

Methoden des Zentrallabors im BLfD

Teil 12: Kleine Helferchen – oder: Hilfe zur Selbsthilfe!

Hintergrund

Spätestens bei der Diskussion um den Bestseller von Dietrich Schwanitz „Alles, was man wissen muss“ (1999) wurde klar, als wie leicht verhandelbar, ja sogar verzichtbar naturwissenschaftliche Bildungsziele gelegentlich angesehen werden. Die hier in der Methodenreihe des Zentrallabors skizzierten materialkundlichen Untersuchungsmethoden repräsentieren natürlich wiederum nur eine winzige Teilmenge naturwissenschaftlicher Kompetenz. Und sie mögen manchen Leserinnen und Lesern schlimmstenfalls als überflüssig erscheinen. Die Sinnhaftigkeit wird jedoch schnell klar, wenn man erst einmal erlebt hat, dass sogar mancher Akademiker bereits mit dem Blick durch eine Steinlupe oder ein Mikroskop überfordert ist. Auch die gelegentliche Anfrage über die Materialität einer historischen Verschraubung („Eisen?“) könnte sich unter Umständen bereits durch den Einsatz eines einfachen Magneten erübrigen. Der hier vorgelegte Textbeitrag entstand nun jedoch keineswegs mit dem Ziel, eine völlig harmlose, einseitige materialkundliche Sehschwäche ins Lächerliche zu ziehen. Vielmehr soll er die in der Überschrift versprochene Hilfe zur Selbsthilfe an Hand einiger Anwendungsbeispiele illustrieren.

Echtes Gold? Dichtebestimmung an kleinen Objekten (Mineralien, Edelmetallobjekte usw.)

Die zerstörungsfreie Dichtebestimmung ist in vielen Fällen der Königsweg bei der schnellen orientierenden Materialkategorisierung, insbesondere bei Edelmetallen und Mineralien. Bis vor nicht allzu langer Zeit galt sie als Domäne der einschlägig spezialisierten Labors. Das Haupthindernis für den Anwender außerhalb eines Labors bestand in der Notwendigkeit, eine möglichst genaue Waage einzusetzen. Analysenwaagen waren jedoch bis ins späte 20. Jahrhundert klassische mechanische Präzisionsprodukte, die für dementsprechend viel Geld gehandelt wurden. Eine klassische Vorlesungsanekdote berichtet zudem genüsslich, wie ein Promotions-

vorhaben an der nur vermeintlich „einfachen“ Theorie der Dichtebestimmung kläglich gescheitert sei!

Für die Alltagsroutine benötigen wir heute jedoch weder teure Instrumente noch ein – schlimmstenfalls – via grüblerischer Theorie komplizierendes Spezialwissen. Kleinwaagen mit brauchbaren Auflösungen von zehn oder sogar nur einem Milligramm funktionieren mit piezoelektrisch (druck)messenden Elektronikbauteilen, die heutzutage in unglaublich großen Stückzahlen auf den Markt geworfen werden. Sie sind deshalb auch für Privatpersonen erschwinglich. Und auf die letzte Genauigkeit kommt es meistens nicht wirklich an.

Verfahrensbeschreibung der Dichteprüfung am Beispiel einer mutmaßlichen 24k-Goldmünze:

Das Untersuchungsobjekt wird gewogen. Man notiere sich das ermittelte Gewicht. Im Bildbeispiel ergibt sich eine Masse von $m = 0,737$ g.



Wägung einer mutmaßlichen 24 Karat-Goldmünze – als erster Schritt zur Ermittlung der Dichte. Zur Demonstration wurde bewusst keine teure Laborwaage eingesetzt, sondern ein lediglich drei Nachkommastellen (1 mg) differenzierendes Gerät vom Internet-Discounter. Das Display zeigt als Ergebnis der Wägung „0,737 g“ an. Sobald das mit Wasser gefüllte Hilfsgefäß auf der Wägeschale steht, wird die Waage mittels „Tara“ auf null zurückgesetzt. Die mit Hilfe eines sehr

Man befestige das zu untersuchende Objekt möglichst minimalistisch an einem Haar (bei sehr kleinen Objekten), einem dünnen Faden (mittelgroße Objekte) oder auch einem dünnen Draht (für schwere Objekte). Die Befestigung soll im Vergleich zum Objekt möglichst klein dimensioniert sein, ansonsten könnte sie die Dichtebestimmung verfälschen. Es reicht völlig aus, wenn die Befestigung das im Folgenden gezeigte, einmalige Wassertauchen der Probe übersteht.

