

WASSERDAMPFDURCHLÄSSIGKEIT DER FASSADENFARBEN

Von

J. SÜTŐ, M. ZÁDOR, G. WINKLER und I. SZEBÉNYI

Lehrstuhl für Chemische Technologie, Technische Universität, Budapest

Eingegangen am 28. Januar, 1977

Der Schutz der Fassaden gegen die zerstörende Wirkung der Umwelt stellt eine der wichtigsten Aufgaben der technischen Entwicklung auf dem Gebiet der Baustoffe und Baubeschichtungen dar. Dabei ist der Schutz gegen den Angriff des Wassers auf die Fassaden besonders hervorzuheben. Das Wasser hat zweierlei schädliche Wirkungen auf die Fassaden. Einerseits greift es sie von außen in Form von Niederschlägen an, andererseits wirkt es auch von innen in Form von Wasserdampf zerstörend. Dieser Wasserdampf entsteht entweder aus Grundwasser, das durch unzureichende Isolation in die Wände eindringt, oder in den Innenräumen des Gebäudes als Produkt des Stoffwechsels der Bewohner. Das entweder von außen oder von innen in die Fassadenbeschichtung eingedrungene Wasser ist unter mitteleuropäischen klimatischen Verhältnissen während eines Winters 40—50 Frost-Tau-Zyklen ausgesetzt. Das hat eine erhebliche Erosion in der Wand zur Folge, besonders an deren äußerer Oberfläche.

Zahlreiche Fassadenbeschichtungen sind in den letzten 15—20 Jahren entwickelt und auf den Markt gebracht worden, deren Aufgabe in einem optimalen Schutz der Fassaden gegen das Wasser bestand. Besonders bei Renovierung bzw. Sanierung von Altbauten sowie Restaurierung der Baudenkmäler, wo in der Regel keine Fassadenelemente aus Kunststoff, Metall, Kunststein usw. verwendet werden können, muß dieses Problem durch entsprechende Auswahl der Fassadenbeschichtung gelöst werden.

Eine ideale Fassadenbeschichtung sollte die folgenden Aufgaben erfüllen, um optimalen Schutz gegen die Einwirkungen des Wassers zu gewährleisten:

1. Maximaler Schutz der Fassade gegen den von außen angreifenden Niederschlag, d. h. maximale Wasserundurchlässigkeit von außen.

2. Maximale Ermöglichung der Diffusion des durch unzureichende Isolation in die Wand eingedrungenen Wassers von innen nach außen, d. h. maximale Wasserdampfdurchlässigkeit von innen.

3. Maximale Förderung des natürlichen Luftaustausches im Gebäude, d. h. wiederum maximale Wasserdampfdurchlässigkeit von innen.

Es kann im vorhinein festgestellt werden, daß keine Beschichtung allen angeführten Forderungen in idealer Weise entspricht. Es muß ein Optimum

der Eigenschaften angestrebt werden. Dies wird auch dadurch erschwert, daß die zwischen diesen Eigenschaften bestehenden Zusammenhänge noch nicht vollständig erforscht sind. Verhältnismäßig einfacher ist die Frage der Wasserundurchlässigkeit von außen. Es stehen eindeutig verwertbare Meßmethoden zur Untersuchung der Wasserundurchlässigkeit der Beschichtungen sowie deren Lebensdauer zur Verfügung. Den Fachleuten ist es bekannt, welche Wasserfestigkeitswerte bei einer Beschichtung gegebener chemischer Zusammensetzung zu erwarten sind.

Viel komplizierter ist es vorauszusagen, wie sich eine Beschichtung in puncto Wasserdampfdurchlässigkeit verhalten wird. Nicht einmal eindeutig auswertbare Meßmethoden stehen zur Verfügung, die Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung einer Beschichtung und deren Wasserdampfdurchlässigkeit sind erst recht nicht geklärt. Dadurch ist der Architekt den einander oft widersprechenden und meistens nicht auf exakten Messungen basierenden Angaben der Farbenhersteller ausgeliefert, ohne die Möglichkeit zu haben, sich selbst ein klares Bild über die Eigenschaften der Beschichtung bzw. deren Änderung mit der Zeit, Temperatur usw. zu schaffen. Es sollten hier daher einige Fragen in Zusammenhang mit der Wasserdampfdurchlässigkeit der Fassadenfarben geklärt werden.

1. Begriffe und Einheiten der Wasserdampfdurchlässigkeit

Die Wasserdampfdiffusion stellt physikalisch eine Gasdiffusion dar und ist im Gegensatz zur Gasströmung, welche ein Gesamt-Druckgefälle voraussetzt, ein Transportvorgang aufgrund eines Konzentrations- bzw. eines Dampfdruckgefälles des Wasserdampfes. Um diesen Transportvorgang quantitativ zu charakterisieren, wurden zahlreiche Maßeinheiten eingeführt. In Abbildung 1 wird eine schematische Zusammenfassung der wichtigsten Maßeinheiten gegeben.

