



Baufeuchtigkeit prüfen und beheben. Verfahrenstechniken.

ILS NRW Ratgeber 6

Inhalt

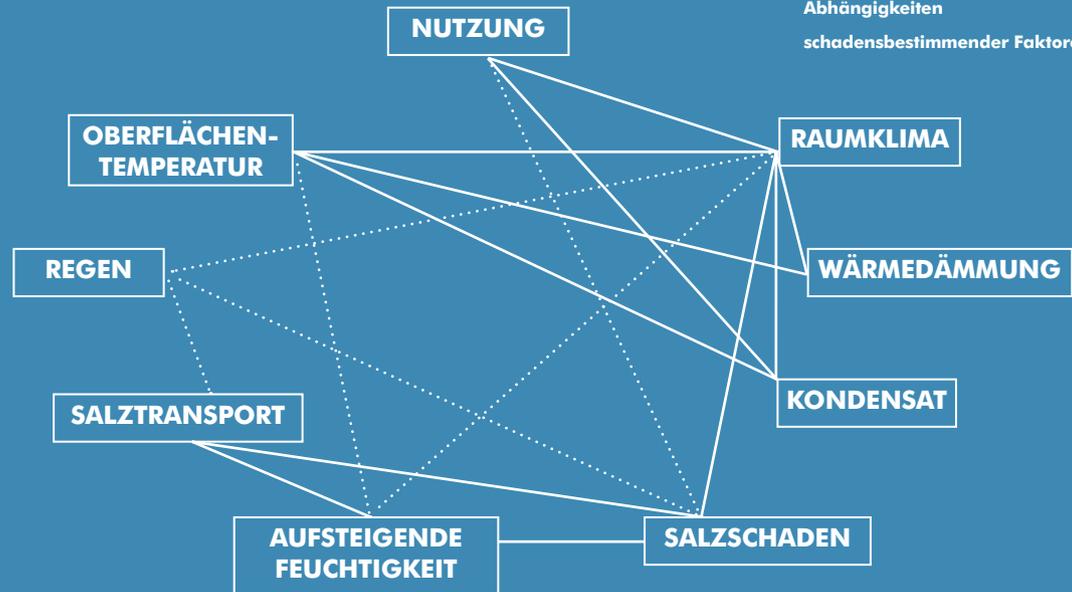
Dieser Ratgeber soll den am Bau Beteiligten den Problembereich Baufeuchte aufzeigen, ihnen beim Erkennen von Ursachen und Wirkung helfen und Vorschläge zur Schadensbehebung unterbreiten.

Die diesem Ratgeber zugrunde liegende Informationssammlung und -auswertung ist zum einen das Ergebnis einer vom Land NRW geförderten Forschungsarbeit, zum anderen fließt eine mehr als 30-jährige gutachterliche Tätigkeit des Autors ein.

1.	Einführung	4
2.	Raumklima	5
3.	Feuchtebelastung eines Gebäudes	8
3.1	Feuchtequellen	8
3.1.1	Nutzung	9
3.1.2	Regen	10
3.1.3	Wasser im Erdreich	12
3.1.4	Haustechnische Anlagen	13
3.1.5	Hygroskopische Feuchte	14
3.2	Salzquellen	15
3.3	Auswirkungen erhöhter Feuchtebelastung	18
3.4	Feuchte und Nutzung	20
4.	Untersuchungen zur Baufeuchtigkeit	21
4.1	Vorbereitende Untersuchungen	23
4.2	Feuchteuntersuchungen	25

4.3	Salzuntersuchungen	34	5.2	Mauerwerkstrockenlegung	53
4.3.1	Salzuntersuchung mit Teststäbchen	36	5.2.1	Mauertrennung	55
4.3.2	Salzuntersuchung mit dem Ionenchromatograph	37	5.2.2	Injektionen	58
4.3.3	Salzuntersuchung mittels Röntgenphasenanalyse	37	5.2.3	Elektrophysikalische Verfahren	59
4.4	Raumklimatische Untersuchungen	39	5.2.4	„Salzsanierung“	61
4.5	Auswertung	45	5.3	Zusätzliche Verfahren	65
4.5.1	Feuchte-Salz	45	5.3.1	Dränagen und Vertikalabdichtung	65
4.5.2	Raumklima	47	5.3.2	Sanierputz	71
			5.3.3	Fassade „abdichten“	77
			5.4	Kosten	78
5.	Maßnahmen zur Vermeidung und Behebung von Feuchteschäden	49	6.	Ansprechpartner	79
5.1	Beeinflussung des Raumklimas	49	7.	Literaturverzeichnis	81
5.1.1	Dämmen	50			
5.1.2	Heizen	51			
5.1.3	Entfeuchten	52			
5.1.4	Lüften	52			

Abb.1.1
Abhängigkeiten
schadensbestimmender Faktoren



1. Einführung

Ein Großteil aller Bauschäden ist auf Feuchte zurückzuführen:

- direkt durch Frost, Korrosion und Verwitterung sowie Salztransport;
- indirekt durch Salzausblühungen und organischen Befall.

Auch Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen können durch Feuchtigkeit im Gebäude beeinträchtigt werden, da eine feuchte Wand kälter ist als eine vergleichbare trockene und zudem zu Schimmelpilz- und Algenbefall führen kann; zumindest Schimmelpilze können Allergien unterschiedlichster Art auslösen. Schadensbild und Krankheitsbild können in besonderen Fällen sogar parallel verlaufen. Dies bedeutet, dass die geglückten, das heißt vor allem sachkundige Feuchtesanierung eines Gebäudes tatsächlich auch dem Wohlbefinden seiner Nutzer dienen und ein falscher oder missglückter Sanierungsversuch gesundheitliche Probleme nach sich ziehen kann.

Diese Zusammenhänge sind meist zumindest im Groben bekannt; unbekannt sind vielfach die Abhängigkeiten und gegen-

seitigen Einflüsse von

- Nutzung und Raumklima,
- Raumklima, Kondensat und Materialfeuchte,
- Raumklima und Salzschiäden,
- aufsteigender Feuchte, Salztransport und Salzschiäden,
- Beregnung und Wasserhaushalt der Wand,
- Wasserhaushalt der Wand und Raumklima.

Den Zusammenhang zeigt die Abbildung 1.1.

Wichtig ist jedoch auch der Hinweis, dass sowohl die gedankenlose Befolgung der Normen zu Schäden führen kann, wie auch manche Empfehlungen und teilweise sogar offizielle Forderungen sich widersprechen. So sollte aus Gründen der Energieeinsparung zumindest jedes freie Lüften unterbleiben, doch verlangen schon hygienische Forderungen nach einer Mindestlüftung, die gleichzeitig auch Voraussetzung für Bauschadensfreiheit ist. Selbstverständlich verringert sich bei wachsender Stärke der Dämmschicht der Energiebedarf, der jedoch wird wesentlich durch den Lüftungsanteil mitbestimmt.

Die Wasseraufnahme einer salzbelasteten Wand aus der Luft kann man verhindern, doch verändert man dadurch auch die Abtrocknung aus der Wand zum Negativen.

Und schließlich spielen auch die Konstruktions- und Ausstattungsart des Hauses eine entscheidende Rolle. Das Folgende gilt nur für die Gebäude der herkömmlichen Bauweise mit üblicher Ausstattung. Im Niedrigenergiehaus unserer heutigen Vorstellung dürften manche der geschilderten Probleme und Abhängigkeiten nicht auftreten, dafür wird man neue kennen lernen.

Dieser Ratgeber ist in seinen Erklärungen so gehalten, dass er auch vom interessierten Laien verstanden wird. Er wendet sich vor allem an den von Feuchtproblemen betroffene

nen Nutzer und Eigentümer, also an Mieter und Vermieter. Der fachliche Inhalt dieses Ratgebers ist trotz der komplexen Zusammenhänge vereinfacht dargestellt; zahlreiche Abbildungen erleichtern den Einstieg in das Problem, das im gesamten Sanierungsbereich als das wohl vielschichtigste zu beurteilen ist. Damit wird aber auch der dringende Hinweis notwendig, rechtzeitig den Fachmann heranzuziehen. Dies kann der in Sanierungsproblemen erfahrene Architekt sein, ist jedoch üblicherweise der Fachgutachter, dessen Name unter anderem bei der zuständigen Industrie- und Handelskammer zu erfragen ist.

Das knappe Literaturverzeichnis umfasst als Auswahl ebenfalls nur solche Literatur, in die sich auch der interessierte Laie einlesen kann.

2. Raumklima

Dass „Raumklima“ unter diesem Thema der „Feuchtigkeit am Bauwerk“ besprochen wird, hat seinen guten Grund: Viele Feuchteschäden haben ihre ausschließliche, oder zumindest hauptsächliche Ursache im Raumklima und jede Durchfeuchtung durch aufsteigende Nässe oder auch direktes Beregnen der Fassade verstärkt die Gefahr zusätzlicher Feuchte durch raumklimatische Belastung.

Neben der Luftbewegung wird das Raumklima vor allem durch die Temperaturen von Luft und Bauteilen und von der relativen Luftfeuchte bestimmt. Unter der relativen Luftfeuchte versteht man das Verhältnis von der Menge des Wassers, die sich bei einer bestimmten Temperatur in der Luft befindet, zu jener Menge, welche die Luft bei dieser Temperatur maximal aufnehmen könnte, ausgedrückt in Prozenten. Die absolute Feuchte gibt demgegenüber den tatsächlichen Wassergehalt der Luft an: Die Temperaturabhängigkeit bleibt also unberücksichtigt. Abbildung 2.1 zeigt diese Abhängigkeit von relativer Feuchte und Temperatur und erklärt damit auch, welche positive und negative Wirkung durch Beheizen erzielt werden kann.

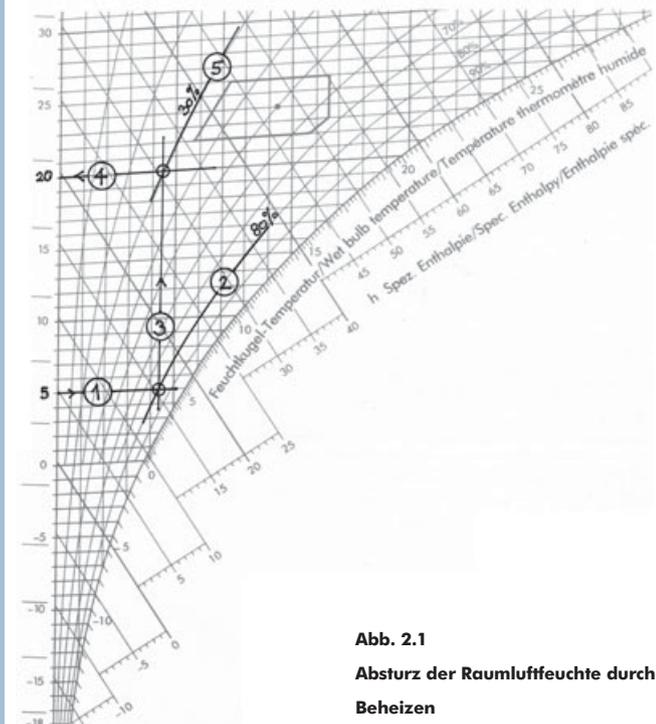


Abb. 2.1
Absturz der Raumluftfeuchte durch
Beheizen



Abb. 2.2
Typische Furnierschäden durch zu trockene Luft

In dieser Abbildung wird eine Außenluft von 5 °C (1) und hoher relativer Luftfeuchte von 80 % (2) im Raum erwärmt (3) auf 20 °C (4), was die Raumluftfeuchte auf 30 % r.F. herabdrückt. Auch wenn in der Praxis diesem Luftfeuchteabsturz (Abb. 2.1) einiges entgegenwirken wird, da Personen, Pflanzen und Haustiere Feuchte abgeben oder Wasserdampf durch Kochen und Baden erzeugt wird, lässt sich hier erkennen, weshalb beispielsweise empfindliche Möbel Risse zeigen werden (Abb. 2.2) oder sich durch zu trockene Luft das Klavier verstimmt.

Der umgekehrte Fall (Abb. 2.3) bringt nun die schadensträchtige zu hohe Feuchte: Im Wohnzimmer herrscht ein Raumklima von 22 °C (1) und 50 % r.F. (2), was eine absolute Luftfeuchte von 8,3 Gramm Wasser (3) je Kubikmeter Luft bedeutet. Das danebenliegende Schlafzimmer bleibt ungeheizt, doch strömt (4) die Wohnzimmerluft durch das Öffnen der Tür in den Raum und erwärmt ihn auf 14 °C (5). Dies treibt die Raumluftfeuchte auf etwa 84 % r.F. (6) hoch, was sich am dichten Beschlagen der kalten Fensterscheiben dokumentiert. Hinter dem Schrank an der Außenwand liegt aber an Wintertagen die Oberflächen-

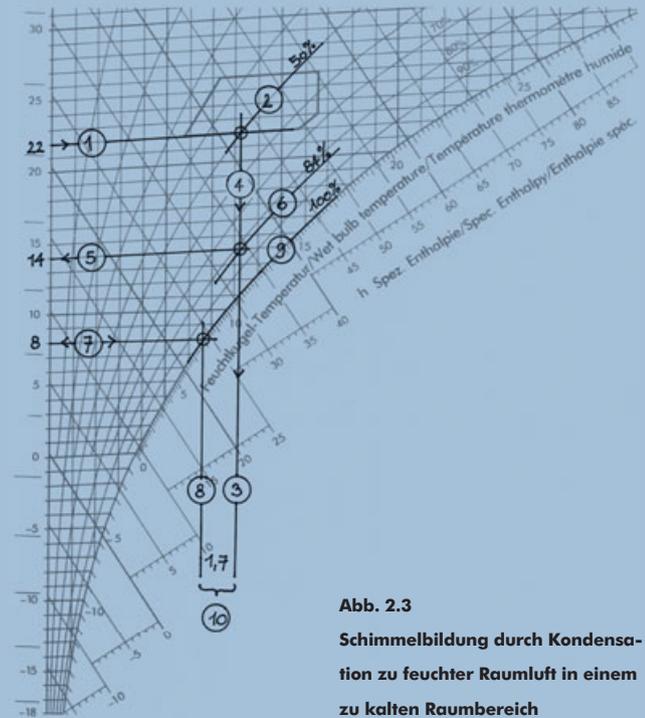


Abb. 2.3
Schimmelbildung durch Kondensation zu feuchter Raumluft in einem zu kalten Raumbereich

temperatur nur bei 8 °C (7), was sich im Raum durch den Schrank und seine dämmende Wirkung gar nicht bemerkbar macht. Wasserdampf aber durchdringt Holz und Kleider. Luft von 8 °C kann aber nicht mehr an Wasser tragen als 6,6 Gramm (8), denn dann erreicht sie 100 % r.F. (9): darüber hinaus muss Wasser ausfallen: es ist dies die Differenz zur höheren Feuchte der einströmenden Luft (10). Diese Wassermenge – hier 1,7 g/m³ – schlägt sich also hinter dem Schrank flüssig nieder und es wird nicht sehr lange dauern, bis Kleider und Raumluft durch einen Modergeruch auf das hinweisen, was sich nach Ausbau des Schranks recht deutlich zeigt: Schimmelbefall (siehe auch Abbildung 3.3).

Bei relativen Raumluftfeuchten von mehr als 65 % empfindet der Bewohner Schwüle, bei Werten von weniger als 35 % erscheint die Luft für unsere Schleimhäute zu trocken, normale Raumlufttemperaturen von 20 bis 22 °C vorausgesetzt.

Selbstverständlich ist das thermische Empfinden der Menschen individuell verschieden. Empfehlungen zum Raumkli-

ma gelten daher nicht für alle Gebäudenutzer gleichermaßen. Als behagliche Raumlufzustände nimmt man die folgenden Werte an, die allerdings tatsächlich als ein statistisches Mittel zu betrachten sind:

Raumtemperatur	relative Feuchte
18–20 °C	60–50 %
21–23 °C	50–40 %
24–26 °C	45–40 %

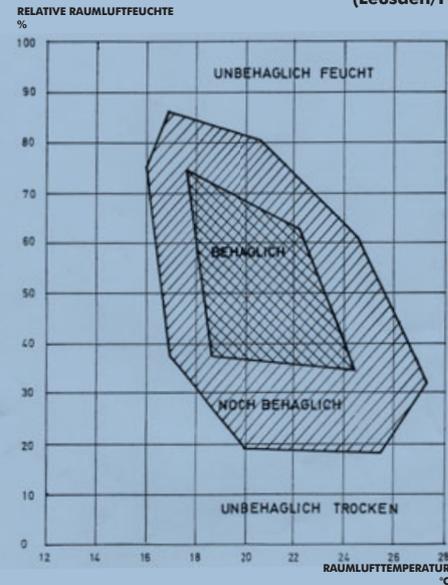
	Raumtemperatur	relative Feuchte
Wohnräume	19–24 °C	50 %
Arbeitsräume	21–22 °C	40–50 %

Das „Behaglichkeitsfeld“ nach Leusden/Freyemark zeigt die Abhängigkeit von Luftfeuchte und Lufttemperatur in jenen Bereichen, in denen wir uns bei üblichen Tätigkeiten wohlfühlen (siehe Abb. 2.4).

So wird es auch verständlich, dass die Art der Heizung (Heizkörper, Wärmeverteilung, Oberflächentemperaturen der Heizflächen und anderes), vor allem aber auch die Heizweise (stoßweise, durchgehend, Raumtemperatur), einen Einfluss auf das Raumklima und auch auf diese „genormte“ Behaglichkeit haben müssen. Die Raumlufthtemperatur nimmt üblicherweise in den betrachteten Räumen vom Fußboden zur Decke leicht zu, wobei ein Temperaturunterschied von mehr als 3 °C nicht mehr als behaglich empfunden wird. Um diese Empfindung nicht zu stören, sollten auch die Mittelwerte der Oberflächentemperaturen von Wänden, Fenstern, Böden und Decken nicht mehr als 2 bis 3 °C von der Raumlufthtemperatur abweichen. Als Grenzwerte für die Oberflächentemperaturen von Fußböden werden mindestens 19 °C, aber nicht mehr als 26 °C empfohlen.

Greift der Nutzer also durch sein Beheizen stark in das winterliche Raumklima ein, tut er dies in der Regel bewusst; unbewusst bleibt meist der Feuchteverlauf über den Tag, der durch die Nutzung – Baden, Duschen, Kochen, Tiere und Pflanzen, Belegungsdichte –, aber auch durch das Lüften beeinflusst wird. Für den Winter gilt hier fast ausnahmslos, dass zu hohe Luftfeuchtespitzen, die durch ständige Feuchteabgabe bei zu geringem Luftwechsel entstehen müssen, einen verstärkten Luftwechsel mit der – absolut gesehen – trockeneren Außenluft verlangen (siehe Abb. 2.5).

Abb. 2.4
Behaglichkeitsfeld
(Leusden/Freyemark)



	Heizung	Außentemperatur	Dämmung	Lüftung	Nutzung	Absorption	Dampfdiffusion
Oberflächentemperatur	•	●	●	•			
Luftfeuchte	•	•		●	●	•	•

Abb. 2.5
Kondensatbestimmende
Faktoren

Wasser in irgendeinem Bauteil ist nicht unbedingt schädlich für Mensch und Bauwerk, es sei denn, das Bauteil ist frostgefährdet. Wasser ist jedoch das Transportmittel für Salze, die auf unterschiedlichste Weise am Schadensprozess beteiligt sind und ist zugleich Grundlage für jeden organischen Befall – dies allerdings in sehr unterschiedlicher Weise. So wird es also notwendig, die Feuchtequellen aufzuspüren – unabhängig von der möglichen Salzbelastung.

3. Feuchtebelastung eines Gebäudes

3.1 Feuchtequellen

Feuchtetechnisch wird die Gebäudehülle von innen durch Wasserdampf belastet, vor allem infolge der Nutzung; von außen durch Regen und im erdberührenden Teil des Hauses durch Erdfeuchtigkeit. Eine besondere mögliche Schadensursache bilden wasserführende haustechnische Leitungen und ihre Anschlüsse.

Die folgende Abbildung zeigt schematisiert diesen vielfachen Prozess der Feuchtebelastung eines Hauses.

Abb. 3.1

Feuchtequellen für ein Gebäude
(Garrecht u. a.)

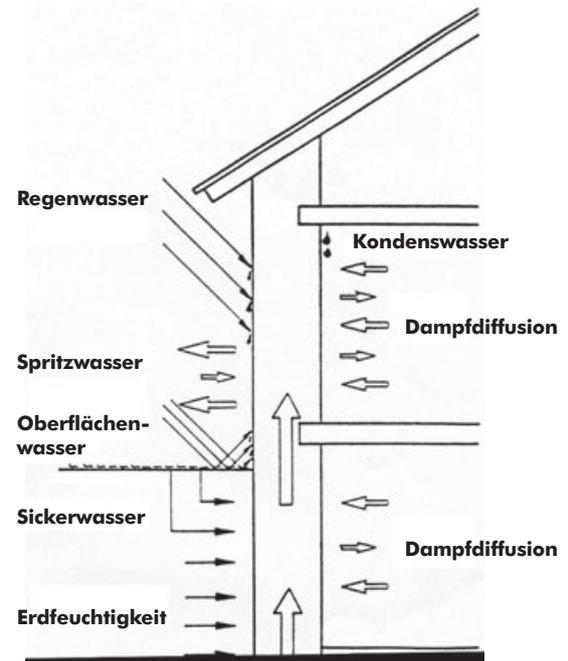


Abb. 3.2

Wärme- und Wasserdampf-abgabe
des Menschen

	Feuchteabgabe	Wärmeabgabe
leichte körperliche Arbeit	35-36 g/h	115-125 Watt/h
schwere körperliche Arbeit		~ 270 Watt/h



Abb.3.3

Typischer Feuchteschaden
(Schimmelfall) durch Winterkon-
densation infolge unsachgemäßer
Sanierung

3.1.1 Nutzung

Normale Feuchteinwirkungen im Inneren von Gebäuden sind der Wasserdampf aus Haushalt und Körperpflege sowie die Feuchteabgabe von Mensch, Tier und Pflanze. Pro Stunde scheidet ein Mensch über seine Haut und durch seine Atmung bei normaler Tätigkeit zwischen 30 und 50 ml Flüssigkeit aus, also mehr als einen Liter pro Tag. In Gebäuden mit Wohnnutzung muss sich diese Feuchtigkeit nicht bemerkbar machen, da Wohnräume üblicherweise keine abgedichteten Räume sind und meist ein geringer Luftwechsel durch Fugenundichtigkeit stattfindet. Wird dieser Luftwechsel jedoch durch Fensterabdichtung oder Umstellung des Heizsystems zu stark verringert, kann es zu nutzungsbedingten Feuchteschäden kommen.

Diese werden dadurch verstärkt, wenn durch zu niedriges Heizen und/oder wegen zu stark wärmeleitender Bauteile die Oberflächentemperatur herabgesetzt ist. Im Extremfall zeichnet der organische Befall scharf das ungedämmte Bauteil (Wärmebrücke) nach.

3.1.2 Regen

v.l.n.r.

Abb. 3.4
Regenaufnahme
über die Außenwand
aufgrund falscher
Detailausbildung einer
Wandbekleidung

Konstruktive oder bauliche Mängel wie defekte Mauerwerksfugen, Risse im Putz oder in der Verfugung, zu stark saugende Oberflächen, falsche Detailausbildungen von Traufkanten und Gesimsen verstärken – meist zu mehreren – die Regenaufnahme über die Außenwand. Dieses wird häufig zunächst nicht bemerkt.

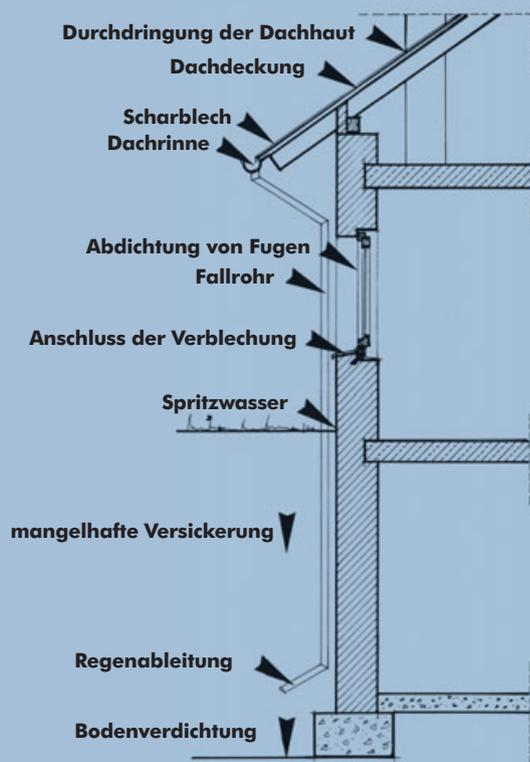
Abb. 3.5
Feuchteschaden auf-
grund von unsache-
mäßigem Anschluss der
Fensterverblechung

Das Trockenhalten von Außenwänden ist von Wichtigkeit, da regenfeuchtes Mauerwerk einen größeren Wärmedurchgang hat und es durch außenseitige Regenbeanspruchung zu innen-seitigen Schäden kommen kann. Selbst wenn der Regen nicht direkt durch das Mauerwerk durchschlägt, verringert sich durch die Feuchtebelastung die Wärmedämmfähigkeit der Wand.

Dies vergrößert die Gefahr der Kondensation in der Wand und der Tauwasserbildung auf der Innenseite der Wand.

Gleichfalls durch Regen wird die Gebäudehülle sehr häufig durch falsche, fehlende oder defekte Regenwasserableitung geschädigt. Auf die Fülle an Schäden, die durch eine undichte Dachdeckung entstehen, wird in dieser Zusammenstellung nicht eingegangen – Ursache und Wirkung können hier mit Ausnahme von Flachdächern meist auch vom Laien rasch in Zusammenhang gebracht werden. Schwieriger ist die Schadensbehebung bei Regenninnen, Attikaausbildung, Fallrohren und vor allem den unterirdisch verlaufenden Teilen der Regenwasserableitungen.





links v.o.n.u.

Abb. 3.6 Schematische Darstellung der Schwachstellen im Schnitt

Abb. 3.7 Regenrinnen und -rohre zählen zu den häufigsten baulichen Schadensursachen

rechts v.o.n.u.

Abb. 3.8 Dachkehlen und Regenrohläufe müssen kontrolliert werden

Abb. 3.9 Jede oberirdische Regenwasserableitung ist durch die außen stark wechselnden Temperaturen schadensanfällig, da es zu Rissen wegen Temperaturschwankungen kommt



3.1.3 Wasser im Erdreich

Es wurde die unübliche, aber verdeutlichende Bezeichnung „Wasser im Erdreich“ gewählt. Die unterschiedlichen Bezeichnungen wie „aufsteigende Feuchte“, „seitlich eindringende Feuchte“ und anderes mehr benennen den gleichen Sachverhalt. Die Feuchtigkeit, die aus dem Erdreich in das Grundmauerwerk eindringt, wird kapillar nach oben geleitet, wobei die kapillare Steighöhe hauptsächlich durch die Porosität des Materials bestimmt wird. Vereinfacht dargestellt gilt hier, dass die Steighöhe bei hoher Porosität – also vielen Poren - und kleinen Porenradien wächst, sie fällt bei geringer Porosität und großen Poren. Mancher Sandstein, fast alle Ziegel und alle historischen und fast alle neuen Mörtel zeigen eine ausgeprägte Kapillarität. Dichte Natursteine, aber auch sehr grobporige wie Nagelfluh oder Tuff, zeigen eine geringe Kapillarität. Da die kapillare Steighöhe nicht unbegrenzt ist, vor allem die Verdunstung an den Wandoberflächen ihr entgegenwirkt, liegt in der überwiegenden Zahl aller Feuchtefälle der Schadenshorizont bei maximal 1,50 m Höhe. Bei höher verlaufenden Schadenshorizonten sind in der Regel andere Einflüsse – meist Salze – mit beteiligt.

Moderne Baustoffe können zwar einen hohen Porenanteil besitzen und zeigen dennoch nur eine geringe Kapillarität, so dass eine Durchfeuchtung durch aufsteigende Feuchtigkeit nicht zu erwarten ist: Die Poren sind dann nicht oder kaum miteinander verbunden.

Wichtig ist, dass die in der DIN 18195 (Bauwerksabdichtungen) getroffenen Unterscheidungen zwischen Bodenfeuchtigkeit, aufstauendes Sickerwasser und von außen drückendem Wasser in der Praxis nicht immer eindeutig zuzuordnen sind.

Bodenfeuchtigkeit liegt überall vor, aufstauendes Sickerwasser dort, wo das Bauwerk nicht mit grobem, das heißt stark durchlässigem Material angeschüttet wurde, die Bodenart aber ein Versickern zulässt – zeitweise drückendes Wasser wird so zur Regel.

Tatsächlich wird aber häufig die Sohle der Baugrube auch bei nicht bindigem Erdreich während des Baugeschehens mechanisch so verdichtet, dass sich im Bereich der Fundamentunterkante eine relativ wasserdichte Ebene bildet, was nun bei starken Regenfällen, falschem Gefälle im Hausumfeld und manch anderen Ursachen doch zu drückendem Wasser führt.

Ständig drückendes Wasser stellt als nachträgliche Sanierungsaufgabe ein äußerst heikles Problem dar, so dass in solch einem Fall stets der Fachplaner oder Gutachter einzuschalten ist. Glücklicherweise ist es selten, dass sich irgendwann im Nachhinein drückendes Wasser einstellt, was aber beispielsweise im weitem Umfang dann auftreten kann, wenn über Jahrzehnte ausgebeutete Tagebergbaugebiete bei Rekultivierung geflutet werden.

Verstärkt wird die Gefährdung durch Wasser aus dem Erdreich noch dadurch, dass hier fast immer Salze vorliegen, die von dem eindringenden Wasser in das Bauteil transportiert werden.



Abb. 3.10

Häufige, doch kaum beachtete

**Schadensquelle: Offene Verfugungen
im Sanitärbereich mit der Folge einer
schadensträchtigen Hinterfeuchtung**

3.1.4 Haustechnische Anlagen

Wasser und in Folge auch manchmal Salzsäuren durch undichte Leitungen, unbemerkt tropfende Geräte und ähnliches zeigen nur in seltenen Fällen ein missverständliches Schadensbild: Die Ursache wird in der Regel richtig erkannt und behoben. Anders verlaufen Feuchteschäden – ebenfalls durch Haustechnik bedingt – dann, wenn der Wasseraustritt oder die Kondensatbildung zwar gering, aber ständig ist. Hierzu gehören ungedämmte und eingeputzte Kaltwasserleitungen, Geräte oder Sanitärobjekte mit häufigem Wassergebrauch, wenn Wasser ständig läuft – wie etwa in undichten Spülkästen.

Noch schadensträchtiger sind „eingepflanzte“ Schwachstellen, nämlich jene Fugen, die zwischen Einbauwanne und Verfließung dauerelastisch abgedichtet werden. Da es weder diese „Elastizität“ auf Dauer, noch die in diesem Fall viel wichtigere Flankenhaftung des Dichtungsmaterials an Fliese und Wannensrand gibt, bildet sich hier eine Wasserfalle, die jeden herab rinnenden Tropfen in die Konstruktion führt. Gleiches gilt auch für fast alle Durchbrüche von Leitungen durch die

Wandfliesen, da kaum eine Abdeckrosette eine abdichtende Funktion besitzt.

Bei Neubauten führen die genannten und auch dort üblichen Mängel an der haustechnischen Installation nicht zwangsläufig zu Schadensfolgen. In Gebäuden mit Holzbalkendecken können sie jedoch zu gravierenden Schäden führen. Deshalb verlangt in solchen Gebäuden jede Einrichtung einer Zapfstelle (Wanne, Dusche) dort eine besondere Sorgfalt bei der Detaillierung. Der Verzicht auf eine sorgfältige und vor allem auch dauerhafte Abdichtung der wasserbelasteten Flächen und der Rohrdurchführungen ist gleichzusetzen mit einer bewussten Verringerung der Gebäudenutzungszeit.

v.l.n.r.

