DNV



3.1

Stand: Juni 2011

Bautechnische Information Naturwerkstein

Erhaltung historischer Bauwerke

NATUR STEIN

naturwerkstein

GLIEDERUNG

1. Bauwerksunterhaltung ... 4
   1.1 Wartungsarbeiten ... 4
   1.2 Handlungsbedarf ... 4
   1.3 Einleitung einer denkmalgerechten Sanierungsmaßnahme ... 4
   1.4 Regeln der Technik ... 5
   1.5 Die erfahrenen Fachberater ... 6
2. Weiterführende Schritte ... 6
3. Baubeteiligte ... 7
4. Bestandsaufnahme ... 7
   4.1 Baugeschichtliche Bestandsaufnahme ... 7
   4.2 Schadenskartierung ... 8
   4.3 Maßnahmenkartierung ... 8
   4.4 Ausführungskartierung ... 8
   4.5 Dokumentation ... 8
5. Begriffsbestimmungen ... 9
   5.1 Konservieren ... 9
   5.2 Restaurieren ... 9
   5.3 Renovieren ... 9
   5.4 Sanierung ... 9
   5.5 Rekonstruktion ... 9
6. Schäden und Schadensursachen ... 10
   6.1 Einflüsse aus Natur/Umwelt ... 10
   6.2 Einflüsse aus der vorhandenen Konstruktion ... 13
   6.3 Einflüsse aus unsachgemäßen Baumaßnahmen ... 14
7. 30 Jahre Forschung am Steinzerfall ... 15
8. Allgemein anerkannter Stand der Technik in der Denkmalpflege ... 16
9. Schadensbericht, Maßnahmenkatalog ... 16
10. Bauliche Maßnahmen ... 17
   10.1 Steinaustauch ... 17
   10.2 Steinersatz durch Mörtel ... 19
   10.3 Steinkonservierung ... 20
   10.4 Reinigung ... 21
   10.5 Fug- und Versetzmörtel ... 22
11. Wettbewerb für das ausführende Handwerk ... 23
12. Anforderung an den ausführenden Fachbetrieb ... 23
13. Musterfeld ... 24
14. Hinweise zur Leistungsbeschreibung ... 24
15. Dokumentation ... 25
16. Abnahme von Bauleistungen ... 25
17. Literaturverzeichnis ... 26

Vorwort

Seit der Mensch baut, kämpft er gegen den natürlichen Zerfall seiner Bauwerke. Wasser, Witterungseinflüsse, aber auch falsche Anwendungstechniken beschäftigten seit jeher die Beteiligten. Über Jahrtausende schufen Steinmetze und Bildhauer nicht nur Neues, sondern reparierten auch permanent die Meisterwerke ihrer Vorfahren. Ohne Instandsetzungsarbeiten an historischen Bauwerken griechischer, römischer und mittelalterlicher Objekte wäre unsere Kultur um vieles ärmer.

Den Tiefpunkt im Denkmalschutzgedanken erlebte Deutschland ab Ende des 2. Weltkriegs bis ca. 1965. Das Buch von Architekt Dr. Erwin Schleich „Die 2. Zerstörung Münchens“ gibt u.a. Hinweise auf den damaligen Zeitgeist. Viele Jahre Diskussion über die Sanierung der Alten Pinakothek München haben bewirkt, dass vom Sanierungsbedarf des Konzepts aus dem Jahr 1961 mit ca. 1.000 m³ Neusteinbedarf 15 Jahre später max. 10 m³ Neusteine eingesetzt wurden, da die Steinkonservierung im Vordergrund stand.

In mehr als 30 Jahren „Forschung am Steinzerfall“ wurde vieles erreicht und manches bestätigt, was bisher bekannt, aber nicht erklärbar war. Trotz vieler wissenschaftlicher Arbeiten wurden aber sehr schnell die Grenzen erkennbar, wo Laborergebnisse praxisbezogen unter Baustellenbedingungen von Handwerkern umgesetzt werden sollten.

Nahezu von der Wissenschaft unbemerkt, gibt es seit 20 Jahren das Berufsbild „Steinmetz und Steinmetzbildhauer in der Denkmalpflege“ sowie seit 15 Jahren die Aufstiegsfortbildung von Steinmetzmeister, Steintechniker zum „geprüften Restaurator im Steinmetz- und Steinbildhauerhandwerk“. Diese Fachleute sind aufgrund ihrer Ausbildung, der Kenntnisse am Naturstein, der handwerklichen Be- und Verarbeitung, der Schadenskartierung das Bindeglied zwischen Bauherr, Architekten, Denkmalpflege und Wissenschaft.

Historische Bauten aus Naturwerkstein wurden von Steinmetzen erbaut und müssen von diesen Fachleuten auch in Zukunft erhalten werden.

1. Bauwerksunterhaltung

1.1 Wartungsarbeiten

Der Eigentümer eines Bauwerks hat die Wartungspflicht, d.h. er muss grundsätzlich für die öffentliche Sicherheit des Bauwerks sorgen. Mit geringem Aufwand kann das Bauwerk in bestimmten Abständen beispielsweise mit einem Hubsteiger zur Überprüfung des Fugennetzes, zur Aufspürung absturzgefährdeter Bauteile, eventuell gestörter Wasserführung und ähnliches abgefahren werden.

Für diese Leistung sollte der Bauherr vorhandene Pläne bereithalten, in denen der Kontrolleur die Schadensbilder einzeichnen kann und als Grundlage für eine Schadenfortschreibung dienen. Grundsätzlich besteht nicht bei jedem Schadensbild Handlungsbedarf, es sei denn, es bedroht die öffentliche Sicherheit oder verursacht Folgeschäden (wie z.B. unzureichende Wasserableitung).

1.2 Handlungsbedarf

Handlungsbedarf kann entweder bei den Wartungsarbeiten festgestellt werden oder ist durch absturzgefährdete Bauteile gegeben. In diesem Fall hat der Bauherr unverzüglich zu handeln durch: Absperrmaßnahmen, Schutzgerüst, Schutznetze.

Kontrolle und Beseitigung der schadensverursachenden bzw. geschädigten Bauteile, vorübergehende Sicherungsmaßnahmen – im Idealfall direkt an den schadhaften Bauteilen – als Sofortmaßnahmen.

1.3 Einleitung einer denkmalgerechten Sanierungsmaßnahme

Bei der Suche nach erfahrenen Planern regelt der Gesetzgeber den zu erbringenden Standard:

Strafrecht – Auszug aus dem Strafgesetzbuch:

„§319 Baugefährdung

(1) Wer bei der Planung, Leitung oder Ausführung eines Baues oder des Abbruchs eines Bauwerks gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik verstößt und dadurch Leib oder Leben eines anderen Menschen gefährdet, wird mit Freiheitsstrafe bis zu 5 Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

(2) Ebenso wird bestraft, wer in Ausübung eines Berufs oder Gewerbes bei der Planung, Leitung oder Ausführung eines Vorhabens, technische Einrichtungen in ein Bauwerk einzubauen oder eingebaute Einrichtungen dieser Art zu ändern, gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik verstößt und dadurch Leib oder Leben eines anderen Menschen gefährdet.

(3) Wer die Gefahr fahrlässig verursacht, wird mit Freiheitsstrafe bis zu 3 Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

(4) Wer in den Fällen der Absätze 1 und 2 fahrlässig handelt und die Gefahr fahrlässig verursacht, wird mit Freiheitsstrafe bis zu 2 Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.“

1.4 Regeln der Technik

1.4.1. Allgemein anerkannte Regeln der Technik

Sie entwickeln sich aus einer „Regel der Technik“. Sie entstehen, wenn keine Einwände gegen eine erarbeitete Regel bestehen. Sie entsteht ferner, wenn Ergänzungs- oder Änderungsvorschläge zu einer Regel in deren aktuellen Fassung berücksichtigt wurden und die Mehrzahl der Fachleute, die diese Regel anzuwenden hat, von ihrer Richtigkeit überzeugt ist.

Allgemein anerkannte Regeln der Technik setzen demnach voraus, dass die Mehrzahl der Fachleute, die sie anzuwenden hat, davon überzeugt ist, dass die Regeln den sicherheitstechnischen Anforderungen entsprechen. Es ist unerheblich, ob einzelne Fachleute oder kleine Gruppen von Fachleuten die Regeln nicht anerkennen (oder überhaupt nicht kennen). Maßgebend ist die allgemeine Durchschnittsmeinung, die sich in den Fachkreisen gebildet hat. Die Regeln müssen in der Praxis erprobt sein und sich allgemein bewährt haben. Es genügt nicht, dass nur im Fachschrifttum die Ansicht oder an Fachschulen die Lehrmeinung vertreten wird, eine bestimmte Regel entspreche den technischen Erfordernissen.

Bei DIN-Normen, VDE-Bestimmungen, VDI-Richtlinien und Technischen Regelwerken der anerkannten Fachverbände ist davon auszugehen, dass diese die allgemein anerkannten Regeln der Technik wiedergeben.

1.4.2 Stand der Technik

Der rechtliche Maßstab für das Erlaubte oder Gebotene wird hierdurch an die Front der technischen Entwicklung verlagert, da die allgemeine Anerkennung und die praktische Bewährung allein für den Stand der Technik nicht ausschlaggebend sind; hier müssen die Behörden und die Gerichte in Meinungsstreitigkeiten der Techniker eintreten, um zu ermitteln, was technisch notwendig, geeignet, angemessen und vermeidbar ist.

1.4.3 Stand von Wissenschaft und Technik

Mit dem Bezug auf den Stand von Wissenschaft und Technik übt der Gesetzgeber einen noch stärkeren Zwang dahin aus, dass die rechtliche Regelung mit der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung Schritt hält. Es muss diejenige Vorsorge gegen Schäden getroffen werden, die nach den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen für erforderlich gehalten wird. Lässt sie sich technisch noch nicht verwirklichen, darf die Genehmigung nicht erteilt werden; die erforderliche Vorsorge wird mithin nicht durch das technisch gegenwärtig Machbare begrenzt.

1.4.4 Auszug aus einem Referat Hanseatischer Sanierungstage

Nachfolgend ein Auszug aus einem Referat anlässlich Hanseatischer Sanierungstage 2008 auf Grundlage eines BGH-Urteils vom 08.11.2007 und eines OLG-Urteils von 1981:

„Diese für sich genommen für das ausführende Unternehmen kritische Rechtsprechung des BGH wird in den Fällen denkmalgeschützter Immobilien noch potenziert. Immer dann, wenn das ausführende Unternehmen ein Objekt saniert, das ersichtlich unter Denkmalschutz steht – insbesondere wenn der Bauherr hierauf in den Ausschreibungsunterlagen hinweist – modifiziert dies automatisch den werkvertraglich geschuldeten Erfolg. Jede Sanierungsmaßnahme, die die denkmalrechtliche Unterschutzstellung durch Zerstörung der Denkmalsubstanz gefährdet, ist aus sich heraus mangelhaft.

Die Sanierung unter Denkmalschutz stehender Objekte erfordert zudem nicht selten die Anwendung historischer oder nicht erprobter Sanierungsmaßnahmen, damit die denkmalgeschützte Substanz bzw. der denkmalgeschützte Baustoff saniert und nicht durch einen neuen Baustoff ersetzt wird. Gerade wegen der möglichen Erforderlichkeit solcher nicht alltäglicher Verfahren muss stets bewusst sein, dass allein mit dem Vertragsschluss der Unternehmer zum Erfolg verdammt ist.

Auch ein weiterer Aspekt ist in diesen Fällen durchaus beachtenswert. Wir hatten eingangs erfahren, dass im VOB/B-Verfahren ausdrücklich und in BFB-Werkverträgen üblicherweise das Werk auch den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen muss.“

1.4.5 Schlussfolgerung

Nach der Rechtssprechung sind grundsätzlich **die allgemein anerkannten Regeln der Technik** zu beachten, die sich in der Baupraxis unter den projektspezifischen Randbedingungen langjährig bewährt haben müssen. Sonderlösungen sind aufgrund der ungeklärten Haftungs- und Gewährleistungsrisikien nicht zu empfehlen. Historische Bauwerke sind keine Versuchsflächen für experimentelle Bauweisen.

1.5 Die erfahrenen Fachberater

Aus diesen juristischen Forderungen für den Schutz für Leib und Leben werden bereits Weichen gestellt, welche Qualifikation alle am Objekt Beteiligten mitzubringen haben:

– baugeschichtliche Erfahrungen,

– Fachkenntnisse im Naturstein, seiner Be- und Verarbeitung, Langzeiterfahrung für die Einschätzung von Schadensbildern,

– Sanier- und Reparaturtechniken, die den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen, unter Beachtung von evtl. Wasser- und Salzbelastungen im Bauwerk,

– langjährige Erfahrung im Umgang mit Fugensanierung,

– denkmalgerechte Dokumentation.

Daraus ergibt sich, dass Wissenschaftler alleine aufgrund ihrer Ausbildung überfordert sind und derartige Maßnahmen nur gemeinsam mit den Praktikern lösbar sind. Laborergebnisse allein sind keine Basis für Ausführungsrezepturen, die unter Baustellenbedingungen zu realisieren sind.

Der Handwerker, der an der Ausführungsleistung interessiert ist, sollte darauf achten, dass er nicht zum „Opfer“ der deutschen Gesetzesgläubigkeit wird. Denn ist er im Zuge der Planung für den Architekten oder Bauherrn durch Beratung, Schadenskartierung, Mithilfe bei der LV-Erstellung tätig, wird er bei einem VOB-Auftrag aufgrund des §7 VOB/A „Mitwirken von Sachverständigen“ mit dem Hinweis „…diese Sachverständige dürfen weder unmittelbar noch mittelbar an der betreffenden Vergabe beteiligt werden…“ ausgeschlossen. Der Gesetzgeber stuft jeden als Sachverständiger ein, der kostenlos oder gegen Entgelt berät, wie z.B. Handwerker, Firmenvertreter. Aber gerade Fachfirmen werden später in der handwerklichen Umsetzung dringend benötigt.

2. Weiterführende Schritte

Ist die öffentliche Sicherheit wieder hergestellt, sollten weiterführende Maßnahmen eingeleitet werden:

Kontrolle der Bausubstand durch Fachleute, Feststellung des Schadenpotenzials mit Kostenermittlung für die notwendige Instandsetzung.

Als zweiter Schritt ist ein Treffen mit Eigentümer, Fachberater und zuständigen Behörden zur Besprechung der ersten Erkenntnisse zu empfehlen.

