



Das Rahmenkonzept für die Restaurierung der Grabfassaden in Petra

The Basic Preservation Concept for the Tomb Façades in Petra

Das außergewöhnliche Vermächtnis der Nabatäer, welchem die Erhaltungsbemühungen des deutsch-jordanischen Projekts gelten, sind die Fassaden ihrer Grabanlagen. Sie sind in die Felswände von Petra gemeißelt und vermitteln uns die Vorstellung einer Architektur, die fast vollständig verschwunden ist. Das gesamte ehemalige Stadtgebiet von Petra, das ca. 880 inventarisierte Monumente umfaßt, ist so einmalig, daß es in die Liste des Weltkulturerbes der UNESCO aufgenommen wurde. Dieser Liste liegt der Gedanke zugrunde, daß die wichtigsten Monumente der Erde nicht nur nationales Besitztum, sondern geistiges Eigentum der gesamten Menschheit, also aller Nationen sind, die dadurch auch eine Mitverantwortung für deren Erhaltung tragen. Diesem Gedanken wird auch schon in der Einleitung zur Internationalen Charta von Venedig über die Konservierung und Restaurierung von Denkmälern 1964 deutlich Ausdruck verliehen: „Die Menschheit, die sich der universellen Geltung menschlicher Werte mehr und mehr bewußt wird, sieht in den Denkmälern ein gemeinsames Erbe und fühlt sich kommenden Generationen gegenüber für ihre Bewahrung gemeinsam verantwortlich. Sie hat die Verpflichtung, ihnen die Denkmäler im ganzen Reichtum ihrer Authentizität weiterzugeben.“ Dies ist letztlich auch einer der Gründe, warum sich die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch die Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), in Jordanien engagiert hat. Das von Helge Fischer geleitete deutsch-jordanische Projekt hat zum Ziel, die fachliche Kompetenz und die technischen Möglichkeiten der einschlägigen Institutionen in Jordanien so zu verbessern, daß sie imstande sind, die Konservierungs- und Restaurierungsarbeiten in Petra selbständig zu planen, zu beaufsichtigen und durchzuführen. Um dieses Ziel zu erreichen, wird ein funktionstüchtiges „Konservierungs- und Restaurierungszentrum in Petra“ (CARCIP) aufgebaut, das im Sinne einer Dombauhütte in den kommenden Jahrzehnten imstande sein soll, die sukzessive Instandsetzung und fortlaufende Pflege der Felsfassaden durchzuführen. Die Größe des Areals und die hohe Anzahl der Monumente machen die Einrichtung einer solchen dauernd für dieses Weltkulturdenkmal verantwortlichen Institution zwingend erforderlich. Das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege, repräsentiert durch den Autor dieses Beitrags, wurde von der GTZ als beratende Fachinstitution beigezogen. Es ist die führende Institution auf dem Gebiet der Denkmalpflege in der Bundesrepublik Deutschland, verfügt in allen Fachgebieten über speziell ausgebildete Restauratoren und in seinem chemisch-physikalischen Zentrallabor über eine 25jährige Erfahrung auf dem Gebiet der Sandsteinkonservierung. Im Rahmen des Projekts hat das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege die Aufgabe der Beratung und Unterstützung in allen denkmalpflegerischen und restauratorischen Fragen übernommen, der fachlichen Fortbildung jordanischer Partner in Deutschland, der Vermittlung fachlicher Kontakte aller Art einschließlich der Empfehlung von Fachleuten als Kurzzeitexperten nach Jordanien, der Betreuung

The outstanding architectural heritage of the Nabataeans, subject of the present preservation efforts by the German-Jordanian project, are the façades of their tombs carved into the mountains of Petra. They give us an idea of an architecture which is by now nearly entirely lost. The whole area of the ancient city of Petra, with its approximately 880 listed monuments, is so important and exceptional, that it was included into the World Cultural Heritage List of UNESCO, which is based – as we know – on the idea that the most important monuments on earth are not only national property, but rather the spiritual possession of all mankind and that consequently all nations should be responsible for their maintenance. This opinion was already expressed in the introduction to the International Charter of Venice for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites in 1964: ‘Mankind is becoming more and more aware of the universal prevalence of human values, regards ancient monuments a common heritage and feels commonly responsible to safeguard them for future generations. Its duty is to pass them on to them in the full richness of their authenticity.’ This is one of the reasons why the Federal Republic of Germany, represented by the German Agency for Technical Cooperation (GTZ), is engaged in Jordan. The prime purpose of the German-Jordanian project, which is directed by Helge Fischer, is to enable appropriate Jordanian institutions to plan, supervise and execute conservation and restoration work in Petra independently. To achieve this aim an operating Conservation and Restoration Center is to be established in Petra (CARCIP), which – like the workshops of the big cathedrals in Europe – should be exclusively responsible for the preservation work and caretaking for the rock façades in the future. The dimensions of the area and the high number of monuments demand the establishment of an institution which is continuously responsible for this World Cultural Heritage Site. The Bavarian State Department of Historical Monuments – represented by the author of this contribution – was asked to participate in the project as an advisory institution. The Bavarian State Department of Historical Monuments is the leading institution in the field of the preservation of monuments within the Federal Republic of Germany. Here restorers specialized in all fields of restoration and a chemical-physical laboratory, engaged in sandstone conservation for 25 years already, work side by side. The main tasks of the Bavarian State Department of Historical Monuments within the outlines of the project are the support and advise in all questions concerning conservation and restoration, the training of the Jordanian partners in Germany, the mediation of all kinds of relevant contacts including the recruitment of specialists as short term

◁

Abb. 1. Senkrechter Kluftverlauf durch das gesamte Monument
Fig. 1. Vertical cleft through the monument

von Informationsbesuchen jordanischer Fachleute in Deutschland etc.

Grundlagen des Restaurierungskonzepts

Die komplexe Problematik der ungewöhnlichen Erhaltungsaufgabe in Petra erforderte das Ausschöpfen aller auf dem Gebiet der Sandsteinkonservierung bisher gemachten Erfahrungen und Forschungsergebnisse sowie das interdisziplinäre Zusammenwirken von einschlägig befaßten Fachleuten, wie Denkmalpflegern, Restauratoren, Bauforschern, Altertumswissenschaftlern, Mineralogen, Chemikern und Geologen, eine Notwendigkeit, welche ebenfalls 1964 in Artikel 2 der Charta von Venedig formuliert worden war: „Konservierung und Restaurierung der Denkmäler bilden eine Disziplin, welche sich aller Wissenschaften und Techniken bedient, die zur Erforschung und Erhaltung des kulturellen Erbes beitragen können.“

Die Monumente teilen alle Eigenschaften des jeweiligen Felsmassivs, in welches sie eingearbeitet sind. Sie sind teilweise von Klüften durchzogen und bestehen, entsprechend ihrer Höhe oder ihrer Höhenlage in den Bergen, jeweils aus den verschiedenen lithologischen Schichten, welche den Gesteinsaufbau der Bergmassive kennzeichnen. Außerdem nehmen sie am Wasseraustausch der Felsmassive teil, in dem nicht nur aufsteigende Feuchtigkeit und Niederschlagswasser von Bedeutung ist, sondern auch mit Wasser gerechnet werden muß, welches über wasserführende Schichten aus dem Inneren des Berges in die Fassadenarchitektur gelangt. Diese Felsarchitektur ist daher zum Teil anderen Gesetzmäßigkeiten unterworfen als Bauwerke aus Werkstein und deshalb auch wesentlich weniger manipulierbar. Seit der Aufgabe der Stadt Petra in der Spätantike ist – bis auf die Rekonstruktion einer Säule von al-Khazna, der Anastylose des Qasr al-Bint und der Ergänzung der Substruktionen des Urnengrabes in den 60er Jahren dieses Jahrhunderts (Abb. 2) – dem natürlichen Verfall und den sich fortschreitend multiplizierenden Schäden nie mehr wirksam begegnet worden. Vornehmste Aufgabe von Konservierungsmaßnahmen muß und kann es daher auch nur sein, soweit als möglich eine Verlangsamung des Verfalls zu erreichen durch Minderung der Schadensursachen und Verbesserung der statischen Struktur der Fassaden, um damit zu einer längerfristigen Erhaltung des bedeutenden Kulturdenkmälerbestandes beizutragen.

Die positiven, aber auch negativen Erfahrungen der letzten Jahrzehnte im Bereich der Restaurierung haben zu den im folgenden angeführten grundsätzlichen Forderungen moder-

experts to Jordan, the organisation and caretaking for delegations from Jordan or the studies of Jordanian experts in Germany.

Principles of the Restoration Concept

The complex problems of the exceptional preservation venture in Petra called for a mobilization of all experiences and a combination of all results from research projects in the field of sandstone preservation as well as for an interdisciplinary collaboration of conservators, restorers, specialists in architectural investigation, art historians and archeologists, mineralogists, chemists and geologists, a necessity that has long been recognized and already been formulated in article 2 of the Charter of Venice in 1964: 'The conservation and restoration of monuments must have a recourse to all sciences and techniques, which can contribute to the study and safeguarding of the architectural heritage.'

The monuments share the physical properties of the surrounding natural rock, into which they were carved. Joints running through the rocky formation are crossing their façades which consist, depending on their height or their position within the mountainside, of those lithological layers, which characterize the stone structure of the region. They take part in the waterhousehold of the rocks, which means that they suffer not only from hygroscopic humidity and rain water, but also from water coming from within the mountain. Rock façades are therefore subjected to other conditions than constructed monuments and can consequently not be manipulated as such. Besides the reconstruction of one column of al-Khazna, of the anastylosis of Qasr al-Bint and the insets at the substructures of the Urn Tomb in the sixties (fig. 2), nothing has been done against the natural decay of the monuments and the accumulation of damages since the city was abandoned in late antique times. The most important objective of all possible preservation measures must therefore be – and can only be – to slow down deterioration as much as possible through the improvement of the static structure of the façades as well as the elimination of the causes of deterioration in order to contribute to a sustainable preservation of this important cultural heritage site.

The positive as well as the negative experiences of the past decades in the field of restoration have led to basic claims of modern conservation science, which should be integrated in all preservation concepts and considered before starting a new restoration campaign in regard to its realizability. The main arguments are:



Abb. 2. Urnengrab, Aufnahme von 1996 mit ergänzter Substruktion

Fig. 2. Urn Tomb, photo from 1996 with sub-structure completed

ner Denkmalpflege geführt, die bei der Erarbeitung von Erhaltungs- und Instandsetzungskonzepten einzubringen und vor jeder Restaurierung auf ihre Realisierbarkeit hin zu überprüfen sind:

1. Jede Restaurierung muß sich auf gründliche Voruntersuchungen stützen, wie dies in Artikel 9 der Charta von Venedig gefordert wird: „Zu einer Restaurierung gehören vorbereitende und begleitende archäologische, kunst- und geisteswissenschaftliche Untersuchungen.“ Je gründlicher die Erfassung des überlieferten Bestandes und der Schadensursachen und je genauer die Feststellung der Schäden ist, desto verlässlicher kann die Diagnose und desto wirksamer, schonender und sachgerechter kann die Behandlung, d. h. die Instandsetzung, sein. Das bedeutet, daß der Denkmalpfleger nicht anders als ein Arzt vorzugehen hat, der keine Behandlung beginnen, keine Medizin verabreichen wird, ohne über den Patienten und seine Krankheit Bescheid zu wissen. Wenn er die Untersuchungen vor einer Behandlung vernachlässigt und einem Patienten Schmerzmittel verschreibt, der an Blinddarmentzündung leidet, wird er sein Leiden nicht lindern, sondern den Patienten möglicherweise verlieren. Damit soll nur gesagt sein, daß die Entwicklung eines verlässlichen Konservierungskonzepts das Ergebnis der Bemühungen und des Fachwissens von Spezialisten ist, die ihre Entscheidungen aufgrund gültiger Standards, der Untersuchungsergebnisse und persönlicher Erfahrung auf diesem Gebiet treffen.

2. Alle Arbeiten an einem Denkmal müssen dokumentiert werden. Auch dies wurde in Artikel 16 der Charta von Venedig gefordert: „Alle Arbeiten der Konservierung, Restaurierung und archäologischen Ausgrabung müssen immer von der Erstellung einer genauen Dokumentation in Form analytischer und kritischer Berichte, Zeichnungen und Photographien begleitet sein. Alle Arbeitsphasen sind hier zu verzeichnen: Freilegung, Bestandssicherung, Wiederherstellung und Integration sowie alle im Zuge der Arbeiten festgestellten technischen und formalen Elemente.“ Für die Zukunft wird die Dokumentation von heute zur Geschichtsquelle über das Denkmal. Diese ist Orientierungshilfe für die Restaurierungen oder die Pflegemaßnahmen von morgen. Arbeiten, die nicht dokumentiert worden sind, werden vergessen, eine zukünftige Restaurierung muß mit allen Untersuchungen von vorne beginnen, kontinuierliche Pflegemaßnahmen sind ohne Aufzeichnung, was jeweils bereits gemacht worden ist, nicht möglich.