Abb. 3.11

Hygroskopische Feuchte in Ziegel bei unterschiedlich hoher Versalzung mit Streusalz

Abb. 3.12

Typisches Schadensbild – Feuchtwolken bei hygroskopischer Wasseraufnahme

3.1.5 Hygroskopische Feuchte

Unter Hygroskopizität versteht man die Eigenschaft von Salzen, in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit, soviel Wasser aus der Luft aufzunehmen, bis eine neue Gleichgewichtsfeuchte erreicht ist. Die „Kraft“ dieser Eigenschaft wird häufig unterschätzt: Es ist durchaus möglich, dass das gesamte Porenvolumen des Baustoffs ausschließlich über hygroskopische Feuchtigkeit aufgefüllt wird, der Baustoff also wassergesättigt ist, obwohl er durch keinerlei Regenwasser von außen oder durch aufsteigende Feuchtigkeit belastet wird. Die folgende Abbildung zeigt die zwangsläufige Bindung von Wasser infolge dieses Mechanismus bei unterschiedlicher Verseuchung durch NaCl (zum Beispiel Streusalz). Während der salzfreie

„normale“ Ziegel selbst bei extrem hoher Luftfeuchte kaum Wasser aufnimmt, „bindet“ eine starke Versalzung so viel Wasser, dass der Porenraum des Ziegels als gesättigt zu bezeichnen ist: Diese Wand ist also bis zu ihrer Sättigung durchnässt – und dies nur wegen hoher Luftfeuchte!

Bei sinkender Luftfeuchtigkeit verringert sich die Wasserbindung durch das Salz, so dass im Ziegel, Stein und Mörtel das nun wieder ungebundene Wasser kapillar weitertransportiert wird, dies ist die Erklärung dafür, warum „aufsteigende Feuchte“ Höhen erreichen kann, die allein durch Kapillarität nicht denkbar sind.

HYGROSKOPISCHE FEUCHTE (Vol. %)

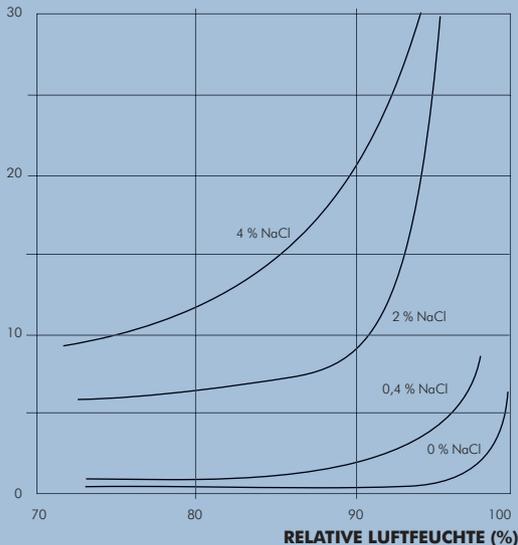


Abb. 3.13
Zerstörungen an der
Fassade durch
falsche Sanierungs-
maßnahmen



3.2 Salzquellen

Wie kommen die Salze in den Baustoff, also in das Mauerwerk? Die hauptsächlichen Ursachen sind:

- Eigensalze des Baustoffs,
- falsche Kombination von Baustoffen,
- Luftverunreinigung,
- künstliche Verseuchung durch Streusalz und Düngemittel,
- Salze in Erdreich und Grundwasser.

Es ist häufig nicht bekannt, dass eine ganze Reihe von Baustoffen Salze in bereits bauschädlicher Konzentration enthalten können. Dies gilt für einige Natursteine ebenso wie für manchen Ziegel aus ungeeigneter Grube. Bekannt sind auch einige Beispiele, bei denen im vorigen Jahrhundert dem Ton zur Erhöhung der Festigkeit Salz beigemischt wurde. In diesem Zusammenhang ist auch die Verwendung von Frostschutzmitteln, beispielsweise Calciumchlorid, zu nennen, welches zur Verlängerung der Bauzeit in den Winter hinein seit Jahrzehnten üblich war und auch noch ist.

Diese Verlängerung der Bauzeit wird erkauft durch eine erhöhte Gefährdung der durch ein Frostschutzmittel verseuchten Baustoffe.

In Küstenregionen wurde bis in unsere Zeit Meersand verwendet. Vielfach üblich war zwar ein „Entsalzen“ durch monatelanges Auswaschen im Regen, doch darf dies nicht vorausgesetzt werden.

Ein ebenso trauriges, weil seit langem in seiner negativen Wirkung bekanntes Kapitel, ist die Anwendung von salzhaltigen oder salzbildenden Produkten im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen. Hierbei sind vor allem zu nennen Zusätze bei der Fassadenreinigung und die Verwendung alkalischer Produkte, wie Wasserglas zur Verfestigung oder Abdichtung. Es wird dringend geraten, bei Verwendung von Injektage-, Binde- und Reinigungsmitteln auf Zusammensetzung und Wirkungsweise zu achten oder den Fachmann zu befragen.

Salze sind also auch ein allgegenwärtiger Bestandteil unserer mineralischen Baustoffe. Sie können als natürlicher Bestandteil mit eingebaut worden sein – schlechter Lehm, Seesand – oder wurden früher und werden heute noch bewusst dem Baumaterial zugemengt: in Ziegel oder Mörtel zur Erhöhung der Druckfestigkeit, im Putz und Anstrich zur Verbesserung der Wischfestigkeit oder im Mörtel als Frostschutzmittel.

Das Schadensbild reicht von den üblichen großflächigen Verfärbungen und Zerstörungen bis zu kleinsten Schadensbereichen, die durch einzelne Partikel erzeugt werden (siehe Abb. 3.14).

Auch der am stärksten wirkende Salzeintrag geschieht willentlich: Streusalz und Düngemittel lassen sich im Mauerwerk wiederfinden. Die Abbildung eines Hausaufgangs zeigt einen zweifelsfrei durch Streusalz auf der Treppe verursachten „Schadenshorizont“, der parallel die Ebene der Salzstreuung exakt nachzeichnet (siehe Abb. 3.15).

Abb. 3.14
Makroaufnahmen
kleiner „Salzpusteln“

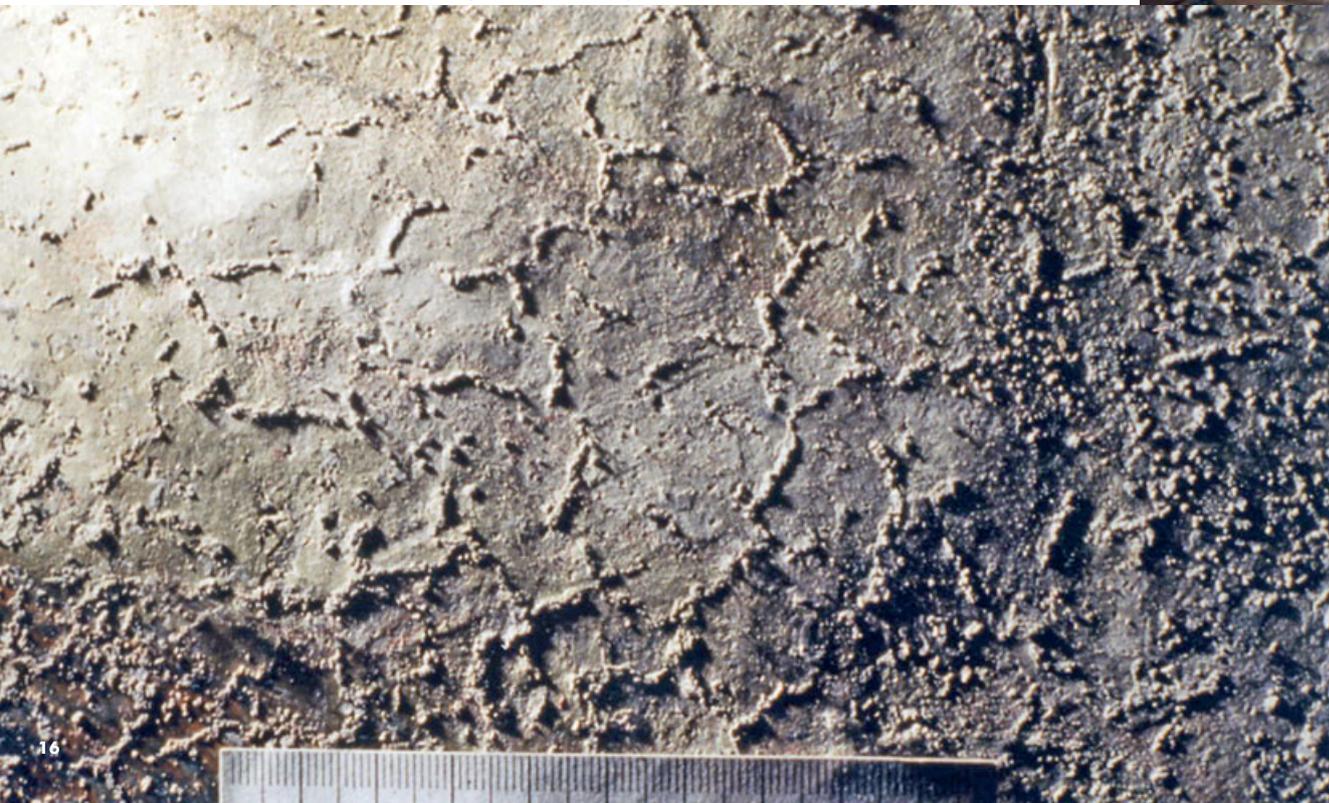




Abb. 3.15
Beispielhaft gleich-
mäßige Steighöhe
von Chloriden infolge
Tausalzeinsatz

So macht es durchaus Sinn, bei starken Feuchte-Salz-Schäden, vor allem wenn sie nicht die gesamte Gebäudeaußenfläche gleich belasten, nachzuforschen, ob nicht früher an der besonders belasteten Ecke des Bauernhauses der Misthaufen stand, das Einfamilienhaus zur Erbauungszeit noch eine Versitzgrube besaß, es um die nun im städtischen Asphalt steckende Kirche herum nicht früher einen Friedhof gab und so weiter.

Vergleichsweise wenig Bedeutung hat für diesen Betrachtungsfall der Salzeintrag infolge sauren Regens – und auch die Salzbildung infolge organischen Befalls. Der hierdurch verursachte Schadensverlauf ist in der zeitlichen Auswirkung um Potenzen langsamer als die vorher genannten Versalzungsursachen.

Die Salze allein würden noch keinen Schaden verursachen, denn sie benötigen, um schädigend wirken zu können, Wasser. Wenn diese Voraussetzung gegeben ist, beginnt ein gemeinsames schadensträchtiges Wirken zweier Stoffe, über deren Auswirkung immer noch weitgehende Unkenntnis herrscht. Jene Salze, die über das Wasser ins Mauerwerk gelangen oder

infolge Wassers im Mauerwerk aktiv werden können, müssen lösliche Salze sein: Der Regen schwemmt die Salze nach innen; die aufsteigende Feuchtigkeit trägt sie nach oben – und eine bisher unübliche Kondensatbelastung aus neuer Nutzung kann alteingebrachte Salze im Wandinneren ebenfalls lösen und im Bauteil transportieren, wo sie mehrfach schädigend wirken können.

- Jede Abtrocknung führt diese gelösten Salze wieder in ihre Kristallform zurück, was mit einer Volumenvergrößerung verbunden ist, deren Sprengdruck kein mineralischer Baustoff standhalten kann.
- Diese schädigende Volumenveränderung kann aber auch noch durch einen anderen Effekt entstehen: Den Hydratationsdruck. Hierunter versteht man die Fähigkeit von Salzen, in Abhängigkeit von Umgebungstemperatur und Umgebungsfeuchte, Wassermoleküle in ihr Kristallgitter einzubinden beziehungsweise wieder abzugeben: Dieser Phasenwechsel ist ebenfalls mit einer Volumenänderung verbunden.

Salzname	chemische Bezeichnung	Kristallisationsdruck(N/mm ²)	
		0 °C	50 °C
Anhydrit	CaSO ₄	33,5	38,9
Dodekahydrat	MgSO ₄ • 12 H ₂ O	6,7	8,0
Epsomit	MgSO ₄ • 7 H ₂ O	10,5	12,5
Gips	CaSO ₄ • 2 H ₂ O	28,2	33,4
Halit	NaCl	55,4	65,4
Heptahydrat	Na ₂ CO ₃ • 7H ₂ O	10,0	11,9
Hexahydrat	MgSO ₄ • 6 H ₂ O	11,8	14,1
Kieserit	MgSO ₄ • H ₂ O	27,2	32,4
Natron	Na ₂ CO ₃ • 10 H ₂ O	7,8	9,2
Thermonatron	Na ₂ CO ₃ • H ₂ O	28,0	33,3



Abb. 3.16

Kristallisationsdruck
ausgewählter Salze

3.3 Auswirkungen erhöhter Feuchtebelastung

Zu den üblichen Verfärbungen und Putz- und Anstrichschäden in unterschiedlichster Stärke finden sich vor allem im Inneren neben einem unangenehmen Modergeruch noch Algen und Pilze, vom „Schimmel“ bis zum großen Fruchtkörper eines holzerstörenden Schwamms. Zudem verringert Feuchtigkeit das Wärmedämmvermögen der belasteten Konstruktion.

Am augenfälligsten sind folgende negativen und teilweise schädigenden Auswirkungen von zu hoher Feuchtigkeit auf die Bausubstanz:

- Feuchtehorizonte an den Wänden
- Salzausblühungen

- Ablösen von Tapeten
- Aufquellen und Abplatzen von Anstrichen (meist außen)
- Abmehlen oder Abschuppen von Anstrichen
- Putzerstörungen, die von Absanden bei Kalkmörtel bis flächigem Abplatzen bei Zementmörtel reichen
- Algenbewuchs
- Bakterienbefall
- Schimmelpilzbefall
- Befall von holzerstörenden Pilzen

Vor allem auf den Pilzbefall muss näher eingegangen werden:



links

Abb. 3.17

Feuchtebelastete Wand mit zu dichtem Anstrich

unten v.l.n.r.

Abb. 3.18

Kondensatbedingter Feuchte-Salz-Schaden mit beginnender Algenbildung

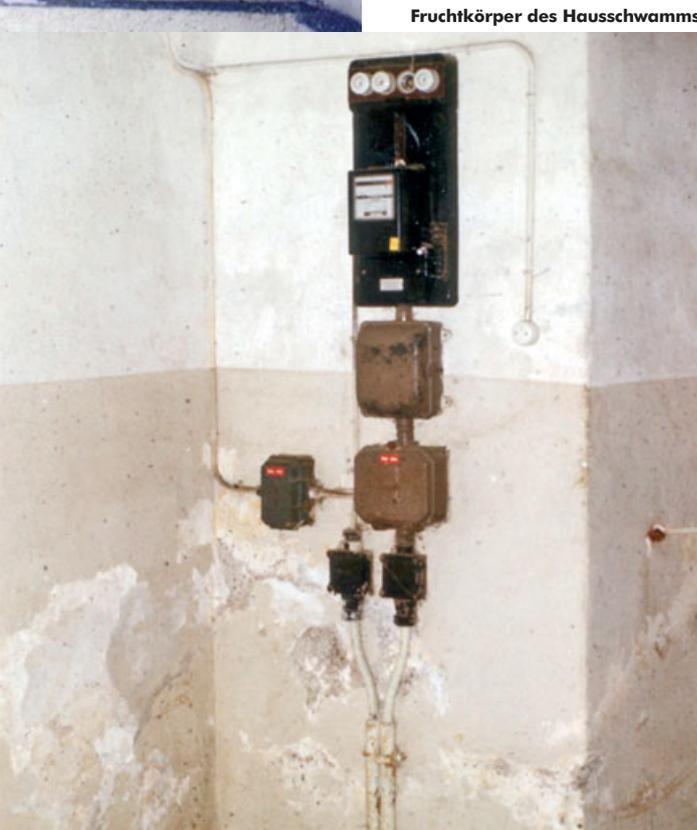


Abb. 3.19

Fruchtkörper des Hausschwamms



Schimmelpilze bergen für den Nutzer derart belasteter Räume ein Gesundheitsrisiko: Sie bilden flugfähige Sporen, die bei Personen mit geschwächter Immunabwehr kritische Allergien hervorrufen können.

Die Schimmelpilze stellen eine große Gruppe von Pilzen dar, die oberflächlich bis in 0,5 mm Tiefe wachsen. Meist bilden sie einen grün-blaugrünen oder schwärzlichen Rasen. Voraussetzung für das Wachstum von Schimmelpilzen, deren Sporen sich in geringen Mengen in jedem Raum befinden, sind Feuchte, zum Beispiel Tauwasser an Wärmebrücken, und Nährsubstanzen. Neben Holz, das sich bei Schimmelpilzbefall verfärbt, sind günstige Nährböden Raufasertapeten mit ihrem hohen Gehalt an Zuckereiweißen und Holzbestandteilen oder auch Dispersionsfarben, deren Quellmittel auf Zucker beruhen. Unbewegte Luft begünstigt das Wachstum von Schimmelpilzen, weshalb man sie nicht nur in kalten Raumecken, sondern häufig auch hinter Betten und Schränken findet. Eine bauschädliche Wirkung, wie wir dies von anderen und holzerstörenden Pilzen kennen, geht von Schimmelpilzen nicht aus.

Holzerstörende Pilze sind in ihrem Wachstum ebenfalls stark feuchteabhängig. Die wichtigsten sind der Echte Hausschwamm, der Kellerschwamm und der Weiße Porenschwamm.

Der Echte Hausschwamm war bis vor einigen Jahren in den meisten Bundesländern deshalb meldepflichtig, da er, ausgehend von einer sein Wachstum bedingenden Feuchtequelle, auch auf trockenes Holz und andere Materialien, die Kohlehydrate enthalten, wie Bücher, Teppiche, Textilien, übergreifen kann. Sein Wachstum greift auch über den eigentlichen Nährboden hinaus, so dass er fast jede Art von Material überwuchern kann und selbst Mauerwerk, nicht nur Risse und Fugen, sondern auch den Porenraum durchwächst.

Der Braune Kellerschwamm ist der am häufigsten in Neubauten auftretende Pilz, kommt aber auch in Altbauten vor. Er kann vergleichbare Schäden verursachen, ist aber nicht in der Lage, wie der Echte Hausschwamm trockenes Holz zu durchfeuchten und gilt damit als weniger gefährlich.

Die Zerstörungskraft des Weißen Porenschwamms ist den beiden vorgenannten ähnlich.

Zur Bekämpfung von Pilzbefall muss neben einer Behandlung durch Wärme oder Gifte – meist beschönigend „chemische Schwammbekämpfung“ genannt – unbedingt auch die für das Wachstum der Pilze notwendige Feuchtequelle beseitigt werden.

Entsprechend der Abhängigkeit der Pilze von einer Feuchtequelle gibt es im Gebäude bevorzugt betroffene Bauteile: Im Dach überprüft man als erstes Holz an und unter jenen Bauteilen, welche die Dachhaut durchdringen, also Kamine, Rohrbelüftungen, Antennenmasten; man wird aber auch bevorzugt fündig dort, wo durch Verblechungen die bekannten Schwachstellen der Schuppendeckung verwahrt werden - unter Kehlen, an der Traufe, an Anschlüssen. Schließlich sind noch Kellerräume besonders gefährdet, vor allem dann, wenn feuchtespeichernde „Schwammnahrung“ gelagert wird: Holz, Papier, Kleidung.

3.4 Feuchte und Nutzung

Feuchte nimmt Einfluss auf die Nutzungsmöglichkeiten eines Gebäudes. So sind beispielsweise hohe Luftfeuchtigkeiten und eine gewisse Feuchtebelastung im Mauerwerk bei der Nutzung eines Raumes als Wein- oder Obstlagerkeller wünschenswert, während eine höherwertige Nutzung dieses selben Kellers als Hobbyraum, Bibliothek oder gar EDV-Raum wegen der Unverträglichkeit von Einrichtungen und Lagergütern mit der Feuchtebelastung auf Schwierigkeiten stoßen wird. Es ist deshalb vor einer geplanten Umnutzung eines feuchtebelasteten Bauwerksbereiches in einem ersten Schritt das Maß dieser Feuchtigkeitsbelastung zu erfassen, um dann gründlich abzuwägen, ob bei der festgestellten Situation diese Nutzung ohne Folgeschäden möglich ist, oder ob vorab entsprechende Gegenmaßnahmen zur Feuchtereduzierung eingeleitet werden müssten.

In diesem Zusammenhang muss ein zumindest finanziell bedeutsamer Gesichtspunkt angesprochen werden: Der Umfang jeder Trockenlegungs- und gegebenenfalls auch Salzbekämp-

fungsmaßnahme wird häufig nicht durch technische Notwendigkeiten bestimmt, sondern durch subjektive Forderungen des Nutzers, was nicht gleichzusetzen ist mit objektiven Forderungen aus der Nutzung. Der niedrige, abmehlende Sockelstreifen im Treppenhaus beeinflusst dessen Nutzung keineswegs; es ist die Vorstellung des Nutzers von einem „sauberen“ Eingang, die den technischen Aufwand einer „Trockenlegung“ erzwingt. Tatsächlich läge sogar das jährliche fachgerechte Ausbessern durch den Maler noch weit unter dem Kapitaldienst jenes Geldes, das die Trockenlegungsmaßnahme in diesem Sanierungsfall verschlingen wird.

Soll nicht nur ein einzelner Schadensbereich saniert werden, wie im vorgenannten Beispiel, sondern steht eine umfassende Sanierung des Gebäudes an, so können Feuchte- und Salzbekämpfung durch eine Reduzierung der Ansprüche und ein entsprechendes Ändern des Nutzungskonzepts kostensparend beeinflusst werden.

4. Untersuchungen zur Feuchte am Bauwerk

Da im Folgenden notwendigerweise Einzelmaßnahmen genannt werden, wird mit Nachdruck darauf hingewiesen, dass die einseitige Betrachtung von Fakten bereits die Gefahr des Misserfolgs in sich birgt: Wenn schon nicht das gesamte Gebäude, so ist doch zumindest der betroffene Gebäudeteil als Ganzes zu betrachten. Hierzu ein erklärendes Beispiel:

Das zu sanierende alte und nicht unterkellerte Haus zeigt – besonders an seinen Ecken – deutliche, schräg verlaufende Risse; überdies bröckelt im Sockelbereich der Außenputz ab, auch innen zeigen sich – vor allem wieder an den Hausecken – leichte Anstrichschäden. Da die Risschen nicht besorgniserregend sind und der Hausbesitzer sie auch schon seit langem kennt, werden sie ignoriert; nicht dagegen die Feuchte-Salzschäden, die innerhalb weniger Jahre sichtbar zugenommen haben. Als Sanierung wird eine kostengünstige Injektage gewählt, deren Ergebnis leider in keiner Weise den versprochenen Erfolg zeigt.

Grund für diesen aufwändigen Fehlschlag ist wieder die einseitige Betrachtung dieses Schadens. Der an den Ecken so sichtbar höhere Feuchtesaum weist eigentlich recht deutlich auf die auch an den Ecken installierten Regenfallrohre hin. Schon das Aufgraben am Fuß eines einzigen Fallrohrs hätte gezeigt, was zur Erbauungszeit des ererbten Hauses üblich war, aber inzwischen vergessen wurde: Die Regenwasserab-
leitung führt nicht in die Kanalisation, sondern nach einem guten Meter in eine Art Sickerdohle, die freilich nach mehr als Jahrzehnten Zuschlammens kaum mehr etwas rasch genug versickern lässt. Der Hausbesitzer hat eine gut und im Laufe der Jahre immer besser funktionierende Anlage zur ständigen Bewässerung seines Anwesens entdeckt. Gleichzeitig fand er mit Staunen, dass sein Haus keineswegs auf irgendeinem Betonfundament sitzt, sondern auf einem mager vermörtelten Mischmauerwerk aus Feldsteinen und Ziegelbrocken, was nun auch plötzlich und sehr deutlich die Risse erklärt.

Die richtige Sanierungslösung liegt nun nahe und könnte auch für den Laien erkennbar sein: Das Haus benötigt vor allem eine einfache, schlaff armierte Unterfangung unter dem vorhandenen Fundament. Mit einem äußerst geringen finanziellen Mehraufwand erlaubt diese Maßnahme obendrein das Einbringen einer horizontalen Dichtlage zwischen neuem Fundament und altem: Es erhält eine gute und sehr lange wirksame Abdichtung gegen aufsteigendes Wasser. Die Regenrinnenabläufe müssten nun gar nicht mehr verlegt werden, doch ist der Umgriff um das Haus ohnehin für die anderen Maßnahmen bereits aufgedigelt, so dass auch die unterirdische Zusammenfassung und die Ableitung der Fallrohre nur noch wenige Mehrkosten verursachen wird.

Um die schädigenden Feuchtequellen und andere zusätzliche Schadensursachen auszumachen und wirksame Maßnahmen

dagegen treffen zu können, ist es also wichtig, sich zunächst ein genaues Bild von den örtlichen Gegebenheiten zu verschaffen.

Sachverhalte, die durch den Laien oder Fachmann zu klären sind: Ein Teil dieser Fragen kann sicherlich vom Gebäudebesitzer oder Nutzer selbst beantwortet werden. Ohne eine genaue Kenntnis der Durchfeuchtungssituation sowie der Versalzung, die in der Regel durch Fachkräfte zu ermitteln ist, können in den meisten Fällen keine wirksamen Sanierungsmaßnahmen bestimmt werden.

Die Bewertung der Feuchtebelastung setzt eine Reihe von Untersuchungen – auch zur Feuchtebelastung durch Kondensation und durch Salze – voraus, die nur von einem erfahrenen Fachplaner durchgeführt werden können.

Allgemeines	Lai	Fachmann
■ Wie alt ist das Gebäude?	●	●
■ Wie wird das Gebäude genutzt?	●	
■ Entspricht diese Nutzung dem ursprünglichen Entwurfskonzept?	●	●
Gebäudeumfeld		
■ Gibt es in Gebäudenähe eine mögliche Feuchtequelle?	●	●
■ Wie ist die gebäudenähe Oberfläche beschaffen?	●	
■ Können gärtnerische Anlagen (Beete, Pflanzen) zur Durchfeuchtung beitragen?	●	●
■ Wie liegt das Gefälle zum Gebäude?	●	
■ Wie ist der Baugrund beschaffen?		●
Gebäudekonstruktion		
■ Ist das Gebäude unterkellert?	●	
■ Wie tief ist das Fundament?	●	
■ Wie ist das Fundament aufgebaut?	●	●
■ Ist das Gebäude vertikal oder horizontal abgedichtet?	●	●
■ Wenn abgedichtet, wie ist die Ausführung?		●
■ Wie ist das Mauerwerk aufgebaut (einschalig, zweischalig)?	●	●
■ Welche Baustoffe wurden verwendet?	●	●
■ Wie hoch ist der Wärmedämmwert der Gebäudeschale?		●
■ Art der Fenster (Rahmenmaterial, Konstruktionsart, Verglasungsart, zusätzliche Belüftungseinrichtungen)?	●	●

Regenableitung	Lai	Fachmann
■ Besitzt das Gebäude eine funktionsfähige Drainage?		●
■ Wie ist sie ausgeführt?	●	
■ Gibt es Revisionsschächte oder Spülschächte?	●	●
■ Wird das Regenwasser ordnungsgemäß vom Gebäude abgeleitet, oder versickert es in Gebäudenähe?	●	●
■ Lassen Gesimse oder Verblechungen einen ausreichenden Ablauf von Regenwasser zu oder kann von dort Regenwasser in das Mauerwerk eindringen?	●	●
■ Sind die Regenrinnen dicht?	●	
■ Wie hoch liegt die Wasseraufnahme der Fassadenoberfläche?		●
Haustechnik		
■ Tragen haustechnische Anlagen zur Durchfeuchtung bei?		●
■ Wie und in welchem Umfang wird das Gebäude beheizt?	●	
■ Wie wird das Gebäude be- bzw. entlüftet?	●	●
Haustechnik		
Bis in welche Höhe ist das Mauerwerk feuchtebelastet,		
■ Innen		●
■ Außen?		●
■ Ist das Mauerwerk mit bauschädlichen Salzen belastet?		●
■ Um welche Salze handelt es sich?		●
■ Welches Ausmaß hat die Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft durch Salze im Mauerwerk (hygroskopische Feuchte)?		●

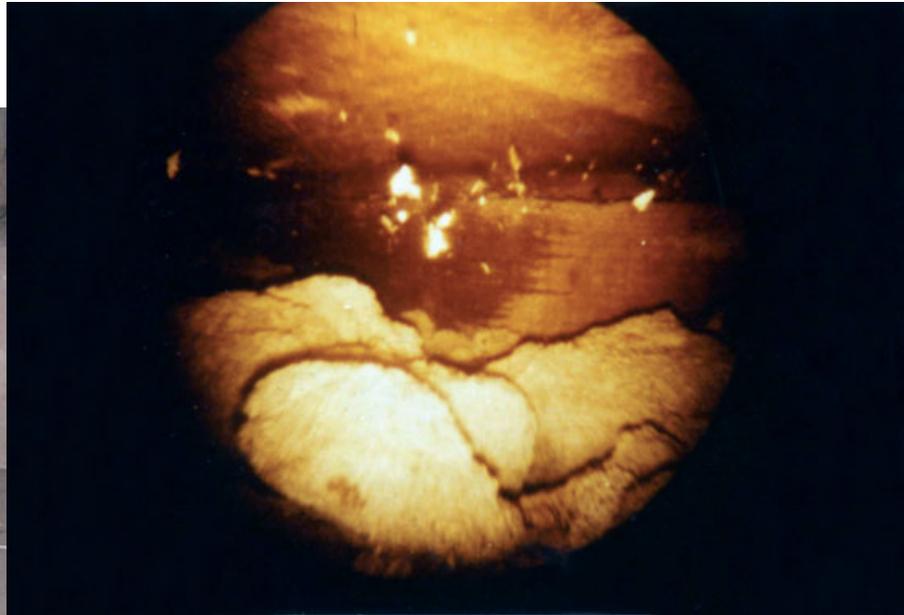
4.1 Vorbereitende Untersuchungen

Jeder gezielten Untersuchung sollte eine Erfassung des Schadens und gegebenenfalls der Gesundheitsgefährdung vorausgehen. Umfang einer solchen Erfassung und ihre Genauigkeit hängen selbstverständlich vom Sanierungsziel ab und werden somit also bestimmt durch die bauliche Qualität, den Schadensumfang und den Nutzeranspruch. Zumindest in einem höherwertigen Haus ist als Minimum eine Aufnahme der Schäden nach deren Lage, Art und Ausmaß zu verlangen, wobei eine Eintragung in Fassadenpläne oder Wandabwicklungen hilfreich ist. Bei einer erneuten Besichtigung wird dann die jeweilige Zuordnung von Laborergebnissen zum Schadensbild erleichtert. Für weitere Erkenntnisse – beispielsweise des Restaurators – können dann auch die gleichen Unterlagen verwendet werden.

Grundsätzlich gilt: Eine gutachterliche Untersuchung, selbst mit ausgefeilter Labortechnik, photogrammetrischen Metho-

den zur Bestandserfassung und empfindlichsten Messgeräten, jedoch ohne bauliche Bestandserfassung, ist unzureichend, unseriös und sinnlos kostentreibend.

Die ersten gutachterlichen Schritte zur Bestands- und Schadensfassung sind die Sichtung von Akten früherer Baumaßnahmen und Gespräche mit dem Hausmeister, den Altmietern oder Personen, die das Gebäude seit langem kennen. Diese Art der „Anamnese“ erspart manches aufwendige Untersuchen. Zur Bestandserfassung häufig verwendete Checklisten können zwar zur rationelleren Erfassung der Situation hilfreich sein, jedoch verführen sie allzu leicht dazu, die Bestandserfassung mit dem Ausfüllen bereits „abzuhaken“ und wichtige, darin nicht aufgeführte Sachverhalte, zu übersehen. Checklisten sind bei der Suche nach den Ursachen von Feuchte- und Salzschäden also mehr Gedächtnisstütze als Sanierungsfahrplan und damit eine Hilfe für den Laien als erste Einführung in das Problem.



