

Wärmetechnische Sanierung von Fachwerkgebäuden mit raumseitigen Wärmedämmputzen

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer

1 Einleitung

Die Erhaltung eines Bauwerkes in Verbindung mit der Verbesserung des oftmals unzureichenden Wärmeschutzes ist eine der vorrangigen Maßnahmen die bestehenden Werte eines Hauses zu wahren und eine den heutigen Wohnbedürfnissen entsprechende Nutzung zu ermöglichen.

Auf die Problematik, gerade bei der Sanierung von Fachwerkgebäuden, deren Grundlagen und Abhängigkeiten ist umfangreich in den BBS INGENIEURBÜRO Berichten Nr. 1-6 eingegangen worden. Bei diesen Untersuchungen steht jeweils die Verbesserung des vorhandenen Wärmeschutzes im Vordergrund. Eine mögliche Maßnahme, um das energetische Verhalten von Fachwerkgebäuden entscheidend zu verbessern und zudem Tauwasser auf der raumseitigen Wandoberfläche im Bereich von Wärmebrücken zu vermeiden, ist das Aufbringen eines raumseitigen Wärmedämmputzes.

2 Darstellung des Dämmsystems

Wärmedämmputz-Systeme wurden für den Einsatz im Außenwandbereich entwickelt. Erstmals wurde bei Forschungsarbeiten /1/ der Einsatz auch raumseitig angedacht und bauphysikalisch untersucht. Bei einem Wärmedämmputz-System handelt es sich grundsätzlich um folgenden Aufbau:

- Wärmedämmputz auf Putzträgergewebe
- raumseitiger Deckputz

Der Wärmedämmputz ist ein hydraulisch gebundener Putzmörtel mit Zuschlägen aus expandiertem Polystyrol mit folgenden Kennwerten:

Festmörtelrohichte:	ρ	$\geq 200 \text{ kg/m}^3$
Wärmeleitfähigkeit:	λ_r	$= 0.07 \text{ W/mK}$
Wasseraufnahmekoeffizient:	w	$\leq 0.5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0.5}$
Diffusionswiderstandszahl:	μ	$= 5$
Brandklasse:	B1	

3 Vorstellung des Objektes

Basierend auf den 1987 noch andauernden Forschungsarbeiten /1/ in Verbindung mit einer differenzierten bauphysikalischen Begutachtung wurde bei der wärme- und feuchtetechnischen Sanierung der Fachwerkhäuser

Weinberg 6 und 7, Schladen

beraten.

Die städtischen, zu Wohnzwecken genutzten Gebäude, sind Bestandteil einer Sanierungsmaßnahme, die durch die Arbeitsgruppe Altstadt, Braunschweig, durchgeführt wurde.



Bild 1 Gebäude Weinberg 6 und 7

4 Grundlagen der Berechnung

Bei der wärmetechnischen Sanierung der Gebäude waren folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- Einhaltung der Grundlage der DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau
- Einhaltung der Wärmeschutzverordnung '82
- Vermeidung von klimabedingten Feuchteschäden.

Die Bestimmung der grundlegenden bauphysikalischen Kennwerte sowie der Schichtenaufbauten der Bauteile erfolgte auf der Grundlage und den Vorgehensweisen /2/.

4.1 Nachweise nach DIN 4108

Der Wärmedurchlasswiderstand der vorhandenen, historischen Außenwandbauteile beträgt im Gefachbereich

$$0.2 < 1/R < 0.4 \qquad \ll 0.55 = 1/R_{\min, \text{DIN 4108}}$$

Die Untersuchungen nach /3/ zeigen, dass es bei Wärmedurchlasswiderständen

$$1/R < 1.0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

zu einer erheblichen Gefahr von Tauwasser auf der raumseitigen Bauteiloberfläche, gerade im Bereich von Wärmebrücken, kommen kann.

