

Bild 1. Gasdiffusor nach Kettner Typ K; Diffusionsraten/Tag.

und beim NO_2 bei $\frac{1}{2}$ maximal 2,6% abs. Hierbei sind noch nicht einmal die Abweichungen berücksichtigt, die durch die analytische Messgenauigkeit und die Temperaturschwankungen bedingt sind.

3. Die Emissionsraten ändern sich im Bereich der Zimmertemperaturen zwischen 18 und 26°C nicht wesentlich

(s. auch [2]), ein Temperaturgang konnte hier nicht festgestellt werden. Diese Eigenschaft läßt den Gasdiffusor auch unter Bedingungen, unter denen eine Thermostatisierung schlecht möglich ist, zur Herstellung von dynamischen Gasgemischen niedriger Konzentration als geeignet erscheinen.

4. Die Emissionsrate sinkt schnell in Ampullen, die keine Flüssigkeit mehr enthalten; das Gleichgewicht zwischen flüssiger und gasförmiger Phase ist gestört, der Gasdruck und mithin die Emission lassen nach (Beispiel: Ampulle 16). Das Dichtungselement der auseinandergenommenen leeren Ampulle wies nur unwesentliche Veränderungen auf.

Literatur

- [1] Kettner, H.: Gasdiffusor — ein Langzeitgerät zur Dosierung von Gasen im μg - bis mg -Bereich je Stunde. Staub-Reinhaltung der Luft 29 (1969), Nr. 4, S. 153.
- [2] Bauch, H., Burchard, H. u. Kettner, H.: Messungen der Diffusionsrate bei zwei SO_2 -Gasdiffusoren nach Kettner Typ K im Temperaturbereich von 32,5 bis -4°C . Staub-Reinhaltung der Luft, im Druck.
- [3] VDI-Richtlinie 2451 Messung von Schwefeldioxid-Konzentrationen (Silikagel), 1968.
- [4] VDI-Richtlinie 2453 Messung von Stickstoffdioxid-Konzentrationen. Modifiziertes Saltzman-Verfahren, 1968.

Anschr. d. Verf.: 4 Düsseldorf, Auf'm Hennekamp 70 (Kettner); 56 Wuppertal, Klingelhöll 80 (Bauch, Burchard).

Kritische Betrachtungen zur Frage des Feuchtigkeitshaushaltes von Außenwänden

Von Dr.-Ing. H. KÜNZEL

Außenstelle Holzkirchen des Instituts für Technische Physik der Fraunhofer-Gesellschaft

Für den Urmenschen, der am offenen Feuer in seiner Höhle saß, gehörte es zu den Unabänderlichkeiten des Alltags, daß das Kondenswasser an den Höhlenwänden herabließ. Auch für den Bewohner massiver Häuser in den vergangenen Jahrhunderten waren feuchte Wände im Winter vielfach eine Tatsache, die hingenommen wurde. In Räumen mit dicken Naturstein-Außenwänden ohne Beheizung durch Dauerbrandöfen war es im Winter in der Regel unvermeidlich, daß während des täglichen Anheizens Kondensation von Feuchtigkeit an den Wandoberflächen auftrat. Diese Feuchtigkeit wurde z. T. später wieder dem Raum zu abgegeben, z. T. wanderte sie jedoch durch die Wände nach außen und führte oft zu einer sichtbaren Durchfeuchtung an den Außenoberflächen der Wände. Diese Durchfeuchtungen bildeten sich regelmäßig im Sommer wieder zurück und verstärkten sich im Winter. Aus dieser Erfahrung, die mit den früheren Bauarten und Heizgepflogenheiten zusammenhängt, hat man feuchtigkeits-technische Anforderungen abgeleitet, die an Außenwände zu stellen sind, damit diese als funktionsfähig betrachtet werden können. Später hat man erkannt, daß die Raumluftfeuchtigkeit nicht nur unmittelbar an der Oberfläche kondensieren kann, sondern auch bei Unterschreiten des Taupunktes innerhalb der Wand, da die Raumluftfeuchtigkeit auch in Dampfform durch die Wand nach außen diffundieren kann. Die empirisch abgeleiteten Anforderungen, die man auf Grund der historischen Entwicklung an den „Feuchtigkeitshaushalt“ einer Wand stellt, können etwa folgendermaßen formuliert werden:

1. Eine Außenwand soll dampfdurchlässig sein, damit Feuchtigkeit aus der Raumluft nach außen diffundieren kann. In diesem Zusammenhang wird häufig das Schlagwort „Atmungsfähigkeit“ gebraucht.
2. Die innere Oberflächenschicht der Wand soll die Fähigkeit haben, Kondenswasser aufzunehmen, zu speichern und in Lüftungsperioden wieder abzugeben.

Im folgenden wird untersucht, inwieweit diese empirischen Forderungen noch Gültigkeit besitzen. Dabei wird von den modernen Möglichkeiten des Bauens und der Haustechnik und von den gesteigerten Komfortansprüchen des Menschen ausgegangen. Konkret ausgedrückt ist darunter folgendes zu verstehen: Es wird vorausgesetzt, daß alle Räume eines Wohngebäudes zentralbeheizt bzw. beheizbar sind. Dies ist heute bei Neubauten bereits der Regelfall und wird in naher Zukunft für alle Wohnungen eine Selbstverständlichkeit sein. Ferner wird davon ausgegangen, daß die „Feuchtigkeitsbelastung“ der Wohnungen geringer ist als früher. Dies ist eine Folge der Zentralbeheizung, der im Mittel geringeren Belegungsdichte der Wohnungen und der Verwendung von Geräten im Haushalt (z. B. Waschautomaten), die zu einer Verringerung der Wasserdampfproduktion führen.

