No. 04

SONDERAUSGABE FÜR
KUNSTRESTAURIERUNG UND ERHALTUNG
UNSERES KULTURERBES

reSOLUTION

Mit Wattestäbchen und Mikroskop zurück zu altem Glanz

Die Fürstlichen Sammlungen von Liechtenstein

Antiker Farbenrausch

Dänische Wissenschaftler erforschen die Farbigkeit antiker Skulpturen

Die Erinnerung bewahren

Einblicke in die Restaurierung historischer Fotografien

SONDERAUSGABE

EDITORIAL

Lieber Leser,

vor Ihnen liegt eine Sonderausgabe unseres Kundenmagazins reSOLUTION, die wir der Kunstrestaurierung und der Konservierung unseres Kulturerbes gewidmet haben.

Präzises Schauen ist für Experten, die sich mit dem Untersuchen und Erhalten von kunst-, kultur- oder naturhistorischen Objekten befassen, die wichtigste Voraussetzung für erfolgreiches Arbeiten. Winzige Reste von Farbpigmenten auf antiken Statuen, Verseifungen in Farbschichten alter Gemälde, Bearbeitungsspuren und Beschädigungen bei antiken Möbeln, kleinste Einschlüsse in Mineralien oder die Papierstruktur historischer Fotos geben Aufschluss über Alter, Herkunft und Geschichte des Objektes. Insbesondere berührungslose und damit zerstörungsfreie Methoden wie die Lichtmikroskopie spielen beim Arbeiten an den unersetzlichen Originalen eine wesentliche Rolle. Doch auch für das Restaurieren, Konservieren und Dokumentieren sowie die Analyse von Proben unterschiedlicher Materialien ist die Präzision eines Mikroskops oft unentbehrlich.

Leica Microsystems unterstützt die Arbeit von Restauratoren, Archäologen und Experten verwandter Gebiete mit einer Vielzahl von Produkten und individuellen Lösungen. Beispielsweise das neue Bodenstativ Leica F12 I, das speziell für die Bedürfnisse von Restauratoren und das Arbeiten an großen stehenden oder liegenden Objekten entwickelt wurde.

Lesen Sie in dieser Ausgabe über die Erforschung der Farbigkeit antiker Skulpturen und die Bewahrung alter Fotografien. Erfreuen Sie sich an wunderbaren Fotos von mineralischen Einschlüssen in Edelsteinen. Werfen Sie einen Blick in die Restaurierungsateliers bedeutender Sammlungen.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen!

Anja Schué
Communications & Corporate Identity

Carola Troll
Marketing Manager Industry Europe

INHALT

GEMÄLDE

Mit Wattestäbchen und Mikroskop zurück zu altem Glanz 03
Die Fürstlichen Sammlungen von Liechtenstein

Restaurierung in offener Werkstatt 06
Die Geheimnisse eines Meisterwerkes aus dem 17. Jahrhundert

SKULPTUREN

Antiker Farbenrausch 10
Dänische Wissenschaftler erforschen die Farbigkeit antiker Skulpturen

FOTOGRAFIE

Die Erinnerung bewahren 14
Einblicke in die Restaurierung historischer Fotografien

ARCHÄOLOGIE

Antike Unterwasserschätze in Gefahr 17
Stereomikroskop offenbart Zerstörungswerk mariner Schwämme

MINERALIEN

Exklusive Ästhetik der Natur 20
Einschlüsse in Edelsteinen

NEUE PRODUKTE

Die mobile Lösung für große Objekte 24
Leica F12 I – neues Bodenstativ für Restauratoren

Die geniale Natur weist den Weg 26
FusionOptics™ – die neue Dimension der Stereomikroskopie

REGISTRIERUNG 25

IMPRESSUM 27

Die Fürstlichen Sammlungen von Liechtenstein

Mit Wattestäbchen und Mikroskop zurück zu altem Glanz

Anja Schué, Leica Microsystems

Wenn Ruth Klebel sich an ihren Arbeitsplatz begibt, wird sie immer wieder von Touristen angesprochen, wann Besichtigungen stattfinden. Die Antwort ist immer gleich, bevor sie hinter der weiten, sich automatisch schließenden Pforte verschwindet: „Leider nie, dies ist Privatgelände." Als Restauratorin für die Sammlungen des Fürsten von und zu Liechtenstein gehört Klebel zu den ganz wenigen, die hier im Schloss Vaduz ein- und ausgehen – ohne hier zu wohnen. Das Schloss, das auf einer Felsterrasse hoch über der Hauptstadt des Fürstentums Liechtenstein thront, ist Sitz einer der ältesten Adelsfamilien Europas.

Um 1136 wird mit Hugo von Liechtenstein erstmals ein Träger dieses Namens erwähnt. In die Zeit des Aufstiegs der Familie zum Fürstentum im 16. und 17. Jahrhundert – eine Zeit, in der der europäische Adel intensives Kunstmäzenatentum pflegte – fallen auch die Anfänge der Fürstlichen Sammlungen.

In Vaduz zuhause – in Wien ausgestellt

Seit der Wiederherstellung des Schlosses in Vaduz 1938 und der Übersiedlung der Fürstenfamilie nach Vaduz ist hier auch Sitz der Sammlungen. Der Öffentlichkeit zugänglich sind allerdings nur einige der Kunstschätze, und zwar in erster Linie im LIECHTENSTEIN MUSEUM in Wien – der Stadt, die seit vielen Generationen eine zentrale Rolle im Leben der Familie spielt. Weitere Einblicke in die vielfältige Sammlung geben temporäre Ausstellungen im Kunstmuseum Liechtenstein in Vaduz. Heute gehören die Fürstlichen Sammlungen weltweit zu den bedeutendsten privaten Kunstsammlungen; und das Fürstenhaus baut sie auch weiterhin aktiv aus. Sie umfasst hauptsächlich Werke aus der Zeit zwischen dem 15. und 19. Jahrhundert, wobei ein Schwerpunkt auf barocken Gemälden des 17. Jahrhunderts liegt. Darüber hinaus sind Bronzeskulpturen und Kunsthandwerk vertreten. Bemerkenswert ist auch die Biedermeier-Sammlung, die ab Dezember 2012 im Wiener Stadtpalais ausgestellt werden soll. Das Gebäude wird zur Zeit noch renoviert. Klebel, die neben ihrer Arbeit für das Fürstenhaus auch ein eigenes Atelier in Bregenz betreibt, kümmert sich im Team der Restauratoren in Vaduz hauptsächlich um

Abb.1: Ruth Klebel arbeitet als Restauratorin für die Sammlungen des Fürsten von und zu Liechtenstein.

Abb. 2: Willem Honthorst (1594-1666), „Porträt eines jungen Mannes mit Federhut in der rechten Hand". Das fast lebensgroße Porträt aus der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts muss umfangreichen Restaurierungsarbeiten unterzogen werden. © Sammlungen des Fürsten von und zu Liechtenstein, Vaduz–Wien

die Gemälde der Sammlung. Konservieren, Restaurieren, Überwachen der Depotbedingungen sowie die Erstellung von Leihfähigkeitsgutachten gehören zu ihren Aufgaben.

Frau Klebel, woran arbeiten Sie zur Zeit?

Ich arbeite im Moment an einem Werk des holländischen Malers Willem van Honthorst aus der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts. Es zeigt das fast lebensgroße Porträt eines jungen Mannes mit Federhut. An diesem Gemälde muss der Bildträger saniert werden, da die Spannränder ausgerissen sind. Weiterhin werde ich die Oberfläche reinigen, den vergilbten Firnis mit Wattestäbchen und Lösungsmittel reduzieren, Übermalungen abnehmen und die Fehlstellen ergänzen. Das Portrait zeigt eine ungewöhnlich raue Oberfläche. Durch das Stereomikroskop betrachtet wird deutlich, dass die Rauigkeit durch Körnchen im Firnis hervorgerufen wird. Dieser Überzug ist mit Sicherheit nicht original.

Bei der Restaurierung von alten Gemälden geht es nicht nur darum, Schäden an der Originalsubstanz zu beheben. Die meisten Werke wurden bereits in der Vergangenheit in irgendeiner Weise bearbeitet bzw. restauriert, wobei nicht jeder Eingriff einen positiven Einfluss auf die originale Substanz mit sich gebracht hat. Die Restaurierung hat sich erst im 19. Jahrhundert langsam als eigenständiger Berufszweig etabliert. Zuvor haben häufig Maler das Restaurieren übernommen. Fehlstellen oder auch ganze Bildbereiche wurden oft großflächig übermalt. Soweit dies möglich und sinnvoll ist, werden spätere Zutaten entfernt, um der originalen Substanz zu ihrer Wirkung zu verhelfen.

Für welche Arbeitsschritte setzen Sie das Mikroskop ein?

Das Mikroskop wird unter anderem zur Untersuchung von Kunstwerken eingesetzt. Ich betrachte Malschichten, Oberfläche und Bildträger sehr genau, um Schadensphänomene zu lokalisieren und zu identifizieren. Natürlich wird der Zustand auch fotografisch dokumentiert. Für die qualitativ hochwertige Ausführung vieler konservatorischer und restauratorischer Maßnahmen – beispielsweise die Festigung von lockeren

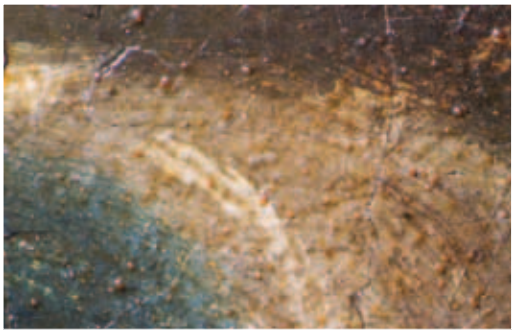


Abb. 3: Unter dem Mikroskop ist die raue, körnige Oberfläche des Honthorst-Gemäldes sichtbar, die von einem nachträglich aufgetragenen Firnis mit schlecht aufgelösten Bestandteilen herrührt. © Sammlungen des Fürsten von und zu Liechtenstein, Vaduz–Wien

Malschichten oder die Abnahme von Übermalungen – ist das Mikroskop nahezu unentbehrlich. Ich setze ein Stereomikroskop mit Bodenstativ ein. Dessen Flexibilität und Reichweite ermöglichen das Arbeiten auch an großformatigen Objekten. Sowohl für die Arbeit am Objekt als auch für die fotografische Dokumentation ist es sehr wichtig, dass die Kombination aus Mikroskop und Stativ sehr stabil ist und Vibrationen möglichst vermieden werden.

Wie wichtig ist das Mikroskop für die Sanierung des Bildträgers?

Auch für die Verklebung von Rissen und Löchern in der Leinwand ist die Verwendung des Mikroskops unerlässlich. Die gerissenen Fadenenden werden mit einem einzigen Klebepunkt wieder zusammengefügt. Dabei wird das Webmuster imitiert und darauf geachtet, dass die Spannung der verklebten Fäden denen des unversehrten Gewebes entspricht, da sonst im verklebten Bereich Beulen oder Einzüge entstehen. Diese Arbeit kann durchaus viele Stunden dauern.

Ein Beispiel für eine Leinwandergänzung ist ein Blumenstilleben der holländischen Malerin Rachel Ruysch um 1700, auch hier kam das Mikroskop vielfältig zum Einsatz. Das Bild war doubliert, das heißt, eine zweite Leinwand war bereits früher von hinten aufgeklebt worden, um das Bild zu stabilisieren. Diese zweite Leinwand habe ich abgenommen. Dabei blieb ein Großteil des Klebstoffes auf der Rückseite der Originalleinwand haften. Diese Rückstände wurden mit einem Sandstrahlgerät unter dem Stereomikroskop entfernt. Auch die originale Leinwand hatte zahlreiche bis auf die Malschicht reichende Fraßlöcher. Im Bereich dieser Beschädigungen wurden die fehlenden Fäden durch neue ergänzt und mit den alten Fadenenden verklebt.

Welche Rolle spielen Beleuchtung und Ergonomie?

Die Beleuchtung spielt eine ganz wesentliche Rolle. Sie muss variabel und präzise einstellbar sein und darf beim Arbeiten nicht behindern. Oft müssen wir mit dem Licht bis ganz knapp an die Oberfläche des Bildes herangehen. Um feinste Oberflächenveränderungen und erhabene Strukturen sichtbar zu machen, benötigen wir Streiflicht – das Objekt wird dabei extrem von der Seite angestrahlt. Auch zum Fotografieren ist eine flexible Beleuchtung nötig.

Ich arbeite viel am Mikroskop, an manchen Tagen fünf bis sechs Stunden am Stück. Die Arbeit erfordert höchste Konzentration, deshalb ist Ergonomie für mich sehr wichtig. Ich achte darauf, dass ich eine angenehme Sitzposition habe. Dabei hilft mir beispielsweise ein Tubus mit variablem Einblickwinkel von 0 – 180°, der das stundenlange Mikroskopieren sehr erleichtert.