Der *Wasserdampf-Diffusionsstrom* G gibt die Wasserdampfmasse an, welche auf Wirkung eines partiellen Dampfdruckgefälles pro Zeiteinheit in Richtung der Flächennormale diffundiert (kg/h).

Der auf die Flächeneinheit bezogene Wasserdampf-Diffusionsstrom wird als *Wasserdampf-Diffusionsstromdichte* g (im angelsächsischen Sprachgebiet water vapour transmission WVT) bezeichnet und in $\frac{kg}{m^2 \cdot h}$ ausgedrückt.

Der *Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßkoeffizient* Δ gibt an, wie groß die Wasserdampf-Diffusionsstromdichte — bezogen auf die wirksame Dampfdruckdifferenz — ist. Diese Einheit wird im angelsächsischen Sprachgebiet als water vapour permeance bezeichnet und in

$$\frac{kg}{m^2 \cdot h [N/m^2]} \quad \frac{kg}{m^2 \cdot h [kp/m^2]}$$

ausgedrückt.

Der Kehrwert des Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßkoeffizienten wird als *Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßwiderstand* $\frac{1}{\Delta}$ bezeichnet und in

$$\frac{m^2 \cdot h [N/m^2]}{kg} \quad \frac{m^2 \cdot h [kp/m^2]}{kg}$$

ausgedrückt.

Der *Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient* δ (water vapour permeability) ist eine Stoffeigenschaft. Er ist ein Maß für die Masse des Wasserdampfes, der auf Wirkung des in einer Probe vorhandenen Wasserdampfdruckgefälles durch die Probe diffundiert, bezogen auf Fläche, Zeit und Druckgefälle. Man erhält δ , indem man den Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßkoeffizienten Δ mit der Probendicke multipliziert. Der Leitkoeffizient wird in

$$\frac{kg}{m \cdot h \cdot [N/m^2]} \text{ bzw. } \frac{kg}{m \cdot h \cdot [kp/m^2]}$$

ausgedrückt.

Der *Diffusionskoeffizient* D ist der Proportionalitätskoeffizient zwischen dem treibenden Wasserdampfdruckgefälle und der bewegten Wasserdampfmasse bei der Diffusion von Wasserdampf in Luft und wird in $\frac{m^2}{h}$ gemessen. Außer der direkten Messung kann D auch wie folgt berechnet werden:

$$D = 0,083 \frac{p^0}{p} \left(\frac{T}{273} \right)^{1,81}$$

Dabei bedeuten:

T = Temperatur im Klimaraum in K°

p^0 = Atmosphärendruck im Normalzustand (101325 N/m^2 oder 10332 kp/m^2)

p = Mittlerer Luftdruck im Klimaraum in N/m^2 bzw. kp/m^2 .

Die *Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl* μ ist ein Stoffkennwert. Sie ist der Quotient aus dem Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizienten der Luft und dem des betreffenden Stoffes, und gibt an, wievielfach der Diffusionsdurchlaßwiderstand des Stoffes größer ist als jener einer ruhenden Luftschicht gleicher Dicke und Temperatur. Dieser Kennwert ist sinngemäß dimensionslos.

Die *diffusionsäquivalente Luftschichtdicke* $S_d = \mu \cdot S$ einer Probe gibt an, wie dick eine ruhende Luftschicht ist, die den gleichen Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßwiderstand wie die Probe der Dicke s hat, und wird in m ausgedrückt.

Die auf den Diffusionskoeffizienten D von Wasserdampf in Luft bezogene diffusionsäquivalente Luftschichtdicke

$$Z = \frac{S_d}{D}$$

wird als *Wasserdampf-Diffusionswiderstand* bezeichnet. Zwischen dem Wasserdampf-Diffusionswiderstand und dem Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßwiderstand besteht folgender Zusammenhang:

$$\frac{1}{\Delta} = Z \cdot R_D \cdot T.$$

Dabei bedeuten:

R_D Gaskonstante des Wasserdampfes 462 N m(kg K°) bzw. 47,1 kp m(kg C°)

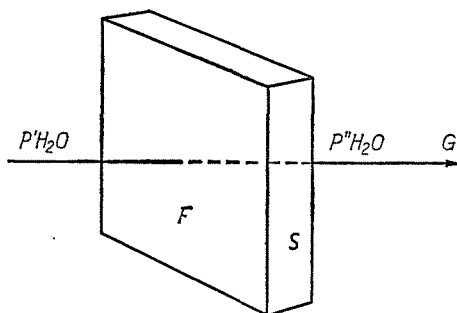
T Temperatur im Klimaraum in K°.

