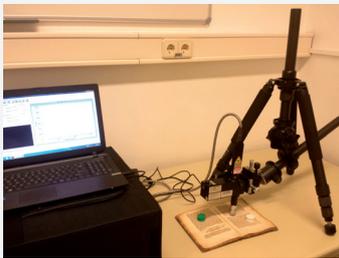


## Einleitung

Raman-Spektroskopie ist eine zerstörungsfreie und nicht-invasive Methode, welche bei der Analyse von Objekten unseres kulturellen Erbes breite Anwendung findet. Am häufigsten wird sie dabei zur Identifizierung von Pigmenten z.B. in Gemälden, Wandmalereien, von Tinten in Manuskripten, oder zur Charakterisierung von Degradationsprozessen von Materialien wie Papier, Papyrus, aber auch von Metallen und Glas eingesetzt.

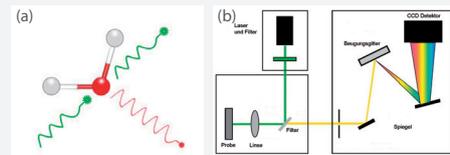
Die Raman-Analyse von Farbstoffen und auch Tinten erlaubt, die chemische Zusammensetzung der Materialien zu bestimmen, wodurch z.B. auf eine unterschiedliche Herstellung geschlossen werden kann. Häufig wird die Raman-Spektroskopie auch zur Identifizierung der Authentizität (Herkunftsbestimmung) aufgrund der verwendeten Rohmaterialien herangezogen.



Transportables Raman-Gerät

## Methodik

Die Raman-Spektroskopie beruht auf der Wechselwirkung von monochromatischer elektromagnetischer Strahlung hoher Intensität im UV-, sichtbaren oder Infrarot-Bereich mit Materie. Die einzelnen Moleküle werden dabei durch einen Laserstrahl zu ihren charakteristischen Schwingungen angeregt, aus denen auf die chemische Verbindung geschlossen werden kann<sup>1</sup>.



Schematische Darstellung der elastischen (grün) und unelastischen (rot) Streuung (a) und des Strahlengangs eines Raman-Gerätes (b)

Ein Raman-System setzt sich typischerweise aus fünf Hauptkomponenten zusammen:

1. Laser zur Anregung der Molekülschwingungen
2. Probe/Objekt mit mikroskopischer Einheit
3. Dispersioneinheit zur Auftrennung des emittierten Raman-Spektrums (Spektrometer)
4. Detektor
5. PC zur Steuerung des Gerätes und Auswertung der Analysendaten

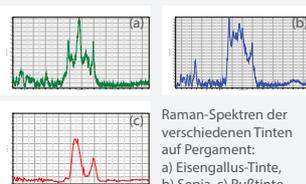
## Tintenanalyse

Tinte und Tusche verhalten sich auf Pergament äußerst unterschiedlich. Eisengallustinten sind braun-schwarze, sehr stabile organometallische Materialien, die seit der Antike bis heute verwendet wurden und werden. Trotz ihres charakteristischen Aussehens – sie unterscheiden sich von anderen braunen und schwarzen Tinten wie Sepia oder Rußtinte – ist eine eindeutige, visuelle Beurteilung nicht immer möglich.

Zahlreiche Dokumente und Kunstwerke leiden unter unterschiedlich starkem Zerfall auf Grund der korrodierenden Eigenschaften vieler Eisengallustinten (Tintenfraß), während andere Kunstwerke in einwandfreiem Zustand verbleiben. Die Möglichkeit, Tinten als Eisengallustinten zu identifizieren, ist daher nicht nur aus einem historischen oder kuratorischen Aspekt interessant, sondern auch für konservatorische Betrachtungen wichtig. Mit Hilfe der Raman-Spektroskopie kann eine eindeutige Identifizierung erfolgen, um dann auch Möglichkeiten zur Behandlung des Trägermaterials (Pergament oder Papier) vorzuschlagen.



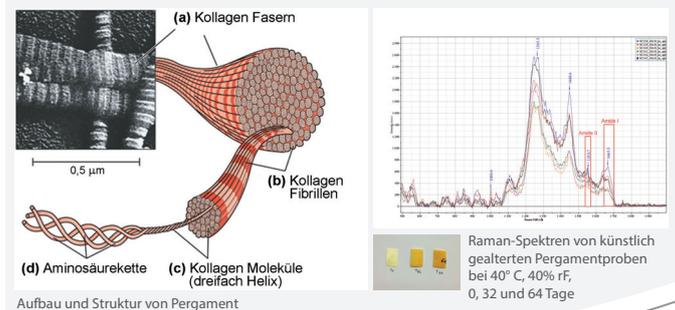
Verschiedene Tinten als Referenzmaterial



Raman-Spektren der verschiedenen Tinten auf Pergament:  
a) Eisengallus-Tinte, b) Sepia, c) Rußtinte

## Pergamentdegradation

Der Hauptbestandteil von Pergament ist Kollagen, ein langfasrig aufgebautes Protein (Abb. 6). Es ist ausgesprochen stabil und macht Pergamente sehr widerstandsfähig. Als Abbauprozesse treten vor allem die Gelatinierung und die Hydrolyse auf: Bei Kontakt mit Wasser oder in Umgebung mit hoher Luftfeuchtigkeit gelatinisiert Kollagen; dieser Verfall findet schrittweise statt, beginnend mit dem graduellen Verlust der fasrigen Struktur, der nach und nach abnehmenden Stabilität der Fasern bis hin zum vollständigen Zerfall der Kollagenfasern<sup>2</sup>.



Aufbau und Struktur von Pergament

Raman-Spektren von künstlich gealterten Pergamentproben bei 40° C, 40% rF, 0, 32 und 64 Tage

## Zusammenfassung

Raman-Spektroskopie stellt ein wirkungsvolles und umfassendes Werkzeug für die Untersuchung von historischen Manuskripten dar. Sie ist zerstörungsfrei und nicht-invasiv: Die Analyseergebnisse erlauben eine verbindungs-spezifische Materialbestimmung, geben einen genauen Einblick in den Alterungsprozess von Papier oder Pergament und erlauben, die verschiedenen Tinten und Pigmente eindeutig zu bestimmen.

## Literatur

- [1] E. Smith, G. Dent, Modern Raman Spectroscopy. A practical approach, (2005), Wiley, England.
- [2] R. Fuchs, C. Meinert, J. Schrepf, Pergament: Geschichte-Material-Konservierung-Restaurierung, Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst und Kulturgut, Bd. 12 (2001), Siegl, München.