Folgende Sanierungsvariante wurde ausgewählt:

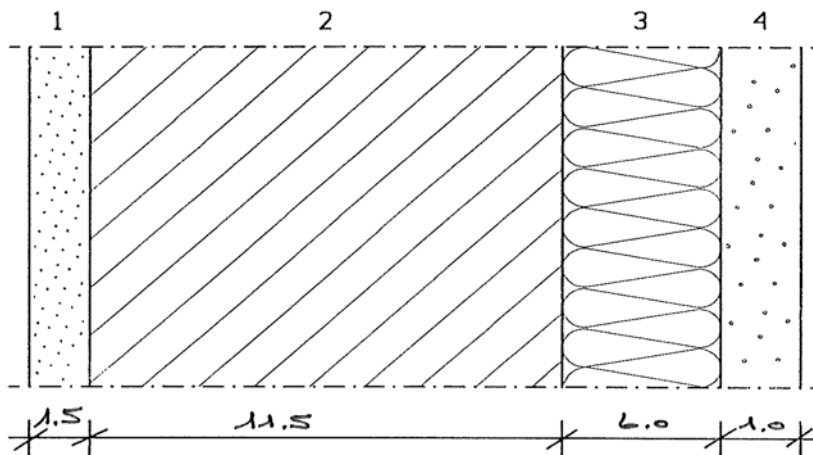
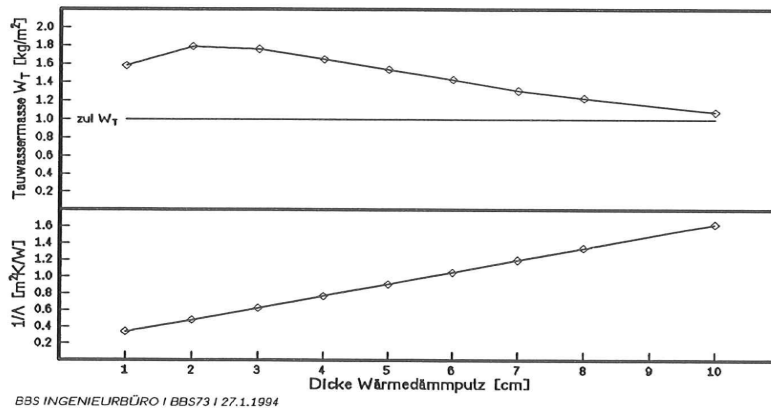
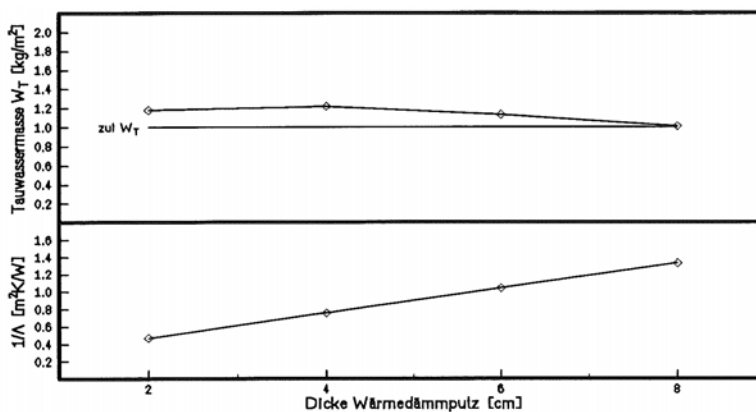


Bild 2 Schnitt saniertes Bauteil/Gefachbereich



BBS INGENIEURBÜRO | BBS73 | 27.1.1994

Bild 3 Saniertes Bauteil/Wärmedämmputz mit Kalkinnenputz



BBS INGENIEURBÜRO | BBS74 | 27.1.1994

Bild 4 Saniertes Bauteil/Wärmedämmputz mit Kunstharzinnenputz

Basierend auf diesen Ergebnissen wurde ein 6cm dicker, raumseitiger Wärmedämmputz der Firma Colfirmat-Rajasil, WD O50, auf einem Wellnet-Trägergewebe gewählt. Auf diesem Schichtenaufbau wurde raumseitig ein Kalkputz mit Dispersionsfarbe aufgebracht.