3. Der Respekt vor den Leistungen der Vergangenheit gebietet, daß grundsätzlich so wenig als möglich und nur so viel als nötig getan wird. Es handelt sich darum, das richtige Maß der Eingriffe zu finden. Schäden und ihre Ursachen sollen so weit als möglich behoben werden, um den Erhalt der Denkmäler zu sichern, in jedem Fall aber so geartet sein, daß die unverfälschte Überlieferung des historischen Originals gewährleistet ist. Um die Authentizität der Denkmäler zu wahren, müssen restauratorische Eingriffe vornehmlich unter dem Gesichtspunkt der Erhaltung vorgenommen werden, also restauratorisch – technisch begründbar sein. Je mehr an einem Monument restauriert und verändert wird, desto mehr wird seine historische Aussage schwinden. Je mehr Fehler gemacht werden, desto mehr muß wieder unternommen werden, um sie – wenn überhaupt möglich – wieder zu korrigieren.

4. Jede Restaurierung muß objektgerecht, d. h. aus der materiellen Beschaffenheit und künstlerischen Eigenart des Denkmals abgeleitet und auf den speziellen Einzelfall abgestimmt sein.

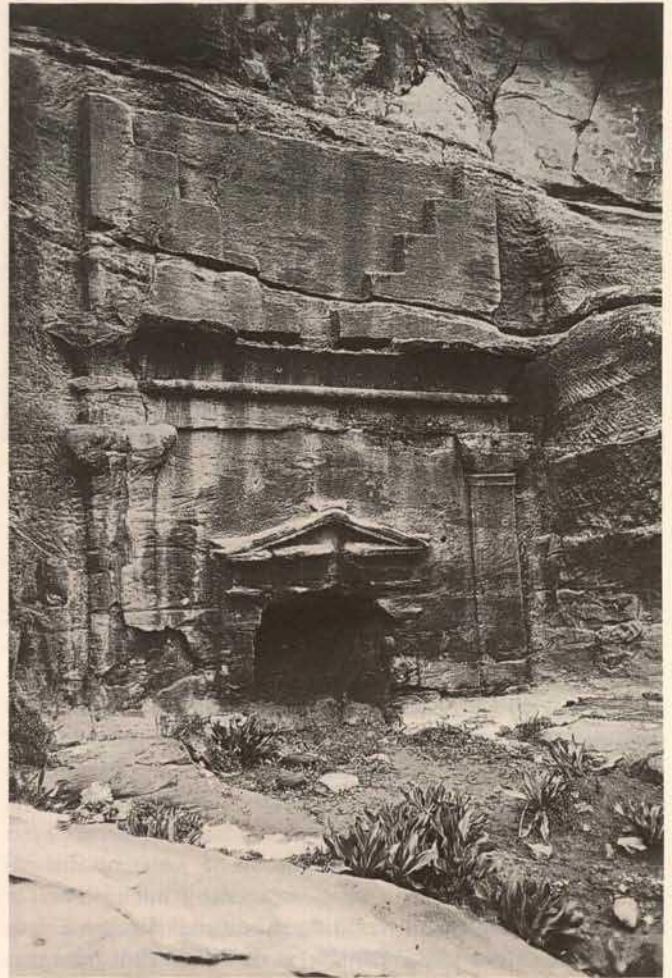


Abb. 3. Horizontaler Kluftverlauf im Treppengiebel
Fig. 3. Horizontal cleft in crow-step-pediment

1. Each restoration measure has to be prepared by a thorough study of the historical monument as it has been claimed in article 9 of the Charter of Venice: ‘The restoration in any case must be preceded and followed by an archaeological and historical study of the monument.’ The more complete the inventarisation of the characteristics of the monument, the assessment of the causes of decay and the identification of the damages is, the more reliable the diagnosis and the more efficient, careful and competent the restoration work will be. This means that the cultural resources manager should act in the same way as a physician does who will not begin a cure or start a medication without being well informed about his client and his client’s disease. If he neglects the examination before starting a treatment and prescribes a pain killer when his client actually suffers from an appendicitis, he will not cure the disease but rather lose his patient. What needs to be stressed in this respect is the fact that a reliable conservation concept is the result of the efforts and expertise of specialists who take their decisions based on known and established standards, the results of thorough examination and personal experiences in this field.

2. All conservation and restoration work at a monument must be documented. This has also been claimed in the Charter of Venice, article 16: ‘In all works of preservation, restoration or excavation, there should always be precise documentation in the form of analytical and critical reports, illustrated with drawings and photographs. Every stage of the work of clearing, consoli-



Abb. 4. Löwengrab, Riß an der Trennlage zweier Gesteinsschichten
 Fig. 4. Lions Tomb, crack following the line between two lithological layers

5. Die bei der Restaurierung eingesetzten Materialien sollen grundsätzlich den historischen Materialien entsprechen oder zumindest mit dem vorhandenen Materialbestand kompatibel sein. Die Verwendung nicht kompatibler Materialien ist oft die Ursache von manchmal sogar irreversiblen Schäden. Mineralische Substanzen z. B. vertragen sich mit Sandstein besser als Kunstharze, weil sie dem ähnlichen Materialverband angehören. Zement ist nicht kompatibel mit Sandstein und verursacht physikalisch als auch chemisch ernste Probleme wo er im Zusammenhang mit historischen Bauten verwendet worden ist, weil er härter als der Sandstein ist und durch seine alkalischen Eigenschaften schädliche Salze (Nitrate) in das Monument gelangen.

6. Die bei der Restaurierung angewandten Techniken sollen so weit als möglich den historischen Techniken entsprechen, um einer Verfremdung vorzubeugen. Dabei geht es vor allem um sinnvolle handwerkliche Reparaturen, die den alten Strukturen und besonders auch Oberflächen angepaßt sind. Der Einsatz moderner Techniken sollte auf besondere Fälle beschränkt bleiben, wenn die Schäden durch eine herkömmliche Reparatur nicht behoben werden können oder dadurch wesentliche Denkmalqualitäten zerstört würden. „Wenn sich die traditionellen Techniken als unzureichend erweisen, können zur Sicherung eines Denkmals alle modernen Konservierungs- und Konstruktionstechniken herangezogen werden, deren Wirkung wissenschaftlich nachgewiesen und durch praktische Erfahrungen erprobt ist.“ (Charta von Venedig Art. 10). Allerdings sind in dem besonderen Falle Petras dem Einsatz moderner Konservierungstechniken insofern Grenzen gesetzt, als die Monumente Teil eines Naturzusammenhangs und vollständig in diesen integriert sind.

7. Wenn irgend möglich, sollen die Restaurierungsmaßnahmen reversibel, d. h. ohne Schaden für die historische Substanz der Monumente wieder rückgängig zu machen sein. Es wird häufig eingewendet, daß es gar nicht wünschenswert wäre, eine Restaurierung, die zur Sicherung eines Monumentes durchgeführt wurde, wieder rückgängig machen zu wollen. Die Vergangenheit hat aber gezeigt, daß Materialien mit schädlicher Auswirkung, die heute nicht mehr entfernbar sind, häufig aus falscher Einschätzung in Kunstwerke eingebracht oder Techniken angewandt wurden, deren Auswirkungen heute kaum mehr reparabel sind. Außerdem kann es notwendig werden, daß durchgeführte Maßnahmen aufgrund weiterer Schadenseinflüsse oder unzureichender bzw. fehlerhafter Applikation noch nicht dauerhaft sind bzw. wiederholt oder erneuert werden müssen. Es

datation, rearrangement and integration, as well as technical and formal features identified in the course of the work, should be included.' For the future the documentation of today will be a historical source on the monument and an orientation for the restoration or maintenance work to come. Interventions which have not been documented will be forgotten. Future restoration must start from the beginning with all investigations. Continuous measures of maintenance are not possible without reports of what has been done before.

3. The respect for the achievements of the past imposes principally that as little as possible and only as much as necessary should be done, which means that the adequate measure of intervention has to be found. Damages and their causes should be eliminated and at the same time the authentic preservation of the historical original be guaranteed. In order to preserve the authenticity of the monument, restoration measures should be planned and executed in regard to conservation principles rather than aesthetics, which means that interventions should primarily be justifiable by technical and conservatory arguments. The more a monument will undergo restoration and alteration, the more its authenticity will disappear. The more mistakes are committed, the more has to be done in order to correct them, if this should be possible at all.

4. Restoration work has to be accomplished conforming to the physical qualities and the artistic peculiarity of the monument and to be adapted to each singular case.

5. The materials applied should correspond to the historical materials, or at least be compatible to them. The use of incompatible materials is often the cause of irreversible damage. Mineral substances for instance work better with sandstone than artificial resins because of the similarities of their material property. Cement is incompatible with sandstone and poses chemically and physically serious problems in most cases when applied to ancient monuments. This is due to the fact that it is harder than sandstone and its alkaline properties support the transfer of harmful salts into the monument.

6. The techniques applied should match – as far as possible – the historical techniques in order to avoid changes in the character of the monument. The issue is intelligent workmanlike repair well adapted to the old construction and especially to the old surfaces. The use of modern techniques should be restricted to special cases where damages cannot be adjusted by using the traditional way of repair or where essential qualities of the monument would thereby be destroyed: 'Where traditional techniques prove inadequate, the consolidation of a monument can be achieved by the use of any modern technique for conservation and construction, the efficacy of which has been shown by scientific data and proved by experience.' (Charter of Venice, Article 10). But in the special case of Petra the use of modern restoration techniques is certainly limited in so far as the monuments are part of their natural environment and entirely integrated into it.

7. The measures taken for restoration should, as far as possible, be reversible, i. e. be removable without causing any damage to the historical substance of the monument. Very often people object, because they cannot see any sense in the claim to remove something again, which was carried out for the consolidation of the monument. But we have learned from the past that far too often, because of insufficient knowledge, materials with harmful after-effects were applied, which cannot be removed and that techniques were applied, the results of which are not repairable any more. It might happen furthermore that some inter-

ist daher ratsam, Restaurierungsmaßnahmen so vorzunehmen, daß deren Resultate, wenn sie sich als nicht verträglich erwiesen haben, wieder ohne Schaden entfernt werden können. Allein schon der Grad der Reversibilität einer Maßnahme gibt Auskunft über den Grad des schonenden Mitteleinsatzes bzw. wie stark auf ein Denkmal eingewirkt worden ist.

Das zu erarbeitende Restaurierungskonzept mußte also die Gegebenheiten in Petra berücksichtigen, den Monumenten entsprechen und den Forderungen und Erkenntnissen der modernen historisch-wissenschaftlich ausgerichteten Denkmalpflege Rechnung tragen. Materialien und Methoden waren so zu wählen, daß sie sich natürlich und harmonisch in die gewachsene Umgebung einfügen, d. h. keinesfalls als Störfaktor in Erscheinung treten.

Schäden

Die vorhandenen Schäden haben vornehmlich drei Ursachen: Erdbeben, Verwitterung, und mangelnden Unterhalt.

Klüfte und Spalten ziehen sich, verursacht durch tektonische Bewegungen der Gesteinsschichten, durch den Felsen. Ein Monument hat in der Regel nur ausschnittsweise Anteil an solch einem Klüftverlauf, der sich meist an beiden Seiten über die Begrenzung des Monuments hinaus im Felsen fortsetzt (Abb. 1, 3). Risse sind oft an der Grenze zweier verschiedener Gesteinsschichten entstanden (Abb. 4) oder durch Veränderungen der statischen Verhältnisse (Abb. 5, 6). Häufig verlaufen sie in spitzen Winkeln zueinander und haben so zu schwerwiegenden und großvolumigen Abscherungen von Fassadenteilen geführt. Hauptursache dürften Erschütterungen durch Erdbeben gewesen sein, in deren Folge es zu Ausbrüchen in den Fassaden kam, die wiederum zu neuerlichen Veränderungen der statischen Verhältnisse führten. Feinrisse sind im Unterschied dazu vornehmlich in der Oberfläche der Gesteinsschichten entstanden.

