

**Zeitschrift:** NIKE-Bulletin  
**Herausgeber:** Nationale Informationsstelle für Kulturgüter-Erhaltung  
**Band:** 10 (1995)  
**Heft:** 3: Gazette  
  
**Rubrik:** Laboratoires

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## LABORATOIRES

### Das Technologische Labor am Institut für Denkmalpflege der ETH Zürich

Das *Technologische Labor* am Institut für Denkmalpflege der Eidg. Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) erforscht den Zerfall und die Erhaltung von Bau- und Kunstdenkmälern und berät die Denkmalpflege in diesen Fragen. Seit seiner Entstehung im Jahre 1974 arbeitet es zusammen mit dem Labor des Schweiz. Landesmuseums, dessen Infrastruktur es zum Teil bis heute mitbenutzen kann. Es verbreitet die Ergebnisse seiner Arbeit durch Beratung der an der Erhaltung von Denkmälern beteiligten Eigentümer, Bauämter, Denkmalpfleger, Architekten, Restauratoren, durch bisher 56 Veröffentlichungen und mit Kursen im In- und Ausland. Heute besteht das Labor aus drei Mitarbeitern: Dr. Andreas Arnold (Leiter), Dr. Konrad Zehnder und Andreas Küng. Es arbeitet häufig mit dem freiberuflich und auch am Institut für Denkmalpflege tätigen Restaurator Prof. Oskar Emmenegger in Zizers zusammen.

#### 1 Entstehung

Das 1972 an der ETH Zürich errichtete Institut für Denkmalpflege entsprang dem Bedürfnis der sich damals immer stärker etablierenden städtischen, kantonalen und eidgenössischen Denkmalpflege nach Aus- und Weiterbildung und wissenschaftlicher Unterstützung ihrer Tätigkeit. Sehr bald stellte sich heraus, dass die Denkmalpflege ihre Aufgaben nicht mehr ohne die Hilfe der Naturwissenschaft erfüllen kann. Dies nicht nur, weil die Schädigung durch Luftverschmutzung damals gerade ein allgemeines Thema wurde und viele neue Mittel zum Schutz vor Luftverschmutzung auftauchten, die es zu beurteilen galt, sondern auch weil die Restauratoren, Bauforscher und Architekten Materialuntersuchungen und Hilfe für die Konservierung brauchten. Der Chemiker Dr. Bruno Mühlethaler untersuchte damals im Chemisch-Physikalischen Labor des Landesmuseums vorwiegend Farben für die Denkmalpflege. Doch genügte seine nebenamtliche Hilfe der Denkmalpflege bald nicht mehr. So nahm das kleine technologische Labor des Instituts für Denkmalpflege am 1. Mai 1974 seine Tätigkeit als Einmannbetrieb auf. Es arbeitete zuerst ganz im Labor des Landesmuseums und baute sich dann mit der Zeit ein eigenes Labor auf. Seit 1977 arbeitet es infolge des Personalstopps des Bundes mit dem gleichen Personalbestand von 3 Mitarbeitern, wovon nur 1,5 Stellen dauernd finanziert sind.

#### 2 Aktivität

Die Themen, die das technologische Labor erforscht, kommen aus der Praxis der Denkmalpflege. Es geht darum, mitzuhelfen, das Denkmal zu erkennen, seinen Erhaltungszustand und seine Schäden zu erfassen, seine Gefährdung zu verstehen und es authentisch zu erhalten. So untersucht das Labor die Art der vorab mineralischen Materialien an Bau- und Kunstdenkmälern, sowie deren Alterung und Zerfall durch Verwitterung und andere am Denkmal zusammenwirkende Faktoren und die Möglichkeiten, ihre 'Lebensdauer' durch geeignete Konservierungsmassnahmen zu verlängern. So beschäftigt sich das Labor stets mit aktuellen Fragen, die auch die Denkmalpflege und Restauratoren beschäftigen.