Anschließend geben wir einige Hinweise für das Umrechnen von angelsächsischen Einheiten, wobei die folgenden Beziehungen gelten:

$$1 \frac{\text{grain}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2} = 6,98 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$$

$$1 \frac{\text{Lb}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2} = 4,89 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$$

$$1 \frac{\text{grain}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \text{ in Hg}} = 2,02 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot (\text{kg}/\text{m}^2)}$$



(T, D, P,) Klimaraum

Abb. 1. Schema der wichtigsten Maßeinheiten der Wasserdampfdiffusion

T — Temperatur

D — Diffusionskoeffizient von H_2O in Luft

P — Gesamtdruck

P_{H_2O} — Wasserdampfdruck

F — Fläche

$(\Delta \cdot S) \delta$ — Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient

S — Dicke der Probe

G — Wasserdampf-Diffusionsstrom

$g = \frac{G}{F}$ — Wasserdampf-Diffusionsstromdichte

$\Delta = \frac{G}{F(P'_{H_2O} - P''_{H_2O})}$ — Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßkoeffizient

$\frac{1}{\Delta}$ — Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßwiderstand

$\mu = \frac{\delta_{\text{Luft}}}{\delta}$ — diffusionsäquivalente Luftschichtdicke

$Z = \frac{S_d}{D} = \frac{1}{\Delta \cdot R_D \cdot T}$ — Wasserdampf-Diffusionswiderstand

2. Meßmethoden der Wasserdampfdurchlässigkeit

Meßverfahren zur Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Baubeschichtungen sind in großer Zahl vorhanden, und meistens unterscheiden sie sich hauptsächlich in der Ausführung der Probeentnahme bzw. in den Parametern der Messungen und bezwecken die Bestimmung von verschiedenen Maßeinheiten.

Nach der Vorschrift der Städtischen Prüf- und Versuchsanstalt des Magistrates der Stadt Wien, zum Beispiel, muß die zu prüfende Beschichtung auf ein Filterpapier mit einem Durchmesser von 91 mm aufgebracht werden. Das beschichtete Papier wird auf dem oberen Ende eines flachbodigen Behälters wasserundurchlässig befestigt. Im Behälter befindet sich das zur Adsorption des durch das beschichtete Papier diffundierenden Wassers dienende Silikagel. Die außerhalb des Behälters zirkulierende Luft weist einen relativen Wasserdampfgehalt von etwa 85% auf. Die Menge des durch die zu prüfende Beschichtung diffundierenden Wasserdampfes wird durch Messung der Massenzunahme des im Behälter befindlichen Silikagels bestimmt. Eichungsmessungen mit nicht beschichtetem Papier werden parallel durchgeführt. Die Beschichtung wird durch ihren Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßkoeffizienten bzw. dessen Reziprokwert gekennzeichnet.

Das ungarische Institut für Bauprüfungen ÉMI schreibt ein ähnliches Verfahren vor, jedoch weichen die Parameter der Messung von denen der österreichischen Vorschriften in vielen Einzelheiten wesentlich ab. So wird die Fläche der zu untersuchenden Beschichtung in 100 cm² festgelegt, und die relative Feuchtigkeit der Luft auf 100% eingestellt. Die wichtigste Abweichung besteht aber darin, daß nach den ungarischen Normen die Beschichtung nicht auf Filterpapier, sondern auf eigens für diese Zwecke standardisierte Betonplatten aufgebracht wird. Dies hat einerseits den Vorteil, den praktischen Verhältnissen bedeutend näher zu kommen, andererseits bringt es durch die nicht ganz homogenen Betonplatten einen zusätzlichen Unsicherheitsfaktor mit sich. Bei der Auswertung der Prüfungen bedient sich das Institut einer selten verwendeten Maßeinheit: Der Wasserdampf-Diffusionswiderstand wird nach folgendem Zusammenhang berechnet:

$$R_v = \frac{F \cdot \Delta p \cdot h}{m} \left[\frac{m^2 \cdot h \cdot \text{torr}}{g} \right].$$

Dabei bedeuten:

F = Die auf den Gasstrom senkrechte Flächengröße der Probe (m²)

P = Gesamtdruckdifferenz zwischen den beiden Seiten (unter den vorgeschriebenen Verhältnissen 17,53 Torr bzw. 0,023 Bar)

h = Dauer der stabilisierten Diffusion (Stunden)

m = die Masse des durchdiffundierten Wasserdampfes (g)

Von den bekannten Meßmethoden ist unserer Meinung nach die Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Bau- und Dämmstoffen nach DIN 52615 am exaktesten.