Kontakt:
Ruth Klebel, Restauratorin
r.klebel@sfl.li

Abb. 4: Rachel Ruysch (1664-1750), „Blumen in einer Vase“, um 1700. Hier wurden der stark beschädigte Bildträger saniert, der vergilbte Firnis reduziert, Übermalungen abgenommen und beschädigte Malschichten retuschiert.
© Sammlungen des Fürsten von und zu Liechtenstein, Vaduz–Wien

Abb. 5: Beim Schließen der Leinwand-Fehlstellen werden Leinwandfäden unter dem Mikroskop einzeln eingesetzt und verklebt.
© Sammlungen des Fürsten von und zu Liechtenstein, Vaduz–Wien

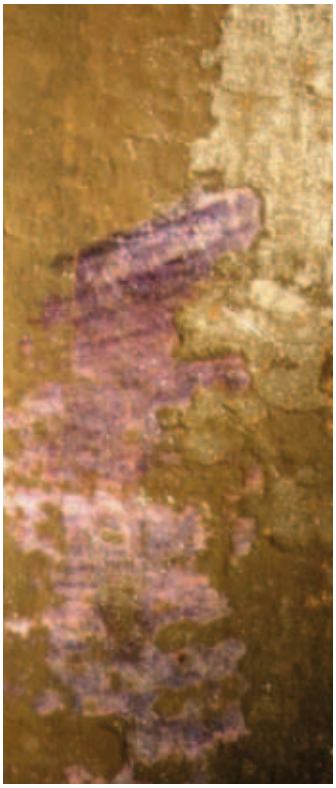


Abb. 6: Unter dem Mikroskop werden während der Freilegung der ursprünglichen Malschicht des Blumenstilllebens am rechten Bildrand Details einer Glockenblume sichtbar. © Sammlungen des Fürsten von und zu Liechtenstein, Vaduz–Wien

Die Geheimnisse eines Meisterwerkes aus dem 17. Jahrhundert

Restaurierung in offener Werkstatt

Anne Haack Christensen, Troels Filtenborg, Dr. Jørgen Wadum, et al., Statens Museum for Kunst, Kopenhagen

Von August 2007 bis Oktober 2008 konnten Besucher des Statens Museums for Kunst – der Dänischen Nationalgalerie in Kopenhagen – eine offene Werkstatt inmitten des Museums erleben. Der Anlass, die Restauratoren mit ihrer Ausrüstung in den Ausstellungsbereich umzusiedeln, war die Konservierung, Restaurierung und wissenschaftliche Untersuchung des frühen Meisterwerkes „Der Zinsgroschen – Petrus findet die Münze im Maul des Fischs" oder „Die Fähre nach Antwerpen" von Jacob Jordaens (1593-1678). Die Restaurierung des Gemäldes, bei der die Maltechnik, die Materialien, die Konservierungsgeschichte und die Herkunft des Kunstwerks untersucht wurden, offenbarte unerwartete und bislang unbekannte Aspekte zur Entstehung des 2,80 x 4,67 Meter großen Meisterwerkes in Öl auf Leinwand.

Abb. 1: Jacob Jordaens (1593 – 1678): „Der Zinsgroschen – Petrus findet die Münze im Maul des Fischs" oder „Die Fähre nach Antwerpen", Öl auf Leinwand, 279,5 x 467 cm – die mikroskopischen Arbeiten in der offenen Restaurierungswerkstatt in der Museumsgalerie.

Abb. 2: Röntgenaufnahme (Detail) mit dem neu entdeckten Kopf einer übermalten Frau

Technische Untersuchungen offenbaren versteckte Figur

Im Rahmen des Projekts wurde das Gemälde mit Hilfe einer Reihe von Analyse-Methoden intensiv untersucht. Mit einem Stereomikroskop, teilweise gestiftet von Leica Microsystems, sowie mit Hilfe der Röntgenanalyse, Infrarotanalyse, Rasterelektronenmikroskopie auf Basis der energiedispersiven Röntgenstrahlen-Analyse (SEM-EDX), Fourier-Transformations-IR-Spektroskopie (FTIR) und der Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (GCMS) haben Restauratoren und Wissenschaftler die Oberfläche, verschiedene Farbschichten, Pigmentzusammensetzung, Bindemittel sowie die Leinwandunterstützung untersucht und analysiert. Das Projekt wurde von der Getty Foundation finanziell unterstützt und von einem internationalen Expertengremium aus Restaurierung, Kunstgeschichte und Naturwissenschaften intensiv begleitet.

Die Röntgenanalyse brachte völlig neue Erkenntnisse über die Entwicklung des Meisterwerks zutage: Versteckt unter einer Wolke am Himmel zwischen dem Segel und den Männern um Petrus rechts im Bild sind die vollständig ausgeführten Gesichtszüge einer Frau zu erkennen. Die Frau ist Teil eines dem heutigen Gemälde sehr ähnlichen Motivs. Dabei handelt es sich um eine vollendete, aber kleinere Version von „Die Fähre nach Antwerpen“, wie sie von Jordaens zunächst verwirklicht wurde. Später muss er seine Meinung geändert haben: Er erweiterte das Gemälde in vier Schritten. Während das ursprüngliche, viel kleinere Gemälde auf zwei aneinandergenähten Leinwandstücken begonnen wurde, setzt sich unser Gemälde aus acht Leinwandstücken unterschiedlicher Größe und Qualität zusammen.

Mikroskop zeigt Museumsbesuchern das Gemälde im Detail

Das Museum hat sich für die offene Werkstatt entschieden, weil es sich als Nationalgalerie verpflichtet fühlt, der Öffentlichkeit zu erklären, wie kulturelles Erbe erforscht und erhalten wird. Darüber hinaus soll der Beruf des Konservators in all seinen Facetten vorgestellt werden – von der Erhaltung der Kunstwerke bis hin zur Entwicklung von Konzepten für die Nutzung kultureller Ressourcen. Während Restaurierungsarbeiten konnten die Besuchern die Arbeit der Restauratoren live auf einem 50”-Plasmabildschirm verfolgen, der an das Stereomikroskop angeschlossen war. So konnten die Besucher die Komplexität der Farboberfläche ebenso nah wie die Restauratoren erleben.

Inzwischen ist die Restaurierung abgeschlossen. Der Titel der Nachfolgeausstellung lautet „Jordaens. Die Entstehung eines Meisterwerks“. Eine Beschreibung des Behandlungsprozesses, der Analysemethoden und der Ergebnisse ist auf der Internetseite des Statens Museum for Kunst unter www.smk.dk/jordaens zu lesen.

Abb. 3: Verseifungen in der Farboberfläche, die als kleine weiße Punkte die Farbschichten durchdringen.

Stereomikroskop zeigt Eigenschaften der Farboberfläche

Zur Oberflächenanalyse wurde während des ganzen Restaurierungsprozesses das Stereomikroskop Leica M651 eingesetzt, das mit einem 150 mm Objektiv für große Arbeitsabstände sowie mit einem Bodenstativ ausgestattet ist, dessen flexibler Schwenkarm für horizontale und vertikale Beweglichkeit sorgt.

Während der Reinigung der gealterten und vergilbten Firnis-Schichten – auf einer Fläche von ca. 14 m^2 - sowie der ausgeblichenen Retuschen wurde das Stereomikroskop intensiv eingesetzt, um zwischen den ursprünglichen Farbschichten und späteren Änderungen unterscheiden zu können. Das Erscheinungsbild des Gemäldes war durch zahlreiche Stellen mit verblichener Farbe und verblichenem Firnis beeinträchtigt. Zahlreiche verblasste Retuschen zeugten von der früheren Bearbeitung durch Konservatoren. Lokale Ausbleichungen des Firnis und bestimmter Farbbereiche trugen zusätzlich zu dem verschwommenen, stumpfen Aussehen vieler Details der Komposition bei. Nach der Reinigung waren umfangreiche Retuschen notwendig, um Lücken zu füllen und transparente oder abgeriebenen Bereiche auszugleichen – damit sich dieses majestätische und spektakuläre Gemälde so präsentiert, wie es ihm zusteht.

Das Mikroskop wurde außerdem eingesetzt, um Phänomene wie Verseifungen zu lokalisieren. Diese ragen aus der Oberfläche des Bildes hervor und werden durch molekulare Veränderungen in den weißen Pigmenten der Grundschichten hervorgerufen. Das Phänomen offenbart sich in Verseifungen in den Grundschichten, die mit zunehmender Größe die Farbe durchdringen und schließlich als winzige weißliche Punkte von 100 µm an der Oberfläche sichtbar werden.

Ein Puzzle aus Leinwandstücken und Grundierungen

Zudem wurde eine tiefgehende Untersuchung der verschiedenen Grundierungen durchgeführt, die während des vierstufigen Malprozesses aufgetragen worden waren. Mit dem Forschungsmikroskop Leica DM4000 M, ausgestattet mit dem Leica Digital FireWire Colour Kamera System Leica DFC490, wurde eine Reihe von Querschnitten fotografiert und analysiert. Dadurch gewann man Einblick in Struktur und Zusammensetzung der Grundierung auf allen acht Leinwandstücken. Dies half, den komplexen Entwicklungsprozess des Gemäldes umfassender zu verstehen. Proben der acht Leinwandstücke zeigten, dass die Zusammensetzung der Grundierung während der vier Schritte des Malprozesses variierte. Dies belegt, dass Jordaens das Gemälde erweitert haben muss.

Die Forschung über Jordaens Grundierungstechniken und die Komplexität der Grundierungen von „Die Fähre nach Antwerpen“ wird in dem Artikel

„Determining trends and Developments in Jordaens' priming technique"s von Bredal, Filtenborg, Verhave und Wadum beschrieben („Jacob Jordaens, a painter of great distinction: current research on his oeuvre", ibidem-Verlag, Stuttgart).

Antworten und neue Fragen

Die kunsthistorische Forschung hat sich auf den Ursprung des Gemäldes im Kontext damaliger Denkweisen und Wertvorstellungen konzentriert. Das Gemälde liefert dabei ein Abbild der Gesellschaft des 17. Jahrhunderts, geprägt von Konventionen ihrer Zeit, die von Wirtschaft, Religion, Zeitgeist und Politik bestimmt waren, sowie von der Beziehung zwischen Künstler und Auftraggeber. Die Forschung hat die Reise des Gemäldes skizziert: von Jordaens Atelier in Antwerpen in ein großes Anwesen im Zentrum Amsterdams, dann in ein Herrenhaus im fernen Schweden, bis es Anfang des 20. Jahrhunderts seinen endgültigen Bestimmungsort in Kopenhagen erreichte. Der Zusammenhang zwischen Jordaens Vergrößerungen des Gemäldes in vier Schritten und dem ursprünglich beabsichtigten Ausstellungsort konnte noch nicht vollständig entschlüsselt werden.

Das Projekt lieferte neue Erkenntnisse über Jordaens künstlerische und technische Entwicklung sowie die Entstehung des 400 Jahre alten Gemäldes. Die tiefgehende Untersuchung des Ursprungs des Bildes, der Maltechnik und der Konservierungsgeschichte beantwortete zahlreiche Fragen. Gleichzeitig traten neue Fragen auf. Das Rätsel der acht Leinwandstücke wurde durch die umfassende technische Analyse des Bildes inklusive der gründlichen Untersuchung der Grundierungen und der C14-Datierung eines der Leindwandstücke gelöst. Trotzdem bleiben immer noch Fragen darüber offen, wie das Gemälde genau entstand und warum Jordaens die entsprechenden Änderungen vornahm.

Die Restaurierung wurde von einem umfangreichen und reich illustrierten Buch begleitet, das noch tiefer ins Detail geht. Es legt die zahlreichen Ansätze und Ergebnisse der neuesten Forschung dar, indem es ein umfassendes Bild von Jordaens, seinen Arbeiten und seiner Zeit liefert. Die Artikel stammen von: Troels Filtenborg, Lars Hendrikman, Badeloch Noldus, Karsten Ohrt, Eva de la Fuente Pedersen, Annefloor Schlotter, Johanneke H. Verhave, und Jørgen Wadum. „Jordaens. The Making of a Masterpiece", 120 Seiten. ISBN 978-97-92023-26-1. Das Buch wird in Zusammenarbeit mit dem Bonnefantenmuseum herausgegeben, wo dank der Getty Foundation eine erweiterte vergleichbare Ausstellung gezeigt werden konnte.