Fehlstellen gibt es vor allem durch abgescherte Blöcke architektonischer Gliederungselemente (Abb. 7), durch Absplitterungen in den Gesimsen (Farbtafel VI. 3), aber auch in Form von großvolumigen Ausbrüchen, die dem Einsturz ganzer Fassadenteile gleichkommen. Wie alte Aquarelle zeigen, haben diese schon im 19. Jahrhundert bestanden und dürften weit in die Vergangenheit Petras zurückgehend, alte Erdbebenschäden sein (Abb. 8, 9). Abgescherte Partien haben plastisch vorspringende Architekturteile ohne Stütze zurückgelassen. Durch Ausbrüche in den Gesimsen läuft Niederschlagswasser, welches ursprünglich über die Gesimskanten abgetropft ist, über die handwerklich bearbeiteten Fassaden und führt dort zu Auswaschungen und Versinterungen (Abb. 10).

Reliefbildung gibt es in vielerlei Form: Durch Absanden mit Kornverlust an der Oberfläche (Farbtafel VI. 4; XI. 4); durch tiefgreifende Verwitterung, die zu ausgesprochenen Mürbzonen geführt hat; durch Massenabtrag, der durch die Anwesenheit von Salzen verursacht ist und über Jahrhunderte zu einem Totalverlust der gestalteten Architektur und zu einem vollkommen amorphen Aussehen der betroffenen, namentlich der unteren Fassadenteile, geführt hat (Abb. 11, 12, Farbtafel VI. 1, 2); durch Schalenbildung, die zu klein- bis großformatigen Abplatzungen führt (Farbtafel VI. 5); durch Alveolarverwitterung mit zahlreichen, immer größer werdenden Kavernen (Abb. 13, 14); durch die Bildung von Mulden in allen horizontalen oder annähernd horizontalen Oberflächen, in denen Niederschlagswasser stehen bleibt, das langsam durch den Stein sickert und in die unmittelbar darunter befindlichen Fassadenbereiche eindringt. Durch



Abb. 5. Urnengrab, Peristyl, schrägverlaufender tektonischer Riß mit Absplitterung im Gebälk

Fig. 5. Urn Tomb, peristyl, diagonal tectonic fissure with splintering in the cornice

ventions which have already been realized have to be renewed, either because they suffered from further deteriorating influences or because they did not prove to be durable because of mistakes made during their application. Therefore it seems advisable to implement restoration measures in such a way that they can be eliminated if the results prove to be harmful to the monument. Even the degree of reversibility of a restoration measure can be an indication how intensively or carefully a monument has been treated.

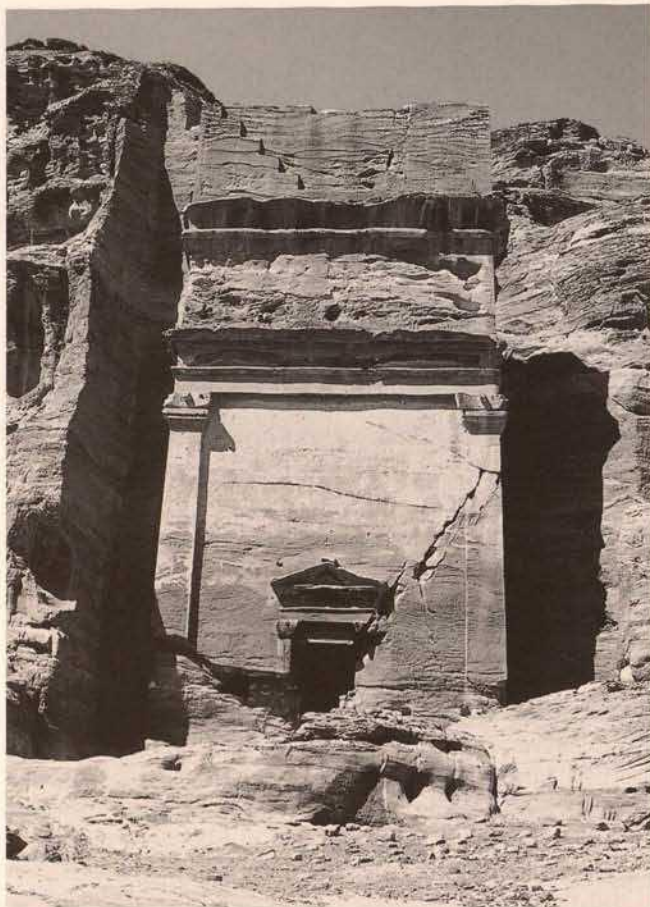
Therefore the preservation concept for Petra had to take into consideration the natural conditions of the site, the individual character of the monuments, and the claims and understanding of a modern, historically based and scientifically oriented conservation practice. Materials and methods had to be chosen to fit harmonically into the actual nature-bound condition of the site.

Damages

Existing damages are mainly due to three causes: earthquakes, weathering and lack of maintenance.

Faults and joints, caused by tectonic movements within the earth's crust are frequently found running through the rocks and are not restricted to the architecture of the monuments. A monument normally covers only a section of such a fault which usually continues within the rock beyond both sides of the architecture (figs. 1, 3). Joints are frequently encountered between different lithological layers (fig. 4), or they were caused by changes of the static conditions (figs. 5, 6). Very often they meet in sharp angles thereby causing outbreaks of all kind. It seems as if earthquakes have been responsible for static changes in the structure of the rock causing outbreaks in the façades, which have themselves later on been responsible for most of the further damages within the architecture. Fissures, on the contrary, occur mainly on the surface of the rock itself.

Gaps occur in the form of missing parts of architectural elements (fig. 7) as well as outbreaks in cornices and pediments (colour plate VI. 3), but also in the form of the collapse of entire parts of the façades. Concluding from water-colours of the 19th century these collapses seem to be old damages, probably caused by earthquakes in late antique times (figs. 8, 9). Outbreaks in vertical architectural elements have left protruding parts without support. Missing pieces in horizontal elements



△ 6



▽ 7

would let rainwater run down the façades, which originally would have dripped off the edges of the cornices, causing deep washouts in the elaborate surface (fig. 10).

The formation of relief can be traced in various forms: as granular disintegration on the surface (colour plate VI. 4; XI. 4); as deep backweathering leaving weak areas; as disintegration caused by salt activity (figs. 11, 12 and colour plate VI. 1, 2), which has led in the course of centuries to a total loss of architectural shape, to an almost amorphous appearance especially in the lower parts of the monuments; as scaling with the detachment of pieces of various size (colour plate VI. 5); as alveolar weathering which steadily enlarges the numerous caverns in the surface (figs. 13, 14); as troughs in all horizontal surfaces, in which rain water remains, penetrating slowly through the sandstone of the cornices and into the elaborate surface below. Through constant humidity in these areas salt will be transported which finally crystallizes thus causing losses in the surface of the sandstone. These processes are often to be observed as elongated flaglike configurations (fig. 10).

The observation of the damages of the rock façades in Petra, of which only the most important were mentioned here, shows that there are some against which measures can be taken and others which – unlike in buildings – cannot be influenced. The most important aim of the preservation measures will therefore be to reduce the causes of deterioration as much as possible and to repair the resulting damages accumulated by the lack of maintenance as far as possible. Which means that all efforts will be concentrated on the consolidation and conservation of the existing state of preservation. Thereby it must be taken into consideration that all interventions must be executed without disturbing the natural environment in which the monuments are integrated. Consequently also the degree of deterioration of a monument will be determinative for the intensity of conservative efforts.

Restoration

No measures can be taken against faults caused by tectonic movements of the ground, which extend far beyond the monuments. They should only be surveyed in order to define whether they might be dangerous for the present condition of the façade or not. Consolidation of such cracks by steel anchors or steel needles will be drawn into consideration only in case of imminent danger of collapse or outbreaks in that case. Sand anchors will be preferred whenever possible if they are technically improved in order to avoid the introduction of non compatible materials like cement or artificial resins. Bigger cracks which often cause further losses can be filled by mortars to reestablish adhesion and to avoid further damages by outbreaks at the edges and the penetration of water into the façade. Small fissures on the surface of the stone can be left untouched if they are considered

Abb. 6. Hegragrab, schrägverlaufender tektonischer Riß mit Schäden im Portalbereich

Fig. 6. Hegra tomb, diagonal tectonic fissure with damages at the portal

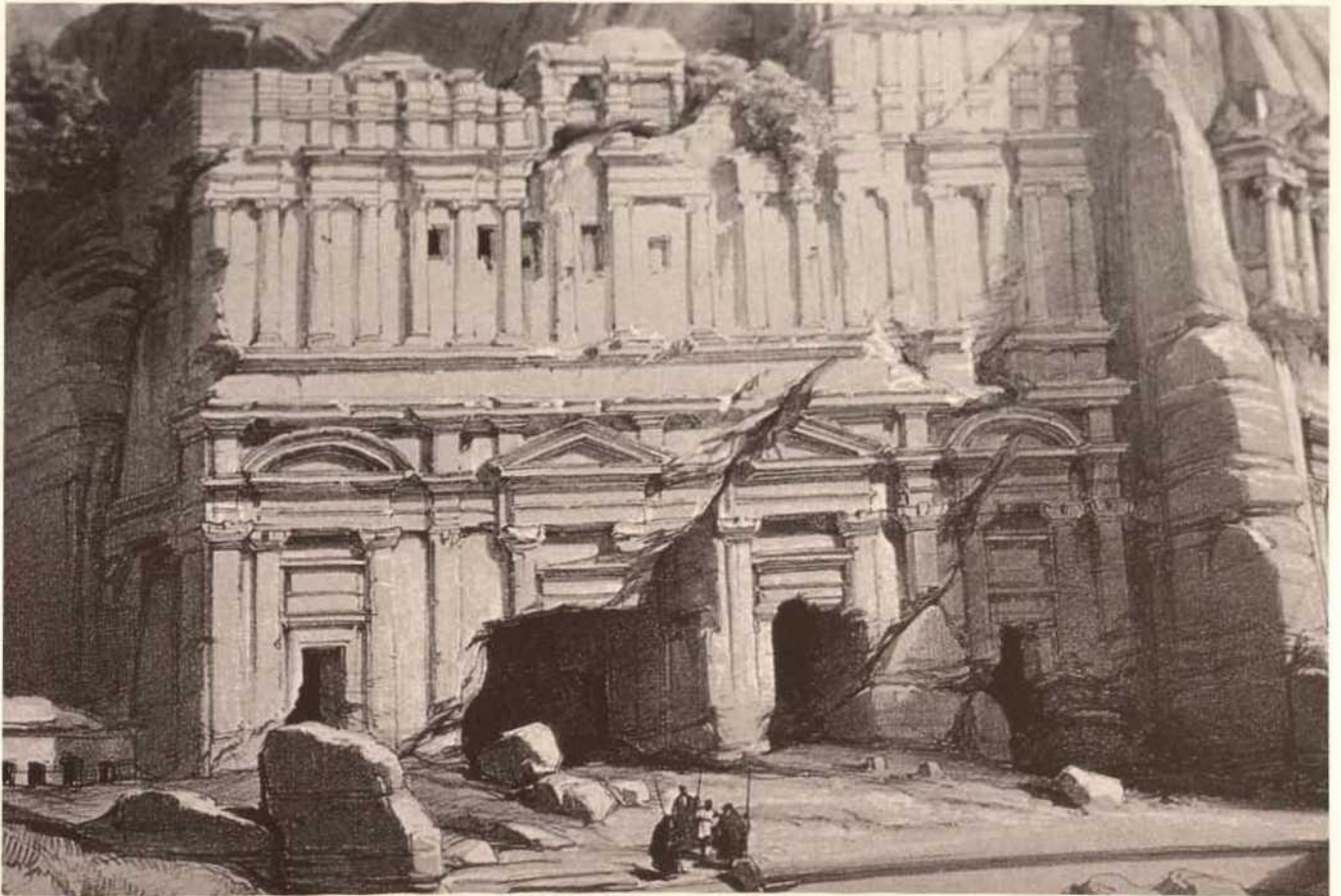
Abb. 7. Palastgrab, abgescherter Block

Fig. 7. Palace Tomb, dislocated stone block



Abb. 8. Palastgrab, Zustand 1998 / Fig. 8. Palace Tomb, condition of 1998

Abb. 9. Palastgrab, Lithographie von David Roberts, 1839 / Fig. 9. Palace Tomb, lithography by David Roberts, 1839