Nun gilt es, ein möglichst kleines und leichtes Gefäß zu finden, welches gerade so viel Wasser aufnimmt, dass das Objekt, am Haar hängend, vollständig eingetaucht werden kann (gerade vom Wasser überdeckt wird) ohne die Wände zu berühren. Dieses Gefäß wird mit Leitungswasser gefüllt, auf die Waage gestellt und die Waage mittels „Tara“ wieder auf null gesetzt.

Anschließend taucht man das Untersuchungsobjekt per Hand frei hängend in das Wasser ein. Etwaige Luftblasen sollten vorsichtig abgeschüttelt werden.



kleinen Stücks Isolierband an einem Haar (roter Pfeil im Bild) befestigte Goldmünze wird nun frei Hand von oben sanft ins Wasser abgesenkt, sodass sie komplett eintaucht und nirgends anstößt. Die Waage zeigt sofort den Wert für den Auftrieb an, gleichwertig mit der Masse des verdrängten Wassers, im Bildbeispiel „0,039 g“. Die Dichte errechnet sich als Quotient von Objektmasse und Auftrieb, im Beispiel zu $0,737 / 0,039$ [g/cm³] = 18,9 [g/cm³] (alle Fotos: BLfD, Martin Mach)

Die Waage zeigt nun getreu nach Archimedes den Auftrieb des Objektes in Wasser an (der Auftrieb entspricht dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit). In unserem Beispiel ergibt sich physikalisch nicht ganz koscher, aber numerisch korrekt ein Wert von $A = 0,039$ g.

Die Dichte ρ in $[\text{g}/\text{cm}^3]$ errechnet sich als Quotient m/A , in unserem Beispiel zu $\rho = 18,9 \text{ g}/\text{cm}^3$. Da der Auftrieb lediglich auf zwei Stellen genau spezifiziert ist, runden wir die ermittelte Dichte auf $19 \text{ g}/\text{cm}^3$. Sie entspricht mit zufriedenstellender Genauigkeit der sehr hohen Dichte von reinem Gold ($19,3 \text{ g}/\text{cm}^3$).

Die untersuchte Münze könnte somit aus reinem Gold bestehen, wofür ja bereits die gelbe Farbe spricht. Sie könnte jedoch, skrupulös betrachtet, theoretisch auch aus vergoldetem Wolfram gefertigt sein, ein Kunstgriff, der in jüngerer Zeit gelegentlich von Goldbarrenfälschern eingesetzt wird (Wolfram hat ebenfalls eine Dichte von $19,3 \text{ g}/\text{cm}^3$).

In analoger Weise lassen sich viele andere homogene Metallobjekte oder lose Schmucksteine aus der Archäologie untersuchen, aber natürlich notfalls auch Großmutter's Mitgift-Kaffeelöffelbesteck aus Silber. Zum Vergleich geeignete Dichte-Sollwerte von Legierungen und Mineralien sind im Internet en masse zu finden.

Echtes Silber? Erkennung von Silber und Abschätzung eines Silber-Feingehaltes

Die Zeiten gut bestückter „KOSMOS“-Chemie-Experimentierkästen sind seit langem passé. Besonders die vormals freigiebigen Apotheker unterliegen mittlerweile strengen Bestimmungen. Trotz der somit erheblich erschwerten Chemikalienbeschaffung sei das folgende, äußerst hilfreiche Reagens zur Erkennung und groben Feingehaltsabschätzung von Silber hier kurz vorgestellt. Man benötigt lediglich ultrakleine Materialmengen, weshalb sich die hier folgende Rezeptur auf entsprechend geringe Materialmengen bezieht, und zwar:

- 0,1 g Kaliumdichromat
- 1 cm^3 Wasser (es darf auch Leitungswasser sein)
- 0,1 cm^3 konzentrierte Schwefelsäure



Demonstration eines Silbernachweises mittels einfacher Tüpfelreaktion am „Heiermann“, der heiß geliebten, klassischen 5 DM-Münze aus vergangener Zeit (diese Münze besteht aus Silber mit einem Feingehalt von 625, d. h. 62,5% Silber).