Die Vorlage solcher Listen durch einen Gutachter ist also selbst dann ungewöhnlich kritisch zu überprüfen, wenn diese durch eine ausführliche Interpretation der Listenabfrage ergänzt sind: Das Gebäude und sein Schaden geben jeweils aufs neue den Untersuchungsumfang vor, aber nicht die vorgegebene Abfrage und sei sie noch so wissenschaftlich formuliert.

Neben der Aufnahme sofort erkennbarer Sachverhalte ist zusätzlich meist der Blick in verdeckte Konstruktionen erforderlich: Wie ist der Dachfuß ausgebildet; leitet das Fensterblech das Wasser vollständig ab; ist die Deckung dicht; ist die Regenwasserableitung gewährleistet; wie ist der Zustand der Sparrenfüße? Häufig wird eine solche Untersuchung auch deshalb unterlassen, weil eine wesentliche Substanzbeschädigung befürchtet wird. Dies ist zweifach falsch: Zum ersten ist der Verlust eines winzigen Bruchteils der Substanz zum Erhalt der Gesamtsubstanz ausnahmslos vertretbar – zum zweiten kann der Eingriff durch Anwendung besonderer Untersuchungsmethoden gering gehalten werden.

So können einige Bohrungen im Durchmesser von 12 mm und ein anschließend eingeführtes Endoskop durchaus ein quadratmetergroßes Loch in Wand oder Decke ersetzen (Abb. 4.1).

Ultraschall-, Radar- und Mikrowellengeräte erlauben unter Umständen bereits Aussagen, wobei die völlige Zerstörungsfreiheit einer solchen Untersuchung durch enorme Kosten erkauft werden muss, so dass dies – zumindest noch in absehbarer Zeit – besonderen Schadensfällen vorbehalten bleiben wird. Zusätzlich sind die Ergebnisse dieser Untersuchungsverfahren zumindest heute noch meist nicht eindeutig und verlangen als Interpretationshilfe doch noch zusätzliche Eingriffe in die Bausubstanz.

v.l.n.r.

Abb. 4.1

**Einsatz eines Endoskops zur
Begutachtung von Deckenbalken**

Abb. 4.2

**Endoskopisches Bild eines Decken-
hohlraums. Zu erkennen sind:
Schwamm-Fruchtkörper (unten),
Durchfeuchtung des Balkenkopfes
(Mitte: dunkle Verfärbung).
Nagemehl vom Holzbock
(Mitte, helle Verfärbung)**

4.2 Feuchteuntersuchungen

Ist auch nach der Bestands- und Schadensaufnahme durch Inaugenscheinnahme die Schadensursache nicht erkannt, werden weitere Untersuchungen erforderlich – aber erst dann! Welche Untersuchungstechniken angewandt werden, hängt grundsätzlich wieder von der Zielsetzung ab. So stellt die einfache Ermittlung durchfeuchteter Bereiche oder Bauteile gänzlich andere Anforderungen an Untersuchungstechniken und Gutachten als die Planung von Trockenlegungsmaßnahmen oder die Ermittlung komplexer Schadensursachen im Rahmen eines Beweissicherungsverfahrens. Auch die Lage der Schäden kann bereits den Untersuchungsrahmen vorgeben: Die schimmelbefallene Wandleibung weist fast ausschließlich auf Kondensation als Schadensursache hin und nicht auf aufsteigende Feuchte. Untersuchungen auf aufsteigende Feuchte wie auch zu Salzen sind deshalb mit großer Wahrscheinlichkeit unnötig und ihre Empfehlung betrügerisch.

Dies bedeutet, dass nahezu alle zur Ermittlung von Feuchtebelastungen eingesetzten Techniken sinnvoll sein können – vorausgesetzt, das gesteckte Ziel ist klar definiert und kann damit erreicht werden. Wieder also sind es Gebäude, Schaden und Nutzeranspruch, die Untersuchungsart und -umfang bestimmen und nicht ein festgelegter Geräteeinsatzplan oder Untersuchungsablauf, der verständlicherweise gerne angeboten wird.

Ein weiterer wichtiger, wenn auch häufig übersehener Grund für eine ausreichend genaue Feuchteuntersuchung liegt in der Durchsetzung von Gewährleistungsansprüchen. Wer im Streitfall nicht zweifelsfrei belegen kann, wie feucht das sanierte Bauteil vor Inangriffnahme der Trockenlegungsmaßnahme war, braucht danach den Erfolg meist erst gar nicht mehr überprüfen zu lassen. Angeraten wird deshalb dringend, bereits in der Leistungsbeschreibung die Feststellung des Ist-Feuchtegehalts in die vertraglichen Vereinbarungen aufzunehmen. Die Schlusszahlung wird demzufolge erst dann geleistet, wenn nach einem bestimmten Zeitraum durch Messungen an den gleichen Stellen wie zu Beginn der Sanierungsmaßnahme deren Erfolg nachgewiesen ist.

Hierzu wird noch das Folgende empfohlen:

1. Die Zeitspanne zwischen beiden Messungen kann zwar pauschal mit einem Jahr angegeben werden, doch ist es zweckmäßiger, diese von der gewährleistenden Firma nennen zu lassen: Sie will einerseits ihr Geld möglichst rasch erhalten, sollte andererseits aber am besten abschätzen können, wann frühestens ihr Versprechen des Trockenwerdens sich erfüllen wird. Die Zeitspanne bis zum Erreichen des gewünschten Trockeneffekts ist von der gewählten Sanierungsmaßnahme abhängig. So zeigt eine Mauertrennung mit horizontaler Abdichtung in der Regel einen rascheren, eine Trockenlegungsmaßnahme durch Injektion einen langsameren Trocknungserfolg, wobei es eine grobe Faustregel gibt, wie lange ein solcher Abtrocknungsprozess – eine funktionierende Trockenlegung vorausgesetzt – dauern wird:

Eine Woche je Zentimeter Mauerstärke; leider auch deutlich länger, wenn die Möglichkeiten des Austrocknens eingeschränkt sind: Kellerlage, stark beschattet, feuchtes Kleinklima, Nebelgebiet und vieles mehr.

2. Es ist im Streitfall sinnlos, wenn die gewünschte und deshalb versprochene und vereinbarte Wirkung der Trockenlegungsmaßnahme in einer solchen Höhe festgelegt wurde, die naturgesetzlich wegen einer vorhandenen hohen Gleichgewichtsfeuchte – Salz! – nicht erreicht werden kann. Selbstverständlich kann die vorliegende Gleichgewichtsfeuchte festgestellt und ihr Wert zuzüglich eines sinnvollen Zuschlags der Vereinbarung zugrunde gelegt werden. Praxisnäher – und preiswerter dazu – ist jedoch die Zusicherung einer schadensfreien Sanierungsleistung. Dann allerdings ist zu beachten, dass allein schon die Anwendung eines Sanierputzes (siehe 5.2.6) optisch diesen Erfolg für einige Zeit garantiert, auch wenn die Trockenlegungsmaßnahme selbst erfolglos bleibt.
3. Viele Trockenlegungsfirmen bieten die beiden Feuchtemessungen als Kundenservice an, dies sogar häufig kostenlos. Es ist jedoch äußerst bedenklich, ausgerechnet jenem diese Untersuchungen anzuvertrauen, dessen finanzielles Wohlergehen gerade von deren Ergebnis abhängt. Es ist deshalb zweckmäßiger, einen unabhängigen Sachverständigen mit der Feuchtemessung zu beauftragen.

Zur Feuchtestellung werden unter anderem geeignete Messgeräte benötigt. Auf dem Markt werden zahlreiche relativ preiswerte und einfach zu bedienende Hand-Feuchtemessgeräte zur Messung von Holz- oder Mauerfeuchte angeboten, die den Vorteil haben, zerstörungsarm oder sogar zerstörungsfrei zu arbeiten. Diese Geräte erfassen den elektrischen Widerstand zwischen zwei Messpunkten beziehungsweise die Dielektrizitätskonstante des Baustoffs. Problematisch ist, dass diese Messwerte nicht nur von der Feuchtigkeit, sondern auch von der Art des Baustoffs und vor allem vom

Salzgehalt des untersuchten Baustoffs mitbestimmt werden. Da mit Mauerfeuchtigkeit fast immer auch eine zusätzliche Salzbelastung einhergeht, ist die Anwendung dieser Messgeräte zur Beurteilung der Durchfeuchtungssituation ungeeignet. Sinnvoll können sie trotzdem bei feuchtem Mauerwerk dort eingesetzt werden, wo anstatt des tatsächlichen Feuchtegehalts nur die ungefähre Feuchte- und Salzverteilung in einer Wandoberfläche gemessen werden soll, zum Beispiel um jahreszeitliche Schwankungen zu erfassen oder Sanierungsmaßnahmen zu überprüfen. Eine sinnvolle Anwendung finden sie auch bei der Messung von Estrich- und Holzfeuchten.

Diese Abhängigkeit des Messwerts von Feuchte und Salz bedeutet, dass eine Wand mit hoher Durchfeuchtung aber geringer Belastung von gelöstem Salz durchaus die gleichen Ergebnisse liefern kann wie eine fast trockene Wand, aber mit höheren Salzkonzentrationen.

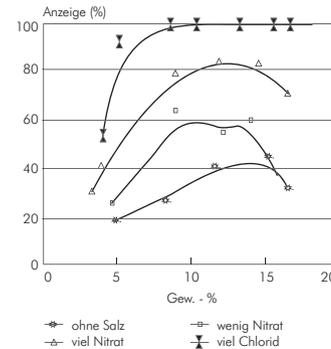
Eine außergewöhnlich umfangreiche Untersuchung dieser Gerätegruppe in salzfreiem bis stark versalztem feuchten Baumaterial belegte diese bekannte gerätespezifische Sinnlo-





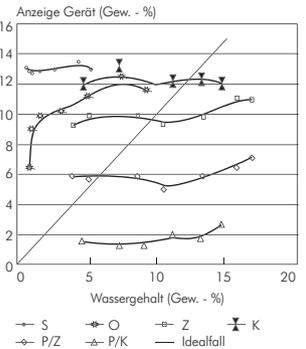
Protimeter Mini M III

Abhängigkeit der Meßwerte von der Salzbelastung



Feuchtemonitor M 49

hohe Chloridbelastung



links

Abb. 4.3

Messung der Feuchtigkeit über die Dielektrizitätskonstante

oben

Abb. 4.4

Messung der Feuchtigkeit über den elektrischen Widerstand

rechts

Abb. 4.5

Messkurve eines Tests handelsüblicher elektrischer Feuchtemessgeräte an einem Mauerwerk aus unverputztem Ziegel

sigkeit eines Einsatz bei feuchte- und salzhaltigen Wandbaustoffen. Deutlich wurde in allen geprüften Wandbaustoffen die extreme Abhängigkeit der Feuchtemessung von der Versalzung, die bereits bei vergleichsweise geringer Materialfeuchte keinerlei Differenzierung mehr zulässt. Wenn der mit einem solchen Gerät arbeitende Gutachter mehr verspricht als lediglich die Feststellung des Feuchtetrends, arbeitet er leichtfertig, da die beschriebene Abhängigkeit von Wasser und Salz seit langem wohl bekannt ist. Die Messkurven der Abbildung 4.5 müssten eigentlich in etwa der schrägen Geraden entsprechen; stattdessen liegen sie fast waagrecht, was bedeutet, dass bei gleicher Anzeige des Geräts unterschiedlichste Wassergehalte vorhanden sein können.

Verstärkte Skepsis ist angebracht, wenn mit einem solchen Gerät „gutachterlich“ der Erfolg einer Trockenlegung nachgewiesen werden soll. Der betrügerische Auftragnehmer wird eine Messung an der geschädigten Wand vor jeglicher Maßnahme vornehmen – und dies möglichst während oder unmittel-

telbar nach einer Periode hoher Luftfeuchtigkeit. Der Zeigeraussschlag am Gerät ist verblüffend hoch, erreicht meist sogar den Anschlag. Der Nachweis einer extremen Durchfeuchtung ist somit geführt und der Auftrag zur Trockenlegung der vermeintlich stark durchfeuchteten Wand wird erteilt. Das positive Ergebnis dieser Trockenlegung wird mit eben diesem Gerät wiederum belegt. Zum Zeitpunkt dieser zweiten Messung ist jedoch das schädliche und das Messergebnis hochtreibende Salz samt Sockelputz schon lange abgeschlagen und durch einen neuen und salzfreien Putz ersetzt; außerdem wird diese Messung möglichst während trockener Witterung durchgeführt. Das Ergebnis wird selbst bei der unbrauchbarsten Trockenlegungsmethode deren hervorragende Wirkung belegen.

In der weitaus überwiegenden Zahl aller Feuchteschadensfälle ist vom Gutachter eine belegbare Aussage zur Durchfeuchtung und ihrem Verlauf zu verlangen, da die Feuchteverteilung am einfachsten Rückschlüsse für die Feuchteursachen erlaubt.

Damit schränkt sich aber auch die Wahl mit der Messmethode ein, will man immer noch keine zerstörende Untersuchung zulassen.

Mit Ausnahme der Neutronensonde, die bereits seit circa 30 Jahren zur Feuchteermittlung eingesetzt wird, leider aber nur einen oberflächennahen Teil der Wand erfasst und keine in der Tiefe gestaffelte Messung ermöglicht, sind alle anderen Verfahren immer noch erst im Stadium der Erprobung und zeigen noch so viele, wenn auch unterschiedliche Schwächen, dass ihr praktischer Einsatz bisher nur zu Forschungszwecken erfolgte und für die üblichen baulichen Gegebenheiten auch nicht abgewartet zu werden braucht: Zu hoch ist ihr technischer Aufwand und zu teuer ihr Einsatz.

Eine Auflösung des Durchfeuchtungsgrads in der Tiefe sowie eine Trennung von Durchfeuchtung und Versalzung sind bis jetzt allerdings auch hier nicht möglich, doch zeigen sich zumindest für die zweite Frage Anzeichen einer Lösung.

Mit guten Beurteilungen wird die Gabelsonde bedacht, die seit annähernd 10 Jahren allerdings ebenfalls nur als Prototyp gebaut wird und in ihrer Anwendung unverhältnismäßig teuer ist. Sie erfüllt allerdings als bisher einziges Gerät und Verfahren den Wunsch, an immer wieder der gleichen Stelle die Feuchtigkeit zu erfassen und damit beispielsweise den positiven oder auch negativen Einfluss auf die Raumluftfeuchte infolge neuer Beheizung im zeitlich doch recht langfristigen Ablauf zu verfolgen oder aber den Verlauf einer Abtrocknung auch messtechnisch zu erfassen. Der Einsatz dieses Geräts bleibt aber wegen seiner hohen Anwendungskosten sicherlich auf einzelne und besonders bedeutende Bauwerke beschränkt. Dieses Verfahren verlangt zwei nebeneinander liegende parallele Bohrungen im Durchmesser von 22 mm, in die jeweils eine Glasröhre eingekittet wird. Zur „Eichung“ dieses Verfahrens ist eine sehr genaue Untersuchung der entnommenen Bohrkerne erforderlich. Deren ungestörte Entnahme wird aber häufig wegen des vorhandenen Mauerwerksaufbaus und/oder -materials bei diesem viel zu dünn gewählten Bohrerndurchmesser nicht möglich sein, so dass dann auch dieses Verfahren versagt.

Auch die Thermographie wird zur Feststellung von Feuchteschäden eingesetzt. Mit Ausnahme von Feuchtelecks in wasserführenden Leitungen – Defekt in einer Warmwasserfußbodenheizung! – ist hier jedoch die Aussage fast unbrauchbar: Da der Wärmedurchgang eines Bauteils mit seinem Wassergehalt zunimmt, zeichnen sich im Thermographiebild feuchtere Bauteile als wärmedurchgängiger ab. Auch hier ist also nur erkennbar, dass eine Wand im Regelfall unten feuchter ist als oben, was man nicht erst messen muss; bestenfalls sind wieder Trends erkennbar.

So bleibt bis auf weiteres tatsächlich nur die zerstörende Untersuchung, für die – zumindest bei der Feuchtebestimmung – der Bohrerkerndurchmesser auch nicht unter 40 mm, besser nicht unter 50 mm, verringert werden darf, da sonst durch die Bohrwärme eine zu hohe Verfälschung des Feuchtemessergebnisses durch das immer ungünstiger werdende Verhältnis von Bohrmantelfläche und Bohrkernvolumen auftritt. Ein zusätzliches „Geschenk“ dieser Art der Probenentnahme ist die Ermittlung des Durchfeuchtungsgrads, auf dessen Bedeutung noch hingewiesen wird.

Zusammen mit der Art der Probennahme ist die Auswahl der „richtigen“ Probennahmestellen ausschlaggebendes Kriterium für den Erhalt brauchbarer Ergebnisse. Die Forderung, dass dabei alle charakteristischen Schadensbereiche beprobt werden, wird fast immer eingehalten. Was meist fehlt, sind Proben aus schadensfreien Bereichen.

Aber gerade diese Proben ermöglichen es erst dem Gutachter, das Maß an Feuchtigkeits- und Salzbelastung im Vergleich zu beurteilen und geben damit wieder Rückschlüsse auf die Schadensursachen.

Werden Messergebnisse der Materialfeuchte direkt vor Ort benötigt, wobei dieser Zwang meist wegen einer plötzlichen und unerwarteten Situation während der Gebäudesanierung erwächst, bietet dies die Calciumkarbidmethode (CM-Gerät).

Zur Messung wird eine sorgfältig zerkleinerte Probenmenge von 10 bis 50 g in eine Druckflasche gefüllt, eine Calciumkarbidpatrone sowie einige Stahlkugeln zugegeben, die Druckflasche geschlossen und geschüttelt. Dabei zerbricht die Calciumkarbidpatrone, es entsteht durch Reaktion des Calciumkarbids mit dem Wasser der Baustoffprobe Acetylen. Der Druck dieses Gases wird über ein an der Druckflasche angebrachtes Manometer abgelesen und über Tabellen in Werte der Materialfeuchte umgerechnet. Bei dieser Methode bedarf es einiger Erfahrung, um brauchbare Werte zu erhalten.

v.l.n.r.

Abb. 4.6

**Einsatz einer
Gabelsonde**

Abb. 4.7

**Hauptbestandteile des
CM-Geräts:
Druckflasche, Calcium-
Karbide-Patrone,
Stahlkugeln, Waage,
Schale und Hammer
zur Zerkleinerung**

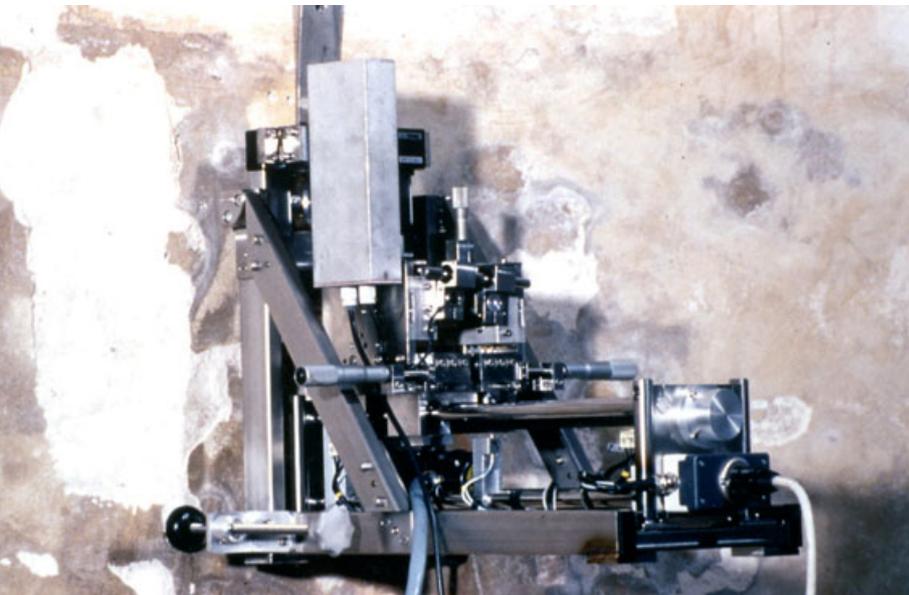




Abb. 4.8
Entnahme eines
Bohrkerns durch
mittelschweres
Bohrwerkzeug

Werden die Anwendungsvorschriften genau beachtet, so erlaubt das CM-Gerät aber Messungen, die in ihrer Aussage für Einzelfälle eine ausreichende Genauigkeit aufweisen und auch vor Gericht Bestand haben.

Die wichtige Erfassung von Unterschieden der Feuchtebelastung in Abhängigkeit vom Material sind allerdings immer noch nur im Labor möglich. Zur Ermittlung der Materialfeuchte wird die zum Transport luft- und dampfdicht verpackte Baustoffprobe gewogen, im Trockenschrank üblicherweise bei 105 °C getrocknet und nach dem Erreichen der Gewichtskonstanz nochmals gewogen.

Aus dem Gewichtsverlust ergibt sich wieder die Materialfeuchte, die normalerweise in Gewichtsprozenten, bezogen auf das Trockengewicht, ausgedrückt wird. Der grundlegende und entscheidende Vorteil der Laboruntersuchung liegt nun darin, dass an den ungestörten Proben zusätzlich deren maximale Wasseraufnahmefähigkeit ermittelt werden kann. Hierzu wird die getrocknete Probe bis zur Sättigung getränkt und wiederum gewogen. Aus dem Verhältnis von Materialfeuchte zur maximalen Wasseraufnahmefähigkeit errechnet sich der Durchfeuchtungsgrad. Dieser ist ein dimensionsloses Maß für den mit Wasser gefüllten Porenanteil des Baustoffs und ermöglicht somit den direkten Vergleich der Feuchtigkeitsbelastung unterschiedlicher Baumaterialien.

Es erlaubt also erst diese Größe den direkten Vergleich unterschiedlicher Feuchtwerte, so dass ein Gutachten dann den



„Durchfeuchtungsgrad“ enthalten muss, wenn der Feuchteverlauf zur Schadensbeurteilung wichtig ist – was für die meisten Schadensfälle gilt, aber ebenso auch bei der Beurteilung verschiedener Sanierungsverfahren. So gilt beispielsweise für die überwiegende Mehrzahl der Injektagemittel niemals widerlegte und in der Praxis allzu oft bestätigte Grundsatz, dass Injektionen bei Durchfeuchtungsgraden von mehr als 60 % als problematisch anzusehen sind. Abbildung 4.11 zeigt schematisch, weshalb die Kenntnis des Durchfeuchtungsgrads so interessant ist: Verglichen werden ein Ziegel, der je nach Brand einen Porenanteil von 20 % besitzen kann und ein sehr dichter Sandstein. Das Wasser, in seiner Menge hier durch fünf schwarze Punkte markiert, wird die Hohlräume dieses Sandsteins fast völlig ausfüllen – Durchfeuchtungsgrad vielleicht 85 % – während die gleiche Wassermenge den Ziegel nur ein wenig „anfeuchtet“: Durchfeuchtungsgrad 15 %.

v.l.n.r.

Abb. 4.9

**Präzisionswaage mit
Lösung**

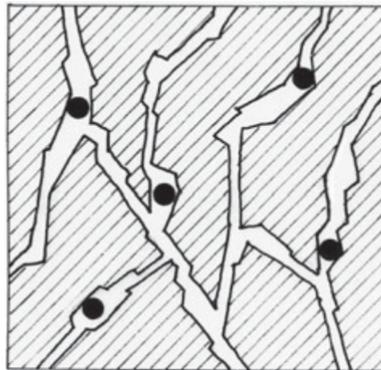
Abb. 4.10

**Blick in einen geöffneten
Darrschrank**

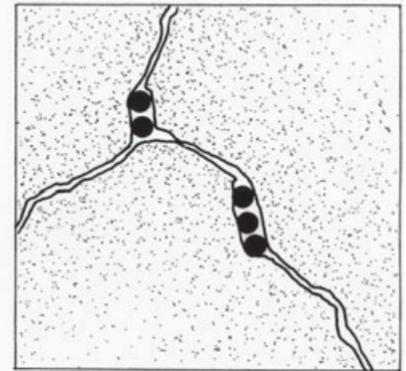
Die in Abb. 4.12 dargestellten Feuchtverläufe in der Tiefe der Wandkonstruktion sind äußerst verlässliche Hinweise auf die jeweilige Schadensursache.

- a) aufsteigende Feuchte = höchster Durchfeuchtungsgrad im Kern der Wand
- b) Kondensatfeuchte = Durchfeuchtungsgrad nimmt nach außen hin ab
- c) ungenügender Wetterschutz = Durchfeuchtungsgrad nimmt nach innen hin ab
- d) salzgebundene Feuchte = hohe Oberflächenfeuchte nimmt nach außen hin ab

Abb. 4.11
Schematische Darstellung des
Verhältnisses von Wasseranteil zu
Porenraum



PORÖSER ZIEGEL: KAUM DURCHFUCHTET



DICHTER SANDSTEIN: FAST GESÄTTIGT

Die Kenntnis der Feuchteverteilung im Mauerwerk alleine reicht oft nicht aus, um sinnvolle und wirksame Maßnahmen gegen die Feuchtebelastung zu treffen. In vielen Fällen ist es notwendig, auch den Salzgehalt im Mauerwerk und die raumklimatischen Bedingungen zu untersuchen.

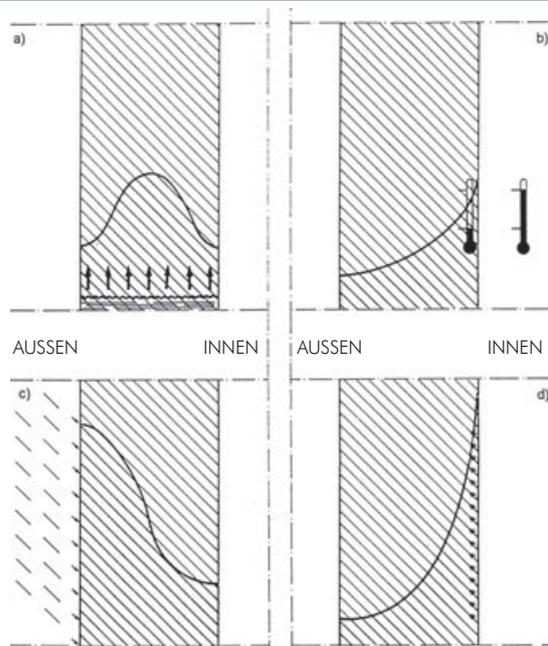
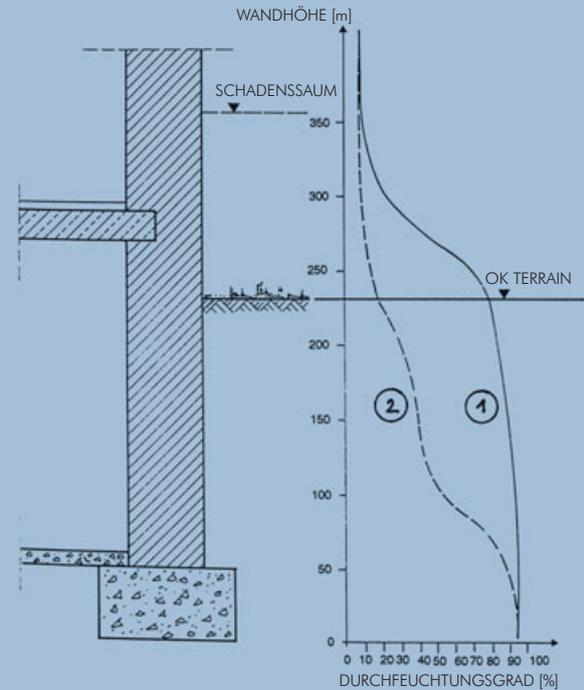
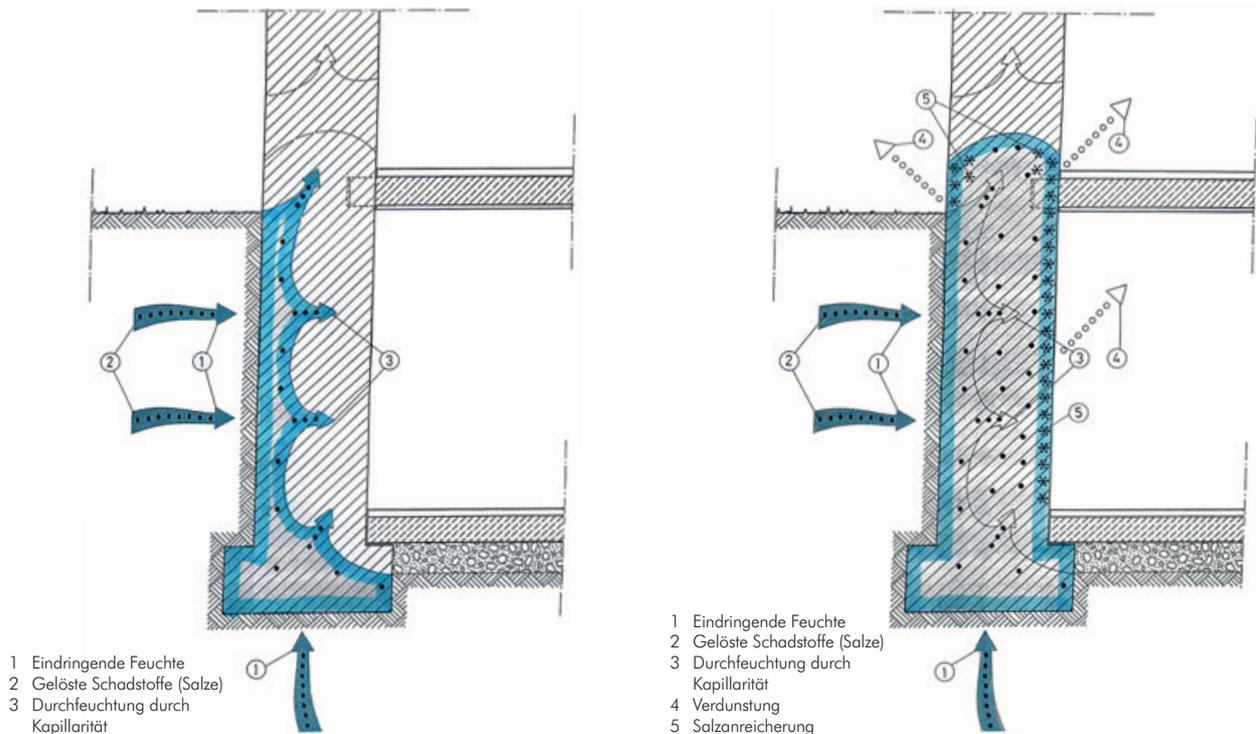


Abb. 4.12
Schematische Darstellung des Verlaufs des Durchfeuchtungsgrads bei unterschiedlicher Durchfeuchtungsursache

Abb. 4.13
Der Verlauf der Durchfeuchtungsgrade über die beobachtete Wandhöhe zeigt deutlich einen ausschließlichen Wassereintrag über die erdberührte Fläche (1). nach einer Vertikalabdichtung und/oder Drainage wird sich ein Durchfeuchtungsverlauf (2) einstellen, nach dem zumindest die Wandteile über Terrain schadensfrei bleiben.



