

Reif für Santiago de Compostela?

Zwischenbilanz und Ausblick zur „Methodenreihe“ des Zentrallabors

„Sie können selbstverständlich auch ohne Labor gute Denkmalpfleger sein!“

Diesen bewusst intellektuell sanft vergifteten, lediglich rhetorischen Köder legte der Autor zu Beginn eines Referates auf der diesjährigen Jahrestagung der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in Flensburg aus. Erhoffte Wirkungen beim Publikum wären gewesen: leichtes Erstaunen, vielleicht mit etwas hochgezogenen Augenbrauen, oder einfach nur fortgesetzte Aufmerksamkeit, idealerweise ein halblaut geraunter Widerspruch, ein Pfiff – jedenfalls nicht die offenkundige, strahlend-lächelnd-erleichterte Zustimmung einer Denkmalpflegerin in der vordersten Reihe!

Zwischenbilanz

Lassen wir dieses Lächeln zunächst einmal im Raum stehen und ziehen an dieser Stelle eine erste Zwischenbilanz unserer Reihe Methoden des Zentrallabors. Jeder der bisher erschienenen Artikel enthält ein konkretes Anwendungsbeispiel, aus dem der Nutzen der dargestellten Labormethode für die Denkmalpflege ersichtlich wird. Das Methodenspektrum des Zentrallabors ist hiermit noch lange nicht erschöpft. Autoren in fachfremder Umgebung, wie es die Naturwissenschaftler in der Denkmalpflege nun mal zweifellos sind, müssen jedoch immer wieder in der Arbeit innehalten, eigenständig die aktuelle Position ausloten und den Steuerkurs dementsprechend anpassen.

Im ersten Beitrag Röntgendiffraktometrie (DI 157) hatte die Layout-Software der Amtsredaktion noch sämtliche griechischen „Theta“-Zeichen (d. h. Winkelsymbole) großzügig in leider sinnfreie, deutsche „p“ umgewandelt. Zu diesem offenkundigen Problem kamen bemerkenswerterweise keine Rückmeldungen, was eine gewisse physikalisch-chemische Formelabstinentz auf Seiten unserer Leserschaft befürchten lässt.

Die grundsätzlichen Möglichkeiten der Endoskopie (DI 158) wurden hingegen durchaus verstanden und vielfach kommentiert. Stellvertretend erwähnt sei die etwas kecke Anfrage an das Zentrallabor, ob man auf diesem Wege vielleicht in den ebenerdig aufgestellten Sarkophag eines vor langer Zeit verstorbenen, prominenten Vorfahren schauen könne? Diese spezielle Art des zeitgemäßen Ahnenkontakts mag erheiternd, vielleicht sogar kritikwürdig erscheinen. Sie ist jedoch gut geeignet, das Kernthema der hier vorliegenden, ersten Bilanz anzusteuern: Geradezu erschreckend viele zusätzliche Erkenntniswege sind heutzutage technisch möglich, so viele, dass ihr gleichzeitiger Einsatz für jedermann als absurd erkennbar wäre. Es ist kein Wunder, dass einige Kolleginnen und Kollegen vor der Vielfalt resignieren. Soll man sich einfach ausklinken? – In eine heilsame Flucht, wie auf den gebetsmühlenartig empfohlenen Pilgerpfad nach Santiago de Compostela? Sollte man, wie ebenfalls in den populären Medien propagiert, einfach die Augen verschließen, entschleunigen, alle diese Labors am besten ausblenden?

Weit gefehlt. Was die Labormethoden anbelangt, reicht es völlig aus, die Vielfalt der angebotenen Möglichkeiten als nach Belieben einsetzbare, positive Erweiterung der eigenen Sinneswahrnehmung zu begreifen. Wer zumindest sporadischen Kontakt zu den benachbarten Analytikern hält, kann Möglichkeiten und Grenzen sondieren und hat dementsprechend bessere Chancen, auch weiterhin zu kreativen und fachlich überzeugenden Lösungen zu gelangen.