4.2 Nachweis nach Wärmeschutzverordnung '82

Nach dem z.Z. gültigen Erlass des Niedersächsischen Sozialministers muss die WSchVO u.U. nicht zur Anwendung gelangen. Dennoch zeigen Untersuchungen /4/ wie die Reduzierung des Heizenergieverbrauches wirtschaftlich und bauphysikalisch unbedenklich bei historischen Fachwerkgebäuden durchgeführt werden kann.

Auf der Grundlage des A/V-Verfahrens ergaben sich für die sanierten Gebäude

$$0.64 < k_{m,vorh} < 0.72 \qquad \leq 0.72 = k_{max.}$$

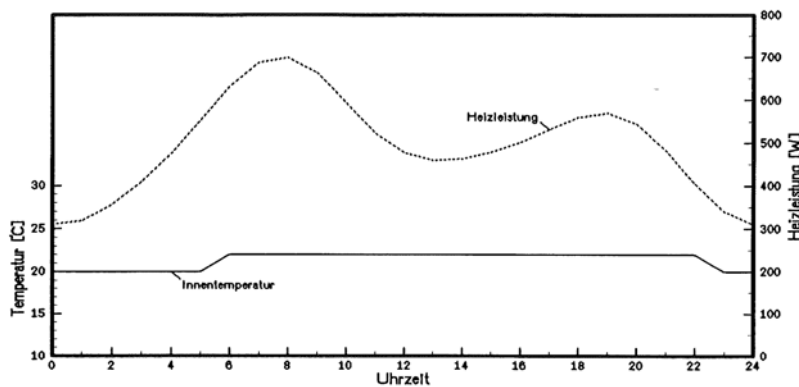
4.3 Bestimmung des energetischen Verhaltens

Auf der Grundlage eines vom Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau finanzierten Rechenprogrammes zur Ermittlung von Luft- und Bauteiltemperaturen sowie Heiz- und Kühlleistungen wurden Analysen des Temperaturverhaltens sowie des energetischen Leistungsbedarfs durchgeführt.

Das von Dr.- Ing. F. Haferland, Dr. phil. W. Heindl und Dipl.-Ing. H. Fuchs erstellte Rechenprogramm berücksichtigt dynamische Effekte in einem eingeschwungenen Zustand basierend auf den gebäudespezifischen Grundlagen.

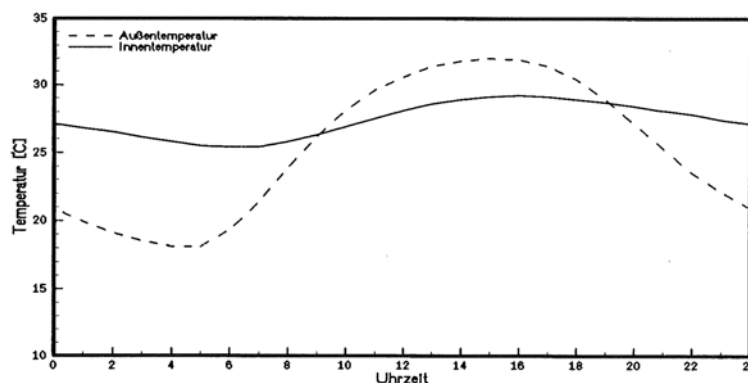
Hiermit wurde es möglich, instationär, und nicht nur auf den Grundlagen der Standardberechnungen der DIN 4701 oder der VDI Richtlinie 2078, eine Optimierung des Wärmeschutzes der Gebäude für den **Sommer- sowie den Winterfall** rechentechnisch durchzuführen.

Die Berechnungen zeigen, hier als Beispiel, für das untersuchte Kinderzimmer folgende Ergebnisse:



WEIN | 11.5.1993

Bild 5 Heizleistung Winter Kinderzimmer EG Süd/West



WEIN | 11.5.1993

Bild 6 Außen-, Raumlufttemperaturverlauf Sommer Kinderzimmer EG Süd/West

4.4 Bestimmung der Feuchten in den Holzbauteilen

Die Untersuchungen nach /1/ zeigen, dass bei raumseitigen Wärmedämmmaßnahmen eine erhöhte Feuchtegefahr der Holzbauteile zu erwarten ist.

