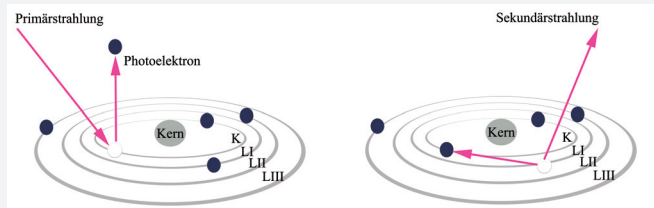


## Grundlagen

Bei der Röntgenfluoreszenzanalyse wird die zu untersuchende Probe oder ein Objekt mit Röntgenstrahlung aus einer Röntgenröhre (Primärstrahlung) bestrahlt, wobei die im Material vorhandenen Atome zur Aussendung ihrer charakteristischen, elementspezifischen Röntgenstrahlung (Sekundärstrahlung) angeregt werden.



a) Durch die primäre Röntgenstrahlung wird ein Elektron aus einer der inneren Schalen des Probenatoms entfernt und führt so zur Ionisation dieser.

b) Die entstandene Elektronenlücke wird durch ein Elektron einer äußeren Schale aufgefüllt, wobei die Energiedifferenz als Fluoreszenzstrahlung abgegeben wird.

Die Detektion der charakteristischen Fluoreszenzstrahlung kann dabei entweder wellenlängen- oder energiedispersiv erfolgen. Es können so einerseits qualitative Informationen über die chemischen Elemente in der Probe gesammelt, als auch ihre Häufigkeit quantitativ bestimmt werden.

## Anwendung in Kunst und Kultur

Besonders die Verwendung von **portablen RFA-Messgeräten** ist für die Untersuchung von Kunstwerken von großer Bedeutung. Zusätzlich zu dem am Institut entwickelten, portablen  $\mu$ -RFA-Instrument<sup>1</sup> kommt das Gerät Spectro xSort<sup>2</sup> aufgrund seiner leichten Handhabbarkeit und hohen Transportabilität zum Einsatz.

Es können Informationen zu den von Künstlern verwendeten Materialien, wie z.B. Pigmenten gewonnen werden, welche dann wiederum Rückschlüsse auf Provenienz, Zuschreibung und Alter der Objekte ermöglichen. Komplementär dazu ergänzen beispielsweise UV/Vis/NIR-, Raman- oder FTIR-Spektroskopie die diesbezüglichen Ergebnisse.

### Vorteile der RFA:

- durch Betrieb an Luft hervorragend zur zerstörungsfreien Analyse von Kunstwerken geeignet  $\rightarrow$  keine Probenentnahme
- Bestimmung von Pigmenten, metallischen Legierungen, Tintenmaterialien etc.

### Nachteile der RFA:

- An Luft wird die charakteristische Röntgenstrahlung von Elementen mit einer Ordnungszahl (OZ) < 20 stark absorbiert  $\rightarrow$  Dieser Effekt kann mit Heliumspülung teilweise kompensiert werden.

## Ausstattung



### Spectro xSort

- transportables kommerzielles Gerät, das für Messungen von Objekten auf einem Stativ montiert wird
- berührungsfrei
- großer Messfleck (ca. 7 mm Durchmesser)
- kurze Messdauer
- quantitative Auswertung
- genaue Justierung durch Laserstrahl



### $\mu$ -RFA

- transportables Gerät
- berührungsfrei
- sehr feiner Messstrahl (ca. 1 mm  $\varnothing$ , von Vorteil bei feinen Linien)
- Auswertung gleich nach Messung möglich
- exakte Justierung der Messstelle mit Laserstrahl

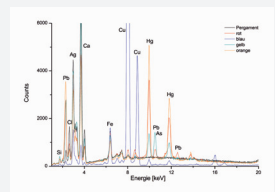
1 Röntgenröhre / 2 Detektor

## Resultate

Bei der Analyse von Handschriften können mit Hilfe der RFA wertvolle Informationen über die vorkommenden Elemente der verwendeten Tinten gewonnen und damit Rückschlüsse auf die Pigmente gezogen werden.



Untersuchung der Handschrift Cod. Slav. 8 der ÖNB, Wien



Spektrale Daten der einzelnen Messpunkte in den unterschiedlichen Tinten

Nr.	Messstelle	nachgewiesene Elemente	mögliches Pigment
1	Pergament	Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Fe	
2	orange	Hg, (S)	Zinnober
3	blau	Mn, Fe, Cu, Hg, Pb	Azurit
4	gelb	Hg, As, (S)	Auripigment
5	rote Tinte im Text	Hg, Pb, (S)	Zinnober mit Bleiweiß oder Mennige ausgemischt*

\*Nachdem mit Hilfe der RFA nur Elemente nachgewiesen werden können, kann nicht eindeutig geklärt werden, in welcher Verbindung Pb vorliegt: Bleiweiß - Bleicarbonat, Mennige - Bleioxid

## Zusammenfassung

Messungen mit Röntgenstrahlung ermöglichen eine zerstörungsfreie Analyse von Objekten aller Art, wobei als Ergebnis die **Elemente** in den Proben identifiziert werden. Mit Hilfe dieser können Rückschlüsse auf die verwendeten Verbindungen, z. B. Pigmente gezogen werden. Um solche Ergebnisse zu verifizieren, kommen komplementäre Methoden wie die FTIR- oder Raman Spektroskopie zum Einsatz.

## Ausblick

Um sehr feine Strukturen, wie die einzelnen Linien in Handschriften oder Pinselstriche in einem Gemälde, genau zu untersuchen, ist einerseits ein feiner Messstrahl notwendig und andererseits sollten möglichst viele Messpunkte aufgenommen werden. Dafür eignet sich am besten eine Scanning-Einheit, die im Rahmen des HRSM-Projektes realisiert werden wird.