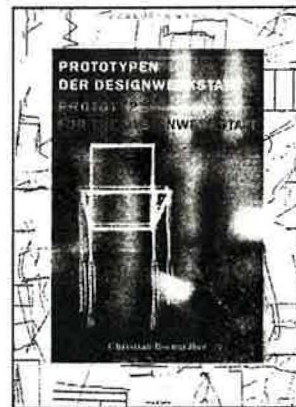




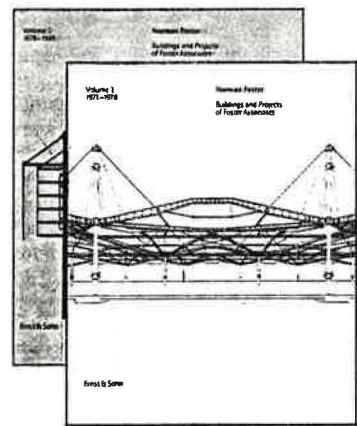
Berlin - Denkmal oder Denkmodell?
Architektonische Entwürfe für den Aufbruch in das 21. Jahrhundert.
Hrsg. v. Kristin Feireiss mit Beiträgen von Julius Posener, Wolfgang Pehnt, Kurt W. Forster u. John Hejduk.
1988. 296 S., 311 Abb., davon 93 in Farbe.
Deutsch-Französisch.
23 x 30 cm.
Ln. DM 76,-/sFr. 70,-
(unverbindliche Preisempfehlung)



Hamburger Kontorhäuser
Fotos: H. Meyer-Vedem
Text: H. Hipp
1988. 192 S. mit zahlreichen Abb. und 65 Bildtaf. im Duoton.
Deutsch-Englisch.
26,5 x 32 cm.
Leinen im Schuber
DM 98,-/sFr. 90,-
Ab 01.01.89
DM 128,-/sFr. 116,-



**Christian Borngräber
Berliner Wege -
Prototypen der Designwerkstätte**
1988. 152 Seiten mit zahlr., teils farbigen Abb. Deutsch-Englisch.
16 x 23 cm.
Geb. DM 52,-/sFr. 48,-



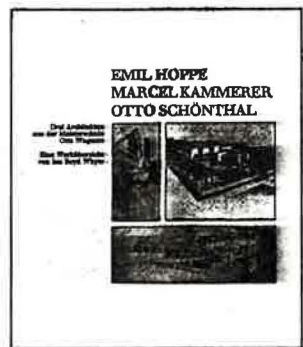
**Ian Lambot
Norman Foster Buildings and Projects of Foster Associates.**
Volume 2: 1971-1978
1988. Ca. 240 S. mit zahlr. Abb. 24,5 x 30 cm.
Ln. DM 98,-/sFr. 90,-
(unverbindliche Preisempfehlung)
Volume 3: 1978-1982
1988. Ca. 240 S. mit zahlr. Abb. 24,5 x 30 cm.
Ln. DM 98,-/sFr. 90,-
(unverbindliche Preisempfehlung)
Die Bände 1 und 4 erscheinen 1989.



**Ákos Moravánszky
Die Architektur der Donaumonarchie 1867 bis 1918**
1988. 272 Seiten mit 291 Abbildungen.
22,5 x 24,5 cm.
Ln. DM 76,-/sFr. 68,-



**Stefan Koppelkamm
Künstliche Paradiese
Gewächshäuser und Wintergärten des 19. Jahrhunderts**
1988. 192 Seiten mit 215 Abb., davon 39 in Farbe und 156 im Duoton.
24 x 31 cm.
Ln. DM 128,-/sFr. 118,-



**Iain Boyd Whyte
Emil Hoppe
Marcel Kammerer
Otto Schönthal
Drei Architekten aus der Meisterschule Otto Wagners.**
1988. Ca. 240 Seiten mit zahlreichen, teils farbigen Abb.
24 x 26 cm.
Ln. DM 128,-/sFr. 116,-
Erscheinungstermin: Dezember '88.



**Günther Feuerstein
Visionäre Architektur Wien 1958/1988.**
1988. Ca. 280 Seiten mit zahlreichen, teils farbigen Abb.
22 x 24 cm.
Ln. DM 96,-/sFr. 88,-

Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Hohenzollerndamm 170, D-1000 Berlin 31, Tel. 86 00 03-0

Kurzfassung

Die Bauschäden durch Schimmelpilzbildungen im Wohnungsbau haben besonders im modernisierten Altbaubestand erheblich zugenommen. In einer Untersuchung konnten der Umfang und die Einflußfaktoren, die oft kumuliert wirken, aufgezeigt werden. Sowohl durch die Bausubstanz wie auch durch nutzungsbedingte Einflüsse kommt es zu dieser Schadensbildung. Als wichtigste Einflußgrößen stellten sich baulicherseits schadhafter Regenschutz und ausführungsbedingte Wärmebrücken heraus. Nutzungsbedingt führte das Heiz- und Lüftungsverhalten sowie der Belegungsgrad der Wohnungen zur Schadensbildung. Durch eine qualifizierte Bauausführung und eine Begrenzung der Feuchtebelastung in den Räumen lassen sich die Probleme lösen. Zur Begrenzung der Feuchtebelastung wurde ein Lüftungsventil zur freien Raumbelüftung entwickelt, das selbsttätig bei zu hoher Feuchtebelastung seinen Lüftungsquerschnitt öffnet und nach Abführung der erhöhten Feuchtekonzentration diesen wieder schließt und so energiesparend wirkt. Um unsere Gebäude auch künftig bei immer höherem Niveau schadensfrei zu bewohnen, ohne in der individuellen Nutzung eingeschränkt zu sein, bedarf es der kritischen Betrachtung aller Einflußparameter und der Lösung und Verbesserung der erkannten Schwachstellen. So wird auch künftig die Bauphysik, die sich zu einem unverzichtbaren Bestandteil des Bauwesens etabliert hat, zu weiteren innovativen Verbesserungen auf dem baulichen Sektor beitragen.

Summary

Damage caused by mould growth in modernized rental housing - Extent, analysis and corrective measures - . The structural damage in housing caused by mould growth, partly favoured by the measures necessary for energy saving, has considerably increased particularly in modernized old buildings. The extent of damage and the parameters often acting in a cumulative way could be revealed in an investigation. Both the building fabric and the influences due to the use of the building lead to this damage formation. The most important parameters were on the one hand faulty protection against rain and thermal bridges resulting from the type of construction, and on the other hand the heating and ventilating behaviour and the degree of occupation of the dwellings. A qualified way of construction and control of indoor moisture loads will solve these problems. For the latter, a ventilation valve for a free room ventilation was developed, which automatically opens with a too high moisture load, and closes again after the increased moisture concentration has been conveyed to the outside, thus acting in an energy-saving way. To avoid such damage in our buildings also in future, it is necessary to critically investigate all parameters and to improve the identified weak points. In this way, the field of building physics which has be-

Dipl.-Ing. Hans Erhorn, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Bereich Wärme/Klima, Nobelstraße 12, 7000 Stuttgart 80.
1975 Ing. (grad.) TFH Berlin. 1975-1979 freiberufliche Mitarbeit in beratendem Ingenieurbüro. 1977-1980 Lehrauftrag TFH Berlin. 1980 Diplom TU Berlin. 1979-1984 wiss. Assistent im Fachgebiet Bauphysik der Universität Essen. Seitdem Leiter der Abteilung Wärmetechnik im Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Bereich Wärme/Klima (Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. K. A. Gertis), Stuttgart.

come an essential part of the construction sector, will contribute to further innovative improvements in this sector.

