

Auf dem internationalen Kolloquium

## „Die Burgruine – Relikt oder Aufgabe“

in Linz an der Donau (A) vom 5. – 7. April 1984

bestand Gelegenheit, den versammelten Fachleuten die bauliche Sicherung von Ruinen mit Hilfe von Spritzbeton vorzustellen. Die Reaktionen darauf waren seinerzeit sehr unterschiedlich – das ist leider bis heute so geblieben. Die Ergebnisse wurden in der Zeitschrift „ARX“ (Heft 2/84) veröffentlicht.

Pfe

# Stand der Technik bei der baulichen Sicherung von Ruinen

Wilfried Pfefferkorn

## 1. Zum Thema

Die in der Überschrift zu diesem Aufsatz enthaltenen Begriffe wurden nicht zufällig gewählt, sie sollen vielmehr ihrer juristischen und technischen Inhalte wegen bewußt in die Diskussion eingeführt werden. Es wird deshalb höflich gebeten, folgende Definitionen als Grundlage zu akzeptieren:

- Ruinen sind Reste baulicher Anlagen in Form von Mauerwerk aller Art, dessen Schutz und Erhaltung aus übergeordneten Gründen<sup>1)</sup> durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen sind. Dabei ist die Originalsubstanz möglichst unverfälscht zu tradieren. Maßnahmen zur Erschließung und technische Schwierigkeiten werden hierbei zu Kompromissen führen. Die technischen Schwierigkeiten ergeben sich aus der Tatsache, daß unsere Ruinen keine Gebäude sind, denn Gebäude enthalten bereits in sich selbst schützende Faktoren: das Dach, eine Putzhaut, eine Nutzung usw. Ruinen jedoch stehen ungeschützt in Wind und Wetter und sind dadurch besonderen Belastungen ausgesetzt. Für diese Belastungen waren aber die Bauteile ursprünglich gar nicht geplant, so daß bei ihrer Erhaltung nach neuen Wegen gesucht werden muß.
- Die „bauliche Sicherung“ ist ein solcher Weg. Jenseits der teilweise stark abgenutzten Vokabeln wie Sanierung, Renovierung, Instandsetzung usw. soll dabei ausgedrückt werden, daß etwas „nicht mehr Sicheres“ durch „Bau“-Maßnahmen wieder „sicher“ gemacht wird.<sup>2)</sup>
- „Stand der Technik“ ist ein Begriff aus dem rechtlichen Ambiente des Bauwesens. Er steht für die Summe der bis zum Tage gewonnenen technischen Erkenntnisse zu einem Problem. Sobald sich daraus Verfahrensregeln ergeben, die im Kreise der für die Anwendung in Betracht kommenden Personen durchweg als richtig erkannt sind

und auch danach gearbeitet wird, spricht man von „allgemein anerkannten Regeln der Technik“.<sup>3)</sup> Bisher gibt es solche Regeln für Arbeiten an Ruinen nicht, was zur Folge hat, daß die verschiedensten Auffassungen zum Zuge kommen und daß bei Fehlern und daraus folgenden Mängeln oder Schäden eine juristisch haltbare Beweisführung mit dem Ziel der Befriedigung von Gewährleistungsansprüchen schwierig ist.

Zweck dieser Arbeit ist deshalb ein Appell an alle Beteiligten, zu helfen, daß man auch an Ruinen alsbald nach „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ arbeiten kann.

## 2. Die Vorbereitung einer baulichen Sicherung

Wie bei jeder Baumaßnahme ist auch hier sorgfältige Planung der Schlüssel zum Erfolg. Voraussetzung dafür ist zunächst beim Planenden selbst eine ausreichende Kenntnis des Objektes. Deshalb sind neben der zeichnerischen Dokumentation des Bestandes aus baugeschichtlichen Gründen weitergehende Analysen erforderlich. Prinzipiell empfiehlt sich die Einhaltung der Reihenfolge: Anamnese — Diagnose — Therapie.<sup>4)</sup>

- Die Anamnese beinhaltet im Rahmen der Bauaufnahme eine „optische“ und eine „haptische“ Kontrolle sowie die Bestimmung von Materialkennwerten. Genannt seien nur eine Sulfatbestimmung beim alten Mörtel<sup>5)</sup>, eine pH-Wert-Bestimmung des Haftgrundes für neuen Mörtel<sup>6)</sup> oder die Erstellung eines Festigkeitsprofils der alten Bausteine über einen schichtweisen Test der Haftzugfestigkeit.<sup>7)</sup> Während man bei Anwendung der Photogrammetrie für eine zeichnerische Aufnahme das Objekt selbst nicht