Beim Erkennen der Denkmäler sind Materialbestimmungen gefragt, um Auskünfte über ihre Art, Herkunft, Herstellung, Bearbeitung, Verarbeitung und Anwendung zu erhalten und dadurch den Bauforschern oft auch Datierungshilfen zu bieten. Bestimmungen der Mörtel- und Farbschichtabfolgen (Stratigraphie) helfen mit, die im Verlauf der Geschichte eines Bau- oder Kunstwerks immer wieder veränderten Form- und Farbgestaltungen zu bestimmen. Damit verbunden sind Pigment- und Bindemittelanalysen, welche ihrerseits oft Hinweise auf Technologien und Altersbeziehungen geben. Solche Untersuchungen wurden unter vielen anderen auch in der Klosterkirche Einsiedeln, an den Hauptportalen des Berner und des Freiburger Münsters, in der Kartause Ittingen, in der Jesuitenkirche Luzern usw. vorgenommen.

Die verschiedenen Materialien wie Natur- und Kunststeine, Beton, Mörtel, Farben, Metalle, Gläser, Keramiken, Holz und die daraus hergestellten Bauten sind vielen natürlichen, durch Umweltverschmutzung verstärkten Einwirkungen der Witterung ausgesetzt und werden durch physikalische, chemische und biogene Vorgänge, die nebeneinander oder synergistisch miteinander wirken, umgewandelt und geschädigt. Die Ursachen, die Vorgänge und Auswirkungen im Zusammenhang zu kennen, sind Voraussetzung für die Anwendung angemessener Methoden und Mittel zur Konservierung und Pflege. Es ist nach aussen nicht immer verständlich, dass es in vielen Fällen keine bekannten Mittel und Methoden gibt, um auf den Zerfall richtig und angemessen zu reagieren und so die angegriffenen Denkmäler authentisch zu erhalten. Dies um so mehr, als von technischer Seite oft Hilfen angeboten werden, ohne die wirklichen Probleme erfasst zu haben. Tatsächlich gibt es in vielen Fällen keine Rezepte; es braucht dann eben Forschung.

Wir untersuchen aber nicht – wie es die meisten einschlägigen Labors tun – die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Einzelmaterialien und deren Alterungsverhalten, mit und ohne Konservierungsmittel, in künstlichen Bewitterungsmaschinen und Klimakammern. Denn der Zerfall durch Verwitterung ereignet sich am ganzen

Denkmal und nicht nur isoliert an den Einzelmaterialien. So setzen wir am betroffenen Bau- und Kunstwerk, also am Objekt selbst an, das mit seiner jeweiligen Konstruktion und seinen Materialkombinationen an einem bestimmten Ort und auf einem bestimmten Baugrund steht und unter seinem Mikroklima verwittert. Die Schadenssituationen und -formen zu erkennen und zu dokumentieren ist, analog zur Medizin, das Hauptmittel, um die Schadenvorgänge zu identifizieren und zu verfolgen. Es geht also darum, die Ursachen und Zerfallsvorgänge zu identifizieren und ihre Entwicklung zu verfolgen, um die Ursachen zu beheben oder ihre Entwicklung durch gezielte bauliche, klimatische und eventuell auch die Oberfläche schützende Massnahmen zu hemmen. Am Anfang und Ende unserer Arbeit steht aber methodisch immer die Beobachtung im konkreten Zusammenhang. Das heisst auch, dass wir die analytischen Methoden je nach der konkreten Fragestellung aussuchen und nicht wie so oft üblich neue Analysemethoden für die Erforschung der Verwitterung und Konservierung einsetzen wollen.

### 3 Arbeitsweise

Das technologische Labor arbeitet allgemeinpraktisch. Die systematische Untersuchung am ganzen Denkmal in seinen verschiedenen Grössenbereichen steht – wo immer möglich – im Vordergrund. Es geht um Material- und Schadenanalysen im Zusammenhang und um die Begleitung von Restaurierungen und Konservierungen vor, während und nach den Eingriffen. Daneben beantworten wir aber auch Einzelfragen von Denkmalpflegern, Architekten und Restauratoren.

Wir benutzen dazu nicht zuerst das Elektronenmikroskop und andere 'Hightech-Apparate', sondern unsere Sinne als empfindlichste Einrichtung. Wir *beobachten* z. B. eine Kirche in ländlicher Umgebung mit deutlicher Grundfeuchtezone, verschiedenen Putz- und Steinschäden, Wasserläufen und Feuchtflecken, und *gehen* dann, in den kühl (*Hühnerhaut*) 'muffig' *riechenden* Innenraum, *sehen* die verschiedenen Schäden an den sich im Sockelbereich feucht *anfühlenden* Wandbildern, deren Verputz an manchen Stellen hohl *tönt* und mit laugig *schmeckenden* Salzausblühungen belegt ist.

