

DGZfP-Berichtsband BB 69-CD  
Poster 4

## **Feuchtigkeit in Gebäuden – Ursachen und Nachweisverfahren**

U. Jaroch, Institut für angewandte Bauphysik, Physik am Bau, Hermsdorf

---

### **Zusammenfassung:**

Feuchteschäden in Gebäuden können vielfältige Ursachen haben, die teilweise vergleichbare Schadensbilder aufweisen. Für eine erfolgreiche Schadensbeseitigung ist die genaue Ursachenbestimmung unerlässlich.

Prinzipiell ist zu prüfen, ob aufsteigende bzw. von außen eindringende Feuchte oder der Ausfall von Kondenswasser als Schadensursachen in Betracht kommen. Für die Auswahl einer geeigneten Untersuchungsmethode sind deshalb die Analyse des Schadensbildes bei einer ersten Begutachtung vor Ort sowie Kenntnisse über die Schadensentwicklung und den Aufbau der betreffenden Bauteile unerlässlich.

Ausblühungen auf Putzen, Putz- oder Farbabplatzungen können sowohl die Folge kapillar aufsteigender oder hygroskopischer Feuchtigkeit als auch einer erhöhten Belastung durch Spritzwasser z.B. oberhalb eines vorstehenden Sockels sein. Für die Beurteilung werden aus dem Mauerwerk Proben mittels Kernbohrung entnommen, an denen im Labor der Feuchte- und Salzgehalt analysiert wird. Die Probenentnahme erfolgt auf einer oder mehreren Meßachsen. Anhand der Laborergebnisse ist die Beurteilung der Ursachen der Feuchteschäden möglich.

Feuchteschäden an den inneren Wandoberflächen sind nicht in jedem Fall die Folge eines erhöhten Feuchtegehaltes im Mauerwerk. Somit führt bei Schadensbildern wie z.B. Schimmelbildung die Bestimmung des Feuchtegehaltes des betreffenden Bauteils nicht zwangsläufig zum Nachweis der Ursachen der Feuchteschäden. In vielen dieser Fälle ist die Bildung von Kondenswasser als Folge einer Taupunktunterschreitung an den inneren Oberflächen von Wärmebrücken oder einer hohen Feuchtebelastung der Raumluft ursächlich. Auch eine ungeeignete Anordnung der Heizkörper im Raum kann die Kondensatbildung an ausreichend gedämmten Bauteilen bewirken. Mit Hilfe thermischer Nachweisverfahren (Thermografie, k-Wert-Messung) sowie der Langzeitmessung der Raumluftfeuchte werden die unterschiedlichen Ursachen nachgewiesen.

## **1. Vorbetrachtung**

Im 3. Bauschadensbericht der Bundesregierung (1996) wurde festgestellt, daß pro Jahr Bauschäden in Höhe von ca. 10 Mrd. DM entstehen, die auf mangelhafte Planung und Ausführung zurückzuführen sind. Neben dem besonders kritischen Bereich der Abdichtung erdberührter Bauteile wurden bei der Sanierung bestehender Bausubstanz Schimmelpilzprobleme mit 12,7 % als häufigstes Schadensbild angegeben. Die eindringende bzw. sich in Form von Kondenswasser bildende Feuchtigkeit führt zu Schäden an der Bausubstanz, die nur bei genauer Kenntnis der Schadensursache dauerhaft beseitigt werden können. Für die Bestimmung der Schadensursachen stehen sowohl zerstörungsfreie Methoden (Infrarotthermografie, raumklimatische und Oberflächentemperaturmessungen) sowie zerstörungssarme Methoden (CM-Meßgerät, Entnahme von Bohrkernen zur Feuchte- und Salzanalyse im Labor) dem Gutachter zur Verfügung.

Feuchteschäden in Gebäuden können vielfältige Ursachen haben, die teilweise vergleichbare Schadensbilder aufweisen.

Infolgedessen und aufgrund der Möglichkeit des gleichzeitigen Vorliegens mehrerer Ursachen ist nicht in jedem Fall schon nach der ersten Ortsbesichtigung eine eindeutige Schadensanalyse zu erstellen. Dies ermöglichen entsprechende bauphysikalische Untersuchungsmethoden. Anhand der Ergebnisse können geeignete Sanierungsmaßnahmen ausgewählt werden.

