

Rissbilder und Putzabplatzungen bei Mauerwerksbauten – Ursachen und Strategien zur Schadensbeseitigung

Prof. Dr.-Ing. Wolfram Jäger, Lehrstuhl Tragwerksplanung, Fakultät Architektur der TU
Dresden, 01062 Dresden

e-mail: Wolfram.Jaeger@mailbox.tu-dresden.de

1 Inhalt

Rissbilder und Putzabplatzungen bei Mauerwerksbauten – Ursachen und Strategien zur Schadensbeseitigung.....	1
1 Inhalt.....	1
2 Einführung	2
3 Schadbilder und Schadursachen.....	3
3.1 Generelle Einteilung.....	3
3.2 Ursachen	3
4 Analyse, Entscheidungsfindung und Vorbereitung der Sanierung	9
4.1 Entscheidungsfindung auf der Basis angemessener Analysen	9
4.2 Planung, Ausschreibung und Vergabe der Bauleistung.....	11
5 Strategien zur Schadensbeseitigung.....	11
5.1 Kausalkette Ursache-Wirkung.....	11
5.2 Auswahl von Technik und Verfahren.....	12
6 Techniken und Technologien	12
6.1 Statisch-konstruktive Sanierung.....	12
6.2 Putzsanierung.....	18
7 Ausführung, Überwachung und Abrechnung.....	20
7.1 Vorgaben für die Ausführung	20
7.2 Überwachung.....	20
7.3 Abrechnung	21
8 Zusammenfassung.....	21
9 Quellen und Literatur.....	21

2 Einführung

Eine große Zahl des heutigen Gebäudebestandes wurde in der Vergangenheit traditionell in Ziegelbauweise errichtet. Diese Bauweise galt bis zur Einführung der industrialisierten Block- und Plattenbauweise als vorherrschende Bauweise. Entsprechende Anstrengungen wurden unternommen, um Rationalisierungseffekte zu erreichen, wie z.B. der Einsatz von Lehren, von vorgefertigten Blocken und der Anwendung größerer Steinformate. Im Zuge des Vormarschs der industrialisierten Bauweisen schien der Mauerwerksbau an Einfluss zu verlieren. Diese Entwicklung hielt in den beiden Gesellschaftssystemen unterschiedlich lang an, bis man die Vorteile der Mauerwerksbauweise hinsichtlich der Flexibilität und der Vielfalt der möglichen Formen wieder erkannte. Heute wird im Wohnungs- und Geschäftshausbau i.W. die Mauerwerksbauweise angewendet, die durch die neuesten technischen Entwicklungen wieder konkurrenzfähig gegenüber anderen Bauarten geworden ist.

Der Bestand an Gebäuden, die in Mauerwerk errichtet worden sind, ist in den neuen Bundesländern ebenso wie in den mittel- und osteuropäischen Ländern über Jahrzehnte vernachlässigt worden, weshalb ihm eine besondere Aufmerksamkeit gilt.

Instandhaltungszyklen und Reparaturen wurden über viele Jahre ignoriert oder aus wirtschaftlichen Gründen vernachlässigt. Der historische Bestand der Altstädte in den neuen Bundesländern war kurz vor der politischen Wende in einem erschreckenden Zustand und stand kurz vor dem Kollaps. Das Gebot des sparsamen Umgangs mit natürlichen Ressourcen verlangte nach einer Sanierung, Instandsetzung und schließlich Revitalisierung des Altbestandes. Erschwerend kamen demografisch negative Entwicklungen, z. T. bedingt durch den wirtschaftlichen Erneuerungsprozess, hinzu.

Andererseits gibt es zahlreiche Gebäude, die unter Denkmalschutz stehen und wegen ihres historischen Wertes einer besonderen Herangehensweise bei der Beurteilung und Sanierung bedürfen.

Der Beitrag befasst sich mit der Instandsetzung, Sanierung und Wiedernutzbarmachung von bestehenden Gebäuden, zeigt Schadensphänomene in Form von Rissen auf und erläutert Strategien und Erfahrungen bei der Instandsetzung und Wiedernutzbarmachung.

3 Schadbilder und Schadursachen

3.1 Generelle Einteilung

Für die Beurteilung und nachfolgende Entscheidungsfindung von Risschäden und Putzabplatzungen ist eine generelle Kategorisierung derselben sinnvoll. Riss- und Putzschäden können unterteilt werden in:

- Statisch-konstruktiv bedingte und
- Putzbedingte Schäden.

Bei beiden wesentlichen Schadkategorien können die verschiedensten Ursachen zu den jeweiligen Erscheinungsbildern geführt haben:

- Fehler oder Mängel in der Konstruktion
 - in unmittelbarer Rissnähe
 - als Folgeerscheinung in anderen Elementen des Tragsystems
- Lastabtrag und Überlastung
- Fehler und Mängel in der Ausführung
- Baustoffwahl
- Verschleiß infolge Gebrauch oder äußerer Einflüsse
- Ermüdung
- Feuchtigkeitseinwirkung
- Vernachlässigung von Pflege und Instandhaltung

3.2 Ursachen

Von den aufgeführten Ursachen sollen die nachfolgenden vertiefend behandelt werden.

3.2.1 Statisch-konstruktiver Natur

Die Ursachen für Riss- und Putzschäden können sowohl im Mauerwerk selbst als auch in darüber und darunter liegenden Konstruktionsteilen, wie Dächern, Decken, Gewölben oder Fundamenten liegen. Aus den sichtbaren Rissbildern lässt sich nach eingehender Analyse oft sehr schnell auf Ursachen schließen. Eine Rissaufnahme und Beobachtung ist jedoch in jedem Fall notwendig, um einerseits die Ursachen genau definieren und andererseits den Zustand dokumentieren zu können.

3.2.1.1 Ausdehnung

Infolge der Ausdehnung des Mauerwerks oder anderer Bauteile kommt es oft zu Rissbildungen, die ein typisches Erscheinungsbild haben.

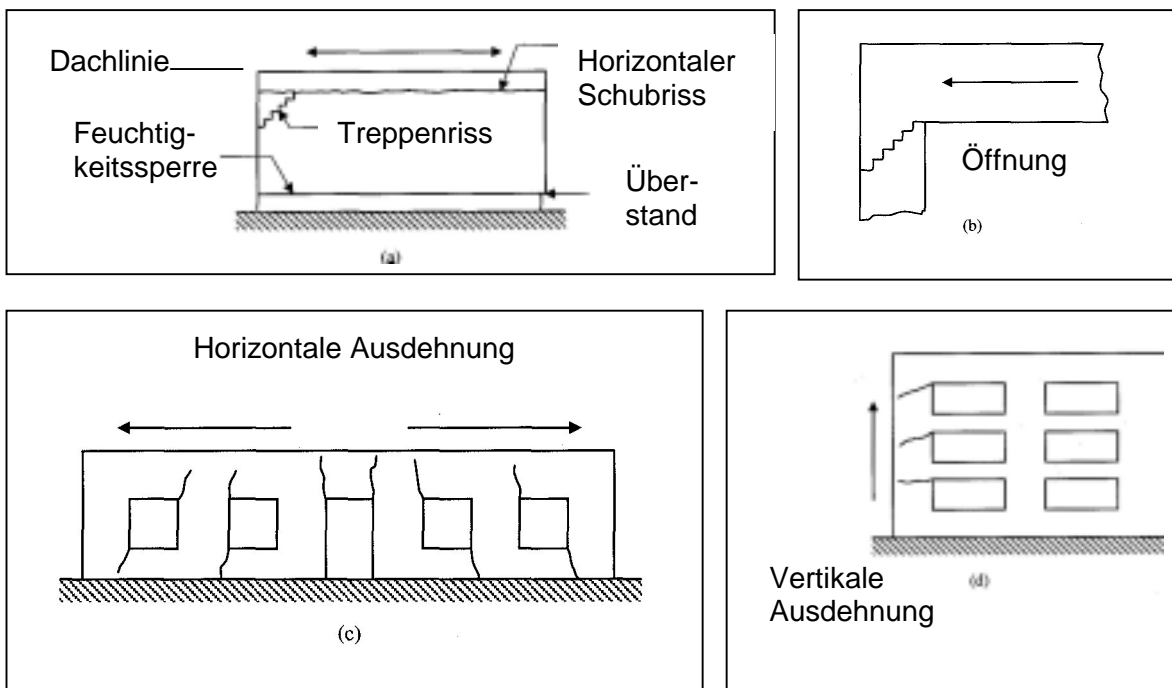


Abb. 1 Typische Rissbilder infolge der Ausdehnung von Mauerwerk

3.2.1.2 Schwinden

Infolge einer der Verkürzung von Bauteilen kommt es zu Rissbildungen. Die Rissbildungen können unterschiedliches Aussehen haben. Derartige Risse treten häufig bei Neubauten nach relativ kurzer Standzeit und bei wechselnden Feuchtigkeitseinwirkungen auf.