Kontakt
Dr. Jørgen Wadum, Keeper of Conservation,
Statens Museum for Kunst, Kopenhagen,
j.wadum@smk.dk

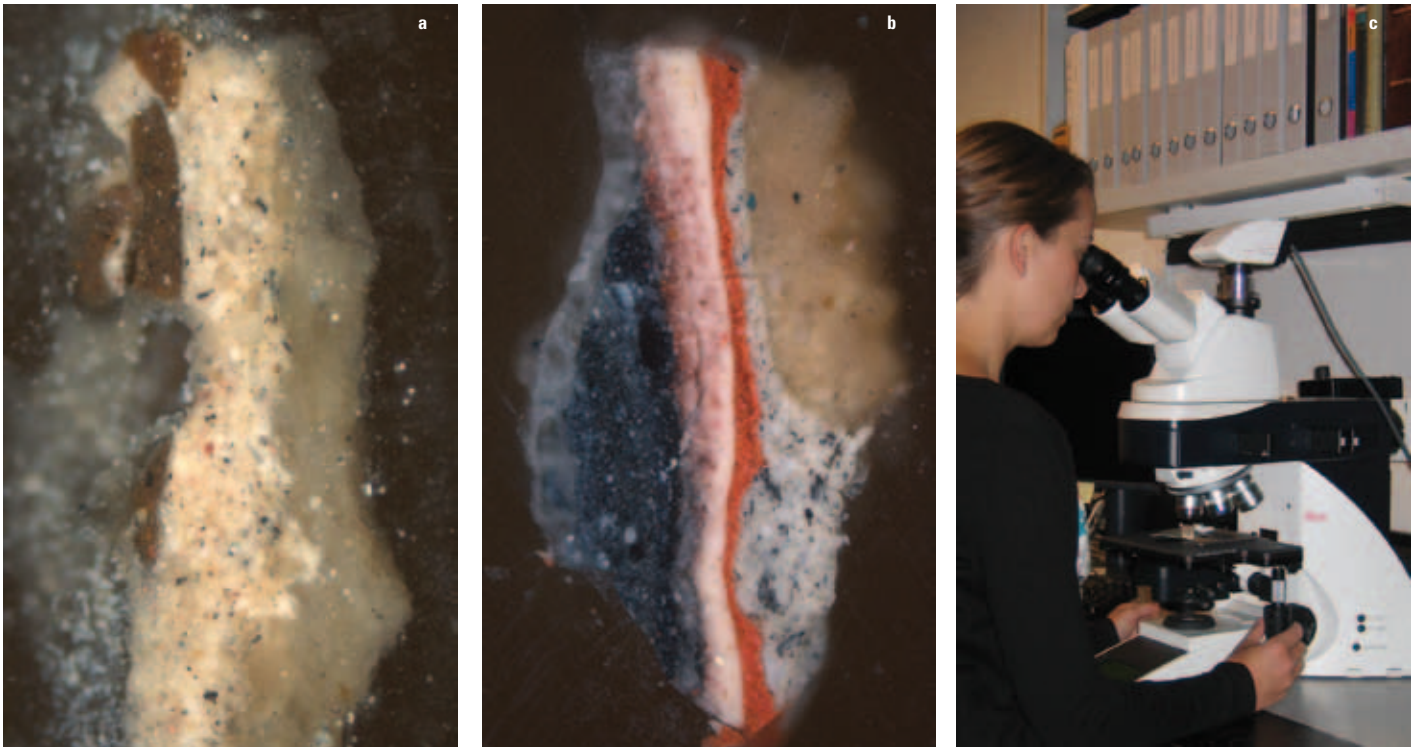


Abb. 4a – c: Querschnitt (Vergrößerung 100x) vom ersten Schritt des Malprozesses (zu dem Abschnitt mit der inzwischen versteckten Frau gehörig). 4b: Querschnitt (Vergrößerung 100x) vom dritten Schritt des Malprozesses. Die Proben zeigen deutlich die Abweichungen in der Pigmentzusammensetzung in den beiden Doppelgrundierungen. 4c: Mikroskopische Arbeiten im Museumslabor mit einem Forschungsmikroskop Leica DM4000 M und einer Leica DFC490 Kamera.

Dänische Wissenschaftler erforschen die Farbigkeit antiker Skulpturen

Antiker Farbenrausch

Kerstin Pingel, Leica Microsystems

Das weiß jeder: Die antiken Marmorskulpturen waren weiß. Oder doch nicht? Die Wissenschaftler des Copenhagen Polychromy Network (CPN) zeigen, dass die Statuen der Griechen und Römer mit aufwändigen Ornamenten und kostbaren Farben verziert waren. Mit Hilfe des Operationsmikroskops Leica M651 erkennen die Restauratoren kleinste Spuren von Farbpigmenten, die auf einen wahren Farbenrausch in der Antike schließen lassen.

„Wahre Schönheit ist weiß" behauptete etwa der große deutsche Gelehrte des 18. Jahrhunderts, Johann Joachim Winckelmann. Und bestimmt mit dieser These noch heute unsere Sehgewohnheiten. Dabei wusste man schon seit dem 19. Jahrhundert, dass die antike Plastik polychrom, als mehrfarbig war. Mineralien wie der blaue Azurit oder der grüne Malachit wurden fein zermahlen und mit Bindemitteln wie Ei oder Kasein angerührt. Die Farbigkeit der Skulpturen steigerte deren Plastizität und gab dem Betrachter wichtige Hinweise zum Verständnis des Kunstwerkes. So konnten die antiken Besucher der Akropolis die Figur des „Perserreiters" erst dann als Person aus dem Orient erkennen, wenn sie die typischen bunten Rauten auf der Hose sahen.

Abb. 1: Lebendige, stilisierte Farben verleihen Lebendigkeit: Rekonstruktion der Polychromie einer archaischen griechischen Löwenstatue (um 550 v. Chr.). Rekonstruktion von V. Brinkmann und U. Koch-Brinkmann. Foto: Ny Carlsberg Glyptotek

Interdisziplinäres Netzwerk für Grundlagenforschung

Die Wanderausstellung „Bunte Götter", die erstmals 2003 in der Glyptothek in München und dann in Kopenhagen, Rom und zahlreichen anderen Städten zu sehen war, hat inzwischen zahlreiche Museumsbesucher mit Rekonstruktionen der Polychromie der antiken Skulpturen bekannt gemacht. „Wir wissen, dass Farbe ein integraler Bestand aller griechischen und römischen Skulpturen war", sagt Jan Stubbe Østergaard, Forschungsdirektor der Abteilung Antike Kunst in der Ny Carlsberg Glyptotek. „Aber wir sind weit entfernt davon, dieses Phänomen wirklich zu verstehen." Von den Tausenden antiken Skulpturen, die weltweit in den Museen stehen, sind nur wenige in der Tiefe im Hinblick auf ihre Polychromie erforscht worden. Das Ziel des Copenhagen Polychromy Network, in dem sich die Ny Carlsberg Glyptotek, die Restauratorenschule der Königlichen Dänischen Akademie der Schönen Künste, das Geologische Museum der Kopenhagener Universität sowie das Institut für Chemie

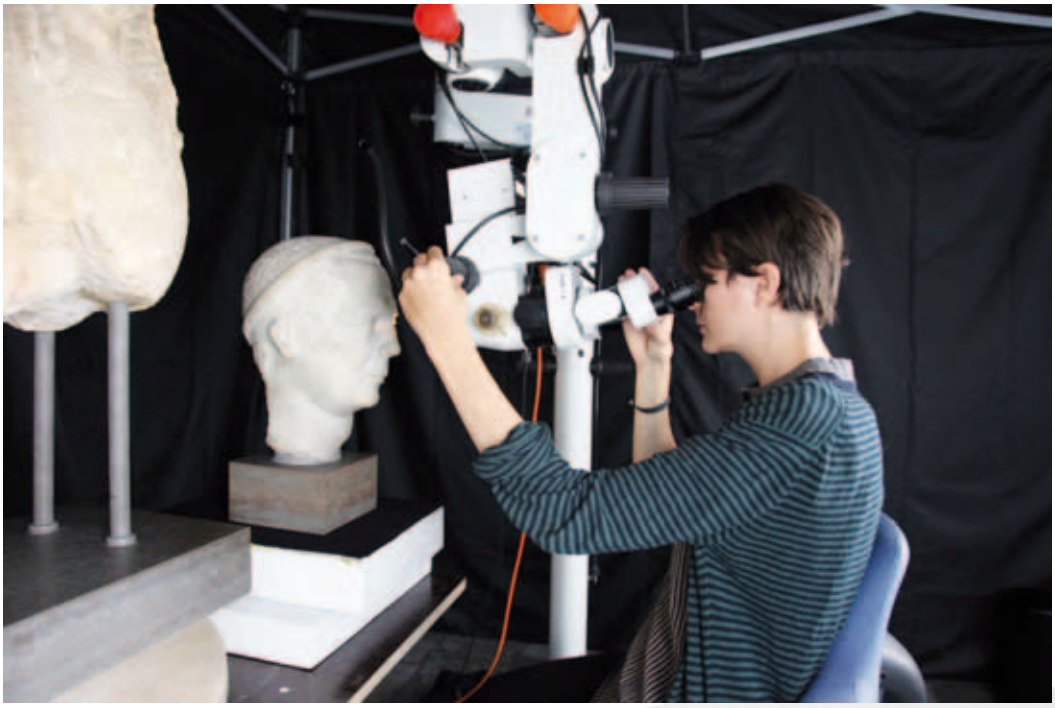


Abb. 2: Mit Hilfe eines Operationsmikroskops dokumentiert die Restauratorin Maria Louise Sargent Farbspuren auf einem griechischen Marmorporträt der späten hellenistischen Periode um 100 v. Chr. Foto: Ny Carlsberg Glyptotek

Abb. 3: Operationsmikroskopische Aufnahme des rechten Auges eines griechischen Porträts. Wimpern und andere aufgemalte Details sind deutlich zu erkennen. Foto: Ny Carlsberg Glyptotek

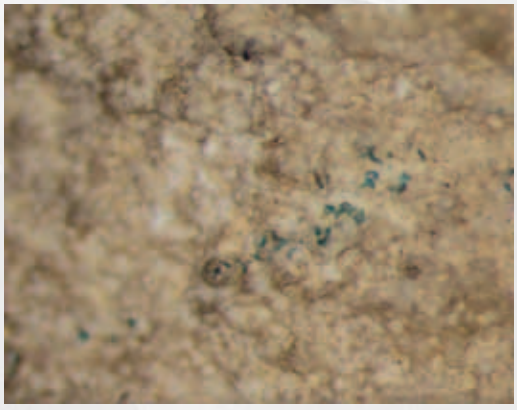


Abb. 4: Mikroskopische Aufnahme der winzigen Spuren eines blauen Pigmentes auf der Sphinxstatue. Das Pigment ist noch nicht identifiziert. Foto: Ny Carlsberg Glyptotek

der Technischen Universität Dänemark zu einem interdisziplinären Forschungsteam zusammengeschlossen haben, ist es daher, die Skulpturen der Glyptotek zu erforschen und alle Spuren von Farbe zu dokumentieren. Die Zeit drängt, denn diese Spuren werden allmählich verblassen.

Zuschauer erwünscht!

Eines der zentralen Werkzeuge der Wissenschaftler ist das Operationsmikroskop Leica M651. Es steht in einem gläsernen Arbeitsraum im Museum, die Bilder werden über die eingebaute Videokamera direkt auf einen Bildschirm übertragen. Hier können die Besucher der Restauratorin Maria Louise Sargent quasi über die Schulter schauen.

Einziger Beweis sind Mikroskopbilder

Der erste „Patient“, den Sargent mit dem Leica M651 untersucht hat, ist eine griechische Sphinxfigur aus Kalkstein, die um das Jahr 580 v. Chr. geschaffen wurde. Einige der Farbreste sind mit dem bloßen Auge zu erkennen, andere sind so klein, dass keine Proben entnommen werden können. „Der einzige Beweis für das Vorhandensein von Farbe ist das, was ich durch das Mikroskop sehe“, erklärt die Restauratorin. „Deshalb ist es sehr wichtig, dass ich

die Skulptur systematisch untersuche, so dass die Farbreste jederzeit wieder auffindbar sind. Das Leica Operationsmikroskop ist ideal für meine Arbeit, da es sich leicht bewegen lässt und ich die Kunstwerke von allen Seiten bequem begutachten kann."

Kooperation mit British Museum

Sargent fand bei ihrer Spurensuche kleinste Reste einer blauen Bemalung. Für die Identifizierung der Pigmente hoffen die Dänen auf die zukünftige Zusammenarbeit mit dem British Museum. Der „Riese" der europäischen Museumslandschaft hat nach dem Vorbild des CPN ein Polychromie-Projekt gestartet, und wird mit dem CPN als externem Forschungspartner zusammenarbeiten. „Unsere Kollegen des British Museum haben eine nichtinvasive Methode entwickelt, die mithilfe von UV-Fotografie den Nachweis von Ägyptisch Blau erbringen kann. Davon erhoffen wir uns weitere Erkenntnisse", sagt Østergaard optimistisch.

Spuren von 2000 Jahren werden sichtbar

Der nächste Kandidat, der im gläsernen Arbeitsraum von Maria Louise Sargent bereit steht, ist ein griechisches Marmorporträt aus der späten hellenistischen Zeit um 100 v. Chr. Es ist das erste Mal, dass ein griechisches Porträt dieser Zeit derart systematisch und mit dem Mikroskop untersucht wird. „Die Kunstwerke sind mehr als 2000 Jahre alt, und sie haben eine Menge erlebt", sagt Sargent. „Das heißt, dass ich viele Spuren sehen kann, einschließlich der Spuren von Verschmutzung oder von aggressivem Reinigen. Das Schwierige ist, die Spuren korrekt zu identifizieren." Denn die antiken Maler benutzten Materialien wie Roten Ocker, eine Erdfarbe. Was ist also Farbe, was ist nur Erde vom Ausgrabungsort? Für Schwarz wurde Kohle benutzt, aber auch die moderne Luftverschmutzung wird in Gestalt von Kohlepartikeln sichtbar.

