Zeitschrift: Bündner Monatsblatt : Zeitschrift für Bündner Geschichte, Landeskunde und Baukultur

Herausgeber: Verein für Bündner Kulturforschung

Band: - (1990)

Heft: 4

Artikel: Naturwissenschaft und Denkmalpflege

Autor: Arnold, Andreas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-398521

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.01.2026

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

Andreas Arnold

Naturwissenschaft und Denkmalpflege

1. Einleitung

Denkmalpflege, die heute Kulturgüter erhalten will, kommt nicht mehr aus ohne die Hilfe der Naturwissenschaft und Technik. Der Naturwissenschaftler ist zum selbstverständlichen Partner des Konservators und Restaurators geworden. Diese lapidare Aussage eines Denkmalpflegers spiegelt die Sorge wieder, unsere Kulturgüter unter den erschwerten Umweltbedingungen – verursacht durch Luftverschmutzung und andere menschliche Einwirkungen – in die Zukunft zu retten.

Die Selbstverständlichkeit der Feststellung kann glauben machen, interdisziplinäres Zusammenwirken am individuellen Kulturgut sei etabliert und bestens eingespielt. Tatsächlich können sich viele Leistungen der Naturwissenschaften sehen lassen. In der musealen Konservierung sind sehr viele Probleme, dank ihrer Leistung gelöst. In der Archäologie hat der neue Wissenszweig, die Archäometrie, grosse Erfolge zu verbuchen. Die Datierungen mit der C14-Methode, mit Thermolumineszenz oder mit Zählung und Messung von Jahrringen von Holzgegenständen sind heute Standard der Wissenschaft, ebenso wie die vielfältigsten Materialuntersuchungen mit leistungsfähigen und hochkomplizierten Licht- und Elektronenmikroskopen und mit den Mikroanalysegeräten (Röntgenmikrosonden, Röntgenfluoreszenz, Röntgendiffraktion, Kernresonanz usw.). Auch in der Baudenkmalpflege bringt gut eingesetzte Naturwissenschaft vielfältige Neuerkenntnisse über Strukturen, Materialien, alte Technologien, Farben und Farbgestaltungen, aber auch über den Zerfall von Materialien und Strukturen durch verschiedenste äussere und innere Wirkungen.

Glaubt man ferner den Publikationen von Betrieben und Firmen der Bautenschutzbranche, wären die Hauptprobleme der Konservierung und Restaurierung eigentlich gelöst. Es ginge heute nur noch darum die vorliegenden, naturwissenschaftlich und technisch fundierten Methoden und Rezepte richtig anzuwenden, um unsere Kulturgüter auch langfristig zu schützen. Es werden Gesamtlösungen angeboten mit Voruntersuchungen, einschliesslich chemischer Analysen, physikalischer Messungen und Tests, mit Beratung und Überwachung der Projektierung, der richtigen Auswahl der Mittel und Ausführung der Arbeiten, bis hin zur Gewährleistung.

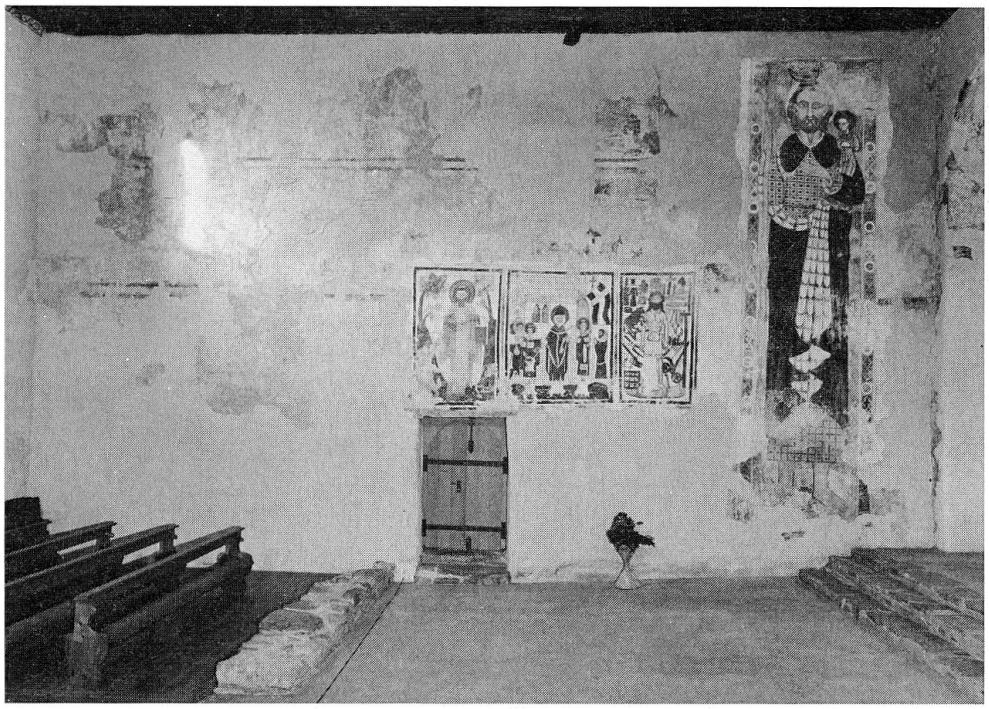

Abb. 1: Mistail, St. Peter: Nordwand. Malereifragmente aus karolingischer Zeit und Wandmalereien aus dem 15. Jahrhundert. Zustand 1981, nach der Restaurierung.

Diesen scheinbar sicheren, und auch verbreitet angewandten Lösungen, stehen Misserfolge auf verschiedenen Ebenen praktischer Denkmalpflege gegenüber. Nur nennen, aber nicht behandeln will ich die Materialfälschungen, wenn z.B. aus Steinfassaden solche aus Kunststoffen gemacht werden, wenn Fenster und Dachverlattungen in Kunststoffen statt in Holz ersetzt werden, wenn Dachrinnen, Wasserspeier und Geländer an Kirchen und Palästen aus faserverstärkten Laminierharzen, statt aus Eisen, Kupfer und Zink neu erstellt werden. Auch nur erwähnt sei, was durch solche und andere Globalmassnahmen an Erlebniswerten, an zwar nicht von allen wahrnehmbaren, aber doch nicht minder realen religiösen und mystischen Werten und an Feinheiten des künstlerischen und handwerklichen Ausdrucks verloren geht.

Aber auch auf der materiellen Ebene zeugen viele Denkmäler, die heute, nach der Restaurierung rascher zerfallen als früher, von Fehlleistungen der angewandten Konservierungstechnik. Die sehr oft wissenschaftlich untermauerten, durch Laborversuche abgesegneten, «sicheren» Methoden brachten und bringen heute noch zunehmend unerwartete Nebenwirkungen, die ihrerseits nun Hauptursachen des neuen beschleunigten Zerfalls sind. Sicher scheinende und gut gemeinte Massnahmen und Mittel haben sich als falsch erwiesen, obwohl sie durch Naturwissenschaft und Technik entwickelt wurden.

Der Beispiele gibt es unzählige. Die im letzten Jahrhundert entwickelte und von der Wissenschaft noch in unserem Jahrhundert empfohlene Behandlung von Steinen und Mörteln mit Wasserglas hat

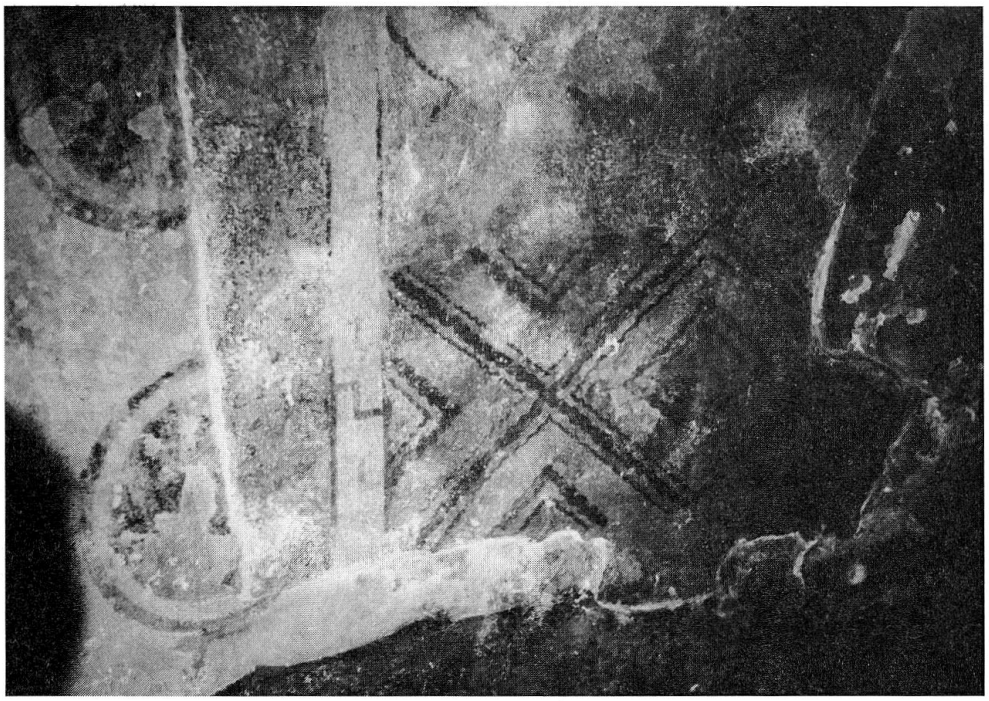

Abb. 2: Müstair, Kloster- und Pfarrkirche St. Johann, nördliche Apsis: Detail des karolingischen Vorhangs mit gut sichtbaren Ausblühungen.