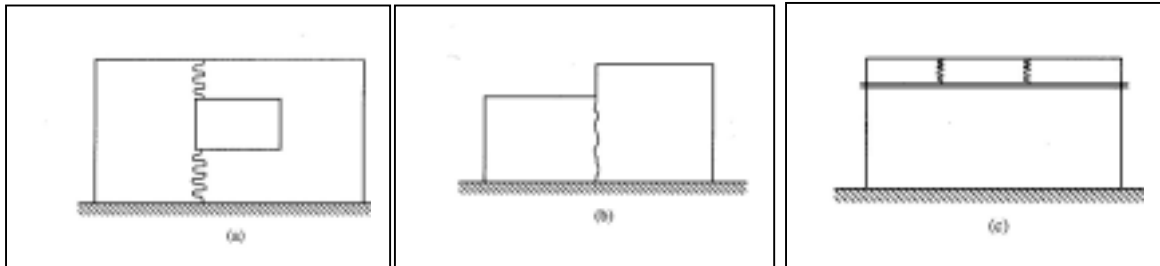


Abb. 2 Typische Rissbilder infolge von unterschiedlichem Schwinden von Bauteilen

3.2.1.3 Durchbiegungen von Decken

Verformungen von Bauteilen wie Decken können zu Rissbildungen führen, die sowohl bei jüngeren Neubauten nach Abklingen von Kriechen und Schwinden von Stahlbetonbauteilen genauso wie infolge von Langzeitverformungen bei bestehenden Bauwerken auftreten. Oft sind die Decken, die Mauerwerkswände tragen sollen, nicht ausreichend für diesen Fall bemessen.

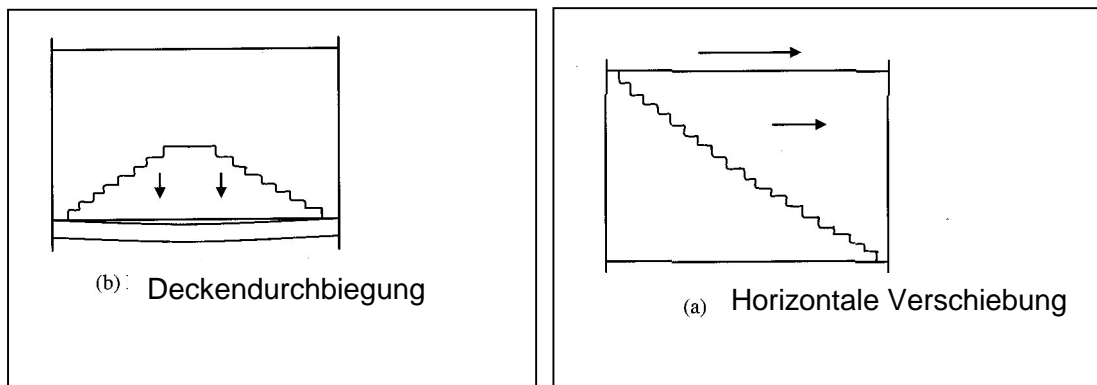


Abb. 3 Rissbildungen infolge von Bauteilverformungen

3.2.1.5 Gewölbe- und Dachschub

Gewölbe und Dachkonstruktionen können horizontale Kräfte auf die Umfassungskonstruktionen ausüben, die mit Bauteilverformungen ebenso wie Rissbildungen verbunden sein können.

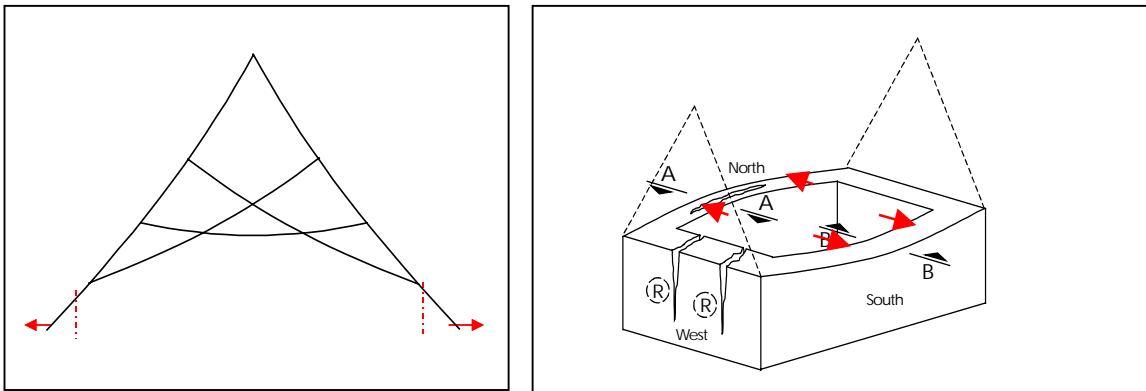


Abb. 4 Gotischer Kehlbalkendachstuhl auf Umfassungswänden aus Mischmauerwerk

3.2.1.6 Fundamentverformungen

Fundamentsetzungen können durch unzureichende Fundamentabmessungen, Aufweichen des Baugrundes, Ausspülungen, Überlastungen oder Frosteinwirkungen verursacht worden sein. Das nachfolgende Bild zeigt einige typische Rissformen.

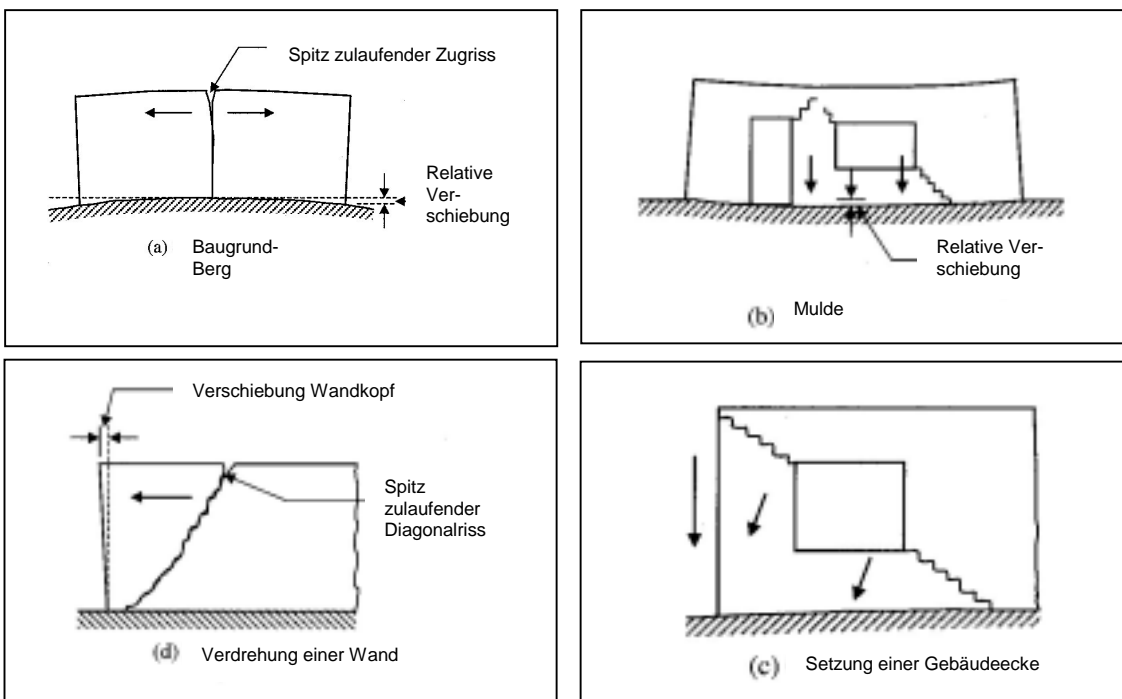


Abb. 5 Risse infolge von typischen Fundamentsetzungen

3.2.1.7 Erdbebenbeanspruchung

Risse, die aus einer Erdbebenbeanspruchung herrühren, können ähnlich, wie die in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen aussehen. Als zusätzliches Erkennungsmerkmal ist die Ausbildung von kreuzweise verlaufenden Rissen infolge horizontaler Beanspruchung in beide oder mehrere Richtungen anzusehen.

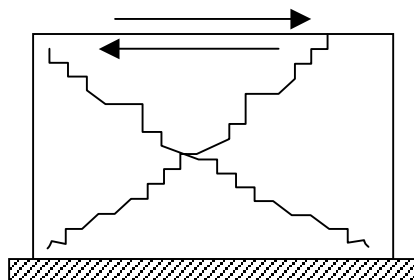


Abb. 6 Typischer Diagonalriss infolge horizontaler Beanspruchung in beide Richtungen

3.2.2 Feuchtigkeit

3.2.2.1 Frostabsprengungen

Flächige Frostabsprengungen haben oft ihre Ursachen in dem Eindringen von Feuchtigkeit infolge defekter Dach- oder Balkonentwässerungen.

3.2.2.2 Salzsprengung

Im Bereich des Sockelmauerwerkes es wegen ständig aufsteigender Feuchtigkeit bei entsprechendem Salzvorkommen durchaus zu einer Zerstörung des Putzes infolge Salzsprengungen kommen. Ein Aussanden ist dann meist die Folge.

3.2.2.3 Bindemittelauslaugung

Bindemittelauslaugungen wegen ständig anliegender Feuchtigkeit sind bei alten Gebäuden nicht selten verbunden mit einer Entfestigung des Mörtels und damit des Mauerwerks. Die Folge sind dann mechanische Schäden am Mauerwerk, sofern dieses nicht mehr in der Lage ist, die anliegenden Kräfte weiter zu leiten.

