

# Hausarbeit

Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst  
Fachhochschule Hildesheim  
Fakultät Bauwesen  
Fachrichtung Architektur BA

Andrea Linke / Niels Malipaard  
Mat.-Nr. 437961 / 437990  
Hildesheim

Hausarbeit  
*Seminar für Baukonstruktion und Bauphysik*

WS 2006/2007

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer

## Aufgabenstellung

**Instandsetzen nach den Grundlagen  
der WTA mit dem Thema:  
Nachträgliches Abdichten  
erdberührter Bauteile  
(Merkblatt 4-6-05/D)**

## **Inhaltsverzeichnis:**

### **I. Allgemeine Vorgehensweise der Bausanierung**

#### **(1) Begriffserklärungen** **S. 2- 5**

- a) Instandsetzung / Bauschäden
- b) Außenwände
- c) Einwirkung von Feuchte
- d) Einwirkungen aus dem Baugrund

#### **(2)** **S. 5-10**

- a) Schadensfeststellung, Schadenserscheinung und Schadensbeschreibung
- b) Ursachenermittlung
- c) Bewertung des baulichen Zustandes
- d) Feststellung der Maßnahmen zur Schadensbehebung

### **II. Ausgearbeitete Vorgehensweise am Beispiel nachträgliches Instandsetzen erdberührter Bauteile**

#### **(1)** **S. 11-25**

- a) Kurzbeschreibung mit Einleitungssatz
- b) Voruntersuchungen
- c) Abdichtungskonzept
- d) Außenabdichtung
- e) Innenabdichtung
- f) Injektionen
- g) Qualitätssicherung

- 
- (2) Sanierputzsysteme** **S. 25-29**
- a) Definition
  - b) Anwendung
  - c) Einsatzbereich
  - d) Anwendungsgrenzen
  - e) Anforderungen
  - f) Mineralauswahl und Hinweise
  - g) Verarbeitungshinweise
  - h) Putzgrundvorbereitungen
  - i) Verarbeitung
- (3) Nachträglich Mechanische Horizontalsperre** **S. 29-33**
- a) Voruntersuchungen
  - b) Verfahrenstechniken
  - c) Werkstoffe für die Horizontalsperre
  - d) Ausführung
  - e) Flankierende Maßnahmen
  - f) Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung
- (4) Messung der Feuchte von mineralischen Baustoffen** **S. 33-39**
- a) Feuchtetechnische Kennwerte
  - b) Praxiserprobte Verfahren
- (5) Beurteilung von Mauerwerk – Mauerwerksdiagnostik** **S. 39-41**
- a) Ablaufschema – Mauerwerkdiagnostik
- (6) Instandsetzung von Mauerwerk Standsicherheit und Tragfähigkeit** **S. 41-48**
- a) Injektion von Mauerwerk mit mineralisch- oder reaktionsharzgebundenem Injektionsgut
  - b) Untersuchung des Bestandes
  - c) Injektionsgut
  - d) Verfahren
  - e) Begleitende und ergänzende Massnahmen
-

**(7) Mauerwerksinjektion gegen**

**Kapillare Feuchtigkeit**

**S. 48-52**

- a) Verschiedene Ursachen führen zur Feuchtigkeitsbelastung von Mauerwerk
- b) Voruntersuchung
- c) Mauerwerksinjektion
- d) Anwendungstechnische Vorgaben
- e) Drucklose Injektion
- f) Druckinjektion
- g) Geräte

## **I. Allgemeine Vorgehensweise der Bausanierung**

### **(1) Begriffserklärungen**

#### **a) Instandsetzung**

Die Instandsetzung ist die Behebung von baulichen Mängeln, die Infolge Abnutzung, Alterung, Witterungseinflüssen sowie durch Einwirkung Dritter entstanden sind. Im Gegensatz zur Instandhaltung ist die Instandsetzung schadensbeseitigend. Da die Instandsetzung zur Wiederherstellung des ursprünglichen Gebrauchswertes dient, ergibt sich keine Gebrauchswerterhöhung. Bei Instandsetzungsarbeiten am Gebäudeäußeren sind örtliche Bauvorschriften über die äußere Gestaltung von baulichen Anlagen einzuhalten. Durch sie können gestalterische Festlegungen über Farbe und Material der Dachdeckung und der Außenwände getroffen werden. Die Größe, Form und Umfassung der Fenster kann festgesetzt und Rollläden angeschlossen werden. (§§ 83 BauO)

#### **Bauschäden**

Bauschäden sind Auswirkungen nicht erfüllter vorgeschriebener oder vereinbarter Forderungen bzw. Eigenschaften, die die Stand- und/oder Tragfähigkeit bzw. die Funktions- und/oder Gebrauchssicherheit innerhalb der normalen Nutzungsdauer beeinträchtigen. Bauschäden sind alle unbeabsichtigten Veränderungen, die während der Herstellung und Nutzung auftreten.

#### **b) Außenwände**

Außenwände können folgende Schäden aufweisen:

1. Risse und undichte Fugen, durch die das Wasser eindringen kann
2. Risse in tragenden Teilen
3. Rostende Stahlträger über Fenster- und Türöffnungen und im Bereich vorhandener Balkone
4. Risse und Betonabplatzungen, vorwiegend an Loggien und Balkonen
5. Dünne Außenwände mit guter Wärmeleitung und damit großem Wärmeverlust
6. Wärmebrücken, vor allen Dingen im Bereich von Heizkörpernischen und unter Fensterbrüstungen
7. Feuchteprobleme durch mangelhafte Abdichtungen von Balkonen und Loggien
8. Kondensatprobleme durch in die Außenwand eingreifende Bauteile, vor allen Dingen an den Gebäudeecken

9. Feuchte Kellerwände durch undichte oder fehlende Abdichtung nach außen
10. Aufsteigende Feuchtigkeit durch fehlerhafte oder fehlende Horizontalsperrungen in den Wänden

### c) **Einwirkung von Feuchtigkeit**

Die meisten aller Bauschäden gehen auf Feuchtigkeit zurück. Sie kann in sehr unterschiedlicher Form auf Bauwerke einwirken.

#### **Niederschläge**

Dächer sind Niederschlägen am stärksten ausgesetzt. Dabei sind Flachdächer schadenanfälliger als Steildächer. Schäden an Detailpunkten, wie z.B. aufgehenden Bauwerksteilen, Dachaufbauten, Anschlüssen, Bauteilrändern und Auflagern, sind häufiger als Schäden am Regelquerschnitt. Die Dichtungen an aufgehenden Bauwerksteilen, wie Schornsteinen, Dachaufbauten und Brüstungen, sind aufgrund ihrer oft mangelhaften Ausbildung besonders schadensanfällig. Auch der Dachrand und der Ortgang sind gefährdete Zonen, da sie am meisten dem Windangriff ausgesetzt sind, der oft den Raum für ein Feuchtigkeitseindringen schafft. Aber auch die Unterschreitung der Regeldachneigung bei Steildächern bringt Gefahren mit sich. Dabei muss hier vor allen Dingen auf abflachende Bauteile, wie Aufschieblinge oder Schleppen geachtet werden. Natürlich können die Niederschläge auch über die Wetterschutzschicht der Außenwände in einen Bau eindringen. Hier sind es vor allem Risse und Zwischengesimse, welche das ermöglichen. Risse können durch ganz unterschiedliche Ursachen auftreten. Zwischengesimse waren in vielen Stilepochen wichtig und leider oftmals schlecht oder gar nicht abgedeckt.

#### **Entwässerung**

Eine Entwässerung muss in allen Teilen funktionstüchtig sein. Aber auch jedes kleine Loch in Dachrinne oder Fallrohr zieht sich sehr schnell Folgeschäden nach sich, einmal sichtbare Durchfeuchtung von Decken und Wänden als auch zunächst noch verdeckt Schäden, wie mit Wasser vollgesogene Dämmschichten, Fäulnis am verkleideten Dachholz oder Frostabsprengungen. Aber auch im Erd- bzw. Kellerbereich zeigen sich Schäden, die auf eine defekte Entwässerung hinweisen. Es sind vor allen Dingen Durchfeuchtungen der Außenwände im Bereich der Fallrohreinleitungen und im Bereich der Innenwände dort, wo Schleusen liegen. Letztere werden

oft durch Setzungen oder andere Einwirkungen beschädigt und das Wasser läuft unkontrolliert aus.

### **Sickerwasser**

Sickerwasser ist Wasser ohne wirksamen hydrostatischen Druck, das auf unterirdische Bauteile, wie Fundamente und Kelleraußenwände, auf im Freien befindliche Bauteile, wie Terrassen und Balkone, oder im Bauwerk als Gebrauchswasser, in Nassräumen auf Wände und Fußböden einwirkt. Tritt dabei ein Schaden auf, der sich durch eine Durchfeuchtung bemerkbar macht, liegt die Ursache oft in einer fehlerhaften Sperrung. In Kellern, in denen die äußeren Sperrungen beschädigt sind, reicht das Sickerwasser aus Gebrauchswasser findet sich häufig in Bädern, Küchen, Duschen und Landwirtschaftsbetrieben. Ursache ist dort meistens ein Ausführungs- oder Nutzungsfehler.

### **Aufsteigende Feuchtigkeit**

Die Erscheinung der aufsteigenden Feuchtigkeit wird ermöglicht durch die Kapillarwirkung der Baustoffe. Die Ursache zur Ausbreitung dieser Schadensart sind fehler- oder mangelhafte Horizontalsperren, fehlende Abdeckungen von Gesimsen oder Undichtigkeiten an Fallrohren. Die Horizontalsperren erst etwa 1900 eingesetzt wurden, weist ein großer Prozentsatz der älteren Mauerwerksbauten derartige Durchfeuchtungen auf.

### **Druckwasser**

Es muss eine kompakte Wassermasse vorhanden sein, wie z.B. Grundwasser, Behälterwasser aber natürlich auch Fluss- oder Meerwasser, das auf dem Bauteil einen hydrostatischen Druck ausüben kann. Schäden entstehen hier häufig durch Undichtigkeiten an den druckwasserhaltenden Dichtungen bzw. an durchlässigen Stellen im wasserdichten Beton. Besonders kritische Punkte sind hier Rohrdurchführungen, Kanten und Abflüsse.

### **Eisbildung**

Durch die Anomalie des Wassers, bei entsprechender Abkühlung das Volumen zu vergrößern, kann das Eis auf Baustoffe und Baukonstruktionen eine erhebliche Sprengwirkung ausüben. In frischem, noch nicht voll abgebundenen Putz oder Beton führt es zur Gefügezerstörung und damit zu einem Festigkeitsverlust. Baustoffe mit einer geringen Druckfestigkeit werden allmählich zerstört. In ungenutzten Gebäuden mit schadenshaften Dächern und Decken ist ein Zerfriren von Konstruktionen möglich. Starke Kon-

denkwasserbildung in Außenwänden kann ein Abfrieren der Außenwandverkleidung und eine Zermürbung des Wandmaterials mit sich bringen. Ein weiterer Bereich, in dem sich Eisbildung schädlich auf das Gebäude auswirken kann, ist der Baugrund. Das Auffrieren des Bodens unter Fundamenten kann zu ungleichmäßigen Hebungen und danach zu Rissen in Gebäuden führen. Das tritt auf, wenn die Fundamente nicht frostfrei gegründet worden oder Freischachtungen in der Frostperiode offen bleiben.

#### **d) Einwirkungen aus dem Baugrund**

##### **Bewegungen durch natürliche Einwirkungen**

Dazu gehören starke Niederschläge, Auslaugungen und Erdbeben. Durch Strömung des Grundwassers gibt es Auswaschungen und damit Hohlräume. Starke Durchfeuchtung von lehmigen Böden kann in Verbindung mit Hanglagen zu Erdrutschen führen. Erdbeben werden hauptsächlich durch die Bewegung kontinentaler Schollen ausgelöst.

##### **Bewegungen durch künstliche Einwirkungen**

Hierzu gehören vor allem Bewegungen durch Bergbaumaßnahmen. Es treten Senkungen, Schieflagen und Krümmungen auf. Sie sind besonders zu erwarten, wenn der Abbau abgeschlossen ist und die Wasserhaltung eingestellt wird. Eine nutzungsbedingte Absenkung des Grundwassers führt zur Austrocknung der Erdstoffarten und damit zu einer Volumenverringerung. Unkontrollierte Setzungen sind die Folge. Eine weitere Art von Bodenbewegung durch künstliche Eingriffe ergibt sich durch den Einbruch unterirdischer Gänge oder Kelleranlagen. Hanganschnitte führen bei steileren Böschungen und ungünstigen Bodenarten zu Hangrutschen. Der tiefer gegründete Anbau an vorhandene Gebäude führt zu einer Doppelbelastung des Baugrundes und damit zu unterschiedlichen Setzungen.

##### **Bodeneigenschaften**

Schäden, die von für die Gründung von Bauwerken oder baulichen Anlagen ungünstigen Bodeneigenschaften verursacht werden, treten oft plötzlich auf und sind nur schwer an ihrer Ausbreitung zu hindern. Böschungsbrüche und Ausfließen von Feinsand aus Baugrubenwänden treten bei geschichtetem Baugrund und Schichtenwasser auf. Auch schmale Sandadern oder Sandlinsen innerhalb bindiger Böden führen bei Wasserandrang zu Böschungs-

ausbrüchen. Durchnässte bindige Gründungssohlen können die Ursache für ein Setzen des Bauwerkes sein. Böden mit hohem Mehlkornanteil und einem Grundwasserstand oberhalb der Frostgrenze sind frostempfindlich. Setzungsschäden an Bauwerken, die schon längere Zeit stehen, treten auf, wenn der Wassergehalt des Bodens schrumpft.

(2)

a) **Schadensfeststellung, Schadenserscheinung und Schadensbeschreibung**

Ziel der Schadenserfassung ist es, den baulichen Zustand zu beschreiben und zu bewerten, um daraus Maßnahmen zur Schadensbeseitigung abzuleiten. Dabei empfiehlt sich folgender Ablauf:

- Schadensfeststellung, Schadenserfassung und Schadensbeschreibung
- Ursachenermittlung
- Bewertung des baulichen Zustandes
- Festlegung der Maßnahmen zur Schadensbehebung

Diese Arbeitsphasen überschneiden sich teilweise untereinander, so dass man sie nicht vollständig voneinander abgrenzen kann. Daraus ergibt sich nachfolgend aufgeführtes Arbeitsschema.

**Ermittlung zum Bauteil und / oder Bauwerk**

Bevor man sich mit den Bauschäden befasst, ist es erforderlich, sich allgemeine Angaben zum Bauwerk zu beschaffen.

- Gebäudeart
- Bauweise
- Baujahr
- Lage des Bauwerkes
- Abmessungen des Bauwerkes
- Besonderheiten

Die wichtigste Handlung dazu ist eine Bauwerksbesichtigung.

Darüber hinaus ist es sinnvoll, bei den zuständigen Ämtern eine Einsicht in die Bauakten zu nehmen. Baupläne, Gutachten und Protokolle können viel über das alte Bauwerk aussagen. Weiterhin sollte der Bearbeiter mit den Bauvorschriften aus der Erbauerzeit vertraut sein. Oftmals führen diese zu richtigen Erkenntnissen. Von Vorteil ist es auch, wenn Bewohner oder Nutzer des Objektes befragt werden können. Sie können auf Mängel, Schwächen und Schäden hinweisen. Es ist auch sinnvoll, die Umweltbedingungen zu erkundigen um, vor allen Dingen

bei der späteren Außenhautgestaltung, keine Fehler zu machen. An dieser Stelle ist auf einen weiteren wichtigen Grundsatz hinzuweisen: Bei Verwendung alter Unterlagen sollte man sich am Objekt überzeugen, dass auch zeichnungsgerecht gebaut wurde.

### **Schadenserfassung und -beschreibung**

Die Feststellung des Erscheinungsbildes muss die Zuordnung zur Schadensart ermöglichen. Das heißt dass entsprechende Einordnung vorgenommen werden muss. Wichtig ist auch, den Schaden und den Schadensumfang in einer Zeichnung darzustellen und dazu noch verbal zu beschreiben. Wenn bereits erkannt wird, ob es sich um einen Primär- oder einen Folgeschaden handelt, ist dies unbedingt festzuhalten.

- Erkennen des Erscheinungsbildes eines Schadens
- Einordnung des Schadens nach Schadensart
- Lokalisieren des Schadensortes und des Schadensumfanges
- Möglichst genaue Schadensbeschreibung

### **b) Ursachenermittlung**

Grundsätzlich muss die Primärursache gefunden werden. Dazu werden verschiedene Methoden und Verfahren angewendet.

#### **Beobachtungen**

Das Beobachtungsverfahren beruht auf einer einmaligen oder in bestimmten Zeitabständen wiederholten visuellen Feststellung über das Erscheinungsbild von Schäden. Dazu gehören auch fotografische Dokumentationen. Bei bestimmten Konstruktionen, wie z.B. Dachbindern, Unterzügen, Pfeilern, Fundamenten usw. kann es erforderlich werden, Festpunkte und Maßstäbe einzusetzen, um Veränderungen beweisen zu können. Bei auftretenden Verformungen können infolge optischer Täuschung Beobachtungsfehler auftreten. Deshalb sind diese mit Messgeräten zu messen.