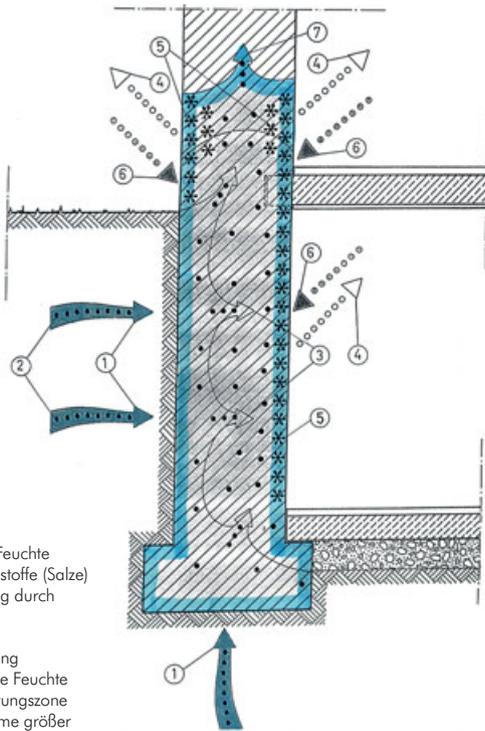
4.3 Salzuntersuchungen

Den Mechanismus der allmählichen Versalzung und der durch sie bedingten Schäden zeigen die Abbildungen 4.14 bis 4.16.

In eine nicht abgedichtete Grundmauer dringt das Wasser ein, was, in Abhängigkeit von Baumaterial und Bauweise, selbstverständlich auch vom Wasseranfall, Monate bis Jahrzehnte dauern kann (Abb. 4.14). Mit dem Wasser werden lösliche Salze transportiert (Kapillarkraft), die zum ersten Mal dann in Erscheinung treten, wenn das Wasser an einer Oberfläche wieder verdunsten kann – die Salze kristallisieren (Abb. 4.15). Für das Auge muss dies noch nicht sichtbar sein, auch brauchen noch keine Schäden aufzutreten. Der Vorgang läuft jedoch in der Regel fortwährend ab, so dass sich die Salze im kritischen Bereich addieren. Mit fortschreitender Salzanreicherung wächst auch die Menge der Wasseraufnahme aus der Luft (hygroskopische Feuchte), so dass die Durchfeuchtung der Wand zunimmt und damit auch der Feuchtehorizont steigt (Abb. 4.16).

Es ist dies auch die Erklärung dafür, weshalb der Schadenshorizont manchmal wesentlich höher liegt, als dies durch die kapillare Steighöhe zu erklären wäre (Abb. 4.17).

Diese – wenn auch sehr pauschale – Erklärung verdeutlicht, weshalb die Kenntnis der Versalzung so oft eine entscheidende Rolle bei der Erarbeitung eines Sanierungskonzepts bei Feuchteschäden spielt, da nach Augenschein nicht erkennbar ist, ob sich die Salze weitgehend bereits „außen“, also im Putz, abgelagert haben oder doch noch im Mauerquerschnitt stecken. Auch ist zu beachten, dass die verschiedenen Salze hygroskopisch sehr unterschiedlich reagieren und nicht auf gleiche Weise chemisch behandelt werden können. Es genügt deshalb fast nie, nur zu wissen, dass Salze vorhanden sind. Zur Maßnahmenbestimmung müssen deshalb Salzart, Salzmenge und Salzverteilung ermittelt werden.



- 1 Eindringende Feuchte
 - 2 Gelöste Schadstoffe (Salze)
 - 3 Durchfeuchtung durch Kapillarität
 - 4 Verdunstung
 - 5 Salyanreicherung
 - 6 Hygroskopische Feuchte
 - 7 Neue Verdunstungszone
- Wasseraufnahme größer

Diese Aussagen zu Salzen können nur durch Probenentnahme festgestellt werden! In diesem Zwang liegt gleichzeitig wieder ein großer Vorzug: Die Ermittlung der Feuchte über Bohrkern oder sonst wie entnommene Proben. Das für die Salzuntersuchung benötigte Material ist dann schon vorhanden. Wenn nicht, benötigt man allerdings keinen Bohrkern, sondern wird kostensparend Bohrmehl mittels Spiralbohrung entnehmen, wobei Bohrer ab 8 mm Durchmesser eingesetzt werden können. Auch hier wird man Bohrmehl unterschiedlicher Tiefenstufen entnehmen, um erkennen zu können, ob sich – wie so häufig – eine Salzkonzentration im äußeren Wandbereich eingespült hat oder ob die Versalzung auch noch im Mauerkerne zu finden ist.

Im Wesentlichen kommen drei Arten der Salzuntersuchung in Frage:

v.l.n.r.

**Schemadarstellung
einer Bauteilversalzung:**

Abb. 4.14

Stufe 1 = beginnender Salzeintrag

Abb. 4.15

Stufe 2 = zunehmende Durchfeuchtung

Abb. 4.16

**Stufe 3 = Endzustand eines
salzbelasteten Bauteils**

Abb. 4.17

„Aufsteigende Feuchte bis über 10 m!“



4.3.1 Salzuntersuchung mit Teststäbchen

Für die notwendige Art der Salzermittlung muss das Probenmaterial – Bohrkern oder ausgestemmtes Materialstück – gut zerkleinert und mit destilliertem Wasser angesetzt werden, damit die vorhandenen Salze in Lösung gehen. Diese Lösung kann mit Teststäbchen oder über eine einfache Ausfällreaktion so auf Salzart und halbquantitativ auf Salzmenge in ausreichender Genauigkeit festgestellt werden. Diese Methode ist zwar „ungenau“, jedoch in der Regel genau genug, wenn es um die Frage einer **baulichen** Salzbekämpfung geht, da hier die begrenzten Möglichkeiten der Behandlung sowieso kein differenziertes Eingehen auf die Salzmenge erlaubt. Diese Art der Salzermittlung kann von jedermann durchgeführt werden, der eine Bedienungsanleitung lesen kann.

Abb. 4.18
Farbvergleich beim Sulfattest mit
Teststäbchen

Abb. 4.19
Chlorid-Ausfälltest

Ein weiterer Vorteil dieser halbquantitativen Salzfeststellung liegt auch darin, dass sie ohne großen Geräteaufwand auch vor Ort vorgenommen werden kann.

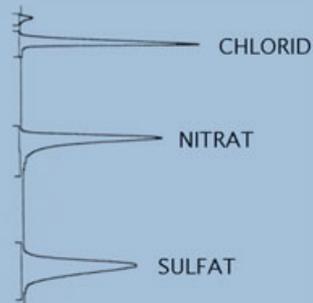




Abbildung 4.20
Salztest auf der Straße vor dem
Gebäude



Abb. 4.21
Ausdruck des Untersuchungsergebnis
eines Ionenchromatographen



CHROMATOGRAM 1 MEMORIZED

C-R5A CHROMATOPAC

CHANNEL	NO 1	FILE	0
SAMPLE	NO 0	METHOD	24
REPORT	NO 13	SAMPLE WT	100

PKNO	TIME	AREA	MK	IDNO	CONC	NAME	
2	3.863	221550		2	264.9359	CHLORID	
3	7.504	294036		4	645.5816	NITRAT	
4	12.462	387904		6	602.6014	SULFAT	
TOTAL					903490	1513.1188	

4.3.2 Salzuntersuchung mit dem Ionenchromatographen

Ein Gutachter, der Salzanalysen häufiger durchzuführen hat, benutzt hierzu einen Ionenchromatographen oder ein vergleichbares Gerät, die Salzart und Salzmenge automatisch ermitteln und ausdrucken. Da in einem hierauf spezialisierten Labor der Zeitgewinn dieser Untersuchungsart die Amortisation des teuren Geräts beschleunigt, sind die Preise für halbquantitative und diese quantitative Ermittlung etwa gleich.

4.3.3 Salzuntersuchung mittels Röntgenphasenanalyse

Dieses Analyseverfahren zur besseren Identifikation der Salzherkunft ist zwar am normalen Gebäude unüblich, jedoch zur Untersuchung ungewöhnlicher Schadensfälle oder bei besonderer restauratorischer Sorgfalt dringend zu empfehlen, denn bei der Sanierungsplanung an feuchte- und salzgeschädigten Bauwerken mit besonders erhaltenswerter Putzschale

sind halbquantitative Angaben der Salzbelastung manchmal ungenügend, weil die Anwendbarkeit verschiedener Sanierungstechniken in Abhängigkeit zu der vorliegenden Art und Intensität der vorhandenen Salzkonzentration steht. Spezielle Gegenmaßnahmen erfordern hier die genaue Kenntnis der Zusammensetzung der jeweiligen Salze, die dann als guter Hinweis auf deren Herkunft interpretiert werden können. Der ständige Hinweis von Fachleuten auf Stallmist und Streusalz als Salzquelle stimmt zwar häufig, kann aber auch grundfalsch sein. In solchen Fällen erfordert die quantitative Salzanalyse eine Ergänzung durch die quantitative Identifikation der Salzminerale, da erst Kenntnisse von deren Zusammensetzung Rückschlüsse auf Ursprung und Entstehungsbedingungen zulässt. Diese Untersuchungen erfolgen ausschließlich über die Röntgenphasenanalyse (Röntgendiffraktometrie), die neben der aufwendigen laborativen Ausstattung in gleichen Maßen eine notwendige Auswerterfahrung erfordert.

Ein Beispiel kann die Sinnfälligkeit dieses Untersuchungsaufwands erklären: Nach der Neuverlegung eines Naturstein-Plattenbelags beginnen aus den Mörtelfugen Salze zu „wachsen“. Schuld daran hat wie stets keine der beteiligten Firmen: Die Heizungsfirma beschwört die flächendeckende Abdichtung unter dem Heizestrich; der Estrichleger hat eine Estrich-Normmischung verwendet; der Bodenleger verweist auf einen zu feuchten Untergrund und vermutet gleichzeitig

irgendwelche negativen Einflüsse der Fußbodenheizung; der verfugende Subunternehmer des Bodenlegers verwendete jenen Fugenmörtel aus dem Sack, den er schon seit zehn Jahren – selbstverständlich schadensfrei – einsetzt und die vom Hausbesitzer vorgenommene „Versiegelung“ der Steinplatten war in ihrem Material mit dem Bodenleger abgestimmt worden. Man plant, den Boden bis auf den Untergrund wieder aufzubrechen und die einzelnen Schichten zu untersuchen. Glücklicherweise wählt man doch erst eine genaue Salzanalyse durch Röntgendiffraktometrie. Diese Detektivarbeit deckt im Salz Verbindungen auf, die nur durch Reaktion des Verlegemörtels mit einer bestimmten Chemikalie auftreten können, die sich wieder in einem bestimmten Reinigungsmittel findet. Mit dem Putzwasser drang diese Chemikalie über Fugen und auch Rissen im Stein ein; seine Abtrocknung konnte aber nur über das Fugennetz geschehen. Die durch die chemische Reaktion gebildeten löslichen Salze wandern mit dem Wasser bis zur Verdunstungsstelle – Fugennetz – und kristallisieren dort aus. Die „Sanierung“ bestand nach dieser Erkenntnis aus mehrwöchigem putzmittelfreiem feuchten Wischen und danach Wechseln des Reinigungsmittels.

Es gibt noch weitere Technologien der Salzdetektion, doch sind diese schon aus Kostengründen nur speziellen Problemen vorbehalten.



Abb. 4.22
Kombigerät für Luftfeuchte- und
Temperaturmessung

4.4 Raumklimatische Untersuchungen

Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte bestimmen das Raumklima, üben aber gleichzeitig ihren Einfluss auf die gesamten raumumschließenden Flächen aus.

Zu den bereits beschriebenen Schadensmechanismen, die infolge zu hoher Versalzung auftreten, kommen noch jene der Kondensation, also der Bildung von flüssigem Wasser an den Raumbooberflächen, aber auch in tieferen Schichten der Konstruktion. Verallgemeinernd kann hierzu gesagt werden, dass Kondensat dort auftritt, wo eine zu feuchte Raumluft auf eine zu kalte Oberflächen- oder Bauteiltemperatur trifft, wobei „zu feucht“ und „zu kalt“ variable und sich gegenseitig bedingende Größen sind.

Dies heißt, dass nicht nur Schäden dadurch entstehen, dass infolge ungünstiger raumklimatischer Bedingungen Salze schadensfördernd aktiv werden, sondern es wird auch durch das erhöhte Feuchteangebot der organische Befall gefördert.

Leider ist es auch dem erfahrenen Schadensgutachter kaum möglich, aus den Schadensbildern auf die einzelnen Faktoren des Raumklimas zu schließen; auch hier müssen deshalb die schadensauslösenden Faktoren messtechnisch ermittelt werden.

Zur Messung von Lufttemperatur und Luftfeuchte gibt es viele Geräte, teilweise auch als Kombigeräte. Ihr Nutzen und ihr Einsatzbereich werden vor allem durch die Forderung des Anwenders an Genauigkeit und Reproduzierbarkeit des Messergebnisses bestimmt. Am genauesten misst die Temperatur immer noch das „alte“ Thermometer bei entsprechender Ausführung, doch dauert seine Anpassungszeit für das Messen von mehreren Raumbereichen viel zu lange. Von allen anderen angebotenen, teilweise elektronischen Geräten misst das Aspirationspsychrometer Feuchte und Temperatur am genauesten, verlangt allerdings auch einen verständigen Umgang und einige Pflege.

Bei Messungen mit dem Aspirationspsychrometer wird die Luft mit Hilfe eines kleinen Ventilators an zwei Temperaturfühlern vorbeigeführt, wobei der eine durch ein Reservoir destillierten Wassers ständig befeuchtet wird. In Abhängigkeit von der Feuchte der vorbeiströmenden Luft kühlt dieser Fühler infolge Verdunstung ab: Aus der Temperaturdifferenz zwischen feuchtem und trockenem Fühler ergibt sich die genaue Luftfeuchte, ablesbar an einer Tabelle, oder bei entsprechender Geräteausstattung bereits umgerechnet im Gerät selbst.

Oberflächentemperaturen lassen sich mit Infrarotthermometer, aufgeklebten Temperaturfühlern oder mit hohem Geräteaufwand mittels Thermographie genau erfassen.

Häufig genügt die mehr trendhafte Feststellung des Temperaturverlaufs an der Wandoberfläche, der rasch und ausreichend genau mit einem guten Infrarotthermometer zu erfassen ist. Ein weiterer Vorzug dieses Verfahrens liegt darin, dass hiermit die Oberflächentemperaturen berührungsfrei zu messen sind, also Gerüste, Leitern und ähnliches entfallen können.

Alle genannten Geräte nehmen einen Momentzustand des Raumklimas auf. Gegenüber den bisher beschriebenen Feuchteuntersuchungen hat eine raumklimatische Messung jedoch den großen Nachteil ihrer zeitlichen Dauer, weil das Raumklima stark vom Luftwechsel und damit vom Außenklima abhängt; es verändert sich auch im Jahresverlauf, was die Messung registrieren muss. Gleichzeitig greift die Nutzung ganz entscheidend in das Raumklima ein, wobei unter „Nutzung“ alle Einflüsse zu verstehen sind, die zusätzlich zum Außenklima auf einen Raum einwirken. Für die Beseitigung eines raumklimatisch bedingten Feuchteschadens heißt dies in der Praxis, dass eine Veränderung dieser Einflussgrößen – das Außenklima lässt sich nur indirekt über seine Einflussmöglichkeit auf den Raum verändern – auch einen Einfluss auf die Materialien haben muss. Der zwingende Schluss hieraus ist der, dass diese Einflüsse erfasst werden müssen.



v.l.n.r.

Abb. 4.23

Handmessgerät mit Temperaturfühler

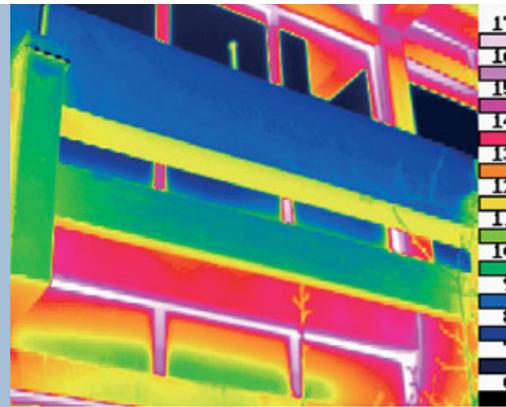
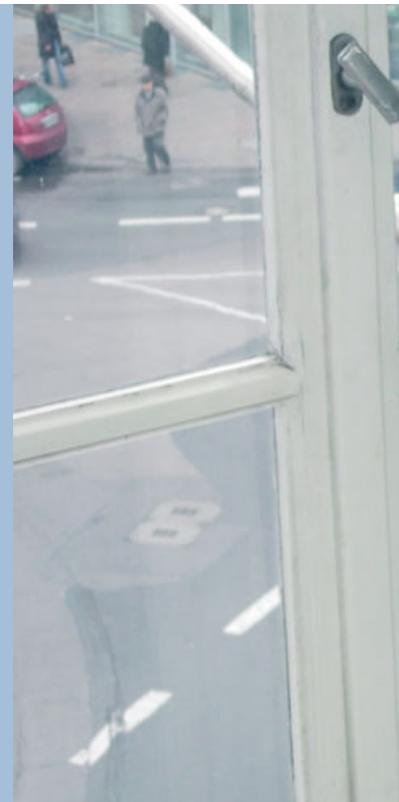


Abb. 4.24

Thermographisches Bild der Oberflächentemperaturen einer Hausfassade



Dies heißt im einzelnen:

Feststellung

1. der Luftfeuchte und Lufttemperatur außen, gegebenenfalls aber auch in den benachbarten Räumen;
2. der Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte;
3. der Oberflächentemperaturen der raumumschließenden Flächen, zumindest die geschädigten Bereiche.

Unter Umständen benötigt man noch Kenntnisse über

4. Raumluftströmungen, vor allem bei sehr hohen Räumen;
5. Nutzungsweise;
6. Feuchtequellen;
7. den Wärmedurchgang durch die geschädigten Bauteile;
8. den Verlauf der Holzfeuchte.

Die Luftfeuchte und die Lufttemperatur über einen einstellbaren Zeitraum zwischen einem Tag und einem Monat werden in der Regel mit einem Thermohygrographen erfasst. Dieses Gerät ist preiswert und ausreichend genau, wenn der Feuchte-sensor vor Ingebrauchnahme kontrolliert und gegebenenfalls nachjustiert wird. Zur Justierung genügt es im „Notfall“ vor Ort ein nasses – aber nicht tropfendes! – Handtuch um das Gerät zu schlingen.

Nach einer halben Stunde sollte bei richtig eingestelltem Gerät die Feuchteanzeige bei etwa 95 % stehen. Sinnvoller, weil umfassender und alle Messdaten zentral aufzeichnend, ist die Installation einer raumklimatischen Messeinrichtung. Da die absolute Luftfeuchte sich vergleichsweise rasch in den unterschiedlichen Bereichen eines Raums anpasst, kann ihre Erfassung an wenigen Stellen vorgenommen werden. Die relative Luftfeuchte hängt von der Lufttemperatur ab, so dass lediglich diese in allen Raumbereichen gemessen werden muss, in denen unterschiedliche Raumtemperaturen zu erwarten sind.



links

Abb. 4.25

Infrarotthermometer

rechts

Abb. 4.26

Thermohygrograph



links

Abb. 4.27

Kleiner Datalogger mit zwei eingebauten Messfühlern

unten

Abb. 4.28

Zentrales Aufzeichnungsgerät für raumklimatische Messungen

Die Lufttemperatur kann sich in den unterschiedlichen Bereichen eines Raums sehr differenziert entwickeln – dies umso mehr, je vielgestaltiger der Innenraum konzipiert ist. In einem Wohnraum wird sich eine gleichmäßige Temperatur in Abhängigkeit von Wärmequelle und Heizweise sehr viel rascher einstellen, als in einem Raum, dessen Volumen mit Emporen und Nischen vielfältig gestaltet ist.

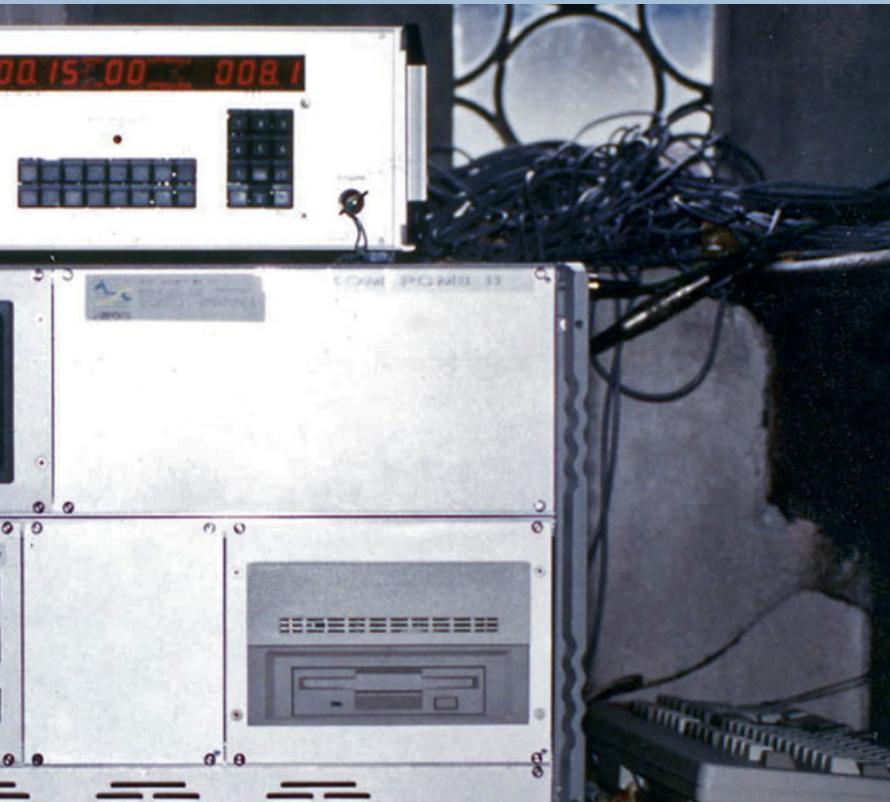
Am Wesentlichsten sind für die Beurteilung der Feuchtebelastung die Oberflächentemperaturen, deren Verlauf nicht nur durch die geometrische Lage des Messpunkts im Raum bestimmt wird, sondern auch aufgrund des Wärmedurchgangs durch die Konstruktion. Die erforderliche Zahl der Raumlufttemperaturfühler ist in der Regel größer als die Zahl der Raumluftfeuchtefühler. Die Oberflächentemperaturen sind jedoch die wichtigsten Messparameter. Hier müssen deshalb die meisten Messfühler eingesetzt werden.

Diese Fühler werden entweder zentral von einem einzigen Aufzeichnungsgerät erfasst, was wegen der umfangreichen



Verkabelung auf Labormaßstab begrenzt ist, oder sind in kleinen Gruppen einem Datalogger zugeordnet, dessen wesentlicher – und meist auch nachteiliger – Unterschied zum zentralen Aufzeichnungsgerät darin liegt, dass seine Speicherkapazität relativ begrenzt ist und deshalb die Daten öfters „abgeholt“ werden müssen.

Welche Aussagen lassen sich nun von einer sachgerecht durchgeführten raumklimatischen Messung ableiten? Die erste und einfachste Folgerung hieraus ist möglicherweise eine ungewöhnlich hohe Feuchtebelastung der raumumschließenden Flächen, die Algen- und Schimmelbefall erwarten lässt – oder begründet. Bedeutsam wird eine Feuchtigkeitsbelastung unter Berücksichtigung der Salze.



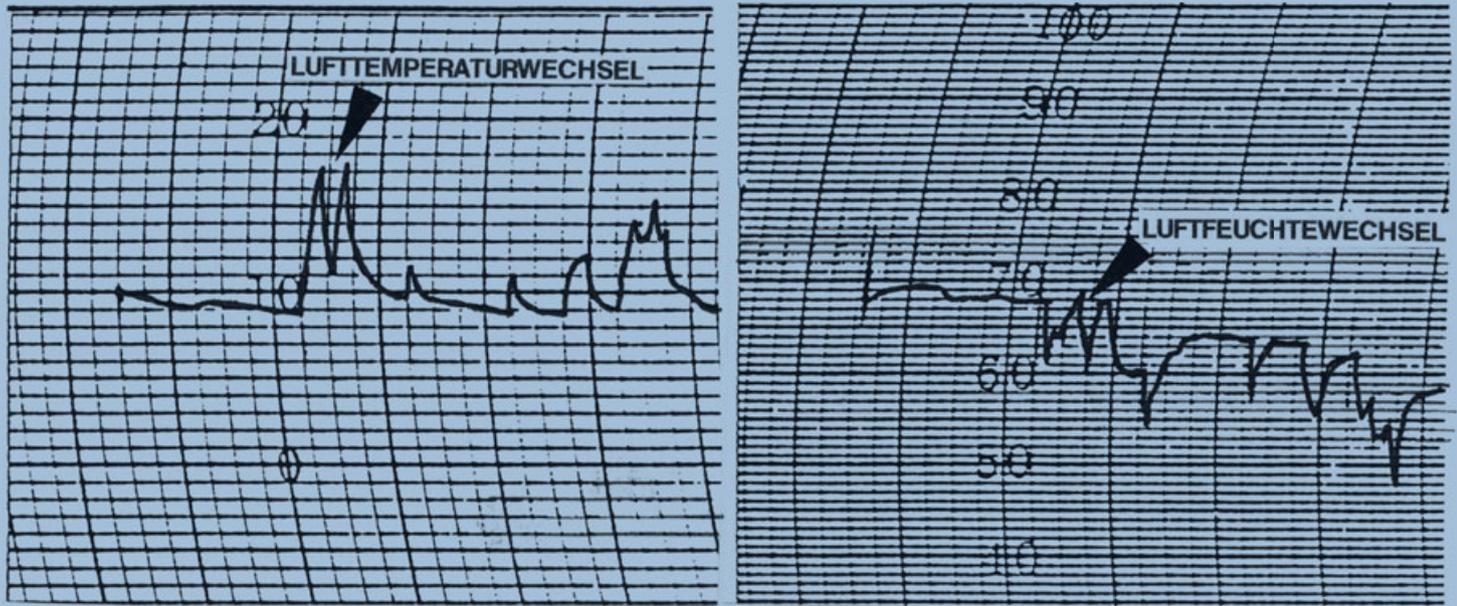
Es gibt einige Salzverbindungen, die ausgerechnet in jenem Bereich des häufig auftretenden Luftfeuchtwechsels einen Phasenwechsel durchmachen, also in Abhängigkeit von der Höhe der Raumluftfeuchte Wassermoleküle in ihr Kristallgitter einbinden oder abgeben, was jeweils mit einem schadenstreibenden Volumenwechsel verbunden ist. Der Restaurator wird zwar in einem einzelnen, besonders erhaltenswerten Bereich den oberflächennahen Salzgehalt durch Kompressen zumindest mittelfristig mindern können, doch ist ihm bis heute keine Möglichkeit an die Hand gegeben, die Versalzung des Untergrunds auf Dauer entscheidend zu verringern. Die einzige Möglichkeit der Verbesserung dieser Situation liegt in einem gezielten Eingriff in das Raumklima.

Wichtig ist das Erkennen der Zusammenhänge zwischen nutzungsbezogenem Luftwechsel bzw. zwischen geforderter Nutzung und der hieraus resultierenden Luftfeuchtigkeit und dem zu erwartenden Schaden. Ebenso lassen sich Jahreszeiten oder Nutzungszeiten mit entsprechenden Luftfeuchtwerten, in denen die Gefährdung sprunghaft ansteigt, voraussagen.

In Ableitung der prognostizierbaren Schäden können Forderungen an das Raumklima aufgestellt werden, wie z.B. winterliche Nutzungseinschränkungen in Räumen, die ehemals nur sommerlich genutzt waren – Jagdschlösser – oder allgemeine Nutzungseinschränkungen bei gebäudeuntypischer Nutzung – Konzerte in Kirchen und Schlosssälen, Wohnräume in Ställen, Restaurants in Gewölbekellern und vieles mehr.

In Wohnungen kann aus den Messergebnissen ein Heiz- oder Lüftungsverhalten oder der Zwang zu zusätzlichen Wärme-dämm-Maßnahmen abgeleitet werden.

Abb. 4.29
Kurzfristige gravierende
Veränderung des Raumklimas
durch Nutzung und damit verbun-
dene Gefährdungszunahme von
Schäden an den raumumschließen-
den Flächen



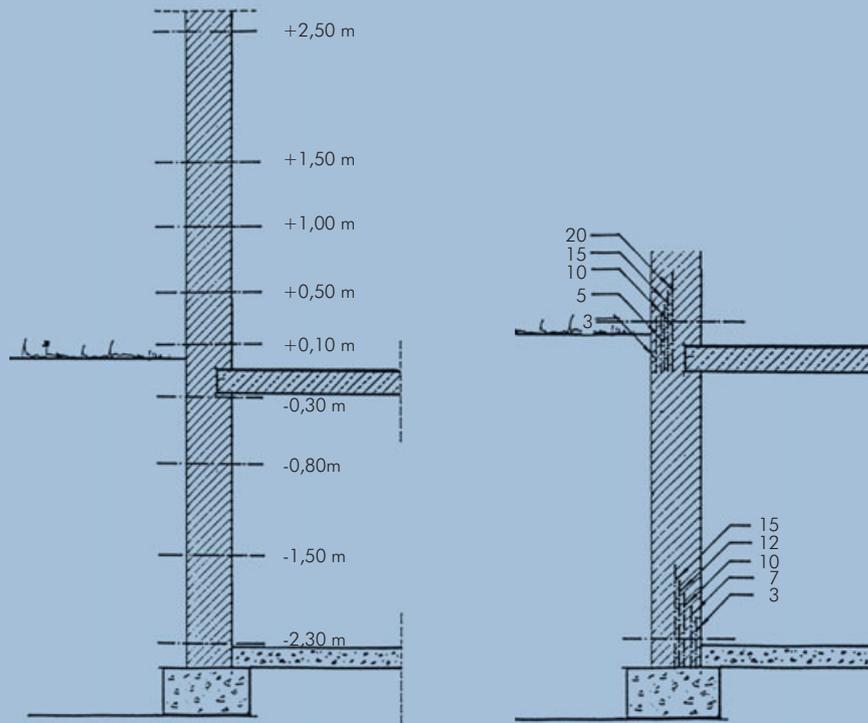


Abb. 4.30
Lage von Probennahmeebenen:
Unterschiedliche Entnahmehöhen
(linkes Bild) und Tiefenstufen
(rechtes Bild)

unten
Abb. 4.31
Beispiel eines Laborprotokolls

4.5 Auswertung

Die Auswertung eines Gesamt-Messergebnisses lässt sich nur objektbezogen erläutern. Einzelne Messergebnisse können aber beispielhaft aufgeführt werden.

4.5.1 Feuchte-Salz

Die Feuchte-Salz-Untersuchung an einem Wohnhaus mit Schäden im Keller und in einem Teil der Erdgeschosswohnungen zeigt folgender Auszug aus dem Laborprotokoll (s. Abb. 4.31).

Der Durchfeuchtungsgrad (Spalte 5) weist eindeutig auf aufsteigende Durchfeuchtungsursache hin: Er nimmt fast kontinuierlich von unten nach oben ab (Spalte 2). Die Versalzung (Spalten 6-8) zeigt deutliche Unterschiede zwischen Mauerwerk und Putz.