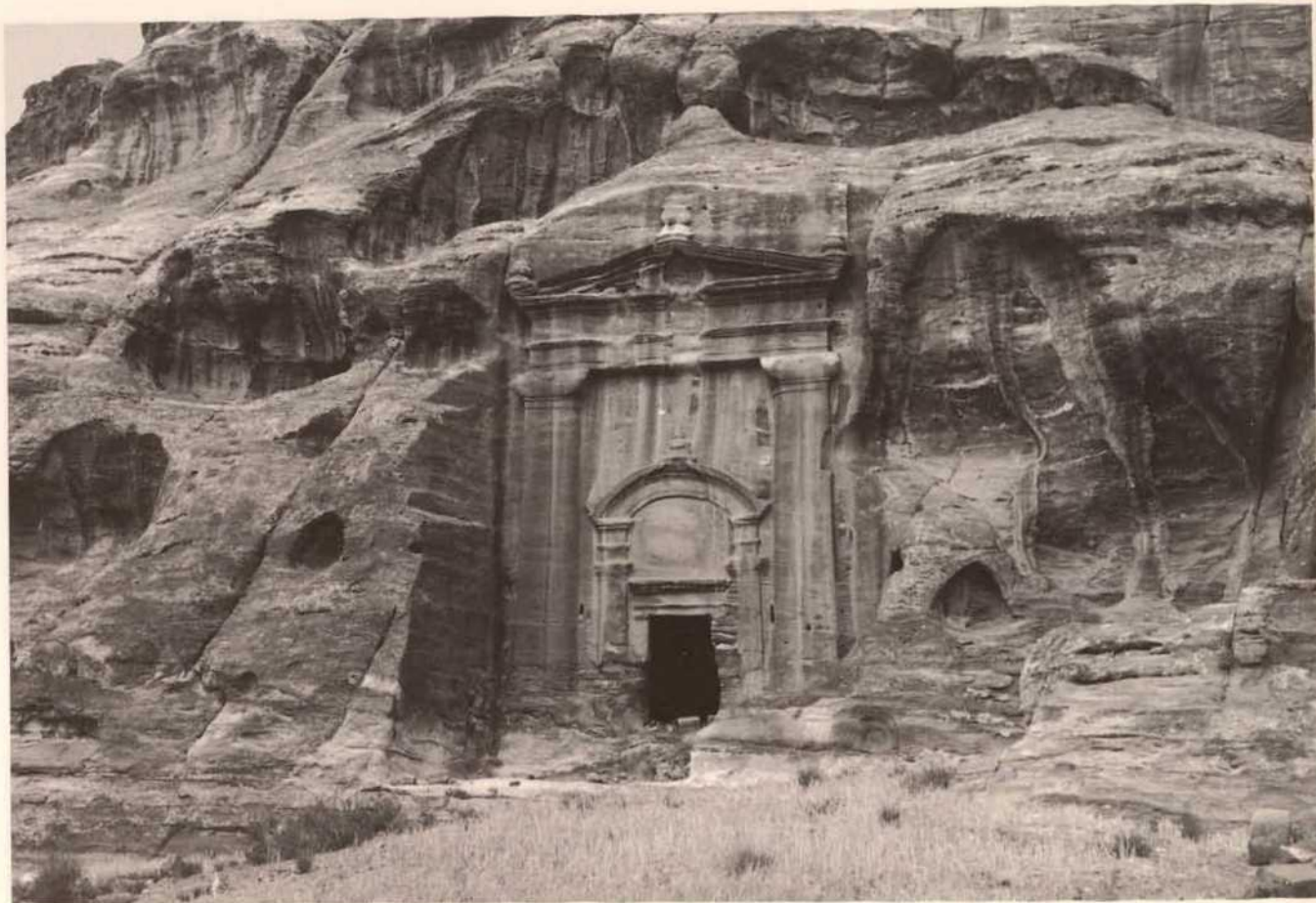


Abb. 10. Umfangreicher Wasserschaden durch Ausbrüche im Giebel des Renaissancegrabes
 Fig. 10. Extended damage by water due to breakouts in the pediment of the Renaissance Tomb

die in diesen Zonen anhaltende Feuchtigkeit wird Salz transportiert, welches ausblüht und zu Massenabtrag führt. Diese Schadensprozesse zeichnen sich oft durch fahnenartige Konfigurationen an den Fassaden ab (Abb. 10).

Die Beobachtung der Schäden an den Felsfassaden von Petra, von denen hier nur die wichtigsten Erscheinungsformen genannt sind, zeigt, daß es solche gibt, denen entgegengewirkt werden kann, aber auch solche – im Gegensatz zu gebauter Architektur –, die nicht beeinflussbar sind. Das wichtigste Ziel der Erhaltungsmaßnahmen muß daher eine möglichst weitgehende Reduzierung der Schadensursachen und Reparatur der Schäden sein, welche dadurch und durch den Mangel an Unterhalt entstanden sind. Das bedeutet eine Konzentration auf Konsolidierung und Konservierung des vorliegenden Zustands. Dabei ist zu beachten, daß alle Maßnahmen so durchgeführt werden müssen, daß sie den Naturzusammenhang, in den die Monumente eingebettet und dessen Teil sie heute sind, nicht stören. So wird auch der Zerstörungsgrad eines Monuments die Intensität konservatorischer Einflußnahme bestimmen.

Restaurierung

Klüften, die sich durch den Fels ziehen und nur ausschnittsweise in einem Monument sichtbar werden, kann durch örtlich begrenzte Sanierungsmaßnahmen nicht entgegengewirkt werden. Sie können im Einzelfall vermessen und das Ausmaß der davon ausgehenden Gefährdung auf die Fassaden festgestellt werden. Eine Sicherung durch Erdanker wird grundsätzlich nur bei ab-

not to cause further detachments. Loose parts, which seem to be detached, will be stabilized by injections with thin and liquid mortar.

Huge gaps caused by the collapse of parts of the façades are losses which have to be accepted. A completion by masonry of dressed stone blocks would only be partially effective considering the forces active within the rock formation. For aesthetical reasons such a completion of the architecture is not to be justified, because it would affect the authenticity of the monument and could, in most cases, not even be based on secured and detailed evidence about the parts missing.

Outbreaks of parts of the architectural elements have to be tackled with in the same way. In theory the supplementary use of insets could in certain cases be justified by the fact that also the Nabataean stone masons used this method when recognizing morbid sectors or disadvantageous lithological layers in the course of their work. But nevertheless, this kind of replacement strategy needs careful judging of the individual situation. It should only be drawn into consideration, if the completion of a single element, of which the original form can undoubtedly be deducted from the existing context, would be demanding considering the entity of the original substance or if the reconstruction would eliminate an inhabitant factor of the appearance of the monument as a whole. In case of a monument like the 'Palace Tomb' (figs. 8, 9) with its enormous losses, such a decision would easily lead to a total reconstruction, because one addition would call for another and because this kind of chain reaction would necessarily impair the authenticity of the historical monument. Such a type of reconstruction can nowadays as well and

sturzgefährdeten Fassadenteilen erwogen und, wenn möglich, Sandankern der Vorzug gegeben werden, wenn diese perfektioniert und einsatzbereit sind, um die Einführung von Fremdmaterialien, wie Zement oder Kunstharz, in das Gestein zu vermeiden. Größere Risse werden durch Mörtelmassen geschlossen: erstens, um eine Vergrößerung durch Randausbrüche zu verhindern; zweitens, um wieder Kraftschlüssigkeit herzustellen und drittens, um das Eindringen von Wasser in die Fassade durch diese Risse zu verhindern. In der Gesteinsoberfläche entstandene Feinrisse werden belassen, wenn sie zu keiner Lockerung von Teilbereichen geführt haben. Gelockerte Teilbereiche werden durch Injektionen mit dünnflüssigen Mörteln gesichert.

Großvolumige Ausbrüche, wie der Einsturz von Teilen der Fassaden sind Fehlstellen, die akzeptiert werden müssen. Eine Ergänzung durch Aufmauerung mit Werksteinen wäre bei den Kräften, die im Fels wirksam sind, statisch nur bedingt wirksam. Aus ästhetischen Gründen ist eine solche Komplettierung der Architektur nicht zu verantworten, weil sie zu einer Beeinträchtigung der Authentizität des Monuments führen würde und in den meisten Fällen auch auf keine gesicherte Detailkenntnis der fehlenden Bereiche aufbauen könnte.

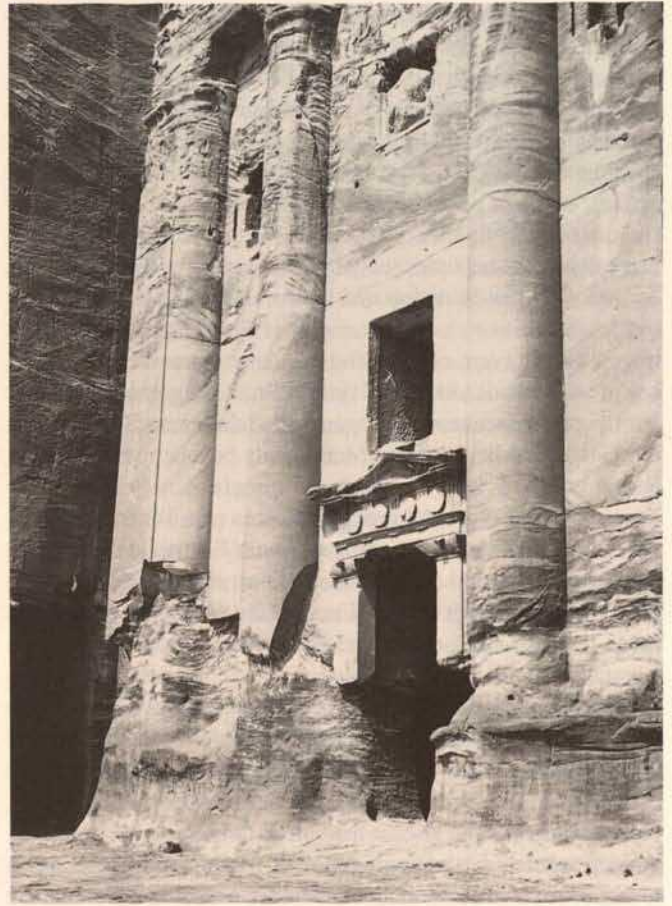
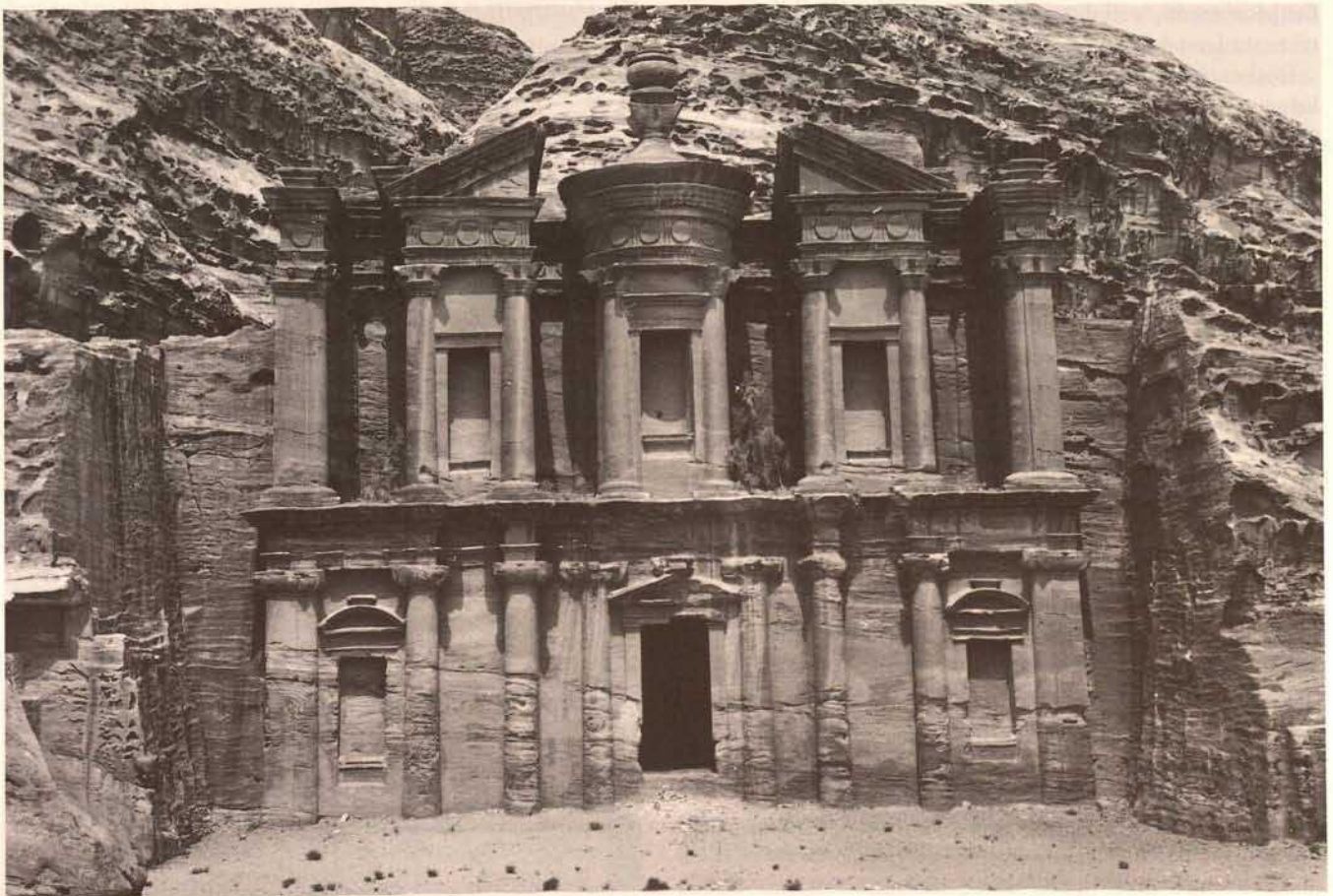