Strittig: War die Haut farbig oder nicht?

An dem aktuellen griechischen Porträt sind bereits mit dem bloßen Auge verschiedene Farbreste zu sehen, in den Pupillen, an den Wimpern und an den Lippen. Østergaard erhofft wichtige Aufschlüsse: „Die Untersuchung dieses Objektes wird uns vielleicht in dem Problem voranbringen, ob die Haut der antiken Skulpturen bemalt war oder nicht. Aus der klassischen und hellenistischen Zeit haben wir bislang nur

Abb. 5: Die Untersuchung von Farbspuren auf einem Mamorportait von Caligula, römischer Kaiser von 37 – 41 n. Chr., führten zu einer der ersten wissenschaftlich fundierten experimentellen Rekonstruktionen der Polychromie einer römischen Skulptur. Foto: Ny Carlsberg Glyptotek

Abb. 6: Wie sah das Caligula-Porträt im Originalzustand aus? Di
für die erste Ausstellung "Bunte Götter" 2003 angefertigt. Reko
Østergaard. Foto: Ny Carlsberg Glyptotek

einen einzigen Beweis, dass der Körper hautfarben bemalt war."

Physikalische Analyse deutet auf Herkunftsort der Farben

Wenn die Menge der gefundenen Farbreste es erlaubt, werden kleinste Pigmentproben entnommen und im Querschnitt mit dem Materialmikroskop Leica DM2500 untersucht, um die Struktur der Schichten zu bestimmen oder Pigmente zu identifizieren. Einige Proben werden auch in den Instituten des CPN untersucht. So konnte Dr. Minik Rosing vom Geologischen Museum anhand einer Analyse der isotopischen Spurenelemente auf die Herkunft der Pigmente schließen: „Das Rote Bleioxid einer Skulptur kam aus Spanien, und wurde nach Rom exportiert", erklärt Østergaard. „Damit können wir auch Aussagen über die Handelswege der Antike machen."

Noch viel zu tun für die Polychromie-Forschung

Obwohl die Ausstellung „Bunte Götter" mit spektakulären Reproduktionen ein großes Publikum erreicht hat, steht die Polychromie-Forschung noch ganz am Anfang. „Auch wenn wir Farben auf antiken Skulpturen identifizieren können, wissen wir nicht, wie diese wirklich ausgesehen haben", sagt Østergaard. „Wir müssen noch viel mehr wissen über die Maltechnik oder die ästhetischen Effekte der antiken polychromen Kunstwerke." Welche neuen Erkenntnisse die Untersuchung der zahlreichen Skulpturen der Ny Carlsberg Glyptotek mit dem Leica M651 bringen wird, wird in einer großen Ausstellung im Jahr 2012 in Kopenhagen zu sehen sein.

Kontakt
Jan Stubbe Østergaard, Copenhagen Polychromy Network, Dänemark
jso@glyptoteket.dk

ese Rekonstruktion an einer Mamorkopie des Kopfes wurde nstruktion von V. Brinkmann, U. Koch-Brinkmann und J.S.

Abb. 7: Eine spätere Rekonstruktion des Caligula-Porträts, angefertigt vom selben Team basierend auf den selben wissenschaftlichen Erkenntnissen, ist hypothetischer und naturalistischer. Rekonstruktion von V. Brinkmann, U. Koch-Brinkmann und J.S. Østergaard. Foto: Stiftung Archäologie, München

Einblicke in die Restaurierung historischer Fotografien

Die Erinnerung bewahren

Sam Habibi Minelli, Alinari 24 ORE

Im Jahr 1852 gründete Leopoldo Alinari zusammen mit seinen Brüdern Giuseppe und Romualdo in Florenz eine fotografische Werkstatt, die zum Herzstück des Unternehmens wurde, das heute noch seinen Namen trägt: Fratelli Alinari. Es war der Anfang eines einzigartigen Unternehmens, das sich mit der Porträtfotografie, Aufnahmen von Kunstwerken und historischen Monumenten befasste und dabei internationalen Ruhm erlangte. Stereomikroskope von Leica Microsystems helfen Alinari heute, das kulturelle Erbe – unsere Erinnerung – für zukünftige Generationen von professionellen Restauratoren zu bewahren.

Abb. 1: Sonderbriefmarke anlässlich des 150-jährigen Bestehens von Alinari

Alinari – ein Unternehmen, das weit über Italien hinaus für fotografische Expertise steht und dabei auf mehr als 150 Jahre Erfahrung zurückblickt. Mehr als 2,75 Millionen Schwarz-Weiß- und Farbnegative, von Platten bis Farbfotografien, sowie mehr als 900.000 Originalabzüge, unter anderem auf Salpeterpapier, Albuminpapier, Bromsilberdrucke, Kollotypie-Negative und Daguerreotypen sowie mehr als 6000 Originalalben bewahrt Alinari in verschiedenen Sammlungen auf. Sie beinhalten Werke der größten italienischen und internationalen Fotografen aus dem 19. und 20. Jahrhundert, aber auch Arbeiten weniger bekannter Berufs- und Hobbyfotografen. Im Jahr 2001 wurde das Online-Archiv (www.alinari.it) eingerichtet, in dem inzwischen 450000 Bilder digital verfügbar sind.

Alinari-Museum und -Bibliothek

Die Sammlung des Fratelli Alinari-Museums zur Geschichte der Fotografie wurde 1985 in Florenz gegründet. Das heutige Alinari Nationalmuseum für Fotografie (MNAF) befindet sich an der Santa Maria Novella, im ehemaligen Leopoldine-Gebäude aus dem 15. Jahrhundert. Das Museum beherbergt zudem bedeutende Sammlungen an Kameras, Werbeanzeigen, Dokumenten, Rahmen und allem, was zur Fotografie und deren Geschichte gehört. Ebenso beindruckend ist die Bibliothek mit mehr als 20000 Büchern und Zeitschriften zur Geschichte der Fotografie. Die verschiedenen Ausstellungen und Projekte machen die Sammlungen einer breiten Öffentlichkeit zugänglich und sollen so auch die Allgemeinbildung fördern. Das MNAF hat es sich unter anderem zum Ziel gesetzt, ein Netzwerk von Institutionen aus Wissenschaft und Kunst auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene zu aufzubauen.

Fotorestauration im Labor

In unserem Restaurationslabor werden Fotografien aus den Archiven großer Museen, Bibliotheken, Institute und Akademien, aber auch aus Privatbesitz von Unternehmen und Sammlern konserviert und restauriert. Daneben berät und unterstützt das Labor bei der Anwendung verschiedener Konservierungsverfahren. Das Alinari-Labor ist auf die Konservierung der verschiedensten Materialien spezialisiert, von den ältesten Daguerreotypen über Kollotypien, Fotodrucken, seltenen Negativen auf Papier, Kollodium und silbernen Glasplatten bis hin zu Farbabzügen und Negativen aus jüngster Zeit. Dabei arbeiten wir mit der neuesten Generation der Stereomikroskope von Leica Microsystems, dem Leica M205 C mit FusionOptics™ sowie Video- und 3D-Analyse zum Betrachten, Speichern und Kommentieren qualitativ hochwertiger Bilder unseres restaurationsbedürftigen Kulturerbes. Über die integrierte Digitalkamera können wir die mikroskopischen Aufnahmen auf einen hochauflösenden Flachbildschirm projizieren und uns so im Team betrachten und diskutieren.

In Zusammenarbeit mit einem staatlichen Institut für Kunstrestauration in Florenz sowie dem italienischen Kultusministerium bieten wir Kurse für die Restaurierung fotografischen Materials an. Die Angebote

Fotos: Alinari Archive

kombinieren theoretische Vorträge mit mikroskopischer Praxis und richten sich an professionelle Restauratoren, Archivare, Historiker und Forscher, die bereits mit den Grundlagen zu diesem Thema vertraut sind. Über die mikroskopische Analyse kann das ursprünglich verwendete Material identifiziert werden sowie der Erhaltungszustand und die Auswirkungen verschiedener Konservierungsverfahren bestimmt werden. Erst nach eingehender Analyse des fotografischen Prozesses kann der Restaurator mit der Wiederherstellung der Fotografie beginnen.

Für Unternehmen, Universitäten und Institutionen bieten sich so einzigartige Möglichkeiten zur Weiterbildung von Restauratoren sowie zur Zusammenarbeit, um unser Kulturerbe zu bewahren. Denn der Zerfall der Fotos durch Fotodegradation ist ein systemimmanenter Prozess, der auf einer fortschreitenden chemischen und physikalischen Veränderung der lichtempfindlichen Substanzen beruht. Restauratoren und Konservatoren versuchen, diesen Prozess zu verlangsamen, in dem sie Mikroumgebung – spezielle Vitrinen und Schaukästen – und Makroumgebung – Archivräume mit geregelter Luftfeuchtigkeit, Beleuchtung, Luftqualität und Temperatur – optimieren.

Die digitalen Bildgebungsfunktionen des Mikroskops sind auch für unsere Kurse sehr hilfreich: so können wir die Mikroskopansicht direkt auf einen Flachbildschirm projizieren, innerhalb des Bildes navigieren und 3D-Ansichten des Zerfalls generieren. Mit Hilfe verschiedenster Mess- und Auswertungsprogramme können die Bilder mit Anmerkungen versehen werden. Anhand von Videosequenzen lässt sich erkennen, wie bestimmte chemische Substanzen mit dem Papier oder anderen fotografischen Oberflächen reagieren. Und über den Multi-Fokus können wir Bilder höchster Qualität erzeugen, die uns mehr Informationen zu dem Objekt liefern. Alinari plant für die Zukunft eine ganze Serie neuer Forschungsprojekte, die auf die speziellen Anforderungen von Restaurationslabors ausgerichtet sind und auf mikroskopischen Verfahren aufbauen.

Expertise für Experten

Alinari stellt seine Sammlungen und das Mikroskopielabor externen Forschern und Unternehmen für Projekte und Erfahrungsaustausch zur Verfügung. Daneben nutzen auch öffentliche Institutionen wie die italienische Archivarvereinigung ANAI und das italienische Kultusministerium unsere Dienstleistungen, beispielsweise für Authentifizierungen, Schulungen und Veröffentlichungen.

Kontakt
Sam Habibi Minelli,
Leiter des Research Applications Center
sam.minelli@alinari.it

Stereomikroskopie im Alinari-Labor

- Bestimmen der Fotografietechnik (Daguerreotypie, Albumin, usw.)
- Diagnose des Konservierungsstatus: Über ein Protokoll erkennt, analysiert und protokolliert der Restaurator alle möglichen physischen und chemischen Zerfallsprozesse wie Kratzer, Abrieb, Risse, Ausbleichen oder Schimmelbildung.
- Verfolgen einzelner Restaurationsschritte
- Überwachen des Konservierungsstatus
- Analyse des ursprünglichen Trägermaterials (Glas, Papier, Daguerreotypie, Kollotypie, usw.)
- Schulung für interne und externe Experten, Katalogisierer, Museumsleiter
- Protokollieren der biologischen, physikalischen und chemischen Zerfallsprozesse der Bilder und der Trägermaterialien
- Einrichten einer für große Kollektionen geeigneten Datenstruktur
- Aufbau einer Datenbank für zukünftige Forschungsprojekte („Ground Truth")
- Datenerfassung für Handbücher, Referenztabellen, Diagramme, usw.