3.2.3 Verschleiß

Verschleiß von Mauerwerk und Putz kann sowohl mechanische Ursachen haben oder von Umwelteinflüssen herrühren.

3.2.3.1 *Mechanischer Verschleiß*

Hierunter sollen nicht die aus dem allgemeinen Lastabtrag ständiger und veränderlicher Lasten herrührenden Schäden verstanden werden, sondern die sich infolge wiederholter mechanischer Beanspruchung ergebenden.

Die Ursachen sind i.W. in immer wiederkehrenden dynamischen Lasten zu suchen (vgl. auch [29]). Diese können aus vorbeifahrenden Fahrzeugen herrühren oder in dem Betrieb von Maschinen und Geräten bedingt sein.

Unter diese Gruppe zählen auch die Riss- und Putzschäden, die durch mechanische Beanspruchung der Außenwand, wie z.B. durch Anstoß oder anderweitige Berührung bedingt sein können.

3.2.3.2 *Umwelteinflüsse*

Umwelteinflüsse von den klimatischen bis hin zu aggressiv-chemischen bzw. biologischen führen i.d.R. zu einer Zerstörung des Putzes oder der äußeren Schichten des Sichtmauerwerkes. Sie sind durch den Materialzerfall oder durch daraus resultierende Steinschädigungen bedingt. Ein Phänomen insbesondere bei Sichtmauerwerk aus Sedimentgesteinen mit porösem Aufbau sind durch das typische Versagen der Stein-Mörtel-Stein-Verbindung gekennzeichnet. Infolge porösen Fugenmörtels dringt das Wasser sehr schnell in das Mauerwerk ein, diffundiert in den Stein und dringt von da im Prozess der Austrocknung wieder an die Oberfläche. Vor der Oberfläche wird die Diffusion verlangsamt und durch Frosteinwirkungen kommt es zum Ausplatzen der Steinflanken im Bereich der Fugen. (Weitere Erläuterungen dazu in [30], [31]).

3.2.4 Ausführung

Oft sind Risse und Putzabplatzungen in Fehlern oder Mängeln, die zur Zeit der Erstellung des Bauwerkes oder im Rahmen von Sanierungs- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen begangen wurden, begründet.

3.2.4.1 *Verletzung von Konstruktions- und Ausführungsgrundsätzen*

Zu der Verletzung von Konstruktionsgrundsätzen zählen Ausführungsmängel, wie

- Zu geringe Auflager von Decken, Stürzen und Trägern
- Unzureichende Einbindung von Rolladenkästen

- Zu geringe Überbindemaß des Mauerwerks und Nichteinhaltung von Verbandsregeln
- Unzureichende Verbindung von Längs- und Querwänden
- Keine vollfugige Vermörtelung
- Verarbeitung bei unangemessenen Witterungsbedingungen

3.2.4.2 Putzauftrag und Materialwahl

Sehr oft werden Risse und Abplatzungen hervorgerufen durch ungeeignete Materialwahl für den Putz und nicht den Regeln der Handwerkskunst entsprechender Putzauftrag. Die Beschaffenheit und das Material des Untergrundes spielen ebenfalls dabei eine Rolle.

Hohlstellen und Abplatzungen entstehen oft durch ungenügende Haftung des Putzes auf dem Putzgrund. Beim Herstellen kann es passieren, dass Unterputz und Oberputz zu schnell hintereinander aufgetragen werden und bei wenig saugfähigem Grund (hartgebrannte Steine, Natursteine) ein Wasserfilm zwischen Unterputz und Untergrund entsteht, der eine Verbindung verhindert.

4 Analyse, Entscheidungsfindung und Vorbereitung der Sanierung

4.1 Entscheidungsfindung auf der Basis angemessener Analysen

Vor jeder Sanierung sollte der üblichen Planungsmethodik folgend eine entsprechende Voruntersuchung durchgeführt werden. Diese muss nach der Wertigkeit des Objektes mit einer angemessenen Tiefe durchgeführt werden und spart später Zeit. Zugleich wird eine bessere Kostensicherheit erreicht. Die Honorarordnung für Architekten- und Ingenieure [33] ist vom inhaltlichen Gesichtspunkt her anwendbar, wenn die einzelnen Leistungsbilder und Leistungsphasen entsprechend ausgestaltet werden. Die Aufgaben der Bauzustandsanalysen und der Ermittlung der Schadensursachen sind i.d.R. besondere Leistungen.

Entsprechende Entscheidungen zu Art und Umfang der Sanierung sollten im Laufe der Bauvorbereitung jeweils auf der Basis angemessener Analysen getroffen werden, was jedoch oft nicht der Fall ist.

Oft werden Risse nach einer ersten Inaugenscheinnahme dem Putz zugeschrieben. Bei jeder Rissbildung muß jedoch die Frage gestellt werden, wie tief geht dieser und welche Ursachen hat er. In Bausanierungshandbüchern [32] findet man Hinweise zur Putzbeurteilung, für die Ursachenfindung im statisch-konstruktiven Bereich ist jedoch in der Literatur kaum etwas zu finden (vgl. [15]).

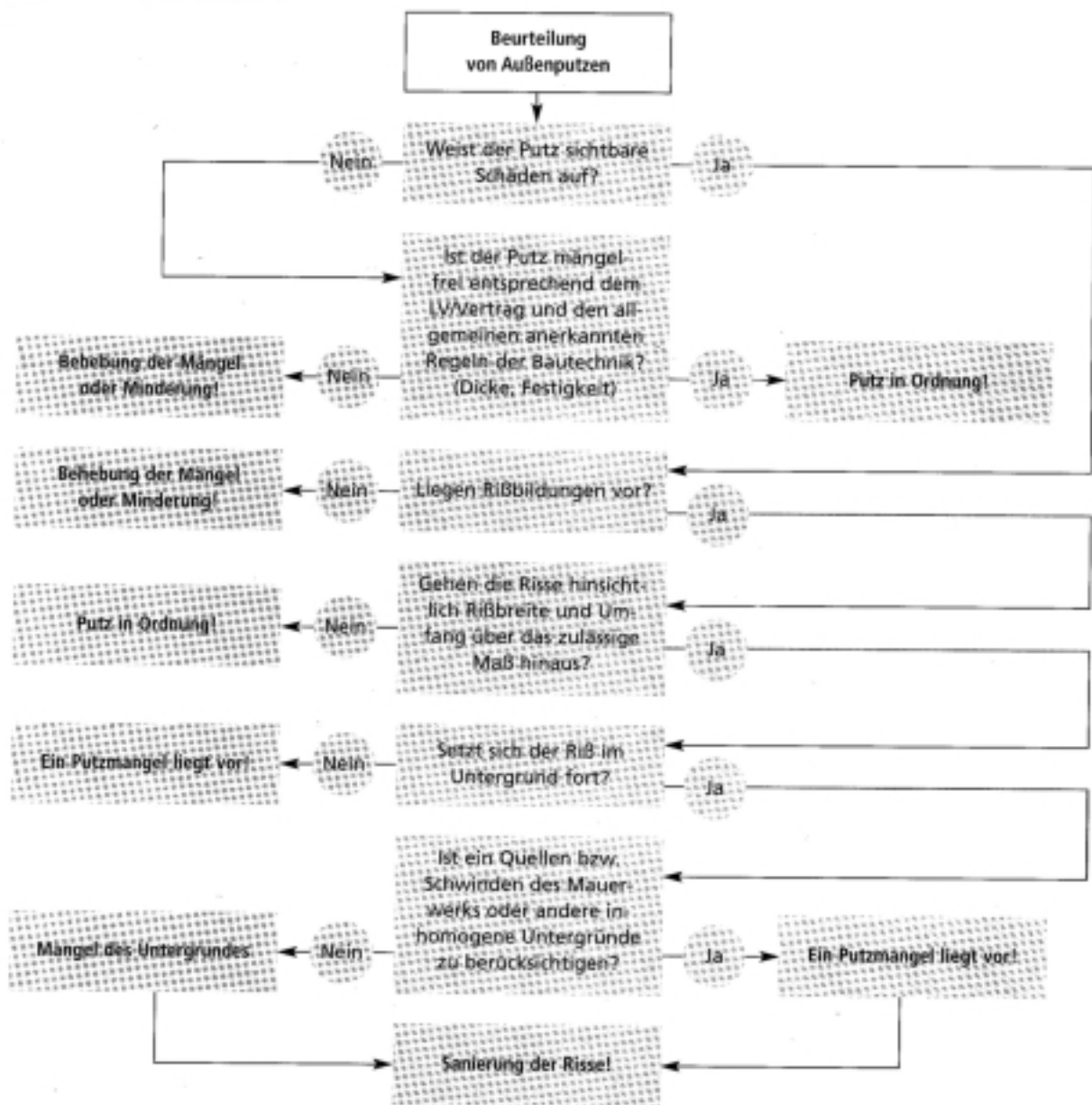


Abb. 7 Schema zur Beurteilung von Außenputzen nach [32]

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, beim Vorhandensein von Rissen rechtzeitig mit der Ursachenermittlung zu beginnen. Als erstes ist festzustellen, ob die Risse noch „arbeiten“ oder zur Ruhe gekommen sind. Dazu werden Gipsmarken gesetzt bzw. Riss-Monitore angebracht. Es sind auch Glasmarken üblich, die im Falle des Auftretens neuer Spannungen

im Rissbereich zerplatzen. Die Marken müssen in entsprechenden Plänen gekennzeichnet sein, regelmäßig abgelesen und die Ablesungen dokumentiert werden. Nur so sind die Ergebnisse sinnvoll verwertbar.

Als weitere Maßnahme wird die Risskartierung empfohlen. Sie dokumentiert die Zustände zu Planungsbeginn und ist bei der Ursachenfindung sehr hilfreich. Oft gewinnt man erst im Büro beim Auswerten und Betrachten dieser Aufnahmen den notwendigen Überblick, der oft an Ort und Stelle schwer zu gewinnen ist. Dabei aufgenommen werden sollten:

- Richtung, Ausmaß und Bild der Risse
- Rissweite, spitzer Zulauf und Richtung zu den Mauerschichten
- Tiefe
- Alter (helle Flanken – junger Riss; dunkle Flanken – alter Riss)
- Ausbildung der Rissränder (scharf – Zugriss, schuppig – Schubriss)
- Zeitpunkt der Aufnahme

Derartige Pläne können dann gleichzeitig zur Planung der Maßnahmen und zur Abrechnung und Kontrolle verwendet werden.

4.2 Planung, Ausschreibung und Vergabe der Bauleistung

Eine gewissenhafte Planung bedeutet, dass der vorbereitende Ingenieur oder Architekt für die durchzuführenden Sanierungsarbeiten an Putz bzw. Mauerwerk entsprechende Planunterlagen und Leistungstexte erarbeitet, die dann die Grundlage für die Ausschreibung, Vergabe, Kontrolle und Abrechnung der Bauleistungen sind. Für die Vergabe der Leistung sind i.d.R. besondere technische Vertragsbedingungen sinnvoll, da es sich um nicht alltägliche Aufgaben handelt und oft Nachträge aus unklaren Vereinbarungen resultieren.

5 Strategien zur Schadensbeseitigung

5.1 Kausalkette Ursache-Wirkung

Um eine zielsichere Sanierung durchführen zu können, ist eine Ermittlung der Schadensursachen unumgänglich. Nur bei Abstellung der Ursachen ist eine dauerhafte Lösung möglich.

Es genügt nicht allein, die Schäden aufzunehmen und sie oberflächlich zu beseitigen. Oft sind tiefergehende Analysen zu

- Baustoffen

- Lastfluß und Lastabtrag
- Tragfähigkeit der einzelnen Bauelemente und des Gesamttragwerkes

erforderlich. Gegebenenfalls sind die sichtbaren Schäden Ausdruck eines beginnenden Versagens der oder eines Tragelementes. Veränderte Nutzungen nach der Sanierung sind gleichfalls zu beachten, um Folgeschäden nach der Sanierung auszuschließen.

5.2 Auswahl von Technik und Verfahren

Die anzuwendende Technik sollte sowohl dem Vorhaben als auch dem Wert des Gebäudes angemessen gewählt werden. Das Ausmaß der Eingriffe sollte behutsam festgelegt werden. Oft ist es sinnvoll, den Umfang der Sanierung und Ertüchtigung zu begrenzen. Auf denkmalpflegerische Werte ist Rücksicht zu nehmen. In diesem Falle ist ein enger Kontakt mit den Denkmalpflegern und den Restauratoren notwendig. Das gilt auch für die Abnahme von Putzen und entsprechende Freilegungen, die sich im Rahmen der Bestandserkundung und der statisch-konstruktiven Eingriffe erforderlich machen können.

Eine von der Ausführung unabhängige Planung ist immer sinnvoll, da so entkoppelt vom Interesse der Firma Technik und Verfahren ausgewählt werden können. Fälschlicherweise wird oft die Ausführungsfirma ohne vorbereitende Planung eingeschaltet.

6 Techniken und Technologien

6.1 Statisch-konstruktive Sanierung

Sind die Ursachen für Rissbildungen und Abplatzungen in statisch-konstruktiven Schwächen oder Mängeln zu sehen, sollten für Riss-Sanierungen folgende Techniken bzw. Technologien ausgewählt werden.

1. Verfugung der Fugen und Risse
2. Vernadelung
3. Verpressen von Hohlräumen und Rissen im Inneren
4. Einbau von Ankern und/oder Spanngliedern
5. Bewehrung
 - a. Lagerfugenbewehrung
 - b. Längsbewehrung mit z.B. Verbundpfählen
 - c. Bewehrung durch Vernadelung

- d. Vernähung von Rissen
- e. Einbau von Schub- und Haftzugnadeln

6. Querschnittsauftrag

6.1.1 Verfugung

Unabhängig davon, ob es sich um Sichtmauerwerk oder um verputztes Mauerwerk handelt, kann sich eine Neuverfugung erforderlich machen. Dazu werden die Fugen ausgeräumt, die Wand gesäubert und dann neu verfugt. Das kann

- mit der Hand
- im Niederdruckverfahren oder
- im Hochdruckverfahren

durchgeführt werden. U.U. und sofern verträglich kann es auch sinnvoll sein, eine Spritzschale aufzubringen. Der Aufwand dafür ist jedoch hoch und die Verschmutzung des Gebäudes nicht unwesentlich.

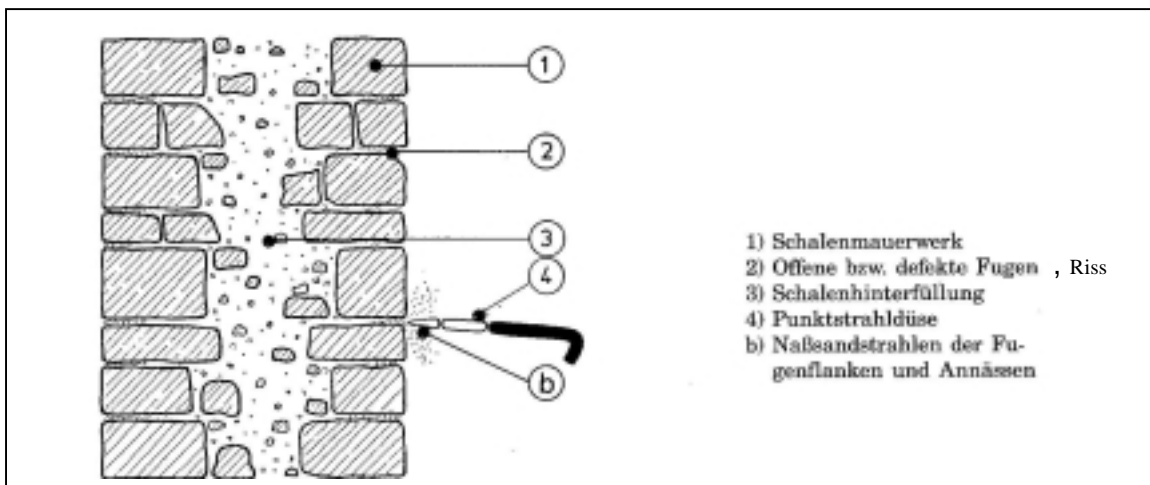


Abb. 8 Reinigen der Riss- und Fugenflanken durch Nasssandstrahlen bei historischem Schalenmauerwerk nach [11]

Der Zusatz von Fasern in den Verfugmörtel kann die Wirksamkeit und die Dauerhaftigkeit einer solchen Maßnahme erhöhen. Die Baustoffwahl hat auf der Basis der durchgeführten baustofflichen Untersuchungen zu erfolgen. Verschmutzungen, Anfall von Sulfaten und Salzen sowie die Verträglichkeit der neuen mit den alten Stoffen sind Dinge, die in die Baustoffwahl mit eingehen.

I.d.R. ist die Verfugung statisch von geringer Bedeutung. Aus dem Bruchmechanismus von Mauerwerk ([1], [2]) mit normalen und dickeren Fugen ist zu schlussfolgern, dass eine gewisse Tragfähigkeitserhöhung eintreten sollte.

6.1.2 Vernadelung

Bei der Vernadelung werden gerippte Rundstähle in Bohrlöcher mit Abstandshaltern eingesetzt und anschließend mit Injektionsgut verfüllt. Die Verfüllung der Bohrlöcher kann mit mäßigem oder höherem Druck erfolgen. Es wird wie beim Verpressen vorgegangen. Die Auswahl des Injektionsgutes hängt von der Feuchtebeanspruchung und der Stahlwahl ab. Bei normaler Feuchtebeanspruchung können schwarze Stähle eingesetzt werden, wenn mindestens 20 mm Umhüllung mit Zementinjektion garantiert sind. Ansonsten ist Edelstahl zu wählen, der natürlich teurer ist. Die Kraftübertragung erfolgt durch Haftverbund zwischen Bohrwandung und Injektionsgut sowie zwischen Injektionsgut und Stahl. Der Verankerungslänge der Nadeln ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Ist sie nicht gewährleistet, wird i.d. Regel mit einer Scheibe/gekonterten Mutter verankert.