Diese Feuchten lassen sich mit Hilfe des Bemessungsverfahrens nach Leimer/1/ auf der Grundlage des nachstehenden Diagramms abschätzen:

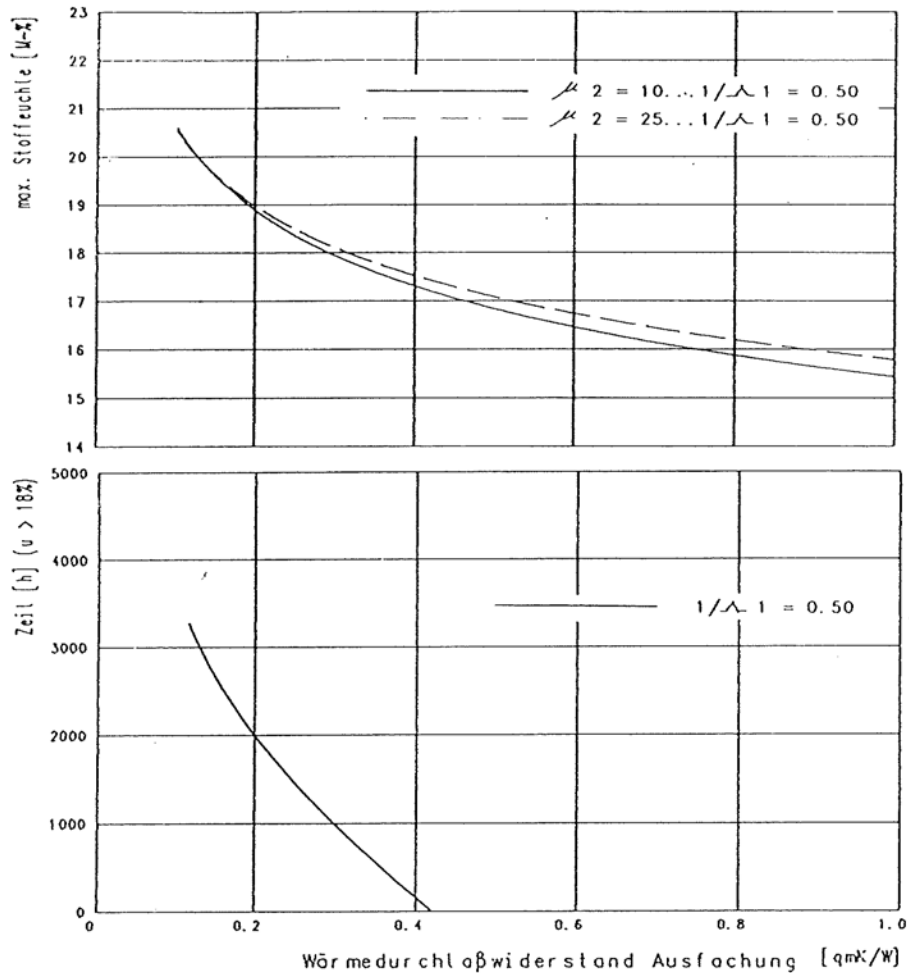


Bild 7 Bestimmung der max. Holzfeuchte sowie der Dauer einer Holzfeuchte $u > 18\%$

Wärmedämmstoff	Wärmedämmputz o.ä.	$(\mu_1 = 5)$ $(1/R_1 = 0.50)$
Ausfachung	Lehm, Gasbeton, Vollziegel	$(\mu_1 = 10)$
Ausfachung	Kalksandstein, Ziegel	$(\mu_1 = 15)$

Bei einem vorhanden Wärmedurchlasswiderstand des historischen Bauteils im Bereich des ungestörten Gefaches in Höhe

$$\text{von } 1/R = 0.3 \text{ m}^2\text{K/W}$$

ermittelt sich eine Holzfeuchte von

$$16 < u < 18 \%$$

5 Bauphysikalische Untersuchungen zur Überprüfung der Berechnungsergebnisse

Um die im bauphysikalischen Gutachten zur Sanierung der Gebäude gemachten Aussagen in der Folge überprüfen zu können, wurden nach Abschluss der Winterperiode im April 1993, nach 6 Jahren der Nutzung, raumseitig Bohrkernproben von der Fachwerkaußenwand gezogen und in verschiedenen Bereichen Feuchtemessungen durchgeführt.