immer wieder zu neuen und schweren Schäden geführt. Unsere wertvollsten Wandmalereien, wie jene der Klosterkirche Müstair, jene der Kirche in Lavin, der frühchristlichen Grabanlage St. Stefan in Chur, der Krypta des Zürcher Grossmünsters, des Turmchors von Mellingen, des Kreuzgangs im Stift Schönenwerd und viele andere zerfallen heute nach ihrer Konservierung in den letzten Jahrzehnten viel rascher als früher in Jahrhunderten. Portlandzement-Wasserglasmischungen, die gegen Feuchtigkeit in Mauern injiziert werden, Beton und Zementmörtel in Reichweite von Wandmalereien und anderen feinen Kunstwerken gebracht, richten durch ihre Salzausscheidungen dramatische Schäden an. In Niedersachsen injiziert man heute z.B. erneut Beton in die Backsteinmauerwerke der Kirchen, um die katastrophalen Folgen der Betoninjektionen vor 10–20 Jahren zu sanieren. Man restauriert und konserviert damit falsche Restaurierungen und Konservierungen, wahrscheinlich wiederum falsch, oder zumindest unter Hinnahme beträchtlicher Risiken.

Das macht begreiflich, dass der masslose Einsatz von Kunststoffen zum Schutz vor Luftverschmutzung – etwa an der Westfassade des Doms von Ferrara, an der Kathedrale von Leon in Spanien, an Palästen der Stadt Salamanca und an unzähligen Denkmälern von Entwicklungsländern, aber auch z.B. in der Stadt Bern – die Verantwortung wahrnehmenden Wissenschaftler mit grossen Sorgen erfüllt. Zum erstenmal in der Geschichte werden weltweit so zahlreiche und wertvollste Kulturgüter mit irreversiblen Methoden traktiert, ohne deren materielle und ästhetische Langzeitwirkung zu kennen. Dabei gäbe es

durchaus, weniger spektakuläre, aber handwerklich angepasste, sanfte und korrigierbare Methoden zur Erhaltung, die es erlauben würden, ohne grosse Verluste gemachte Fehler zu beheben, und damit die Identität und Würde des Denkmals, die Prof. Mörsch in seinem Vortrag dieser Reihe eindrücklich dargestellt hat, zu wahren, und gleichzeitig ihm auch materiell eine bedeutendere Überlebenschance zu geben als mit den geschilderten modernsten Methoden.

Damit ist die ambivalente Rolle der heutigen Naturwissenschaft allgemein auch in ihrem Umgang mit den Denkmälern und der Denkmalpflege zu erkennen. Vielen Erfolgen durch die Wissenschaft steht ihr Versagen in vielen anderen Fällen gegenüber. Obwohl sich heute neue Entwicklungen andeuten, besteht unsere Besorgnis zu Recht. Wenn wir uns als Naturwissenschaftler mit Verständnis und Verantwortungsbewusstsein der heutigen Situation stellen, besteht eine unserer wichtigen Anstrengungen darin, die Kulturgüter vor falschen Ergebnissen und Folgerungen der Naturwissenschaft und Technik zu schützen. Die Misserfolge sind Grund genug, um nach deren Ursachen zu fragen.

2. Das Problem

Erhalten von Kulturgütern heisst, sie erkennen, ihren Zustand erfassen, ihre Gefährdung verstehen und dann so zu handeln, dass sie möglichst lange authentisch erhalten bleiben.

Diese vom Blickpunkt des Naturwissenschaftlers gewichtete Definition des Erhaltens, des Konservierens und Restaurierens folgt den praktischen Arbeiten am Denkmal auf den vier Stufen, nämlich: erstens dem Erkennen des Denkmals als materielle Struktur mit ihren Aussagen und Funktionen; zweitens dem Erfassen des Erhaltungszustands in dem das historisch gewordene und den Umweltbelastungen ausgesetzte Denkmal sich heute befindet; drittens dem Verstehen der Gefährdung, also der Zerfallsvorgänge, denen das Denkmal durch Alterung, Verwitterung und durch andere Einwirkungen ausgesetzt ist; viertens dem konservierenden und restaurierenden Handeln nach den empirischen und den am Objekt gewonnenen Erkenntnissen und Einsichten.

Bei diesen Tätigkeiten sind die Naturwissenschaften gefragt als Partnerinnen der Denkmalpflege, der Restaurierung und Konservierung, also der Praxis am Denkmal. Sie sollen im interdisziplinären Beziehungsraum ihre spezifischen Beiträge leisten. Das wirft sofort die Frage nach dem interdisziplinären Verstehen auf; also die Frage nach den Disziplinen, deren Erkenntnismethoden und ihrem Zusammenspiel; die Frage nach Lücken und Schwächen und nach den Möglichkeiten, die sich eröffnen, wenn die Methoden erweitert oder zumindest anders gewichtet werden.

Weiss der Denkmalpfleger, was der Naturwissenschaftler kann, den er hier zu Rate zieht? Greifen wir einen häufigen Fall aus der Praxis heraus. Ein auf Entfeuchtungssysteme spezialisierter Bauphysiker, der sich gelegentlich auch mit Baudenkmälern befasst, stellt die Entfeuchtungssysteme und deren allgemein zu erwartende Wirksamkeit ohne weiteres kompetent dar. Wird er nun weiter gefragt – was ein kleiner Schritt zu sein scheint –, ob denn die Entfeuchtung, etwa noch kombiniert mit einer Bodenheizung auch gut sei für die Wandmalereien auf der feuchten Mauer, wird er dies bejahen. Die Antwort ist wie wir dies heute wissen, falsch. Die Trocknung von feuchten Mauern und die Beheizung des Raums fördern den Zerfall von Wandmalereien durch lösliche Salze, in einem Vorgang mit recht kompliziertem Zusammenspiel von Mauer- und Raumfeuchtigkeit, die Kompetenz des betreffenden Bauphysikers überschritten war. Er hat die isolierte Spezialfrage über die Trocknung richtig beantwortet, konnte aber das Gesamtproblem nicht kennen und gab so auf die zweite Frage eine falsche, für das Kunstwerk schädliche Antwort. In diesem Sachverhalt geht es nicht nur um den Kompetenzbereich des betreffenden Naturwissenschaftlers, sondern um das dahinterliegende, fundamentalere Missverständnis: Dass der Praktiker von kompetenter Seite die richtige Antwort erhalten zu haben meint, der gefragte Bauphysiker dies auch glaubt, die Wirklichkeit aber anders liegt. Es ist das Missverständnis, bei dem Theorie und Praxis sich zu verstehen glauben, das gleiche meinen; das wirkliche Geschehen am Objekt jedoch anders ist. Diesem methodischen Missverständnis möchte ich kurz nachgehen, bevor wir den vier Stufen folgend, der naturwissenschaftlichen Arbeit im Beziehungsfeld mit der Denkmalpflege nachgehen.

Die Praktiker am Baudenkmal arbeiten heute zusammen mit Naturwissenschaftlern verschiedener Richtungen wie mit Chemikern, Physikern, Biologen, Statikern, Ingenieuren, Geologen u.a. Der Praktiker weiss oft nicht, was die verschiedenen Methoden der Naturwissenschaften hier zu leisten vermögen. Er wird denn auch überfahren von Theorien, die er glauben muss, weil er sie nicht widerlegen kann, obwohl er in seiner Praxis die Dinge anders sehen möchte.

Heute noch werden Zerfall und Konservierung von Baudenkmälern von Chemikern und Physikern erforscht. Diese haben sich oft ein sehr simples Bild der Verwitterung gemacht, indem sie den Zerfall im wesentlichen reduzieren auf den Angriff durch Luftverschmutzung, zusammen mit Feuchtigkeit und etwas Frost auf und durch die Oberfläche von Materialien. Das Ziel so verstandener Konservierung ist es, den Angriff abzuwehren durch eine wasserdichte oder wasserabweisende Schicht, die zwischen das Material und die aggressive Luft gebracht wird. Die so erfundenen Behandlungsmethoden werden im Labor getestet und dann – mit Analysenwerten, Materialkennzahlen

und Testergebnissen versehen – dem Praktiker angeboten als Ersatz für sein antiquiertes Handwerk, im guten naiven Glauben, ihm wirklich etwas Besseres zu geben. Folgerichtig werden dann Hausfassaden, routinemässig hydrophobiert (wasserabweisend gemacht), abgedichtet, ausgetrocknet; und Naturstein und Mörtel werden recht bedenkenlos mit Kunststoffen repariert, ausgefugt, imprägniert und auch ersetzt. Von den so behandelten Steinen, Mörteln, Farben und Strukturen, weiss man zum Teil wohl, wie sie sich im Labortest verhalten haben, nicht aber, wie sie sich langfristig am Objekt selbst verhalten. Wie bei jeder global angewandten Konservierungsmethode in der Vergangenheit, sind auch von diesen neuen technischen Behandlungen einmaliger historischer Bausubstanz, Nebenwirkungen zu erwarten, die man heute nicht kennt. Da die Methoden radikal und irreversibel sind, werden auch die Schäden radikaler und irreversibel sein.