Bei größeren, wertvollen und denkmalgeschützten Objekten ist eine Archivforschung unerlässlich mit der Suche nach Absperrmaßnahmen, Schutzgerüsten, Schutznetzen, Kontrollen und Beseitigungen der schadensverursachenden bzw. geschädigten Bauteile.

Grundsätzliche Überlegungen sind z.B.:

a) Welche geschichtliche Bedeutung hat das Denkmal oder Gebäude?

b) Wie ist das Denkmal oder Gebäude als Dokument in seiner Umgebung einzuordnen?

c) Welche Bedeutung besitzt es für religiöse oder kulturelle Zwecke?

d) Wie war die bisherige Nutzung?

e) Wie soll die künftige Nutzung sein oder wie könnte sie aussehen?

f) Ist eine statische Gefährdung gegeben?

g) Wie ist der Zustand des Gesteins oder anderer Materialien augenscheinlich einzuschätzen?

h) Liegen Mängel vor, die erkennbar auf mangelnden Unterhalt zurückzuführen sind, z.B. Schäden am Dach und an der Regenableitung etc.?

3. Baubeteiligte

Vor Beginn einer größeren Maßnahme ist ein Fachgremium zu bilden, dessen Zusammensetzung sich nach der Art des Objektes richtet.

Beteiligte:

– Eigentümer des Gebäudes oder dessen Vertreter
– Städt. Denkmalpflege
– Landesdenkmalpflege
– Fachbüro mit langjähriger Erfahrung mit
  • Schadenskartierung
  • Maßnahmevorschläge
  • Ausschreibung, Vergabe
  • Fachbauleitung

Dieses Gremium wird – sofern es das Fachgremium für nötig hält – mit

– Statiker
– Kunsthistoriker
– Naturwissenschaftler und
– Prüflaborvertreter

aufgestockt.

Grundsätzlich muss aber

– Kartierung
– Maßnahmekatalog
– Leistungsverzeichnis, Technische Vorbemerkungen
– Technisch Angebotsprüfung und
– Fachbauleitung

in einer Hand bleiben, denn nur so ist die Durchgängigkeit gewährleistet mit der einzigen Möglichkeit, erprobte Saniertechniken auch durchzusetzen.

Alle Schritte werden mit dem Fachgremium besprochen.

Für evtl. Archivforschung geben die Denkmalämter stets weiterführende Hilfestellung.

4. Bestandsaufnahmen

In der heutigen Denkmalpflege haben sich folgende Darstellungen eines historischen Bauwerks als nützlich erwiesen:

– Baugeschichtliche Bestandsaufnahme (4.1)
– Schadenskartierung (4.2)
– Maßnahmenkartierung (4.3)
– Ausführungskartierung (4.4)
– Dokumentationskartierung (4.5)

4.1 Baugeschichtliche Bestandsaufnahme

Am Anfang steht die Bauforschung, Suche nach alten Plänen, Unterlagen über Konstruktion, vorausgegangene Sanierungen.

Mit, aber auch ohne alte Unterlagen, ist eine Fotogrammetrie als verformungsgerechtes Bestandsaufmaß zweckmäßig, um vorhandene Fugenschnitte, Architekturdetails u.a. genau zu erfassen.

In die Ansichtspläne gehören alle vorhandenen Baustoffe wie z.B. Putz, Ziegel, Holz, Blechabdeckungen, Dachanschlüsse etc.

Der vorgefundene Naturstein ist in seinem lithographischen Bestand aufzunehmen, inkl. evtl. Steinmetzzeichen, Wolfslöcher, Eisenklammer, Inschriften, Kleinkunstteile etc.

Auf der Basis von Plänen oder (besser) einer Fotogrammetrie, die von einem in Baugeschichte und Architektur erfahrenen Mitarbeiter originalgetreu zu ergänzen ist, werden u.a.

– Fugenschnitt, Steinbearbeitung
– Architekturdetails
– Fehlstellen
– Steinmetzzeichen
– Steinschäden
– Verfugungen
– Gerüstlöcher
– Zangenlöcher u.a.

händisch dargestellt, in den gängigen Architekturmaßstäben. Ferner sollen frühere, erkennbare Reparaturen dokumentiert werden.

4.2 Schadenskartierung (händisch oder digital)

Diese Kartierung enthält alle Schäden, die nach Augenschein und vorsichtigem Abklopfen erkennbar sind.

Es ist zu beachten, dass diese Kartierung den Ist-Zustand möglichst exakt erfassen und alle wesentlichen Erscheinungsbilder beinhalten muss, auch wenn sie später nur zum Teil in die Ausführungsplanung einfließt.

Die Schadenskartierung muss auch die originale Oberflächenbearbeitung aufzeigen, evtl. Randschlag.

Auf der Basis des Baugeschichtlichen Bestandsplans wird die Schadenskartierung erstellt, Stein für Stein, Fuge für Fuge, mit folgender Legende, die aber jeweils auf das zu bearbeitende Bauwerk abzustimmen ist:

- Steinvarianten
- Ausbruch
- Schalen
- Risse
- Fehlstellen
- Fugenzustand
- Eisen, Rost
- Salz
- Feuchte
- Krusten
- Hohlstellen
- absanden
- abschuppen
- spalten
- aufblättern
- Quaderverschiebungen
- Gefügezerstörungen
- abbröckeln
- Lager aufgehen
- vorhandene Mörtelantragungen
- vorhandene Vierungen
- Rückverwitterung
- Reliefbildung
- biologischer Bewuchs

Eine farbliche Darstellung in Anlehnung an die Legende von Fitzner ist wünschenswert.

4.3 Maßnahmenkartierung (händisch oder digital)

Da nicht jedes Erscheinungsbild der Schadenskartierung zu reparieren ist (z.B. alte Granatsplittereinschläge, Fehlecken, Fehlkanten, sofern sie nicht die Wasserführung tangieren), ist die Maßnahmenkartierung stets nicht deckungsgleich mit der Schadenskartierung.

Diese Kartierung (Beispiel siehe Seite 27) zeigt die geplanten Maßnahmen, wie z.B.

- Reinigung
- Krusten ausdünnen
- Verfugung
- Vierungen
- Steinaustausch
- Vernadelung
- Verfestigung
- Eisenteile ausbohren, Löcher verschließen
- konservatorische Maßnahmen, wie z.B. Schalen-Hinterfüllung
- Riss schließen
- Steinersatz-Antragungen
- Verblechungen u.a.

Aus der Schadenskartierung werden all die Erscheinungsbilder in die Maßnahmenkartierung aufgenommen, welche das Bauwerk schädigen.

Ferner werden unverzüglich alle notwendigen Untersuchungen eingeleitet.

All diese Leistungen setzen eine Ausbildung und jahrelange Erfahrung mit dem Baustoff „Naturwerkstein“ voraus.

4.4 Ausführungskartierung (händisch oder digital)

Die geplanten Maßnahmen nach 4.3 sind nicht mit den ausgeführten Maßnahmen identisch, da erst nach dem Öffnen der schadhaften Fugen, dem Ausbau defekter Steine oder nach dem Ausdünnen von Krusten der tatsächliche Aufwand der Sanierung erkennbar wird. Aus diesem Grund muss im Zuge der Ausführung die Kartierung fortgeschrieben werden (vom ausführenden Handwerker) und dient als Basis für die Dokumentation.

4.5 Dokumentation

Die Dokumentation enthält Maßnahmen der Sanierung, mit Produktbeschreibung, Rezepturen, Bautagebuch (für Temperaturen), Neusteinkenndaten usw. Der Umfang der Dokumentation ist in Abhängigkeit von den vorhandenen Planunterlagen genau zu definieren. Es ist festzulegen, ob die Dokumentation exemplarisch für die durchgeführten Maßnahmen sein soll, oder ob jede Maßnahme einzeln dargestellt werden muss.

Die Fachbauleitung überwacht die Maßnahme stichprobenartig, nachdem zuvor die Eignung auf ihre Langlebigkeit und Verträglichkeit anhand von Referenzen geprüft wurde.

5. Begriffsbestimmung

5.1 Konservieren

Konservierung kommt vom lat. conservare, was am sinnvollsten mit „bewahren“ oder „behüten“ übersetzt wird.

Ziel der Konservierung ist, weiteren Verlusten möglichst vorzubeugen, den Zustand zu sichern und den Verwitterungsprozess zu verlangsamen.

5.2 Restaurieren

Der Begriff Restaurieren leitet sich vom lat. restaurare ab und bedeutet „wieder herstellen“.

Ziel der denkmalpflegerischen Restaurierung ist, die zerstörte oder fehlende Originaloberfläche bis zum Zustand noch vorhandener Originalteile, jedoch nicht darüber hinaus, wiederzuerstellen. Also keine „Runderneuerung“ des Bauwerks, sondern nur eine Reparatur am Bestand.

5.3 Renovieren

Renovieren kommt vom lat. renovare und bedeutet „wieder wie neu machen“.

Eine Renovierung ist also der Schritt über das „Wiederherstellen“ hinaus. Diese Maßnahme vermittelt den optischen Eindruck eines neuen Bauwerkes.

5.4 Sanieren

Das Sanieren hat seinen Ursprung vom Wort sanare und bezeichnet die Begriffe „heilen“ oder „gesund machen“.

Die Sanierung umfasst im Allgemeinen die Maßnahmen, die statisch notwendig sind und die Funktionalität der Bauteile sichern. Daran schließt sich je nach denkmalpflegerischer Vorgabe eine Restaurierung oder Renovierung an, evtl. auch eine Rekonstruktion.

5.5 Rekonstruktion

Die Rekonstruktion ist die Möglichkeit, verloren gegangene, jedoch für die historische Bedeutung des Baudenkmals wichtige Bauteile oder Bauelemente wieder neu herzustellen oder in verbleibende Bauwerke zu integrieren. Grundprinzip einer Rekonstruktion ist die Orientierung an vorhandenen Originalteilen, Plänen, Fotos und Beschreibungen des ehemaligen Bauteiles/Bauwerks.

Darunter ist gemeint, was nach alten Plänen aufgebaut wird, aber nach heutigen Normen/Methoden unter Beachtung der bewährten Steinmetztechniken.

Über die Erläuterung der Begriffsbestimmung hinaus ist folgendes zu beachten:

Beim Wiederaufbau von historischen Objekten, wie z.B. Stadtschlösser, sollte **keine** hinterlüftete, zweischalige Konstruktion gewählt werden, sondern die altbewährte Verbundbauweise: tragendes Ziegelmauerwerk mit historischen Wanddicken aus Vollziegel und verzahntem Natursteineinband, mit evtl. Rückverankerungen bei weitausladenden Gesimsen. Durch diese Bauweise, die bei allen Natursteinteilen auch historische Fug- und Setzmörtel fordert, wird auch das Thema „Dehnfugenausbildung“ überflüssig, im Gegensatz zur hinterlüfteten Massivbauweise.

Historische Bauten erfordern bislang auch außergewöhnliche Steindimensionen. Während Säulen auch bei großen Höhen meist unproblematisch sind, kann ein z.B. 5 m langer, freiliegender Architrav zum Risiko heutiger Gesetzgebung werden, denkt man an die variablen Biegezugfestigkeiten eines Gesteins, an versteckte Stiche, Lager etc.

Schon in der Renaissance verzichtete man, weitgespannte Bauteile mit zusätzlichen Auflasten zu versehen. In Sonderfällen lassen sich aber massive Naturwerksteinbauteile mit großen Spannweiten mit eingefrästen T- oder Doppel-T-Träger stabilisieren oder mittels Seilzüge vorspannen.

Für Rekonstruktionen ist stets ein Steintechniker/ Steinmetzmeister in die Vorplanung einzubeziehen.

6. Schäden und Schadensursachen

Schädigende Einflüsse, die die Dauerhaftigkeit von Bauten aus Naturstein beeinträchtigen können, lassen sich in der Praxis in drei Ursachenbereiche gliedern:

a) Einflüsse aus der Natur / Umwelt:
   Wasser
   Hitze und Kälte
   Luft und Wind
   Pflanzen, Tiere
   Bakterien

b) Einflüsse aus der vorhandenen Konstruktion:
   Ungeeigneter Naturstein
   Ver- und Bearbeitungsfehler
   Korrosive Ankerbauteile
   Ungeeigneter Fugen- und Versetzmörtel

c) Einflüsse aus unsachgemäßen Baumaßnahmen
   Falsche Reinigung
   Reparaturfehler
   Störung der Tragwerkkonstruktion
   falsche Schutzmittelanwendung

Nicht selten überlagern sich diese Einflüsse, so dass selbst widerstandsfähige Steinsorten zerstört werden können.

Bei der Schadensanalyse kann jedoch nicht pauschal für das ganze Bauwerk verfahren werden, da oftmals verschiedene Steinsorten in wiederum unterschiedlichen Beanspruchungsbereichen des Bauwerks eingebaut sind. Daher sollten bei einer Schadensanalyse folgende Gesichtspunkte zusätzlich berücksichtigt werden:

– unterschiedliche Bauelemente
– unterschiedliche Lage des Bauelements im Bauwerk
– konstruktiver Schutz des Bauelements
– Klimazone und Mikroklima am Bauwerk
– Orientierung zu den Himmelsrichtungen

(Die folgenden Ausführungen entstammen im Wesentlichen aus „Naturstein“ von U. Meisel u.a.; Bauverlag Wiesbaden. Berlin)

6.1 Einflüsse aus der Natur und Umwelt

6.1.1 Wasser

6.1.1.1 Wirkungsweisen von Wasser

Wasser kann Bindemittel aus Gesteinen herauslösen, z.B. bei Kalksteinen mit tonigen Bindemitteln, so dass Oberschichten abgeschwemmt werden.

Wassergesättigte Steine besitzen eine geringere Festigkeit. Beispielsweise können Sandsteine dadurch bis zu 30% ihrer Festigkeit verlieren.

Wasser dringt durch Poren und Kapillaren in das Gestein und sprengt bei Frost durch Volumensvergrößerung das Steingefüge.

Wasser transportiert bauschädliche Salze in den Stein und im Stein, welche bei Verdunstung des Wassers auskristallisieren und durch Volumensvergrößerung Schalen des Gesteins absprengen können.

Wasser bildet Säuren mit in das Gestein hereingetragenen Schadstoffen – insbesondere Schwefelsäure – die die Steinbindemittel chemisch umwandeln. Dies kann ein Herauslösen der Umwandlungsprodukte zur Folge haben.

6.1.1.2 Wie gelangen diese Einflüsse an das Bauwerk?

Wasser kann als Niederschlag in Form von Regen oder Schnee ans Bauwerk gelangen. Wichtig ist ein konstruktiver Schutz gefährdeter Bauteile durch Bedachungen und Abdeckungen sowie eine gute Ableitung des Wassers am Gebäude und in den angrenzenden Bodenflächen. Besonders gefährlich können Schneeanhäufungen am Sockelbereich in Tauperioden sein.

Wasser kann als aufsteigende Feuchtigkeit in erdberührenden Bauteilen durch Kapillarwirkung eindringen. Grobporige Gesteine saugen Wasser schneller, in feinporigen wird eine größere Steighöhe erreicht. Die Kapillarwirkung kann durch elektrische Potentialwirkung verstärkt werden, zum Beispiel durch Einbau von basischen Betondecken in alte Gebäude.

Wasser kann durch Dampfdiffusion und Kondensation in das Gestein gelangen, wenn zwischen Außen- und Innenbereich ein Dampfdruckgefälle vorhanden ist. Äußere dichte Absperrungen können in diesen Fällen schädliche Auswirkungen haben.

Durch hygroskopische Wirkung der im Stein befindlichen Salze kann Wasser aus der Luft in den Stein gelangen. Besonders Chloride (Tausalz) stellen diesbezüglich eine Gefahr dar. Horizontalabsperrungen von Mauerwerk zeigen in diesen Fällen oft nicht den beabsichtigten Erfolg der Trockenlegung.

6.1.1.3 Besonders gefährdete Bauteile/ Steinarten

Gegen Niederschlagswasser besonders empfindlich sind feingliedrige Zierteile an Bauwerken, die aus relativ weichem, kalkiges oder toniges Bindemittel enthaltendem Stein, gefertigt wurden. Oft wurden aus Gründen der steinmetzmäßigen Bearbeitung zu weiche Steinsorten verwendet.

Von aufsteigender Feuchtigkeit sind vor allem Sockelzonen von Bauwerken betroffen. Ungünstig erweisen sich dabei oft Ablagerungs- und Umwandlungsgesteine gegenüber relativ dichten Erstarrungsgesteinen. Die schädigende Wirkung tritt durch Frost- und Salzabsprengurigen ein.

Dampfdiffusion gefährdet vornehmlich massive Mauerwerksteile, weniger frei angeordnete Skulpturen und sonstige Zierteile. Wird die Diffusion durch äußere Abdichtungen behindert, kann es hinter der Abdichtung zur Wasserkondensation kommen, was Schichtablösung und Frostsprengung zur Folge haben kann.

Versalzungen, die in den Stein transportiert werden, treten vorrangig in bodennahen Bereichen auf, begünstigt durch aufsteigende Feuchte und Tausalzstreuung. Steine mit relativ großen Poren widerstehen dem Sprengdruck besser als feinporige Steine.

Von Säuren – insbesondere Schwefelsäure – werden vorrangig Steine mit kalkigem Bindemittel angegriffen. An filigranen Bauteilen fällt die Zerstörung eher ins Auge. Häufiges Abwaschen durch Regen vermindert die zerstörende Wirkung. An trockenen Bauteilen bilden sich dagegen keine Säuren. Besonders gefährdet sind Bauteile, die nur gelegentlich Feuchtigkeit enthalten.

6.1.2 Hitze und Kälte

6.1.2.1 Wirkungsweisen von Hitze und Kälte

Starke Aufheizung, besonders bei feinporigen Gesteinen mit guter Wärmeleitung, und anschließende Abkühlung erzeugen bei diesen Gesteinen in der Oberfläche feine Risse, die das Gefüge lockern und anfällig für weitere Schadenseinflüsse machen. Im Extremfall sind Absprengungen die Folge.

Starke Aufheizung, z.B. im Brandfall, kann zum Abplatzen ganzer Schalen an feinporigen Gesteinen führen, wobei feine Risse parallel zur Oberfläche entstehen. Grobporige Gesteine wie z.B. Tuffe überstehen Brände meist unbeschadet.

Kälte und Frost führen bei durchfeuchtetem Gestein zu Sprengwirkung durch Volumensvergrößerung. Besonders schädigend sind häufige Frost-Tauwechsel, durch die das Gefüge gelockert wird. Die maximale Sprengwirkung tritt auf bei -22°C.

Die Frosteinwirkung kann bei einer Versalzung des Steines in Oberflächennähe ungünstig beeinflusst werden. Wegen der Gefrierpunkterniedrigung von Salzen tritt dabei der Gefrierprozess im Gesteinsinnern eher in Kraft als außen in den versalzten Schichten, was die Sprengwirkung erhöhen kann.

6.1.2.2 Wie gelangen diese Einflüsse an das Bauwerk?

Starke Aufheizungen erfolgen an Bauwerken im Allgemeinen aus der Sonneneinstrahlung. Das plötzliche Abkühlen durch kaltes Wasser (Regen) dürfte in unseren Breiten den Sonderfall darstellen, so dass diese Schadensursache nicht überbewertet werden sollte.

Sehr starke Aufheizungen können durch Brand entstehen, dies ist an historischen Bauten häufig im Verlaufe ihrer Geschichte nachweisbar. Dabei kann ein Brand im Gebäude oder in unmittelbarer Nachbarschaft vorkommen. Löscharbeiten verursachen dann oft durch kaltes Wasser zusätzliche Schädigungen am Stein.

Frost wird in Winterperioden nur schädigend wirksam, wenn größere Durchfeuchtungen des Steines auftreten. Beim Auftauen erhält das Wasser die Gelegenheit, langsam in den Stein einzusickern. Ein anschließender, neuer Gefrierprozess erhöht die Schädigung. Dieses langsam Aufbrechen des Steingefüges bietet wiederum organischen Schädlingen Angriffspunkte, zum Beispiel den Samen wurzelbildender Pflanzen.

6.1.2.3 Besonders gefährdete Bauteile/ Steinarten

Im Brandfall können prinzipiell alle Steinbauteile durch starke Aufheizung gefährdet werden. Es ist an Bauobjekten zu belegen, dass dichte, feinporige Gesteine erhebliche Schädigungen erlitten, zum Beispiel Granit. Ebenso ist zu belegen, dass Tuffsteinmauerwerk als grobporiges Gestein lediglich Farbveränderungen nach einem Brand aufwies und im Gefüge nicht beeinträchtigt war.

Durch Frostsprengung vorrangig gefährdet sind alle Bauteile, die sich im Bereich ständiger Feuchteeinwirkung befinden. Die Ursachen der Feuchteeinwirkung können vielfältig sein: von aufsteigender Bodenfeuchtigkeit über mangelhafte Ableitung und stauendes Niederschlagswasser bis zu fehlenden Abdeckungen und Diffusionsprozessen.

Hier sind oft durch konstruktive Maßnahmen die Ursachen des Wassereindringens und damit der Frostsprengung zu verringern oder zu vermeiden. Grundsätzlich sind feinporige Gesteine mehr frostgefährdet als grobporige, da sie weniger Raum für die Volumenvergrößerung des Wassers beim Gefrierprozess in den einzelnen Poren zur Verfügung haben.

6.1.3 Luft und Wind

6.1.3.1 Wirkungsweisen von Luft und Wind

Wind kann gelöste Teile an der Gesteinsoberfläche und den Fugen abblasen und dabei noch durch Sandschliff (Sandstrahlen!) zusätzlich zur Zerstörung beitragen.

Von Schadstofferzeugern emittierte Schadstoffe werden hauptsächlich durch die Luft verbreitet. Schadstoffkonzentrationen sind vor allem dort festzustellen, wo die schädigenden Stoffe nicht durch Niederschläge ständig fortgewaschen werden. Bedeutsam für die Bauwerke ist, dass die Schadstoffe nicht abgebaut werden, sondern sich in kleinsten Mengen ständig anreichern.

Über die Luft werden auch sichtbar verunreinigende Stoffe übertragen, z.B. Ruß oder Staub, die zur Verschmutzung beitragen und oft den Nährboden für Befall durch Mikroorganismen liefern.

6.1.3.2 Wie gelangen diese Einflüsse an das Bauwerk?

Der Einfluss von Wind ist wohl vorrangig von Bedeutung in Küstennähe und bei besonders exponierten Bauwerken, er nimmt mit der Höhe der Bauwerke zu.

In der Luft enthaltene Schadstoffe werden an den Steinen angelagert. Wesentlichster Faktor sind schweflige Bestandteile, die mit Wasser zu Schwefelsäuren reagieren. Es wurde festgestellt, dass im Bereich starker Windströmungen, z. B. in größerer Höhe, stärkere Schadstoffanreicherungen erfolgen. Ebenso erfolgt die Anlagerung über Staubbestandteile, die die Schadstoffe an sich binden. Sie bilden mit gelösten Bindemittelteilen Krusten, die sich nur schwer entfernen fassen.

6.1.3.3 Besonders gefährdete Bauteile/ Steinarten

Vom Wind sind besonders Bauteile in größerer Höhe, wie Kirchtürme, gefährdet, sowohl was die Abtragungswirkung als auch was die Schadstoffanreicherung betrifft. Naturgemäß sind weichere Steine und Fugen besonders gegen Abrieb anfällig.

Für die erhöhte Schadstoffanlagerung aus der Luft kommen vorrangig geschützte Bauteilbereiche in Frage, die nicht direkt dem Niederschlag ausgesetzt sind. Auch hier bilden sich i. d. R. Krusten, deren Entfernung oft erhebliche Probleme mit sich bringt.

6.1.4 Pflanzen, Tiere

6.1.4.1 Wirkungsweisen von Tieren, Pflanzen, Bakterien

Vögel verursachen durch Kotablagerungen auf Gesteinen Schadensbildungen durch aggressive Bestandteile, die die zusätzliche Anlagerung von Staub und Rußteilchen begünstigen und damit zur Verschmutzung beitragen. Weiterhin entsteht durch den Kot ein Nährboden für organischen Befall.

Hunde, und nicht nur Hunde, können durch Urin eine Versalzung mit Nitraten hervorrufen, die eine schädigende Wirkung hat und zusätzlich die Aufnahme von Wasser begünstigt.

Pflanzen können Steingefüge mit ihrer Wurzelbildung aufsprengen. Sie verbrauchen zusätzlich den Kalk der Steine und des Fugenmörtels und schwächen so die Wirkung der Gesteinsbindemittel.

Bakterien siedeln sich auf Gesteinen an, ebenso Algen und Flechten, und können durch ihre Stoffwechselprodukte chemische Umwandlungsprozesse bewirken. Sie greifen insbesondere durch Säurebildung Gesteine und deren Bindemittel an.

6.1.4.2 Wie gelangen diese Einflüsse an das Bauwerk?

Bevorzugter, ständiger Aufenthaltsort von Vögeln sind geschützte Zonen unter Überständen, Gesimsen, Erkern, Baldachinen, wo sich der Kot in kurzer Zeit in erheblichen Mengen ansammelt. Die Hilflosigkeit gegenüber den Tieren führt oft zu verunstaltenden Vergitterungen und Drahtverschlägen, die den Aufenthalt von z.B. Tauben am Bauwerk verhindern sollen.

Pflanzensamen werden durch die Luft übertragen. Hier kann nur eine regelmäßige Kontrolle und Wartung des Gebäudes vor Befall schützen.

Die Befalls- und Wirkungsweise von Mikroorganismen, ihre Lebensbedingungen und der Umfang der von ihnen ausgehenden Schädigungen sind noch wenig bekannt und werden zurzeit erforscht.

6.1.4.3 Besonders gefährdete Bauteile/ Steinarten

Durch Verunreinigungen mit Vogelkot sind vorrangig Bauteile in größerer Höhe gefährdet, die meist schwer zugänglich sind. Dies erschwert die Verhinderung und Beseitigung der durch Vögel hervorgerufenen Schädigungen. Durch abschüssige Ausbildung von Gesimsen werden die Aufenthaltsmöglichkeiten von Vögeln eingeschränkt.

Vorrangig gefährdet für den Befall mit wurzelbildenden Pflanzen sind Steinfugen und angewitterte Gesteinsoberflächen, die eine Einnistung ermöglichen. Begünstigt wird der Befall durch die Ansammlung organischer Substanzen, die einen Nährboden für die Pflanzen darstellen können.

Die Lebensbedingungen von Bakterien sind noch nicht ausreichend bekannt, es besteht jedoch die Vermutung, dass sie hauptsächlich in geschützten Bereichen auftreten, die nicht dem direkten Niederschlag ausgesetzt sind.

6.2 Einflüsse aus der vorhandenen Konstruktion

6.2.1 Die Dauerhaftigkeit des Bauwerkes kann verringert werden durch:

- Verwendung von Steinarten, bei denen optische oder verarbeitungstechnische Kriterien den Ausschlag für ihren Einsatz gegeben haben. Oft wurden Gesteine nach ihrer ansprechenden Oberflächenwirkung oder der einfachen, steinmetzmäßigen Formbarkeit ausgewählt. Zusätzlich sind leicht zu bearbeitende Bauelemente preiswert. Der Aspekt der Dauerhaftigkeit wurde vernachlässigt.
- Steinverbindungsmittel wie Eisenanker- oder Klammern, die gegen Rosten anfällig sind. Entweder wurden sie zu nahe an der Steinoberfläche angeordnet oder der Stein ist sehr durchlässig für Schadstoffe, die den Rost hervorrufen.
- Horizontalfugen aus sehr dichtem Mörtel, welche den Feuchtetransport verhindern und Stauebenen bilden, auf denen sich im daraufliegenden Stein das Wasser sammelt. Dies begünstigt Frostabsprengungen.
- Horizontale Ausbildung von Gesimsen, Sohlbänken und Abdeckungen, die ein rasches Ablaufen von Niederschlagswasser verhindern und das Wasser zum Teil gegen das Bauwerk leiten.
- Fehlende Abdeckungen und Überdachungen über filigranen Zierelementen. Das Eindringen von Wasser als wesentlichem Schädigungsfaktor begünstigen auch Abdeckungen ohne Abkantungen und Tropfnasen.
- Einbau von Steinelementen mit Druckbelastung parallel zur Lagerschichtung, nicht senkrecht auf das Lager. Dies bewirkt einen rascheren Verfall des Steinmaterials. Steine mit erkennbarer Lagerschichtung sollten immer auf dieses natürliche Lager gestellt werden.

6.2.2 Schädigungen können auftreten in Form von:

- Schadstoffangriffen aus der Luft: Die wegen ihrer ansprechenden optischen Wirkung angewendeten Kalksteine sind bevorzugt anfällig, insbesondere gegen Schwefeldioxid. Bei den leicht zu bearbeitenden Tuffsteinen treten oft unter Belastung Tragwerksprobleme auf.
- Rosten der sichtbaren Eisenverbindungsmittel, womit eine optische Beeinträchtigung verbunden ist. Schwerwiegender ist bei verdeckten Eisenteilen die Absprengung von Steinmaterial durch die Volumenvergrößerung des Eisens beim Rostprozess. Tritt nicht sofort eine Absprengung auf, so wird doch durch die Gefügelockerung und die Bildung von feinen Rissen das Eindringen von Feuchte und Schadstoffen begünstigt.
- Sehr dichte Lagerfugen, welche oft durch Frostabsprengung flächiger Steinpartien an der Steinvorderseite zu Schäden führen. Aussandende Fugen begünstigen das Feuchtigkeitseindringen. Schadstoffe im Fugenmörtel können chemische Schädigungsprozesse im angrenzenden Stein in Gang setzen.
- Fehlende Abdeckungen, die den lösenden Angriff des Wassers begünstigen. Bei Anreicherung von Schadstoffen im Stein, können über eindringendes Wasser Säuren gebildet werden, die den Stein angreifen.
- Einer falschen Belastung des Steins. Die Druckbelastung des Steins mit dem Lager ist weitaus geringer als gegen das Lager. Wird dies beim Einbau nicht berücksichtigt, so kann das Steingefüge gelockert werden, was die Angriffsmöglichkeiten schädigender Einflüsse verbessert.

6.2.3 Besonders gefährdete Bauteile des Bauwerkes

Besonders augenfällig wird der Substanzverlust an wenig dauerhaften Steinarten, sowie bei bildhauerisch bearbeiteten Schmuckteilen und Skulpturen. Gerade hier lag der Aspekt der Steinwirkung und der leichten Bearbeitbarkeit oft besonders nahe, die für die bildhauerische Arbeit vorrangig gewertet wurden. Außerdem bieten diese Zierteile gegenüber Mauerwerksteilen eine besonders große Oberfläche für den Angriff von Schadstoffen und zumeist sind sie zusätzlich in exponierter Lage.

Besonders gefährdet durch rostende Eisenteile sind kleinteilige Zierstücke, die mit Klammern oder Dübeln verbunden sind.

Da größere Fugen zumeist in massivem Mauerwerk auftreten und weniger in Filigranen Schmuckteilen, ist bei diesem Mauerwerk die größte Gefährdung zu erwarten. Bei sehr hartem Fugenmörtel wittern oft die Steinkanten eher ab als der Fugenmörtel. so dass die Mörtelfugen später auskragend vorstehen.

Fehlende Abdeckungen und Überdachungen machen sich vorrangig bei Schmuckwerk feingliedriger Art bemerkbar, das ungeschützt den Witterungseinflüssen ausgesetzt ist. Es kann jedoch auch durch eine undichte Bedachung Wasser eindringen, das dann an anderer Stelle austritt und daher zunächst schwer durchschaubare Schadensbilder verursacht.

An jede Bauteilart wie Sockel, Treppenstufen, Pfeiler werden bestimmte Anforderungen bezüglich der Dauerhaftigkeit gestellt. Demgemäß sind jeweils andere Steineigenschaften vorrangig wichtig.

6.3 Einflüsse aus unsachgemäßen Baumaßnahmen

6.3.1 Mögliche Schäden durch spätere Baumaßnahmen

Durch die Reinigung von Naturstein unter Zusatz von chemischen Mitteln – insbesondere Säuren –, können erhebliche Schäden im Stein hervorgerufen werden. Derartige chemische Reinigungsverfahren sollen am Naturstein grundsätzlich vermieden werden.

Bei Reinigung mit Druckwasser oder Sandstrahlen können schützende Oberflächenschichten des Steins vernichtet werden, – zusätzlich wird die Oberfläche aufgeraut und damit anfälliger gegen schädigende Angriffe. Durch Druckreinigung entsteht weiterhin ein erheblicher Verlust an der Originalsubstanz von Baudenkmälern.

Der Fugenmörtel muss in seinen Eigenschaften möglichst auf die Kenndaten des Steins abgestimmt werden, dichter Fugenmörtel staut Wasser und sprengt die Steinkanten ab.

Der Fugenmörtel kann mit dem Stein oder mit altem Mörtel chemische Reaktionen hervorrufen. Liegen Sulfate vor, wie bei gipshaltigem Altmörtel, so kann mit dem Zement des Mörtels das treibende Mineral Ettringit entstehen, das durch Volumenvergrößerung den Mörtel und den Stein sprengt. Beim Vorliegen von Gipsanteilen, geprüft am Sulfatgehalt der Altbestandteile, sollten deshalb nur Bindemittel verwendet werden, die auch der Vermischung mit Gips standhalten.

Ein Verputz auf Bruchsteinmauerwerk in glatt abgezogener Form kann gegenüber einer steinsichtigen Ausführung durch die unterschiedliche Putzstärke reißen. Er sollte gleichmäßig dick und auf die Eigenschaften des Steins abgestimmt ausgeführt werden.

Die Verfestigung der Steinoberfläche mit einer zu geringen Eindringtiefe kann zur Schalenabplatzung führen. Gleiche Schäden zeigen sich bei dichten, relativ dünnen Verfestigungsschichten.

Hydrophobierungen mit zu geringer Eindringtiefe besitzen keine ausreichende Wirksamkeit. Die Verfahren müssen ggf. spätere, wiederholte Nachbehandlungen ermöglichen. Hydrophobierungen an Mauerwerk vor einer Neuverfugung führen auch zur Imprägnierung der Kontaktflächen Fuge/Stein. Dies kann auch bei bereits teilweise in den Flanken abgelösten, alten Fugen der Fall sein.

Tränkungen mit organischen Harzen ohne fast vollständige Füllung des Porenraumes,- was nur unter Vakuum zu erzielen ist –, begünstigen die Steinzerstörung von innen durch Wasser und Salze.

Zu harte Reparaturmörtel für Steinergänzung- und Flickstellen führen zu Absprengungen an den Stein-Kontaktflächen. Ein auf Null auslaufendes Ausziehen der Mörtelränder begünstigt ebenfalls Schädigungen.

Ersatzsteine mit gegenüber dem vorhandenen Material unterschiedlichen Eigenschaften können durch verschiedenartiges Denn-/Schwindverhaften den Fugenverband lockern und im Extremfall zu Rissbildungen führen Gesteinschutzmittel können zur Ernährung von Mikroorganismen beitragen und somit deren Vermehrung begünstigen

6.3.2 Auswirkungen der Baumaßnahmen am Bauwerk

Durch in den Stein getragene Säuren können Steinbindemittel angegriffen und chemisch ungewandelt werden. Zusätzlich bilden sich beim Zusammentreffen von Säuren und Basen aus dem Stein Salze, die wiederum wasseranziehende und damit sprengende Wirkung besitzen können.

Durch Druckreinigungen oder Sandstrahlen werden lose Oberflächenteile des Steins zusammen mit den zu entfernenden Schmutzteilen abgetrennt.

Wenn Fugenmörtel in seinen Eigenschaften nicht auf die Steineigenschaften abgestimmt ist, kann die Haftung an den Verbindungsflächen durch unterschiedliche thermische Dehnung abreißen. Dies begünstigt wiederum das Eindringen von Schadstoffen ins Mauerwerk.

Zu dichte Mörtel erlauben keinen gleichmäßigen Feuchtetransport im Steinverband. Vor allem das auf Lagerfugen stauende Wasser bewirkt bei Frost Absprengungen. Auch sonstige Schädigungen sind vorrangig in Bereichen festzustellen an denen keine gleichmäßige Abtrocknung erfolgen kann.

Zementmörtel verursacht bei Vorhandensein von Sulfaten (Gips im Altmörtel) Sprengwirkungen. Auch die im Betonbau in sulfathaltigen Wässern und Böden eingesetzten HS-Zemente haben sich nach vorliegenden Berichten bei Gefahr des Kontaktes oder der Vermischung mit gipshaltigem Altmörtel nicht bewehrt. Dagegen werden Sonderbindemittel auf Trassbasis zur Restaurierung gipshaltigen Mauerwerks bereits langjährig mit gutem Erfolg eingesetzt

Durch Putzrisse und Ablösungen vom Steinuntergrund werden weitere, schädigende Angriffe begünstigt.

Bei zu dünnen, dichten Festigungsschichten der Steinoberfläche sammeln sich Wasser und Salze hinter der Schicht und sprengen diese ab. Je dünner die Schicht, desto geringer ist der Widerstand gegen die Druckbelastung.

Ein zuverlässiges Verhindern des Eindringens von Wasser ist bei geringer Eindringtiefe der Hydrophobierung nicht gewährleistet.

Vollständig trockene schadstofffreie Steine wären auch für Tränkungen mit unvollständiger Porenfüllung geeignet, dieser Zustand ist aber in der Praxis am Bauwerk nie anzutreffen.

Durch die unterschiedlichen Reaktionen bei thermischen Einwirkungen führen zu harte Reparaturmörtel zu Absprengungen an den Steinkontaktflächen, bei auf Null auslaufenden Flanken ist keine ausreichende physikalische oder chemische Bindung zu erzielen.

Durch unterschiedliche Reaktion des Ersatzsteines auf Umwelteinflüsse entstehende Rissbildungen und Gefügelockerungen begünstigen das Eindringen weiterer Schadstoffe.

Die Imprägnierung der Kontaktflächen Fuge/Stein verhindert eine spätere Verbindung des Fugenmörtels mit dem Steinmaterial. Ein Vornässen ist ebenfalls nicht mehr möglich. Nachteilig kommt hinzu, dass im geschützten Fugenbereich das Hydrophobierungsmittel nicht oder nur äußerst langsam abgebaut wird.

6.3.3 Besonders gefährdete Bauteile

Grundsätzlich sind alle Natursteinbauteile an Bauwerken durch derartige, unsachgemäße Reinigungsverfahren gefährdet. Sie sollten prinzipiell vermieden werden.

Gefährdet sind bei Druckreinigungen bereits vorgeschädigte Steine mit gelockertem Gefüge sowie vorrangig filigrane Zierteile und Schmuckwerk, das unzulässige Substanzverluste erleidet. In diesen Fällen kann bereits drucklose Wasserreinigung zu nicht vertretbaren Materialverlusten führen.

Das Problem des unverträglichen Fugenmmörtels ergibt sich schwerpunktmäßig an flächigen Mauerwerksteilen und besonders bei Bruchsteinmauerwerk durch die großen Fugenanteile. Quaderwerksteine sind meist mit geringen Fugenbreiten von 5 – 6 mm ausgeführt, während Zierteile oft mit Blei verbunden wurden.

Gefährdet bezüglich mangelhaftem Fugenmörtel sind vorrangig Bauteile, an denen im Verlaufe ihres Bestehens des Öfteren Reparaturmaßnahmen an den Fugen durchgeführt wurden. Die Wahrscheinlichkeit der Verwendung eines schlechten Fugenmörtels ist hier besonders hoch.

Das Problem des Gipstreibens tritt vorrangig im Bereich von Fugen und bei zweischaligem Mauerwerk mit Füllmasse im Kern auf, da die Füllmassen oft verschiedenartige Bestandteile enthalten und nicht einheitlich zusammengesetzt sind.

Unterschiedlich dicke Putze ergeben sich vorrangig bei Bruchsteinmauerwerk mit seiner unregelmäßigen Struktur. Hier sollten prinzipiell steinsichtige Putzweisen angewendet werden, die weitgehend gleiche Putzdicke gewährleisten.

Durch unsachgemäße Imprägnierung gefährdet sind insbesondere Fugen im Steinmauerwerk, jedoch auch alle anderen Bauteile, die später weiterbehandelt werden sollen. So sind zum Beispiel durch Imprägnierung verunreinigte Skulpturen und Zierteile, die vorsichtig von Hand gereinigt werden sollen, nach einer derartigen Verunreinigung kaum noch zu bearbeiten.

Gefährdete Bauteile sind vorrangig frei auskragende Elemente, die eine relativ geringe Hartungsfläche zum Stein haben, und bei denen die Reparaturmasse formend angetragen werden, zusätzlich jedoch auch flächige Ausfüllungen.

Eine geringe Eindringtiefe von Schutzmitteln ist bei gering saugenden Steinen und solchen mit einer verdichteten Oberflächenschicht zu erwarten.

Tränkungsverfahren mit organischen Harzen werden nur an demontablen Bauteilen

angewendet, wie Figurenschmuck. Die Anwendung an anderen Bauteilen am Bauwerk, die am Wasserhaushalt des Gebäudes teilnehmen, führt zu Schäden.

Vorrangig gefährdet sind in Verbänden verwendete Steine mit dadurch behindertem

Ausdehnungsvermögen und Fugenanschlüssen, die durch die Dehnungen zerstört werden können.

7. 30 Jahre Forschung am Steinzerfall

Die Forschungsarbeiten begannen ab 1965, zuerst mit Geldern aus der VW-Stiftung, dann das BMFT-Projekt „Steinzerfall und Steinkonservierung“, an welchem ca. 20 Institute beteiligt waren, als Abschluss im Jahr 2003, mit 15 Jahren Förderung des DBU-Projekts, als Nachfolger der BMFT-Förderung.

Das Ergebnis dieser Forschungsarbeiten wurde am 19.04. und 20.04.2005, im Zentrum für Umweltkommunikation der DBU in Osnabrück vorgestellt, mit 239 wissenschaftlichen Teilnehmern.

Dies zeigt bereits die Problematik, die im Alltag auftritt:

Naturwissenschaftler forschen 30 Jahren im Labor nach Methoden einer Steinkonservierung, während draußen auf den Baustellen (am Bauwerk), wie „üblich“ weiter gearbeitet wird. Nur langsam nähert sich der Handwerker dem Wissenschaftler, aber nur in den Fällen, wo nicht nur der Handwerker allein die Bürde der Verantwortung, der Gewährleistung tragen muss, sondern der Wissenschaftler als „Rezeptgeber“ von seiner Methode überzeugt ist und somit in eine Gesamtgewährleistung mit dem Handwerker eintreten kann. In diesem Fall muss aber der Wissenschaftler die Ausführungen am Bau begleiten, damit endlich die Argumente „Labor erprobt, Schäden durch Anwendung“ ausgeräumt werden.