5.1 Darstellung der Probeentnahmestellen

Basis der Untersuchungen bilden die West- und Südfassade des Kinder- und Wohnzimmers des Gebäudes Weinberg Nr. 7.

Das vorhandene Raumklima wurde mit

$$\theta = 20^{\circ} \text{ C } ., \varphi = 48\%$$

vor Ort gemessen. Dieses Klimat entspricht einem 'üblichen Raumklima', den Klimabedingungen nach DIN 4108 sowie den Grundlagen der geführten Berechnungen, siehe auch /5/.

5.2 Messtechnische Bestimmung der Holzfeuchten und Oberflächentemperaturen

Die Bestimmung der Holzfeuchte erfolgte auf der Grundlage der elektrischen Widerstandsmessung mit Temperaturkompensation an der Messstelle.

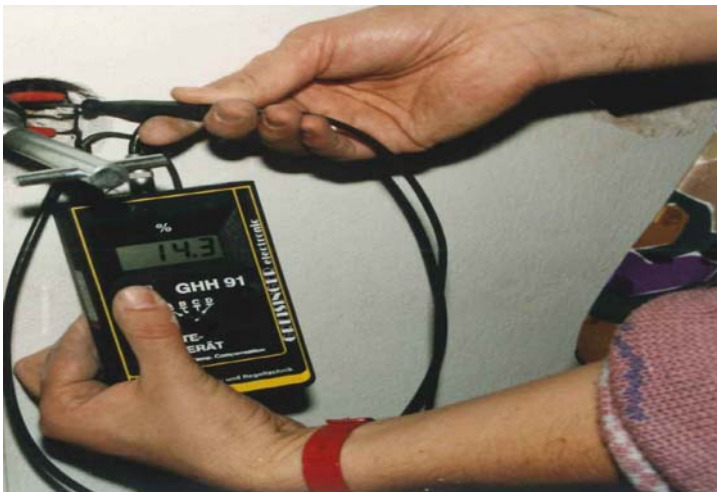


Bild 8 Bestimmung der Holzfeuchte

Die Oberflächentemperaturen ermitteln sich zu:

<u>Ort</u>	<u>Oberflächentemperatur Wand [°C]</u>
> Kinderzimmer	
Fußleiste	16
Kante oben	17
Kante unten	14

Die Holzfeuchten ermitteln sich zu:

Ort			Holzfeuchte [M-%]	Bemerkung
> Kinderzimmer	Westseite	Schwelle unten	> 30	> Fasersättigung
		Riegel, h = 1.0 m	19	
	Südseite	Stiel, h = 1.0 m	13	
		Riegel, h = 1.0 m	14	
		Rähm, h = 2.5 m	17	
> Wohnzimmer	Südseite	Schwelle	26	

5.3 Messtechnische Bestimmung der Holzfeuchten außen

Die Holzfeuchten im Bereich der Westfassade ermitteln sich zu:

Ort	Holzfeuchte [M-%]	Bemerkung
Schwelle, t = 1.5 cm	20	
Schwelle, t = 3.5 cm	24	
Stiel, t = 1.5 cm	18	
Stiel, t = 3.5 cm	19	
Riegel, t = 1.5 cm	> 30	unterhalb von Putzfehlstellen
Riegel, h = 1.0 m	18	
Riegel, h = 1.0 m	14	
Diagonale, h = 1.0 m	18	

5.4 Messtechnische Bestimmung der Feuchten des Wärmedämmputzes

Mit Hilfe der Darmmethode wurden die Feuchten des Wärmedämmputzes WD 050 an den Proben P1 und P2 bestimmt. Sie ermitteln sich zu:

Entnahmetiefe	Feuchte [M-%]	
	P1	P2
0-2 cm	1.6	./.
2-4 cm	6.0	4.7
4-6 cm	6.4	6.0

Vergleicht man die vorhandenen Feuchten des Baustoffes mit seinen Sorptionsisothermen, ermittelt sich eine rel. Feuchte im Bereich der Grenzschicht WD-Putz/Holz (6. cm) in Höhe von

$$\varphi > 95\%.$$

Diese Größen weisen auch auf den nach DIN 4108 zu ermittelnden Tauwasserausfall im Bauteilquerschnitt hin.

