

14 (1987) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

K. Kießl, J. Reiß

## Schäden an historischer Wandmalerei — feuchtebedingt ? Untersuchungen an der Torhalle Lorsch

Die Torhalle des Klosters Lorsch besitzt auf der Innenseite der Obergeschoßwände wertvolle karolingische und gotische Wandmalereien. Seit einiger Zeit ist zu beobachten, daß die Farbschichten Risse aufweisen und sich vom Untergrund ablösen. Durch chemische Untersuchungen sind Salzablagerungen auf diesen Wandoberflächen nachgewiesen worden, was auf einen verstärkten Feuchteausaustausch an Bauteiloberflächen zurückzuführen ist. Durch die Verdunstung von Wasser aus dem Oberflächenbereich, welches entweder durch vorherige Wasserdampfsorption oder durch andere Transportmechanismen dorthin gelangt ist, kristallisieren gelöste Salze aus und reichern sich allmählich dort an. Dies hat zur Folge, daß z.B. Salzschiefer entstehen oder Farbschichten abgehoben werden.

Folgende Phänomene sind als Ursachen für Feuchteverlagerungen und Feuchteänderungen in Betracht gezogen worden:

- a) Aufsteigende Feuchte  
(bei hoher Bodenfeuchte, starker Kapillarwirkung im Mauerwerk und fehlenden Horizontalsperren)
- b) Eindringender Regen  
(bei mangelhaftem Regenschutz, Rissen u.ä.)
- c) Feuchteeinwirkung vom Innenraum her  
(bei zeitweise hohen relativen Luftfeuchten und eventuellen Tauwasserbildungen an den Innenoberflächen.)

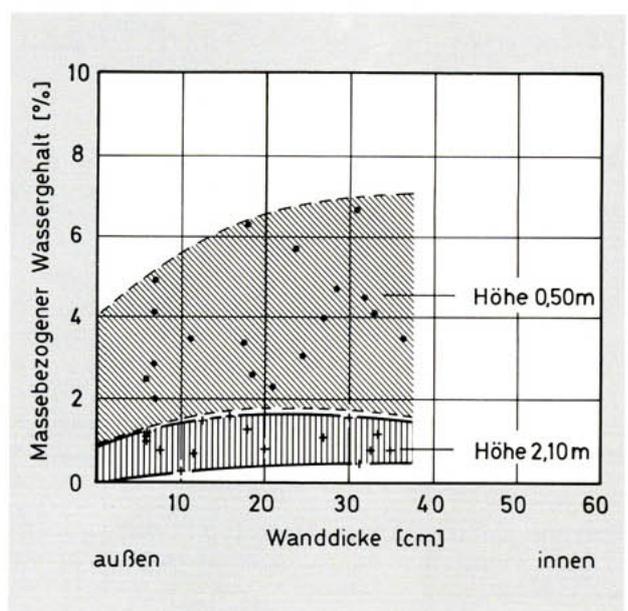
Während eines einjährigen Untersuchungszeitraumes sollte festgestellt werden, ob und ggf. welche der erwähnten Feuchteeinwirkungen von Bedeutung sind und in welcher Weise ihnen im Hinblick auf eine Reduzierung der schädigenden Wirkung begegnet werden kann. Unter der Maßgabe eines möglichst geringen zerstörenden Eingriffs in die historische Substanz des Objektes sind verschiedene Untersuchungen und Auswertungen durchgeführt worden:

### Wandfeuchtemessungen

Um Anhaltspunkte dafür zu erhalten, ob Wasser aus dem Erdreich ins Mauerwerk gelangt und dort kapillar aufsteigt, sind an mehreren Stellen in verschiedenen Wandhöhen und -tiefen Baustoffproben entnommen und deren Wassergehalte bestimmt worden. Bild 1 zeigt den Wassergehalt der Material-

proben in Abhängigkeit von der Wandtiefe für die unteren und oberen Entnahmestellen. Starke aufsteigende Feuchte kann ausgeschlossen werden, da der maximale Feuchtegehalt in einer Höhe von 2,10 m weniger als 1,5 M.-% beträgt und auch im unteren Bereich - wenn auch mit Streuungen - kein besonders hoher Feuchtegehalt vorhanden ist.