Mit einigen Sehhilfen wie *Lupe* und *Feldmikroskop* beobachten wir die Materialien und ihre Schäden, machen einige einfache Tests mit Indikatorpapieren und bestimmen so z. B. einige schädliche Salze, orientieren uns mit kleinen *Temperatur- und Feuchtemessgeräten* über die Klima-Feuchtesituation usw. Diese Beobachtungen und Feldmessungen dokumentieren wir mit Restauratoren oder allein *zeichnerisch* sowie in *Übersicht, Detail- und Makrofotografie*.

## LABORATOIRES

Die Wiederholung solcher Untersuchungen im Feld erlauben es, Schadenentwicklungen zu verfolgen. Manchmal werden sie ergänzt durch längere, meist über mehrere Jahre andauernde Klimauntersuchungen, um die Zusammenhänge zu ermitteln, die zwischen dem Schadenfortschritt und dem zumindest im Innenraum beeinflussbaren Klima bestehen. Dazu benutzen wir handelsübliche *Sonden für Temperatur- und Luftfeuchte mit Speichern (Datenloggern)*. Für spezielle Fragestellungen setzen wir auch die *Thermographie* ein, wofür uns die Geräte von der ETH Zürich zur Verfügung gestellt werden.

Im Labor untersuchen wir die Steine, Mörtel und Farbschichten mit Stereolupen und unseren – zwar bestanden – aber doch sehr guten *Polarisationsmikroskopen (mit Fluoreszenz, sowie Phasen- und Interferenzkontrast im Auf- und Durchlicht)*. Für die Bestimmung der Farbpigmente und Salze benutzen wir eine Kombination von *mikrochemischen Tests und kristalloptischen Bestimmungsmerkmalen*. Diese altbekannten Bestimmungsmethoden sind für den Normalfall einfacher, ebenso sicher und effizienter als viele 'Hightech-Analysen'. Wir haben sie für die Salzbestimmung zu einem weit über unser Land hinaus gebrauchten Standard entwickelt. So lassen sich die Salzspezies, (einschliesslich der chemischen Zusammensetzung und der Hydratstufen), ihr Kristallhabitus und ihre Aggregatformen in kurzer Zeit bestimmen. Dies ist manchmal auch an kleinstmengen im Mikrogrammbereich, wo die Röntgendiffraktion meist noch versagt. Dazu braucht es aber einige Übung. Diese rasche Bestimmung erlaubt es, viele Proben in nützlicher Zeit zu untersuchen und so z. B. die Verteilung der verschiedenen Salzarten an einer Mauer zu bestimmen, was für die Konservierung entscheidend sein kann.

In Einzelfällen benutzen wir auch die *Röntgendiffraktion (Gandolfi Kamera)* und die *Röntgenfluoreszenz* des Landesmuseums. Sehr gute Dienste leisten auch die Vergleichsammlungen des Landesmuseums.

Neben den genannten, können wir immer wieder Einrichtungen und Geräte einschlägiger ETH-Institute und der EMPA in Anspruch nehmen. Ohne ihre technische und wissenschaftliche Assistenz wären unsere Forschung und Dienstleistung schlicht nicht möglich.

## LABORATOIRES

### 4 Schwerpunkte

Es ist aber klar, dass mit den heute verfügbaren personellen Mitteln nur wenig von dem untersucht werden kann, was es brauchen würde, um der Praxis ausreichende Hilfe anbieten zu können. Die Themen geben uns in der Regel die dringlichen konkreten Problemfälle, die aus der Praxis an uns herangetragen werden. Doch müssen wir uns gerade in den Fällen, die vertieft und systematisch erforscht werden müssten, sehr einschränken. Wir greifen nun einige Ergebnisse heraus.