Hiernach wird die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke bzw. die Diffusionswiderstandszahl durch Bestimmung des Diffusionsstroms in stationärem Zustand, der Dampfteildruckdifferenz und der Abmessungen der Proben ermittelt. Die Temperatur an beiden Seiten der Probe muß gleich sein.

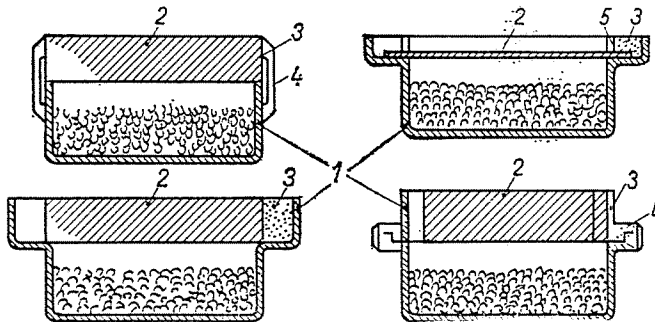


Abb. 2. Beispiele für Versuchsanordnungen zur Messung der Wasserdampf-Durchlässigkeit nach DIN 52615. 1. Gefäß mit Sorbens; 2. Probe; 3. Dichtungsmasse (erforderlichenfalls elastisch); 4. Klebeband; 5. Begrenzungsring

Die untersuchte Probe stellt den oberen Abschluß eines Gefäßes dar, in dem ein konstanter Dampfdruck gehalten wird. Das Gefäß befindet sich in einem Klimaraum mit einem vom Gefäßinnern unterschiedlichen konstanten Dampfdruck. Infolge des dadurch gegebenen konstanten Dampfdruckunterschieds stellt sich in stationärem Zustand ein konstanter Diffusionsstrom durch die Probe ein.

Je nach den gewählten Versuchsbedingungen unterscheidet man:

Trockenbereichverfahren

Relative Luftfeuchte an der einen Probenseite: 0 bis 3%

Relative Luftfeuchte an der anderen Probenseite: 47 bis 53%

Feuchtbereichverfahren

Relative Luftfeuchte an der einen Probenseite: 90 bis 95%

Relative Luftfeuchte an der anderen Probenseite: 47 bis 53%

Die Prüfung erfolgt im allgemeinen nach dem Trockenbereichverfahren. Eine Messung nach dem Feuchtbereichverfahren kann zur Abschätzung der Feuchtigkeitsabhängigkeit der Wasserdampfdurchlässigkeit der Probe dienen.

Die Prüffläche soll in der Regel kreisförmig sein. Die Dicke muß so groß gewählt werden, daß der Einfluß von Inhomogenitäten der Probe repräsentativ erfaßt wird (z.B. muß die Dicke mindestens doppelt so groß sein wie die größte Hohlraum- bzw. Kornabmessung). Der Prüfflächendurchmesser soll mindestens das Vierfache der Probendicke betragen. Die »Prüffläche« ist das arithmetische Mittel zwischen der freien oberen und der freien unteren Probenoberfläche. Ihre Größe muß mindestens 50 cm² betragen.

Zur Prüfung eines Stoffes sind je Verfahren im allgemeinen fünf Proben erforderlich. Bei hinreichend homogenen Stoffen genügen drei Proben.

Die Proben werden dampfdicht in die Gefäße eingebaut, die ein Sorbens enthalten.

Für fünf Proben, bei denen Gewichtsänderungen während der Prüfung zu erwarten sind, empfiehlt sich zur Feststellung des Beharrungszustands die Verwendung von teilbaren Gefäßen. Die Gefäße werden in einem Klimaraum oder Klimaschrank mit einer konstanten Lufttemperatur von 23 °C und konstanter relativer Luftfeuchte aufgestellt.

Zulässige Schwankungen der Luftzustände:

Lufttemperatur: $\pm 0,5$ °C

Mittlere relative Luftfeuchte: $\pm 2\%$

Die Luftbewegung über den Proben im Klimaraum soll bei grobporigen Stoffen 0,5 m/s nicht überschreiten. Zwischen der Oberfläche des Sorbens und der Unterseite der Probe soll ein Abstand von etwa 10 mm eingehalten werden. Hierdurch wird bei Verwendung körniger Trocknungsmittel ein Umschichten des Sorbens durch Schütteln ermöglicht. Bei Verwendung flüssiger Sorbenten

ist dieser Abstand notwendig, um ein Benetzen der Probenunterseite bei der Handhabung der Gefäße zu vermeiden. Die Gefahr einer Benetzung kann durch Anordnung eines Gitternetzes in der Ebene der Flüssigkeitsoberfläche verringert werden.

Die Menge des Sorbens muß so gewählt werden, daß während der Versuchsdauer die Änderung der relativen Luftfeuchte unterhalb der Probe in den Grenzen der zulässigen Toleranz bleibt.