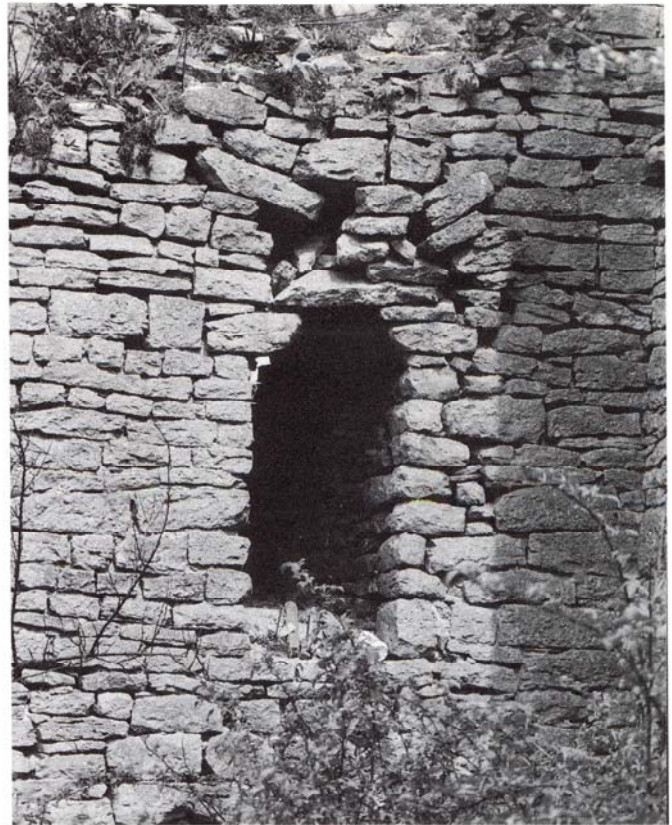
unmittelbar zugänglich haben muß, ist dies für eine Probenentnahme (evtl. durch Bohrkern) unabdingbar erforderlich. Daraus folgt, daß evtl. schon lange vor den Bauarbeiten Teilgerüste oder Hebebühnen eingesetzt werden müssen.

- Die Diagnose oder Bewertung der Befunde erfolgt über eine differenzierte Betrachtung der Bauteile, d. h., man unterscheidet zumindest nach Mauerfläche, Mauerkerne und Mauerkrone.<sup>8)</sup> Die Bewertung von Rissen zwingt dazu, eine Mauer evtl. auch als Ganzes, als „Baukörper“, anzusehen.
- Die Festlegung der Therapie erfolgt vor allem durch Zeichnungen und Leistungsbeschreibungen mit Kostenberechnungen bzw. Angeboten und umfaßt damit die Planung im herkömmlichen Sinne. So interessant es wäre, hier das ganze Spektrum der möglichen baulichen Maßnahmen bis zur Vernadelung, Verankerung und Verpressung auszuarbeiten, der knappe Raum gestattet dies ebensowenig wie die Erörterung der Accessoires zur Erschließung (Treppen, Geländer, Dächer usw.). In der Folge werden deshalb nur noch die Mauerflächen behandelt.

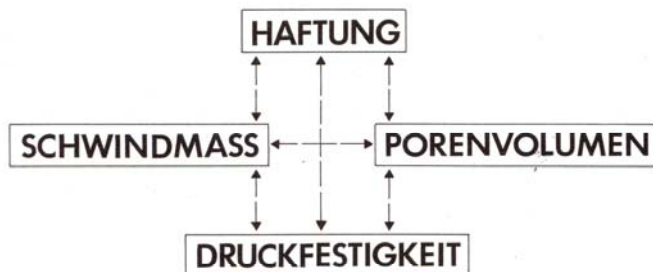
### 3. Schadensformen an den Mauerflächen

Der häufigste Schaden ist eine fortgeschrittene Mörtelerosion, die zwar am Reiz des Gesamteindrucks einer Ruine wesentlichen Anteil hat, zugleich aber die größte Gefahr darstellt. Sofern das Kernmauerwerk standhaft ist, besteht zumindest die Möglichkeit eines Abbrechens der Außenschale. Maßgebend hierfür ist das Verhältnis von freier Fugentiefe zur Einbindetiefe der Frontsteine. Es gibt Fälle, bei denen eine 40–50 cm tief ausgewitterte Fuge die 60–80 cm tief einbindenden Quader noch nicht abstürzen ließ, andererseits kann eine 10 cm tiefe Auswitterung bei nur 15 cm tiefen Frontsteinen bereits zum Unglück führen. Mauern mit mangelhaftem Kern gehen bei fortschreitender Mörtelerosion vollständig ab.

War bisher nur von Schäden am Mörtel die Rede, gibt es häufig gleichzeitig auch Schäden an den Steinen selbst. Während feste Steine die Schlagspuren des Steinmetzen, zumindest aber Steinmetzzeichen, häufig über Jahrhunderte bewahrt haben, gibt es künstliche und natürliche Steine, deren Oberfläche mehlig-sandig-weich ist oder schalenförmig abblättert.<sup>9)</sup> Solche Steine sind ohne Vorbehandlung für



8.1 Typische Problemstellung bei einer baulichen Sicherung; es gilt: nicht erneuern, sondern konservieren! (Objekt: Brauneck, Main-Tauber-Kreis, Region Württ. — Franken.)



8.3 Schematische Darstellung der vier wichtigsten Faktoren, von denen in gegenseitiger Abhängigkeit die Qualität eines Fugenschlusses abhängt.



8.4 Aufgliederung der vier Begriffe von Abb. 3 in Einzelfaktoren, die bei der Ausführung zu beachten sind.



8.2 Ein häufiger Befund: Die Mauerkrone ist überwachsen, die Außenschale fehlt bereits. (Objekt: Veringenstadt, Kreis Sigmaringen, Region Bodensee — Oberschwaben.)



die Mauersicherung ungeeignet. Es ist abzuwägen, ob man eine chemische Festigung oder einen entsprechend tiefen mechanischen Abtrag durch Abstrahlen oder durch Abspitzen durchführen will.

Sehr viele Burgen und Schlösser waren ursprünglich verputzt, und vor allem jüngere Ruinen tragen häufig noch Reste dieses Verputzes, der dann zumeist als erhaltungswürdig gilt. Moderne Werkstoffe gestatten eine Festigung des Putzes ebenso wie ein Verkleben sich ablösender Partien mit dem Untergrund, so daß die Forderung nach Erhalt durchaus zu erfüllen ist.