Wasserdampf-Diffusion

Die traditionellen Baustoffe sind alle mehr oder weniger durchlässig für Wasserdampf. Dadurch ist ein Dampfdruck-Ausgleich zwischen der Raumluft und der Außenluft durch

die Wände hindurch möglich. Da in der Regel der Wasserdampf-Partialdruck in bewohnten Räumen höher ist als im Freien, hat dieser Dampfdruck-Ausgleich im Prinzip eine Feuchtigkeitsdiffusion vom Raum nach außen zur Folge. Die Größe des hierdurch bedingten Feuchtigkeitstransportes wird jedoch meist überschätzt in Vergleich zu dem Feuchtigkeitstransport, der durch den natürlichen Luftwechsel im gleichen Raume erfolgen kann.

In bewohnten Räumen ist aus hygienischen Gründen ein 3- bis 5facher Luftwechsel erforderlich, d. h. daß das gesamte Luftvolumen pro Stunde 3- bis 5mal erneuert werden soll. Dies wird in Wohnungen auch ohne spezielle Lüftungsanlagen erreicht auf Grund der Undichtheiten der Fenster, durch zeitweilige Fensterlüftung und infolge der „Pumpwirkung“ beim Öffnen und Schließen der Türen. Im Winter bringt dieser Luftwechsel gleichzeitig eine Erniedrigung der Raumluftfeuchtigkeit mit sich, ja der absolute Luftfeuchtigkeitsgehalt in beheizten Räumen höher ist als im Freien. In einem nicht natürlich durch Öffnen der Fenster belüfteten Raum ist trotzdem mit einem mindestens 1fachen Luftwechsel zu rechnen, allein auf Grund der Fensterundichtheiten und der vorhandenen Luftdruckunterschiede zwischen der Raumluft und der Außenluft.

Die Entfeuchtungswirkung sowohl durch Dampfdiffusion als auch infolge des Luftwechsels nimmt mit sinkender Außenlufttemperatur zu. Ein Vergleich über die Wirksamkeit der beiden Effekte (Dampfdiffusion und Luftwechsel) wird unter folgenden Annahmen durchgeführt:

Raum (4 m × 6 m × 2,6 m) mit zwei Außenwänden, bestehend aus 24 cm Hochlochziegelmauerwerk (Diffusionswiderstandsfaktor $\mu = 10$) mit Außen- und Innenputz.

Fensterfläche:	6 m ²
Luftwechsel:	einfach
Raumlufttemperatur:	22 °C
Raumluftfeuchte:	40 % r. F.
Außenluftfeuchte:	80 % r. F.

Unter diesen Gegebenheiten werden — abhängig von der Außenlufttemperatur — folgende Feuchtigkeitsmengen aus dem Raum abgeführt:

Außenlufttemperatur [°C]	Aus dem Raum abgeführte Feuchtigkeitsmenge [g/h]	
	durch Dampfdiffusion durch die Außenwand	durch Luftwechsel (einfach)
-20	5,5	436
-10	4,8	378
0	3,2	242
10	0,4	15

Die durch Diffusion transportierte Feuchtigkeitsmenge beträgt somit bei winterlichen Außentemperaturen nur 1—2% der durch Luftwechsel abgeführten Menge. Dabei wurden bei der Berechnung für den Diffusionseffekt günstige Verhältnisse zugrunde gelegt, nämlich zwei Außenwände und relativ dampfdurchlässiges Ziegelmauerwerk. In anderen Fällen kann der Diffusionsanteil noch geringer sein. Die Folgerung aus dieser Betrachtung ist, daß hinsichtlich einer Feuchtigkeitsabfuhr aus Räumen auf die Wirkung der Dampfdiffusion durch Außenbauteile hindurch völlig verzichtet werden kann. Die Verhältnisse der Raumluftfeuchtigkeit werden durch die Dampfdurchlässigkeit der Außenwände nicht merklich beeinflusst.

Oberflächenkondensation

Die bisher vorherrschende Ansicht ist, daß die Innenoberflächen von Wänden in der Lage sein sollen, bei erhöhter

Raumluftfeuchtigkeit auftretendes Kondenswasser aufzunehmen. Man hat in diesem Zusammenhang dem Innenputz, der ursprünglich nur dazu diente, die Unebenheiten einer gemauerten Wand auszugleichen, die zusätzliche Aufgabe übertragen, als „Pufferschicht“ zu wirken. Man hat dabei übersehen, daß die meisten traditionellen Wandbaustoffe, insbesondere Ziegel, eine höhere Wasseraufnahmefähigkeit besitzen als übliche Innenputze, ausgenommen Gipsputz, und damit für diese „Pufferung“ im unverputzten Zustand besser geeignet wären. Zum ändern erhält jeder Innenputz einen Anstrich oder eine mit Leim aufgeklebte Tapete, wodurch die Wasseraufnahme weiter reduziert wird. Hätte man eine Beschichtung entwickeln wollen, die speziell dafür geeignet ist, anfallendes Kondenswasser aufzunehmen und später wieder abzugeben, dann müßte diese anders beschaffen sein als die gebräuchlichen Innenputze. Hierdurch soll lediglich zum Ausdruck gebracht werden, daß die Aufgabe des Innenputzes, als Pufferschicht für Kondenswasser zu wirken, nachträglich konstruiert wurde und daß die damit zusammenhängenden Überlegungen einer kritischen Betrachtung nicht standhalten. Dies wird aus den folgenden Gesichtspunkten noch deutlicher.