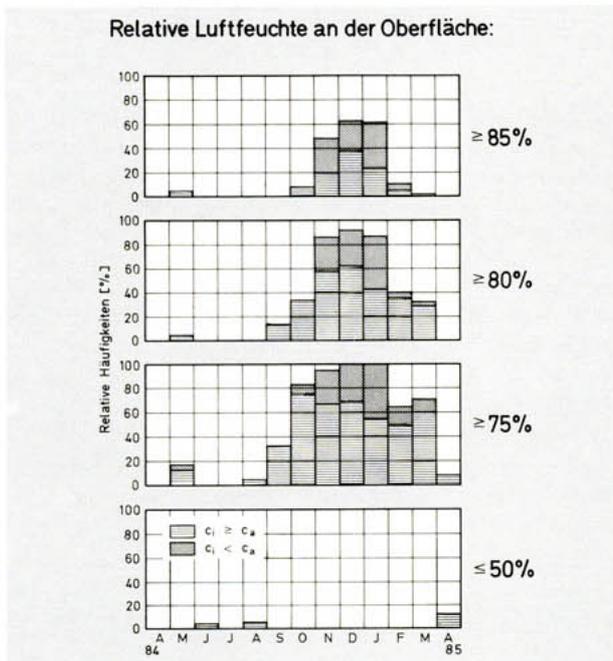
Zur Beobachtung von Feuchteänderungen im Wandinneren aufgrund von Regeneinwirkung sind in verschiedenen Wandbereichen und unterschiedlichen Tiefen Widerstandsmeßfühler eingebaut worden. Eine Durchfeuchtung der Wand infolge von zeitlich registrierten Beregnungsperioden hätte sich durch Widerstandsänderungen bemerkbar machen müssen. Dies konnte jedoch nicht festgestellt werden.



**Bild 1** Gemessene lokale Wassergehaltswerte in den außenseitigen Querschnittsbereichen der Außenwände in Höhen von 0,5 m und 2,10 m über Erdoberfläche

## Langzeit-Klimamessungen

Durch den natürlichen Luftaustausch mit feuchterer Außenluft und durch interne Feuchteproduktion (z.B. häufig größere Anzahl von Personen im Raum) kann es bei kalten Außenwandoberflächen dort zu einer wesentlichen Erhöhung der relativen Luftfeuchte und im Extremfall zu Tauwasserbildung kommen. Um zu überprüfen, ob und wie intensiv dieser Effekt in der Torhalle Lorsch auftritt, sind 12 Monate lang alle 30 Minuten Messungen der relativen Innen- und Außenluftfeuchten, der Innen- und Außenlufttemperaturen und der Wandoberflächentemperatur durchgeführt und die Meßwerte registriert worden. Mit diesen Größen ist die Taupunkttemperatur der Raumluft und die relative Luftfeuchte direkt an der Wandoberfläche zu ermitteln. Nähert sich die Oberflächentemperatur der Taupunkttemperatur der Raumluft, so steigt die relative Luftfeuchte an der Oberfläche gegen 100 %, bei Erreichen oder Unterschreiten der Taupunkttemperatur fällt Tauwasser aus. Tauwasser, aber auch bereits sehr hohe Luftfeuchten, führen zu einer Erhöhung der Sorptionsfeuchte in Putz- oder Malschichten, die später bei geringerer Raumluftfeuchte wieder abgegeben wird.



**Bild 2** Relative Häufigkeiten (gebildet aus Tagesmittelwerten) für das Überschreiten von verschiedenen relativen Luftfeuchten an den Wandinnenoberflächen im Meßzeitraum April 1984 bis April 1985. Die vorgegebenen Grenzwerte bzw. Bereiche für die relative Luftfeuchte an der Wandinnenoberfläche sind rechts neben den einzelnen Diagrammen angegeben. Die Unterteilungen der Säulen zeigen in kumulierter Darstellung, in welchen monatsbezogenen Zeitanteilen die Feuchtekonzentration der Innenluft  $c_i$  höher oder geringer war als die der Außenluft  $c_a$ .