1 Ausgangssituation

Die Ausführung unserer Gebäude hat in den letzten Jahrzehnten erheblich an Wert zugenommen. Diese Verbesserungen resultieren zu wesentlichen Teilen aus bauphysikalischen Erkenntnissen und daraus abgeleiteten Anforderungen und Empfehlungen. Der Dämmstandard unserer Neubauten hat sich in wenigen Jahren, unterstützt durch zeitweilige Ressourcenknappheiten während der Energiekrisen, drastisch verbessert, so daß einerseits das thermische Behaglichkeitsniveau in neuen Gebäuden deutlich über dem in früheren Jahren errichteter Gebäude liegt, zum anderen wurde hierdurch ein bedeutender Beitrag zum Umweltschutz durch geringere Luftverschmutzung erbracht. So weist Gertis [1] zu Recht auf die verbesserten Wohnbedingungen in heutigen Gebäuden hin und warnt davor, „Irrlehren“ sogenannter Baubiologen, die größtenteils auf Vermutungen und Verdachtsäußerungen basieren, ohne daß der wissenschaftliche Beweis für die Richtigkeit der vorgebrachten Thesen erbracht wird, leichtfertig zu übernehmen. Daraus folgt jedoch nicht, daß alle baulichen Maßnahmen grundsätzlich gutzuheißen sind. Die ständigen faktischen Auseinandersetzungen mit Entwicklungen und Veränderungen auf dem bauphysikalischen Sektor, wie diese beispielhaft von Gertis [2] [3] [4] und anderen richtigerweise durchgeführt wurden, führten dazu, Schwachstellen zu analysieren und produktspezifische oder gesetzgeberisch leitende Veränderungen herbeizuführen. Getreu diesem Grundsatz widmet sich die vorliegende Arbeit einem Problembereich, durch den - als Folge der Energieeinsparbemühungen der letzten Jahre - der aus energieökonomischen Überlegungen notwendigerweise beschrittene Weg der rationellen Energieverwendung bei der Raumbeheizung vereinzelt bereits öffentlich in Frage gestellt wurde.

2 Umfang der Bauschäden durch Schimmelpilzbildung

Die Problematik der Feuchteschäden mit Schimmelpilzbildung, die grundsätzlich auch schon in früheren Gebäuden bestand [5], hat in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung zugenommen. So wurden im Bauschadensbericht der Bundesregierung [10] die Feuchteschäden gesondert hervorgehoben. Die Belastung der Gerichte mit anhängigen Miet- und Sachminderungsklagen hat erheblich an Umfang zugenommen. Hierbei kommt es immer wieder zu gegensätzlichen Rechtsprechungen, was einerseits durch den sehr komplexen Problembereich selber, zum anderen aber auch durch den stark unterschiedlichen fachlichen Kenntnisstand der Gutachter bedingt ist. Da bisher nur Einzeluntersuchungen zu Bauschäden durch Schimmelpilzbefall bekannt sind, wurde eine Untersuchung initiiert [6], in der ein breiterer Überblick über den Bestand der Mietwohnungen in Ballungsgebieten geschaffen werden soll. Diese Gruppe der Wohnungen wurde ausgewählt, da sie einerseits einen wesentlichen Teil des Wohnungsbestandes darstellt [7] und andererseits die klassische ältere Gebäudesubstanz ausmacht, an der Maßnahmen zur Energieeinsparung im Rahmen des Förderprogramms der Bundesregierung in den

Tabelle 1. Prozentualer Anteil von thermisch verbesserten und nicht verbesserten Fassadenbauteilen von Wohnbauten gemäß Stand 1984, nach [8]. Die Prozentwerte sind auf die Gesamtfläche der jeweiligen Bauteile bezogen.

Region	Prozentanteil ausgeführter Bauteile [%]					
	Außenwand		Fenster		temporärer Wärmeschutz	
	gedämmt	ungedämmt	doppelt verglast	einfach verglast	vorhanden	nicht vorhanden
Bundesrepublik	15	85	50	50	—	—
Baden-Württemberg	30	70	60	40	20	80
Köln*	25	75	52	48	35	65

* nur für Mehrfamilienhäuser

frühen achtziger Jahren bevorzugt realisiert wurden. Die Maßnahmen, die im Rahmen des Förderprogramms durchgeführt wurden, haben sich fast allein auf die Erneuerung von Fenstern beschränkt. In Tabelle 1 ist eine Übersicht über den Dämmstandard der bestehenden Gebäudesubstanz in der Bundesrepublik und in verschiedenen regionalen Bereichen zusammengestellt. Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß im wesentlichen die Fenster thermisch verbessert, im Wandbereich dagegen nur geringe Maßnahmen durchgeführt wurden. Bei der durchgeführten Untersuchung [6] war dies auch bei fast allen Objekten festzustellen. Bei den Sanierungen ist nur selten auf ein durchgängiges Wärmeschutzkonzept geachtet worden.

Die in [6] beschriebene, an 67 Wohnungen durchgeführte Untersuchung sollte Aufschluß über Umfang und Ursache der Schimmelpilzbildung in Mietwohnungen erbringen. Das bei der Untersuchung gewonnene Bild überstieg alle vorher geäußerten Erwartungen hinsichtlich des Schadensausmaßes. In der Untersuchung wurden ca. 50 Mehrfamilienhäuser mit ca. 300 Wohneinheiten begangen, wobei 67 Wohnungen detailliert analysiert wurden. Von den ca. 300 Wohnungen hatten etwa 40% Schäden durch Schimmelpilzbildung. Hierbei sei angemerkt, daß bei der Untersuchung auf solche Wohneinheiten zurückgegriffen wurde, bei denen Klagen über Pilzschäden schon vorher dem Vermieter bekannt waren, so daß ein Hochrechnen auf die gesamte Gebäudesubstanz der Bundesrepublik aus diesen Ergebnissen nicht ohne weiteres statthaft ist.