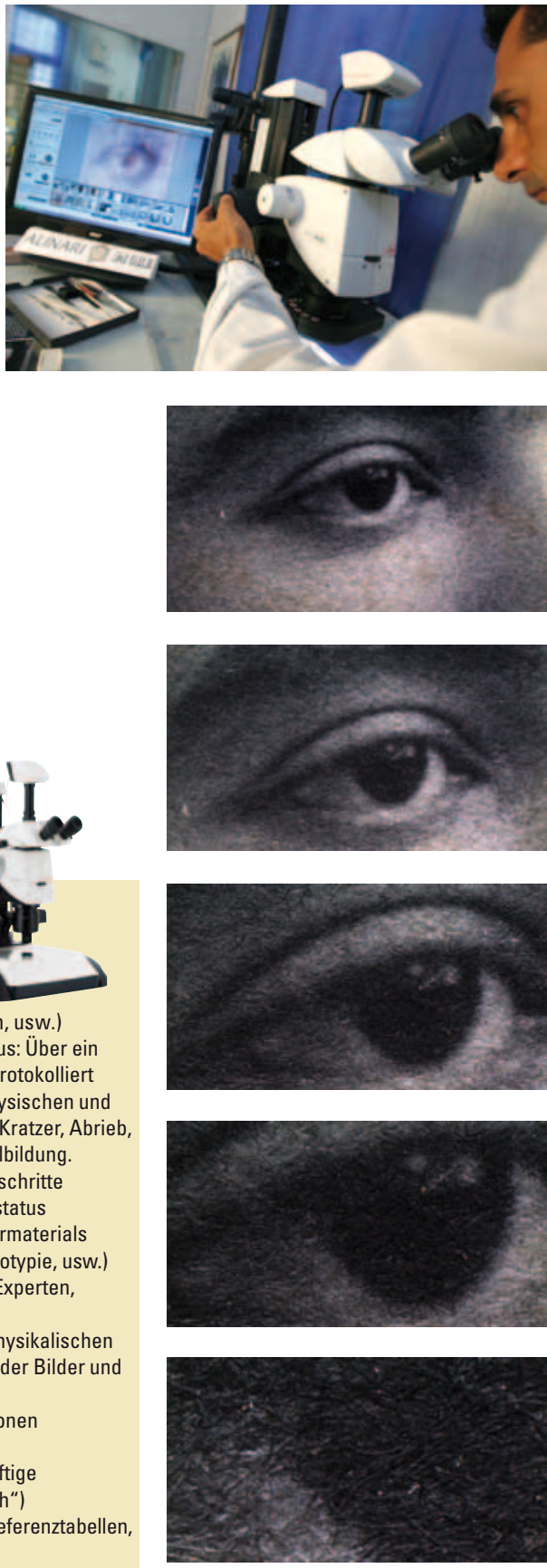


Abb. 2: Mikroskopeinsatz im Restaurationslabor

Die Kunden von Alinari haben das Wort

Dr. Hans Petschar, Direktor des Bildarchivs der österreichischen Nationalbibliothek: „Es ist verblüffend zu sehen, wie die Arbeit des Restaurators durch diese Technologie optimiert wird: Man kann analysieren, dokumentieren und protokollieren und den Aufwand reduzieren – und gleichzeitig die Qualität der Ergebnisse verbessern."

Roger Bruce, Direktor für Interpretation, Museum of Photography im George Eastman House, Rochester, New York, USA: „Konservatoren müssen sich auf die Genauigkeit und Korrektheit ihrer Systeme und Werkzeuge verlassen können. Die Technologie von Leica Microsystems ist weltweit für exzellente Bildqualität und optische Perfektion bekannt und bildet damit die Grundlage für präzise und nachvollziehbare professionelle Beurteilungen."

Geneviève Aitken, verantwortlich für Dokumentationsstudien und neue Informationstechnologie am Forschungs- und Restaurationszentrum der Musées de Louvre, Paris, Frankreich: „Die Technologie von Leica Microsystems hilft uns enorm und eröffnet uns neue Möglichkeiten, alte Fotografien und Dokumente zu restaurieren und zu konservieren."

Frank Grossmann, Vorstandsvorsitzender Colour-Science AG, Bäretswil, Schweiz: „Das Leica M205 C liefert dank modernster Ausstattung eine überlegene Bildqualität für Forschung und Diagnose."

Stereomikroskop offenbart Zerstörungswerk mariner Schwämme

Antike Unterwasser-Schätze in Gefahr

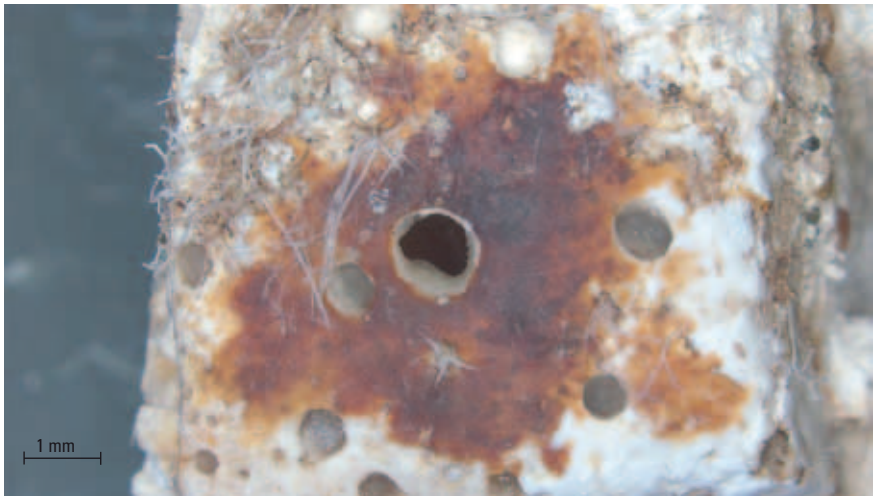
Kerstin Pingel, Leica Microsystems

Baiae im Golf von Neapel war im 2. Jahrhundert v. Chr. ein berühmt-berüchtigter Bade- und Kurort für reiche Römer – heute ist die Stadt teilweise im Meer versunken und als 80 000 Quadratmeter großer archäologischer Unterwasserpark zu besichtigen. Am Istituto Superiore per il Conservazione e il Restauro (ISCR) in Rom werden die prächtigen Mosaiken aus den Unterwasserruinen analysiert: Mit Hilfe eines Leica Stereomikroskops kommen die Wissenschaftler den Aktivitäten eines endolithischen Schwammes auf die Spur, der die antiken Kalkplatten allmählich zu zersetzen droht.

Baiaes Aufstieg zum Nobelkurort der römischen Elite begann im 2. Jahrhundert vor Christus. Dank des vulkanischen Bodens gediehen hier nicht nur Oliven, Kastanien, Obst und Wein prächtig. Auch heiße Mineralquellen und Schwefeldämpfe traten überall aus dem Boden – und die wusste man seit Hippokrates für die Heilung allerlei Gebrechen zu nutzen. Reiche römische Bürger, Senatoren und Kaiser kamen nach Baiae, bauten sich prächtige Villen und Thermenanlagen, genossen die heißen Bäder und frönten einem sinnenfrohen Leben, wie einige antike Schriftsteller kritisch anmerkten. Doch dieselbe vulkanische Aktivität, die Baiae zu seinem Ruhm verhalf, war auch für seinen Untergang verantwortlich. Das geologische Phänomen des Bradyseismus, also das Heben und Senken des Bodens in einer vulkanischen Gegend, ließ die gesamte Küstenregion am Golf von Neapel im Jahr 300 n. Chr. um sechs Meter absinken: Baiae und seine Paläste verschwanden im Meer. Heute gibt das Wasser die antiken Ruinen teilweise wieder frei, denn der Meeresboden hebt sich pro Tag um mehrere Millimeter.

Schwämme bohren Tunnel und Löcher

Gianfranco Priori, Biologe am Nucleo per gli Interventi di Archeologia Subacquea des ISCR, untersucht gemeinsam mit einem multidisziplinären Forscherteam aus Archäologen, Chemikern, Architekten und Biologen die Mosaiken, mit denen die reichen Villenbesitzer Böden und Wände schmücken ließen. Die aus Kalkplatten gefertigten antiken Kunstwerke sind stark mit Kolonien pflanzlicher und tierischer Organismen überwuchert, die das Material allmählich zersetzen. Besonders invasiv ist die Bioerosion durch den Schwamm Cliona Celata. Diese Schwämme bohren mit Hilfe von säurehaltigen Sekreten Gänge in im



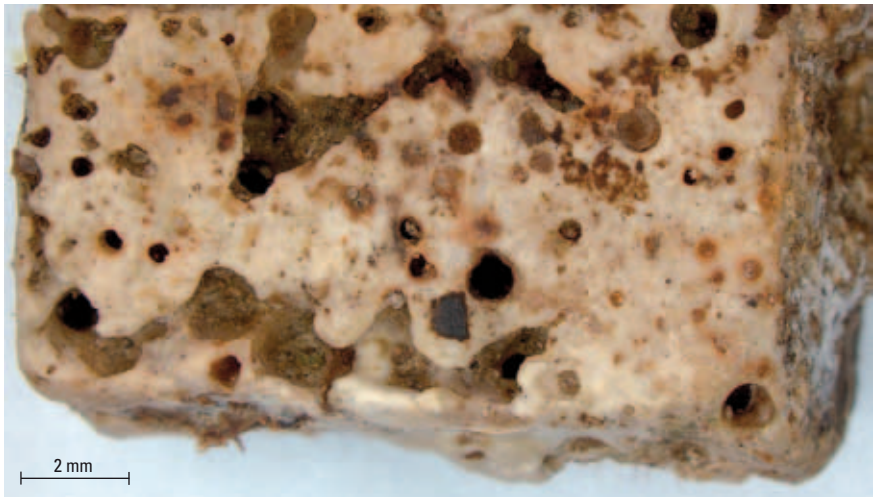


Abb.1 und 2: Stereomikroskopaufnahmen von Plattenschnitten, die das Höhlen- und Gangsystem des endolithischen Schwammes zeigen.

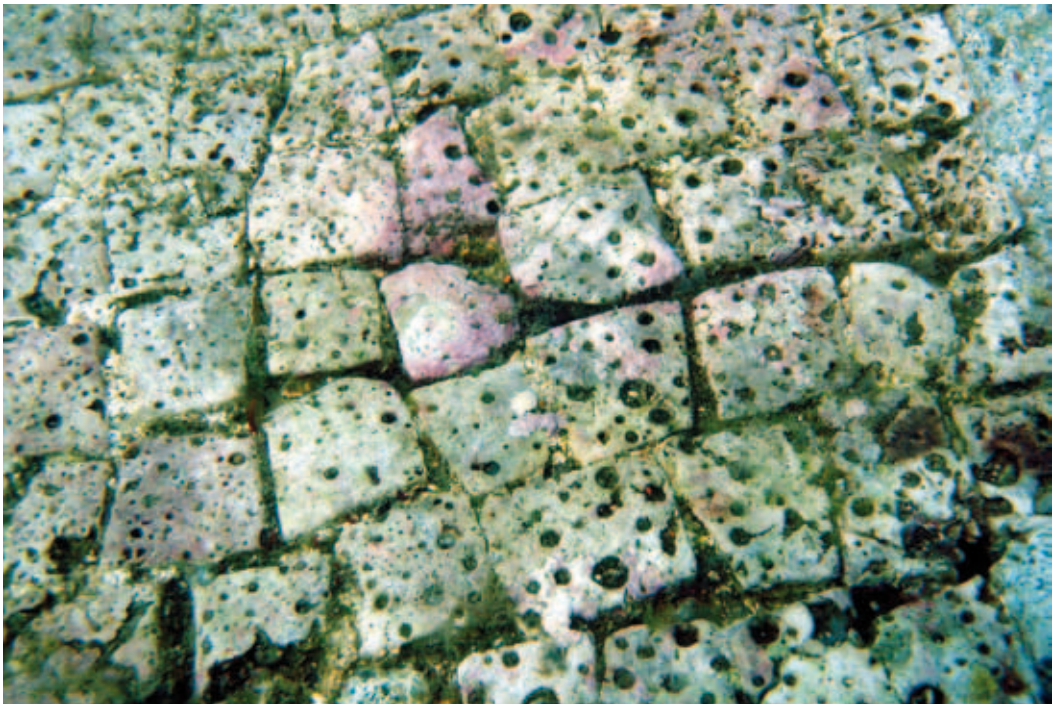


Abb. 3: Mosaikboden im Unterwasserpark von Baiae: Die Kalkplatten zeigen deutliche Spuren der Zersetzung durch Cliona celata.

Wasser vorhandene Materialien auf Calciumkarbonatbasis, in denen das Tier dann lebt.

Blick durchs Mikroskop zeigt Grad der Zerstörung

„Oberflächlich sind die Bohrungen kaum zu erkennen“, erklärt Priori. „Erst eine Laboruntersuchung mit dem Mikroskop kann zeigen, wie weit der Zerfall tatsächlich fortgeschritten ist.“ Um den optischen Zustand der Mosaiken zu dokumentieren und Plattenproben zu nehmen, müssen sich die Wissenschaftler vor Ort – das heißt unter Wasser – begeben. In fünf bis sieben Metern Tiefe werden zunächst Fotos mit der Unterwasserkamera gemacht. Die dort geborgenen Proben der antiken Kalkmosaike werden dann im Labor mit einem Elektronenmikroskop sowie mit einem Routinemikroskop und einem Stereomikroskop Leica MZ16 mit integrierter Kamera untersucht. Unter dem Stereomikroskop werden sowohl die an der Oberfläche vorhandenen Bohrungen als auch das innere Eindringungsmuster der Schwämme sichtbar. Die digitale Bildgebungssoftware Leica IM1000 dient der Zählung der Bohrungen und der Messung ihrer Durchmesser. „Erst die stereomikroskopische Untersuchung hat gezeigt, dass der Erhaltungszustand der Mosaikplatten schlechter ist, als aufgrund der Oberflächenbetrachtung zu schließen war“, resümiert Priori. In der morphologischen Analyse der Platten wird ein System miteinander verbundener Gänge und Höhlen sichtbar, deren Ausmaß die der äußerlich erkennbaren Bohrungen deutlich überschreitet. Bemerkenswert ist, dass die Zahl der inneren Höhlungen in keinem direkten Zusammenhang mit der Anzahl der oberflächlichen Bohrungen steht. „Bei unseren Untersuchungen kamen uns nicht nur die optischen Eigenschaften und die hohe Auflösung des Leica MZ16 zugute, sondern vor allem die perfekte Schnittstelle zwischen dem Stereomikroskop und der Bildgebungssoftware Leica IM1000“, sagt Priori, der für die Mikroskopie und die Mikrofotografie im Labor verantwortlich ist. „Die Software Leica Application Suite mit dem Multifokus Modul erweitert zudem die Schärfentiefe des Mikroskops um ein Vielfaches.“

Neue Wege zur Reduzierung der Bioerosion

Die Studie des ISCR ist eine der ersten Arbeiten über die Auswirkungen des Wachstums mariner endolithischer Organismen auf historischen Kunstwerken, die sich unter Wasser befinden. Die Untersuchungen sollen in Folge auch auf andere Gesteinsarten, beispielsweise weißen oder mehrfarbigen Marmor, ausgedehnt werden. „Das wichtigste Ergebnis unserer bisherigen Arbeit ist die Entwicklung einer Methode, die die Bioerosion verlangsamen kann“, erklärt Priori. In den touristenarmen Wintermonaten werden die Mosaiken nun mit einem Geogewebe abgedeckt, das den Wasserfluss und die Sonneneinstrahlung auf der Materialoberfläche begrenzt sowie die Ansiedlung und das Wachstum vieler tierischer und pflanzlicher Arten einschränkt.