Der Ersatz von erodiertem Fugenmörtel soll unter dem Begriff „Fugenschluß“ im Mittelpunkt der weiteren Ausführungen stehen.

#### 4. Forderungen an einen Fugenschluß

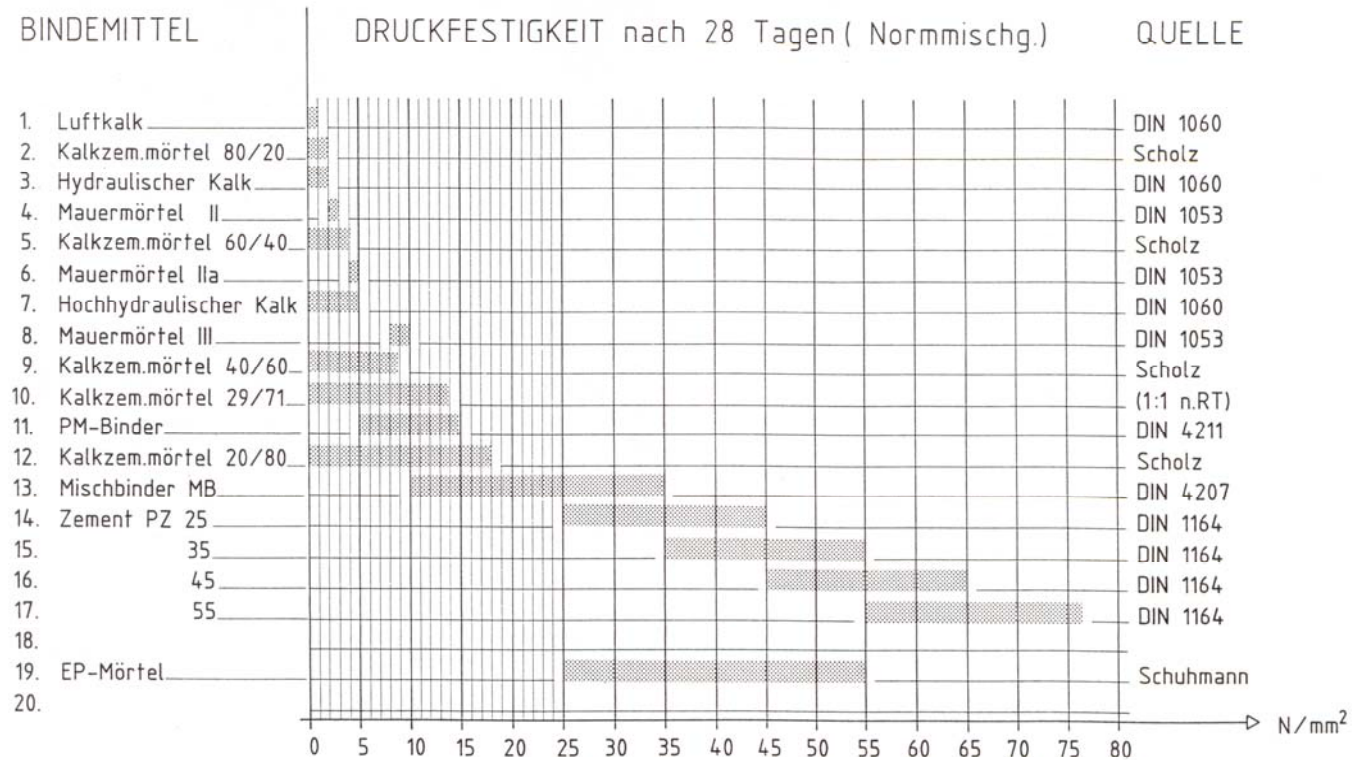
Neben der Abstimmung auf die Festigkeit der vorhandenen Mauersteine können sich aus Zustand und Aussehen des vorhandenen Mauerwerkes Forderungen an die Lage, an die Farbe und Oberflächenbeschaffenheit des neuen Fugenmörtels ergeben. Die mögliche Lage reicht von steinsichtigem Putz oder Bestich bis zu einer betont vertieften Fuge, die Farbe kann je nach Bindemittel und Zuschlagstoff von weiß über hellgrau bis bräunlich oder gar rötlich alle denkbaren Schattierungen entfalten. Die Oberfläche kann feinkörnig oder grobkörnig, letztlich sogar waschbetonartig sein.<sup>10)</sup> Die Hauptforderung lautet selbstredend: Der Fugenschluß soll frostbeständig sein, sicher haften und seine Eigenschaften über eine hinreichend lange Zeit behalten. Ein Zeitraum von 20 Jahren ist sicher eine untere Grenze, 50 Jahre sind anzustreben und 100 Jahre erreichbar.<sup>11)</sup>