Bei den Schäden ergab sich kein eindeutiges Schadensbild. Es waren sowohl punktueller Pilzbefall als auch vollflächiger Myzelrasen vorzufinden. In Bild 1 ist ein typisches Schadensbild an einer Außenwanddecke dargestellt. Im folgenden sollen die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung dargestellt und die Einflußparameter der Schadensursache herausgearbeitet werden.

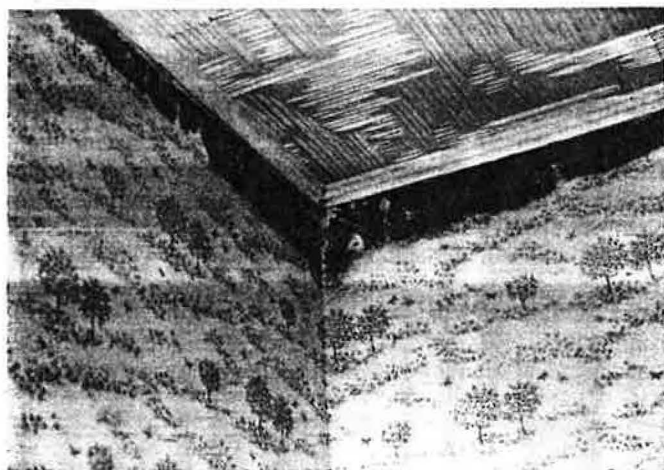


Bild 1. Photographische Aufnahme einer Außenwanddecke mit Schimmelpilzbefall, nach [6]

Tabelle 2. Zusammenstellung der in den untersuchten Wohnungen eingebauten Fensterarten (in Prozent), nach [6].

Rahmenmaterial	Ausführung		
	Einfachverglasung	Isolierverglasung	Verbundfenster
Holz	11	1	—
Aluminium	6	2	5
Kunststoff	—	6	69

3 Untersuchungsergebnisse

Die untersuchten Wohnungen wurden zum größten Teil in den Jahren 1940 bis 1970 errichtet. Zu dieser Zeit wurden noch keine energetischen Anforderungen an Außenwände gestellt. Alle Außenwände wiesen daher nur das seinerzeit geforderte Mindestwärmeschutzniveau auf. Die ursprünglichen Fenster wurden in fast allen Objekten in den Jahren 1978 bis 1986 durch neue Konstruktionen mit besserem Wärmeschutz und meist auch größerer Luftdichtigkeit ersetzt. Ein bis zwei Jahre nach Fenstereinbau hat in den meisten Wohnungen der Schimmelfall begonnen. Aus der Tabelle 2 ist zu ersehen, daß im wesentlichen Verbundfenster mit Aluminium- oder Kunststoffrahmenprofilen vorgefunden wurden. Daneben waren jedoch auch 17% der untersuchten Wohnungen mit einfachverglasten Fenstern versehen. Gegen die in Diskussionen oftmals vorgebrachte „Belehrung“, erst mit Einführung eines besseren Wärmeschutzes im Glasbereich hätte es zu dieser Schadensbildung kommen können, da die Einfachverglasung als „natürlicher Kondensator“ feuchteregulierend wirke, ist mit diesem Ergebnis sicherlich der Gegenbeweis erbracht. Die an Verglasungen ausscheidbare Tauwassermenge erreicht bei weitem nicht die Größenordnung der Feuchteproduktion in Wohnungen. Die gezielte Feuchteabfuhr hat über die Lüftung zu erfolgen, erhöhte Wärmeverluste durch einen schlechten Wärmeschutz im Fensterbereich dagegen sind zu vermeiden.

Die untersuchten Wohnungen wurden von einer relativ großen Personenzahl bewohnt. In Bild 2 sind die den Bewohnern zur Verfügung stehenden Wohnflächen als Häufigkeitsgrenzlinien den Werten des Bundesdurchschnittes gegenübergestellt. Die Häufigkeitsgrenzlinien geben an, wieviel Prozent der betrachteten Gruppen Wohnflächen benutzen, die kleiner sind als der jeweilige Kurvenwert. Aus dem Bild ist ersichtlich, daß die personenbezogenen Wohnflächen in den untersuchten Wohnungen deutlich unter den Werten des Bundesdurchschnittes liegen. Aus [7] ist von Mietwohnungen her bekannt, daß deren mittlere Wohnfläche durchschnittlich kleiner ist als die verfügbaren Flächen beim selbstgenutzten Wohneigentum. Die Größe der Mietwohnungen liegt ca. 20% unter dem Durchschnittswert des bundesdeutschen Wohnbestandes. Die in [6] untersuchten Wohnungen liegen zum Teil mehr als 50%

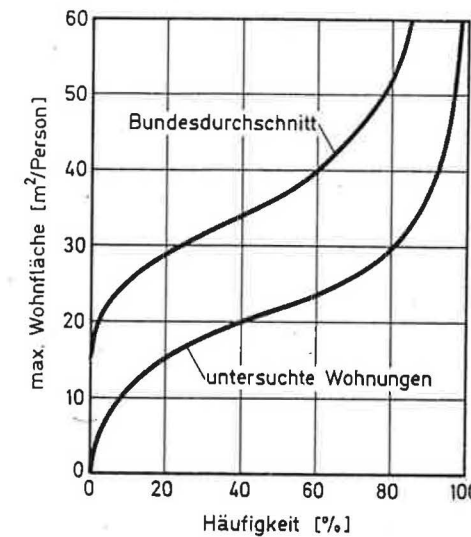


Bild 2. Gegenüberstellung der Häufigkeitsgrenzlinien der personenbezogenen Wohnflächen in den in [6] untersuchten Wohnungen mit den Mittelwerten der bundesdeutschen Gebäudesubstanz, nach [7]. Die Häufigkeitsgrenzlinien geben an, wieviel Prozent der betrachteten Gruppen Wohnflächen benutzen, die kleiner sind als der jeweilige Kurvenwert

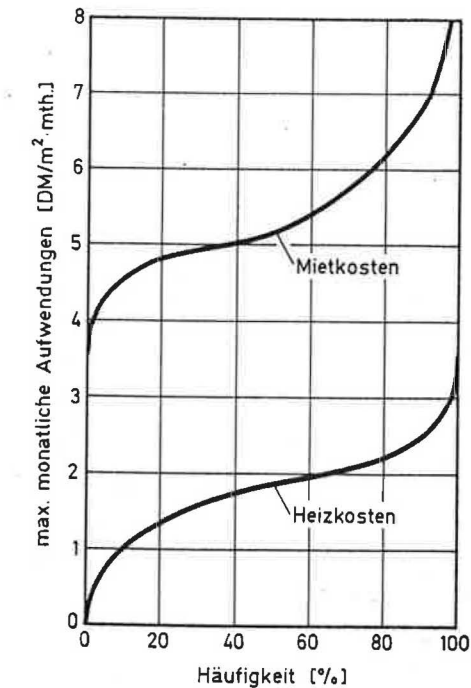


Bild 4. Häufigkeitsgrenzlinien der wohnflächenbezogenen finanziellen Mieteraufwendungen für Miet- und Heizkosten in den in [6] untersuchten Wohnungen. Die Kosten beziehen sich auf die Heizperiode 1987/88. Die Häufigkeitsgrenzlinien geben an, wieviel Prozent der an der Untersuchung beteiligten Mieter Aufwendungen haben, die unter dem jeweiligen Kurvenwert liegen

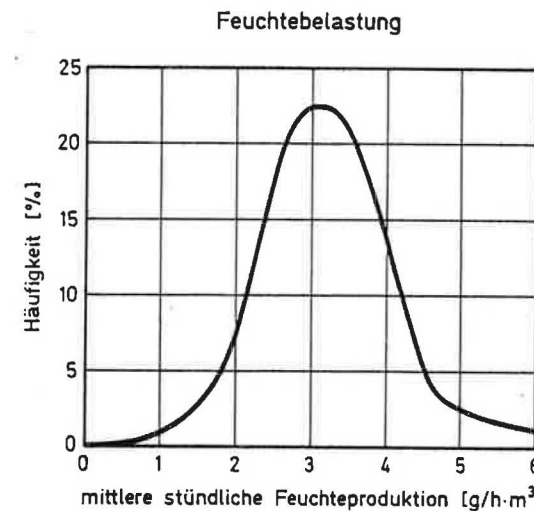


Bild 3. Häufigkeitsverteilung der mittleren stündlichen Feuchteproduktion in den in [6] untersuchten Wohnungen

unter den bundesdeutschen Mittelwerten. Die je Bewohner zur Verfügung stehende Wohnfläche war bei der Hälfte der Wohnungen kleiner als 21 m², in der Hälfte der bundesdeutschen Wohnungen kann dagegen jeder Bewohner über mehr als 46 m² verfügen. Bei derart stark belegten Wohnungen ist naturgemäß eine höhere Feuchtebelastung zu erwarten.

In Bild 3 sind die in den untersuchten Wohnungen vorgefundenen Feuchtebelastungen als Häufigkeitsverteilung dargestellt. Man erkennt, daß in den meisten Wohnungen eine mittlere Feuchteemission von ca. 3 g/(h · m³) vorherrschte, einige wurden sogar mit bis zu 6 g/(h · m³) Wasserdampf belastet. Bei der vorgefundenen mittleren Wohnungsgröße von ca. 64 m² bzw. 160 m³ entspricht dies im Mittel der für eine durchschnittliche Familie in [7] ermittelten täglichen Feuchteproduktion von ca. 12 Liter Wasserdampf. Es kann daher festgestellt werden, daß die von den Wohnungsnutzern freigesetzten Wasserdampfmengen im wesentlichen den bekannten durchschnittlichen Erfahrungswerten entsprechen und generell keine übermäßige Feuchtebelastung vorlag.

Bei den untersuchten Wohnungen handelt es sich um Objekte mit durchschnittlicher Ausstattung. In Bild 4 sind die auf

die Wohnfläche bezogenen monatlichen Aufwendungen der Bewohner für Miete und Wohnungsbeheizung aufgetragen. Die Mieten bewegen sich monatlich zwischen 4 bis 8 DM/m², im Mittel bei 5 DM/m². Die Preise für Energieträger befinden sich derzeit auf einem geringen Niveau. Zum Zeitpunkt der Fenstereinbauten waren die Energieträger mehr als doppelt so teuer, so daß seinerzeit die Heizkosten die zweite Miete ausmachten. Durch die Aufspaltung der Wohnungsbenutzungskosten in Kaltmiete und Heizkosten kann der Mieter bei steigenden Energiekosten die Aufwendungen für die Wohnungsbenutzung nur auf Kosten einer ordentlichen Wohnungsbeheizung begrenzen. Zum Erreichen des Ziels einer energetischen Verbesserung des Wohnbestandes aus den Bedürfnissen der Wohnungswirtschaft heraus ohne oder mit begrenzten staatlichen Anreizen ist sicher auch eine Diskussion über den Mietverrechnungsmodus nötig. Bei dem derzeitigen Abrechnungsmodus ist mit ansteigenden Energiepreisen ein Anstieg der Schäden durch mangelndes Heizen vorprogrammiert.

Die Schimmelpilzschäden waren nicht gleichmäßig in den Räumen der betrachteten Wohnungen zu beobachten. In Tabelle 3 sind die Häufigkeiten der Schimmelpilzschäden raumweise aufgetragen. Am häufigsten waren Schadensbilder in den Schlafräumen zu beobachten. Im Wohn- und Kinderzimmer war die Schadenshäufigkeit nur ca. halb so groß. Nur jeder zehnte befallene Raum war eine Küche, und nur 2% der Schäden traten in den Bädern auf. Es handelte sich hierbei um ausschließlich fenstergelüftete Küchen und Bäder. Da bei der Wohnungsbegehung sehr häufig eine offene Verbindung zwischen Wohn- und Schlafbereich anzutreffen war, d. h., daß die Raumtüren so gut wie nie geschlossen waren, bedingten die meist niedrigeren Schlafzimmertemperaturen bei nahezu gleichmäßiger Feuchteverteilung in den Räumen der Wohnung eine deutlich höhere Tauwassergefährdung. Es gilt daher grundsätzlich zu prüfen, welchen Raumkonditionen die für die Beurteilung der Tauwasserfreiheit von Bauteiloberflächen zugrunde zu legenden Randbedingungen aus Sicherheitsüberlegungen zuzuordnen sind.

Tabelle 3. Zusammenstellung der am häufigsten mit Schimmelpilzen befallenen Räume in den untersuchten Wohnungen, nach [6].

Raum	Häufigkeit [%]
Schlafzimmer	42
Wohnzimmer	22
Kinderzimmer	21
Küche	11
Bad	2
andere Räume	2

Da es sich bei der Erhebung um eine kurzzeitige und einmalige Wohnungsbegehung handelte, war es nicht möglich, das Bewohnerverhalten maßtechnisch zu ermitteln. Die Untersuchungen zum Heiz- und Lüftungsverhalten der Bewohner konnten daher nur durch Befragungen der Wohnungsnutzer erfolgen. Aus Untersuchungen von [9] ist bekannt, daß die Einschätzung des Bewohnerverhaltens erheblich von den meßtechnisch ermittelten Werten abweichen kann, dennoch lassen sich aus derartigen Befragungen Tendenzen herleiten. In der Untersuchung [6] wurden die Wohnungsnutzer befragt, welcher Temperaturlevel im Mittel in ihren Wohnungen herrscht und wie lange sie täglich im Mittel lüften. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß die Bewohner nach eigener Einschätzung ihre Wohnungen im wesentlichen normal beheizen, einige jedoch auch bewußt niedrige Temperaturen wünschen. Das Spektrum beim Lüftungsverhalten dagegen ist wesentlich größer. So öffnen etwa ein Drittel der Befragten nach eigenen Angaben ihre Fenster im Durchschnitt täglich weniger als 15 Minuten. In einer von der Wohnungsverwaltung an alle Haushalte verteilten Informationsschrift wurden die Bewohner umfangreich über die Schimmelprobleme informiert, und es wurde darin empfohlen, mindestens dreimal täglich 5 bis 10 Minuten Stoßlüftung zu betreiben. Circa 20% der Befragten gaben beim Interview dagegen an, ihre Fenster länger als empfohlen zu öffnen. Inwieweit die Antwort durch die Informationsschrift, auf deren Inhalt besonders die Bewohner von Wohnungen mit Schimmelschäden von der Wohnungsgesellschaft hingewiesen wurden, beeinflußt war, ließ sich nicht nachvollziehen.