Noch schlimmer, als die folgenschweren Nebenwirkungen getroffener Massnahmen sind Schlüsse, die von derart reduzierten wissenschaftlichen Theorien auf die voraussichtliche Haltbarkeit von traditionellen Baumaterialien an Denkmälern gezogen werden. So wird immer wieder behauptet, Kalkmörtel, Kalkanstriche und damit auch die Architektur und Freskomalereien sowie Ölmalereien seien an der heutigen verschmutzten Luft im Freien nicht mehr haltbar und müssten deshalb ersetzt werden durch widerstandsfähigere Materialien. Die Aussage wird begründet durch Testversuche und durch Hinweis auf die aggressive Luft. In Wirklichkeit aber gibt es sowohl auf dem Lande wie in Städten an zahlreichen Objekten im Freien noch gut erhaltene historische Kalkputze, Architektur- und Freskomalereien sowie Ölmalereien. Erwähnt seien nur die mittelalterlichen Aussenputze am Kloster Müstair, jene an den Engadinerhäusern, die Sgraffiti am Hauptgebäude der ETH Zürich oder die Ölfarben an Fassaden der Stadt Basel und an den Portalen des Berner Münsters und der Kathedrale in Lausanne.

Die Folgen derartiger, scheinbar wissenschaftlich begründeter, aber unwahrer Behauptungen erleben wir täglich. Immer wieder werden alte Verputze reflexartig als unbeständig beurteilt und abgeschlagen, um sie durch neue bessere zu ersetzen, welche die Garantiezeit von zwei bis 5 Jahren sicher überstehen sollen. Dies, obwohl die alten Putze Jahrhunderte überstanden haben und bei geeigneter Pflege auch noch weitere Jahrhunderte überstehen würden. Dasselbe gilt für Fresko- und Ölmalereien. Sie alle sind zwar pflegebedürftig, aber auch Pflegefähig. Zudem wird das klassische Handwerk durch solche Wissenschaftsergebnisse derart verunsichert, dass es nicht mehr wagt Kalkputze und Kalkanstriche zu machen und fast zwangsläufig auf moderne Fertigprodukte umsteigt. Beides ist Kulturzerstörung durch den

Menschen und durch im Detail richtige, im Zusammenhang aber unwahre wissenschaftliche Ergebnisse.

Das ist möglich, weil derartige Wissenschaft nicht merkt, dass ihre Ergebnisse und Theorien das nicht erklären, was am Objekt selbst vor sich geht, so dass Theorie und Praxis nicht zur Übereinstimmung gebracht werden können und die Praxis diesem Irrtum ausgeliefert ist. Der tiefere Grund dafür liegt in der Unkenntnis der Verschiedenheit der wissenschaftlichen Methoden und ihrer Aussagen, die wir kurz angehen wollen.

3. Die Erkenntnismethoden an Denkmälern

Heute sind mehrheitlich die Physiker und Chemiker («Exakte Wissenschaften») Partner der Praktiker. Die *Methode der Physik und Chemie* besteht meist darin, beobachtete Phänomene auf allgemeine, mathematisch formulierte Theorien zurückzuführen, die wir Naturgesetze nennen.

Man analysiert ein Phänomen oder eine Gruppe von Phänomenen, stellt eine Theorie auf und prüft sie dann unter genau kontrollierten Bedingungen im Experiment. Diese Rückführung auf allgemeine physikalische Gesetze ist das, was man logische Reduktion nennt, eine starke Vereinfachung, von der man dann im Endresultat im komplizierten Naturgeschehen gerne vergisst, dass man sie vorher gemacht hat.

Die am Bau so arbeitenden Wissenschaftler gehen ans Objekt, machen dort Messungen oder nehmen noch lieber Proben, die dann im Labor analysiert werden. Hier misst man daran auch viele Materialkennwerte, wie z.B. Festigkeiten, Ausdehnungskoeffizienten, Elastizitätsmodulen, Feuchtigkeitsgehalte, Wärmeleitfähigkeiten. Man macht Versuche und produziert damit etwas, wie Verwitterung im Labor. Aus den Messungen, Analysen und Laborversuchen werden dann Modelle berechnet und Gesetzmässigkeiten für die Verwitterung allgemein und am Bauwerk deduktiv abgeleitet. Dies alles ohne am Objekt nachzusehen, wie sich die gefundenen Gesetzmässigkeiten im wirklichen Verwitterungsgeschehen auswirken.

Als Beispiel diene hier eine sehr eingehende aufwendige physikalische Studie, die in der Sixtinischen Kapelle feinste Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverteilungen und -schwankungen im ganzen Raum gemessen hat. Mit Computermodellen wurden die Isothermen und Flächen gleicher Luftfeuchtigkeit dreidimensional zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten dargestellt. Die Untersuchungen lieferten zwar viele Daten, aber keine plausible Erklärung für die Verschmutzung und den «Zerfall», der, wie mir ein bekannter Restaurator sagte, zudem bestens erhaltenen Malereien. Das demonstriert grosse wissen-

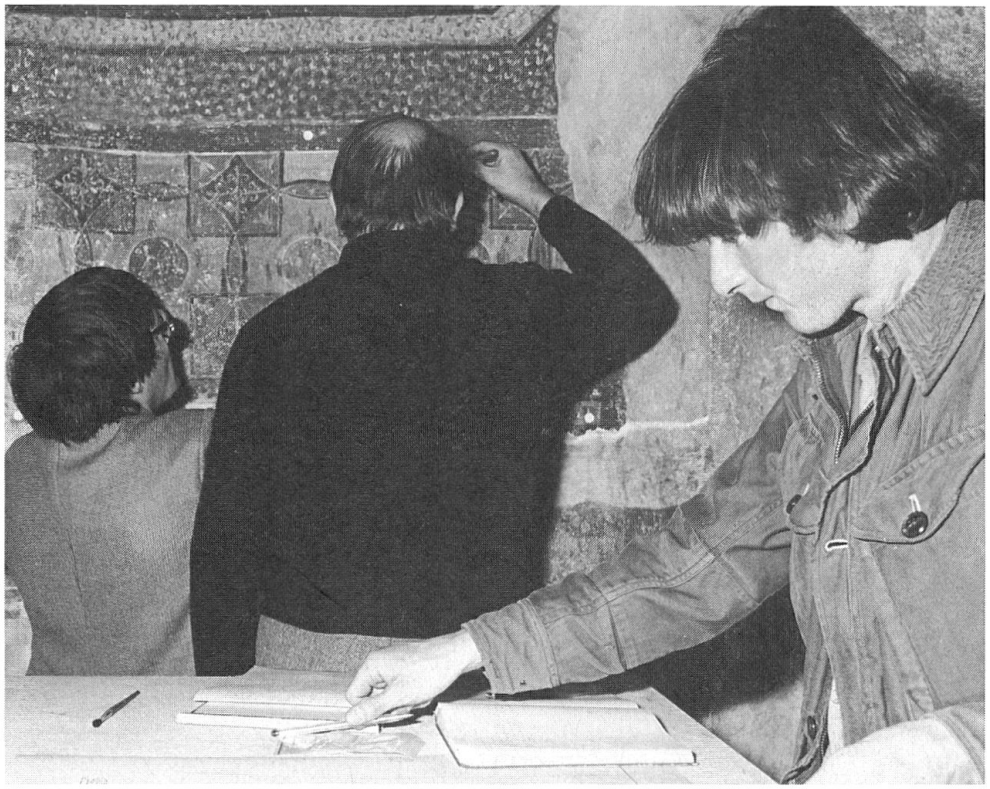

Abb. 3+4: Naturwissenschaftler und Restaurator in Zusammenarbeit an den Wandmalereien in den Apsiden der Klosterkirche Müstair (Entnahme von Proben zur Untersuchung im Labor).

schaftliche Leistung, mit geringstem Erklärungswert, für das wirkliche Geschehen am Objekt.

Damit soll nicht etwa der Wert der Physik und Chemie für Problemlösung an sich bezweifelt, sondern nur deren sinnvoller Einsatz postuliert werden, wenn es um die Erklärung von komplexen Naturvorgängen geht. Man muss wissen, was man weshalb, wozu und in welchem Zusammenhang analysiert und misst. Geschieht das nicht, können Physik und Chemie zwar gut gestellte Einzelfragen genau beantworten; es wäre jedoch reiner Zufall, wenn die vereinfachten, im Labor untersuchten Modelle das verwickelte Geschehen im synergistischen Zusammenspiel der vielen Faktoren und Einwirkungen erklären könnten. So ist die exakte Wissenschaft wohl imstande Einzelfragen und Probleme genau zu beantworten und zu lösen, sie ist aber, wie in den Erdwissenschaften und in der Biologie, auch hier meist nicht oder noch nicht in der Lage, das wirkliche Geschehensgefüge am Objekt in seinen Zusammenhängen zu erklären. Sie kann somit dem Praktiker heute nur in speziellen Einzelfragen wirklich und unmittelbar dienlich sein.

Da die Methoden der Physik und Chemie am Bauwerk hauptsächlich analytisch sind, verwenden wir im Folgenden den Begriff Analytik als Synonym.

Die Methode der Praxis, die heute meist der eben skizzierten Naturwissenschaft am Denkmal gegenübersteht, beruht auf dem Erfahrungskönnen und -wissen. Die Methode ist wesentlich empirisch und induktiv. Der Praktiker hat die Denkmäler geschaffen oder zumindest ausgeführt, mit der Zeit verändert, restauriert, renoviert und oft umgebaut. Praktiker sind die Handwerker, Restauratoren, Architekten und Denkmalpfleger, sofern sie am Objekt bestimmend tätig sind.