**Bild 2** zeigt eine Häufigkeitsauswertung für die relative Luftfeuchte an der Wandinnenoberfläche im Meßzeitraum April

1984 bis April 1985. Je Monat sind diejenigen Zeitanteile prozentual angegeben, in denen an der Oberfläche Werte für die relative Luftfeuchte von 85 %, 80 % und 75 % erreicht und überschritten werden. So sind demnach z.B. im Dezember Werte von mindestens 75 % an der Oberfläche immer vorhanden gewesen und an mehr als 18 Tagen ( $\approx 60$  % des Monatszeitraumes) wurden Werte von über 85 % r.F. erreicht. Tauwasserbildung ist in mehreren Fällen während der Wintermonate aufgetreten. Die unterteilten Säulenbereiche geben in kumulierter Darstellung an, in welchen prozentualen monatlichen Zeitanteilen die Wasserdampfkonzentration der Innenluft dabei größer oder kleiner war als die der Außenluft. In den Zeitanteilen mit  $c_i > c_a$  hätte ein intensiver Luftaustausch eine Reduzierung der Luftfeuchte an der Oberfläche bewirkt. Für den betrachteten Monat Dezember wäre dies z.B. an 12 von 18 Tagen mit relativen Oberflächenluftfeuchten größer als 85 % möglich gewesen.

Was den Einfluß von Besuchern auf die Raumluftfeuchte betrifft, so war aufgrund von täglichen Zählungen kein nennenswerter Effekt festzustellen.

## Beurteilung und praktische Konsequenzen

Wie die Untersuchungen gezeigt haben, sind die Feuchtebelastungen an den Wandinnenoberflächen und die damit verbundenen Schädigungen der Wandgemälde auf zyklisch schwankende relative Luftfeuchten direkt an den Oberflächen - mit häufig auftretenden Spitzenwerten über 85 % r.F. und gelegentlichen Tauwasserbildungen während der Wintermonate - zurückzuführen. Entsprechend vorliegenden Erfahrungen kann dieser Effekt mit einer einfachen aber gezielt gesteuerten und kontrollierten Raumbelüftung wesentlich reduziert und möglicherweise sogar völlig unterbunden werden [1]. Dabei steuert ein einfaches, über Temperatur- und Feuchtegrenzwerte geregeltes Mikroprozessorelement ein unauffällig installiertes Gebläse dann an, wenn ein vorgegebener Sollwert für die relative Luftfeuchte an der Wandoberfläche überschritten wird und die absolute Raumluftfeuchte gleichzeitig höher als die absolute Außenluftfeuchte ist. Wie aus Bild 2 ersichtlich, liegt dieser Zustand im Jahresverlauf und für die betrachteten Bereiche der Oberflächenluftfeuchte in fast allen Monaten mit einem zeitlichen Anteil von über 50 % vor. Der Luftaustausch kann über natürliche Tür- und Fensterfugen erfolgen, das Öffnen von Türen oder Fenstern sollte jedoch kontrolliert geschehen.

Zu überprüfen wäre bei einer derartigen Maßnahme allerdings auch, ob der gewollte Trocknungseffekt nicht zu einer zu starken und zu schnellen Austrocknung der Wandoberfläche und dadurch zu anderen Schädigungen der Wandgemälde führt. Eine entsprechende Ergänzung des Steuerelementes mit einer vorgegebenen Begrenzung der gewünschten Luftfeuchteverhältnisse nach unten hin könnte dies jedoch auf einfache Weise bewirken.

Die Untersuchungen wurden im Auftrag des Landes Hessen, vertreten durch das Staatsbauamt Darmstadt, durchgeführt.

## Literatur

- [1] Künzel, H., Holz, D.: Feuchteschäden durch Tauwasser in unbeheizten Gebäuden alter Bauart. IBP-Mitteilung 103, Fraunhofer-Institut für Bauphysik (1985)



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK  
7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel. (0711)6868-00  
8150 Holzkirchen (OBB), Postf. 1180, Tel. (08024)643-0

Herstellung und Druck:  
IRB Verlag, Informationszentrum RAUM und BAU  
der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart  
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des  
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik