

Müssen Wände atmen?

Diese Sache kommt immer wieder ins Gespräch wenn es um Sanierungen im Altbau geht. Jeder Bauherr der bei der Sanierung alles richtig machen will, besteht darauf das die Wände „atmen“ können.

Dabei geht man davon aus, das infolge der „Atmung“ überschüssige Feuchte durch eine quasi intelligente Wand nach außen transportiert wird. Dadurch wächst kein Schimmel und das Haus bleibt trocken und warm.

Alles an Baumaterialien, das nur entfernt unter Verdacht steht dies zu verhindern, wird regelrecht verteufelt. Das sind all die Produkte, die angeblich oder wirklich diffusionsdicht sind. Darunter fallen so ziemlich alle modernen Baumaterialien. Ganz oben auf der Liste stehen diffusionsdichte bzw. kunststoffmodifizierte Anstriche, Dampfsperren, Gipskarton, Wedi-Platten, Schaumpolystyrol, Porenbeton und vor allem Zementputz und zementhaltige Putze.

Da reichen schon Spuren im Kalkputz, um Entrüstung zu erzeugen.

Man schwört auf Lehm, Holz, Sumpfkalkputz wenn möglich holzgebrannt, Dämmungen aus Wolle, Flachs und Hanf, weil diese Materialien „die Wand atmen lassen“.

Für Fußböden werden Dielung auf Polsterhölzern über belüfteten Boden bzw. Baugrund oder Kalk-Korkestriche als alternative zu den dichten, „sperrenden“ Estrichen gesehen, die „die Feuchtigkeit in die Wände hochdrücken“.

Ob ein kalter, zugiger Dielenboden besonders wohnlich ist, ist eine persönliche Frage.

Ein 20 cm starker Kork- Kalkestrich, der noch einige Jahre bis zum vollständigen Abbinden des Kalkes braucht und bis dahin Feuchtigkeit in den Innenraum aus „atmet“ ist schon an der Grenze zum Baumangel.

Glücklicherweise ist der Begriff Kalk im Estrich nicht so wörtlich wie sonst zu nehmen, es gibt genügend hydraulische bzw. zementäre Beimengungen, damit der Estrich eine akzeptable Anfangsfestigkeit erreicht. Sonst wäre in ein

paar cm Tiefe noch nach Monaten ein weiches, erdfeuchtes Materialgemisch vorhanden.

Können Wände überhaupt „atmen“?

Natürlich nicht.

Wände sind keine Lebewesen, in ihnen findet kein Stoffwechsel statt.

Mit viel Phantasie kann man den Abbindeprozess im Luftkalk mit Stoffwechsel vergleichen, Luft, also ein Gemisch aus Gasen, in dem sich auch Kohlendioxid befindet, reagiert mit dem Kalkhydrat, einer Base, es entsteht Wasser als quasi Stoffwechselprodukt. CO₂ rein, Wasser raus.

Die Bezeichnung „atmen“ steht bei Wänden für die Eigenschaft der Diffusion.

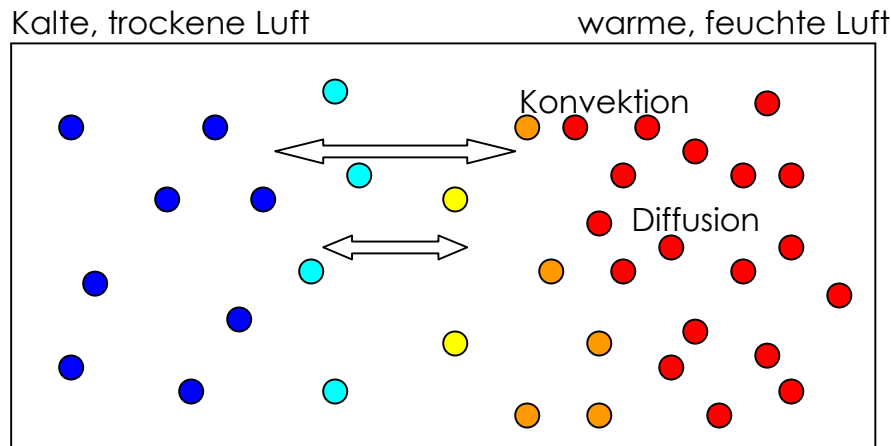
Atmen soll heißen Diffusion.