#### 5. Bisher übliche Praxis

Sofern man bei bisher ausgeführten Ruinensicherungen nicht durch viel neues Mauerwerk den meisten Problemen

aus dem Weg gegangen ist, waren häufig die Erfahrungen so schlecht, daß man glaubte, bei Ruinen sei der Verfall einfach nicht aufzuhalten. Bis zu dem Entschluß, derartige Baudenkmale als Sonderfälle der Denkmalpflege in Schönheit sterben zu lassen, ist es dann nur ein kleiner Schritt.<sup>12)</sup> Der Grund für die zahlreichen Fehlschläge liegt in der irrigen Annahme, das Mauerwerk sei einst mit „Kalk“ errichtet worden, also muß man es mit „Kalk“ reparieren. Bisher konnte allerdings noch niemand exakt sagen, wie der „Kalk“ seinerzeit beschaffen war.<sup>13)</sup> Damit sind wir mitten in der Bindemitteldiskussion, die bei mangelnder Baustoffkenntnis oft zum Bindemittelkampf wird. Wo sich jedoch „Kalk“ und „Zement“ vereinfachend gegenüberstehen, ist eine gedeihliche Zusammenarbeit zum Wohle der Ruinen nicht möglich. Tatsächlich haben wir doch eine vielfach abgestufte Palette von Bindemitteln, deren man sich nur richtig bedienen sollte. Leider muß gesagt werden, daß unsere Handwerker zumeist für die Ausführung der an Ruinen anfallenden Arbeiten nicht ausgebildet sind. Das Wissen der darüberstehenden Fachleute wird auch allenfalls in der Literatur oder durch kritische Arbeit in der Praxis erworben — „studieren“ kann man das bisher nicht. Worin bestehen nun die zitierten Mängel? Wer unter Kalk einen Luftkalk<sup>14)</sup> versteht, den daraus bereiteten Mörtel zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit zu naß anmacht und ihn durch Anwerfen auf einen verstaubten oder organisch verschmutzten Untergrund aufbringt, erreicht weder Frostbeständigkeit noch Haftung. Die Folge kann bereits nach einem Winter das Abfallen sein, bestenfalls ein jährliches Absanden von 3—5 mm Schichtdicke. Wer dann dem „Kalk“ mißtraut und — sei es heimlich — Zement zusetzt, läuft Gefahr, daß der harte Mörtel eine Schale bildet, hinter der eine Zeitlang die Asseln nisten, bis sie bricht und ebenfalls abfällt.<sup>15)</sup> Es gibt Einwände, da und dort sei mit dieser Methode ein gutes Ergebnis erzielt worden, aber häufig waren dies Mauern an Gebäuden, nicht an Ruinen; und oft waren sehr gute Rahmenbedingungen die Ursache für das unverdiente Glück der Ausführenden.

## Mörtel im Vergleich



Beachte:  $1\text{N/mm}^2 \approx 10\text{kp/cm}^2$

8/83 pfe

8.5 Übersichtstabelle zum Vergleich der erzielbaren Mörtelfestigkeiten in Abhängigkeit vom gewählten Bindemittel.

## 6. Baustoffkenntnis

Das abgebildete Schema zeigt vier Begriffe, die in gegenseitiger Wechselwirkung die Qualität eines Fugenschlusses bestimmen. Im zweiten Schema wird an Stichworten aufgezeigt, welche Faktoren die erstgenannten Begriffe beeinflussen.

- Haftung ist abhängig vom Zustand des Untergrundes, sie kann nie größer sein als die Haftzugfestigkeit des Mauersteines.<sup>16)</sup> Vor allem aber bilden organische Beläge aus Flechten und Moos eine Trennschicht, die es zu beseitigen gilt. Der Anpreßdruck beim Einbauen des frischen Mörtels bestimmt die Haftfähigkeit mehr als bisher angenommen wurde.
- Das Porenvolumen ist abhängig vom Wassergehalt des Frischmörtels und von der Kornzusammensetzung der Sande bzw. der Kiese. Die spätere Frostbeständigkeit des eingebauten Mörtels wird wesentlich bestimmt vom Wasseraufnahmevermögen, und dieses ist eben abhängig von Art und Größe der Poren. Auf die Möglichkeit, diesem Problem durch eine Totalhydrophobierung über das Anmachwasser zu begegnen, sei hingewiesen.
- Das Schwindmaß ist abhängig von der Verdichtung des Frischmörtels beim Einbringen. Schließlich schwindet lediglich der Raum zwischen den Körnern von Sand und Kies, und verdichten heißt, diese Abstände zu minimieren. Erhebliche Bedeutung kommt der Nachbehandlung zu, weil bis zur Erlangung einer Mindestfestigkeit jedes Schwinden ausgeschlossen werden muß; dies wird vor allem durch Feuchthalten erreicht.<sup>17)</sup> Bei hohem Kalkanteil im Bindemittel reicht für die chemische Reaktion die reduzierte Menge Anmachwasser nicht aus, so daß auch aus diesem wichtigen Grund auf eine Nachbehandlung nicht verzichtet werden kann.
- Die Druckfestigkeit wird zumeist überschätzt; bei Beachtung der vorgenannten Regeln wird sie in ausreichender Höhe von etwa 3—5 N/mm<sup>2</sup> nach 7 Tagen erreicht. Viel wichtiger ist die Beachtung der Biegezugfestigkeit und damit des elastischen Verhaltens.

Damit ist das bereits als zentrales Problem angesprochene Thema der Bindemittel abzuhandeln. Die Tafel „Mörtel im Vergleich“ soll verdeutlichen, daß es eine Polarität „Kalk – Zement“ nicht gibt. Die vorgenannte Mindestfestigkeit läßt sich mit Mörteln der Zeilen 1—4 auch bei günstigen Umständen niemals erreichen. Die Mörtel der Zeilen 10 ff. dagegen setzen exakte Abstimmung der E-Moduli von Mörtel und Stein voraus, also eine Beachtung des elastischen Verhaltens wie zuvor angedeutet. Hier sind jedoch die praktischen Möglichkeiten bisher begrenzt.<sup>18)</sup> Damit ergibt sich hochhydraulischer Kalk als optimales Bindemittel für den vorliegenden Zweck.<sup>19)</sup>