Der Restaurator und Konservator ist heute nicht nur der vom Naturwissenschaftler Anweisungen empfangende und ausführende Handwerker. Er ist vielmehr, der das Werk begreifende, die Probleme zumindest empirisch verstehende, verantwortlich Handelnde. Sein Tun, sein Können, sein Werk, wird man in der Reihe der historischen Ereignisse später am Denkmal ablesen und bewerten können. Das Werk bleibt als Objekt seines Tuns erhalten.

Die Methode der Praxis, ist also das auf Können und Wissen durch Erfahrung fundierte Handeln. Der Hintergrund ist die Empirie, die Induktion, die tradiert wird. Ich meine, dass der grösste Teil unseres Wissens über die Natur und auch über das Bauen durch Erfahrung erworben wurde und nicht durch deduktive theoretische Schlussfolgerungen.

Erfahrung als Erkenntnismethode, wird vor allem von zu spezialisiert denkenden «exakten» Wissenschaftlern als subjektiv abgelehnt und verachtet. Der Praktiker wird oft und gerne durch exakte mathe-

matische Formeln und Computermodelle mit scheinbar sicheren Ergebnissen (die vielleicht richtig, aber nicht wahr sein müssen) verunsichert. Deshalb gilt es, nicht nur die Nachteile, sondern ganz besonders die Vorteile der empirischen Methode zu sehen.

Die Stärke der Praxis, so meine ich, liegt darin, dass die Objekte, mit denen sie sich beschäftigt und die Resultate ihres Tuns, greifbare Dinge sind. Sie können empfangen, wahrgenommen und erkannt werden; sie sind also im wahrsten Sinne des Wortes intersubjektiv überprüfbare Dinge. Anstelle des Objekts selbst kann manchmal auch eine gute Dokumentation noch objektive Fakten enthalten. Dazu nun drei Beispiele theoretischer Behauptungen, die praktisch widerlegt werden durch die Existenz der Objekte als Fakten.

1. Die Tatsache, dass es heute noch zahlreiche Kalkanstriche und Freskomalereien gibt, die im Freien Jahrhunderte überlebt haben, bringt mir keine noch so logische und mathematisch formulierte Laboruntersuchung ins Wanken, die das Gegenteil beweisen will.

2. Keine noch so raffinierte Testergebnisse können die Tatsache abstreiten, dass die technisch schlechten, sehr weichen Engadinerverputze mit dem Sgraffitoschmuck die letzten Jahrhunderte wenigstens in den Bereichen über der Sockelzone erstaunlich gut überlebt haben, zumindest dort, wo man sie nicht vernachlässigt und wegrenoviert hat.

3. Keine von Naturwissenschaftlern noch so oft wiederholte Aussage, dass eine dicht geschlossene Steinoberfläche den Stein zerstöre, kann den versierten Praktiker davon überzeugen, eine im Freien stehende, gut erhaltene Statue aus dem Mittelalter, die mehrfach in Ölfarbe überfasst wurde und gut erhalten ist, abzulaugen. Das Faktum, dass die Statue nach all den Jahrhunderten erhalten ist, bleibt hier das stärkste und entscheidende Argument.

Man könnte mit solchen Fakten fortfahren, die zeigen, wie lächerlich die Behauptung sein kann, Empirie sei rein subjektiv und deshalb am Denkmal praktisch unbrauchbar.

Natürlich haben empirische, also praktische Aussagen, auch ihre Schwächen; dies besonders dann, wenn die entscheidenden Fakten fehlen, wenn das Objekt oder eine gute Dokumentation nicht greifbar sind. Dann stehen die Aussagen stärker unter den Bedingungen von Treu und Glauben. So ist zum Beispiel die oft zitierte Aussage, man hätte so und so viele Jahre Erfahrung, noch keine Garantie für die Qualität der Erfahrung und des daraus resultierenden Könnens und Wissens.

Obwohl die Mehrzahl der Bau- und Kunstdenkmäler allein durch Praktiker restauriert und konserviert werden können, sehe ich vier Gründe, weshalb die Methode der Praxis heute immer weniger ausreicht, die Denkmäler ohne wissenschaftliche Stütze und Hilfe zu erhalten.

Abb. 5: Freigelegte – und damit Witterungseinflüssen direkt ausgesetzte – Wandmalereien in Tenna.

1. Seit dem 19. Jahrhundert ist die Handwerkstradition abgebrochen. Sie wurde ersetzt durch das neue technische Bauen, wobei der Handwerker mehr und mehr vom Schaffenden zum Facharbeiter wurde. Das alte Handwerk der Stein- und Bildhauer, der Maurer, der Schreiner usw. wurde durch die Mechanisierung und die Einführung neuer, industriell gefertigter und genormter Materialien zum Teil radikal verändert.

2. Die heutige Lebensweise stellt an historische Bauwerke oft radikal neue Nutzungsanforderungen und verändert deren Funktionen oft so, dass die daraus erwachsenden Probleme nicht mehr empirisch mit der traditionellen Praxis gelöst werden können. Das geschieht z.B. bei der Trocken-Nutzung von ehemals feuchten Kellerräumen, bei der Umwandlung von Kirchen in Konzertsäle und bei der Nutzung von Klöstern als Alterspflegeheime und Spitäler, u.a.m.

3. Die Umweltveränderungen durch Luftverschmutzung und andere anthropogenen Belastungen erschweren die Erhaltung mit traditionellen handwerklichen Methoden beträchtlich.

4. Die neuen ästhethischen Bedürfnisse der Eigentümer und der Denkmalpflege sind heute sehr hoch. Viele bis in die letzten Jahrzehnte unter Tünchen und Verputzen geschützte Wand- und Architekturmalereien, viele überfasste Originalfassungen von Plastiken liegen heute frei und sind der Witterung nur direkt ausgesetzt, weil man sie jetzt sehen will.

Unter den erschwerten Bedingungen und unter dem Druck der Technik und Materialwissenschaft ist der Handwerker, der schliesslich die Verantwortung trägt, geneigt, der modernen Technologie

mehr Vertrauen zu schenken als seinem eigenen Können und Wissen. Das ist falsch, weil sie noch keinen tauglichen Ersatz dafür liefert. Deshalb sollte er seine Identität, sein Berufsvertrauen, seine Kunst wiederentdecken und festigen. Dazu kann ihm jene Naturwissenschaft helfen, die bereit ist, mit ihm zusammen am Objekt zu beobachten, was dort vorhanden ist, was dort vor sich geht und wie den verschiedenen Arten des Zerfalls lokal und spezifisch begegnet werden kann und die zugleich imstande ist, die Resultate der Chemiker und Physiker im Gesamtgeschehen zu beurteilen. Das kann die phänomenologisch arbeitende Naturwissenschaft.

Die phänomenologische Methode, die Formen, Gestalten, Erscheinungen und Geschehen beobachtet, ist selbstverständlich in der Biologie, in den Geowissenschaften und in der Medizin. Auf dem Gebiet des Zerfalls von Kulturgütern im Freien wurde sie früher mehr, in jüngerer Zeit aber äusserst wenig angewandt. Man überträgt lieber Ideen und Laborergebnisse auf das Objekt.

Die phänomenologische Methode bedient sich also der Gestaltswahrnehmung. Sie versucht Einzelbeobachtungen in Zusammenhänge zu bringen, zu Geschehensabläufen zu ordnen und diese zu Modellen zusammenzufassen, die ihrerseits wiederum mit Beobachtungen geprüft (verifiziert und falsifiziert) werden. Selbstverständlich ist der Phänomenologe glücklich, wenn es ihm gelingt, bestimmte Beobachtungen und Geschehensabläufe auf chemische und physikalische Formeln zu reduzieren und mathematisch zu formulieren. Er wird aber deren Resultate nicht als die ganze Wahrheit betrachten und sie immer wieder in Zusammenhang des gesamten Geschehensgefüges der Verwitterung am Bau sehen. Er wird Messungen und Analysen auch stets in Funktion zu beobachteten Situationen und Schadensphänomenen machen; er will einen Sinn darin sehen und nicht Selbstzweck.

So liegt die beobachtende, also phänomenologisch arbeitende Naturwissenschaft genau dort, wo sich die Praxis und die Chemie und Physik nicht verstehen können. Sie kennt die Methoden der Praktiker, versteht aber auch die Methoden der Physik und Chemie. Sie weiss Theorien, Messwerte und Analysenwerte am wirklichen Objekt zu prüfen, ebenso wie die Eingriffe der Praktiker. Kurz, sie ist geeignet, die Brücke zu schlagen zwischen Theorie und Praxis. Die Praxis ist *ganzheitlich*, die Phänomenologie untersucht *Einzelfragen im Gesamtgeschehen,* und die Chemie und Physik untersuchen *Einzelfragen.*

So ist der phänomenologisch arbeitende Naturwissenschaftler so etwas wie der Generalist im Feld zwischen Theorie und Praxis, zwischen dem Spezialisten und dem Praktiker. Er soll und kann die Fragen denkmalpflegerischer Praxis im Zusammenhang verstehen und beantworten. Er kann sie übersetzen in die Sprache der Analytiker, der Chemiker und Physiker. Er kann deren Resultate mit dem Praktiker im

Zusammenhang am einzelnen Objekt interpretieren und beurteilen. Er kann das Missverständnis, das zwischen der Praxis und der Analytik herrscht, auflösen.

