn der Bronzezeit Chinas hing eng mit dem Entstehen des ersten Staates Chinas zusammen, nämlich dem Staat der Xia Dynastie (ca. 2070 v. Chr. bis ca. 1600 v. Chr.). Die Bronzen aus der Erlitou Fundstätte (Xia Dynastie) weisen darauf hin, dass sich die Bronzegusstechnik entwickelt hatte und Bronze in Verbindung mit politischer Macht stand. Fast alle Bronzegefäße, die bisher in der Erlitou Fundstätte entdeckt wurden, sind bronzene *Jue* und *Jia*, die auch in den folgenden Shang- und Zhou Dynastien gefunden wurden und für Ritualgefäße gehalten werden. Sowohl mangels Schriftzeichen aus der Xia Dynastie als auch konkret anverwandter Literatur kann man nur vermuten, dass das hierarchische System und *Etikettensystem* bereits in der Xia Dynastie gegründet wurde.

Der alten chinesischen Literatur zufolge waren Ritus und Krieg die zwei wichtigsten Ereignisse für den Staat im bronzezeitlichen China. Beim Ritus wurden Bronzeritualgefäße verwendet. Da diesen so große Bedeutung zukam, wurden einige der größeren und edlen

<p>Jungsteinzeit (新石器时代): etwa bis 2000 v.Chr.</p> <p>Bronzezeit (青铜时代): etwa 2000 bis Mitte der Zeit der Streitenden Reiche.</p> <p>Xia-Dynastie (夏): etwa 2070–1600 v. Chr.</p> <p>Shang-Dynastie (商): auch als „Yin“ (殷) bezeichnet, etwa 1600–1046 v. Chr.</p> <p>Zhou-Dynastie (周): 1046–256 v. Chr.</p> <p>-- Westliche Zhou-Dynastie (西周): Xizhou: 1046–770 v. Chr.</p> <p>-- Östliche Zhou-Dynastie (东周): Dongzhou: 770–256 v. Chr.</p> <p>-- Zeit der Frühlings- und Herbstannalen (春秋): Chunqiu: 770–476 v. Chr.</p> <p>-- Zeit der Streitenden Reiche (战国): Zhanguo: 476–221 v. Chr.</p> <p>Qin-Dynastie (秦): 221–207 v. Chr.</p> <p>Han-Dynastie (汉): 206 v. Chr.–220 n. Chr.</p> <p>-- Westliche Han-Dynastie (西汉): 206 v.Chr.- 9 n. Chr.</p> <p>-- Interregnum von Xin-Dynastie (新): 9–25 n. Chr.</p> <p>-- Östliche Han-Dynastie (东汉): 25- 220 n. Chr.</p>
---

**Tab. 2.1.: Periodisierung der chinesischen Bronzezeit und der frühen Eisenzeit**  
(Chronologie vor der Östliche Zhou-Dynastie nach EPC 2000, 86)

Ritualgefäße sogar für das Symbol der Staatsmacht gehalten. In dem *Etikettensystem* gab es verschiedene soziale Schichten, die durch die Verwendungen unterschiedlicher Arten und Mengen von Bronzegefäßen gekennzeichnet waren. Je mehr Ritualgefäße man benutzen durfte, desto höher war der Rang.

Die in den Shang und Zhou Dynastien in großer Menge hergestellten Bronzewaffen entsprachen möglicherweise der Gründung der staatlichen Armee. Bronzewaffen hatten offensichtlich große Vorteile im Vergleich zu Stein- und Holz Waffen. Schriftzeichen auf Orakelknochen einerseits und alte Literatur andererseits weisen darauf hin, dass die Shang und Zhou Dynastien häufig Krieg gegen die sie umgebenden Klane und kleine Staaten führten.

Zweifellos spielten Bronzen sowohl bei Riten als auch im Krieg im bronzezeitlichen China eine wichtige Rolle.

Das wichtigste Merkmal der Bronzezeit Chinas ist laut K.C.Zhang, dass die Bronze Teil der politischen Macht sei (K.C.Zhang 1983, 13).

### **2.3. Herstellung der Bronzen nach der Bronzezeit**

Nach der Bronzezeit waren die Bronzen in der Gesellschaft nicht mehr so wichtig wie früher, sie verloren allmählich die symbolische Bedeutung von der politischen Macht. Bronzen wurden zwar weiterhin zahlreich hergestellt, aber fortan dienten sie als Alltagsgegenstände. Die Gusstechniken der Bronzen entwickelten sich weiter und blieben im Folgenden zweitausend Jahre an der Weltspitze.

#### **2.3.1. Bronzen aus der Zeit der Streitenden Reiche (475 v. Chr.—221 v. Chr.)**

Die Bronzezeit endet in der Mitte der Zeit der Streitenden Reiche infolge der massiven Verwendung des Eisens. Das ehemalige Etikettensystem war dem Untergang geweiht und die traditionellen Ritualgefäße wurden schrittweise von den alltäglichen Bronzen ersetzt.

Die Gusstechnik der Bronzen hatte Fortschritte gemacht. Ein bedeutender Fortschritt war die Anwendung einer separaten Gusstechnik. Dabei werden Teile der Bronzen separat gegossen und danach zusammengelötet. Mit dieser Technik können sehr komplizierte Bronzen hergestellt werden.

Oberflächenverzierungen waren in dieser Zeit sehr populär, besonders Gold- und Silbereinlagen. Feuervergoldung trat ebenfalls in dieser Zeit auf. Auf den Oberflächen großer Bronzen wurden oft Verzierungen gegossen, die anschließend Gold-, Silber- oder Kupfereinlagen bekamen, für gewöhnlich mit Szenen von Kriegen, Jagden, Banketten usw.

Die typischen Bronzen aus dieser Zeit sind *Ding*, *Hu*, *Dou*, *Dui*, *Zun*, *Ge* usw. Das Glockenspiel aus dieser Zeit ist sehr bekannt, es ist ein altes chinesisches Musikinstrument und besteht normalerweise aus dutzenden von Bronzeglocken von verschiedener Größe. Auch Bronzespiegel traten in zahlreich und von hoher Qualität auf, die meisten sind rund, einige auch quadratisch. Die Spiegel haben viele verschiedene Verzierungen, wie z.B. 山 (Berg)-förmig, geometrisch, rhombenförmig, federförmig usw.

Einerseits waren zahlreiche Bronzen in dieser Zeit prächtiger und komplizierter als die aus der Bronzezeit aber andererseits gab es auch viele Alltagsgegenstände, die einfach hergestellt und ohne Verzierung waren. Diese Tendenz wird noch deutlicher in den nachfolgenden Qin und Han Dynastien.

### **2.3.2. Bronzen aus der Qin und der Han Dynastien (221 v.Chr.—220 n. Chr.)**

Obwohl die Qin Dynastie nur 15 Jahren gedauert hat, ist sie zweifellos eine der wichtigsten Dynastien in China. Unter dieser Dynastie war ganz China zum ersten Mal ein vereintes Großreich, mit einheitlicher Schrift, Gewichts- und Maßsystemen, einheitlicher Währung usw. Bis auf die traditionellen Bronze-Ritualgefäße wie *Ding*, *Hu*, *Gui*, *Fang*, *Pen*, die aber nur noch einen geringen Anteil ausmachten, gab es nun zahlreiche standardisierte Messinstrumente aus Bronze wie *Shangyangliang* und *Quan* oder einheitliche Bronzemünzen *QinBanliang*.

In der Han Dynastie wurden viele bronzene Ackergeräte, Waffen und Werkzeuge durch Eisen und Bronzegefäße durch Lackprodukte und Töpferwaren ersetzt. Aus diesem Grund waren die Bronzen aus der Han Dynastie von ihrem künstlerischen Aspekt her nicht mit den Bronzen aus der Bronzezeit zu vergleichen. Ausgrabungen einiger Fundstätten, an denen Bronze verhüttet wurde sowie die Entdeckung massenhafter Bronzeobjekte aus der Han Dynastie deutet jedoch darauf hin, dass einige der Bronzeguss- und Verzierungstechniken weiter entwickelt worden waren und Objekte aus Bronze nach wie vor in großer Menge hergestellt wurden. Bei den meisten der Bronzeobjekte handelt es sich allerdings um alltägliche Gebrauchsgegenstände. Die Bronzen wurden sowohl von der Zentralregierung als auch von den lokalen privaten Werkstätten hergestellt. Die Qualität der von der Zentralregierung hergestellten Bronzen war in der Regel wesentlich höher als die privater Werkstätten.

Die typischen Bronzen aus der Han Dynastie sind *Ding*, *Fu*, *Zhong*, *Erbei*, *Fang*, *He*, *Xi*, Lampen, Räuchergefäße, Spiegel usw. Mit der Entwicklung des Handels wurden die Bronzemünzen *Wuzhu* in großer Menge hergestellt.

Bronzelampen waren in dieser Zeit sehr beliebt und kommen in vielen verschiedenen

Formen vor wie z.B. *Dou*, Tiere, Menschenfiguren und Bäume. *Boshanlu* war die wichtigste Kategorie der Räuchergefäße, normalerweise hat es die Form eines *Dou*, besitzt jedoch einen kegelförmigen durchbrochenen Deckel. Auch in dieser Arbeit wurden vier *Boshanlu*-Deckel analysiert. Auch Bronzespiegel wurden in der Han Dynastie in großer Menge verwendet. Im Vergleich zu den tendenziell ab der Han Dynastie seltener verzierten Bronzegefäßen weisen Bronzespiegel immer noch reichlich Verzierungen auf und zwar auf der Rückseite. Typischer Dekor sind Sterne und Wolken, Blumen, Tiere, Menschen und glückbringende Schriftzeichen. Gold- und Silbereinlage wurde nach wie vor auf Bronzen verwendet und die Technik der Feuervergoldung erreichte in der Han Dynastie ihren Höhepunkt. Ritzdekor in Form von ausgemeißelten Linien auf Bronzen waren besonders in südlichen Gebieten populär (Du 1989, 10).

Die Untersuchung von Bronzen aus der Han Dynastie steht in China noch am Anfang im Vergleich zu Bronzen aus der Bronzezeit. Über hunderttausende Bronzen aus der Han Dynastie wurden ausgegraben, aber bedauerlicherweise bislang erst weniger als 5% der Bronzen publiziert (Wu 2005, 9).

In der Qin und Han Dynastien hatte Bronze für die Herrscher nicht mehr die Bedeutung, die sie in der Bronzezeit hatte, gleichwohl sie noch ein wichtiger Bestandteil der chinesischen Kultur war. Ihre letzte prächtige Periode erlebte die Kunst der antiken Bronzen Chinas in den Qin und Han Dynastien (Yu 2002, 215).

### **2.3.3. Bronzen aus der Drei Reiche, Jin, Südliche und Nördliche Dynastien (220—589)**

Porzellan wurde ab der Östlichen Han Dynastie hergestellt, was allmählich zahlreiche Arten der Bronzen ersetzte. Die Herstellung von Bronzen in den Drei Reichen, Jin, Südliche und Nördliche Dynastie ließen im Vergleich zu der Han Dynastie wesentlich nach, ebenso die Qualität der Bronzen, welche schlechter war als in der Han Dynastie. Die meisten Bronzen dieser Perioden waren ohne Verzierung oder besaßen lediglich einfachen Dekor, nur wenige Bronzen waren feuervergoldet.

Typische Bronzen aus den Drei Reiche und Jin Dynastien sind für gewöhnlich alltägliche Gebrauchsgegenstände wie *Fu*, *Jiaodou*, *Xi*, *Erbei*, *Boshanlu*, Lampen und Spiegel. Die

Formen der Bronzen waren denen aus der Östlichen Han Dynastie ähnlich.

Die Südliche Dynastie wurde von den Han Chinesen gegründet und führte die traditionelle Kultur fort, weshalb die Herstellung der Bronzen hier in stärkerem Maße weiterlief, als in der Nördlichen Dynastie. Die typischen Bronzen waren *Jiaodou*, *Shao*, *Wan*, *Bei*, *Pan*, *Tuohu* usw. Die Nördliche Dynastie wurde von *Xianbei*, einem nomadischen Volksstamm aus dem mongolisch-mandschurischen Grenzgebiet, gegründet. Bis auf Buddhafiguren aus Bronze wurden wenig Bronzen aus der Nördlichen Dynastie entdeckt. Der Buddhismus wurde in der Östlichen Han Dynastie in China eingeführt und blühte in der Nördlichen Dynastie. Zahlreiche Buddhafiguren wurden in dieser Zeit gegossen.

Bronzespiegel waren die einzige Bronzegruppe, die sich ab der Han Dynastie noch weiter entwickelte. In den Drei Reichen, Jin, Südlichen und Nördlichen Dynastien waren die meisten Bronzespiegel nach wie vor rund. Typische Verzierungen waren Fabeltiere, Szenen mit Menschenfiguren aus der Geschichte, Vögel usw. Viele Spiegel besaßen Inschriften auf der Rückseite, oft mit glückverheißendem Inhalt. Außerdem wurde das Herstellungsjahr des Spiegels vermerkt und teilweise auch der Name des Herstellers.

#### **2.3.4. Bronzen aus den Sui und Tang Dynastien (581—907)**

In den Sui und Tang Dynastien wurde die Herstellung der Bronzen von der Zentralregierung kontrolliert. Alltagsgegenstände aus Bronze wie *Jiaodou*, *Bo*, *Wan*, *Pen*, *Xi*, *Fu*, Topf, Lampe, Spiegel usw. wurden weiterhin hergestellt, aber nur die Bronzespiegel hatten sich noch weiter entwickelt.

Die Herrscher legten großen Wert auf die Herstellung der Bronzespiegel. Die Bronzespiegel aus den Sui und Tang Dynastien waren schwerer und von höherer Qualität als die aus vorherigen Dynastien. Der Zinn- und Bleigehalt in den Bronzespiegeln war höher und besaß etwa 70% Kupfer und 30% Zinn und Blei, weshalb die Bronzespiegel heller waren als diejenigen aus den vorherigen Dynastien.

Auch die Formen der Spiegel änderten sich teilweise. Neben den herkömmlichen runden und quadratischen Spiegeln kamen neue Formen wie Sonnen- oder Wassernussblumen, Quadrate mit runden Ecken und Spiegel mit Griffen hinzu. Ebenso nahmen Verzierungen auf

den Spiegeln zu, charakteristisch sind Blumen, Trauben, Schmetterlinge, Vögel und viele Tiere, außerdem Drachen, Jagden, Polospiele, Götterdarstellungen, *Bagua* usw.

### **2.3.5. Bronzen aus den Song, Yuan, Ming und Qing Dynastien (960—1911)**

Bei der Herstellung der Bronzen in den Song, Yuan, Ming und Qing Dynastien wurden hauptsächlich weiterhin Bronzespiegel, Münzen und Buddhafiguren hergestellt, zugleich auch verschiedene Alltagsgegenstände wie Teller, Schüsseln, Töpfe, Wok usw.

Das Nassverfahren der Bronzeverhüttung, bei dem das Kupfer durch Eisenpulver ausgefällt wird, war in der Song Dynastie hochentwickelt, wodurch die Bronzeherstellung sehr ertragreich war.

Zahlreiche Funde des *Quan*, die für die Yuan Dynastie typisch sind, tragen in der Regel das Herstellungsjahr auf den Oberflächen.

Die charakteristische Bronzeform der Ming Dynastie ist das *Xuandelu*. Ein großer Teil der Bronzen wurden in der Ming und Qing Dynastie jedoch durch Messing ersetzt. Eine neue Erfindung war zudem das Kupfernickel.

Ab der Song Dynastie wurde die Epigraphik populär, weshalb auch antike Bronzen mit altertümlicher Epigraphik sehr begehrt waren. Dies wiederum weckte zunehmend das Interesse an bronzzeitlichen Bronzen und ist auch der Grund für zahlreiche Fälschungen antiker Bronzen ab der Song Dynastie.

### 3. Oberflächenverzierungstechniken der antiken Bronzen Chinas

#### 3.1. Einlagen

##### 3.1.1. Türkiseinlagen

Türkis ist ein selten vorkommendes Mineral, ein wasserhaltiges Kupfer-Aluminium-Phosphat. Die chemische Zusammensetzung des Türkis ist  $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Reiner Türkis hat eine Mohshärte von knapp 6. Im Vergleich zu anderen Edelsteinen lässt er sich leichter polieren. Er hat eine grünblaue Farbe mit wachsartigem Glanz. In China zählt Türkis zu den ältesten Schmucksteinen und wurde schon seit der Jungsteinzeit verwendet. Die Türkise wurden gewöhnlich als Verzierungen bei kleinen Gegenständen wie Ringen, Halsketten, Schnitzereien usw. verwendet. Ein Knochenring und eine Knochenkanne aus Dawenkou in der Shandong Provinz waren beispielsweise mit Türkis verziert (SKK und JM 1974, 99-102). Bereits am Anfang der Bronzezeit verzierte Türkis Bronzen. Die Fundstätte in Yanshi Erlitou der Henan Provinz ist aufgrund ihres Fundmaterials eine berühmte Fundstätte der frühen Bronzezeit Chinas. Dort wurden fünf zoomorphe Masken (Taotie) gefunden, deren Motive durch Türkiseinlagen auf Bronzeblech gebildet werden (Abb.3.1). Bei der Ausgrabung im Jahr 1975 wurde eine Bronzescheibe mit einem Durchmesser von 170 mm und einer Stärke von 5 mm gefunden. Auf der Außenfläche der Bronzescheibe wurden 61 Türkise eingelegt. In der Mitte bilden die Türkise zwei konzentrische Kreise aus jeweils 13 Kreuzen (Abb.3.2). Neben Bronzeblechen wurden auch Bronzewaffen mit Türkis verziert. Im Jahr 1975 wurden in Erlitou die bronzenen *Ge* und *Qi* gefunden. Die ehemaligen Türkiseinlagen der Waffen befanden sich verstreut um die Funde herum (AAICAW 1976, 260-261).

Türkiseinlage ist die früheste Dekorationsstechnik, die auf den Bronzen verwendet wurde. Diese Technik stammt von den voll entwickelten Jadebearbeitungstechniken aus der Jungsteinzeit Chinas ab und wurde während der gesamten Bronzezeit beibehalten. In der späten Shang-Dynastie wurden meistens Waffen mit Türkis verziert. Zahlreiche bronzene *Ge* aus dem bekannten Grab von Fuhao wurden mit Türkis eingelegt (AICAS 1981, 105-111)

(Abb.3.3). Im chinesischen Nationalmuseum wird ein Bronzegefäß *Lei* konserviert, das nur 108 mm hoch und mit Türkis eingelegt ist. Dieses ist aus der Shang-Dynastie und ist das bislang älteste Bronzegefäß, das Türkiseinlagen besitzt (Shi 1964, 48).

Aus der Westlichen Zhou-Dynastie und der Zeit der Frühlings- und Herbstannalen sind bisher nur wenige mit Türkis verzierte Bronzen bekannt. Zu verzeichnen sind zwei bronzene *Ge* aus Qishan Hejiacun in der Shaanxi Provinz (SXM und SXKK 1976, 34-36), ein Schwertgriff und ein Wagen mit Knöpfen aus Xichuan in der Henan Provinz (HNKI etc. 1991, 181), alle sind mit Türkisen verziert.

Die Türkiseinlagetechnik entwickelte sich in der Zeit der Streitenden Reiche, sie wurde nicht nur auf kleinen Waffen, sondern auch bei den größeren Bronzegefäßen verwendet. Der Riemenhaken aus Liulige in der Henan Provinz von 210 mm Länge, besitzt ebenfalls Einlagendekor aus Türkisen (Guo 1959, 49). Das Bronzegefäß *Zun* mit der Gestalt eines Fabeltieres dekoriert, welches im Grab des Zhongshan Königs gefunden wurde, ist mit Türkis und Silberfäden verziert (HBKK 1979, 12). Daneben wurden in dieser Zeit aber auch andere Nichtmetalle wie Jade, Glas, Karneol usw. bei den Einlagetechniken verwendet (Ye 1983, 86). Nach Shis Ansicht wurden bei der Türkiseinlagetechnik erst Vertiefungen in die Bronzen gegossen und dann passende Türkise angefertigt, die in die Bronzen eingeklebt wurden (Shi 1955). Herausgefallene Türkise wiesen noch Reste von pflanzlichen Klebstoffen (u.a. Tungöl) auf, die mit der Zeit wirkungslos geworden waren (Ye 1983, 86).

### **3.1.2. Kupfereinlagen**

Kupfereinlage ist als die früheste Metalleinlage in China bekannt. Kupfer hat einen roten Glanz und ist vergleichsweise leicht zu bearbeiten dank seiner guten Duktilität und relativ niedrigen Mohshärte. Kupfer wurde zu kleinen Stücken verarbeitet oder langen Bändern gehämmert und in die Bronzen eingelegt. Im Museum der Verbotenen Stadt in Beijing wird eine Bronzewaffe *Ge* konserviert. Diese wird aufgrund ihrer Form in die späte Shang-Dynastie datiert und war mit Kupfer eingelegt. Die Bronzewaffe *Yue*, die im Museum für asiatische Kunst in San Francisco USA aufbewahrt wird, wurde mit Kupferfäden als zoomorphe Maske verziert (Hua 1986, 114). Da es sich bei den beiden Bronzewaffen jedoch

um Erbstücke handelt, ist ihre Datierung in die Shang-Dynastie nicht gesichert. Es wäre deshalb wichtig, Funde aus gesicherten und absolut datierten archäologischen Kontexten zu haben.

Laut der bekannten Materialien aus archäologischen Ausgrabungen traten die mit Kupfer eingelegten Bronzen erst nach der mittleren Zeit der Frühlings- und Herbstannalen auf. Im Jahr 1911 wurden drei Bronzegefäße von Fengshu in Tengxian der Shandong Provinz gefunden; sie gehörten zur mittleren Zeit der Frühlings- und Herbstannalen und wurden mit Kupfer verziert. Bei den mit Kupfer eingelegten Verzierungen handelt es sich um zoomorphe Motive, welche auf beiden Seiten der Gefäße zu sehen sind. Das zeitgleiche Bronzegefäß *Hu* aus Huixian in der Henan Provinz zeigt Verzierungen von Vögeln und Elefanten am Hals sowie drei Kreise aus Drachen am Bauch des Gefäßes. Bei allen Verzierungen handelt es sich um Kupfereinlagen (Zhu 1995, 546).

Während der Zeit der Streitenden Reiche hat sich die Kupfereinlagetechnik in viele Reiche ausgebreitet und waren die Verzierungen der Kupfereinlagen wesentlich feiner geworden. Szenen von Fabeltieren, Kriegen, Jagden usw. traten auf und wurden populär. Beispiele sind Bronzegefäße aus den Gräbern von Marquis Zeng (HBM 1989, 238-239) und Cais (AKK und AHM 1956, 7-8). Die Kupfereinlagen auf zwei berühmten Bronzegefäßen *Jian* aus Shanbiaozhen in der Henan Provinz zeigen verschiedene Kriegsszenen. Sie werden in die frühe Zeit der Streitenden Reiche datiert (Guo 1959, 18) (Abb.3.4). Das Bronzegefäß *Hu* aus Fengxiang in der Shaanxi Provinz zeigt Jagdszenen und ein Bankett (Han und Cao 1981, 16).

Die Analyse der Bronzen ergab, dass die Kupfereinlage in den meisten Fällen folgendermaßen verarbeitet wurde: beim Bronzeguss wurden durch Aussparungen Hohlkehlen erreicht, in welche später die dünnen Kupferfäden eingelegt wurden. Anschließend wurde die Bronzeoberfläche poliert. Die Hohlkehle ist so angelegt, dass sie nach unten hin weiter und nach oben hin enger wird, wodurch das Kupfer in der Kehle gehalten wird.

Aber die oben erwähnte Verarbeitung ist nicht die einzige Kupfereinlagemethode. Im Jahr 1980 hatten die Metallurgen einige mit Kupfereinlagen verzierte Bronzen aus dem Grab von Marquis Zeng untersucht. Die metallographischen Analysen sowie Experimente zeigten, dass Kupferverzierungen separat gegossen wurden. Diese wurden dann mithilfe eines dünnen

Steges mit dem Gusskern verbunden. Die gesamte Gussform wurde auf 300 °C erhitzt und die Bronze in den Hohlraum zwischen Außen- und Innenseite gegossen, wodurch die Verzierungen nach Zerschlagen der Keramikgussformen endgültig mit der Bronzeform befestigt waren (Hua 1986, 145-148).

### 3.1.3. Gold- und Silbereinlagen

Die Goldeinlagetechnik entwickelte sich in der späteren Zeit der Frühlings- und Herbstannalen, in Form von Gold eingelegten Inschriften auf Bronzen. Die früheste bisher bekannte, mit Gold eingelegte Bronze ist das Bronzegefäß *Fou* von Luanshu mit insgesamt 40 Zeichen auf der Oberfläche. Alle Zeichen wurden mit dünnen Goldfäden eingelegt (Rong und Zhang 1984, 61) (Abb.3.5). Gewöhnlich wurden die mit Gold eingelegten Inschriften auf Bronzewaffen eingesetzt, in den meisten Fällen aber nur einige Zeichen, um die Besitzer zu bezeichnen, wie z. B. das bronzene *Ge* des Chu Königs Sunyu (Shi 1963, 46-47) und des Wu Königs Zhiyu (Zhang 1962, 35-36).

In der Zeit der Streitenden Reiche hat sich die Goldeinlagetechnik in viele Reiche weiter verbreitet wie die mit Gold eingelegten Bronzen, die in vielen verschiedenen Regionen ausgegraben wurden, zeigen. Goldeinlagen wurden in dieser Zeit aber nicht nur als Inschriften auf Bronzegefäßen und Bronzewaffen verwendet, sondern auch als Verzierungen auf zahlreichen weiteren Bronzegegenständen wie Bronzespiegeln, Riemenhaken, Stempeln, Instrumenten usw.

Im Jahr 1965 wurden in einem Grab der frühen Zeit der Streitenden Reiche in Changzhi der Shanxi Provinz die Bronzegefäße *Dou* und *He* ausgegraben, welche gänzlich mit Goldeinlagen verziert sind (Bian 1972, 39) (Abb.3.6).

Das Silber trat in China erst relativ spät auf und wurde zu Beginn als Einlage auf Bronzen verwendet. Die mit Silber eingelegten Bronzen aus Zhongzhou in Luoyang der Henan Provinz, gehörten zu frühen Zeit der Streitenden Reiche (LYM 1974, 172-177). In der mittleren Zeit der Streitenden Reiche wurden Gold- und Silbereinlagen oft gemeinsam auf Bronze eingesetzt. Der bedeutende Fund aus dem Grab des Zhongshan Königs Cuo bestand aus prunkvollen Bronzen, die mit Gold und Silber eingelegt waren (HBKK 1979, 1-13).

Weiterhin bedeutsam ist der Sockel eines Wandschirmes in Gestalt eines Tigers, der ein Reh verspeist sowie ein Rind aus Bronze (Abb.3.7). Fünf Handelsdokumente aus Bronze von Marquis Ejun Qi aus Shouxian in der Anhui Provinz hatte 317 goldeingelegte Inschriften, sie wiesen die ausgezeichnete Goldeinlagetechnik der späten Zeit der Streitenden Reiche auf (Abb.3.8).

Bei der Gold- und Silbereinlagetechnik wurden für gewöhnlich Gold- und Silberfäden sowie Scheibchen verwendet. Eventuell entwickelte sie sich aus der Kupfereinlagetechnik. Man geht von folgenden Schritten aus:

- i. Die Verzierungen auf den Bronzen wurden gegossen. In Houma, Shanxi Provinz, wurden die Erdgussformen, mit denen die Verzierungen gegossen wurden ausgegraben (HMAK 1962, 58-60). Um besonders feine Verzierungsfäden einlegen zu können, wurden schmale Vertiefungen in die Oberflächen der Bronzen gemeißelt, wie Meißelspuren auf den Oberflächen belegen.
- ii. Diese waren ähnlich wie bei den Hohlkehlen für die Kupfereinlagen nach unten hin weiter und nach oben hin enger angelegt, hatten aber zusätzlich noch einen aufgerauten Boden, wodurch die Gold- und Silbereinlagen einen besseren Halt bekamen.
- iii. Die Gold- und Silberfäden sowie Scheibchen wurden in die Auskehlungen geschlagen. Sehr feine Einlagen wurden nicht eingeschlagen, sondern mit einem Achatstein in die Auskehlungen gepresst. Anschließend wurde die Oberfläche geschliffen.
- iv. Zuerst wurde die Oberfläche mit einem Polierstein und dann mit Holzkohle und Leder glänzend poliert.

In der Westlichen Han-Dynastie waren Gold- und Silbereinlage immer noch populär. Allerdings änderten sich die Motive und Verzierungen gemäß ihrer Mythen und ihres Alltagslebens.

### 3.2. Vergolden

Seit der Antike ist Gold hoch geschätzt. Es hat eine glänzende gelbe Farbe und ist eines der korrosionsbeständigsten Metalle. Aber in reiner Form ist Gold sehr teuer und zugleich auch sehr weich, weshalb es als Grundwerkstoff für Alltagsgegenstände nicht geeignet ist. Gegenstände mit einer Goldschicht zu überziehen ist daher eine gute und wirtschaftliche Lösung und die Gegenstände erscheinen trotzdem wie aus echtem Gold gefertigt. Dank der guten Duktilität des Golds kann ein Gramm Gold bei der üblichen Stärke von 100 Nanometern eine Fläche von cirka einem halben Quadratmeter abdecken.

Bereits im Altertum Chinas wurden Blattgold und Goldfolie hergestellt und damit Gegenstände umhüllt oder beklebt.

Spätestens seit der mittleren Shang-Dynastie stellten die alte Chinesen schon Blattgold her. Das bisher früheste blattvergoldete Gefäß wurde in Gaocheng Taixi der Hebei Provinz gefunden, eine Fundstätte der mittleren Shang-Dynastie (HBKI 1985, 145). In Yinxu, der Hauptstadt der späten Shang-Dynastie wurde eine Goldfolie entdeckt, die nur 10 Mikrometer dünn ist. Die metallurgische Untersuchung wies gleichachsige Kristalle mit geraden Kristallgrenzen auf, was bedeutet, dass diese Goldfolie gehämmert und geglüht wurde (Gao 1980, 125).

In der Westlichen Zhou-Dynastie wurden sowohl Blattgold als auch vergoldete Gegenstände ausgegraben. In Xunxian Xincun, Fundplatz der Henan Provinz wurden z. B. zwei vergoldete Bronzen in Gestalt von Tierköpfen gefunden (Guo 1964, 62).

In der Zeit der Frühlings- und Herbstannalen sowie der Zeit der Streitenden Reiche wurde vergoldete Bronze dann häufiger. Zu nennen wären u. a. die über tausend Stücke vergoldeter Bronzen in Muschelform aus Liulige in der Henan Provinz (Guo 1959, 37), der Zaumschmuck aus dem Grab des Marquis Cais in Shouxian, Anhui Provinz (AHKK 1956, 13), die Knöpfe aus Linzi Langjiazhuang in der Shandong Provinz (SDM 1977, 78) und Beixinpu in der Hebei Provinz (HBKA 1966, 242), die Verzierungen des Sattelzeuges aus dem Grab des Marquis Zengs in Suixian, Hubei Provinz (145 Stücke) (HBM 1989, 328), das vergoldete Bauteil eines Wagens aus Shanxian der Henan Provinz (HSAA 1958) und einiges mehr.

Das Versilbern von Bronzen beruht auf dem gleichen Verfahren wie der Vergoldung. Die Gegenstände wurden mit Silberfolie umhüllt oder beklebt. Dieses Verfahren tritt jedoch vergleichsweise selten und erst ab der Zeit der Streitenden Reiche auf. In Guweicun, Henan Provinz wurden ein versilberter Ring sowie ein Knopf ausgegraben (AICAW 1956, 103). Nach Chen's Meinung sei die Ursache für den Mangel versilberter Bronzen die Seltenheit von Silberminen in China (Chen 1981).

Bei fast allen vergoldeten oder versilberten Bronzen, die oben erwähnt wurden, handelt es sich nur um kleine Artefakte. Dies zeigt vermutlich einerseits, dass Gold und Silber damals kostbar waren, andererseits, dass es technische Schwierigkeiten gab, große Artefakte zu vergolden und versilbern.

Nach der mittleren Zeit der Streitenden Reiche trat vergoldete Bronze dann immer seltener auf, allmählich trat die fortgeschrittene Feuervergoldungstechnik an die Stelle von einfachem Blattgold und Goldfolienvergoldung.

### **3.3. Feuervergoldung**

Die Feuervergoldung ist eine alte Metallvergoldungstechnik in China und wird noch bis heute angewendet, vor allem im Restaurierungsbereich in Museen und auf dem Kunstmarkt. Bei der Feuervergoldung wird ein Goldamalgam hergestellt. Ein Goldamalgam ist eine Mischung aus Gold und Quecksilber. Gold ist in Quecksilber löslich, wodurch das Goldamalgam eine teigartige Masse wird. Bei der Feuervergoldung wird das Goldamalgam auf die Gegenstände, vorzugsweise auf die Bronzen aufgestrichen, welche dann zum Glühen gebracht werden, sodass das Quecksilber verdampft und die Goldschicht auf den Gegenständen übrig bleibt.

Die erste bekannte Erwähnung von Goldamalgam in China findet sich in dem Buch: *Zhouyi Cantongqi* von Weiboyang, der in der Östlichen Han-Dynastie lebte. Aber die feuervergoldete Bronzen tauchten schon seit der Zeit der Streitenden Reiche auf. Die frühen feuervergoldeten Bronzen sind üblicherweise kleine Stücke, u. a. Schmuckstücke, Riemenhaken und Bestandteile von Kutschen. Diese wurden in vielen Provinzen wie Anhui, Henan, Hubei, Hunan, Shanxi, Shandong und Zhejiang entdeckt. Zwei feuervergoldete Bronzeknöpfe aus

einem Grab in Qufu, Shandong Provinz wurden in die frühe Zeit der Streitenden Reiche datiert (SDAI 1982). Die bronzenen Sattelzeuge aus Luoyang in der Henan Provinz waren sowohl feuervergoldet als auch feuerversilbert (LYM 1974, 176), diese sind die frühesten feuerversilberten Gegenstände, welche bisher entdeckt wurden. Spätestens in der Westlichen Han-Dynastie blühte die Technik der Feuervergoldung auf. Zahlreiche feuervergoldete Bronzen wurden hergestellt, einschließlich größerer Bronzegegenstände. Das Grab von König Liusheng der Westlichen Han-Dynastie in Mancheng, Hebei Provinz, ist eine typische Fundstätte, in der viele feuervergoldete Bronzen entdeckt wurden. Die bekannte feuervergoldete bronzene Laterne aus dem Changxin Palast glänzt sogar heute noch (AICAS 1980, 255-261) (Abb.3.9).

Laut den Untersuchungen der traditionellen Feuervergoldungstechniken und den Experimenten war der Ablauf der Feuervergoldung auf Bronzen wie folgt (Shi 1973, 67; Wen 1958, 62-63; Zhao 1988, 52).

- i. Goldamalgam herstellen: die Goldfolie in ca. 1 Millimeter dünne Stücke schneiden und in einen Tiegel geben, den Tiegel auf 400°C erhitzen und etwa die siebenfache Menge Quecksilber dazugeben. Mit einem rauchfreien Holzkohlenstab rühren, bis das Gold völlig im Quecksilber gelöst ist. Dann die Lösung ins Wasser giessen, was eine weiße, teigartige Mischung ergibt, das sogenannte Goldamalgam.
- ii. Bronze reinigen: die Oberfläche der zu bearbeitenden Bronze reinigen und die Oxide auf der Oberfläche mit der Sauer-Pflaumenlösung entfernen, damit das Goldamalgam sich besser auf der Bronze hält.
- iii. Goldamalgam aufstreichen: das Ende eines Kupferstabes flach schlagen, diesen mit der Sauer-Pflaumenlösung reinigen und das bearbeitete Ende des Kupferstabes mit Quecksilber überziehen. Dies wird dann als Goldstab bezeichnet. Den Goldstab erst in das Goldamalgam und dann in die gemischte Lösung aus Salz und Alaun tauchen. Damit dann wiederholt die Oberfläche der Bronze überstreichen bis die Oberfläche mit dem Goldamalgam ganzflächig überzogen ist. Anschließend wird die Oberfläche mit einem Pinsel glatt gestrichen und dabei zugleich die Goldamalgamschicht an die Bronze gedrückt.
- iv. Quecksilber verdampfen: die Bronze wird auf einem Kohleofen erhitzt. Sobald weißer

Dampf kommt, das Feuer abstellen und die Oberfläche der Bronze mit einem Pinsel festklopfen bis die Temperatur geringer wird. Danach wird die Bronze wieder erhitzt. Dieser Arbeitsgang wird drei- bis viermal wiederholt, damit das Quecksilber verdampft und die Farbe der Goldamalgamschicht allmählich von silber- zu goldfarben wechselt.

- v. Bronze ausspülen: die Bronze mit der Sauer-Pflaumenlösung und der Aprikosenlösung nacheinander spülen, dann mit einem Pinsel und einer Gleditschienlösung (alkalisch) schrubben und dadurch die Oberfläche sauber und glatt machen.
- vi. Farbe vergleichen: wegen der unterschiedlichen Stärke der aufgetragenen Goldamalgamschicht und der schwankenden Intensität beim Erhitzen reicht die Farbe der Bronze von hellem bis zu dunklem Gelb. Der erwünschte gelbe Farbton wird ausgewählt und die Bronze teilweise wiederum mit Goldamalgam bestrichen und erhitzt, bis die Bronze schließlich vollständig einfarbig ist.
- vii. Polieren: mit einem Polierstein aus Achat lässt sich die Oberfläche glätten und zum Glänzen bringen.

Dieser Arbeitsgang sollte drei- bis siebenmal wiederholt werden, wodurch die Goldschicht haltbar und rostfrei wird.

Die Technik des Feuerversilberns entspricht der Feuervergoldung, aber die Mengenverhältnisse der Zutaten unterscheiden sich, so sollte der Anteil des Quecksilbers verdoppelt werden, um Silberamalgam herzustellen. Werden Feuervergoldung und Feuerversilbern beide auf einem Gegenstand angewendet, wird zuerst feuervergoldet und dann feuerversilbert (Zhao 1988, 52).

Es ist manchmal schwer zu entscheiden, ob eine Bronze feuervergoldet oder mit Goldfolie vergoldet wurde. Der Nachweis für Feuervergoldung ist, wenn es Überreste von Quecksilber auf der Oberfläche der Bronzen gibt. Wu hat 16 feuervergoldete Bronzen aus der Westlichen Han-Dynastie bis Qing-Dynastie mit der qualitativen Spektralanalyse untersucht und fand bei allen Stücken Spuren von Quecksilber (Wu 1981).



Abb.3.1. Bronzeblech mit Türkis verzierten  
Taotie Motiv (AICAS 1999).

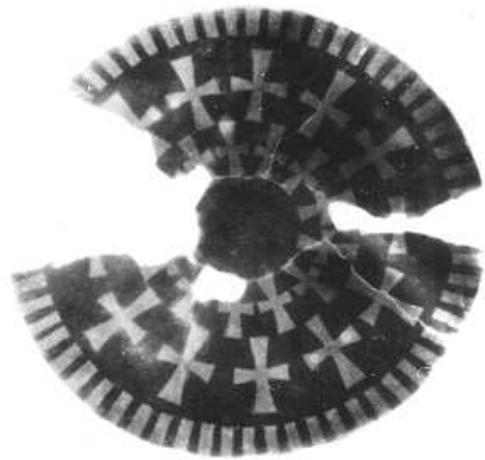


Abb.3.2. Röntgenbild der Bronzescheibe  
aus Erlitou (AICAS 1999).

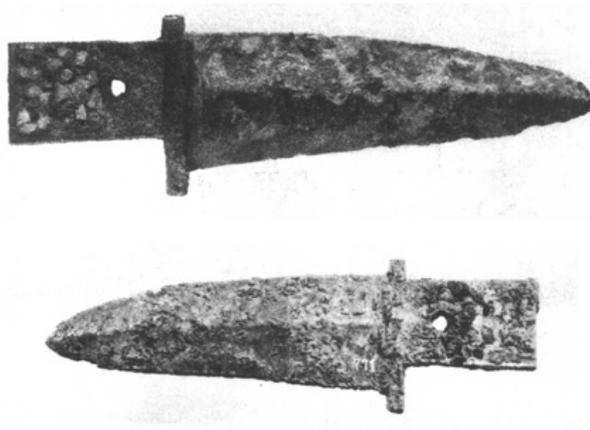


Abb. 3.3. Bronzen Ge von Fuhaos Grab, mit Türkis verziert.  
(AICAS 1981)

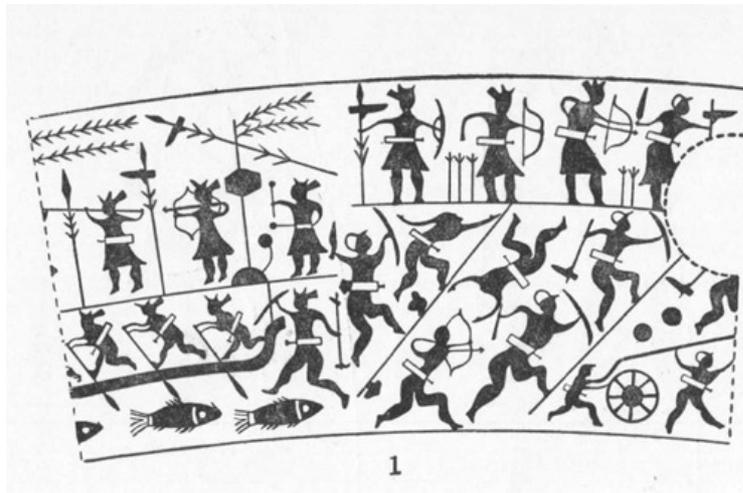


Abb.3.4. Bronzegefäß *Jian* aus Shanbiaozhen (unten: die Kupfereingelegten Verzierungen auf dem Bronzegefäß *Jian* stellten Szenen von Krieg dar)(Guo 1959).



Abb.3.5. Bronzegefäß Fou von Luanshu.  
(Rong und Zhang 1984)

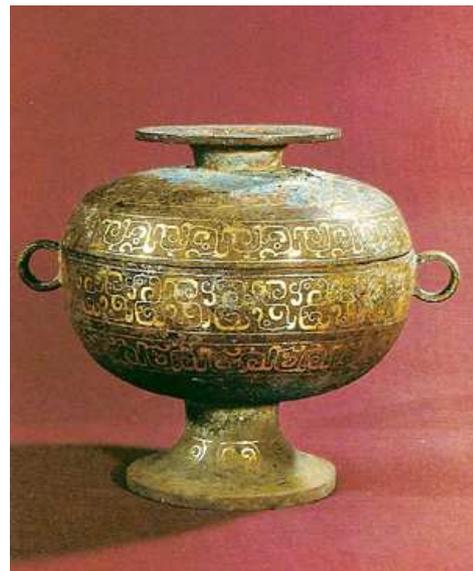


Abb.3.6. Goldeingelegtes Bronzegefäß Dou aus Changzhi, Shanxi Provinz (Bian 1972).

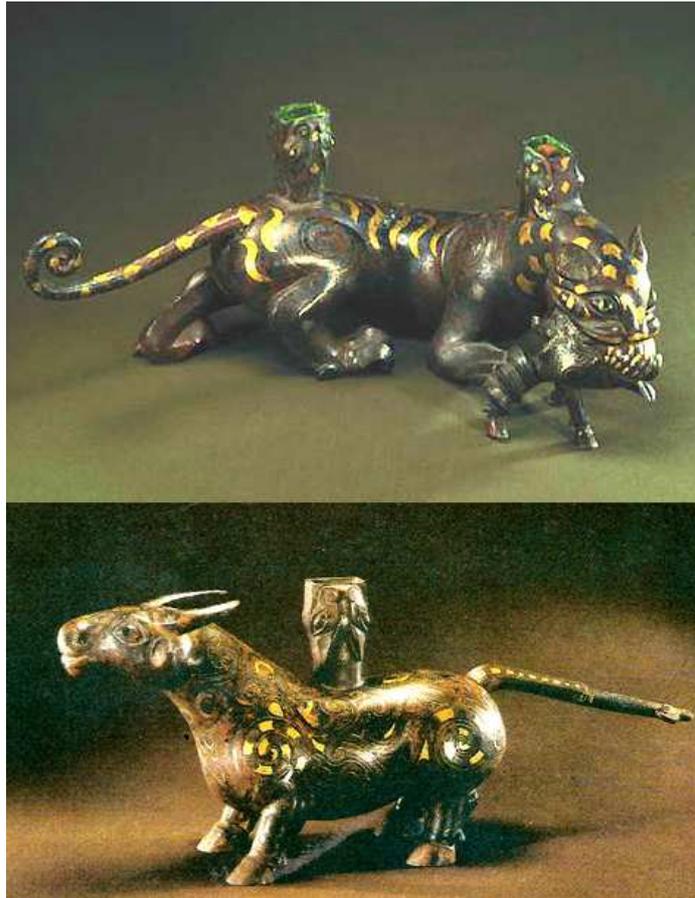


Abb.3.7. Bronzefigur: Tiger und Rind mit Gold und Silber eingelegt (HBKK 1979).