Bei der Wohnungsbegehung wurde der bereits in [11] aufgezeigte Problembereich der ausufernden Blumenstöcke im häuslichen Bereich zum Teil sehr deutlich. Bild 5 zeigt ein mit Blumenstöcken verstelltes Fenster, das erheblich in seiner Funktion als Lüftungselement beschränkt ist. Derartig verstellte Fenster wurden häufiger angetroffen. Viele dieser Fenster sind nur noch in ihrer Kippstellung betätigbar, manche las-

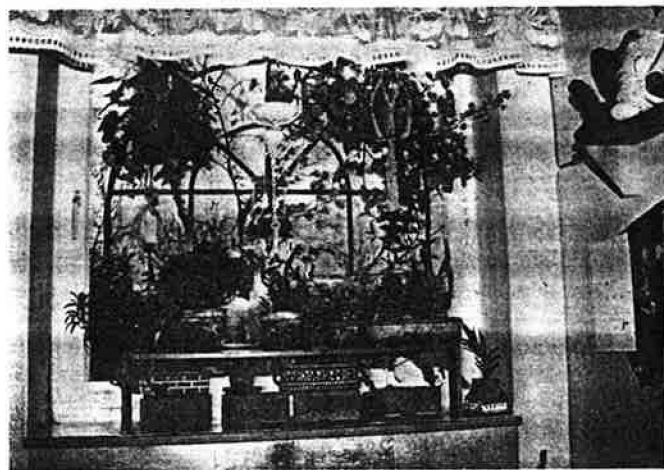


Bild 5. Photographische Aufnahme eines mit Blumenstöcken zugestellten Wohnungsfensters, nach [6]. Die lüftungstechnische Funktion des Fensters ist so erheblich in seiner Nutzung eingeschränkt

Tabelle 4. Ergebnis der Mieterbefragung über das Nutzerverhalten in der Heizperiode, nach [6].

Interviewfrage		Bewohnerverhalten		Anzahl [%]
Welche Temperaturen herrschen im Mittel in Ihrer Wohnung?	< 19 °C	Heizbereitschaft	gering	22
	19 – 21 °C		normal	66
	> 21 °C		stark	1
	keine Angabe			11
Wie lange öffnen Sie im Mittel täglich Ihre Fenster?	< 15 min	Lüftungs-betätigung	gering	31
	15 – 45 min		normal	16
	> 45 min		stark	22
	keine Angabe			31

Tabelle 5. Zusammenstellung der in der Untersuchung [6] am häufigsten analysierten Einflußfaktoren für die angetroffenen Feuchteschäden. Da die Schadensursache häufig nicht eindeutig einem Einflußfaktor zugeschrieben werden kann, ergibt sich bei der Addition der Einflußfaktoren ein Wert größer als 100%.

Einflußfaktoren für Feuchteschäden		Häufigkeit [%]	
Bauwerk	Wärmebrücken	Attika	21
		Fensterlaibung	18
		sonstige	5
	Regenschutz	kleine Risse	37
		große Risse	15
Aufsteigende Feuchte		9	
Nutzer	Raumluftfeuchte (Schimmelbefall auf Möbeln)	31	

sen sich gar nicht mehr öffnen. Die Betätigung der für einen größeren Luftaustausch maßgeblichen Drehstellung des Fensterflügels ist nur mit umfangreichen Umräumungsarbeiten durch die Wohnungsnutzer möglich. Ein derartiges Erscheinungsbild wird an nur mit Drehbeschlägen ausgerüsteten Fenstern sicherlich erschwert, da ein Fensteröffnen ständig ein Verrücken von Blumentöpfen erfordert. Es stellt sich daher die Frage, ob künftige Konstruktionen nicht vorzugsweise nur mit Drehbeschlägen ausgerüstet werden sollten.

In der in [6] durchgeführten Bestandsaufnahme wurden die Einflußfaktoren analysiert, die zu der Schimmelpilzbildung geführt haben könnten. Hierbei wurden sowohl bauliche als auch nutzungsspezifische Einflüsse untersucht. Die baulichen Schwachstellen stellten Wärmebrücken, Schäden im Regenschutz und aufsteigende Feuchten dar. Eindeutige nutzerbedingte Einflüsse durch zu hohe Raumluftfeuchten lagen dann vor, wenn neben den befallenen Bauteilen auch Raumeinbauten Schimmelbefall aufwiesen. In Tabelle 5 sind die Einflußfaktoren und die analysierten Häufigkeiten zusammengestellt. Bei den baulichen Mängeln dominierten der mangelhafte Regenschutz; der Außenputz wies zu erheblichen Teilen Risse auf. In Bild 6 ist dies am Beispiel einer Außenwand dargestellt.

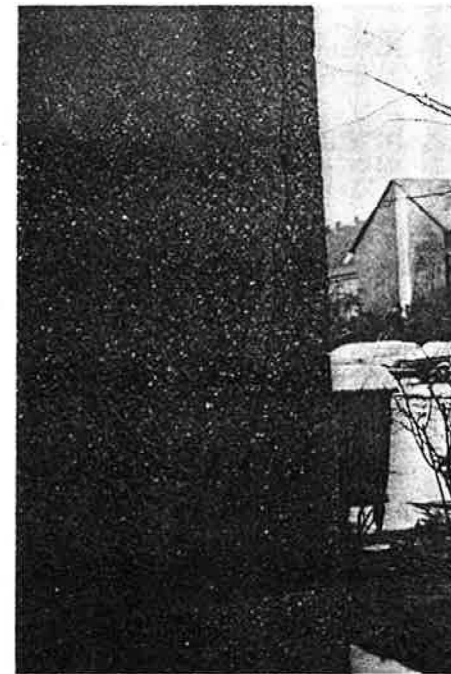


Bild 6. Photographische Aufnahme des beschädigten Regenschutzes eines der in [6] untersuchten Gebäude