#### **Messungen**

Messungen sind erforderlich, um Daten über z.B. geometrische, physikalische, chemische Veränderungen, zu erfassen. Es gibt Geräte, die die Verschiebung, örtliche Drehung, Drehwinkel und Kräfte messen. Kompliziert sind Messgeräte zum Messen dynamischer Vorgänge. Für die Formänderungen großer, weitgespannter und schwer zugänglicher Konstruktionen lie-

fern Vermessungsüberwachungen oft gute Ergebnisse. Doch es gibt auch die Möglichkeit, mit einfachen Mitteln Abweichungen festzuhalten. So kann man mit einfachen Pendelloten, die auch als Dauermesseinrichtung dienen, bei Schiefstellungen die Abweichungen vom Lot messen. Für die Untersuchung von Risschäden werden Messlupen zur Rissweiten- bzw. Risstiefenmessung eingesetzt. Ist eine Risswanderung zu erwarten, kann man die mit Gipsplomben oder einer Messuhrlehre feststellen.

### **Prüfungen**

Die Prüfverfahren sind meist aufwendige Verfahren, z.B. zur Ermittlung von Baustoffeigenschaften, Festigkeiten, Korrosionsgraden. Für sie müssen Bohrkerne oder Würfel aus dem Bauwerk beschafft werden. Zerstörungsfreie oder zerstörungsarme Prüfverfahren zur Untersuchung der Bausubstanz gewinnen an Bedeutung. So sind die zur Beurteilung der Tragfähigkeit und zur Berechnung erforderlichen Stahldurchmesser und Abstände von Stahlbetonkonstruktionen durch Aufstemmen zu ermitteln. Das ist zwar mit körperlicher Arbeit verbunden, aber im Verhältnis billig. Mit Röntgenstrahlen oder den noch energiereicheren Gammastrahlen lassen sich aber auch die Bauteile durchstrahlen. Der dabei belichtete Film ergibt ein Abbild der Bewehrungsstäbe im Stahlbeton. Billig ist das nicht und wird nur bei entsprechend großen Objekten eingesetzt. Kommt es darauf an, die Qualität des verarbeiteten Betons einzuschätzen, kann die Ultraschallprüfung eingesetzt werden. Damit lassen sich Aussagen über die Homogenität des Betons, Fehlstellungen oder Risse gewinnen. Sind absolute Werte zur Einschätzung der Betongüte erforderlich, so werden dem Bauteil Kleinbohrkerne entnommen und diese in einem Baustofflabor abgedrückt. Damit können vergleichsweise Qualitätswerte für das gesamte Betonbauteil bzw. Bauwerk gewonnen werden. Die Feststellung der Mauerwerksfestigkeit erfolgt mit speziellen Messgeräten, z. B. mit einem dafür entwickelten Prüfhammer. Mit Hilfe der Endoskopie werden Holzbalkendecken untersucht.

### **Berechnungen**

Zur Beurteilung der Standsicherheit und der Tragfähigkeit muss eine statische Berechnung vorgenommen werden. Nun beruht diese immer auf den zurzeit geltenden Normgrundlagen. Da aber zur Bauzeit andere Materialien zur Anwendung kamen, lassen sich nicht immer exakte statische Berechnungen aufstellen. In diesem Fall muss mit Schätzwerten gerechnet werden.

### **Experimentelle Verfahren**

Durch Feuereinwirkung, Exposition oder ähnliche zerstörende Einwirkungen entstandene Schäden führen zu Festigkeitsminderungen der Baukonstruktion. In derartigen Fällen ist die Beurteilung der Tragfähigkeit des Bauwerkes lediglich aufgrund theoretischer Berechnungen schwierig bzw. sie kann zu falschen Ergebnissen führen. In dem Fall ist eine experimentelle Tragfähigkeitsbestimmung besser. Bei solcher Belastungsprüfung ist zu berücksichtigen, dass das Verhalten einer Baukonstruktion nicht aufgrund der ermittelnden Verformungs- und Belastungswerte erfolgen kann, sondern in der Regel im Vergleich dieser Daten mit der Berechnung. Gewarnt werden muss davor, nur die Haupttragglieder zu untersuchen. Von wesentlicher Bedeutung sind die Nebentragglieder, wie z.B. Verbände, Anschlüsse, Verbindungen, Lager und Stöße. Mit Hilfe vorgenannter Methoden und Verfahren ist die Einordnung des Bauschadens in die Ursachengruppe vorgenommen werden.

### **c) Bewertung des baulichen Zustandes**

Der Nachweis der Funktions- und Standsicherheit der geschädigten Bauteile und des gesamten Gebäudes ist zu führen.

#### **Standsicherheit**

Ist bei einem Bauwerk nicht von vornherein erkennbar, dass Stabilität und Steifigkeit gesichert sind, so wird ein rechnerischer Nachweis der Standsicherheit, der waagerechten und senkrechten Bauteile erforderlich. Der Nachweis hat entsprechend den geltenden Bestimmungen und Vorschriften zu erfolgen. Dabei sind die allgemein anerkannten Regeln der Baukunst zu beachten. So muss z.B. nach DIN 1053 die Standsicherheit gemauerter Bauteile und Bauwerke durch aussteifende Wände und Decken oder durch andere Maßnahmen, z. B. Aussteifungsbalken, Ringanker oder vertikale bzw. horizontale Rahmen ausreichend gesichert sein. Daran ist zu denken, wenn bei Gebäuden mit Horizontaldecken Wände entfernt werden sollen. Sollen Holzbalkendecken durch Massivdecken ersetzt werden, bedeutet das eine wesentliche Lasterhöhung. Dazu kommt noch eine Erhöhung der Verkehrslast wenn eine Umnutzung vorgenommen wird. In diesem Fall muss nach DIN 1054 das Baugrundverhalten berücksichtigt werden.

### **Funktion Wärmeschutz**

Der Wärmeschutz vorhandener Außenwände ist vor allen Dingen bei Häusern vor 1970 gebaut wurden nicht ausreichend. Auch die Decken zum unbeheizten Dachboden und zum Keller, müssen zusätzliche Wärmedämmung erhalten. Beim Einbau zusätzlicher Wärmedämmschichten muss die Gefahr von Kondensatbildung in Bauteilen berücksichtigt werden. Vor allen Dingen bei vorgesehenen Innendämmungen ist sie sehr groß. Es gilt der Grundsatz: Von Warm nach Kalt zuerst Dampf dann die Wärme abbauen. Das heißt, dass eventuell eine Dampfsperre vor die Dämmschicht gesetzt werden muss. Ein ähnliches Problem besteht bei der Verbesserung des Wärmeschutzes von Fenstern. Mit dem Einbau neuer Fenster ist unmittelbar eine Verminderung der Fugendurchlässigkeit des Fensterrahmens verbunden. Daraus ergibt sich ein geringerer Luftaustausch, damit eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit des Raumes. An Bauteilen mit geringere Oberflächentemperatur, meistens sind es Fensterlaibungen, kommt es zur Kondensatbildung und in Folge dessen zu Durchfeuchtungen und Schimmelbildung. Die Schimmelbildung kann zur Erkrankung der Bewohner führen. Bei massiven Auftreten kann der Körper nicht mehr reagieren und dann können Infektionen auf der Körperoberfläche oder allergische Erkrankungen auftreten. Die Voraussetzung für die Schimmelbildung sind: Sauerstoff, Wärme, Feuchte, Nährstoffe und ein wenig Zeit. Für Sauerstoff und Wärme sorgt der Mensch schon aus eigenem Interesse, die Feuchteentstehung lässt sich auch nicht vermeiden und als Nährstoffe genügen Staub, Tapeten oder Anstrichfarben.

### **Funktion Feuchteschutz**

Um den Feuchteschutz bewerten zu können, muss man die Quellen der Feuchtigkeit kennen. Als erstes beginnt man mit der Baufeuchtigkeit. Sie spielt bei der Rekonstruktion von Gebäuden eine geringere Rolle. Bei Neubauten ist sie gewichtiger und muss beachtet werden. Die Masse eines normalen Einfamilienhauses beträgt ca.  $100\text{m}^3$ . Davon gehen ca.  $50\text{m}^3$  in die Decken und  $50\text{m}^3$  in die Wände. Dazu kommen unter Umständen noch ca.  $4\text{m}^3$  Putz. Alles zusammen enthält ca.  $10,6\text{m}^3$  Wasser. Die Baufeuchtigkeit verlässt nur langsam das Gebäude, sie braucht dazu etwa 2 Jahre. In dieser Zeit muss gut gelüftet werden. Die Luft, die uns umgibt enthält immer eine bestimmte Feuchtigkeitsmenge. Da ist erst einmal die ständige Feuchtigkeitsabgabe des Menschen, sie liegt zwischen 40 und 50 g/h und erfolgt

rund um die Uhr. Genau so ständig ist die Feuchtigkeitsabgabe von Tieren und Pflanzen. Hinzu kommt die stoßweise Verdampfung von Wasser beim Baden, Duschen, Kochen und Waschen. Zwar sind die Entstehungszeiten in diesen Räumen oft recht kurz, doch liegen die Mittelwerte der Luftfeuchtigkeit hier höher, in einer Küche zur Kochzeit bis zu 1000 g/h. Ein Teil davon wird in den Möbeln und Textilien sowie in den umgebenden Baumassen gespeichert und allmählich wieder an die Raumluft abgegeben. Aber auch die Natur liefert uns Wasser, hauptsächlich in Form von Schlagregen. Man schützt sich zwar bauseitig durch eine wasserabweisende oder wasserdichte Außenhaut davor, es ist aber nicht zu verhindern, dass diese durch die Nutzung aber auch durch äußere Einwirkung undicht wird. Dies Stellen zu finden und abzudichten, ist eine der ersten Aufgaben einer Rekonstruktion. Ein Bauwerk kann aber auch durchfeuchten. Da ist einmal das Sickerwasser, das nach einem Regenguss durch den Boden nach unten versickert. Wenn es auf eine undurchlässige Bodenschicht trifft, kann es sich in Stauwasser verwandeln. Wenn in bindigen Böden Schichten mit wasserdurchlässigem Material eingelagert sind, dann ergibt sich Schichtenwasser. Immer vorhanden ist die Bodenfeuchtigkeit, die von Porenanteil, der Porenart und vom Wasserhaltevermögen des Bodens abhängig ist. Eine geringere Rolle spielt das Grundwasser. In den meisten Fällen liegt der Grundwasserspiegel unterhalb der Gründungssohle des Bauwerkes. Er kann aber in Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge starken Schwankungen unterliegen. Das kann in Verbindung mit Bau- und Nutzungsfehlern oder dem normalen Verschleiß dazu führen, dass es im Kelleer- und Sockelbereich von bestehenden Häusern zu starken Durchfeuchtungen kommt. Da wir bei einer Nutzung eines Gebäudes ständig Wasser benötigen und das genutzte Wasser entsorgen müssen, ergeben sich durch Verschleiß, aber auch durch unsachgemäße Nutzung, innerhalb des Gebäudes Quellen, die zu Feuchteschäden führen können. Das zeigt sich z.B. in der undichten Leitung, der auslaufenden Waschmaschine oder der zerbrochenen Schleuse im Keller.

#### **d) Feststellung der Maßnahmen zur Schadensbehebung**

Als Ergebnis der Untersuchung muss nun entschieden werden, ob eine Reparatur, eine Instandsetzung oder eine Rekonstruktion vorgenommen werden soll oder ob das Gebäude abzureißen ist. Natürlich ist der Schadensumfang ein wesentliches Kriterium dafür. Aber auch der vorhandene physische und moralische Verschleiß und die geforderte Lebensdauer muss dabei zur Beurteilung herangezogen werden. Ebenfalls ist der Kosten-Nutzen-Vergleich von Bedeutung. Eine Einordnung der Bauschäden in Dringlich-

keitsstufen ist vorzunehmen. Es muss eingeschätzt werden, welche Schäden vorrangig beseitigt werden müssen und was zu einem späteren Zeitpunkt vorgenommen werden kann. Nun werden auch Festlegungen zur Schadensbehebung erforderlich, wie:

- Beseitigung akuter baulicher Gefahrenzustände durch Absteifungen, Verstärkungen usw.
- Vorschläge zu baulichen und bautechnischen Maßnahmen, wie Einbau und Aussteifungsverbänden, lastverteilenden Elementen, Reparatur- oder eventuelle Belüftungsmaßnahmen usw.
- Sanierung der geschädigten Bauteile
- Trockenlegung des Mauerwerkes
- Beseitigung der auslösenden Faktoren, wie schadhafte Dachhaut, aggressive Medien oder unzureichenden Wärmedämmung

## **II. Ausgearbeitete Vorgehensweise am Beispiel nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile**

### **(1)**

#### **a) Kurzbeschreibung mit Einleitungssatz**

Dieses Merkblatt beschreibt die Möglichkeiten von nachträglichen Abdichtungen und deren Detaillösungen in der Bauwerksinstandsetzung und Denkmalpflege. Aufgrund der verschiedenen Wasserbelastungsfälle und der Nutzung werden unterschiedliche Abdichtungskonzepte herangezogen. Hier werden die Außen- und Innenabdichtung, sowie flächige und partielle Abdichtungen mit Injektionen behandelt. Das Ziel ist es, eine dauerhafte Abdichtung herzustellen um dadurch eine optimale Nutzung zu ermöglichen und die geschädigte Bausubstanz zu erhalten.

#### **b) Voruntersuchungen**

Das Bauteil wird von einem Sachkundigen untersucht und gewonnene Kenndaten werden nach unten aufgelisteten Punkten erfasst und dokumentiert. (event. Mit Kontrollöffnungen bzw. Schürfgruben)

#### *Bauteilzustand*

1. Schadensbilder/Schadensformen mit Art, Ausmaß und Besonderheiten
2. Konstruktion: Regelquerschnitt von Wand, Decke und Boden, Anschlüsse, Bewegungsfugen, Durchdringungen, Zugänglichkeit und Standsicherheit

3. Vorhandene Abdichtungen: Art, Lage, Zustand, Mängel und deren Ursachen, früherer Instandsetzungen
4. Dränungen: Art, Lage, Vorflut
5. Baugrund

### *Lastfälle und Belastungen*

#### *(Wasserbeanspruchungen nach DIN 18195)*

6. Bodenfeuchte, nichtstauendes Wasser (an Bodenplatten und Wänden)
7. Nichtdrückendes Wasser (auf Deckenflächen)
8. Drückendes Wasser, aufstauendes Sickerwasser

#### *Gibt es zudem noch sonstige Belastungen?*

9. Kapillar aufsteigende Feuchtigkeit
10. Rückseitig einwirkendes Wasser
11. Tauwasser/Kondensationsfeuchtigkeit
12. Feuchtigkeit in Folge Hygroscopicität von Salzen
13. Baustoffschädigende Bestandteile im Wasser oder Boden
14. Havarieschäden (z.B. Leitungsschäden oder Hochwasser)
15. Mechanische Belastungen (z.B. Setzungen)
16. Belastungsänderungen

### *Bauwerks und Laboruntersuchungen (repräsentative Probenahmen ohne zu verfälschen)*

17. Feuchtegehalt der Baustoffe:  
Probenahmen z.B. durch Ausstemmen  
Quantitative Bestimmung gravimetrisch (DARR-Methode) oder CM-Gerät
18. Durchfeuchtungsgrad:  
vorhandene Feuchte bezogen auf Sättigungsfeuchte  
Feuchteprofil der Bauteile (Verteilung des Feuchtegehaltes über die Querschnitte)
19. Salzbeanspruchung:  
min. halbqualitative oder quantitative Bestimmung von Sulfaten, Chloriden, Nitraten
20. Feuchte infolge Hygroscopicität von Salzen:  
Ermittlung durch geeignetes Labor

Weiterhin sind zu bestimmen:

1. Raumklima (Oberflächentemperaturen, Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit)
2. Art und Beschaffenheit des Untergrundes (Tragfähigkeit für die Abdichtung, Gehalt an treibenden oder quellfähigen Stoffen, Verträglichkeit neuer Abdichtungsstoffe mit den Altabdichtungen)

### *Nutzung / Nutzungsänderung*

Erfassung der Nutzung (ehemalig, gegenwärtig, zukünftig), der bauphysikalischen, bauchemischen, mechanischen und biologischen Beanspruchung der neuen Abdichtung und Wasserbeanspruchungen.

Weiterhin ist die Energieeinsparverordnung einzuhalten, um Tauwasser zu vermeiden.

### **c) Abdichtungskonzept**

Dieses wird unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Voruntersuchung, ggf. nach Erstellung einer Feuchtebilanz, sowie unter wirtschaftlichen, technischen, umweltschützenden und denkmalpflegerischen Gesichtspunkten erstellt.

Das Abdichtungskonzept muss zu zusammenhängenden Abdichtungsebenen führen. Das Ziel ist eine wannenartige Ausbildung der Abdichtung. Unter Umständen ist eine nachträgliche Horizontalsperre erforderlich.

### **d) Außenabdichtung**

#### **Verfahrensbeschreibung**

Bei der nachträglichen Abdichtung erdberührter Bauteile ist eine Abdichtung von außen anzustreben.