Während in zentralbeheizten Wohnräumen mit wärmeschutztechnisch ausreichend dimensionierten Außenwänden (DIN 4108) unter heutigen, durchschnittlichen Wohnverhältnissen nicht mehr mit dem Auftreten von Oberflächenkondensation zu rechnen ist, ist jedoch eine solche in Räumen mit stärkerer, insbesondere stoßweiser Feuchtigkeitsbelastung — wie in Küchen und Bädern — nicht auszuschließen. In Bädern ist meist ein Teil der Wandoberflächen mit keramischen Fliesen bekleidet. An diesen Flächen kann auftretendes Kondenswasser nicht aufgesogen werden, sondern bleibt in Tropfenform sichtbar. Dies vermittelt den Eindruck eines „feuchten Baderaumes“. In der Regel wird man nach der Badenutzung solange lüften, bis der sichtbare Tauwasserniederschlag wieder verdunstet ist. Anders ist es bei einem nicht gefliesten Bad, wenn also die Wände das Tauwasser aufnehmen können. Hier ist man viel eher versucht, kürzer zu lüften, da das Bad bald nach der Benutzung nicht mehr „sichtbar feucht“ ist. Dabei wird meist nur ein Teil der von den Wandoberflächen aufgesogenen Feuchtigkeit wieder über die Raumluft ins Freie abgegeben. Ein Teil verbleibt in der Wand und führt im Laufe der Zeit zu einem erhöhten Dauerfeuchtigkeitsgehalt des Wandbaustoffes.

Aus diesen Überlegungen geht hervor, daß es nicht sinnvoll oder gar notwendig ist, daß Wandoberflächen Kondenswasserfeuchtigkeit aufnehmen können, sondern daß dies geradezu nachteilig ist. Auch die oft geäußerte Ansicht, daß in einem Baderaum nicht sämtliche Wandoberflächen voll gefliest werden sollen, sondern daß wenigstens ein Teil verputzt und damit „atmungsfähig“ sein soll, beruht auf einem Denkfehler. Ungeachtet der historischen Entwicklung müssen die diesbezüglichen Anforderungen folgendermaßen formuliert werden:

1. Wenn Oberflächenkondensation an Außenwänden mit Sicherheit vermieden werden soll, dann müssen diese wärmeschutztechnisch entsprechend der zu erwartenden Feuchtigkeitsbelastung im Raum und den tiefsten winterlichen Außenlufttemperaturen dimensioniert werden. (Für zentralbeheizte Wohn- und Aufenthaltsräume sind die Mindestanforderungen gemäß DIN 4108 als ausreichend zu betrachten; eine höhere Wärmedämmung erhöht naturgemäß die Sicherheit gegen das Auftreten von zeitweiliger Kondensation und ist daher ratsam.)
2. In Räumen mit vorübergehend erhöhter (stoßweiser) Feuchtigkeitsbelastung (Küchen, Bäder) ist anzustreben, eine Erhöhung der Raumluftfeuchtigkeit bei Wasserdampfproduktion durch gezielte Lüftungsmaßnahmen zu vermeiden (Abführen des Wasserdampfes unmittelbar vom Entstehungsort ins Freie, z. B. durch Dunstabzüge). Ist dies wegen Zugbelastigung des Menschen nicht möglich (z. B. in Kleinküchen oder Bädern),

dann müssen die Außenwände durch entsprechende Behandlung der Innenoberflächen gegen Wasseraufnahme infolge vorübergehender Tauwasserbildung geschützt werden. Der Feuchtigkeitsniederschlag ist durch anschließendes Lüften abzuführen.

Diese Überlegungen gelten sinngemäß auch für einen Fall außerhalb des Wohnungsbaues, bei dem Oberflächenkondensation im Winter eine große Rolle spielt, nämlich im Stallbau. Seit Jahrhunderten hat man sich daran gewöhnt, daß Stallwände feucht werden. Man bevorzugte Baustoffe, welche die Kondensationsfeuchtigkeit aufnehmen und nach außen leiten. Viel sinnvoller wäre es, die Innenoberflächen der Stallwände gegen Feuchtigkeitsaufnahme abzusperren. Das an der Wandoberfläche ablaufende Kondenswasser ist im Stall in keiner Weise störend.

Innere Kondensation

Bei den massiven, traditionellen Wandbauarten ist das Auftreten von Tauwasserbildung im Inneren eines Bauteils infolge eindiffundierender Raumluftheuchtigkeit (innere Kondensation) von untergeordneter Bedeutung. Eine Berücksichtigung dieses Phänomens drängte sich erst auf, als man geschichtete Bauteile verwendete mit höherer Wasserdampf-Durchlässigkeit und mit einer Schichtanordnung, die zur Folge hatte, daß größere Tauwasserbildung im Inneren des Bauteiles möglich war. Dies war z. B. der Fall im Holzhausbau, als man von der traditionellen Blockbauart übergang zu Holzskeletten mit beiderseitiger Beplankung und Füllung des Zwischenraumes mit dampfdurchlässigen Wärmedämmstoffen. Dabei aufgetretene Feuchtigkeitsschäden in der kalten Jahreszeit waren der Anlaß dafür, daß man sich mit dem Problem der Wasserdampf-Diffusion und der inneren Kondensation eingehender befaßte. Erste Untersuchungen hierüber wurden naturgemäß in den Ländern durchgeführt, in denen bei ungünstigen winterlichen Klimabedingungen der Holzhausbau eine größere Bedeutung hat, nämlich in Skandinavien, Kanada und Nordamerika. Die einschlägigen Untersuchungen, die im wesentlichen in den zwanziger Jahren ihren Ausgang nahmen, führten zur „Erfindung“ der Dampfsperre, die heute für jeden Architekten ein Begriff ist.

Grundsätzlich kann eine Feuchtigkeitserhöhung in Außenbauteilen dadurch vermieden werden, daß man auf der raumseitigen Oberfläche von Außenbauteilen eine völlig dampfsperrende Schicht anordnet. Dies ist jedoch im strengen Sinne ohne großen Aufwand nicht möglich und vielfach auch nicht zweckmäßig und notwendig. Man hat erkannt, daß es in der Praxis ausreicht, auf der Raumseite eine „dampfbremsende“ Schicht anzubringen oder den Schichtaufbau eines Außenbauteiles so zu wählen, daß das Ausmaß einer inneren Kondensation auf das Zulässige begrenzt wird. Die Grundlage für eine quantitative Erfassung des Problems der inneren Kondensation lieferten die Überlegungen von Glaser [1]. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen ist es üblich, Außenbauteile in diffusionstechnischer Hinsicht in folgender Weise zu beurteilen: Man berechnet, welche Feuchtigkeitsmenge sich im Inneren des Bauteils in einer Winterperiode infolge Kondensation eindiffundierender Feuchtigkeit anreichern und welche Feuchtigkeitsmenge im Sommer wieder abgegeben werden kann. Für diese Berechnung werden einheitlich festgelegte Randbedingungen hinsichtlich der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse zugrunde gelegt (s. z. B. [2]). Ist die in einer Sommerperiode mögliche Feuchtigkeitsabgabe aus der Wandkonstruktion nach außen und innen gleich oder größer als die berechnete, in einer Winterperiode eindiffundierende und kondensierende Feuchtigkeitsmenge, dann wird die Konstruktion in diffusionstechni-

scher Hinsicht als geeignet beurteilt. Dieses Verfahren ist im Sinne einer Abschätzung als nützlich zu betrachten, solange man es mit Konstruktionen zu tun hat, in denen ein Feuchtigkeitstransport in erster Linie durch Dampfdiffusion erfolgt. Dies sind Konstruktionen aus Baustoffen mit geringer Kapillarleitfähigkeit, geschichtete Konstruktionen mit Luftschichten, Dämmschichten aus Mineralfasern und Schaumkunststoffen und dergleichen.

Bei Konstruktionen — insbesondere einschichtigen — aus kapillarleitfähigen Baustoffen kommt in der Regel dem Feuchtigkeitstransport in flüssiger Form ein nicht zu vernachlässigender Einfluß zu. Das Ergebnis einer Diffusionsberechnung wird daher in solchen Fällen nicht in annähernder Übereinstimmung mit den tatsächlichen Verhältnissen stehen. Weitere Untersuchungen und Überlegungen sind erforderlich, um auch für Konstruktionen aus kapillarleitfähigen Materialien einen praktikablen Beurteilungsmodus zu finden, der den tatsächlichen Gegebenheiten besser gerecht wird.

(wird fortgesetzt)

Patentschau

I. Heizung

Gebrauchsmuster

6603194 Kl. 36 c Gr. 10/07; Laufzeit 26. 9. 1965 bis 25. 9. 1971; Inhaber: Strebelwerk GmbH, Mannheim.

Zentralheizungskessel mit oberhalb desselben liegender Trommel, die durch Überström- und Fallrohre verbunden sind, wobei in den Umlauf ein Umlaufmesser eingeschaltet ist.

6900731 Kl. 36 c Gr. 12/02; Laufzeit 10. 1. 1969 bis 9. 1. 1972; Priorität USA 10. 1. 1968; Inhaber: American Tube & Controls Inc., West Warwick.

Ausdehnungsgefäß für Heizungsanlagen mit Unterteilung durch eine biegsame Membran in zwei Kammern. Die innere Wandbekleidung der das Heizungsmedium aufnehmenden Kammer sowie die Membran sind aus einem für das Medium undurchlässigen Werkstoff.

6902969 Kl. 36 d Gr. 4/25; Laufzeit 28. 1. 1969 bis 27. 1. 1972; Inhaber: K. Papf, Hamburg.

Raumluftheizung mit Luftfilterung durch ein schleierartiges Vlies, dessen Fäden aus Kunststoff bestehen.

6916298 Kl. 36 c Gr. 9/07; Laufzeit 24. 4. 1969 bis 23. 4. 1972; Inhaber: A. Bolz GmbH & Co., Wangen.

Radiator. Jedes Glied besteht aus zwei konzentrisch ineingesteckten Rohren, wobei das innere Rohr unten und oben für aufsteigende Raumlufte offen ist, während der zwischen den beiden Rohren befindliche Zwischenraum für den Durchfluß des Heizungsmediums dient. Unten und oben sind die Rohre mit horizontal liegenden Nippeln für das Aneinanderreihen der Doppelrohre sowie für den Zu- bzw. Abfluß des Mediums versehen.

Ausländische Patente

Österreich 257108 Kl. 36 e Gr. 2 vom 27. 7. 1965; Inhaber: Dipl.-Ing. Dr. Burg, Wien.