Bei der ersten Begutachtung vor Ort wird eine Analyse des Schadensbildes erstellt sowie die Schadensentwicklung und die baulichen Gegebenheiten aufgenommen. Anhand dieser Ergebnisse wird eine geeignete Untersuchungsmethode ausgewählt. Dabei ist mitunter auch eine Kombination verschiedener Untersuchungsmethoden erforderlich.

Im folgenden wird eine Auswahl von Schadensbildern aus der eigenen Gutachterpraxis beschrieben und geeignete bauphysikalische Nachweisverfahren vorgestellt.

## **2. Eindringende Feuchte und Salze als Schadensursachen**

Von außen eindringende Nässe ist in aller Regel baubedingt. Eine fehlende oder mangelhafte Dränage oder Isolierung läßt Feuchte von außen ebenso eindringen wie undichte oder eingerissene Abdichtungen verschiedener Bauteile, ungeeignete bzw. unsachgemäß aufgetragene Sperrungen oder Undichtigkeiten im Außenputz. Insbesondere bei fehlenden und/oder schadhaften horizontalen Sperrungen im Mauerwerk besteht die Gefahr des Aufstiegs von Feuchte bis in die bewohnten Bereiche.

Die dadurch verursachten Schadensbilder weisen zum größten Teil Trockenränder oder Salzausblühungen auf. Auch absandende Putze oder abplatzende Farbschichten deuten auf das Vorhandensein von Feuchte in den Bauteilen hin. Mit der Durchfeuchtung ist gleichzeitig eine Verringerung der Wärmedämmung des Bauteils in den betroffenen Bereichen verbunden. Das führt bei niedrigen Außentemperaturen zu einer Auskühlung der inneren Oberflächen in den durchfeuchteten Bereichen, was Schimmelbildung zur Folge haben kann.

Für die Beurteilung der Feuchteschäden und die Auswahl der geeigneten Untersuchungsmethode ist die Schadensentwicklung (Zeitpunkt des ersten Auftretens, Zusammenhang mit äußeren klimatischen Bedingungen und/oder ausgeführten baulichen Maßnahmen) von besonderer Bedeutung und sollte bei der ersten Besichtigung erfragt werden.