Dies berücksichtigend, können wir nun im Folgenden den Beitrag skizzieren, den die Naturwissenschaften beim Erkennen des Denkmals, beim Erfassen seines Zustandes, beim Verstehen der Gefährdung und beim praktischen Konservieren bringen können.

Ich setze voraus, dass der am Kulturgut arbeitende Naturwissenschaftler Mitverantwortung wahrnimmt und sich bewusst ist, dass das Denkmal eine die materiellen Strukturen enthaltende, aber ins Geistige transzendierende Ganzheit ist. Geistige, ästhetische, historische, sozial und individuell erlebbare, aber auch religiös-mystische Inhalte und Werte konstituieren das Denkmal und bestimmen den Beziehungsraum in dem Denkmalpflege, Konservatoren und Restauratoren mit dem Naturwissenschaftler arbeiten. Die Gesamtbewertung des Denkmals zeichnet die Grenzen für den vernünftigen, angemessenen wissenschaftlichen und praktischen Aufwand.

4. Das Erkennen des Denkmals

Was erhalten werden soll, muss zuerst wahrgenommen und erkannt werden. Das Erkennen geht dem Handeln voraus. Da am Denkmal vieles erst bei der praktischen Arbeit entdeckt wird, ist wie A. Wyss sagt, Restaurieren auch ein Erkenntnisvorgang. Das Erforschen dauert an, Hand in Hand mit dem praktischen Arbeiten am Objekt. Die so über das Denkmal erworbenen Kenntnisse bestimmen wesentlich mit, was, wie und mit welchem Aufwand untersucht, konserviert und restauriert werden soll.

Die grundlegenden historischen und archivalischen Recherchen und die Felduntersuchungen am Bau- und Kunstwerk werden von Architekten, Kunsthistorikern, Bauforschern, Archäologen, Restauratoren und Handwerkern gemacht. Die effizient eingesetzten Naturwissenschaften ergänzen deren Resultat subsidiär, das heisst, sie fahren dort weiter, wo der vor Ort Arbeitende und Untersuchende selbst nicht mehr weiter kommt, Fragen hat oder seine Ergebnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden überprüft haben will. *Auf keinen Fall* ist der *Naturwissenschaftler*, was immer wieder von ihm erwartet und gefordert wird, *Ersatz für die am Objekt untersuchenden Fachleute*. Das ist wissenschaftlich falsch, unökonomisch und unfair gegenüber den Praktikern. Es ist wissenschaftlich falsch, weil er die Bau- und Kunsttechniken nicht kennen und beurteilen kann, also seine Kompetenz in der Regel überschritten wird; unökonomisch, weil falsche Ergebnisse des Nichtfachmanns stets Mehrkosten verursachen und unfair, weil so den Bauforschern und Restauratoren die Arbeit weggenommen wird.

Aber ebenso falsch ist es, dem Labor undokumentierte Proben zur Schnelluntersuchung vorzulegen, ohne den Naturwissenschaftler genau über die Zusammenhänge zur orientieren. Nur in seltenen Ausnahmen verstehen sich die Partner so gut, dass die Fragen verständlich und genau formuliert sind und richtig beantwortet werden können.

Die häufigsten Fragen aus der Praxis betreffen die Bereiche Untersuchung von Farben und Farbgestaltungen, materialkundliche Untersuchungen und Datierungen.

Die wissenschaftliche Ausbeute derartiger Untersuchungen hängt ab von der richtigen Fragestellung, dem Einsatz der geeigneten Methoden und von der richtigen Interpretation der Resultate im Gesamtkontext des realen Objekts. Da die Fragen meistens interdisziplinär gestellt sind, müssen die Ergebnisse, am besten am Objekt selbst, auch interdisziplinär interpretiert und diskutiert werden. Effiziente und richtige Forschung ist hier entscheidend abhängig von der gut eingespielten interdisziplinären Verständigung zwischen der Praxis, der Phänomenologie und der Analytik.

Am Beispiel der Untersuchung einer Polychromie kann das effiziente Vorgehen beschrieben werden. Polychrome Ausschmückungen, wie Stukkaturen und Plastiken oder wie die Szenerien romanischer und gotischer Portale, sind in einem Zug oder in mehreren Phasen geschaffen worden. Sie wurden bemalt und sind in der Regel später wiederholt gereinigt, geflickt und neu übermalt worden mit übernommenen oder neuen Farbprogrammen. Wie können solche Objekte nun vom Praktiker in Zusammenarbeit mit der phänomenologischen und analytischen Naturwissenschaft gewinnbringend untersucht werden?

Der Praktiker, in diesem Fall in der Regel der Restaurator, übernimmt, nachdem die historischen und architektonischen Daten und Ereignisse ermittelt wurden, die Hauptarbeit am Objekt. Die historischen Quellen, kritisch mitbenutzend, versucht er durch schichtweise Freilegung, die «Originalfassung» und die Abfolge der Farbfassungen zu bestimmen. Von den verschiedenen Fassungen sind, wegen der früheren mehr oder weniger gründlichen Reinigung, oft nur Reste vorhanden. Zudem sind fünf bis zehn Übermalungen nicht selten, so dass das Auffinden der richtigen Abfolge eine schwere und anspruchsvolle Aufgabe sein kann. Der Restaurator, mit seinen Kenntnissen und Erfahrungen über Mal- und Fassungstechniken und über Farbgestaltung, arbeitet am Objekt selbst. Er tut es phänomenologisch, von Auge und mit der Lupe beobachtend. Wo und wann er mit seinen Methoden nicht mehr weiter kommt, wird es nun sinnvoll, den phänomenologisch arbeitenden Naturwissenschaftler beizuziehen.

Der Phänomenologe ergänzt methodisch die Arbeit des Restaurators. Entscheidend ist, dass die Übergabe der Fragen und der Proben ohne erschwerende und Missverständnisse hervorrufende Lücken er-

folgt. Das heisst, je nach Objekt und Situation, dass nach gemeinsamer Beobachtung am Objekt Proben entnommen werden oder, dass Proben sehr gut dokumentiert mit den Feldbefunden und richtiger Fragestellung zugesandt werden. Der zweite Weg verlangt eigentlich schon, dass Praktiker und Phänomenologe sich in bezug auf die Denkweise persönlich kennen.

Im Labor legt man, in Fortsetzung und Ergänzung der Objektarbeit, die Malschichten frei. Kombiniert mit der genauen Beobachtung von Farbquerschnitten unter dem Mikroskop, der optischen Bestimmung von Pigmenten und Füllstoffen und den optischen Hinweisen auf Bindemittel im Fluoreszenzmikroskop, wird die Abfolge und Art der Farbfassungen – die Farbstratigraphie – bestimmt. Das ist *keine Routineuntersuchung*, sondern anspruchsvolle Beobachtungs- und Denkarbeit, die ein kritisches Beobachtungs-, Vorstellungs- und Kombinationsvermögen erfordert.

Der Analytiker wird nun weiter als mögliche und sinnvolle Ergänzung die Zusammensetzung von Pigmenten und Bindemitteln untersuchen. Er tut dies mikrochemisch oder mit den anderen Methoden der Mikroanalyse, wie Röntgendiffraktion und -fluoreszenz und mit ähnlichen Analysegeräten, wann und wo dies sinnvoll und notwendig ist.

Es ist entscheidend wichtig, dass der Weg nun in umgekehrter Richtung beschritten wird, um die Befunde zu diskutieren und zu interpretieren. Analytische Resultate von Pigmenten helfen nur dann der Wahrheitsfindung, wenn sie den individuellen Farbschichten und Fassungen zugeordnet werden können. Wo wird es z.B. möglich, aus der Pigmentzusammensetzung bestimmte Schichten zu datieren, Farbigkeiten und Farbtöne genauer zu bestimmen. Die Resultate der Analysen, der Farbstratigraphie und der Befunde der Praktiker sind erst dann zutreffend, wenn sie zuletzt wieder am Objekt selbst, in ihrem ganzen Kontext geprüft worden sind. Gesamtuntersuchungen von Farben und farbigen Gestaltungen und deren historische Abfolge werden demnach untersucht, indem der Praktiker dem Phänomenologen unter den Naturwissenschaftlern und dieser wiederum dem Analytiker die Fragen stellt. Die Antworten auf die Fragen müssen, wenn sie der Auffindung der wahren Gegebenheiten dienen sollen, auf dem umgekehrten Weg gemeinsam diskutiert und geprüft werden.

So wird die Untersuchung nicht zur «Einmalaktion», sondern zum dauernden kritischen Dialog am Objekt, die dem erwähnten dauernden Erkenntnisvorgang bei Restaurierungen und Konservierungen Rechnung trägt. Natürlich gibt es auch einfache analytische Fragen, die direkt und im Auftrag des Praktikers beantwortet werden können. Es sind dies jedoch Einzelfragen.

Abb. 6: Chur, Kapelle St. Stephan: Tonne von oben an der Südseite mit Erweiterungsanschluss, der Feuchtigkeit bringt.

Ähnlich wie bei der Polychromie-Untersuchung wäre das Vorgehen bei materialkundlichen Untersuchungen und Datierungen. Es ist selbstverständlich, dass die richtigen Entscheidungen am Bau umso besser getroffen werden, je besser die Entscheidungsgrundlagen sind, die durch die Erkenntnisarbeit am Objekt geleistet werden.