Von dessen starker Versalzung darf dennoch nicht auf eine spezielle Salzbekämpfung geschlossen werden, denn dieser Putz

1	2	3	4	5	6	7	8
Entnahmematerial	Entnahmemöhe m	Materialfeuchte %	Sättigungsfuchte %	Durchfeuchtungsgrad %	Chlorid	Sulfat	Nitrat
					Verseuchungsgrad		
Ziegel	- 2,20	16,46	17,12	96,14	2	1	2
Ziegel	- 1,50	14,44	14,93	96,72	1	1	2
Ziegel	- 0,80	16,12	17,33	93,02	2	1	2
Mörtel	- 0,80	16,89	18,78	89,94	4	2	3
Ziegel	- 0,30	13,93	16,87	82,57	2	2	2
Ziegel	0,10	13,77	16,98	81,10	3	2	2
Ziegel	0,50	13,12	17,03	77,04	2	1	1
Ziegel	1,00	9,44	17,20	54,88	1	0	1
Ziegel	1,50	3,12	17,29	18,05	1	0	0
Ziegel	2,50	2,56	16,96	15,09	0	0	1
Putz	0,10	15,33	18,89	81,15	3	2	2
Putz	0,50	-	-	-	3	3	3
Putz	1,00	-	-	-	4	3	4
Putz	1,50	-	-	-	4 (!)	4	4
Putz	2,50	1,88	18,12	10,37	2	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8
Entnah- material	Entnah- metiefe	Material- feuchte	Sättigungs- feuchte	Durchfeuch- tungsgrad	Chlorid	Sulfat	Nitrat
	mm	%	%	%	Verseuchungsgrad		
Ziegel	3	16,46	17,12	96,14	–	–	–
Ziegel	7	14,44	14,93	96,72	–	–	–
Ziegel	10	16,12	17,33	93,02	–	–	–
Mörtel	12	16,89	18,78	89,94	–	–	–
Ziegel	15	13,93	16,87	82,57	–	–	–
Ziegel	3	13,77	16,98	81,10	3	2	2
Ziegel	5	13,12	17,03	77,04	2	1	1
Ziegel	10	9,44	17,20	54,88	1	0	1
Ziegel	15	3,12	17,29	18,05	1	0	0
Ziegel	20	2,56	16,96	15,09	0	0	1
Putz	0,10	15,33	18,89	81,15	3	2	2

Abb. 4.32
Beispiel eines Laborprotokolls

ist bereits so zerstört, dass er entfernt und erneuert werden muss. Nach dieser Sanierung werden nur noch die restlichen Salze im Ziegel am Schadensprozess beteiligt sein; ihr Anteil ist jedoch vergleichsweise gering. Die Mörtelprobe aus dem Ziegelmauerwerk zeigt zudem, dass sich im Mörtel mehr Salze als im Ziegel abgelagert haben, so dass ein Auskratzen der Fugen nochmals eine spürbare Verringerung der Salzbelastung bringen wird.

Die gleichen Feuchtwerte aus anderen Proben ergeben eine völlig andere Folgerung: Es wurden zwei Bohrkern in verschiedenen Tiefenstufen analysiert. Der erste Bohrkern stammt innen aus dem Keller, der zweite Bohrkern wurde von außen im Erdgeschossbereich gezogen (s. Abb. 4.32).

Im Keller kann diese Abnahme des Durchfeuchtungsgrads zum Wandinneren nur bedeuten, dass hier zumindest im Sommer eine hohe Kondensatbelastung vorliegt, es sei denn, dieser Keller enthielte eine stark feuchtespendende Nutzung.

Außen weist der Durchfeuchtungsverlauf auf eine unüblich hohe Feuchtebelastung durch Regen hin, was selbstverständlich nochmals nach einer längeren Schönwetterperiode absichernd überprüft werden müsste. Die Salze sitzen außen oberflächennah, so dass nach einer Sanierung nicht mehr mit einem bedeutsamen Nachwandern gerechnet werden muss.

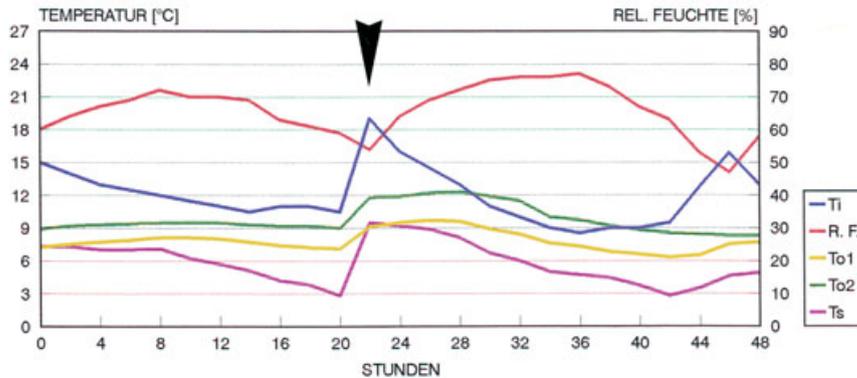


Abb. 4.33
Messtechnischer Ausdruck als
Nachweis der negativen Auswir-
kungen eines Temperierens des
Schlafzimmers durch Öffnen der
Tür zum Wohnzimmer

4.5.2 Raumklima

Die beiden folgenden Ausdrücke stammen aus sehr unterschiedlichen Räumen: Der erste aus einer Wohnung, in der Schimmelpilz auftritt, nach Angabe des Mieters aber nur wenig gekocht und dabei ständig gelüftet wird. Der zweite zeichnet die raumklimatische Situation in einer Kirche auf, in der falsch aufgeheizt wird, nämlich viel zu rasch und viel zu hoch; auch dort kommt es zur Schimmelpilzbildung, vor allem aber zu starkem Wasserablauf von den Fensterscheiben und zu ungleicher und damit besonders deutlicher Verschmutzung.

Das erste Beispiel zeigt jene typischen Zusammenhänge auf, wie sie vor allem dann häufig auftreten, wenn bei Sanierung eines Altbaus unter anderem die Einzelheizung durch eine Zentralheizung ersetzt wird und auch noch die einfachverglasten undichten Fenster gegen isolierverglaste dichte Fenster ausgetauscht werden. Die bis dahin schadensfreie Wohnung zeigt nun Schimmelpilzbefall, obwohl der Mieter seine Lebensweise nicht änderte – und es deshalb für ihn auch nur den einzigen

Schluss geben kann: Die Sanierung war „falsch“. Dass er seine Lebensweise nicht änderte, ist tatsächlich aber der Grund für diesen Schaden. Er heizt wie bisher hauptsächlich den Wohnraum und spart Energie, indem er diese Wärme beim Zubettgehen durch die offene Tür „mitnimmt“ in den unbeheizten Schlafraum, an oder in dessen kalter Außenwand sich nun jene Feuchte niederschlagen muss, die sich über Tag in der warmen Wohnzimmerluft ansammelte. Im Gegensatz zu früher erzeugt nämlich dort kein Einzelofen durch Verbrennung einen Unterdruck, der das stete Nachfließen der trockenen Winterluft erzwingt, was ohnehin durch die neuen dichten Fenster kaum noch möglich ist, so dass die Raumluft wesentlich feuchter ist als bisher (s. Abb. 4.33).

Die Auskunft des Mieters, er koche wenig und wenn doch, werde in der Küche fleißig gelüftet, mag also richtig sein, denn das Geschehen in der Küche hatte in diesem Fall keinen schadenswirksamen Einfluss auf das betroffene Schlafzimmer.

Im zweiten Beispiel wird eine Kirche gegen jede Erfahrung und Empfehlung außerordentlich hoch beheizt; dennoch kommt es zu Kondensatschäden, was nach gültiger Lehrmeinung bei entsprechendem Heizen gar nicht sein darf; der Grund liegt in der Heizweise. Zum Gottesdienst soll es „warm“ sein, die Beheizung darf allerdings nicht viel kosten. So wird erst kurze Zeit vor dem Gottesdienst aufgeheizt; selbstverständlich sinkt die Raumluftfeuchte bei steigenden Temperaturen ab, allerdings bei weitem nicht mit der immer verkündeten, allerdings nur theoretisch richtigen Gesetzmäßigkeit, sondern wesentlich geringer, da durch Abgabe der gespeicherten Feuchte sowohl aus der Raumschale als vor allem auch aus der reichen hölzernen Ausstattung an die Raumluft der heizungsbedingte Abfall der relativen Raumluftfeuchte aufgefangen wird:

Deren absoluter Feuchtegehalt steigt damit aber an. Er steigt nochmals sprunghaft an, wenn nun die Gottesdienstbesucher durch Atmen, Stoffwechsel und feuchte Kleidung weitere Feuchte einbringen. Nach dem Gottesdienst wird die Heizung sofort wieder abgestellt: Die Kirche mit ihren durch das kurze Beheizen kaum erwärmten Baumassen kühlt rasch wieder ab und die relative Raumluftfeuchte steigt. Trotz der nun einsetzenden Absorption – Wasseraufnahme durch Raumschale und Ausstattung – enthält die Raumluft wesentlich mehr an Wasser als zu Beginn des beschriebenen Prozesses: Es kommt zu Kondensat mit den bekannten Folgen (s. Abb. 4.34)

Abb. 4.34
Verstärkung der Raumluftfeuchte durch ein unterbrochenes, nutzungsabhängiges Heizen

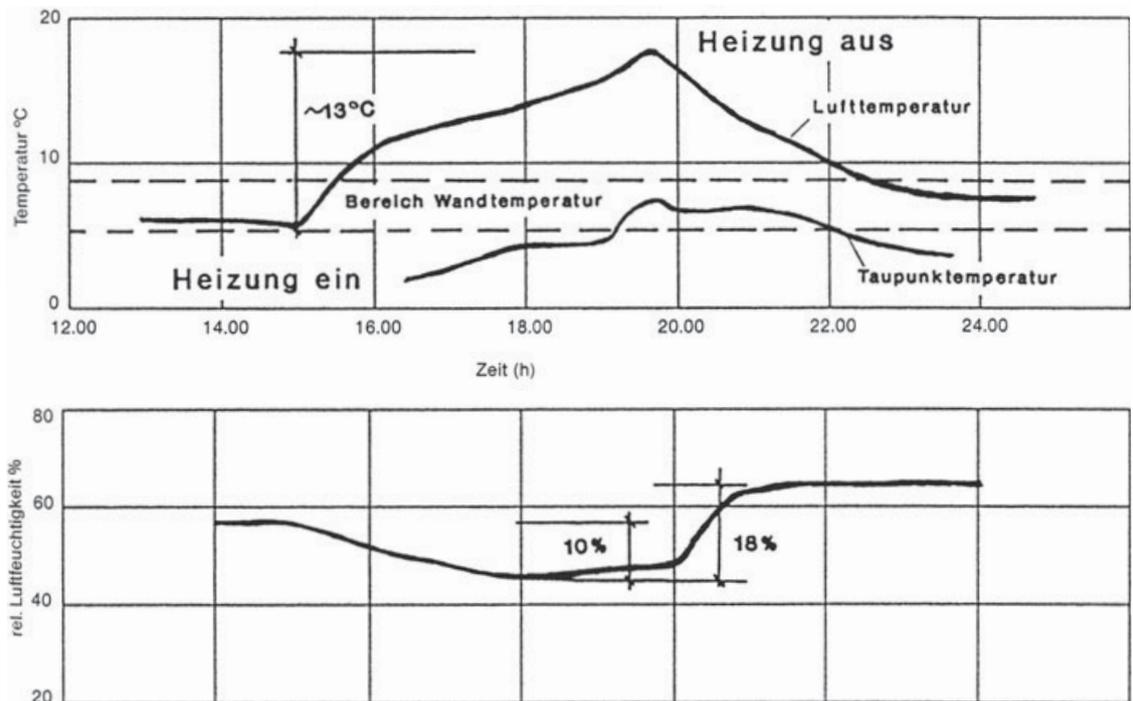


Abb. 5.1
Einfaches „Messgerät“ zum
Nachweis hoher Luftfeuchte:
Die kalte Weinflasche aus dem
Kühlschrank beschlägt rasch und
stark



5. Maßnahmen: Vermeidung und Behebung von Feuchteschäden

5.1 Beeinflussung des Raumklimas

Vereinfacht dargestellt, entsteht Kondensat dort, wo eine zu feuchte Luft an eine zu kalte Oberfläche gelangt. „Zu feucht“ und „zu kalt“ sind selbstverständlich relative Begriffe und müssen stets auch im Zusammenhang gesehen werden.

Zudem spielt beim Entstehen von Kondensat, aber auch bei den Folgen der Kondensatbildung der Aufbau des luftfeuchtebelasteten Bauteils eine Rolle. Muss Kondensat in einem Raum angenommen werden oder wurde es durch Messungen sogar nachgewiesen, sollte auch die Sorptionsfähigkeit (= Fähigkeit zur Wasserdampfaufnahme und -abgabe) der raumumschließenden Flächen wie auch der Ausstattung betrachtet werden: Die alte Küche war noch mit dampfdurchlässiger Kalkfarbe gestrichen, gefliest war nur eine kleine Fläche über der Spüle, an den Fenstern hingen Baumwollvorhänge, der Fußboden bestand aus Fichtenbrettern und alle Möbel waren aus „echtem“ Holz gefertigt. Nach der „Sanierung“ besteht der Anstrich aus vergleichsweise dampfdichter Dispersionsfarbe und die Küche ist auf zwei Seiten hoch verflies; die neuen Vorhänge be-

stehen aus Kunstfaser und der Fußboden erhielt einen Kunststoffbodenbelag; selbstverständlich ist auch die neue Küche nur noch in ihrem Brettkern aus Holz, allerdings bereits aus kunststoffverklebten Holzfasern, deren Deckschicht wiederum eine dampfdichte Kunststoffbeschichtung aufweist.

Weiteres und teilweise auch entscheidendes Kriterium sind die zum Außenklima zusätzlich wirkende Feuchtequellen, die im Regelfall direkt von der Art der Nutzung abhängen.

Ein außergewöhnliches Schadenspotential liegt – geht man von zu hoher Raumluftfeuchte aus – in der Nutzung des Raums. Eine „Übernutzung“ ist hier häufig die Regel, worunter meist alle Nutzungsformen verstanden werden können, die nicht seiner ursprünglich vorgesehenen Nutzungsart entsprechen, z. B. die Kirche als Konzerthalle, der Schlosssaal als winterlicher Ball- und Versammlungsraum, der gewölbte Keller als Gaststätte aber auch die Wohnung als möglichst „abgedichtetes“ Behältnis für Menschen, Pflanzen und Tiere.

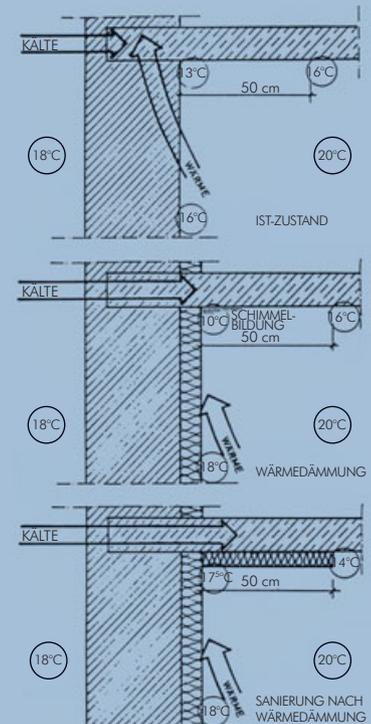
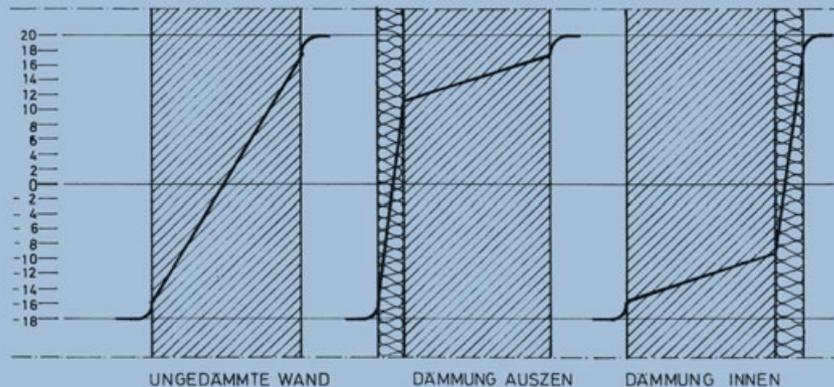
Dieser neuen Beanspruchung durch technische Maßnahmen zu begegnen, bleibt zu häufig ein realitätsfremder Glaube an das Machbare in der Technik. Entsprechend der vorab gegebenen Definition des Kondensierens müsste, um den Schaden beheben zu können, die geschädigte Oberfläche durch Heizen oder Dämmen wärmer oder die Luft trockener werden, was deutlich leichter zu fordern als zu erfüllen ist.

5.1.1 Dämmen

Die erste Lösung verlangt besseres Dämmen oder höheres Heizen. Nachträglich zu dämmen bedeutet einen Eingriff in die Konstruktion, um im Inneren dieser Konstruktion eine deutliche Anhebung des bisherigen Temperaturverlaufs zu erreichen. Die sich aus bauphysikalischer Sicht anbietende Außendämmung ist im Baubestand häufig nicht auszuführen, weil Bauzier oder denkmalpflegerische Aspekte dies verhindern. Die verbleibende Alternative einer Innendämmung ist

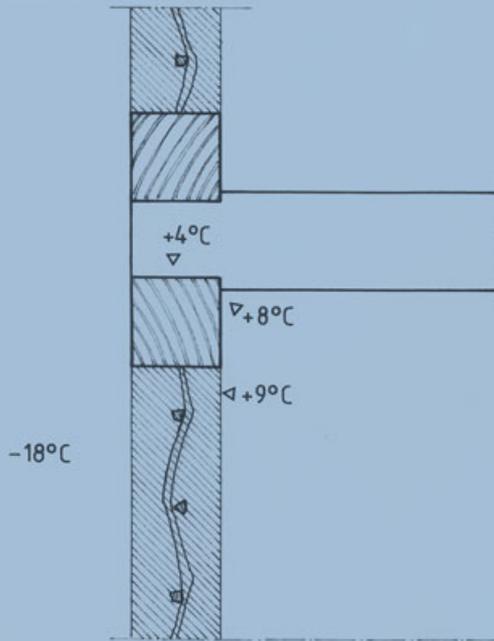
jedoch problematisch. Da die mit Abstand größte Temperaturdifferenz in der wärmegeprägten Außenwand weitgehend in der Dämmschicht stattfindet, sinken bei Innendämmung die winterlichen Bauteiltemperaturen im Wandaufbau dramatisch (Abb. 5.2): Es kann nun dort zu Feuchteschäden infolge Kondensation kommen, wo dies bisher unbekannt war. Die übliche Empfehlung, diese Dämmlage durch eine wasserdampfdichte Schicht vor dem Eindringen der Luftfeuchte zu schützen, ist ebenso richtig wie praxisfremd. Was nämlich als Empfehlung im normalen Wandquerschnitt einfach erfüllt werden kann, bringt Probleme bei einbindenden Bauteilen und einigen Altbau-Details, wozu vor allem Deckenbalken zählen.

Hinzu kommt, dass sich an der Grenze von gedämmten zum ungedämmten Bauteil eine verhängnisvolle Veränderung der Bauteiltemperatur ergibt, die nicht trotz, sondern wegen der Dämmung zu neuen Kondensatschäden, wenn auch an anderer Stelle als bisher, führen kann (Abb. 5.3).



v.l.n.r.
Abb. 5.2
Schematische
Darstellung des
Temperaturverlaufs
in der Wand bei
Dämmung innen und
außen

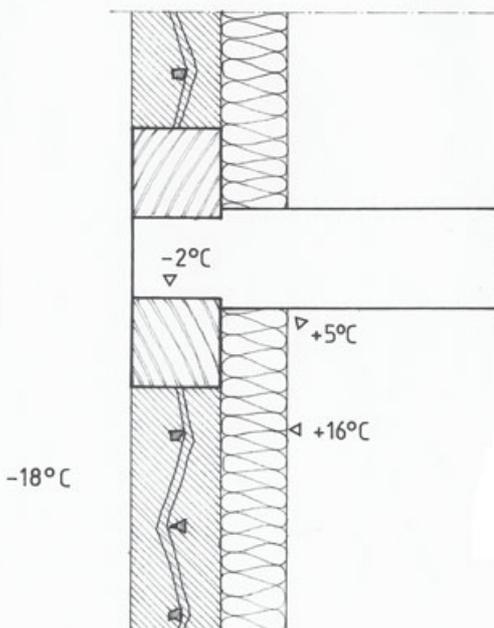
Abb. 5.3
Schematische
Darstellung der
Veränderung der
Oberflächentem-
peraturen durch
Innendämmung und
fragwürdige
Sanierung



Es wird deutlich, dass dem verringerten Wärmeverlust der gedämmten Wand ein erhöhter Wärmeverlust der einbindenden Decke entgegensteht und in diesem Bereich auch tiefere Temperaturen auftreten als vor der „Sanierung“. Besonders Fachwerkhäuser sind bei Innendämmung sehr gefährdet und es gibt inzwischen leider genügend Beispiele einer weitgehenden Zerstörung des konstruktiven Gefüges durch unbedachte Erfüllung der einschlägigen Wärmeschutzvorschriften, die ausschließlich den Wärmedurchgang bedenken, aber die bauphysikalisch zwingende Schädigung infolge Wärmedämmung nicht kennen.

Eine besondere Form der Dämmung bietet, zumindest theoretisch, die zweite Gebäudehülle in Form eines „Wintergartens“. Die Glashülle dieses Wintergartens fängt Wärme ein und schafft gleichzeitig einen puffernden Luftraum zwischen innen und außen. In der Praxis wendet jedoch kaum jemand sehr viel Geld für diesen Wärmefangeffekt auf, erst recht nicht als nachträgliche Sanierungsmaßnahme, wenn er diesen neuen Raum nicht auch als vollwertigen Wohnraum nutzen kann. Dann aber wird „dieser neue Wohnraum“ mit seiner wärmedämmtechnisch unzulänglichen Glashülle zu einer zusätzlichen Quelle des Wärmeverlustes, allen Wärmedämmersparbehauptungen zum Trotz.

Abb. 5.4
Schematische Darstellung der Holztemperatur im Balkenkopf mit und ohne Innendämmung



5.1.2 Heizen

Stärker zu heizen ist vom Grundsatz her eine mögliche Lösung, um zu kalte Oberflächentemperaturen heraufzusetzen. Dem können aber energetische und physikalische Gründe entgegenstehen. Wird dieses „bessere“ Heizen nämlich in Abhängigkeit von der Nutzung stoßweise durchgeführt, wie dies in Kirchen und Schlosssälen bei Konzerten, in mancher Wohnung bei ausschließlicher Wochenendnutzung des Wohnzimmers der Fall ist, trifft die zwar warme, aber doch auch – absolut gesehen – feuchte Luft auf eine immer noch kalte Raumschale, da deren Material nicht so schnell erwärmt wird wie die Luft. Die Folge kann verstärkte Kondensation sein. Besser zu heizen heißt also

Abb. 5.5
Typischer heizungs-
bedingter Schaden an
einem Möbelstück



stets auch, durchlaufend zu heizen, wobei selbstverständlich eine vernünftige Absenkung nachts oder zu anderen Zeiten der Nichtnutzung gewählt werden kann.

Dort, wo es auch auf den Schutz der Ausstattung ankommt, kann die gegen Kondensation so erwünschte Absenkung der Raumluftfeuchte andere unerwünschte Konsequenzen haben: Schädigung – vor allem von Holz – durch zu niedrige Luftfeuchte (Abb. 5.5).

Die hiergegen immer wieder empfohlene Luftbefeuchtung birgt nun aber die starke Gefahr einer Schonung der Ausstattung wieder auf Kosten der Raumhülle, die plötzlich und ausgerechnet zur Winterzeit einen verstärkten Dampfdurchgang verkraften soll, was sie in Wohnungen mit vernünftigem Luftwechsel meist kann, ihr jedoch in historischen Räumen mit schwerer Wandkonstruktion in der Regel nicht gelingt. Diese Belastung lässt sich jedoch berechnen und ist damit kalkulier- und beherrschbar.

5.1.3 Entfeuchten

Die zweite prinzipielle Lösung gegen Kondensat, das Verrin- gern einer zu hohen Raumluftfeuchte ist mechanisch möglich und fast immer problemlos: Ein Entfeuchter, dessen Größe je nach Leistung vom kleinen Koffer bis zum schrankgroßen Gerät reicht, entzieht der Raumluft Wasser, das bei kleinen Geräten in einem Eimer aufgefangen, bei großen Geräten über einen festen Anschluss abgeleitet wird. Selbstverständ- lich kann auch eine kondensatgeschädigte Wohnung auf diese Art „geheilt“ werden, doch lohnt es sich hier in der Regel, die Schadensursache zu beheben, statt diesen ständigen und teu- ren Behelf zu wählen.

5.1.4 Lüften

Das Raumklima wird im Wesentlichen vom Außenklima be- stimmt. Da uns dies vor allem im Winter wegen der niedrigen Temperaturen nicht behagt, wird das Raumklima durch haus- technische Eingriffe unseren Vorstellungen angepasst: Wir heizen. Tatsächlich bedeutet dies auch ein rigoroses Herab- setzen der relativen Raumluftfeuchte, da Luft beim Erwärmen trockener wird. Dieser Abtrocknung wirken verschiedene nutzungsbedingte Feuchtequellen entgegen (siehe Kapitel 2), welche die relative Luftfeuchte anheben. Führt dieses Anhe- ben wieder zur Kondensatbildung, dann ist der Luftwechsel mit der trockenen Winterluft zu schwach: Fenster und Türen sind zu dicht. Das hiergegen teilweise sogar richterlich verord- nete stündliche kurze Stoßlüften ist aber praxisfremd.

Alleine aber sich auf die Luftdurchlässigkeit der Fugen zu verlassen, ohne die Folgen eines zu geringen Luftwechsels für Raum und Nutzer zu berücksichtigen, heißt am falschen Ort zu sparen.

Ein einfacher Test, ob ein Fenster undicht ist, lässt sich problemlos durchführen: Ein Blatt Schreibmaschinenpapier wird in die Fensterfugen geklemmt: Rutscht das Papier ohne Widerstand durch, schluckt ein unnötig hoher Luftwechsel zu viel Heizenergie. Sind die Fenster zu dicht, kann eine mechanische Grundlüftung der Wohnung diesen Mangel ausgleichen, wobei in dieser Maßnahme nur dann ein energetischer Sinn erkannt werden kann, wenn gleichzeitig eine Wärmerückgewinnung aus der Fortluft stattfindet. Diese Maßnahme ist jedoch teuer, in der Regel auch nicht wirtschaftlich und als nachträgliche Maßnahme ohnehin nochmals erschwert.

Hier kann eine andere Lösung gewählt werden: der kontrollierte Luftwechsel. „Kontrolliert“ deshalb, weil der Luftwech-

sel nur dann eine Herabsetzung der Raumlufffeuchte bringen kann, wenn der Feuchtegehalt der Außenluft unter dem der Raumluff liegt. Es ist also die Höhe der absoluten Luftfeuchten innen und außen maßgebend, nicht die der relativen, wie sie jedes Hygrometer misst. Um die absolute Feuchte zu erfassen, sind innen wie außen jeweils ein Luftfeuchte- und ein Lufttemperaturfühler nötig. Aus diesen Werten errechnet ein kleiner Prozessor die absoluten Feuchten: Liegt die äußere unter der inneren, wird ein elektrischer Kontakt geschaltet, der nach Wunsch Fensterstellmotoren oder einen Ventilator schalten kann, also den Luftwechsel automatisch erlaubt oder unterbindet. Was sich kompliziert in der Erklärung liest, ist technisch recht einfach; an Kosten fallen ohne die elektrischen Leitungen zu den Verbrauchern etwa 1.800,- € an.

5.2 Mauerwerkstrockenlegung

Gegen aufsteigende Feuchtigkeit gibt es drei im Prinzip bekannte Verfahrensgruppen, auf die deshalb auch nur kurz eingegangen wird. Grundsätzlich gilt allerdings, dass es keine „beste Methode“ gibt, auch wenn dies immer wieder behauptet wird, da keine dieser Verfahrensgruppen in jedem Fall problemlos und damit überall einsetzbar ist; die elektrophysikalischen Verfahren sind für den hier besprochenen Einsatz allerdings prinzipiell abzulehnen.

Zur nachträglichen Trockenlegung werden eingesetzt:

1. Mauertrennung,
2. Injektionen,
3. elektrophysikalische Verfahren.

Ergänzt oder zum Teil auch ersetzt werden die Verfahren vor allem durch:

4. Dränagen,
5. vertikale Abdichtungen,
6. Sanierputzsysteme.

Eine schematisierte Gegenüberstellung dieser Verfahrensgruppen zeigt Abbildung 5.6, wobei bedeuten:

1. Zustand der geschädigten Wand vor der Sanierung
2. Wirkprinzip einer elektrophysikalischen Anlage
3. Wirkprinzip einer Injektage
4. Wirkprinzip einer Horizontalsperre durch nachträglich eingelegte Dichtung
5. Zustand im Mauerwerk nach Einbau einer Drainage und/oder einer vertikalen Abdichtung
6. Wirkprinzip eines Sanierputzsystems

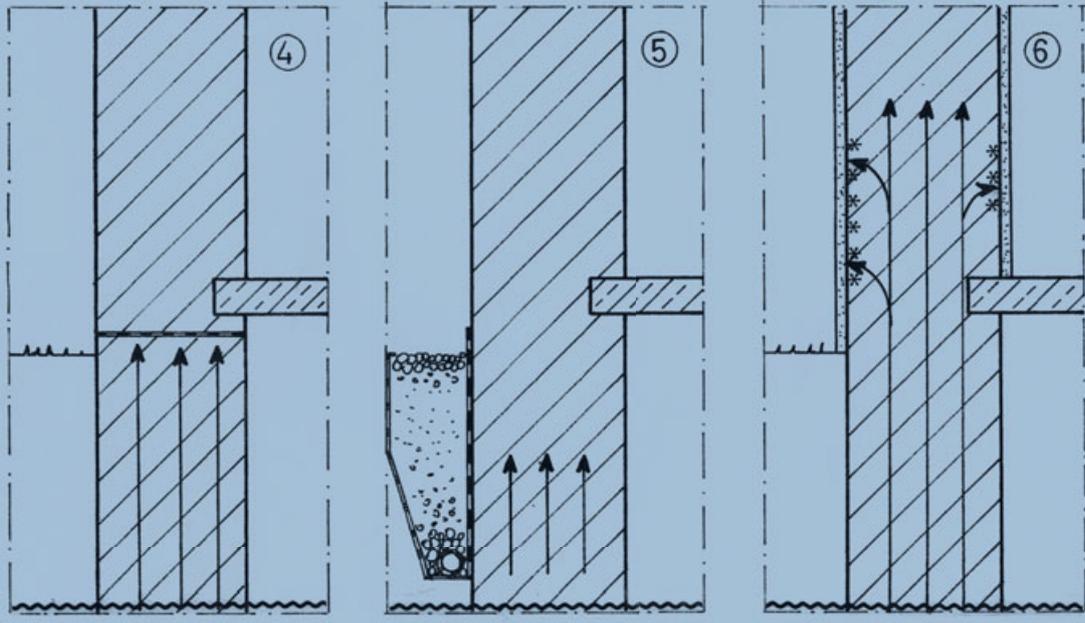
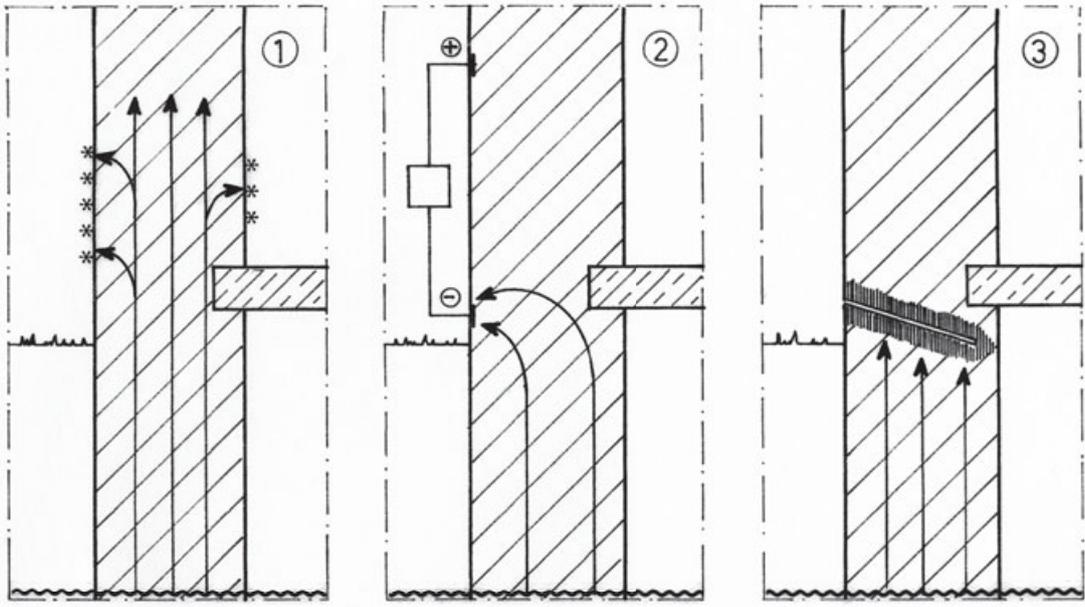


Abbildung 5.6
Schematische
Gegenüberstellung
der verschiedenen
Verfahrensgruppen
zur Trockenlegung

5.2.1 Mauertrennung

Die Mauertrennung als ältestes und bewährtestes Verfahren kann wie früher auch heute noch mit Hand abschnittsweise durchgeführt werden, wobei diese Art der Mauertrennung von den ausführenden Firmen derartig unterschiedlich kalkuliert wird, dass sich von der Kostenseite her weder eine Empfehlung noch eine Ablehnung ableiten lässt.