Lösliche Salze sprengen während sie kristallisieren das Gefüge von Steinen, Mörteln, Wandmalereien und anderen porösen Materialien und schädigen so Bau- und Kunstwerken in einem früher unterschätzten Ausmass. Im Bereich der *Verwitterung durch lösliche Salze* haben unsere Ergebnisse in der allgemeinen Praxis der Erforschung, Restaurierung und Konservierung bereits Eingang gefunden. Durch die systematische Untersuchung im Feld und Labor mit den oben erwähnten Methoden können die Salzarten und ihre Verteilung z. B. an Wandmalereien rasch bestimmt und die Kristallisations- und Schadenvorgänge verfolgt und beurteilt werden. Durch Kombination der Beobachtungen vor Ort mit der Messung des Raumklimas konnte so z. B. der Zusammenhang bewiesen werden, der zwischen den Änderungen der Luftfeuchte im *Raumklima* und der *Salzkristallisation* besteht. Insbesondere konnte der Nachweis erbracht werden, dass eine durchgehende Raumheizung die Luft derart austrocknet, dass bestimmte Salze periodisch kristallisieren, und dadurch Wandmalereien und andere Materialien schädigen. Diese gesetzmässigen Zusammenhänge wurden unter anderem in den Apsiden der Klosterkirche Münstair, in den Krypten des Zürcher Grossmünsters und des Basler Münsters festgestellt. Durch den Verzicht auf die Heizung konnte das Raumklima in der Klosterkirche Münstair so geändert werden, dass diese Art der Salzkristallisation und Schädigung kontrolliert eliminiert wurde.

Ein früher unbekannter und bestrittener Zusammenhang zwischen *modernen alkalischen Baustoffen* wie Wasserglas und Portlandzement und Schäden durch die daraus entstehende Salzkristallisation an Wandmalereien und anderem wertvollem Kulturgut ist heute bewiesen. Diese alkalischen Materialien wurden zur Festigung von Mauerstrukturen und von porösen Materialien, zur Isolierung gegen Grundfeuchte und als Oberflächenschutz sowie in Reinigungsmitteln seit dem letzten Jahrhundert in grossen Mengen eingesetzt. Ihre im Ausmass durchaus mit der Luftverschmutzung vergleichbare Schadenwirkung wird immer stärker beachtet. Heute werden diese Mittel – zumindest

von kompetenten Restauratoren – soweit als möglich vermieden oder nur in sehr begrenzten Mengen eingesetzt und, wo dies möglich ist, ersetzt durch andere Stoffe ohne diese Nachteile.

Für die *Erforschung des Kristallwachstums* allgemein interessant sind auch unsere Ergebnisse über die Abhängigkeit des Kristallhabitus (äussere Form der Kristalle) von der Umgebungsfeuchte und dem Klima. So kann angewandte Forschung durchaus auch Beiträge an die Grundlagenforschung liefern.

Die *Verwitterung von Molassesandsteinen* an Bauwerken und in Naturaufschlüssen und die Verwitterung der Berner Sandsteine wurde in den Dissertationen von Konrad Zehnder und von Christine Bläuer aufgearbeitet.

Die Methoden zur Erfassung und *Überwachung des Raumklimas* setzen wir auch dort ein, wo es um den Zusammenhang zwischen dem Raumklima und der Schädigung der Malereien an der romanischen Holzdecke in der Kirche St. Martin in Zillis geht.

Neben diesen Hauptschwerpunkten bezieht sich die Arbeit des Technologischen Labors auf Feuchteprobleme in Mauerwerken, auf Polychromie und allgemein auf Schadenphänomene an Kulturgütern.

Die *Methodik der naturwissenschaftlichen Untersuchung* bildet einen weiteren Schwerpunkt unserer Tätigkeit. Viele Fehlerurteile und Misserfolge in der Konservierung beruhen auf methodischen Fehlern und Missverständnissen im interdisziplinären Dialog. Es geht um die Frage, wie man mit den Methoden der (Natur-) Wissenschaft, die eigentlich wesentlichen Fragen nach den Ursachen, den Vorgängen und der Entwicklung des Zerfallsgeschehens am Denkmal effizient und relevant beantworten kann, um daraus die Gefährdung zu beurteilen und ein angemessene Vorgehen zur Konservierung und Pflege abzuleiten. Die nur aus numerischen Analysen- und Messergebnissen ihre Schlussfolgerungen ziehende analytische Methode ist allein ungeeignet, die Sachverhalte im Zusammenhang mit dem Zerfall und der Konservierung effizient darzustellen. Sie bietet damit auch keine genügende Entscheidungsgrundlage für die verantwortliche Denkmalpflege. Es braucht dazu die richtige Integration der Analytik in die Phänomenologie d. h., die Naturbeobachtung am Bau- und Kunstwerk und der Phänomenologie in das empirische Handeln am Denkmal. Erst dieses Vorgehen, das von der Beobachtung von Schadenssituationen und -formen ausgehend, die Schadensvorgänge identifiziert und verfolgt und welches Analysen und Messungen in Funktion dieser Beobachtungen anstellt und interpretiert ist geeignet, Prognosen über die Schadensentwicklung bzw. eine Risikoabwägung zu machen und, darauf gründend, spezifische und effiziente Massnahmen zur Erhaltung zu treffen. Was schliesslich zum 'Risk Management' führt, d. h. zur Entwicklung von Strategien mit denen man den Risiken des Verfalls möglichst effizient begegnen will.