Die nächstfolgenden Beiträge der Zentrallabor-Methodenreihe werden spektroskopische, d. h. das Licht in seine Wellenlängenanteile zergliedernde Analysenmethoden illustrieren. In Betracht der Gemeinsamkeiten liegt es nahe, die wissenschaftshistorische und

allgemeine Einführung hier vorab zusammenzufassen:

Wenn Goethe gewusst hätte oder: das Wesen der Spektroskopie

Johann Wolfgang von Goethe (1749–1832) konnte ihn überhaupt nicht leiden, diesen Isaac Newton (1643–1727). Schließlich hatte Newton Goethes heiß geliebtes Licht, samt seinen wunderbaren Farben und Stimmungen in einem dunklen Raum eingekerkert, es dort angeblich in seine Bestandteile zerlegt, quasi ausgeweidet, in leblose Einzelsegmente zergliedert. Ganz besonders irritierte Goethe Newtons Behauptung, er habe mit seinem Prismenexperiment bewiesen, dass (jegliches) weißes Licht aus den bekannten bunten Lichtfarben zusammengesetzt sei. Fast noch unerträglicher war Newtons Feststellung, er könne die so gewonnenen, verschiedenfarbigen Lichtbestandteile mit Hilfe einer einfachen Sammellinse sogar wieder zu weißem Licht vereinen! Goethe empfand all dies als einfach nur empörend.

Das Jahr 2015 ist, wie in den Denkmalpflege Informationen 161, S. 103–107 zu lesen stand, ein „Jahr des Lichts“, mit dem in bemerkenswerter Weise angedockten Zusatz „[...] und der lichtbasierten Technologien“. Der bipolar angelegte Titel kann im Sinne einer sich zunehmend weitenden, sozialen Kluft interpretiert werden, nämlich zwischen der großen Masse der populär genießenden und bezahlenden Lichtkonsumenten einerseits, und den „Lichtwissenden“ andererseits (d. h. den Physikern, Ingenieuren, technischen Entwicklern, Produzenten, Laserspezialisten usw.), die sich hier sehr deutlich als separate Kaste mit eigenen Interessen zu erkennen geben.

Buchstäbliche Lichtgestalt angesichts dieser Kluft ist Joseph von Fraunhofer (1787–1826), dessen Biographie und Lebenswerk geradezu ideal erscheinen, in

dieser Situation didaktisch zu überbrücken und das „Lichtwissen“ als unverzichtbaren Teil der Weltkultur und der Allgemeinbildung besser zu verankern. Als hilfreiches Anschauungsobjekt kann uns das Fraunhofer-Denkmal, direkt an der Münchner Maximilianstraße, dienen. Bei täglich 30 000 vorbeibrausenden Automobilisten bringt es dieses Denkmal auf immerhin 10 Millionen Bürgerkontakte jährlich!

Der echte Einheimische hat allerdings normalerweise nicht die geringste Ahnung und kaum Antworten auf Fragen wie: „Wer war das überhaupt?“ oder „Was hält die Figur (der Fraunhofer) auf dem Denkmal in der linken Hand?“ oder „Und was könnte dieses Spielzeuggerät unten auf dem Sockel bedeuten?“. Kurz zusammengefasst gilt Joseph von Fraunhofer – unbestritten, auch in der internationalen Betrachtung – als eine der wichtigsten, wenn nicht sogar die wichtigste Forscherpersönlichkeit des 19. Jahrhunderts, weil seine Arbeit den Erkenntnishorizont der Menschheit in vorher ungeahnter Weise erweiterte. Erst dank Fraunhofers fortgesetzter, akribischer Zergliederung des Sonnenlichts waren die Grundlagen für eine stärker mathematisierte Optik und Spektroskopie geschaffen – daher das Prisma am Fraunhofer-Denkmal. Genau genommen verwendete Fraunhofer zur Dispersion des Lichts in seine Wellenlängen ein (moderneres) Beugungsgitter statt des althergebrachten Prismas. Ein Gitter wäre jedoch am Bronzedenkmal für den Betrachter nicht mehr als wissenschaftliches Instrument erkennbar. Die Herstellung seiner Beugungsgitter überwachte Fraunhofer übrigens mit einem von ihm selbst entwickelten, in Fachkreisen immer noch legendären Mikroskop. Und ebenfalls noch heute verwenden professionelle Optikrechner die von Fraunhofer eingeführte Buchstabennomenklatur, um bestimmte Lichtwellenlängen, wie z. B. die Natrium-D-Linie, in ihren Publikationen anzusprechen.