1. Die vertikale äußere Abdichtung ist an eine funktionstüchtige, horizontale Abdichtung so anzuschließen, dass keine Feuchtigkeitsbrücken entstehen
  2. Abdichtungssysteme müssen wannenartig ausgebildet sein.
- Die nachträgliche Außenabdichtung gilt für alle drei Arten der Wasserbeanspruchung (Lastfälle) der DIN 18195. Im Bereich der Sohlplatte muss eine Abdichtung vorhanden sein. Zudem müssen die unterschiedlichen Abdichtungssysteme untereinander verträglich sein. Alle Anschlüsse, Bauwerksfugen und Durchdringungen sind abzudichten.

Als erstes werden die abzudichtenden Bauteile freigelegt, um einen Arbeitsraum zu schaffen. Danach wird die Abdichtung auf die später erdberührenden, vertikalen Bauteile aufgebracht.

#### *Stoffe laut DIN 18195*

2. kaltverarbeitbare, kunststoffmodifizierte Beschichtungsstoffe auf Basis von Bitumenemulsionen
3. mineralische Dichtungsschlämme
4. flexible Dichtungsschlämme

5. Bitumen- und Polymerbitumenbahnen
  6. Kunststoff- und Elastomerdichtungsbahnen
  7. kaltselbstklebende Bitumendichtungsbahnen
- Anwendung je nach Lastfall

#### *Allgemeine Vorarbeiten*

Der Aushub des Arbeitsraumes ist von den örtlichen Gegebenheiten abhängig und wird nach den Vorgaben des Arbeitsschutzes durchgeführt, dabei darf die Standsicherheit nicht gefährdet werden.

#### *Ausführung*

##### Generell notwendige vorbereitende Arbeiten

Die abzudichtenden Bauteile sind zu reinigen und hinsichtlich ihrer Oberflächenbeschaffenheit zu beurteilen, um einen geeigneten Untergrund zu schaffen. Dafür muss der Untergrund von losen Bestandteilen, hohl liegenden Putzen, oder haftungsmindernden Stoffen befreit werden. Loses Mauerwerk ist neu zu vermauern. Vorhandene Ausbrüche, Vertiefungen oder offene Mauerwerksfugen sind mit einem auf den Untergrund abgestimmten Mörtel auszubessern. Bei Unebenheit, Poren, Lunkern oder offenen Fugen ist ein Flächenausgleich erforderlich (z.B. Kratzspachtelung, Auftrag einer Dichtungsschlämme oder eines Ausgleichspuzzes). Bis < 5mm werden Vertiefungen mineralisch oder bituminös geschlossen, ab 5mm nur mineralisch.

Bei evtl. Rückdurchfeuchtungen des Abdichtungsuntergrund ist eine mineralische Dichtungsschlämme aufzutragen.

Abdichtungen dürfen nicht über scharfkantige Ecken geführt werden.

Deshalb sind Außenecken zu fasern oder zu brechen, Innenecken sind mit Hohlkehlen zu versehen (5-2cm Radius).

Vor Beginn der Abdichtungsarbeiten ist die Art der Abdichtung festzustellen. Restanhaftungen können dann auf dem Untergrund verbleiben, wenn sie fest haften und mit dem neuen Abdichtungssystem verträglich sind. Handelt es sich um eine teerhaltige Abdichtung, muss diese vollständig entfernt werden.

Im Wand/Sohlen-Anschluss muss mit erhöhtem Feuchtigkeitsanfall gerechnet werden. Deshalb ist im Fundamentbereich und min 25cm an der aufgehenden Wand eine zweilagige Dichtungsschlämme aufgetragen. Mit dieser Maßnahme wird ein tragfähiger Untergrund für die nachfolgende bi-

bituminöse Abdichtung geschaffen und das Einwirken von Feuchtigkeit auf der Rückseite verhindert.

### Verarbeitung der Abdichtungsstoffe

Hier beachte man die produktspezifischen Verarbeitungsrichtlinien

### Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen

Der Untergrund sollte grundiert werden. Diese Grundierung richtet sich in Material und Anwendung nach dem Untergrund und gewählten Abdichtungssystem. Die systembedingten Trocknungszeiten sind einzuhalten. Die Abdichtung wird in min zwei Arbeitsgängen im Spachtel- oder Spritzverfahren aufgetragen.

Die vorgegebene Trockenschichtdicke (Mindesttrockenschichtdicke) darf an keiner Stelle der Abdichtungsflächen unterschritten werden. Als Zeitpunkt der Feststellung gilt die Abnahme.

Bei einem feuchten Untergrund ist vor dem Auftrag des bituminösen Abdichtungssystems zusätzlich eine Dichtungsschlämme aufzutragen.

### Dichtungsschlämmen

Mineralische Dichtungsschlämmen dürfen nur auf mineralischen Untergründen eingesetzt werden. Diese dürfen nicht rissgefährdet sein.

Flexible Dichtungsschlämmen sind in der Lage Bewegungen von Schwundrissen (<0,2mm) zu überbrücken. Flexible Dichtungsschlämmen, die hoch kunststoffvergütet sind, können auf anderen als mineralischen Untergründen eingesetzt werden.

Die Flächenabdichtung mit Dichtungsschlämmen erfolgt zweilagig gemäß den Ausführungsrichtlinien und der produktspezifischen Verarbeitungsanleitung.

Die Abdichtungsschichten werden systembedingt aufgetragen.

### Wasserundurchlässige Betone

Abdichtungen aus wasserundurchlässigen Beton sind nach der WU-Richtlinie zu konzipieren und auszuführen.

### *Detailausführungen*

#### An- und Abschlüsse

Dies sind besonders kritische Bereiche der Abdichtung, hier wird sorgfältige Planung und Ausführung gefordert.

#### Bewegungsfugen

Hier sind besondere Konstruktionen erforderlich, da die Dehnfähigkeit des Abdichtungsmaterials durch die Fugenbewegung nicht überschritten werden darf.

Flanschkonstruktionen nach 18195 sind bei nichtdrückendem Wasser auf waagerechten Flächen, aufstauendem Sickerwasser bzw. drückendem Wasser einzusetzen.

Für andere Fugenausbildungen ist ein Eignungsnachweis zu erbringen. Flexible Dichtungsbänder eignen sich bei Bodenfeuchte, und nicht stauendem Sickerwasser. Hierbei wird beidseitig der Fuge ein Streifen Abdichtungsmaterial aufgetragen. Darin wird das kaschierte Dichtungsband eingebettet und die Flächenabdichtung eingebunden.

#### Durchdringungen

Einbauteile, die die Abdichtungsebene durchdringen, müssen fest mit dem Bauteil verbunden sein und in die Abdichtungsebene eingebunden werden.

Bei möglichen thermischen Verformungen, muss eine Bewegungsmöglichkeit geschaffen werden. Je nach Abdichtungssystem wird ein Kragen angebracht oder ein elastischer Anschluss ausgebildet.

### *Flankierende Maßnahmen*

#### Dränung

Dränanlagen sind laut DIN 4095 Teil der Bauwerksabdichtung für Außenabdichtungen für den Lastfall nichtstauendes Sickerwasser bei bindigen bzw. wasserundurchlässigen Böden.

Die Dauerhaftigkeit der Bauwerksabdichtung ist in diesem Fall von der dauernden Funktionstüchtigkeit der Dränanlage abhängig. Der dergleichen obliegt dem Eigentümer des Bauwerkes.

Der Zustand und die Funktion muss überwacht werden:

1. freie Vorflut in natürliche oder künstliche Gewässer durch halbjährliche Sichtkontrolle des Abflusses
2. Vorflut mit Rückstausicherung in die öffentliche Regenentwässerung durch halbjährlich Sichtkontrolle und zusätzlich nach größeren Niederschlägen, bei denen es zum Rückstau im Kanalsystem gekommen ist
3. Vorflut durch Pumpeneinrichtungen sind laufend auf ihre Funktionstüchtigkeit zu prüfen, ggf. durch Signalsysteme

Kontrollschächte sind halbjährlich durch Sichtkontrolle zu prüfen.

### Schutz der Abdichtung

Diese Maßnahme dient zum Gewährleisten des vorübergehenden Schutzes der Abdichtung während der Bauarbeiten. Z.B. vor der Witterung und vorzeitiger Wasserbelastung.

Schutzschichten dagegen müssen dauerhaft vor schädigen Einflüssen schützen. Es ist darauf zu achten, dass die Schutzschichten keine Punkt- oder Linienlasten auf die Abdichtung übertragen, bzw. die Abdichtung nicht eindrücken. Schutzschichten dürfen erst nach Durchtrocknung der Abdichtungsschichten aufgebracht werden.

Materialien:

1. expandierte Polystyrolhartschaumplatten
2. extrudierte Polystyrolhartschaumplatten
3. Noppenbahnen mit Gleitschicht
4. Schaumglasplatten

Die Baugrubenverfüllung hat lagenweise zu erfolgen und darf die Abdichtung nicht beschädigen. Hierbei ist auszuschließen, dass durch Setzungen des Füllgutes die Abdichtung mitgerissen wird.

Das Gefälle der Außenanlage ist so auszubilden, dass Oberflächenwasser vom Gebäude ferngehalten wird.

### Perimeterdämmung

Die Perimeterdämmung ist eine Wärmedämmschicht, die auf der erdbeherrten Seite der Abdichtung angeordnet ist, man beachte die Herstellerangaben.

Sie ist konstruktionsbedingt zusätzlich eine Schutzfunktion für die Abdichtung und übernimmt die Funktion als Dränelement.

### Nachträgliche Horizontalabdichtung

Sie ist grundsätzlich für die Funktionsfähigkeit des gesamten Abdichtungssystems erforderlich.

Bei fehlender oder defekter Horizontalabdichtung in Wänden werden nachträgliche Horizontalabdichtungen in der Regel mit Mauerwerksinjektionen oder mechanischen Verfahren hergestellt. Je nach Bausubstanzanalyse und angestrebter Nutzung.

### Spritzwasser im Sockelbereich

Generell ist ein Spritzwasserschutz erforderlich. Ist der Sockel nicht ausreichend wasserabweisend, sollte die Vertikalabdichtung in diesem Bereich min 30cm über OK Gelände hochgeführt werden. Es gibt verschiedene Ausführungsmöglichkeiten, z.B. mit Dichtungsschlämme, WTA-Sanierputz, Sockelputz nach DIN18550, Verblendung.

### Trocknung durchfeuchteter Bauteile

Der Abtrocknungsvorgang kann beschleunigt werden. Dies kann vornehmlich durch Zwangslüftung und/oder Technische Trocknung erfolgen. Salzbelastetes Mauerwerk erfordert auch raumseitig, je nach Gesamtsalzgehalt, besondere Maßnahmen, z.B. WTA-Sanierputzsysteme.

## **e) Innenabdichtung**

### *Verfahren*

Wenn eine vertikale Außenabdichtung technisch oder wirtschaftlich nicht vertretbar ist (Überbauungen, Nebenbauungen, Versorgungsleitungen, Druckwasserbelastungen, Beeinträchtigung der Standsicherheit...).

Sachgerechte nachträgliche Außenabdichtungen erfüllen die der Abdichtung in gleicher Weise wie sachgerechte nachträgliche Außenabdichtungen.

Ein Unterschied ist, z.B. dass der Wandquerschnitt feucht bleibt. Dies führt in der Regel aber nicht zu Standsicherheitsproblemen. Untergründe aus Porenbeton, Polystyrolhartschaum, Holzwolle-Leichtbauplatten oder ähnlichen Baustoffen sind für die nachträgliche Innenabdichtung ungeeignet.

Die nachträgliche Innenabdichtung gilt für die Lastfälle Bodenfeuchte, nicht stauendes Sickerwasser bzw. drückendes Wasser. Wenn im Wandbereich hygroskopisch verursachte Feuchtigkeit vorliegt, sind Sanierputze einzusetzen.

Im oberen Bereich der nachträglichen Innenabdichtung (Verdunstungsbereich zur hygroskopischen Feuchtigkeit) sind bedarfsweise mit nachträglich Horizontalabdichtungen, Sperrschichten, Injektionen anzuordnen.

In jedem Fall ist darauf zu achten, dass die nachträgliche Innenabdichtung nicht durch nachträgliche Durchdringungen, Perforierungen, wie z.B. Befestigungen, Verdübelungen usw. beeinträchtigt wird.

### *Stoffe*

Dichtungsschlämme und wasserundurchlässiger Beton werden in entsprechender Schichtdicke vorzugsweise zur Flächenabdichtung im Wandbereich eingesetzt.

Salze können das Erstarren, Erhärten und die Dauerhaftigkeit zementgebundener Abdichtungssysteme beeinträchtigen. Flexible Dichtungsschlämmen können sich kritisch zeigen bei rückseitig einwirkendem Wasser.

Zur Flächenabdichtung im Bodenbereich werden u.a. zementgebundene Dichtungssysteme, wie Dichtungsschlämmen, wasserundurchlässige Betone (wu-Betone) kalt verarbeitbare Bitumenemulsionen, Flüssigkunststoffe und Dichtungsbahnen verwendet. Es werden vorzugsweise sulfatbeständige Dichtungsschlämmen verwendet.

Beschichtungen aus Flüssigkunststoffen müssen gegen rückseitige Durchfeuchtungen und Alkalien beständig sein.

Nach Gefahrstoffverordnung (§16, Abs.2) sind lösemittelhaltige Stoffe nur einzusetzen, wenn es keine umweltverträglicheren Alternativen gibt. Abdichtungen, die nicht im Verbund aufgetragen werden, bzw. sich verformen können, benötigen eine ausreichende Auflast bzw. Verankerung. Weiterhin benötigen Abdichtungen (außer wu-Betone) eine Schutzschicht. Der wu-Beton ist in diesem Zusammenhang als Abdichtungselement und nicht als statisch konstruktives Bauelement zu betrachten.

### *Vorarbeiten*

Beläge, Estriche, Beschichtungen und Putze sind im Regelfall zu entfernen. Dies gilt auch für geschädigten Fugenmörtel bis 2cm tiefe. Ziel ist die Herstellung eines tragfähigen, offenporigen Untergrundes. Hier haben sich mechanische Verfahren, z.B. Strahlen mit festen Strahlmitteln, bzw. Druckwasserstrahlen bewährt. Chemische Verfahren sind auszuschließen. Die Auswahl des Verfahrens hängt von dem Untergrund und der gewählten Abdichtung ab.

Treibende, unverträgliche und wasserempfindliche Stoffe (Gips, Holz) im Abdichtungsträger sind zu entfernen. Dies gilt auch für Befestigungen Installationen, etc.

Die Abdichtung ist wannenartig auszuführen. Die einzelnen Abdichtungsebenen sind min 20cm zu überlappen. Vorhandene Beläge (Fliesen, Estrich), sind im Übergang zu abzudichtenden Wänden zu entfernen.

Im Anschluss an Querwände (Innenwände) zu Außenwänden kann eine durch Abtrennung der Querwand vorgenommen werden, um die Innenabdichtung durchgängig durchzuführen. Alternativ können in diesem Bereich Als kapillare Abdichtung vertikal auch Injektions-Verfahren eingesetzt werden. Für Installationen, die in den abzudichtenden Wandquerschnitt eingebaut werden, sind die erforderlichen Mauerschlitze vor dem Aufbringen der Abdichtung zu erstellen, damit die Abdichtungsschichten hinter den Installationen durchgeführt werden können.

### *Ausführung*

#### Vorbehandlung

Der Untergrund muss egalisiert werden, um einen gleichmäßigen Schichtauftrag zu ermöglichen. Dazu sind die offenen Fugen, eventuelle Löcher und grobe Unebenheiten usw. mit einem Systemverträglichen Mörtel zu schließen. Trockene Flächen sind vorzunässen, sofern dies verfahrensbedingt nötig ist.

Abdichtungsschichten können im Streich-, Spritz- oder systembedingt auch im Spachtelverfahren aufgetragen werden, wobei erste Lage in der Regel im Schlämmauftrag zu verarbeiten ist.

Abdichtungen aus wu-Beton sind nach der entsprechenden DAfStb-Richtlinie zu konzipieren und auszuführen.

### Wandflächenabdichtung

In diesem Fall kommen vorzugsweise Dichtungsschlämmen zum Einsatz. Abdichtungen dürfen nicht über scharfkantige Ecken geführt werden. Deshalb sind Außenecken zu fasern oder zu brechen, Innenecken sind mit Hohlkehlen zu versehen (5-2cm Radius).

Arbeitsschritte/Maßnahmen:

1. Nut am Wand-Sohlen-Anschluss und an der horizontalen Sperrschicht 4 \* 4 cm freistemmen
2. Wand-Sohlen-Anschluss hohlkehlenartig mit min. 5 cm Radius ausrunden
3. Fliesstellen, Partialdurchfeuchtungen und Risse können je nach Wasserbelastung und Abdichtungsverfahren verpfropft oder injiziert werden

Die Flächenabdichtung mit Dichtungsschlämmen erfolgt min zweilagig, gemäß Verfahrensbeschreibung und Anforderung. Dabei sind die Mindestschichtdicken einzuhalten.

### Bodenflächenabdichtung

Bei aufstauendem Sickerwasser und drückendem Wasser muss der Dichtungsträger den hydrostatischen Belastung widerstehen. Die Vorarbeiten sind wie schon beschrieben durchzuführen. Die Flächenabdichtung mit Dichtungsschlämmen und/oder wu-Beton erfolgt sinngemäß wie die Wandflächenabdichtung.