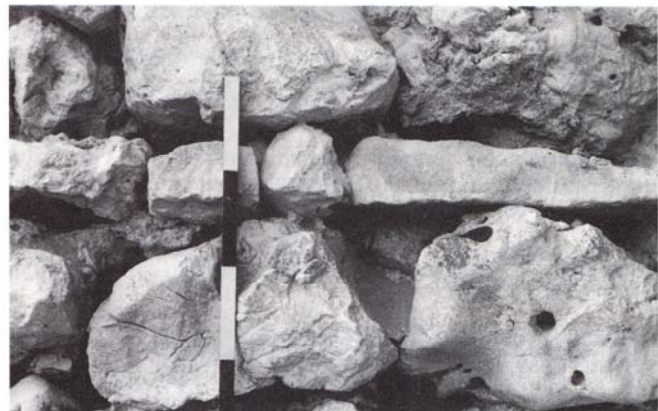
Erwähnt werden muß noch, daß die Zugabe von natürlichen Puzzolanen, wie gemahlener Trass, oder von künstlichen Puzzolanen, wie Ziegelmehl, Hüttensand oder Steinkohlengasasche, die Mörtel hinsichtlich der Forderung nach geringer Schwindneigung, besserem Biegezugverhalten, chemischer Bindung von freiem Kalk zur Vermeidung von Sinterfahnen usw. günstig beeinflusst.<sup>20)</sup>

## 7. Methoden der Ausführung

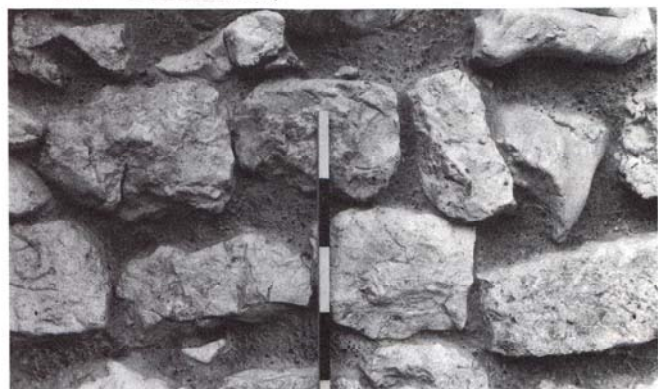
Wenn nun, unter Beachtung der zuvor beschriebenen Ausgangslage, ein geeigneter Mörtel gefunden wurde, geht es darum, diesen auf ein entsprechend vorbereitetes Mauerwerk aufzubringen. Die Vorbereitung ist dabei zur Erzielung eines tragfähigen Haftgrundes sehr wichtig. Kunstgeschichtlich ausgerichtete Leser werden hiermit vielfach gebeten, die verständliche Hemmschwelle zu übersteigen und das Sandstrahlen als Mittel der Wahl zu akzeptieren. Ehemals verputztes Mauerwerk verliert dabei allenfalls etwas Patina, höhere Werte weist es selten auf. Bei genügend Übung gelingt es den Ausführenden dann, lediglich die Haftflächen zu behandeln, die später vom Mörtel überdeckt werden, so daß die Patina auf den Sichtflächen der Steine erhalten bleibt. Bei wichtigen baugeschichtlichen Befunden auf den Steinen wie Steinmetzzeichen oder anderen Werkspuren der ehemaligen Bearbeiter ist das Sandstrahlen durch Bürsten und Waschen zu ersetzen. Ein gründliches Abwaschen folgt jedoch auch dem Sandstrahlen. Das dann folgende Aufbringen des Mörtels erfolgt maschinell durch Spritzen, wie es in DIN 18 551 als Spritzbeton beschrieben wird und bauaufsichtlich eingeführt ist.



8.6 Reinigen des Bestandes durch Sandstrahlen nach vorangegangener Entfernung von Bewuchs und Humus. (Objekt: Veringenstadt, Kreis Sigmaringen, Region Bodensee — Oberschwaben.)



8.7 Gründlich gereinigtes Mauerwerk — falls einzelne Steine bereits herauszufallen drohten, müßten sie durch Holzkeile fixiert werden. (Objekt: Veringenstadt, Kreis Sigmaringen, Region Bodensee — Oberschwaben.)



8.8 Beispiel für einen fertigen Fugenschluß mit tiefem Fugengrund auf sehr grobem Mauerwerk. (Objekt: Veringenstadt, Kreis Sigmaringen, Region Bodensee — Oberschwaben.)

Dabei sei ausdrücklich darauf verwiesen, daß der Unterschied zwischen Mörtel und Beton keinerlei denkmalpflegerische Qualitätsstufe ausdrückt. Unabhängig von der Art des Bindemittels spricht man bei Korngrößen unter 8 mm von Mörtel, darüber von Beton; theoretisch gibt es also auch „Kalk-



8.9 Beispiel für einen etwa bündigen Fugenschluß auf grobem Mauerwerk. Die obersten zwei Schichten der Außenschale und die Übermauerung der Krone wurden ergänzt durch neues Mauerwerk. (Objekt: Hohenstein, Kreis Reutlingen, Region Neckar — Alb.)