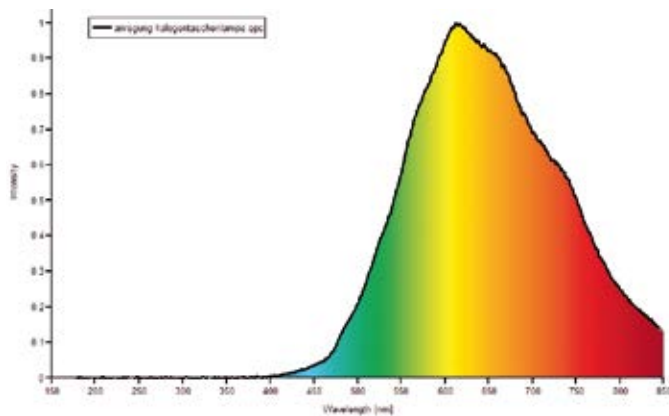
Fast schon nebenbei entwickelte Fraunhofer auch ein besonders farbreines Teleskopobjektiv (den „Fraunhofer Achromaten mit Luftspalt“), das zum Exportschlager der damaligen Münchner optischen Industrie avancierte. Diese urbayerische, veritable High-Tech-Produktion wird am Denkmal durch ein drastisch verkleinertes Modell des

sogenannten Dorpat-Refraktors, für die Sternwarte in Dorpat (heute Tartu, Estland), symbolisiert. In der Realität glänzte das Teleskop mit einem gigantischen Objektivlinsendurchmesser von knapp 25 cm auf, sein Tubus war über 4 m lang, so lang, dass er durch spezielle Gegengewichte vor Durchbiegung geschützt werden musste. Das Teleskop aus München war somit alles andere als ein Spielzeug, zu seiner Herstellungszeit, im Jahr 1824, sogar das weltweit größte achromatische Linsenteleskop. Über eine etwaige Konkurrenzgefahr, z. B. aus dem fernen Jena, hätte man damals in München sicherlich herzlich gelacht. Durch die elitäre Münchner Kombination von fortgeschrittener Teleskopoptik und Lichtzergliederung (Spektroskopie) war es in den folgenden 100 Jahren möglich, die Dimensionen

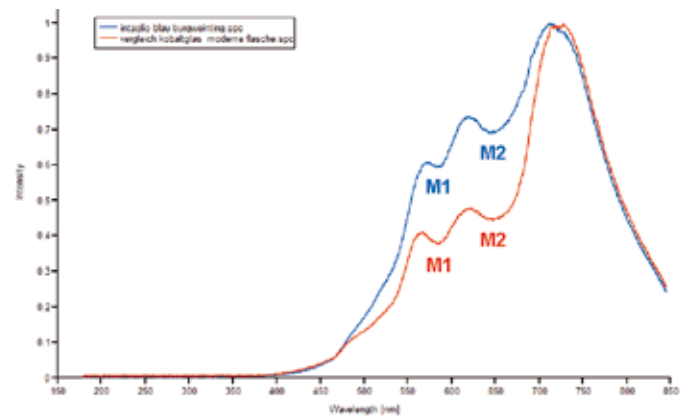
und Bewegungsvorgänge im Weltall zu erfassen, ja sogar die chemische Zusammensetzung der Sterne, aber auch die der unmittelbaren Umgebung zu analysieren. Fraunhofers nach dem Zweiten Weltkrieg mit bescheidenen Mitteln rekonstruiertes Grabmal am Münchner Südfriedhof trägt leider nicht mehr die ursprüngliche, markante Inschrift „Approximavit sidera“ (er brachte uns die Sterne nahe). Statt des auch an dieser Stelle vormals detailgetreu abgebildeten Dorpat-Refraktors zeigt es nun ein merkwürdiges Gerät, das man wohl am treffendsten als Joghurtbecherteleskop bezeichnen müsste – summa summarum ein viel zu leichtgewichtiges Andenken für einen Mann, der als einfacher Glaserlehrling begann und in nur 39 Lebensjahren wissenschaftlichen Weltruf erlangte.



