

**Zeitschrift:** Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte =  
Revue suisse d'art et d'archéologie = Rivista svizzera d'arte e  
d'archeologia = Journal of Swiss archeology and art history

**Herausgeber:** Schweizerisches Nationalmuseum

**Band:** 38 (1981)

**Heft:** 4

**Artikel:** Zerstörungsfreie Analysen

**Autor:** Voûte, Alexander

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-167663>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Zerstörungsfreie Analysen

VON ALEXANDER VOÛTE

Die Analyse von Museumsobjekten kann aus sehr verschiedenen Gründen notwendig werden. Einer der wichtigsten ist die Beschaffung von Unterlagen für die Restaurierung und Konservierung. Gegenstände aus Silber können durch Umkristallisierungsprozesse und Korrosionserscheinungen außerordentlich spröde werden. An ein Wiederherstellen ihrer ursprünglichen Form ist dann nicht zu denken. Die Sprödigkeit kann man durch Glühen vermindern. Wie hoch man dabei erhitzen darf, hängt von der Legierungszusammensetzung ab.

Für Studien über die Technologie in früheren Zeiten können Materialanalysen ebenfalls sehr wichtig sein. In gewissen Fällen ist die Existenz und die Einhaltung damaliger Vorschriften überprüfbar. Man gewinnt auch Daten über die Genauigkeit der Herstellungsmethoden.

Ebenso interessant sind Untersuchungen nach der Herkunft von Fundobjekten (Vergleich von Rohmaterial und Produkt) und damit die Verfolgung von Handelswegen.

Bei der Analyse von Museumsobjekten sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen:

- a) Der *Eingriff* am Objekt sollte minimal sein.
- b) Die *Analyse* sollte repräsentativ sein.
- c) Die *Genauigkeit* muß gewisse Ansprüche erfüllen.
- d) Der *Aufwand* an Zeit und Mitteln sollte vernünftig bleiben.

Es leuchtet ein, daß diese Forderungen nicht alle gleichzeitig zu erfüllen sind. Die Analyse von Museumsobjekten wird immer einen Kompromiß darstellen.

- a) Unter «*Eingriff*» sind alle Vorbereitungen für die Analyse, wie Reinigung, Freilegung, Probenentnahme usw., zu verstehen. Man muß sich gut überlegen, was im Interesse des Gegenstandes noch zulässig ist. Dabei spielt es auch eine Rolle, ob das zu erwartende Ergebnis für andere Untersuchungen entscheidend oder ob es ein Resultat unter vielen ist.
- b) Eine *Analyse*, die nicht repräsentativ ist, verliert sehr viel an Aussagekraft. Es ist dann nur noch möglich, qualitative Angaben über das Objekt zu machen.
- c) Die erforderliche *Genauigkeit* hängt sehr stark davon ab, wofür man das Resultat braucht.
- d) Der vertretbare *Aufwand* liegt bei kostbaren und einmaligen Objekten natürlich höher als bei Objekten, die in größerer Zahl vorhanden sind und bei denen es sich um eigentliche Serienuntersuchungen handelt. Der Gesamtaufwand kann allerdings im letzteren Fall dennoch sehr hoch sein.

Vom Objekt her gesehen, ist die zerstörungsfreie Analyse immer die beste. Es gibt heute eine ganze Reihe Analyse-

möglichkeiten, die aber nur zum kleinen Teil zerstörungsfrei sind.

Hat man die Möglichkeit, kleine Proben zu nehmen, wird die Auswahl der Methoden schon sehr viel größer. Vorzuziehen sind dabei wiederum die Verfahren, bei denen die Probe nicht verbraucht wird und für spätere Untersuchungen noch zur Verfügung steht. In vielen Fällen sind diese Methoden aber andererseits nur beschränkt brauchbar, weil mit den kleinen Probenmengen keine repräsentativen Messungen möglich sind.

Zu den zerstörungsfreien Methoden gehören unter gewissen Voraussetzungen:

- *Bestimmen des spezifischen Gewichtes* (CALEY, HUGHES und ODDY). Vor allem brauchbar für Metallegierungen mit nur zwei Komponenten und nur für homogene und – aus praktischen Gründen – nicht zu große Gegenstände (zum Beispiel Goldmünzen).
- *Aktivierungsanalyse*. Hierbei wird das ganze Objekt erfaßt. Die Analyse ist also sicher zuverlässig. Der apparative Aufwand ist dagegen sehr groß (Reaktor), und die Gegenstände müssen gewisse Bedingungen an Form und Größe erfüllen. Diese gelten auch für die Eichproben.
- *Röntgenfluoreszenzanalyse* (RFA). Dieses Verfahren ist gekennzeichnet durch eine Messung der Oberfläche der Probe. Die Eindringtiefe beträgt im Mittel etwa 0,1 mm. Wegen des Winkels zwischen anregender und gemessener Strahlung wird das Resultat stark beeinflusst von der Oberflächenbeschaffenheit der Meßstelle (Relief).