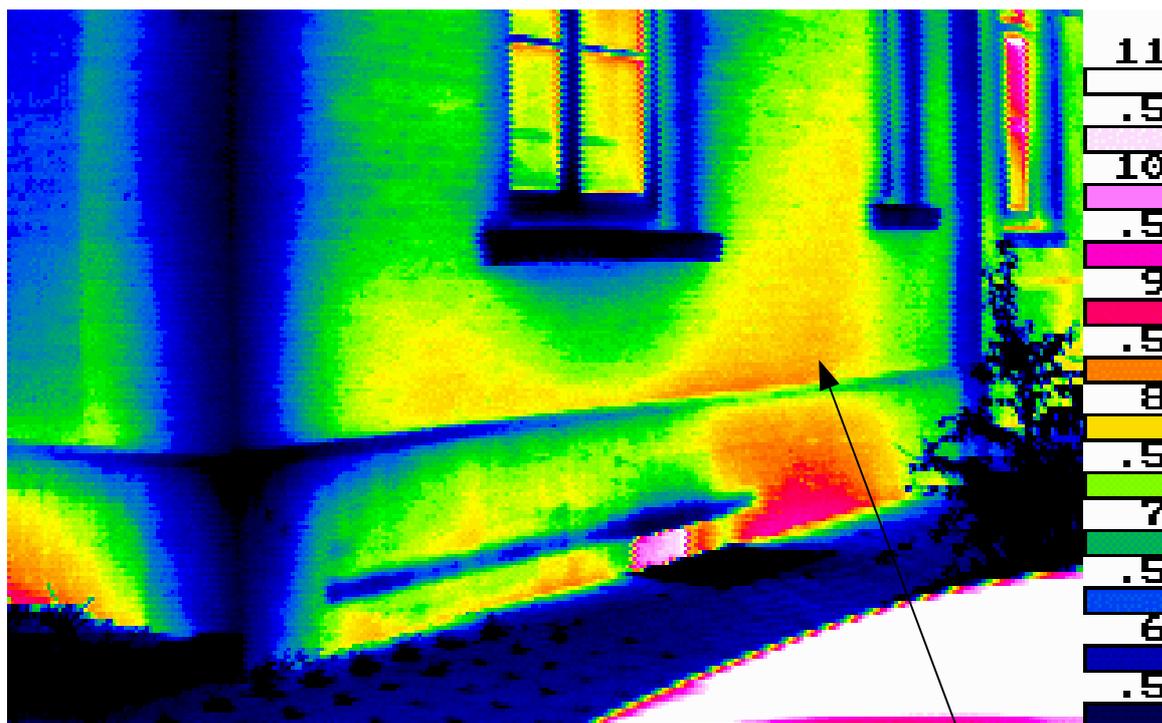
#### Beispiel 1: Aufsteigende Feuchte

Bei dem zu begutachtenden Gebäude handelt es sich um ein 4-geschossiges Wohngebäude aus den 30-er Jahren. Das Ziegelmauerwerk der Außenwände hat eine Stärke von 52 cm. Anfang der 90-er Jahre wurde das Objekt modernisiert. Neben dem Einbau einer zentralen Heizungsanlage wurden die ursprünglich vorhandenen Fenster gegen moderne Holzfenster mit Lippendichtung und Isolierverglasung ausgetauscht. Im ersten Winter nach der Modernisierung trat in der Wohnung im Erdgeschoß Schimmelbildung an den Außenwänden ausgehend vom Fußboden auf.

Infolge der ausgeführten Sanierung und der damit verbundenen Erneuerung des Außenputzes waren die für das Vorhandensein aufsteigender Feuchte typischen Schadensbilder wie z.B. Salzausblühungen nicht zu erkennen, so daß aufgrund des vorhandenen Schimmelbefalls von einem ungünstigen Raumklima bedingt durch unzureichende Beheizung und Belüftung ausgegangen wurde.

Nachdem im Ergebnis einer raumklimatischen Untersuchung ausgeschlossen werden konnte, daß die Ursache der Schimmelbildung ein ungeeignetes Heiz- und Lüftungsverhalten der Bewohner ist, wurde das Objekt auf Wärmebrücken untersucht.

Hierfür wurde die Infrarotthermografie eingesetzt, ein Meßverfahren zur Bestimmung von flächenhaften Temperaturverteilungen bzw. Temperaturprofilen. Die an den Oberflächen gemessenen Temperaturen werden durch unterschiedliche Farben dargestellt. Es lassen sich damit besonders großflächige Objekte in der Gesamtheit gut darstellen. Die thermografische Untersuchung an und in Gebäuden dient in erster Linie der Feststellung von Wärmebrücken an den Außenbauteilen des Bauwerkes, die ein Auskühlen der inneren Oberflächen aufgrund verminderter Wärmedämmung bewirken. Auf der äußeren Bauteiloberfläche sind im Bereich von Wärmebrücken erhöhte Temperaturen nachzuweisen.



*Bild 1: Infrarotthermografie zum Nachweis aufsteigender Feuchte*

In der obigen thermografischen Aufnahme ist ein typischer Temperaturverlauf für die Verminderung der Wärmedämmung der Außenwände des Kellers und des darüber liegenden Erdgeschosses infolge aufsteigender Feuchte festzustellen. Die damit verbundene Auskühlung der inneren Wandoberflächen bei niedrigen Außentemperaturen hat zur Kondenswasserbildung und in der Folge zu dem festgestellten Schimmelbefall in der Wohnung im Erdgeschoß geführt.

Bei der Sanierung des Objektes wurden keine horizontalen oder vertikalen Sperrungen ausgeführt, was aufgrund der Ergebnisse der Infrarotthermografie zum Schutz der Bausubstanz, zur Vermeidung von Feuchteschäden im Wohnbereich und zum Erreichen eines behaglichen Raumklimas notwendig ist. Leider wird in vielen Fällen vor Sanierungen auf entsprechende Voruntersuchungen verzichtet. Die dabei vermeintlich gesparten Kosten werden durch die im Nachhinein sich als notwendig erweisenden Sanierungen um ein Vielfaches überstiegen.