Bereits seit Jahrzehnten werden zur Trennung von Bauteilen eine Reihe von Maschinen entwickelt, deren einfachste Ausführung schon seit annähernd hundert Jahren ein Sägeblatt durch die Wand rüttelt, was eine durchgehende Lagerfuge im Mauerwerk voraussetzt.

Ist eine durchgehende Lagerfuge nicht vorhanden, was mit zunehmender Wanddicke immer wahrscheinlicher wird, müssen neuere Maschinen gewählt werden, deren Schneidwerkzeug speziell gehärtet oder mit Diamanten besetzt ist. Mit derart bestückten Schwertsägen oder auch anders konstruierten Ket-

tensägen lassen sich auch Wanddicken über 2 m trennen; bei der Seilsäge spielen Wanddicke wie auch Wandmaterial keine Rolle mehr. Bei mehrschaligem Mauerwerk kann es aber auch bei diesen Verfahren zu Problemen kommen.

Bei allen Trennverfahren ist sowohl vom Anwendungsbereich als auch vom Qualitätsstandard aus zu unterscheiden zwischen zwei Verfahrensgruppen:

1. den langsam laufenden trockenen und
2. den mit Wasser gekühlten rasch laufenden Sägen.

Wo die Dicke der Wand, ihr Aufbau und vor allem ihr Fugenverlauf es erlauben, hat die erstgenannte und in der Regel deutlich preiswertere Verfahrensgruppe immer noch ihre Bedeutung. Die zweite Verfahrensgruppe kommt bei schwierigeren Baukonstruktionen zum Einsatz. Bei dieser Verfahrensgruppe ist zu bedenken, dass durch den Einsatz von Kühlwasser die Feuchtelast im Bauteil erhöht wird.

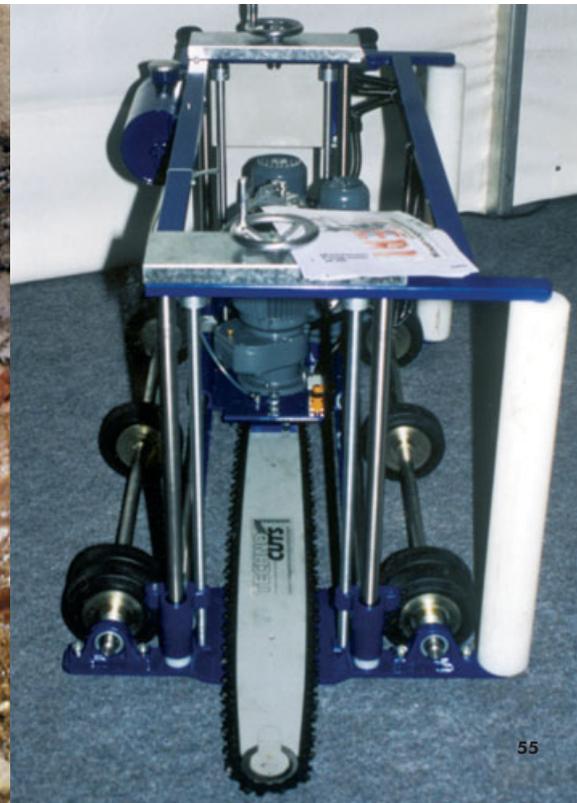
v.l.n.r.

Abb. 5.7

Von Hand getrenntes
Mauerwerk mit Beton-
verpressung

Abb. 5.8

Schwertsäge für exakte
Mauertrennung



Ist eine Wand mehrschalig, hängt die Anwendbarkeit des jeweiligen Verfahrens von der Art der Verfügung ab: Ist diese nicht ausreichend gut vermörtelt oder gar locker, wird es beim Sägen immer wieder zu einem Nachrutschen kommen, was zu einer enormen Verteuerung durch ständiges Nacharbeiten führt. Zudem könnten Erschütterung des Sägens und erstes Nachrutschen in den Schnitt zu einem Absacken der Verfüllung führen, deren statische Konsequenzen in der Regel nicht absehbar sind. Die als Problemlösung empfohlene Vorverpressung kann eine, wenn auch deutlich verteuernde Lösung bieten, birgt aber in sich die Gefahr unerwünschter Reaktionen des Verpressmaterials mit der Verfüllung und dem Mauerwerk.



Allen diesen Trennverfahren ist eigen, dass zwischen Schneiden, Abdichten und Wiederverschließen der Lastabtrag gewährleistet sein muss. Dies geschieht zum einen durch alternierendes Arbeiten sowie durch Verteilen des Trennbereichs während der Arbeitszeit. Trotz sorgfältigen Arbeitens können allerdings Haarrisse nicht ausgeschlossen werden: Ihre Häufigkeit hängt jedoch vor allem auch von der Bearbeitungsqualität ab, wobei die Trennung von Hand schon wegen der Dicke der neu einzubringenden Beton- oder Ziegellage am häufigsten diese Folgeschäden zeigen wird. Es sind deshalb bei jedem Verfahren Umfang und Zahl der einzelnen Trennabschnitte mit den Erfordernissen aus Statik und Konstruktion abzuwägen. Trennung bei ungestörtem Kraftschluss bietet das HW-Verfahren, besser bekannt als „Riffelblechverfahren“. Hierbei werden Edelstahlbleche, die zur Verringerung ihrer Knickneigung gewellt sind, maschinell in das Mauerwerk gerammt: Voraussetzung sind auch hier wieder eine durchgehende Lagerfuge oder ein außergewöhnlich „weicher“ Stein. Um das Einschlagen zu erleichtern, sind die Stoßkanten des Blechs konisch ausgebildet.

Wegen der rasch steigenden Knickgefahr der Bleche findet das Verfahren seine Grenze bei Wandstärken von etwa 0,8 m bis 1,0 m. Um diese Anwendungseinschränkung zu verringern, bieten die Verfahrensanwender seit längerem bei dickeren Wänden ein Vorschneiden des Mauerwerks an.

Bei empfindlichen Objekten sind Verfahren mit geringen systembedingten Erschütterungen einzusetzen; z. B. sind die Seilsägen oder andere schnell laufende und mit Wasser gekühlte Geräte am günstigsten, während einzuschlagende Riffelbleche am ungünstigsten zu bewerten sind. Die Empfindlichkeit der zu behandelnden Gebäude gegen Erschütterungen muss allerdings am Objekt geprüft werden. Dort, wo Decken und Wände im üblichen Verhältnis aussteifend vorhanden sind, können verfahrensbedingte Erschütterungen meist ignoriert werden.

Es ist selbstverständlich, dass die Qualität einer derartigen Trockenlegung von der Qualität der einzubringenden Dichtlage abhängt; auch hier sind pauschale Empfehlungen falsch, da es am Gebäude sehr unterschiedliche chemische Belastungen



links

Abb. 5.9

Seilsäge im Einsatz

unten

Abb. 5.10

**Gerät zum Einschlagen von
Riffelblechen**

Abb. 5.11

**Raumseitiges Detail einer
Mauertrennung durch Riffelbleche**



geben kann. Obwohl Trennungsart und Art der Abdichtung selten in sachlichen Zusammenhang stehen, ist es in der Praxis üblich, dass die sanierende Firma nur bestimmte Abdichtungsmaterialien anbietet. Herkömmliche Abdichtungsprodukte sind beidseitig bituminös kaschierte Metallfolien; es werden aber auch zunehmend Kunststofffolien oder -platten eingesetzt. Ebenfalls vermehrt eingesetzt werden Edelstahlbleche, deren Vorzug gegenüber den Metallfolien in ihrer höheren Festigkeit liegt, denn schon ein kleines Mörtelbruchstück kann das Einschieben einer Folie verhindern, eine Platte oder ein Blech erlauben auch mal die kräftige Nachhilfe durch Hammerschlag.



5.2.2 Injektionen

Allen Injektionen liegt die überzeugende Vorstellung zugrunde, durch einen möglichst kleinen Eingriff – Bohrloch im Durchmesser von 15 bis 30 mm – ein Wirkmittel so in die Wand einzubringen, dass es sich dort möglichst breit verteilt und damit eine von Bohrloch zu Bohrloch reichende Abdichtung erzielt.

Auch dieses Wirkprinzip verlangt einige Voraussetzungen: Das teure Wirkmittel muss aufgenommen werden können. Es dürfen keine Risse und Klüftungen in der Wand sein, da sonst das Injektgemittel wirkungslos versickert. Eine zu feuchte Wand wird das Wirkmittel ebenfalls nur begrenzt aufnehmen können, da die wassergefüllte Pore sich nicht mehr mit einem weiteren Tränkstoff füllen lässt. Als gebräuchliche und auch immer noch gültige Regel gilt, dass bei einem Durchfeuchtungsgrad von über 60 % der Baustoff das Injektgemittel nicht mehr in ausreichender Menge aufnehmen kann. Zementhaltige teilweise auch bituminöse Injektgemittel können

wegen ihrer Teilchengröße nicht die notwendige Eindringtiefe im Bauteil erreichen. Sie sind deshalb nur bedingt anwendbar. Die Wirkungsdauer von funktionstüchtigen Injektgemitteln wird allgemein mit einem Zeitraum von mindestens 15 Jahren angesetzt.

Die verfahrenstypische Voraussetzung eines möglichst tiefen Eindringens des Wirkmittels verlangt verständlicherweise ein möglichst saugfähiges Material. Üblicherweise saugt in einer Wand die Mörtellage stärker als Stein oder Ziegel. Dies bedeutet, dass die Bohrungen so anzusetzen sind, dass mindestens eine, besser zwei Lagerfugen erreicht werden. Dies heißt ferner, dass die Abstände der Bohrlochachsen nicht beliebig erweitert werden dürfen. Ausgehend von der Eindringtiefe heutiger gebräuchlicher Produkte darf der Bohrlochabstand 15 cm nicht überschreiten; bei kritischem Mauerwerk und höherem Anspruch an die Funktionsfähigkeit einer Injektion werden allerdings 12 cm empfohlen (Abb. 5.12).

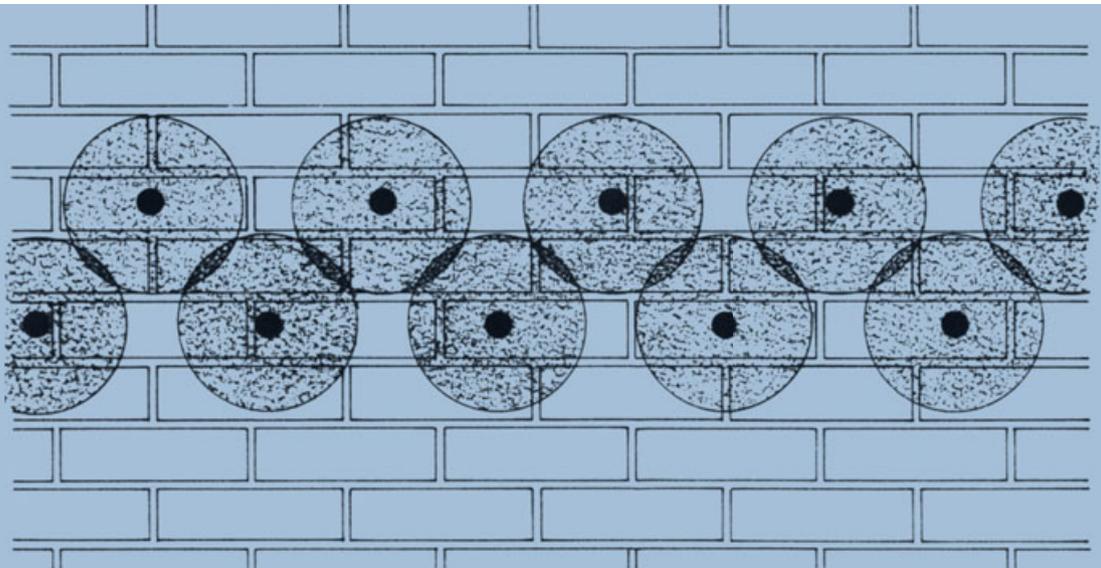
v.l.n.r.

Abb. 5.12

Funktionsschema einer
Trockenlegung durch Injektion

Abb. 5.13

Bohren und Einsetzen der
Verfüllstützen bei einer Injektion



Ob die Wirkflüssigkeit ohne Druck mittels Schwerkraft oder unter Druck eingebracht wird, hängt vom Material, Aufbau und Feuchtegehalt der Wand ab sowie von dem gewählten Injektionsmittel. In vielen Fällen ist das teurere Einbringen unter Druck völlig entbehrlich und dient mehr der werbenden Überzeugung als der technischen Notwendigkeit.

Die Anwendung von Injektageverfahren kann, da der Eingriff irreversibel ist, und die Langzeitwirkung mancher Injektage-mittel noch nicht ausreichend bekannt ist, zu weiteren Problemen führen. Die Illustration eines solchen Problems bieten beispielsweise reine Wasserglasinjektionen, wie sie vor Jahren üblich waren und die sich heute durch zusätzliche Salzsäuren dokumentieren.



5.2.3 Elektrophysikalische Verfahren

Der Versuch, mit Hilfe von elektrischem Strom Wände trockenzulegen, ist unter der irreführenden Bezeichnung „Elektrosmose“ seit langer Zeit bekannt. Elektrosmotische Anlagen sollen – sehr vereinfacht dargestellt – auf dem Naturgesetz beruhen, dass bei Durchströmung eines porösen Körpers mit Flüssigkeit eine Potentialdifferenz auftritt beziehungsweise umgekehrt bei Stromdurchgang im Gleichstromfeld Flüssigteilchen und Festteilchen sich gegeneinander verschieben.

Im Prinzip gleichen sich alle Anlagen: Zwischen den Elektroden (Kathode und Anode) wird ein elektrisches Feld erzeugt, welches das Wasser in die gewünschte Richtung drängen soll. Es gibt seit Jahrzehnten einige erfolgreiche Verfahrenstechniken dieses Prinzips in der Industrie.

Woran liegt es also, dass am feuchten Bauwerk noch nie eine ausreichend positive Wirkung beobachtet werden konnte – allen gegenteiligen Behauptungen der Anbieter zum Trotz? In der baulichen Praxis muss sich das Wasser, entsprechend der gezeigten Gesetzmäßigkeiten, zum Minuspol bewegen, der dorthin gelegt wird, wo die Feuchtigkeit, ohne Schaden anzurichten, verdunsten oder verbleiben kann.

Die Anordnungsmöglichkeiten der Elektroden sind unterschiedlich. Sie können stab- oder bandförmig sein, in die Mauer eingeschlaucht oder als Band vervielfacht werden. Sie sind als runde Kabel oder als Litzen ausgebildet oder werden als Netze verlegt.

Die Verlegung verlangt ein bis zu handtellerbreites Schlitzfenster der obersten Mauerschicht bei Kabeln und ein entsprechend breites Abschlagen des Verputzes bei Netzen. Die Elektroden werden danach wieder eingeputzt (Abb. 5.14).



Diese Trockenlegungsvariante ist zum Aufbau des notwendigen Feldes auf einen Mindestwassergehalt angewiesen, weshalb sich also mit zunehmender Abtrocknung der Trocknungseffekt immer mehr verringern muss. Diese Grenze ist zwar einigen wenigen Fachleuten qualitativ seit langem bekannt, doch wurde sie erst vor kurzem quantitativ bestimmt; sie liegt etwa bei einem Durchfeuchtungsgrad von 50 %, ist also mit Sicherheit viel zu hoch, als dass für die Sanierungspraxis von einer „Trockenlegung“ gesprochen werden dürfte.

Das zweite ausschließende Hauptproblem liegt darin, dass die negative Auswirkung der Versalzung, also des Grads der Versalzung sowie auch der Salzarten, auf den Aufbau des für eine bestimmungsgemäße Trockenlegung notwendigen elektrischen Feldes von den Anbietern immer geleugnet wurde, obwohl immer zu erkennen war, dass mit steigender Versalzung – und es ist dies nun einmal die Regel in diesem Schadensbereich – auch der Effekt sich verflüchtigt und dies sogar noch schadensfördernd. Auch hier gibt es seit kurzem konkretere Erkenntnisse: Wie Untersuchungen von Venzmer

zeigten, geht die Leistung einer solchen elektrophysikalischen Anlage bereits bei der geringen Versalzung von 0,1 (mol/l) auf annähernd null zurück. Der Strombedarf erhöht sich dagegen beträchtlich!

Bei dieser negativen und durch jahrelange Untersuchungen gestützten und auch noch durch die Praxis belegten Beurteilung nimmt es nicht wunder, dass mancher Anbieter dieser Verfahrensgruppe unbedingt ein „Kombi-Verfahren“ anwenden muss: Wegen dieser Art der Trockenlegung muss der verbergende Sanierputz Teil des Angebots werden, der stattdessen ebenso genügt haben würde.

Wer jemals mit derartigen Verfahren arbeitete, konnte feststellen, dass sich an den Elektroden starke Salzkonzentrationen einstellen. Schon vor etwa zwanzig Jahren brachte dies einige Anbieter, aber auch die Wissenschaft, auf die Idee, mittels Strom eine feuchtes, salzverseuchtes Mauerwerk, wenn schon nicht trocken zu legen, dann doch zu „entsalzen“. Es wird dies unter 5.2.4 „Salzsanieung“ beschrieben.

Obwohl alle diese Verfahren also in einer salzhaltigen Wand nicht funktionieren und selbst bei praktischer Salzfreiheit den Wassergehalt auch nicht ausreichend tief drücken können, werden sie weiterhin mit frechen Versprechen angeboten. Es wird deshalb betont, dass die hier ausgesprochene Ablehnung umfassend ist.

5.2.4 „Salzsanierung“

Es ist das Wasser, das grundsätzlich als Träger von Verwitterung und Korrosion bezeichnet werden muss: Ohne Feuchtigkeit gäbe es keine Frostschäden, keine biologische und chemische Korrosion – und keinen Salztransport. Salzbekämpfung verlangt also in der Regel Maßnahmen gegen das Wasser. Da umgekehrt aber mit dem Versalzungsgrad auch die Durchfeuchtung der Wand steigt, ist eine Bekämpfung wasserlöslicher Salze die Voraussetzung für einen dauerhaften Feuchteschutz.

So kann aus der Kombination zweier füreinander ungeeigneter Materialien, etwa Gips und Zement, ein Schadsalz, wie z. B. Ettringit und Thaumasit, mit zerstörender Wirkung in Bauteilen entstehen. Eine ähnliche Wirkung liegt dem gefürchteten Alkalitreiben bei Beton zugrunde, bei dem die Reaktion von Kieselsäureanteilen ungeeigneter Betonzuschläge mit den Alkalien des Zements zu den kraterförmigen Absprengungen der Betonoberfläche führt.

Leider vom Einzelnen nicht beeinflussbar ist die Salzbildung aus der Luftverschmutzung. Alle unsere Brennstoffe, auch Gas und Holz, enthalten Schwefel, der bei der Verbrennung nach der Gleichung $S + O_2$ Schwefeldioxid bildet. In der Atmosphäre oxidiert ein Teil des Schwefeldioxids zu Schwefeltrioxid, das mit Wasser nach der Gleichung $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$ bildet. Diese Schwefelsäure greift nun vor allem Carbonate an, also die Bindemittel sowohl von Mörtel und Beton als auch von Kalkanstrichen und einer Reihe von Natursteinen.

Zwar genügt bereits eine hohe Luftfeuchtigkeit zur Bildung von Schwefelsäure, doch kommt deren Angriff zur vollen Wirkung bei flüssigem Wasser. Flüssiges Wasser finden wir in der Wand zwar bei aufsteigender Feuchtigkeit im Sockelbereich, vor allem aber bei saugenden Mauerwerkoberflächen durch eben diesen sauren Regen. Dies heißt, dass saugfähige und kalkhaltige Fassadenoberflächen hier besonders gefährdet sind (siehe 5.33: Fassade „abdichten“). Letztlich kann das Bauwerk geeignete Mengen von Salz auch aus dem Erdreich und dem Grundwasser entnehmen. Diese Salze können natürlich im Erdreich und Grundwasser vorhanden sein, oder sie gelangen durch natürliche wie künstliche Düngemittel oder aber auch durch Salzstreuung über die erdberührenden Bauteile in die Wand. Der Grad dieser Salzverseuchung wird offensichtlich immer noch unterschätzt, da trotz der Tatsache, dass gebietsweise das Grundwasser keine Trinkwasserqualität mehr besitzt, der Düngemittelmissbrauch ungestraft fortgesetzt werden darf.

Eine Salzbekämpfung setzt Kenntnis von Salzart und Salzmenge voraus (siehe 4.3 „Salzuntersuchungen“). In seltenen Fällen findet man im Mauerwerk eine höhere Salzkonzentration als an der Oberfläche. Üblicherweise weist die Wandoberfläche, entsprechend dem Weg des Wassertransports, eine wesentlich erhöhte Schadsalzkonzentration auf. Nichts liegt also näher, als diese Salze mit der zerstörten Wandoberfläche zu entfernen (Abb. 5.15, Seite 63).

Mit Ausnahme besonders erhaltenswerter Putzschichten ist dies problemlos möglich bei verputzten Außenwänden, da der Putz ohnehin durch die Salzausblühungen angegriffen oder zerstört ist. Mit entsprechendem Gerät wird der gesamte Außenputz bis zum Mauerwerk entfernt, und zwar bis zu etwa 100 cm über die oberste sichtbare Schadgrenze, da sich überhöhte Salzkonzentrationen noch weit über dem sichtbaren Punkt finden. Die Empfehlung, einen Meter über die augenscheinliche Schadzone zu gehen, ist ein kostenbewusster Kompromiss zwischen sichtbarer Versalzung und der noch mehrere Meter darüber hinaus aufsteigenden unsichtbaren. Zusätzlich müssen nun mit Spitzseisen, Bauklammer oder auch mechanischem Fugenmeißel die Fugen noch 1-2 cm tief ausgekratzt werden, da bei den meisten Baustoffen der Wassertransport und damit auch der Salztransport stärker über das Fugennetz als über den Baustein selbst geschieht.

Häufig wird dabei der Fehler gemacht, das abgeschlagene Material liegen zu lassen, so dass schon beim ersten Regen die löslichen Salze wieder in den Boden gewaschen werden. Es ist also zwingend nötig, das salzverseuchte Abbruchmaterial auf Folien oder ähnlichem aufzufangen.

Betont wird nochmals, dass diese Form der Salzentfernung die simpelste und fast auch kostenlose Art der Salzbekämpfung darstellt, da der salzgeschädigte Putz ohnehin nicht gehalten werden kann. Es ist aus diesem Grund auch falsch, um nicht zu sagen im höchsten Maße unseriös, wenn bei Gutachten zur Feststellung der besten Salzbekämpfungsart nur Proben von dieser salzverseuchten Oberfläche genommen werden, um dann zwingend abzuleiten, dass eine chemische Salzbehandlung durchgeführt werden muss. Diese Praxis ist fast die Regel bei firmenseitigen Gutachten, die ein Angebot über Salzbekämpfung und Sanierputze abgeben: Zum einen ist die Probengewinnung wesentlich kostengünstiger als das Ziehen eines Bohrkerns aus der Wand; zum anderen wird das Ergebnis auf erfreuliche Art dem Umsatz dienen.

Die chemische Salzbehandlung ist als zweite und von Fall zu Fall auch durchaus sinnvolle Salzbekämpfungsmaßnahme zu nennen; obwohl der Name irreführend ist, denn es werden wieder nur die obersten Schichten erfasst. Das Prinzip der chemischen Salzbekämpfung beruht darauf, die durch ihre Löslichkeit gefährlichen Salze in unlösliche Verbindungen umzuwandeln.

Die Umwandlungsmittel werden entweder durch Sprühen oder durch Bestreichen aufgebracht, wobei die einschlägigen Schutzvorschriften zu beachten sind, da derartige „Salzumwandler“ giftig sind, doch werden diese salzbekämpfenden Gifte gleichsam physikalisch „gebunden“. Anders als beispielsweise bei Lösungsmitteln in Spanplatten oder Wärmedämmstoffen besteht hier also kein Dampfdruckgefälle aus dem Material zur Außenluft und damit auch keine gesundheitsschädigende Abgabe. Um sich das Gift zuzuführen, müsste man schon ein Stück der behandelten Wand verspeisen!

Die Einschränkung dieser bisher noch viel zu häufig angewandten Salzbekämpfungsmaßnahme lässt sich aber auch damit begründen, dass lediglich Sulfate und, eingeschränkt, Chloride damit behandelt werden können und leider nicht die am stärksten bauschädigend wirkenden Nitrate. Dies ist auch der Grund für die zwingende Forderung, eine chemische Salzbehandlung nur nach einer sorgfältigen Salzanalyse auszuführen. Wird von einer Firma oder auch von einem Gutachter eine chemische Salzbehandlung ohne diese Analyse angeboten, so sollte man beide wechseln: Dieses Vorgehen kann uneingeschränkt als unseriöse Geschäftemacherei bezeichnet werden.

Obwohl Sanierputze zu den salzbekämpfenden Maßnahmen gehören, werden sie wegen ihrer Bedeutung in einem eigenen Kapitel beschrieben.

Als weitere Maßnahme zur Salzbekämpfung ist die Behandlung der Baustoffoberfläche mit verdichtenden oder hydrophobierenden Materialien zu nennen.

Abb. 5.15
Manche Versalzungen lassen sich nur durch Materialaustausch oder vorübergehende Kompressenputze bekämpfen.

Diese verdichtenden Produkte, meist auf der Basis von Fluaten, werden auf die salzverseuchte Oberfläche aufgebracht und scheiden dort unter anderem Kieselgel aus. Diese Verdichtung hält nun zwar die Salze zurück, doch werden diese eben vor der verdichteten Oberfläche auskristallisieren und dort ihren Druck wie beschrieben ausüben. Dies heißt, dass eine solche Behandlung Salzs Schäden nur verzögern, aber nicht auf Dauer verhindern kann. Das gleiche gilt selbstverständlich für alle abdichtenden Maßnahmen, wie Zementschlemmen und auch – wenngleich nur eingeschränkt – für die Hydrophobierung.



Diese nachträgliche Hydrophobierung salzverseuchten Mauerwerks verhindert zwar auch wieder das Einwandern der löslichen Salze während der Abbindungszeit des Putzes, doch schränkt sie gleichzeitig die Haftung dieses neuen Putzes auf dem behandelten Mauerwerk ein, da es keine Hydrophobierung nur in eine Richtung gibt. Es muss deshalb sorgfältigst feucht in feucht gearbeitet werden, will man vermeiden, dass der neu aufgetragene Putz wegen zu geringer Haftung abfällt. Hieraus lässt sich wieder eine dringende Empfehlung ableiten: Um im Ernstfall nur einen Haftungspartner zu haben, sollten Hydrophobierung und Neuperputz unbedingt von einer einzigen Firma ausgeführt werden.

Eine weitere, sehr bewährte, aber in der bisherigen Form viel zu teure Methode der Salzbekämpfung ist die Anlage von Kompressen. Bei diesem Verfahren wird das geschädigte Bauteil dadurch entsalzt, indem ein kapillar stark wirksames Material – im Regelfall reine Zellulose! – aufgelegt und feucht gehalten wird. Damit wandern die Salze in diese neue Außenzone und können später mit ihr abgenommen werden.

Aus Kostengründen wird dieses Verfahren bisher nur angewandt bei salzverseuchten Steinplastiken oder aber im Bereich wertvoller Fresken.

Am salzverseuchten Mauerwerk werden allenfalls „Kompressenputze“ eingesetzt, Putzsysteme, die aus dem Sanierputz abgeleitet wurden und nach Aufnahme größerer Salzmenge ebenfalls wieder entfernt, also abgeschlagen werden müssen. Kompressenputze sollten also folgende Eigenschaften aufweisen:

- hoher Anteil kapillar wirksamer Poren, dies heißt hoher Anteil kleiner Poren;
- keine oder nur sehr geringe porenhydrophobe Einstellung;
- Verwendung eines salzresistenten Bindemittels;
- Einstellung des Bindemittelanteils für eine leichte Entfernung;
- geringe Endfestigkeit.

Bei elektrophysikalischen Anlagen zur Entfeuchtung fällt immer wieder auf, dass sich an den Elektroden Salzkonzentrationen bilden. Bereits in den 80er Jahren wurde an der Ostberliner Akademie der Wissenschaften, im Zentral-Institut für physikalische Chemie, ein elektrisches Verfahren zur Mauerwerksentsalzung genutzt. Dieses AET-Verfahren zeigte zwar die grundsätzliche Funktionsfähigkeit dieser Idee, doch war die praktische Umsetzung nicht diskutabel, auch wenn der Entsalzungsprozess unmittelbar nach Anlegen der Spannung begann.

Als systembezogener Nachteil zeigte sich, dass sich an den Elektroden aggressive Gase bilden, die Metalle angreifen und Bewuchs zerstören, was zumindest in geschlossenen Räumen als weiterer negativer Aspekt zu berücksichtigen ist.

Ein vergleichbares Wirkprinzip liegt dem KERASAN-Verfahren zugrunde. Die positiven Elektroden (Anoden) steckt man in eine Bohrung im salzverseuchten Mauerwerk ein. Sie bestehen aus einem elektrisch leitenden Kunststoffkern, der von einer halbdurchlässigen Membran umgeben ist und werden wieder miteinander leitend verbunden. Die negative Elektrode (Kathode) kann als durchgehende Rundelektrode verlegt werden.

Die gelösten Salze dringen in die salzsammelnde Anode ein, deren Membran gewährleistet, dass sich die Salze innerhalb des Elektrodenraums sammeln können. Die Abstände der Elektroden zueinander hängen vom Versalzungsgrad des Mauerwerks ab; im Schnitt liegt dieser Abstand bei 50 cm. Sind die Elektroden mit Salz gesättigt, müssen sie ausgewechselt werden. Die Aufnahmefähigkeit einer solchen Elektrode kann immerhin bis zu 500 g betragen, was Abbildung 5.16 einer nach dem Ausbau aufgeschnittenen Anode (unten) überzeugend belegt.

Dem Hausbesitzer wie dem Architekten kann zusammenfassend nochmals geraten werden, die Anwendung der hier beschriebenen



Entsalzungsmöglichkeiten nach dem mechanischen Abnehmen des salzverseuchten Außenputzes sehr sorgfältig zu prüfen; in der überwiegenden Zahl der Fälle wird die zusätzliche Salzbehandlung mehr dem Ausführenden als dem geschädigten Mauerwerk nützen. Zur sicheren und korrekten Abwägung, welche Maßnahmen in diesem speziellen Sanierungsfall in einem vertretbaren Kosten-Nutzen-Verhältnis stehen, bedarf es einer sorgfältigen Salzanalyse.