5. Das Erfassen des Erhaltungszustandes

Denkmäler sind nicht nur geschaffen, verändert, renoviert und restauriert worden; sie sind auch älter geworden und haben Patina angesetzt. Sie waren der Witterung ausgesetzt, sind also zufolge äusserer und innerer Einwirkungen verändert und stehen meist in geschädigtem Zustand da. Diesen Zustand zu erfassen ist Voraussetzung für die Wahl der richtigen konservierenden Eingriffe.

Der Erhaltungszustand eines Bau- und Kunstwerkes zu erfassen, also eine Zustandsdiagnose zu erstellen, ist eigentlich tägliches Brot der Handwerker, Restauratoren, Architekten und Denkmalpfleger als *Praktiker*. Allerdings – und das ist entscheidend – sind Zustandsbeschreibungen verschieden je nachdem, ob sie von einem Architekten, Restaurator oder Naturwissenschaftler gemacht werden. Der Architekt wird mehr den Zustand der Strukturen, Formen und Farben, sowie die Funktionen der Architekturelemente festhalten wollen. Der Restaurator wird sein Augenmerk vor allem auf den Erhaltungszustand der Ausschmückungen und Ausstattungen richten. Er wird festhalten, was an historischer Substanz, etwa von Stukkaturen, Wand-

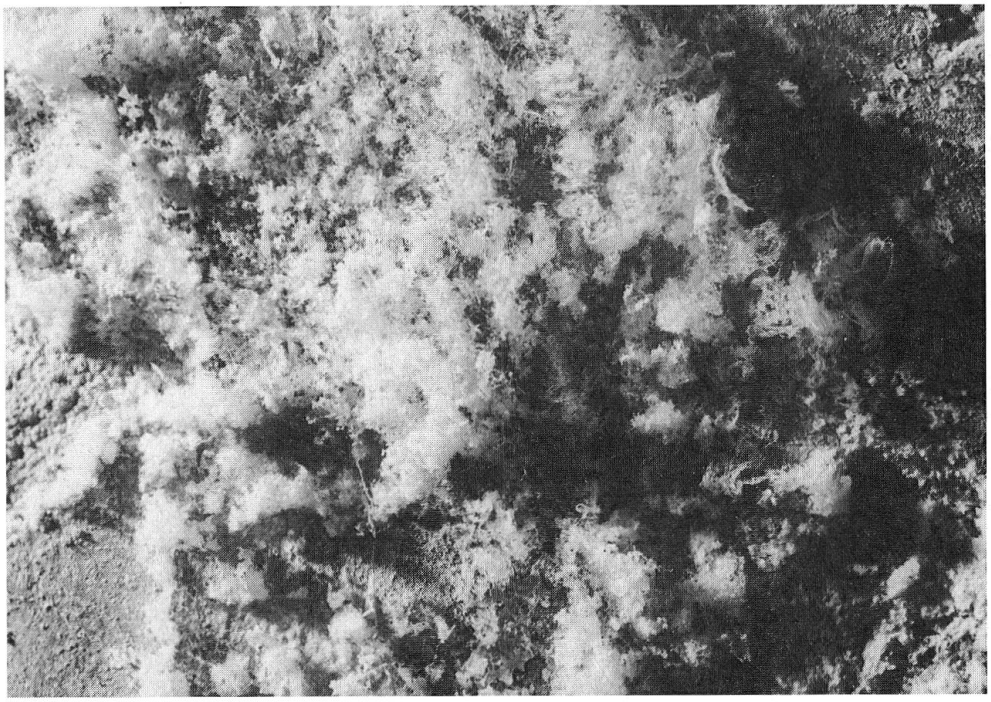

Abb. 7: Chur, Kapelle St. Stephan: die Feuchtigkeit führt zu Ausblühungen an Mörtel und Wandmalerei (Makroaufnahme).

und Fassadenmalereien, an plastischen Ausschmückungen und deren Fassungen noch vorhanden resp. geschädigt ist. Er wird z.B. fehlende Hände, Schäden an Gesichtern und Gewandfalten, Fehlstellen und beschädigte Bereiche von Fassungen und Malereien in seine Zustandsaufnahme eintragen. Diese Schäden an der historischen Substanz sind nicht gleichzusetzen mit den materiellen Schäden und Schadensituationen, die der beobachtende Naturwissenschaftler festhält. Sie reichen sehr oft nicht bis zu den aus dem Zusammenhang erkennbaren Schadenursachen.

Ergänzend zu den Schadenbeschreibungen des Praktikers erfasst der *Phänomenologe* am Bauwerk die an den Materialien und Strukturen erkennbaren Schäden. Er gruppiert die verschiedenen Schadensformen zu Schadensituationen. So leitet er aus der Kombination von zusammen auftretenden Schäden Schadensituationen ab und erkennt sie am Objekt. Solche Situationen sind z.B. der Grundfeuchtebereich, Mauerinfiltrationen an Dachanschlüssen, stark exponierte Dachbekrönungen verschiedener Formen, Gesimsbereiche und Terrassen usw. Es ist ferner wesentlich, dass die Schäden und Schadensituationen in allen wesentlichen Grössenbereichen beobachtet werden, von der Umgebung des Bauwerkes, über den Gesamtbau, das Architekturelement, die Mauer, das Einzelmaterial, bis hinunter zum Mineralgefüge und zur einzelnen Malschicht mit Farbpigmenten. Ursachen-Wirkung-Beziehungen aus verschiedenen Grössenbereichen sind häufig. So kann z.B. die Malschicht im Chor einer Kirche absplittern, weil im Turm eine undichte Stelle ist.

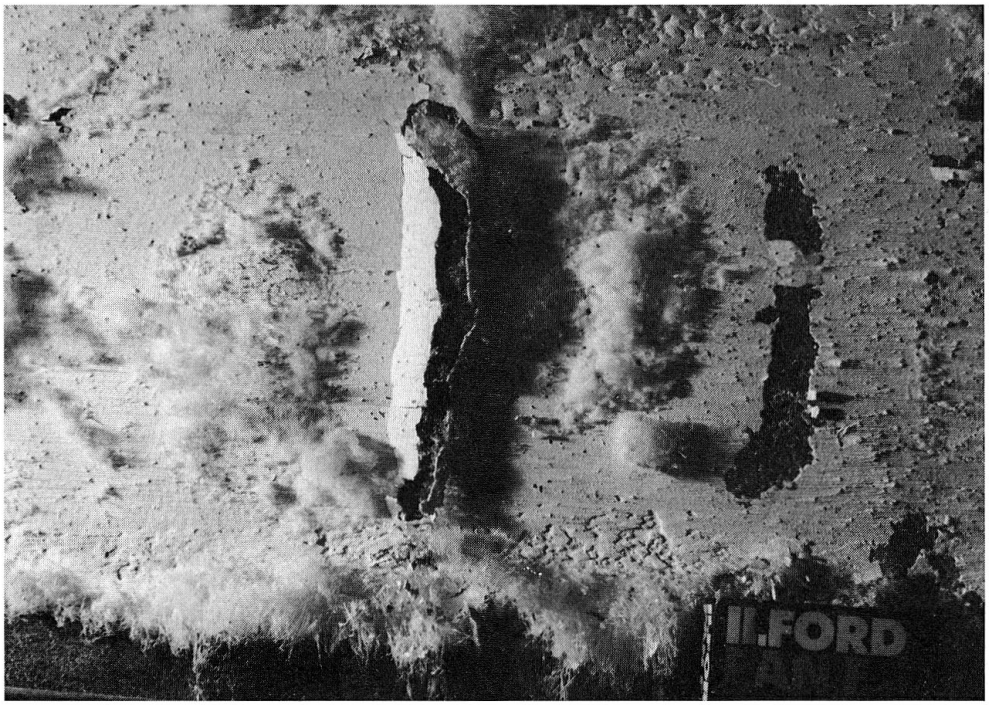

Abb. 8: Chur, Kapelle St. Stephan: Ostwand, Salzabsprengung an einer Kupferrinne.

Chemische *Analysen und Messungen* sind hier oft unentbehrliche Hilfsmittel, um in erkannten Situationen und Zusammenhängen weitere und genauere Informationen und Fakten zu erhalten. So geben z.B. Zusammensetzung der Salzsysteme Hinweise auf die Herkunft der schädlichen Salze und Feuchtigkeitsmessungen erhalten ihren Sinn, wenn man eine Schadensituation erkannt hat oder vermutet und bestätigen möchte.

Das Zusammenwirken der drei Methoden wird gerade bei der Zustandsaufnahme besonders wichtig, weil hier der phänomenologisch arbeitende Naturwissenschaftler dem Praktiker und Restaurator helfen kann, Schadensituationen auch selbst besser zu erkennen. Die gemeinsame Arbeit bringt für das Bau- und Kunstwerk heilsame Erweiterung des Wissens.

Um für die Zukunft brauchbar zu sein und als Vergleichszustand zu dienen, muss jede Zustandsaufnahme dokumentiert sein. Schäden und Schadensituationen sollten ersichtlich und einfach in Plänen vermerkt sein. Nur so ist die wirkliche, empirische Prüfung der Massnahmen am realen Objekt möglich.