Makroaufnahme: Die linke Münzseite ist mit einer Glasscheibe abgedeckt (daher die „Stufe“ am oberen Rand). Zu sehen ist hier die gelbe Farbe der unveränderten Reagenslösung. Auf der rechten Bildseite ist hingegen das Ergebnis der Nachweisreaktion erkennbar. Der kleine, rote Fleck auf der freiliegenden rechten Münzseite ist klares Indiz für das Vorliegen von Silber. Die Länge des Messflecks beträgt knapp 0,5 mm. Man könnte die Reaktion auch unter dem Mikroskop in noch stärkerer Miniaturisierung ausführen.

Man arbeite beim Anmischen mit Schutzbrille und folge der wichtigen Chemikerregel „Zuerst das Wasser, dann die Säure, sonst geschieht das Ungeheure“. Die Lösung bleibt in einem kleinen Rollrandglas (mit Gefahrenhinweis!) über viele Jahre hinweg einsatzfähig. Das auf seine Silber-eigenschaft oder seinen Silberfeingehalt hin zu untersuchende Objekt wird mit einem dünnen Glasstäbchen oder Glasröhrchen oder notfalls auch einem Zahnstocher so betupft, dass ein ultrawinziges – in dünner Schichtung gelbes – Flüssigkeitströpfchen auf der Oberfläche des Objekts zu liegen kommt. Wenn Silber vorliegt, färbt sich das Tröpfchen innerhalb

weniger Sekunden tiefrot. Bei anderen Metallen erscheint es unverändert gelblich. Durch unmittelbaren Vergleich der bei unterschiedlichen Silberlegierungen auftretenden Reaktionsgeschwindigkeiten und Rottönen lässt sich sogar der ungefähre Feingehalt des jeweiligen Silbers abschätzen. Die Methode wirkt durch chemische Reaktion mit dem Silber, ist somit streng genommen nicht zerstörungsfrei. Man kann sie jedoch stark miniaturisiert mit winzigen Reagenströpfchen unter einem Mikroskop an unauffälliger Stelle ausführen. Die unter diesen Bedingungen zu erwartende, sehr kleinflächige Verdunkelung lässt sich hinterher leicht wegwetuschieren.

Echte Edelsteine? Die Renaissance des klassischen Magneten in Form des Neodym-Magneten

Ein moderner Neodym-Magnet kann nicht nur verlorene Stecknadeln aus dem Berberteppich angeln, sondern auch der schnellen Ansprache von Materialien, vor allem vor Ort, in der Archäologie dienen. Die in der Archäologie häufig vorkommenden roten Granate (umgangssprachlich mit Almandinen gleichgesetzt) werden verlässlich erkannt. Es gibt jedoch zahlreiche weitere diagnostische Anwendungen für den Magneten. Erwähnt sei beispielsweise die Tatsache, dass bronzezeitliche Glasperlen sich in der Regel von einem Magneten nicht anziehen lassen, während dies bei eisenzeitlichen Glasperlen der Fall ist. Grund ist der eiserne Perlen-Wickelstab, welcher Eisenspuren im Perlenkanal zurücklässt, während der ältere Perlen-Wickelstab aus Bronze naturgemäß kein Eisen ablagern kann.

Das Smartphone-Endoskop und weitere Kleingeräte – auf dem Grat zwischen Spiel und Ernst?

Teil 2 der Methodenreihe (Denkmalpflege Informationen Nr. 158, 2014) liegt erst knappe vier Jahre zurück, ist jedoch in einem Aspekt bereits wieder technisch überholt: Mittlerweile werden für kleines Geld Smartphone-Endoskope mit flexiblem Kabel und Kopfdurchmessern um 6 mm angeboten. Die integrierte LED-Beleuchtung eignet sich immerhin



Wenig bekannt ist die Tatsache, dass sich Granate (Almandine) mit Hilfe eines Neodym-Magneten von gefärbtem Glas und anderen Edelsteinen unterscheiden lassen. Die Abbildung zeigt, wie zwei Almandine vom Magneten angezogen werden, gerade noch haften bleiben. Die anderen roten Edelsteine im Bild (von links nach rechts: Roter Spinell, Rubin und orangeroter Zirkon) lassen sich hingegen vom Magneten nicht merklich beeindrucken.

zur Illumination kleinerer Hohlräume, wie beispielsweise den Fehlböden in Denkmälern. Das endoskopische Bild lässt sich anschließend selbstverständlich auch speichern und weiterverarbeiten. Auf diese Weise entfallen die bei anderen Gerätschaften zu lösenden Probleme mit der Stromversorgung und der Displayqualität.