Kontakt
Gianfranco Priori, Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro (ISCR)
gpriori.icr@beniculturali.it

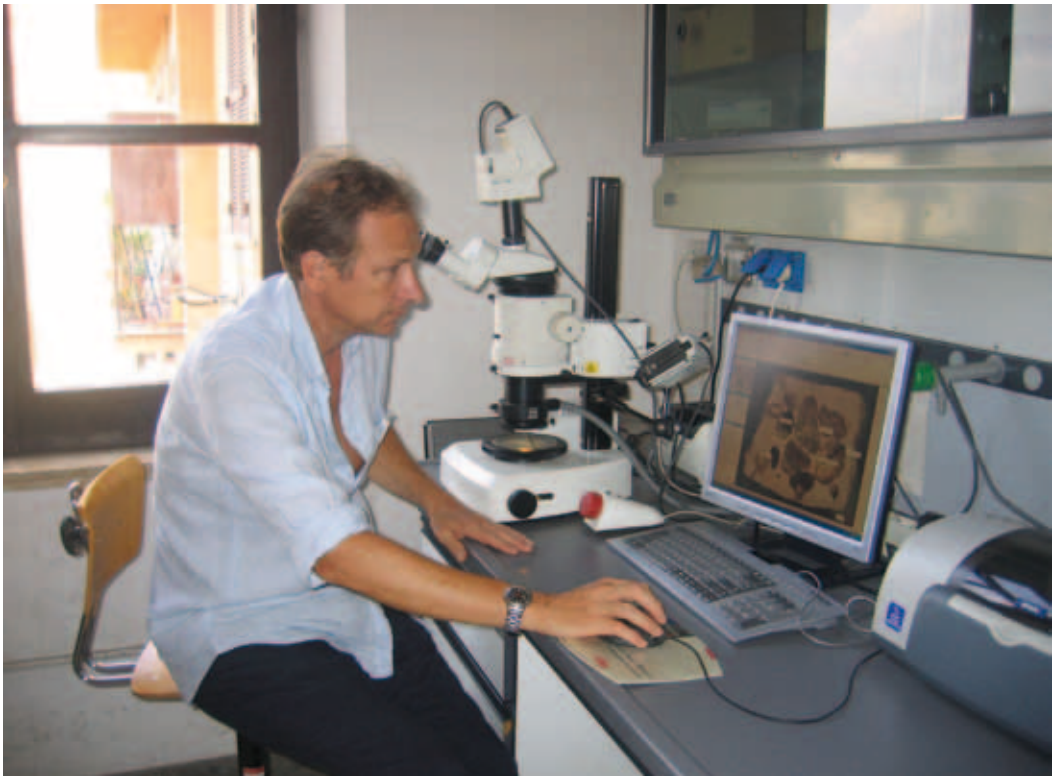


Abb. 4: Mit dem Stereomikroskop untersucht Gianfranco Priori sowohl die an der Oberfläche vorhandenen Bohrungen als auch das innere Eindringungsmuster der Schwämme.

Abb. 5: In den Wintermonaten werden die gefährdeten Mosaiken mit einem Geogewebe geschützt.

Einschlüsse in Edelsteinen

Exklusive Ästhetik der Natur

Michael Hügi, Dipl. Mineraloge und Gemmologe FGA, Schweizerische Gemmologische Gesellschaft, Bern

Edelsteine faszinieren die Menschen seit Jahrtausenden. Früher demonstrierten Fürsten und Könige mit edelsteinbesetzten Insignien Macht und Reichtum. Heute ist der edle Schmuck immer noch Statussymbol der Wohlhabenden, aber viel mehr noch als früher dienen diese Wunder der Natur der eigenen Freude an Schönheit und Harmonie. Wo Ästhetik des Mineralreiches und Wissenschaft zusammentreffen, da arbeiten Gemmologen – oder Edelsteinkundler. In modernen gemmologischen Labors bildet die mikroskopische Untersuchung der inneren und äußeren Merkmale eines Edelsteins immer noch das Rückgrat bei der Beurteilung der Qualitätskriterien.

Zu den wichtigsten Aufgaben des Gemmologen zählt die Echtheits- und Qualitätsbestimmung eines Edelsteins. Er identifiziert einen unbekannten Stein durch Messung seiner optischen und physikalischen Konstanten, er bestimmt Echtheit und Herkunft des Steins und kennt sich mit Behandlungsmethoden aus, die die optische Erscheinung des Steins verbessern. Die inneren Merkmale eines Steins spiegeln die chemischen und physikalischen Bedingungen wider, die während des Mineralwachstums in der Natur – oder bei synthetischen Materialien im Labor – geherrscht haben. Derartige Merkmale können zum Beispiel Farbzonen sein, die durch kristallographische Gesetzmäßigkeiten entstanden sind, oder gesetzmäßige Verwachsungen mehrerer Kristallindividuen, was auch als Verzwillingung bezeichnet wird. Vielfach sind in Edelsteinmineralien auch Fremdsubstanzen eingeschlossen. Dabei wird zwischen den folgenden Einschlusstypen unterschieden:

Abb. 1: Einschlüsse von vermutlich Melanterit (wasserhaltiges Fe-Sulfat) in Bergkristall (Quarz), Fundort: Minas Gerais, Brasilien. Es handelt sich um eine sekundäre Umwandlung des Eisensulfids Markasit, das ebenfalls als Einschlüsse in Quarzen derselben Lagerstätte vorkommt. Bildbreite: ca. 6 mm, Durchlicht, gekreuzte Polarisatoren

- **Protogenetische Einschlüsse**: Fremdmineralien, die bereits vor der Bildung des Wirtkristalls vorhanden waren und von diesem umwachsen wurden.
- **Syngenetische Einschlüsse**: Diese bildeten sich gleichzeitig mit dem Wirtkristall, beispielsweise verheilte Risse. Dabei bilden sich viele kleine Hohlräume, so genannte Negativkristalle, die Reste der wässerigen Lösung enthalten, in denen der Kristall gewachsen ist.
- **Epigenetische Einschlüsse**: Einschlüsse, die nach der Bildung des Wirtkristalls entstanden sind. Meist handelt es sich um natürliche Rissfüllungen oder Entmischungen im Wirtkristall.

Mikroskop offenbart verborgene Schönheit

Dass ein guter Edelstein lupenrein sein muss und Einschlüsse „Fehler" seien, die den Wert eines Steins mindern, stimmt nur bedingt. Bei geschliffenen Diamanten ist die Reinheit des Steins tatsächlich ein maßgebliches Kriterium, das nach einer normierten Nomenklatur bewertet wird. Bei den übrigen Edel- und Schmucksteinen hingegen sind Einschlüsse nicht wertmindernd, solange sie die Erscheinung oder die Beständigkeit des Steins nicht beeinträchtigen. Vielmehr machen sie den Stein einmalig und unterstreichen die Exklusivität – sie sind sozusagen die Unterschrift der Natur. Neben ihrer wissenschaftlichen Aussagekraft offenbaren Einschlüsse oft erst unter dem Mikroskop ihre einzigartige Ästhetik. In Anbetracht dieser verborgenen inneren Schönheit verkehrt sich der Begriff „Fehler" in das Gegenteil.

Die mikroskopische Untersuchung von Edelsteinen stellt hohe Anforderungen an den Gemmologen wie an das Instrument. Da meist geschliffene, in Schmuckstücke eingefasste Steine untersucht werden, lassen sich die inneren Merkmale oft nur eingeschränkt beobachten. In einigen Fällen kann eine Immersion in Flüssigkeiten helfen, die eine ähnliche Lichtbrechung wie diejenige des Steins aufweist. Extreme Kontrastunterschiede vor dunklem Hintergrund, beispielsweise aufgrund reflektierender Facetten oder metallisch glänzender Einschlüsse, stellen zudem hohe

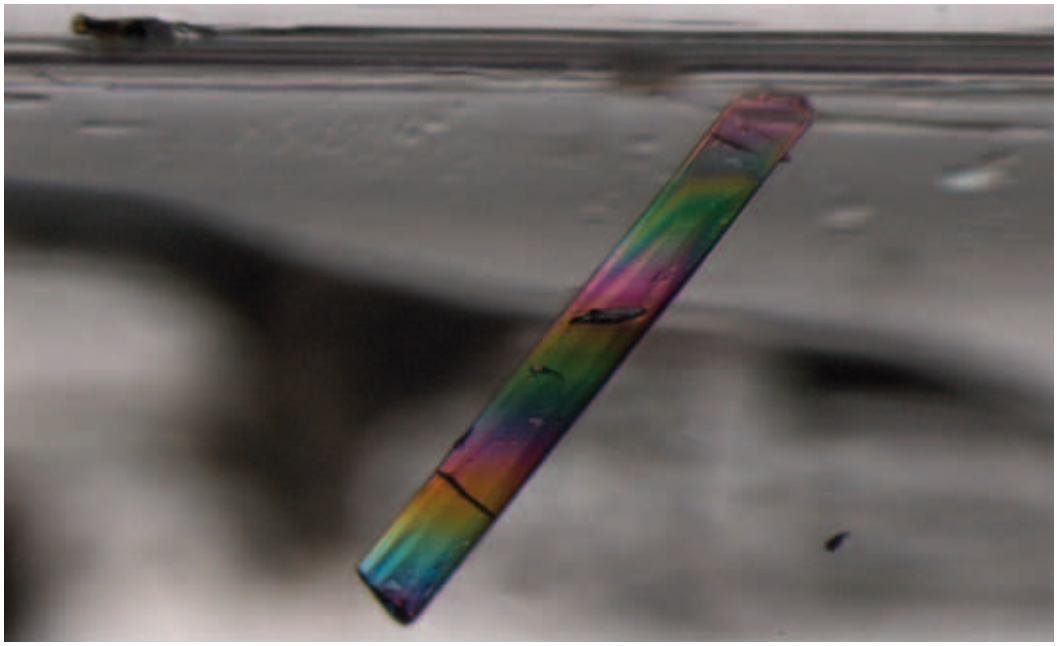


Abb. 2: Einschluss eines Turmalinkristalls in Aquamarin (Varietät von Beryll), Fundort: Nordpakistan. Die Interferenzfarben der Turmalinnadel werden durch die Polarisation des Lichts erzeugt. Bildbreite: ca. 1,5 mm, Durchlicht, einfach polarisiertes Licht

Anforderungen an die Beleuchtung. Für gemmologische Untersuchungen werden in der Regel Stereomikroskope mit folgenden Kontrastverfahren eingesetzt:

- **Diffuses Hellfeld**: Diese Beleuchtung ermöglicht die Beobachtung von kontrastarmen Wachstumsstrukturen, Farbzonierungen und Flüssigkeitseinschlüssen. Beim Einsatz von gekreuzten Polarisationsfiltern ist die Erkennung von doppelbrechenden Mineraleinschlüssen oder Zwillingslamellierung möglich.

- **Dunkelfeld**: Im Dunkelfeld werden feinste Strukturen wie nadelförmige oder haarfeine Einschlüsse sichtbar, die im Hellfeld nicht sichtbar sind.

- **Glasfaserlichtleiter**: Sie ermöglichen eine gerichtete Dunkelfeldbeleuchtung, oder sie werden mit Auflicht für die Untersuchung von Oberflächenstrukturen eingesetzt.

