



1 Auffinden von Hohlstellen.



2 Mauerwerksöffnung und visuelle Beurteilung.

## Vor-Ort und im Labor

Dr. Helmut Kollmann

**Voraussetzung für eine sinnvolle Sanierung ist eine Untersuchung des Mauerwerks im Hinblick auf die zukünftige Nutzung des Gebäudes. Dabei müssen insbesondere die Feuchtigkeitsursachen und die Salzbelastung des Mauerwerks beurteilt werden.**

Das Wort »Diagnose« kommt aus dem Griechischen und bedeutet so viel wie »Durchblick«. Die Diagnostik beschreibt die Art und Weise, die Mittel und Wege, wie man zum »Durchblick« gelangt, also die Methode der Diagnosefindung. Die Vorgehensweise ist durchaus vergleichbar mit der in der Medizin. Am Anfang steht die so genannte Anamnese, also die Befragung zur Krankengeschichte. Es folgt die körperliche Untersuchung (vor Ort) und die Laboruntersuchung. Je nach Ergebnis wird dann ein Heilungsplan erstellt.

### Die Notwendigkeit von Bestandsanalysen

Oft wird aus Zeit- oder Kostengründen auf eine Bestandsanalyse verzichtet. Die Nachteile hieraus sind jedoch gravierend, weil die Schadensursachen nicht erkannt werden. Somit ist kein gezieltes Bekämpfen möglich. Durch eine Bestandsanalyse werden ungeeignete oder nicht notwendige Maßnahmen ausgeschlossen, Kosten und Material gespart und zukünftige Schäden vermieden. Nicht zuletzt bringt der Vergleich mit dem Ist-Zustand den Nachweis für den Erfolg einer Sanierungsmaßnahme.

Ein genaues Ablaufschema, wie eine Bestands- und Schadensaufnahme zu erstellen ist und wie die Untersuchungen zu planen, durchzuführen und zu bewerten sind, gibt das WTA-Merkblatt 4-5-99/D »Beurteilung von Mauerwerk, Mauerwerksdiagnostik«.

### Vor-Ort-Untersuchungen

Am Anfang steht eine orientierende Bauwerksbesichtigung. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf Fehlstellen, Feuchtigkeits- und Salzschäden sowie Organismenbefall. Die Vor-Ort-Untersuchungen sind zunächst visueller Art. Das heißt, es wird geschaut, wie die Schadensbilder aussehen und welche Ursachen sie haben könnten. Sind frühere Maßnahmen zur Instandsetzung zu erkennen, so stellt sich die Frage, warum sie gemacht wurden und ob sie erfolgreich waren.

Risse lassen sich meist schon anhand der Rissverteilung und des Rissverlaufs sowie der Breite und Tiefe zuordnen. Hierzu wird eine Risslupe oder ein Rissmaßstab verwendet. Ob Risse sich noch bewegen, lässt sich nur mithilfe von Gipsmarken oder Rissmonitoren über einen längeren Zeitraum feststellen.

Hohlstellen können durch Anklopfen oder beim »Abfahren« der Putzoberfläche mit einem festen Draht oder einem geeigneten Werkzeug am Klang erkannt werden. Um das Innere des Wandaufbaus zu beurteilen, sind Beobachtungen mit einem Endoskop oder Bohrkernentnahmen erforderlich. Mitunter müssen auch Schürfgruben angelegt werden.

Feuchtigkeit vor Ort zu messen ist problematisch. Weit verbreitet und häufig angewandt – auch von Sachverständigen – sind Handgeräte, die auf elektrischem Wege die Baustofffeuchtigkeit ermitteln sollen. Doch hier ist Vorsicht geboten. Zu leicht werden Fehldiagnosen gestellt. Zu bedenken ist, dass die angezeigten Werte durch viele Einflüsse, insbesondere den Salzgehalt, gestört werden. Außerdem sind keine quantitativen Aussagen möglich. Selbst wenn eine quantitative Bestimmung des Wassergehaltes gelingt, beispielsweise mithilfe des CM-Gerätes, so ist hiermit noch keine ausreichende Beurteilung der Feuchtigkeitsbelastung möglich.

Ein Wassergehalt von 10 Masse-% kann hoch oder gering sein, je nach Baustoffart und Versalzungsgrad. Mehr

Informationen liefern Messungen mit Mikrowellen-Geräten. Hier kann die Feuchtigkeitsverteilung an der Wandoberfläche und im Inneren sichtbar gemacht werden. Für genaue Aussagen sollte man sich nur auf Laboruntersuchungen an Bohrkernen verlassen. (Mehr dazu im Beitrag auf den Seiten 40 – 43.)