Für die Abdichtung mit kunststoffmodifizierten Bitumendickbeschichtungen, Dichtungsbahnen und Flüssigstoffen siehe die vorherige Beschreibung bei dem Titel Stoffe. Diese Abdichtungen benötigen im Regelfall trockene Untergründe. Alle Übergänge und Ecken sind abzurunden bzw. hohlkehlig auszubilden. Bodenabdichtungen sind an die horizontale bzw. vertikale Wandabdichtung anzuschließen. Sie benötigen in jedem Fall eine Schutzschicht und bei hydrostatischem Druck eine Auflast (konstruktive Tragschicht).

### *Detailausführung*

Wesentliche Bestandteile jeder Abdichtungsmaßnahme sind An- und Abschlüsse, Fugen und Durchdringungen. Um die Innenabdichtung im Wandbereich wannenartig auszubilden, ist die Abdichtung auch im Einbindungsbereich der Querwand weiterzuführen. Dies kann durch Injektion oder durch Abtrennen der Innenwände mit einer breite von ca. 20cm von

den angrenzenden Außenwänden und anschließender Durchführung der Abdichtung erfolgen. Einbauten wie Treppen, Sockel, nichttragende Schornsteine, Zargen usw. müssen entfernt bzw. in die Abdichtung einbezogen werden. Licht- und Lüftungsschächte, Fahrstühle, unterfahrene Hebeanlagen u.ä. sind in die Abdichtung einzubeziehen. Bodenabläufe bzw. Rohrdurchführungen können in Injektionsverfahren oder durch nutzförmiges ausstemmen freigelegt und flexibel eingedichtet werden. Maßgeblich für die Auswahl von Abdichtungsverfahren bei Bauwerks- und Dehnfugen ist die vorhanden bzw. zu erwartende Bewegung. Injektionen oder Fugenbänder kommen wahlweise mit Pressflanschkonstruktion zu Einsatz.

### *Flankierende Maßnahmen*

#### Nachträgliche Horizontalabdichtungen gegen Kapillarfeuchte

Gegen Kapillaren Feuchtettransport in den Wänden sind Mauerwerksinjektionen gemäß WTA-Merkblatt 4-4-04/D auszuführen. Sie sind im Bereich der Dichtungsendung z.B. Wandflächenabdichtung bzw. Innenwandabschlüsse anzuordnen. Bei geeignetem Baukörper können alternativ auch Sperrschichten durch mechanische Verfahren (WTA-Merkblatt „nachträgliche mechanische Horizontalsperren“).

#### Kondensationsfeuchte

Zur vorübergehenden Speicherung von Tauwasser/Kondensationsfeuchtigkeit ist auf der Abdichtung ein porenhaltiger Putz mit min 40% Vol. Gesamtporosität bzw. Sanierputz min 20mm dick, aufzutragen. Auf die klebeaktive Dichtungsschlämme ist als deckende Haftbrücke ein vollflächiger Spritzbewurf erforderlich.

#### Farbgestaltung

Durch auftragen von Deckschichten ist die Farbgestaltung möglich. Diese dürfen die Wasserdampfdiffusion des Putzes sowie dessen Sorptionsverhalten nur unwesentlich einschränken. Hierbei haben sich z.B. Silikat- oder Silikonemulsions- oder Mineralfarben bewährt.

#### Trocknung durchfeuchteter Bauteile

Hydraulisch erhärtende Systeme bedürfen einer ausreichenden Nachbehandlung. Um eine schnellere Nutzung zu ermöglichen, kann für eine Beschleunigung des Austrocknungsvorgangs durch kontrollierte Lüftung oder technische Trocknungsmaßnahmen Sorge getragen werden. Die Abbindeprozesse der aufgetragenen mineralischen Systeme dürfen hierdurch nicht beeinträchtigt werden.

#### *Feuchtigkeit in Folge Hygroscopicität von Salzen*

Salzbelastetes Mauerwerk oder ein Verdunstungsbereich oberhalb der Abdichtung erfordern je nach gesamt Salzgehalt besondere Maßnahmen. Gemäß WTA-Merkblatt E 2-9-04/D „Sanierputzsysteme“.

Bei ganzflächiger Belastung durch hygroskopische Feuchtigkeitsaufnahme ist vorbeugend der Fußpunkt (Wand/Sohlplattenanschluss) wie beim Lastfall Bodenfeuchte abzudichten.

## **f) Injektionen**

### *Verfahrensbeschreibung*

Gegen sämtliche Wasserbeanspruchungen/Lastfälle finden Injektionsverfahren Anwendung als Abdichtung. Bei kapillartransportierter Feuchtigkeit wird auf das WTA-Merkblatt 4-4-04/D „Mauerwerksinjektion gegen Kapillarfeuchte“ verwiesen. Die Verfahren finden ihren Einsatzbereich bei:

1. flächigen Abdichtungen (vertikal/horizontal) und
2. partiellen Abdichtungen (Risse, Hohlstellen, Anschlüsse, Durchdringungen, Fugen usw.)

Dabei können starr oder elastisch aushärtende Injektionsstoffe direkt in das Bauteil oder in den das Bauteil umgebenden Bereich eingebracht werden. Die Injektionen können im Hoch- oder Niederdruckverfahren erfolgen.

## *Stoffe*

Alle Injektionsstoffe (Füllgüter) dürfen keine Wechselwirkung hervorrufen bzw. müssen mit dem abzudichtenden Bauteil verträglich sein. Für abdichtende Injektionen stehen unter anderem folgende Injektionsstoffe zur Verfügung:

1. Stoffe auf Basis von Silikaten, Zementen
2. Kunststoffe auf Basis von feuchtigkeitsverträglichen Acryl- oder Polyurethangelen, Epoxidharzen und Polyurethanharzen

Die Eigenschaften des Injektionsstoffes müssen auf den abzudichtenden Baustoff abgestimmt sein. Der Nachweis der Umweltverträglichkeit ist gemäss den gesetzlichen Regelungen zu erbringen.

## *Vorarbeiten und Geräte*

### Vorarbeiten

Falls erforderlich, sind folgende Vorarbeiten durchzuführen:

- Stocken, Strahlen oder Fräsen der Verdämmflächen
- verdämmen von offenen Fugen, von Fehlstellen, in den Baustoffoberflächen, usw.
- Kontrolle der vorhandenen Bewehrung und Bestimmung des Verlaufs, einschliesslich Kennzeichnung
- allgemeine Schutzmaßnahmen gegen Beschädigungen und Verschmutzungen von schützenswerten Bauteilen

### Geräte

Eingesetzt werden möglichst erschütterungsarme, auf den Baustoff bzw. das Bauteil abgestimmte Bohrgeräte zur Herstellung von Bohrkanälen. Injektionen können mit Ein- oder Mehrkomponenten- Injektionsgeräten ausgeführt werden. Als Pumpenaggregate stehen Schnecken-, Kolben-, Membran-, Zahnrad- o. Plungerpumpen bzw. Druckkessel zur Verfügung. Injektionsgeräte müssen mit druckregulierenden und pulsationsarmen Pumpen ausgerüstet sein. Die Injektionsgeräte müssen auf den Injektionsstoff abgestimmt sein.

### Hilfsmittel

Injektionsstoffe werden über Packer in den Baustoff bzw. in das Bauteil eingebracht. Hierbei können Schraub-, Schlag-, Klebe- o. Sonderpacker eingesetzt werden.

Verdämmung können aus mineralischen o. kunstharzgebundenen Stoffen bestehen.

### *Ausführung*

Injektionsarbeiten dürfen nur von qualifiziertem Personal ausgeführt werden. Hierbei muss mindestens eine während der Injektionsarbeiten ständig anwesende, Person einen Qualifikationsausweis einer anerkannten Institution besitzen.

### Flächenabdichtung im Bauteil

Bei dieser Abdichtung wird die Abdichtungsebene im Bauteil ausgebildet. Der Injektionsdruck ist auf das Bauteil abzustimmen.

Je nach Baustoffbeschaffenheit und Porengefüge sind rasterartige Bohrungen herzustellen. Bohrlochraster und -tiefe werden unter Vorgabe des gewünschten Abdichtungserfolges vom Sachkundigen festgelegt.

Die Packer werden gem. Vorgabe montiert. Im Bedarfsfall, z.B. Wassereintritt, Fehlstellen, Klüftigkeit, schadhaftes Fugennetz, ist eine Verdämmung o.ä. der entsprechenden Oberflächen vorzunehmen.

Der Injektionsstoff ist auf den Baustoff so abzustimmen, dass eine zusammenhängende Abdichtung im Baustoffgefüge entsteht. Für den Abdichtungsvorgang sind mindestens folgende Punkte zu dokumentieren:

- Feuchtegehalte der Baustoffe
- Wanddicken
- Temperaturen (Injektionsstoff, Umgebungstemperatur)
- Füllgut (Producktnahme, Hersteller, Chargen- Nr. usw.)
- Reaktionszeit des Injektionsstoffes
- Injektionsgerät
- Injektionsdruck
- Materialverbrauch ( je Packer, bzw. je m<sup>2</sup> )

Nachinjektionen können bei Bedarf erforderlich sein.

Nach Abschluss des Injektionsvorgangs müssen die Einfüllstutzen (Packer) entfernt werden. Die verbleibenden Öffnungen sind zu

schließen. Es empfiehlt sich, hierbei einen schwindarmen und quellfähigen Mörtel zu verwenden.

### Injektionsschleier im Baugrund

Injektionsschleier werden im Baugrund im Niederdruckverfahren (<10 bar) flächig vor dem Bauteil als Abdichtung ausgebildet. Hierbei wird der umgebende Baugrund als Stützgerüst benutzt.

Je nach Haufwerksporigkeit des anstehenden Baugrunds sind rastermäßige Bohrungen herzustellen, die das Bauteil vollständig durchstoßen. Das Bohrlochraster wird vom Sachkundigen festgelegt.

Die Einfüllstutzen (Packer) werden gemäß Vorgaberaster von Innen so montiert, dass die Austrittsöffnungen für das Füllgut min im Bereich der Außenliegenden Wandoberflächen liegen, ggf. über diese hinausragen. Es werden besondere Packersysteme eingesetzt.

Es wird empfohlen, vor Ausführung der Injektionsarbeiten eine Probeinjektion vorzunehmen. Hier kann abgeschätzt werden, ob mit dem vorgesehenen Packerraster einvollflächiger Injektionsschleier ausgebildet werden kann und wie hoch der zu erwartende Materialverbrauch sein wird.

Da die Injektionsstoffe mit Grundwasser und Sickerwasser in Kontakt treten können, sind nur Produkte zu verwenden, für die der Nachweis der physiologischen Unbedenklichkeit erbracht werden kann.

Der Injektionsstoff wird mit abgestimmtem Injektionsdruck so eingebracht, dass ein funktionsfähiger Dichtungsschleier entsteht. Die technologischen Eigenschaften (z.B. Reaktionszeit, Fließeigenschaften) sind entsprechend abzustimmen.

Für den Arbeitsvorgang sind folgende Parameter zu dokumentieren:

- Wasserbelastung des Bauwerks/Baugrunds während der Ausführung
- Packerabstand/ -raster
- Temperatur (Füllgut, Baugrund)
- Reaktionszeit
- Injektionsstoff (Produktnahme, Hersteller, Chargen- Nr., Mischungsverhältnis)
- Injektionsgerät
- Injektionsdruck
- Materialverbrauch ( je Packer, bzw. je m<sup>2</sup> )

Nachinjektionen können bei Bedarf erforderlich sein.

Nach Abschluss des Injektionsvorgangs müssen die Einfüllstutzen (Packer) entfernt werden. Die verbleibenden Öffnungen sind zu schließen. Es

empfiehlt sich, hierbei einen schwindarmen und quellfähigen Mörtel zu verwenden.

### Partielle Injektion

Bei der partiellen Injektion werden u.a. Risse und Hohlräume unter abgestimmten Injektionsdruck mit Injektionsstoff gefüllt. Es ist anzustreben einen gesamten Bauteilbereich vollständig zu erfassen.

Die Einfüllstutzen werden gemäß Vorgaben des Sachkundigen montiert; im Bedarfsfall wird eine Verdämmung erforderlich.

Für den Arbeitsvorgang gelten die gleichen Vorgaben wie bei Flächenabdichtung im Bauteil s.o.

Bei Bedarf können Nachinjektionen erforderlich sein.

Nach Abschluss des Injektionsvorgangs müssen die Einfüllstutzen (Packer) entfernt werden. Die verbleibenden Öffnungen sind zu schließen. Es empfiehlt sich, hierbei einen schwindarmen und quellfähigen Mörtel zu verwenden.

### *Anschlüsse, Übergänge, Bewegungsfugen, Durchdringungen*

Anschlüsse (z.B. Arbeitsfugen wie Wand- Sohlplattenanschluss, Wand-Wandanschluss) werden mit partieller Injektion abgedichtet.

Die nachträgliche Abdichtung von Durchdringungen erfolgt durch partielle Injektion. Hierbei ist zu beachten, dass die Einbauteile nicht beschädigt werden.

### *Flankierende Maßnahmen*

Die gewählten Instandsetzungsverfahren der Bauwerksabdichtung, die verbleibende Bauteilfeuchte, das Raumklima und die Nutzungsarten beeinflussen maßgeblich die Behandlung der raumseitigen Bauteiloberflächen.

Grundsätzlich ist sicher zu stellen, dass die vorhandene Bauteilfeuchte entweichen kann. Dieser Vorgang läuft bekanntermaßen über längere Zeit ab. Flankierende Maßnahmen wie vorher beschrieben müssen eingeleitet werden, um eine schnellere Nutzung zu ermöglichen, ergänzend zu dem

Maßnahmen wäre eine Absenkung der relativen Luftfeuchte im Raum eine Alternative.

### **g) Qualitätssicherung**

Durch sachkundige Planung, die sorgfältige Ausführung und geeignete Produkte wird der Erfolg der getroffenen Maßnahme bestimmt.

Ein entsprechender Qualitätsnachweis ist zu erbringen. Dazu dienen z.B. Qualifizierungsmaßnahmen (Schulung), praktische Erfahrung (Überwachung), Fremdüberwachung oder Referenzobjekte.

Die Wirksamkeit des ausgeführten Systems ist – soweit möglich – nachzuweisen (Erfolgskontrolle oder Funktionsprüfung)

Es wird empfohlen, die Ausführung durch baubegleitende Kontrollen zu überwachen.

Die Abdichtungsmaßnahme ist zu dokumentieren. Die Ausführungsunterlagen sind mindestens während des Gewährleistungszeitraums aufzubewahren.

## **(2)**

### **Sanierputzsysteme**

Sanierputzsysteme bestehen in der Regel aus dem Spritzbewurf, gegebenenfalls aus einem Grundputz, dem Sanierputz und einem Oberputz bzw. Farbanstrich. Diese Materialien müssen aufeinander abgestimmt sein. Sanierputze werden aus Eignungsprüfungsmörteln hergestellt.

Bei der Sanierung von feuchtigkeits- und salzbelastetem Mauerwerk ist es wichtig, dass nicht nur Sanierputz allein, sondern komplette Sanierputzsysteme, deren Einzelkomponenten genau aufeinander abgestimmt sind, zum Einsatz kommen.

**a) Definition:**

Diese Putze besitzen eine hohe Porosität und Wasserdampfdurchlässigkeit bei einer erheblich verminderten kapillaren Leistungsfähigkeit. Die Funktionssicherheit hängt von der Zusammensetzung und Homogenität der Mörtel ab.

Zum Sanierputzsystem gehören Spritzbewurf, Grundputz-WTA, Sanierputz-WTA, sowie Deckschichten.

**b) Anwendung:**

Sie dienen zum Verputzen feuchte und/oder salzhaltiger Mauerwerke. Baustoffgeschädigte Salze werden im Putz eingelagert und somit von der Putzoberfläche ferngehalten. Eine hohe Wasserdampfdurchlässigkeit des Putzsystems begünstigt die Austrocknung des Mauerwerkes.

Sanierputz-WTA lässt Feuchtigkeit aus dem Mauerwerk wenige Millimeter eindringen. Aufgenommenes Wasser bzw. Salzlösung verdunstet innerhalb des Putzes. Dabei auskristallisierte Salze werden im porigen Gefüge des Sanierputzes eingelagert. Dadurch bleibt die Putzoberfläche trocken und frei von Ausblühungen. Darüber hinaus wird das Mauerwerk durch Verlagerungen der Kristallisationsebene in den Putz vor weiterer feuchtigkeits- und salzbedingter Schädigung bewahrt. Im Gegensatz zu anderen Putzen wird trotz Salzeinlagerung die Wasserdampfdurchlässigkeit des Sanierputzsystems langfristig nicht beeinträchtigt (keine Trocknungsblockade).

Sanierputze-WTA sind überwiegend hydraulisch gebunden.

**c) Einsatzbereich:**

Sanierputzsysteme werden vorzugsweise auf Mauerwerk mit mehr oder weniger starker Versalzung eingesetzt, vor allem auch eine flankierende Maßnahme, wenn vertikale und/oder horizontale Abdichtungsmaßnahmen ausgeführt wurden.

Eine Mauerwerksentfeuchtung ist ohne zusätzliche Maßnahmen weder mit Sanierputzsystemen noch mit anderen Putzen möglich.