#### Beispiel 2: Hygroskopische Feuchte

In einer Wohnung im Erdgeschoß eines in Blockbauweise aus vorgefertigten Ziegelblöcken errichteten 4-geschossigen Wohngebäudes wiesen die Außenwände im Kinderzimmer und im Schlafzimmer Feuchteerscheinungen auf, die sich in der Art zeigten, daß die Tapete sich löste und Faltenbildung aufwies.

Die Kellerwände des Objektes sind einschichtig aus Normalbeton.

Der Eigentümer des Objektes vermutete das Vorhandensein aufsteigender Feuchte und da die Sanierung des Objektes geplant war, sollte der Nachweis möglicherweise vorhandener aufsteigender Feuchte mittels Bohrkernuntersuchung erbracht werden. Dazu wurden insgesamt vier Bohrkern auf einer Achse angeordnet waren sowohl aus der Kelleraußenwand als auch aus der Wand des darüber liegenden

Kinderzimmers gezogen, an denen eine Feuchte- und Salzanalyse im Labor durchgeführt wurde. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1:

Probennummer	1	2	3	4
Entnahmeort	Außenwand Keller	Außenwand Keller	Außenwand Kinderzimmer	Außenwand Kinderzimmer
Material	Beton	Beton	Ziegel	Mauerwerk + Putz
Höhe in m	1,50	1,80	0,06	1,00
Tiefe in cm	2	4	5	5
Feuchte in %	1,78	2,62	5,47	2,32
Sulfatgehalt in M%	0,14	0,14	0,10	0,40
Nitratgehalt in M%	0,01	0,0	0,0	0,0
Chloridgehalt in M%	0,04	0,04	0,12	0,12
Gesamtsalzgehalt	0,19	0,18	0,22	0,52

Feuchtebelastung:

Nahezu alle Baustoffe besitzen auch in einem trockenen Bauwerk einen bestimmten Gehalt an Wasser, der von den Umgebungsverhältnissen, besonders von der relativen Luftfeuchte abhängt und deshalb nicht konstant ist. Auch die Orientierung der Bauteile und die Nutzung der Räume üben einen Einfluß auf den Feuchtegehalt der Baustoffe aus. Als praktischer Feuchtegehalt wird der Feuchtegehalt eines Baustoffs verstanden, der bei Messungen an genügend ausgetrockneten Bauwerken, die zu einem dauernden Aufenthalt von Menschen dienen, in 90 % aller untersuchten Fälle nicht überschritten wird (Tabelle 2). Baustoffe sind also immer feucht, sie besitzen einen gewissen Feuchtegehalt. Man spricht von einer sogenannten Ausgleichsfeuchte [4.1.].

Tabelle 2:

Stoff	Dichte in g/cm <sup>3</sup>	Praktischer Feuchtegehalt in M%
Beton	1,8 - 2,2	2,5
Hochlochziegel	1,4 - 1,6	1,0 - 2,8
Innenputz	1,4 - 1,6	0,6 - 6,0

Bis auf die Probe 3 (unterer Wandbereich des Kinderzimmers) weisen die Proben einen Feuchtegehalt im Bereich der Ausgleichsfeuchte auf.

Die Probe, die aus der Außenwand des Kinderzimmers unmittelbar oberhalb des Fußbodens entnommen wurde, weist einen erhöhten Feuchtegehalt auf. Zur Klärung der Ursachen des erhöhten Feuchtegehaltes in diesem Bereich ist die Frage der Möglichkeit der aufsteigenden Feuchte aus dem Kellerbereich zu klären.