Für Aufnahmen, wie in den Abbildungen 1 – 6 gezeigt, wird in der Schweizerischen Gemmologischen Gesellschaft ein Leica Stereomikroskop mit einem Planapo-Objektiv 1.0x verwendet, das einen ausreichenden Arbeitsabstand für die Untersuchung auch großer Schmuckstücke erlaubt. Als Lichtquelle für die Hell- bzw. Dunkelfeldbeleuchtung dient eine Kaltlichtquelle von Leica Microsystems. Zusätzlich werden zwei Glasfaserlichtleiter mit einer externen Lichtquelle eingesetzt. Da viele Edelsteine optisch anisotrope, d.h. doppelbrechende Materialien sind, wird standardmäßig mit aufgesetztem Polarisationsfilter (Analysator) gearbeitet, um doppelbrechungsbedingte Bildunschärfen auszuschalten.

Einschlüsse digital fotografieren

Die Dokumentation innerer Merkmale von Edelsteinen mit Hilfe der Mikrofotografie geht bis ins 19. Jahrhundert zurück. Der deutsche Mineraloge Ferdinand Zirkel erwähnt dieses Verfahren 1873 in seinem Buch „Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine“. Zirkel stand der Mikrofotografie allerdings ziemlich skeptisch gegenüber. Seiner Ansicht nach bestand bei der fotografischen Technik im Vergleich zur zeichnerischen Darstellung keine Möglichkeit, aussagerelevante Bildelemente hervorzuheben oder unwichtige Details wegzulassen. Trotz dieser vermeintlichen Unflexibilität wurde die Mikrofotografie

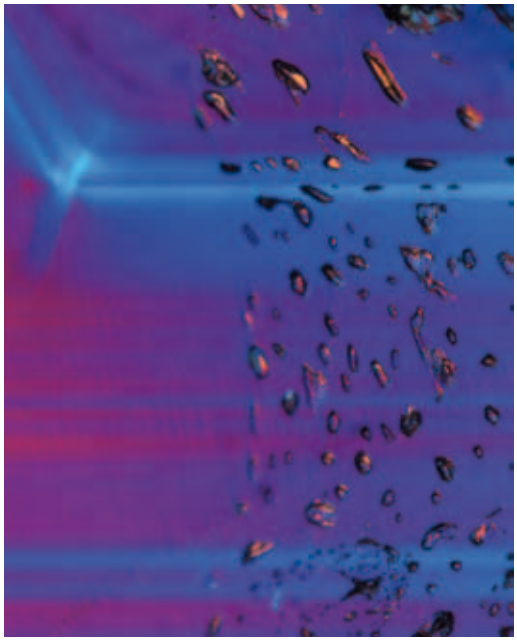


Abb. 3: Flüssigkeitseinschlüsse und Wachstumszonierungen in Aquamarin (Varietät von Beryll), Fundort: Mina Padre Paraiso, Minas Gerais, Brasilien. Während des Wachstums eines Kristalls in einer wässerigen Lösung können durch Spannungen Risse entstehen, die während des weiteren Wachstumsvorgangs wieder verheilen. Dabei werden im ehemaligen Riss Reste der wässerigen Mutterlösung in Hohlräumen, den so genannten Negativkristallen, eingeschlossen. Diese Flüssigkeitseinschlüsse sind in der Ebene des ehemaligen Risses angeordnet. Deren Inhalt entmischt sich mit der Abkühlung nach dem Kristallwachstum, im vorliegenden Fall enthalten alle Einschlüsse eine Gasblase (CO_2), flüssiges CO_2 und wenig Wasser. Bildbreite: ca. 3 mm, Durchlicht, gekreuzte Polarisatoren, Rot-1 Kompensator

Die wichtigsten gemmologischen Untersuchungsmethoden

Generell gilt: Gemmologische Untersuchungsmethoden dürfen nicht destruktiv sein.

Standardausrüstung:
- Gemmologisches Stereomikroskop
- Refraktometer: Bestimmung der Lichtbrechung
- Hydrostatische Waage: Bestimmung des Gewichts und des spezifischen Gewichts
- Spektroskop: Optische Bestimmung der Absorptionen im Spektrum des sichtbaren Lichts
- Polariskop: Bestimmung der optischen Anisotropie
- Dichroskop: Bestimmung des Pleochroismus (Farbunterschiede in Abhängigkeit der Schwingungsebene des polarisierten Lichts)
- UV-Lampe: Beobachtung der Fluoreszenz

Analyseverfahren in modernen gemmologischen Labors:
- Spektralphotometer, UV-VIS und IR : exakte Messung von Absorptionen im Bereich des UV bis sichtbaren Lichts sowie im Infrarotbereich
- Röntgenfluoreszenz (XRF): semiquantitative Analyse von Spurenelementen
- Raman-Spektroskopie: Analyse von Molekülstrukturen (v.a. Einschlussbestimmung)
- Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem, durch Laser-Ablation generiertem Plasma (LA-ICP-MS): hochempfindliche Spurenelementanalytik
- Raster-Elektronenmikroskopie: Untersuchung von Oberflächenstrukturen im submikrokopischen Bereich
- Laser induced breakdown spectroscopy (LIBS): weitergehende Spurenelementanalytik

auch in der Gemmologie zum unverzichtbaren Instrument des Wissenschaftlers. Gemmologen wie der Schweizer Prof. Eduard Gübelin, Mitbegründer der Schweizerischen Gemmologischen Gesellschaft, und der Amerikaner J. Koivula haben die Einschlussfotografie mit Schwarzweiß- und Farbfilm maßgeblich weiterentwickelt. Deren Techniken werden selbst im Zeitalter der Digitalfotografie immer noch angewendet. Eine gute optische Ausrüstung, sauberes Arbeiten und viel Geduld sind die Voraussetzungen für gelungene Mikroaufnahmen. Die spezielle Charakteristik der Einschlussmikroskopie macht das Gelingen von Mikroaufnahmen nicht einfach. Allen voran erschweren starke Kontraste, begrenzte Tiefenschärfe, aber auch unbemerkte Staubkörnchen oder Kratzer auf der Oberfläche des Steins oft das Fotografieren. Wie bei der mikroskopischen Analyse sind auch bei der Fotografie unterschiedliche Beleuchtungstechniken und vor allem deren Kombination entscheidend für das Ergebnis.

Bearbeiten ohne zu verfälschen

Die digitale Mikrofotografie, die in sich den letzten Jahren weitgehend durchgesetzt hat, eröffnet der Einschlussfotografie neue Möglichkeiten. Mit der Technik des High-Dynamic-Range Imaging (HDRI) können

Abb. 4: Bergkristall (Quarz) und Rutilnadeln, eingeschlossen in Bergkristall (Quarz), Fundort: Minas Gerais, Brasilien. Aufgrund der hellen metallischen Farbe der Rutilnadeln (Titanoxid, TiO_2) lautet die Handelsbezeichnung dieser Quarze „Platinum-Quarz". Das Bild zeigt einen eingeschlossenen Bergkristall einer 1. Generation, der von einer 2. Generation von Quarz umwachsen wurde. Obwohl der Einschluss und das Wirtmineral denselben Lichtbrechungsindex aufweisen, ist der eingeschlossene Quarz wegen eines dünnen Luftfilms an den Kontaktflächen gut erkennbar. Bildbreite: ca. 6 mm, Durchlicht, gekreuzte Polarisatoren, Rot 1-Kompensator

Abb. 5: Flüssigkeitseinschlüsse sowie Einschlüsse von Rutilnadeln und kleinen Sideritkristallen (Eisencarbonat) in Bergkristall (Quarz), Fundort: Minas Gerais, Brasilien. Die unregelmäßig geformten, wachstumsbedingten Hohlräume enthalten Reste der wässerigen Lösung, in denen der Quarzkristall vor ca. 500 Millionen Jahren gewachsen ist. Die kräftigen Interferenzfarben des ansonsten farblosen Quarzes entstehen durch die fast parallele Blickrichtung zur optischen Achse des Kristalls im polarisierten Licht. Bildbreite: ca. 6 mm, Durchlicht, gekreuzte Polarisatoren

Objekte erfasst werden, deren Kontrastbereich größer ist, als ihn der Kamerasensor bei einer einzelnen Aufnahme erfassen kann. HDRI-Aufnahmen werden im Computer aus einer Aufnahmeserie mit unterschiedlichen Belichtungen generiert, so dass der gesamte Kontrastumfang in einem 32-bit Bild gespeichert ist. Dieses Bild kann allerdings weder mit herkömmlichen Monitoren noch mit Drucktechniken wiedergegeben werden. Um ein realistisches, dem visuellen Eindruck entsprechendes Bild mit durchgezeichneten Lichtern und Tiefen zu erhalten, wird in einem zweiten Schritt, dem so genannten Tone-Mapping, ein mit herkömmlichen Medien reproduzierbares 8-bit Bild erzeugt.

Die computergestützte Nachbearbeitung der digitalen Bilder bietet die Chance, gewisse durch die immer noch limitierte fotografische Technik bedingte Einschränkungen zu überwinden und ein realitätsnäheres Bild zu erhalten. Dies darf aber nicht dazu verleiten, Bilder durch Retuschen oder Farbveränderungen absichtlich in ihrer Aussage zu verfälschen. In dieser Hinsicht hat Ferdinand Zirkel auch heute noch recht: Der Autor soll mit seinen Einflussmöglichkeiten – sei es mit dem Zeichenstift, sei es mit dem Bildbearbeitungsprogramm – helfen, die Realität nachvollziehbar zu dokumentieren.

Abb. 6: Einschluss einer Fruchtfliege in Baltischem Bernstein, Fundort: baltische Ostseeküste. Bernstein ist ein fossiles Baumharz, das im vorliegenden Fall vor ca. 35 – 40 Millionen Jahren in Wäldern im Gebiet des heutigen Baltikums entstanden ist. Bernstein enthält gelegentlich Einschlüsse von Insekten, Spinnen, kleinen Wirbeltieren u.a., die auf dem Harz kleben geblieben sind und von nachfolgenden Harzlagen überdeckt und so exzellent konserviert wurden. Nach dem Absterben des Baumes wurden die Harzknollen in Flüsse und nachfolgend im Meer gespült, wo sie im Sediment eingebettet fossilisiert wurden. Obwohl Bernstein eine amorphe Substanz und theoretisch optisch isotrop ist, können im polarisierten Licht die Fließstrukturen des Bernsteins aufgrund interner Spannungen sichtbar gemacht werden, ebenso die Spannungen, die durch die Einschlüsse verursacht werden. Der Einsatz von polarisiertem Licht und dem Rot-1 Kompensator bewirkt die intensiven Farben im ansonsten goldgelben Bernstein. Bildbreite: ca. 4 mm, Kombination von Durchlicht und Auflicht (Glasfaser), gekreuzte Polarisatoren, Rot-1 Kompensator, HDRI-Tone-Mapping.

Kontakt
Michael Hügi, Dipl. Mineraloge und Gemmologe FGA,
Schweizerische Gemmologische Gesellschaft
michael.huegi@gemmologie.ch

Leica F12 I – Neues Bodenstativ für Restauratoren

Die mobile Lösung für große Objekte

Meinrad Berchtel, Leica Microsystems

Gemälde, Skulpturen oder Möbel – Kunstschätze, die restauriert und konserviert werden müssen, sind selten so handlich klein, dass sie unter ein herkömmliches Mikroskop passen. Deshalb hat Leica Microsystems das Bodenstativ Leica F12 I, das mit einem Stereomikroskop und einer Digitalkamera kombinierbar ist, speziell für die Anforderungen von Restauratoren entwickelt. Das neue Bodenstativ bietet Flexibilität und Komfort für das Arbeiten an Kunstobjekten – und das zu einem hervorragenden Preis-Leistungs-Verhältnis.

Beweglich in alle Richtungen

Das Bodenstativ Leica F12 I lässt sich flexibel den unterschiedlichsten Arbeitsbedingungen und örtlichen Gegebenheiten anpassen – egal, ob an der Staffelei, vor einer Wand oder am Arbeitstisch gearbeitet wird. Mittels dreier Drehpunkte und der stufenlos einstellbaren Höhenverstellung kann der Restaurator das Stereomikroskop ideal zum Objekt platzieren, um Untersuchungen und Restaurierungsarbeiten an allen erforderlichen Stellen durchzuführen. Zudem lässt sich der Horizontalarm um 360° um die Vertikalsäule drehen.

Flexibel in allen Situationen

Der Fokussierarm ist kompakt und ideal für das Arbeiten an stehenden wie auch liegenden Objekten. Um das Kunstwerk von der Seite zu betrachten, wird die neigbare Säule ohne Werkzeug schnell und einfach auf den gewünschten Einblickwinkel eingestellt.

Die maximale Armreichweite des Leica F12 I beträgt 120 cm. Dank jahrelanger Entwicklungserfahrung aus der Operationsmikroskopie ist das neue Bodenstativ so stabil konstruiert, dass Vibrationen trotz der großen Ausladung bestmöglich reduziert werden.

Brillant in jeder Hinsicht

Das Bodenstativ kann mit den verschiedenen Leica Stereomikroskopen der modularen M-Serie oder der kompakten S-Serie kombiniert werden. Alle Leica Stereomikroskope zeichnen sich durch hochwertige Optik aus, die dem Restaurator detailgenaue dreidimensionale Vergrößerungen der zu untersuchenden Strukturen ermöglicht.