Heizgerät für Baderäume. Der zentrale Innenteil enthält eine elektrische Widerstandsheizung sowie ein Gebläse, das die Luft durch eine Deckenöffnung am Gerät aus einem äußeren oben geschlos-

Kritische Betrachtungen zur Frage des Feuchtigkeitshaushaltes von Außenwänden

Von Dr.-Ing. H. KÜNZEL

Außenstelle Holzkirchen des Instituts für Technische Physik der Fraunhofer-Gesellschaft

(Schluß von Seite 24)

Wasserdampf-Sorption

Hygroskopische Stoffe — hierzu gehören praktisch alle traditionellen Baustoffe — sind bei üblichen Raumluftbedingungen nicht völlig trocken, sondern nehmen einen Feuchtigkeitsgehalt an, der vom relativen Feuchtigkeitsgehalt der Umgebungsluft abhängt. Der Materialfeuchtigkeitsgehalt nimmt mit zunehmender Luftfeuchtigkeit zu, entsprechend den Sorptionsisothermen des Materials. Bei einer Feuchtigkeitsänderung der Luft ändert sich daher auch der Feuchtigkeitsgehalt des Materials, das mit dieser in Berührung ist, und umgekehrt. Bauphysikalisch hat dies folgende Bedeutung: Zwischen dem Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft und im Raum befindlichen Gegenständen — sofern diese aus hygroskopischem Material bestehen (z. B. Putz, Tapete, Holz, Textilien) — stellt sich ein Gleichgewicht ein. Wird dieses Gleichgewicht gestört, z. B. dadurch, daß im Raum Feuchtigkeit produziert wird, dann steigt mit der Raumluftfeuchtigkeit auch der Feuchtigkeitsgehalt der Oberflächenschichten der Raumbegrenzungen und Gegenstände im Raum. Umgekehrt wird bei einer Absenkung der Raumluftfeuchtigkeit von den Oberflächen Feuchtigkeit an die Raumluft abgegeben (Desorption). Diese Ausgleichsvorgänge (Absorption und Desorption) werden zusammengefaßt als Sorption bezeichnet. Sie bewirken, daß Schwankungen der Raumluftfeuchtigkeit gemindert werden. Dies ist aus Gründen eines gleichmäßigen Raumklimas erwünscht.

Luft besitzt eine um Größenordnungen geringere Aufnahme-fähigkeit für Wasser als die üblichen, hygroskopischen Baustoffe¹⁾. Ohne eine ausgleichende Wirkung durch die Raumbegrenzungsflächen würde daher die Raumluftfeuchtigkeit in starkem Maße von geringen Schwankungen in der Feuchtigkeitsbelastung im Raum beeinflusst werden.

Hierzu gibt es eine wärmetechnische Analogie: In einem Raum mit „wärmegedichteten“ bzw. stark wärmegedämmten Innenoberflächen würde schon eine geringe Wärmeproduktion oder ein Wärmeentzug relativ große Schwankungen der Raumlufttemperatur zur Folge haben. Daher ist eine gewisse Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile erwünscht, welche Temperaturschwankungen der Raumluft auszugleichen vermag. Man spricht in diesem Zusammenhang von einer „Thermostabilität“ des Raumes. Analog hierzu kann der Begriff „Hygrostabilität“ für die feuchtigkeitsausgleichende Wirkung der Raumbooberflächen verwendet werden. Welchen Einfluß die Absorptionsfähigkeit von Raumbooberflächen auf die Raumluftfeuchtigkeit hat, geht aus den in *Bild 1* dargestellten Meßergebnissen hervor.

In zwei gleich großen Räumen mit 16 m² Grundfläche wurde die relativ geringe Menge von 200 g Wasser innerhalb 1/2 Stunde verdampft. Während hierbei im Raum mit nicht absorptionsfä-

higen Oberflächen die Luftfeuchtigkeit um 27 % r. F. anstieg, nahm die Luftfeuchtigkeit im Raum mit verputzten Wänden und Decke nur um 8 1/10 r. F. zu. Bei diesem Vergleichsversuch waren die Räume geschlossen (natürlicher Luftwechsl!) und ohne Innenausstattung. Durch die Möblierung und Innenausstattung — insbesondere durch Textilien (Teppich, Gardinen, Polsterbezüge) — wird die Hygrostabilität in der Praxis erhöht [3].

Dieser Vorgang der Absorption von Wasser in Dampfform ist streng zu trennen von der Aufnahme von Kondenswasser in flüssiger Form. Das Auftreten von Kondensation wird nur bestimmt durch die Temperatur der betreffenden Oberfläche, nicht aber von deren Material. Dagegen ist die Wasserdampf-Absorption praktisch unabhängig von der Temperatur der Fläche, aber in starkem Maße abhängig von der Kapillarstruktur des Materials. Untersuchungen zeigten, daß für einen Ausgleich kurzfristiger Feuchtigkeitsschwankungen — wie sie bei normalem Wohnbetrieb auftreten — nur die Eigenschaften der unmittelbaren Oberflächenschichten für die Sorptionsverhältnisse maßgebend und wirksam sind [4]. Schwerbeton-Innenoberflächen mit Tapete sind in dieser Hinsicht z. B. als gleichwertig zu betrachten mit verputztem Mauerwerk — gleich welcher Art — und Tapete.

Zu klären ist noch, ob in Räumen mit Oberflächen ohne jegliche Fähigkeit der Wasserdampf-Sorption — z. B. Kunststoff- oder Metalloberflächen — eine wünschenswerte Hygrostabilität im allgemeinen allein durch die Inneneinrichtung zu erzielen ist oder ob in diesem Falle zusätzliche Maßnahmen vorzusehen sind (z. B. Aufbringen absorptionsfähiger Oberflächenschichten oder gesteuerte Belüftung). Auf jeden Fall ist eine gewisse Hygrostabilität im hier behandelten Sinne zum Ausgleich von Luftfeuchtigkeitsschwankungen — bedingt durch die Einflüsse des Bewohnens — wünschenswert und als Gesichtspunkt bei der Beurteilung des Raumklimas in Betracht zu ziehen.