6. Verstehen der Gefährdung

Menschliche Tätigkeit und Naturvorgänge verringern den Altbestand an Denkmälern dauernd. Abriss, Neubauten, Aushöhlungen, Renovierungen und Umbauten verursachen heute mengenmässig die grössten Verluste an Kulturgütern. Auch falsche Konservierungen und Restaurierungen tragen, wie eingangs erwähnt, wesentlich dazu bei.

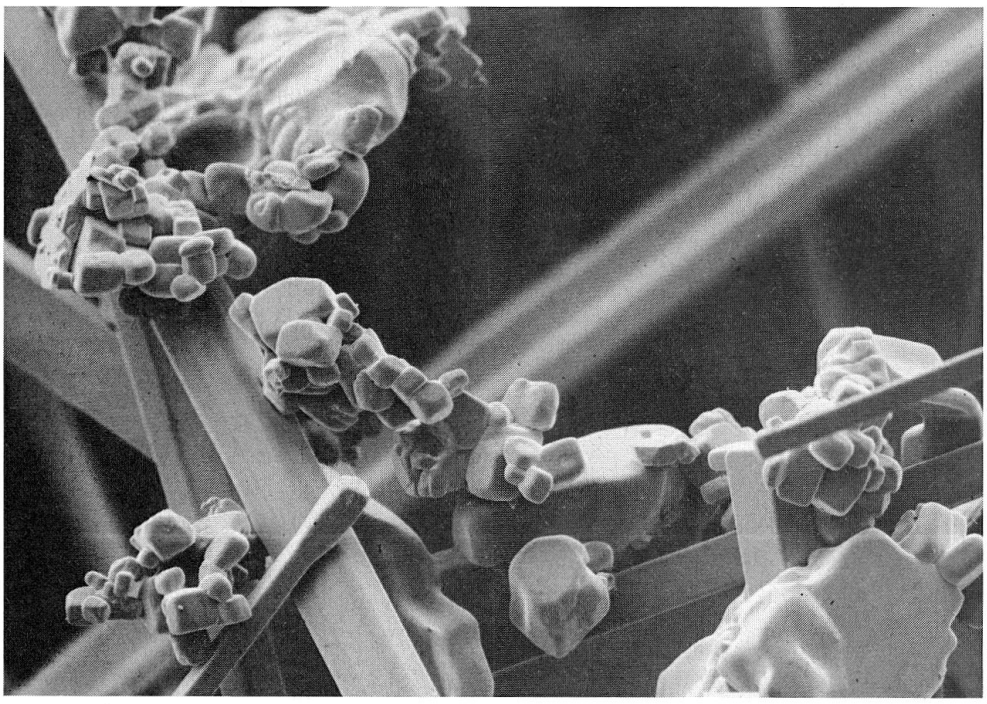

Abb. 9: Salzkristalle, wie diese auf einer Makroaufnahme gezeigten, zerstörten Wandmalerei, Mörtel und Stein.

Uns soll hier jedoch die Gefährdung durch natürliche und anthropogene Verwitterungs- resp. Zerfallsvorgänge beschäftigen. Das Zerfallsgeschehen ist das Objekt der Verwitterungsforschung, deren Resultate ihrerseits Basis für die Konservierungsforschung sein müssen. Die Verwitterung, das heisst die Veränderung und der Zerfall durch Einwirkung der Witterung geschieht durch natürliche und menschliche Faktoren. Natürliche Einwirkungen wie Feuchtigkeit, Frost, Salze, Wärmedehnung und Organismen, werden ergänzt durch anthropogene wie Salze, Luftverschmutzung, falsche Materialien, Heizung und Vernachlässigung.

Verwitterungs-, resp. Zerfallforschung ist ein wesentlicher naturwissenschaftlicher Beitrag zur Denkmalpflege. Sie behandelt das Problem auf der Ebene anwendungsorientierter Grundlagenforschung durch Fallstudien an Einzelobjekten. *Verwitterungsforschung* existiert heute als Fach an Hochschulen ebensowenig wie Konservierungsforschung. Die meisten wissenschaftlichen Arbeiten stammen von fern der Praxis arbeitenden Forschern, die dies zudem als Nebenbeschäftigung betreiben. Sie betreffen einzelne Materialien wie Steine, Ziegel, Mörtel, Farben, Metalle, Glas usw. und behandeln in der Regel Materialeigenschaften und Materialparameter, künstliche Bewitterung dieser Materialien im Labor und andere Laborversuche oder Immissions- und Depositionsraten aus verschmutzter Luft. Das sind isolierte kompartimentäre Studien, die meistens nicht auf den bereits vorhandenen systematischen Grundkenntnissen des Zerfallsgeschehens aufbauen, weil die entsprechende Grundausbildung und Einarbeitung fehlen. Das

heisst nichts anderes, als dass heute die Fachleute fehlen, um effiziente Forschung aufgrund einer entsprechenden Grundausbildung betreiben zu können. Daran ändern auch die enorm gesteigerten Forschungsgelder z.B. in Deutschland, zumindest kurzfristig, wenig. Deshalb ist es ein dringendes Postulat, zumindest an einigen Universitäten oder ähnlichen Institutionen eine Praxis, Phänomenologie und Analytik integrierende Fachrichtung, Verwitterung und Konservierung von Denkmälern zu schaffen. Die ist unabdingbar, wenn unsere Gesellschaft gerade die wertvollsten Kulturgüter wirklich ernsthaft zu erhalten gedenkt.

Der beste Weg zum Verständnis des Verwitterungsgeschehens setzt bei der Praxis an, beobachtet die Schadenformen und Situationen möglichst genau, macht Analysen und Messungen in Funktion der Beobachtungen und der Zustandsaufnahme am Objekt. Die Resultate und abgeleitete Theorien solcher Untersuchungen werden ihrerseits durch Beobachtung und Messung am Objekt und durch Laborversuche geprüft. Das Ganze geht am einfachsten an Objekten die gerade restauriert werden.

Praktisch hiesse das, Grundkenntnisse über Kulturgüter und Denkmalpflege allgemein und über deren Zerfall aufzuarbeiten. Das Objekt in allen Grössenbereichen, von der Umgebung des Bauwerkes, dem Baugrund, über alle Stufen bis zu den Elementen der Materialien wie den Mineralien zu untersuchen auf Schäden und Schadensituationen und deren Entstehen, sowie auf deren beschleunigende und hemmende Faktoren. Der Überblick über das Geschehen erlaubt es dann, Einzelwissen, das wie erwähnt, in respektablen Mengen produziert wurde und wird, zu integrieren.

So und nur so wird es möglich, die Resultate brauchbar an die Praxis weiterzugeben oder als Basis für Konservierungsforschung zu benützen. Auf der Ebene der Einzelobjekte muss die Gelegenheit genutzt werden, wenn ein Objekt restauriert wird. Durch die Vorbereitung, Auswahl und Begleitung an Konservierungsarbeiten kann der Wissenschaft viel Material zugeführt werden, das aus der Praxis stammt und demzufolge auch praxisrelevant ist.

Das Gebiet der Verwitterungsforschung wurde bisher recht viel, aber wenig kompetent beackert. Dies, weil die Fachleute fehlen, die ihre aktuelle Forschung auf ein genügendes Grundwissen über Verwitterung allgemein abstützen können. Die Forschung darf nicht reduziert werden auf die Messung der Luftverschmutzung und auf die Bestimmung von Materialeigenschaften und Verwitterungstests im Labor, wie dies heute bekanntlich getan wird.

Die wirkliche Gefährdung des Denkmals werden wir erst verstehen, wenn wir das Wesentliche über das Geschehen wissen, das unsere Denkmäler zerfallen und vergehen lässt.

7. Konservierung

Ziel der handwerklichen, geistigen und wissenschaftlichen Leistung ist hier die authentische Erhaltung des Kulturgutes, das wir als erhaltenswert erkannt haben, dessen Zustand wir erfasst und dessen Gefährdung wir verstanden haben. Das ist Voraussetzung für die praktische Arbeit. Die meisten Baudenkmäler können durch Instandsetzung und Pflege handwerklich erhalten werden, ohne dass die Natur- und Materialwissenschaft über Gebühr bemüht werden müsste. So kann schon ein Maurer ohne weiteres den Kalkputz mit seinem Anstrich als Altbestand erkennen, seine Schäden beurteilen und ihn reparieren und ergänzen; so kann der erfahrene und die Konservierung kennende Steinmetz oder Steinrestaurator an vielen Objekten durchaus selbständig vorgehen und richtig handeln. Jedoch brauchen gerade die wertvollsten Kulturdenkmäler wie Kathedralen, Kirchen und Paläste, deren Ausschmückungen und Materialien, ihre Glasfenster und ihre Metallgegenstände eine intensive Pflege und naturwissenschaftliche Betreuung.

Praktische Konservierungsmassnahmen sind die bauliche Instandsetzung, die Reinigung, der Ersatz von Steinen, Putzen, Farben u.a., das Flicken und die Ergänzung beschädigter Materialien, das Festigen von Materialverbänden und der Materialien selbst, das Schützen der Oberflächen durch Verputze, Anstriche oder Imprägnierungen. Die Naturwissenschaft leistet ihren Beitrag auch hier auf zwei Ebenen.