Bequeme Haltung – stundenlang

Damit der Restaurator selbst bei stundenlanger Arbeit am Mikroskop eine bequeme Körperhaltung einnimmt, die Verkrampfungen der Nacken- und Rückenmuskulatur vermeidet, lässt sich das Bodenstativ leicht an die Haltung des Benutzers anpassen. Insbesondere bei der Abstimmung von Einblickhöhe und -winkel auf die Körpergröße des Benutzers sind wenige Millimeter entscheidend für die richtige Körperhaltung. Deshalb bietet Leica Microsystems eine große Auswahl an Ergonomie-Zubehör für Stereomikroskope, beispielsweise einen Ergo-Binokulartubus mit variabler Einblickhöhe.

Im richtigen Licht

Bei der Restaurierung von Kunstschätzen ist es oft sehr wichtig, dass Farben im Mikroskopbild realitätsgetreu dargestellt werden und dass die Objektoberfläche nicht durch die Beleuchtung erhitzt wird. Die Leica LED-Beleuchtungsmodule eignen sich ideal, da sie weder Wärme noch UV- oder Infrarot-Licht abstrahlen und ihre Farbtemperatur dem Tageslicht sehr nahe kommt.

Diskutieren und Dokumentieren

Um die Untersuchungsergebnisse und Restaurierungsarbeiten zu dokumentieren, kann das Leica F12 I mit einer Mikroskopkamera und entsprechenden Bildanalysemodulen kombiniert werden. Die kompakte, zwischen Zoom-Optik und Tubus integrierbare High-Definition-Digitalkamera Leica IC80 HD besitzt einen HDMI-Ausgang, über den Bilder auch in Full-HD-Qualität auf einem Monitor dargestellt werden können. So kann beispielsweise die weitere Vorgehensweise mit Kollegen diskutiert werden. Die Leica IC80 HD kann die Bilder dabei auch direkt und ohne PC auf einer SD-Speicherkarte abspeichern.

Wollen Sie über neue reSOLUTION Ausgaben informiert werden?

Registrieren Sie sich einfach auf unserer Internetseite und wählen sie aus den unterschiedlichen reSOLUTION Editionen:

www.leica-microsystems.com/registration.01

Alle aktuellen und früher erschienenen reSOLUTION Ausgaben sind auf unserer Internetseite zum Herunterladen verfügbar:

www.leica-microsystems.com/magazines.01

FusionOptics™ – die neue Dimension der Stereomikroskopie

Die geniale Natur weist den Weg

Daniel Göggel und Anja Schué, Leica Microsystems

Die Neurowissenschaften haben in den vergangenen Jahrzehnten viele Erkenntnisse gewonnen, wie unser Gehirn die faszinierende Leistung erbringt, die von den Augen ausgehenden Signale zu einem Bild zu verarbeiten. Eine Studie, die Leica Microsystems gemeinsam mit dem Institut für Neuroinformatik an der Universität und ETH Zürich durchgeführt hat, die Basis für eine Innovation in der Stereomikroskopie, die in punkto Auflösung und Tiefenschärfe bisher unüberwindbare Grenzen sprengt.

Abb. 1: Das neue Hochleistungsstereomikroskop Leica M205 C basierend auf FusionOptics™

Die Stereomikroskopie ermöglicht uns, mithilfe zweier getrennter Strahlengänge – die im Prinzip wie unsere beiden Augen funktionieren – Mikrostrukturen in 3D zu betrachten. Über ein Jahrhundert haben Optikdesigner daran gearbeitet, Vergrößerung, Auflösung und Abbildungstreue bis an die Grenze des optisch Möglichen zu führen. Diese Grenze wurde bestimmt durch die Wechselbeziehung zwischen Auflösung, Konvergenzwinkel und Arbeitsabstand. Je höher die Auflösung eines Mikroskops, umso größer der Konvergenzwinkel zwischen dem linken und rechten Strahlengang und umso geringer der frei verfügbare Arbeitsabstand. Ein vergrößerter Abstand zwischen den optischen Achsen verzerrt allerdings das dreidimensionale Abbild. Ein Würfel erscheint dann als hoher Turm. Auch ein gesteigerter Zoombereich allein ist wenig zielführend, da bei zunehmender Vergrößerung die optische Auflösung nicht angemessen gesteigert werden kann. Es entsteht nur eine so genannte leere Vergrößerung.

Grenzen wollen überschritten werden

Aus wissenschaftlichen Studien ist bekannt, dass das Gehirn Informationen einzelner Augen selektiv verarbeiten kann und durchaus in der Lage ist, einseitige Sehschwächen zu kompensieren. Dies brachte die Entwicklungsingenieure bei Leica Microsystems auf eine ebenso einfache wie geniale Idee: Man könnte sich doch diese Fähigkeit des Gehirns zunutze machen und jeden Strahlengang des Mikroskops für unterschiedliche Informationen einsetzen. Ein Bildkanal liefert hohe Auflösung, der andere Schärfentiefe. Diese zwei erheblich unterschiedlichen Bilder fusioniert das Gehirn zu einem optimalen räumlichen Bild. Dieser völlig neue optische Ansatz – FusionOptics™ – bringt zwei wesentliche Vorteile mit sich: Im Vergleich zu bestehenden Stereomikroskopen kann sowohl die Auflösung massiv gesteigert als auch die Tiefenschärfe erheblich verbessert werden.

Wissenschaftliche Studie bestätigt neuen Ansatz

Dr. Daniel Kiper vom Institut für Neuroinformatik an der Universität und ETH Zürich, der sich auf die Erforschung der Signalverarbeitung in Primatengehirnen spezialisiert hat, entwickelte zusammen mit seiner Diplomandin Cornelia Schulthess und Dr. Harald Schnitzler von Leica Microsystems ein Studiendesign, um den neuen optischen Ansatz zu belegen.

Während der Experimente betrachteten die Probanden um einen zentralen Fixierungspunkt angeordnete Felder. Die Felder wiesen entweder eine Gitterstruktur auf oder waren einfarbig (Abb. 2). Um Abweichungen in der räumlichen Wahrnehmung beider Augen zu testen, wurde eine spezielle Stereobrille eingesetzt, mit der sich für jedes Auge separate Testbilder projizieren lassen. In mehreren Durchläufen sahen die Probanden wechselnde Anordnungen der Gitterfelder in unterschiedlichen Tiefenebenen.

In keinem der Tests wurden Anzeichen von Signalunterdrückung beobachtet. Dies bedeutet, dass das menschliche Gehirn in der Lage ist, die besten Informationen aus beiden Augen zu nutzen, um ein optimales räumliches Bild zusammenzusetzen. Und dies unabhängig davon, ob die Signale über beide Augen aufgenommen werden oder ob jedes Auge völlig unterschiedliche Informationen liefert.

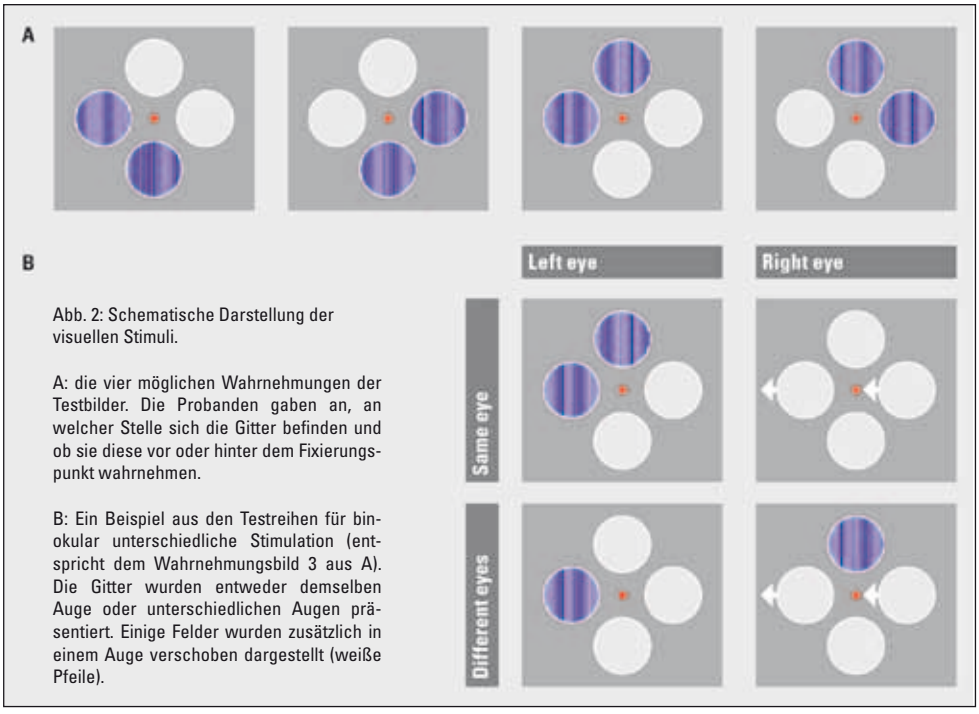


Abb. 2: Schematische Darstellung der visuellen Stimuli.

A: die vier möglichen Wahrnehmungen der Testbilder. Die Probanden gaben an, an welcher Stelle sich die Gitter befinden und ob sie diese vor oder hinter dem Fixierungspunkt wahrnehmen.

B: Ein Beispiel aus den Testreihen für binokular unterschiedliche Stimulation (entspricht dem Wahrnehmungsbild 3 aus A). Die Gitter wurden entweder demselben Auge oder unterschiedlichen Augen präsentiert. Einige Felder wurden zusätzlich in einem Auge verschoben dargestellt (weiße Pfeile).

FusionOptics™ liefert einzigartige 3D-Bilder

Das Leica M205 C ist das erste Stereomikroskop der Welt, das mit einem Zoombereich von 20.5:1 und einer Auflösung bis zu 525 Lp/mm aufwartet. Das entspricht einer aufgelösten Strukturgröße von 952 nm. Dies kann bei entsprechender Konfiguration auf bis zu 1050 Lp/mm (Strukturgröße von 476 nm) gesteigert werden.

Proben können dank des großen Arbeitsabstandes der neuen Objektivgeneration mit komfortabler Bewegungsfreiheit auf dem Mikroskoptisch untersucht werden.

Kontakt
Dr. Daniel Kiper, Institut für Neuroinformatik an der Universität und ETH Zürich
kiper@ini.phys.ethz.ch

Impressum

Herausgeber
Leica Microsystems GmbH
Ernst-Leitz-Straße 17–37
D-35578 Wetzlar (Germany)
www.leica-microsystems.com

Chefredaktion
Anja Schué,
Communications & Corporate Identity
Anja.Schue@leica-microsystems.com

Carola Troll,
Marketing Manager Industry Europe
Carola.Troll@leica-microsystems.com

Autoren dieser Ausgabe
Meinrad Berchtel
Anne Haack Christensen
Troels Filtenborg
Daniel Göggel
Michael Hügi
Dr. Petra Kienle
Sam Habibi Minelli
Kerstin Pingel
Dr. Jørgen Wadum

Layout
Uwe Neumann,
Communications & Corporate Identity

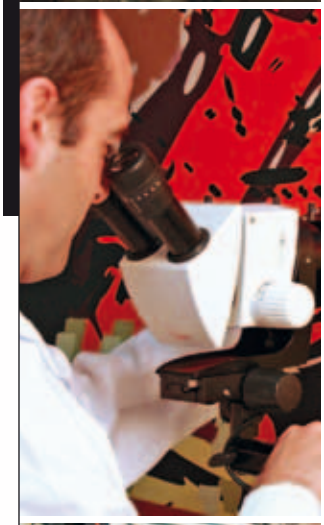
Titelbild
Maik Scharfscheer

Ihre Objekte und Proben verdienen nur das Beste!

Entdecken Sie die Lösungen von Leica Microsystems für Restauratoren, Archäologen, Mineralogen und Experten verwandter Fachgebiete. Die Produkte, die Sie in Ihrer täglichen Arbeit mit Kunstschätzen und unersetzlichen Originalen unterstützen, reichen von Stereomikroskopen bin hin zu hochauflösenden Forschungsmikroskopen, von Stativen und Digitalkameras bis hin zu Softwaremodulen für Dokumentation und Bildanalyse – Lösungen für Ihre individuellen Anforderungen.

Über diesen Link gelangen Sie direkt zu unseren Produkten für Restauratoren:

www.leica-microsystems.com/art.restoration



Mikroskopie im Dienst der Kunstrestaurierung

Das Bodenstativ Leica F12 I – die mobile Lösung für große Objekte in der Restaurierung, Forensik und Industrie

Viele Jahre Erfahrung in der Operationsmikroskopie gewährleisten, dass das F12 I Bodenstativ von Leica Microsystems alle Ansprüche, die Restauratoren an Flexibilität und Zuverlässigkeit haben, erfüllt.
Die Beweglichkeit des Stativs macht Positionsänderungen bei Arbeiten an horizontalen wie vertikalen Objekten sehr komfortabel. Der Arm des Stativs bleibt, ungeachtet der großen Ausladung, dabei sehr stabil.

www.leica-microsystems.com

Living up to Life

Leica
MICROSYSTEMS