Das heisst, dass man nicht mehr global flickt und konserviert, sondern nur dort eingreift, wo etwas geschieht und wo etwas gefährdet ist und, dass man um so stärker reagiert, je stärker die Gefährdung ist.

Diese Sichtweise verbindet Grundlagenforschung mit ihrer kontrollierten empirischen Umsetzung und erfordert so einen anstrengenden interdisziplinären Dialog und eine andauernde Zusammenarbeit mit allen an der Denkmalpflege Beteiligten. Ihre Ergebnisse haben eine unmittelbare Rückwirkung auf die Arbeitsweise des Labors.

### 5 Dienstleistung und Verbindungen

Das technologische Labor leistet seine Dienste in erster Linie für die Denkmalpflegepraxis, doch auch Baueigentümer, Architekten Restauratoren und andere Fachleuten fordern und erhalten von uns Hilfe.

Gefragt sind:

- Material- und Farbbestimmungen (Stratigraphie, Pigmente, Füllstoffe, Bindemitteltests) im Bereich mineralischer Baustoffe wie Steine, Mörtel, Farben, Metalle für die Bauerforschung und für Voruntersuchungen zu Restaurierungen;

- Schadenuntersuchungen aller Art, vor während und nach Restaurierungen, insbesondere durch Feuchtigkeit und Salze;

- Messungen und Beurteilung des Raumklimas im Zusammenhang mit Schäden;

- Begleitung von Konservierungen und Restaurierungen.

Der Umfang der Arbeiten geht von der Beantwortung einfacher Fragen bis hin zu Gesamtbegleitungen von Restaurierungen und Konservierungen.

Obwohl hauptsächlich in der Schweiz tätig, werden wir auch im Ausland beigezogen, z. B. für die Dominikanerkirche in Guebwiller (Elsass), für die Pfarrkirche von Bozen im Südtirol, für die Stadt Salamanca in Spanien, für den Tempel des Merenptah von Theben in Ägypten, für die Nidaros-Kathedrale in Trondheim (Norwegen) usw.

Unsere Vorschläge sind selten Rezepte, denn fast immer gibt es verschiedene Möglichkeiten, auf Schädigungen zu reagieren. Diese Möglichkeiten werden in der Regel im Gespräch mit den Beteiligten und unter Berücksichtigung möglichst aller relevanten Aspekte evaluiert und beschlossen. Wir bieten also Antworten auf konkrete Fragen und nicht nur Analysen- und Messergebnisse.

## LABORATOIRES

Trotz seiner Kleinheit pflegt das Labor die Zusammenarbeit mit schweizerischen und ausländischen Fachstellen; so mit der Fachhochschule Köln, dem Geologisches Institut der Universität Strassburg, der Universität de Paris Créteil, dem Courtauld Institute der University of London, dem ICOMOS und mit dem ICCROM, wo wir uns an Seminaren, Workshops und Ausbildungskursen beteiligen und gemeinsam wissenschaftlich arbeiten.

Dauernd berät das Labor die Eidg. Kommission für Denkmalpflege, kantonale und städtische Denkmalpflegestellen, Forschungsprojekte des Bundesministeriums für Forschung und Technologie in Deutschland und Projekte der Europäischen Gemeinschaft. Es arbeitet auch mit an den Empfehlungen des Cultural Heritage Committee des Europarates in Strassburg.

So ist das kleine Technologische Labor am Institut für Denkmalpflege der ETHZ national und international eingeführt und bekannt. Es soll nun im Rahmen des neu entstehenden Expert-Centers für Denkmalpflege auf einen Stand gebracht werden, der es ihm erlaubt, die Aufgaben der Lehre, Forschung und Dienstleistung im Bereich der materiellen Erhaltung der Denkmäler voll wahrnehmen zu können.

Andreas Arnold