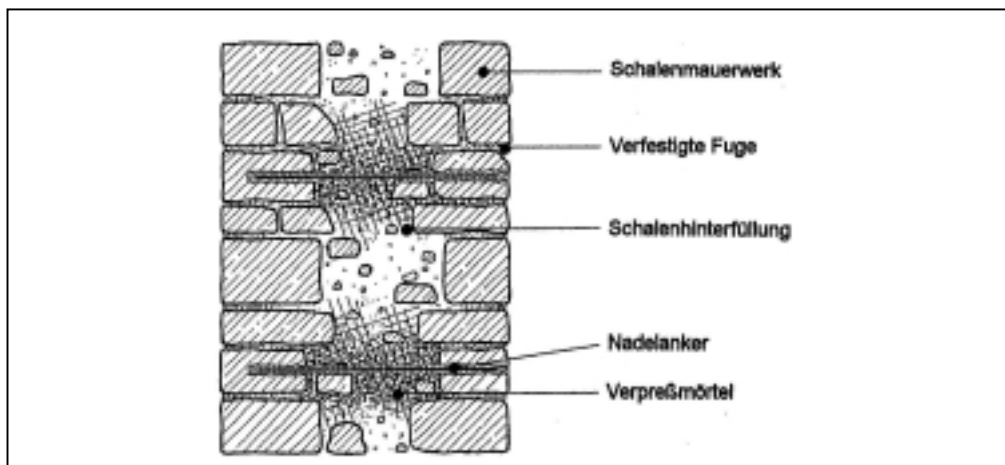


Abb. 9 Vernadeln eines historischen Schalenmauerwerks mit starker Rissbildung durch Einsatz von Nadeln und gegenseitiger Verankerung der Schalen nach [34]

6.1.3 Verpressen

Vorhandene Risse und Hohlräume in Mauerwerk werden i.d.R. mit entsprechendem Injektionsgut verpresst. Dazu kann Maschinenteknik oder Handgerät eingesetzt werden [35].

Durch das Verpressen kann i.W. keine statische Vergütung des Mauerwerks erreicht werden. Lediglich durch Verschluss der Hohlräume und der Risse wird der innere

Zusammenhang wieder hergestellt und damit die konstruktive Qualität verbessert, nicht aber die Festigkeit.

Es werden nach Vorgabe in einem bestimmten Raster Löcher in das Mauerwerk gebohrt, auf die Packer gesetzt werden. Gleichzeitig sind Entlüftungsröhrchen einzusetzen, um ein Ausweichen der Luft zu garantieren. Das kann auch dadurch geschehen, dass ein Teil der Risse und Fugen mit Werg ausgestopft werden, der die entweichende Luft noch hindurch lässt.

Die Fugen bzw. Risse werden mit angepasstem Mörtel verschlossen. Bei sehr trockenem Mauerwerk ist vorzunässen. Danach wird die im Mischer aufbereitete Suspension in die mit Packern versehenen Löcher gepresst und die Wand durch einen zweiten Arbeiter beobachtet. In Sichtweite sollte ein Druckmanometer angebracht sein, um feststellen zu können, wann die Bohrlöcher gefüllt sind (und sich der Druck schnell aufbaut). Die Verpressungen sind zu protokollieren.

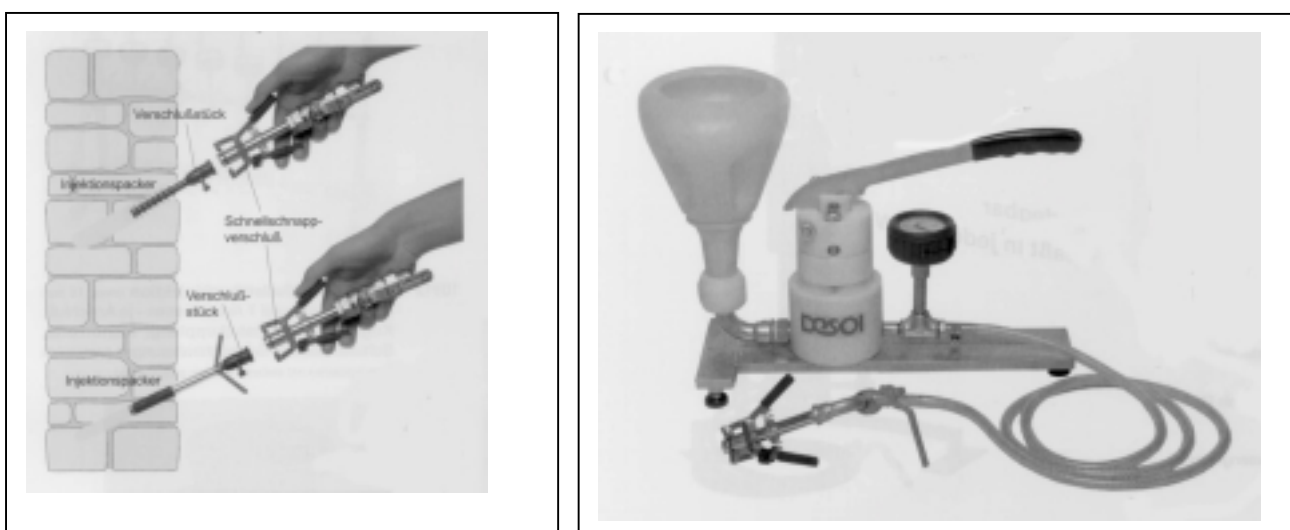


Abb. 10 Handtechnik zum Verpressen (Schnellschnapp-Packer und Handpresse der Fa. Desoi [35])

Die Verpressung erfolgt von unten nach oben. Entsprechende Vorsichtsmaßnahmen gegenüber austretendem Injektionsgut sind zu treffen. Nach dem Abschluß werden die Packer entfernt, die Luftröhrchen ebenfalls und der Werg herausgezogen. Es erfolgt die Restverfugung und Reinigung der Wand.

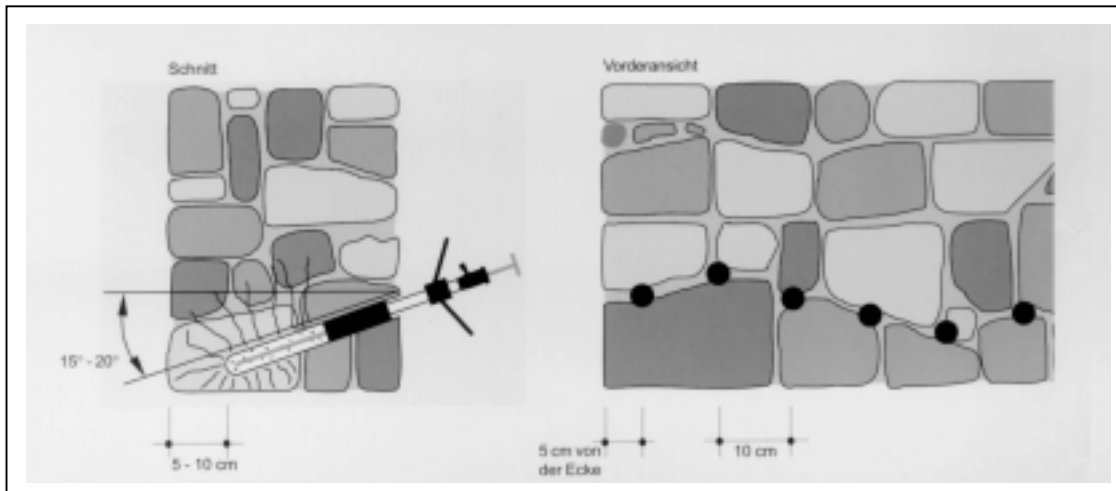


Abb. 11 Gesetzte Packer über einem Riss nach [35]

6.1.4 Verankern

Sofern die Wiederherstellung des Zusammenhalts von Mauerwerksbauteilen erforderlich ist, werden i.d.R. Anker gesetzt. Das sind ähnlich wie Nadeln Rundstähle mit gerippter Oberfläche, die in entsprechende Bohrkanäle mit Abstandshaltern eingesetzt werden. Sie können entweder schlaff oder besser vorgespannt eingebaut werden. Die Vorspannung ist nach der Qualität des Mauerwerks mäßig zu wählen. Insofern sind Litzenstängler aus dem Spannbetonbau eher selten im Einsatz.

Die Anker werden so dimensioniert, dass der Stahl nicht voll ausgelastet ist. Die Verankerung erfolgt entweder über Verbund oder Endplatten. Diese werden entsprechend in das Mauerwerk eingelassen. Auf die bei der Verankerung entstehenden Querspannungen ist zu achten. Ggf. sind Querspannanker einzusetzen.

Das Verfüllen der Kanäle erfolgt wieder in der beschriebenen Weise. Es gilt das gleiche für den Korrosionsschutz, wie bei den Nadeln ausgeführt. Ggf. sind Spannanker mit doppeltem Korrosionsschutz erforderlich, wenn es zu einer dauernden Durchfeuchtung des Mauerwerks kommt (z.B. im Grundmauerwerk).