Beton". Das vorerwähnte Spritzen ist nicht zu verwechseln mit dem Hinpflatschen von Spritzputz nach DIN 18 550. Vielmehr wird durch hohen Druck bei Auftreffgeschwindigkeiten von etwa 80 m/sec das Material aufgebracht. Es wird dabei zweckmäßig trocken gefördert und erst an der Düse mit Wasser vermischt.<sup>21)</sup> Der Vorteil dieses Verfahrens ist eine gute Haftung, ein optimaler Schichtaufbau und eine hohe Verdichtung.<sup>22)</sup> Durch die Beschränkung auf Druckluft als alleiniger technischer Hilfe ist auch eine Baustelleneinrichtung in Wald und Flur ohne Elektrizität oder Wasserleitung möglich. Ein Baukran ist ohnehin nur erforderlich, wenn man viel neues Mauerwerk errichten will oder andere Bauarbeiten



8.10 Gesichertes Kernmauerwerk — siehe dazu Abb. 6 — der ehemalige Turm wurde durch neues Mauerwerk auf der nachgewiesenen Flucht wieder ablesbar gemacht. (Objekt: Veringensstadt, Kreis Sigmaringen, Region Bodensee — Oberschwaben.)

entsprechende Vertikaltransporte erfordern. Die Druckluftförderung gestattet es, Strecken von 200—300 m und Höhenunterschiede bis zu 50 m zwischen Mischanlage und Mauer zu überbrücken, so daß auch schwer zugängliche Ruinen im Felsgelände beherrschbar sind. Auf ein Gerüst, evtl. als „Fluggerüst“ unter Verwendung der alten Hebel-Löcher, kann man selbstredend nicht verzichten. Das beschriebene Verfahren hat jedoch auch Nachteile, vielleicht auch nur einen Schönheitsfehler: Es gerät Mörtel auch dorthin, wo man ihn nicht haben will — auf die Steinhäupter. Hier hilft nur ein zeitlich abgestuftes Nachreinigen durch Abkratzen, Abbürsten und Abwaschen. Verbleibende Schleier können durch nochmaliges leichtes Sandstrahlen entfernt werden. In der Beherrschung dieses Arbeitsganges der Nachreinigung zeigen sich die wahren Meister. Wo nicht von vornherein zufriedenstellende Referenzen nachgewiesen werden, sind deshalb Musterflächen, evtl. an versteckten und weniger wichtigen Mauerpartien, unerläßliche Voraussetzung für den Gesamterfolg.

Mit der hier beschriebenen Methode sind alle eingangs genannten Forderungen an einen guten Fugenschluß erfüllbar.

Die hohe Schule ist schließlich das Sichern von freiliegendem Kernmauerwerk. Eine genügend dicke und damit selbsttragende Betonschicht läßt zwischen den kräftiger hervorstehenden Steinen zumeist recht großflächige Mörtelpartien entstehen. Solchermaßen behandelte Mauerkerne sind zwar technisch ausreichend gesichert, befriedigen aber ästhetisch in keiner Weise. Es lag deshalb nahe, die großen Mörtelflächen durch Einbau sichtbar bleibender zusätzlicher Steine aufzulockern. Dabei wird vom Düsenführer handwerkliches Geschick und ein Blick für das richtige Maß vorausgesetzt, aber die Erfolge sprechen für sich. Die geeigneten Steine zum Ergänzen findet man meist sehr reichlich im vorhandenen Schutt der Ruinen.

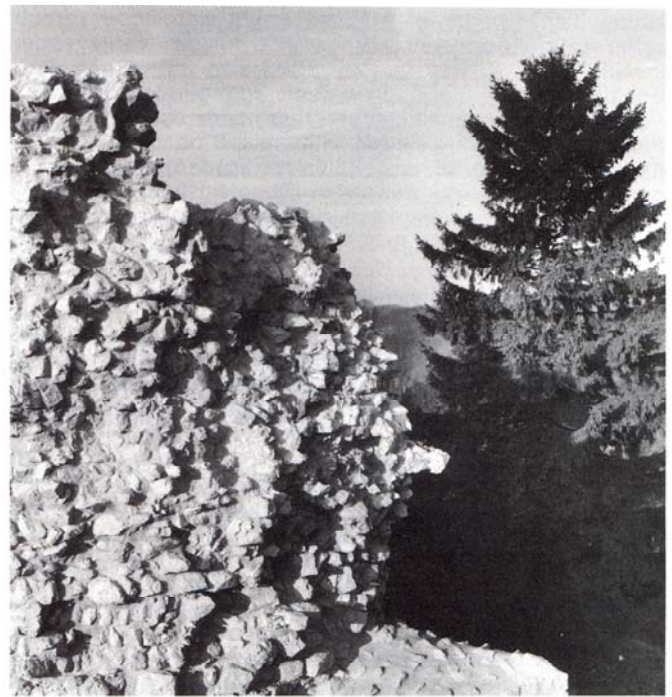
Die schematischen Mauerschnitte stellen die einzelnen Arbeitsgänge nochmals vor. Zur Vervollständigung wurde dabei das Vernadeln und Verpressen, wie es z. B. bei neuen Vormauerungen unerläßlich ist, mit dargestellt.<sup>23)</sup>

## 8. Kosten

Die bauliche Sicherung im Rahmen der vorstehenden Beschreibung ist selbstredend teurer als die bisher üblichen Techniken.

Man erhält jedoch dafür:

— verbindliche Einheitspreise über Ausschreibung lt. VOB,



8.11 Gesichertes Kernmauerwerk über neuem Sockel wie bei Abb. 10.

- eine gleichbleibende Qualität durch Maschineneinsatz,
- eine rasche Ausführung,
- eine mindestens 5jährige Garantie.<sup>24)</sup>

Ohne Berücksichtigung der Baustelleneinrichtung, die aber meist sehr einfach ist, und ohne die Anteile für das Gerüst kosten derzeit (1983/84) im südwestdeutschen Raum:

Vorreinigung	15—25 DM/qm
Fugenschluß	30—50 DM/qm
Nachreinigung	10—20 DM/qm
Zusammen zuzüglich Mehrwertsteuer	55—95 DM/qm

Für Kostenschätzungen einschließlich Baustelleneinrichtung und Gerüst kann man von netto 150 DM/qm ausgehen.