Sanierputze-WTA sind aufgrund ihrer Festmörteleigenschaften frostbeständig und daher in der Regel auch im Sockelbereich anwendbar.

Die Funktionsfähigkeit von Sanierputzen wird nur erreicht, wenn nach Herstellerangaben gearbeitet wird.

**d) Anwendungsgrenzen:**

Sanierputzsysteme sind nur wirksam bei kapillar transportierter und hygroskopisch hervorgerufener Feuchtigkeit, nicht bei Wasser, das mit einem hygrostatischem Druck einwirkt. Generell dürfen Sanierputzsysteme im erdbberührten Bereich unter Oberkante Gelände nicht eingesetzt werden. Ist das Mauerwerk porengesättigt, müssen vor Aufbringen des Sanierputzsystems unbedingt geeignete Abdichtungs-/Trocknungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Damit das Sanierputzsystem möglichst schnell die Hydrophobie einstellt, muss die relative Luftfeuchtigkeit während des Erhärtungszeitraumes < 65 % sein.

**e) Anforderungen:**

Der Spritzbewurf ist in der Regel Bestandteil des Sanierputzsystems und hat den Haftverbund zum Putzgrund zu sichern.

Grundputz-WTA dient zum Ausgleich grober Unebenheiten des Putzgrundes (Ausgleichsputz) und/oder als Salzspeicher bei besonders hoher Untergrundversalzung (Porenputz). Er darf 40mm nicht wesentlich übersteigen.

Sanierputz-WTA (min 20mm) wobei bei mehrlagigem Arbeiten eine Lage 10mm dick sein muss. Insgesamt aber max 40mm.

Als Deckschicht darf ein mineralischer Oberputz aufgebracht werden.

Putze, Anstriche, und sonstige Beschichtungen auf Sanierputzen-WTA dürfen die Wasserdampfdurchlässigkeit des Systems nicht negativ beeinflussen. Weiterhin ist die Wasseraufnahmen angrenzender Putze an die geringe Saugfähigkeit anzugleichen.

erforderliche Vorplanung:

- Ermittlung der Feuchtigkeitsgehalte und der Feuchtigkeitsursache
- Bestimmung der wasserlöslichen, baustoffschädigenden Salze (in der Regel Sulfate, Chloride, Nitrate)
- Art und Zustand des zu verputzenden Mauerwerks (Eignung des Putzgrundes)

**f) Mineralauswahl und Hinweise:**

Abhängig von der Höhe der Durchfeuchtung, der Feuchtigkeitsursache und dem Ergebnis der Voruntersuchungen kann vor dem Sanierputzauftrag eine Horizontalabdichtung und – im erdberührenden Bereich – eine Vertikalabdichtung notwendig sein.

Die Produkte dieses Systems sind mit ihren technischen Eigenschaften aufeinander abgestimmt. Eine Kombination kann für die Funktion wichtige Parameter (z.B. Wasserdampfdurchlässigkeit) beeinträchtigen.

Es sind Maßnahmen zur Nachbehandlung und Wartung einzuplanen. Dazu gehört der Schutz der einzelnen Putzlagen vor zu schnellem und zu langsamen Austrocknen.

Die Häufigkeit der werkseigenen Produktkontrolle und der Fremdüberwachung ist festgelegt. Es ist z.B. darauf zu achten, dass die Putze homogen gemischt werden.

**g) Verarbeitungshinweise:**

Bei der Verarbeitung sind die Angaben und Hinweise der Hersteller zu beachten. Darüber hinaus gelten die üblichen handwerklichen Regeln, die Putznormen und Festlegungen in den Ausschreibungstexten.

Für die Auswahl von Putzsystemen, deren Anwendung und Verarbeitung, sind die Ergebnisse der Voruntersuchungen maßgebend.

**h) Putzgrundvorbereitungen:**

Der Altputz ist min 80cm über die sichtbare oder durch Untersuchungen abgegrenzte Schadenszone hinaus zu entfernen. Dabei muss anfallender Schutt beseitigt und abseits gelagert werden, um eine Rückwanderung von Salzen zu vermeiden.

Mörtelreste, Schlämme und Anstriche auf Mauerwerk müssen vollständig entfernt werden. Mürbe Mauerwerksfugen sind ca. 20mm tief freizulegen. Danach ist das Mauerwerk mechanisch zu reinigen.

Der Putzgrund muss tragfähig sein. Die Haftbrücke zum Untergrund bildet der (netzförmiger) max. 5mm dicke Spritzbewurf. Fugen dürfen nicht mit Spritzbewurf gefüllt werden. Er muss vor Beginn der Putzarbeiten verfestigt sein. Desweiteren muss der Spritzbewurf ein Bestandteil des gewählten Sanierputzsystems sein.

Bei besonders kritischem Untergrund (z.B. inhomogenes Mauerwerk) oder bei hohen Schichtdicken ist es zweckmäßig, zusätzlich einen geeigneten, dauerhaft korrosionsbeständigen Putzträger anzubringen.

**i) Verarbeitung:**

Voraussetzung für eine ordentliche Ausführung sind neben qualifizierten Verarbeitern/Fachunternehmern geeignete und funktionsfähige Geräte.

Weiterhin sind die Herstellerangaben und die technischen Merkblätter zu beachten und einzuhalten.

Bei erhöhter Versalzung muss das Einwandern löslicher Salze in die letzte Lage des frisch aufgetragenen, noch nicht ausreichend hydrophoben Sanierputzes zu verhindern.

Die erforderlichen Standzeitzwischen den einzelnen Putzlagen müssen eingehalten werden, um Risse und Hohlstellen zu verhindern (man beachte die Herstellerangaben).

Genell ist darauf zu achten, dass durch zu frühe bzw. zu intensive Endbearbeitung keine schadensträchtige Bindemittelanreicherung an der Oberfläche hervorgerufen wird („Todreiben“).

Durch eine horizontalen Schnitt oder eine andere geeignete Maßnahmen muss der Sanierputz vom Erdreich getrennt werden. Bei einem Kontakt bestünde die Gefahr, dass Feuchtigkeit in der oberen Schicht bzw. zwischen Putz und Farbe aufsteigen kann.

#### Grundputz-WTA

Da Sanierputze in gleichmäßigen Schichtdicken ausgeführt werden sollen, müssen größere Unebenheiten und Vertiefungen des Mauerwerks ausgeglichen werden.

#### Sanierputz-WTA

Diese können ein- oder zweilagig aufgetragen werden. Die Mindestschichtdicke ist einzuhalten.

Die Oberflächen der unteren Putzlagen müssen jeweils nach dem Ansteifen gründlich horizontal aufgraut werden. Die Wartezeit bis zum Aufbringen der nächsten Lage ist vom Hersteller anzugeben.

#### Deckschichten:

Sind Oberputze oder Anstriche vorgesehen, so dürfen sie das Sanierputzsystem nicht beeinträchtigen. Es ist dafür Sorge zu tragen, dass dies auch bei einer späteren Renovierung beachtet wird.

#### Nachbehandlung und Erhärtingsbedingungen

Sanierputz-WTA sind mineralische Putze und erfordern besonders bei trockener Witterung, Wind- und Sonneneinfall eine Nachbehandlung. Die Putzflächen sind vor zu schneller Austrocknung zu schützen. Vor dem Putz frühzeitig das Anmachwasser entzogen, so wird der Abbindeverlauf und somit die Festigkeitsentwicklung gestört. Es kommt zu Rissbildung und Absan-

dungen. Gegenfalls müssen die Flächen durch vorsichtiges Benetzen mit Wasser feucht gehalten und event. beschattet werden, damit sie nicht zu schnell austrocknen. Um die Rissgefahr zu mindern, dürfen Räume während der Aushärtezeit von Sanierputzen nicht kurzfristig aufgeheizt werden.

Wenn der Sanierputz in Kellerräumen bereits kurze Zeit nach der Verarbeitung Ausblühungen oder Salzflecken an der Oberfläche aufweist, ist das System wirkungslos. Da besonders in den Sommermonaten und kurz nach der Verarbeitung eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit herrscht, erhärtet der Sanierputz zwar kann jedoch nicht austrocknen und seine Hydrophobie nicht ausbilden. Über den noch durchgehenden Feuchtigkeitsfilm dringen Salze vom Untergrund ein und können bis an die Oberfläche durchschlagen und ausblühen. Es ist darauf zu achten, dass die (hohe) Raumfeuchte abgeführt wird und somit eine Austrocknung des Putzes unterstützt wird. Dies kann durch Lüften, bevorzugt Entfeuchten oder gegebenenfalls vorsichtiges Heizen geschehen. Die relative Luftfeuchtigkeit soll dieser Phase  $< 65\%$  sein.

**(3)**

### **Nachträglich Mechanische Horizontal- sperre**

Nachträglich mechanische Horizontalsperren gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit.

Als Ursache werden in vielen Fällen nicht vorhandene oder unwirksam gewordene Bauwerksabdichtungen diagnostiziert. Zur Behebung derartiger Mängel und Schäden stehen neben den mechanischen Verfahren eine Reihe von alternativen zur Verfügung, die eine Feuchtereduzierung mit mehr oder weniger guten Erfolgsaussichten oberhalb eines definierten Horizontes erlauben.

Für die nachträgliche horizontale Abdichtung von Bauwerken oder Bauteilen gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit.

Der Einbau der Horizontalsperre erfolgt immer durch mechanische Trennung des Mauerwerks und muss aus min einer durchgehenden, die Kapillaren durchtrennenden Lage bestehen.

### **a) Voruntersuchungen:**

Nach Ausführung der Horizontalsperre sind die physikalischen Zustände so einzustellen, dass oberhalb der Sperre die bearbeiteten Bereiche trocken können.

Der Bauwerkszustand ist zu untersuchen und dokumentieren:

- Schadensbilder/Schadensformen:  
Art, Lage, Ausmaß, Besonderheiten
- Konstruktion:  
Regelquerschnitt von Wand, Decke und Boden, Anschlüsse, Bewegungsfugen, Durchdringungen, Zugänglichkeit, Standsicherheit, Fugenlage und Abmessung
- Vorhandene Abdichtung:  
Art, Lage, Zustand, Mängel und deren Ursachen, frühere Instandsetzungen
- Baugrund:  
HGW (höchster möglicher Grundwasserstand)

Sanierungskonzept:

Dieses Konzept hat das Verfahren, die zu verwendenden Materialien, den Sperrhorizont sowie die flankierenden Maßnahmen festzulegen.

### **b) Verfahrenstechniken**

#### **Grundlagen:**

Die Standsicherheit muss während und nach der Durchführung der Maßnahmen gewährleistet sein. Entstandene Hohlräume müssen kraftschlüssig geschlossen werden.

Die Verfahren können zur Erreichung einer durchgehenden Sperre (Eckausbildung, Rohrdurchdringungen, unzureichende Zugänglichkeit) miteinander kombiniert werden. Z.B. mit dem Injektionsverfahren.

#### **Maueraustausch:**

Das Mauerwerk wird abschnittsweise in seiner ganzen Stärke bzw. Dicke entfernt, eine Horizontalabdichtung eingelegt und kraftschlüssig wieder ergänzt, dabei sind Setzungen zu vermeiden.

### **Blecheinschlagverfahren:**

Bei diesem einstufigen Verfahren (Trennen und Abdichten in einem Arbeitsgang) werden gewellte Stahlplatten ohne Öffnen des Mauerwerkes in die Mörtelfugen überlappend bzw. ineinander übergreifend eingeschlagen.

Voraussetzung ist eine durchgehende Lagerfuge. Weiterhin ist die Anwendbarkeit abhängig von Mauerwerksstärke, -dicke, -art. Es wird ein verdichtbarer Mörtel verwendet.

Die Stahlplatten sind pneumatisch oder hydraulisch mit hohen Frequenzen einzubringen, um u.a. eine Versetzung des Mauerwerks in Schlagrichtung auszuschließen. Setzungen können ausgeschlossen werden, da beim hochfrequenten Einschlagen der Platten der Fugen Mörtel verdichtet wird. Der Eindringwiderstand wird durch die Verwendung von Platten mit Pfeilspitzenprofil verhindert.

Die Funktion der Sperre ist im >Bereich der Plattenstöße sicherzustellen.

### **Kernbohrverfahren:**

Die Sperrebene entsteht im Mauerwerk, durch überlappende Kernbohrungen, bei denen die hergestellten Hohlräume mit Dichtmörtel verfüllt werden.

Es werden parallele Bohrungen in gleichen Achsabständen über die gesamte Mauertiefe geführt. Die Bohrlöcher werden gereinigt und mit Mörtel verfüllt. Nach dem Aushärten des Verfüllmörtels wird das dazwischen liegende Mauerwerk ausgebohrt und in gleicher Weise geschlossen.

### **Schneide- und Sägeverfahren:**

Dies ist ein zweistufiges Verfahren. Die erste Stufe erfolgt bei der Trennung des Mauerwerks, in der zweiten wird die Sperrschicht eingelegt und abschließend die Fuge geschlossen. Die Trennung des Mauerwerks erfolgt im Trocken- oder Nassschnittverfahren mit einer Mauert- oder einer Diamantseilsäge.

Nach dem Schneiden erfolgt das Reinigen der Schnittfuge und die Herstellung eines Glattstrichs, um das vollflächige Aufliegen der Sperre sicherzustellen.

Anschließend wird die Sperrschicht eingelegt und die Restfugen mit einem geeigneten Mörtel kraftschlüssig verfüllt.

Bei dem V-Schnittverfahren wird das Mauerwerk beidseitig in zwei Arbeitsgängen V-förmig von jeweils einer Seite eingeschnitten. Der entstandene Hohlraum ist mit Dichtmörtel und/oder Sperrmaterialien zu füllen. Bei mehrschaligem Mauerwerk mit vielfältigen Hohlräumen und geringer Festigkeit ist im Bereich des Sägehorizontes eine Mauerwerksverfestigung vorzusehen.

### **c) Werkstoffe für die Horizontalsperre**

#### **Grundlagen:**

Die Wahl des Werkstoffes hängt von den Voruntersuchungen und dem gewählten Verfahren ab.

Die Materialien müssen satt aufliegen, um punktuell erhöhte Flächenpressung zu vermeiden.

Die Verbindung der Horizontalsperre an andere Abdichtungen erfordert gesonderte Maßnahmen. Der Überstand muss jedoch min. 10cm betragen.

#### **Dichtmörtel:**

Die Unterbrechung des kapillaren Wassertransportes muss sichergestellt und nachgewiesen werden. Dichtmörtel müssen schwindarm sein und eine rasche Aushärtung aufweisen. Die Verträglichkeit mit Mauerwerk und applizierten Schichten muss sichergestellt werden.

#### **Edelstahlplatten:**

Verwendet werden glatte oder profilierte Edelstahlplatten, nichtrostende, korrosionsbeständige Stähle. Sie müssen mechanisch beständig sein.

- Umgebungstemperatur im Eindringbereich
- Druckbeanspruchung beim Einbau und im eingebauten Zustand
- Spaltkorrosion
- Chemischer Angriff an der gesamten Plattenoberfläche infolge der in der Erd- und Mauerwerksfeuchtigkeit anwesenden schwach konzentrierten Lösungen (Sulfate, Chloride, Nitrate, Karbonate, organische Säuren und halogenhaltige Verbindungen)
- Elektrochemische Vorgänge zwischen den Platten und anderen Metallen bei Anwesenheit von Elektrolyten infolge der Mauerwerksfeuchtigkeit

Diese Edelstahlplatten sind mit speziell dazu geeigneten Trenn- und Schleifscheiben zu schneiden, wobei auf die erreichte Temperatur im Plattentrennbereich zu achten ist. Wenn diese Temperatur überschritten

wurde, ist das Material nicht mehr korrosionsbeständig und müssen abgeschliffen werden.

Beim Schneide- und Sägeverfahren verwendet man ebene Platten (ggf. profiliert), die 0,5-2mm dick sind.

Für das Blechtreibverfahren ist die Festigkeit an der Forderkante entscheidend, wegen der Gesamtfestigkeit werden sie gewellt ausgeführt.

#### **Kunststoffplatten:**

Hierbei bilden Kunststoffe die Grundmasse, eine Verstärkung wird mit Glasfasern erzeugt. Das verfüllen der Restfuge muss vollständig erfolgen, eine Punktbelastung ist zu vermeiden. Diese Platten sind wasserundurchlässig, chemisch beständig und 0,5-2mm stark.

#### **Abdichtungsbahnen:**

Sie müssen mechanisch, chemisch beständig sowie bauwerksverträglich sein. Es gibt Plastomerbitumenabdichtungsbahnen und bituminöse Bahnen.

#### **d) Ausführung:**

Die mechanische Horizontalsperre ist min 300mm oberhalb des höchsten anzunehmenden Grundwasserstandes (HGW) anzuordnen. Auf die Anbindung zu anderen Horizontal- und Vertikalsperren, den Anschluss an diverse Durchdringungen der Sperrebene ist zu im Mauerwerk zu achten. Bei höhen versetzten Ebenen sind die Sperrebenen miteinander zu verbinden.

#### **e) Flankierende Maßnahmen:**

Die Verbesserung des Zustandes ist nach Einbringen der mechanischen Horizontalsperre zu erreichen. Je nach örtlichen Gegebenheiten oder aus bauphysikalischen Gründen können weitere Maßnahmen erforderlich sein.