Das Fraunhofer-Denkmal an der Maximilianstraße in München, von Johann Halbig, enthüllt am 16. Mai 1868. In der linken Hand des Forschers, das lediglich symbolisch zu verstehende, lichtzergliedernde Glasprisma. Unten am Sockel befindet sich ein stark miniaturisiertes Modell des „Dorpat-Refraktors“, mit immerhin angedeuteter parallaktischer (deutscher) Montierung, mit Tubus-Gegengewichtsstangen und -kugeln (Foto: BLfD, Barbara Sachers, 1998)



Spektroskopie, ganz einfach: Mit Hilfe eines Spektrometers lässt sich feststellen, aus welchen Wellenlängenanteilen (gleichbedeutend mit Farbanteilen) sich das jeweilige Licht zusammensetzt. Das Spektrometer liefert lediglich eine nüchterne Hüllkurve (schwarze Linie). Die jeweiligen Lichtwellenlängen sind mit entsprechenden Farben hinterlegt. Das hier analysierte Taschenlampenlicht ist demnach ein vergleichsweise „warmes Licht“, mit hohem Gelb- und Rotanteil. Die menschliche Farbwahrnehmung unterscheidet sich allerdings deutlich von der des Spektrometers. Sie registriert verstärkt Strahlungsanteile zwischen etwa 450 und 700 nm, mit einem Sensibilitätsmaximum im Grünen, bei ca. 500–550 nm. Im Grenzbereich nach links, d. h. im Blauen, Richtung Ultraviolett lässt die Sehempfindlichkeit, besonders im Alter, nach. Gleiches gilt in Richtung nach rechts, zum Infrarot, dessen Wärmestrahlung wir nicht mehr sehen, nur noch fühlen können. (Grafik: BLfD, Zentrallabor)



Ergebnisse nach Anregung zweier Materialproben mit Taschenlampenlicht. Die Probe, ein blaues Intaglio aus einem antiken Fingerring von einer Ausgrabung in Burgweinting, absorbiert einen Teil des angebotenen Lichts, bewirkt quasi „Bisspuren“ im Taschenlampenlicht (blaue Kurve, maximaler „Lichtschaden“ in den Positionen M1 und M2). Es entsteht ein ähnliches Muster wie bei der Absorption durch modernes, blaues Kobalt-Flaschenglas (rote Kurve). Die Ähnlichkeit der Kurvenverläufe ist ein Hinweis auf eine chemische Verwandtschaft zwischen der Probe und dem Flaschenglas. Beim Kobaltglas wird die intensiv blaue Färbung übrigens von einer äußerst geringen Menge an Kobalt verursacht, die sich durch die spektroskopische Analyse des rückgestreuten Lichts einfach und kostengünstig plausibilisieren lässt. Eine schnelle Analyseverfahren, ohne Probenahme, lediglich angeregt durch maximal materialschonendes, gewöhnliches weißes Taschenlampenlicht. (Grafik: BLfD, Zentrallabor)