Mustertexte für Leistungsverzeichnisse können bei schriftlicher Bestellung gegen eine angemessene Schutzgebühr geliefert werden.

Die für derartige Arbeiten geeigneten Firmen kommen zumeist aus dem Spezialtiefbau, wo im Tunnelbau oder bei der Beseitigung von Brandschäden an Stahlbetonkonstruktionen ähnliche Einrichtungen und Verfahren angewandt werden.

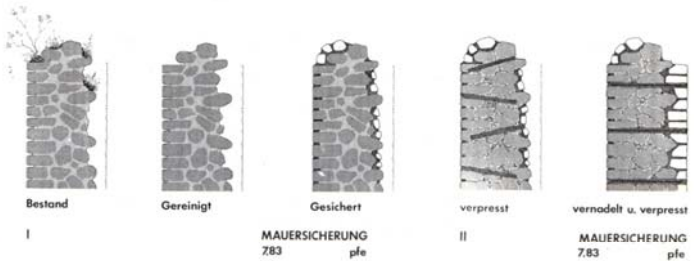
## 9. Ausblick

Die Diktion der vorstehenden Ausführungen könnte den Eindruck erwecken, hier stehe zwischen den Zeilen ein „heureka“, dieser Eindruck wäre falsch!

Viele Fragen sind noch offen, Versatzungen und Durchfeuchtungen bieten für eine Weiterarbeit genügend Aufgaben.

### Anmerkungen:

- Übergeordnete Gründe ergeben sich aus der Verpflichtung zur Unterhaltung baulicher Anlagen und von Baudenkmalen im besonderen aus einschlägigen Gesetzen (z. B. Landesbauordnung Baden-Württ. § 3 oder/und Denkmalschutzgesetz Baden-Württemberg § 6).
- Richtlinie für die Bauarbeiten ist die Abwägungsfolge: Historische Baustoffe und Methoden — möglich oder nicht? Zeitgemäße, aber bauübliche Baustoffe und Methoden — möglich oder nicht? Baufremde, evtl. chemische Eingriffe nur im Notfall oder flankierend.
- Umfangreiche Erläuterungen hierzu bot zuletzt Soergel, Carl (Prof. Dr. am OLG Stuttgart) im „Deutschen Architektenblatt“ 10/83, S. 1045 ff.
- Diese der Medizin entlehnte Gliederung folgt Klaus Pieper (siehe Lit.); die Einführung allseits abgestimmter „Checklisten“ würde die Arbeit erleichtern und Fehler vermeiden helfen.
- Ein hoher Sulfatanteil im alten Mörtel wäre ein Hinweis auf die Anwesenheit von Gips, was bei Verwendung von Zement, vor allem zum Verpressen, HS-Zement erfordern würde.
- Alter Mörtel hat oft einen in den sauren Bereich abgesunkenen pH-Wert (also unter 7), während neuer Mörtel hochalkalisch ist mit pH-Werten von 12—13. Bei Anwesenheit von Wasser — bei Ruinen nie auszuschließen — wirkt dann der neue Mörtel wie eine Kompressen und zieht lösliche Salze an sich. Ausblühungen sind häßliche Spuren dieser Reaktionen. Einzelheiten zu diesem Problemkreis bei Weber, Helmut (siehe Lit.) unter dem Stichwort bauschädliche Salze u. ä.
- Die Haftzugfestigkeit des Haftgrundes ist der Parameter für die Rezeptur des neuen Mörtels — siehe auch Anmerkung 9.
- Mauerkronen sind bei Ruinen nur „Sonderfälle“ der sonstigen Mauerflächen, d. h., hier sind lediglich alle Belastungen durch thermische und hygrische Einflüsse am größten, so daß Fehler meistens hier zuerst Folgen zeigen.
- Nach Hans Schuhmann (siehe Lit.) gilt eine Haftzugfestigkeit der Oberfläche von 1,5 N/mm<sup>2</sup> als untere Grenze.
- Der Zusatz von Pigmenten zum Angleichen an vorhandenen Mörtel ist denkbar. Der Begriff „Waschbeton“ darf nicht erschrecken, denn alte Mörtel enthalten oft einen hohen Anteil von grobem Korn, das häufig sichtbar ist und an Waschbeton erinnert.
- Bei der Sicherung von Teilen der Ruine Scharfenberg bei Donzdorf, Landkreis Göppingen (Württemberg), konnten 60 Jahre alte Mauerabdeckungen unverändert belassen werden.
- Diese Form der Resignation ist verständlich, offen bleibt zumeist die Frage, warum man bei all diesen Anlagen nicht wenigstens die aufrecht stehenden Bauteile authentisch dokumentiert.
- Die heute z. B. im Bereich des weißen Jura zur Zementherstellung dienenden Mergel standen zur Kalkherstellung auch schon im MA zur Verfügung. Baukalke aus diesem Rohstoff hatten naturgemäß hohe hydraulische Qualitäten (siehe Lit. bei Müller, Karl Eugen).
- Luftkalk ist bei seinem Erhitzen durch Beschränkung auf die Calciumhydroxidphase von der Anwesenheit des CO<sub>2</sub> abhängig, erhärtet also nicht unter Wasser. Ausgangsstoffe sind reiner Kalkstein CaCO<sub>3</sub> oder Dolomit CaCO<sub>3</sub> · MgCO<sub>3</sub>.
- Bei geringer Haftung bildet sich die Schale evtl. auf der Verschmutzung des Haftgrundes und fällt ab, ohne Spuren zu hinterlassen (eine ungewollte, aber teure Reversibilität), oder die Schale haftet am Stein und nimmt beim Abfallen eine mehr oder weniger