Abb.3.8. Bronzener Passierschein von Marquis Ejun Qi aus Shouxian (Hua 1999).



Abb.3.9. Bronzene Laterne des Changxin Palasts, westliche Han-Dynastie (AICAS 1980).

## 4. Kopie und Fälschung der chinesischen antiken Bronzen

### 4.1 Kopien antiker chinesischer Bronzen

Kopie ist verschieden von Fälschung, welches Ziel die authentischen Bronzen exakt nachzuahmen und davon zu profitieren ist. Es gibt verschiedene Gründe, daraus die antiken Bronzen zu Kopieren, am allermeisten aus der Liebe zu den antiken Kulturen.

Die Kopie der antiken Bronzen hat eine lange Tradition in China und wurde früher normalerweise nach dem Bedarf der zentralen Regierung gemacht. Früher wurden die Entdeckungen der antiken Bronzen aus der Bronzezeit von den späteren Herrschern als Symbol der Glückseligkeit erachtet. Schon seit der Song Dynastie (960-1279 AD) hat der Herrscher die im Palast aufbewahrten bronzezeitlichen Bronzen kopieren lassen, um das *Etikettensystem* der Bronzezeit, welches von Konfuzius (551- 479 v.Chr.) hoch geschätzt wird, wieder aufzunehmen. In den folgenden Dynastien wie der Yuan Dynastie (1279-1368 AD), Ming Dynastie (1368-1644 AD) und Qing Dynastie (1644-1911 AD) werden ebenfalls viele Bronzen aus ähnlichem Grund kopiert. Auch manche reiche Aristokraten ließen aus eigenen Interessen antike Bronzen kopieren. Daunter ist König von Lu aus der Ming Dynastie hervor zu heben, der viele Bronzen kopieren ließ. Viele dieser Bronzen sind bis heute noch in verschiedenen Museen aufbewahrt. Heutzutage werden Kopien von antiken Bronzen als beliebte Kulturträger und Schmuckwaren weiter hergestellt.

Aufgrund verschiedener Merkmale lassen sich kopierte Bronzen recht einfach von authentischen Bronzen unterscheiden. So tragen kopierte Bronzen häufig Schriftzeichen, welche sie als Kopien ausweisen. Kopien, die nach dem Bedarf der zentralen Regierung hergestellt wurden, tragen normalerweise den Äranamen des damaligen Kaisers. Manche Bronzen tragen auch die Namen der Hersteller und/oder Herstellungsorte. Oben wurde König Lu erwähnt, dessen Bronzen die Schriftzeichen „hergestellt in Lu“ und zugleich sogar die Seriennummer tragen (Zhu 1995, 573). Moderne Kopien weisen noch konkretere Angaben auf, damit man sie nicht mit authentischen Bronzen verwechselt.

Auch wenn es auf den Bronzen keine Schriftzeichen gegeben hat, kann man die Kopien mit

Grundkenntnissen zu antiken Bronzen leicht erkennen. Oft werden Kopien zudem nicht exakt nachgeahmt, variiert die Form, die Verzierung, die Schriftzeichen oder werden diese sogar erfunden, um sie dem Geschmack der jeweiligen Zeit anzupassen.

Von der Song bis zur Qing Dynastie haben Bronzekopien jeder Dynastie ihre eigenen Merkmale.

In der Song Dynastie werden die authentischen bronzezeitlichen Bronzen als Vorlage verwendet, sogar das bronzezeitliche Gießverfahren wird eingeführt, weshalb die Kopien fast wie die authentischen Bronzen aussehen. Die Spuren der Gussformen und die Unterlegsscheiben, welche die typischen Merkmale der bronzezeitlichen Bronzen sind, sind bemerkbar (Cheng etc. 1989, 37). Nur sind die Kopien vergleichsweise etwas grob und steif, zugleich unvermeidbar ist der Mangel an den Seelen der authentischen Bronzen. Viele verschiedenen Arten von Bronzen wurden in der Song Dynastie hergestellt, einschließlich *Ding, Gui, Zun, Gu, Jue, Dou, Hu, You, Yi, Lei, Bu* usw. Die Oberflächenverzierungstechniken wie Türkiseinlagen, Gold- und Silbereinlagen und Feuervergoldung werden auf vielen Bronzen verwendet (Du 1990, 59).

Die Yuan Dynastie ist mit knapp einhundert Jahren relativ kurz, während denen es viele Kriege gab. Die Kopien der Bronzen aus dieser Zeit sind entweder von der Qualität oder von der Quantität her nicht mit denen aus der Song Dynastie vergleichbar. Ihre Qualität ist relativ gering. Obwohl sie die bronzezeitlichen Bronzen nachmachen, werden manche Stellen und Verzierungen nach dem eigenen Stil der Yuan Dynastie verändert. Die Kopien werden normalerweise als Sakralgefäße in den Tempeln verwendet (Wang 1996, 51). Falls es Schriftzeichen gibt, werden sie üblicherweise in Regelschrift geschrieben (Cheng etc. 1989, 38). Aus der Yuan Dynastie liegen bis heute nur wenig Funde von Kopien vor.

Aus der Ming Dynastie liegen wieder zahlreiche Bronzekopien vor. Die meisten Bronzen werden sandgegossen (Wang 1996, 51) und die Spuren der Gussformen weg geschliffen. Besonders während der Periode der *Xuande* werden nach dem Befehl des Kaisers tausende von Bronzen kopiert. Diese sind gut bearbeitet, für die u.a. die Art des so genannten *Xuandelus* (die Herde aus *Xuande* Periode) hoch geschätzt wurde und deshalb auch in der folgenden Zeit noch ständig kopiert wurden. Authentische *Xuandelu* sind heutzutage sehr selten. Fast alle *Xuandelu*, die man zurzeit auf dem Kunstmarkt finden kann, sind

Fälschungen aus verschiedenen Zeiten.

Neue Formen wie *Guanergu*, *Chujizun* und *Changtongzhi*, die auf typischen Formen antiker Bronzen basieren und denen neue Elemente hinzugefügt wurden, kommen auch in der Ming Dynastie vor.

In der Qing Dynastie wurden die verschiedenen Teile der Bronzen separat gegossen und dann zusammen gelötet. Deswegen findet man auf den Kopien der Qing Dynastie oft die Spuren von Lötung (Cheng etc. 1989, 39). Vielen Kopien werden außerdem zusätzliche Verzierungen, die nicht zu den bronzzeitlichen Bronzen gehörten, hinzugefügt. *Baihuanzun*, *Tianjizun*, *Fangkougu* usw. sind die neuen Formen der Kopien aus der Qing Dynastie (Du 1990, 60).

Auf die Qing Dynastie folgt die Zeit der Republik China (1912- 1949 AD), damals kamen viele Ausländer nach China, die ein zunehmendes Interesse an den chinesischen Bronzen bekamen. Sie kauften viele antike Bronzen und schickten sie in ihre Heimatländer, wodurch diese Objekte immer beliebter wurden. Gleichzeitig wurde der Preis der Bronze in China selbst sehr teuer. Die Anzahl der Antiquitätenläden nahm zu diesem Zeitpunkt wesentlich zu und viele Werkstätten in ganz China fertigten massenhaft Kopien und Fälschungen von antiken Bronzen an, wovon Fälschungen am häufigsten sind.

Die Fälschungen der antiken Bronzen werden im Folgenden Abschnitten behandelt.

## **4.2. Die Fälschungen der chinesischen antiken Bronzen**

Heutzutage sind Fälschungstechniken um antike Funde nachzuahmen in China hoch entwickelt wie noch nie zuvor. Dafür werden moderne Techniken und chemische Methoden verwendet, besonders im Bereich der Bronzenfälschung. Manche Fälschungen sind so gut, dass sogar Experten verwirrt sind. Es reicht nicht mehr, nur vom Aussehen eine Fälschung zu erkennen, deswegen ist die Tendenz, dass Geisteswissenschaftler, wie Archäologen, aber auch Künstler und Naturwissenschaftler zusammenarbeiten und damit verschiedene Untersuchungen durchführen können. Ein gutes Beispiel ist das Symposium, das im Februar im Jahr 2007 in Bochum veranstaltet wurde. Das Thema des Symposiums war „Alters- und

Authentizitätsbestimmung von Werken alter Kunst aus Afrika und Asien (Bronzen und Terrakotta)“. Experten aus unterschiedlichen Arbeitsbereichen, wie z.B. der Ethnologie, Kunstgeschichte, Archäometrie, Physik oder Chemie, haben miteinander kommuniziert und diskutiert, darunter auch viele über die Fälschungen der chinesischen Bronzen. Die Publikation zu diesem Symposium erschien 2008.

Um Fälschungen chinesischer Bronzen besser zu erkennen, muss man die Geschichte der Fälschung der chinesischen Bronzen in China verstehen.

Ebenso wie die Kopie hat auch die Fälschung der antiken Bronzen eine lange Geschichte in China. Untersuchungen zu antiken Bronzen hatten eine Blüte bereits in der Song Dynastie. Zu dieser Zeit werden antike Bronze von reichen Gelehrten und Beamten gesucht und gesammelt, weshalb der Preis der Bronze höher wird. Aus diesem Grund kommen viele Fälschungen von Bronzen schon in der Song Dynastie vor und werden auch danach immer wieder von verschiedenen Dynastien hergestellt. Durch die Kopie von Bronzen, die nach dem Bedarf der Zentralen Regierung gemacht wurden, konnten viele Handwerker Erfahrungen sammeln. Dies ist der Grund dafür, dass Fälschungen manchmal ähnliche Merkmale wie die Kopie der gleichen Dynastie aufweisen.

Ab der Mitte der Qing Dynastie steht dann die Epigraphik in Blüte, weshalb Bronzen mit Inschriften besonders beliebt werden und gesucht sind. Der Preis von Bronze mit Inschriften ist wesentlich höher als ohne Inschriften und gleichzeitig nimmt das Niveau der Authentizitätsbestimmung zu. Fälschungen von geringer Qualität werden leicht erkannt. Daher fügen Fälscher den authentischen Bronzen dann oftmals gefälschte Inschriften hinzu (Li 1988, 51). Nach der Qing Dynastie ist ganz China dann im Chaos, viele Bronzen sind ausgegraben und zunehmend von Sammlern und Händlern begehrt, auch die überseeischen Märkte sind geöffnet. Fälschungen sind deshalb weitverbreitet. Shanghai, Beijing, Suzhou, Xi'an und Weixian etc. sind die Herstellungszentren der Bronzenfälschungen. Die Fachmänner sammeln sich in diesen Zentren und produzieren viele Fälschungen von hoher Qualität, die als authentische Bronzen verkauft werden. Die Fälschungen sind sehr weitverbreitet und viele befinden sich in ausländischen Museen. Deshalb ist die  $^{210}\text{Pb}$  Untersuchung, welche nachweisen kann, ob der Gegenstand in den letzten hundert Jahren hergestellt wurde, zum Erkennen von Fälschungen sehr geeignet. Diese Methode wird

ausführlich im Folgenden Kapitel diskutiert werden.

#### **4.2.1. Verschiedene Arten von der Fälschung der Bronzen**

Es gibt viele verschiedenen Arten von gefälschten Bronzen. Im Allgemeinen sind sie entweder nur teilweise gefälscht oder komplett gefälscht, sie werden ausführlich im Folgenden dargestellt.

##### **4.2.1.1. Teilweise gefälschte Bronzen**

Folgende Arten der Fälschung können unterschieden werden.

###### a) Restaurierungen

Die Restaurierung von Bronzen kann eigentlich nicht als Fälschung betrachtet werden, sie ist auch eine der alltäglichen Arbeiten von Museen. Aber manche Fälscher verkaufen die restaurierten Stücke als authentische Bronzen, ohne darüber Auskünfte zu geben. Hierbei spielt der Anteil der Restaurierung eine wichtige Rolle. In Museen werden normalerweise Bronzen mit nur relativ kleinen Beschädigungen restauriert. Bei manchen Fälschern ist jedoch das Gegenteil der Fall. Teilweise werden sogar vollständige Bronzefunde in zwei oder mehrere Stücke aufgeteilt, repariert und anschließend als separate Einzelstücke verkauft.

###### b) Ergänzte und zusammengesetzte Objekte

Nach über tausend Jahren Geschichte fehlen manchen Bronzen einige Teilen wie Füße, Ohren oder Deckel usw. Die Fälscher nehmen fehlende Teile von anderen beschädigten Bronzen und passen sie den zu bearbeitenden Bronzen an (Gao 1988, 521). Wenn diese aus derselben Dynastien stammen und einen ähnlichen Stil aufweisen, sind Fälschungen besonders schwer zu erkennen. Es gibt aber auch Objekte, die aus Funden von verschiedenen Dynastien zusammengesetzt wurden, hier muss man aufpassen, die verschiedenen Teile aus der jeweiligen Dynastie zu erkennen.

Auch kleine Bruchstücke von verschiedenen Bronzen werden von Fälschern verwendet. Sie

setzen diese zusammen, um neue Objekte zu schaffen. Normalerweise sind diese dann nach den eigenen Vorstellungen der Fälschern gemacht, daher sind sie nicht im Einklang mit den Formen der authentischen Bronzen und relativ leicht zu erkennen.

#### c) Erweiterte Objekte

Um ein prukvolles Aussehen der Bronzen zu erreichen, fügen Fälscher oftmals auch zusätzliche Teile wie Füße, Deckel, Griffe usw. hinzu. Hiervon besonders betroffen sind normalerweise Bronzen, die ursprünglich einfache Formen haben. Weil die neuen Objekte nicht den Formen der authentischen Bronzen entsprechen, sondern erfunden sind, sind sie mit Grundkenntnissen der Bronzen zu identifizieren.

#### d) Verzierungen hinzufügen

Für das Hinzufügen von Verzierungen gibt es zwei Möglichkeiten. Eine besteht darin, ursprünglich unverzierte Bronzen Verzierungen hinzuzufügen. Bei der anderen Möglichkeit werden bereits vorhandenen Verzierungen noch weitere hinzugefügt. Diesbezüglich kommen auch Türkiseinlagen, Gold- und Silbereinlagen usw. vor, die Bronzen hinzugefügt werden. Wenn die Verzierungen nicht genau nachgemacht werden oder aus unterschiedlichen Dynastien stammen oder sogar erfunden sind, dann sind dies wichtige Hinweise um Fälschungen zu erkennen.

#### e) Inschriften hinzufügen

Ähnlich wie beim Hinzufügen von Verzierungen gibt es auch beim Hinzufügen von Inschriften zwei Möglichkeiten. Entweder hatten die Bronzen vorher keine Inschrift oder nur wenige, oder diesen werden dann weitere Inschriften hinzugefügt. Bronzen mit Inschriften sind sehr begehrt. Je mehr Inschriften eine Bronze hat, desto teurer ist sie. Deshalb ist das Hinzufügen von Inschriften sehr populär. Bei den Inschriften handelt es sich um frühe chinesische Zeichen mit bestimmten Bedeutungen. Frühe Fälscher kannten für gewöhnlich nicht oder kaum die Bedeutung der Inschriften. Fügten sie den Bronzen Inschriften hinzu, führte dies zu verwirrenden Inhalten, was bei einer authentischen Bronze nicht möglich wäre. Manche der hinzugefügten Inschriften wurden aber auch sehr genau nach den authentischen

Inschriften nachgemacht. Allerdings mussten sie dann eingemeißelt werden. Da authentische Inschriften für gewöhnlich jedoch gegossen wurden, sind Fälschungen aufgrund der Meißelspuren gut zu erkennen. Um Meißelspuren zu vermeiden, begann man später chemische Erosion zu verwenden. Allerdings ist die Erosion schwer zu kontrollieren und hinterlässt ebenfalls Spuren, die durch sorgfältige Beobachtungen erkannt werden können. So sind z.B die Striche der Inschriften nach chemischer Erosion oft ungleichmäßig und unterbrochen. Außerdem hat jede Dynastie ihren eigenen Stil der Inschrift, was ebenfalls ein wichtiges Kriterium ist, um Fälschungen zu erkennen.

#### **4.2.1.2. Komplette Bronzefälschung**

Komplette Bronzefälschungen beziehen sich auf solche Bronzen, die von den Fälschern hergestellt und als authentische Bronzen verkauft werden. Es gibt zwei verschiedene Arten. Bei der einen wird das Modell von den Fälschern selbst gemacht und anschließend gegossen. Hierbei werden die Form des Modells sowie die Verzierungen normalerweise nach dem Stil der Originalbronzen nachgemacht. Manchmal wurden die Modelle aber auch nach den eigenen Vorstellungen der Fälscher entworfen, besonders früher als die Forschung der Bronzen noch nicht so entwickelt war. Deshalb sind alte Fälschungen relativ einfach zu erkennen. Von der Song Dynastie bis heute wurden die Modelle immer besser und genauer. Mit dem Ziel, die Originalbronzen so präzise wie möglich nachzuahmen verwendet man moderne Techniken wie hochwertige Fotografie. Dadurch sind heutige Modelle sehr gut und haben die gegossenen Bronzen das gleiche Aussehen wie die Originalbronzen. Das macht das Erkennen von Fälschungen schwerer.

Bei der anderen Art werden Form und Verzierung direkt von den Originalen kopiert. Für die Kopie wurde früher Mörtel und heutzutage Siliziumgummi verwendet. Mit Siliziumgummi kann man Form und Verzierungen perfekt von den authentischen Bronzen kopieren, lediglich ist die Kopie minimal kleiner als das Original (Zhong etc. 2005, 76).

Das Erkennen gegenwärtiger Fälschungen ist deshalb eine der größten Herausforderungen auf heutigen Kunstmärkten, in Museen und sogar für Experten.

Um eine hochwertige Fälschung zu erreichen, wird entweder wie oben erwähnt ein präzises

Modell gemacht oder eine direkte von originalen Bronzen kodierte Form gemacht. Die Fälschung wird dann normalerweise im Wachsschmelzverfahren gegossen. Heutige Fälscher sind so professionell, dass sie sogar die Spuren der Gusslinien sowie der Unterlegscheiben absichtlich nachmachen. Die gegossene Bronze wird geschliffen und poliert sowie alt gemacht, indem eine künstliche Korrosion auf der Bronze erzeugt wird. Von diesen Schritten hängen Qualität und Erfolg der Fälschung ab.

#### **4.2.2. Gefälschte Korrosionen**

Die Korrosion ist eines der wichtigsten Kriterien um Fälschungen zu erkennen, gleichzeitig ist sie am schwierigsten nachzuahmen bzw. zu erzeugen. Bronzen sind für tausende Jahre in der Erde begraben und in engem Kontakt mit umliegenden Materialien wie Erde, Wasser und anderen organischen und anorganischen Stoffen. Unter solchen Bedingungen weisen echte Korrosionen komplizierte Strukturen auf und bestehen aus verschiedenen Korrosionsschichten, die in tausenden Jahren nacheinander entstanden sind und eigene Eigenschaften besitzen. Echte Korrosionen sind recht hart und stark mit der Bronze verbunden. Mit dem Fingernagel sind sie nur schwer zu entfernen. Mit Messer oder Hammer dagegen kann man größere Stückchen abnehmen.

Chinesische Bronzen besitzen einige typische Korrosionen wie *Heiqigu* (schwarze Korrosion), *Lüqigu* (grüne Korrosion), *Shuiyinqin* (silberne Korrosion) und *Zaopihong* (rote Korrosion). Das Entstehen dieser verschiedenen Korrosionen hängt von den Bedingungen im Erdreich ab, weshalb diese gewöhnlich regionale Merkmale aufweisen. Bronzen aus der gleichen Region haben üblicherweise auch ähnliche Korrosionen.

Gefälschte Korrosionen sind in kurzer Zeit entstanden, deswegen sind sie weder von der Struktur noch von den Charakteristiken mit echten Korrosionen vergleichbar. Es gibt verschiedene Arten, um Korrosionen zu fälschen, die häufigsten Verfahren werden im Folgenden zusammengefasst:

a). Bemalte Korrosionen: die Farbstoffe und Mineralpulver werden mit Firnissen oder Klebstoffen auf die Bronzen gestrichen. Die bemalte Korrosionsschicht ist meistens dünn und kann leicht entfernt werden.

- b). Geschmolzene Korrosionen: die Mineralpulver von verschiedenen Farben werden auf die Bronzen geklebt und dann gebrannt, die geschmolzenen Pigmente bleiben an den Bronzen fest haften, nachdem die Temperatur gesunken ist.
- c). Chemische Korrosionen: die Bronzen werden von den korrosiven Chemikalien oder Substanzen wie Essig, Salz, Tierkot etc. umhüllt und in Erde eingegraben. Je länger die Bronzen in der Erde begraben sind, desto stärker sind die Korrosionen auf den Bronzen. Normalerweise werden die Bronzen für ein paar Jahren unterirdisch begraben.
- d). Transplantierte Korrosionen: Korrosionen werden von echten Bronzen genommen und an Fälschungen transplantiert.
- e). Elektrochemische Korrosionen: das elektrochemische Korrosionsverfahren wird heutzutage häufig verwendet, um künstliche Korrosionen herzustellen. Bei dem elektrochemischen Verfahren können verschiedenen Arten von Korrosionen relativ schnell (gewöhnlich innerhalb von wenigen Tagen) hergestellt werden.

Die oben erwähnten Verfahren können sowohl einzeln als auch zusammen auf derselben Bronze angewendet werden.

### **4.3. Verfahren der Authentizitätsbestimmung**

Das traditionelle Verfahren der Authentizitätsbestimmung ist die direkte Beobachtung der Bronzen mit dem bloßen Auge und hängt sehr von den persönlichen Erfahrungen ab. Dabei werden die Formen, Verzierungen, Korrosionen, Bedeutungen der Inschriften und technischen Details der Bronzen beobachtet und bewertet. Zugleich werden auch der Klang der Bronzen mit Ohren und der Geruch mit Nase begutachtet (Zhao, Song Dynastie). Heutzutage reicht aber die einfache Beobachtung oftmals nicht mehr aus. Mithilfe der modernen Technologien werden viele neuen Verfahren eingeführt, um eine Fälschung zu erkennen, mit denen verschiedene Aspekte der Bronzen untersucht werden können. Die Zusammensetzung der Bronzen und die Korrosionen werden analysiert, mithilfe von Mikroskopien werden die Mikrostrukturen der Bronzen untersucht und es werden Röntgenbilder von den Bronzen gemacht und die Radioisotope der Metalle analysiert. Die Verfahren entwickeln sich immer noch und gleichzeitig tauchen neue Verfahren auf, um die Fälschungen zu bekämpfen.

## 5. Archäometrische Untersuchungen der antiken Bronzen Chinas

### 5.1. Einleitung

In dieser Arbeit werden 20 chinesische Bronzen untersucht, die von Prof. Dr. Markus O. Speidel, Birmenstorf in der Schweiz, in Auftrag gegeben wurden. Die Bronzen werden betrachtet und beschrieben und mit verschiedenen archäometrischen Verfahren untersucht. Zunächst wurden fünf Bronzen empfangen, von denen Metall und Korrosion beprobt wurden und zusammen eine Labornummer bekamen. Später kamen weitere 11 Bronzen mit bereits existierenden Bezeichnungen dazu. Metall und Korrosion von den 11 Bronzen wurden ebenfalls beprobt, erhielten jedoch separate Labornummern. Schließlich wurden noch vier Objekte empfangen und beprobt. Die Objekte und die Labornummern sind in Tabelle 5.1 ausführlich dargestellt. Der Einfachheit halber werden im Folgenden die Objektnummern verwendet. Für eine Korrelation mit der Originalbezeichnung vergleiche Tabelle 5.1.

### 5.2. Beobachtungen und Beschreibungen der Objekte

Insgesamt zu verzeichnen sind: zwei Spiegel, 12 Deckel (vier davon sind Deckel von *Boshanlu*), eine bronzene Schildkröte, ein Dolch, zwei Kannen *Hu*, der Teil einer Lampe sowie das Bruchstück von einem *Zhan*.

Der Spiegel mit Objektnummer 1 (Abb.5.1) hat einen Durchmesser von 11,6 cm. Auf der Rückseite des Spiegels gibt es vier Arten von Verzierungen, die in vier konzentrischen Kreise angelegt sind. Von innen nach außen sind folgende Verzierungen zu finden: *Si Shen* (vier Spiritus), *Shier Shengxiao* (12 Tierzeichen), *Bagua* (acht Trigramme) und *Ershiba Xingxiu* (28 Konstellationen).

*Si Shen* sind die vier mythologischen Tiere in der chinesischen Konstellation, nämlich der azurblaue Drache, der weiße Tiger, der zinnrote Vogel und die schwarze Schildkröte und Schlange, die jeweils die vier Richtungen von Ost, West, Süd und Nord vertreten.

Objekt-Nr	Objekt	Originalbezeichnung	Probe-Nr
1	Spiegel, <i>Bagua</i>		MA-070379 (m, k)
2	runder kleiner Deckel, <i>Tilianghu</i>		MA-070380 (m, k)
3	durchbrochener Deckel, <i>Boshanlu</i>		MA-070381 (m, k)
4	runder Deckel mit Silbereinlagen, <i>Guanhu</i> ,		MA-070382 (m, k)
5	quadratischer Deckel mit Silbereinlagen, <i>Fanghu</i>		MA-070383 (m, k)
6	vergoldeter Deckel, <i>Boshanlu</i>	3	MA-081189 (m); MA-081190 (k)
7	Deckel mit Drachenkopf, <i>Boshanlu</i>	8	MA-081193 (m); MA-081194 (k)
8	vergoldeter Deckel, Fisch <i>Boshanlu</i>	10	MA-081191 (m); MA-081192 (k)
9	Schildkröte	11	MA-081186 (m); MA-081187 (k)
10	Deckel mit Gold- und Silbereinlagen, <i>Ding</i>	12	MA-081188 (m); MA-081528 (k)
11	Lampe	14	MA-081200 (m); MA-081201 (k)
12	Bruchstück, <i>Zhan</i>	29	MA-081204(m); MA-081527 (k)
13	durchbrochener Deckel mit Einlagen	D (33)	MA-081199 (m); MA-081529 (k)
14	runder Deckel, Topf	65	MA-081197(m); MA-081198 (k)
15	Flachdeckel, Topf	88	MA-081195 (m); MA-081196 (k)
16	Deckel mit Vogel, Topf	V	MA-081202 (m); MA-081203 (k)
17	kleiner Topf <i>Hu</i> mit Goldeinlage		MA-090270 (m,k)
18	großer Topf <i>Hu</i> mit Inschriften		MA-090271 (m,k)
19	Spiegel, Stern-Wolke		MA-090276 (m,k)
20	Dolch, <i>Ge</i>		MA-090282 (m,k)

m= Metall; k= Korrosion, die Originalbezeichnungen stammen von Herrn Speidel.

Tabelle 5.1: Liste der untersuchten Objekte mit Labornummern der Proben.

*Shier Shengxiao* sind die 12 Tierzeichen, die auch als 12 Erdzweige bezeichnet werden. In China sind die 12 Tiere ordnungsgemäß Ratte, Büffel, Tiger, Hase, Drache, Schlange, Pferd, Schaf, Affe, Hahn, Hund und Schwein. Wenn sie rechtsgängig orientiert sind, zeigt die Ratte Nord und das Pferd Süd.

*Bagua* sind die acht Symbole, welche aus drei durchgezogenen oder unterbrochenen Linien

bestehen. Die acht Symbole haben eigene Namen, Natur, Richtung und verschiedene Bedeutungen. Sie werden kurz in Tabelle 2 dargestellt. *Bagua* bildet die Grundlage des altchinesischen Buchs *I Ging* (Buch der Wandlungen). Im *I Ging* sind die verschiedenen Bedeutungen der acht Trigramme ausführlich beschrieben.

*Ershiba Xingxiu* sind die 28 Konstellationen in der altchinesischen Astronomie. Die Konstellationen formen einen Kreis und wurden in vier Gruppen geteilt, jede Gruppe repräsentiert eine Richtung und jede Konstellation wurde mit einem Tier bezeichnet.

Der Spiegel mit den *Si shen* und *Shier Shengxiao* Verzierungen ist populär in der Sui Dynastie (581-618 AD) und Tang Dynastie (618-907 AD), der mit *Bagua* Verzierungen ist populär in Tang und Song Dynastie (960-1279 AD). Es ist selten, dass die vier Verzierungen

von *Si Shen*, *Bagua*, *Shier Shengxiao* und *Ershiba Xingxiu* zugleich auf einem Spiegel dargestellt wurden wie hier der Spiegel mit der Objekt Nummer eins. Dieser Spiegel wurde typologisch gesehen sehr wahrscheinlich erst nach der Song Dynastie hergestellt.

Die Verzierungen auf dem Spiegel No.1 sind relativ grob gegossen und die Figuren sind nicht deutlich erkennbar. Den oben erwähnten Richtungen zufolge sind die *Si Shen* und *Bagua* übereinstimmend, aber mit dem *Shier Shengxiao* zeigt die Ratte hier nach Süden und das Pferd nach Norden, eigentlich sollte aber die Ratte nach Norden und das Pferd nach Süden zeigen.

Der Spiegel No.1 weist die sogenannte *Heiqigu* Korrosion auf, eine schwarze und glänzende Korrosionen auf der gesamten Oberfläche der Bronze, die aufgrund der langen Lagerung im Boden entsteht. Allerdings erscheinen sowohl Farbe als auch Glanz dieser *Heiqigu* Korrosion unnatürlich

Unter dem Mikroskop wurden moderne Fasern in den Rillen der Verzierungen des Spiegels gefunden, die mit der Korrosionen zusammengebunden waren (Abb.5.2).

Trigramm	Name	Natur	Richtung
	<i>qian</i>	Himmel	Nordwest
	<i>kun</i>	Erde	Südwest
	<i>zhen</i>	Donner	Ost
	<i>xun</i>	Wind	Südost
	<i>kan</i>	Wasser	Nord
	<i>li</i>	Feuer	Süd
	<i>gen</i>	Berg	Nordost
	<i>ze</i>	Sumpf	West

Tabelle 5.2: Der Name, die Natur und die Richtung der Acht Trigramme



Abb 5.1. Bagua Spiegel.



Abb.5.2. Fasern in den Rillen des Spiegels.

Die erwähnten Beobachtungen sprechen dafür, dass der Spiegel sehr wahrscheinlich eine Fälschung ist. Es wird nachgewiesen in den folgenden archäometrischen Untersuchungen.

Der Spiegel mit der Objekt Nummer 19 (Abb.5.3) hat einen Durchmesser von 11,2 cm. Typologisch gesehen ist der Spiegel typischer Stern-Wolke Spiegel aus der westlichen Han Dynastie. In der Mitte der Rückseite des Spiegels ist ein runder Knopf, umgeben von 24 kleine Knolle, die mit einigen Bogenlinien verbunden sind und die Sterne und Wolken präsentiert haben.



(a) Rückseite



(b) Vorderseite

Abb 5.3. Objekt 19: Stern-Wolken Spiegel.

Der Spiegel hat teilweise grüne Korrosionen auf der schwarzen Grundsubstanz. Auf der Frontalseite gibt es die Reste von Textilien auf den grüne Korrosionen, möglicherweise wurde der Spiegel früher vom Gewebe eingepackt. (Abb.5.4).



Abb.5.4. Textilreste auf dem Spiegel.

Die Bronzen mit den Objektnummern drei, sechs, sieben und acht sind Deckel von *Boshanlu*. *Boshanlu* ist ein Art von Räuchergefäß, welches sehr populär in der Han Dynastie ist. Der Deckel des *Boshanlus* ist kegelförmig und durchbrochen. Normalerweise hat der Deckel die Form von dem sagenhaften Berg *Boshan* im Wunderland im See, so hat das

*Boshanlu* seinen Namen bekommen. Es gibt auch andere Deckelformen des *Boshanlus*, z.B. in Gestalt von Tieren, Personen usw.



Abb.5.5. Durchbrochener Deckel, Boshanlu.

Der Deckel No.3 (Abb.5.5) ist rund und durchbrochen, mit einem Durchmesser von 6.6 cm. Auf der Innenseite des Deckels gibt es einen Riss, der durch einen seitlichen Stoß zustande kam. Die Außenseite des Deckels besitzt eine grüne Korrosion, die Innenseite hat eine abgeblätterte Korrosionsschicht. Die grüne blasige Schicht sitzt auf einer braunen Grundsubstanz auf (Abb.5.6). Auf der Korrosionsschicht gibt es außerdem grüne, blaue und farblose Kristalle. Es scheint, dass sowohl die Korrosion als auch die Kristalle nur aufgemalt sind, unter dem Mikroskop sieht man lange gelbe Plastikfasern, die mit der Korrosion zusammengebunden sind (Abb.5.7), damit wäre der Deckel eine Fälschung. Dies ist aber noch näher zu prüfen.

Bei dem Deckel No.6 (Abb.5.8) handelt es sich um einen vergoldeten *Boshanlu* Deckel. Er hat die Form von den Bergen und ist ebenfalls durchbrochen. Der Deckel ist 6.5 cm hoch mit einem Durchmesser von 9.3 cm. Die Außenseite des Deckels hat eine goldene Farbe und nur wenig grüne Korrosion. Die Innenseite des Deckels hat eine schwarze Korrosion als Grundsubstanz, auf der es noch eine blaue Korrosionsschicht gibt. Diese Korrosionsschicht ist sehr dünn und hat einen Glanz ähnlich wie der Lack (Abb.5.9). Mit dem Fingernagel kann die Korrosion leicht entfernt werden. Es ist noch zu prüfen, aber vermutlich handelt es sich bei dieser Korrosion um eine Fälschung.



Abb.5.6. Riss und abgeblätterte Korrosionsschicht auf Objekt 3.



Abb.5.7. Gelbe Plastikfasern mit der Korrosion zusammengebacken.



(a) außen



(b) innen



(c) die ganze Bronze

Abb.5.8. Vergoldeter Deckel, *Boshanlu*.



Abb.5.9. Blaue Korrosion auf Deckel No 6.

Der Deckel No.7 (Abb.5.10) ist einer *Boshanlu* Deckel mit Drachenkopf. Er ist 10.5 cm

hoch und hat einen Durchmesser von 9.1 cm. Der durchbrochene Deckel zeigt eine Szene von einem Drachen, der aus dem Meer herausspringt. Der Deckel hat eine maigrüne Korrosion mit einigen Ton- bzw. Mineralresten (Abb.5.11).



(a) außen



(b) innen



(c) die ganze Bronze

**Abb.5.10. Deckel mit Drachenkopf, *Boshanlu***



**Abb.5.11. Mineralreste auf Deckel No.7.**

Der Deckel No.8 (Abb.5.12) ist ein vergoldeter *Boshanlu* Deckel mit vier kleinen Löchern. Er ist 6 cm hoch und hat einen Durchmesser von 9.3 cm. Die Form des Deckels ist ähnlich wie der Kopf eines Fisches. Die vergoldete Oberfläche ist zum Großteil grün korrodiert. Die Innenseite ist gänzlich von grüner und blauer Korrosion bedeckt. Die Korrosion auf der Innenseite ist pulverförmig und kann mit dem Fingernagel abgetrennt werden. Es ist sehr

wahrscheinlich, dass die Korrosion künstlich ist. Außerdem gibt es einige weiße Fasern auf der Korrosion der Innenseite, möglicherweise kommen sie von der Verpackung.



Abb.5.12. Vergoldeter Deckel, Fisch *Boshanlu*.

Die Bronze mit der No.2 (Abb.5.13) ist ein runder, kleiner Deckel von einem *Tilianghu*, er hat einen Durchmesser von 7 cm. Der Deckel hat eine dicke, zum Teil weiche Korrosionsschicht. Die Korrosion ist braun und anhaftend, sieht wie Hämatit aus, mit grünen Korrosionsresten noch darauf. Die Verzierung auf dem Deckel ist unter der Korrosionsschicht und deshalb schwer zu erkennen. Eine Reihe von Frässtreifen wurde unter der Korrosionsschicht entdeckt, vermutlich sind sie die Spuren von modernem Werkzeug. An einer Stelle auf dem Deckel findet man lange, in ein Mineral eingeschlossene Kunststofffasern, die aus der heutigen Zeit stammen (Abb.5.14).

Die No.4 (Abb.5.15) ist ein runder Deckel mit Silbereinlagen von einem *Guanhu*, er hat einen Durchmesser von 12.6 cm. Die Mitte des Deckels verziert eine vierblättrige Blume umgeben von Wolken. Die Verzierungen wurden mit Silber eingelegt. Außerdem gibt es drei kleinen dekorativen Aufsätze im Randbereich des Deckels. Der Deckel hat eine braune Grundsubstanz mit blaugrüner Korrosion darauf. An einigen Stellen sieht man parallele Streifen, die wie Pinselstriche aussehen (Abb.5.16).



Abb.5.13. Runder kleiner Deckel, *Tilianghu*.

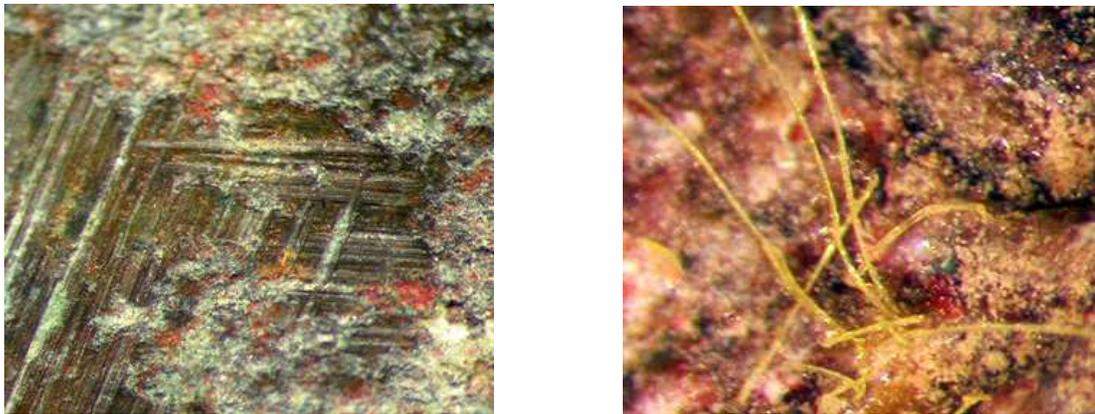


Abb.5.14. Frässtreifen (links) und Kunststofffasern (rechts) auf Objekt 2.



Abb.5.15. Runder Deckel mit Silbereinlagen, *Guanhu*.



Abb.5.16. Spuren von Pinselstrichen auf Objekt 4.

Der Deckel No.5 (Abb.5.17) ist ein quadratischer Deckel mit Silbereinlagen (Abb.5.18) von einem *Fanghu*, die Kante des Deckels ist circa 8.7 cm lang. In der Mitte des Deckels befindet sich eine spiralförmige, dreiblättrige Blume, umgeben von dünnen Wolken. Auch dieser Deckel besitzt vier kleinen Aufsätze am Rand. Die Grundsubstanz des Deckels ist weinrot mit grüner Korrosion darauf. Auf der Innenseite des Deckels findet man Frässpuren (Abb.5.18) sowie einige Ton- bzw. Sandreste.

Die Bronze No.9 (Abb.5.19) ist eine Schildkröte, die angeblich aus Taiwan stammt. Sie ist 4.8 cm hoch, die Hauptachse des elliptischen Tellers ist 9 cm und die Nebenachse 7.2 cm lang. Die vier Füße der Schildkröte sind circa 2 cm lang. Die Schildkröte hat einen schmalen Hals und einen winzigen Schwanz, der an den Körper angeheftet ist. Die Bronze weist überall grüne Korrosion auf. An einigen Stellen gibt es auf der grünen Korrosion noch blaue Korrosion, die mit Fingernagel entfernt werden kann.

Die No.10 ist einer runder Deckel von einem *Ding* (Abb.5.20). Er ist circa 3.6 cm hoch und hat einen Durchmesser von 10.5 cm. In der Mitte des Deckels gibt es einen Ring, der von zwei Tierköpfen gehalten wird. Um den Ring sind sechs vierblättrige Blumen angeordnet, am Rand des Deckels gibt es Wolkendekor. Der Ring und die Tierköpfe sind vergoldet, die vierblättrigen Blumen und der Wolkendekor sind mit Gold und Silber eingelegt. Der Deckel hat eine schwarze Grundsubstanz. Die Außenseite des Deckels hat wenig grüne Korrosion, die Innenseite hat eine grünblaue Korrosionsschicht.



(a) außen

(b) innen

(c) die ganze Bronze

Abb.5.17. Quadratischer Deckel mit Silbereinlagen, *Fanghu*.

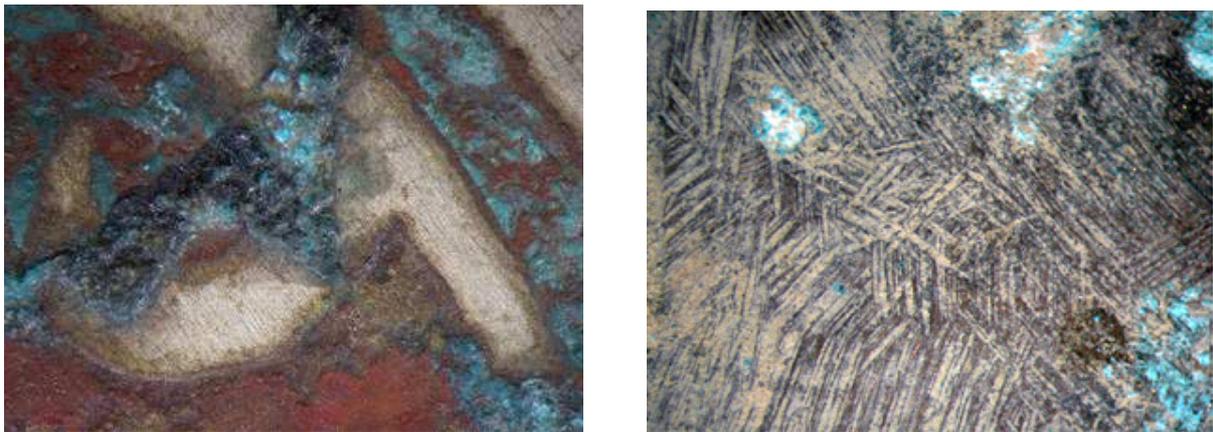


Abb.5.18. Silbereinlagen (links) und Frässpuren (rechts) auf Objekt 5.



(a) Seitensicht

(b) Grundriss

(c) die ganze Bronze

Abb.5.19. Schildkröte.



(a) außen

(b) innen

(c) die ganze Bronze

Abb.5.20. Deckel mit Gold- und Silbereinlagen, *Ding*.

Die No.11 ist ein Teil von einer bronzen Lampe (Abb.5.21). Sie ist 9.5 cm hoch, der Teller der Lampe hat einen Durchmesser von 5.9 cm. Am Rand des Tellers der Lampe wurde eine dreizackige Pflanze angeheftet. Die Lampe hat rote und grüne Korrosion, auf einige Stellen gibt es außerdem gelbe Korrosion. Unter dem Mikroskop findet man weiße Fasern, die leicht entfernt werden können und zugleich auch schwarze Fasern, die aus der modernen Zeit stammen erscheinen und mit der Korrosion zusammengebunden sind.



(a) Vorderseite



(b) Rückseite

Abb.5.21. Lampe.

Die Bronze mit No.12 ist ein Bruchstück von einem *Zhan* (Abb.22). es ist 1.8 cm breit. Das Bruchstück hat eine schwarze Grundsubstanz und etwas braune und grüne Korrosion. Im Bruchprofil sieht man harzartiges Material. Normalerweise hinterlassen organische

Materialien wie Harz und Klebstoff nach hunderten und tausenden Jahren keine Spuren mehr; weshalb ist es klar, dass dieses Bruchstück in letzter Zeit noch bearbeitet wurde.



Abb.5.22. Bruchstück, *Zhan*.

Der Deckel No.13 (Abb.5.23) ist ein durchbrochener Deckel mit Gold- und Silbereinlagen. Er ist 5.6 cm hoch und hat einen Durchmesser von 12 cm. Auf dem Knauf des Deckels gibt es vier Wolken als Dekor und am Rand geometrische Verzierungen, beide wurden mit Gold und Silber eingelegt. Die Mitte des Deckels ist durchbrochen und hat acht gleiche geometrische Verzierungen. Der Deckel hat eine weiß-grüne Korrosion.



(a) außen

(b) innen

(c) die ganze Bronze

Abb.5.23. Durchbrochener Deckel mit Einlagen.