Was ist Diffusion?

Diffusion ist ein physikalisches Phänomen, von dem wir alle schon in der Schule gehört haben.

Stoffe in Lösungen mit unterschiedlichen Konzentrationen neigen dazu, diese Unterschiede auszugleichen. Die Moleküle in der höher konzentrierten Lösung wandern in den Teil mit niedriger Konzentration. Wenn zwischen beiden Teilen eine halbdurchlässige Wand ist, dann sprechen wir von behinderter Diffusion bzw. Osmose.

Wenn keine Behinderung existiert, dann wirkt Konvektion in größerem Maße als Diffusion.



Die mikrokinetische Energie der Moleküle (Brown'sche Molekularbewegung) ist der Antriebsmotor des Ausgleichs.

Der konvektive Fluss gleicht die Druckunterschiede beider Gasmassen schnell wieder aus.

Die Diffusion gleicht die Partialdrücke langsamer aus.

Auch Wasserdampf ist ein Gas, es verhält sich ähnlich wie Sauerstoff oder Stickstoff.

Das, was Laien üblicherweise unter Wasserdampf verstehen, das weiße Wölkchen was im Winter aus dem Gaskamin des Nachbarn oder dem Auspuff flattert, ist Kondensat.

Winzige Wassertröpfchen, die entstehen wenn Wasserdampf sich verflüssigt.

Das obige Modell geht von einem freien Luftraum aus.

Eine Wand besteht aber nicht nur aus Luft, sondern aus einem Baustoff.

Die überwiegende Mehrheit der Wandbaustoffe besteht aus einem Festkörper, der mit mehr oder weniger vielen und unterschiedlichen Hohlräumen durchzogen ist, den Poren.

Die Poren sind materialspezifisch und ergeben sich aus der Herstellung. Ziegel werden gebrannt, das überschüssige Anmach- und Kristallwasser verdampft,

Beton erhärtet, Kalk bindet ab- immer entstehen Poren, aus denen Wasser verdunstet ist.

Da Luft ein schlechter Wärmeleiter ist, werden in Baustoffen gezielt Porenräume eingelagert, um die Dämmeigenschaften zu verbessern.

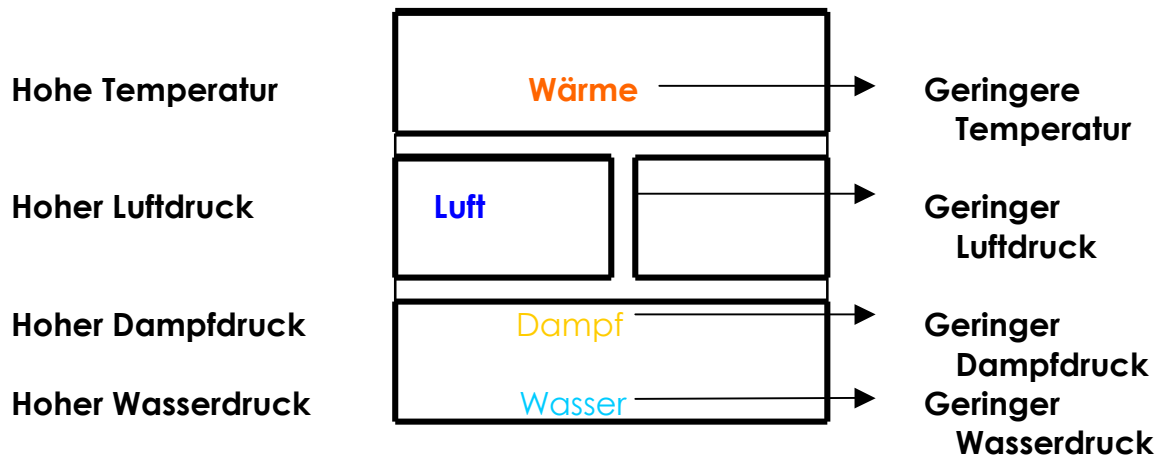
Diese vielen kleinen Poren behindern den konvektiven Austausch, lassen aber Diffusion zu.

Was passiert also in einer porösen Außenwand während der Heizperiode?