Bisher wurde stets davon ausgegangen, dass das salzgeschädigte Mauerwerk verputzt sei. Dies ist aber gegendweise sogar die Ausnahme. Was also kann unternommen werden, wenn ein Sichtziegel- oder ein anderes Sichtmauerwerk mit starken Salzausblühungen saniert werden soll? Die ehrliche, aber trostlose Antwort ist: Gar nichts, es sei denn das unten beschriebene, sehr aufwändige Injektionskompressenverfahren kann eingesetzt werden! Die immer wieder empfohlene Hydrophobierung eines Sichtmauerwerks, brächte im besten Fall eine kurzfristige Verzögerung weiterer Schäden, dies aber vielfach unter verstärkter Schadenswirkung durch Wasser.

Der Einsatz des bewährten Sanierputzes entfällt, es sei denn, man wollte das Prinzip der steinsichtigen Fassade aufgeben. Das Injektionskompressenverfahren wird im Kleinen seit langer Zeit angewandt, allerdings nie unter irgend einer Verfahrensbezeichnung und fast ausschließlich durch Restauratoren. Über spezielle Packer wird die zu entsalzende Wand in ihrem Kern mit Wasser gespeist, das nun das salzhaltige Mauerwerk in Richtung der beidseitig aufgelegten Kompressen unter Mitnahme löslicher Salze durchfließt. Diese Kompressen müssen immer wieder erneuert beziehungsweise ausgewaschen werden, da die Salzmenge einer derart verseuchten Wand je Quadratmeter mehrere Kilogramm betragen kann.

5.3 Zusätzliche Verfahren

Neben diesen drei kurz umrissenen Verfahren zur Trockenlegung gibt es einige flankierende Maßnahmen, von denen vor allem die Dränage, die vertikale Abdichtung und der Sanierputz hervorzuheben sind, die durchaus auch, jedes für sich angewandt, bereits eine ausreichende Sanierung bewirken können, wobei „Sanierung“ hier nicht technisch, sondern nach den Nutzungsanforderungen zu definieren ist.

5.3.1 Drainagen und Vertikalabdichtung

Beide Verfahren sind zusammen zu nennen, denn sie funktionieren dadurch, dass sie Wasser in flüssiger Form von jener Wand fernhalten, die bisher dieses Wasser aus dem Erdreich aufnahm und nach oben transportierte. Diese Wasseraufnahme über ein erdberührtes Bauteil, also Fundament und/oder Kellerwände, geschieht aber nicht nur von der Seitenfläche her, sondern auch von der Sohle. Sie kann mit diesen beiden Verfahren jedoch nicht erreicht werden, was bedeutet, dass

grundsätzlich der zu erwartende positive Effekt bei einer Drainage und bei einer Vertikalabdichtung davon abhängt, in welchem Verhältnis die beeinflussbare Seitenfläche zur nicht beeinflussbaren Grundfläche des Mauerwerks steht. Dies heißt in der Praxis, dass beispielsweise ein breites, aber flaches Grundmauerwerk, wie sie sehr viele der historischen, nicht unterkellerten Gebäude, gleich ob Bauernhof, Kirche oder Schloss zeigen, hierfür ungeeigneter ist als beispielsweise eine 3 m tief reichende Kelleraußenwand, weshalb die beliebte pauschale Empfehlung einer Drainage, wie dies von vielen Architekten und vor allem auch von der amtlichen Denkmalpflege geschieht, weniger Sachkenntnis als Denkfaulheit verrät.

Eine sachgemäße Drainage besteht grundsätzlich aus drei Elementen: Sickerschicht, Filterschicht, Drainagerohr (Abb. 5.17), wobei es vom Prinzip her unerheblich ist, ob diese Maßnahme konventionell durchgeführt, also tatsächlich mit Kies-

und Sandschüttung über einem Drainrohr eingebaut wird, oder ob eines der zahlreichen neuen Systeme gewählt wird, bei denen meist die beiden Funktionsschichten „Sickerschicht“ und „Filterschicht“ aus Kostengründen in einer gemeinsamen Platte oder Matte geliefert werden. Beurteilt man diese neuen Lösungen praktisch, so liegt ihr einziger Vorteil darin, dass diese Lösungen preiswerter sind, zum Teil sogar erheblich. Praktisch sinnvoller als eine nur mehrere Zentimeter starke moderne „Kombilösung“ bleibt allerdings die konventionelle aus wesentlich stärkeren Kies- und Sandlagen.

Die einschlägige Norm sieht die Drainage als Sicherheitsmaßnahme bei zeitlich begrenzt auftretenden Wasserhochständen am Fundament vor; sie schützt damit das Mauerwerk über der im Neubau obligatorischen Horizontalabdichtung. So ist es dort auch im Gegensatz zum Altbau, von Vorteil, unter dem Drainrohr eine etwa 15 cm hohe Lage Grobschlag anzuordnen, die über Jahre Sinkstoffe aufnehmen kann. Am Altbau gibt es diese Horizontalabdichtung bei den beschriebenen Feuchteschäden aber meist nicht. Hier neubaugleich die Norm zu

erfüllen, bedeutet also die teure Errichtung einer Anlage zur ständigen Bewässerung des Gebäudes, da der Wassersack unter dem Drainrohr selbstverständlich nicht entwässert wird (Abbildung 5.18 und 5.19).

Bei der Beurteilung der Drainage kommt unter dem Gesichtspunkt der Gründungstiefe sehr erschwerend noch hinzu, dass jede Drainung bestimmungsgemäß zwischen feuchter Erde und abzutrocknender Wand eine grobporige Sickerschicht legen muss, die alles seitlich eindringende Wasser rechtzeitig zum Drainrohr abrinnen lässt und damit die Wand von flüssigem Wasser freihält. Diese Sickerschicht funktioniert aber prinzipiell gegenüber jedem Wasseranfall, der sie berührt: Sie führt also auch heftiges Niederschlagwasser, Tauwasser, Oberflächenwasser bei Wolkenbrüchen, Schmelzwasser und anderes zum Drainrohr, das im günstigste Fall in der Ebene der Fundamentsohle liegt. Diese Ebene wird damit also wesentlich stärker feuchtebeaufschlagt als vor dem Einbau jeder Drainage. Diese Tatsache kann im Laufe der Jahre noch an unheilvoller Bedeutung gewinnen, da üblicherweise das Drainrohr sich we-

v.l.n.r.

Abb. 5.17

Schematische Darstellung der drei Elemente jeder Drainage

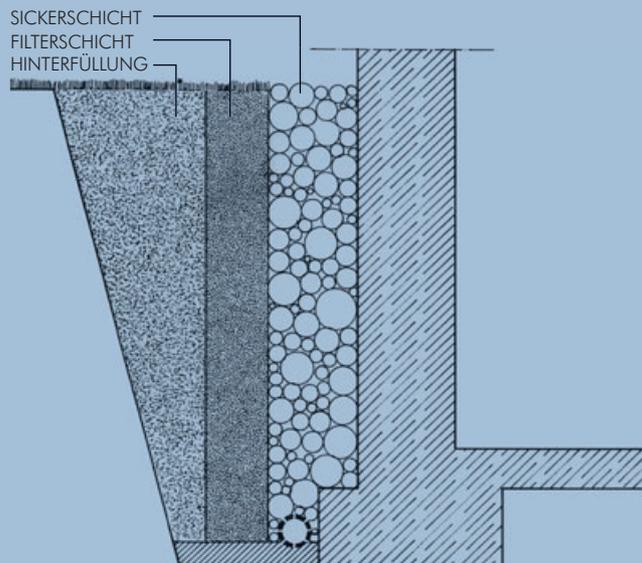


Abbildung 5.18

Normgerechte

Ausführung für den

Neubau: Horizontale

Abdichtung (nach DIN

4095)

Abbildung 5.19

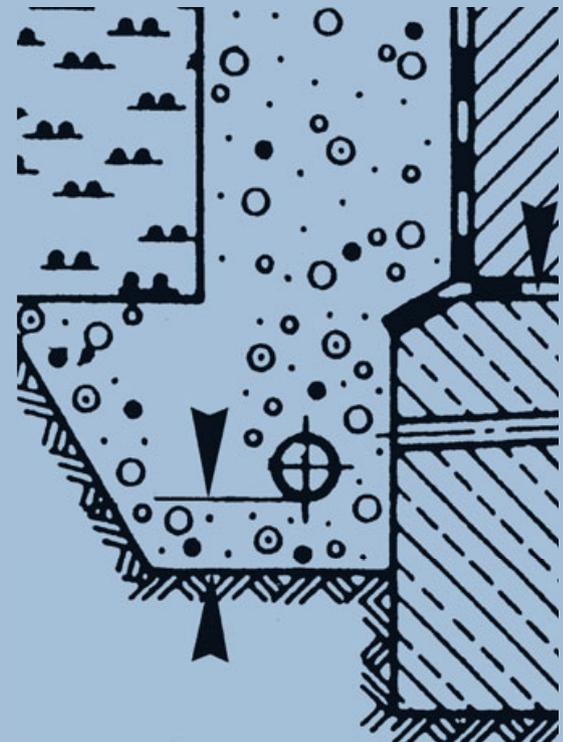
Falsche Anordnung

des Drainrohrs ver-

ursacht beim Altbau

schadensfördernden

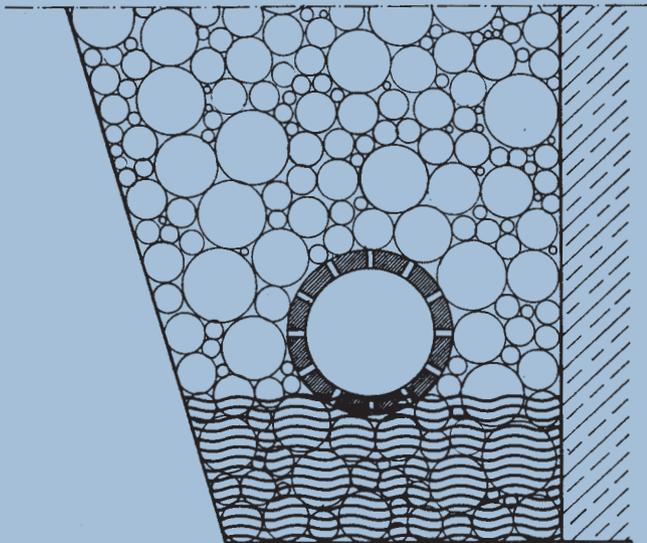
Wasserstau



gen mangelnder Wartung schon lange zugesetzt hat, während die hohlraumreiche Sickerschicht immer noch jeden Wassertropfen zum Mauerfuß leitet.

Voraussetzung für langjähriges Funktionieren einer Drainage ist also nicht nur die an sich selbstverständliche Möglichkeit der ungestörten und ausreichend funktionierenden Wasserab-
leitung, sondern auch ein günstiges Verhältnis von Wandtiefe zu –breite und die auch auf Dauer ungestörte Reinigungsmöglichkeit des Drainrohrs, was entsprechend den Angaben der Norm die Anlage von Spülrohren, besser von Revisionschächten, verlangt. Um dieses Verschlammen zeitlich möglichst zu dehnen, sind gewachsenes Erdreich beziehungsweise Hinterfüllung und Sickerschicht durch eine Filter- oder Sauberkeitsschicht sorgfältig zu trennen. Die Norm (DIN 4095) sieht allerdings auch die Anwendung eines „Kombinationsfilters“ vor, bei dem Sand und Kies in einem beiden Wirkweisen dienenden Verhältnis gemischt sein müssen.

Es ist beschämend, aber nach Erfahrungen aus der Praxis notwendig, darauf hinzuweisen, dass eine »kapillarbrechende« Schicht alleine – also Kies ohne Drainrohr – keine Verbesserung bringen kann, sondern den Wasseranfall dank besserer Zustrommöglichkeit nur noch erhöht. Dieser immer wieder ausgesprochenen Empfehlung darf also in keinem Fall Folge geleistet werden, auch wenn sie amtlicherseits erfolgt: Die Begründung hierzu, die Wand könne wegen der grobporigen Schüttung „ablüften“, ist völlig unsinnig.



Die Filterschicht aus Sand - heute in der Regel durch ein dünnes Filtervlies ersetzt – verringert die Gefahr des Zuschlammens der Sickerschicht und damit auch der Drainageleitung. Diese Drainageleitung sollte im Gegensatz zur Normforderung mit mindestens 1 %, besser 2 % Gefälle verlegt werden, da die geforderten 5 mm Gefälle auf 1 m Drainrohlänge beim Hinterfüllen viel zu leicht schadensfördernd verringert werden können. Um ein Unterspülen und damit wieder das Verändern des Gefälles dauerhaft auszuschließen, sollte das Rohr auf einem Betonbett aufliegen. Der Anschluss dieser Leitungen an die Kanalisation ist zumindest bei Trennsystemen an die Regenwasserleitung möglich, jedoch in vielen Gemeinden untersagt und wird auch nicht angeraten, da bei Rückstau jede Drainage zur Bewässerungsanlage wird.

Im Mischsystem bringt dieser Rückstau zusätzlich die Fäkalien bis zu den Wänden, wovon man sich im Hausinneren bald durch den Geruch überzeugen kann. Die Sickerwasserableitung muss also vielfach über eigene Sickerdolen erfolgen, was zumindest im städtischen Bereich häufig genug gar nicht möglich ist.

v.l.n.r.

Abb. 5.20

Reinigungsschacht einer Drainage

Abb.5.21

Schematische Darstellung einer
funktionsfähigen Dränung

Abb. 5.22

Prinzipskizze des Anschlusses von
horizontaler Sperrschicht zu
vertikaler Abdichtung



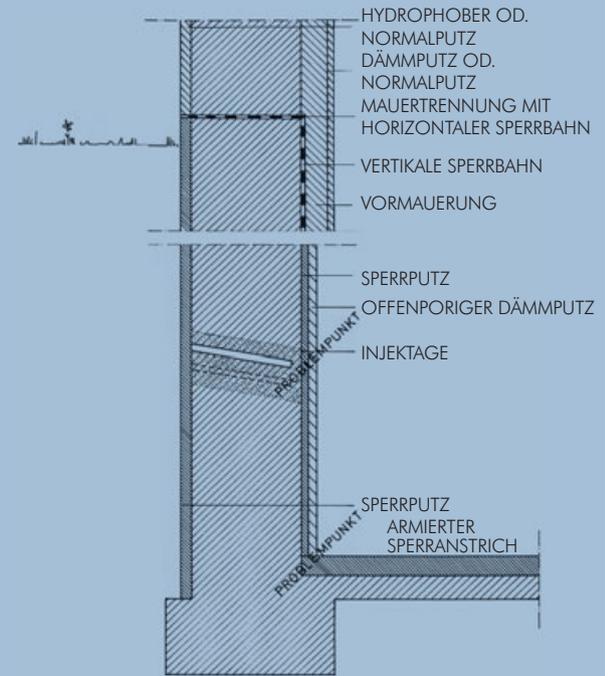
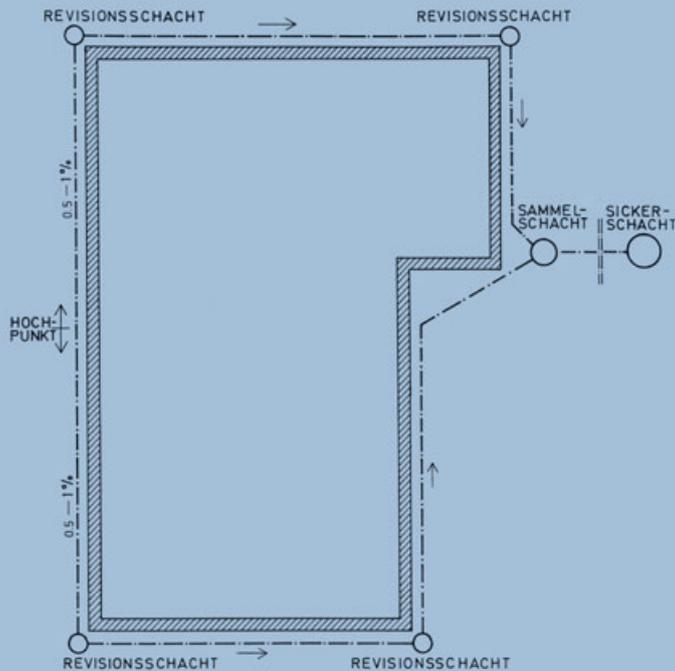
Um einem allmählichen Zuspülen und Zuwachsen der Drainage vorzubeugen, sind die Leitungen so zu verlegen oder besser Reinigungsschächte anzulegen, dass das gesamte System durchgespült und durchgespindelt werden kann. Abbildung 5.20 zeigt den unteren Ring eines solchen Reinigungsschachtes und zwar mit dem äußerst beliebten, aber wirkungsvollen Fehler, auf eine geschlossene Bodenplatte im Schacht zu verzichten: Das gesamte Wasser, das die einzelnen Drainleitungen zu diesem Revisionschacht leiten, kann von dort aus ungehindert wieder zum Bauwerk zurückfließen.

Auch das in der Norm genannte Gefälle von 0,5 % kann nur unter Missachtung der Bedingungen am Bau empfohlen werden, da nur 5 mm Höhendifferenz auf einem Meter Rohrlänge bei derartigen Erdarbeiten zu leicht zu einem Gegengefälle führen, was das Verschlammen stark begünstigt.

Da die Wirksamkeit jeder Drainage nur mit steigendem Verhältnis der seitlich erdberührten Wandflächen zur Fundamentsohle wächst, muss dieses Kriterium auch für jede vertikale

Abdichtung gelten. Sie ist dann einer Drainung unbedingt vorzuziehen, wenn die Wasserableitung in irgendeiner Weise problematisch ist oder auch nur problematisch zu sein scheint. Dann darf aber auf keinen Fall die Verfüllung des Arbeitsraums zusätzlich in wasserdurchlässigem Material erfolgen, wie dies immer wieder empfohlen wird, weil damit der Mauerfuß wieder stärker als bisher durch Feuchte belastet würde. Statt dessen ist bewusst bindiges Material zu verwenden und möglichst lagenweise verdichtet einzubringen.

Eine vertikale Absperrung auf den Wandaußenseiten wird auch immer wieder als normgerechte, einfache und auch preiswerte Ergänzung jeder Drainage empfohlen, da dafür ohnehin das Gemäuer bis zur Fundamentsohle freigelegt werden muss. DIN 18195 nennt die Mindestanforderungen. Es gibt allerdings keinen einzigen Grund für diese verteuerte Empfehlung als jenen der doppelten Sicherheit: Weder wird eine funktionsfähige Drainung durch eine Vertikalabdichtung verbessert, noch bedarf diese, richtig verlegt, einer Drainage, weshalb diese Empfehlung lediglich dem Sanierenden dient.



Eine funktionierende Abdichtung braucht keine Drainage!

Eine einzige und seltene Ausnahme gibt es hierzu: Das üblicherweise direkt an der Grundmauer verlegte Drainrohr darf aus Gründen der Tragfähigkeit des Grunds nicht unter die Fundamentunterkante verlegt werden. Nun kann man, erlaubt dies der Gebäudeumgriff, das Drainrohr im Abstand einiger Meter tiefer verlegen – bei Bedarf ergänzt durch einen eigenen Sickergraben – und schützt nun die erdberührte Wandfläche zusätzlich durch eine Vertikalabdichtung.

Vertikale Abdichtungen sollten mehrlagig aufgebracht werden, wobei sowohl Spachtelungen als auch Dichtungsbahnen einen relativ guten Untergrund benötigen: Bei ausgemagerten Fugen, zu großen Betonnestern, sehr unregelmäßigem Mauerwerk wird deshalb ein ausgleichendes Vorarbeiten nötig. Abzuraten ist von Dichtungsschlämmen – zumindest wenn auch nur kurzfristig drückendes Wasser erwartet werden muss – und von Betonvorsatzschalen, da ihre spätere Entfernung problematisch ist und vor allem das „chemische Gleichge-

wicht“ der Wand gestört werden kann: pH-Wert-Unterschiede zwischen alter und neuer Wand können zum Aufbau eines elektrischen Feldes führen, das wiederum den Wasserhaushalt in der Wand beeinflusst.

Eine besondere Bedeutung kommt der vertikalen Abdichtung innen zu: Sie ist nämlich der notwendige Kompromiss zur optimalen, nämlich möglichst tiefen Lage der Horizontalabdichtung dann, wenn diese aus Platz- oder Kostengründen höher angesetzt werden muss. Nun – aber nur dann! – wird die vertikale Abdichtung zur zwingenden Ergänzung der horizontalen Abdichtung, um den darunter liegenden Wandteil vor weiterer Durchfeuchtung zu schützen.

Es ist selbstverständlich, dass beide Dichtungsebenen auch dicht verbunden werden müssen, weshalb hier in jedem Fall eine Lösung mit Dichtungsbahnen einer Sperrputz/Injektagedichtung vorzuziehen ist (siehe Abb. 5.22). Um der Bahn einen dauerhaften Halt zu geben und sie vor Beschädigungen zu schützen ist eine innere Vormauerung erforderlich.

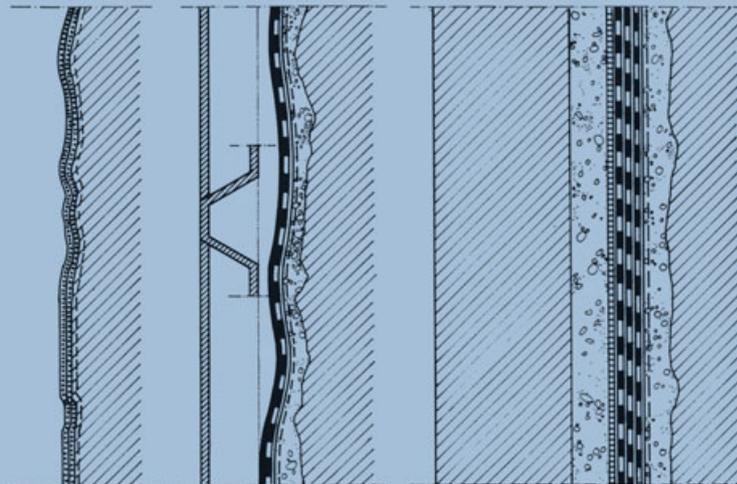
Die Ausführung vertikaler Abdichtungen wird wesentlich von der Art und Menge des Wasseranfalls bestimmt (siehe Abb. 5.23).

Das unter 5.2.1 besprochene Riffelblechverfahren gibt es auch als nachträgliche Vertikalabdichtung. Wieder werden diese Bleche mit Hilfe einer Ramme eingetrieben, nun senkrecht in das Erdreich dicht an der Außenwand. Die Einbringtiefe ist begrenzt und beträgt in Abhängigkeit vom Erdreich maximal 2,5 m. Diese an sich aufwendige Art der Vertikalabdichtung kann dann auch finanziell sehr interessant werden, wenn Leitungen oder Verkehrswege den üblichen Aushub erschweren und verteuern.



BODENFEUCHTIGKEIT
NICHT DRÜCKENDES WASSER

DRÜCKENDES WASSER



links

Abb. 5.23

Vergleich des Schichtaufbaus einer Sperr- beziehungsweise Dichtschicht in Abhängigkeit von der Wasserbeanspruchung

oben

Abb. 5.24

Vertikalabdichtung mittels Riffelblechen

rechts

Abb. 5.25

Neu renoviertes Baudenkmal:
Zustand des Kalkaußenputzes nach knapp zwei Monaten Standzeit!

5.3.2 Sanierputz

Unter den Sonderputzen nehmen die Sanierputze für die Altbausanierung eine wichtige Stelle ein. Im Laufe von nun mehr als drei Jahrzehnten ihrer Herstellung und unter verschiedenen Namen angeboten, hat sich seit gut einem Jahrzehnt ihr streng eingeschränkter, aber bedeutsamer Anwendungsbe- reich herausgeschält.

Von seinen Gegnern wird dem Sanierputz vorgeworfen, dass er in einer Wand feuchtetechnisch nichts verbessert, sondern lediglich den Schaden verbirgt. Dies ist richtig – und dennoch reicht dieser Spezialputz in der baulichen Praxis vielfach aus, vor allem dann, wenn das Kosten-Nutzen-Verhältnis berücksichtigt wird: Eine feuchte Wand verlangt dann eine Sanie- rung, wenn ein Schaden auftritt, er also sichtbar wird. Diesen Schaden verbirgt der Sanierputz mit entscheidend längerer Standzeit als alle anderen üblichen Mörtel auf salzhaltigem Mauerwerk.

Wie unter 3. beschrieben, sind Wasser und Salz gemeinsam für viele der sichtbaren Feuchteschäden verantwortlich. Man weiß aus leidvoller Erfahrung, dass hier weder der seit Jahr- zehnten bauseitig empfohlene abdichtende Außenputz eine Lösung bringt, noch der ebenfalls falsch, wenngleich noch mit größerer Heftigkeit von der Denkmalpflege vorgeschriebene reine Kalkmörtel. Der erstere fällt in Platten, der zweite in Bröseln ab. Hinter dem abdichtenden Zementmörtel kommt es nicht nur zu Salz- sondern auch vor allem zu Wasserstau, so dass bei den großflächigen Abplatzungen auch der Frost eine entscheidende Rolle spielt.

Der Kalkmörtel, der das Wasser nun wie erwünscht nicht hält, sondern bis an die Oberfläche kapillar transportiert, erlaubt damit auch den Salztransport bis in die an der Oberfläche ge- legene Verdunstungszone, in der nun die Salze kristallisieren und ihre zerstörende Wirkung ausüben (Abb. 5.25).

Will man die Nachteile dieser beiden ebenso gerne empfohle- nen wie auf einer feuchten und salzverseuchten Wand völlig unbrauchbaren Putzarten vermeiden, muss der hierfür ideale Putz Wasser in flüssiger Form und damit auch die gelösten Salze zurückhalten, trotzdem aber eine gute Abtrocknung durch einen hohen Dampfdurchgang erlauben: Er sollte also wasserdicht sein wie der Zementmörtel und dampfdurchlässig wie der Kalkmörtel.



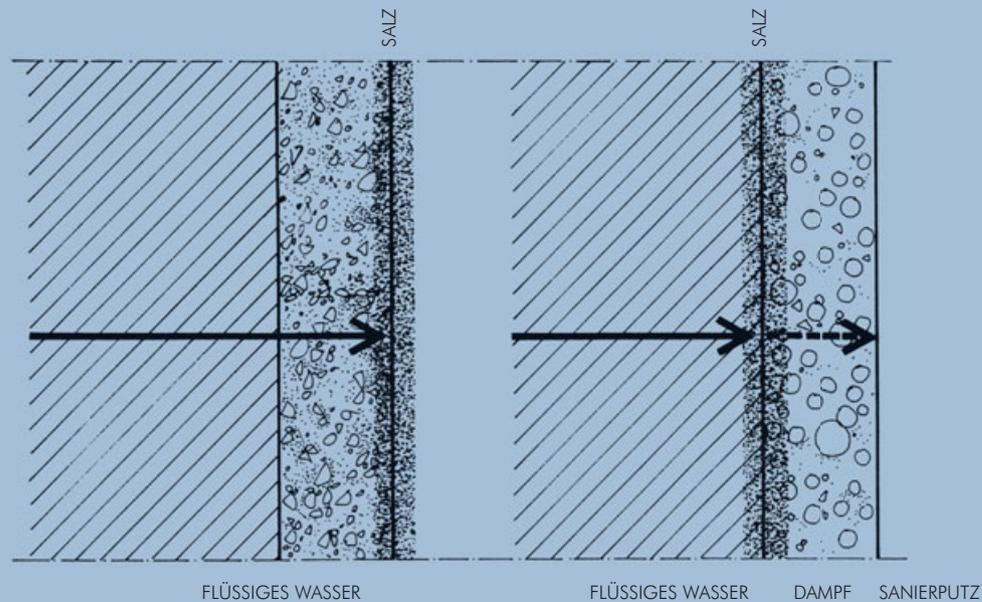


Abb. 5.26
Wirkungsweise eines guten
Sanierputzes

Dies ermöglicht der Sanierputz: Durch hydrophobe Zusätze wasserabweisend eingestellt, hält er jede Salzlösung zurück und erlaubt durch seinen extrem hohen Porenanteil dennoch einen entsprechenden Dampfdurchgang (Abb. 5.26).

Dies heißt also, dass ein in diesem Sinn funktionierender Sanierputz weder die aufsteigende Feuchtigkeit verringert noch die Salze „vernichtet“, wie beides von unseriöser Werbung versprochen wird. Die Wand bleibt feucht, und die Salze kristallisieren ebenfalls aus, nun jedoch nicht mehr mit sichtbaren Folgeschäden an der Wandoberfläche, sondern unsichtbar etwa im Bereich Wand-Sanierputz. Aus Erfahrung ist inzwischen bekannt, dass diese kosmetische Sanierung eine Standzeit von zehn bis zwanzig Jahren bei nicht unterbrochener Wasser- und Salzzufuhr bietet, so dass die bisherigen wesentlich kürzeren Sanierungsintervalle von Kalkmörtel und Zementmörtel um ein Vielfaches verlängert werden können.

Am ehesten kann als konventioneller Putz noch ein Trasskalkputz diese Anforderung erfüllen, doch erreicht auch er erfahrungsgemäß bei weitem nicht die Standzeiten eines Sanierputzes, sollte also nur dort angewandt werden, wo eine gute mechanische Salzentfernung möglich war und die Wand auch nachhaltig trockengelegt werden konnte.

Auch wenn stets von „Sanierputz“ gesprochen wird, ist diese Bezeichnung strenggenommen falsch: Es müsste „Sanierputzsystem“ heißen, da für die Wandvorbereitung, den Putz und seine Haftbrücke und die mögliche Nachbehandlung, die Anstriche, zusammenhängende Forderungen gelten. Es wäre also bautechnisch unter Umständen und haftungsrechtlich mit Sicherheit falsch, den Spritzbewurf als Haftungsbrücke von einem preiswerteren Anbieter und den Sanierputz selbst vom Spezialisten zu wählen – und dann auch noch einen beliebigen Anstrich aufzubringen.

Schon die Farbe der Sanierputze verrät, dass Zement im ganzen oder großteils als Bindemittel verwendet wird. Da Zement wie auch Beton immer noch zu Unrecht insgesamt als altbaufreundlich, zumindest aber denkmalschädigend verschrien sind, hält mancher Anbieter die Denkmalfreundlichkeit seines Produkts dadurch aufrecht, dass zusätzlich zum Kalk weißer Portlandzement verwendet wird: Dieser Sanierputz ist deshalb nicht schlechter als sein ehrlicher Konkurrent mit grauem Zement; besser ist er allerdings auch nicht und schon gar nicht ein reiner Kalksanierputz! Diesen bietet seit 1989 zwar ein Hersteller an, doch entspricht dieser semantischen Verbesserung keine chemisch-physikalische: Um die notwendige Wirkung eines Sanierputzes zu entfalten, verlangt der Mörtel ein sehr stark hydraulisches Bindemittel, sodass auch dieser Kalk mehr an Zementeigenschaften zeigt als jene, die der übliche Weißkalk bietet. Nur bei sehr wenigen Anwendungsfällen besteht ein Unterschied, ob Zement oder hochhydraulischer Kalk verwendet wird, vor allem dann, wenn ein hoher Anteil an Sulfatsalzen vorliegt, was allerdings auch schon beim Spritzwurf die Forderungen nach Anwendung eines hochsulfatfesten Zements erzwingt.

Die Forderungen an einen möglichst funktionsfähigen Sanierputz wurden im WTA-Merkblatt 2-2-91: „Sanierputzsysteme“ eng gefasst: „Sanierputze werden aus Werkrockenmörtel gemäß DIN 18557 hergestellt ...“ Der Begriff „Werkrockenmörtel“ grenzt den Sanierputz von Baustellengemischen und bauseitig beizugebenden Zusatzmitteln ab, die meist auch unter der Bezeichnung Sanierputz oder Entfeuchtungsputz angeboten werden. Geschieht dies zu Recht?