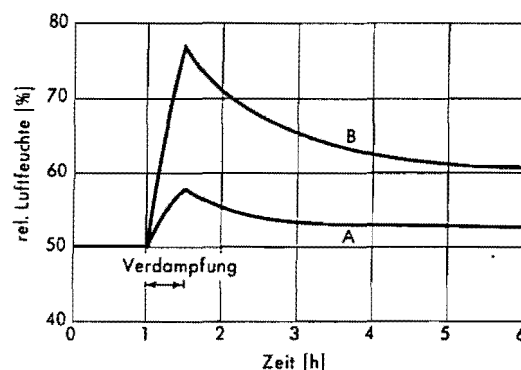


Bild 1. Änderung der relativen Luftfeuchtigkeit bei Verdampfen von 200 g Wasser innerhalb 1/2 Stunde in Räumen mit 4 m × 4 m × 2,5 m Größe, jedoch mit unterschiedlicher Beschaffenheit der Innenoberflächen von Wänden und Decken:

A: Kalkputz; B: Ölfarbe auf Putz.

¹⁾ Luft von 20°C besitzt eine maximale Aufnahmefähigkeit für Wasser von 0,0017 Vol.-%. Die Aufnahmefähigkeit von hygroskopischen Stoffen liegt hingegen im Bereich von Volum-Prozenten.

Regenschutz

Die bereits angedeuteten Entwicklungen im Bauwesen haben dazu geführt, daß Schäden durch die Einwirkung der Wohnfeuchtigkeit (Kondensation, Diffusion) zurückgegangen sind, daß dafür aber Feuchtigkeitsschäden infolge Schlagregenbeanspruchung stärker in den Vordergrund getreten sind. Durch Verwendung von Baustoffen mit höherer Wärmedämmfähigkeit wurden dünnere Außenwände ermöglicht. Dies bedeutet bei Mauerwerk meist durchgehende Stoßfugen und ganz allgemein eine geringere Feuchtigkeitsspeicherfähigkeit der Außenwände, d. h. daß „Feuchtigkeitsdurchschläge“, die für den Bewohner das sichtbare Signal für einen Feuchtigkeitsschaden sind, bei unseren heutigen Bauarten eher auftreten als bei den früher üblichen, dickeren Wänden.

Wenn man Betrachtungen über den Feuchtigkeitshaushalt von Außenwänden anstellt, muß daher den Auswirkungen des Schlagregens mehr Beachtung geschenkt werden, als dies bisher der Fall war. Die Ursache für die Vernachlässigung dieses Einflusses ist wohl mit darin zu sehen, daß die Schlagregenbeanspruchung und deren Auswirkung auf den Feuchtigkeitsgehalt von Außenwänden schwer zu erfassen und zu beurteilen ist. Im Gegensatz hierzu kann man das Ausmaß der Feuchtigkeitseinwirkungen vom Raum her (Diffusion, Kondensation) rechnerisch abschätzen. Durch Regeneinwirkung können jedoch in einer Außenwand wesentlich größere Feuchtigkeitszunahmen auftreten als durch die Feuchtigkeitseinwirkung vom Raum (Tabelle 1). Es ist daher zur Ver-

Tabelle 1. Gegenüberstellung der auf eine Außenwand einwirkenden Feuchtigkeitsmengen.

Die Angaben basieren auf Ermittlungen in der Freiland-Versuchsstelle Holzki.rchen und geben lediglich die Größenordnungen an.

Vorgang	Feuchtigkeitsaufnahme [Liter/m ²]
Einmalige Feuchtigkeitseinwirkung:	
Aufmauern einer 24 cm dicken Wand aus kleinformatischen Steinen	12—24
Einseitiges Verputzen (außen oder innen).	2—4
Ständig wiederkehrende Feuchtigkeitseinwirkungen:	
Starker Schlagregen während 24 Stunden	
Mauerwerk unverputzt.	4
Mauerwerk mit Kalkputz	3
Mauerwerk mit Kalkzementputz	1—2
Oberflächenkondensation während einer Kochperiode	0,01—0,05
Innere Kondensation während 24 Stunden	0,005

meidung von Feuchtigkeitsschäden dringend erforderlich, Hinweise und Richtlinien zur Erzielung eines ausreichenden Schlagregenschutzes zu erarbeiten. Trotz der bereits erwähnten Schwierigkeiten, die meteorologischen und bautechnischen Gegebenheiten zutreffend einzuschätzen, erscheinen solche Hinweise etwa in folgender Weise möglich:

Man teilt das Bundesgebiet in „Schlagregengebiete“ ein, analog zu den Wärmedämmgebieten zur wärmeschutztechnischen Dimensionierung der Außenwände (DIN 4108). Eine solche Schlagregenkarte wurde z. B. für Großbritannien erarbeitet [5], wobei als Beurteilungsgröße der sog. Schlagregenindex gewählt wurde, das Produkt aus der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit (m/sec) und der Jahressumme des Niederschlags (m). Entsprechend der Größe des Indexwertes wurde Großbritannien in drei Zonen eingeteilt mit unterschiedlicher Schlagregen-Beanspruchung (geschützt,