- die Lüftung wird aus Gründen der Energieeinsparung eingeschränkt, die dichten Fenster bleiben zu,
- im Inneren der Gebäude wird durch Nutzung Wasserdampf freigesetzt, der Wassergehalt der Luft ist im Inneren erheblich höher als draußen,
- Unter dem Endruck des Partialdruckgefälles diffundiert Wasserdampf vom Innenraum durch das Wandbauteil hindurch in den Außenraum.
- Beim Durchgang durch die Außenwand kühlt der Wasserdampf ab. Es ist möglich, das bei Unterschreiten einer bestimmten Temperaturgrenze, dem Taupunkt, sich der gasförmige Wasserdampf verflüssigt. Es entsteht Tau- bzw. Kondenswasser oder Kondensat.
- Das flüssige Wasser verstopft die Poren, die Diffusionsfähigkeit sinkt.
- Der Ort wo das geschieht, kann in der Wand, aber auch außen vor der Wand oder innen auf der Wandoberfläche sein.
- Durch das flüssige Wasser in bzw. auf der Wand wird die Wärmeleitfähigkeit des Bauteils erhöht, der Taupunkt wandert weiter nach innen, zur warmen Seite.

Das flüssige Wasser kann im Wandbaustoff kapillar verteilt werden. Bei Erhöhung der Innentemperatur fließt es zur wärmeren Wandoberfläche, wo eine Verdunstung stattfindet. Das passiert, wenn stärker geheizt wird.

Der gleiche Effekt tritt auch im Sommer bzw. unter direkter Sonneneinstrahlung auf der Außenwandfläche ein, die Wand erwärmt sich, Wasser strömt kapillar zur warmen Oberfläche und verdunstet dort.



Durch eine poröse Wand aus kapillaraktiven Baustoffen finden also ein Austausch von Wärme, Luft, Wasserdampf und eventuell flüssigem Wasser statt.

Die Massen- und Energieströme müssen immer zusammen betrachtet werden, da es zwischen Ihnen Abhängigkeiten gibt.

Die dabei strömenden Stoff- bzw. Wärmemengen lassen sich berechnen, so auch die Menge des Wasserdampfes.

Dazu stehen mehrere Verfahren zur Verfügung.

Üblich und am weitesten verbreitet ist das „Glaser“- Verfahren, das auch in der DIN 4108 zur Anwendung kommt. Es ist recht einfach anzuwenden und kann von Hand gerechnet werden. Das Glaserverfahren geht von stationären Bedingungen aus und ergibt die Menge an Kondensat (Tauwassermenge) die während einer Tauperiode (kalte Jahreszeit) in der Wand entsteht und die in der Verdunstungsperiode (Sommer) wieder aus der Wand verdunstet.

Wenn laut dieser Rechenmethode mehr Wasser verdunstet wie entsteht, gilt dies als Nachweis der Tauwasserfreiheit. Das Ergebnis ist sehr ungenau, da

temporäre Einflüsse, kapillare Transportprozesse, Latentwärme und Konvektion nicht berücksichtigt werden.

Mittlerweile ist über das Internet eine Reihe von Programmen verfügbar, mit deren Hilfe auch Laien die Tauwasserfreiheit z.B. nach Glaser selber berechnen können. Ein paar Daten eingegeben und schon hat man das Ergebnis einschließlich einer schönen Grafik.

Die Vorteile solcher Programme wie z.B. Cond, die Einfachheit, ist auch ein großer Nachteil.

Durch die vielen Vereinfachungen, dadurch wird nicht die Realität abgebildet, sondern ein sehr grobes, stationäres Modell der Wirklichkeit. Das ist für die Interpretation der Ergebnisse durch Laien ein Problem.

Bessere Ergebnisse leisten instationäre Simulationsverfahren wie DELPHIN 4, WUFI, CHAMPS, Bsim Hyg 2d, sie erfordern aber einen hohen Eingabe- und Rechenaufwand.

Wovon hängt die Größe der Diffusion ab?

Zuerst einmal davon, welche Druck- Temperatur- und Dampfdruckdifferenzen zwischen Außen- und Innenseite einer Wand herrschen.

Wie kalt ist es, wie hoch ist die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen, wie hoch ist die relative Luftfeuchte innen?

Dann ist diese Größe materialabhängig.

Hier sind wir wieder am Ausgangspunkt, bei unserem sanierungswilligen Bauherren, der alles richtig machen will und nur „atmende“ Baustoffe verwenden möchte.

Die materialabhängige Eigenschaft nennt sich

Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ .

Das ist der Verhältniswert zwischen dem (messbaren) Diffusionskoeffizienten eines Stoffes und der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl von Luft. Anders formuliert, er drückt das Vielfache des Diffusionswiderstandes von Luft von 1 m Stärke aus. Luft hat praktisch keinen Widerstand (siehe Grafik Seite 1), $\mu = 1$.

Je höher die Zahl, je dichter der Stoff, je höher der Diffusionswiderstand.

Ein Beispiel: Putzmörtel hat einen Diffusionswiderstand von 10 – 30. Das bedeutet, 1 m Putz hat den selben Widerstand wie 10 – 30 m Luft.

Deshalb sollte man, um Baumaterialien hinsichtlich ihrer Diffusionsfähigkeit einschätzen zu können, ihre Diffusionswiderstandszahl kennen. Hier einige der wichtigsten Baustoffe:

Baustoff	μ
Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement, hydraulischem Kalk	15/35
Putzmörtel aus Kalkgips und Gips	10
Kunstharzputz	50/200
Zementmörtel	15/35
Zement- und Anhydritestrich	15/35
Normalbeton	70/150
Porenbeton	5/10
Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge (Liaporbeton)	5/15
Lehm	5/10
Mauerwerk aus Vollklinkern	50/100
MW aus Vollziegel (Backstein)	5/10
MW aus Kalksandstein	5/10
MW aus Porenbeton	5/10
MW aus Leichtbetonsteinen	5/10
Holzwohle- Leichtbauplatten	2/5
PUR- Ortschaum	30/100
UF- Ortschaum	1/3
Korkplatten	5/10
Polystyrol- Partikelschaum (EPS) Dichte >15	20/50
<20	30/70
Polystyrol- Extruderschaum (XPS)	80/250
Holz	40
Harte Holzfaserplatten	70

Damit kann unser braver Heimwerker selber abschätzen, welche Materialschicht wie viel „atmen“ kann.

Ein Beispiel:

15 mm Kalkputz hat einen Diffusionswiderstand von $0,015 \times 15 = 0,225$.

4 mm Kunstharzputz hat einen Diffusionswiderstand von $0,004 \times 50 = 0,2$

Die Dicke macht den Unterschied- Kunstharzputz „atmet“ genauso gut wie Kalkputz!

Moderne Wandbaustoffe wie Hochlochziegel, Liaporbeton oder Porenbeton haben die gleichen Diffusionswiderstände wie Lehm, Kalkputz, Backsteinmauerwerk. Moderne Dämmstoffe haben zwar einen höheren Widerstand wie z.B. Korkplatten, dämmen aber besser. Durch die geringere Dicke bei gleicher Dämmleistung haben sie etwas den selben Widerstand wie Kork in der praktischen Anwendung.

Faserige Dämmstoffe wie Mineralwolle haben praktisch den gleichen Widerstand wie Luft.

Früher war es besser

Nun argumentieren viele Hausbesitzer, das früher als noch ausschließlich mit „atmenden“ Baustoffen wie Holz, Ziegel, Lehm... gebaut wurde die Wohnungen viel gesünder waren. Es gab keinen Schimmel, die Wände waren trocken, weil sie „atmen“ konnten.

Das ist nur bedingt richtig.

Die Bedingungen, die damals herrschten, also Druck- und Temperaturunterschiede, waren nicht zu vergleichen.

Es gab im Winter nicht die hohen Innentemperaturen, 14°C galt als Zimmertemperatur. Nur die Küche war richtig warm, wenn gekocht wurde.

Es gab undichte, einzelverglaste Fenster, durch die ständig kalte, trockene Frischluft nachströmte, um den Luftverbrauch der Öfen zu ergänzen. Die Fenster wirkten auch als Zwangsentwässerung, das Kondensat lief herunter. Bei strengem Frost gefror es zu Eisblumen.

Die hohe Luftwechselrate sorgte für geringe Temperaturunterschiede und niedrige Luftfeuchten.

Es war zwar trocken, aber kalt, zugig und man musste Unmengen von Brennstoffen in die Öfen nachschieben.

Unter diesen Verhältnissen war der Diffusionswiderstand der Wände völlig egal.

Nicht die „atmenden“ Baustoffe sorgten für Trockenheit, sondern ständiger Luftwechsel und viel Heizenergie.