Schon seit mehr als dreißig Jahren sind Zusatzmittel bekannt, die Luftporen bilden und hydrophobierend wirken – also durchaus in der Lage sind, die Forderungen nach eingeschränkter Wasseraufnahmefähigkeit und guter Dampfdurchlässigkeit zu erfüllen. Bei sorgfältiger Anwendung werden Putze, die mit diesen Zusatzmitteln hergestellt werden, durchaus auch die WTA-Forderungen erfüllen können. Dennoch negiert dieses Angebot den baulichen Alltag. Die Bildung von ausreichend stabilen Luftporen hängt sehr stark von der Putzzusammensetzung ab, da die Bindemittel und vor allem auch der Kornaufbau des Sands eine entscheidende Rolle spielen.

Selbst ein geschultes Baustellenpersonal ist nicht in der Lage, Bindemittel und vor allem Zuschlagstoffe – trocken oder nass! – auch nur annähernd mit der notwendigen Sorgfalt zu mischen. Die werkseitige Mischung ist also für das sichere Funktionieren unabdingbar; ihre Forderung gehört in den Ausschreibungstext. Weshalb werden dann gerade von den Anbietern derartiger Zusatzmittel Garantiezusagen über den Zeitraum von zehn Jahren gegeben? Liest man diese Garantiezusagen genau durch, ist die Antwort ebenso einfach wie unverschämt: Tritt nämlich der Garantiefall ein, so wird die Garantieleistung mit dem stets nachprüfbaren Hinweis abgelehnt, dass der Ausführende eine falsche Putzzusammensetzung gewählt habe, so dass die Garantieforderung nun die Putzerfirma trifft, die eine zehnjährige Garantieleistung nie versprochen hat.

Einen Vorzug können diese Zusatzmittel nach Werbung und auch mancher Architektenmeinung bieten, doch halten sie einer kritischen Beurteilung kaum stand: Beliebige Wahl der Putzzusammensetzung. Auch sackfertige Mischungen erlauben durchaus eine werkseitige Anpassung an Verbraucher- und Anwenderwünsche, vor allem bei großen Chargen; dennoch hält sich hier die Variabilität schon aus Fertigungsgründen in Grenzen. Soll nun der Sanierputz einen bestimmten Kornaufbau aus Gründen der Anpassung bei Ausbesserungen oder auch wegen des Denkmalschutzes erhalten, lässt sich ohne weiteres seine alte Siebkurve bestimmen, danach ist der neue Mörtel zu mischen – der Zuschlagstoff wird allerdings fast nie dem alten entsprechen – und nun kann das Wundermittel zugegeben werden.

Der abwertende Ausdruck „Wundermittel“ wird hier zu Recht gebraucht, denn ein korrekter Anbieter dürfte diese Anwendung nicht zulassen:

- auch die Zusammensetzung der Zuschlagstoffe entscheidet über Porenform und -anteil, sie kann nicht beliebig geändert werden,

- Putzausbesserungen sind immer problematisch, von Ausbesserungen durch Sanierputz ist zwingend abzuraten, da sich diese Flächen selbst bei gleicher Oberflächentextur rasch abzeichnen,
- dieser Mörtel wird kein „alter“ Mörtel, nur weil die Siebkurve stimmt – das Bindemittel muss hydraulisch sein, typische Verunreinigungen der ursprünglichen Mischung fehlen, dafür wurden Schaumbildner und hydrophobierende Zusätze beigegeben,
- der Sanierputz verlangt zwingend eine Mindeststärke, die meist jene des historischen Putzes übersteigt.

Wer dennoch, auch aus Kostengründen, mit den beschriebenen Zuschlagstoffen arbeiten möchte, ist gut beraten, mit einer in der Anwendung dieser Mittel sehr erfahrenen Firma zusammenzuarbeiten und die erwünschte Garantieübernahme vorab zu klären.

Angeboten wird auch Werk trockenmörtel mit dem Leichtzuschlagstoff Perlite. Sieht man davon ab, dass auch hier durch unsachgemäße Handhabung des Produkts, nämlich durch unschriftsmäßiges Mischen, die Kornzusammensetzung und damit der Porenanteil sich negativ verändern, so ist gegen die Anwendung dieser Putze auf feuchtem und salzhaltigem Mauerwerk dann nichts einzuwenden, wenn sie den genannten Richtlinien und Anforderungen entsprechen.

Auch Sanierputze brauchen eine wirksame Haftbrücke auf dem Mauerwerk. Hier verlangt die erwünschte Funktion einen Kompromiss: Der Zementspritzwurf üblicher Art bietet zwar die beste Haftung, würde jedoch in seiner Dichte den Wasserdurchgang bauschadensfördernd behindern.

Es muss deshalb genügen, diese Haftbrücke nur netzförmig, also nicht deckend aufzubringen, so dass das Mauerwerk mit annähernd 50 % an Fläche zu sehen ist.

Bei sehr weichem, stark saugfähigem Mauerwerk darf hierfür auch Kalk als Bindemittel Verwendung finden, sodass der Spritzbewurf deckender ausgeführt werden kann. Es wird aber dennoch hiervon ohne Absprache mit dem Hersteller abgeraten, weil auch die Zusammensetzung des Spritzwurfs als Teil des Sanierputzsystems zu betrachten ist und somit nicht leichtfertig die Verarbeitungsvorschriften umgangen werden dürfen. Es gibt einige wenige Sanierputzhersteller, die einen deckenderen Spritzbewurf in ihrem System vorsehen. Es unterliegt dann dieser Mörtel ebenfalls bestimmten Bedingungen.

Die WTA-Vorschrift, „Fugen dürfen nicht mit Spritzbewurf gefüllt werden“, verrät allerdings eine nur sehr theoretische Kenntnis vom praktischen Verputzen.

Wie bei jedem Putz gilt auch für den Sanierputz, dass der Putzuntergrund gewisse Voraussetzungen bieten muss: Auf durch Salz zermürbtem, stark sandendem Mauerwerk kann auch dieser Spezialputz nicht halten. Hier wird es nötig, mit einem Putzträger zu arbeiten, wobei nicht übersehen werden darf, dass eine solche Hafthilfe niemals direkt auf dem Mauerwerk verspannt, sondern in entsprechendem Abstand – circa 10 mm – angebracht werden muss. Dieser Putzträger soll eine ausreichende Steifigkeit bieten und muss gegen Wasser und Salz alkalifest und einschließlich seiner Befestigungselemente korrosionsbeständig sein. Bewährt haben sich hier alkalifeste Glasfasergewebe.

Der Sanierputz selbst wurde früher üblicherweise einlagig verarbeitet; heute wird eine zweilagige Ausführung bevorzugt.

Wo diese zweite Lage nötig wird, ist die Oberfläche der ersten horizontal aufzukämmen, um eine zusätzliche mechanische Haftung wegen der hydrophoben Ausstattung zu erreichen. Deswegen darf die erste Lage auch nicht vor dem Aufbringen der zweiten zu weit abgebunden haben.

Seit mehreren Jahren wird innerhalb des Sanierputzsystems ein sogenannter Grundputz angeboten: Die Bezeichnung variiert von Hersteller zu Hersteller. Seine Aufgabe ist es entweder, besonders starke Unebenheiten vor Aufbringen des eigentlichen Sanierputzsystems zu füllen oder aber bei hoher Salzverseuchung einen zusätzlichen Salzpuffer zu bilden, der das Einwandern der Salze in die obere Putzlage während der etwa vierzehntägigen Reaktionsphase des Sanierputzes spürbar vermindert. Für die bauliche Praxis ist entscheidend, dass für diese Aufgaben auch der übliche Sanierputz eingesetzt werden darf, wenn die gesamte Putzdicke nicht wesentlich 4 cm übersteigt.

In besonderen Fällen kann es notwendig sein, dass für Mauerwerkstypen mit geringer Eigenfestigkeit (zum Beispiel Tuffsteinmauerwerk) Sanierputze mit geringerer Druckfestigkeit eingesetzt werden müssen. Entsprechende Werk trockenmörtel werden hergestellt.

Ist die Oberfläche des gereinigten Mauerwerks sehr uneben und würden deshalb Sanierputzstärken über 4 cm erreicht werden, kann vor allem aus Kostengründen ein Ausgleichsmörtel verwendet werden. Dieser preiswertere Ausgleichsmörtel wird nach dem Erhärten des Spritzbewurfs aufgebracht, wobei gewährleistet sein muss, dass trotz Ausgleich noch die für die Funktionsfähigkeit eines Sanierputzes notwendige Putzdicke von mindestens 2 cm einzuhalten ist. Auch für einen solchen Ausgleichsmörtel sollte nur ein Trocken-

mörtel verwendet werden, der auf die bauphysikalischen Eigenschaften des verwendeten Sanierputzes eingestimmt ist und heute üblicherweise als „Grundputz“ – siehe oben – Teil des Sanierputzsystems ist.

Nicht umsonst wurde so betont auf die Mindeststärke des Sanierputzes von 2 cm hingewiesen: Um seine Aufgabe als Bremse flüssigen Wassers und vor allem als Reservoir kristallisierter Salze erfüllen zu können, darf die Putzdicke auf keinen Fall beliebig verringert werden. Versprechungen, wonach das angebotene Sanierputzprodukt auch in dünner Lage voll wirksam bleibt, sind unseriös, betrügerisch und widersprechen seit Jahren dem Stand des Wissens.

Auch ein Sanierputz darf nicht blind auf jedes feuchte, salzverseuchte Mauerwerk aufgetragen werden. Wie schon erwähnt, wächst mit zunehmendem Salzgehalt die Gefahr der Einwanderung der Salze in den Sanierputz während etwa der ersten vierzehn Tage – jene Reaktionszeit, die zur Ausbildung der hydrophoben Eigenschaften benötigt wird. Bei starker Chlorid- und Sulfatbelastung kann dieses Einwandern durch ein chemisches Salzumwandlungsmittel behindert werden (siehe »Salzbekämpfung«), nicht aber bei Nitraten. Hiergegen wird eine so genannte Pufferschicht angeboten, eine zusätzliche Putzlage, die wie der Ausgleichsmörtel zwischen Spritzbewurf und Sanierputz liegt. Die Aufgabe dieser Pufferschicht, die inzwischen von vielen Anbietern in ihr Programm genommen wurde, ist es, durch ihre hydrophobe Wirkung den eigentlichen Sanierputz zumindest während der Abbindephase vor dem Eindringen aller löslichen Salze zu schützen und gleichzeitig ein möglichst gutes Salzreservoir zu bilden, was durch verringerte Hydrophobierung erreicht wird. Damit ist der Vorzug einer zweilagigen Verarbeitung genannt: Besserer Salzschutz.

Eine weitere Anwendungsgrenze für den Sanierputz wird im Innenbereich durch hohe Raumfeuchte gezogen. Liegt nämlich der Taupunkt zu häufig innerhalb des Sanierputzsystems, dann kann das anfallende Tauwasser auch hier nur zu sichtbaren Feuchteschäden führen – im Regelfall zu Schimmelbildung. Es sollten in solchen Fällen nur fungizide Anstriche gewählt oder bei reinen Kalkfarben noch mit einem farblosen fungiziden Anstrich vorsorglich nachbehandelt werden. Besonders gefährdet sind hier gerade jene großen und dickwandigen historischen Räume wie Kirchen, Schlosssäle und ähnliches, bei denen aus Gründen der Verhältnismäßigkeit der Mittel gern Sanierputz im äußeren, aber auch inneren Sockelbereich als Ersatz aufwendiger Trockenlegungsverfahren gewählt wird und die nicht oder nur stoßartig beheizt und immer wieder kurzfristig stark frequentiert werden.

Es wurde ausführlich erklärt, weshalb es zur Funktionsfähigkeit eines Sanierputzes notwendig ist, möglichst dampfdurchlässig zu sein. Diese Fähigkeit kann durch einen unpassenden Anstrich entscheidend verschlechtert werden, zumal damit zu rechnen ist, dass die Oberfläche eines Sanierputzes während seiner Standzeit durchaus auch mehrmals gestrichen werden wird. Auf Sanierputz dürfen deshalb nur Anstrichsysteme verwendet werden, deren sd-Wert denjenigen des Sanierputzes nicht über das in der Richtlinie genannte Maß verschlechtert.

Ein Nachteil des Sanierputzes wird immer verschwiegen – verständlicherweise von Herstellern und Befürwortern, ebenso aber auch von seinen Gegnern: Ein Sanierputz kann den Wasseranstieg in der Wand verstärken. Es stimmt, dass die Dampfdurchlässigkeit eines guten Sanierputzes der eines alten Kalkmörtels ebenbürtig ist. Mit dieser Tatsache wird verschwenderisch argumentiert, um – vor allem gegenüber der Denkmalpflege – die gleiche positive Wirkung gegen Mauerfeuchte wie beim reinen Kalkmörtel zu belegen. Dies ist grundfalsch – und die Hersteller wissen dies: Flüssiges Wasser in einer feuchtebelasteten Wand wird zum allergrößten Teil durch Kapillarkraft transportiert und viel weniger durch Diffusion. Theoretisch ist also der Kalkmörtel tatsächlich der mit Abstand beste Putz auf einer feuchten Wand, denn nur er

leitet das Wasser so rasch kapillar an die Putzoberfläche, wo es verdunsten kann. Praktisch heißt dies leider, dass dieser, so gut Feuchte kapillar transportierende reine Kalkmörtel durch Frost und Salzkristallisation gefährdet ist, wie Abbildung 5.25 zeigte.

Der Sanierputz kennt aber bestimmungsgemäß diesen kapillaren Wassertransport nicht – sein Wasseraufnahmekoeffizient w ist um circa zwei Potenzen kleiner als der eines reinen Kalkmörtels – und lässt Wasser deshalb nur durch Diffusion bis zur Oberfläche gelangen. Die Höhe des Schadenshorizonts bestimmen aber die beiden Faktoren „Wasseranfall“ und „Wasserabgabe“. Es ist also zwangsläufig, dass der Feuchtesaum in einer mit Sanierputz versehenen Wand höher steigt als dies beim Kalkmörtel oder vor allem an der geschädigten und vom Putz teilbefreiten Wand der Fall ist. Der Sanierputz muss deshalb um circa 100 cm mit seiner Oberkante den bisherigen Schadenssaum übersteigen. Wird dies so geplant und ausgeführt, darf dieser negative Aspekt jedoch beiseite geschoben werden.



Ein Sanierputz wird immer anders altern als der Altputz oder ein anderer neuer Normalputz. Dies ist durch die besonderen Eigenschaften des Sanierputzes bedingt und kann während und nach einem Regen gut beobachtet werden: Beginnt der Regen die Fassade zu benässen, zeigt sich als erstes und scharf abgegrenzt der Sanierputz dunkel, da wegen seiner geringen kapillaren Leitfähigkeit die oberflächennahen Poren rasch belegt sind, während der andere Putz das Wasser verteilend nach innen leitet. In der Abtrocknungsphase wird der Sanierputz das wenige Wasser, das er hält, jedoch rasch abgegeben haben, sodass er – wieder scharf begrenzt! – lange vor der übrigen Fassade wieder hell wird. Da eine Fassade unter anderem aber auch durch ihren Feuchtegehalt verschmutzt, trennen sich Sanierputz und übriger Putz optisch immer mehr, was auf einer nicht unterbrochenen Fassade stärker auffällt. Bei gutem Zustand des Altputzes kann als Lösung ein hydrophober Anstrich über die gesamte Fassade empfohlen werden, um diesen Effekt stark abzuschwächen.

Wenn irgendwie möglich, sollte deshalb grundsätzlich die Grenze zwischen neuem Sanierputz und Altputz in eine Architekturgliederung gelegt werden, also bis zu einem Gesims, einer Fiasche, einer Fuge führen oder wenigstens andere Gliederungskanten aufnehmen wie Ober- oder Unterkanten von Fensteröffnungen.

5.3.3 Fassade „abdichten“

Die Fassade als Wetterschild muss „regendicht“ sein, eine leider nur scheinbar selbstverständliche Eigenschaft, denn die meisten Fassadenoberflächen – Putz, Ziegel, Stein – saugen in sehr unterschiedlichem Maß. Etwas verallgemeinernd kann gesagt werden, dass dies stets dann auch auf Dauer ohne Schadensfolge bleiben wird, wenn die Wand zwischen jeder Beregnung auch wieder ausreichend abtrocknen kann und die Wandfeuchte nicht zu tief ins Wandinnere eindringt.



Abb. 5.27
Fehlerhafter Einsatz eines
Sanierputzes: Die Höhe wurde aus
falscher Sparsamkeit zu niedrig
angesetzt

Ein guter Außenputz, unterstützt durch einen passenden Anstrich, wird dies fraglos über viele Jahrzehnte tun, vor allem, wenn auch der Putzträger, die Wand, passender Teil des gesamten Wandsystems ist: Der Kalkmörtel auf einer Ziegelwand wird eine höhere Standzeit zeigen als auf einer Wand aus Granitquadern. Es lohnt, über diesen Unterscheid nachzudenken, weil damit auch für den Laien leichter nachvollziehbar ist, welche Sanierungsmaßnahmen seine Wand benötigen könnte: Klatscht der Regen an einem späten Herbsttag auf diesen Kalkaußenputz, durchnässt er stark; bei Ziegel gibt er diese Nässe weiter, wird also selbst sicherlich nicht bis zur Sättigung durchfeuchtet werden, was ihm allerdings auf der Granitmauer geschieht, da dieser Stein kein bisschen saugt. Fallen nachts die Außentemperaturen unter den Gefrierpunkt, muss der völlig durchnässte Kalkmörtel auf dem Granit Frostschäden erdulden, die das Gefüge lockern, eine weitere Durchfeuchtung erleichtern und somit innerhalb kurzer Zeit zu sichtbaren Putzschäden führen.

Sehr viel problematischer wird der Regenschutz einer Fassade, wenn Risse vorhanden sind, was bei einer Putzfassade durchaus auftritt, bei unverputzten Sichtziegel- oder -steinfassaden im Laufe deren Standzeit fast schon zur Regel wird. Die einfachste und technisch beste Empfehlung ist die hinterlüftete Verkleidung, die auch noch ein Wärmedämmen erlaubt.

Auch ein nachträglich aufgebracht Verputz schafft auf der bisher unverputzten Wand einen zusätzlichen Schutzschild, doch scheitert ein solches Maßnahmenvorhaben fast immer an formalen Problemen oder aber auch an manchen Anschlusspunkten zur vorhandenen Fassadenziegel.

Deshalb lautet eine häufige Empfehlung „Hydrophobierung“ worunter man eine relativ preiswerte Bearbeitung der gesamten Fassade durch Befluten mit wasserabweisenden Mitteln versteht, die entsprechend der Saugfähigkeit des Untergrunds in die Fassadenoberfläche einwandern. Was verschwiegen wird, ist die Tatsache, dass Hydrophobierungsmittel nicht rissüberbrückend sind, was bedeutet, dass zwar Stein oder Ziegel an der Oberfläche wasserabweisend werden, dazu der

Fugenmörtel, aber niemals das Risschen zwischen Fugenmörtel und Stein. Hier also kann das Wasser weiterhin eindringen; die Belastung wird jetzt sogar größer, da mehr Wasser als bisher an der hydrophobierten Fassade ablaufen und von den Fugen und Rissen „aufgefangen“ werden wird. Diese leiten das Wasser in das unhydrophobierte Innere der Wand, wo es sich – wie auch bisher – verteilen wird, doch ist nun die Abtrocknung des feuchten Mauerwerks wegen dieser Hydrophobierung stark verringert und kann weitgehend nur über die Fugen ablaufen. Vor allem in der Übergangszeit führt dieser periodische „Wasserstau“ wieder zu den schon beschriebenen Frostschäden: Die hydrophobierte Fassade altert wesentlich rascher. Voraussetzung einer auch längerfristig schadensfreien Hydrophobierung ist also die Rissefreiheit der Mörtelfugen, was viel zu oft nur durch eine Neuverfugung erreicht werden kann, die kostenträchtig ist und zudem häufig auch noch Mängel aufweist.

Fazit: Die Hydrophobierung einer unverputzten Fassade als Feuchteschutz ist sehr problematisch und verlangt eine fachkundige Vorbereitung und Durchführung.

5.4 Kosten

* Die Kosten sind Mittelwerte. Sie beziehen sich auf 60 cm starkes Mauerwerk ohne Nebenarbeiten. (Stand 2002)

Verfahren	Kosten* €/m ²
<u>Mauertrennung</u>	
Kettensägen, nur geeignet bei durchgehenden Lagerfugen	300,--
Kettensägen, geeignet bei hartem Stein, Mischmauerwerk, fehlender Lagerfuge	600,--
Seilsäge	650,--
händische Trennung	400,--
Kernbohrertrennung	650,--
HW-Verfahren (Riffelblech)	320,--
<u>Injektagen</u>	250,--
<u>Elektrophysikalische Verfahren</u>	170,--
<u>Sanierputz</u>	
h = 1,50 m	130,--
h = 3,00 m	280,--
<u>Drainage (ohne zusätzliche Wasserableitung)</u>	
t = 1,00 m	170,--
t = 2,00 m	400,--

Selbstverständlich lassen sich pauschal Berufsgruppen nennen, die als Ansprechpartner dienen können: Architekten, Gutachter, Bauphysiker, Fach- und Baufirmen – doch müsste jedes Mal auch die Beurteilung „gut und erfahren und verantwortlich“ genannt werden, also fachliche Eigenschaften, die üblicherweise vom betroffenen Auftraggeber nicht oder günstigstenfalls irgendwann nach Abschluss der Arbeiten festgestellt werden können.

6. Ansprechpartner

Die hier beschriebenen Feuchteprobleme sind in ihren Ursachen und damit auch in allen Gegenmaßnahmen so vielschichtig, dass der in einem Sektor „brauchbare“ Fachmann auf einem anderen als „unbrauchbar“ zu bezeichnen ist: Es gibt leider kaum Fachleute, die Bautechnik, Haustechnik, Bauphysik und die notwendige Bauchemie gleichermaßen beherrschen und gleichzeitig auch noch eine entsprechende gestalterische Verantwortung zeigen.

Zumindest einen ausreichenden Überblick wird der sanierungserfahrene Architekt bieten können; Auskünfte hierzu sind bei einigen Landesarchitektenkammern zu erhalten. Die weitere Hilfe einer wenigstens groben Vorauswahl bieten die Industrie- und Handelskammern. Selbstverständlich gibt es auch Firmen, die sich um objektive Kundenaufklärung und Schadenserfassung bemühen und gegebenenfalls von sich aus einen Fachgutachter hinzuziehen. Eine allgemeine Empfehlung lässt sich hieraus leider nicht ableiten: Zu viele schwarze

Schafe tummeln sich auf diesem Sektor des Sanierungsmarkts. Da die meisten der bei Feuchteschäden auszuführenden Arbeiten keiner handwerklichen Tradition unterliegen und damit auch keiner sachbezogenen Ausbildung unterworfen sind, darf sich jedermann, der hierzu frech genug ist, als „erfahrener Fachbetrieb zur Trockenlegung“ bezeichnen.

Auch die wichtige Frage, wann denn nun ein Architekt oder ein Gutachter einzuschalten sei, lässt sich pauschal, das heißt ohne Kenntnis des konkreten Schadenfalls, nicht einmal grob beantworten. Es ist dies zudem abhängig von der sehr subjektiven Einstellung des Auftraggebers zum Verhältnis der Kosten und der Sauberkeit wie auch Dauerhaftigkeit der Sanierung.

Wird ein Gutachten angefertigt, so ist allerdings darauf zu achten, dass alle Aussagen und Folgerungen begründet und damit auch nachvollziehbar getroffen werden müssen, was verhältnismäßig rasch verteuern Untersuchungen verlangt.

Preisspannen für Gutachten können allgemein nicht genannt werden; abgerechnet wird üblicherweise nach Leistungssätzen, bei größeren Maßnahmen zunehmend nach den gesetzlichen Gebührenordnungen. Selbstverständlich bieten auch Architekt und Gutachter einen Kostenvoranschlag an; ebenso selbstverständlich werden gutachterliche Leistungen von ausführenden Firmen in deren Kalkulation berücksichtigt, auch wenn sie fast immer als „kostenlos“ angeboten werden.

Ein besonderer Hinweis wird bei raumklimatischen Feuchteproblemen gegeben, die sich am häufigsten in Schimmelbildung zeigen: Der Hauseigentümer, dessen Wohnungen bisher alle-samt schimmelfrei waren, fühlt sich hier ebenso zweifelsfrei im Recht wie der neue Mieter, dessen bisherige Wohnungen ebenfalls niemals Schimmelbildung zeigten. Der erste Schritt beider Seiten führt deshalb zum Anwalt, statt zueinander und dann miteinander zum Gutachter. Haus und Nutzung bilden nämlich eine sehr enge Einheit, sodass die Folgerung von einem auf das andere falsch sein kann. Da zudem Anwalts-, Gerichts- und deshalb ohnehin Gutachterkosten in beachtlicher Höhe anfallen und diese Kosten häufig den eigentlichen Sanierungsaufwand übersteigen, muss die gütliche Einigung dringend angeraten werden. Auch Mieterschutz- und Hausbesitzervereine raten ihren Mitgliedern häufig viel zu rasch zur Konfrontation.

Diese Empfehlung der gütlichen Regelung gilt besonders auch dann, wenn Schimmelbildung nach Heizungs- und Fenstersanierungsarbeiten auftritt. Im übrigen hat die zahlreiche Rechtsprechung in diesem Streitbereich zusätzliche Grenzen gezogen, die teilweise allein durch logisches Nachdenken nicht recht nachzuvollziehen sind.

Weitere Informationsquellen

Verbraucher-Zentrale NRW, Düsseldorf
Tel.: 0211/38090, www.vz-nrw.de

Ingenieurkammer Bau NRW, Düsseldorf
Tel.: 0211/13067-0, www.ikbaunrw.de

Architektenkammer NW, Düsseldorf
Tel.: 0211/49670, www.aknw.de

Akademie des Handwerks, Schloß Raesfeld, Borken
Tel.: 02865/60840, www.akademie-des-handwerks.de

Westdeutscher Handwerkskammertag, Düsseldorf
Tel.: 0211/3007 700, www.whkt.de

Verein Deutscher Ingenieure VDI, Düsseldorf
Tel.: 0211/6214-0, www.vdi.de

Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e. V., Berlin
Tel.: 030/48490 7855, www.altbauerneuerung.de

Deutscher Holz- und Bautenschutzverband e.V., Köln
Tel.: 02234/48455, www.dhbv.de

Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege WTA e.V., München
Tel.: 089/578 69727, www.wta.de

Dieses Literaturverzeichnis enthält bewusst keine Normen oder – mit Ausnahme der WTA-Richtlinie – normengleiche Hinweise, da diese entsprechend des breiten Spektrums sehr zahlreich sind und zumindest der Laie aus dem Titel nur schwer den für ihn passenden Bereich entnehmen kann. Wer sich dennoch in das einschlägige Normenwerk vertiefen möchte, findet ausführliche Hinweise in der folgenden Literatur.

7. Literaturverzeichnis

- Arendt, C.
Raumklima in großen historischen Räumen,
Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, Köln 1993.
- Arendt, C.
Technische Untersuchungen in der Altbausanierung.
Methoden, Geräte, Kosten.
Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, Köln 1994.
- Arendt, C., Wiesen, H.
Verfahren zur Untersuchung von Mauerfeuchtigkeit“, Heft 2.10
Landesinstitut für Bauwesen und angewandte
Bauschadensforschung (Hrsg.), Aachen 1990.
- Arendt, C.
Schimmelbildung
Deutsche Bauzeitung, 1/89.

Arendt, Seele
Feuchte und Salze in Gebäuden, Rudolf Müller 2000

Arendt/Simianer
Aufwandsstufen bei Untersuchungen an Bauwerken, Heft 2.18
Landesinstitut für Bauwesen und angewandte
Bauschadensforschung (Hrsg.), Aachen 1992

Arendt
Der Unsinn der technisch perfekten Heizung
Deutsche Bauzeitung 11/86,

Arendt, C.
Thermische Bausanierung. Sinn und Unsinn einer amtlichen
Empfehlung zur Beheizung und Trockenlegung
in: Deutsche Bauzeitung 12/92

Böhning, Klug
Kellerfeuchtigkeit in Altbauten vermindern, Band F7
Landesinstitut für Bauwesen des Landes NRW, Aachen 2001

Cziesielski
Schimmelpilz durch Altbausanierung – Welche Rolle spielen
neue Fenster ?
Das Bauzentrum/Baukultur 6/01

Friese u.a.
Kompressenputz mit passenden Porenradien
in: Bautenschutz + Bausanierung 5/97

Fritsch
Kondenswasser am Fenster
Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1998

Gieler u.a.
Eigenschaften rissüberbrückender Beschichtungen
in: Bautenschutz + Bausanierung 1/93

- Hilbert u.a.
Zielgerichtete Natursteinkonservierung – der Einsatz eines Konservierungsmittels zur Reduzierung des hygri-schen Quellens
in: Bautenschutz + Bausanierung 3/95
- Honsinger
Feuchtereduzierung von kapillar durchfeuchtetem Mauerwerk durch Bohrlochinjektion
in: Bautenschutz + Bausanierung 6/7/92
- Kilian
Die Wandtemperierung in der Renatuskapeelle in Lustheim
Auswirkungen auf das Raumklima
Siegl, München 2004.
- Künzel
Feuchtesichere Altbausanierung mit neuartiger Dampfbremse
Bundesbaublatt 10/96
- Künzel
Trocknungsblockade durch Mauerversalzung
in: Bautenschutz + Bausanierung 4/91
- Künzel
Schäden an Fassadenputzen
Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 2000
- Lotz u.a.
Schimmelschäden vermeiden
Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 2001
- Mayer u. a.
Silicon-Microemulsionen als Wässrige Grundiermittel für Fassadenbeschichtungen
in: Bautenschutz + Bausanierung 3/91
- Meier
Richtig bauen. Bauphysik im Widerstreit–Probleme und Lösungen
expertverlag, Renningen-Malmsheim 2002
- Pohl
Innendämmung der Außenwand – bauphysikalische Aspekte
Bundesbaublatt 6/93
- Hilbert u.a.
Salzeinlagerung in Sanierputzen
in: Bautenschutz + Bausanierung 6/7/92
- Pracht
Dauerhafte Instandsetzung von Mauerwerk mit Sanierputz
in: Bautenschutz + Bausanierung 4/92
- Schäfer
Sanierputze – WTA, Ersatz bei historischen Gebäuden
in: Bautenschutz + Bausanierung 1/93
- Schittich u.a.
Gebäudehüllen. Konzepte, Schichten, Material
Birkhäuser 2001
- Snethlage u.a.
Mörtel und Steiner-gänzungsstoffe in der Denkmalpflege
Ernst & Sohn, Berlin 1993
- Trautmann u.a
Topthema Schimmelpilz
Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 2001
- Tywoniak u. a.
Feuchtemessungen mittels Neutronenradiographie
in: Bautenschutz + Bausanierung 2/91
- Venzmer u.a.
Feuchte- und salzbelastetes Mauerwerk. Möglichkeiten und Grenzen elektroosmotischer Verfahren der Bauwerkstrockenlegung
Bauwesen, Berlin 2001
- Venzmer u.a.
Innovative Produkte und Verfahren zur Fassadeninstandsetzung, Altbauinstandsetzung, Band 4
Verlag für Bauwesen, Leipzig 2002
- WTA-Merkblatt 2-2-91: Die bauphysikalischen und technischen Anforderungen an Sanierputze
WTA für Denkmalpflege und Bausanierung e.V., München 1991

Impressum

Herausgeber Institut für Landes- und
Stadtentwicklungsforschung und
Bauwesen des Landes NRW (ILS NRW)
Theaterplatz 14, D-52062 Aachen
Fon: +49 (0)241 455-01
Fax: +49 (0)241 455-221
E-mail: ils@ils.nrw
Internet: <http://www.ils.nrw.de>

Auftraggeber Ministerium für Bauen und Verkehr
des Landes NRW (MBV)

Bearbeitung Dr.-Ing. Claus Arendt
Institut für Gebäudeanalyse und
Sanierungsplanung, München (IGS)

Abbildungen Dr.-Ing. Claus Arendt (IGS)
ILS NRW

Druck printproduction, Aachen

© ILS NRW 2006; alle Rechte vorbehalten
Auflage 2.500, Aachen