In unserem Labor wenden wir vor allem die RFA an. Das dazu eingesetzte Gerät wurde im Laufe der Zeit an die speziellen Bedürfnisse der Analyse im Museum angepaßt, wobei die oben erwähnten Überlegungen eine große Rolle spielten. In der ursprünglichen Ausführung konnte man Proben bis zu einem Durchmesser von 2 cm und 1 cm Dicke untersuchen. Die Probe wurde mit einer Schublade in den Strahlengang gebracht.

Der erste Anstoß zum Umbau der Anlage kam, als die *Zinnsammlung* des Landesmuseums untersucht werden sollte. Um diese Aufgabe zu erfüllen, mußte die Schubladeneinrichtung entfernt werden. Zudem mußte ein Verschluß eingebaut und das Ganze mit einem bleigefütterten Kasten umgeben werden, damit der Strahlenschutz gewährleistet blieb. Die nötigen Voraussetzungen für die zerstörungsfreie Analyse mit der RFA waren durch die Zinngegenstände recht gut erfüllt. Die Oberfläche ist einigermaßen plan und nur sehr wenig oxydiert. Weil der Zinngießer seine Produkte nach dem Gießen noch überarbeitet, entspricht die Oberfläche dem Inneren der Legierung. Die erforderlichen

Vergleichslegierungen wurden selbst gegossen, die Zusammensetzung anschließend naßchemisch überprüft.

Durch die gegebene Möglichkeit, beliebig große Gegenstände ohne Eingriff zu messen, kam die Röntgenfluoreszenz immer mehr zur Anwendung. Der größte bisher untersuchte Gegenstand war ein Holzbrett mit einem fast 3 m großen gemalten Soldaten. Es sollte festgestellt werden, welche Pigmente in den Farben verwendet wurden.

Unbefriedigend blieb weiterhin die starke Beeinflussung der Resultate durch die Oberflächenstruktur. Berechnungen zeigten, daß mit einer Verkleinerung des Winkels zwischen anregender und gemessener Strahlung die durch die Unebenheiten einer Probe entstehenden Fehler (Schattenwirkung) um einen Faktor 15 bis 20 reduziert werden können. Um diesen kleineren Winkel möglich zu machen, wurde die Röntgenröhre anders angeordnet. Die anschließenden Messungen bestätigten die Verbesserung.

Die nächste Bewährungsprobe war die Untersuchung von etwa 100 *Schweizer Dolchen*. Die meisten stammten aus fremden Sammlungen und waren dem Landesmuseum für eine Sonderausstellung ausgeliehen. Zerstörungsfreie Untersuchung war hier oberstes Gebot. Dank der relativen Unempfindlichkeit gegenüber nicht ebenen Meßflächen konnten auch die mit Reliefs verzierten Scheiden genügend sicher analysiert werden.

Zusätzliche Probleme waren zu lösen bei den Feingehaltsbestimmungen *keltischer Goldmünzen* aus der Sammlung des Landesmuseums. Liegen Goldmünzen lange Zeit im Boden, wird aus der äußersten Schicht ein Teil der Legierung

weggelöst. Die weniger edlen Bestandteile (Silber, Kupfer) werden wesentlich schneller gelöst. Die Folge ist eine Goldanreicherung an der Oberfläche. Untersucht man solche Münzen mit der RFA, erhält man zu hohe Werte für den Goldgehalt. Im Research Laboratory for Archeology in Oxford hat man deshalb an einer sehr kleinen Stelle die angereicherte Schicht entfernt und auf diese Art zuverlässige Werte bekommen. Man setzt dazu ein spezielles RFA-Gerät, die «Milliprobe», ein.

Wir haben versucht, diese nicht ganz zerstörungsfreie Methode zu umgehen. Dazu wurde das spezifische Gewicht (SG) gemessen. Mit dem SG allein sind jedoch nur Legierungen mit höchstens 2 Bestandteilen direkt zu bestimmen. Bei den keltischen Goldmünzen konnten wir durch geeignete Kombination der RFA-Meßwerte mit dem SG brauchbare Resultate für den Gold-, Silber- und Kupfergehalt erhalten.

Bronzene Bodenfunde sind meistens stark patiniert, so daß die erreichbare Oberfläche nicht mehr der Legierung entspricht. Probenentnahmen für die Analyse sind deshalb nicht vermeidbar. Die Proben werden gebohrt (etwa 5 bis 15 Milligramm). Die Späne werden dann unter hohem Druck zu kleinen Plättchen gepreßt und anschließend gemessen. Die Messung ist repräsentativ, und die Proben sind nicht verbraucht.

Der zerstörungsfreie Meßvorgang wird auch ausgenutzt bei der Analyse von Proben von Malereien. Die oft sehr kleinen Stückchen kann man nach der Messung noch für mikroskopische oder mikrochemische Untersuchungen gebrauchen.

#### LITERATUR

- E. R. CALEY, *The analysis of ancient metals*, 1964.  
M. J. HUGHES / W. A. ODDY, *A reappraisal of the SG method for the analysis of goldalloys*, in: *Archeometry* 12, 1970, S. 1–11.  
Diverse Autoren in: HALL / METCALF, *Methods of chemical and metallurgical investigation of ancient coinage*, Symposium London, 9.–11. Dezember 1970.  
A. VOÛTE, *The RFA equipment in the laboratory of the Swiss National Museum*, in: *Siemens Review* 43, 1976, Special Issue.