Wenn nicht genügend Heizenergie da war, froh man und es schimmelte eben auch, es war auch feucht und muffig.

Wohnen heute

Unter heutigen Bedingungen hat sich das Innenklima verändert.

Möglichst wenig heizen, deshalb möglichst wenig lüften und eine fast luftdichte Gebäudehülle sorgen dafür, dass die relative Luftfeuchte steigt und die Hüllflächentemperaturen sinken.

Neben solchen Themen wie

- wer war am weitesten im Urlaub weg oder
- wessen Auto hat die meisten Zubehörspielereien ist auch
- wer verbraucht am wenigsten Heizenergie in seiner Hütte

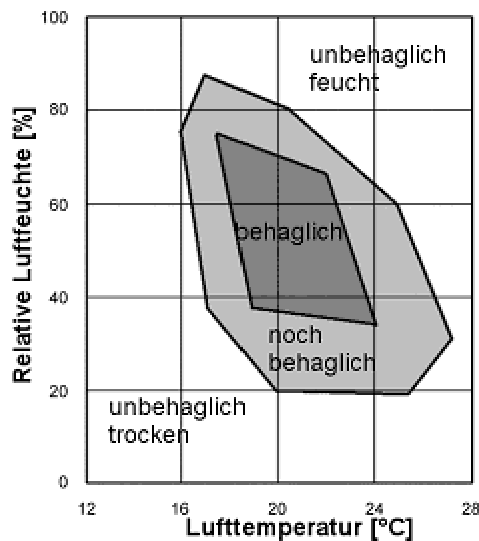
ein beliebtes Stammtisch- oder Kaffeekränzchenthema geworden.

Moderne, auf Dichtheit hin getrimmte Fenster erfordern eben eine höhere Lüftungsrate als ihre Vorgänger. Einfach ein Stück Gummidichtung herauszuschneiden oder die Fenster etwas angekippt zu lassen ist auch keine

Lösung. Es bilden sich kleinere Konvektionswirbel im Fensterbereich, die zwar für Abkühlung sorgen, aber so gut wie keinen Luftaustausch bringen.

Zwangkondensationspunkte wie einfach verglaste Fenster sind weggefallen.

Der Schwachpunkt ist jetzt die gesamte Hüllfläche, also die Außenwände, Decken und Fußböden. Schon ein Schrank vor der Wand oder der Bettgiebel können für das halbe oder eine °C weniger sorgen das Kondenswasser auf der Oberfläche entstehen lässt, mit all seinen Folgen wie Schimmel usw.



Genau hier setzt die Mär von der wohltätig „atmenden“ Wand an.

Die These ist, das dieses überschüssige Kondensat gar nicht erst entsteht, da die überschüssige Feuchte auf Grund des Partialdruckgefälles durch die Wand nach außen abgeführt, quasi „ausgeatmet“ wird. Das ist zwar theoretisch richtig, funktioniert aber in der Praxis bei weitem nicht so, wie man es sich vorstellt.

Die anderen Transportmechanismen wie Konvektion und Kapillartransport sind weitaus leistungsfähiger. Die Menge an Feuchte, die so durch eine massive Ziegelwand von etwa 40cm wandert, ist sehr gering, verglichen mit den Feuchtemengen, die bei der Nutzung in Wohnungen anfallen können.

Dazu kommen die Temperaturunterschiede, die wenn nicht auf der Wand dann in der Wand zu Kondensat führen. Dieses Kondensat wird von einer porösen Ziegelwand relativ schnell aufgenommen und verteilt, diese Auffeuchtung vermindert aber die Dampfdiffusion - die Auffeuchtung steigt. Das mindert wiederum die Dämmeigenschaften mit dem Ergebnis, das die Innentemperatur der Wand weiter sinkt- die Folge ist mehr Kondensat.

Hier ist ein Kreislauf in Gang gekommen, der immer mehr Wasser in die Wand pumpt. Durchbrechen kann man ihn neben Lüften durch erhöhte

Heizleistung, damit wird die Wand nach innen über die kapillare Kondensatrückführung getrocknet.

Die Wand ist zwar trockener, der Wasserdampf aber immer noch da, wo er eigentlich nicht mehr sein sollte - im Innenraum.