Der Bronze No.14 (Abb.5.24) ist ein runder Deckel von einem Topf, der angeblich aus der Yuan Dynastie stammt. Der Deckel ist 10 cm hoch und hat einen Durchmesser von 26 cm. Der Deckel ist recht dünn und deshalb auch relativ leicht, in seiner Mitte ist einer großer Knauf, der von einem Relief einer achtblättrigen Blume umgeben ist. Jedes Blatt der Blume hat eine flache runde Knubbe. Am Rand des Deckels sind Reste von zwei Griffen. Der Deckel hat eine rote Grundsubstanz und grüne Korrosion, in der Mitte der Innenseite gibt es Reste von faserartigem Material wie gemaltes Papier (Abb.5.25).



(a) außen



(b) innen

Abb.5.24. Runder Deckel.



Abb.5.25. Faserartiges Material auf Objekt 14.

Der Deckel No.15 (Abb.5.26) ist ein Flachdeckel von einem Topf. Er ist circa 4.3 cm hoch

und hat einen Durchmesser von 18.2 cm. In der Mitte des Deckels ist eine vierblättrige Blume, mit einem kleinen Knauf in der Mitte. Die Außenseite des Deckels hat jadegrüne Korrosion und einige Mineral- und Sandreste. Die Innenseite weist zum großen Teil noch Minerale und Erdreste auf, unter denen es stellenweise schwarze Korrosion gibt. Unter dem Mikroskop sieht man auf der Innenseite des Deckels schwarzes kolloidales Material (Abb.5.27).



(a) außen



(b) innen

Abb.5.26. Flachdeckel.

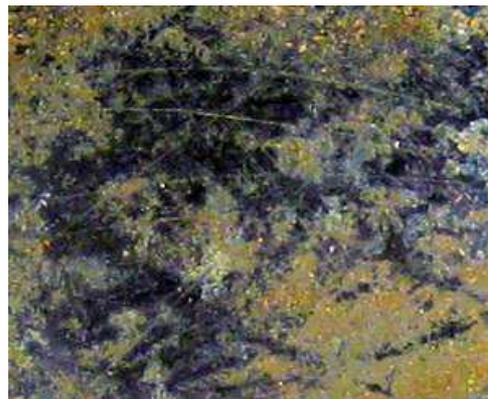


Abb.5.27. Schwarzes kolloidales Material auf Objekt 15.

Der Deckel No.16 (Abb.5.28) ist ebenfalls von einem Topf. Er ist circa 13 cm hoch und hat einen Durchmesser von 20 cm. Auf der Mitte des Deckels steht die Statue von einem Vogel mit ausgebreiteten Flügeln, mit Kamm auf dem Kopf und langen, großen Schwanzfedern. Die

Oberfläche des Deckels hat zwei Kreisreliefs aus Blättern des Lotus, welche Berge symbolisieren. Jeder Kreis hat acht Blätter, auf jedem Blatt gibt es ein Fabeltier, das wie ein Drache aussieht (Abb.5.29). Der Deckel hat jadegrüne Korrosion auf der Außenseite und grüne und blaue Korrosion auf der Innenseite. Teilweise ist die Korrosion der Innenseite gallertartig und kann leicht abgetrennt werden.



(a) außen



(b) innen

Abb.5.28. Deckel mit Vogel.



Abb.5.29. Fabeltier auf Objekt 16.

Bei Objekt No.17 handelt es sich um einen kleinen, mit Goldeinlage verziertem Topf *Hu* (Abb.5.30). Er ist 5.8 cm hoch. Der Durchmesser der Gefäßöffnung beträgt 2.7 cm und des

Topfbodens 2.3 cm. Der größte Umfang des Topfs befindet sich im Bereich der Schulter und liegt bei 5.2 cm. Dicht unterhalb des Randes gibt es Dekor in Form eines golden Bandes, ebenso auf dem Gefäßkörper, wo nochmals zwei dünne Bänder den Hauptdekor mit vergoldeten Blumen abschließen. Sowohl der Gefäßrand als auch der Boden zeigen deutliche Frässpuren, die von modernen Werkzeugen erzeugt werden können (Abb.5.31). Der Topf besteht aus einer schwarzen Grundsubstanz. Im Topf ist grüne Korrosion zu erkennen (Abb.5.31. links). Auf der Oberfläche gibt es einzelne braune und grüne Korrosionen, die sich überwiegend im Bereich der Gefäßbasis befinden (Abb.5.31. rechts).



Abb.5.30. Kleiner Topf *Hu* mit Goldeinlage.



Abb.5.31. Frässpuren auf der Gefäßöffnung (links) und Basis (rechts) des Topfs.

Objekt No. 18 ist einer großer Topf *Hu* mit Inschriften (Abb.5.32). Er hat zwei Ringe auf der Schulter, die jeweils von einem Tierkopf gehalten werden. Der Topf ist 20 cm hoch. Der Durchmesser der Gefäßöffnung liegt 8.6 cm, der Standring 10.8 cm. Der größte Durchmesser

des Topfes liegt auf dem kugeligen Gefäßkörper und beträgt 16.2 cm.

Die Inschriften befinden sich auf der Schulter und wurden geritzt (Abb.5.33), in vereinfachtem Chinesisch: 阳信家铜钟容一石重四斤四两第廿三. Die Übersetzung lautet: *Das Bronze-Hu von der Yangxin Familie, mit einem Volumen von einem Dan und einem Gewicht von vier Jin und vier Liang, die Seriennummer ist 23.*

Die Bronzen mit „阳信 (Yangxin)“ Inschriften wurden der Literatur zufolge für gewöhnlich zwischen 180 B.C. und 151 B.C. hergestellt. Das heißt, der Topf sollte aus der westlichen Han Dynastie stammen. Der Stil der Inschriften ist ebenfalls typisch für die westliche Han Dynastie.

Das Gewicht von vier Jin und vier Liang aus der westlichen Han Dynastie ist annähernd wie heute 1062.5g. Der Topf wiegt 1059g, was gut zu den Inschriften passt. Dies ist ein Hinweis für die Echtheit des Topfs.



Abb.5.32. Großer Topf *Hu*.



Abb.5.33. Inschriften auf dem großen Topf *Hu*.

In der Mitte der Gefäßbasis ist eine deutliche Gusslinie zu erkennen (Abb.5.34), welche mit der damaligen Gusstechnik zusammenhängt. Heutige Fälschungen haben normalerweise keine Gusslinie, da sie für gewöhnlich im Wachsaußschmelzverfahren hergestellt wurden. Nur einige der hochwertigen Fälschungen besitzen Gusslinien, die allerdings künstlich erzeugt wurden. Die Gusslinie von Objekt 18 wirkt natürlich, was ein Hinweis für die Echtheit der Bronze wäre.



Abb.5.34. Gußlinie auf der Sohle des Topfs.

Auf dem Topfrand gibt es Reste von geflochtenem Schilf (Abb.5.35), im Halsbereich sind Reste von Gewebe zu erkennen (Abb.5.36). Vermutlich war die Gefäßöffnung einst mit einer Schilfmatte bedeckt und der Topf mit Gewebe umhüllt. Die Schilfmatte und das Gewebe sind größtenteils zersetzt, nur einzelne Reste sind erhalten geblieben.



Abb.5.35. Reste von Schilfmatte.

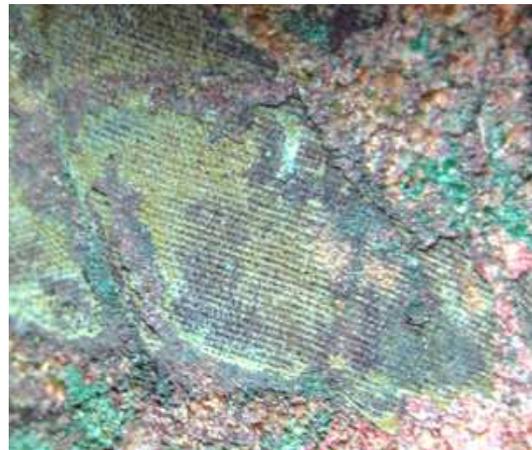


Abb.5.36. Reste von Gewebe.

Der Topf hat eine dunkelfarbige Grundsubstanz, mit Korrosionen sowie Mineralresten in verschiedenen Farben. Die Korrosionen und Mineralreste waren schwer zu entfernen. Bei ihnen handelt es sich um sogenannte „schmutzige Korrosionen“, welche dem ästhetischen Aussehen der Bronze schaden.

Bei No.20 handelt es sich um die bronzene Klinge eines Stabdolches *Ge* (Abb.5.37). Die Klinge ist 23.2 cm lang und besitzt zwei Öffnungen. Typologisch ähnelt sie solchen aus der

frühen Shang Dynastie, allerdings ist die Klinge relativ schmal im Vergleich zu den Stücken aus der Shang Dynastie. Der Dolch weist vier ungewöhnliche Bilder auf, zwei auf jeder Seite, die kleine fröhliche Menschen zeigen (Abb.5.38). Ein ähnliches Motiv aus der Shang Dynastie gibt es bislang nur auf dem Bronzedolch aus Dayangzhou, Jiangxi Provinz, auf dem zwei fröhliche Köpfe dargestellt wurden (Abb.5.38). Aufgrund der Form und der Verzierung des Dolchs kann man annehmen, dass es sich um eine Fälschung handelt. Der Dolch zeigt grüne und teilweise blaue Korrosionen auf der schwarzen Grundsubstanz.



Abb.5.37. Bronzedolch *Ge*.



Abb.5.38. Bilder auf Objekt 20 (links und Mitte) sowie auf dem Dolch aus Dayangzhou (rechts).

## **5.3. Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)**

### **5.3.1. Einführung**

Die Röntgenfluoreszenzanalyse ist eine der am häufigsten eingesetzten Methoden zur qualitativen und quantitativen Bestimmung der elementaren Zusammensetzung einer Probe, welche den Vorteil hat, dass die Proben durch die Messung nicht zerstört werden und keine Aufschlüsse benötigt werden, deswegen ist die Methode besonders geeignet für die archäometrischen Untersuchungen, die oft wertvolle Antiquitäten behandeln.

Bei der Röntgenfluoreszenzanalyse wird die Probe normalerweise durch Röntgenstrahlung angeregt (die Probe kann manchmal auch durch Gamma- oder Ionenstrahlung oder sogar Elektronenstrahlen angeregt werden). Hierbei werden die Elektronen aus der inneren Schale des Atoms herausgeschlagen. Diese Lücke wird schnell von den Elektronen aus der äußeren Schalen aufgefüllt. Da die Elektronen aus der äußeren Schale eine höhere Energie als die aus der inneren Schale besitzen, wird die dabei freiwerdende Energie in Form von elementspezifischer Fluoreszenzstrahlung abgegeben. Diese Fluoreszenzstrahlung kann von einem Strahlungsdetektor ausgewertet werden und anschließend durch einen Vergleich mit geeigneten Standards kann sowohl eine qualitative, als auch eine quantitative Analyse durchgeführt werden.

Bezüglich der Auswertung gibt es zwei verschiedene Bauarten der RFA, nämlich das energiedispersive Röntgenfluoreszenzspektrometer (EDRFA) und das wellenlängen dispersive Röntgenfluoreszenzspektrometer (WDRFA). Bei beiden Bauarten wird die Anregung der Probe durch Röntgenstrahlen erreicht. Der Unterschied liegt darin, dass in einem EDRFA die Energie eines jeden anfallenden Röntgenquants durch Halbleiterkristallen aus Silicium in einen elektrischen Impuls umgesetzt wird. Die einzelnen elektrischen Signale werden nach ihrer Intensität von einem Analysator sortiert und in einem Histogramm dargestellt. Das gesamte Energiespektrum wird in einem einzigen Messvorgang angefertigt.

Bei der WDRFA kann nur die Intensität einer einzelnen Röntgenlinie mit einer festen Wellenlänge, die durch die Winkelstellung der Meßanordnung vorgegeben ist, bestimmt werden. Hier werden die Eigenschaften der Röntgenbeugung an Kristallen ausgenutzt. Die

Röntgenstrahlung wird an einem sog. Bragg-Kristall mit bekanntem Gitterebenenabstand gebeugt, wodurch dessen Wellenlänge meßbar ist. Denn unter einem festen Winkel wird nur die Strahlung einer Wellenlänge gestreut und gemessen. Man erhält das gesamte Energiespektrum der von der Probe emittierten Röntgenstrahlung durch eine Messreihe (Mommsen 1986, 103).

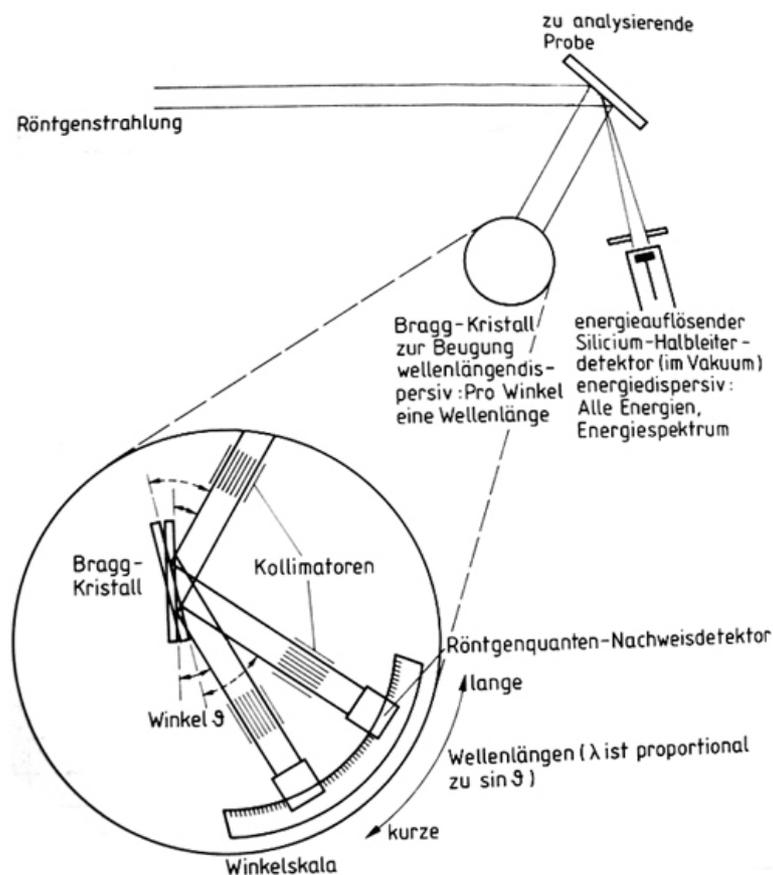


Abb.5.39. Arbeitsvorgänge der EDRFA und WDRFA (Mommsen, 1986)

Die EDRFA ist deutlich kostengünstiger als die WDRFA aufgrund des unterschiedlichen Arbeitsvorganges, allerdings bietet die EDRFA eine geringere Energieauflösung. Die Auswahl dieser zwei Bauformen kann je nach Anwendung entschieden werden. Ausführlichere Informationen zu dem Aufbau und der Funktionsweise der Röntgenfluoreszenzanalyse findet sich auch im Fachbuch von Hahn-Weinheimer etc. (Hahn-Weinheimer etc., 1995).

### 5.3.2. Messbedingungen und Ergebnis

In dieser Arbeit werden die Proben mittels einer EDRFA gemessen. Um bessere Ergebnisse zu bekommen wurden hier die Bohrproben untersucht. Die Objekte wurden mit einer Tischbohrmaschine an einige Stellen beprobt. Mindestens 10 mg Probenmaterial ist notwendig für die Messung. Die Entnahme der Proben aus den Objekten soll einerseits dem Aussehen der Objekte nicht wesentlich schaden aber andererseits die Eigenschaften der Objekte zeigen. Besonders muss man darauf achten, dass die Reinheit der Proben gewährleistet ist. Eine Verunreinigung der Probe kann beispielsweise durch Anhaftungen auf der Oberfläche verursacht werden, was zu stark schwankenden Messwerten führt.

Die Messung wurde in einem EDRFA Analysator von Thermo Electron Corporation (Abb.5.40) mit einer 50kV-Röntgenröhre und Peltier-gekühltem Si(Li)-Detektor durchgeführt.



Abb.5.40. EDRFA Analysator ARL QUANT'X.

Die Sensitivität dieser Messungen entspricht mindestens der des Atomabsorptionsspektrometers (AAS). Die Methodik wird von Lutz und Pernicka diskutiert (Lutz and Pernicka, 1996).

Die Ergebnisse, nämlich die Zusammensetzungen der Bronzen, geben manchmal bereits entscheidende Hinweise auf die Entstehungszeit der Bronzen, weil Bronzen aus verschiedenen Zeiten unterschiedliche Zusammensetzungen haben. Manche Bronzen enthalten Elemente, die erst seit moderner Zeit hergestellt werden, z.B. Aluminium, was somit ein sicherer Hinweis auf eine gefälschte Bronze ist.

Die korrigierten und gerundeten Ergebnisse sind in Tabelle 5.3 dargestellt.

Die Messungen des Aluminiums der vier Objekte (17, 18, 19, 20) wurden mit der alten Folie vorgenommen (die später durch eine neue ersetzt wurde, welche aber für die Al-Messungen nicht geeignet war), weshalb sich die Nachweisgrenze für Aluminium dadurch etwas nach oben verschoben hat, auf 0,3%.

### 5.3.3. Diskussion

Drei Objekte (No.1, 4 und 5) sind als Messing oder Rotgusslegierungen mit hohem Zinkgehalt einzustufen. Der Zinkgehalt liegt im Bereich des Zementationsverfahrens, das zumindest in Europa noch bis in das 18. Jahrhundert für die Herstellung von Messing angewendet wurde. In chinesischen Bronzen ist das Zink ein interessantes Element. Einige frühe Bronzen aus der Jungsteinzeit haben angeblich einen erstaunlich hohen Zinkgehalt von 20% bis 30% (MABS, 1981). Diese Entdeckungen wurden aber nicht weltweit anerkannt, weitere Entdeckungen und Untersuchungen sind an dieser Stelle erforderlich. Mit der Entwicklung der Bronzegusstechnik in der Bronzezeit ist das Zink in den Bronzen verschwunden. Die Bronzen aus der Bronzezeit tragen kaum Spuren von Zink.

Nach der Bronzezeit kommt ein geringer Zinkgehalt zwar wieder in Bronzen vor (Gettens 1969, 20), aber in den meisten Fällen beträgt dieser weniger als 1%. Erst ab der Ming Dynastie sind einige Bronzen mit höherem Zinkgehalt zu finden und auch erst ab der Ming Dynastie wird das Münzgeld aus Messing gegossen. Das metallische Zink wird ab der *Tianqi* Periode der Ming Dynastie (gegen 1621) für den Guss der Münzen verwendet. Nach Zhou's Forschung ist Cadmium ein wichtiges Kriterium um zu bestimmen, ob Zementation-Messing oder metallisches Zink in einer Bronze verwendet wurde. Ein höherer Cadmiumgehalt zeigt die Verwendung von metallischem Zink an (Zhou etc. 1994, 62). Wenn der Zinkgehalt in einer Bronze mehr als 1% beträgt, ist die Bronze höchstwahrscheinlich eine Fälschung oder eine Kopie (Chase 1999, 63).

Sieben Objekte (No.1, 3, 4, 5, 6, 9, 13) enthalten Aluminium im Promillebereich, Objekt No.14 enthält Aluminium von 2.9% . Metallisches Aluminium ist erst seit dem Ende des 19.

Jahrhunderts allgemein verfügbar. Seit dem 20. Jahrhundert wird Aluminium zu Kupferlegierungen vorwiegend als Desoxidationsmittel und zur Herstellung von Spezialwerkstoffen verwendet. Das heißt, die acht Objekte sind mit Sicherheit moderne Produkte.

Ungewöhnlich sind auch die sehr niedrigen Arsengehalte in den acht Objekten (No.1, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 14, 20), die zugleich mit niedrigen Silbergehalten kombiniert sind. Dies legt den Verdacht auf elektrolytisch raffiniertes Kupfer nahe, ein Produkt der modernen Industrie.

Aufgrund der Ergebnisse der RFA kann belegt werden, dass die Objekte No.1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 14 und 20 in moderner Zeit hergestellt worden sind. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um die Echtheit der anderen Bronzen zu bestimmen, die weiter unten vorgestellt werden.

Objekt	Proben-Nr.	Cu	Zn	Sn	Pb	Al	Fe	Ag	As	Sb	Co	Ni	Se	Cd	Bi	Te	Au
1	MA-070379	66	22	2.5	4.8	0.31	0.65	0.02	< 0.005	0.06	0.01	0.22	< 0.005	0.01	0.05	< 0.005	< 0.01
2	MA-070380	70	0.03	7.4	12.9	< 0.2	0.84	0.17	0.02	0.29	0.13	0.14	0.02	0.03	0.12	< 0.005	< 0.01
3	MA-070381	80	0.03	3.44	8.7	0.33	0.26	0.12	0.17	0.37	0.04	0.16	0.02	0.01	0.09	< 0.005	< 0.01
4	MA-070382	65	23	3.74	4.3	0.29	0.79	0.04	< 0.005	0.08	< 0.01	0.27	0.01	0.02	0.07	< 0.005	< 0.01
5	MA-070383	64	25	4.15	3.2	0.58	0.69	0.05	< 0.005	0.06	< 0.01	0.24	< 0.005	0.02	0.03	< 0.005	< 0.01
6	MA-081189	98	0.31	< 0.005	< 0.01	0.89	< 0.02	< 0.002	< 0.005	< 0.005	< 0.01	0.03	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.01
7	MA-081193	77	< 0.2	4.3	11	< 0.2	0.08	0.12	0.07	0.46	0.11	0.2	0.01	< 0.005	0.04	< 0.005	< 0.01
8	MA-081191	88	< 0.2	13	0.08	< 0.2	0.07	< 0.002	< 0.005	< 0.005	< 0.01	0.02	< 0.005	0.01	< 0.01	< 0.005	0.03
9	MA-081186	92	0.23	6.4	0.01	0.25	0.02	0.01	< 0.005	< 0.005	< 0.01	0.03	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.01
10	MA-081188	93	< 0.2	8	0.02	< 0.2	0.08	0.03	< 0.005	0.01	< 0.01	0.03	< 0.005	< 0.005	< 0.01	< 0.005	0.03
11	MA-081200	84	< 0.2	5.6	6.5	< 0.2	0.37	0.17	0.03	0.45	0.02	0.09	< 0.005	< 0.005	0.03	< 0.005	< 0.01
12	MA-081204	64	< 0.2	13.6	14.8	< 0.2	0.06	0.09	< 0.005	0.05	0.02	0.06	0.01	< 0.005	0.04	0.01	< 0.01
13	MA-081199	73	< 0.2	7	12.8	0.26	0.27	0.21	< 0.005	0.2	< 0.01	0.12	< 0.005	< 0.005	0.11	< 0.005	< 0.01
14	MA-081197	96	0.27	0.04	0.09	2.9	0.26	0.01	< 0.005	0.02	< 0.01	0.02	0.04	< 0.005	< 0.01	< 0.005	0.27
15	MA-081195	60	< 0.2	11.3	18.8	< 0.2	0.96	0.03	1.33	0.03	< 0.01	0.06	0.01	0.01	0.09	0.01	< 0.01
16	MA-081202	69	< 0.2	5.5	15.6	< 0.2	0.25	0.12	1.57	0.17	0.02	0.1	< 0.005	< 0.005	0.09	< 0.005	< 0.01
17	MA-090270	78	< 0.2	3.5	17.3	< 0.3	0.09	0.19	n.d.	0.31	0.07	0.08	< 0.005	< 0.005	0.02	< 0.005	< 0.01
18	MA-090271	75	< 0.2	6.2	16.4	< 0.3	< 0.02	1.05	n.d.	0.26	0.05	0.16	< 0.005	< 0.005	0.11	< 0.005	0.057
19	MA-090276	72	< 0.2	19.7	7.4	< 0.3	0.08	0.10	0.24	0.27	0.10	0.15	0.008	0.02	0.045	< 0.005	< 0.01
20	MA-090282	84	< 0.2	13.1	2.19	< 0.3	0.5	0.007	n.d.	0.04	< 0.01	0.03	< 0.005	0.02	< 0.01	< 0.005	< 0.01

**Tab 5.3. Chemische Zusammensetzung der untersuchten Objekte; alle Angaben in Masseprozent.**

## 5.4. Echtheitbestimmung der Bronzen mit der $^{210}\text{Pb}$ Methode

### 5.4.1. Einführung

Die  $^{210}\text{Pb}$  Methode wurde zunächst entwickelt, um die Bemalungen aus dem 18. Jahrhundert und die Fälschungen aus dem 20. Jahrhundert zu unterscheiden. Sie beruht auf den Grundsätzen, dass Bleiweiß ein der am häufigsten verwendeten Pigmente in den Bemalungen ist und von den Malern einige Jahrhunderte lang benutzt wurde (Keisch et al. 1967, 1238). Prinzipiell kann die Methode auch auf Metallobjekte übertragen.

Die Grundlage des  $^{210}\text{Pb}$  Tests ist die Radioaktivität des  $^{210}\text{Pb}$  ( $t_{1/2}=22,3\text{a}$ ), einem Zerfallsprodukt des  $^{238}\text{U}$  ( $t_{1/2}=4,5\cdot 10^9\text{a}$ ). Praktisch alle silikatischen Minerale enthalten geringe Konzentrationen von Uran, das in der Regel im sekulären Gleichgewicht mit  $^{210}\text{Pb}$  steht. Das sekuläre Gleichgewicht ist eine Situation, wo das Mutternuklid eine viel längere Halbwertszeit als Tochternuklide hat und damit alle Tochternuklide die gleiche Radioaktivität wie das Mutternuklid haben. Die Tochternuklide werden ständig produziert, die Erzeugung und der radioaktive Zerfall sind im Gleichgewicht. Wenn Metalle wie Kupfer, Zinn oder Blei unter Schlackebildung verhüttet werden, wird somit immer auch radioaktives  $^{210}\text{Pb}$  im Metall angereichert, das von Blei gegenüber der Schlackenphasen bevorzugt wird, während Uran (und auch Radium als Zwischenprodukt der

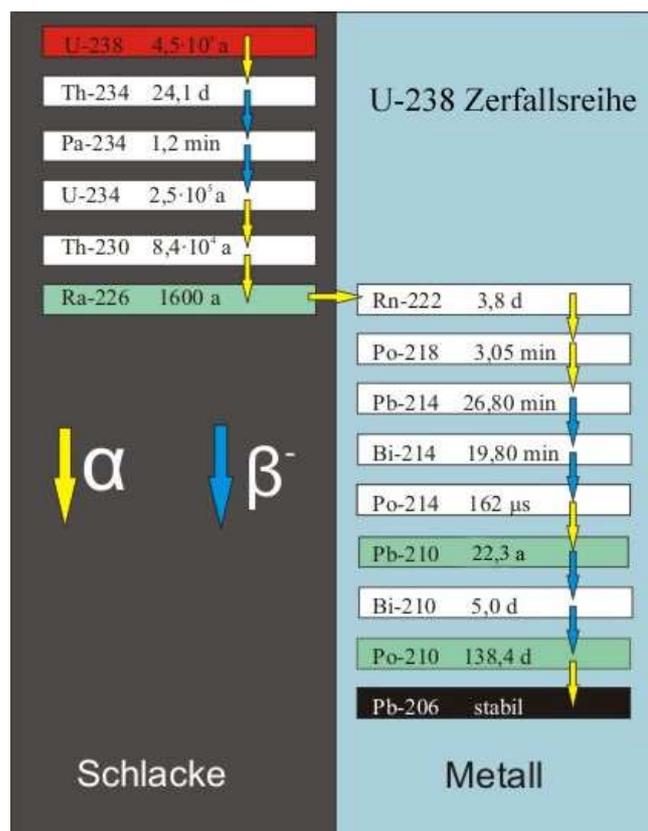


Abb.5.41. U-238 Zerfallsreihe. Die lithophilen Elemente wie Uran, Thorium, Protactinium und Radium gehen bei der Schlacke und die chalcophilen Elemente wie Polonium, Blei und Bismut gehen ins Metall.

radioaktiven Zerfallskette) vollständig in die Schlacke übergeht (Pernicka et al. 2008, 85) (Abb.5.41). Ohne Mutternuklid zerfällt  $^{210}\text{Pb}$  mit einer Halbwertszeit von 22,3 Jahren. Die Radioaktivität im Metall ist sehr niedrig, aber in den meisten Metallen messbar, falls sie vor weniger als etwa hundert Jahren produziert wurden. Wenn deshalb  $^{210}\text{Pb}$  in Kupfer oder Bronze nachgewiesen werden kann, bedeutet dies, dass zumindest eine der metallischen Komponenten im 20. Jahrhundert oder später hergestellt wurde.

Eine absolute Datierung mit der  $^{210}\text{Pb}$  Methode ist theoretisch möglich durch die Gleichung (Keisch et al. 1967, 1238) :

$$(\text{Pb})_t - (\text{Ra}) = [(\text{Pb}) - (\text{Ra}) ] e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Hier:  $(\text{Pb})_t$  ist die gegenwärtige Konzentration des  $^{210}\text{Pb}$ s in der Probe,  $(\text{Ra})$  ist die Konzentration von  $^{226}\text{Ra}$  in der Probe,  $\lambda$  ist die Zerfallskonstante für  $^{210}\text{Pb}$ ,  $t$  ist die Zeit wann das Blei von den Erzen getrennt wurde und  $(\text{Pb})_0$  ist die Konzentration von  $^{210}\text{Pb}$  in der Zeit der Abtrennung.

Die Abtrennung von  $^{226}\text{Ra}$  bei der Verhüttung unter Schlackebildung ist sehr gründlich. Es wird durch eine ganze Menge Experimenten festgelegt, dass  $^{226}\text{Ra}$  in den Metallobjekte mit derzeitigen Messgeräten nicht nachgewiesen werden kann.

In der Praxis hat die absolute Datierung sich aber als unmöglich erwiesen. Denn die ursprüngliche Konzentration des  $^{210}\text{Pb}$  kann nicht durch Versuche ermittelt werden, sie ist mutmaßlich gleich wie die  $^{238}\text{U}$  Konzentration in den Erzen. Aber es kann in verschiedenen Proben große Unterschiede bezüglich der  $^{238}\text{U}$  Ausgangskonzentration geben. Deshalb ist die Konzentration des  $^{210}\text{Pb}$  bei der Herstellung des Metalls nicht bekannt und kann in weiten Grenzen schwanken.

Die  $^{210}\text{Pb}$  Methode ist besonders geeignet für die Echtheitbestimmung der chinesischen Bronzen, weil erstens die chinesische Bronzen häufig einen relativen hohen Bleigehalt haben, und weil zweitens die meisten Fälschungen der chinesischen Bronzen in dem 20. Jahrhundert hergestellt sind (s. auch Kapitel 4).

Es ist allerdings zu beachten, dass die Abwesenheit von messbarer Radioaktivität des  $^{210}\text{Pb}$  kein Beweis der Echtheit ist, weil altes Metall verwendet worden sein kann oder vielleicht außergewöhnlich reine Ausgangsmaterialien bei der Metallproduktion eingesetzt wurden.

### 5.4.2. Messbedingungen und Probenvorbereitung

Das  $^{210}\text{Pb}$  ( $t_{1/2}=22,3\text{a}$ ) selbst ist ein Betastrahler. In dieser Arbeit erfolgte die Messung der Aktivität über das Tochternuklid des  $^{210}\text{Pb}$ , dem  $^{210}\text{Po}$  ( $t_{1/2}=138,4\text{d}$ ).  $^{210}\text{Po}$  ist ein Alphastrahler und steht mit  $^{210}\text{Pb}$  in Gleichgewicht. Der Vorteil der Alphaspektrometrie ist eine hohe Empfindlichkeit und gleichzeitig die Kalibrierung für jede Probe durch die Verwendung des Isotopentracers, weil zur Überprüfung der Vollständigkeit der chemischen Abtrennung eine bekannte Menge  $^{209}\text{Po}$  ( $t_{1/2}=102\text{a}$ ) als Tracer zugesetzt wurde. Das Alpha-Spektrometer, das in dieser Arbeit eingesetzt wurde, ist Typ Octète Plus der Fa.Ortec, mit 8 voneinander unabhängigen Messkammern. Um die Alphaaktivität messen zu können, müssen spezielle Messpräparate hergestellt werden. Hierzu ist eine Probemenge von ca.10-50 mg für den Test notwendig. Die Alphaquelle ist ein Nickelplättchen, auf welchem die spontane Ausfällung von Polonium vorhanden ist (Abb.5.42). Das fertige Alphapräparat wurde in geringem Abstand zum Detektor gesetzt (ca.4 mm) und 100 Stunden lang in Vakuum gemessen.

Das Ergebnis der Messung ist ein Alphaspektrum, in dem die Aktivitäten des Tracers bei einer Energie von 4903 keV und ggf. die des  $^{210}\text{Po}$  bei 5304 keV zu erkennen sind. Ein deutlicher Nachweis von  $^{210}\text{Po}$  (und damit  $^{210}\text{Pb}$ ) bedeutet, dass das Metall bzw. mindestens eine seiner Komponenten vor weniger als etwa 100 Jahren produziert wurde.



Abb.5.42. Messkammer vom Alpha Spektrometer und Nickelplättchen. Im Test wird das Nickelplättchen in geringem Abstand zum Detektor gesetzt.

### 5.4.3. Ergebnis und Diskussion

Alle 20 Objekte wurden beprobt und mit dem  $^{210}\text{Pb}$  Test geprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5.4 dargestellt. Die Alphaspektren befinden sich in Anhang A. Die Ergebnisse können

in zwei Gruppen geteilt werden (Tabelle 5.5). In Gruppe A gibt es 13 Objekte, bei denen eine Aktivität von  $^{210}\text{Pb}$  gemessen wurden, dementsprechend sind diese als jung (hergestellt im 20. Jahrhundert) einzustufen.

In Gruppe B gibt es 7 Objekte (Objekte 6, 7, 10, 11, 13, 17, 18), bei denen keine Aktivität von  $^{210}\text{Pb}$  nachgewiesen wurde. Wie oben erwähnt, ist dies aber kein Beweis für die Echtheit dieser Objekte. Allerdings haben die Objekte 6 und 13 einen relativ hohen Aluminiumgehalt (0,89% und 0,26%) und das Objekt 10 ist möglicherweise aus eher Recycling-Material hergestellt, deswegen kann kein  $^{210}\text{Pb}$  hier nachgewiesen werden. Objekte 11 und 17 tragen moderne Fasern oder Frässpuren. Deshalb sind diese fünf Objekte dennoch sehr wahrscheinlich als jung zu bewerten.

Die RFA Ergebnisse der chemischen Zusammensetzungen widersprechen der Echtheit der Objekte 7 und 18 auch nicht. In der metallographischen Untersuchung wurden die zwei Objekte sorgfältig betrachtet, um die Echtheit der Objekte genauer zu bestimmen.

Objekt-Nr.	Objekt	Probe-Nr.	Proben-menge (mg)	<sup>210</sup> Pb	(mBq/g)	Pb-Gehalt (%)
1	Spiegel, <i>Bagua</i>	MA-070379	14,7	Ja	12,6	4.8
2	runder kleiner Deckel, <i>Tilianghu</i>	MA-070380	12,2	Ja	9,3	12.9
3	durchbrochener Deckel, <i>Boshanlu</i>	MA-070381	22	Ja	21,8	8.7
4	runder Deckel mit Silbereinlagen, <i>Guanhu</i>	MA-070382	18,2	Ja	36,6	4.3
5	quadratischer Deckel mit Silbereinlagen, <i>Fanghu</i>	MA-070383	18,6	Ja	30,2	3.2
6	vergoldeter Deckel, <i>Boshanlu</i>	MA-081189	8,8	Nein	0	< 0.01
7	Deckel mit Drachenkopf, <i>Boshanlu</i>	MA-081193	7,5	Nein	0	11
8	vergoldeter Deckel, Fisch <i>Boshanlu</i>	MA-081191	7,1	Ja	24,9	0.08
9	Schildkröte	MA-081186	20,5	Ja	2,7	0.01
10	Deckel mit Gold- und Silbereinlagen, <i>Ding</i>	MA-081188	1,3	Nein	0	0.02
11	Lampe	MA-081200	14	Nein	0	6.5
12	Bruchstück, <i>Zhan</i>	MA-081204	19,5	Ja	3,2	14.8
13	durchbrochener Deckel mit Einlagen	MA-081199	9,8	Nein	0	12.8
14	runder Deckel, Topf	MA-081197	21	Ja	2,6	0.09
15	Flachdeckel, Topf	MA-081195	6,5	Ja	15,6	18.8
16	Deckel mit Vogel, Topf	MA-081202	13,7	Ja	7,7	15.6
17	Kleines <i>Hu</i> mit Goldeinlage	MA-090270	16,5	Nein	0	17,3
18	großes <i>Hu</i> mit Inschriften	MA-090271	18,4	Nein	0	16,4
19	Spiegel, Blumen	MA-090276	11,1	Ja	5,7	7,4
20	Dolch, <i>Ge</i>	MA-090282	11	Ja	1,8	2,19

Tab. 5.4. Die Ergebnisse des <sup>210</sup>Pb Tests.

	Objekt-Nr.	Probe-Nr.	$^{210}\text{Pb}$
Gruppe A	1	MA-070379	Ja
	2	MA-070380	Ja
	3	MA-070381	Ja
	4	MA-070382	Ja
	5	MA-070383	Ja
	8	MA-081191	Ja
	9	MA-081186	Ja
	12	MA-081204	Ja
	14	MA-081197	Ja
	15	MA-081195	Ja
	16	MA-081202	Ja
	19	MA-090276	Ja
	20	MA-090282	Ja
Gruppe B	6	MA-081189	Nein
	7	MA-081193	Nein
	10	MA-081188	Nein
	11	MA-081200	Nein
	13	MA-081199	Nein
	17	MA-090270	Nein
	18	MA-090271	Nein
Tab. 5.5. Zwei Gruppen des $^{210}\text{Pb}$ Tests.			

## 5.5. Untersuchungen der Korrosionen mit der Röntgendiffraktion (XRD) Methode

### 5.5.1. Einführung

Röntgendiffraktion (international X-Ray Diffraction) ist die Beugung von Röntgenstrahlung an den Kristallen oder Quasikristallen. Sie ist auch eines der Standardverfahren zur Strukturaufklärung von Festkörpern.

Das Phänomen der Röntgenbeugung an Kristallen wurde im Jahr 1912 von Max Laue diskutiert. Laue postulierte, wenn die Wellenlänge der Röntgenstrahlung extrem kurz und der Kristall von regelmäßigen wiederkehrenden arrangierten Atomen im dreidimensionalen Raum gebildet ist und gleichzeitig der Abstand der Atome des Kristalls in der Größenordnung der Wellenlänge der Röntgenstrahlung liegt, Beugung auftritt. Diese Annahme wurde durch die Arbeiten von Walter Friedrich und Paul Knipping bestätigt. Sie bestrahlten den Kristall des Blausteins mit Röntgenstrahlung und stellten die Beugung der Röntgenstrahlung im Kristall fest.

Auf Grundlage der Arbeiten von Max Laue hatten William Henry Bragg und William Lawrence Bragg (Vater und Sohn) die Röntgenbeugung als Verfahren zur Strukturaufklärung der Kristallen erfolgreich eingesetzt und die berühmte Bragg-Gleichung entwickelt:

$$n\lambda = 2d \sin\theta \quad (2)$$

hier:  $n$  ist eine natürliche Zahl;  $\lambda$  ist die Wellenlänge der Röntgenstrahlung;  $d$  ist der Abstand der Gitterebenen des Kristalls;  $\theta$  ist der Winkel zwischen Röntgenstrahl und Gitterebene, auch als Braggwinkel bezeichnet. (Abb.5.43).

Die Wellenlänge der Röntgenstrahlung liegt von 1 pm bis 10 nm, was auch dem Abstand der Gitterebenen des Kristalls entspricht. Wenn die Röntgenstrahlung von einem Kristall abstrahlt, werden die Elektronen der Atome im Kristall zu erzwungenen Schwingungen angeregt und bewirken damit die Interferenzerscheinungen (Abb.5.44).

Die konstruktive Interferenz, die von der Messung erwartet und dann von einem Detektor gemessen wird tritt nur auf, wenn die Bragg-Gleichung erfüllt ist. Das heißt, die Röntgenstrahlung muss unter einem richtigen Winkel, nämlich dem Braggwinkel  $\theta$ , auf den

Kristall treffen, zusammen mit der gegebenen Wellenlänge der Röntgenstrahlung  $\lambda$  können die Gitterebenenabstände  $d$  ermittelt werden. Die Ergebnisse der Messung können mit der Datenbank von ICDD (International Center for Diffraction Data) verglichen werden. Weil jede Gruppe paralleler Gitterebenen einen charakteristischen Gitterebenenabstand hat, können die unbekannt kristallinen Phasen damit bestimmt werden.

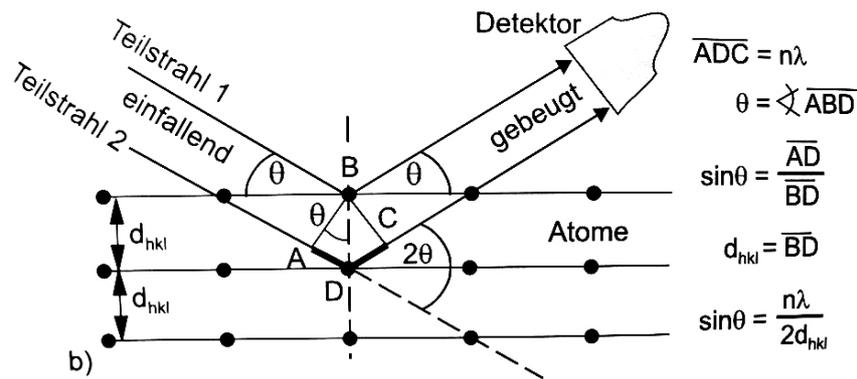


Abb.5.43. Reflexion von Röntgenstrahlen an Netzebenen und Ableitung der Bragg-Gleichung.  
(nach Spieß et al., 2005)

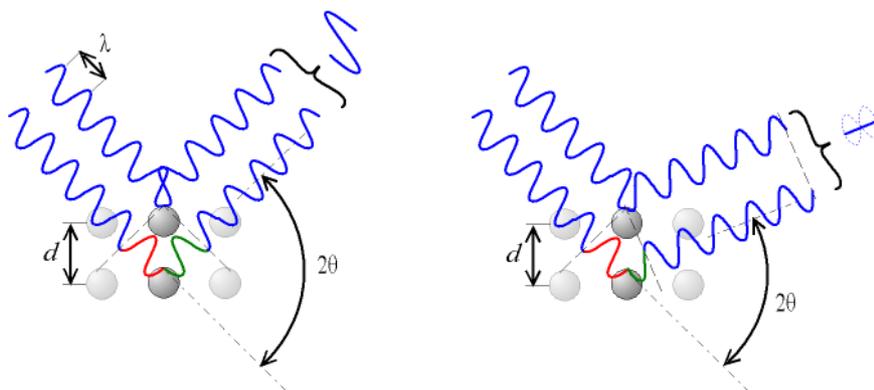


Abb.5.44. Beugungsgeometrie bei konstruktiver Interferenz (links) und destruktiver Interferenz (rechts).

(Internetquelle: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Loi\\_de\\_bragg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Loi_de_bragg.png))

In dieser Arbeit wurden die Korrosionen von allen 20 Objekten beprobt und mit dieser Methode untersucht.

### 5.5.2. Messbedingungen und Ergebnisse

Die 20 Proben wurden im Institut für Geowissenschaften, Arbeitsbereich Mineralogie und Geodynamik, Tübingen gemessen. Zunächst wurden die Proben zu feinkörnigem Pulver zermahlen und dann in einem Mikrodiffraktometer (Bruker Axs D8 Discover) mit 50 kV Kobaltanode ( $\lambda_{CoK\alpha}=0,179 \text{ nm}$ ) und zweidimensionalem HI-STAR-Detektor gemessen. Die Messungen wurden unter Verwendung einer 500  $\mu\text{m}$ -Monokapillaroptik durchgeführt. Mit der Monokapillaroptik kann im Vergleich zu den konventionellen Diffraktometern der Verlust der Röntgenstrahlung während der Messung wesentlich gesenkt und gleichzeitig die Intensität des Probensignals gesteigert werden. Die Messzeit für jede Probe wurde auf eine Minute eingestellt. In einer Minute wird bei den meisten Proben ein deutliches Beugungsbild erhalten, einige Proben wurden auf dem Proben Tisch rotiert, um ein besser Beugungsbild zu gewinnen. Die Beugungsbilder wurden vom Computer analysiert und die Kristallphasen durch Vergleich mit der Datenbank von ICDD bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5.6 dargestellt. Die Messskalen befinden sich in Anhang B.

Objekt	Probe Nr.	Identifizierte Phasen
1	Ma-070379	Quarz (SiO <sub>2</sub> )
2	Ma-070380	Malachit (CuCO <sub>3</sub> Cu(OH) <sub>2</sub> ), Cerussit (PbCO <sub>3</sub> ), Atacamit (Cu <sub>2</sub> Cl (OH) <sub>3</sub> )
3	Ma-070381	Cuprit (Cu <sub>2</sub> O), Cerussit
4	Ma-070382	Quarz, Gerhardtit (Cu <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> )(OH) <sub>3</sub> )
5	Ma-070383	Quarz, Gerhardtit, Dolomit (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )
6	MA-081190	Malachit
7	MA-081194	Quarz, Cerussit
8	MA-081192	Quarz, Atacamit
9	MA-081187	Atacamite
10	MA-081528	Quarz, Atacamit
11	MA-081201	Quarz, Cuprit, Atacamit
12	MA-081527	Quarz, Malachit, Cuprit, Calcit (CaCO <sub>3</sub> )
13	MA-081529	Quarz, Cerussit
14	MA-081198	Quarz, Cuprit
15	MA-081196	Quarz
16	MA- 081203	Quarz, Malachit
17	MA-090270	Quarz, Calcit
18	MA-090271	Quarz, Cerussit
19	MA-090276	Malachit
20	MA-090282	Quarz, Malachit,

**Tab. 5.6. Mineralphasen identifiziert mit XRD.**

### 5.5.3. Diskussion

Für die 20 Proben konnten einige Kristallphasen erkannt werden, wie Quarz, Malachit, Cuprit, Atacamit, Cerussit, Gerhardtit usw. Basierend auf den Ergebnissen können die 20 Proben in vier Gruppen eingeteilt werden (Tab.5.7). Die identifizierten Kristallphasen können Hinweise auf die Echtheit und Zustände der Bronzen liefern.

	Objekt-Nr.	Probe-Nr.	Kristallphasen
Gruppe A	4	Ma-070382	Quarz, Gerhardtit
	5	MA-070383	Quarz, Gerhardtit, Dolomit
Gruppe B	2	Ma-070380	Atacamit, Cerussit, Malachit,
	8	MA-081192	Atacamit, Quarz
	9	MA-081187	Atacamit
	10	MA-081528	Atacamit, Quarz
	11	MA-081201	Atacamit, Quarz, Cuprit
Gruppe C	3	Ma-070381	Cerussit, Cuprit
	7	MA-081194	Cerussit, Quarz
	13	MA-081529	Cerussit, Quarz
	18	MA-090271	Cerussit, Quarz
Gruppe D	1	Ma-070379	Quarz
	6	MA-081190	Malachit
	12	MA-081527	Cuprit, Malachit, Quarz, Calcit
	14	MA-081198	Cuprit, Quarz
	15	MA-081196	Quarz
	16	MA-081203	Malachit, Quarz
	17	MA-090270	Calcit, Quarz
	19	MA-090276	Malachit
	20	MA-090282	Malachit, Quarz

Tab. 5.7. Vier Gruppen von den 20 Objekten.

In Gruppe A sind die Objekte 4 und 5. In beiden Korrosionsproben ist Gerhardtit nachgewiesen. Gerhardtit ( $\text{Cu}_2(\text{NO}_3)(\text{OH})_3$ ) ist das am häufigsten vorkommende basische Salz des Kupfernitrates. Kupfernitrates kommt nur selten als Korrosionsprodukt in Bronze vor, weil Nitratsalze wasserlöslich sind. Selbst wenn sie entstehen, werden sie voraussichtlich von der Oberfläche der Bronzen weggespült.

Gerhardtit erscheint in den meisten Fällen als Komponente künstlich patinierter Kupferlegierungen (Scott 2002, 250). Viele gegenwärtige Rezepte, mit denen grüne Patina auf den Oberflächen von Bronzen erzeugt werden kann, enthalten Salpetersäure, Kaliumnitrat, Natriumnitrat oder Ammoniumnitrat (Hughes and Rowe, 1991), welche Kupfernitrates verursachen können. Zusammen mit den Ergebnisse der RFA Analyse (beide Proben enthalten Aluminium im Promillebereich) und der Pb-210 Analyse (beide wurde Aktivität von Pb-210 gemessen) kann man behaupten, dass die Korrosionen der Objekte 4 und 5 künstlich erzeugt wurden.

Objekt 2, 8, 9, 10, 11 formen die Gruppe B. In dieser Gruppe wurde Atacamit in allen Proben erkannt.

Atacamit ( $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ ) ist eines der am häufigsten vorkommenden Kupfer-Trihydroxychloride Isomer in der Natur. Es ist auch eine der Hauptkomponenten von Korrosion in Folge der Bronzkrankheit auf den Oberflächen von Bronzen.

Die sogenannte Bronzkrankheit ist das schrittweise Verderben der Bronzen, die vom Cuprochlorid in der Bronzen verursacht wird (Scott 2002, 126). Die chemische Reaktion ist eine Art von Oxidation und Hydrolyse der Cuprochlorid, mit der Gleichung wie folgt:



Wenn es in einer Bronze CuCl gibt, wird Cuprochlorid unter geeigneten Bedingungen, wie z.B in feuchter Umgebung, oxidiert. Atacamit ist ein Produkte dieser Reaktion. Es ist hellgrün und pulverförmig (Abb.5.45). Wenn diese chemische Reaktion fortdauernd anhält, kann die Bronze Krankheit im schlimmsten Fall eine ganze Bronze zu einem Haufen Pulver verwandeln.

Die Anwesenheit des Atacamits ist ein Hinweis auf die Bronzkrankheit, aber nicht immer wird Atacamit auf der Oberfläche von Bronzen durch die Bronzkrankheit verursacht. Es

kann sich auch um eine oberflächliche Chloridkorrosion handeln, dies ist zu beachten und gilt es, die Chloridionen möglichst komplett zu entfernen, weil die Chloridionen eine latente Gefährdung für die Bronzen darstellen.

In Gruppe C sind die Objekte 3, 7, 13 und 18. Cerussit ( $\text{PbCO}_3$ ) ist die gemeinsame Kristallphase dieser Objekte. Cerussit hat ein ähnliches Aussehen wie Atacamit. Es ist ebenfalls hellgrün und locker und fällt leicht von den Bronzen ab (Abb.5.46). Cerussit hat eine niedrige chemische Aktivität im Vergleich zum Cuprochlorid, welches die Bronze Krankheit verursachen kann. Aber die lockere pulverförmige Struktur des Cerussits lässt die Schadstoffe von der Umgebung im Innern anreichern, die schädlich für die langjährige Bewahrung der Bronzen sind (Chen 2003, 85).

Wenn Cerussit von der Umgebung gut abgegrenzt ist, verursacht es kaum weitere Schäden an den Bronzen. Aber die lockere Struktur und die hellgrüne Farbe von Cerussit passen oft aus ästhetischem Grund nicht zu den Bronzen und basierend auf dem Zustand der Korrosionen auf den Bronzen sollte Cerussit wahlweise behandelt werden.



Abb.5.45. Atacamit auf Objekt 10.



Abb.5.46. Cerussit auf Objekt 13.

Die anderen Objekte No.1, 6, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 20, bilden die Gruppe D. In Gruppe D wurden Cuprit, Malachit, Quarz und Calcit bestimmt. Quarz und Calcit kommen aus der Umgebung und lagern sich auf der Oberfläche der Bronzen ab.

Als Korrosion auf Bronzen kann Cuprit in feuchter Luft sowie unter der Erde entstehen. Auf den meisten Bronzen wächst Cuprit direkt auf der ursprünglichen Oberfläche der Metalle und führt zu einer oder mehreren Korrosionsschichten, werden diese im Querschnitt untersucht,

sind oftmals die verschiedenen Schichten zu erkennen.

Malachit tritt auf ausgestellten Bronzen beispielsweise in Museen nur selten auf, aber wenn Bronzen lange unter der Erde lagen, kann Malachit als schöne grüne Korrosionsschichten auf den Bronzen wachsen. Normalerweise entsteht Malachit auf einer Cuprit Schicht, die sich als das erste Korrosionsprodukt direkt auf dem Metall befindet. Teilweise sind auf einer Bronze sogar mehrere Korrosionsschichten von abwechselnd Malachit und Cuprit zu beobachten (Scott 2002, 107).

Die Cuprit und Malachit Minerale wurden auch als Rohmaterialien verwendet, um künstliche Korrosionen auf den Bronzen zu erzeugen. Deswegen ist die Anwesenheit von Cuprit und Malachit noch kein Beweis für die Echtheit von Bronzen. Bei der Fälschung von Bronzen können aber nur teilweise und ungleichmäßige Korrosionsschichten erzeugt werden. Natürliche Übergänge zwischen einer Metallschicht und Cuprit sowie Malachit können bis heute kaum nachgemacht werden, daher sind regelmäßig Korrosionsschichten ein guter Hinweis für die Authentizität der Bronzen. Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Untersuchung der Korrosionsschichten unter dem Polarisationsmikroskop vorgestellt.

## 5.6 Metallographie

### 5.6.1. Einführung

Mit der Erlaubnis von Herrn Speidel konnten alle 20 Objekte beprobt werden. Die Proben sollten möglichst klein sein, aber ausreichende Aufschlüsse über die Korrosion und das Metallgefüge der Bronze geben. Gleichzeitig sollten die Proben das ästhetische Aussehen der Bronzen nicht wesentlich beschädigen.

Zunächst wurden die Proben in Epoxidharz eingebettet (Abb.5.47), dann wurden sie geschliffen und poliert. Bei dem Schleifen wurden die Schleifpapiere ordnungsgemäß von grobkörnig zu feinkörnig verwendet. Vor dem Polieren sollten die Kratzer auf der Oberfläche der Proben weggeschliffen werden, da sie alleine durch Polieren nicht zu beseitigen gewesen wären.



Abb.5.47. 20 Proben in Epoxidharz

Die polierten Proben wurden unter dem Polarisationsmikroskop untersucht, damit ein Eindruck vom vertikalen Aufbau der Korrosionsschichten gewonnen werden kann. Die Formen der Korrosionen ergeben bereits einige Hinweise auf die Echtheit der Bronzen.

Nach der Betrachtung der Korrosionen wurden die Proben mit einer alkoholischen Ferrichlorid Lösung geätzt. Das Verhältnis der Lösung bestand aus 120 ml Ethanol ( $C_2H_5OH$ ), 30 ml Salzsäure (HCl) und 10g Ferrichlorid ( $FeCl_3$ ). Die Proben wurden für einige Sekunden in der Lösung geätzt, woraufhin die Metallgefüge unter dem Mikroskop sehr deutlich zu erkennen waren.

## 5.6.2. Korrosion

Unter der Auflichtmikroskopie erscheinen Korrosionsprodukte, nichtmetallische Einschlüsse, Mineralbodenmaterialien usw. grau, aber unter dem Polarisationsmikroskop weisen sie verschiedene Farben auf (Abb.5.48). Beispielsweise erscheint das am häufigsten vorkommende Korrosionsprodukt Cuprit unter dem Polarisationsmikroskop rot. Malachit, ein weiteres gewöhnliches Korrosionsprodukt erscheint grün. Aber man muss vorsichtig sein, da einerseits eine Phase teilweise unterschiedliche Farbe haben kann andererseits gleiche Farben oft verschiedene Phasen bedeuten können. Die Identifikation der Phasen kann mit Röntgendiffraktion (XRD), Elektronenmikrosondeanalyse, Rasterelektronenmikroskop (SEM) usw. durchgeführt werden. Einer Hauptvorteil mit dem polarisierten Licht ist die farbige Darstellung der Formen und der Verteilung der Korrosionsprodukte. Beruhend auf Erfahrung können die Bilder von polarisiertem Licht oft entscheidende Informationen über die Echtheit der Bronzen ergeben.



(a) in Hellfeldbeleuchtung (x100)

(b) in polarisiertem Licht (x100)

Abb.5.48. Objekt 11 mit Hellfeldbeleuchtung und polarisiertem Licht.

Aufgrund der vorherigen Untersuchungen wurden die 20 Proben in vier Gruppen geteilt und untersucht. In Gruppe A wurden die Korrosionen der echten Objekte diskutiert, in Gruppe B, C und D die verschiedenen Arten der künstlichen Korrosionen.

In Gruppe A gibt es Objekt 7 und 18. Diese zwei Objekte erscheinen in jeder Hinsicht alt:

bei den chemischen Zusammensetzungen weisen sie kein Aluminium und Zink auf, ebenso wurde keine Pb-210 Aktivität bei den zwei Objekten gemessen. Im Folgenden nun werden die Untersuchungen der Korrosionen dieser zwei Objekte vorgestellt.

In Abb. 5.49 ist Objekt 7 zu sehen, hier erkennt man eine hellblaue Korrosionsschicht, die nach aussen gewachsen ist sowie eine dunkelblaue Korrosion, die sich ins Innere des Objektes fortsetzt. Die Korrosionsschicht auf Objekt 18 (Abb.5.50) ist sehr dünn, sie ist grünblau angelauten. Die Dicke einer Korrosionsschicht hängt immer von der Umgebung ab. Von besonderer Bedeutung sind hier Feuchtigkeit, Erdsäuren, Temperatur und auch alle anderen Umgebungseinflüsse wie Verpackung usw. Die dünne und regelmäßige Korrosionsschicht zeigt, dass Objekt 18 gleichmäßigen und stabilen Bedingung ausgesetzt war.

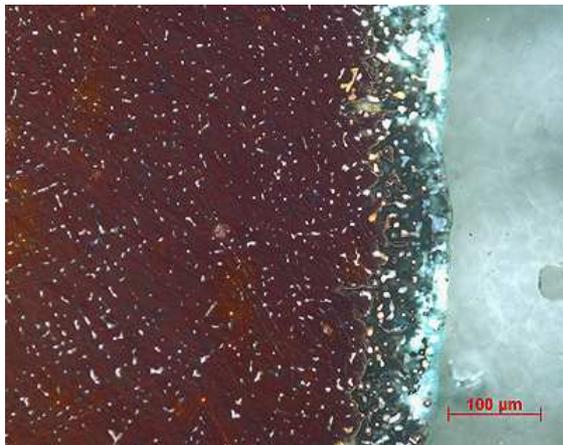


Abb.5.49. Schliffbild von Objekt 7 (x200).



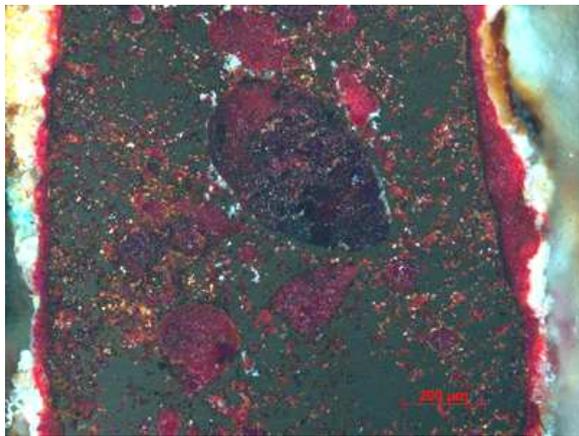
Abb.5.50. Schliffbild von Objekt 18 (x500).

Die Korrosionen auf den zwei Objekten widersprechen der Echtheit der Bronzen nicht.

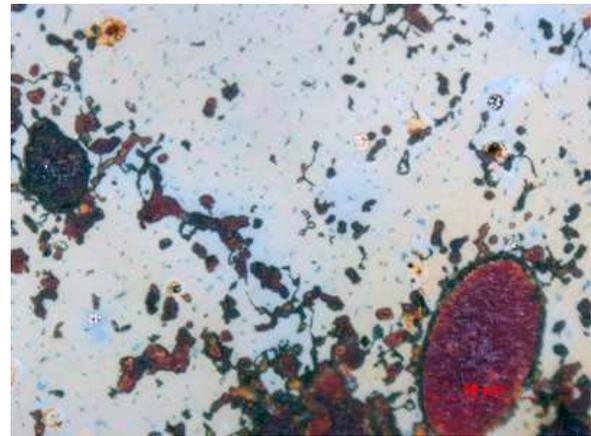
Die Objekte in Gruppe B, C und D sind entweder von den makroskopischen Beobachtungen oder von den chemischen Zusammensetzungen her oder aufgrund der Ergebnisse der Pb-210 Analysen als Fälschungen einzustufen. Die Korrosionen auf diesen Bronzen zeigen unterschiedliche Eigenschaften, aufgrund derer sie jeweils einer unterschiedlichen Gruppe zugeordnet wurden.

In Gruppe B gibt es die Objekte 2, 3, 11, 12, 13, 16 und 17 (Abb.5.48, 51-56). Die Korrosion dieser Objekte sieht echt aus, da sie eine deutlich rote Cupritschicht aufweisen. Alle sieben Objekte besitzen außerdem intergranulare Korrosionen. Aber dies sind auch keine

Beweise für die Echtheit der Bronzen. Die Korrosionen selbst können zwar echt sein, aber sie müssen nicht notwendigerweise in tausenden von Jahren entstanden sein, sondern können sich auch in einigen wenigen Jahren gebildet haben. Wie in Abb.5.57 gezeigt wird, beträgt die Stärke der Korrosionen moderner Kupferlegierungen, die jünger als zwanzig Jahren sind, typischerweise zwischen 10 und 100 µm, was der Patina von vielen archäologischen Bronzen entspricht (Robbiola 2006, 5). Erschwerend kommt hinzu, dass jüngere Fälschungen oft mit chemischen Methoden behandelt und jahrelang in Erde eingegraben werden (s. Kapitel 4.2.2), um das Wachsen der Korrosionen zu beschleunigen. Aus diesem Grund besitzen solche Fälschungen Korrosionen, die wie Korrosionen auf den archäologischen Bronzen aussehen.

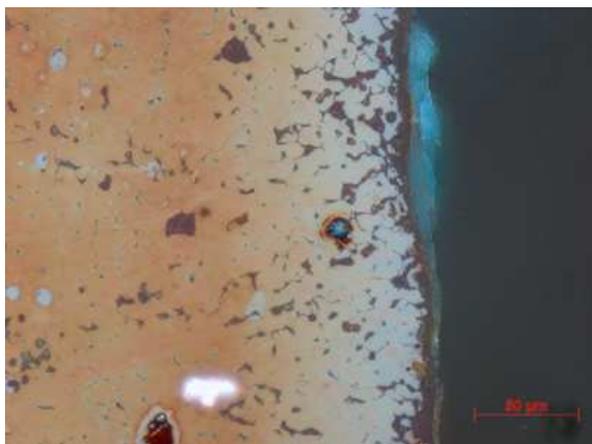


(x100)

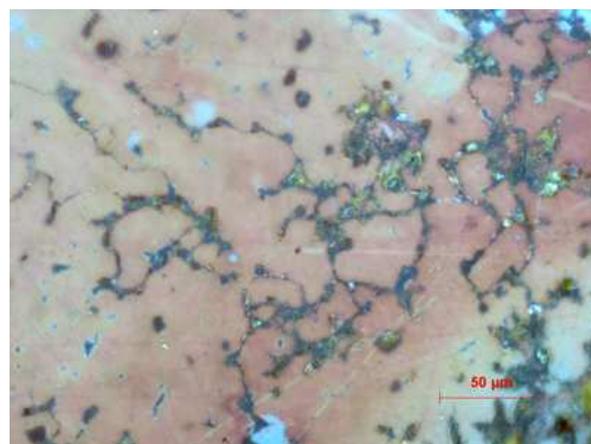


(x500)

Abb.5.51. Schliffbild von Objekt 2.



(x100)



(x500)

Abb.5.52. Schliffbild von Objekt 3.

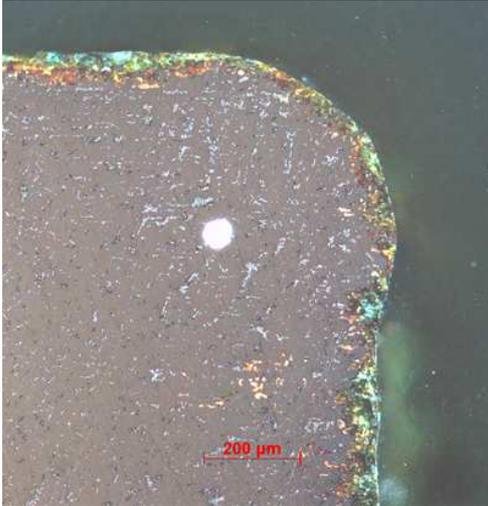


Abb.5.53. Schliffbild von Objekt 17 (x200).

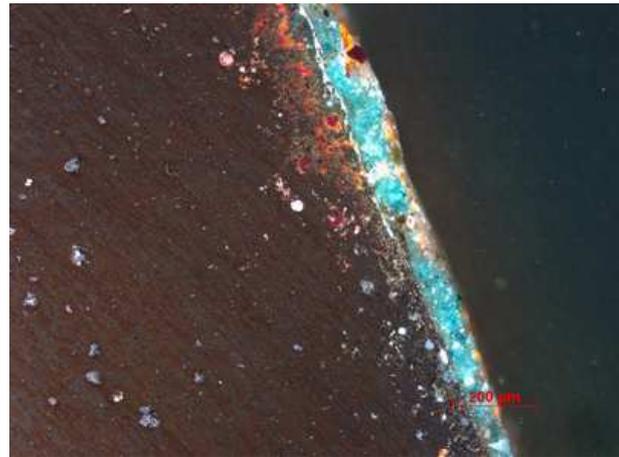


Abb.5.54. Schliffbild von Objekt 12 (x100).

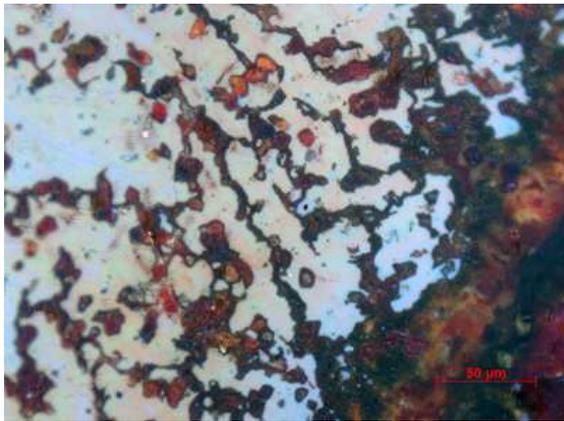


Abb.5.55. Schliffbild von Objekt 13 (x500).

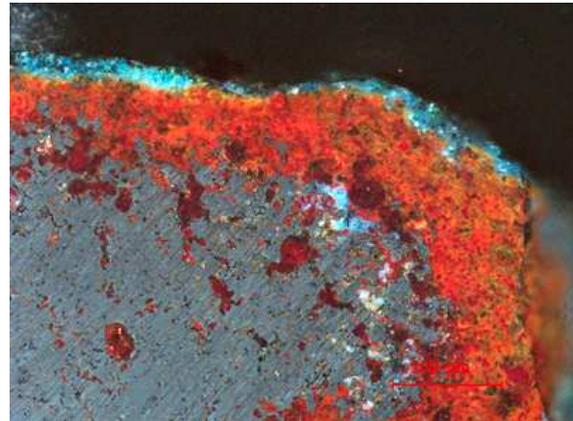


Abb.5.56. Schliffbild von Objekt 16 (x100).

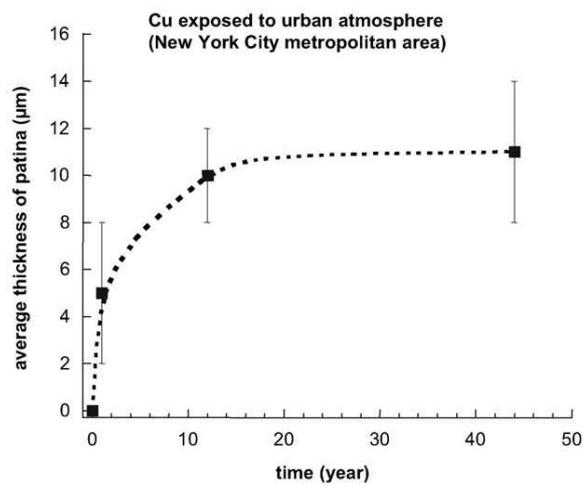


Abb.5.57. Zeit-Korrosion Kurve. (nach Robbiola 2006, Fig.5.a)

In Gruppe C gibt es die Objekte 4, 5, 6, 8, 9, 10 und 14 (Abb.5. 58-64). Die Korrosionen dieser sieben Objekte wurden vermutlich durch Säure erzeugt. Die Schliffbilder 4, 9 und 14 zeigen Spuren aggressiver Angriffe. Die Schliffbilder 5, 6, 8, 10 zeigen Streifungen, die im Gegensatz zu Originalfunden viel zu regelmäßig ausfallen. Beides sind Belegen für Korrosionen, die durch Säure erzeugt wurden. Außerdem vermisst man in den Schliffbildern sowohl inter- als auch intragranulare Korrosionen, die zudem nur auf die Oberfläche der Objekte beschränkt sind.

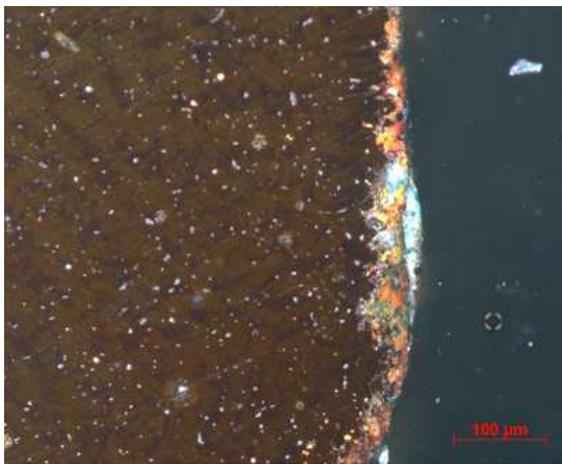


Abb.5.58. Schliffbild von Objekt 4 (x200).

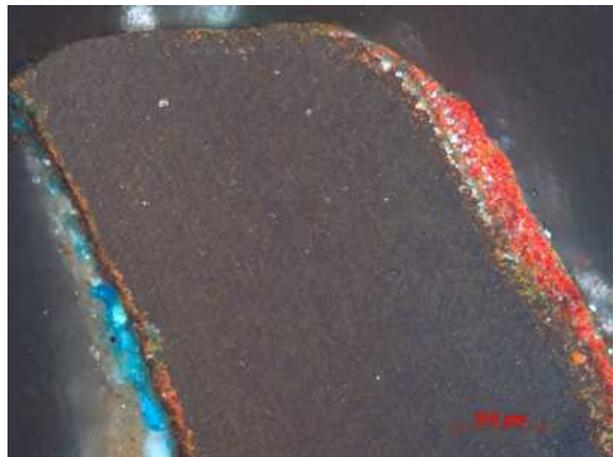


Abb.5.59. Schliffbild von Objekt 5 (x100).

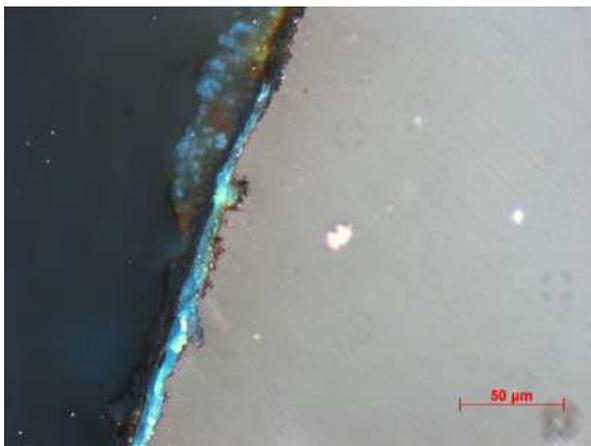


Abb.5.60. Schliffbild von Objekt 6 (x500).

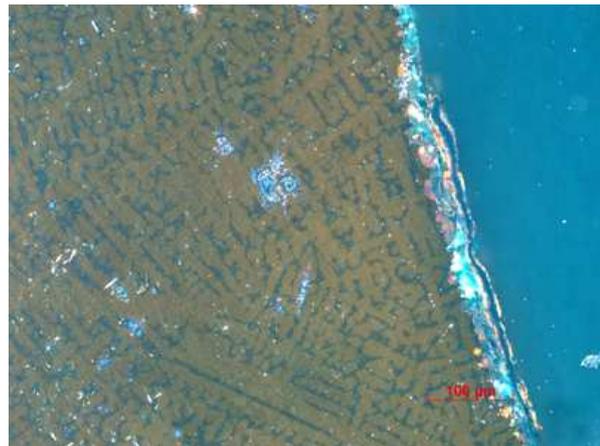


Abb.5.61. Schliffbild von Objekt 8 (x200).

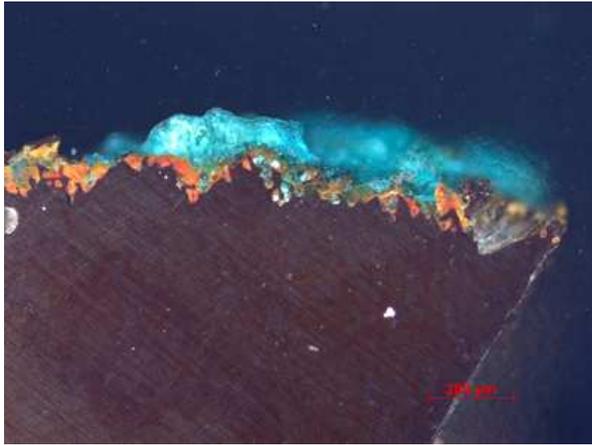


Abb.5.62. Schliffbild von Objekt 9 (x100).



Abb.5.63. Schliffbild von Objekt 10 (x200).

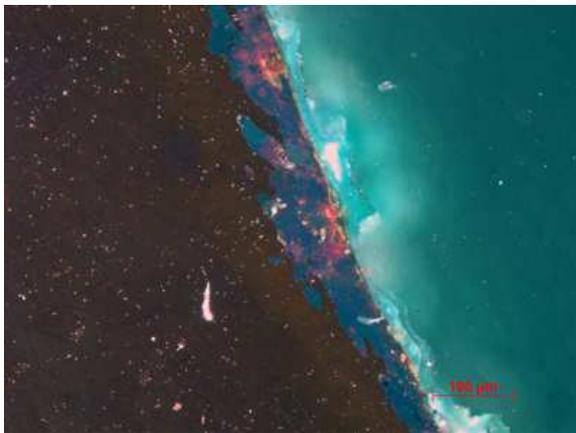


Abb.5.64. Schliffbild von Objekt 14 (x200).

Die Objekte 1, 15, 19, 20 gehören zu der Gruppe D (Abb.5.65-68). In dieser Gruppe handelt es sich um hinzugefügte Korrosionen, die entweder durch Bemalung oder durch Anfügen erzeugt wurden (s. Kapitel 4.2.2). Die Unterschiede zu den durch Säure erreichten Korrosionen bestehen darin, dass sie eine homogene Struktur aufweisen und keine aggressiven Veränderungen ins

Objektinnere zeigen. Außerdem ist in diesem Fall für gewöhnlich noch die alte Oberfläche in Form einer Grenzfläche unter der angefügten Korrosion zu erkennen.

Objekt 1 (Abb.5.65) und Objekt 20 (Abb.5.66) zeigen eine dünne Korrosionsschicht auf den Oberflächen. Bei der Korrosionsschicht von Objekt 1 handelt es sich offenbar um eine schwarze Bemalung.

Zwischen der hellblauen Korrosion und der Metalloberfläche von Objekt 20 sieht man eine dünne Schicht von unbekanntem schwarzem Material, bei dem es sich möglicherweise um Klebstoff handelt.

Die Schliffbilder der Objekte 15 (Abb.5.67) und 19 (Abb.5.68) zeigen recht dicke homogene Korrosionen. Auf dem Schliffbild von Objekt 15 sieht man die ehemalige Oberfläche von oranger Farbe, an welche die blaue Korrosion schließt. Da die Korrosion

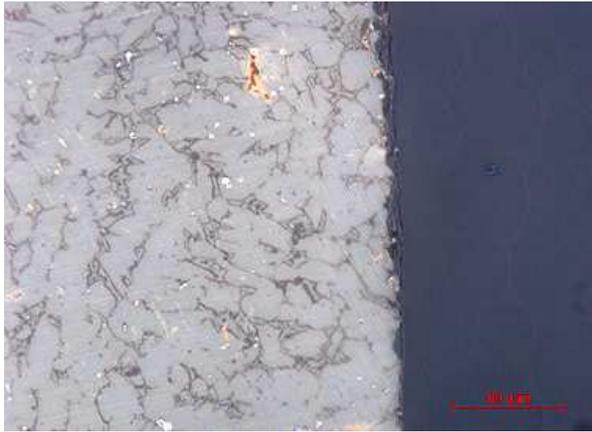


Abb.5.65. Schliffbild von Objekt 1 (x500).

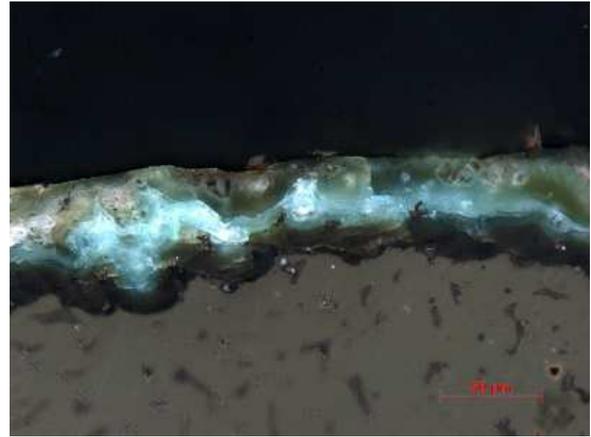
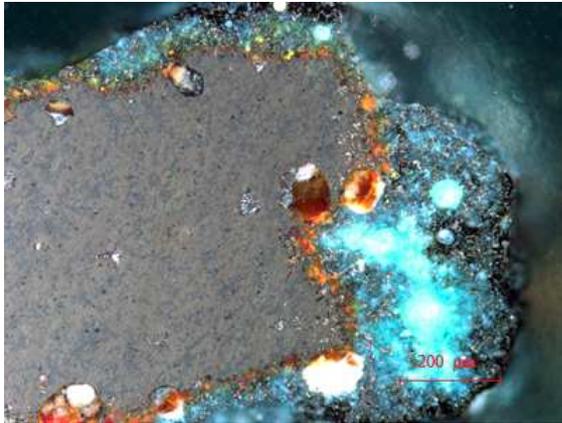
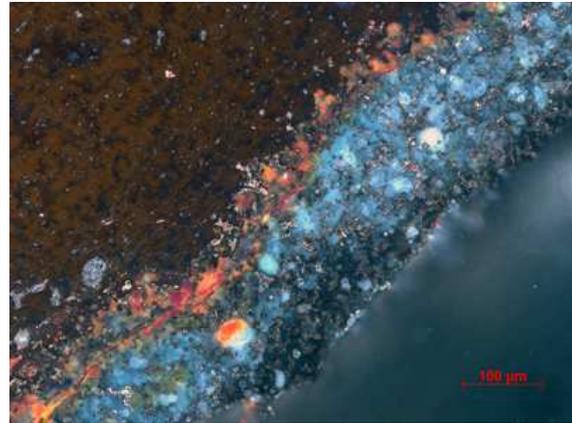


Abb.5.66. Schliffbild von Objekt 20 (x500).

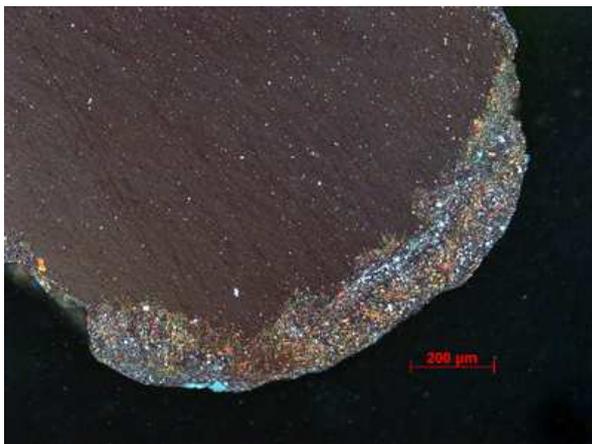


(x100)

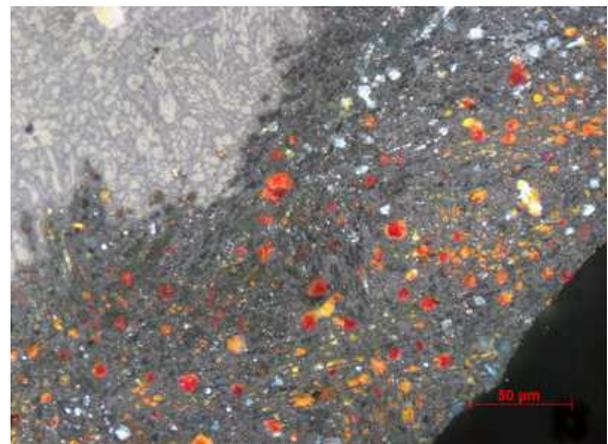


(x200)

Abb.5.67. Schliffbild von Objekt 15.



(x100).



(x500)

Abb.5.68. Schliffbild von Objekt 19.

nicht in die alte Oberfläche eingreift sondern glatt an sie angefügt ist, handelt es sich um eine nachträgliche Anfügung. Die Korrosion von Objekt 19 enthält gleichförmige orangefarbene mineralische Einschlüsse. Im Schliffbild sind keine intergranularen oder intragranularen Korrosionen sichtbar.

### **5.6.3. Metallgefüge**

Nach den Untersuchungen der Korrosionen wurden die 20 Proben geätzt und unter dem Mikroskop analysiert. Durch die Beurteilung der Form, Größe und Anordnung der Kristallite mit ihren Korngrenzen und Verunreinigungen ermöglichen die Gefügeschliffbilder umfangreiche Aussagen über den Wärmebehandlungszustand und die mechanischen Eigenschaften der Objekte. In Bezug auf die Echtheit der Bronzen ergeben sie allerdings kaum Erkenntnisse, weswegen sie hier nur kurz besprochen werden. Die Gefügeschliffbilder der 20 Objekte sind im Anhang C dargestellt.

Die alten chinesischen Bronzen wurden entweder gegossen oder geschmiedet, oder erst gegossen und danach geschmiedet. Die gegossenen Bronzen zeigen meistens eine Struktur in Form von sog. Dendriten. Der Dendrit ist ein Phänomen, welches aufgrund unreiner Metalle oder Legierungen entsteht, da die Komponenten der Metalle oder Legierungen normalerweise unterschiedliche Schmelzpunkte haben. In einer Kupfer-Zinn Legierung (Zinnbronze) hat Kupfer einen Schmelzpunkt bei 1083°C und Zinn bei 232°C. Kühlt die Legierung ab, kristallisiert das Kupfer zuerst und formt den Hauptteil des Dendrits, beim weiteren Abkühlen entsteht dann der äußere Bereich des Dendrits, der dann zinnreich ist. Die Dendriten sehen wie kleine Bäumchen oder Farnkraut aus und haben ein willkürliches Wachstum. Sie wachsen solange, bis sie sich treffen. Das Wachsen der Dendriten hängt von der Abkühlungsgeschwindigkeit ab, je schneller die Abkühlung erfolgt, desto kleiner fallen die Dendriten aus (Scott 1991, 5).

Bis auf Objekt 6 und 14 wurden alle Objekte gegossen und weisen Dendriten auf, die Schliffbilder sind in Anhang C zu finden. Die Objekte 6 und 14 sind Knetlegierungen und enthalten im Gefüge Rekristallisationszwillinge. In Abb. 5.69 ist die Veränderung des Metallgefüges dargestellt, die zustande kommt, wenn eine Legierung, welche

Dendrit-Strukturen aufweist anschließend künstlich bearbeitet wurde (s. Anhang C, 6 und 14).

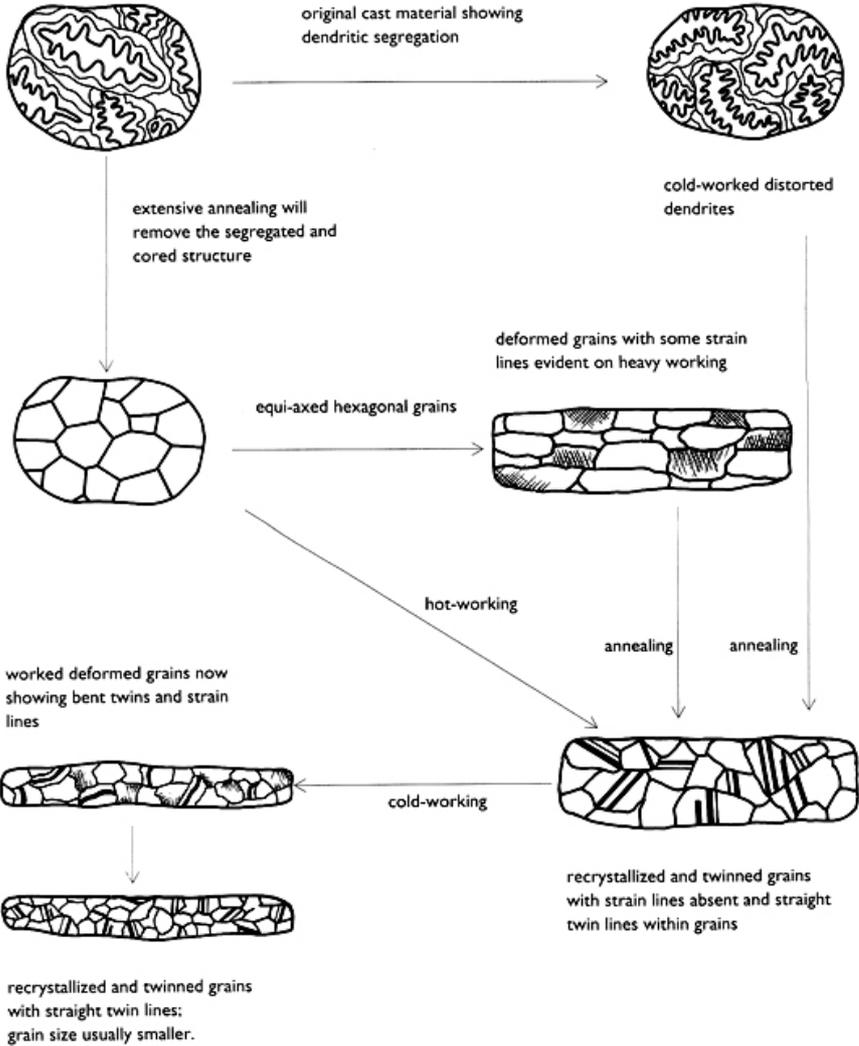


Abb.5.69. Veränderung der Metallgefüge (nach Scott 1991, Fig.12).

## 6. Zusammenfassung

Diese Arbeit hat versucht, die archäologische Typologie mit naturwissenschaftlichen Methoden zu verbinden, um die Echtheit der Bronzen zu bestimmen.

Zunächst wurde eine Übersicht der Bronzezeit Chinas gegeben, dann wurden die Oberflächenverzierungstechniken sowie die Geschichte der Kopie und Fälschung der chinesischen antiken Bronzen vorgestellt.

20 chinesische Bronzen, die aus einer privaten Sammlung stammen, wurden in dieser Arbeit auf ihre Echtheit hin untersucht. Typologisch sind die Bronzen verschiedenen Dynastien Chinas zuzuordnen, die älteste der Shang Dynastie (Objekt No.20) und die jüngste der Yuan Dynastie (Objekt No.14), aber die Mehrheit gehört der Han Dynastie an. Die Fundorten der meisten Bronzen sind unbekannt, nur Objekt 9 kommt angeblich aus Taiwan. Da die Objekte einem sehr langen Zeitraum sowie einem großen geografischen Gebiet entstammen, war es nicht das Ziel dieser Arbeit, eine eigene Typologie der Bronzen zu erstellen. Das Anliegen dieser Arbeit bestand vielmehr darin, sie auf ihre Echtheit hin zu untersuchen sowie ihren zeitgenössischen Kontext zu betrachten, aufgrund dessen sich machen Bronzen bereits als Fälschungen einstufen ließen, z.B. Objekt 1 und 20.

Zuerst wurden die Bronzen beschrieben und eingehend betrachtet und dann mit vier naturwissenschaftlichen Methoden untersucht: Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA),  $^{210}\text{Pb}$  Test, Röntgendiffraktion (XRD) Methode sowie Durchführung metallographischer Untersuchungen.

Durch die makroskopische Beobachtungen können einige Hinweise, die um den Fälschungen zu erkennen, entdeckt werden, wie z.B die moderne Fasern und Frässpuren auf den Objekte 1-5, 11 und 17.

Bisher gibt es noch keine naturwissenschaftliche Methode, die das Alter der Bronzen direkt bestimmen kann, hierfür ist man nach wie vor auf die typologische Einordnung angewiesen. Die gegenwärtigen Methoden untersuchen für gewöhnlich einen oder mehrere Aspekte der Eigenschaften von Bronzen, beispielsweise die chemische Zusammensetzung des Metalls, seine Korrosion, die Isotope usw. Diese Methoden liefern bereits Hinweise auf die Echtheit

der Bronzen und sogar manche Fälschungen können damit erkannt werden. Oftmals müssen diese Methoden aber in geeigneter Weise kombiniert werden, um sicher zu sein, dass es sich um Fälschungen handelt. Die vier, in dieser Arbeit ausgewählten Methoden stellen solch eine Kombination dar.

Die Analyse der chemische Zusammensetzung von Bronzen ist eine der am häufigsten verwendeten Methoden. In dieser Arbeit wurde die Zusammensetzung der Bronzen mithilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) gemessen, eine Methode, die eine zerstörungsfreie Untersuchung erlaubt. Die Bronzen können am Stück in die Maschine gelegt werden und die Zusammensetzung wird direkt gemessen. Da in unserem Fall jedoch Bohrproben existierten, konnten diese für die Messung verwendet werden. Dies begünstigte zudem eine höhere Auflösung der Messung und ermöglichte sowohl die Haupt- und Nebenelemente als auch die Spurenelemente zu ermitteln. Aufgrund der unterschiedlichen Herstellungstechniken in den verschiedenen Dynastien haben die Bronzen unterschiedliche chemische Zusammensetzungen, weshalb die Untersuchung derselben bereits wertvolle Hinweise in Bezug auf die Authentizität und eventuell auch die Datierung liefert. Die Analysenergebnisse der chemischen Zusammensetzung werden mit bereits existierenden Datenbanken verglichen. Dies hilft zu entscheiden, welcher Zeit die Bronzen, abgesehen von ihren stilistischen Merkmalen, auch von ihrer Zusammensetzung her am besten entsprechen. Allerdings gibt es derzeit erst Datenbanken für die Bronzen der Shang und Zhou Dynastien, für andere Dynastien sind Datenbanken erst noch aufzubauen. Da die in dieser Arbeit untersuchten Bronzen in der Regel jedoch jünger als die Han Dynastie sind, gibt es für diese Objekte derzeit keine Vergleichsdatenbanken. Dennoch ermöglichte die Zusammensetzungen der Bronzen wenigstens Aussagen über ihre Echtheit zu treffen. Da es sich bei den alten chinesischen Bronzen für gewöhnlich um Bleibronzen mit geringem Zinkgehalt handelt, lässt ein hoher gemessener Zinkgehalt bereits darauf schließen, dass es sich wahrscheinlich um eine Fälschung handelt, was der Fall bei Objekt 1, 4 und 5 war. Eine zusätzliche Bestätigung und damit sicher als Fälschungen einzustufen, erbrachte das in den Bronzen gemessene Aluminium (in den Objekten 1,3-6, 9, 13, 14), ein Element, das erst seit dem Ende des 19. Jahrhunderts verfügbar ist. Teilweise liefern aber auch Spurenelemente wichtige Hinweis über die Echtheit von Bronzen. Beispielsweise deutet ein niedriger Arsengehalt zusammen mit

einem niedrigen Silbergehalt auf modernes elektrolytisch raffiniertes Kupfer hin, eine Zusammensetzung, die auch in mehreren unserer Objekten (Nr. 1, 4-6, 8-10, 14 und 20) angetroffen wurde.

Durch die vielversprechende Weiterentwicklung archäometrischer Methoden ist für die Zukunft sogar mit noch besseren Untersuchungsmöglichkeiten für die chemische Zusammensetzung von Bronzen zu rechnen.

Der  $^{210}\text{Pb}$  Test stellt schon heute eine zuverlässige Methode dar, um Fälschungen von Bronzen zu erkennen und damit in gewisser Weise auch zu bekämpfen. Die Anwendbarkeit dieses Analyseverfahrens wurde in zahlreichen Experimenten bestätigt und hat den Vorteil, dass das Ergebnis aussagekräftig ist und keiner weiteren Auswertungen bedarf. Wird in Bronzen eine Aktivität von  $^{210}\text{Pb}$  gemessen, dann handelt es sich um eine Herstellung dieses Objektes aus dem 20. Jahrhundert. Die Abwesenheit von messbarer Radioaktivität des  $^{210}\text{Pb}$  in Bronzen ist allerdings noch kein Beweis für die Echtheit der Bronzen, weil altes Metall oder außergewöhnlich reine Ausgangsmaterialien verwendet worden sein können und hier ist die Grenze dieser Methode erreicht. In dem Fall, dass für Bronzen keine Aktivität von  $^{210}\text{Pb}$  gemessen wird, sind dann weitere, bzw. ergänzende Untersuchungen vorzunehmen.

In 13 der von uns untersuchten Objekte (Nr. 1-5, 8, 9, 12, 14-16, 19 und 20) wurde die Radioaktivität des  $^{210}\text{Pb}$  gemessen, weshalb diese eindeutig als Fälschungen anzusprechen sind. Die anderen sieben Objekte wiesen keine Aktivität von  $^{210}\text{Pb}$  auf, woraufhin sie mit weiteren Methoden auf ihre Echtheit hin analysiert wurden.

Mit der Röntgendiffraktion (XRD) Methode lassen sich die Mineralphasen von Korrosionen auf Bronzen ermitteln. Für Kunstkenner stellt die Korrosion eines der wichtigsten Kriterien dar, eine Fälschung zu erkennen. Ohne Kenntnis der Mineralphasen, erfordert dies jedoch langjährige Erfahrung. Die Mineralphasen dagegen helfen Fälschung einfacher zu erkennen. Manche Korrosionen wurden durch Säure erzeugt, was sich in den Untersuchungsergebnissen beispielsweise in Form von Nitrat zeigt. Dies war auch bei unseren Objekten 4 und 5 der Fall, in deren Korrosionen Gerhardtit erkannt wurde. Dies ließ darauf schließen, dass es sich um künstlich erzeugte Korrosionen handelt.

Die Mineralphasen helfen den Zustand der Bronzen zu verstehen, so weist beispielsweise die Existenz von Atacamit in Korrosionen oft auf die Bronzkrankheit hin. Auf den Objekte 2,

8-11 wurde Atacamit festgestellt.

In dieser Arbeit wurden Pulverproben, die durch Abkratzen von der Oberflächen der Bronzen erzeugt wurden, untersucht. Bronzen können auch zerstörungsfrei mit der XRD Methode untersucht werden, wobei die Beschränkung dieser Methode darin besteht, dass die erkannten Mineralphasen keinen direkten Beweis für die Echtheit der Bronzen liefern. Manche Mineralphasen, die häufig in Korrosionen echter Bronzen auftreten, wie z.B. Cuprit und Malachit, können den Bronzen auch künstlich hinzugefügt worden sein. Aus diesem Grund ist die XRD Methode durch weitere Methoden zu ergänzen.

Bei der Metallographischen Untersuchung wurden die Anschliffe der Bronzen unter dem Polarisationsmikroskop betrachtet. Das Schliffbild ermöglicht, den vertikalen Aufbau der Korrosionsschichten zu verstehen. In dieser Arbeit wurden die Korrosionen in vier Gruppen eingeteilt und diskutiert. Dabei handelt es sich 1. um echte alte Korrosionen, 2. echt aussehende, aber junge Korrosionen, 3. mithilfe von Säure gefälschte Korrosionen und 4. künstlich hinzugefügte Korrosionen.

Die Metallgefüge der Bronzen wurden in dieser Arbeit nur kurz behandelt, da sie in Bezug auf die Echtheitsbestimmung von Bronzen kaum weiterführen.

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass die vier hier angewendeten Methoden eine Echtheit lediglich für die Objekte 7 und 18 ergab, dafür jedoch in jeder Hinsicht. Bei den anderen 18 Objekte dagegen handelt es sich um Fälschungen, die Zusammenfassung der Beobachtungen wurde in der Tabelle 5.8 Dargestellt.

Natürlich gibt es zahlreiche weitere Methoden, die bei der Echtheitsbestimmung von Bronzen angewendet werden können, so z.B. die Raman-Spektroskopie, Rasterelektronenmikroskopie (REM) oder die Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry, ICPMS) usw.

Die Auswahl der Methoden in dieser Arbeit orientierte sich zum einen an der Fragestellung und zum anderen an den damit verbundenen Kosten. Hinsichtlich der Fragestellung sollten möglichst zahlreiche Aspekte berücksichtigt werden, die notwendig sind, um die Echtheit bzw. eine Fälschung der Objekte belegen zu können, wofür in der Regel eine Kombination aus mehreren Methoden notwendig ist. Gleichzeitig sollten die Untersuchungskosten so gering wie möglich gehalten werden. Vor diesem Hintergrund erschien eine Kombination aus den

vier hier angewendeten Methoden die optimale Vorgehensweise.

Eine besondere Herausforderung stellen große Bronzen sowie Bronzen mit komplexen Bestandteilen dar, da sie sowohl aus echten als auch gefälschten Bestandteile zusammengesetzt sein können. In diesem Fall sind archäologische Kenntnisse zur Typologie und Chronologie von Bronzen absolut notwendig, da teilweise auch stilistische Merkmale verschiedener Zeitstufen miteinander kombiniert wurden.

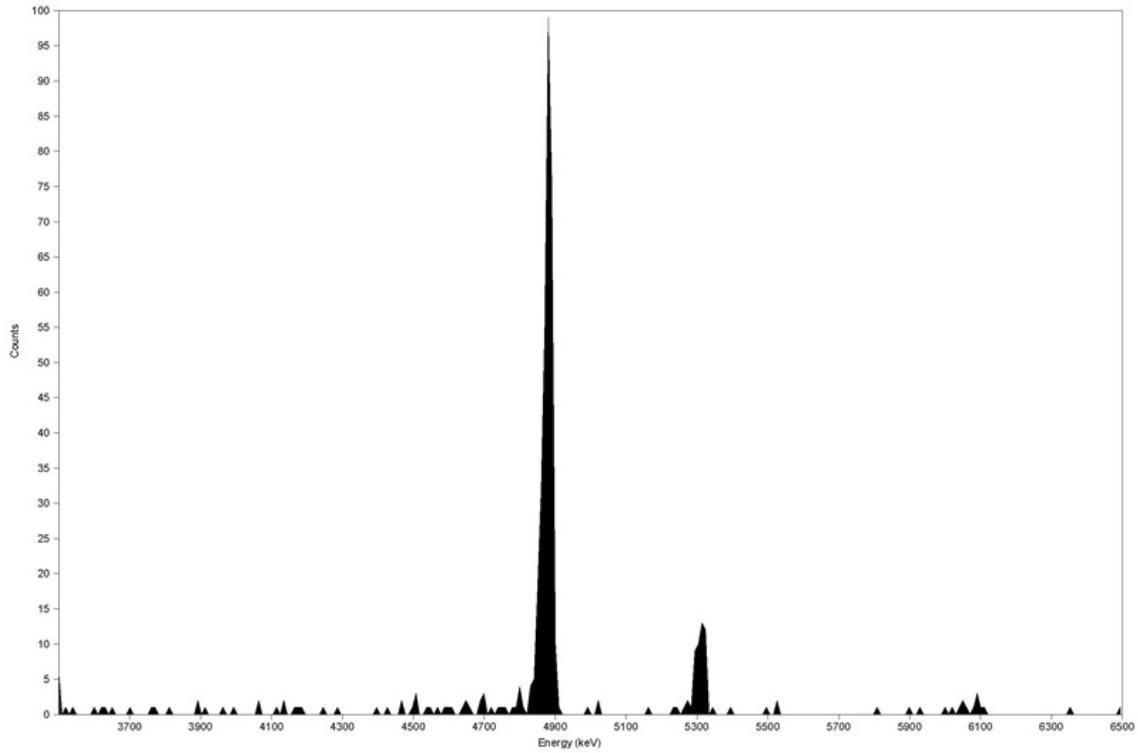
Objekt	stilistik, makroskopische Beobachtungen	ED-XRF	XRD	Pb-210	mikroskopische Metallographie der Korrosionen
1	moderne Fasern, stilistik nicht passend	-	+	-	-
2	Frässtreifen, Kunststofffasern	+	+	-	-
3	Plastikfasern	-	+	-	-
4	Pinselstriche	-	-	-	-
5	Frässpuren auf der Innenseite	-	-	-	-
6	leicht entfernbare Korrosionen	-	+	+	-
7		+	+	+	+
8	pulverförmige entfernbare Korrosionen	-	+	-	-
9	leicht entfernbare Korrosionen	-	+	-	-
10		-	+	+	-
11	schwarze Fasern mit Korrosionen gebunden	+	+	+	+
12	harzartiges Material im Brunchprofil	+	+	-	-
13		-	+	+	-
14		-	+	-	-
15	schwarzes kolloidales Material	+	+	-	-
16	leicht entfernbare Korrosionen	+	+	-	-
17	Frässpuren auf der Gefäßrand und Boden	+	+	+	+
18		+	+	+	+
19		+	+	-	-
20	stilistik nicht passend	-	+	-	-

“-“: gegen Echtheit, “+“: nicht gegen Echtheit

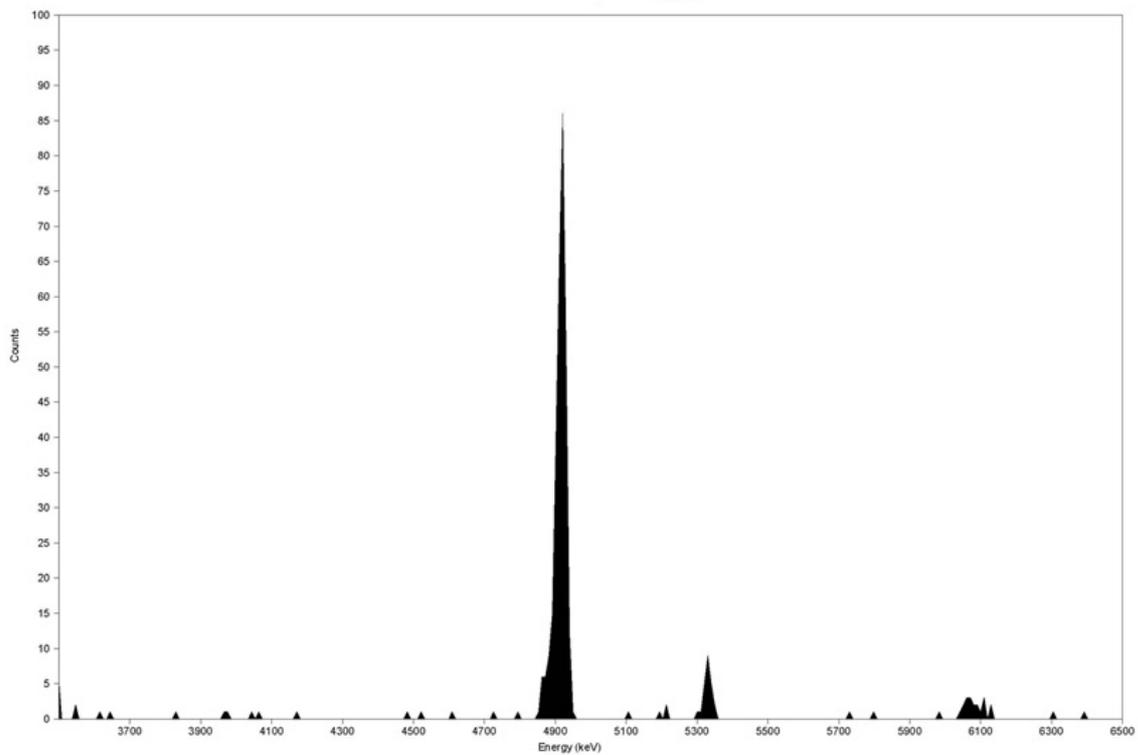
**Tab. 5.8. Zusammenfassung der Beobachtungen aller Objekte.**

## Anhang A

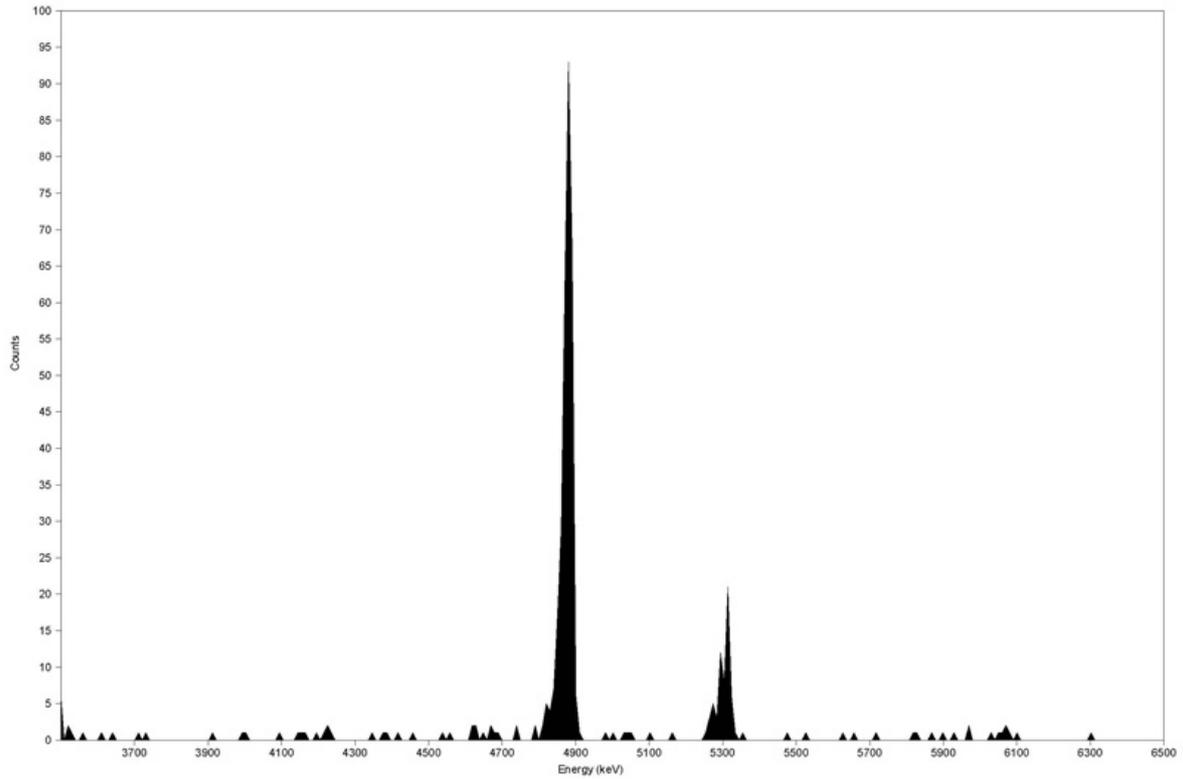
Messergebnis  $^{210}\text{Pb}$



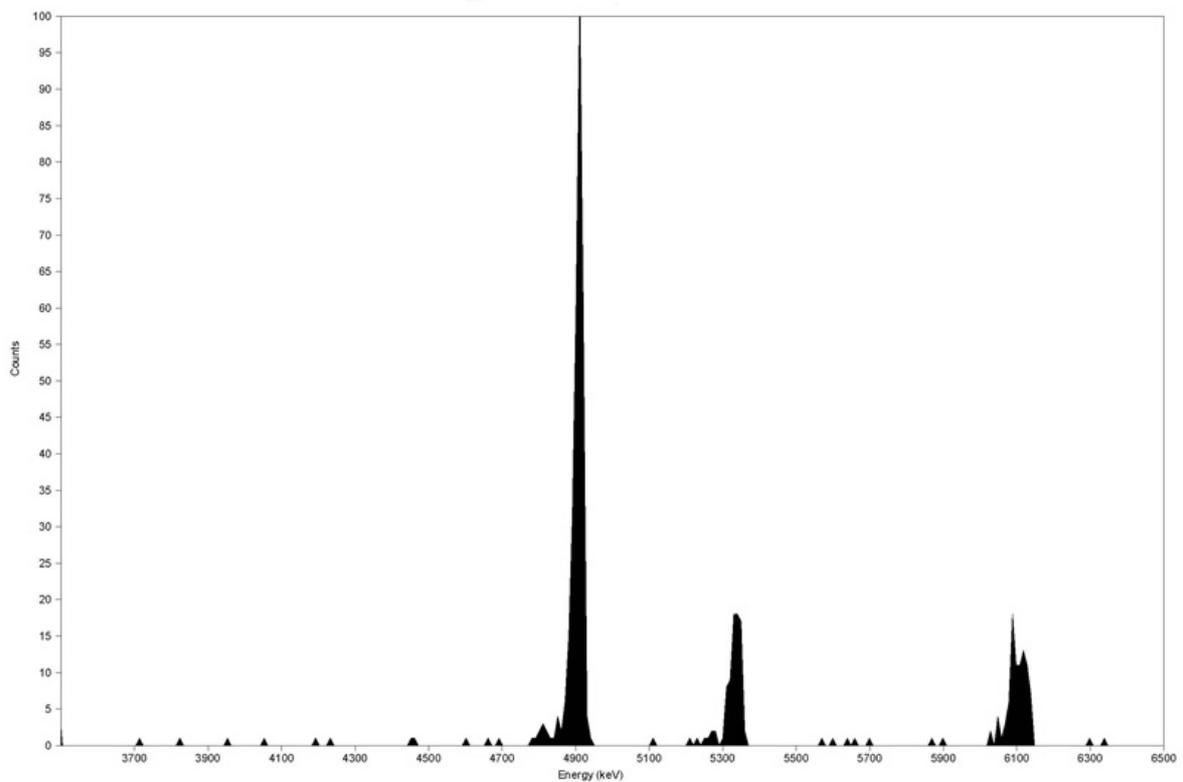
1. Alphaspektrum von Objekt-1, Probe-Nr: MA-070379.



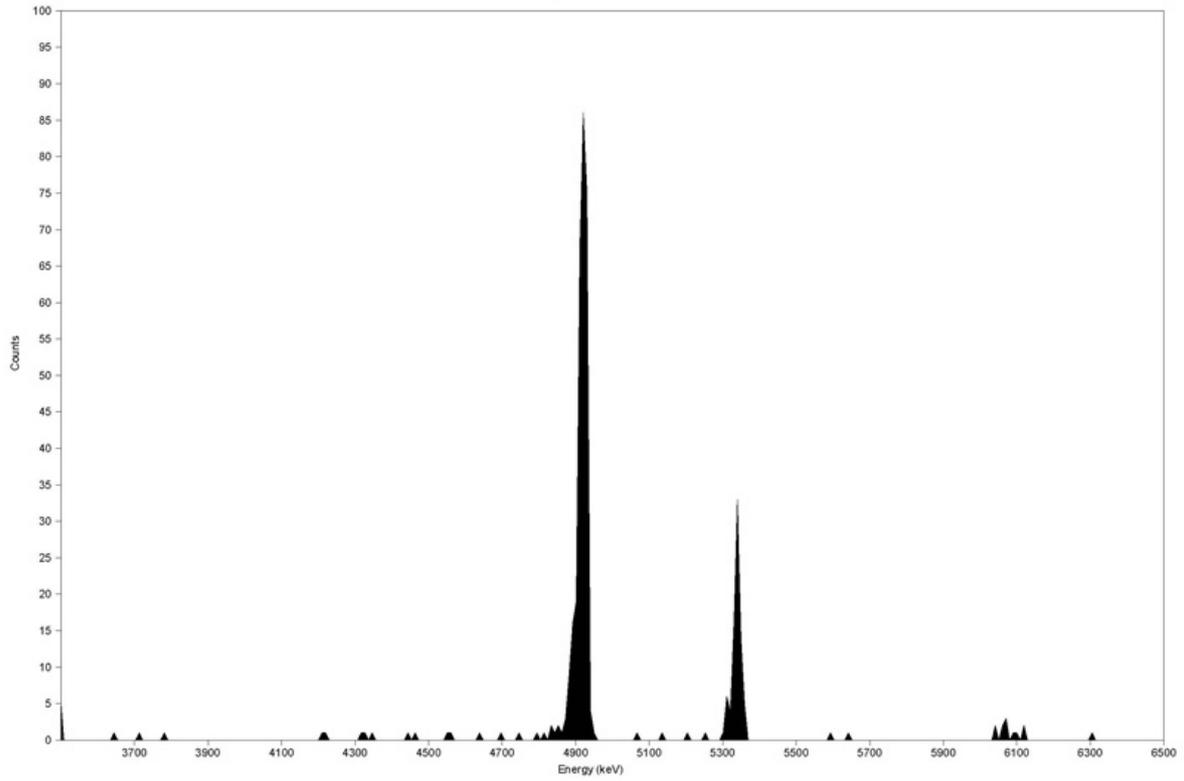
2. Alphaspektrum von Objekt-2, Probe-Nr: MA-070380.



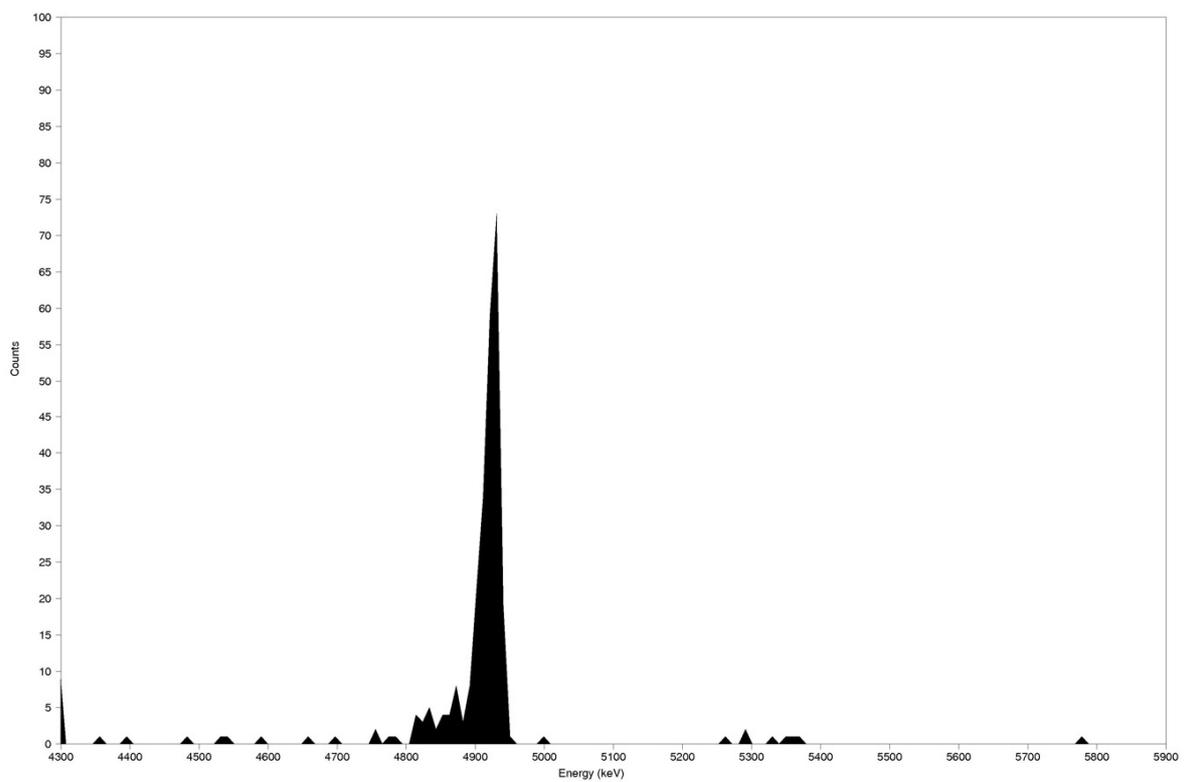
3. Alphaspektrum von Objekt-3, Probe-Nr: MA-070381.



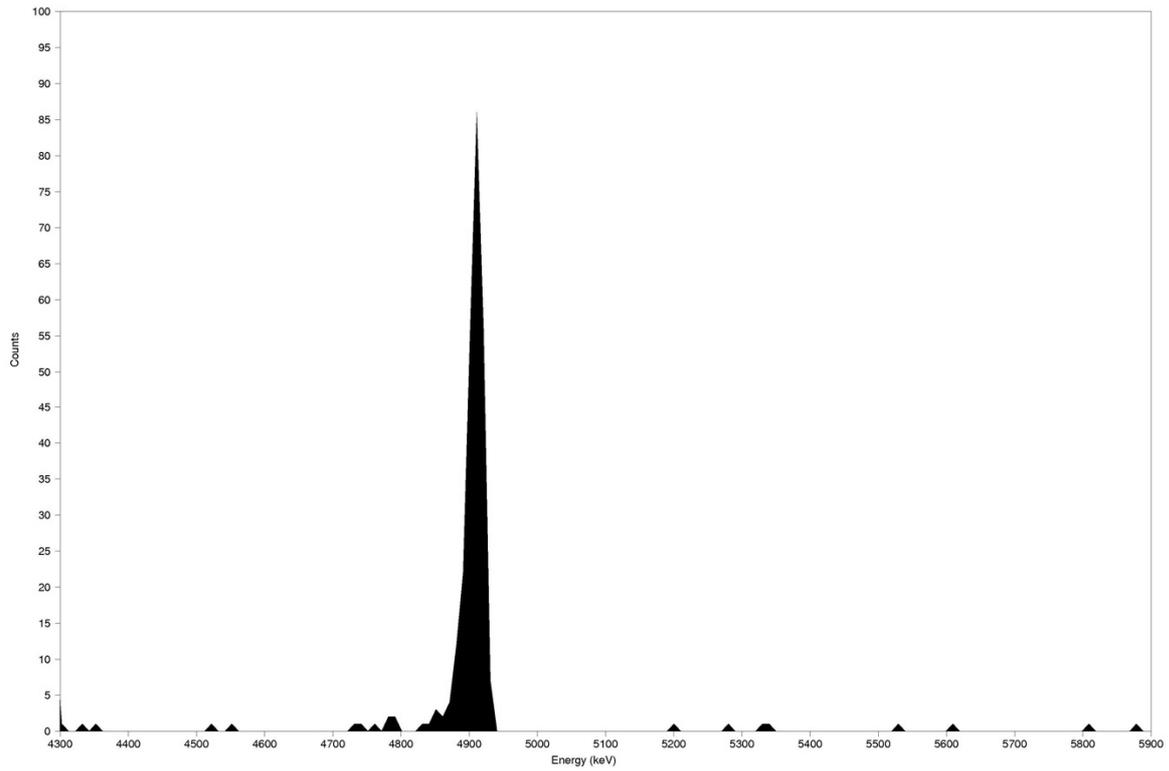
4. Alphaspektrum von Objekt-4, Probe-Nr: MA-070382.



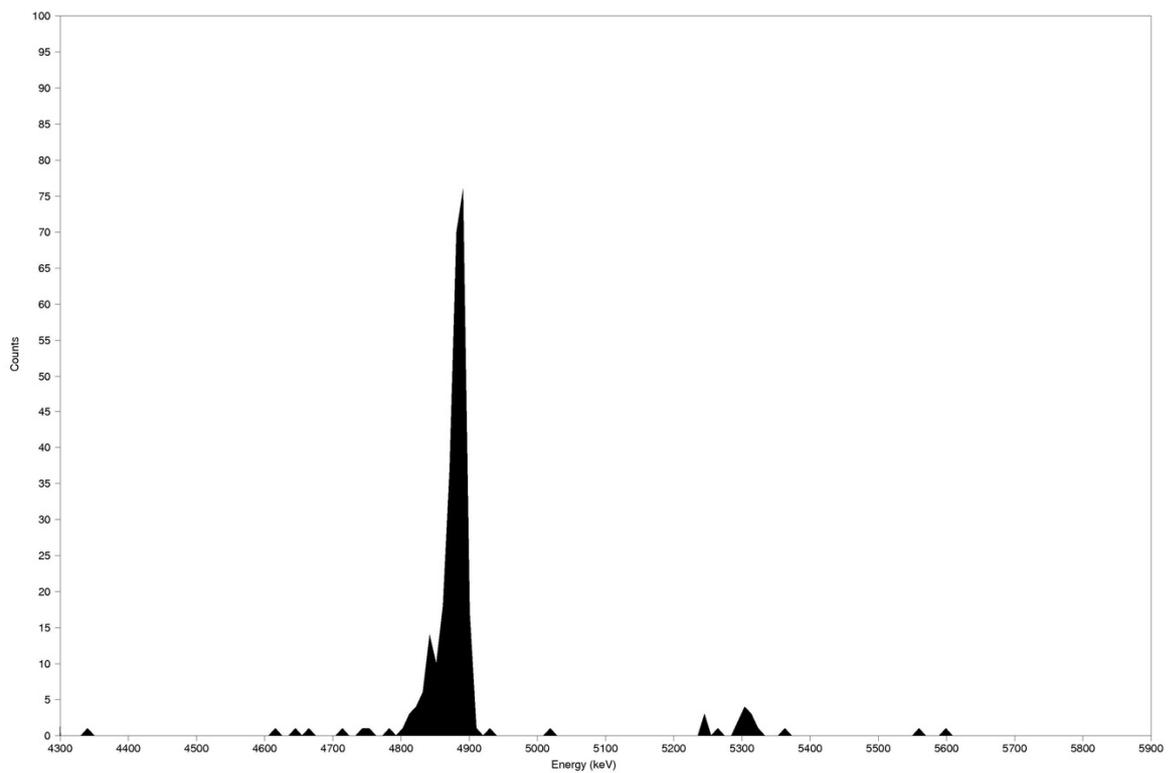
5. Alphaspektrum von Objekt-5, Probe-Nr: MA-070383.



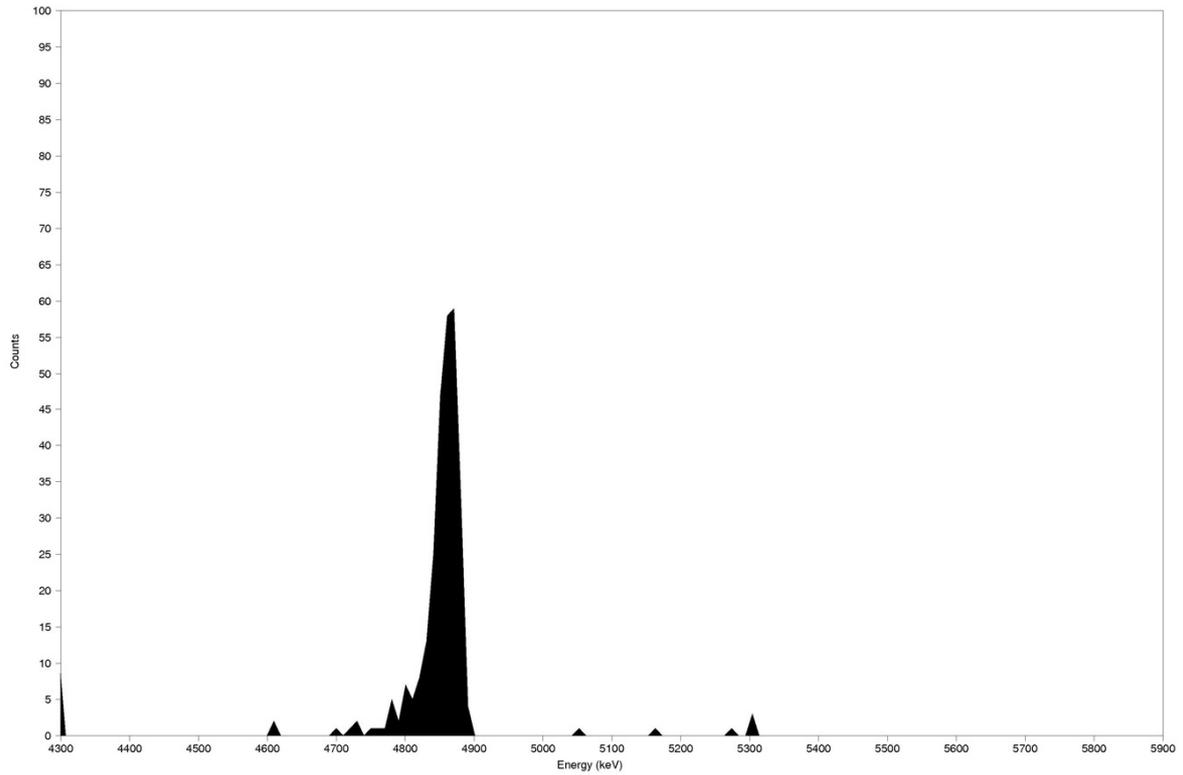
6. Alphaspektrum von Objekt-6, Probe-Nr: MA-081189.



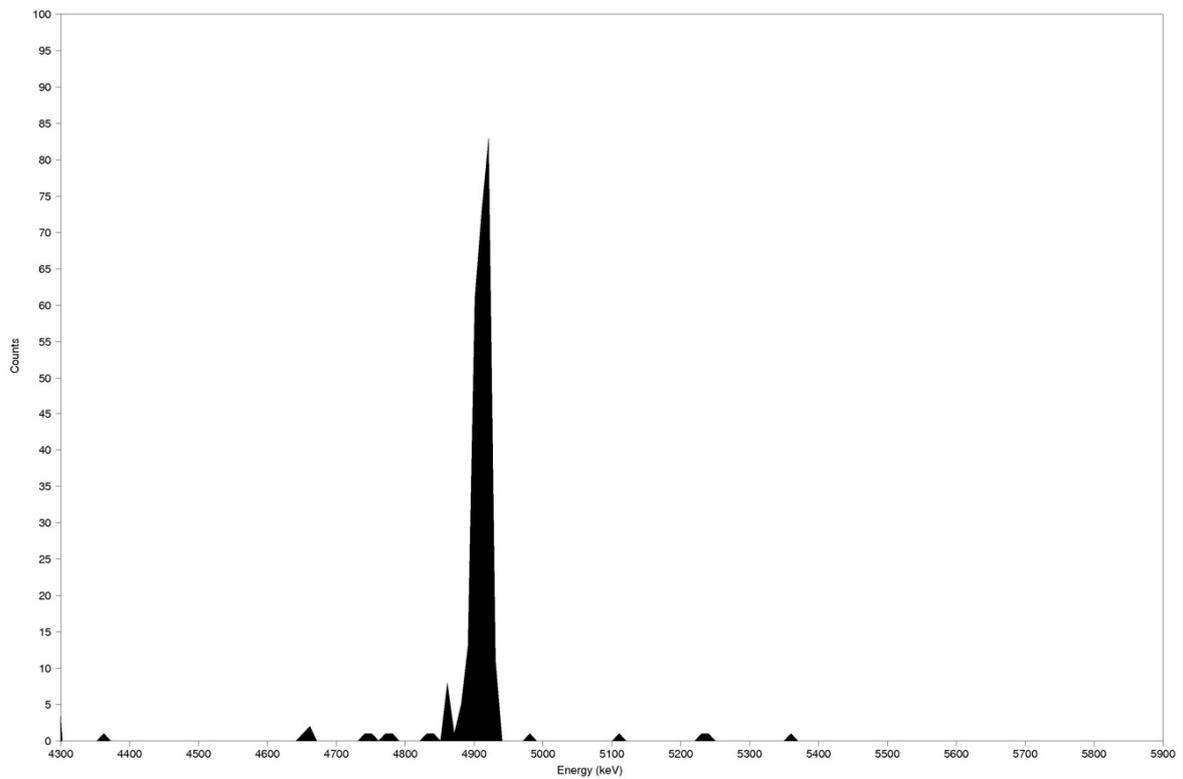
7. Alphaspektrum von Objekt-7, Probe-Nr:MA-081193.



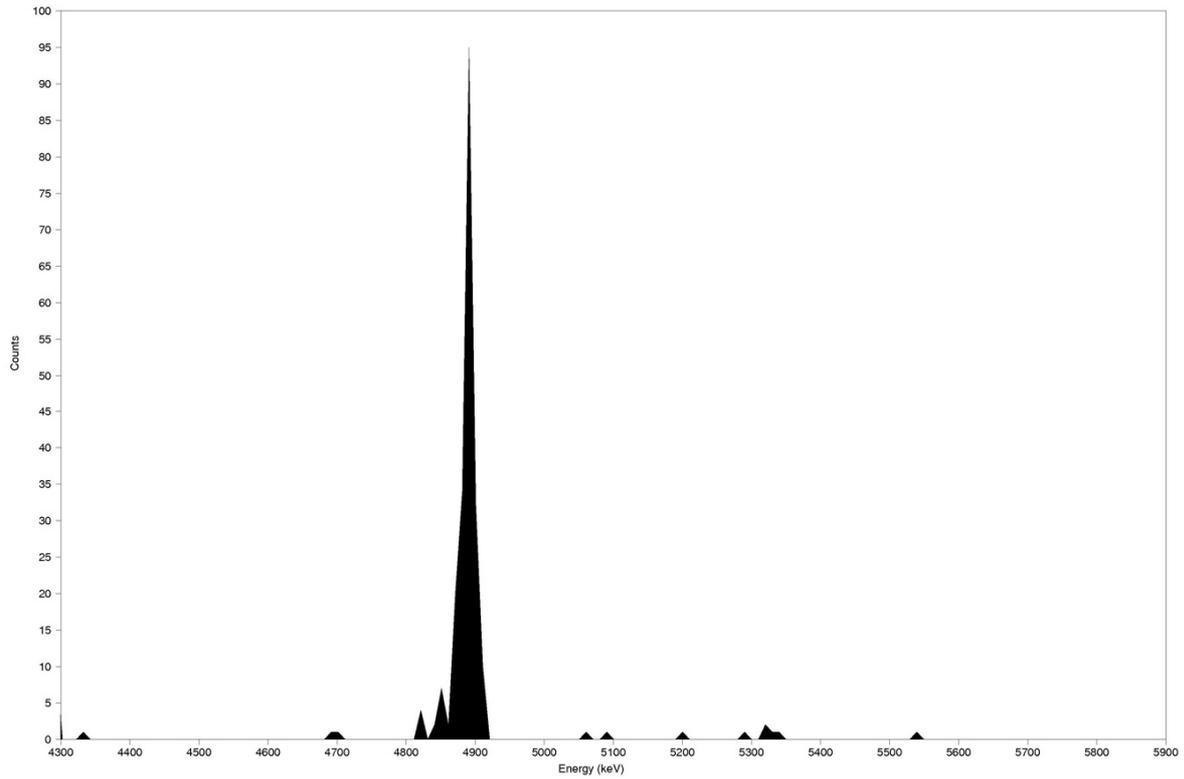
8. Alphaspektrum von Objekt-8, Probe-Nr: MA-081191.



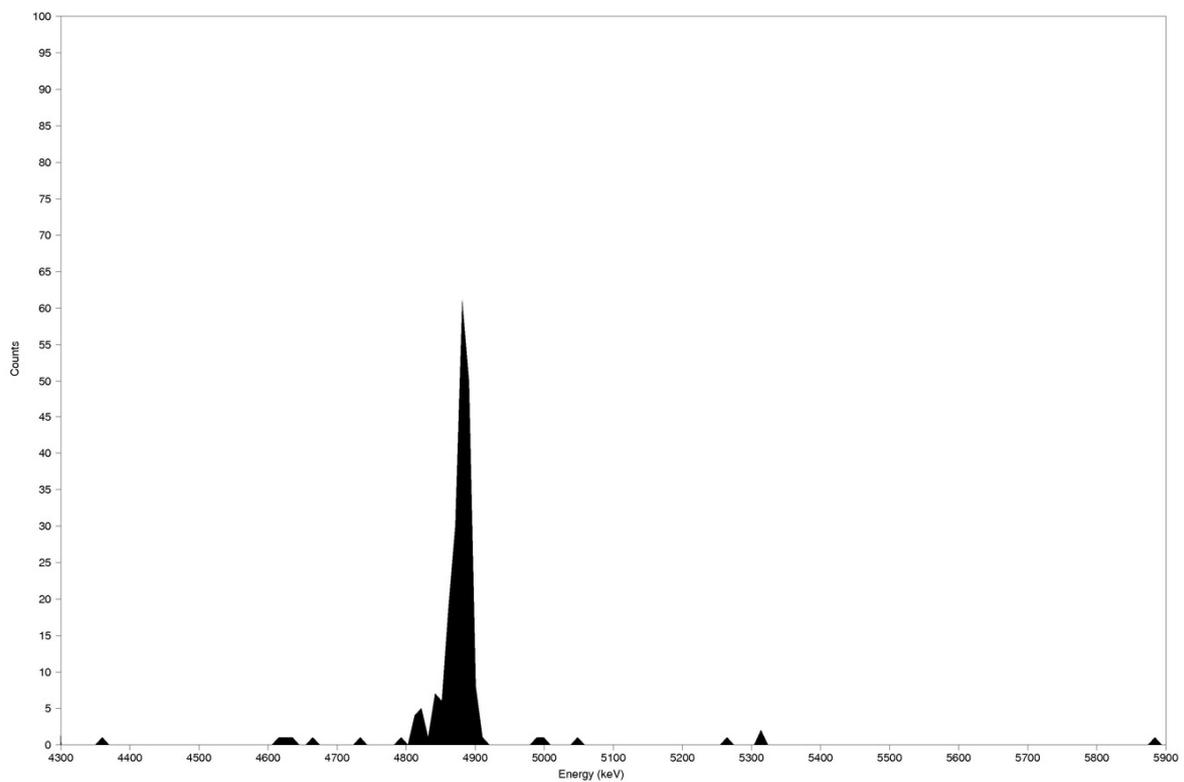
9. Alphaspektrum von Objekt-9, Probe-Nr: MA-081186.



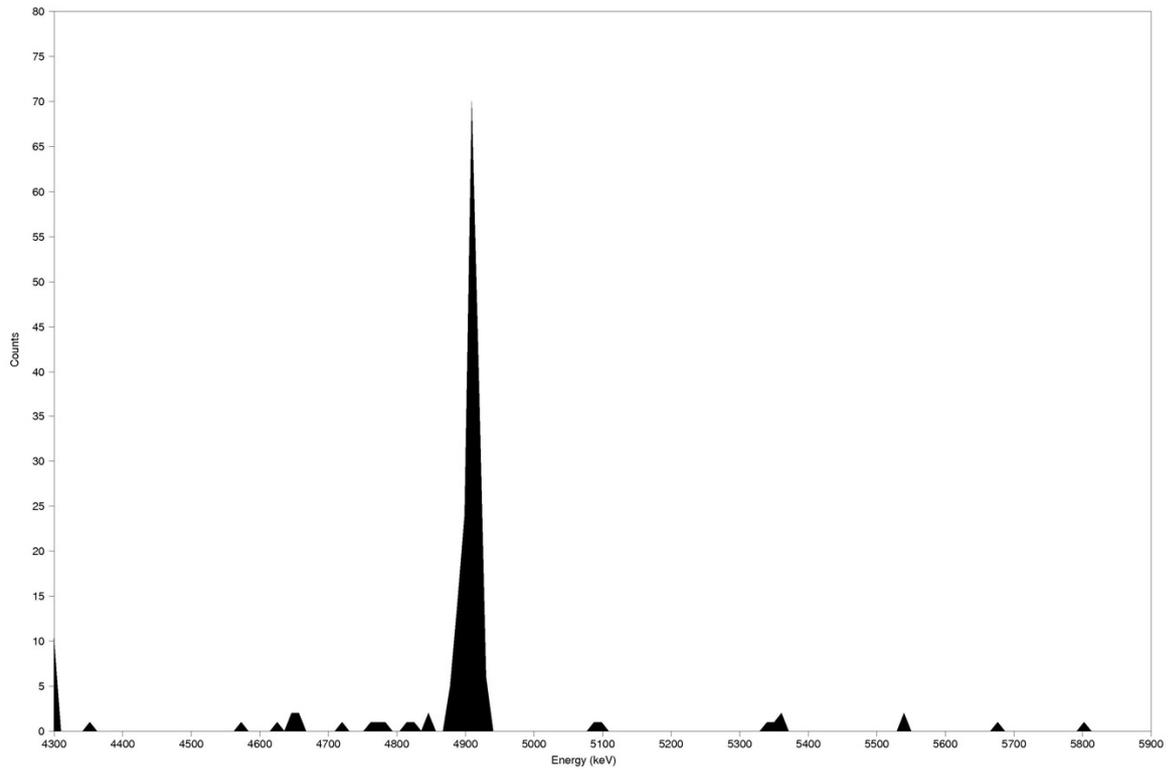
10. Alphaspektrum von Objekt-10, Probe-Nr: MA-081188.



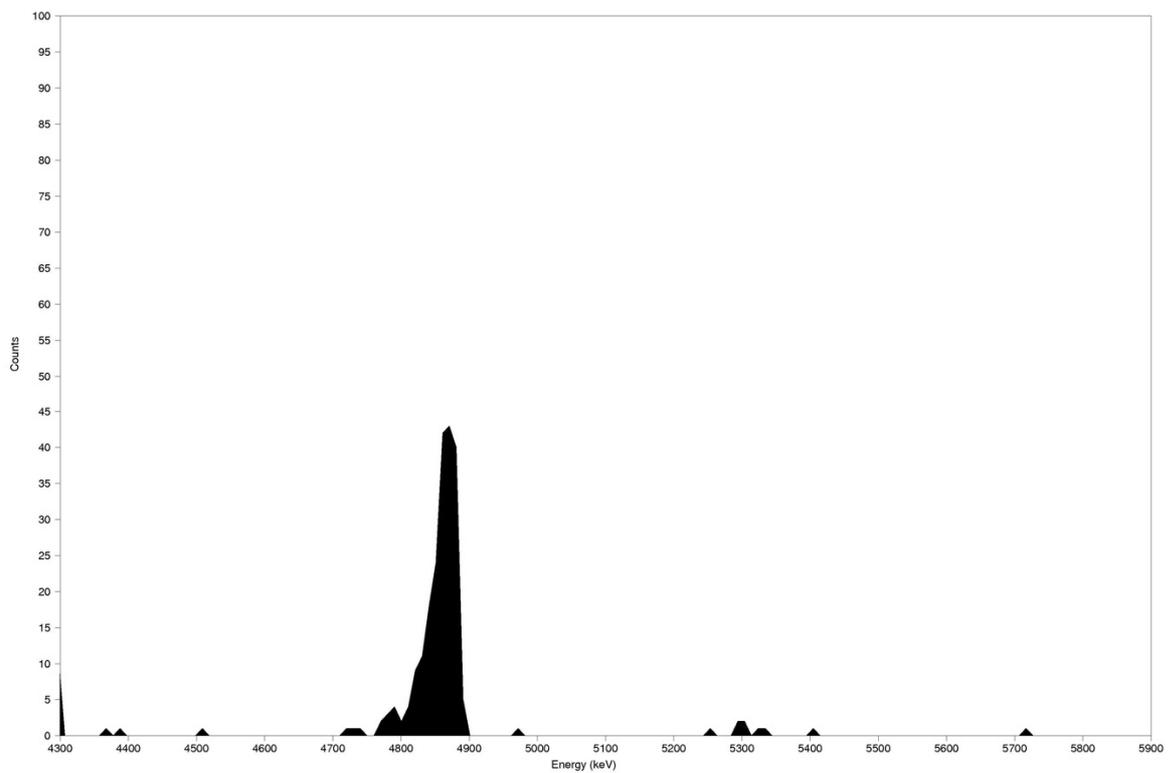
11. Alphaspektrum von Objekt-11, Probe-Nr: MA-081200.



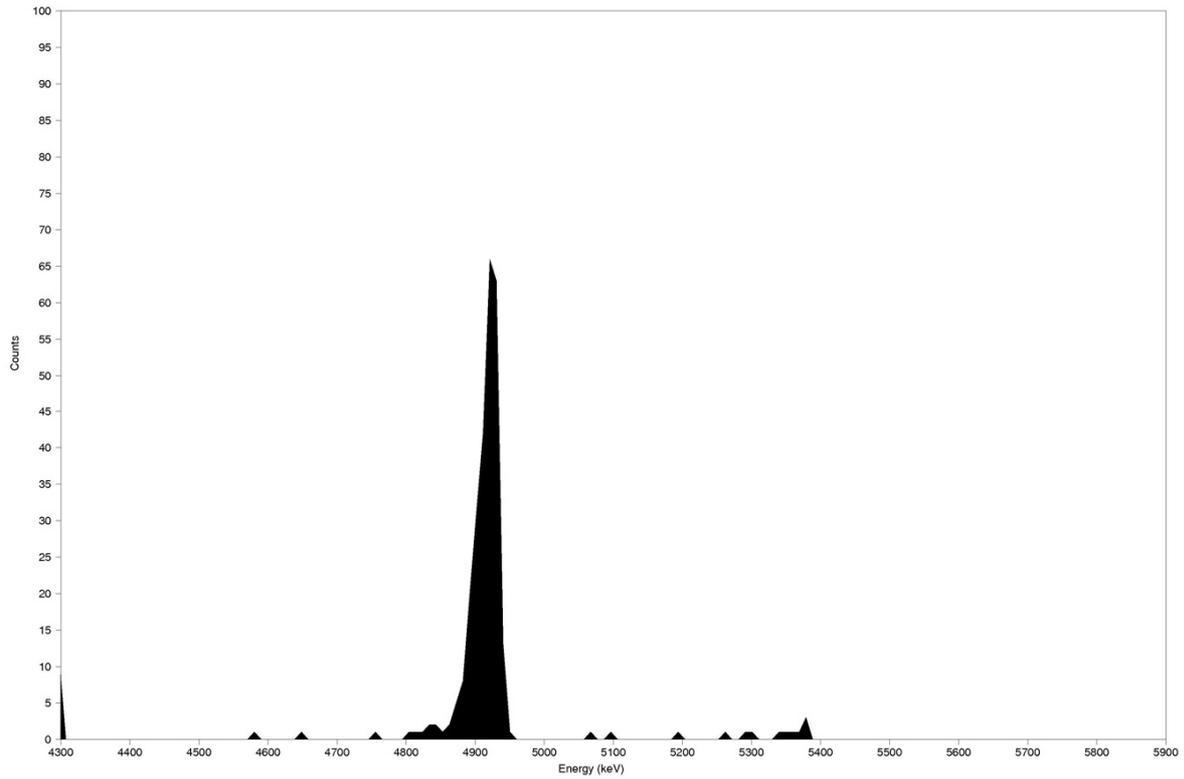
12. Alphaspektrum von Objekt-12, Probe-Nr: MA-081204.



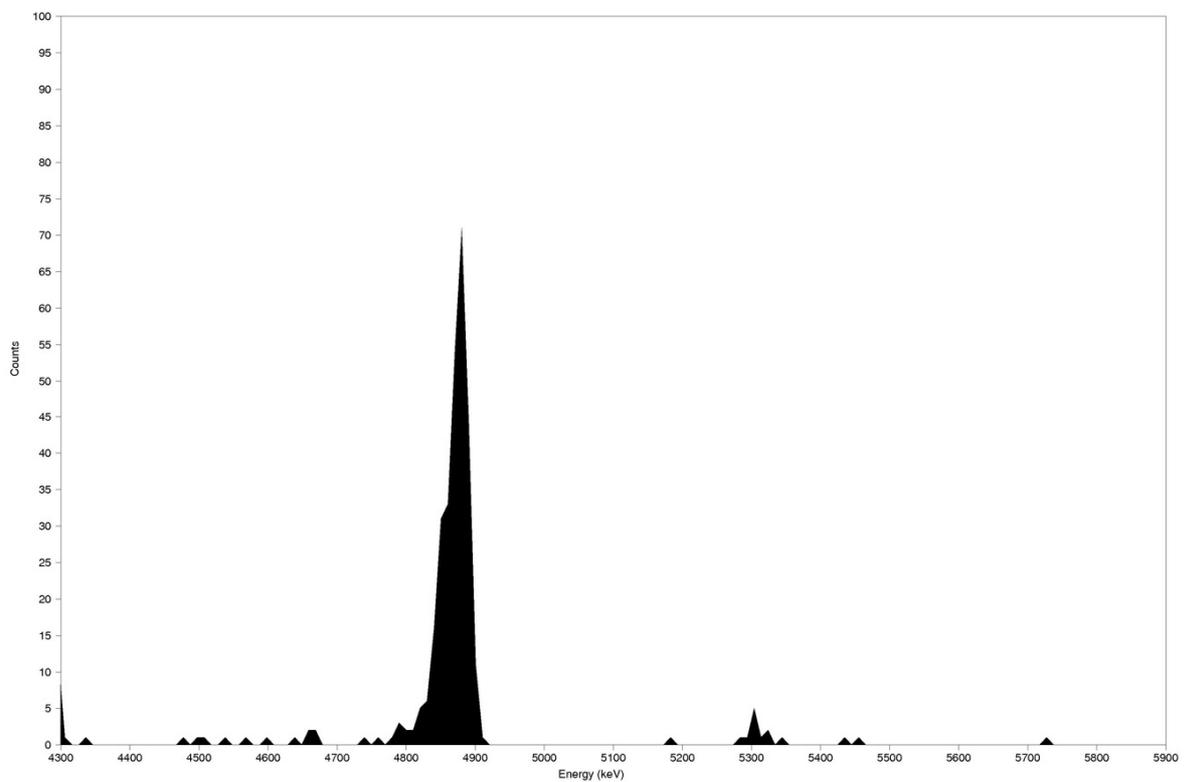
13. Alphaspektrum von Objekt-13, Probe-Nr: MA-081199.



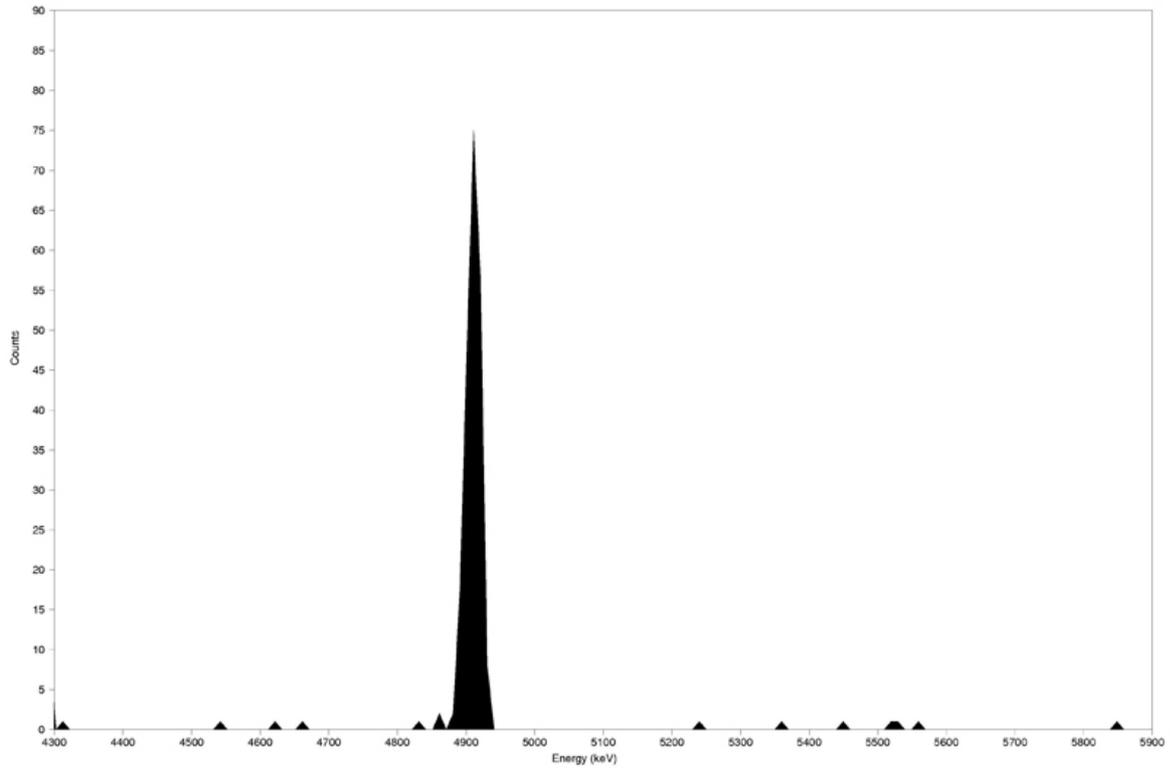
14. Alphaspektrum von Objekt-14, Probe-Nr: MA-081197.



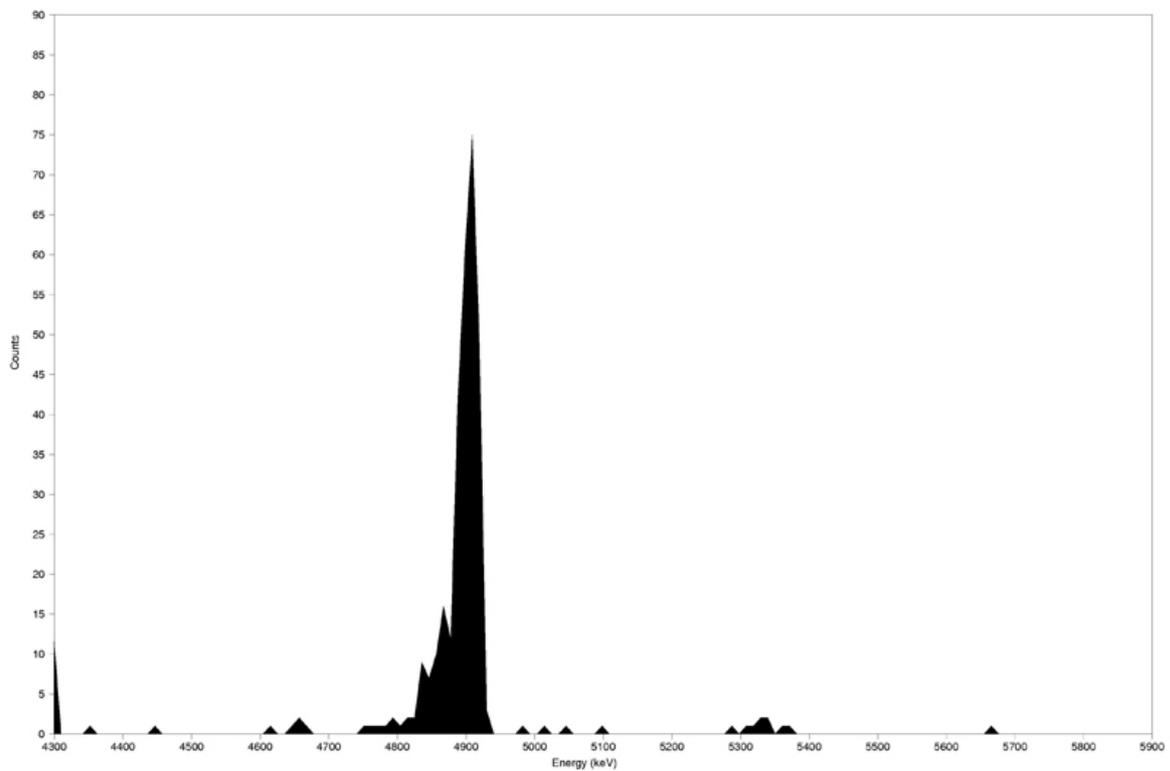
15. Alphaspektrum von Objekt-15, Probe-Nr: MA-081195.



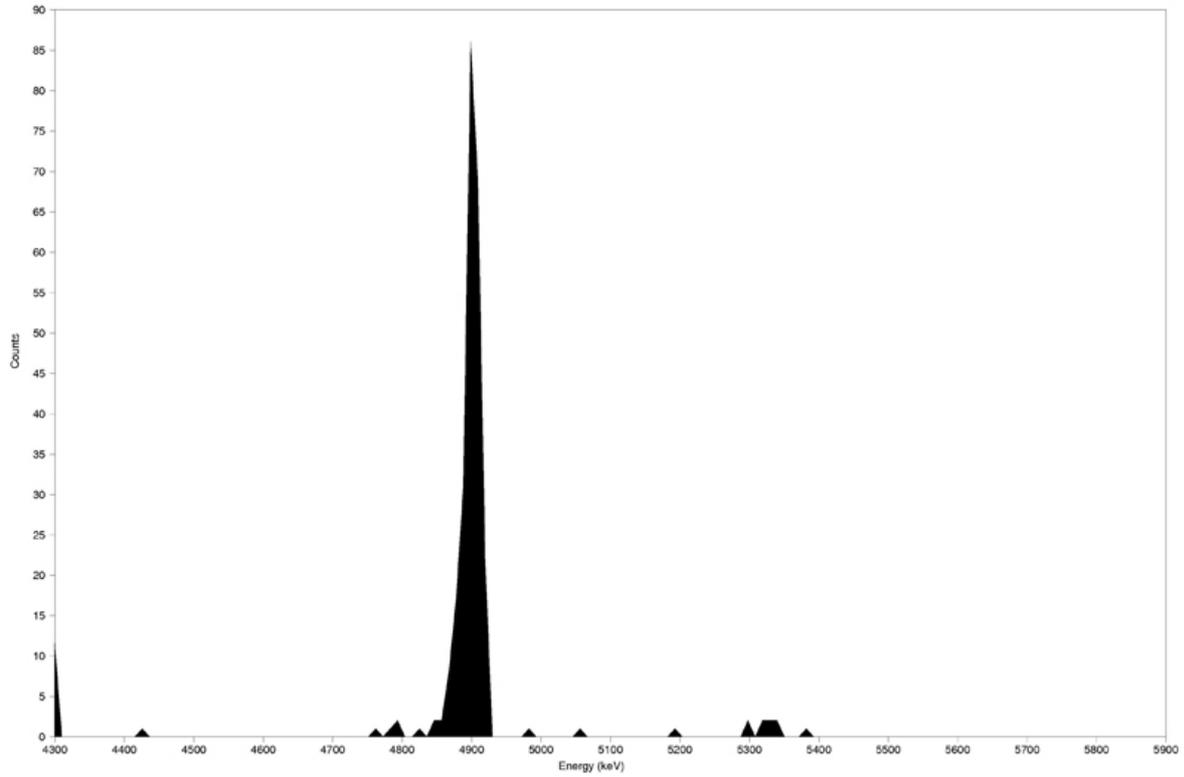
16. Alphaspektrum von Objekt-16, Probe-Nr: MA-081202.



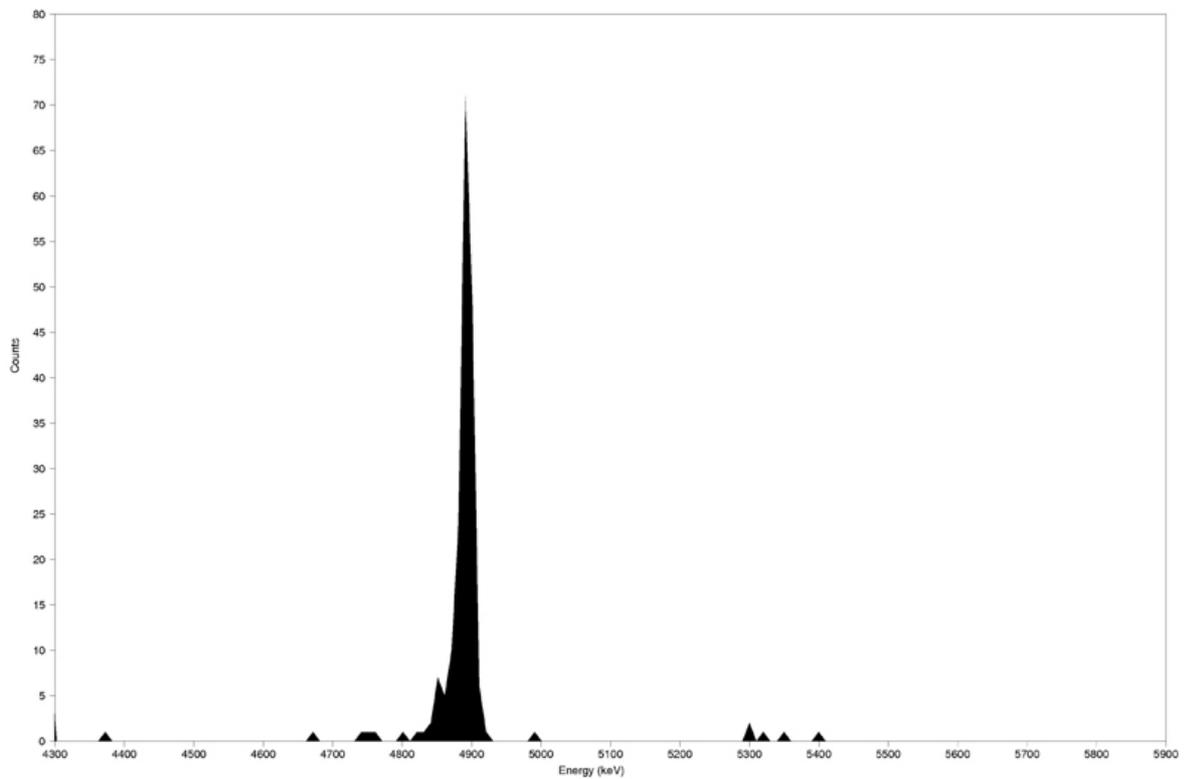
17. Alphaspektrum von Objekt-17, Probe-Nr: MA-090270.



18. Alphaspektrum von Objekt-18, Probe-Nr: MA-090271.



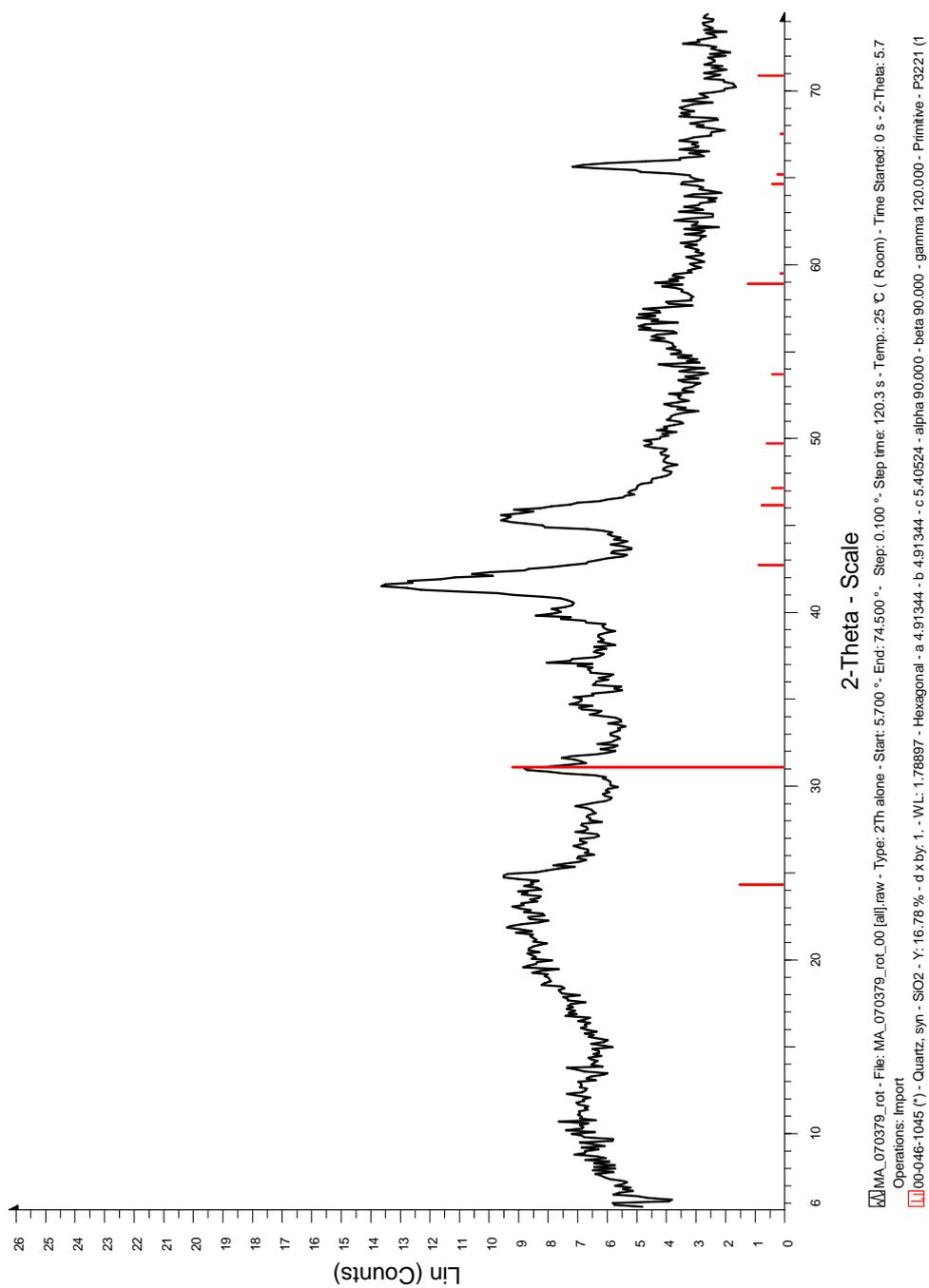
19. Alphaspektrum von Objekt-19, Probe-Nr: MA-090276.



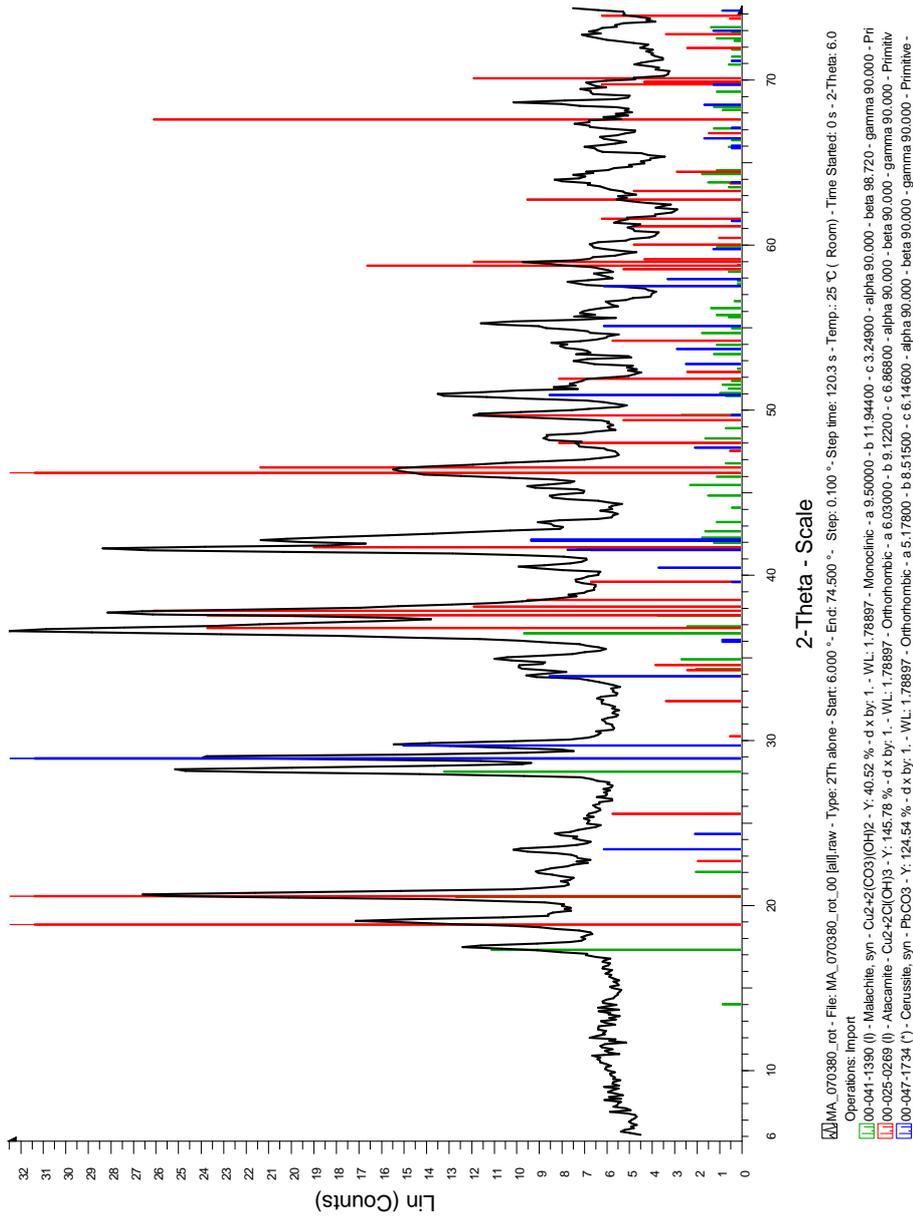
20. Alphaspektrum von Objekt-20, Probe-Nr: MA-090282.

## Anhang B

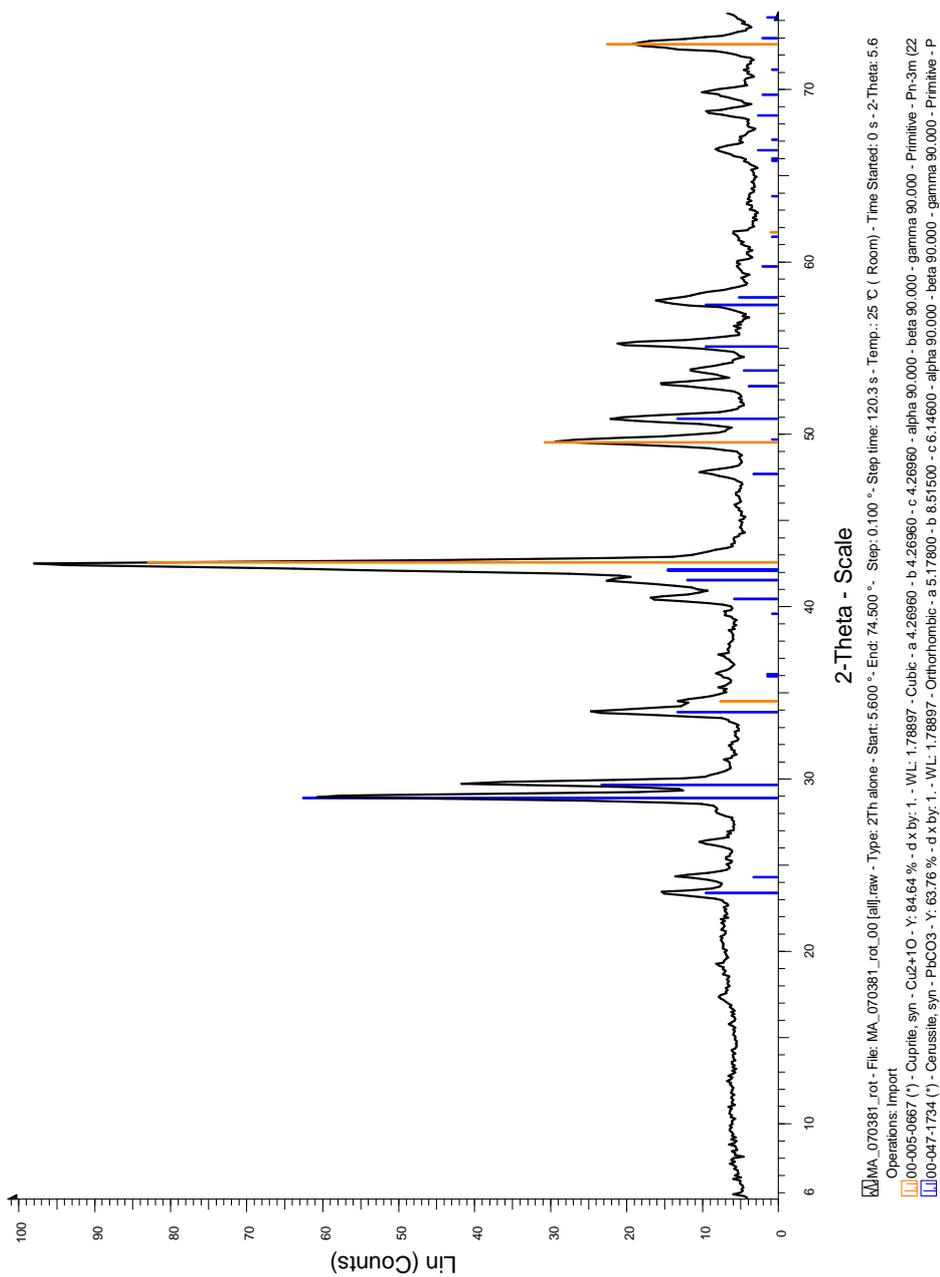
### Messergebnis XRD



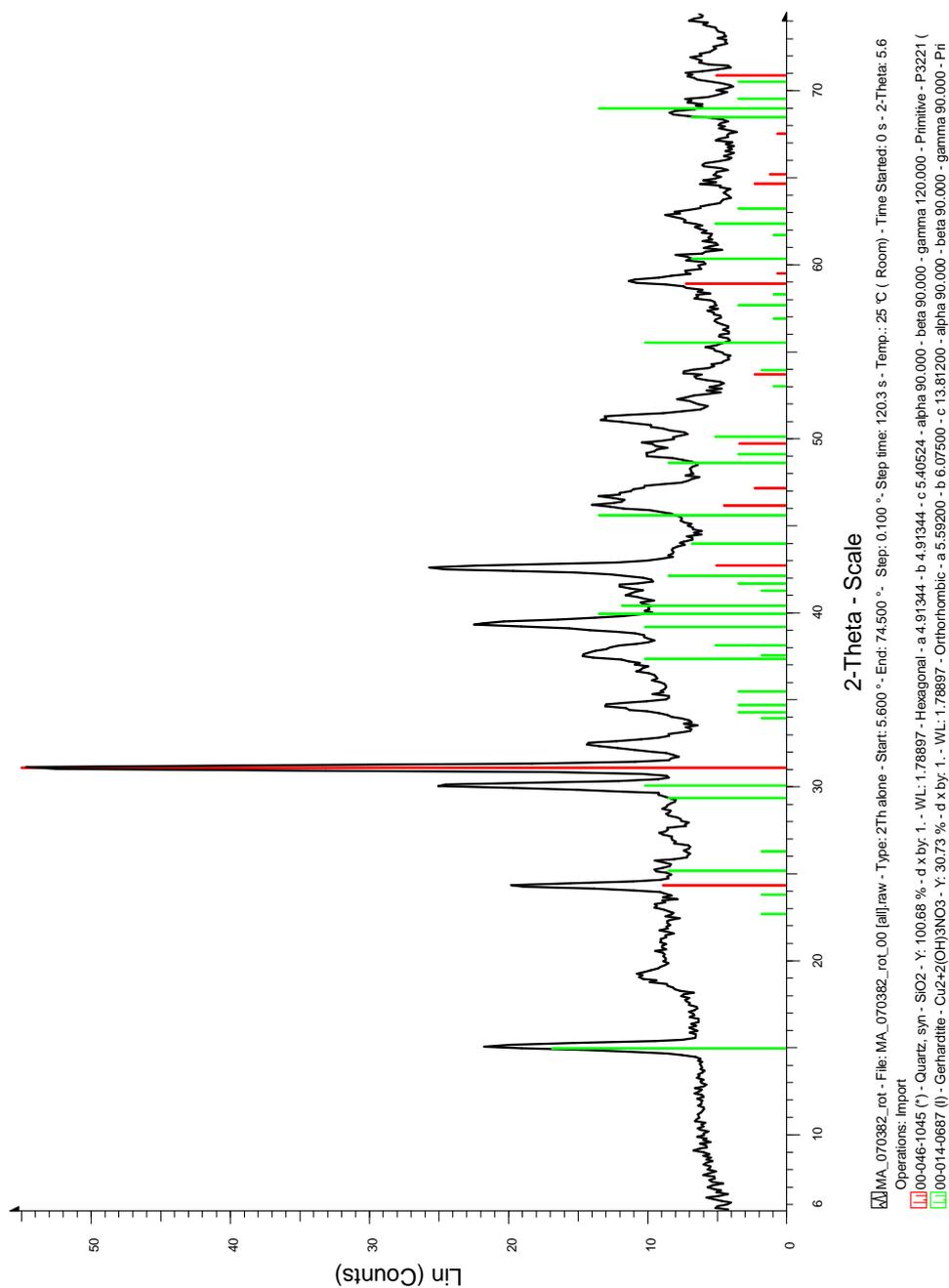
1. XRD Messkala von Objekt-1, Probe-Nr: MA-070379, die roten Linien zeigen hier Quarz.



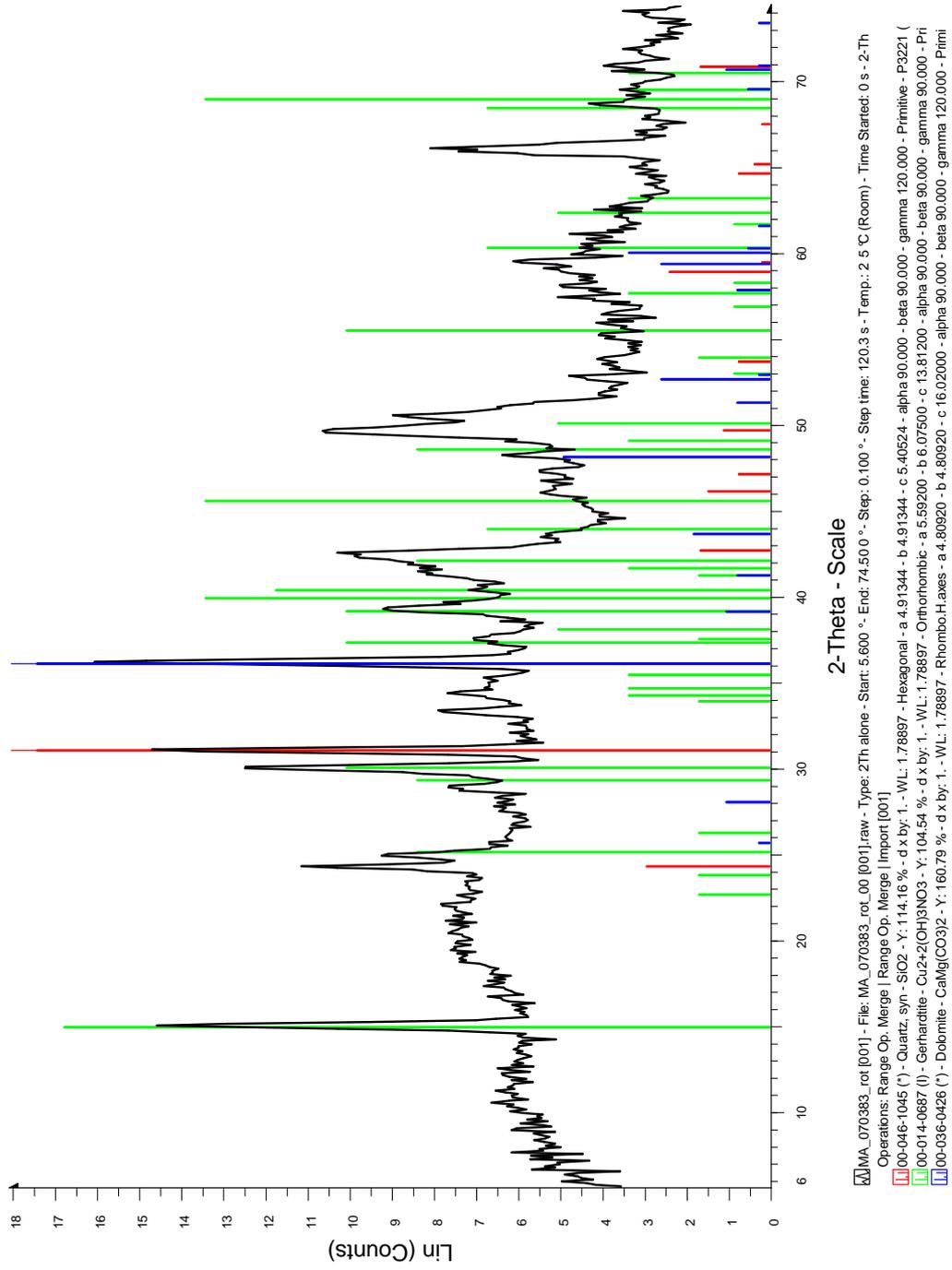
2. XRD Messskala von Objekt-2, Probe-Nr: MA-070380, grüne Linien zeigen Malachit, rote Linien Atacamit.



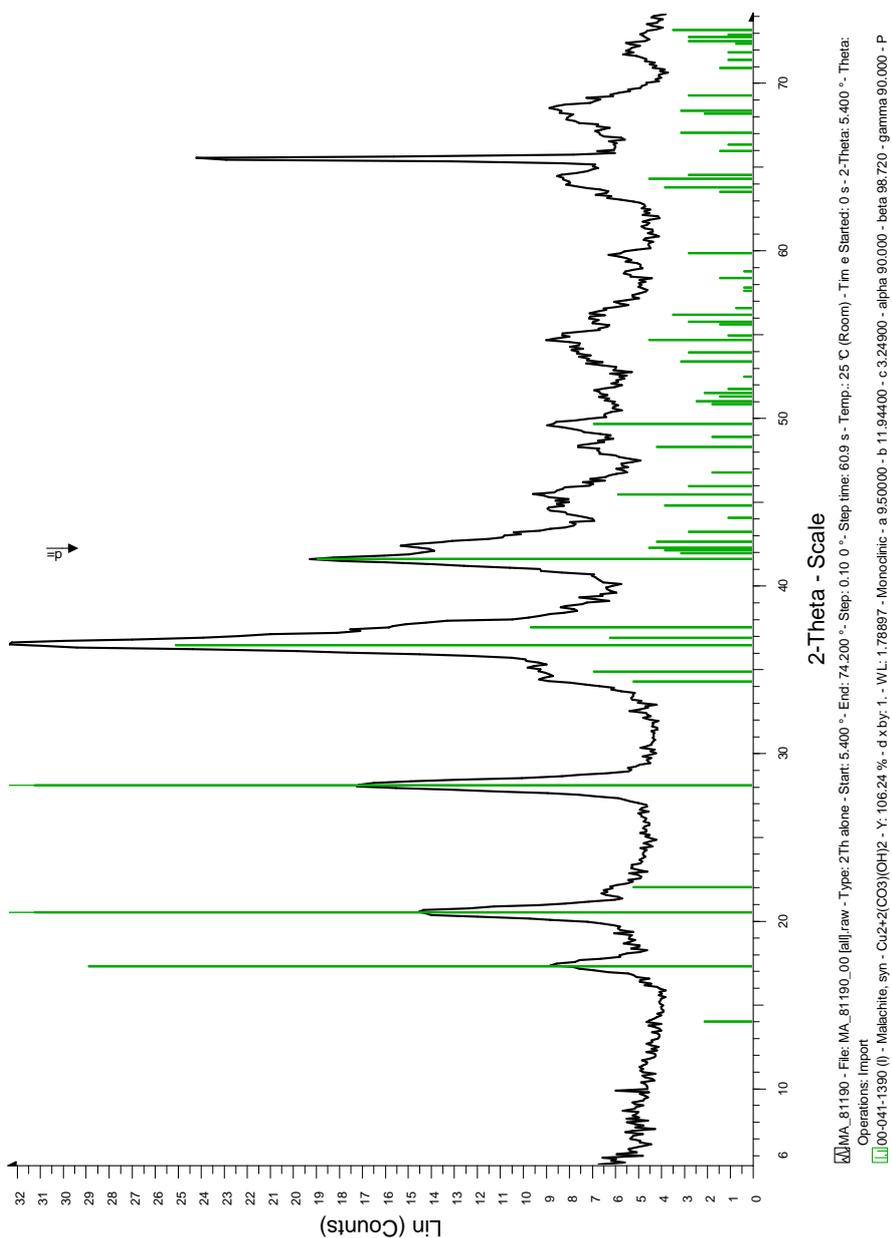
3. XRD Messskala von Objekt-3, Probe-Nr: MA-070381, rote Linien zeigen Cuprit und blaue Linien Cerussit.



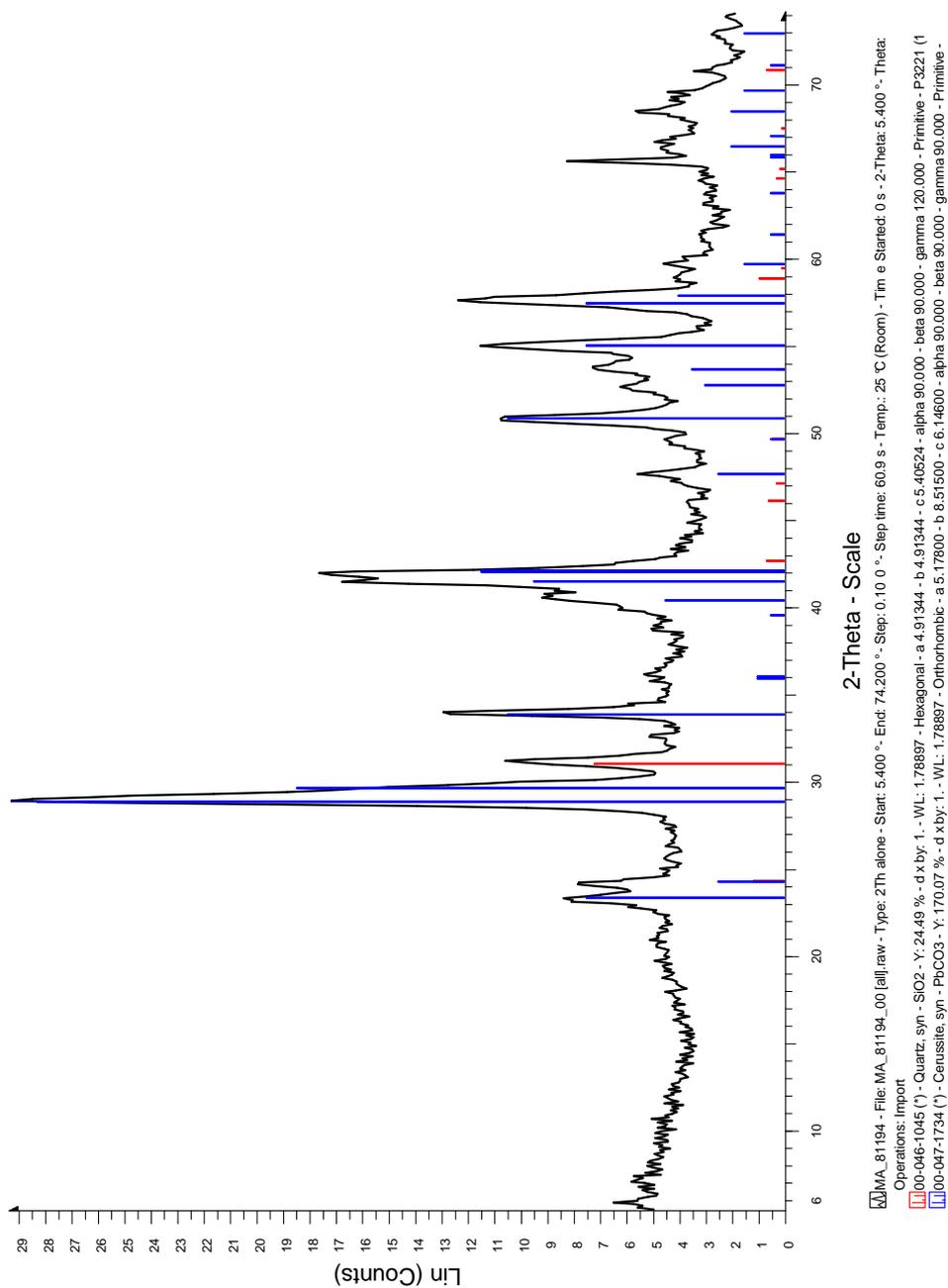
4. XRD Messskala von Objekt-4, Probe-Nr: MA-070382, rote Linien zeigen Quarz und grüne Linien zeigen Gerhardtit.



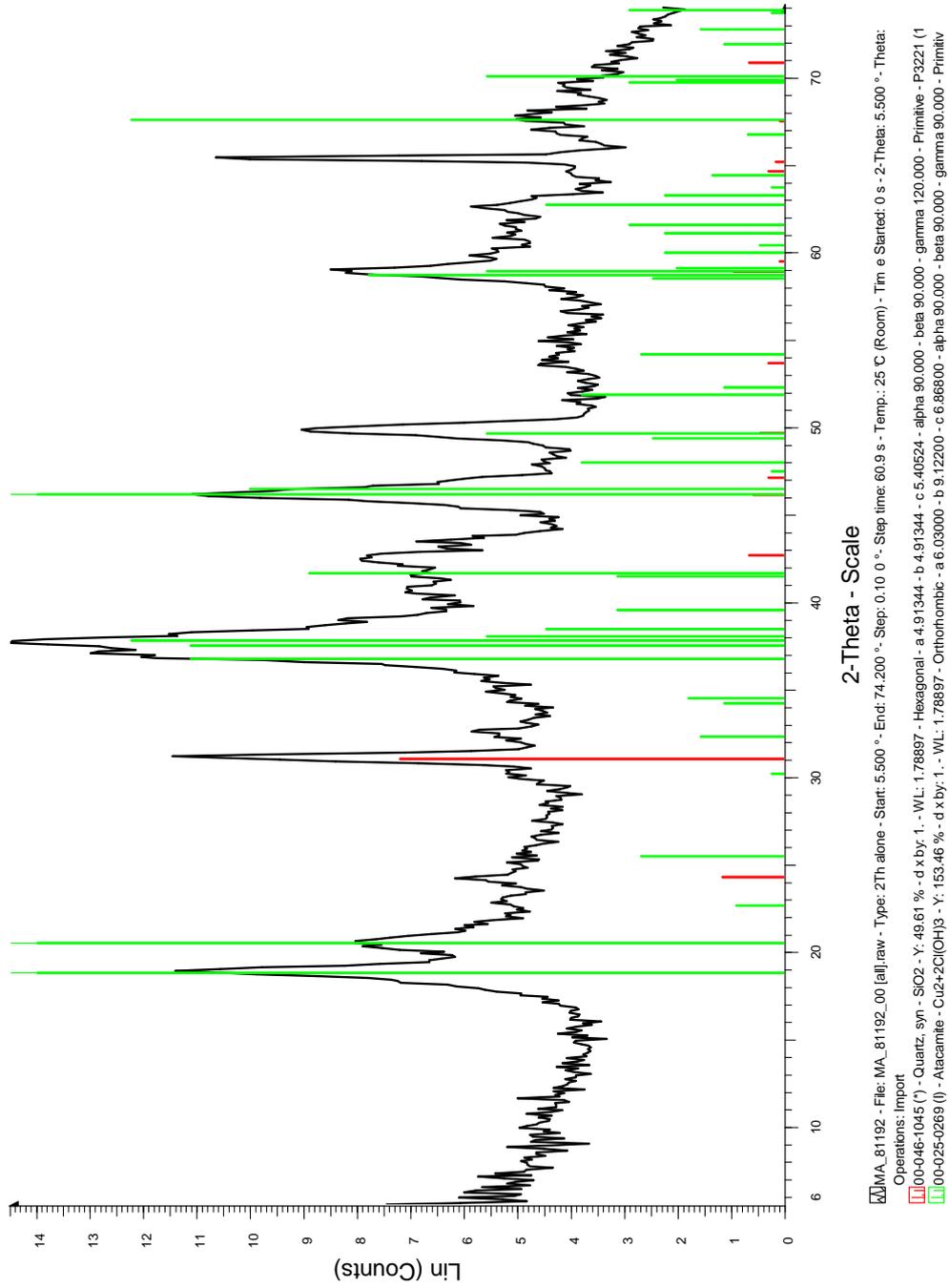
5. XRD Messkala von Objekt-5, Probe-Nr: MA-070383, rote Linien zeigen Quarz, grüne Linien zeigen Gerhardtit und blaue Linien Dolomit.



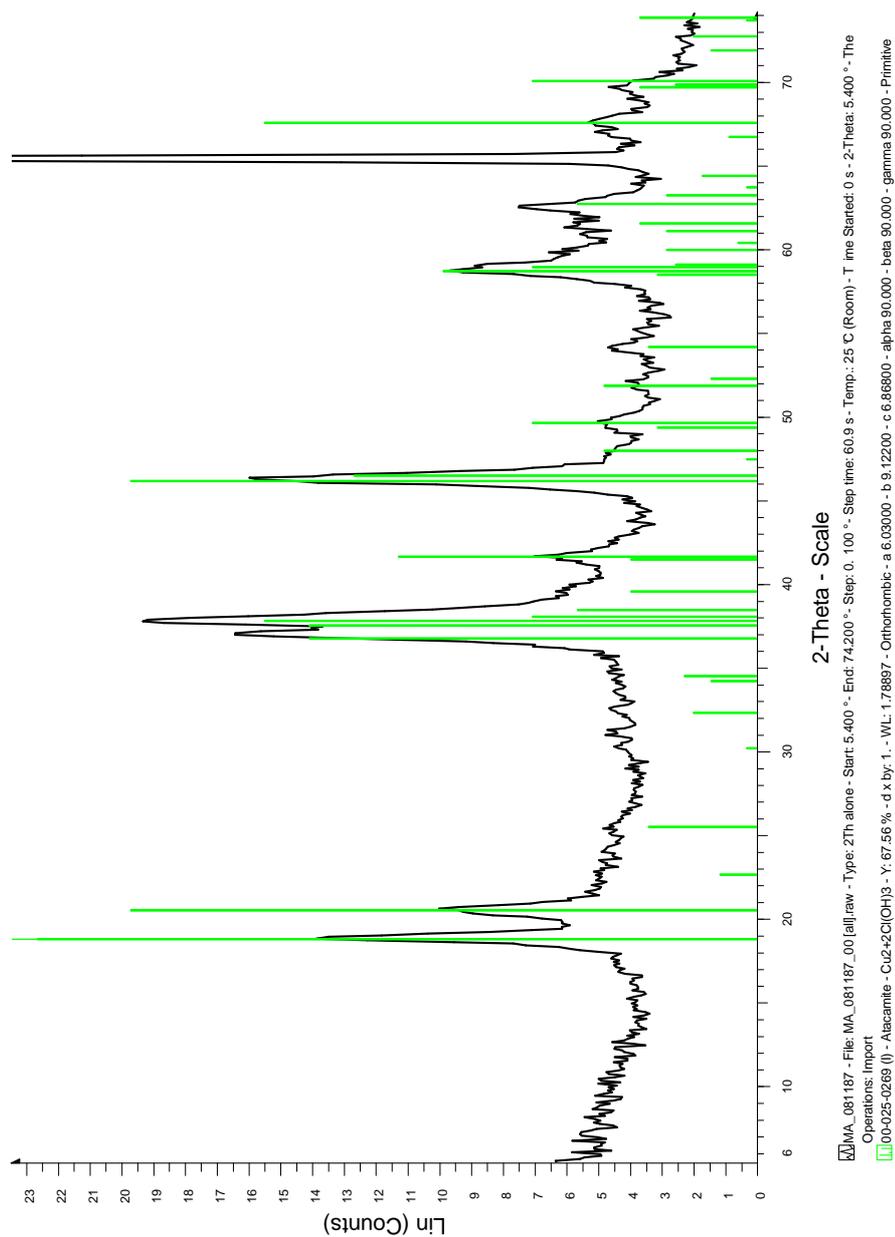
6. XRD Messkala von Objekt-6, Probe-Nr: MA-081190, grüne Linien zeigen Malachit.



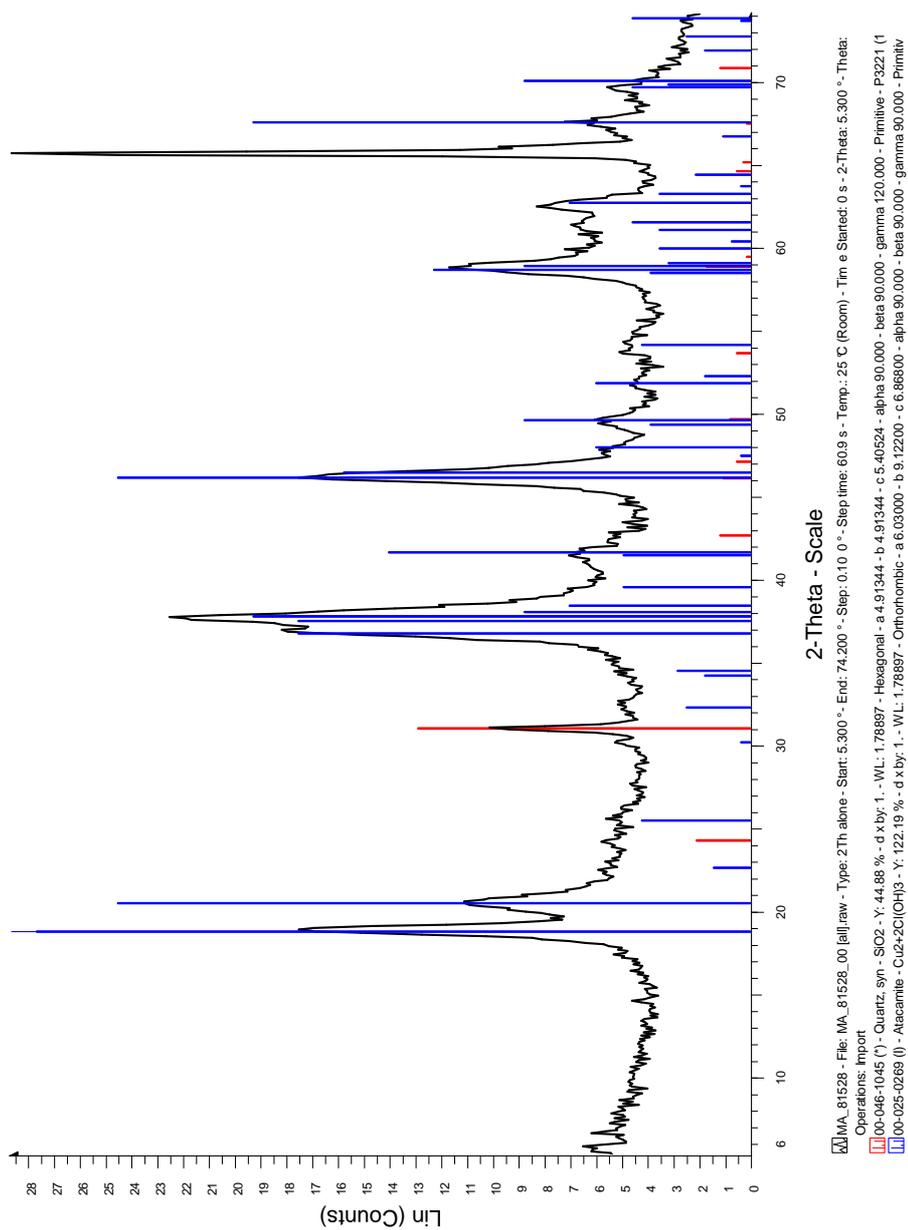
7. XRD Messkala von Objekt-7, Probe-Nr: MA-081194, rote Linien zeigen Quarz und blaue Linien zeigen Cerussit.



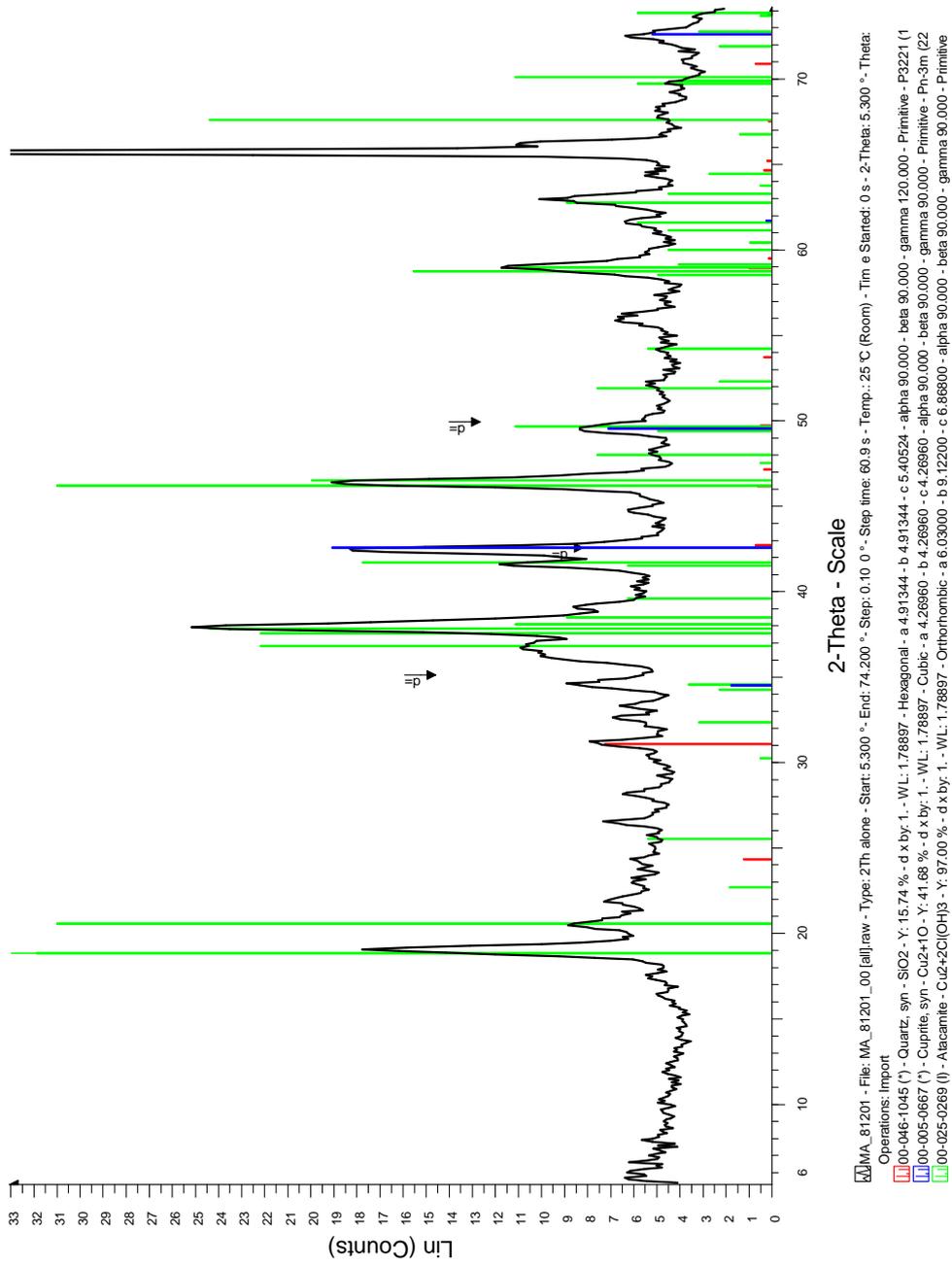
8. XRD Messkala von Objekt-8, Probe-Nr: MA-081192, rote Linien zeigen Quarz und grüne Linien Atacamit.



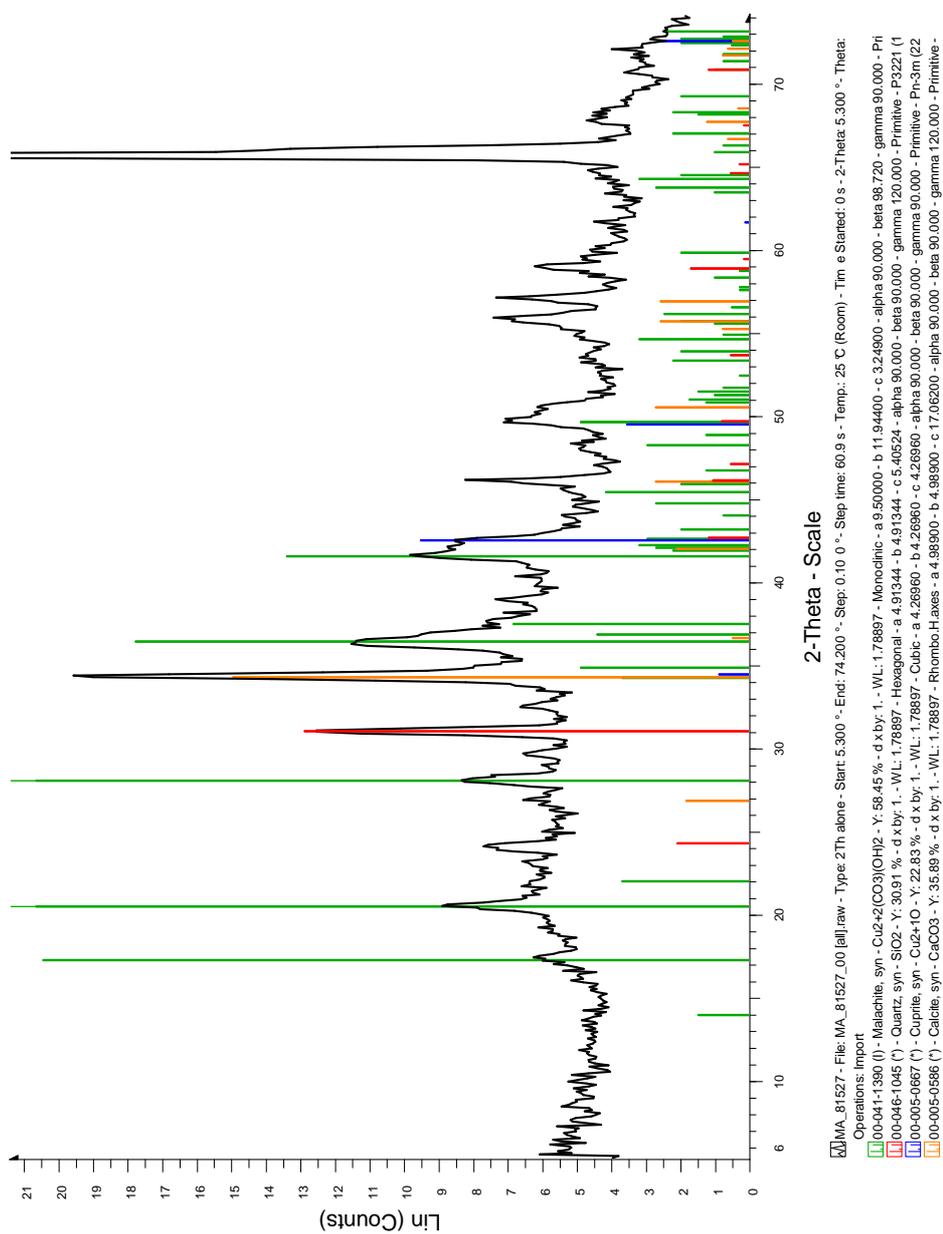
9. XRD Messkala von Objekt-9, Probe-Nr: MA-081187, grüne Linien zeigen Atacamit.



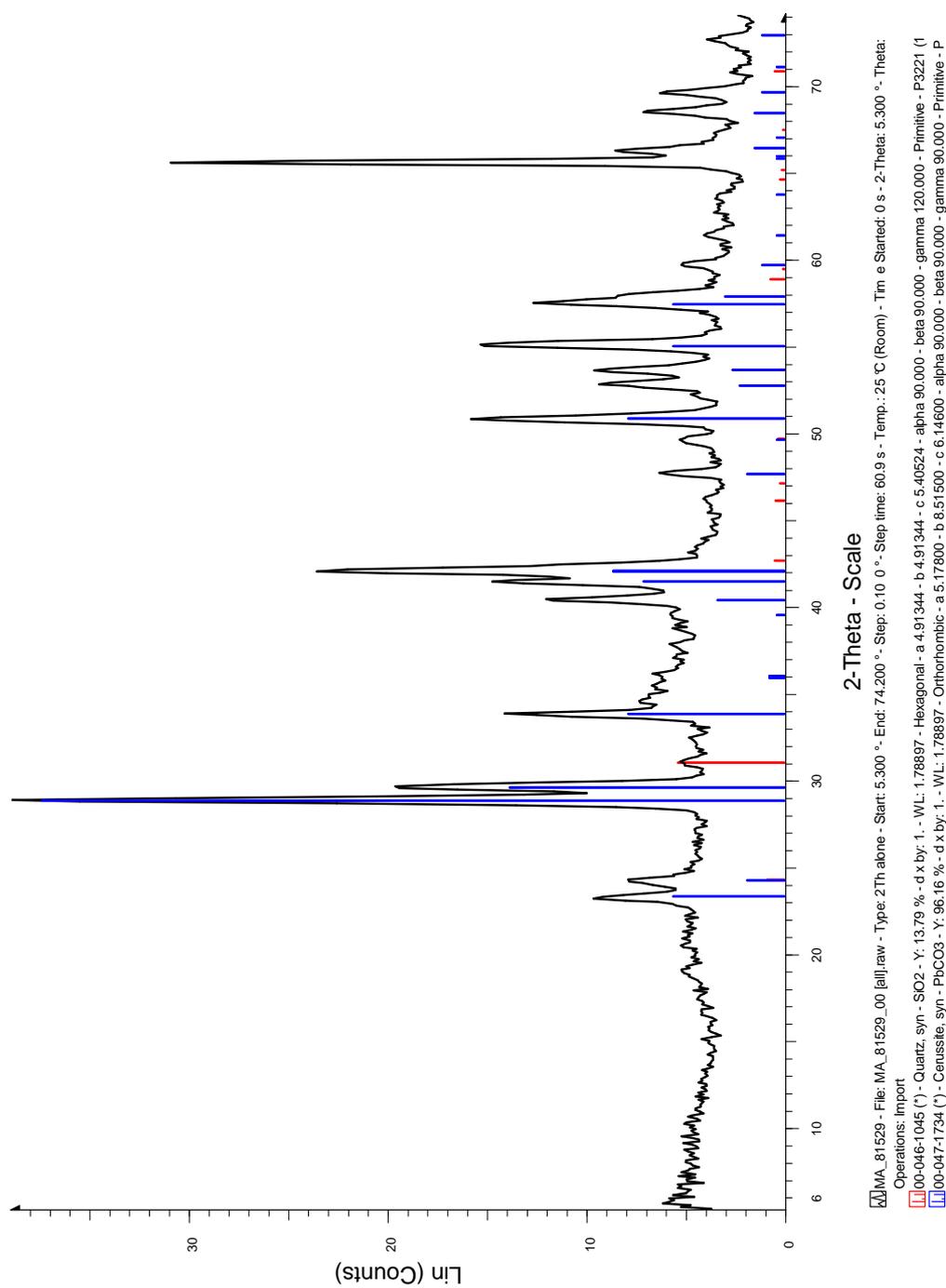
10. XRD Messskala von Objekt-10, Probe-Nr: MA-081528, rote Linien zeigen Quarz und blaue Linien Atacamit.



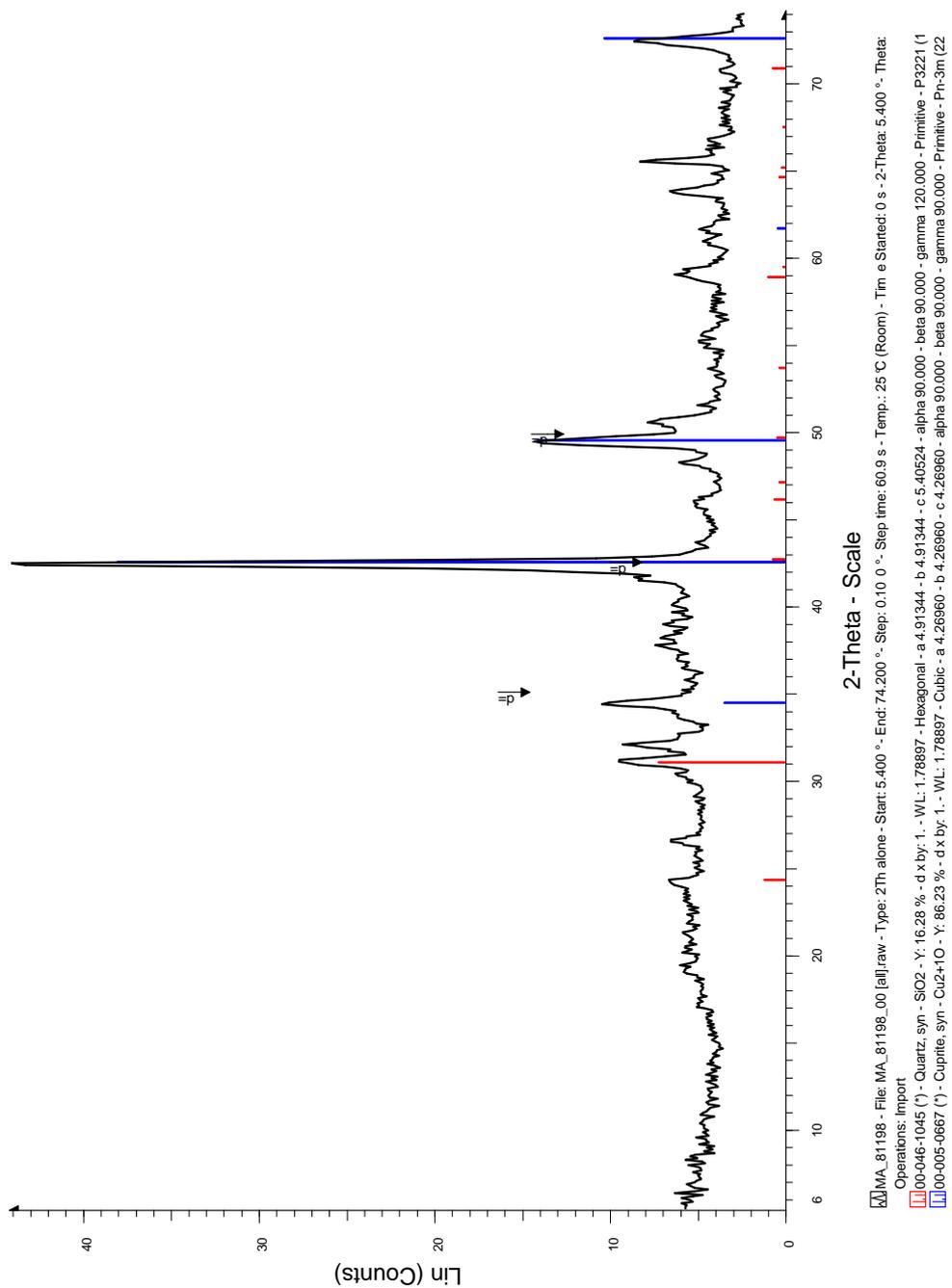
11. XRD Messskala von Objekt-11, Probe-Nr: MA-081201, rote Linien zeigen Quarz, blaue Linien zeigen Cuprit und grüne Linien Atacamit.



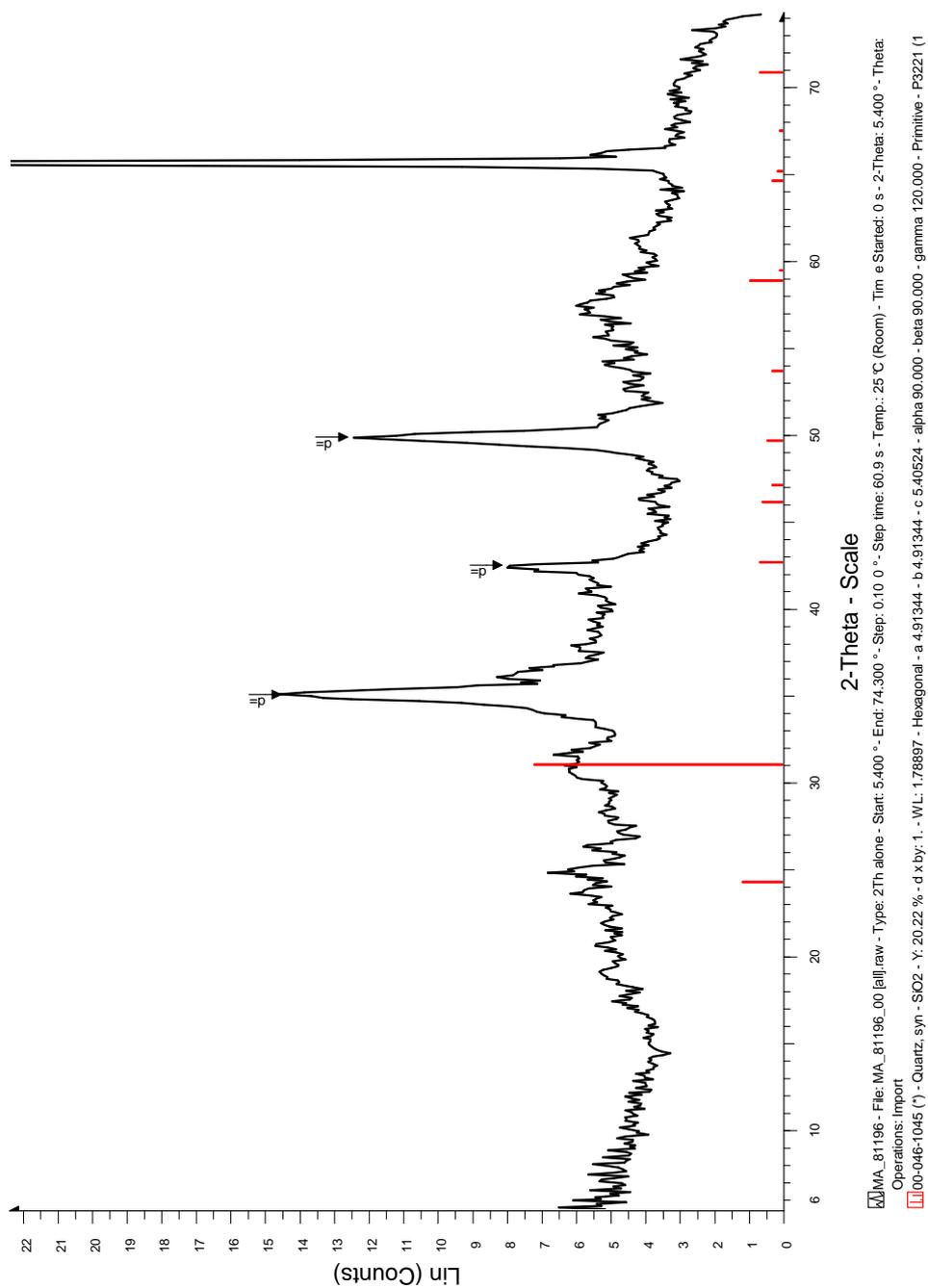
12. XRD Messkala von Objekt-12, Probe-Nr: MA-081527, grüne Linien zeigen Malachit, rote Linien Quarz, blaue Linien Cuprit und orange Linien Calcit.



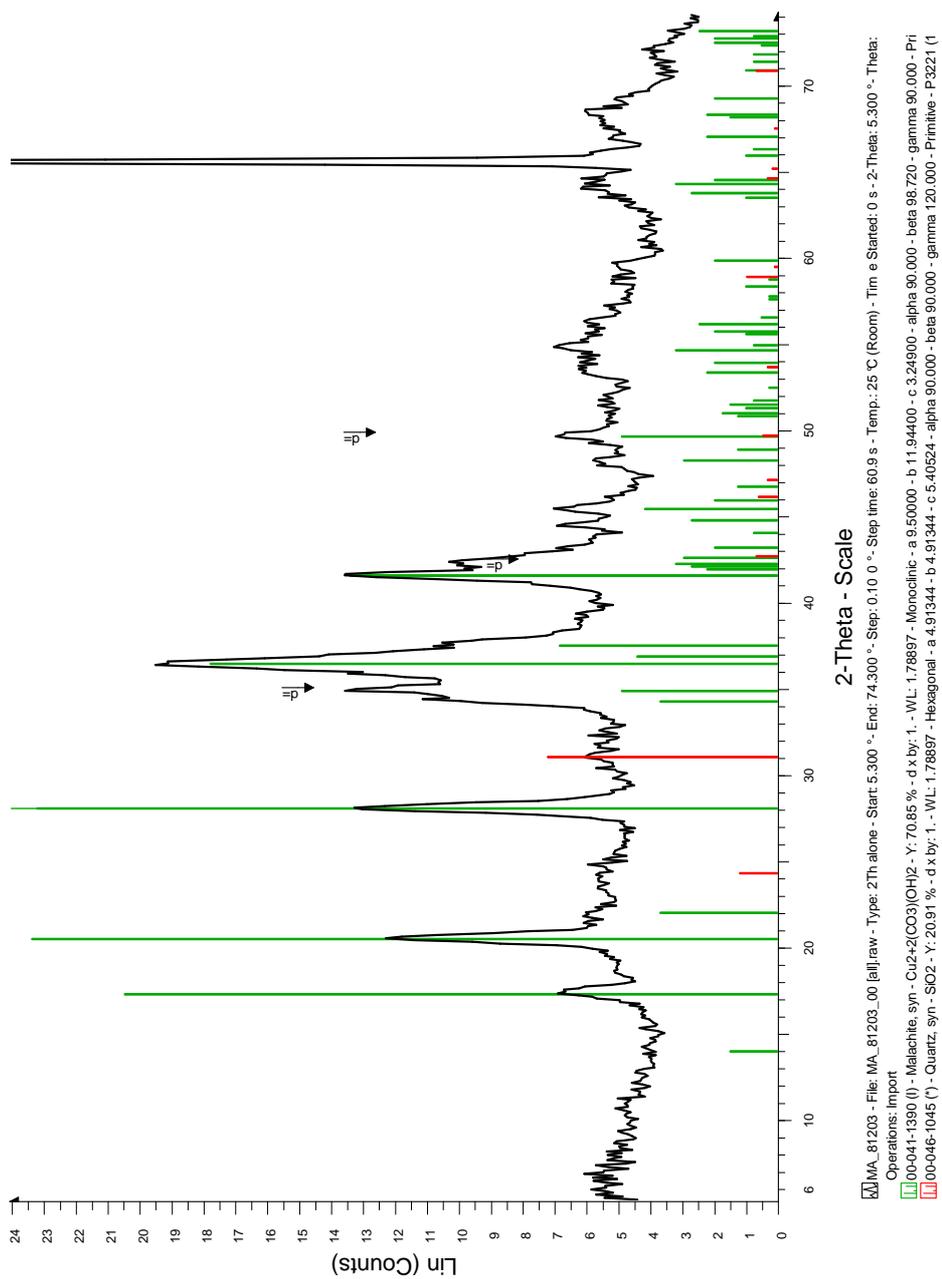
13. XRD Messkala von Objekt-13, Probe-Nr: MA-081529, rote Linien zeigen Quarz und blaue Linien Zerusit.



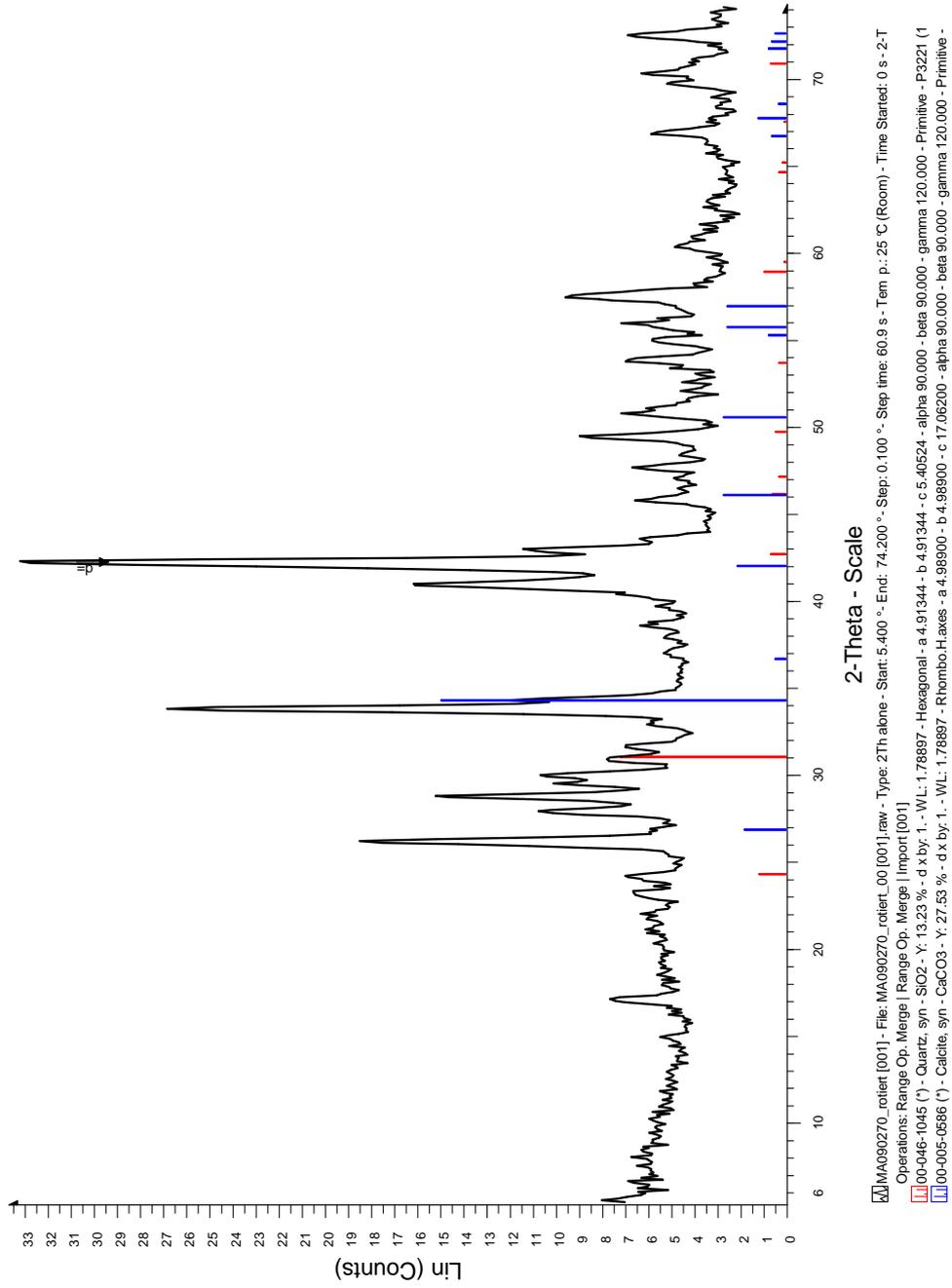
14. XRD Messkala von Objekt-14, Probe-Nr: MA-081198, rote Linien zeigen Quarz und blaue Linien Cuprit.



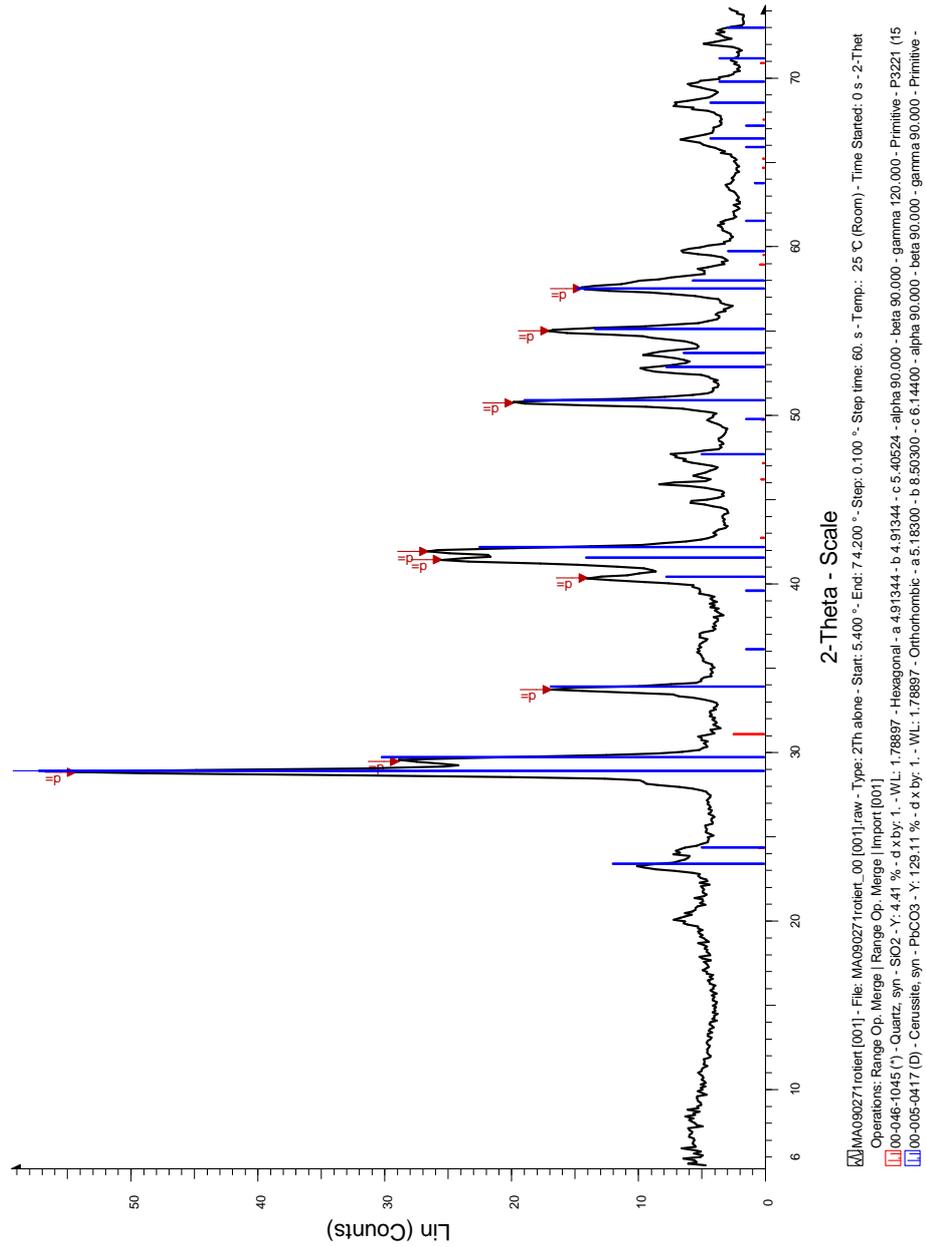
15. XRD Messkala von Objekt-15, Probe-Nr: MA-081196, rote Linien zeigen Quarz.



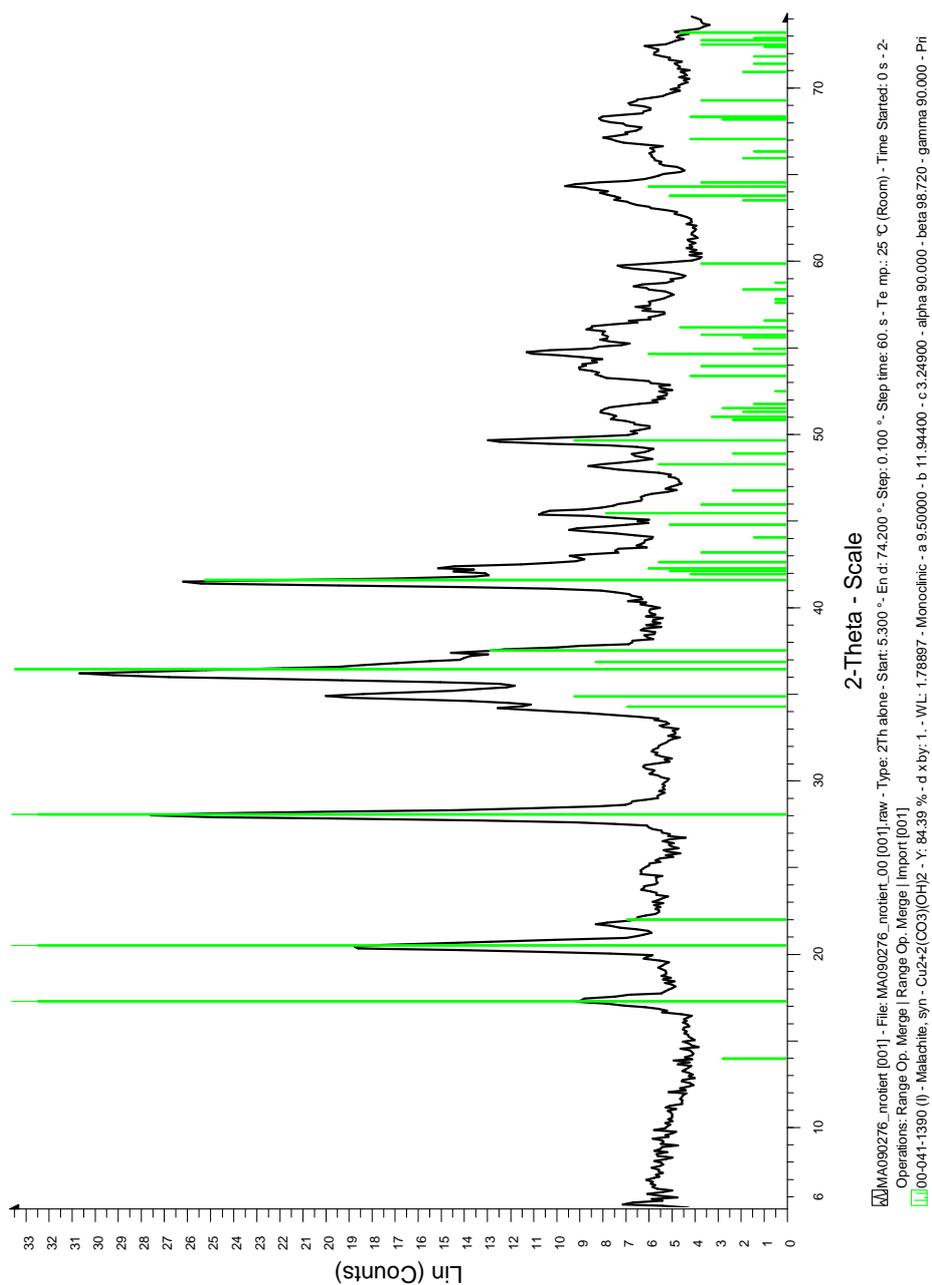
16. XRD Messskala von Objekt-16, Probe-Nr: MA-081203, grüne Linien zeigen Malachit und rote Linien Quarz.



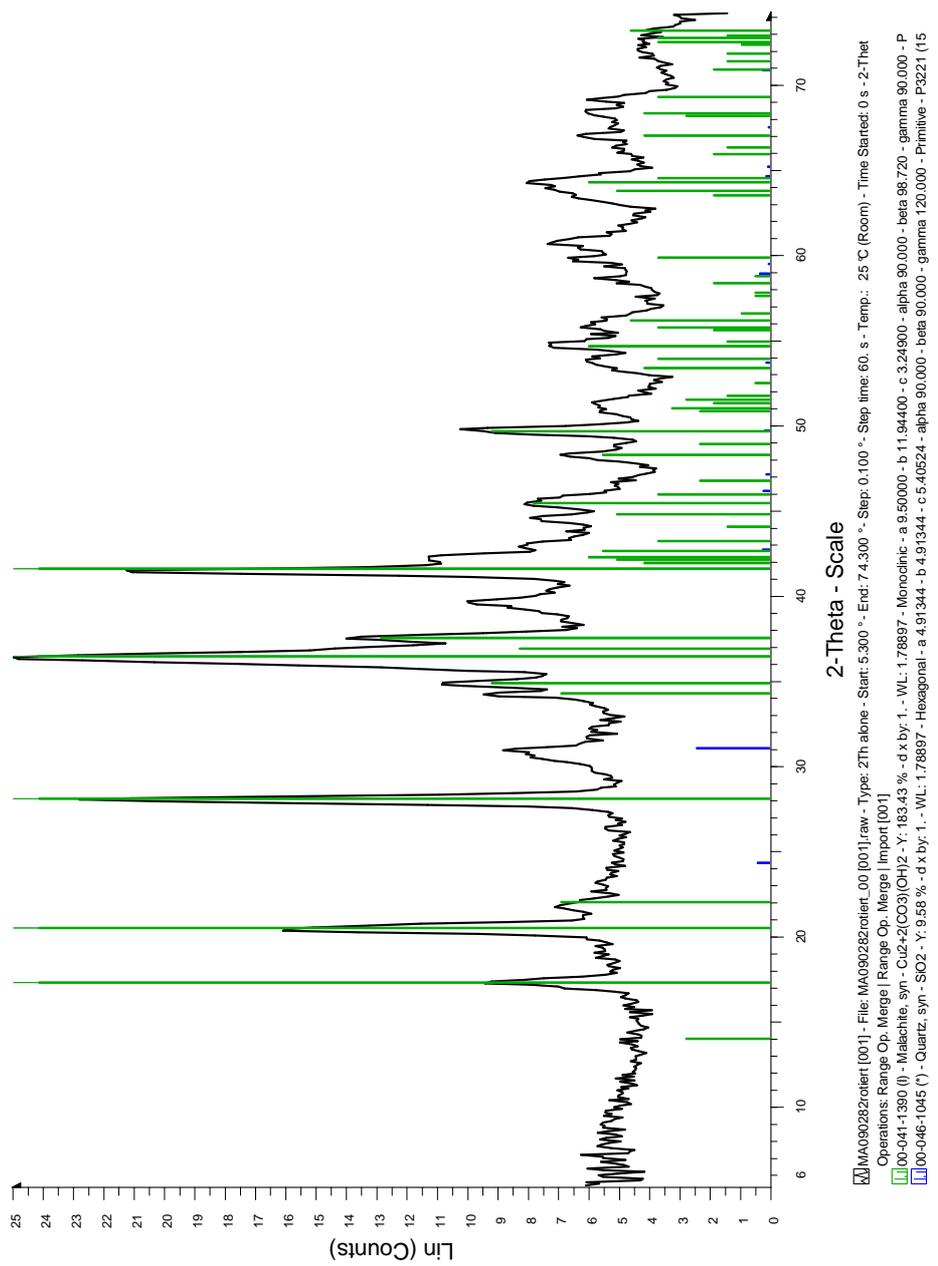
17. XRD Messskala von Objekt-17, Probe-Nr: MA-090270, rote Linien zeigen Quarz und blaue Linien Calcit.



18. XRD Messkala von Objekt-18, Probe-Nr: MA-090271, rote Linien zeigen Quarz und blaue Linien zeigen Zerussit.



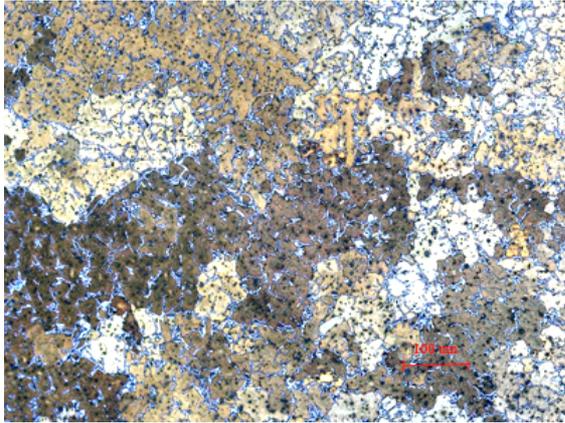
19. XRD Messkala von Objekt-19, Probe-Nr: MA-090276, grüne Linien zeigen Malachit.



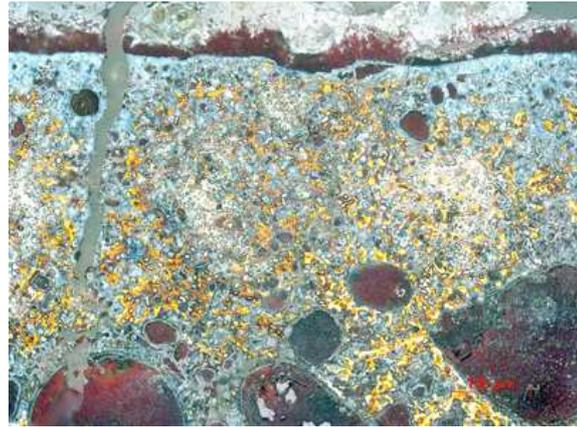
20. XRD Messskala von Objekt-20, Probe-Nr: MA-090282, grüne Linien zeigen Malachit und blaue Linien Quarz.

Anhang C

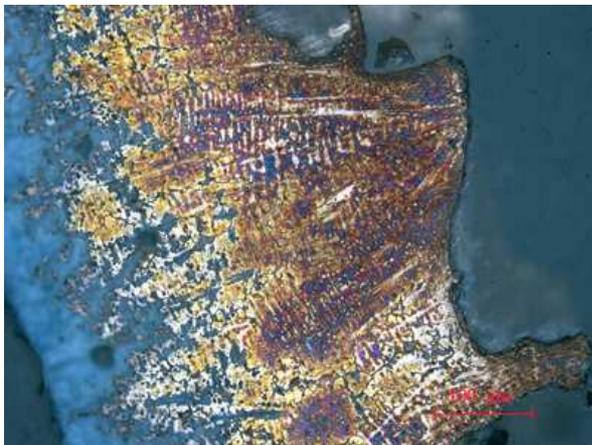
Metallgefüge



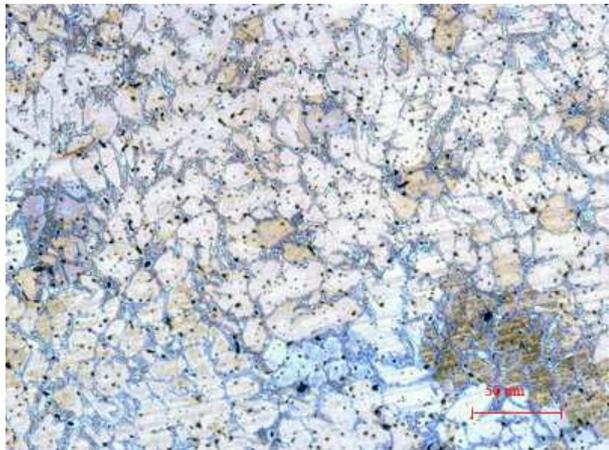
1. Metallgefüge von Objekt 1.



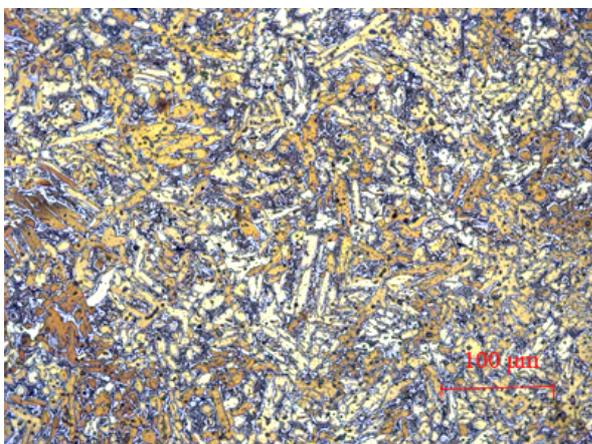
2. Metallgefüge von Objekt 2.



3. Metallgefüge von Objekt 3.



4. Metallgefüge von Objekt 4.



5. Metallgefüge von Objekt 5.



6. Metallgefüge von Objekt 6.



7. Metallgefüge von Objekt 7.



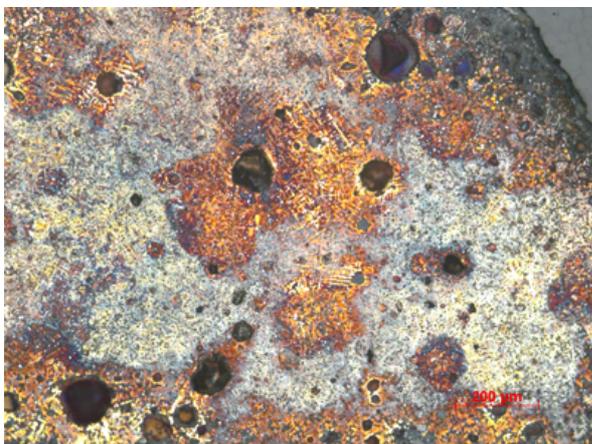
8. Metallgefüge von Objekt 8.



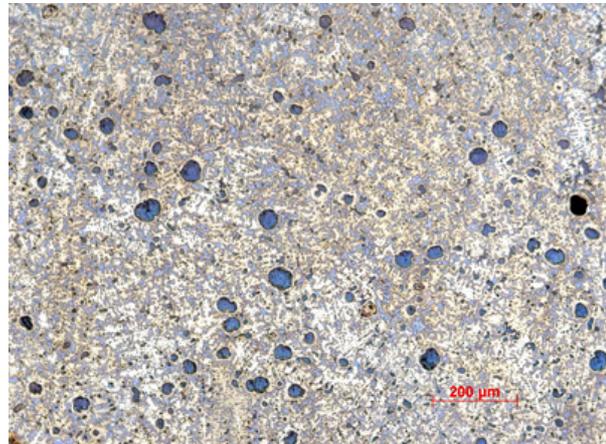
9. Metallgefüge von Objekt 9.



10. Metallgefüge von Objekt 10.



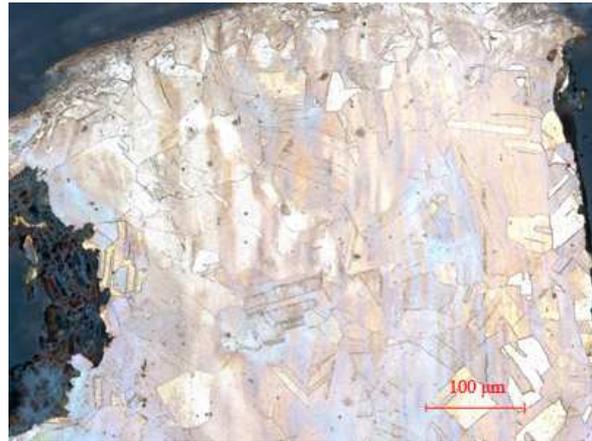
11. Metallgefüge von Objekt 11.



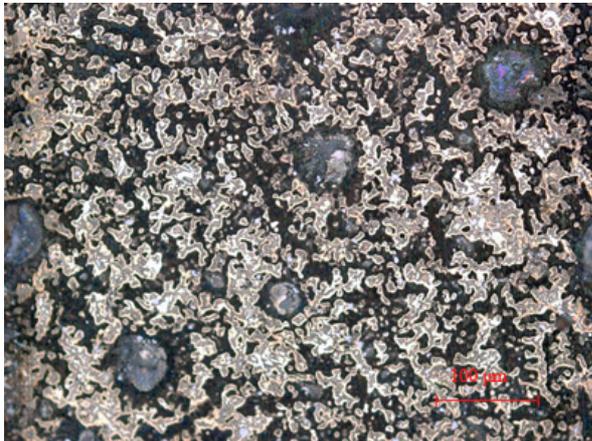
12. Metallgefüge von Objekt 12.



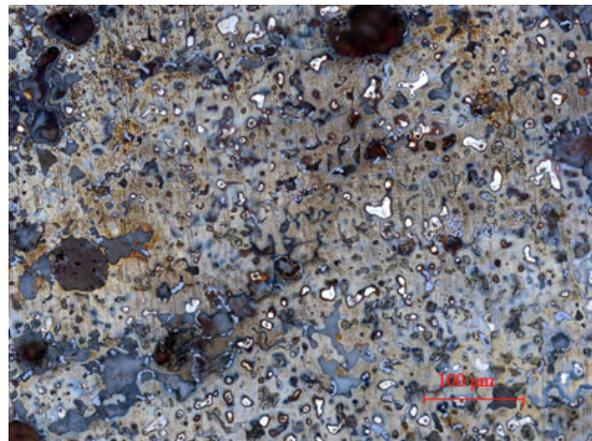
13. Metallgefüge von Objekt 13.



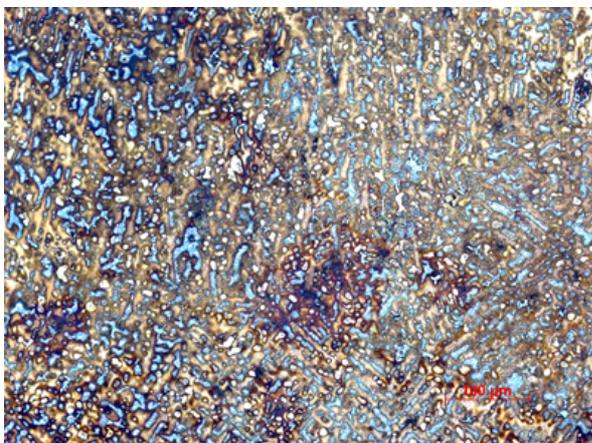
14. Metallgefüge von Objekt 14.



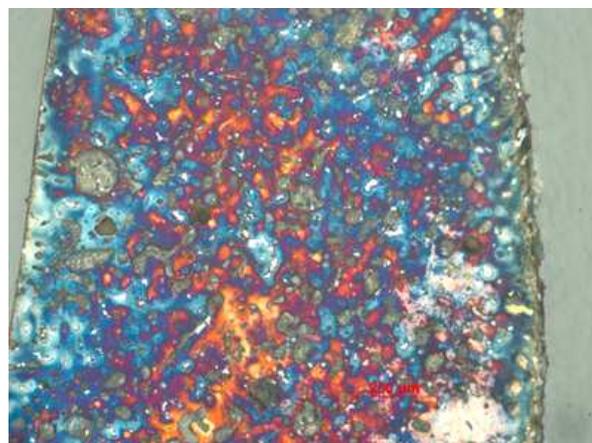
15. Metallgefüge von Objekt 15.



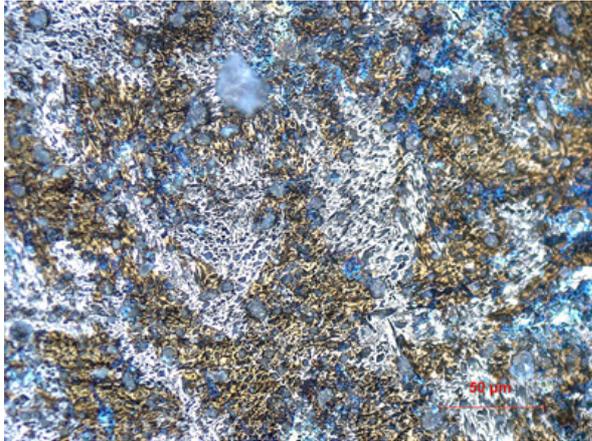
16. Metallgefüge von Objekt 16.



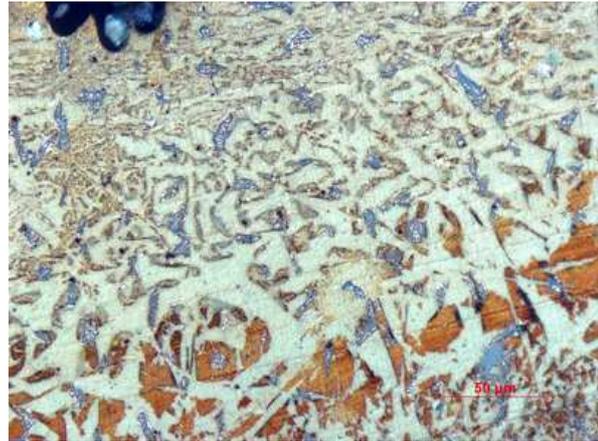
17. Metallgefüge von Objekt 17.



18. Metallgefüge von Objekt 18.



19. Metallgefüge von Objekt 19.



20. Metallgefüge von Objekt 20.

## Literaturverzeichnis

### Abkürzungen der Chinesischen Zeitschriften

<b>GBYK</b>	Gugong bowuyuan yuankan (Bulletin des Verbotenen Stadt Museums).....	故宫博物院院刊
<b>KG</b>	Kaogu (Archäologie).....	考古
<b>KGTX</b>	Kaogu tongxun (Bulletin der Archäologie).....	考古通讯
<b>KGXB</b>	Kaogu xuebao (Zeitschrift für Archäologie).....	考古学报
<b>KYW</b>	Kaogu yu wenwu (Archäologie und Kulturdenkmal ).....	考古与文物
<b>SCJ</b>	Shoucangjia (Der Sammler).....	收藏家
<b>SXYK</b>	Shixue yuekan (Monatsschrift der Geschichte).....	史学月刊
<b>TSX</b>	Tianjin shida xuebao (Bulletin der Pädagogischen Universität Tianjin).....	天津师大学报
<b>WBKK</b>	Wenwu baohu yu kaogu kexue (Denkmalschutz und Archäologie Wissenschaft).....	文物保护与 考古科学
<b>WCZ</b>	Wenwu cankao ziliao (Kulturdenkmal Referenzmaterial ).....	文物参考资料
<b>WW</b>	Wenwu (Kulturdenkmal).....	文物
<b>WWSJ</b>	Wenwu shijie (die Welt der Kulturdenkmal).....	文物世界
<b>ZKS</b>	Zhongguo Keji Shiliao (Abstammungsdaten der Wissenschaft Chinas).....	中国科技史料
<b>ZKY</b>	Ziran kexueshi yanjiu (Forschung der geschichte der Naturwissenschaften).....	自然科学史研究
<b>ZYSJK</b>	Zhongyang yanjiuyuan lishiyuyanyanjiusuo jikan (Journal vom Geschichten und Sprachen Institut der zentralen Akademie ).....	中央研究院历史语言研究所集刊
<b>ZYWW</b>	zhongyuan wenwu (Kulturdenkmal in der Mitte Chinas).....	中原文物

### Übersetzungen der chinesischen Verlage:

Bashu Shushe	Bashu Verlag	巴蜀书社
Kexue Chubanshe:	Wissenschaften Verlag	科学出版社
Nankaidaxue Chubanshe	Nankai University Verlag	南开大学出版社

Qilu Shushe:	Qilu Verlag	齐鲁书社
Sanlian Shudian	Sanlian Verlag	三联书店
Shijie Tushu Chubangongsi	Welt Bücher Verlag	世界图书出版公司
Wenwu Chubanshe:	Kulturdenkmal Verlag	文物出版社
Yuelu Shushe	Yuelu Verlag	岳麓书社
Zhongguo Dabaikequanshu Chubanshe	Chinas Enzyklopädie Verlag	中国大百科全书出版社
Zijin Cheng Chubanshe:	Die Verbotene Stadt Verlag	紫禁城出版社

AAICAW (Arbeitsteam des Archäologie Instituts von chinesischen Akademie der Wissenschaften) 中国科学院考古研究所二里头工作队 1976. Yanshi Erlitou yizhi xinfaxian de tongqi he yuqi 偃师二里头遗址新发现的铜器和玉器 (Die neuen Entdeckungen von Bronzen und Jadeartefakten in Yanshi Erlitou), KG 4: 260-261.

AICAS (Archäologie Institut der chinesischen Akademie der Sozialwissenschaften) 中国社会科学院考古研究所 1981. Yinxu Fuhaomu 殷墟妇好墓 (Fuhaos Grab in Yinxu), 105-111, Beijing: Wenwu Chubanshe.

1999. Yanshi Erlitou 偃师二里头 (die Erlitou Fundstätte in Yanshi), 195, Beijing: Zhongguo Dabaikequanshu Chubanshe.

AICAS (Archäologie Institut der chinesischen Akademie der Sozialwissenschaften) 中国社会科学院考古研究所 und HKA (Hebei Kulturdenkmal Administration) 河北省文物管理处 1980. Mancheng Hanmu Fajuebaogao 满城汉墓发掘报告 (Der Ausgrabungsbericht des Han-Grabs in Mancheng), 255-261, Beijing: Wenwu Chubanshe.

AICAW (Archäologie Institut der chinesischen Akademie der Wissenschaften) 中国科学院考古研究所 1956. Huixian fajue baogao 辉县发掘报告 (Ausgrabungsbericht in Huixian), 103, Beijing: Kexue Chubanshe.

Barnard Noel, 1961. Bronze casting and bronze alloys in ancient China. Canberra: Australian National University.

Bian Xiucheng 边修成 1972. Shanxi Changzhi Fenshuiling 126 hao mu fajuejianbao 山西长治分水岭 126 号墓发掘简报 (Report des Grab 126s von Shanxi Changzhi Fenshuiling), WW 4: 39.

- Chase W. T., 1999. Zhongguo qingtongqi zhong de xin 中国青铜器中的锌 (Zink in chinesischen Bronzen.), Beitrag des Symposiums über Bronzetechnik in alt China, 1997 in Shanghai, übersetzt von Wu Chunming und Hong Xiaoyan. WBKK 2.
- Chen Kunlong 陈坤龙 2003. Gudai cailiao de X shexian yanshe fenxi jiqi yingyong 古代材料的 X 射线衍射分析及其应用 (Die Anwendung der XRD Methode auf den alten Materialien), ZYWW 2: 85.
- Chen Liangzuo 陈良佐 1981. Gudai de jinshu gongyi 古代的金属工艺 (die Metallverarbeitung im Altertum), ZYSJK 52(2).
- Cheng Changxin, 程长新 Wang Wenchang 王文昶 und Cheng Ruixiu 程瑞秀 1989. Tongqi Bianwei Qianshuo 铜器辨伪浅说 (Einführung der Identifikation der Bronzen), WW 8: 36- 43.
- Du Naisong 杜迺松 1988. Sanguo liangjin nanbeicao zhi suitang shiqi de qingtongqi zonglun 三国两晋南北朝至隋唐时期的青铜器综论 (Zusammenfassung der Bronzen aus Drei Reiche, Zwei Jin; Südliche und Nördliche Dynastien und Sui, Tang), GBYK 4.
1989. Zhongguo gudai qingtongqi fazhan lueshu 中国古代青铜器发展略述 (Eine kurze Zusammenfassung der chinesischen antiken Bronzen ), SXYK 1.
1990. Song, Yuan, Ming, Qing tongqi jianing gailun 宋元明清铜器鉴定概论 (Die Erkennung der Bronzen aus Dynastien Song, Yuan, Ming und Qing), GBYK 4: 49- 63.
- Elisseeff Vadime, 1977. Bronzes archaïques chinois au Musée Cernuschi. Paris: L'Asiatheque.
- EPC (Expertenteam des Projektes der Chronologie der Xia, Shang, Zhou Dynastien) 夏商周断代工程专家组 2000. Xia Shang Zhou duandaigongcheng 1996-2000 nian jieduanchengguo baogao 夏商周断代工程 1996-2000 年阶段成果报告 · 简本 (Bericht des Projektes der Chronologie der Xia, Shang, Zhou Dynastien von 1996-2000), 86, Beijing: Shijie Tushu Chubangongsi.
- Gao Lian 高濂 (明) gecheckt von Wang Dachun 王大淳 1992. Zunshengbajian 遵生八笺 (Acht Anmerkungen zur Gesundheitspflege), 521, Chengdu: Bashu Shushe.
- Gao Luji 高鲁冀 1980. Zhongguo Gujianzhu zhong de liujin yu tiejin 中国古建筑中的鎏金与贴金 (Die Vergoldung und Feuervergoldung auf den antiken Architekturen Chinas ), KYW 4: 125.
- Gettens R. J., 1969. The Freer Chinese Bronzens, Vol.2, Technical studies, 20, Washington, D.C.; Smithsonian Institution, Freer Gallery of Art.

- GSM (Gansu Museum) 1979. Gansu wenwukaogu sanshinian 甘肃文物考古三十年 (dreißig Jahre Archäologische Arbeiten in Gansu), in Wenwukaogu sanshinian 文物考古三十年 (dreißig Jahre Archäologische Arbeiten in China), 141-142, Beijing: Wenwu Chubanshe.
- Guo Baojun 郭宝钧 1959. Shanbiaozhen he Liulige 山彪镇和琉璃阁 (Ausgrabungen in Shanbiaozhen und Liulige), Beijing: Kexue Chubanshe.
1964. Xunxian Xincun 浚县辛村 (Ausgrabungen in Xunxian Xincun), 62, Beijing: Kexue Chubanshe.
- Hahn-Weinheimer P., Hirner A., und Weber-Diefenbach K., 1995. Röntgenfluoreszenzanalytische Methoden: Grundlagen und praktische Anwendung in den Geo-, Material- und Umweltwissenschaften Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg.
- Han Wei 韩伟 und Cao Mingtan 曹明檀 1981. Shaanxi Fengxiang Gaoshansi zhanguo tongqi jiaocang 陕西凤翔高山寺战国铜器窖藏 (die versteckte Bronzen der Zeit der Streitenden Reiche in Gaoshansi, Fengxiang Shaanxi Provinz), WW 1: 16.
- HBKA (Hebei Kulturdenkmal Arbeitsgruppe) 河北省文化局文物工作队 1966. Hebei Huailai Beixinpu zhanguo mudi 河北怀来北辛堡战国墓地 (Der Friedhof der Streitenden Reiche in Huailai Beixinpu), KG 5: 242.
- HBKI (Hebei Kulturdenkmal Institut) 河北省文物研究所 1985. Gaocheng Taixi Shangdai Yizhi 藁城台西商代遗址 (die Fundstätte der Shang Dynastie in Gaocheng Taixi), Beijing: Wenwu Chubanshe.
- HBKK (Hebei Kulturdenkmal Komitee) 河北省文物管理委员会 1979. Hebeisheng Pingshanxian zhanguoshiqi Zhongshanguo muzang fajuejianbao 河北省平山县战国时期中山国墓葬发掘简报 (der Bericht des Zhongshanguo Gräbfelds in Pingshanxian Hebei Provinz ), WW 1: 12.
- HBM (Hubei Museum) 湖北省博物馆 1989. Zenghouyi mu 曾侯乙墓 (Das Grab von Marquis Zeng), 328, Beijing: Wenwu Chubanshe.
- HMAK (Houma archäologische Ausgrabungen Komitee) 侯马市考古发掘委员会 1962. Houma Niuchenggucunnan dongzhou yizhi fajuejianbao 侯马牛城古村南东周遗址发掘简报 (Report von der Östlichen-Zhous Fundstätte in Houma Niuchenggucunnan ), KG 2: 58-60.

- HNKI (Henan Kulturdenkmal Institut) 河南省文物研究所, HDSAA (Henan Danjiang Stausee Archäologie Arbeitsteam) 河南省丹江库区考古发掘队 und XCM (Xichuan Museum) 淅川县博物馆 1991. Xichuan Xiasi chunqiu chumu 淅川下寺春秋楚墓 (die Chu Gräber der Zeit der Frühlings- und Herbstannalen in Xichuan Xiasi), 181, Beijing: Wenwu Chubanshe.
- HSAA (Huanghe Stausee archäologie Arbeitsteam) 黄河水库考古队 1958. 1957 nian Henan Shanxian fajue jianbao 1957 年河南陕县发掘简报 (Bericht der Ausgrabung in Shanxian, Henan im Jahr 1957), KGTX 11.
- Hua Juemin 华觉民 1986. Zhongguo yezhushi lunji 中国冶铸史论集 (die Analekten über Chinas metallurgische Geschichte), 145-148, Beijing: Wenwu Chubanshe.
1999. Zhongguo gudai jinshu jishu 中国古代金属技术 (Die Metall Technologien in antiken China). Zhengzhou: Daxiang Chubanshe.
- Hughes R. and Rowe M., 1991. The colouring, bronzing and patination of metals: a manual for fine metalworkers, sculptors and designers. London: Thames and Hudson.
- Keisch B., Feller R.L., Levine A. S., Edwards R.R., 1967. Dating and Authenticating Works of Art by Measurement of Natural Alpha Emitters. Science 155, 1238-1242.
- Kümmel Otto, 1928. Chinesische Bronzen: aus der Abteilung für Ostasiatische Kunst an den Staatlichen Museen Berlin. Berlin: Graph. Kunstanstalt Frisch.
- Kwang-chih Zhang 1983. Zhongguo qingtongshidai 中国青铜时代 (die Bronzezeit Chinas), 13, Beijing: Sanlian Shudian.
- Lewin S., 1973. A New Approach to Establishing the Authenticity of Patinas on Copper-base Artifacts. In Young W (Hg.), S.62-66.
- Li Xiandeng 李先登 1988. Shilun Zhongguo gudai qingtongqi jianing 试论中国古代青铜鉴定 (Diskussion zur Erkennung der chinesischen antiken Bronzen), TSX 6: 51.
- Lutz J. and Pernicka E., 1996. Energy dispersive X-ray fluorescence analysis of ancient copper alloys: empirical values for precision and accuracy. Archaeometry 38 (2): 311-323.
- LYM (Luoyang Museum) 洛阳市博物馆 1974. Luoyang Zhongzhoulu Zhanguo Chemakeng 洛阳中州路战国车马坑 (Kutschengrab der Streitenden Reichen in Luoyang Zhongzhoulu), KG 3.
- MABS (Metallurgie Abteilung von der Beijing Stahlhochschule), 1981. Zhongguo zaoqi tongqi de chubu yanjiu 中国早期铜器的初步研究 (die Studie zur früheren chinesischen Bronzen), KGXB,3: 287- 302.

- Mommsen H., 1986. Archäometrie: neuere naturwissenschaftliche Methoden und Erfolge in der Archäologie. 103, Stuttgart: Teubner.
- Pernicka E., Schwab R., Lockhoff N., Haustein M. 2008. Scientific Investigations of West African Metal Castings from a Collection in Bochum. In Pernicka E., v. Berswordt S. (Hg.) 2008.
- Pernicka E., v. Berswordt S. (Hg.), 2008. Original – Copy – Fake ? Examining the Authenticity of Ancient Works of Art – Focussing on Asian and African Bronzes and Terracottas. Mainz am Rhein: Philipp von Zabern.
- Rawson J., 1980. Ancient China: art and archaeology. London: Published for the Trustees of the British Museum by British Museum Publications.
- Robbiolla L., Portier, R., 2006. A global approach to the authentication of ancient bronzes based on the characterization of the alloy-patina-environment system. Journal of cultural heritage 7: 1-12.
- Rong Geng 容庚 und Zhang Weichi 张维持 1981. Yinzhou qingtongqi tonglun 殷周青铜器通论 (die Bronzen von Yin- und Zhou Dynastie), 61, Beijing: Wenwu Chubanshe.
- Scott D., 1991. Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals. Singapore: Tien Wah Press.
2002. Copper and Bronze in Art: Corrosion, Colorants, Conservation. Los Angeles: Getty Publications.
- SDAI (Shandong Archäologie Institut) 山东省文物考古研究所 1982. Qufu Luguogucheng 曲阜鲁国故城 (Alte Stadt des Lus in Qufu), Jinan: Qilu Shushe.
- SDKK (Shandong Kulturdenkmal Komitee) 山东省文物管理处 und JNM (Jinan Museum) 济南市博物馆 1974. Dawenkou Xinshiqishidai muzang fajuebaogao 大汶口新时期时代墓葬发掘报告 (Report der Ausgrabung von Dawenkou, ein Neolithische Grabfeld), 99-102, Beijing: Wenwu Chubanshe.
- SDM (Shandong Museum) 山东省博物馆 1977. Shandong Linzi Langjiazhuang yihao Dongzhou xunren yizhi 山东临淄郎家庄一号东周殉人遗址 (die Fundplatz von Östliche Zhou in Linzi Langjiazhuang Shandong Provinz), KGXB 1: 78.
- Shi Shuqing 史树青 1973. Woguo gudai de jincuo gongyi 我国古代金错工艺 (Die Techniken der Goldeinlage im alten China), WW 6: 67.
- Shi Zhangru 石璋如 1955. Yindai de zhutongjishu 殷代的铸铜技术 (Bronze-Gießen Technologie in Yin-Dynastie), ZYSJK 26.

- Shi Zhilian 石志廉 1963. Chuwang Sunyu tongge 楚王孙鱼铜戈 (das Bronze Ge von König Sunyu Chus), WW 3: 46-47.
1964. Jieshao jijian shangdai qingtongqi 介绍几件商代青铜器 (Die Vorstellung von einigen Bronzen der Shang-Dynastie), WW 4: 48.
- Spieß L., Schwarzer R., Behnken H., Teichert G., 2005. Moderne Röntgenbeugung: Röntgendiffraktometrie für Materialwissenschaftler, Physiker und Chemiker. Wiesbaden: Teubner.
- Sun Shuyun 孙淑云 und Han Rufen 韩汝玢 1997. Gansu zaoqi qingtongqi de faxian yu yelian, zhizuo jishu de yanjiu 甘肃早期青铜器的发现与冶炼、制作技术的研究 (die Entdeckungen der frühen Bronzen in der Gansu Provinz und ihre Untersuchungen), WW 7: 75.
- SXM (Shaanxi Museum) 陕西省博物馆 und SXKK (Shaanxi Kulturdenkmal Komitee) 陕西省文物管理委员会 1976. Shaanxi Qishan Hejiacun Xizhou muzang 陕西岐山贺家村西周墓葬 (Die Gräber von der westlichen Zhou-Dynastie in Qishan Hejiacun in Shaanxi Provinz), KG 1: 34-36.
- Wang Wenchang 王文昶 1996. Qingtongqi bianwei gailun 青铜器辨伪概论 (Einführung der Erkennung der gefälschten Bronzen), SCJ 6: 49- 55.
- Wen Tingkuan 温廷宽 1958. Jizhong youguan jinshugongyi de chuantongjishu 几种有关金属工艺的传统技术 (die traditionelle Techniken der Metallbearbeitung ), WCZ 3: 62-63.
- Wu Kunyi 吴坤仪 1981. Liu jin 鍍金 (Feuervergoldung), ZKS 1.
- Wu Xiaoping 吴小平 2005. Handai qingtongrongqi de kaoguxue yanjiu 汉代青铜容器的考古学研究 (Archäologische Untersuchung der Bronzegefäße aus Han Dynastie), Changsha: Yuelu Shushe.
- Ye Xiaoyan 叶小燕 1983. Woguo gudaiqingtongqi shang de zhuangshi gongyi 我国古代青铜器的装饰工艺 (die Verzierungsstechniken der alten Bronzen in China ), KYW 4: 86.
- Yetts W. P, 1929 und 1930. The George Eumorfopoulos collection: catalogue of the Chinese and Corean bronzes, sculpture, jades, jewellery and miscellaneous objects, vol.1 and vol.2. London: E.Benn.
- Yin Difei 殷涤非 und Luo Changming 罗长铭 1958. Shouxian Chutu de Ejun Qi jinjie 寿县出土的鄂君启节 (die Bronze Passierscheine von Ejun Qi aus Shouxian), WCZ 4: 8-11.
- Young W., 1973. Application of Science in the Examination of Works of Art. Proceedings of the Seminar: June 15-19. 1970. Boston, Mass: Museum of fine arts.
- Yu Weichao 俞伟超 2002. Gushi de kaoguxue tansuo 古史的考古学探索 (Archäologische Forschungen der chinesischen antiken Geschichte), Beijing: Wenwu Chubanshe.

- Zhang Han 张颢 1962. Wanrong chutu cuojin niaoshuge mingwen kaoshi 万荣出土错金鸟书戈铭文考释 (die Erklärung der Goldeingelegte Inschriften auf dem Bronze Ge aus Wanrong ), WW 4-5: 35-36.
- Zhao Xihu (Song Dynastie) 赵希鹄 (宋) Dong tian qing lu 洞天清禄 (Glück im Wunderland).
- Zhao Zhenmao 赵正茂 1988. Qingtongqi de xiufujishu 青铜器的修复技术 (Die Restaurierung der Bronzen), 52, Beijing: Zijincheng Chubanshe.
- Zhong Jiarang 钟家让 Wang Dan 王丹 2005. Xiandai gaofang qingtongqi de zhizuo ji bianwei 现代高仿青铜器的制作及辨伪 (die Herstellung und Erkennung der modernen nachgeahmten Bronzen), WWSJ 4: 76.
- Zhou Weirong 周卫荣, Fan Xiangxi 樊祥熹 und He Lin 何琳. 1994. Zhongguo gudai shiyong danzhixinhuangtong de shiyan zhengju 中国古代使用单质锌黄铜的实验证据 (experimentelle Beweise der Verwendung des metallischen Zinks in Messing in alt China), ZKY 1: 62.
- Zhu Fenghan 朱凤翰 1995. Gudai Zhongguo qingtongqi 古代中国青铜器 (die antike Bronze Chinas), Tianjing: Nankaidaxue Chubanshe.