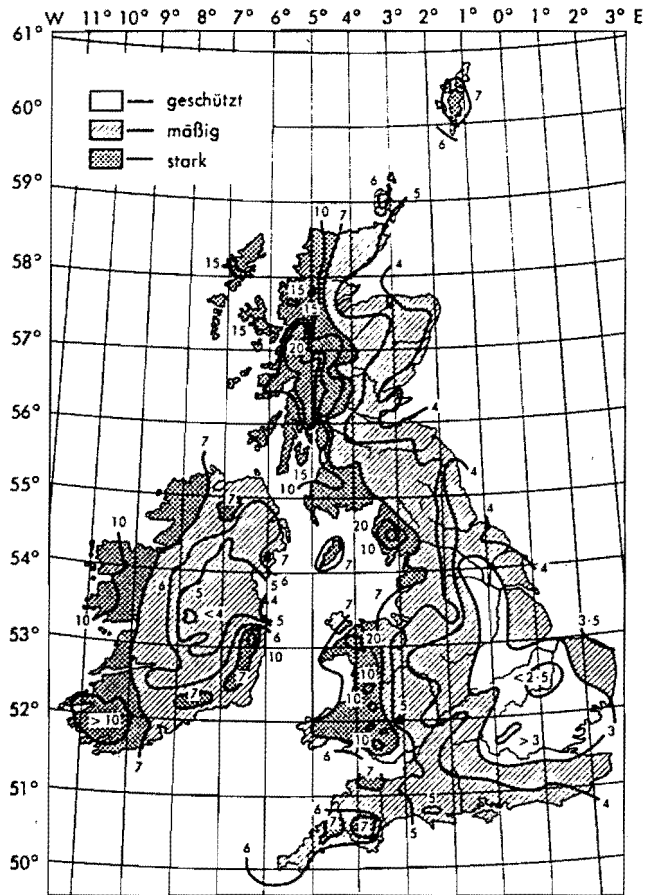


Bild 2. Schlagregenkarte für England

mäßige und starke Beanspruchung, Bild 2). Der Versuch, die gleiche Beurteilungsmethode auf das Bundesgebiet anzuwenden, führte zu keinem befriedigenden Ergebnis. Dies hängt vermutlich von der gegenüber der Inselanlage Großbritanniens wesentlich andersartigen geografischen Situation Deutschlands ab, welche andere klimatologische Zusammenhänge zur Folge hat. Eingehende Untersuchungen könnten sicher zu einem zutreffenden Beurteilungskriterium für den Grad der Schlagregen-Beanspruchung in Deutschland führen.

Parallel hierzu sind die verschiedenen Außenwand-Bauarten hinsichtlich ihrer „Schlagregen-Sicherheit“ zu klassifizieren. Die im Küstengebiet seit alters her bewährten zweischaligen Wände oder die aus der alten verschildelten Wand abgeleiteten Wandkonstruktionen mit hinterlüfteten Vorsatzschichten bieten zweifellos eine höhere Sicherheit gegen die Schlagregen-Beanspruchung als verputzte, massive Wände. Andererseits ist bei den letzteren eine Erhöhung der Schlagregensicherheit durch Verwendung von Außenputzen oder Beschichtungen mit wasserabweisenden Eigenschaften möglich. Nachdem bei unseren heutigen Bauarten der Außenputz oder Anstrich nicht mehr nur der Verschönerung dient, wie dies bei den alten, dicken Wänden in erster Linie der Fall war, sondern auch die Regenfeuchtigkeit wirksam abhalten soll, ist eine Prüfung und Klassifizierung der wasserabweisenden Eigenschaften der Außenbeschichtungen erforderlich.

Das bei der Entwicklung und Konstruktion neuer Baustoffe bzw. Bauarten sehr vernachlässigte Gebiet des Regenschutzes sollte unbedingt mehr in den Vordergrund der bauphysikalischen Forschungen treten. Hierdurch könnten auf lange Sicht die zahlreich auftretenden Feuchtigkeitsschäden — man denke z. B. an die Schäden bei Hochhäusern infolge der intensiveren

Schlagregen-Beanspruchung in den oberen Stockwerken oder Schäden im Zusammenhang mit der Fugenausbildung im Großtafelbau — erheblich reduziert werden.

Folgerungen

Aus dem Umgang mit den traditionellen Baustoffen und Bauarten haben sich gewisse Regeln und Prinzipien herausgebildet, die als berechtigt anzusehen sind, solange man sich auch hinsichtlich der Wohngepflogenheiten und der technischen Ausstattung der Wohnungen im „traditionellen Bereich“ bewegt. Unter Berücksichtigung eines erhöhten Wohnkomforts, wie er im heutigen Bauen weitgehend und in naher Zukunft sicher allgemeiner verwirklicht werden dürfte, wurden die überkommenen, empirischen Regeln zur Frage des Feuchtigkeitshaushalts von Außenwänden einer kritischen Betrachtung unterzogen. Die Ergebnisse sind kurz in drei Punkte zusammenzufassen:

1. Außenwände müssen nicht wasserdampfdurchlässig sein. Ein Feuchtigkeitsausgleich zwischen Raumluft und Außenluft erfolgt durch Lüftung.
2. Eine nachteilige Erhöhung der Wandfeuchtigkeit durch Feuchtigkeitseinwirkungen von außen (Schlagregen) und innen (Wohnfeuchtigkeit) ist zu vermeiden. Hierzu ist erforderlich: Ausreichender Regenschutz der Wandkonstruktionen (Dimensionierung entsprechend der Schlagregenbeanspruchung); Begrenzung von Oberflächenkondensation und innerer Kondensation durch wärmeschutztechnische Dimensionierung bzw. geeigneten konstruktiven Aufbau der Wände entsprechend der zu erwartenden Beanspruchung oder (insbesondere bei stoßweiser Feuchtigkeitsbelastung wie in Küchen, Bädern) Anbringen einer Feuchtigkeitssperre an der Innenoberfläche in Verbindung mit Lüftungsmaßnahmen.
3. Zur Vermeidung größerer Schwankungen der Luftfeuchtigkeit in Wohn- und Aufenthaltsräumen sollen deren Innenoberflächen

in der Lage sein, Feuchtigkeit in Dampfform aufzunehmen bzw. abzugeben. Durch diese „Sorptionsfähigkeit“, die sich auf die unmittelbare Oberflächenschicht beschränkt, wird eine gewisse „Hygrostabilität“ des Raumes erzielt.

Bei konsequenter Verwirklichung dieser Forderungen ergeben sich Verbesserungen im Bereich des traditionellen Bauens. Hier ist vor allem erforderlich, dem *Regenschutz* mehr Beachtung zu widmen. Man ging bisher zu sehr davon aus, daß Wände nach Abgabe der Bau- oder Anfangsfeuchtigkeit „normal“ trocken sind, hat allenfalls überlegt, ob durch Kondensation eindiffundierender Raumluftfeuchtigkeit nachteilige Feuchtigkeitserhöhungen zu erwarten sind, ohne in Betracht zu ziehen, daß durch Regeneinwirkung im Einzelfall wesentlich größere Feuchtigkeitzzunahmen möglich sind. Nicht immer sind es Bau- oder Verarbeitungsfehler, wenn auf Wetterseiten von Gebäuden Feuchtigkeitsschäden in den Wohnungen auftreten. Vielfach ist die Ursache von Mängeln bereits in der Wandkonstruktion begründet. Andererseits ermöglichen die angeführten Forderungen auch die Entwicklung neuer Bauarten, welche zur Bewältigung der Bauaufgaben in der Zukunft erforderlich sein können.

Literatur

- [1] *Glaser, H.*: Ein grafisches Verfahren zur Untersuchung von Diffusionsvorgängen. Kältetechn. 11 (1959), S. 345.
- [2] *Caemmerer, W.*: Berechnung der Wasserdampfdurchlässigkeit und Bemessung des Feuchtigkeitsschutzes von Bauteilen. Berichte aus der Bauforschung Heft 51 (1968). Verlag Ernst und Sohn, Berlin.
- [3] *Künzel, H.*: Die Feuchtigkeitsabsorption von Innenoberflächen und Inneneinrichtungen. Ebenda H. 42 (1965).
- [4] *Ders. u. Snatzke, Chr.*: Die Feuchtigkeitsabsorption der Innenoberflächen von Beton- und Kunststoffwänden. Ebenda H. 51 (1968).
- [5] *Lacy, R. E., und Shellard, H. C.*: An index of driving Rain. The Meteorolog. Mag. 91 (1962), S. 117.

Anschr. d. Verf.: (815) Holzkirchen/Obb., Postfach 24

Bestimmung schwer oxidierbarer Geruchöle in Wässern

Von Paul KOPPE und Anni MUHLE, Düsseldorf

Eine große Zahl von Wasserwerken sieht sich bei der Aufbereitung der zur Verfügung stehenden Rohwässer dem Problem gegenüber, die in diesen Wässern enthaltenen Geruchsstoffe zu entfernen. Um den Effekt der verschiedenen Aufbereitungsmethoden genau erfassen zu können, ist es notwendig, diese Geruchsbelastung zahlenmäßig zu erfassen. Die Bestimmung des Geruchsschwellenwertes stellt die bisher gebräuchliche Methode dar. Um reproduzierbare und vergleichbare Geruchsschwellenwerte zu erhalten, ist es allerdings erforderlich, daß eine Gruppe von ausgesuchten und trainierten Personen diese Bestimmung vornimmt. Aber auch in diesem Fall muß man mit einer multiplikativen Streuung von 2 ± 1 rechnen. Das bedeutet aber, daß die Bestimmung des Geruchsschwellenwertes aufwendig und wenig genau ist. Es fehlt daher nicht an verschiedenen Versuchen, die Bestimmung des Geruchsschwellenwertes durch eine objektive Messung einer chemischen oder physikalischen Größe zu ersetzen. Bisher ist diesen Versuchen jedoch noch kein Erfolg beschieden.

Wir haben nun versucht, die für die Trinkwasseraufbereitung wichtigen Geruchsstoffe auf eine einfache und neue Art zu bestimmen. Hierbei sind wir von folgenden Grundüberlegungen ausgegangen:

Die Geruchsstoffe in Wässern können sowohl hydrophiler als auch lipophiler Natur sein. Zu den hydrophilen Geruchsstoffen zählt z. B. Schwefelwasserstoff und Ammoniak. Bekanntlich sind diese hydrophilen Geruchsstoffe bei der Trinkwasseraufbereitung relativ leicht zu entfernen. Die lipophilen Geruchsstoffe, auch Geruchsole genannt, können in zwei Gruppen unterschieden werden: einmal in die leicht und zum andern in die schwer oxidierbaren Geruchsole. Da viele lipophile Stoffe („Öle“) einen Geruch besitzen, erscheint es zweckmäßig, den Begriff „Geruchsole“ einzuengen auf die Stoffe, die schon in sehr geringen Mengen dem Wasser einen Geruch verleihen können. Wir wollen daher definieren, Geruchsole sind solche lipophile Stoffe im Wasser, deren Geruchsschwellenkonzentration zwischen $0,1 \mu\text{g/l}$ und $1000 \mu\text{g/l}$ liegt. Die Geruchsschwellenkonzentration ist hier wie