Abb. 11. Urnengrab, Schäden durch aufsteigende Feuchtigkeit im Sockelbereich und durch wasserführende Schichten aus dem Berg im oberen Bereich der Halbsäulen

Fig. 11. Urn Tomb, damages caused by ascending water in the basic areas and by water transport in rock layers at the uppermost part of the semicolumns

Abb. 12. Ad-Dayr, Schäden durch aufsteigende Feuchtigkeit, teilweise intensiviert durch stehendes Wasser vor dem Monument im Winter

Fig. 12. Ad-Dayr, damages caused by ascending water, partly intensified by standing water in front of the monument during the winter period



Genauso muß auch die Entscheidung beim Umgang mit Fehlstellen ausfallen, die durch ausgebrochene Teile architektonischer Gliederungselemente entstanden sind. Theoretisch kann die ergänzende Verwendung von Werksteinen in manchen Teilbereichen insofern und berechtigterweise erwogen werden, als auch die nabatäischen Steinmetze auf dieses Hilfsmittel zurückgriffen, wenn sie während ihrer Arbeit auf mürbe Gesteinsbereiche oder ungünstige lithologische Schichten stießen. Ergänzungen solcher Art bedürfen jedoch einer eingehenden Beurteilung der individuellen Situation und können eventuell dann erwogen werden, wenn es sich um ein einzelnes Element handelt, dessen ursprüngliche Form einwandfrei aus dem vorhandenen Bestand erschlossen werden kann und dessen Ergänzung von der gesamten Originalsubstanz mitgetragen und dadurch ein Störfaktor in der Gesamterscheinung des Monuments behoben würde. Beim Palastgrab (Abb. 8, 9) und dessen umfangreichen Schäden würde ein solches Vorgehen hingegen leicht in eine Totalrekonstruktion übergehen, weil die Ergänzung einer Fehlstelle die nächste nach sich ziehen und diese Kettenreaktion zu einer Verfälschung des Originals führen würde. Eine solche Rekonstruktion kann heute genauso anschaulich und ohne Eingriffe am Original im Computer simuliert werden (siehe Farbtafel XVIII). Das Original muß ohne Verfälschung als unverwechselbares Zeugnis der Geschichte Jordaniens unverändert überliefert werden. In allen diesen Fällen sind statische Stabilisierungen, wenn erforderlich, besser durch Anker oder Vernadelungen durchzuführen, wobei die gefährdeten Teile wieder fest mit der Masse des Felsens verbunden werden. Eine Beruhigung der gestörten Fassadenarchitektur wird ohnehin durch Schließen der Alveolen und Risse erreicht. Aus denkmalpflegerischer Sicht ist diese Sicherung der vorhandenen, schon seit Jahrhunderten bestehenden Situation durch die Verwendung von Füllmörteln bzw. Steinersatzmassen die verantwortungsvollste Haltung gegenüber der Authentizität des Monuments, weil dieses unangetastet bleibt und nicht durch rekonstruierende Zutaten verfremdet wird.

Gesimsausbrüche (Farbtafel VI. 3) müssen hingegen, wenn keine vollständige Abwitterung vorliegt, aus konservatorischen Gründen grundsätzlich geschlossen werden. Durch die Fehlstellen, ja auch über abgesplitterte oder abgewitterte Gesimskanten, rinnt das Niederschlagswasser über die Fassaden hinab und verursacht dort Zerstörungen der bearbeiteten Architekturoberfläche. Die interessantesten Beobachtungen zum Schadensablauf können oft bei Regenwetter gemacht werden. Das Wasser fließt nicht über die verwitterten, sondern über die intakt erscheinenden Oberflächen ab. Hier entsteht eine schnelle und starke Durchfeuchtung, die aber nach Versiegen des Wasserflusses auch ebenso schnell wieder verschwindet. Gelöste, transportierte Salze können sich dort nicht konzentrieren, weil sie wieder weggeschwemmt werden. In den Randzonen des Wasserlaufs, wo der Spüleffekt nicht mehr wirksam ist, oder in den Alveolen werden die Salze abgelagert. Hier kommt es zu einer länger anhaltenden Durchfeuchtung und bei Abtrocknung zu zyklischen, durch Salzkristallisation verursachten Schäden. Gesimskanten wiederherstellen heißt also, eine der Schadensursachen zu beheben und ein Fortschreiten der Zerstörung in den darunter befindlichen Fassadenflächen zu verhindern. Solche Reparaturen werden bei dem Pylongrab in Abbildung 13 sinnvoll sein, beim sog. Renaissancegrab (Abb. 10) sind die Zerstörungen schon so weit fortgeschritten, daß jeder mögliche Eingriff sorgsam überlegt werden muß. Kleinere Ausbrüche können durch Steinersatzmassen, große durch Güsse mit epoxyharzgebundenen Natursteinen oder gelegentlich auch durch Vierungen, d. h. Werksteine,

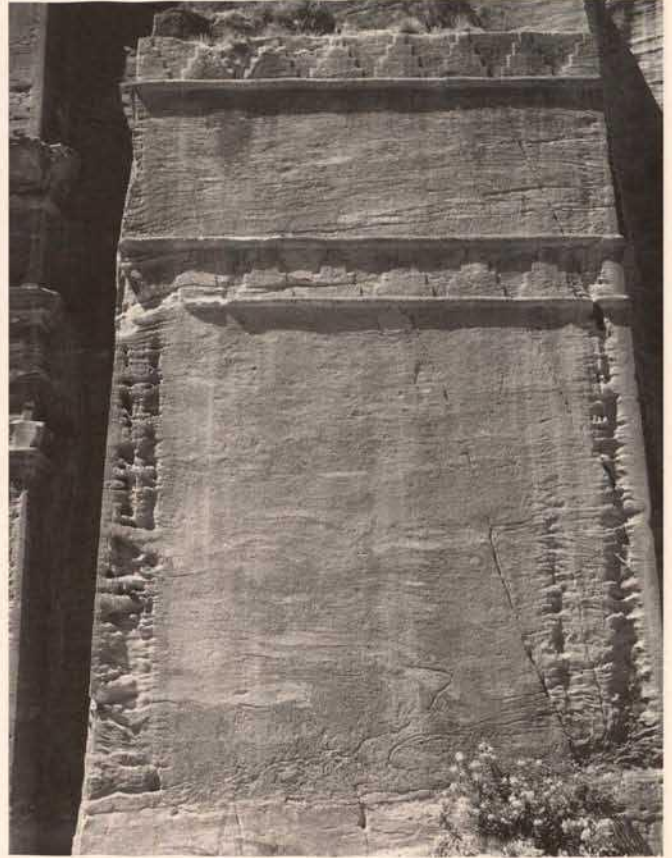
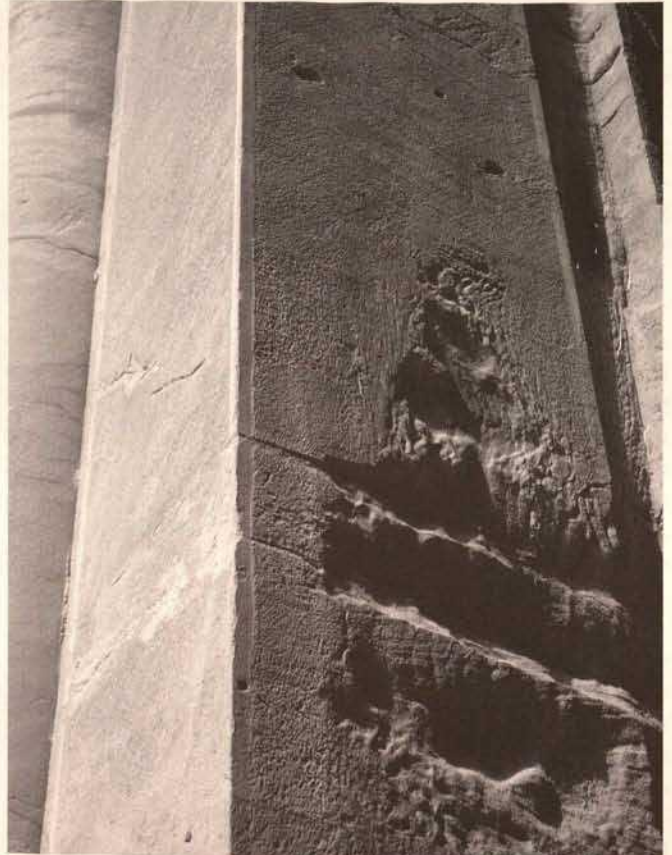


Abb. 13. Alveolenbildung, deutlich durch Schäden im Gesims verursacht
 Fig. 13. Alveoles, evidently caused by damages in the cornice

Abb. 14. Alveolenbildung in einem mit Flach- und Spitzseisen fein dressierten Pfeiler

Fig. 14. Alveoles in a pillar carefully dressed with a flat and pointed chisel



geschlossen werden. Die Gußstücke sind diffusionsfähig und vom gewachsenen Sandstein nicht zu unterscheiden. Die Verwendung eines Kunstharzes ist in diesem Falle statthaft, weil es nur zur Herstellung des Ersatzstückes verwendet und nicht in die Originalsubstanz des Gesteins eingebracht wird. Die Verwendung von Werksteinen in Gesimsen und Bedachungen ist eine alte nabatäische Technik und durch zahlreiche Beispiele belegt.

Die nabatäischen Steinmetze haben sich wie gesagt überall dort mit Werksteinen geholfen, wo die Qualität des Felsens eine Weiterarbeit in gewachsenem Stein nicht mehr zuließ. Die fehlenden Teile von Gesimsen und Bedachungen wurden linear als Nut, Pilaster und Kapitelle als Vertiefung in der Form der einzusetzenden Werksteine im Felsen ausgemeißelt (vgl. S. 97, Abb. 16), die Werksteine im Mörtelbett in die Vertiefungen eingesetzt und durch das Einschlagen von Keilsteinen an der Oberseite gesichert (S. 100, Abb. 20, 21). Heute befinden wir uns allerdings in einer ungleich schwierigeren Situation, weil der Respekt vor dem Original gebietet, bei der Instandsetzung die Eingriffe so gering als möglich zu halten, um das Original nicht zu beeinträchtigen und außerdem weil in nabatäischer Zeit – ganz im Gegensatz zur heutigen Situation – die Werksteinerergänzungen und Reparaturen unter dem Fassadenmörtel unsichtbar geblieben sind. Das Problem ist, daß Reparaturen zwar aus konservatorischen Gründen gelegentlich notwendig, Eingriffe in die noch vorhandene Originalsubstanz jedoch weitgehend zu vermeiden sind. Beim Ersatz abgegangener Teile aus massivem Gestein, namentlich an horizontalen Gliederungselementen, wäre das Einsetzen von Vierungen in der historischen Technik gleichbedeutend mit gravierendem Substanzverlust, weil durch Ausmeißeln der Originalfassade die Versatzstücke richtig verankert werden müßten.