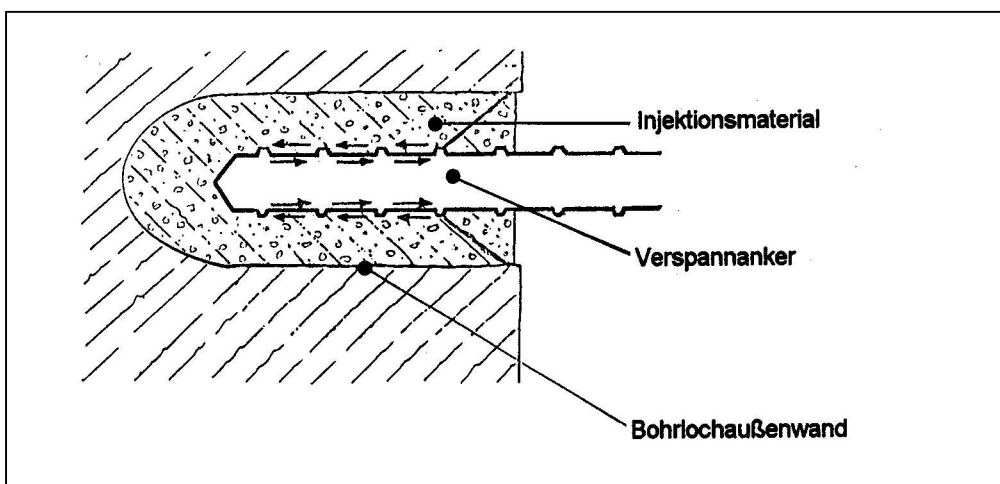


Abb. 12 Endverankerung eines Spannankers über Haftverbund nach [34]

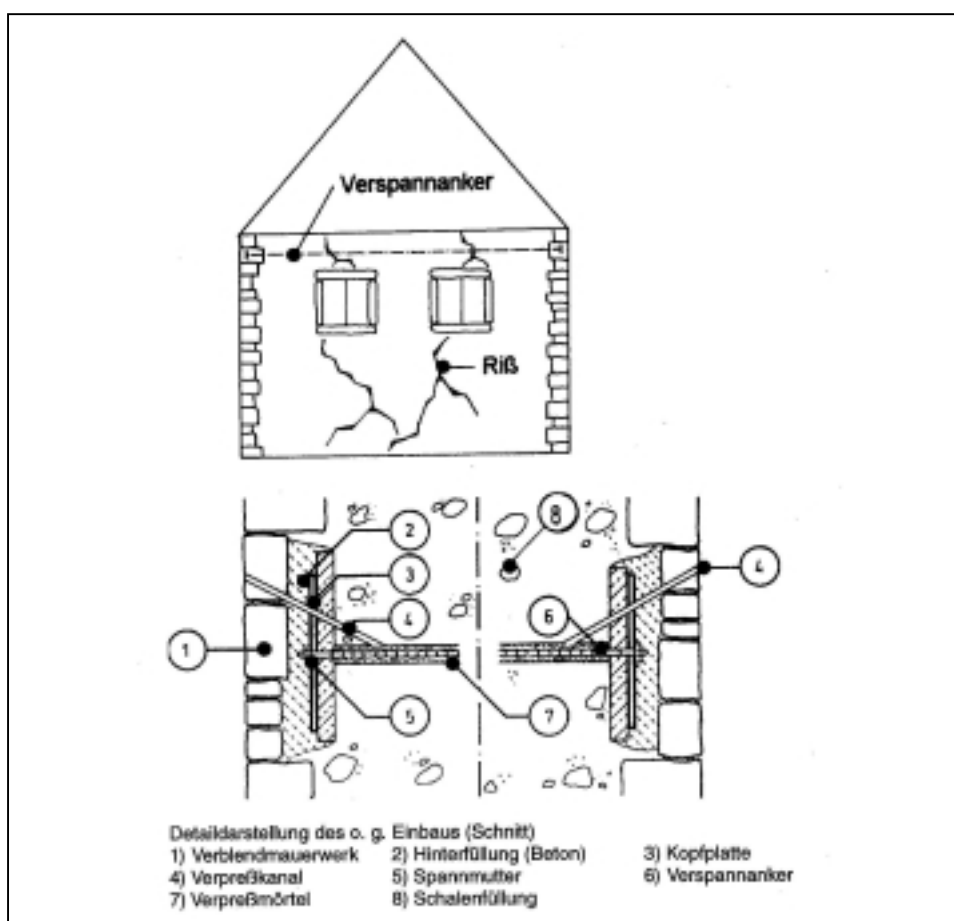


Abb. 13 Prinzipdarstellung des Einbaus eines Spannankers mit allen erforderlichen Details (Verankerung über Endplatten) nach [34]

6.1.5 Bewehren

Die eingebauten Anker bzw. Nadeln dienen gleichzeitig mit als Bewehrung des Mauerwerks und erhöhen auch auf diese Weise die Tragfähigkeit. Je nach Belastungsrichtung wirken die jeweiligen Bewehrungseisen auf Spaltzug, Biegung oder Druck. Bei unzureichender Drucktragfähigkeit konnten gute Erfahrungen mit der nachträglichen Längsbewehrung gesammelt werden (Einbau von Kleinbohrpfählen, s. [27], [26]).

Bei durch das Mauerwerk durchgehenden Rissen kleineren bis größeren Ausmaßes hat es sich gezeigt, dass ein Vernähen der Rissflanken von Nutzen ist. Damit wird der Riss nicht nur mit Verpressgut gefüllt, sondern zusätzlich bewehrt. Besonders dann, wenn in der nachfolgenden Standzeit mit wechselnder thermischer Beanspruchung zu rechnen ist, kann damit ein guter Erfolg erzielt werden. Unbewehrte Rissflächen reißen gewöhnlich nach Jahren wieder auf.

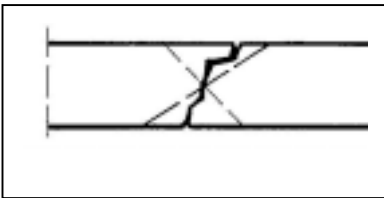


Abb. 14 Diagonalvernadelung eines Risse

Eine weitere Form der Ertüchtigung von Mauerwerk im Falle zu geringer Tragfähigkeit ist der nachträgliche Einbau von Lagerfugenbewehrung [24]. Die Verstärkung von Mauerwerk ist auch mit Glas- oder Kohlefaserbändern möglich, insbesondere, wenn Biegespannungen auftreten [25].

6.2 Putzsanierung

6.2.1 Putzaufbau

Der wesentliche Fehler, der bei Putzsanierung gemacht wird, ist, dass der Aufbau unzureichend auf den Untergrund und das konkrete Objekt abgestimmt ist. Wichtig ist, dass der Schichtaufbau von unten nach oben weicher werden muss, um einen Ausgleich für die an der Oberfläche auftretenden Spannungen (Temperatur und Feuchtigkeit) zu schaffen. Eine weiche Wand erfordert einen weichen Putz mit nur geringen hydraulischen Zusätzen. Der Untergrund soll entsprechend vorbereitet sein. Bei mehrlagigem Putz sollen die einzelnen Lagen nicht nur anziehen sondern auch den Abbindeprozess beginnen können.

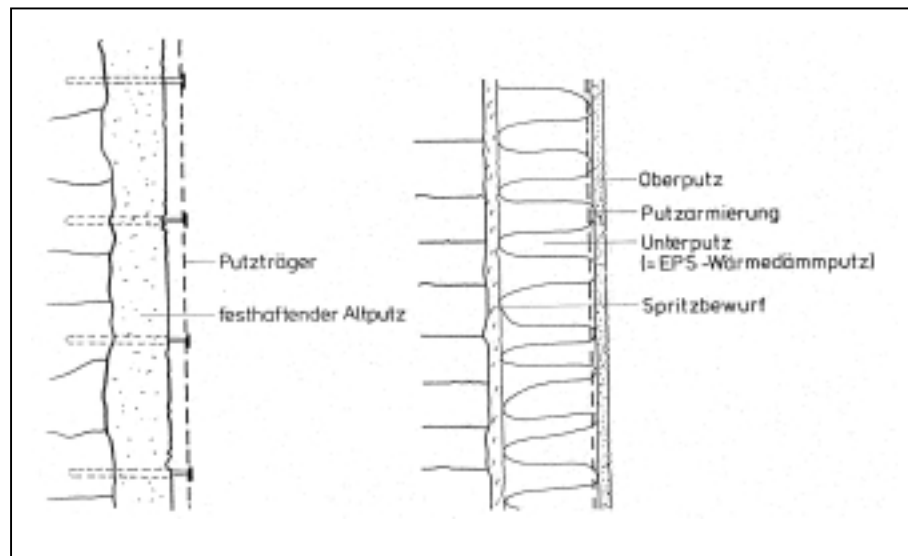


Abb. 15 Putzträger auf Unebenheiten und Putzarmierung am Beispiel eines Wärmedämmverbundsystems [1]

6.2.2 Behandlung von Rissen und Unebenheiten

Risse, bei denen die Gefahr besteht, dass sie wieder sich abzeichnen, sollen entsprechend mit Putzträgern überdeckt oder bewehrt werden.