Sie kann die praktischen Arbeiten dann begleiten, wenn das traditionelle Handwerk nicht in der Lage ist, das Denkmal allein richtig zu konservieren. Sie kann die Mittel und Massnahmen phänomenologisch und analytisch auf die zu erwartenden Vor- und Nachteile beurteilen, sie kann Nebenwirkungen von Produkten auffinden und deren falsche Anwendung vermeiden helfen, sie kann die Leistung der Mittel untersuchen und sie kann mithelfen, die Mittel und Arbeiten so zu dokumentieren, dass deren Langzeitverhalten beobachtet und möglicherweise auch gemessen werden kann. Diese Begleitung der praktischen Arbeiten betrachte ich als entscheidenden und relevanten Beitrag.

Auf der Ebene der Konservierungsforschung gilt sinngemäss dasselbe, was bei der Verwitterungsforschung gesagt wurde. Ihre Aufgabe ist es, das traditionelle Handwerk dort zu ergänzen, wo es nicht mehr allein durchkommt. Das ist z.B. der Fall bei der Konservierung von Wandmalereien in beheizten Räumen, bei der Konservierung von bereits falsch konservierten Objekten mit Folgeschäden, bei der Konservierung von Fassaden in stark verschmutzter Luft, bei der Konservierung von komplizierten Bauwerken. Selbstverständlich gehören zur Konservierungsforschung auch die Analyse der Mittel, die Kontrolle der Wirksamkeit, die Beurteilung der Verträglichkeit, der Reversibili-

tät und des Kurz- und Langzeitverhaltens von bestehenden und neuen Mitteln und Verfahren, die in den verschiedenen Bereichen der Konservierung eingesetzt werden. Der Leistungsnachweis muss aber stets vom Anbieter erbracht werden. Auf diesem Sektor gibt es wohl die grösste Menge an neuen Arbeiten und Publikationen. Fast alle Mittel und Verfahren werden mit Labortests geprüft und aufgrund dieser Prüfungen dann auch eingesetzt. Was auch hier am meisten mangelt, ist das Erkennen der Geschehens- und Wirkungszusammenhänge, die verhindern sollten, dass man den Teufel mit Belzebub auszutreiben versucht. Auch hier fehlt eine Grundausbildung der in der Branche tätigen Wissenschaftler.

8. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Aus dem Gesagten sollte hervorgehen, dass richtig eingesetzte Naturwissenschaften wesentlich helfen können, Bau und Kunstdenkmäler zu erhalten. Die immer wieder auftretenden Misserfolge vergangener, und die falschen Massnahmen neuer Konservierungen beruhen vielfach auf zu einfachen Theorien über das Zerfallsgeschehen und mangelnder Sicht der Zusammenhänge. Die Naturwissenschaft bietet wesentliche Beiträge beim Erkennen, beim Erfassen des Zustandes, beim Verstehen der Gefährdung und beim praktischen Konservieren des Denkmals. Der Beitrag ist subsidiär zur Praxis und interdisziplinär. Methodische Missverständnisse und daraus resultierende falsche Theorien über die Verwitterung am Objekt und falsche Massnahmen können vermieden werden, wenn die Praxis das Objekt ganzheitlich behandelt, der naturwissenschaftliche Phänomenologe die Formen, Situationen und das Geschehen der Verwitterung im ganzen Zusammenhang beobachtet und der Analytiker die Einzelprobleme genau analysiert und misst; und die Resultate schliesslich im praktischen Zusammenhang am Objekt auf ihre Auswirkung im Geschehensgefüge geprüft und gewertet werden.

Wenn man die Entwicklung des Wissens verfolgt, muss man feststellen, dass sich die praxisrelevanten Erkenntnisse in den letzten Jahren, trotz Intensivierung der Forschung, wenig vermehrt haben. Jeder konservierende Eingriff muss heute mit ebenso vielen und unwesentlich weniger Unbekannten rechnen, als noch vor zehn Jahren. Die Verwitterungskompartimentär, einseitig und zu wenig professionell, weil es keine entsprechende Hochschulfachrichtung gibt, die eine systematische und zweckmässige Ausbildung von Wissenschaftlern erlauben würde, wie sie in anderen praxisorientierten Disziplinen, wie der Medizin, der Pharmazeutik, der Agronomie usw. üblich ist. Man wird also, sofern man die Erhaltung, gerade unserer wertvollsten

Denkmäler wirklich ernst nimmt, in Zukunft nicht darum herumkommen, die unentbehrliche Ausbildung und Forschung ernsthaft zu betreiben.

Obwohl unsere naturwissenschaftlichen Kenntnisse sehr beschränkt und wenig konsistent sind, muss heute unter den erschwerten Umweltbedingungen restauriert und konserviert werden. Es muss heute gehandelt werden, auch wenn die Forschungsergebnisse, die die Art des heutigen Vorgehens rechtfertigen sollen, erst in Jahren und Jahrzehnten zu erwarten sind. Weil die Forschungsergebnisse dauernd Auswirkungen auf das praktische Handeln haben, bedeutet dies, dass auch die Naturwissenschaft sich der Mitverantwortung nicht entziehen kann. Sie kann die Ethik am Denkmal nicht – wie heute oft im abschätzigen Sinne praktiziert – als «Philosophie» verharmlosen. So unterstehen Forschung und Beratung hier auch ethischen Bedingungen. Da die Auswirkungen neuer technischer Verfahren zumindest langfristig nicht fassbar sind und die Gefahr von Fehleinschätzungen, wie gezeigt, sehr gross ist, müssen dem Handeln am Objekt, auch vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus gesehen, Schwellen und Schranken gesetzt werden. Solche sind enthalten im Ruf nach Reversibilität der Eingriffe. Sie wird wohl immer wieder gefordert, dann aber praktisch verworfen, weil es wenig vollständig reversible Eingriffe gibt. So können z.B. auch lösliche Stoffe nicht quantitativ aus porösen Materialien entfernt werden. Das Prinzip der Reversibilität ist aber nur dann unbrauchbar, wenn es absolut gefasst wird. Denn praktisch gibt es alle Übergänge zwischen reversiblen und irreversiblen Verfahren. Es wäre deshalb sinnvoller vom Grad der Reversibilität zu sprechen und dann einen hohen Grad der Reversibilität anzustreben.

Ich ziehe folgende Formulierung des Prinzips vor, nämlich: den unter den gegebenen Umständen minimalen Eingriff anzustreben, unter Wahrung grösstmöglicher Freiheit für künftige Eingriffe. Dieses Prinzip, für das wir gute Gründe haben, schliesst *Globalsanierungen* mit Kunststoffen und anderen modernen Materialien an alten Denkmälern aus, weil derartige Eingriffe radikal sind und zukünftige erhaltenden Massnahmen z.B. streng auf den Bereich der Kunststoffe eingrenzen. Oder drastischer formuliert: wenn man aus Steinfassaden Plastikfassaden macht, kann man diese in Zukunft nur noch mit Plastikmaterialien erhalten. Dieselbe Überlegung gilt bis zu einem gewissen Grade auch für die scheinbar harmlosen Hydrophobierungen, die die zukünftige Arbeit mit mineralischen Materialien zumindest stark behindern. Demgegenüber würde das Prinzip, richtig verstanden, fordern, dass man die Denkmäler zuerst mit den Materialien und handwerklichen Verfahren zu erhalten sucht, mit denen sie ursprünglich erstellt wurden; dass man das Erfahrungswissen und -können des Handwerks ernst nimmt und erst darauf aufbauend und

ergänzend dazu moderne Verfahren und Mittel einsetzt. Dort nämlich, wo diese oft auch heilvollen und unentbehrlichen Mittel – nach *seriöser* Beurteilung der zu erwartenden Vor- und Nachteile – sinnvoll sind und unter Beachtung der notwendigen Vorsicht und grösstmöglicher Reversibilität. Es versteht sich von selbst, dass alle eingesetzten Mittel und Verfahren genau zu dokumentieren sind, damit sie in Zukunft beurteilt werden können. So werden neue, nur im Labor geprüfte Verfahren nicht als Gesamtlösung und anstelle von, sondern ergänzend zu den alten eingesetzt, in möglichst korrigierbaren kleinen Schritten. Man hat dann nicht die unrealistische pflegefreie Unzerstörbarkeit im Kopf, sondern die behutsame Minimalisierung des Schadenfortschritts, durch fortgesetztes, heute noch iteratives Vorgehen. So kommen nur jedes Detail und jede Detailsituation berücksichtigende Methoden in Frage. Das erfordert gegenüber den scheinbar sicheren Gesamtsanierungen der Bautenschutzbranche Mut zur Unsicherheit, Mut zum Suchen der individuellen, nicht immer einfachen aber angepassten Lösung, die dem Denkmal letztlich die grössten Chancen gibt, in Anstand und Würde zu überleben.

Anmerkungen

1 A. Wyss: Zur Erhaltung von Kulturgütern in der Schweiz. – Zeitschrift für Archäologie und Kunstgeschichte. Band 42, 1485.
2 G. Mörsch: Kulturelle Identität und Denkmalpflege.
3 Vgl. Vortrag Prof. Mörsch, loc. cit.
4 Die Ausführungen zu den Erkenntnismethoden stützen sich u.a. auf K. Lorenz: Das Wirkungsgefüge der Natur und das Schicksal des Menschen, Serie Piper, 1983.
5 A. Wyss loc. cit.

Bildnachweis

Abb. 1, 2, 5–8: Kant. Denkmalpflege GR
Abb. 3, 4, 9: Institut für Denkmalpflege der ETHZ

Adresse des Autors

Dr. Andreas Arnold, Institut für Denkmalpflege der ETHZ, Technologisches Labor, Fabrikstr. 46, 8005 Zürich