Die Ergebnisse der umfangreichen Forschungen sind in mehr als 150 Berichten veröffentlicht worden mit z.T. sehr guten Empfehlungen für die Praxis.

Es gibt aber nur ein „Miteinander“, da einseitige Vorgaben für den Praktiker enorme Risiken in sich bergen. Totalschäden, bereits fünf Jahre nach der Hauptsanierung, zerstören nicht nur das Bauwerk, sondern auch das Vertrauen an die am Bau Verantwortlichen.

Sanierungsmethoden müssen den Allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen, in der Praxis erprobt und allgemein bewährt sein. Hinweise auf lediglich in Fachschrifttum vorgeschlagene Methoden entsprechen nicht diesen Erfordernissen.

8. Allgemein anerkannter Stand der Technik in der Denkmalpflege

Zur Vermeidung, dass ein denkmalgeschütztes Gebäude zum unkalkulierbaren Experimentierfeld wird – mit nicht vorhersehbarem Originalverlust am Bauwerk – sowie evtl. Folgeschäden, hat der Gesetzgeber auch für die Denkmalpflege Techniken gefordert, die den Anforderungen nach Abs. 1.4.1 dieser BTI erfüllen.

Bei Beachtung der notwendigen Parameter, Randbedingungen und der Einmaligkeit des Objekts entsprechen u.a. folgende Techniken den allgemein anerkannten Regeln der Technik:

– Wasser- und Dampfreinigung mit geringem Wassereintrag ins Bauteil

– Niederdruckreinigung

– Krustenausdünnung

– Restauriermörtel zum Schließen kleiner Fehlstellen (≤ 100 cm²)

– Vierungen, pressfugig mit mech. Sicherung

– händisches Öffnen von Fugen

– Fugrezepturen unter Beachtung der Sieblinie und Reduzierung der Feinanteile

– Rissverpressungen bis 3 mm Rissbreite mit Microhohlraumschlämme oder Kunstharz

– Rissverpressungen über 3 mm Rissbreite, mineralisch

– mechanische Sicherung von rissigen, schaligen Bauteilen

– Austausch von Werkstücken (Neuteile)

– Anschlussfuge von Verblechungen mittels eingestemmter Bleiwolle

– Verklammerungen mit nichtrostenden Stählen

9. Schadensbericht, Maßnahmenkatalog

Liegen die Ergebnisse der Schadens- und Maßnahmekartierung vor, ist es dringend notwendig, mit dem Eigentümer, den Leuten von der Denkmalpflege die Ergebnisse vorzustellen, zu erläutern für

– Sofortmaßnahmen,

– dringend erforderliche Maßnahmen,

– wünschenswerte Maßnahmen.

Unabhängig von diesen Themen stehen der Substanzerhalt sowie die Funktionsfähigkeit und der zukünftige Schutz vorhandener und neuer Bauteile stets im Vordergrund. Niemals sollte eine kosmetische Sanierung an erster Stelle stehen. Spätestens jetzt muss entschieden werden, mit welchen Methoden die Schäden zu beheben sind.

Es dürfen nur Sanierungskonzepte zum Einsatz kommen, die den Anforderungen den „Allgemein anerkannten Regeln der Technik“ entsprechen. Bei der Entscheidung, ob konservatorische Maßnahmen oder Steinaustausch angewendet werden, ist stets von Aufwand für Gerüst und Bauerschließung sowie die angestrebte Nutzungsdauer (5 oder 50 Jahre?) zu beachten.

Der Steinaustausch ist die klassische Methode, vor allem unserer Bauhütten.

Ohne einen gezielten Steinaustausch über viele Generationen bleibt uns kein Bauwerk dauerhaft erhalten.

10. Bauliche Maßnahmen

10.1 Steinaustauch

10.1.1 Allgemeines

Die Auswechslung geschädigter Werksteine ist die klassische Methode der Instandsetzung, die vor allem von den Dombauhüten heute noch in großem Stil durchgeführt wird. Ein umfangreicher Steinaustausch wird teilweise kontrovers diskutiert, da eine Verfälschung des originalen Zustands befürchtet wird, indem ein Bauwerk mit der Zeit sozusagen ein zweites Mal errichtet wird. Diese Sichtweise beleuchtet aber nur die eine Seite des Problems. Denn die Tatsache, dass die betreffenden Bauteile einer Kathedrale aufgrund der Kosten vielleicht erst wieder in 30 oder gar 50 Jahren eingerüstet werden, zeigt die ungeheure Tragweite der abverlangten Entscheidungen.

In Anbetracht der bislang immer noch unzulänglichen Kenntnisse über die Dauerhaftigkeit von Konservierungsmaßnahmen ist es deshalb durchaus gerechtfertigt, der traditionellen Methode der Steinauswechslung den Vorzug zu geben.

Nicht vergessen werden darf hierbei auch, dass die Dombauhütten und spezialisierte Fachbetriebe eine wichtige Funktion in der qualifizierten Ausbildung und Traditionspflege im Steinmetzhandwerk ausüben, die auch im Interesse der Denkmalpflege fortgeführt werden muss. Außerdem gehen diese heute sehr sorgfältig mit der Originalsubstanz um, indem sie jeden noch funktionstüchtigen Werkstein erhalten, und den Austausch auf diejenigen Stücke beschränken, die bereits so stark zerstört sind, dass sie ihre Aufgabe im Mauerwerksgefüge nicht mehr erfüllen.

10.1.2 Auswahl der Gesteine

Soweit die Brüche des Originalgesteins nicht bekannt sind, soll zunächst in Archiven nach seiner Herkunft gesucht werden. Wenn die Brüche noch in Betrieb sind, empfiehlt es sich im Regelfall, dieses Gestein auch wieder für Austauschzwecke zu verwenden, soweit seine mineralogischen, feuchtetechnischen und mechanischen Eigenschaften keine gravierende Verwitterungsanfälligkeit erkennen lassen. Ist das Originalgestein nicht mehr verfügbar, ist man gezwungen, ein geeignetes Gestein zu finden, das in Farbe und Struktur dem Originalgestein möglichst nahe kommt.

Man sollte mehrere Gesteine in die Auswahl einbeziehen, um mit Hilfe der nachfolgend beschriebenen Untersuchungen das am besten passende zu bestimmen. Diese Auswahl darf nicht allein auf optischen Kriterien beruhen, da unterschiedliche Gesteinseigenschaften an die Grenzflächen zu beträchtlichen Schäden führen können.

Allerdings macht es auch keinen Sinn, in ein Mauerwerk aus anfälligem Gestein vereinzelte, neue Quader aus einem völlig inerten und regional fremden Gestein zu setzen. Wenn immer möglich, sollte der regionale Bezug mit Priorität berücksichtigt werden. Gesteine aus exotischen Ländern, auch wenn sie preislich noch so günstig sind, sollten nicht in Betracht gezogen werden, da nicht garantiert werden kann, dass sie nach Jahren noch im Handel sind. In vielen Fällen hat es sich als hilfreich erwiesen, das gleiche Steinmaterial zu wählen, das bei früheren Austauschmaßnahmen schon einmal verwendet wurde, so dass die aktuellen Maßnahmen ein einen geschichtlichen Bezug gestellt werden.

Die grüne, rote oder ocker Färbung von Sandsteinen ist an Tonminerale gebunden, in welche Eisenoxidpigmente feinst verteilt eingebettet sind. Überschreitet der Tonmineralgehalt ein bestimmtes Maß, welches zusätzlich durch die Porengrößen und die Kornverzahnung beeinflusst wird, so resultiert daraus immer ein feuchteempfindliches und verwitterungsanfälliges Gestein. So kann man nicht erwarten, ein grünes, verwitterungsresistentes Ersatzgestein für einen Schilfsandstein zu finden, weil die grüne Färbung immer an Tonminerale gebunden ist, welche dem Gestein schlechte Verwitterungseigenschaften verleihen. In derartigen Fällen kann man nur einen Kompromiss machen und dasjenige Gestein auswählen, das die vergleichsweise besten Eigenschaften aufweist.

10.1.3 Eigenschaften der Gesteine

Nachstehende Angaben zu den Gesteinen sind zweckmäßig:

- Handelsname
- Abbauort
- Petrografische Beschreibung
- Farbe
- Struktur
- Textur
- Mineralbestand und Bindemittel
- Porosität und Porenradienverteilung
- Wasseraufnahme
- Sättigungswert
- Gesteinsdichte
- Druckfestigkeit
- Biegefestigkeit

Soweit die Angaben nicht bekannt, jedoch in Abhängigkeit von der Art der Baumaßnahme erforderlich sind, ist ein erfahrenes Prüflabor mit deren Feststellung zu beauftragen.

Das Neugestein sollte bei jeder der Eigenschaften in derselben Klasse liegen, wie das Originalgestein. Die genannten Parameter gestatten es, neben der Kompatibilität auch die „Patinierung“ des Gesteins abzuschätzen. Im Vergleich zum Originalgestein zu stark saugende, im zeitlichen Mittel feuchtere Quader werden schneller biologisch besiedelt, verschmutzen

schneller und stellen deshalb im Mauerwerk immer Fremdkörper dar. In welchen Grenzen die Eigenschaften voneinander abweichen dürfen, kann nicht absolut gesagt werden. Es ist deshalb besser, sich an Eigenschaftsklassen wie oben gezeigt zu halten als zu strikt auf absolute Zahlenwerte fixiert zu sein.

10.1.4 Steinmetztechniken

Die alte Steinmetztechnik geht von einem unförmigen Rohstein aus, mit „Schlagziehen", „Bossen abspitzen", „Fläche begradigen" und je nach Stilepoche ist die Oberfläche im Endzustand nochmals zu überarbeiten.

Der Ausschreibende muss Kenntnis haben in

– baustilabhängigen Techniken,
– er muss die Werkzeuge kennen, sowie
– wissen, dass z.B. die Bearbeitung „gestockt" erst im Zeitalter der Industrialisierung „erfunden" wurde.

Eine neue gotische Fiale zu stocken wäre ein grober Verstoß des denkmal-pflegerischen Gedankens.

Romanik:

– Zurichten der Quaderflächen mit Bossierhammer und Pille,
– Quaderspitzen mit Zweispitz,
– Bahnenspitzen, mit verschiedenen Richtungswechsel,
– Spitzen mit Spitzeisen und Hundezahn,
– Randschlag (wurde von der ägyptischen Steinbearbeitung in allen Stilepochen übernommen),
– Zahnfläche und Glattfläche mittels Fläche und Beil,
– Überarbeiten durch „Überkreuz",
– Zier- und Ornamentspitzen mittels Spitzeisen und Hundezahn.

Gotik:

– Zahngeflächt (meist noch Spitz- und Prellhiebe erkennbar) mittels gezahnter Fläche,
– geflächt, mit deutlicher Richtung, eine Weiterführung der romanischen „Zahn- und Glattfläche",
– gekrönelt, d.h. gespitzte Fläche mit dem Krönel schräg zur Fläche und dann über Kreuz,
– gezahnt mittels Zahnhammer längs und quer bearbeitet.

Renaissance:

– gekrönelt,
– rasaunert, (entspricht dem Kröneln, jedoch jeder zweite Zahn zurückgesetzt),
– buntscharriert (Scharriereisen),
– bahnscharriert (Scharriereisen),
– bossiert und grobgespitzt.

Klassizismus:

– gestockt mittels Stockeisen, Stockhammer.

Oberflächenbearbeitungen sind anhand von Musterflächen zu definieren.

10.1.5 Handwerkliche Vorgehensweise

Der Steinaustausch erfordert einen sensiblen Umgang mit der historischen Bausubstanz und geschieht in zwei unterschiedlichen Varianten:

– Vierung ist ein kleines Bauteil innerhalb eines Quaders, innerhalb einer Profilierung
– Neustein ist ein Quader von Fuge zu Fuge, mit unterschiedlicher Steintiefe.

Das Ausspitzen der maroden Teile beginnt immer an der meistgeschädigten Stelle und arbeitet sich zum gesunden, intakten Bestand vor, Substanzerhalt steht hier stets an erster Stelle der Überlegungen, unter Beachtung von Wasserführung und Folgeschäden.

Vierungsstücke erfordern ein besonders exaktes Ausarbeiten, da die einzusetzenden Vierungen „pressfugig" einzubauen sind und kein neues Fugenbild erzeugen dürfen.

Die Vierungsgeometrie hat sich dem Fugenschnitt des Bauwerks zu unterwerfen, das heißt: Konturenvierungen sind unzulässig, da sie das Original verfälschen. Dies gilt auch für fugenübergreifende Vierungen.

Kommt man beim Ausspitzen auf größere Hohlräume, so sind diese vor dem Einbringen des neuen Steins mit einem Vergussmörtel zu füllen. Dieser Mörtel muss abgetrocknet sein, bevor er mit einem Neustein verschlossen wird.

Am unkompliziertesten ist die Anfertigung eines Neusteins von Fuge zu Fuge.

Aber Vorsicht: Alle Neusteine werden heute maschinell vorgefertigt und manch ein Neustein wirkt wie ein Fremdkörper im Bauwerk, obwohl scheinbar alles eingehalten wurde; es könnte unter Umständen daran liegen:

– „Eine gesägte Fugenflanke ist unproblematisch, es wird ja noch verfugt, sieht man danach nicht". Diese Aussage ist falsch, da trotz Verfugung es sehr wohl erkennbar ist, ob eine Stoßfuge gesägt, oder mit einem Randschlag (zur Fuge hin) versehen ist.
– Die Ansicht eines Quaders wurde gesägt. Scharriert man über diese Sägefläche hinweg, ist es unvermeidbar, dass sich noch Spuren der Sägeflächen zeigen.

Es ist also unerlässlich, für die handwerkliche Bearbeitung Steine mit Übermaß zu bestellen.

Bei Vierungen wird die Präzision nochmals angezogen, da sich das neue Teil nicht nur in Farbe / Struktur einfügen muss, sondern auch in der Oberflächenbearbeitung, im Profil. Eine Vierung darf niemals zum „Briefmarkeneffekt" führen.

Sehr gut bewährt hat sich die Methode, Vierungsrohlinge einzubauen und diese nach dem Abbinden zu bearbeiten.

Da jede Vierung mit Gewindestangen aus nichtrostenden Stählen mechanisch zu sichern sind und an den Flanken verklebt werden, muss von Fall zu Fall

entschieden werden, ob ein nachträgliches Anarbeiten eins Profils evtl. zum Aufprellen des Rohlings führen könnte.

Ein weiteres Problem, warum sich Neuteile nicht dem Bestand einfügen, ist die Missachtung der vorgegebenen Lagerung des Gesteins:

Die meisten historischen Bauten bestehen aus Sedimentgesteinen, die meist eine klare Ablagerungsrichtung erkennen lassen.

Etwas schwieriger ist es, bei einigen Sandsteinen die Schichtung zu erkennen, sodass gut organisierte Betriebe die Lagerung durch seitliche Kennung markieren.

Grundsätzlich wird immer auf „Druck“ gearbeitet, also Steine nur horizontal gelagert eingebaut, auch bei Bögen, Gewölben, wo die Lagerung stets parallel zu den Lagerfugen „mitläuft“.

10.2 Steinersatz durch Mörtel

Als die ersten Rezepturen vor vielen Jahrzehnten auf den Markt kamen, war es wie immer bei neuen Produkten, bei denen die Hersteller versprechen: „Dieser Mörtel kann alle Wunden heilen.“

Vieles ging gut, manches zeigte Probleme und – ein zwar kleiner Teil, aber mit tragischen Folgen – wurde zur öffentlichen Gefahr für Leib und Leben.

Steinersatz besteht aus Zement und Kalk oder Kieselgel als Bindemittel bzw. als kunstharzgebundene Mörtelsysteme (Acrylharze/Epoxidharze).

Die mineralischen Steinersatzsysteme sind als vorkonfektionierte Sackware am gebräuchlichsten, während die kunstharzgebundenen Systeme nur selten (z.B. Schließen von kleinen Fehlstellen insbesondere bei Kalkstein, Marmor oder Granit) verwendet werden.

Da durch die Verwendung von Steinersatz der ungebundene Stein imitiert werden soll, müssen neben den Bindemittel noch Zuschlagsstoffe (Sande, gemahlener Originalstein) und Pigmente (zur Färbung) beigegeben werden.

Auftragsflächen von Steinersatzmassen können nicht beliebig große Abmessungen erreichen. Die Anwendung von Steinersatzmassen ist auf kleine Flächen zu beschränken, die entsprechend DIN 18332 kleiner als 100 cm² sein sollen. Größere Auftragsflächen bis 200 cm² oder auch vereinzelt bis 500 cm² sind bei besonderer Sorgfalt vertretbar. Größere Auftragsflächen sind unzulässig, da Hohlstellen und Risse im Steinersatzmörtel entstehen.

Steinersatz ist stets mit Hilfe eines Gerüstes (= Armierung) aus nichtrostendem Stahl zu stabilisieren. Das Gerüst kann bestehen aus U-förmigen Bügeln mit einer Dicke von 2 - 5 mm oder aus Schrauben/Stiften, um die Drähte geschlungen werden.

Zu beachten ist, dass die mechanischen Sicherungen nach oben zeigen.

Nach unten geneigte Stifte dienen den Steinersatzmassen als Rutschbahn und führen zu deren Absturz.

Eine ausreichende Überdeckung der Armierung von min. 2 cm ist notwendig. Eine auf 0 mm Dicke auslaufende Steinersatzmasse ist nicht zu empfehlen.

Steinersatzmassen dürfen nicht fugenübergreifend ausgeführt werden. Sie sind akzeptabel an Profilierungen (z.B. zur Wiederherstellung von Figuralem) oder in Flächen. Keinesfalls dürfen Steinersatzmassen an tragenden Bauteilen (z.B. Gesimsen) ausgeführt werden, da die Gefahr des unkontrollierten Absturzes besteht.

Trotz Pigmentzugabe kann es vorkommen, dass sich Steinersatzmassen von umgebenden Steinen unschön abheben. Deshalb kann es erforderlich werden, nach dem Auftrag die Steinersatzmassen zu retuschieren.

Laboruntersuchungen der Substanz sind unerlässlich, um daraus eine auf diesen – und zwar nur auf diesen – Stein unter den vorhandenen Umweltbedingungen Rezeptur zu entwickeln.

Die wichtigsten Prüfungen sind:

- Druckfestigkeit
- E-Modul
- Feuchtedehnkoeffizient
- Wärmedehnfaktor
- Wasseraufnahme
- Wasserdampfdiffusionswiderstand
- Haftzugfestigkeit

Man muss grundsätzlich vor der Freigabe dieser Technik beachten, dass:

- der Mörtel die Werte des Originalsteins niemals erreichen kann, sondern sich immer nur annähert;
- der Mörtel die Lebenserwartung des Originals nicht erreichen kann;
- der Mörtel sich im Laufe der Jahre verfärben kann;
- der Mörtel anders patiniert, vor allem unter UV-Bestrahlung,
- der Mörtel an den Nahtstellen zum Stein den Verbund nicht für immer halten kann.

Steinersatzmörtel ist nur dort empfehlenswert, wo kleinere Fehlstellen innerhalb einer Fläche zu verschließen sind, keinesfalls bei Schäden an Gesimsbauteilen, Bauteilen mit schlechter oder falscher Wasserführung.

Es ist ebenfalls zu beachten, dass eine bestimmte Mörtelrezeptur, beispielsweise für den Grünsandstein an der Alten Pinakothek München, keinen Freibrief gibt, die gleiche Rezeptur beispielsweise für die Steinerne Brücke Regensburg einzusetzen.

Die vorgenannten Prüfungen sollen Standard bleiben, aber zusätzliche Belastung durch

- eingeschlossene Feuchte,
- Salzwasser,
- jährliches Hochwasser

können Steinersatzmörtel dennoch zerstören.

10.3 Steinkonservierung

10.3.1 Allgemeines

Als Steinkonservierung bezeichnet man die, auch kombinierte Anwendung, von Steinfestigungs-, Hydrophobierungs- und Reinigungsmaßnahmen. Hierbei soll bereits geschädigter Stein soweit gesichert werden, dass ein Fortschreiten der Verwitterung verhindert, wenigstens aber verlangsamt werden soll.

Diese Steinkonservierungsmaßnahmen können bei nicht fachgerechter Anwendung für die behandelten Objekte katastrophale Folgen haben, bis zur völligen Zerstörung derselben. Mögliche Schadensursachen sind in Abschnitt 6 aufgeführt. Die Ausführung von Konservierungsmaßnahmen sollte nur dafür qualifizierten Naturwerksteinbetrieben übertragen werden. Das Schadensrisiko, auch das gesundheitliche, durch die Anwendung der z.T. äußerst giftigen Mittel ist groß und verlangt geschultes Personal.

Die Entsorgung der giftigen Konservierungsstoffe ist ein auf der Baustelle immer noch ungelöstes Problem. Nicht vollständig vom Stein aufgenommene Konservierungsstoffe gelangen in die Kanalisation oder ins Erdreich. Die Herstellerangaben zu diesen Produkten müssen unbedingt eingehalten werden. Jedoch hat sich auch hier in den letzten Jahren gezeigt, dass „gesicherte“ Erkenntnisse zur Steinerhaltung, von wissenschaftlich geschulten Fachleuten vorgetragen, bei der Anwendung des entsprechenden Mittels den „Steintod“ als Folge hatten.

Nach Dr. H. Weber sind die wichtigsten Eigenschaften, die ein Konservierungsstoff erfüllen muss, folgende (in „Naturwerkstein in der Denkmalpflege“):

- Abscheiden von neuem, möglichst witterungsbeständigem Bindemittel; mineralische Bindemittel sind bevorzugt
- Gute Eindringtiefe, mindestens bis zum gesunden Kern des Steines
- Keine Bildung bauschädlicher Nebenprodukte
- Keine Veränderung oder negative Beeinträchtigung der bauphysikalischen Werte des Steines; dies gilt besonders für die Wasserdampfdurchlässigkeit und die thermische Ausdehnung
- Keine farbliche Veränderung der Steinoberfläche Reduzierung der Aufnahmebereitschaft für Wasser und Schadstoffe
- Keine Krustenbildung, Aufbau eines gleichmäßigen Festigkeitsprofils durch den gesamten Steinquerschnitt

Schon die Missachtung eines dieser Punkte kann bei einer Steinkonservierungsmaßnahme zu einem Fehlschlag führen. Dabei muss bereits hier darauf hingewiesen werden, dass jeder der vielen unterschiedlichen Natursteine im Einzelfall auf ein Konservierungsmittel anders reagieren kann. Daraus leitet sich die Folgerung und Forderung ab, vor jeder Konservierungsmaßnahme die Natursteine entsprechend zu untersuchen und zu überprüfen. (Ende des Zitats)

Der zweckmäßige Umfang von Konservierungsmaßnahmen muss von Fall zu Fall entscheiden werden. Folgende Grobgliederung mag als Orientierung dienen. Sie ist im konkreten Fall um zusätzliche, erforderliche Arbeitsschritte zu erweitern: Vorfestigung (evtl.), Reinigung, Festigung, Steinaustausch, Steinergänzung, Verfugung, Hydrophobierung. Wichtig ist auf jeden Fall zu beachten, dass Hydrophobierungen erst am Ende der jeweiligen Maßnahmen vorgenommen werden.

10.3.2 Festigung

Die Festigung mit Kieselsäureester soll der mürben Steinoberfläche neues Bindemittel zuführen und dadurch die Lebensdauer des Steines verlängern. Dieses Verfahren lässt sich nur anwenden, wenn das Gefüge noch gering geschädigt ist. Sobald Risse und Abschieferungen auftreten, ist die Steinzerstörung durch Festigung nicht mehr rückgängig zu machen. Eine Verfestigung der Steinoberfläche mit zu geringer Eindringtiefe und zu dichten Verfestigungsschichten führt zu Krustenbildung und Abplatzung. Wasser und Salze sammeln sich hinter der Schicht und sprengen sie ab. Eine zu schnelle Reaktion des Kieselsäureesters kann zur Verglasung der Oberfläche, eine zu langsame zu Verdampfungsverlusten führen. Nach der Behandlung mit Kieselsäureester sind die Steine gut mit Lösungsmittel abzuwaschen, um eine Farbtonveränderung des Steines infolge Übersättigung zu vermeiden. Ein Problem bei der Verfestigung mit Kieselsäureester ist die wirkungsvollste Applikationsmethode. Folgende Verfahren haben sich als praktikabel erwiesen:

Tauchverfahren: kleinere, demontable Objekte werden mehrmals in ein Bad mit Festigungsmittel eingetaucht. Überschüssiges Festigungsmittel darf sich auf der Oberfläche nicht als Gel abscheiden.

Kompressenverfahren: Hierbei benetzt das Festigungsmittel über getränkte Kompressen den Stein. Der lange Kontakt der feuchten Kompressen mit dem Stein soll eine gute Eindringtiefe erreichen. Die Behandlungszeit kann Wochen betragen.

Druck- und Vakuumverfahren: Bei Kieselsäureestern bewirkt dieses Verfahren keine Verbesserung des Ergebnisses. Bei der Volltränkung mit organischen Harzen wie etwa mit Acrylharz, ist dieses Verfahren anwendbar. Die Acrylharzvolltränkung ist ein sehr teures, nicht mehr umkehrbares Verfahren und kommt daher nur bei demontablen Objekten in Frage, die sonst unrettbar verloren wären. Derart getränkte Steine sind nicht mehr in der Lage, Wasser aufzunehmen und unterliegen keinem natürlichen Alterungsprozess mehr, d.h. sie heben sich immer von dem sie umgebenden Stein ab. Eine unvollständige Tränkung des Steines führt unweigerlich zur Zerstörung von innen durch Wasser und Salze.

Sprühverfahren (Fluten): Bei diesem Verfahren wird die Steinoberfläche mit Kieselsäureester durch Sprühgeräte drucklos geflutet. (Sprühdruck kleiner 1 bar) Dieses Verfahren ist das bauseits am meisten

praktizierte. Lackierte Flächen, Kunststoff, Glas etc. müssen abgedeckt werden. Die Verarbeitungstemperaturen sollen zwischen 10°C und 25°C liegen, bei einer rel. Luftfeuchtigkeit von 40 – 70%. Die gefluteten Bauteile dürfen keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sein, ggf. müssen sie abgedeckt werden. Frisch behandelte Flächen müssen ebenso vor Regen geschützt werden.

Injektionen: Ausschließlich dünnflüssige Harze eignen sich, um kraftschlüssige Verbindungen zwischen Rissen herzustellen. Die rissüberbrückende Wirkung solcher Epoxidharz-Injektionen wird oftmals durch Edelstahlarmierungen unterstützt. Zur Tränkung und damit Festigung mürben Gesteines eignen sich Epoxydharze nicht.

10.3.3 Hydrophobierung

Eine Hydrophobierung von Naturstein soll den Stein wasserabweisend machen. Am wirkungsvollsten ist eine Imprägnierung mit siliziumorganischen Mitteln wie Silan, Siloxan und Silikonharz. Die wasserabweisende Wirkung soll das Eindringen von Wasser und Verschmutzung verhindern und somit die Verwitterung infolge Umwelteinflüsse vermindern. Die Wirkungsdauer von Hydrophobierungsmitteln ist jedoch begrenzt. Wenn überhaupt, so ist meist nach ca. 7 Jahren nur noch eine sehr reduzierte Wasserabweisung festzustellen, so dass eine Hydrophobierung wiederholt werden müsste. Auch kann man in frisch hydrophobierten Flächen sehr ungleichmäßige Wirkungen beobachten.

Sinnvoll kann die Hydrophobierung alter, gereinigter und grobporiger Steine sein, die gelegentlich stärkerem Feuchtigkeitsanfall ausgesetzt sind.

Bei wenig saugfähigen Steinen, wie dichte Kalksteine und Marmore, kann sie zu Verfärbungen und anderen Schädigungen führen, da die ohnehin kleinen Poren verschlossen werden, oder sie zeigt günstigstenfalls gar keine Wirkung.

Um Schäden nach Abschnitt 6 auszuschließen, soll eine Hydrophobierung unterbleiben bei Bauteilen, die nach einer Reinigung noch feucht sind, bei Bauteilen, die ständiger Durchfeuchtung ausgesetzt sind, wie z.B. Sockelbereiche, bei starker Versalzung oder wenn weitere Arbeiten wie Steinaustausch, Verfugung etc. noch zu erfolgen haben.

Hydrophobierungsmittel können giftig und leicht entflammbar sein. Im Umgang mit solchen Stoffen müssen daher entsprechende Vorsichtsmaßnahmen und Sicherheitsvorschriften beachtet werden.

10.3.4 Ergänzende Maßnahmen

Ergänzende Maßnahmen zur Steinrestaurierung stellen Fungizid- und Bakterizidbehandlungen sowie Anstriche und Verputze dar.

Fungizid und bakterizid wirkende Lösungen enthalten Substanzen, die kaum wasserlöslich und daher kaum auswaschbar sind.

Anstriche und Verputze müssen ein ausreichendes Haftvermögen, eine ausreichende Wasserdampfdiffusionsfähigkeit aufweisen und sie müssen verwitterungsbeständig sein. Zementhaltige Putze dürfen nicht mit gipshaltigen Untergründen in Verbindung kommen, da sonst die Gefahr der Ettringitbildung besteht. Der „Zementbazillus“ führt zum Zementtreiben und zur Zerstörung des Putzes. Kalkmörtel haben den Nachteil, gegenüber der SO_2 Belastung aus der Luft langfristig nicht resistent zu sein.

Anstriche werden meist in Lasurtechnik aufgebracht. Sie sollen die Wasseraufnahme des Steines möglichst reduzieren. Sie dürfen keine schädlichen Wechselwirkungen mit dem Stein verursachen.

10.4 Reinigung

Eine Steinreinigung unter restauratorischen Gesichtspunkten hat nicht die absolut saubere Steinoberfläche zum Ziel. Vielmehr ist es auch Aufgabe der Reinigung, bauwerkschädliche Stoffe von der Oberfläche und dem oberflächennahen Porenraum des Steines zu entfernen. Lose aufliegender Schmutz stellt alleine noch keine Schädigung dar, jedoch Reaktionen des Schmutzes mit dem Stein, begünstigt durch weitere Umwelteinflüsse, schädigen den Stein. Jede Reinigung belastet die Außenhaut eines Objektes, daher ist, entsprechend der Art der Verschmutzung, die jeweils sanfteste Reinigungsmethode zu wählen. Man unterscheidet folgende Reinigungsmethoden:

Reinigung mit Wasser:

Wasserstrahlverfahren:
Beim Warm- oder Kaltwasserstrahlen wird die Oberfläche unter Einsatz eines Hochdruckgerätes gereinigt. Es besteht die Gefahr, die Oberfläche zu stark abzutragen.

Dampfstrahlverfahren:
Dieses Verfahren bewirkt einen höheren Reinigungseffekt bei geringerer Wasserbelastung. Wegen des hohen Drucks und der Temperaturen ist eine relativ feste Steinoberfläche erforderlich, um zu starken Substanzverlust zu vermeiden.

Berieselungsverfahren:
Hierbei besteht die Gefahr, dass das Bauwerk bis in die Innenbereiche durchfeuchtet werden kann. Steinfassaden sollen nur abgewaschen werden, solange das Mauerwerk innen wärmer als außen ist, dann erfolgt die Diffusion ebenfalls von Innen nach Außen. Deshalb nimmt der Stein auch im Frühjahr am wenigsten Wasser in den Kapillaren auf.

Mechanische Reinigung:

Sandstrahlverfahren:
Das Sandstrahlen verursacht einen erheblichen Verlust an Originalsubstanz. Lockere Steinteile werden mit dem Schmutz entfernt. Die Konturen feingliedriger Profilierungen und Bildhauerarbeiten werden verschliffen.

Abbürsten und Abschleifen:
Findet oft zur Unterstützung einfacher Wasserreinigung Anwendung. Schleif- und Kratzspuren können an der Oberfläche zurückbleiben.

Mikrostrahlverfahren,
Niederdruck-Rotations-Wirbelstrahlverfahren:
Diese beiden Verfahren sind sehr sanfte Anwendungen. Bei sachgemäßer Handhabung verursachen sie kaum einen nennenswerten Oberflächenabtrag. Sie sind auf jeden Fall die günstigsten mechanischen Reinigungsverfahren.

Laserverfahren:
Die Reinigung mit Lasern hat sich in der praktischen Anwendung nicht bewährt und sollte nur in Ausnahmefällen angewendet werden.

Chemische Reinigung:

Säuren und Laugen:
Sie schädigen auf jeden Fall den Stein. Neben dem Bindemittelverlust und der daraus resultierenden Auflockerung des Gefüges ist eine Salzbildung im Stein unvermeidlich, Neutralisierungsversuche durch nachträgliches Aufbringen einer Säure zum Unschädlichmachen der Lauge verstärken die Salzbildung und ist durch nachträgliches Waschen mit Wasser nicht rückgängig zu machen. Solche Reinigungsversuche gefährden zudem die Gesundheit des Verarbeiters und die Umwelt. Daher ist von einer solchen Steinreinigung abzuraten.

Reinigungspasten:
Der Vorteil von Reinigungspasten besteht darin, dass die in ihnen enthaltenen Chemikalien kaum in den Stein einwandern und die gelösten Verschmutzungen festgehalten werden. Dieses Verfahren wird häufig zur Reinigung stark verschmutzter Einzelbauteile verwendet.

Durch unsachgemäße Reinigung verursachte Schäden sind in Abschnitt 3.3 dargestellt. Eine regelmäßige Wartung des Bauwerkes, zu der auch eine Reinigung im Abstand von ca. 10 Jahren zählt, ist ein guter Schutz des Steines und verlangt dann auch keine abrasiven Reinigungsmethoden. Empfehlenswert, auch aus Kostengründen, ist eine Wasserreinigung mittels Hochdruckgerät, die mit möglichst geringem Druck und Wasserverbrauch ohne jeden Zusatz von Reinigungsmitteln durchgeführt werden soll.

10.5 Fug- und Versetzmörtel

Es ist erstaunlich, aber auch beängstigend, dass trotz Rezepturforschung der letzten Jahrzehnte verhältnismäßig viele Schäden am Fugennetz frisch sanierter Objekte gibt, andererseits langjährige tätige Steinmetzen selbst erprobte Rezepte mit Erfolg realisierten. Ein Großteil der neuen Rezepturen beinhaltet immer noch zu viele Feinanteile, die mehr Wasser aufnehmen, aber bereits im Abbindeprozess zu Schwindrissen führen.

Die Forderungen, historische Mörtel „nachzubauen“, schlagen meist fehl, da die echte Sumpfkalktechnik, die Pflege des Sumpfkalks noch kaum einer versteht, bzw. langjährige Erfahrungen im Umgang damit vorweisen kann.

Das Sanieren eines Fugennetzes hat aber andere Probleme:

Bei allen alten Objekten, wo Setz- und Fugmörtel in einem Arbeitsgang, d.h. im Zuge des Quaderversetzens erfolgte, wurde der Setz- und Fugmörtel durch das Gewicht des Steins „verdichtete“ zu einer Einheit Fugmörtel/Steinquader. Diese Idealbedingung ist nur ein einmaliger Vorgang und trotz neuer Technik eines „Fugmörteleinpressens“, bleibt es lediglich beim Verfüllen einer offenen Fuge.

Grundsätzlich muss der Mörtel auf den Stein abgestimmt werden, da sonst vielfältige Schädigungen auftreten können. S.a. in Abschnitt 6.

Der Zuschlagstoff soll DIN 4225, Zuschlag für Beton, entsprechen. Die Korngröße soll allgemein im Bereich 0-4 mm liegen und so abgestuft sein, dass bei möglichst großem Anteil des gröberen Kornes ein gut verarbeitbarer Mörtel dichten Gefüges entsteht.

Aber Vorsicht: Gute Verarbeitbarkeit verleitet zu einer Erhöhung des Feinanteils.

Grundsätzlich ist die Verwendung von werkseitig hergestellten Mörteln zu bevorzugen. Bauseits gemischte Mörtel sind einer Eignungsprüfung zu unterziehen.

Als Bindemittel wird Trasskalk empfohlen, mit den in der BTI 1.6 angegebenen Mischungsverhältnissen. Die bei Restaurierungsarbeiten zu bevorzugenden Mörtelgruppen II und IIa nach DIN 1053 sind zuverlässig herstellbar und bergen nicht die Gefahr zu hoher Festigkeiten, die bei Restaurierungsarbeiten häufig zu Schäden führen können. Der Trassgehalt wirkt zudem Verfärbungen und Kalkausblühungen entgegen.

Trasshaltige Mörtel erhärten langsamer und vermögen durch das dabei gegebene Kriechvermögen sich besser an die Eigenschaften des Gesteins anzupassen.

Mörtel mit Zementanteilen dürfen keinesfalls mit gipshaltigen Untergründen in Berührung kommen, da durch die Ettringitbildung („Zementbazillus“) die beträchtliche Volumenzunahme des Mörtels zu Sprengwirkungen führt. Bei Bauwerken mit derartigen Untergründen sind Sonderbindemittel einzusetzen.

Werden besondere Rezepturen und Bindemittel vorgegeben, ist die Eignung der Mörtel zu prüfen. Liegen keine Langzeiterfahrungen vor, kann keine Gewährleistung der Eignung gegeben werden.

Der Mörtel muss die Fugen vollständig ausfüllen, da punktförmige Belastungen Absprengungen am Stein verursachen können. Steinverbindungsmittel in den Fugen müssen aus nichtrostendem Stahl sein. Freistehende Bauteile werden häufig statt mit Mörtel mit Blei vergossen, um elastischere Fugen zu erhalten. Bleiverfugungen behindern den Feuchtigkeitsaustausch. Ihr Einsatz muss bauphysikalisch gut durchdacht sein.

11. Wettbewerb für das ausführende Handwerk

Die deutschen und die europäischen Ausschreibe- und Vergaberichtlinien sind grundsätzlich für neu hergestellte Bauleistungen sinnvoll. Die historischen Bauwerke Europas aber sind stets geprägt vom heimischen Stein aus der Umgebung des Bauwerks und Handwerkern aus der Umgebung. Die Fachleute kannten den verbauten Stein mit allen Vor- und Nachteilen, ob er ein Lufthärter war oder andere, nicht übliche Eigenschaften hatte.

Es ist zwar „theoretisch“ möglich, z.B. eine Sanierung von Westminster-Abbey international auszuschreiben, es wäre aber vergebliche Mühe, ein Sanierungs-LV auszufüllen in Erwartung eines Auftrags in London.

Dieses Thema muss in Deutschland von Politik und Gesetzgebung aufgegriffen werden, um eine klare Trennung zwischen „Neuleistungen“ und „Reparatur an historischen Länderkulturgut“ zu schaffen.

Natürlich wird dadurch der Wettbewerb nicht ausgehebelt, da es in jedem europäischen Land und natürlich auch in Deutschland genügend gut ausgebildete Steinmetzen, Restauratoren gibt, welche die heimischen Steine kennen und mit der Verarbeitungstechnik vertraut sind.

Im Zuge des Wettbewerbsverfahrens ist es von großer Wichtigkeit, die innere Struktur eines Betriebes abzufragen, zu hinterfragen, denn nicht jeder Betrieb ist automatisch qualifiziert, der im Hauptgeschäft vorgefertigte Grabsteine endbearbeitet oder auf Neubautechniken spezialisiert ist.

Auch ein sich positiv darstellender Fachbetrieb muss erst anhand von Referenzen beweisen, wie gut Leistung und Wirtschaftlichkeit in Einklang standen.

12. Anforderungen an Naturwerkstein-Fachbetriebe

Die Erhaltung von Bauwerken aus Naturwerkstein erfordert durch die oftmals komplexen, technischen Problemstellungen die Mitwirkung qualifizierter Naturwerkstein-Fachbetriebe, deren Mitarbeiter folgende Probleme praxisorientiert unter Zuhilfenahme von wissenschaftlichen Erkenntnissen lösen.

a) Gesteinskunde – Baukonstruktion
   - welche Steinarten und Steinsorten sind vorhanden
   - wie ist das Resistenzverhalten der Steinsorten einzuschätzen
   - welche Schäden sind vorhanden, wodurch verursacht
   - wie sind Grad und Ausmaß der Schädigungen am Stein zu bewerten
   - inwieweit sind die Schäden konstruktionsabhängig
   - wie können konstruktive Verbesserungen und Schutzmaßnahmen ausgeführt werden
   - welche Steinsorten eignen sich für den Austausch geschädigter Steine
   - wie sind flankierende Maßnahmen wie Verfugung, Anstrich, Verputz herzustellen
   - welcher Baustil liegt vor und welche Werkzeuge wurden in der jeweiligen Epoche eingesetzt

b) Physik — Chemie
   - lassen sich die vorhandenen Steinsorten grundsätzlich konservieren
   - welche Schutzmittel und Methoden eignen sich für die Konservierung wie ist die Dauerhaftigkeit und Wirksamkeit von Konservierungsmitteln einzuschätzen
   - gibt es geeignete Verfahren der Steinergänzung mit Ersatzmassen

c) Organisation
   - welche Anforderungen an den ausführenden Handwerker
   - welcher Zeitbedarf
   - welche technischen Vorgaben sind bei der Maßnahmendurchführung unbedingt einzuhalten
   - wie erfolgen die Überwachung, die Abnahme und nach Beendigung der Maßnahme eine sinnvolle, regelmäßige Kontrolle des Bauwerkes

Die Mitarbeiter der Naturwerkstein-Fachbetriebe müssen wissen, welche Sanierungsmethoden den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen und welche Risiken auftreten können. Facharbeiter müssen in der Lage sein, die Besonderheiten skizzenhaft dargestellter Werkstücke kostenmäßig zu erfassen.

Über die Eignung eines Fachbetriebs entscheidet nicht der Angebotspreis, sondern die Ausführung der Bearbeitungsmuster vor der Vergabe. Die Qualität wird mit 51 % bewertet und liegt somit vor dem Preis.

13. Musterfeld

Bei Maßnahmen zur Erhaltung historischer Bauwerke sind alle angedachten Techniken zu bemustern, den Beteiligten, also Bauherrn und den Denkmalpflegern vorzustellen, zu erläutern.

Je nach Bauwerksgröße kann das Musterfeld unter Umständen aus einigen Steinplatten bestehen, um Farbe, Struktur, Bearbeitung bei geplantem Steinaustausch vorzustellen, mit wenigen 100 € oder 1.000 €.

Es kann aber auch ein 1 Mio. € teures Experimentierfeld sein.

In der Regel soll das Musterfeld beispielsweise folgende Maßnahmen zeigen:

- Schadens- und Maßnahmekartierung
- Reinigung
- Krusten ausdünnen
- Vierungen, Steinaustausch
- Fugensanierung
- Mörtelantragungen an kleinerer Fehlecke
- Rissebehandlung
- Sichern von Bauteilen
- Festigung von Teiloberflächen
- evtl. Hydrophobierung
- Retuschen an neuen Vierungen
- Dokumentation der Musterfläche
- Bewertung des Erfolgs oder auch des Misserfolgs der Bemusterung mit Ausführungsempfehlung für die Ausschreibung

14. Hinweise zur Leistungsbeschreibung

Je nach Größe des Objekts wird immer wieder diskutiert, ob die Reparatur eines historischen Bauwerks öffentlich-europäisch, öffentlich-national oder mit beschränktem Teilnehmerwettbewerb ausgeschrieben wird.

Die VOB/A regelt die Verfahrenspflicht bei öffentlichen Auftraggebern.

VOB/B regelt die allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen bei öffentlichen Auftraggebern, ist jedoch nach der aktuellen Rechtsprechung nicht mehr mit privaten Auftraggebern zu vereinbaren.

VOB/C enthält technische Vertragsbedingungen, insbesondere für die Abrechnung von Bauleistungen. Die VOB regelt generell „Neubaumaßnahmen“ und ist nicht auf „Reparaturen“ an historischen Bauwerken ausgelegt. Dennoch enthält VOB/C DIN 18332 viele wertvolle Hinweise zur Aufstellung von Leistungsverzeichnissen, zur Ausführung von Baumaßnahmen und zum Aufmaß und Abrechnung der Bauleistungen.

Der Bauherr muss die Möglichkeit haben, vor dem Versand der Leistungsverzeichnisse die Fachkompetenz, Referenzen auf dem Sanierungsgebiet zu prüfen und es darf nicht sein, dass nur ein Billigstbieter den Zuschlag erhält, ohne Einbeziehung der zu erwartenden Qualität der Ausführung.

Ist eine beschränkte Ausschreibung nicht möglich, so muss der Auftraggeber die Möglichkeit haben, dem Mindestbieter erst dann den Zuschlag zu erteilen, sofern er nach der Submission an einem (zu bezahlenden) Musterfeld seine Qualifikation beweist mit einer Wertung:

51 % für Fachkönnen,
49 % für Angebotspreis.

Die Ausschreibung hat alle Hinweise der DIN 18299 und 18332 zu beachten, sowie die Erfordernisse für die Bestandssicherung, Vorgaben von Statik und Denkmalpflege.

Im Vorspann ist der Bieter abzufragen nach

- personeller Besetzung
- Ausbildung
- leitender Steinmetzmeister, Techniker
- Polier an der Baustelle
- maschinelle Einrichtung
- Referenzen, vergleichbar mit anzubietender Leistung
- Angaben nach § 8 VOB/A

Das Leistungsverzeichnis muss die Ergebnisse aus

- Schadens- und Maßnahmekartierung enthalten,
- Anforderung an evtl. Neustein, an Fugmörtel
- Erkenntnisse aus Musterfassade
- Abstimmungsprotokolle mit allen am Objekt Beteiligten.

Die einzelnen zu erbringenden Leistungen sind präzise zu beschreiben und soweit wie möglich – vor allem bei Vierungen und Neuteilen – die Schwierigkeit durch Skizzen und Pläne darzustellen und mit ca.-Abmessungen anzugeben.

Es dürfen im LV nur erprobte Maßnahmen gefordert werden, die den Allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen (siehe dazu Abs. 1.4 dieser BTI und DIN 18332).

Ausschreibungen über denkmalgerechte Sanierungen sollen nur Fachkräfte, die eine Qualifikation nach Abs. 1.5 besitzen, erstellen.

Nur so wird vermieden, dass Wünsche durch Laborversuche in der Umsetzung unter Bauwerksbedingungen scheitern.

Die Schlussposition eines LV’s ist stets die Dokumentation.

Nach Eingang der Angebote und rechnerischer Prüfung beginnt die fachliche Auswertung mit Preisspiegel und Kontrolle der Plausibilität der jeweiligen E.P., Auffindung evtl. Spekulationen und dgl.

Im Begleitschreiben gibt es evtl. Anmerkungen, Einwände oder gar Bedenken für einzelne Positionen oder auch Alternativ-Angebote. All diese Dinge müssen bewertet und gegebenenfalls mit einer jeweiligen Begründung ausgeschieden werden.

Die fachlich fundierten Themen müssen bewertet werden und evtl. in die Vergabe einfließen.

Sofort nach der Submission ist die fachliche Prüfung der ersten drei Mindestbieter erforderlich, evtl. über das bereits erwähnte Musterfeld, deren Wertung und Vergabevorschlag an den Auftraggeber.

Zu berücksichtigen ist, dass das wirtschaftlichste Angebot nicht dem billigsten Angebot entspricht. Die Wirtschaftlichkeit ist anhand von Wertungskriterien zu bestimmen.

15. Dokumentation

Die Dokumentierung aller am Objekt durchgeführten Leistungen, Maßnahmen ist eine unverzichtbare Leistung, deren Kosten im LV abzufragen ist.

Wurde das Objekt mit öffentlichen Mitteln gefördert, so wird im Zuge der Dokumentation auch ein Schlussbericht gefordert.

Beispielhaft wird folgender Inhalt gefordert:

– Kurzbeschreibung des Bauwerks, der Baustoffe
– Bauzustand vor den Maßnahmen
– Schadensbilder
– Voruntersuchungen
– Musterfelder
– Probeentnahmen
– an der Schadensbehebung beteiligte Personen, Firmen
– Ausschreibung, LV-Text, Änderungen bei der Ausführung
– Leistungsschritte bei der Ausführung wie z.B.
  - Reinigung
  - Krustenausdünnung
  - Fugensanierung
  - Steinersatz mit Mörtel
  - Neuteile, Vierungen
  - Rissverpressung

  usw.

All diese Leistungen sind mit Produktnamen, Ausführungsschritten, Mörtel- und Kleberezepturen etc. detailliert zu beschreiben.

– zeichnerische Darstellung der Maßnahmen.

Bei Angebotsabgabe muss der Bieter wissen, welche Anforderungen der Bauherr, die Denkmalpflege an die Dokumentation stellt und in welcher Stückzahl die Dokumentation (evtl. farbig) zu liefern ist.

16. Abnahme von Bauleistungen

Ein gut organisierter Handwerksbetrieb begeht vor dem offiziellen Abnahmetermin gemäß VOB, im Beisein der firmeneigenen Fachbauleiter und Polier, das fertige Bauwerk, damit der offizielle Termin zeitlich nicht aufgrund noch unvollendeter Leistungen („Vergesslichkeiten“) blockiert oder gar abgebrochen wird.

Es ist ein Protokoll vorzubereiten, welches die Leistungspositionen enthält und genügend Freiraum für Bemerkungen während der Begehung lässt.

An der Begehung muss – neben den Entscheidungsträger – stets der Polier der ausführenden Arbeitsgruppe dabei sein, der sich selbst – außerhalb des Protokolls – Notizen für evtl. Nachbesserungen oder anderen Zusatzleistungen macht, ohne erst die Reinschrift des Protokolls abzuwarten.

Die Abnehmenden sollen beachten, dass die Abnahme in der Regel vom Gerüst aus, also meist nur mit ca. 50 cm Augenabstand zur Maßnahme erfolgt, die Optik aber rechtlich nach der „Betrachtungsweise unter normalen Bedingungen“ gewertet wird und wie es heißt „unter üblicher Beleuchtung und üblicher Körperhaltung“. Allerdings kann eine Gerüstbegehung auch „täuschen“ und es ist nicht selten, dass eine Maßnahme erst nach dem Abrüsten zu einem Störfaktor wird (evtl. Briefmarkeneffekt). In derartigen Fällen ist ein Nachtermin nötig, zur Abklärung, ob eine evtl. Nachbesserung erfolgversprechend ist. In vielen Fällen wird das Thema durch die Zeit, eine vorzeitige Patina, gelöst.

17. Literaturverzeichnis

WTA-Merkblätter:

3-5-98/D Natursteinrestaurierung nach WTA I: Reinigung

3-7-95-D Anwendungstechnik Natursteinrestaurierung. Herstellen von Kopien durch Abformen

3-8-95/D Anwendungstechnik Natursteinrestaurierung. Handwerklicher Steinaustausch

3-9-95-D Bewertung von gereinigten Werkstein-Oberflächen

3-10-97/D Natursteinrestaurierung nach WTA XII: Zustands- und Materialkataster für Natursteinbauwerke

3-11-97/D Natursteinrestaurierung nach WTA III: Steinergänzung mit Restauriermörteln und Steinersatzstoffen.

3-12-99/D Natursteinrestaurierung nach WTA IV: Fugen

3-13-01/D Zerstörungsfreies Entsalzen von Naturstein und anderen porösen Baustoffen mittels Kompressen

3-14-04/D Natursteinrestaurierung. Anwendungstechnik, Konservierung

3-16/D Kunststeinrestaurierung

3-17/D Hydrophobierende Imprägnierung von mineralischen Baustoffen

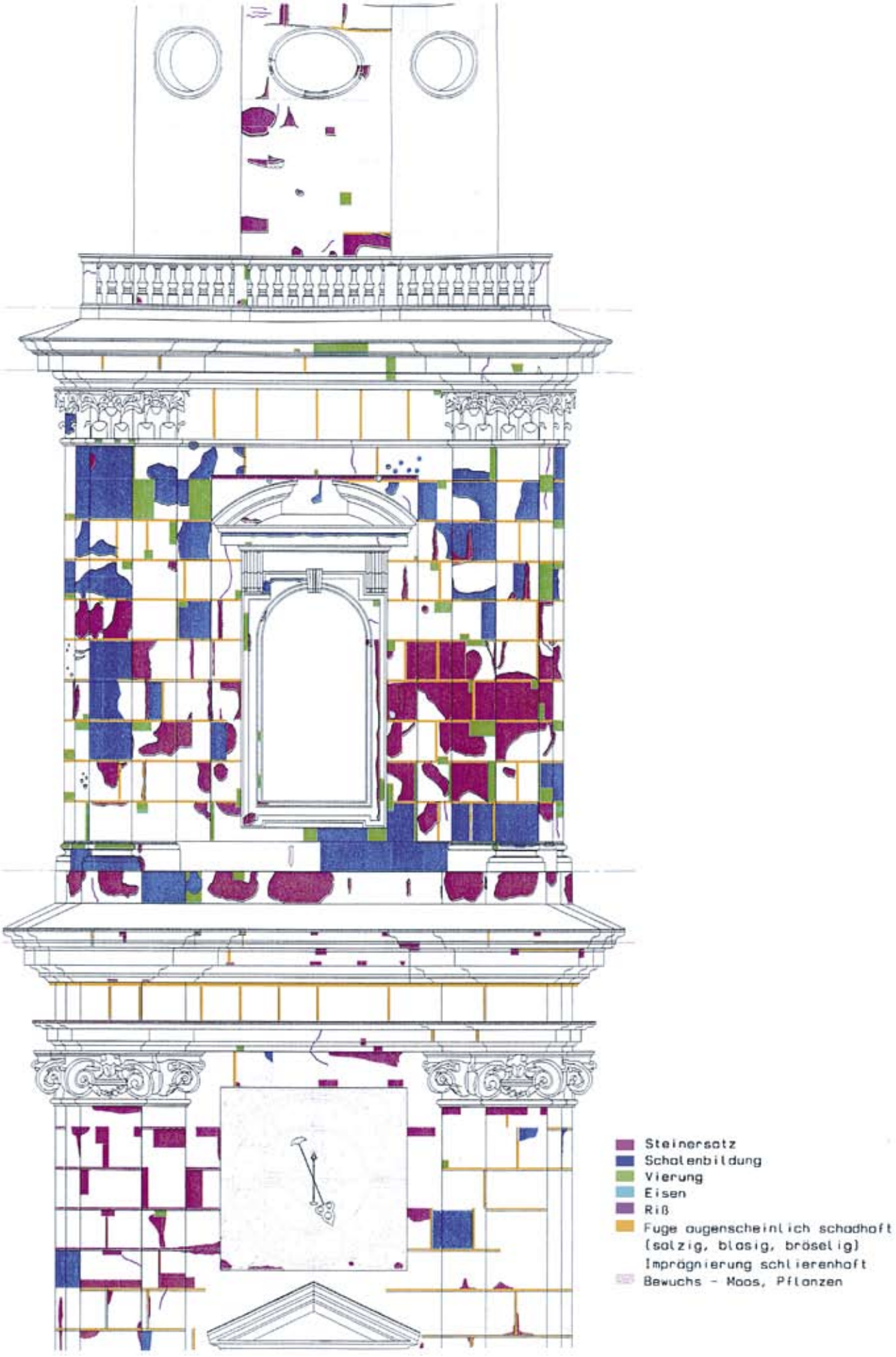
Leitfaden Naturstein-Monitoring
Nachkontrolle und Wartung als zukunftsweisende Erhaltungsstrategien
Hrsg.: Michael Auras, Jeannine Meinhardt, Rolf Snethlage
Fraunhofer IRB Verlag

Leitfaden Steinkonservierung
Planung von Untersuchungen und Maßnahmen zur Erhaltung von Denkmälern aus Naturstein
Hrsg.: Rolf Snethlage
Fraunhofer IRB Verlag

Denkmalpflege und Naturwissenschaft – Natursteinkonservierung II
Hrsg.: Rolf Snethlage
Fraunhofer IRB Verlag

Bauphysik und Denkmalpflege
Hrsg.: Helmut Künzel
Fraunhofer Irb Verlag

Gesteinskunde
Lehrbuch und Nachschlagewerk über Gesteine für Hochbau, Innenarchitektur, Kunst und Restaurierung
von Friedrich Müller
Ebner Verlag


Steinersatz
Schalenbildung
Vierung
Eisen
Riß
Fuge augenscheinlich schadhaft
(salzig, blasig, bröselig)
Imprägnierung schlierenhaft
Bewuchs - Moos, Pflanzen



Herausgeber:
Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V.
Sanderstraße 4
97070 Würzburg
www.natursteinverband.de

Copyright: Printed in Germany 2011
Titelbild: Michael Senn, München
Druck: Druckerei Kummor GmbH, Kitzingen

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung behält sich der Herausgeber vor.

Die vorliegende Bautechnische Information berücksichtigt die Ergebnisse wissenschaftlicher Erkenntnisse und langjähriger Erfahrungen aus der Praxis, die sich bei der Ausführung von Naturwerksteinarbeiten ergeben haben. Sie berücksichtigt ferner alle zur Zeit geltenden betreffenden Baunormen und dient vorwiegend als Information für die praktische Anwendung, jedoch nur unter Ausschluss jeglicher Haftung.