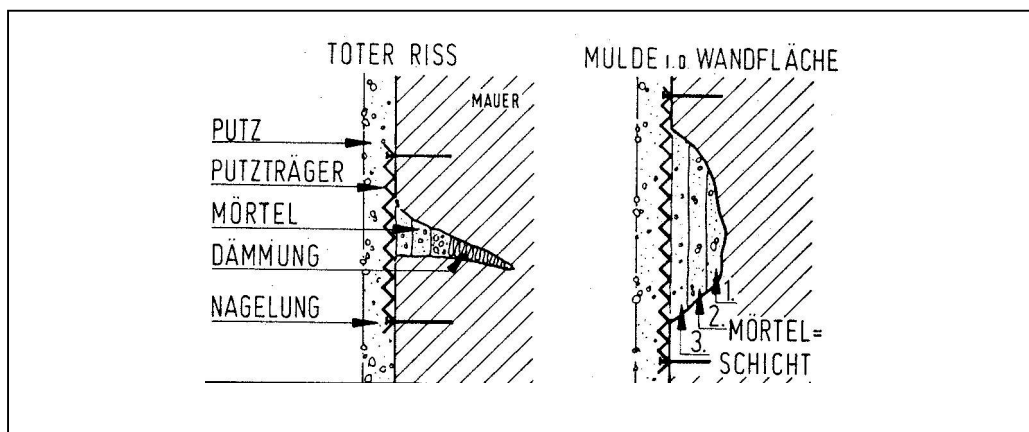


Abb. 16 Vorbehandlung von toten Rissen und Mulden vor dem eigentlichen Putzen [1]

7 Ausführung, Überwachung und Abrechnung

7.1 Vorgaben für die Ausführung

Die Vergabe der Bauleistungen sollte in jedem Falle auf der Basis leistungskonkreter Ausschreibungen geschehen. Dafür sind entsprechende Standardtexte in der Literatur vorhanden, die natürlich für den konkreten Anwendungsfall zu modifizieren sind. Zu den Texten sollten entsprechende zeichnerische Unterlagen zum Objekt, zur Bestandsaufnahme und zur Sanierung mitgereicht werden. Nur so ist eine kostensichere Vorbereitung der Maßnahme möglich.

Im Vorfeld der Vergabe sind die Kosten zu berechnen oder zu schätzen. Letzteres fällt selbst Geübten schwer. Insofern ist im Stadium der Kostenschätzung eine überschlägliche Berechnung der Kosten sinnvoll. Dazu dient die Leistungsbeschreibung. Büros, die derartige Aufgaben mehrfach bearbeiten, halten sich entsprechende Kostenwerte aus vorhergehenden Projekten vor, mit denen eine entsprechende Hochrechnung erfolgen kann.

Es gibt natürlich in der Vorbereitung immer wieder Unwegsamkeiten, die jedoch reduziert werden können. So sollte bei einer Vorbereitung beispielsweise eine Bohrescopierung erfolgen und anschließend einige Probeverpressungen mit diesen Bohrlöchern vorgenommen werden. Auf diese Weise lässt sich einer der größten Unsicherheitsfaktoren, die Menge des Verpressgutes, vorher sicher abschätzen.

Bei der Bewertung von Angeboten ist Eventualpositionen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Sie fallen i.d.R. an und sind bei der Vorbereitung und Vergabe mit zu berücksichtigen.

Dem Leistungsverzeichnis sind Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen beizufügen, da es sich um nicht alltägliche Aufgaben handelt. Es gibt dazu Standardtexte, die objektkonkret modifiziert werden können [1].

7.2 Überwachung

Die Überwachung der Ausführung sollte durch die zuständige Fachbauleitung erfolgen. Da es sich um Spezialaufgaben handelt, die gewöhnlich dem Ingenieur zufallen, sollte dieser auch die Fachbauleitung übernehmen.

Anhand exakt geführter Tagesberichte sind Zwischenschritte fortlaufend zu protokollieren. Ein Aufmaß nach Abschluß einer Maßnahme ist kaum noch für den Überwachenden nachvollziehbar.

Zur Fortschreibung der erbrachten Leistungen sollte eine Kopie der Sanierungspläne dienen, in die konkrete Festlegungen und Änderungen vor Ort eingetragen werden und Massen ihren Niederschlag finden.

Die Menge des Verpressgutes ist besonders zu überwachen. Es kann nur das abgerechnet werden, was nachweislich in das Mauerwerk auch eingepresst worden ist. Scheine über angeliefertes Material spiegeln das nicht unbedingt wider.

7.3 Abrechnung

Pauschalpreise für derartige Leistungen sind selten, weshalb normalerweise nach Aufmass abgerechnet wird. Konkrete Aufmassunterlagen auch für Abschlagszahlungen sind notwendig. Die vergebenen Leistungen sollten sehr genau in der Ausführung fortgeschrieben werden, um Mehr- und Mindermengen rechtzeitig vertraglich regulieren zu können.

8 Zusammenfassung

Der Beitrag gibt einen theoretischen Einblick in die Beurteilung, Bewertung und Sanierung von Rissen im Mauerwerk. Es werden wesentliche Rissarten und ihre Ursachen angegeben, die die praktische Arbeit erleichtern sollen. Auf die Ursachenanalyse kann nur hingewiesen werden. Sie umfasst in der Regel neben baustofflichen und konstruktiven Aufnahmen und Untersuchungen auch statische Berechnungen in herkömmlicher Weise oder genauere Untersuchungen mittels moderner Methoden.

Die wesentlichen Sanierungstechniken und -technologien werden vorgestellt und kurz beschrieben. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Rissbildungen mit statisch-konstruktiven Ursachen.

Es werden Hinweise für die Vorbereitung, Durchführung und Abrechnung gegeben, die auf eigenen Erfahrungen des Autors beruhen. Eine umfangreiche Literaturzusammenstellung gibt dem Leser die Möglichkeit, sich mit Einzelfragen vertiefend weiter zu befassen.

9 Quellen und Literatur

- [1] Jäger, W.: *Vorlesung Bausanierung für Bauingenieure, Architekten und Immobilienwirtschaftler*. HTWS Zittau-Görlitz. 1997-1998. Unveröffentlichtes Vorlesungsmanuskript. Zittau Bereich Bauingenieurwesen und Architektur, der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Sozialwesen Zittau/Görlitz 1997
- [2] Jäger, W.: *Vertiefungsseminar Sanierung historischer Bauwerke*. Fakultät Architektur der TU Dresden. Vortragsmanuskript unveröffentlicht. TU Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl Tragwerksplanung 2001
- [3] Jäger, W.: Bestandserkundung, materialtechnische Untersuchungen, Bemerkungen zur ingenieurtechnischen Ausführung und zu Tragwerksalternativen für den Wiederaufbau der Frauenkirche Dresden. In: *Wiss. Zeitschr. der TU Dresden, Int. Kolloquium „Gemauerte Kuppelbauten und der Wiederaufbau der Frauenkirche“*, 45 (1996) Sonderheft, S. 54 - 68