- Putzsanierung
- Sanierung gem. WTA-Merkblatt 2-2-91/D
- Bauteiltrocknung
- Lüftung
- Beheizung
- Wärmedämmung
- Salzreduktion
- Vertikalabdichtung innen/außen
- Einbinden in vorhandene Abdichtungen

- Sicherung gegen Spritzwasser
- Abführen von Oberflächenwasser
- Sockelausbildung
- Ergänzen u.ä. von Sichtmauerwerk
- Fugensanierung
- Wiederherstellung von Bauteiloberflächen
- Dränung

**f) Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung:**

Die Ausführung wird Fachfirmen überlassen. Desweiteren sind die zu verwendeten Materialien mit dem Sanierungskonzept zu prüfen.

Jeder Anwender hat sich von der Einhaltung des Merkblattes zu überzeugen und darüber Aufzeichnungen zu führen.

Nur geprüfte Werkstoffe dürfen verwendet werden. Hierfür sind Prüfzeugnisse und Sicherheitsblätter heranzuziehen. Für die Fremdüberwachung sind die Aufzeichnungen der Eigenüberwachung durch einen Fachplaner zu kontrollieren. Die Wirksamkeit der Maßnahmen zur Verhinderung oder Begrenzung des kapillaren Aufstiegs von Feuchtigkeit ist gegeben:

- wenn eine Wirksamkeit >70% erreicht wurde
- durch aufeinanderfolgende Messungen eine Prognose der Wirksamkeit >70% für einen definierten Zeitraum möglich ist. Wenn nicht anders vereinbart, gilt ein Zeitraum von 2 Jahren. Der letzte Wert der Wirksamkeit der Messreihe muss min die Hälfte des Prognosewertes betragen
- wenn der Durchfeuchtungsgrad des trockengelegten Mauerwerkes max. 20%

**(4)**

**Messung der Feuchte von mineralischen Baustoffen**

Dieses Merkblatt beschreibt die Definitionen der feuchtetechnischen Kennwerte der Baustoffe, die Art der in Frage kommenden Messverfahren und behandelt die praxiserprobten Messverfahren- bzw. Methoden, die Darr- Methode, die CM- Methode, den Folientest und das Luftfeuchte-Ausgleichsverfahren.

Grundlagen einer Beurteilung für eine Instandsetzungsplanung von Bauwerken ist die Messung der Feuchte von Baustoffen.

Erforderlich sind mehrere feuchtetechnische Kennwerte der Baustoffe und der klimatischen Umgebungsbedingungen.

### **a) Feuchtetechnische Kennwerte**

Grundlagen:

Mineralische Baustoffe weisen Poren mit unterschiedlichen Durchmessern bzw. unterschiedlichen Volumina auf, es handelt sich also um kapillarporöse Stoffe. Die Verteilung und der Anteil der unterschiedlichen Poren beeinflussen die Wassereinlagerung. Feinporöse Baustoffe nehmen kapillar mehr Feuchteanteile auf als grobporöse. Für die Feuchteeinlagerung in porösen Stoffen sind unter praktischen Gesichtspunkten zwei Mechanismen maßgeblich, nämlich die Anlagerung von Wassermolekülen an den Porenwänden durch Oberflächenkräfte (Sorptionsfeuchte, hygroskopische Feuchte) und die Aufnahme von ungebundenem Kapillarwasser in benetzbaren Kapillarporen (überhygroskopischer Bereich der Feuchtespeicherung, Wasserspeicherung durch Kapillarität). Es ist zu beachten, dass mineralische Baustoffe sowohl physikalisch als auch chemisch gebundenes Wasser enthalten können. Darüber hinaus kann freies Wasser in den Baustoffporen eingelagert sein.

Das chemisch gebundene Wasser ist Bestandteil der Struktur des Baustoffes, es darf nicht in den hier zu bestimmenden Wassergehalt eingerechnet werden.

Die zu untersuchenden mineralischen Baustoffe enthalten vielfach wasserlösliche und somit bauschädliche Salze, die zu Schäden, z.B. Ausblühung, Aussinterungen, Zerstörung des Baustoffgefüges, führen können. Die Salze führen zu einer Veränderung der Sorptionsisothermen und vielfach zu Verfälschungen der Messwerte bei einigen Feuchtemessverfahren. Um Fehlinterpretationen der Sorptionsisothermen und der Messwerte zu verhindern, ist die Kenntnis über die Art und den Anteil der bauschädlichen Salze in dem zu untersuchenden Baustoff unerlässlich.

#### Wassergehalt:

Der Wassergehalt bezeichnet das Verhältnis der in einem Stoff enthaltenen physikalischen gebundenen + freien Wassermassen zur Masse des trockenen Baustoffs in %.

#### Wassergehalt infolge Sorption; Ausgleichsfeuchte;

#### Hygroskopische Feuchte:

Jeder mineralischer Baustoff nimmt Feuchte aus der Luft auf und gibt sie auch wieder an die Luft ab. Diese Feuchteaufnahme und auch – Abgabefähigkeit ist baustoffabhängig und lässt sich über die sog. „Sorptionisothermen“ beschreiben. In diesen Sorptionsisothermen ist der Wassergehalt des Baustoffs in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft dargestellt. Innerhalb des Baustoffs stellt sich bei einer bestimmten relativen Luftfeuchte der Umgebungsluft ein bestimmter Wert des Wassergehalts (in Masse %) ein. Diesen Wert bezeichnet man auch als Ausgleichsfeuchte bzw. Gleichgewichtsfeuchte oder als hygroskopische Feuchte. Die Sorptionsisothermen poröser Baustoffe haben einen typischen Verlauf. Bei der Wasseraufnahme (Sorption) und der Wasserabgabe (Desorption) des Baustoffes von bzw. an die Luft stellt sich ein Gleichgewicht ein, wenn die rel. Luftfeuchte konstant ist. Sinkt die rel. Luftfeuchte, so gibt der Baustoff Wasser ab. Erhöht sich die relative Luftfeuchte der Umgebungsluft, so nimmt der Baustoff Wasser aus der umgebenden Luft auf, der Wassergehalt des Baustoffs steigt an. Ideale Voraussetzung zur Beurteilung eines Bauteils sind die vollständigen Sorptionsisothermen der zu untersuchenden Baustoffe. Hierzu ist es notwendig, die Ausgleichsfeuchte des Baustoffs von 0 % relativer Luftfeuchte bis nahe 100 % relativer Luftfeuchte zu bestimmen, was in der Praxis allerdings mit vergleichsweise hohem Aufwand verbunden ist. Durch Salzbelastung eines Baustoffs wird seine Sorptionsisothermen deutlich zu höheren Wassergehalten verändert.

Die Ausgleichsfeuchte kennzeichnet man durch Indizierung mit derjenigen relativen Luftfeuchte, mit der sie im Gleichgewicht stehen. So entspricht z.B. Die Ausgleichsfeuchte  $u_{50}$  dem Wassergehalt bei 50 % relativer Luftfeuchte.

#### Praktischer Wassergehalt:

Der „praktische“ Wassergehalt eines Baustoffes ist derjenige Wassergehalt, der in eingebauten Baustoffen, mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% nicht überschritten wird. Für die Beurteilung ist eine Ausgleichsfeuchte bei

einem Umgebungsklima von ca. 80% bis ca. 85% relativer Luftfeuchte herangezogen.

Es werden drei Ausgleichsfeuchten ermittelt. Bei relativen Luftfeuchten von ca. 75% ca. 80% und ca. 85%. Die Ausgleichsfeuchten sollten dabei durch Trocknen von Proben bestimmt werden, also durch Desorption. Bei der Bestimmung der Ausgleichsfeuchte wird die Temp. von 23°C und 80% relativer Luftfeuchte beschrieben.

Kritischer Wassergehalt:

Dieser stellt die untere Grenze für die Möglichkeit kapillaren Wassertransportes dar. Es ist ein theoretischer Wert.

Freiwilliger Wassergehalt:

Die Wassermenge, die ein Baustoff aufnimmt, wenn er einige Zeit der Einwirkung von drucklosem Wasser ausgesetzt ist.

Sättigungsfeuchte:

Unter Druck oder durch langfristige Lagerung unter Wasser können sämtliche Poren eines Baustoffes mit Wasser gefüllt werden. Der Baustoff nimmt die max. mögliche Wassermenge auf.

Die Sättigungsfeuchte stellt die Bezugsgröße für die Bestimmung des Durchfeuchtungsgrades dar und muss deshalb bestimmt werden.

Durchfeuchtungsgrad:

Er ist das Verhältnis des massebezogenen Wassergehaltes zur Sättigungsfeuchte des Baustoffes.

Der Durchfeuchtungsgrad gibt an, welcher Anteil in % des in Wasser zugänglichen Porenvolumen zum Zeitpunkt der Probeentnahme mit Wasser gefüllt war.

Verfahrensauswahl:

Es gibt die direkte und indirekte Methode. Die direkte Methode gibt ohne weitere Eichmessungen die Baustofffeuchte (Wassergehalt u) qualitativ an. Die Darr-Methode und CM-Methode stellen die einzigen direkten Methoden dar.

Der Folientest und das hygrometrische Verfahren sind indirekte Methoden. Sie führen auf einfache Weise zu einer schnelleren Einschätzung des Feuchtezustandes des Baustoffes bzw. Weil durch die Messung der rela-

tiven Feuchte in bzw. am Baustoff ein feuchtetechnischer Kennwert bestimmt wird und nicht eine physikalische Eigenschaft des Baustoffs. Alle sonstigen Verfahren ergeben zunächst keinen qualitativen Wert für die Feuchte. Bei fachgerechter Handhabung sowie messtechnischer und baulicher Erfahrung können aufgrund der Ergebnisse aber qualitative Aussagen zum Wassergehalt der Konstruktion gemacht werden. Die sonstigen Verfahren bestimmen zunächst physikalische Eigenschaften der Baustoffe bzw. der Konstruktion, die mit der Feuchte in Zusammenhang stehen. Dabei bedarf es eine bauspezifischen Kalibrierung (Probeentnahme). Diese Verfahren eignen sich besonders für die Ermittlung des Wassergehalts und als Funktion der Zeit. Daher eignen sie sich besonders für die Leckortung und die Ermittlung der Ursachen von Feuchteschäden.

## **b) Praxiserprobte Verfahren**

### Darr-Methode

Baustoffspezifische Probeentnahme:

Durch die Entnahme und den Transport der Proben zur Waage darf der Wassergehalt der Proben nicht verändert werden. Deshalb muss die Probe wasserdampfdicht verpackt werden, so dass wenig Luft eingeschlossen ist.

Folgende Möglichkeiten/Werkzeuge stehen zur Probeentnahme zur Verfügung:

- Hammer und Meißel  
Die geringste Veränderung des Wassergehalts ist bei der Probeentnahme mittels Hammer und Meißel zu erreichen. Wobei man min 50g abtragen muss und alle maßgeblichen Bestandteile des Baustoffs müssen enthalten sein
- Winkelschneider  
Proben aus plattigen Baustoffen werden herausgeschnitten. Um durch die Reibungswärme möglichst wenig zu verändern, sollte die Probengröße min 0,1m \* 0,1m betragen.
- Bohrkern  
Mit Hartmetall bestückte Bohrkronen werden üblicher weise in einer Schlagbohrmaschine verwendet, für Diamanten besetzte Bohrkronen benötigt man eine schneller drehende Bohrmaschine ohne Schlag. Der durch höhere Reibungswärme der schnell laufenden Diamant-

bohrkernkronen resultierende Wasserverlust gegenüber den Hartmetallbohrern wird durch die geringere Bohrzeit kompensiert. 50mm ist der Mindestdurchmesser, da bei geringeren Durchmesser die Wassergehaltsänderung unvertretbar hoch wird. Die geringste Veränderung erhält man durch die Verwendung von Pressluft und einer Absaugung zur Kühlung und zum Abtransport des entstandenen Bohrmehls. Bohrproben sind abschnittsweise zu entnehmen. Diese Vorgehensweise eignet sich zur Ermittlung von Feuchteprofilen in Bauteilen. Mit zunehmender Festigkeit des Baustoffes, insbesondere bei Bewehrungen in einem Beton, wird durch die zunehmende Bohrzeit der Wasserverlust immer größer, so dass die Methode an ihre Grenzen stößt.

- Bohrmehl  
Hier wird mit ein Spiralbohrer von min 20mm Durchmesser abschnittsweise Proben entnommen. Der Wassergehalt verändert sich relativ stark, deshalb lassen sich auf diese Weise nur qualitative Ergebnisse ermitteln. Das Ergebnis wird zusätzlich durch die Vermischung des Bohrmehls aus unterschiedlichen Bohrtiefen verfälscht.

Durchführung:

Mit der Darr-Methode wird der Absolutwert des Wassergehaltes von Baustoffen bestimmt.

Hier wird der massebezogene Wassergehalt ermittelt. Die feuchte Probe wird gewogen, getrocknet, bei 0% relativer Luftfeuchte abgekühlt (Exsikator) und gewogen. An hand der Gleichung wird der Wassergehalt bestimmt.

Zur Trocknung wird ein Wärmeschrank mit 105°C verwendet. Es muss sicher gestellt werden, dass hierbei das gesamte freie und physikalisch gebundene Wasser freigesetzt wird. Die Trocknung wird bis zur Massekonstanz fortgeführt. Die Konstanz der Masse gilt als erreicht, wenn die Massedifferenz zwischen zwei Wägungen, die min 24 Std. auseinander liegen, kleiner als 0,1% der zuletzt festgestellten Masse ist.

Bei 105°C kann unter Umständen jedoch ein Teil des chem. Gebundenen Wassers ausgetrieben werden und zu Fehlern führen. Bei Gips und calciumsulfathaltige Baustoffe wählt man als Trocknungstemperatur 40°C. Die Anzahl der Proben, die Trocknungsdauer und auch die Reduzierbarkeit der Messungen sind in werkstoffspezifischen Normen festgelegt.

Nach Beendigung der Trocknung entspricht das Gleichgewicht zwischen dem Wasserdampfpartialdruck in den Baustoffporen und demjenigen im Trockenraum. Die Luftfeuchte im Trockenraum muss durch Konvektion

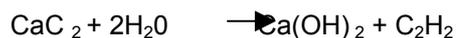
mit trockener Luft niedrig gehalten werden, da sonst eine erhebliche Restfeuchte im zu untersuchenden Werkstoff verbleibt.

Weiterhin gibt es die Mikrowellen- und die Infrarottrocknung. Diese Methoden ermöglichen eine schnellere Messwertbestimmung, jedoch sind sie nicht für alle Werkstoffe anwendbar. Zudem können lokale Erwärmungen des Werkstoffes über 105°C auftreten. Bei der Volumtrocknung ist keine Probenerwärmung durchzuführen. Die Gefriertrocknung erfolgt unterhalb 0°C. Hierbei findet eine Feuchteumverteilung statt. Die Probe kann anschließend z.B. auf ihre Salzverteilung hin untersucht werden.

Die Darr-Methode ist eine zerstörende Probeentnahme. Wiederholungsmessungen sind an ein und derselben Stelle des Bauteils deshalb nicht möglich.

#### CM-Methode:

Die Bestimmung der Feuchte von Baustoffen nach der CM-Methode beruht auf der Reaktion von Calciumcarbid ( $\text{CaC}_2$ ) mit Wasser.



Dabei entstehen Calciumhydroxid ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) und Gas Acetylen ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ).

Die Menge des gasförmigen Reaktionsproduktes Acetylen ist proportional zur umgesetzten Menge an Wasser. Die Baustoffproben werden zerkleinert, gewogen und mit einer definierten Menge Calciumcarbid in einer Glasampulle und einer festgelegten Anzahl von Stahlkugeln in eine Druckflasche eingefüllt. Die Druckflasche wird verschlossen und geschüttelt, wobei die Stahlkugeln die Glasampulle zerstören. Durch die Acetylenbildung entsteht in dem Behälter ein Überdruck. Dieser wird an einem Manometer an der Druckflasche abgelesen. Aus der Einwaage und dem Überdruck wird gerätespezifisch mit Hilfe von Umrechnungstabellen der Wassergehalt der Einwaage in Masse % ermittelt. Diese Umrechnungstabellen berücksichtigen den Einfluss des Ableszeitpunktes. Der Ableszeitpunkt richtet sich nach dem Prüfgut und steht in Abhängigkeit von der Einwaagemenge.

Eine wesentliche Fehlerquelle resultiert aus der Temperaturabhängigkeit des Druckes in dem Behälter, denn die bei der chemischen Reaktion freiwerdende Wärme erhöht die Temperatur des entstehenden Gases und dabei seinen Druck. Eine starke Abweichung der Temperatur der Druckflasche von der Umgebungsluft zu Messfehlern. Durch die Änderung des Wassergehaltes, kann das Messergebnis beeinflusst werden, dies kann bei der Gewinnung und Zerkleinerung der Probe eintreten. Der Grad der Zerkleinerung beeinflusst ebenfalls das Ergebnis, weil bei zu groben Prüf-

gut nicht der gesamte Wassergehalt erfasst wird. Zudem hängt das Ergebnis von der Genauigkeit der Einwaage ab und der ordnungsgemäßen Funktion der Gerätebestandteile.