Lediglich en passant erwähnt seien neuartige Smartphone-Wärmebildkameras, die sich durchaus für einfache Anwendungen bei Gebäuden eignen. Auch Smartphone-Spektrometer können bei der schnellen Erkennung von Materialien vor Ort hilfreich sein. Sie setzen allerdings nach wie vor beim Operator ein Mindestmaß an physikalisch-chemischen Kenntnissen und grauen Zellen voraus.

Sie brauchen das alles nicht? Auch recht. Wir könnten ja in fünf Jahren vielleicht nochmal darüber sprechen.

Zusammenfassende Wertung

Die hier vorgestellte Hilfsmittelpalette mag auf den ersten Blick verspielt wirken. Zweifellos kann jedoch bereits der Einsatz einer 10-fach vergrößernden Leuchtlupe so manchen Ortstermin zur originalen Farbigkeit eines Denkmals schon mal auf die richtige Linie bringen.

Mit einem kleinen Augenzwinkern sei auch noch der „Stethoskop“-Bonus erwähnt: Vermutlich kennen alle Leserinnen und Leser die plötzliche Stille, den Konzentrations- und Autoritätsgewinn, sobald ein Arzt seinen Patienten mit Hilfe von medizinischem Kleingerät untersucht. Von diesem gruppenpsychologischen Effekt profitiert jeder Geräteoperator, weltweit, auf praktisch jedem Einsatzgebiet.

Weiterhin ist eine zunehmende Tendenz zum Einsatz von Smartphones zu konstatieren, nicht nur als Dokumentati-

onsmedium. In Verbindung mit externen Sensoren (für Wärmebild, Temperatur, Luftfeuchte, spektrale Aufschlüsselung des Lichts, UV-Strahlungsintensität und vieles andere) kann das Handy somit nicht nur wunderbare YouTube-Katzenvideos abspielen. Es kann vielmehr zu einer erweiterten Wahrnehmung der Umwelt und der uns umgebenden Objekte dienen.

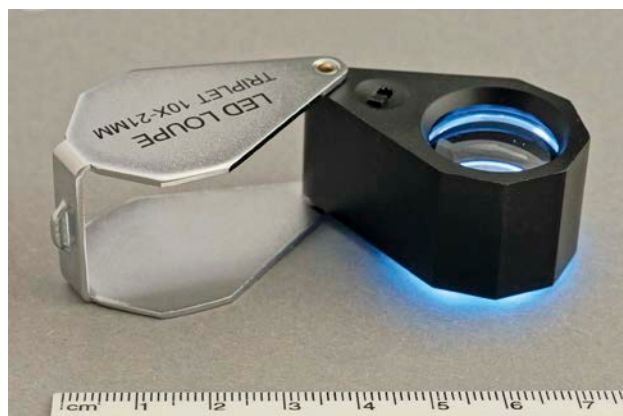
Auch in der Denkmalpflege schadet es jedenfalls sicher nicht, die althergebrachten kleinen Kunstgriffe zu nutzen und gelegentlich den Puls der Zeit zu erspüren, mit einer Mischung aus natürlicher Neugier und kluger Zurückhaltung.

Interessiert? Möchten Sie vielleicht mal ein Smartphone-Spektrometer in Aktion sehen? Kontaktieren Sie einfach das BLfD-Zentrallabor via martin.mach@blfd.bayern.de

Martin Mach



Smartphone-Endoskop, das einfach am Handy eingesteckt wird und das endoskopische Bild auf dem Handy-Display ausgibt. Der Vorteil liegt auf der Hand: Ein Großteil der Technik (Stromversorgung, hochwertige Bilddarstellung und Bildaufzeichnungsfunktion) ist bereits im Handy vorhanden, die technisch noch erforderliche Restmenge kann preisgünstig zugestöpselt werden. Rechts neben der 1 Cent-Münze ist der winzige Kopf des Endoskops mit integriertem LED-Lichtring zu erkennen.



Eine 10-fach-Lupe mit integrierter Soft-Beleuchtung. Das Licht ist reinweiß, erscheint nur auf dem Foto bläulich. Das integrierte Linsensystem (ein verkittetes Triplett in ehrwürdiger Altmünchner „Steinheil“-Tradition, mit chinesischem Fleiß materialisiert) bietet insbesondere älteren, erfahrungsgemäß bereits deutlich weitsichtigen Vertretern des Homo sapiens eine klare Sicht auf kleinste (Denkmal-)Details.