- [4] RÜth, G.: Dresden behält sein schönstes Wahrzeichen. Die Schäden und Sanierungsarbeiten an der Frauenkirche. *Dresdner Jahrbuch 1940*. Hrsgg. v. K. Gruber. Dresden: Kommunal-Verlag Sachsen in Dresden 1940, S. 29 -35
- [5] Metje, W.-R.: Vermeiden von Schäden an Mauerwerkskonstruktionen. Schadensbilder – Ursachen – Analyse/Beurteilung – Empfehlungen zur Vermeidung. In: *Wienerberger Baukalender 2000*. Das aktuelle Bautaschenbuch. Hrsgg. v. H.D. Fleischmann und K.-J. Schneider. Berlin: Bauwerk Verlag 43 (2000) S. 337 – 353.
- [6] Schubert, P.: Bauschädenvermeidung und Sanierung. Vorbemerkungen. Risse in Mauerwerksbauteilen – Rissformen. Schadensbilder – Ursachen - Vermeidung – Instandsetzung. In: *Mauerwerksbau aktuell*. Jahrbuch für Architekten und Ingenieure 2001. Hrsgg. v. K.-J. Schneider u. N. Weckenmeier. Berlin/Wien/Zürich/Düsseldorf: Beuth Verlag – Werner Verlag 2001, S. G.3 – G.31
- [7] Schubert, P.: Vermeiden von schädlichen Rissen in Mauerwerksbauteilen. In: *Mauerwerk-Kalender 1996*. Hrsgg. v. P. Funk. Berlin: Ernst & Sohn 21 (1996) S. 621 – 651
- [8] Warnecke, P.; Rostásy, F.S.; Budelmann, H.: Tragverhalten und Konsolidierung von Wänden und Stützen aus historischem Natursteinmauerwerk. In: *Mauerwerk-Kalender 1995*. Hrsgg. v. P. Funk. Berlin: Ernst & Sohn 20 (1995) S. 623 – 660
- [9] Wenzel, F.: Mauerwerksinstandsetzung bei historisch bedeutsamen Bauwerken. In: *Mauerwerk-Kalender 1995*. Hrsgg. v. P. Funk. Berlin: Ernst & Sohn 20 (1995) S. 613 – 622
- [10] Wenzel, F.; Gigla, B.; Kahle, M.; Stiesch, G.: Mauerwerk. Untersuchen und Instandsetzen durch Injizieren, Vernadeln und Vorspannen. *Erhalten historischer Bauwerke – Empfehlungen für die Praxis*. Karlsruhe: Sonderforschungsbereich 315 der Universität Karlsruhe 1997
- [11] Nodoushani, M. : *Handbuch Instandsetzung und Sicherung von Bauwerken*. Renningen-Malmsheim: Expert-Verlag 1996
- [12] ...: *ZTV Riss 93*. Zusätzliche technische Vorschriften und Richtlinien für das Füllen von Rissen in Betonbauteilen. Aufgestellt vom AK ZTV Riss. Bonn: Der Bundesminister für verkehr. Abteilung Straßenbau 1993
- [13] Gigla, B.: *Verbundfestigkeit von Verpressankern im Mauerwerk*. Aus Forschung und Lehre. Heft 38. Institut für Tragkonstruktionen der Universität Karlsruhe. SFB 315 „Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke“. Diss. Universität Karlsruhe 1999
- [14] Haller, J.: *Untersuchungen zum Vorspannen von Mauerwerk historischer Bauten*. Aus Forschung und Lehre, Heft 9. Institut für Tragkonstruktionen der Universität Karlsruhe. Diss. Universität Karlsruhe 1981
- [15] Hendry, A.W., Khalaf, F.M.: *Masonry Wall Construction*. London and New York: Spon Press 2001
- [16] Grci, G.: *The Conservation and Structural restoration of Architectural Heritage*. International Series on Advances in Architecture, Vol. 1. Sothampton, Boston: Copmutational Mechanics Publication 1998
- [17] Böttger, D.: *Erhaltung und Umbau historischer Tragwerke*. Holz- und Steinkonstruktioenen. Berlin: Ernst & Sohn 2000
- [18] Tomazevic, M.: Building friendly Strenghtening of Historical Masonry Buildings. In: Historische Bauwerke. Konstruktiv sichern, behutsam konservieren, schonend nutzen. Arbeitshefte des Sonderforschungsbereiches 315 „Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke“, Universität Karlsruhe, H. 14/1996, S. 83-94.
- [19] Tomazevic, M.: Seismic Upgrading of Traditional Masonry Buildings: Some Lessons from Recent Earthquakes. In: Wall Structures. *Proceedings of the 35th Meeting of the Working Group W023 "Wall Structures"* in Dresden, Oct. 1998. Hrsgg. v. W. Jäger und S. Pompeu Santos. Dresden/Rotterdam: CIB 2000, S. 147 – 159
- [20] Egermann, R.: Tragfähigkeitsuntersuchungen an Bauwerken aus Naturstein. In: *Historische Bauwerke. Konstruktiv sichern, behutsam konservieren, schonend nutzen*. Arbeitshefte des Sonderforschungsbereiches 315 „Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke“, Universität Karlsruhe, H. 14/1996, S. 99-106.
- [21] Al Bosta, S.: *Risse im Mauerwerk*. Verformungsverhalten von Mauerwerkswänden infolge Temperatur und Schwinden. Düsseldorf: Werner-Verlag 1997.
- [22] Pfefferkorn, W.: *Risschäden an Mauerwerk*. Schadensfreies Bauen, hrsgg. v. G. Zimmermann. Bd. 7. 2. Aufl. Stuttgart: Frauenhofer-Informationszentrum Raum und Bau 1996
- [23] Lourenco, P.B.; Silva, C.: Examples of Diagnosis and Analysis of the Portuguese Heritage. In: Wall Structures. *Proceedings of the 35th Meeting of the Working Group W023 "Wall Structures"* in Dresden, Oct. 1998. Hrsgg. v. W. Jäger und S. Pompeu Santos. Dresden/Rotterdam: CIB 2000, S. 135 - 144

- [24] Binda, L.; Modena, C.; Valluzzi, M.R.: Bed Joint Reinforcement in Historic Structures. In: Wall Structures. *Proceedings of the 36th Meeting of the Working Group W023 "Wall Structures"* in Porto, Sept. 1999. Hrsgg. v. H. de Sousa und S. Pompeu Santos. Porto/Rotterdam: CIB 2001, S. 127 – 144
- [25] Modena, C.; Valluzzi, M.R.: Experimental Analysis and Modelling of Masonry Structures Strengthened by FRP. In: Wall Structures. *Proceedings of the 36th Meeting of the Working Group W023 "Wall Structures"* in Porto, Sept. 1999. Hrsgg. v. H. de Sousa und S. Pompeu Santos. Porto/Rotterdam: CIB 2001, S. 145 – 160
- [26] Jäger, W.; Bergander, H.: Increasing the Load Capacity of Historic Masonry by Means of Composite Piles. In: *Structural Studies, repairs and Maintenance of Historical Buildings*. Hrsgg. V. S. Sanchez-Beitia und C.A. Brebbia. International Series on Advances in Architecture, Vol. 3. Southampton, Boston 1997, S. 511-520
- [27] Schöler, K.-J.; Stoll, V.; Jäger, W.: The Reconstruction of Cosel Palace in Dresden. In: *Structural Studies, Repairs and Maintenance of Historical Buildings*, Vol. 6. Hrsg. v. C. A. Brebbia u. W. Jäger, Southampton, Boston: WIT Press, 1999, S. 831-842.
- [28] Mathews; M.S.; Jäger, W.; Menon, A.: *Preliminary Report on Restoration & Retrofitting Earthquake Damaged Monuments*. Its application to the monuments damaged in the Gujarat earthquake. CD. Madras, Dresden: IIT Madras/TU Dresden 2001
- [29] Znidaric, A.; Tomazevic, M.; Klemenc, I.; Lavric, I.: The Influence of Traffic Induced Vibrations on Stone Masonry Buildings. In: Wall Structures. *Proceedings of the 38th Meeting of the Working Group W023 "Wall Structures"* in Bled, Sept. 2001. Hrsgg. v. H. M. Tomasevic und S. Pompeu Santos. Lubljana/Rotterdam: CIB in Vorbereitung
- [30] Burkert, T.; Jäger, W.; Weller, B.: Investigations into the structural design of the sandstone surface layer for the dome reconstruction of the Dresden Frauenkirche. In: *Structural Studies, Repairs and Maintenance of Historical Buildings*, Vol. 6. Hrsg. v. C. A. Brebbia u. W. Jäger, WIT Press Southampton, Boston, 1999. S. 875-885.
- [31] Burkert, T.: *Untersuchungen zur baukonstruktiven Ausbildung und zum Verwitterungsverhalten der Kuppeldeckschicht beim Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden*. Diss. TU Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, eingereicht 2001
- [32] ...: *Handbuch Altbausanierung/Modernisierung*. Hrsgg. v. d. Sto-AG. Stühlingen: Eigenverlag Sto-AG 2000
- [33] ...: *Honorarordnung für Architekten und Ingenieure HOAI*. Ausgabe 1996. Text mit Amtlicher Begründung und Anmerkungen. Hrsgg.v. F.H. Depenbrock u. O. Vogler. AHO/Bundesanzeiger 1996
- [34] Nodoushani, M.: *Handbuch der Instandsetzung und Sicherung von Bauwerken*. Verfahren, Baustoffe, Qualitätssicherung und rechtliche Aspekte. Renningen-Malmsheim: expert-Verlag 1996
- [35] ...: *Firmenprospekt DESOI 8*. Bausanierungssysteme. Beschichtungssysteme. Kalbach: Desoi GmbH 1999
- [36] Sauder, M.; Schloenbach, R.: *Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein*. Schadenfreies Bauen. Hrsgg. v. G. Zimmermann, Bd. 11. Stuttgart : IRB-Verlag 1995
- [37] Bresch, C.-M.: *Außen- und Innenputze*. Wiesbaden, Berlin: Bauverlag 1992
- [38] Arendt, C.: *Altbausanierung*. Leitfaden zur Erhaltung und Modernisierung alter Häuser. Stuttgart: Deutsche Verlagsanstalt 1993
- [39] Brändle, E.; Wittmann, F.X.: *Sanierung alter Häuser*. 4. Auflage. München, Wien, Zürich: BLV Verlagsgesellschaft 1996
- [40] Rau, O.; Braune, U.: *Der Altbau*. Renovieren, Restaurieren. Modernisieren. 6. überarb. Auflage. Leinfelden-Echterdingen: Verlagsanstalt Alexander Koch 1997
- [41] Künzel, H.: *Schäden an Fassadenputzen*. Schadensfreies Bauen. Hrsgg. v. G. Zimmermann, Bd. 9. Stuttgart: IRB-Verlag 1994
- [42] Hörenbaum, W.; Jäger, W. & Müller, H.S.: Investigation of sandstones for the reconstruction of the Frauenkirche in Dresden. In: *The Revival of Dresden*. Hrsgg. V. W. Jäger und C.A. Brebbia. WIT Press Southampton, Boston 2000, S. 249 – 258