Eine minimalistische spektroskopische Analyse

Vor allem Newton und Fraunhofer verdanken wir demnach – Goethe konnte es letzten Endes doch nicht verhindern – die wohl wichtigsten Grundlagen der modernen analytischen Lichtzergliederung, der Spektroskopie. Das Grundprinzip sei hier an einem sehr einfachen Anwendungsbeispiel erläutert: Die wellenlängenabhängige Aufspaltung des Lichts durch ein Spektrometer lässt sich am einfachsten in Form eines x-y-Diagramms darstellen: Die x-Achse übernimmt die Funktion einer Wellenlängenskala, die y-Achse gibt jeweils an, mit welchem Anteil eine bestimmte Lichtwellenlänge in der Gesamtmenge des untersuchten Lichts vorhanden ist. Statt eines einfachen Farb- und Helligkeitseindrucks ergibt sich sozusagen ein Bild vom Licht, mit einer Fülle an zusätzlicher, und bei entsprechender Versuchsdurchführung auch quantitativ auswertbarer Information. Das hier zur Demonstration eingesetzte, einfache weiße Taschenlampenlicht zeigt eine annähernd ebene, glockenförmige Wellenlängenanteilsverteilung. Wird nun eine Materialprobe in den Strahlengang eingebracht (s. Diagramm rechts), kann diese bestimmte Lichtwellenantei-

le selektiv absorbieren, sie „beißt“ quasi aus der vorher idealen Kurve bestimmte Wellenlängenanteile heraus, hinterlässt eine charakteristische Spur, die wiederum substanzspezifisch ist. Das vorliegende Beispiel zeigt einen Vergleich des von einem blauen Intaglio (Reliefgravur) eines römischen Fingerrings reflektierten Lichtes mit dem von modernem blauem Flaschenglas (Kobaltglas). Die Lage der jeweiligen Absorptionsmaxima, im Diagramm als Mx bezeichnet, findet sich jeweils bei sehr ähnlichen Wellenlängen. Dies ist als deutliches Indiz für eine chemische Verwandtschaft zu interpretieren. Im vorliegenden Beispiel wurde der hier zu vermutende, farbverursachende Kobaltgehalt mit Hilfe zusätzlicher Analysemethoden sowohl im Flaschenglas als auch im römischen Intaglio bestätigt.

Dank der von Goethe so sehr beklagten, spektroskopischen Zerlegung des Lichts wird somit unsere naturgegebene, visuelle Wahrnehmung erheblich erweitert. Mit bloßem Auge sehen wir lediglich ein blaues Intaglio bzw. ein blaues Flaschenglas. Dank der wellenlängenabhängigen Betrachtung erhalten wir reichlich zusätzliche, gut dokumentierbare Lichtmerkmale, und somit erweiterte Vergleichs- und Interpretationsmöglichkeiten: Probe und Vergleichsmaterial

ähneln einander und zeigen die in der Literatur dem Kobalt zugeordneten Absorptionsmaxima bei Lichtwellenlängen von ca. 590 bzw. 656 nm.

Johann Wolfgang von Goethe würde uns um diese zusätzlichen Erkenntnismöglichkeiten, wie sie die Spätergeborenen nun mal typischerweise und völlig unverdient genießen, sicherlich beneiden.

Martin Mach

Diese Restaurierung wurde unter Leitung des BLfD ausgeführt und vom Rotary Club München finanziert.

Literatur

„Rekursiv denken! – vom Laborverständnis zur optimalen Laboranfrage“. Vortrag bei der Jahrestagung der Landesdenkmalpfleger „Denkmalpflege braucht Substanz“, Flensburg, 8. Juni 2015. Der Tagungsband erscheint 2016 in der Schriftenreihe „Beiträge zur Denkmalpflege in Schleswig-Holstein“, Band 6, unter dem Titel „Denkmalpflege braucht Substanz“

Bisherige Beiträge in der Methodenreihe des Zentrallabors waren:

- Röntgendiffraktometrie (Denkmalpflege Informationen 157, 2014, S. 62–65)
- Endoskopie (Denkmalpflege Informationen 158, 2014, S. 68–73)
- 3D-Rauheitsmessung (Denkmalpflege Informationen 159, 2014, S. 85–88)
- Thermo-Hygro-Messungen (Denkmalpflege Informationen 160, 2015, S. 74–78)
- Ionenchromatographie (Denkmalpflege Informationen 161, 2015, S. 69–74)