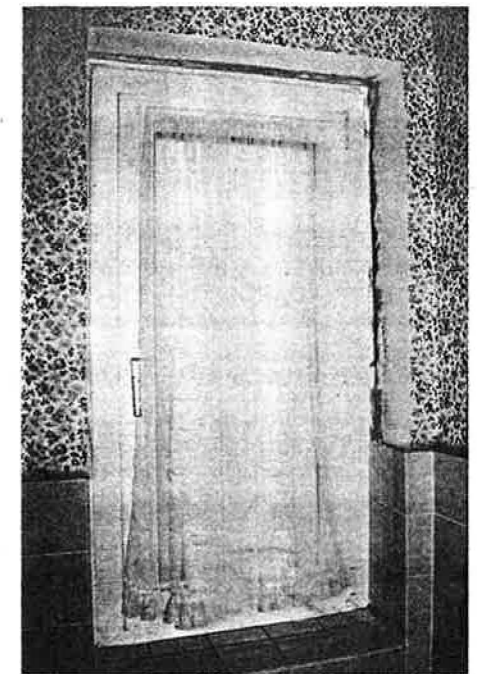


Bild 7. Photographische Aufnahme einer mit Schimmelpilz befallenen Außenwand im Bereich der Fenstereinbaufuge, nach [6]

Als zweite bauliche Einflußgröße stellten sich Wärmebrücken dar. Einbindende Bauteile und Dachabschlüsse sowie die Einbaufugen der Fenster wurden hierbei als Schwachstellen analysiert. Bei den Ausführungsarbeiten von Modernisierungsmaßnahmen bedarf es einer mindestens so intensiven Bauüberwachung wie im Neubau, um Bauschäden zu vermeiden. In Bild 7 ist ein Schadensbefall an der Fenstereinbaufuge dargestellt. Beim Fenstereinbau wurde hier offensichtlich nicht zufriedenstellend gearbeitet. In [12] sind die Fenstereinbauart verursachten Unterschiede im Wärmeverlust systematisch untersucht worden.

Schäden durch aufsteigende Feuchte waren bei der Untersuchung von untergeordneter Bedeutung, dagegen waren in ca. 1/3 der untersuchten Wohnungen neben den Außenbauteilen auch Raumeinbauten, Möbel oder Innenbauteile befallen. Dieses Phänomen weist auf zu hohe Raumluftfeuchten in den Räumen hin, da Schimmelpilzwachstum in der Regel erst ab relativen Luftfeuchten von ca. 80% einsetzt. Aus der Addition der Häufigkeiten in Tabelle 5 ist ersichtlich, daß oft mehr als ein Einflußfaktor allein die Schadensursache bewirkte. Eine Schadensbegutachtung sollte daher stets alle möglichen Einflüsse beinhalten und sowohl die bauliche Substanz und deren Ausführung als auch die Nutzergewohnheiten berücksichtigen.

4 Abhilfemaßnahmen

Die Vermeidung von Bauschäden durch Schimmelpilzbildung sollte durch präventive Maßnahmen sichergestellt sein. Dies hat sowohl durch eine ordnungsgemäße Bauausführung als auch durch eine Begrenzung der Feuchtebelastung in Räumen zu erfolgen. Während die Gebäudesubstanz durch geeignete Planung und qualifizierte Bauüberwachung sowie kontinuierliche Pflege während der Nutzung in der erforderlichen Güte sichergestellt werden kann, ist eine Begrenzung der Feuchtebelastung in Räumen nicht nur über Anforderungen an den Wohnungsnutzer sicherzustellen. Schon bei der Gebäudeplanung sollte darauf geachtet werden, daß die Feuchtebelastung durch bauliche Maßnahmen bereits so weit wie möglich begrenzt wird. Dies kann durch Temperaturbegrenzer bei der Raumbeheizung und durch geeignete Luftführung erfolgen.

Lüftungsventil

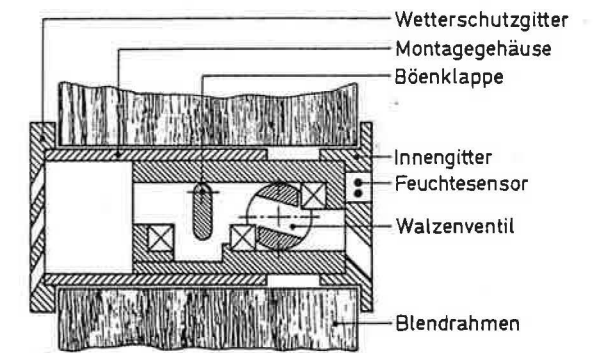


Bild 8. Schematische Darstellung des selbsttätig feuchteregulierenden Fensterlüftungsventils

Allerdings sollten bei allen Maßnahmen nie die Erfordernisse der rationellen Energieverwendung außer acht gelassen werden. Die Strategien müssen so entwickelt sein, daß der Luftaustausch so groß wie nötig zur Schadensbegrenzung, energetisch jedoch so gering wie möglich erfolgt. Der Luftaustausch sollte daher feuchteabhängig verändert werden. Dies kann über feuchtesensorisch gesteuerte Lüftungselemente erfolgen. Da die mechanische Raumbelüftung im Wohnungsbau noch nicht im breiten Maße Fuß gefaßt hat, wurde am Fraunhofer-Institut für Bauphysik ein Lüftungsventil zur freien Raumbelüftung entwickelt, welches raumfeuchteabhängig gesteuert wird. Das Lüftungsventil ist aufgrund seiner geringen Bauhöhe zum Einbau in Fensterrahmen geeignet, kann jedoch auch an beliebigen Stellen in der Außenfassade installiert werden. In Bild 8 ist der Aufbau des Lüftungsventils schematisch dargestellt. Der Feuchtesensor wirkt direkt auf das Walzenventil, das dadurch den Lüftungsquerschnitt mehr oder minder freigibt. Zum Vorbeugen lästiger Zugserscheinungen bei starken Windböen ist eine freipendelnde Böenklappe ins Ventil integriert, die bei übermäßiger Windanströmung den Lüftungsquerschnitt schließt. Das Lüftungsventil bleibt nur so lange geöffnet, wie die Luftfeuchte im Raum zu hoch ist. Bei ausrei-

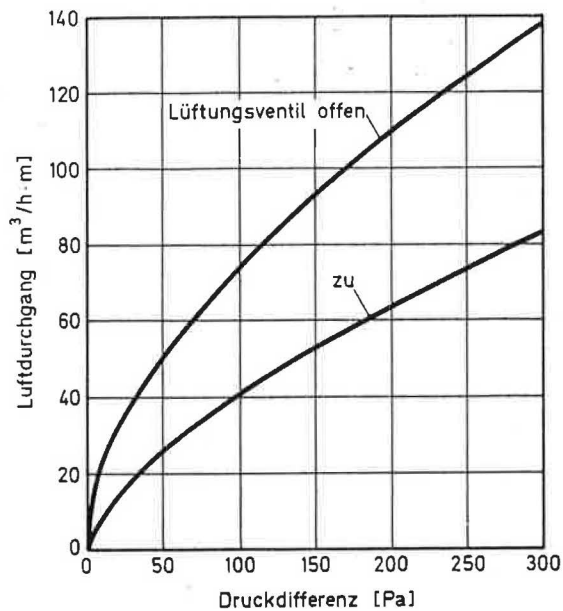


Bild 9. Luftdurchgangskennlinien für das geöffnete und geschlossene Lüftungsventil in Abhängigkeit von der am Lüftungsventil anliegenden Druckdifferenz

chend niedriger Luftfeuchte schließt das Ventil durch die Längenveränderung des Feuchtesensors wieder selbsttätig. Ein Eingriff des Wohnungsnutzers ist nicht erforderlich und auch nicht möglich. Das Ventil ist international patentrechtlich geschützt und kann sowohl in neuen Konstruktionen als auch als Nachrüstsatz in bestehenden Konstruktionen eingesetzt werden. In Bild 9 ist der Luftdurchgang durch das geöffnete und das geschlossene Ventil in Abhängigkeit von der anliegenden Druckdifferenz dargestellt. Bei geringen Windgeschwindigkeiten werden durch das geöffnete Ventil ca. 20 m³/(h · m) Luft ausgetauscht. Die Schallschutzwerte liegen im für derartige Einrichtungen üblichen Wertebereich. Durch den Einbau einer derartigen Lüftungseinrichtung ist die Begrenzung der Feuchtebelastung in Räumen mit einfachen Mitteln sichergestellt, ohne daß die Maßnahme einen erhöhten Wärmeverlust zur Folge hat.

Anmerkung

Die Untersuchung [6] wurde durch Förderung des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (Kz.: 0338765-A) im Rahmen des Forschungsvorhabens „Deutsche Mitarbeit in IEA-EC-ANNEX XIV: Condensation and Energy“ ermöglicht.

Literatur:

- [1] Gertis, K.: Bauen und Gesundheit. Beitrag der Bauphysik zur Richtigstellung „baubiologischer“ Behauptungen. IABSE Proceedings P-126/88, S. 45-60, Zürich (1988).
- [2] Gertis, K.: Zehn Jahre Energieeinsparung im Hochbau – Können wir zufrieden sein? WKS 31 (1986), H. 20, S. 1-7.
- [3] Gertis, K., und Soergel, C.: Tauwasserbildung in Außenwandecken. Kritische bauphysikalische und rechtliche Anmerkungen zu einem Urteil des Oberlandesgerichtes Hamm. DAB 15 (1983), H. 10, S. 1045-1050.
- [4] Gertis, K., und Erhorn, H.: Verbesserte Wärmeschutz- und Heizungstechniken entlasten die Umwelt in Ballungsgebieten. CCI 21 (1987), H. 3, S. 56-62.
- [5] Knodel, H.: Ein Wandschimmeltest zur Beurteilung der Feuchtigkeitseigenschaften von Wänden. GI 75 (1954), H. 17/18, S. 298-299.
- [6] Erhorn, H., Herbák, Z., und Rath, J.: Untersuchungen zur Bewertung von Schimmelpilzschäden im Mietwohnungsbau. Bericht WB 37/88 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart (1988), unveröffentlicht.
- [7] Erhorn, H., und Weiland, T.: Wirkt sich die Wohnsituation in der Bundesrepublik Deutschland auf die Anforderungen an den Mindestluftwechsel aus? Bauphysik 8 (1986), H. 3, S. 85-88.
- [8] Erhorn, H., und Gertis, K.: Was trägt die Energieeinsparung im Hochbau zum Umweltschutz bei? Bauphysik 9 (1987), H. 3, S. 65-74.
- [9] Nicolic, V., und Rouvel, L.: Vergleich des Wärmebedarfs bei unterschiedlicher Lüftung. Tagungsbericht zum Statusseminar Lüftung im Wohnungsbau. Verlag TÜV-Rheinland (1984), S. 155-174.
- [10] Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Zweiter Bericht über Schäden an Gebäuden. Selbstverlag, Bonn (1988).
- [11] Erhorn, H., und Gertis, K.: Mindestwärmeschutz und/oder Mindestluftwechsel. GI 107 (1986), H. 1, S. 12-14 und 71-76.
- [12] Erhorn, H., und Gertis, K.: Auswirkungen der Lage des Fensters im Baukörper auf den Wärmeschutz von Wänden. Fenster und Fassade 11 (1984), H. 2, S. 53-57.

Hans-Dieter Schleif

Die Problematik der dauerhaften Erhaltung wertvoller Wandmalereien dargestellt am Beispiel des Limburger Domes

Kurzfassung

Seit dem Jahr 1975 wird der Innenraum des Limburger Domes umfassend restauriert. Hierzu gehört neben der bereits abgeschlossenen Erneuerung der Heizungsanlage und des Kirchenfußbodens die Freilegung der originalen Ausmalung aus der Erbauungszeit, die zum größten Teil ebenfalls abgeschlossen ist. Bereits kurz nach Wiederinbetriebnahme des Domes zeigten sich neue Schäden in Form von Rissen und Verschmutzungen in restaurierten wie auch noch nicht restaurierten Wandbereichen. Untersuchungen zur Klärung möglicher Ursachen sowie zur Festlegung wirkungsvoller Abhilfemaßnahmen wurden durchgeführt. Aus den Ergebnissen lassen sich Schlußfolgerungen für die Beschäftigung mit ähnlichen Baudenkmalern aus dem Bereich des Kirchenbaus ableiten.

Summary

The problem of how to conserve durably valuable mural painting, demonstrated at the Limburg cathedral. Since 1975 the interior of the Limburg cathedral has been restored to a large extent. This includes, besides the already completed renovation of the heating system and the cathedral floor, the exposure of the original painting dating from the construction period, most of which has also been completed so far. Shortly after the reopening of the cathedral, new damages came up in the form of cracks and soiling both in the restored and not yet restored wall areas. Investigations were carried out to find possible causes and to decide on efficient remedial measures. The results lead to conclusions for the treatment of similar historical buildings in the field of church building.

1 Vorbemerkung

Der Limburger Dom wurde als Stiftskirche zu Anfang des 13. Jahrhunderts gebaut. Er ging mit der Säkularisation 1803 in den Besitz des nassauischen Staates über, dem ab diesem Zeitpunkt die volle Baulast der Kirche oblag. Nach der Errichtung des Bistums Limburg im Jahre 1827 wurde die Stiftskirche zum Bischofsdom erhoben. Der nassauische Staat behielt allerdings weiterhin das Eigentumsrecht an dem Dom, der damit auf dem domänen Fiskus ruhen blieb. Die Baulastverpflichtung ging 1866 auf den preußischen Staat und 1945 auf das neue Land Hessen über.

Der Staatsvertrag des Landes Hessen mit den katholischen Bistümern vom 9. 3. 1973 regelte, daß die Baulastverpflichtung für die Dome in Fulda und Limburg beim Land verbleibt, während das Eigentum an der Kirche und einigen Gebäuden in Domnähe mit ihren Einrichtungsgegenständen später an das Bistum Limburg übergang. Hieraus erklärt sich die finanzielle Beteiligung des Landes Hessen an der kurz vor dem Abschluß

stehenden Domrestaurierung sowie die Planung und Bauleitung der Restaurierung durch das Staatsbauamt Wetzlar und die fachliche Begleitung durch das Landesamt in Wiesbaden.

2 Baugeschichtlicher und kunsthistorischer Stellenwert des Limburger Domes

Der Limburger Dom gehört zu den wenigen sakralen Bauten Deutschlands, die innerhalb kurzer Zeit vollständig errichtet wurden und die Jahrhunderte ohne wesentliche Um- und Anbauten bis zum heutigen Tage überstanden haben. Untersuchungen des Innenraumes im Jahre 1974 führten zu dem als sensationell anzusehenden Ergebnis, daß unter der damals sichtbaren geschlossenen Übermalung aus der Zeit der Restaurierung von 1934-35 unter Resten einer weiteren Übermalung von 1871-77 sowie Kleinresten von weiteren drei vorangegangenen Renovierungen des 18. und 19. Jahrhunderts sich noch ca. 70-80% der originalen Innenausmalung in sehr gutem Erhaltungszustand befinden mußten. Es handelt sich um eine in Freskotechnik ausgeführte Raumfassung.

Es gibt in Europa keine Kirche in vergleichbarer Größenordnung, in der eine so geschlossene originale spätromantische Innenausmalung zu finden ist, die nachweisbar mehr als fünf-hundert Jahre ohne Überanstrich sichtbar war. Diese Erkennt-

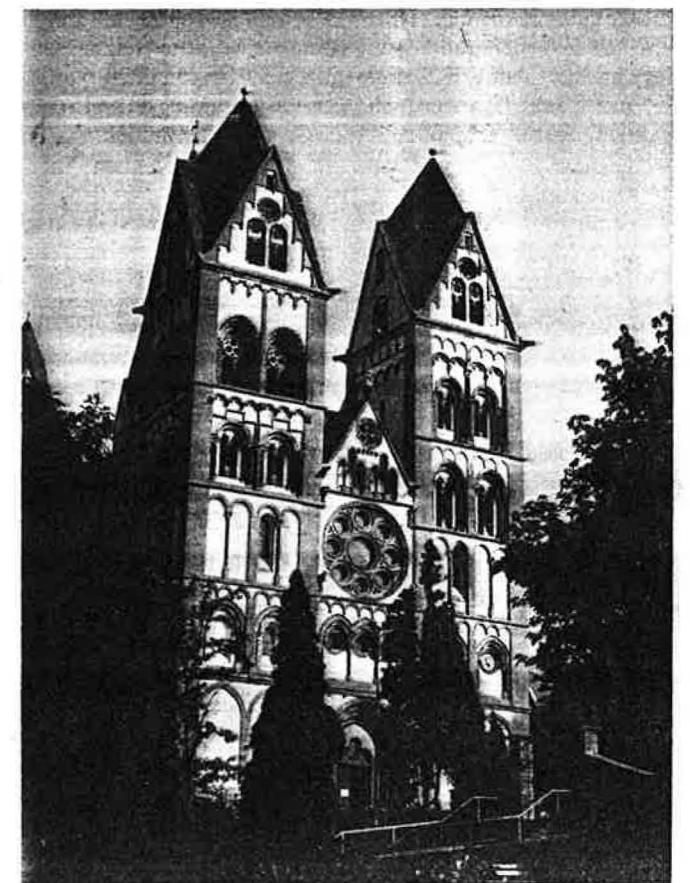


Bild 1. Ansicht des Limburger Domes von Westen mit der wiederhergestellten spätromantischen Bemalung

Dipl.-Ing. Hans-Dieter Schleif, Staatsbauamt Wetzlar, Turmstraße 20, 6330 Wetzlar. 1972 Diplom an der TH Darmstadt, Fachbereich Architektur; 1972-73 im Architekturbüro Schlegel in Darmstadt; 1973-75 Privatbediensteter von Prof. Dr.-Ing. Gerd Fesl, TH Darmstadt, für die wissenschaftliche Bearbeitung eines DFG-Forschungsvorhabens aus dem Bereich des Schulbaues; 1975-77 Referendariat beim Land Hessen. Seit 1977 im Staatsbauamt Wetzlar zunächst zuständig für die Bauausführung, seit 1981 verantwortlich für die Planung. Bauvorbereitung und Bauausführung großer Neubau- und Sanierungsmaßnahmen. Seit 1985 Lehrbeauftragter für das Fach Baukonstruktion in der Unterstufe an der Fachhochschule Gießen-Friedberg, Fachbereich Bauingenieurwesen.

nenmarktes bis 1992 mitzuwirken. Im Vordergrund stehen dabei die Erarbeitung von europaweit anerkannten Normen und Qualitätsstandards für die Gasbetonprodukte.

Der Dachverband trägt den Namen „European Autoclaved Aerated Concrete Association“ (E.A.A.C.A.). Die Geschäftsführung liegt in den Händen des Bundesverbandes Gasbetonindustrie in Wiesbaden.

Pressemitteilung des Bundesverbandes Gasbetonindustrie e.V. vom 30. 6. 1988

Aktuell

Gasbetonindustrie gründet europäischen Dachverband

Die westeuropäischen Gasbetonhersteller haben sich am 24. Juni 1988 in Wiesbaden zu einem europäischen Dachverband zusammengeschlossen.

Zu den Gründungsmitgliedern gehören fast 40 Gasbetonproduzenten aus Belgien, Dänemark, der Bundesrepublik Deutschland, England, Frankreich, Holland, Italien, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden und der Schweiz.

Gasbeton ist ein hochwärmedämmender Massivbaustoff aus den heimischen Rohstoffen Kalk/Zement, Sand und Was-

ser. Die Produktpalette der Hersteller umfaßt Mauersteine, großformatige Montagebauteile, die vor allem für Dächer und Wände im Wirtschaftsbau eingesetzt werden und Sonderbauteile, wie z. B. Fensterstürze und Treppenstufen. Das geringe Gewicht der Produkte ermöglicht den Transport über größere Entfernungen und damit einen nennenswerten Ex- und Import.

Ziel des neuen Industrieverbandes ist es, beim Abbau von Handelshemmnissen und der Schaffung des europäischen Bin-