
Ergänzungsbericht (Addendum) 1.0

Zur wissenschaftlichen Dokumentation „ Die Orpheusuhren“

Vorwort

Wissenschaftliche Forschung zeichnet sich wesentlich dadurch aus, dass sie sich kontinuierlich selbst hinterfragt und ihre eigenen Ergebnisse zur Disposition stellt. Dieser Prozess der kritischen Reflexion bildet die Grundlage wissenschaftlichen Fortschritts.

Es ist ein zentrales Merkmal in der Forschung, dass bestehende Ergebnisse nicht nur Erkenntnisse sichern, sondern zugleich neue Fragestellungen ermöglichen und weiterführende Einsichten eröffnen können. Von dieser empirisch begründeten Dynamik soll auch die Dokumentation zu den Orpheusuhren profitieren, wie im nachfolgenden Abschnitt unter dem Titel *Addendum* dargelegt wird.

👉 „Ein regelmäßiger Blick lohnt sich: Hier werden fortlaufend die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse und Forschungsergebnisse zu den Orpheusuhren veröffentlicht.“

Thema:

- **Erweiterte metallurgische Erkenntnisse zur Materialzusammensetzung historischer Kupferarbeiten**

Verfasser:

Jürgen Ehrt

Sachverständiger für historische Uhren

Ort: Meißen

Datum: 15.04.2025

Version: Ergänzungsbericht 1.0

Hinweis:

Dieser Bericht stellt eine inhaltliche Ergänzung zur ursprünglichen Untersuchung vom 13. März 2025 dar. Er basiert auf erweiterten analytischen Ergebnissen sowie aktualisierten wissenschaftlichen Quellen und dient der Vervollständigung der bisherigen Dokumentation.

Erweiterung und Präzisierung bisheriger Erkenntnisse zur Fremersdorf I

Aus gegebenem Anlass erscheint es mir erforderlich, meine bisherigen Forschungsergebnisse im Folgenden zu erweitern und inhaltlich zu präzisieren. Bereits an dieser Stelle sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich nach derzeitigem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis keine abweichenden Ergebnisse hinsichtlich der Provenienz und der Herstellungstechnik der Uhr *Fremersdorf I* erwarten lassen.

Das Kapitel „*Die Orpheusuhr Fremersdorf I – Landesmuseum Württemberg in Stuttgart*“ soll an dieser Stelle nicht erneut dargestellt werden.

Die durchgeführte Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) belegt eindeutig, dass es sich bei dem Zifferblatt um eine Kupferplatte handelt, deren Elementkonzentrationen (insbesondere ein Kupfergehalt von >99 %) charakteristisch für elektrolytisch raffiniertes Kupfer sind. Eine solche Materialqualität war nach heutigem Stand der metallurgischen Forschung vor dem 19. Jahrhundert technisch nicht verfügbar. **Daraus folgt, dass das Zifferblatt nicht in der Renaissancezeit entstanden sein kann.**

Historische Verhüttungsverfahren und deren Bedeutung für die Materialanalyse

Im Mittelalter basierten die Verhüttungsverfahren auf dem Schmelzen von Kupfererzen in einfachen Öfen. Diese frühen Techniken waren technologisch nicht ausgereift genug, um metallurgisch reines Kupfer zu gewinnen. In der Regel wurden nicht nur kupferhaltige Erze, sondern auch Begleiterze wie **Zink, Zinn, Eisen, Arsen oder Silber** mitverarbeitet. Diese metallischen Beimengungen führten zu Elementkonzentrationen, die aus heutiger Sicht als Verunreinigungen zu klassifizieren sind.

Bei unvollständiger Reduktion von Kupferkies (**CuFeS₂**) konnte es zudem zur Einlagerung von **Schwefel** im Metall kommen. Je nach Lagerstätte – insbesondere im mitteleuropäischen Raum – wies das gewonnene Kupfer häufig auch Spuren von **Gold** und **Silber** auf.

In der **archäometrischen Forschung** kommt der Analyse solcher Legierungsbestandteile heute eine zentrale Bedeutung zu. Durch moderne Verfahren lassen sich metallurgische Signaturen identifizieren, die Rückschlüsse auf Herkunft und Verarbeitungsweise zulassen. Solche Erkenntnisse leisten einen wichtigen Beitrag zur Provenienzforschung historischer Objekte.

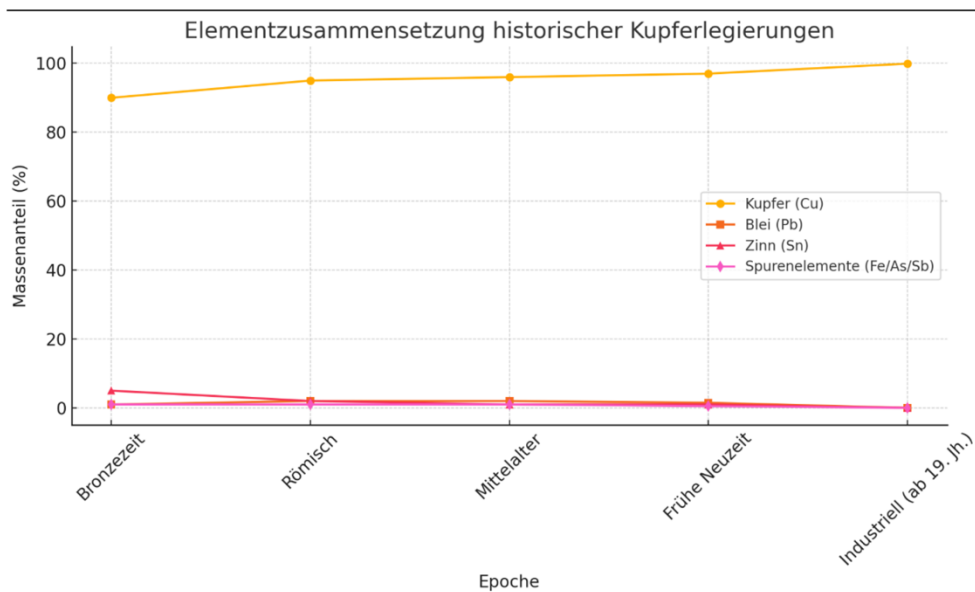
Mittelalterliches Kupfer (9.–15. Jh.)

- Quelle: Riederer, Josef: *Archäometallurgie* (1991), Deutsches Bergbau-Museum Bochum
- Zusammensetzung (z. B. Kirchenkunst, Gerätschaften):
 - Cu: 92–97 %
 - Pb: 1–3 %
 - Sn: 1–2 %
 - Fe, As: ≤ 1 %
- Bemerkung: Verunreinigungen durch unreine Erze und mangelnde Raffinationstechnologie.

Frühe Neuzeit (16.–18. Jh.)

- Quelle: H. G. Bachmann: *Analytische Untersuchungen an Kupferlegierungen der Renaissancezeit*, 1980
- Typische Werte für Tafelaufsätze, Glocken, Treibarbeiten:
 - Cu: 96–98 %
 - Pb: 0,5–2,5 %
 - Sn: 0–1 %
 - Sb, Fe, As: Spuren

Nachfolgend zeigt eine Grafik die Entwicklung des Kupfergehaltes über die Jahrhunderte:



RFA-Ergebnis (Zusammenfassung) an dem sogenannten Jamnitzer Blatt

<u>Element</u>	<u>Gehalt</u>
Kupfer (Cu)	99,0 %
Blei (Pb)	0,5 %
Zinn (Sn)	0,4 %
Nickel (Ni)	0,1 %
Eisen (Fe)	nicht nachweisbar
Zink (Zn)	nicht nachweisbar

Die beigefügte Grafik veranschaulicht deutlich, in welchen historischen Zeiträumen sich der Kupfergehalt in metallurgischen Produkten verändert hat. Besonders markant ist der Anstieg im 19. Jahrhundert, als durch die Einführung industrieller Raffinationstechniken – allen voran

der Elektrolyse – erstmals Kupfer mit Reinheitsgraden von über 99 % hergestellt werden konnte.

Die im Vergleich dazu konstant höheren Gehalte an Blei, Zinn und anderen Begleitelementen in früheren Epochen sind auf die begrenzten Möglichkeiten der damaligen Schmelztechnik zurückzuführen, die noch keine Verfahren zur Gewinnung hochreinen Kupfers ermöglichte.

Für die vorliegende Expertise sind weiterführende analytische Methoden jedoch nicht ausschlaggebend. Der nachgewiesene Reinheitsgrad der Kupferplatte an der Uhr *Fremersdorf I* weist eindeutig auf ein Material hin, das mit metallurgischen Verfahren vor dem 19. Jahrhundert – etwa durch Kupellieren oder elektrolytische Raffination – **nicht hätte hergestellt werden können**.

Die aus diesem grundlegenden Axiom abgeleiteten, kumulativ gestützten Rückschlüsse zur Entstehung und technologischen Einordnung der *Fremersdorf I* sind bereits in der vorliegenden Dokumentation detailliert, methodisch nachvollziehbar und evidenzbasiert dargestellt. Eine Wiederholung erübrigt sich daher an dieser Stelle, zumal die zentralen Befunde durch analytische Daten gestützt und bislang in keiner Weise substantiiert widerlegt wurden.