Nun können massive Bauteile wie Ziegelwände einen gewissen Grad an Feuchte abpuffern und wieder abgeben, wenn sich Temperatur und relative Luftfeuchte wieder ändern. Das können aber Möbel, Teppiche, Einrichtungsgegenstände usw. auch.

Material- bzw. Sorptionsfeuchten

bei 80% rel. Luftfeuchte und 20°C in Masse-%:

Ziegel	2-3
Gips	2-3
Kalkzementputz	2-3
Leinen	9
Papier	11
Holz	14
Naturseide	15
Wollstoff	18

Fazit

Nach meinen bisherigen beruflichen Erfahrungen mit Diffusionsfeuchte kann ich folgendes feststellen:

Der Feuchtetransport infolge Diffusion durch Außenwände oder Decken ist relativ gering und hat auf die raumklimatischen Bedingungen so gut wie keinen Einfluss, im Gegensatz zum Feuchtetransport durch Konvektion und Kapillarwirkung.

Keine noch so hohe Diffusionsoffenheit verhindert allein hohe Luftfeuchte, Kondensatausfall, Schimmel usw.

Die Regelung des Raumklimas sollte über Heizung und Lüftung erfolgen. Kurzzeitige Schwankungen werden über Wandbeläge, Putze, Einrichtungen usw. abgepuffert.

Wenn Wände mit diffusionsoffenen Materialien gebaut werden (das ist im individuellen Wohnungsbau die Regel) dann sollte die Regel:

- nach außen immer diffusionsoffener Bauen beachtet werden.

Lehmbauten

Ich kann mir nur einen Fall vorstellen, wo so ein diffusionsoffenes System Sinn macht und funktioniert:

Dicke Lehmwände und wärmeres Klima mit kurzen, feuchten Kälteperioden und langen heißen Sommern.

Das ist typisch für mediterranes Klima. Dort kann eine dicke Adobewand im Winter kurzzeitig Kondensat verkraften, wenn sie nach einiger Zeit ihre gespeicherte Wärme verloren hat. Beim Kondensieren wird Wärme frei, das Kondensat kann in großen Mengen von einer Lehmwand gebunden werden, wenn sie eine hohe Kapillarität besitzt und dick genug ist. Sorptionsfeuchte schadet einer Lehmwand nicht, nur äußere Einwirkung von flüssigem Wasser.

In der langen, heißen und trockenen Sommerperiode wird die gebundene Feuchte abgegeben (das Verdunsten benötigt Wärme- die Wand bleibt kühl) und die Wand lädt sich nach dem Austrocknen wieder mit Wärme auf.

Leider haben wir so ein Klima in unseren Breiten nicht.

„Atmende“ Keller

Zum Schluss noch ein paar Bemerkungen zum Keller:

Auch hier wird auf „atmende“ Fußböden und Wandbekleidungen gepocht. „Entfeuchtungs“- und Sanierputze, natürlich diffusionsoffen (damit die Wände gut „atmen“ können), Kalkputze und Fußböden aus Plattenbelägen in mineralischen Schüttungen oder aufgeständerter Dielung über blankem Boden.

Wenn es bei einer Außenwand im Winter noch funktionieren mag, in einem Keller, wo die Wärme- und Teilchenströme anders verlaufen, funktioniert es nur sehr eingeschränkt. In einer funktionierenden Außenwand ist die Richtung des Diffusionsstromes praktisch immer von innen nach außen, auch die der kapillaren Strömung.

In einer Kelleraußenwand mit ungenügender Abdichtung wird es immer einen Feuchtestrom von außen nach innen geben, der die Kellerwand feucht hält. Der Versuch, mit diffusionsoffenen Wandbeschichtungen und Bodenbelägen den Keller trocken zu bekommen, ist wie der Versuch, einen See mit einer Schöpfkelle trockenzulegen wenn der Zustrom von außen nicht unterbunden wird.

Man muss sich in diesem Fall mit den feuchtegesättigten Wandbaustoffen und dem Boden arrangieren (was für einen Keller nicht das Schlechteste ist) oder dafür sorgen, das die Kellerwand und der Boden eben nicht mehr „atmen“ können.

Böttcher fecit

Quellen:

Vorlesung Grundlagen der Bauphysik- Wasserdampfdiffusion

Prof. Dr.-Ing. Grünwald, TU Dresden

Vorlesung Univ.-Prof. DDr. Peter Kautsch, Uni Graz