Die Prüfgefäße werden in gewissen Zeitabständen zur Ermittlung der durch die Proben diffundierenden Wasserdampfmengen abgewogen. Die Wägungen sind so lange fortzuführen, bis die Gewichtsänderung je Zeiteinheit innerhalb der Meßfehlergrenze keinen Änderungen mehr unterliegt (stationärer Diffusionsstrom).

Bei Schichtstoffen sind die Schichten, sofern notwendig, einzeln zu prüfen.

Die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$S_d = \delta_L \cdot A \cdot \frac{p_1 - p_2}{I} - S_L.$$

Bei homogenen Stoffen, die nicht nur in der untersuchten Schichtdicke Verwendung finden, wird die Diffusionswiderstandszahl μ berechnet:

$$\mu = \frac{1}{S} \left(\delta_L \cdot A \cdot \frac{p_1 - p_2}{I} - S_L \right).$$

Darin bedeuten:

- δ_L Diffusionsleitkoeffizient von Wasserdampf in Luft in kg/m h (N/m²) bzw. kg/m h(kp/m²)
- A Prüffläche der Probe in m²
- p_1, p_2 Wasserdampfteildrücke an der Probe in N/m² bzw. kp/m²
- I im Beharrungszustand durch die Probe diffundierende Wasserdampfmenge in kg/h (Diffusionsstrom)
- S mittlere Dicke der Probe in m
- S_L mittlere Dicke der Luftschicht im Prüfgefäß unter der Probe in m.

Als wesentlichen Nachteil der deutschen Normen betrachten wir die Tatsache, daß die Art der Probe bzw. das Aufbringen der Beschichtung völlig offengelassen werden.

3. Praxisnahe Bestimmung der Wasserdampfdiffusion

Bei den Untersuchungen sind wir davon ausgegangen, daß das zu verwendende Meßverfahren womöglich praxisnahe sein soll. Aus diesem Grunde wurden die zu prüfenden Beschichtungsproben folgendermaßen gestaltet.

Ein zu renovierendes Haus* wurde auf der ganzen Fassade mit einer standardisierten Putzschicht versehen. Die Zusammensetzung des Putzes siehe in der Tabelle 1. Auf die getrocknete Putzoberfläche wurden die 7 zu prüfenden

Tabelle I
Zusammensetzung des Untergrundes

Verputzmörtel	Kalk Kalkbrei m ³	Kalk- hydrat kg	Zement			Angewandte Zuschlagstoffe
			500 kg	400 kg	300 kg	
Fassadenverputzmörtel (h. v. 7.)	a 0,33	350	60	75	90	Sand II. Sorte + max.
	b 0,25	175	—	—	—	33% Sand III. Sorte
	c 0,15	150	—	—	—	Gekollerte Granulierschlacke 4
	d 0,20	—	—	—	—	—
Fassadenverputzmörtel (h. v. 10.)	a 0,33	300	100	125	150	Sand II. Sorte
	b 0,30	250	60	75	90	Gekollerte
	c 0,25	—	—	—	—	Granulierschlacke 4

Beschichtungen in je 2 Schichten aufgebracht. Nach vollkommener Austrocknung wurden Probescheiben mit einem Durchmesser von 65 mm mittels eines Hohlbohrers entnommen. Durch Schleifen der unteren Oberfläche der Scheiben wurden diese auf eine einheitliche Stärke von 10 mm eingestellt. Die so gewonnenen Proben haben den großen Vorteil, daß sie direkt aus wahrheitsgetreuen Bauverhältnissen stammen. Zwar wird dadurch die Unsicherheit infolge eventueller Inhomogenität des Putzes nicht eliminiert, es wird jedoch auch keine zusätzliche, nicht aus der Baupraxis herrührende Unsicherheit ins Verfahren eingeschlossen. Um trotzdem den Einfluß der Putzinhomogenität zu erfassen, wurden an 5 unbeschichteten, nach der gleichen Methode entnommenen Probescheiben Wasserdampfdurchlässigkeitsmessungen durchgeführt. Deren Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt.

Bei der Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit von beschichteten bzw. unbeschichteten Proben wurde folgendermaßen vorgegangen.

Als Adsorptionsbehälter wurden sog. twist-off-cap Gläser mit einem Inhalt von 250 ml verwendet. In dem mit Hilfe eines Gummiringes gedichteten Deckel des Behälters wurde eine kreisförmige Öffnung mit einem Durchmesser von 63 mm gefräst. Die Probescheiben wurden mittels eines wasserdampfdurchlässigen Klebstoffes auf dem Deckel befestigt. Die Abdichtung mußte so ausgeführt werden, daß kein Klebstoff auf den Öffnungsquerschnitt gelange. Dies gewährleistete eine bei sämtlichen Messungen gleich große Diffusionsfläche. Bei jeder Messung wurden 20 g Adsorbens in den Behälter eingefüllt.

* Das Haus steht in Budapest, XI., Bánk Bán u. 7. Bauunternehmen: v.l. F.É.V.

Als Adsorbens wurde ein natürliches Molekularsieb ungarischer Herstellung, Marke ERSORB verwendet, das eine Adsorption des Wassergehaltes der Luft bis zum Taupunkt -70°C ermöglicht. Dieses Adsorbens hat zahlreiche Vorteile. Schon eine verhältnismäßig kleine Menge ermöglichte die Durchführung der Bestimmungen in einem Zeitraum von mehreren Tagen. Ein Umschichten des Sorbens durch Schütteln wurde nicht notwendig, da auch die unteren Schichten für die Feuchtigkeit zugänglich waren. Auch die Gefahr einer Benetzung der Diffusionsoberfläche fiel weg.

Die Versuchsanordnung ist schematisch in Abbildung 4 dargestellt.

Wasser konnte nur durch die untersuchte Beschichtung in den Behälter gelangen. Die durch Diffusion durch die Beschichtung gelangte Wassermenge wurde demnach vollständig im Behälter adsorbiert und konnte über die Massenänderung des Behälters gemessen werden.

Die gründlich vorbereitete und abgewogene Anlage wurde in einen Klimaraum gestellt, wo 25°C Temperatur sowie 100% relative Luftfeuchtigkeit konstant gehalten wurden. Die Massenänderung des Behälters wurde einmal im Tag ermittelt. Die Messungen wurden über 100 Stunden fortgesetzt.

Wollte man die Wasserdampfdurchlässigkeit einer Beschichtung durch einen absoluten Meßwert ausdrücken, bekäme man keine Antwort auf die

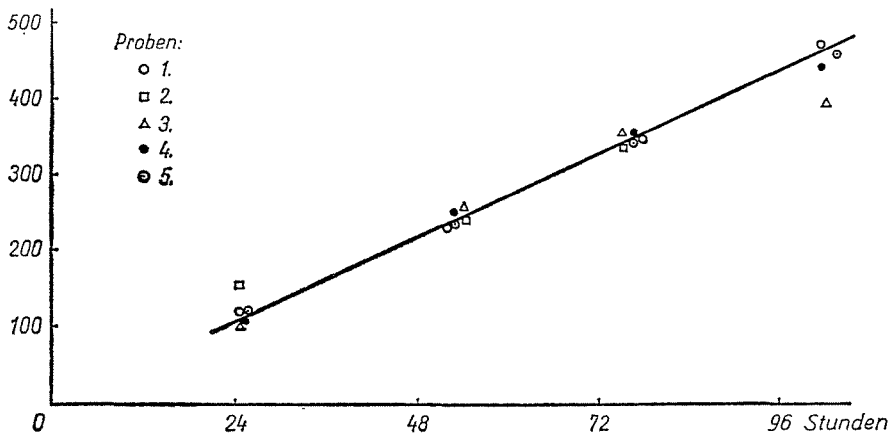


Abb. 3. Massenzunahme durch Diffusion bei unbeschichteten Proben

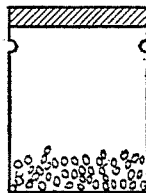


Abb. 4. Schema der Meßanordnung

Grundfrage des Architekten: Welche Beschichtungsart ist unter gegebenen Umständen zu bevorzugen. Um die verschiedenen Beschichtungen vergleichen zu können, müßten die Einflüsse der übrigen Parameter, wie zum Beispiel die Gegebenheiten des verwendeten Putzes, des Wasserhaushaltes des Gebäudes usw., weitgehend ausgeschlossen werden. Falls, wie im vorliegenden Falle, die Bestimmungen unter gleichen Bedingungen durchgeführt werden, ergibt sich die Möglichkeit, das Verhalten der verschiedenen Beschichtungen direkt zu vergleichen, wenn die Wasserdampfdurchlässigkeitsmeßwerte in einer relativen Wertskala angegeben werden. Zu diesem Zweck haben wir uns der Wasserdampf-Diffusionsstromdichte des unbeschichteten Putzes als Einheit ausgewählt, und die entsprechenden Diffusionsstromdichte-Werte der untersuchten Beschichtungen wurden dazu ins Verhältnis gestellt. Der Quotient aus der Wasserdampf-Diffusionsstromdichte der jeweiligen Beschichtung und der des unbeschichteten Putzes wird als *Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßvermögen* λ der gegebenen Beschichtung bezeichnet.

$$\lambda_A = \frac{g_A}{g_0} = \frac{G_A}{G_0}$$

Hierin bedeuten:

- λ_A — Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßvermögen der Beschichtung A
- g_A — Wasserdampf-Diffusionsstromdichte der Beschichtung A
- g_0 — Wasserdampf-Diffusionsstromdichte des unbeschichteten Untergrundes
- G_A — Wasserdampf-Diffusionsstrom durch die Beschichtung A
- G_0 — Wasserdampf-Diffusionsstrom durch den unbeschichteten Untergrund.

Die Tabelle 2 enthält die gemessenen Mengen des durch die untersuchten Beschichtungen diffundierten Wassers in kg, auf 1 m² Oberfläche berechnet. Die Abbildung 5 zeigt diese Werte als Funktion der Zeit.

Tabelle II
Die gemessene Massenzunahme in g/m²

Stunden	1	2	3	4	5	6	7	8	Proben
24	50	18	36	60	110	70	90	30	
48	100	40	80	128	220	135	200	55	
72	155	64	120	192	345	220	310	90	
96	205	84	160	260	470	305	400	125	
100	220	87	170	271	485	310	430	128	
120	260	108	200	321	585	370	505	155	

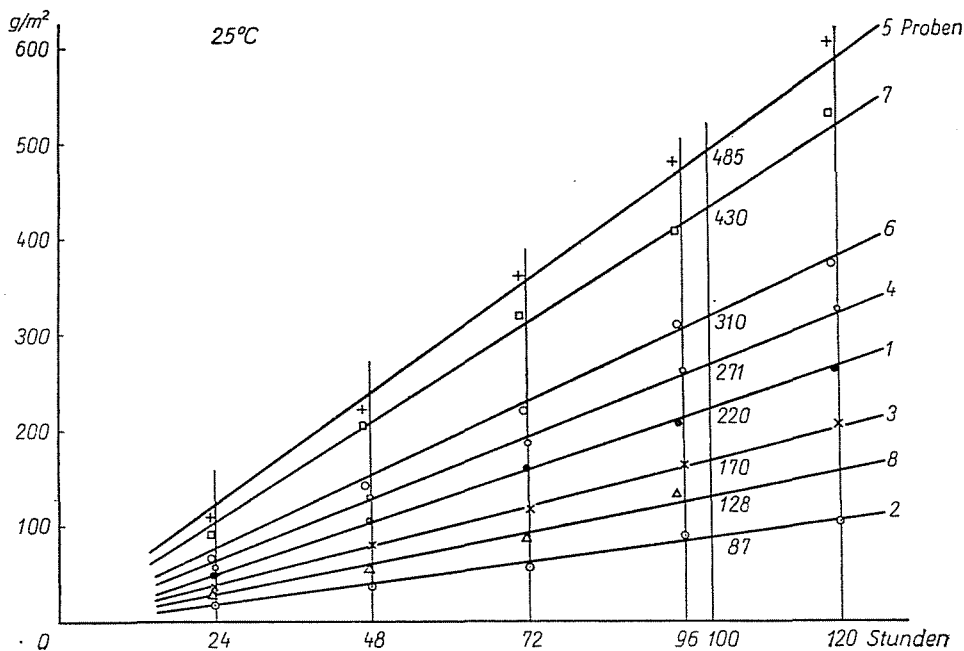


Abb. 5. Massenzunahme durch Wasserdampfdiffusion

Die aus den gemessenen Massenzunahme-Werten gerechneten Wasserdampf-Diffusionsstromdichten der einzelnen Proben sind in der Tabelle 3 aufgeführt. Tabelle 4 zeigt das Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßvermögen der jeweiligen Beschichtungen.

Tabelle III

Die berechneten Werte der Wasserdampfdiffusionsstromdichte der einzelnen Beschichtungsproben (in $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)

Proben	1	2	3	4	5	6	7	8
g	2,20	0,87	1,70	2,71	4,85	3,10	4,30	1,28

Tabelle IV

Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßvermögen von verschiedenen Beschichtungen

Proben	1	2	3	4	5	6	7	8
λ	0,45	0,18	0,35	0,56	1	0,64	0,89	0,26

Die Probe 5 wurde als Etalon in die Bestimmungen einbezogen und stellte eine gleich starke unbeschichtete Putzschicht dar. Alle anderen Proben kennzeichnen Handelsprodukte bekannter Marken, deren Aufschlüsselung hier nicht zweckmäßig zu sein scheint, vielmehr ist ein Vergleich der chemischen Zusammensetzung (sofern bekannt) der einzelnen Beschichtungen und deren Wasserdampfdurchlaßvermögen sehr aufschlußreich.

4. Zusammenhänge zwischen chemischer Struktur und Wasserdampfdurchlässigkeit

Die Tabelle 5 zeigt die Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßvermögenswerte der untersuchten Beschichtungen und deren chemische Zusammensetzung. Folgende Schlüsse sind daraus zu ziehen:

Tabelle V

Werte für Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßvermögen und chemische Charakteristik der untersuchten Beschichtungen

Probe N ^o .	Chemische Charakteristik der Beschichtung	λ
1	Kunstharzgebundener Putz auf Basis eines Vinylacetat-Maleinsäure-di-butylester-Copolymerisates (60%-ig in organischem Lösungsmittelgemisch)	0,45
2	Polyurethanlack auf Basis von aliphatischem Polyisocyanat, mit einem Polyesterharz vernetzt, mit 31% Titandioxyd pigmentiert	0,18
3	Dispersionsfarbe auf Basis einer Styrol-Acrylsäureester-Copolymerisat-Dispersion	0,35
4	Hochpigmentierte Dispersionsfarbe auf Basis einer Copolymerisat-Dispersion von Vinylacetat und Vinylester der Versatic-Säure	0,56
5	Unbeschichteter Putz	1
6	Dispersionsfarbe aus homopolymerer Polyvinylacetat-Dispersion	0,64
7	Alkydharz-Emulsionslack mit 51% Alkydharz- und 10% Kaseinlösungsgehalt, mit 29,1% Titandioxyd pigmentiert	0,89
8	Pliolite-Fassadenfarbe auf Reinacrylatharzbasis	0,26

Die Polyurethan-Beschichtungen, deren Wetterfestigkeit, insbesondere aber deren Widerstandsfähigkeit gegen flüssiges Wasser von außen von allen untersuchten Beschichtungen am größten sein dürften, weisen das geringste Wasserdampfdurchlaßvermögen auf. Dieses entspricht einem Wasserdampf-Diffusionsstrom von $0,87 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$, was besonders bei ungenügend isolierten Gebäuden nicht ausreichend ist.

Der Alkydharz-Emulsionslack weist das größte Wasserdampfdurchlaßvermögen auf. Hierbei muß darauf hingewiesen werden, daß diese Beschichtun-

gen eine geringe Wetterfestigkeit haben und somit als Außenbeschichtung kaum Verwendung finden.

Alle anderen untersuchten Beschichtungen nähern sich dem gesuchten Optimum der Wasserundurchlässigkeit von außen bzw. des hohen Wasserdampfdurchlaßvermögens von innen, und zwar in der folgenden Reihenfolge des zunehmenden Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßvermögens:

Reinakrylatharz
 Styrol-Acrylsäureester Copolymer
 VAc-Maleinsäuredibutylester Copolymer
 VAc-Versaticsäure-vinylester Copolymer
 PVAc-Homopolymer

Die Wasserundurchlässigkeits-Reihenfolge der Beschichtungen auf der Basis der aufgeführten Bindemittel dürfte umgekehrt sein.

Dies dürfte die Orientierung der Architekten bei der Auswahl der für die Lösung eines gegebenen Bauproblems am besten geeigneten Beschichtung wesentlich erleichtern.

Allerdings ist bezüglich des Wasserdampfdurchlaßvermögens einer Beschichtung das verwendete Bindemittel nicht allein ausschlaggebend. Die besondere Rolle der Pigmentierung muß bereits jetzt unterstrichen werden. Demnächst beabsichtigen wir diese Zusammenhänge näher zu klären, um dadurch auch dem Lackhersteller Anhaltspunkte zu geben, wie das Wasserdampfdurchlaßvermögen einer Beschichtung beeinflusst werden kann.

Ein weiterer noch zu untersuchender Fragenkomplex ist das Verhalten der verschiedenen Fassadenbeschichtungen bei den unter mitteleuropäischen Verhältnissen durchaus vorkommenden Temperaturschwankungen von -20 bis 80 °C (gemessen an der Fassade). Die Ergebnisse dieser Untersuchung können Hinweise auf die Lebensdauer der Beschichtungen geben. Über diese Problematik soll ebenfalls gesondert berichtet werden.

Zusammenfassung

Eines der wichtigsten Merkmale der Fassadenbeschichtungen ist deren Wasserdampfdurchlässigkeit. Diese Eigenschaft ist praxisnah durch das Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßvermögen anzugeben, das sich aus dem Vergleich des Wasserdampf-Diffusionsstromes des beschichteten und unbeschichteten Putzes ergibt. Die Beschichtungen auf Acrylat bzw. Vinylacetat-Polymerenbasis bieten annehmbare Wasserdampfdurchlässigkeitswerte.

Doz. Dr. József SÜTŐ	}	H-1521 Budapest
Prof. Dr. Mihály ZÁDOR		
Dr. Ing. Gábor WINKLER		
Doz. Dr. Imre SZEBÉNYI		