Die CM-Methode ermöglicht die Ermittlung der Menge an freiem Wasser in einer Probe.

Bei calciumsulfatgebundene Baustoffe muss beachtet werden, dass auch teilweise das chemisch gebundenen Wasser (Kristallwasser) mit dem Calciumcarbid reagieren kann.

Ein Vorteil ist es, dass diese Verfahren Vorort innerhalb einer relativ kurzen Zeit ein Ergebnis erhält. Nachteilig ist, dass man auch die Entnahme von Proben angewiesen ist - dass eine Wiederholungsmessung an der gleichen Stelle eines Baustoffteils nicht möglich ist.

Die mit der CM-Methode ermittelten Wassergehalte sind niedriger im Vergleich zu den mit der Darr-Methode ermittelten Wassergehalten.

#### Folientest:

Dieses Verfahren ermittelt eine qualitative Einschätzung des Feuchtezustandes des Bauteils. Eine min 1m \* 1m große, wasserdampfdichte, transparente Kunststoffolie ( $s_d$  größer 10m) muss min 24 Std. dicht auf das Bauteil aufgelegt werden. Das Bauteil ist als feucht zu bewerten, wenn nach 24 Std. Tauwasser an der Unterseite der Folie zeigt. Zur Bewertung sind die Bauteiltemperaturen und die umgebende Lufttemperatur und die Feuchte zu messen und zu dokumentieren.

#### Luftfeuchte-Ausgleichsverfahren:

Mit Hilfe dieses Verfahren bestimmt man die rel. Luftfeuchte, die sich in einem geschlossenen Hohlraum in einem Baustoff einstellt.

Dieses Verfahren setzt voraus, dass sich die Luftfeuchte in der Messkammer und die Baustofffeuchte im Gleichgewicht befinden. Somit kann festgestellt werden, ob die Baustofffeuchte mit der Feuchte der umgebenden Luft im Gleichgewicht steht, d.h. ob der Baustoff trocken ist, oder ob der Baustoff feucht ist.

Für die Messung gibt es zwei Möglichkeiten:

Die erste Möglichkeit lässt den Baustoff dicht an die Messkammer anschließen. In dieser Messkammer wird der Messfühler angeordnet. Außerdem ist für eine Luftzirkulation in der Messkammer zu sorgen. Diese Möglichkeit ist für den Baustoff zerstörungsfrei.

Der Messfühler kann auch direkt in einem Baustoff angeordnet werden (zweite Methode). Dazu wird ein Bohrloch in den Baustoff eingebracht,

welches die Messkammer darstellt. Darin wird der Messfühler installiert. Das Bohrloch ist nach außen dicht zu schließen. Feuchteprofile können gemessen werden, wenn man das Bohrloch abschnittsweise abdichtet. Außerdem können Messungen über einen längeren Zeitraum ausgeführt werden. Die Anordnung des Messfühlers im Bohrloch eignet sich besonders zu Messung von Veränderungen der Feuchte. In diesem Fall ist die Messung nahezu baustoffunabhängig, Inhomogenitäten im Bauteil und lokale Feuchtedifferenzen beeinflussen das Messergebnis nicht nennenswert.

Fehlinterpretationen für die Baustofffeuchte sind bei einer Versalzung des Baustoffes und/oder bei zu großer Temperaturdifferenz zwischen dem Baustoff und der umgebenden Luft.

**(5)**

### **Beurteilung von Mauerwerk – Mauerwerksdiagnostik**

Ursachen für mangelhafte Instandsetzungsarbeiten sind häufig unzureichende Bauzustandsuntersuchungen, Fehleinschätzung der vorhandenen Bausubstanz und in der Folge mangelnde Instandsetzungsplanung.

Unter Mauerwerksdiagnostik ist die Gesamtheit aller Maßnahmen zu verstehen, die an einem bestehenden Mauerwerk zur Erfassung seines Zustandes, zur Klärung der Schadensursachen und der daraus abzuleitenden Instandsetzungsplanung erforderlich sind. Die Ergebnisse aus den Zustandsuntersuchungen liefern dabei die Grundlagen für die Aussagen zur Gebrauchsfähigkeit und zur Tragfähigkeit.

## a) Ablaufschema – Mauerwerkdiagnostik

Orientierende Bauwerksbesichtigung  
( Überblick über Untersuchungsaufwand )

Bestands – und Schadenaufnahme / Anamnese  
( ausführliche Bauwerksbegehung )

Untersuchungsplan  
( Festlegung der Untersuchungen, Untersuchungskosten, Skizzen zum  
Aufmaß )

Untersuchungen am Bauwerk und im Labor  
( Mauerwerksart, Abmessungen, Gefüge, Baustoffkenndaten, Feuchte- u.  
Salzgehalt )

Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Instandsetzungsplanung  
( Planung von Art u. Umfang der Instandsetzungsschritte  
einschließlich Technologie u. Materialien auf Grundlage der Vorgaben zu  
Funktion u. Nutzung )

- **Orientierende Bauwerksbesichtigung**  
Eine „Orientierende Bauwerksbesichtigung“ ist durchzuführen, um den voraussichtlich erforderlichen Untersuchungsaufwand festzulegen. Daraus abgeleitet, können die Untersuchungskosten abgeschätzt werden.
  
- **Bestands- u. Schadenaufnahme / Anamnese**  
Mit der ausführlichen Bauwerksbegehung beginnt die visuelle „Bestands- u. Schadenaufnahme“ am Bauwerk. Dazu zählen die fotografische, textliche und zeichnerische Erfassung des Bestandes und der Schäden. Neben der visuellen Beurteilung sollten einfache Untersuchungen zur Anwendung kommen.  
„Anamnese“ nennt sich das Zusammentragen aller Erkenntnisse zur Vorgeschichte des Bauwerks aus Archiven, Bauunterlagen, altem Bildmaterial, Sekundärliteratur, usw. Sie kann Hinweise auf Schwachstellen im Bauwerk,

zu Schadensursachen geben und ist so eine wichtige Hilfe zur Erstellung des Untersuchungsplanes.

○ **Untersuchungsplans**

Ziel des „Untersuchungsplans“ ist es, aus den gesammelten Erkenntnissen der Bestands- u. Schadensaufnahme sowie der Anamnese die notwendigen Untersuchungen festzulegen. Dabei sind Substanzschonende Methoden auszuwählen. Die Untersuchungsverfahren, ihr Umfang und die dafür zu erwartenden Kosten sind zu präzisieren.

- Die erforderlichen Kenndaten zur Beurteilung einer physikalischen oder chemischen Beanspruchung bzw. die Klärung eines aufgetretenen Schadens und dessen dauerhafte Behebung, können durch Untersuchungen am Bauwerk und an aus dem Bauwerk entnommenen Proben mit nachfolgenden Laboruntersuchungen gewonnen werden.

**Untersuchungen am Bauwerk:**

- Sondierungsbohrung und Endoskopie zur Erfassung des Gefüges und der Abmessung ( Schichtenfolge )
- Erfassung von Rissverläufen, Rissbreiten und –tiefen
- qualitative und halbqualitative Feuchtemessungen
- Klimamessungen
- Untersuchungen zu Baugrund und hydrogeologischen Verhältnissen

Die Probeentnahme dient zur Gewinnung von Mauerwerksmaterial für weitere Untersuchungen im Labor.

**Entnahmen für die Untersuchung im Labor:**

- Bohrkern Ø 10 cm, Länge > 12 cm  
Zur Ermittlung von Festigkeitskennwerten
- Bohrkern Ø > 3 cm, Länge > 5 cm  
Zur Beurteilung des Gefüges sowie zur Bestimmung des Feuchtegehaltes und des Salzgehaltes
- Bohrmehl 50 – 100 g/pro Probe zur Bestimmung des Feuchtegehaltes und Salzgehaltes

**Typische Untersuchung im Labor:**

- Ermittlung von Festigkeitskennwerten durch Bestimmung der Druck- und Zugfestigkeit
- Baustoffanalyse / Bestimmung des Bindemittels
- Ermittlung des Wassergehalts
- Halbquantitative und quantitative Salzanalytik durch Bestimmung der Art und des Gehaltes an löslichen Salzionen
- Ermittlung des Porengehaltes/ Wasseraufnahme- und Wasserabgabeverhalten
- usw.

- **Bewertung der Untersuchungsergebnisse**  
Mit den Kenndaten aus den Untersuchungen stehen Grundlagen zur Verfügung, mit denen der Zustand und die Schadensursache beschrieben werden können. Ableitend daraus kann eine Diagnose erstellt werden. Die Maßnahmen und Materialien für eine optimale Instandsetzung bei möglichst hoher Dauerhaftigkeit können geplant werden.

**(6)**

## **Instandsetzung von Mauerwerk Standicherheit und Tragfähigkeit**

Zur Erhaltung oder Wiederherstellung der Standicherheit oder Tragfähigkeit von Mauerwerk werden:

- Verfüllen bzw. Injizieren von Fehlstellen, wie offene Fugen, Risse, Hohlräume mit mineralischen Mörteln, Silikaten, Reaktionsharzen oder reaktionsharzgebundenen Mörtel,
- Vernadelung und Verankerung, insbesondere zur statischen Sicherung,
- Austausch bzw. handwerkliche Ergänzung mit geeigneten Mörteln und Steinen empfohlen.

Bei Denkmalgeschützten Bauwerken wird man in der Regel versuchen, den Bestand zu erhalten. Hierzu eignen sich Injektionen in Verbindung mit Vernadelungen und/oder vorgespannten Ankern. Um über die Zweckmäßigkeit des anzuwendenden Verfahrens entscheiden zu können, sind vorab Erkundigungen notwendig zu

- der Bauteilart ( z.B. Gewölbekonstruktion, Wandscheibe, Stützwand, Strebepeiler )
- den konstruktiven Gegebenheiten ( z.B. ein- oder mehrschaliges Mauerwerk )
- dem Baumaterial ( z.B. Naturstein oder künstliche Steine, Kalk- oder Gipsmörtel )
- den Schadensursachen ( z.B. Überlastung, Umbauten, Fundamentschwächen, Erschütterungen, Veränderung des Grundwasserhorizontes )

Um schadstoffbelastetes Mauerwerk handelt es sich, wenn

- in den vorhandenen Baustoffen lösliche Anteile enthalten sind, die bei einer Rekristallisation sprengend wirken oder mit den Bindemitteln des Injektionsgutes treibende Verbindungen bilden können.
- in den vorhandenen Baustoffen hygroskopisch wirkende Salze enthalten sind, die zu einer hohen Ausgleichsfeuchte führen und somit zuvor beschriebene Schadensreaktionen einleiten oder begünstigen.

#### **a) Injektion von Mauerwerk mit mineralisch- oder reaktionsharzgebundenem Injektionsgut**

Bei der Injektionstechnologie können Schwierigkeiten oder Schäden entstehen, wenn

- eine ständige oder weitere Durchfeuchtung instand gesetzter Mauerwerksbereiche auftritt.
- im Mauerwerk wasserlösliche Sulfatverbindungen ( vorwiegend Gips ) enthalten sind, die an den Kontaktflächen zwischen Injektionsgut und bestehendem Mauerwerk oder im Injektionsgut selbst treibend wirkende chemische Verbindungen bilden. Die am häufigsten auftretenden Verbindungen dieser Art sind Ettringit und ettringitähnliche Phasen. Sie entstehen bei der Reaktion von Tricalciumaluminat , einem Bestandteil des Portlandzementes, bzw. aluminathaltiger Hydratphasen mit sulfathaltigen Verbindungen ( z.B. Gips ) in Gegenwart einer ausreichenden Menge Wasser.
- sich unter bestimmten Reaktionsbedingungen ( Temperatur, Feuchtegehalt, Carbonatgehalt im Wasser ) neben Ettringit auch Thaumasit bildet. Im Gegensatz zum Ettringit, das nur in Gegenwart aluminathaltiger Phasen entsteht, entsteht das Thaumasit durch die Reaktion der sulfathaltigen Verbindungen mit den silicathaltigen Phasen des Zementsteins. Die Volumenvergrößerungen dieser treibend wirkenden Verbindungen ergeben sich unter anderem aus dem Einbau größerer Mengen von Wasser in das Kristallsystem ( „Hydratwasser“ )
- Injektionsgut und vorhandener Mörtel, unterschiedliches Schwind- und Quellverhalten aufweisen.
- in großen Hohlräumen durch das Injektionsgut Bereiche entstehen, die in der Festigkeit wesentlich von der des Bestandes abweichen.
- Bestand und Injektionsgut unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen.

Aufgrund dieser Zusammenhänge sind vor der Aufnahme der Arbeiten eingehende Untersuchungen und eine sehr sorgfältige, auf das jeweilige Objekt abgestimmte, Auswahl des Injektionsgutes erforderlich.

#### **b) Untersuchung des Bestandes**

- Grundsätzlich auszuführende Untersuchungen ( Siehe Mauerwerksdiagnostik )  
Die Anforderungen an die Tragfähigkeit des Mauerwerks sind im Zusammenwirken von Bauherr, Architekt, Ingenieur und ggf. Denkmalpfleger festzulegen.

- Zusätzliche Untersuchung zur Vorbereitung von Injektionen mit mineralisch gebundenen Mörteln
- Quantitative Bestimmung des Sulfatgehaltes an Mauerwerksproben  
Je Mauerwerksabschnitt der gleichen Art und Entstehungszeit sind mindestens 2 lotrechte Messachsen mit mindestens 2 Messpunkten anzulegen. Jeder Messpunkt umfasst 2 Messstellen: Oberfläche und Wandinneres. Wenn angenommen werden muss, dass Gipsstein oder gipshaltiger Mörtel verbaut wurden, ist je Messachse mindestens eine Gesteins- bzw. Mörtelprobe zu untersuchen.
- Ermittlung der hygroskopischen Ausgleichsfeuchte von Mauerwerksproben.  
Diese Prüfung ist erforderlich, wenn die visuelle Untersuchung Anhaltspunkte für das Vorhandensein hygroskopisch wirkender Salze ergeben hat.

### **c) Injektionsgut**

#### **Mineralisch gebundene Mörtel**

Injektionsmörtel müssen so zusammengesetzt sein, dass es zu keinen schädigenden Reaktionen mit Bestandteilen des Mauerwerks kommen kann. Nach bisherigen Erkenntnissen gilt für hydraulische Bindemittel:

- minimaler Gehalt an Tricalciumaluminat  
( z.B. hochsulfatbetändige Portlandzemente )
- minimaler Gehalt an Alkalien
- keine ausschließliche Verwendung von Trasskalk als Bindemittel

Injektionsmörtel sollten folgende Eigenschaften besitzen:

- möglichst geringe Sedimentationsneigung
- gutes Wasserrückhaltevermögen
- gute Fließfähigkeit
- hohe Haftfestigkeit auf mineralischen Untergründen
- geringes Schwinden
- Sulfatbeständigkeit
- An das bestehende Mauerwerk angepasste baustofftechnologische Kennwerte  
( Festigkeit, E-Modul, Kapillarität )

Es lassen sich aber keine verbindlichen Grenzwerte festlegen. Für die praktische Anwendung hat sich folgende Unterscheidung als brauchbar erwiesen

Injektionsgut	Rissbreite
Suspension	< 2 mm
Feinmörtel	2 – 5 mm
Mörtel	> 2 mm

### **Silicatlösungen**

Mauerwerksinjektionen mit Silicatlösungen ( vorzugsweise Kaliumsilikat ) dienen zur Verfestigung und / oder Abdichtung gegen kapillar eindringendes Wasser. Bei schadstoffhaltigem Mauerwerk ist Vorsicht geboten. Die Fällung der kapillarverstopfend wirkenden Silikate erfolgt durch chemische Reaktion mit in Wasser gelöstem Kohlendioxid ( pH < 7 ) oder mehrwertigen Metallionen.