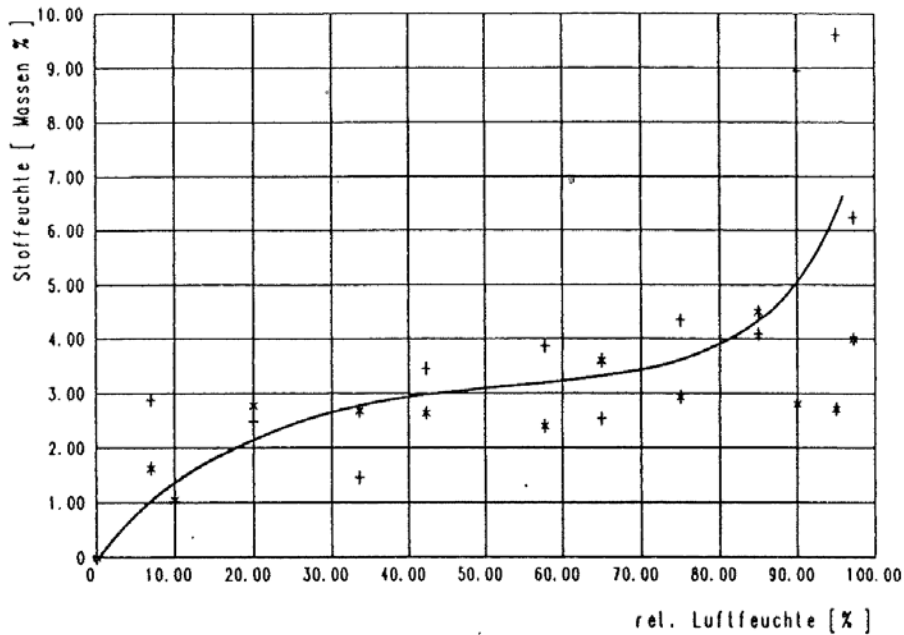


Bild 9 Sorptionsisotherme Wärmedämmputz WD 050

6 Ergebnisse

Bei der Auswertung der Ergebnisse müssen zwei Feuchtebelastungen, siehe auch /6/, unterschieden werden.

1. Feuchte infolge Schlagregenbelastung von außen.
2. Feuchte infolge Diffusion/Konvektion in den Bauteilquerschnitt von innen.

Zu 1. Beurteilung der Holzfeuchten im Bereich der Westfassade/Schwellen:

Die erhöhten Holzfeuchten im Bauteilquerschnitt im Bereich der Schwellen, die auch schon zu raumseitigen Feuchteschäden geführt haben, sowie die Holzfeuchten der Westfassade lassen eine erhebliche Feuchtegefahr der Holzbauteile infolge des Eindringens von Feuchte durch die Fugen, Holz/Gefach, infolge Schlagregen erkennen. Ein ausreichender Wetterschutz ist in diesen Bereichen unbedingt erforderlich.

Zu 2. Vergleich der Holzfeuchten infolge Diffusion aus Berechnung und Messung:

Berechnung	nach DIN 4108:	Bauteil im Gefachbereich nicht zulässig
	Nach DIN 4108:	Bauteil im Holzbereich nicht zulässig
	Nach Leimer:	$16 < u_{\text{Holz}} < 18 \%$
		$u_{\text{WD_PUTZ}} \text{ max. } 9 \%$
Messung	vor Ort:	$13 < u_{\text{Holz}} < 19 \%$
		$u_{\text{WD_PUTZ}} \text{ max. } 6.4 \%$

Die Feuchten der Holzbauteile im Bauteilquerschnitt in situ liegen im ungefährdeten Bereich ($u < 18\%$). Der Vergleich der örtlichen Messungen mit den Berechnungen der Bauteile nach DIN 4108, T5 zeigen keine hinreichende Übereinstimmung der vorhandenen Feuchtigkeiten oder der Zulässigkeit des Bauteils.