8.12 I. Die einzelnen Arbeitsabschnitte als Zeichnung getrennt dargestellt für Fugenschluß (links an der Mauer) und Kernmauerwerk (rechts an der Mauer). II. Dasselbe Mauerstück mit Bohrkernen zum Verpressen und rechts mit ergänzter Außenschale und Nadeln zu deren Verankerung mit dem Kernmauerwerk.

Auch bleibt der Traum von der Datierbarkeit historischen Mörtels wohl noch eine Weile ein Traum.

Auf eines sei noch hingewiesen: Das Publikum unserer Ruinen, die Burgenfans und sonstigen Besucher, sind nach Abschluß einer baulichen Sicherung oft enttäuscht. Für sie gehört die schattendunkle, weil leere Fuge und der Bewuchs, überhaupt der sichtbare Verfall so sehr zu jeder Ruine, daß sie den Schritt zum Verständnis der erhaltenen Sicherung nicht vollziehen können. Aber baulich gesichert werden ohnehin nur ein paar von unseren Ruinen, so daß sich die Romantiker noch eine Weile an den vielen anderen abgehenden Objekten erfreuen können.

dicke Haut mit. Letzteres kam häufig vor und ist ein Hauptgrund unreflektierter Feindschaft einzelner Zeitgenossen gegen „Zement“.

- Siehe hierzu Anm. 7 und 9.
- Bei der Nachbehandlung können die Angaben der DIN 1045 (für Stahlbeton) als Richtschnur gelten.
- E-Modul = Elastizitätsmodul ist definiert als das Verhältnis von Spannung zu elastischer Dehnung. Für benachbarte Baustoffe gilt, daß große Differenzen zwischen den E-Moduli (hier von Stein und Mörtel) notwendigerweise zu Schäden führen.
- Im Gegensatz zum Luftkalk (siehe Anm. 14) enthält der Rohstoff zu diesem Material auch Tonerde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Kieselsäure SiO<sub>2</sub> und Eisenoxid Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Die sich beim Brennen daraus ergebenden Verbindungen lassen das Bindemittel auch unter Wasser erhärten, daher der Begriff „hydraulisch“. Zugleich werden höhere Festigkeiten erreicht. Damit stehen hydraulischer und hochhydraulischer Kalk zwischen Luftkalk und den reinen Zementen (siehe Lit. unter Scholz-Knoblauch).
- In diese Reihe gehören auch die organischen Zusätze Kasein oder Bluteiweiß, auch diese Stoffe reagieren mit Kalk wie freie Kieselsäure und führen zu leicht hydraulischem Verhalten des Bindemittels (siehe Lit. unter Scholz-Knoblauch).
- Diese Methode der „Dünnstromförderung“ erhöht die Durchsatzmenge und bietet dem Düsenführer die Möglichkeit, die Wasserzugabe exakt den wechselnden örtlichen Verhältnissen anzupassen (siehe Lit. unter Brux-Linder-Ruffert).
- Der Schichtaufbau: „Nasse Kleberschicht — Feinmörtel — Vollmörtel“ hat einen praktischen Nachteil, denn vor allem bei Beginn des Spritzens geht alles Grobkorn als „Rückprall“ verloren. Bei handwerklichem Geschick wird die Rückprallmenge auf etwa 20% der geförderten Mörtelmenge begrenzt.
- Verankern, Vernadeln und Verpressen stehen seit einiger Zeit im Mittelpunkt der Tragwerksforschung (Lit. siehe unter Haller).
- Fünf Jahre „Garantie“ entsprechen den Regeln des Werkvertrages lt. BGB. Dabei müssen Nacharbeiten von vornherein eingeplant werden, weil es immer wieder vorkommt, daß durch Spritzen auf Staub oder durch zu dünne Mörtelschichten kleine Schadstellen entstehen. Sofern nicht mobile Gerüste einsetzbar sind, empfiehlt sich zur Behebung der Schäden der Einsatz von geübten Bergsteigern.

### Literaturverzeichnis

- Brux/Linder/Ruffert: Spritzbeton — Spritzmörtel — Spritzputz, Köln 1981
- Haller, Jürgen: Untersuchungen zum Vorspannen von Mauerwerk historischer Bauten (Aus Forschung und Lehre / Institut für Tragkonstruktionen UNI Karlsruhe, Band 9), Karlsruhe 1982
- Müller, Karl-Eugen: Einführung in die Geologie Baden-Württembergs, 7761, Gundholzen 1973
- Pieper, Klaus: Sicherung historischer Bauten, Berlin-München 1983
- Scholz/Knoblauch: Baustoffkenntnis, Düsseldorf 1980
- Schuhmann, Hans: Sanierung von Natursteinmauerwerk mit Reaktionsharzen, in: „Bautenschutz + Bausanierung“ 2/82, Zürich/Filderstadt
- Weber, Helmut: Fassadenschutz (Grafenau/Württemberg 1980)
- Weber, Helmut: Steinkonservierung (Grafenau/Württemberg 1980—1983)

Abbildungen: sämtlich Wilfried Pfefferkorn