Die Forderung nach Anwendung der historischen Technik ist hier mit Rücksicht auf die Schonung der historischen Substanz, einer der übergeordneten Forderungen der Denkmalpflege, nicht zu realisieren. Eine substanzschonende und gleichzeitig weitgehend reversible Methode ist, wenn überhaupt eine solche Maßnahme in Betracht gezogen werden muß, das Befestigen der Vierungen mittels Stahl- oder Kunststoffdübeln. Auf die im Fels verankerten Dübel werden die vorher durchbohrten Versatzstücke aufgesteckt und mit einer Schraubenmutter gesichert. Die Muttern können versenkt angebracht und mit den Kappen der Bohrerkerne kaschiert werden. Die Werkstücke können auf diese Weise der Form der Fehlstellen angepaßt und der Anschluß zum umgebenden Gestein durch Mörtel hergestellt werden, so daß das Original nicht angetastet wird. Diese Methode ist statisch sicher und gleichzeitig weitgehend reversibel. Die Werkstücke können bei Bedarf wieder von den Dübeln abgenommen, diese aus der Wand entfernt und die verbleibenden Löcher mit Mörtel geschlossen werden, so daß nichts mehr an die durchgeführte Maßnahme erinnert. Der einzige Kompromiß wäre die Einführung der Dübel als materialfremde Elemente, allerdings unter der Prämisse von Reversibilität und uneingeschränkter Erhaltung der Originalsubstanz.

Absanden als kontinuierlich fortschreitender Schadensprozeß im Mikrobereich ist großflächig an den Fassaden zu beobachten. Es empfiehlt sich jedoch grundsätzlich, diesen nur sehr langsam fortschreitenden Prozeß eher hinzunehmen, als die Fassaden umfassend mit Steinfestigern zu behandeln. Aus Gründen der Materialgerechtigkeit und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der jahrelangen Forschungen zur Sandsteinkonservierung, die das Zentrallabor des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege durchgeführt hat, stehen sowieso nur Festiger auf

even better be simulated and visualized in an appropriate way by the help of computers, without even touching the original (see colour plate XVIII). The original substance has to be preserved without falsifications as an unexchangeable testimony of the history of Jordan. In all these cases static stabilizations should be better realized by anchors or needles if necessary, in order to reensure good adhesion of endangered parts with the natural rock. The outward appearance of the façades will be improved and look more complete by closing the cracks and alveoles anyway. From the point of view of the conservationist this kind of stability and preserving the present situation, which has already existed for centuries, by the use of filling mortars is the only appropriate and responsible attitude towards the authenticity of the monument because falsification by reconstructions will be avoided.

Outbreaks in cornices (colour plate VI. 3), to the contrary, must be closed in any case for reasons of prevention, if they are not entirely in decay. Water is pouring down the façades through outbreaks and on deteriorated edges of a cornice, causing damages by washouts and salt transport in the dressed architectural surface of the façades. The most interesting observations of the process of decay can be made during the rain period. Water does not flow over the weathered areas, but over those looking still intact. Here, a fast and heavy moistening takes place, which is stopped rather quickly after the stream of water comes to its end. Dissolved salts cannot concentrate in these parts of the stone, since they are constantly washed away. At the rims and borders of the main stream, where the washing away does not become effective or in alveoles already existing, salts can concentrate. Here it comes to a longlasting moistening of the stone and, during the drying period, to a cyclic crystallization of salts causing heavy damages. The repair of cornices thus means to eliminate one of the main causes of apparent damages. Such repair work will be effective at the 'Pylon tomb' in figure 13; at the so-called 'Renaissance Tomb' (fig. 10), the damages have progressed so far, that every possible intervention requires careful consideration. Smaller outbreaks can be closed by mortars, larger ones by insets of casts with resinbound natural sands or sometimes by insets of dressed stones. Casts are diffusing and hardly to be distinguished from natural stone surfaces. The use of an artificial resin is to be justified in this special case, because it is only used for the manufacturing of the insets and will not be introduced into the original substance of the natural rock.

The use of such insets in cornices and pediments is an old technique of the Nabataeans, which is documented by many examples. The Nabataean stone masons themselves used stone insets as a remedy wherever the quality of the rock did not allow anymore carving into the natural stone (see p. 97, fig. 16). The missing parts of cornices and pediments have been cut into the rock in the form of linear slots, pilasters and capitals were carved out roughly in the form of the insets which then were imbedded with mortar into the cavities and fixed by smaller, wedgetailed stones as forelocks from above (see p. 100, figs. 20, 21).

Today we are in a more difficult situation, since the respect for the historical monument demands to minimize interventions as much as possible in order not to impair the original. Moreover the Nabataean repairs have been – in contrary to the present state – invisible under a layer of plaster. Today we are facing the problem that on the one hand repairs are necessary and on the other hand manipulations of the original fabric have to be avoided as far as possible. The substitution of missing parts within the massive rock, especially of horizontal architectural elements using



Abb. 15. Grab 636, mehrfache Mörtellage auf dem Hauptgesims
 Fig. 15. Tomb 636, mortar layers on the main cornice

Silikatbasis, wie Kieselsäureester, zur Diskussion, deren Wirksamkeit durch den Salzgehalt in vielen Bereichen jedoch nicht gewährleistet ist. Außerdem ist das Risiko, eine unterschiedliche Spannung und Dichte zwischen der Oberfläche und den tiefer liegenden Schichten zu erzeugen, sowie bei Wiederholung der Festigung die Diffusionsfähigkeit des Steins herabzusetzen, bei dem natürlichen Feuchtehaushalt des gewachsenen Felsens als zu hoch einzuschätzen. Nach Artikel 10 der Charta von Venedig ist zwar der Einsatz moderner Konservierungstechniken dann zulässig, wenn diese durch praktische Erfahrungen erprobt sind und sich die traditionellen Techniken als unzureichend erwiesen haben. Von keinem der modernen Festigungsmaterialien liegen jedoch ausreichende und langjährige Erfahrungswerte in einer Petra vergleichbaren Situation vor und es steht außer Zweifel, daß ein Weltkulturdenkmal vom Range Petras kein Experimentierfeld sein kann. Die vorschnelle Gläubigkeit an neu entwickelte Materialien und Technologien hat in der Vergangenheit schon häufig zu bösen Überraschungen in Form von Nachfolgeschäden geführt. In den Fels eingebrachte Materialien sind irreversibel und ein einmal gemachter Fehler nicht mehr wiedergutzumachen. Man wird sich in Petra also nur dazu entschließen, besonders aussagekräftige wichtige Architekturdetails, die sonst nicht mehr zu retten wären, durch Festigung zu bewahren, eine Maßnahme, die natürlich durch entsprechende Messungen von Temperatur, Feuchte und Eindringtiefe sowie Entsalzung vorbereitet werden muß. Mit Rücksicht auf die Einmaligkeit der Felsmonumente ist die Frage der Steinfestigung bei den gegebenen Verhältnissen mit größter Vorsicht und Zurückhaltung zu behandeln.

Alveolen sind, so wie Risse, offene Stellen in den Fassaden, die das Eindringen von Wasser ermöglichen (Abb. 13, 14). Sie werden durch Füllmörtel geschlossen. Um Schrumpfrisse des eingebrachten Mörtels bei größeren Kavernen möglichst zu vermeiden, wird – wie dies auch schon die Nabatäer getan haben – das Volumen der Mörtelmasse durch Einsetzen von Steinbrocken, die den umgebenden lithologischen Schichten entsprechen, verringert. Die Einfärbung des Mörtels in Anpassung an die jeweilige Umgebung kann mit den vor Ort vorhandenen farbigen Sanden erfolgen. Die Forderung in Artikel 12 der Charta von Venedig nach der „die Elemente, welche fehlende Teile ersetzen sollen, ... vom Originalbestand unterscheidbar sein“ müssen, kann auf Reparaturen dieser Art nicht angewendet werden und ist auch nicht dafür gedacht. Alveolen sind nichts als stören-

the historical technique would imply serious losses of substance because the insets need to be fixed, as already mentioned, in caverns cut into the façade.

The claim for applying the historical technique can consequently not be realized with regard to the claim for minimal intervention and careful treatment, one of the main claims of preservation principles. A method with minimal intervention, which at the same time is largely reversible (if such a measure can be considered at all), would be to fix insets by steel or glassfibre dowels. The dowels would be set into the rock and fixed with nuts, and the previously perforated insets stuck onto them. In that case the insets could be adjusted to the outline of the outbreak, the gaps between the blocks and the original parts closed by mortar and nuts concealed in the same way. This method is statically secure and at the same time largely reversible. The insets could be taken off the dowels if necessary which themselves could be removed from the rock. The remaining holes could be closed by mortar so that nearly nothing would remind of the intervention executed. The only compromise would be the introduction of the dowels as an odd element to the stone, but with the option of reversibility and largely unimpaired preservation of the original fabric.

Granular disintegration as a slow but continuous process is to be perceived in large parts of the tomb façades. However, it is advisable to accept this slowly increasing process instead of treating it with consolidants. According to the results of the research work on sandstone preservation the laboratories of the Bavarian State Department of Historical Monuments have carried out through the years, the only products which correspond to the material properties of sandstone are silicic based consolidants like silicic acid ester, but whose efficiency is not guaranteed when humidity and salts are present. Moreover the risk of creating different tensions and densities between the surface and deeper strata or of lowering the rate of water diffusion in case of repetition of the treatment is too high, taking into consideration the watercontent of the rock. Article 10 of the Charter of Venice actually allows the use of modern preservation techniques and materials whenever traditional techniques have proved to be insufficient. But none of the modern consolidants have been tested for a sufficient length of time in conditions similar to those existing in Petra. And a world heritage monument cannot serve as a test object. The belief in the effectiveness of newly developed materials and technologies has many times had consequences in the form of consecutive damages. Materials with which the rock is impregnated are irreversible and mistakes made in that respect can be corrected no more. Therefore it seems advisable to use silicic acid ester only for the preservation of especially important architectural details, which otherwise could not be saved; a measure, which of course has to be prepared properly by measurements of temperature, humidity, penetration depth and salt extraction in the respective parts. Considering the unique importance of the monuments in Petra the question of using consolidants will be treated with utmost reserve.

Alveoles are like cracks defects in the façades and allow the penetration of water (figs. 13, 14). They have to be closed by filling mortars after preparation of the caverns, from which salt and morbid particles have to be scratched out before. In order to minimize shrinking fissures of the mortar in bigger caverns, the volume of the material will be reduced in the same way as the Nabataeans did namely by insertion of sandstone pieces, the physical properties of which should correspond to that of the surrounding lithological layers. The respective pigmentation of the mortar can be obtained by adding the local coloured sands. But in this case it is not reasonable to follow article 12 of the Charter of Venice too

de Löcher in einer gestalteten Oberfläche. Wenn sie geschlossen werden, ist ein Schaden behoben, die Fassadenfläche optisch wieder geschlossen, und es besteht kein Grund, etwa durch Zurückversetzen des Füllmörtels anzuzeigen, daß hier einmal ein Loch gewesen ist. Der Nachweis über die angetroffenen und ausgebesserten Schäden wird über die Vorzustandsdokumentation und Schadenskartierung geführt. Das ist eine der Aufgaben der Dokumentation.

Die Abdichtung aller horizontalen Oberflächen ist eine ebenso wichtige Konservierungsmaßnahme wie das Schließen aller Öffnungen in der Fassadenfläche, d. h., daß vor allem alle durch Auswitterung auf den Gesimsen entstandenen Mulden, in denen sich das Wasser nach Regenfällen sammelt und stehen bleibt und langsam durch das Gesims sickert, durch Mörtel ausgeglichen und abgedeckt werden müssen. Wenn diese Flächen abgedichtet sind und der Wasserablauf gewährleistet ist, ist eine der augenscheinlichsten Schadensursachen behoben. Die Sicherung durch Mörtel war, wie andere Monumente gezeigt haben, eine gängige Präventivmaßnahme der Nabatäer. An Monument 636 z. B. wurde der vorgefundene Abdeckmörtel mehrlagig und mit unterschiedlicher Zusammensetzung aufgebracht (Abb. 15). So wurden mögliche Schwundrisse einer Schicht durch die darüberliegende abgedeckt. Es konnte aber noch nicht geklärt werden, ob mehrlagige Abdeckmörtel ursprünglich in dieser Form aufgebracht wurden oder Ergebnis späterer Wartungs- oder Reparaturarbeiten sind. Diese Abdeckmörtel, welche bei Bedarf erneuert werden können, verhinderten damals und verhindern auch heute ein Abwittern der massiven Horizontalflächen und verhindern bei der Verwendung von Vierungen zudem das Eindringen von Wasser in die Fugen zwischen den einzelnen Werkstücken.

Solche prophylaktischen Maßnahmen zeigen, wie sehr den Nabatäern bewußt war, welche Schäden Wasser anrichten kann. Deswegen schufen sie u. a. auch bei vielen, vor allem auch bei den wichtigeren Monumenten oberhalb der Fassaden Wasserableitungen in Form von Kanälen und Drainagen (Abb. 16), die inzwischen ausnahmslos durch Sand zugeweht oder durch Ausbrüche und Abwitterung wirkungslos geworden sind. Diese Systeme wieder funktionstüchtig zu machen, ist ebenfalls eine der wichtigen Maßnahmen zur Beseitigung von Schadensursachen.

Hauptschadensfaktor ist aber auch das Wasser, das langsam durch die Bergmassive sickert, die Fassaden oft anhaltend von hinten durchfeuchtet oder in Form von aufsteigender Feuchtigkeit auf die unteren Fassadenbereiche einwirkt und für den Transport von Salzen sorgt (Abb. 11). Dieser Durchfeuchtung ist bei den Felsmonumenten in Petra sehr schwer entgegenzuwirken.

Eine horizontale Sperre ist bei Bauwerken wirksam, weil der Feuchtetransport über die Mauerwerksohle in die Wand auf diese Weise unterbunden werden kann. Dies kann jedoch bei den allseitig mit dem gewachsenen Fels verbundenen Grabfassaden, die weiterhin aus dem Gestein Feuchtigkeit beziehen, nicht der Fall sein. Eine Horizontalisolierung wird bei allseitig möglichem Feuchteanfall sinnlos, außerdem besteht die Gefahr, daß dadurch Schadenszonen vollkommen unkontrolliert in andere Fassadenbereiche verlagert werden. In einigen Fällen allerdings scheinen Schäden durch stehendes Wasser, das sich nach Regenfällen vor den Fassaden angesammelt hat, entstanden oder zumindest intensiviert worden zu sein (Abb. 12). Diese Wasseransammlungen konnten sich erst im Laufe der Zeit durch unkontrollierte Geländeänderungen, wie zum Beispiel Anschwellen von Sand und Gestein oder Verschüttungen, wie auch durch den Verfall ehemals vorhandener Drainagen, entste-

literally, which says that the 'replacement of missing parts (...) must be distinguishable from the original, so that the restoration does not falsify the artistic or historic evidence.' Close reading of this passage, if not intelligently interpreted, too often had an impairing effect upon the overall appearance of the works of art, because in that case the repairs obtain the same importance as the original. Alveoles are nothing else but irritating holes in the façade. To close them means to repair a damage. The surface is optically intact again and there is no reason why it should be indicated that there was once a hole by differentiating between the fillings and the architectural surface in depth. The existing damages and their repair have to be documented in any case by an assessment of the 'as-found' state of preservation and the report of the execution of restoration work. This is one of the tasks of documentation.

The protective sealing of horizontal surfaces is an even more important measure. Troughs, caused by backweathering in the surface of horizontal elements of the architecture, are like small reservoirs retaining rainwater, which slowly penetrates through the cornices. They must be closed and the whole uneven surface should be covered with a protective mortar. If these surfaces are sealed so that the water can drip off again over the edge of the cornice, one of the most obvious causes for deterioration will be abolished. This kind of protection by mortars was one of the common preventive measures taken by the Nabataeans, as can be observed clearly from monuments like No. 636 (fig. 15). Here the protective mortar consists of several layers with different material compositions. Thus possible shrinking fissures in one layer could be covered by the other. It could not be cleared until now however, whether this type of mortar originally con-

Abb. 16. Grab 826, Wasserableitung oberhalb des Zinnengiebels
Fig. 16. Tomb 826, water drainage above the crenellated pediment

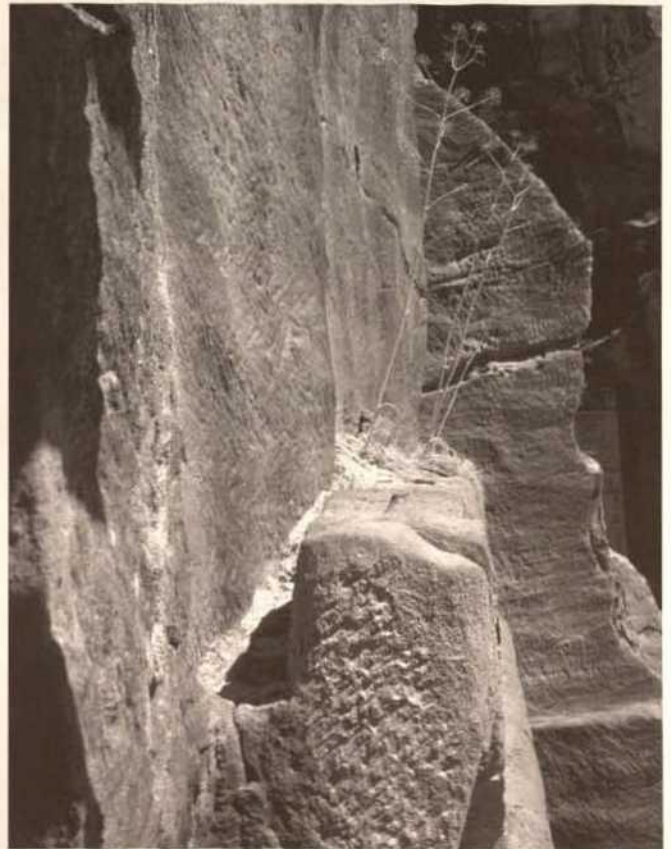
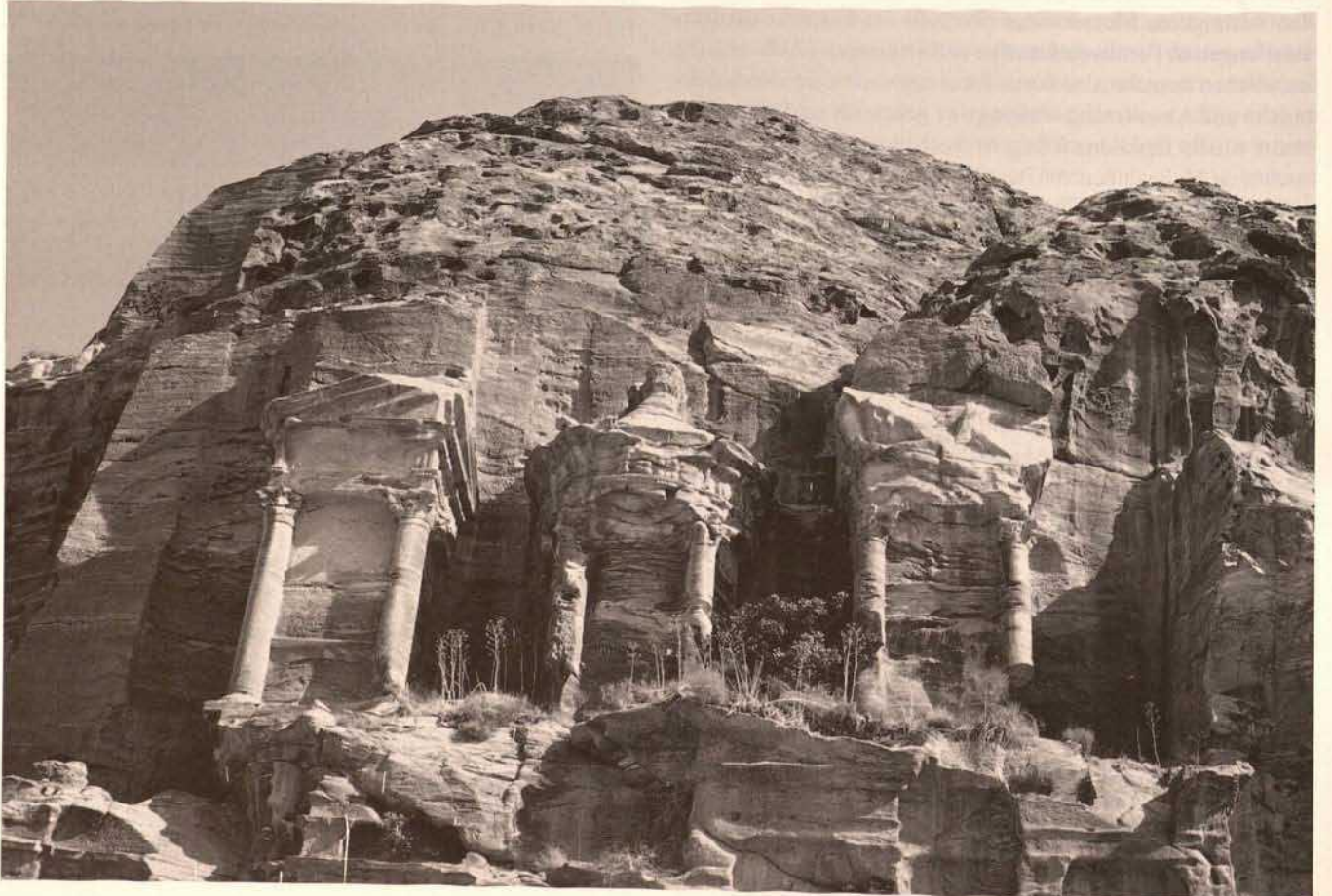




Abb. 17. Korinthisches Grab und Palastgrab / Fig. 17. Corinthian Tomb and Palace Tomb

Abb. 18. Korinthisches Grab, Pflanzenbewuchs / Fig. 18. Corinthian Tomb, verdure



hen. In solchen Fällen kann auf ganz einfache Weise durch Anlegen von Wasserabflußgräben oder Geländeänderungen vor dem Monument, welche für eine Wasserableitung sorgen, eine Verbesserung der Situation erreicht werden.

Bewuchs ist außer den Verwitterungsprozessen ein Mittel der Natur, von Menschenhand gestaltete und damit aus ihrem Zusammenhang herausgelöste Werke wieder in einen Naturzustand zurückzuführen (Abb. 17, 18). Die Begrünung der Fassaden in Petra ist romantisch und gliedert sie in zunehmendem Maße der natürlichen Umgebung ein. Sie hat aber nie zur Architektur der Monumente gehört. Pflanzen sind in den architektonisch gestalteten Fassaden Schadensfaktoren, weil sie Feuchtigkeit, die auf den Stein einwirkt, zurückhalten und ihre Wurzeln Sprengwirkung ausüben. Ihre Entfernung ist deshalb notwendig, aber mit der größten Vorsicht vorzunehmen, weil in manchen Teilbereichen gleichzeitig Sicherungsmaßnahmen des bereits gelockerten Gesteins durchgeführt werden müssen.

Materialgerechtigkeit

Die bei der Konservierung der Sandsteinfassaden verwendeten Verfüll- und Ersatzmassen müssen der vorhandenen Materialzusammensetzung der historischen Monumente weitestgehend entsprechen. Nach eingehender Prüfung haben sich Kieselsolemörtel, die unter wesentlicher Beteiligung von Restaurator Egon Kaiser entwickelt wurden und sich vorderhand bestens bewährt haben, am zweckdienlichsten erwiesen. Kieselsolemörtel werden wie Sandstein durch ihre Korngrößenverteilung und Bindemittel charakterisiert und können in unterschiedlicher Konsistenz eingesetzt werden. Sie sind in Härte, Aussehen und Zusammensetzung sandsteinähnlich und haben auch bei Massenabtrag und Bewitterung ein kongruentes Alterungsverhalten. Kieselsolemörtel sind als Verfüllmörtel von Rissen und Alveolen, als Gesimsabdeckung wie auch für kleinvolumigere Ergänzungen zu verwenden. Verdünnt können sie ebenso zum Hinterspritzen von Schalen, hohlen Stellen oder aufblätternen Partien verwendet werden. Sie können den lithologischen Schichten entsprechend ausgemischt und durch farbige Sande auf den Farbton der Umgebung eingestimmt und zudem bis auf die Nullfläche auslaufend angetragen werden, was sie für Ausbesserungsarbeiten besonders geeignet macht. Es bietet sich mit dieser Masse also die Möglichkeit, beim Verfüllen, Ersatz, Abdecken und Hinterspritzen bei einem einzigen Material zu bleiben. Für die Herstellung von Abdeckmörteln würde sich auch die Möglichkeit anbieten, die historischen Mörtel nachzubauen. Ob dies Vorteile bietet, muß erst durch Versuche festgestellt werden. In den Fällen, in denen der Einsatz von Steinfestigern erforderlich oder sinnvoll ist, wird, ebenfalls aus Gründen der Materialverträglichkeit, nur Kieselsäureester zum Einsatz kommen.

Historische Techniken

Ein Teil der Maßnahmen zur Behebung der Schadensursachen kann mit den in Petra festgestellten historischen Techniken der Nabatäer durchgeführt werden, wie z. B. Gesimsabdeckung mit Mörtellagen, Anlage oder Reparatur von Wasserableitsystemen, in einzelnen Fällen Ergänzung fehlender Teile durch Werksteine. Da die Werksteine in nabatäischer Zeit wegen der großenteils vorhandenen Verputze nicht sichtbar gewesen sind, bleibt es Versuchen und späteren Entscheidungen überlassen, ob die Er-

sistenz von unterschiedlichen Schichten oder wenn es das Ergebnis späterer Instandhaltung oder Reparaturarbeiten ist. Diese Schutzmörtel, die erneuert werden können, wurden in nabatäischen Zeiten und verhindern heute das Verwittern der horizontalen Oberflächen, ebenso wie die Infiltration von Wasser in die Fugen, in denen Stein-Einlagen verwendet wurden.