Es gibt zwei Reaktionsmechanismen

- Einkomponentenprodukte erhärten durch Reaktion mit dem Kohlendioxid der Luft
  - Zweikomponentenprodukte erhärten nach dem Vermischen der zwei Komponenten
- Eigenschaften der Silicatlösungen
- niedrigviskose wässrige Lösung ( Kolloiddispersion ), die mineralische Reaktionsprodukte bilden
  - hohes Penetriervermögen
  - keine Austrocknung an Rissflanken
  - Erhärtung in einem definierten Zeitraum, weitgehend von Feuchte und Temperatur unabhängig

### **Reaktionsharze und Reaktionsharz gebundene Mörtel**

Der Einsatz von Reaktionsharzen für Mauerwerksinjektionen sollte aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften, welche wesentlich von denen mineralische Mauerwerksbaustoffe abweichen, nur erfolgen, wenn:

- erhöhte Anforderungen an den kraftschlüssigen Verbund gestellt werden
- große Risstiefen bei geringer Rissbreite vorliegen
- die Rissbreiten sehr gering sind ( < 1 mm )
- frühzeitig hohe Festigkeiten erforderlich sind
- keine größeren Hohlräume auszufüllen sind
- ein aus optischen Gründen zu vermeidendes Durchschlagen des Harzes an die Oberfläche vermieden werden kann

Reaktionsharze eignen sich besonders gut für Injektionen, wenn sie folgende Anforderungen erfüllen

- Viskosität und kapillares Steigvermögen entsprechend der Füllart
- Frei von Lösemitteln
- Haftfestigkeit an den Rissflanken, auch bei feuchtem Untergrund
- Geringer reaktionsbedingter Volumenschwund

- Eigenfestigkeit
- Hohe Alterungsbeständigkeit
- Gute Verarbeitbarkeit und ausreichende Verarbeitungsdauer
- Mischungsstabilität
- Verträglichkeit mit allen im Mauerwerk enthaltenen Stoffen

#### **d) Verfahren**

##### **Injizieren von mineralisch gebundenen Suspensionen und Mörteln**

Für eine ordnungsgemäße Injektion im Mauerwerk sind folgende Arbeitsschritte erforderlich:

- Bohrkanäle durch Ausblasen oder Ausspülen reinigen
- Fugen und Risse verdämmen
- Packer montieren
- Risse vornässen, falls erforderlich vorher festigen
- Mörtel bzw. Suspension herstellen
- Injizieren bei gleichzeitiger Beobachtung aller Oberflächen hinsichtlich des Austrittes von Injektionsmittel
- Druck konstant halten und Nachinjizieren
- Packer Demontieren
- Verdämmung entfernen, Bohrlöcher schließen und dem Umfeld optisch Anpassen
- Bohrungen in einen Aufrissplan eintragen
- Materialtechnische Daten erfassen
- Materialmenge je Packer protokollieren
- Injektionsdruck protokollieren
- Ggf. Kontrolle des Verpressergebnisses durch Kernbohrungen
- Entsorgung von Restmengen des Injektionsmaterials und der Reinigungsmittel sicherstellen.

##### **Injizieren von Silicatlösungen**

Die Injektion wird wie beim Injizieren von mineralisch gebundenen Suspensionen und Mörteln durchgeführt. Bei zerklüftetem Mauerwerk mit großen Hohlräumen oder bei mehrschaligem Mauerwerk ist zunächst eine Injektion mit mineralischem Mörtel durchzuführen.

##### **Injizieren von Reaktionsharzen**

Die Injektion wird wie beim Injizieren von mineralisch gebundenen Suspensionen und Mörteln durchgeführt. Das Vornässen der Risse muss unterbleiben.

Zusätzlich sind zu messen und zu protokollieren:

- Temperatur des Baustoffs
- Lufttemperatur
- Temperatur des Injektionsmittels

- Feuchtegehalt des Baustoffs
- Luftfeuchte

### **e) Begleitende und ergänzende Massnahmen**

#### **Einbau von Vernadelungen und Verankerungen**

Anwendungsbereich:

Allgemein bei gerissenem Mauerwerk, Lasteinleitungsbereichen sowie zur Erhöhung der Tragfähigkeit.

Vernadelung:

Folgende Punkte sind bei der Vernadelung zu beachten:

- Nadeln aus geripptem Betonstahl mit 8 – 20 mm Durchmesser
- Bohrlochdurchmesser 40 mm größer als Nadeldurchmesser
- Nadeleinbau zentrisch mit Abstandhalter
- Verschluss der Bohrlöcher mit 25 – 40 mm Überdeckung

Vorspannung:

Folgende Punkte sind zu berücksichtigen:

- Spannstahl hoher Güte
- Endverankerung durch Ankerkörper aus Stahl oder Stahlbeton
- Aufnahme der Spaltzugkräfte im Verankerungsbereich durch Vernadelung
- Bohrlochdurchmesser 40 mm größer als Anker- oder Stossmuffendurchmesser
- Anker durch Abstandhalter zentrieren
- Vorspannung protokollieren

#### **Mauerwerksergänzung**

In einigen Fällen kann es erforderlich sein, das vorhandene Mauerwerk auszutauschen bzw. zu ergänzen. Insbesondere im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit der Mauerwerksergänzung ist die Anpassung von Steinen und Mörtel hinsichtlich der physikalischen und mechanischen Eigenschaften an das vorhandene Mauerwerk bzw. Restmauerwerk von Bedeutung. Es ist daher darauf zu achten, dass sich die Eigenschaften der zu verwendenden Baustoffe nicht wesentlich vom Bestand unterscheiden. Dazu sind in jedem Einzelfall Voruntersuchungen der Steine und Mörtel aus dem altem und für das neue Mauerwerk erforderlich.

Zu prüfen sind folgende Eigenschaften für:

- Mauersteine
  - Druckfestigkeit
  - Rohdichte
  - Wasseraufnahme
  - u.U. Frost- Tauwechselverhalten und/ oder Salzgehalt

- Mauermörtel ( Bestand ):  
Zusammensetzung  
Bindemittelart  
Zuschlagsart  
Zusätze  
Salzgehalt  
Beurteilung der Festigkeit
- Frischmörtel ( Ergänzung ):  
Konsistenz  
Verarbeitbarkeitsdauer  
Wasserrückhaltevermögen
- Festmörtel ( Ergänzung ):  
Druckfestigkeit  
Elastizitätsmodul

Unter Umständen ergänzend:

Thermischer Ausdehnungskoeffizient

Schwinden und Quellen

Frost – Tauwechsel – Verhalten

Wasseraufnahmeverhalten

Gesamtporosität

Ausblühverhalten

- Ggf. Verbundkörperprüfung  
( Stein – Mörtel )  
Druckfestigkeit  
Haftscherfestigkeit  
Evtl. Haftzugfestigkeit

Mit Hilfe der Festigkeitseigenschaften der Steine und des Mörtels lässt sich die Mauerwerksfestigkeit abschätzen.

Bei der Ausführung von Mauerwerksergänzung ist bei stark saugfähigen Steinen und/ oder ungünstigen Umgebungsbedingungen ein vorzeitiger und zu hoher Wasserentzug durch Vornässen der Steine oder andere geeignete Maßnahmen einzuschränken, wie z.B. durch Verwendung von Mörteln mit verbessertem Wasserrückhaltevermögen oder durch eine Nachbehandlung ( Feuchthalten ) des Mauerwerks.

## **Feuchtigkeitsschutz von Oberflächen**

### Imprägnierungen und Beschichtungen

- hydrophobierend wirkenden Farblosen Imprägnierungen ( gering Feuchteaufnahme; keine wesentliche Beeinträchtigung der Wasserdampfdiffusion )
- Wasserabweisende deckende oder lasierende Beschichtungen ( sollten eine hohe Wasserdampfdiffusion aufweisen )

### **Sanierputzsysteme** ( Siehe S. 22 )

### **Steinfestigung**

Porige, mineralische Baustoffe können durch Behandlung mit geeigneten Tränkstoffen gefestigt werden. Hierfür haben sich Produkte auf der Basis von Kieselsäureestern gut bewährt.

Durch Voruntersuchungen und/ oder anhand von Musterflächen sollte vorher die Wirksamkeit im Einzelfall überprüft werden. Wichtigste Beurteilungskriterien sind Eindringtiefe, Porenfüllgrad, sowie Art und Änderung des Festigkeitsprofils.

Festigungen der genannten Art dienen in erster Linie der Stabilisierung oberflächennaher Zonen zur Bestandssicherung.

**(7)**

## **Mauerwerksinjektion gegen Kapillare Feuchtigkeit**

### **a) Verschiedene Ursachen führen zur Feuchtigkeitsbelastung von Mauerwerk**

- Niederschlag
- Tauwasser
- Hygroskopische Wasseraufnahme
- Bodenfeuchte / nicht Stauendes Sickerwasser
- Drückendes Wasser / aufstauendes Sickerwasser
- Kapillare Wasseraufnahme

Ziel der Mauerwerksinjektion ist es, oberhalb der Horizontalsperre die Ausgleichsfeuchte des jeweiligen Baustoffes unter Beachtung seiner bauwerksbezogenen Randbedingungen zu erreichen.

### **b) Voruntersuchung**

Als Grundlage von Sanierungsmaßnahmen gegen Mauerfeuchtigkeit, ist es vor Festlegung des Injektionsverfahrens notwendig, eingehende Voruntersuchungen im Rahmen einer Bauzustandsanalyse durchzuführen.

Neben der Ermittlung von feuchtetechnischen Kennwerten ist zunächst das zu injizierende Bauteil / Bauwerk u.a. hinsichtlich

- Baustoffart
- Geometrie
- Homogenität
- Rissbildung
- Mehrschaligkeit
- Festigkeit
- Sicherheit

zu überprüfen. ( siehe Mauerwerksdiagnostik )

Der Durchfeuchtungsgrad ist nach dem Stand der Technik zu ermitteln. Nach ihm richtet sich die Auswahl geeigneter Injektionsstoffe, das Einbringverfahren und die Anwendungsgrenzen.

Als wichtigste Einzeldaten sind im Rahmen der Voruntersuchung folgende Kennwerte zu bestimmen:

- die vorhandene massebezogene Feuchtigkeit und
- die max. kapillare Wasseraufnahme

Der Quotient beider Werte ergibt den Durchfeuchtungsgrad. Diese Kennwerte sind in Form von horizontalen und vertikalen Feuchtigkeitsprofilen in repräsentativen Bereichen stichhaltig zu ermitteln. Bei vorhandener Salzbelastung, ist der Anteil an hygroskopischer Feuchtigkeit zu ermitteln.

Neben der Feuchtigkeitsbilanz sind in repräsentativen Bereichen die wasserlöslichen Salze nach Art und Verteilung, insbesondere Sulfate, Chloride und Nitrate, zumindest halbqualitativ, zu ermitteln.

### **c) Mauerwerksinjektion**

Injektionsstoffe und Wirkprinzipien

Es gibt eine Vielzahl von Injektionsstoffen und Verfahrensarten, die sich für die nachträgliche Mauerinjektion gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit eignen. Injektionsstoffe sollen so beschaffen sein, dass eine weitgehend gleichmäßige Verteilung in den Kapillarporen gegeben ist.

Als Injektionsstoffe werden ein- oder mehrkomponentige Materialien auf Basis von

- Paraffin,
- Polyacrylatgel,
- Siliconat,
- Alkalisilikat / Alkalimethylsilikonat,
- Siliconmicroemulsion,
- Siloxan,
- Polyurethanharz,
- Epoxidharz

verwendet.

Injektionsstoffe die sich seit Jahren z.T. seit Jahrzehnten bewährt haben und von Fachleuten als allgemein anerkannt eingestuft werden sind:

- Paraffine
- Polyacrylatgel
- Siliconat
- Alkalisilikat / Alkalimethylsilikonat,
- Siliconmicroemulsion,
- Siloxan,
- Polyurethanharz,
- Epoxidharz
- Harzlösung
- Polyurethangel

Die Wirksamkeit der Injektionsstoffe beruht auf unterschiedlichen Prinzipien.

- Verstopfen
- Verengung
- Hydrophobierung und
- der Kombination aus Verengung und Hydrophobierung

Eingesetzt werden ein- und mehrkomponentige, chemisch reagierende oder physikalisch härtende, Injektionsstoffe, die den kapillaren Feuchtigkeits-transport herabsetzen.

#### **d) Anwendungstechnische Vorgaben**

Mauerwerksinjektionen sind von qualifizierten Betrieben mit nachgewiesenen Erfahrungen in der Behandlung von salz- und feuchtebelastetem Mauerwerk und mit WTA- zertifizierten Injektionsstoffen auszuführen. Die ausführende Firma kann ihren Qualifikation durch Teilnahmenachweis an Schulungsmaßnahmen und / oder Benennung von Referenzobjekten nachweisen.

Die Einsatzgebiete einer Mauerwerksinjektion liegen in Sockelhöhe oberhalb Terrain, sowie in den Kellerinnenwänden und Kelleraußenwänden oberhalb der Druck- oder Stauwasserlinien. Sie sind nicht im Druckwasserbereich einsetzbar.

Der Bohrlochabstand richtet sich nach der Saugfähigkeit der Baustoffe, dem Injektionsverfahren und den Fließeigenschaften des Injektionsstoffes. Die Bohrlochreihe wird ein- oder mehrreihig angeordnet.

Der Bohrlochabstand wird von Bohrlochmitte zu Bohrlochmitte festgelegt.

Allgemein gilt:

Je enger der Bohrlochabstand, desto größer ist die Sicherheit für den Erfolg der Maßnahme. Entsprechend des gewählten Bohrlochabstandes gilt es, einen Statischen Nachweis über die Standsicherheit zu Führen. Je nach Gegebenheit ist es vor oder nach der Ausführung einer Injektion der Schadhafte Putz min 80cm oberhalb des sichtbar von Feuchtigkeit geschädigten Bereiches zu entfernen. Wird der Altputz vor der Injektion entfernt, ist für eine ausreichende Verdämmung Sorge zu tragen, damit kein unkontrollierter Austritt von Injektionsstoffen erfolgt.

#### **e) Drucklose Injektion**

Für die drucklose Injektion eignen sich niedrigviskose Injektionsstoffe, wie z.B. Silikonate, Silane, Siliconmikroemulsionen und hinreichend erwärmte Paraffine. Die Injektionsstoffe werden über Vorratsbehälter mittels Schwerkraft in das Bohrloch eingebracht. Die Verteilung im Baustoff erfolgt bei dieser Verfahrenstechnik ausschließlich über Kapillarkräfte. Der max. Bohrlochabstand muss in Abhängigkeit von der Saugfähigkeit gewählt werden und darf 10cm – 12,5cm nicht überschreiten. Der Bohrdurchmesser richtet sich nach dem jeweils anzuwendenden Verfahren.

Der Bohrlochwinkel (Schräglage der Bohrung) ist vom Wandaufbau und dem Verfahren abhängig. Er ist so bemessen, dass mindestens eine Lagerfuge angebohrt wird. Vor der Injektion ist das Bohrmehl zu entfernen, damit die kapillare Saugfähigkeit nicht behindert wird. Die Bohrlochtiefe sollte bis zu einer Restwandstärke von ca. 5cm geführt werden. Bei Wandstärken über 60cm wird empfohlen, die Bohrlochreihen von beiden Wandseiten anzuordnen. Die Bohrlochtiefe beträgt dann jeweils 2/3 der Wandstärke.

Mauerwerk mit großen Hohlräumen erfordern besondere, auf den Einzelfall abgestimmte Maßnahmen. Mauerwerk mit loser Kleinmaterial- und Mörtelfüllung im Kern, offenen Fugen und Risse ist je nach Ausprägung zunächst mit einem gut fließfähigen, schwindarmen baustoffverträglichen, bindemittelhaltigen Stoff auszufüllen. Diese Verfüllung ist erforderlich, sofern keine ausreichende Ausbreitung des Injektionsstoffes möglich ist und Injektionsstoff unkontrolliert abfließt.

Prinzipiell sind die Einsatzmöglichkeiten und Bohrlochanordnungen im Einzelfall zu überprüfen. Der Materialverbrauch richtet sich in erster Linie nach dem Porenvolumen der Baustoffe. Es ist solange zu injizieren, bis eine gleichmäßige horizontale Wirkzone erreicht ist. Grundsätzlich sind der Materialverbrauch, die Bauteiltemperatur, die Umgebungstemperatur, die Luftfeuchte und sonstige relevanten Randbedingungen zu dokumentieren.

#### **f) Druckinjektion**

Bei Druckinjektionen wird maschinell ein Druck zur Verteilung des Injektionsstoffes im Baustoff erzeugt. Die Bohrlochanordnung kann ein oder mehrreihig versetzt sein. Der Abstand der Bohrlochachsen wird aufgrund der zu erwartenden minimalsten Eindringtiefe der Injektionsstoffe festgelegt. Ein Regelabstand von ca. 10cm – 12.5cm ist einzuhalten. Bei mehrreihiger Anordnung ist ein Höhenversatz von 8cm nicht zu überschreiten. Die Neigung der Bohrkanäle muss je nach Verfahren und örtlichen Gegebenheiten hergestellt werden.

Die Injektion hat mit kontinuierlichem, auf das Bauteil abgestimmtem Druck zu erfolgen.

Es ist zu prüfen, ob Injektionsstoff durch Risse, lockere Fugen oder Fehlstellen wegfließt, insbesondere dann, wenn kein Druckaufbau festgestellt wird. Materialverbrauch richtet sich in erster Linie nach dem Porenvolumen der Baustoffe. Der Druck im Bauteil ist solange zu halten, bis eine ausreichende Ausbreitung des Injektionsstoffes und somit eine gleichmäßige horizontale Wirkzone erreicht ist.

Grundsätzlich sind Materialverbrauch, Injektionsdruck, Injektionszeit, die Bauteiltemperatur, die Umgebungstemperatur, die Luftfeuchte und sonstige relevanten Randbedingungen zu dokumentieren.

#### **g) Geräte**

Als Bohreinrichtungen sind erschütterungsarme Bohrgeräte zu bevorzugen. Durch geeignete Geräte oder Lafetten ist dafür Sorge zu tragen, dass ein dem Verfahren und dem Bauteil angepasster Neigungswinkel möglichst genau einzuhalten ist. Das vorhandene Bohrmehl ist zu entfernen, z.B. durch Absaugen oder Ausblasen.

Die Injektion erfolgt verfahrensbedingt durch geeignete Injektionsgeräte, wie z.B. Vorratsbehälter, Druckbehälter, Membran-, Kolben- oder Schneckenpumpen unter Einsatz von auf das jeweilige Verfahren abgestimmte Zubehör, z.B. Schläuche, Packersysteme, und sonstiges Zubehör.