Das Vorhandensein von Salzen zeigt sich oft durch Krusten oder »Bärte« an der Oberfläche. Salze sind immer weiß und lösen sich meist sehr gut in Wasser auf (im Gegensatz zu Kalkausblühungen oder Organismen). Sie schmecken nicht immer »salzig«, so dass dies kein Test auf Salze ist. Wird etwas von den Ausblühungen in Wasser aufgeschlämmt, so lassen sich mit Hilfe von entsprechenden Teststäbchen grundsätzlich Salze nachweisen. Bei diesen baustoffschädigenden Salzen handelt es sich hauptsächlich um leichtlösliche Sulfate, Chloride und Nitrate. Sulfate stammen meist aus dem Erdreich oder dem Baustoff selbst. Chloride gelangen durch das im Winter verwendete Streusalz ins Mauerwerk. Nitrate treten in der Regel dort auf, wo stickstoffhaltige Verbindungen vorkommen (Stallungen, gedüngte Böden, Friedhöfe).

Zum Nachweis von Schimmelpilzen werden Schnelltests angeboten. Diese sind jedoch für eine qualifizierte Aussage über die Schimmelpilzbelastung in Räumen unzureichend. Da die genaue Diagnose einen hohen Aufwand erfordert, soll hier nicht genauer darauf eingegangen, sondern auf ausgebildete und entsprechend ausgerüstete Fachleute für dieses Gebiet verwiesen werden. Im Zusammenhang mit Schimmelbildungen in Wohnräumen geht es immer um die Frage, wer oder was hat sie verursacht. Daher wird in diesem Fall die Bausubstanz geprüft. Ist sie in Ordnung, dann liegt die Vermutung nahe, dass die Nutzer zum Schimmelpilzwachstum

beitragen haben. Die optimalen Voraussetzungen zum Entstehen und Wachsen von Schimmelpilzen sind:

- Temperatur zwischen + 20 °C und + 30 °C,
- relative Luftfeuchtigkeit über 80 %,
- pH-Wert 5 bis 7 (leicht sauer),
- Nahrung (organisches Material),
- Zeit.

Die kritischen Wandbereiche sind hierbei die so genannten »Wärmebrücken«. Inwieweit die Gefahr der Schimmelpilzbildung gegeben ist, lässt sich nach Messung der Außen- und Innentemperatur sowie der Temperatur der Wandoberfläche und der Raumluftfeuchtigkeit berechnen. Sie ist gegeben, wenn die Wasseraktivität größer als 0,7 und der Temperaturfaktor kleiner als 0,7 ist (s. Kasten unten links).

#### Laboruntersuchungen

Viele Informationen sind nur über Laboruntersuchungen zu erhalten. Dabei ist bereits die Probenentnahme entscheidend. Je größer die Anzahl und die Abmessungen der Proben, umso sicherer ist die Aussage. Entscheidend ist die Auswahl repräsentativer Bereiche. Der Untersuchungsumfang richtet sich nach der Vielfalt der Baustoffe und dem Schadensausmaß.

Für Feuchtigkeits- und Salzuntersuchungen haben sich Bohrkern (Trockenbohrverfahren) als zweckmäßig erwiesen. Salzuntersuchungen können auch am Bohrmehl oder an Proben durchgeführt werden, die abgeschlagen oder abgekratzt wurden. Um entsprechende Profile zu erhalten, werden in der Regel pro Messachse drei Proben übereinander genommen. Die Höhe richtet sich nach dem Schadensbild. Dadurch kann ermittelt werden, ob es sich hier um kapillar aufsteigende Feuchtigkeit handelt oder nicht. Die Proben müssen selbstverständlich so verpackt werden, dass beim Transport ins Labor keine Feuch-



3 Betrachtung des Mauerwerksaufbaus mit dem Endoskop.

tigkeit verloren geht und die Proben nicht verändert werden.

#### Feuchtebilanz

Die Feuchtigkeitsgehalte werden im Labor am einfachsten und sichersten nach der »Darr-Methode« bestimmt. Durch Trocknen wird der Wassergehalt ermittelt. Dieser Wert gibt an, wie viel Feuchtigkeit das Mauerwerk zur Zeit der Probenentnahme enthielt. Die Proben werden daraufhin im Wasserdampf bei 80 % relative Luftfeuchtigkeit gelagert. Dieser Wert wird gewählt, weil er in der Praxis mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 Prozent nicht überschritten wird. Hieraus ergibt sich die hygroscopische Wasseraufnahme, die vor allem vom Salzgehalt beeinflusst wird. Hiermit wird angezeigt, bei welchem Feuchtigkeitsgehalt das Mauerwerk als »trocken« bezeichnet werden kann. Anhand dieses Wertes, der auch als »Ausgleichsfeuchte« bezeichnet wird, kann später nachgeprüft werden, ob eine Entfeuchtungsmaßnahme erfolgreich war. Nach Lagerung im Wasser wird die maximale Wasseraufnahme gemessen. Diese gibt an, wie viel Wasser das Mauerwerk insgesamt kapillar aufnehmen kann. Die Erstellung einer Feuchtebilanz dauert insgesamt etwa vier Wochen.

Wasseraktivität  $a_w > 0,7$

$a_w$  = absolute Menge Wasserdampf in Raumluft :  
maximal mögliche Wasserdampfmenge an der  
Bauteiloberfläche

Temperaturfaktor  $f_{rsi} < 0,7$

$f_{rsi} = (T_{\text{Oberfl.}} - T_{\text{Luft außen}}) : (T_{\text{Luft innen}} - T_{\text{Luft außen}})$

#### Ermittlung der Durchfeuchtungsgrade aus Messwerten

Wassergehalt in Masse-%

$u_m = (m_f - m_t) : m_t \cdot 100$

Hygroscopische Wasseraufnahme in Masse-%

$u_{80} = (m_h - m_t) : m_t \cdot 100$

Maximale Wasseraufnahme in Masse-%

$u_{\text{max}} = (m_m - m_t) : m_t \cdot 100$

Hygroscopischer Durchfeuchtungsgrad in %

$DFG_{\text{hyg}} = u_{80} : u_{\text{max}} \cdot 100$

Gesamt-Durchfeuchtungsgrad in %

$DFG_{\text{ges}} = u_m : u_{\text{max}} \cdot 100$

$m_f$  = Masse vor dem Trocknen

$m_t$  = Masse nach dem Trocknen

$m_h$  = Masse nach Lagerung in 80 % Luftfeuchtigkeit



4 Messung der Mauerwerksfeuchtigkeit mittels Mikrowellen.



5 Erstellen der Feuchtebilanz: Lagern der Bohrkerns bei hoher Luftfeuchtigkeit zur Bestimmung der Ausgleichsfeuchte.



6 Erstellen der Feuchtebilanz: Tränken der Bohrkerns zur Bestimmung der maximalen Wasseraufnahme.

7 Eingehende Kontrolle nach Abschluss der Arbeiten zur Qualitätssicherung. (Fotos: Dr. Kollmann)



Aus den Messwerten werden die Durchfeuchtungsgrade errechnet. Der hygroskopische Durchfeuchtungsgrad zeigt an, welcher Anteil des in den Proben enthaltenen Wassers durch hygroskopische Effekte (Salze) hervorgerufen wird. Aus dem Gesamt-Durchfeuchtungsgrad ist zu schließen, wie weit der im Mauerwerk vorhandene Porenraum zur Zeit der Probenentnahme mit Wasser gefüllt war (s. Kasten S. 37 unten rechts). Anhand der erhaltenen Daten lässt sich abschätzen, ob eine Abdichtungsmaßnahme sinnvoll ist beziehungsweise

welches Verfahren und welche flankierende Maßnahme hier am günstigsten einzusetzen ist. Feuchtigkeit, die durch hygroskopische Salze aufgenommen wurde, lässt sich nicht durch horizontale oder vertikale Sperren beseitigen. Hier muss ein Sanierputz die Aufgabe übernehmen, die Salze aufzunehmen und von der Oberfläche fernzuhalten. Durch die Bestimmung der Feuchtigkeitsursachen kann somit der »Sanierungsspielraum« im Voraus ermittelt werden.

**Versalzungsgrad**

Die Proben für die Salzbestimmung werden getrocknet, gewogen und in Wasser aufgeschlämmt. In der Regel reicht eine halbquantitative Bestimmung mit Indikatorstäbchen aus, das heißt, der Salzgehalt wird nur grob ermittelt. Selbstverständlich muss hierbei genau nach Gebrauchsanleitung gearbeitet werden, um zuverlässige Werte zu erhalten. Das WTA-Merkblatt 2-9-04/D »Sanierputzsysteme« unterscheidet beim Versalzungsgrad die Stufen »gering« und »mittel bis hoch«, die bestimmten Messwerten zugeordnet sind. Somit kann gesagt werden, ob und wie spezielle Maßnahmen gegen eine Salzdurchdringung getroffen werden müssen.

**Auswertung und Anwendung**

Entsprechend der erhaltenen Ergebnisse wird ein Sanierungsvorschlag ausgearbeitet, der als Grundlage für die Ausschrei-

bung dient. Mit den Untersuchungsergebnissen kann im Sanierungsvorschlag auch begründet werden, warum die einzelnen Maßnahmen einen Erfolg erwarten lassen oder nicht sinnvoll sind.

**Qualitätssicherung**

Für den Altbaubereich gelten die DIN-Normen nicht. Das weite Gebiet des »Bauens im Bestand« wird also nicht erfasst. Hier gelten die Merkblätter der WTA und der Deutschen Bauchemie (s. Literatur). Der Nachweis des Sanierungserfolgs geschieht zunächst durch eine visuelle Beurteilung. Exakte Aussagen sind durch Nachmessungen und einen Vergleich mit den Ergebnissen der Bestandsanalyse möglich.

**Literatur**

- WTA-Merkblatt 4-5-99/D »Beurteilung von Mauerwerk, Mauerwerksdiagnostik«
- WTA-Merkblatt 4-6-05/D »Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile«
- WTA-Merkblatt 4-4-96/D »Mauerwerksinjektionen gegen kapillare Feuchtigkeit«
- WTA-Merkblatt 2-9-04/D »Sanierputzsysteme«

Die WTA-Merkblätter sind erhältlich bei: WTA-Publications, Edelsbergstraße 8, 80686 München Internet [www.wta.de](http://www.wta.de) Tel. 0 89/57 86 97 27

**Dr. Helmut Kollmann**

ist Leiter der Abteilung Forschung und Entwicklung bei der Epasit GmbH, Ammerbuch-Altingen.