Preventive Maßnahmen dieser Art zeigen, daß die Nabatäer dies sehr gut wußten, wieviel Wasser die Ursache von Schäden sein konnte. Deshalb bauten sie Drainagen und Kanäle oberhalb vieler Fassaden (Abb. 16), besonders der wichtigeren, die inzwischen als ineffektiv erwiesen wurden, weil sie sich mit Sand gefüllt hatten. Es wird deshalb zu den wesentlichen Operationen gehören, sie wieder in Funktion zu bringen.

Ein Hauptfaktor des Verfalls ist auch Wasser, das langsam durch den Felsmassiv dringt, die Fassaden kontinuierlich von hinten oder in Form von kapillarer Feuchtigkeit auf der Innenseite der Fassaden durch den Transport von Salzen (Abb. 11). Diese Art von Feuchtigkeit kann in den Felsmonumenten von Petra nicht beseitigt werden.

Horizontale Isolation ist für Gebäude gut, weil in diesem Fall die Feuchtigkeit aus dem Boden in die Wände effektiv abgeblockt werden kann. Dies ist bei den Grabenfassaden nicht der Fall, da diese mit dem umgebenden Fels verbunden sind, durch den Wasser von allen Seiten eindringen kann. Unter diesen Umständen ist eine horizontale Isolation sinnlos und könnte sogar schädlich sein, da die Schäden durch Wasser von anderen Teilen der Architektur unkontrollierbar verschoben werden könnten. In manchen Fällen könnten die Schäden in den unteren Zonen entstanden sein oder durch Wasser verstärkt werden, das sich nach Regenfällen vor den Gräbern ansammelt (Abb. 12). Die Ursache ist die Verschlechterung durch Wind- oder wassergetriebene Geröll-, Sand- und Schluffablagerungen. In solchen Fällen kann die Situation durch die Anlage von Kanälen oder die Veränderung des Geländes vor dem Monument verbessert werden, so daß das Wasser abfließen kann.

Vegetation ist – abgesehen von der Verschlechterung – ein wirksames Mittel der Natur, um man-made Gebäude und Stätten (Abb. 17, 18) wieder zu integrieren. Die Vegetation gibt der Architektur ein malerisches und romantisches Gepräge und integriert sie immer mehr in die natürliche Umgebung. Aber sie war nie als Teil der Architektur der Monumente gedacht. Für die Architektur sind Pflanzen eine Ursache von Schäden, weil sie Feuchtigkeit speichern, die mit dem Sandstein reagiert, und weil ihre Wurzeln einen Splittereffekt auf den Fels haben. Ihre Entfernung ist eine Vorsichtsmaßnahme, die mit größter Sorgfalt durchgeführt werden muß, da in vielen Fällen gleichzeitig Konsolidierungsmaßnahmen an lockerem Felsmaterial gleichzeitig durchgeführt werden müssen.

Compatibility of Materials

Materialien wie Reparaturmörtel oder Steinersatz, die bei der Konservierung der Sandsteinfassaden verwendet werden, müssen den Materialeigenschaften der historischen Monumente oder zumindest harmonisch mit ihnen sein, soweit dies möglich ist. Nach gründlicher Untersuchung der Sandsteine von Petra, Silica-Solemörtel, die entwickelt wurden, mit der wesentlichen Beteiligung des Konservators Egon Kaiser, erwies sich als das geeignete Material. Silica-Solemörtel sind wie Sandstein durch ihre Korngrößenverteilung und Bindemittel charakterisiert und können in verschiedenen Konsistenzen verwendet werden. Sie sind dem Sandstein in ihrer Härte, ihrem Aussehen und ihrer allgemeinen Zusammensetzung ähnlich und zeigen in ihrer Massenreduktion und Verwitterung kongruente Alterungscharakteristika. Sie können be-

gänzungen, die vorgenommen werden können, so wie die heute noch vorhandenen nabatäischen, sichtbar bleiben oder durch Einsatz von Kieselsolmassen kaschiert werden sollen.

Reversibilität

Die wichtige Forderung der Denkmalpflege, Restaurierungsmaßnahmen, wenn gewünscht, wieder rückgängig machen zu können, ist bei manchen Restaurierungsvorgängen technisch nur bedingt, bei vielen überhaupt nicht möglich. In Petra hingegen kann dieser Idealforderung weitestgehend entsprochen werden: Abdeckmörtel, eingesetzte Werksteine und Untermauerungen können ohne Schaden für das Original wieder entfernt und die zum Verfüllen und für Ergänzungen verwendeten Kieselsolmassen mechanisch, mit Mikrosandstrahl sogar bis auf den letzten Rest, von der Sandsteinoberfläche rückstandsfrei wieder abgenommen werden. Daß dieses möglich ist, ist bei den Arbeiten an Monument 825, welches als erstes Monument in Petra derzeit restauriert wird, schon positiv bewiesen worden. Durch die Einarbeitung der einheimischen Kräfte sind Antrags- und Ausmischfehler vorgekommen, durch starke Salzaktivität waren viele Verfüllungen binnen kurzer Zeit wieder zersetzt, so daß viele Reparaturen erneuert werden mußten. Diese Prozedur war ohne Rückstand und Beschädigung der originalen Substanz möglich. Lediglich Anker und Vernadelungen sind nicht mehr problemfrei aus dem Fels zu lösen, die Tränkung mit Steinfestigern ist irreversibel. Das ist einer der Gründe, warum diese Technologien nur mit größter Zurückhaltung eingesetzt werden.

Das für die Restaurierung der Grabfassaden in Petra entwickelte Rahmenkonzept steht mit den Forderungen der Charta von Venedig und der modernen, wissenschaftlich orientierten Denkmalpflege, d. h. den Forderungen nach Denkmalverträglichkeit aller Konservierungs- und Restaurierungsmaßnahmen, in Einklang und setzt somit die allgemein gültigen internationalen Standards in die Praxis um. Unter allgemein gültigen internationalen Standards sind solche zu verstehen, die durch internationale Gremien festgelegt und von anerkannten Experten bei der Erhaltung des kulturellen Erbes auf höchstem Niveau zugrunde gelegt werden. Durch diese Standards sind Methoden und Vorgehensweisen festgelegt, welche die schonende, objektverträgliche Instandsetzung und die Erhaltung der Authentizität der Monumente zum Ziel haben. Daraus folgt, daß der in Petra beschrittene Weg, die Restaurierungskonzepte, die Wahl von Materialien und Methoden nicht eine Frage von verschiedenen Schulen, Ansichten oder Möglichkeiten, sondern eine Frage der Grundsätze der Denkmalpflege sind. Die Frage z. B., ob mineralische Steinfestiger oder Kunstharze an einer Fassade in Petra zum Einsatz kommen, ist keine Frage möglicher Alternativen, keine Frage persönlicher Ansichten, die vielleicht durch andere ersetzt werden können, sondern eine Frage der Wahl denkmalverträglicher oder denkmalunverträglicher Substanzen. Solche Entscheidungen, die aufgrund von Erfahrungen und Wissen, aufgrund der Ergebnisse von Analysen und Testserien getroffen werden, sind ausschließlich eine Frage der Standards und des Niveaus durch das eine Restaurierungskampagne gekennzeichnet ist.

In Petra sind manchem möglichen Eingriff durch die Einheit von Kunst und Natur, d. h. Architektur und gewachsenem Fels, Grenzen gesetzt. Es muß akzeptiert werden, daß es nicht beeinflussbare Schadensprozesse gibt, die, bedingt durch die natürli-

used as filling material for cracks and alveoles, as protective layers, as well as for the replacement of smaller outbreaks. Diluted they are also qualified for consolidating hollow, scaling or bedding parts by injections. They can be mixed in correspondence with the respective lithological layers and adapted to the changing colour of the sandstone by adding the coloured local sands. Thus silica sol mortars offer the ideal possibility to treat the monuments with only one material for fillings, repair, protection and injection. For the protective mortar a reconstruction of the historical mortars could, of course, principally also be taken into consideration, if – after tests and long term observation – this method turns out to be advantageous. In those cases, where the use of consolidants seems to be necessary, only silicic acid esters will be chosen, also because of their compatibility with the material properties of sandstone.

Historical Techniques

Part of the restoration measures at Petra can be carried out in terms of the historical techniques of the Nabataeans, namely the construction or repair of water drainages, the protection of cornices by mortars, the completion of cornices and other architectural elements by insets or dressed stone blocks. Insets made by the Nabataeans were not visible in former times, because the façades were coated with plaster. It must therefore be left up to tests and later decisions, whether the necessary replacements should remain visible, as the Nabataean repairs are today, or if they should better be made invisible by a coating of silica sol mortar.

Reversibility

The crucial claim of conservation to guarantee reversibility of interventions and materials, is in some of the restoration measures in technical terms only partially to be realized, in many cases not at all. In Petra, to the contrary, most of the operations can be carried out in keeping with that rather ideal claim: protective mortars, insets and undersets, if carried out properly, can be removed again without leaving any traces on the monuments. Fillings and repairs with silica sol mortar can be taken away mechanically, with air brasive even the smallest remains. That this is possible was already proved during the restoration work on Tomb 825, the first tomb which is at present undergoing restoration. Due to the training-on-the-job of local workers during the first restoration campaign in Petra, mistakes in mixing and applying the mortar occurred, so that several repairs and fillings as well as those damaged by salt activity had to be renewed. These procedures have been executed without leaving traces or causing any damages to the monument. Only steelneedles or anchors cannot be removed without problems whereas consolidants are irreversible. This is one of the reasons why these technologies are applied only with the utmost reserve.

The preservation concept for the tomb façades in Petra has been developed in accordance to the claims of the Charter of Venice and the modern, scientifically orientated practice of preservation, i. e. with the claims of compatibility of all conservation and restoration measures with the properties of the monuments and thus transformed the generally valid international standards into the practice of conservation. International standards are those which are agreed upon by international expert

chen Gegebenheiten, schon seit zwei Jahrtausenden ablaufen. Trotzdem wird durch Stabilisierung, Konservierung und Schutz vor schädigenden Umwelteinflüssen die Existenz dieser Weltkulturdenkmalen entscheidend verlängert und, wenn das „Conservation and Restoration Center in Petra“ zu einer funktionsfähigen Einrichtung geworden ist, durch kontinuierliche Pflege hoffentlich auch langfristig abgesichert werden können.

Abbildungsnachweis

HELGE FISCHER, AMMAN: *Abb. 13*
EGON KAISER, OBERSCHNEIFELD: *Abb. 3*
MICHAEL KÜHLENTHAL, MÜNCHEN: *Abb. 1, 2, 4-9, 14-18*
PAUL WERNER, MÜNCHEN: *Abb. 10-12*

Photo Credits

HELGE FISCHER, AMMAN: *Fig. 13*
EGON KAISER, OBERSCHNEIFELD: *Fig. 3*
MICHAEL KÜHLENTHAL, MUNICH: *Figs. 1, 2, 4-9, 14-18*
PAUL WERNER, MUNICH: *Figs. 10-12*

teams and which are the criteria of the decisions of acknowledged specialists in the preservation of the cultural heritage on the highest level. By these standards, methods and procedures are stipulated which aim at a careful and compatible conservation and maintenance and thus at the preservation of the authenticity of the monument. As a consequence the methodological procedures, the conservation concept, the choice of materials and the methods applied in Petra are not a question of schools, opinions and possible alternatives but rather a question of preservation principles. The choice of mineral consolidants or artificial resins at the façades in Petra for instance is not a question of alternatives or personal opinions which could be replaced by others, but a question of compatibility or incompatibility of materials. Such decisions taken on the basis of experience, knowledge and the results of analyses and test series are exclusively a question of facts and standards by which a restoration measure is characterized.

In Petra the realization of some possible interventions is limited because of the unity of art and nature, i. e. the unity of elaborated architecture and natural rock. It must be accepted that there are processes of deterioration, which developed slowly over the past 2000 years and which cannot be influenced. Nevertheless there are possibilities to prolong the existence of these cultural heritage monuments by stabilization, conservation and protection against further environmental damages, especially by continuous care, when the Conservation and Restoration Center in Petra will have become an efficiently working institution.

Translation from the German into English by Susan Tipton and the author