Die in den Untersuchungen /1/ entwickelten Funktionsgleichungen zur Abschätzung der Materialfeuchten im Bauteilquerschnitt zeigen hingegen im Vergleich mit den vorhandenen Feuchten im Bauteilquerschnitt **gute** Übereinstimmungen sowohl im Holz als auch im WD-Putz.

Bauschäden infolge einer erhöhten Holzfeuchte im Bauteilquerschnitt durch Diffusion können somit ausgeschlossen werden.

7 Zusammenfassung

Bei der wärmetechnischen Sanierung der Gebäude Weinberg 6 und 7 in Schladen waren folgende bauphysikalische Voraussetzungen zu erfüllen:

- Einhaltung der Grundlage, DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau
- Einhaltung der Wärmeschutzverordnung '82
- Vermeidung von klimabedingten Feuchteschäden.

Da die Nachweise zur Bestimmung der Zulässigkeit der Bauteile und Baustoffe auf der Grundlage der DIN 4108 nur unzureichend geführt werden können, wurden während der Planungsphase 1986/1987 mit Hilfe von ergänzenden Bemessungsverfahren nach Leimer/1/ die Baustofffeuchten infolge Diffusion im Bauteilquerschnitt bestimmt.

Um die im bauphysikalischen Gutachten zur Sanierung der Gebäude gemachten Aussagen in der Folge überprüfen zu können, wurden nach Abschluss der Winterperiode im April 1993, nach 6 Jahren der Nutzung, raumseitig Bohrkernproben von der Fachwerkaußenwand gezogen und in verschiedenen Bereichen Feuchtemessungen durchgeführt.

Es zeigt sich, dass die in den Untersuchungen/1/ entwickelten Funktionsgleichungen zur Abschätzung der Materialfeuchten im Bauteilquerschnitt im Vergleich zu den vorhandenen Feuchten eine sehr gute Übereinstimmung sowohl im Holz als auch im WD-Putz aufzeigen. Bauschäden infolge einer erhöhten Holzfeuchte im Bauteilquerschnitt durch Diffusion können somit ausgeschlossen werden.

Die erhöhten Holzfeuchten im Bereich der Schwellen und der Westseite lassen eine erhebliche Feuchtegefahr infolge Schlagregen erkennen. Ein ausreichender Wetterschutz für schlagregengefährdete Fachwerkaußenwandbauteile ist dringend erforderlich.

8 Literaturverweis

-
1. Leimer, Beitrag zur Bestimmung des wärme- und feuchtetechnischen Verhaltens von Bauteilen bei der Sanierung historischer Fachwerkgebäude; Forschungsarbeiten TU Braunschweig 1984-1989; Dissertation Weimar 1991
 2. BBS INGENIEURBÜRO Berichte Nr. 4; Bauphysikalische Untersuchungen zur Entwicklung eines Sanierungskonzeptes
 3. BBS INGENIEURBÜRO Berichte Nr. 2; Bestimmung des wärme- und feuchtetechnischen Verhaltens von Bauteilen bei der Sanierung historischer Fachwerkgebäude, bauen mit holz 3/92
 4. BBS INGENIEURBÜRO Berichte Nr. 6; Beurteilung des energetischen Verhaltens von Fachwerkgebäuden bei unterschiedlichen Wärmedämmmaßnahmen, Bausubstanz 6/93
 5. BBS INGENIEURBÜRO Berichte Nr. 1; Bauphysikalische Aspekte in Fachwerkbauten, das bauzentrum 1/94
 6. BBS INGENIEURBÜRO Berichte Nr. 3; Einsatz von hydrophobierten Ziegeln als Ausfachungsmaterial im Fachwerkbau, Bausubstanz 3/93