In zementgebundenen Baustoffen (z.B. Beton) ist aufgrund der sehr kleinen Porenradien des Materials eine nennenswerte aufsteigende Feuchtigkeit aufgrund der nahezu fehlenden kapillaren Sauggeschwindigkeit nicht möglich, so daß aufsteigende Feuchtigkeit in aus Normalbeton bestehenden Kellerwänden unwahrscheinlich ist [4.2.]. Das während der Ortsbesichtigung festgestellte trockene Erscheinungsbild der Kelleraußenwände des Objektes sowie die Messung des Feuchtegehaltes der Betonproben bestätigen die obige Aussage. Aufsteigende Feuchtigkeit ist somit nicht die Ursache der Feuchteschäden in der Wohnung im Erdgeschoß. Somit kommt für den erhöhten Feuchtegehalt die hygroscopische Feuchtaufnahme des Putzes und/oder die Feuchtaufnahme infolge der Feuchtebelastung dieses Wandbereichs durch Kondensfeuchte in Betracht.

Der Gesamtsalzgehalt der untersuchten Proben liegt bei 0,27 M%. Entsprechend dem WTA-Merkblatt 4-5-97 "Beurteilung von Mauerwerk - Mauerwerksdiagnostik" [4.4.] muß von einer hohen Belastung ausgegangen werden.

In den Baumaterialien vorhandene Salze können die in Tabelle 2 angegebene Gleichgewichtsfeuchte entscheidend beeinflussen. Je nach Löslichkeit und Art der Salze besitzen sie eine unterschiedliche Fähigkeit, Feuchtigkeit zu binden. Man nennt diese Eigenschaft Hygroscopizität. Am hygroscopischen sind dabei die besonders löslichen Nitratverbindungen, die bereits bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % beginnen, hygroscopisch Wasser zu ziehen. Es folgen die Chloridverbindungen. Am ungefährlichsten und unkritischsten sind Sulfatsalze [4.2.].

Eine salzhaltige und das heißt, mit hygroscopisch wirkenden Salzen belastete Mauer, kann demnach ein vielfaches an Wasser aus der Umgebungsluft einlagern, als der sogenannten Gleichgewichtsfeuchte oder Sorptionsfeuchte des salzfreien Baustoffs entspricht.

Besonders hoch ist der Gehalt an Sulfaten und Chloriden in den Proben der Außenwand des Kinderzimmers.

Zur Vermeidung von Feuchteschäden im Wohnbereich ist für eine Sanierung aufgrund der nachgewiesenen Salzgehalte der Einsatz von Sanierputzen an den betreffenden inneren Wandoberflächen zu empfehlen. Das Einbringen einer zusätzlichen horizontalen Sperrung ist am Objekt nicht erforderlich.

### **3. Kondenswasser als Schadensursache**

In der Luft ist immer Wasser in Form von unsichtbarem Wasserdampf enthalten. Die Wasserdampfaufnahmefähigkeit der Luft ist abhängig von der Temperatur der Luft. Wird Luft mit einer vorhandenen Wasserdampfmenge abgekühlt, so erhöht sich die relative Luftfeuchtigkeit aufgrund der geringeren Wasserdampfaufnahmefähigkeit. Erfolgt die Abkühlung bis zum Erreichen der relativen Luftfeuchte von 100 %

(maximale Aufnahmemenge der Luft/Sättigung) und darunter, fällt der Wasserdampfanteil, den die abgekühlte Luft nicht mehr aufnehmen kann, in flüssiger Form, es kommt zur Bildung von Tau- oder Kondenswasser. Die Temperatur, bei der die Kondensation einsetzt, nennt man **Taupunkttemperatur**.

Kondenswasser bildet sich im allgemeinen immer dann, wenn eine sich aus dem Verhältnis von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte ergebende Taupunkttemperatur unterschritten ist. Die entsprechenden Werte sind in der DIN 4108, Teil 5 aufgeführt. Die Ursache für das Niederschlagen von Kondenswasser an Wänden ist demnach eine hohe relative Luftfeuchte in Kombination mit niedrigen Raumluft- bzw. Oberflächentemperaturen. Diese Größen wiederum werden von der Raumnutzung, von der Belüftung der Oberflächen, der Lufttemperatur im Zusammenhang mit den Wärmedämmeigenschaften der Bauteile beeinflusst.

Im Zuge eines sensibilisierten Energie- und Umweltbewußtseins und einer nicht zuletzt daraus fortschreitenden Entwicklung der Bautechnik werden neugebaute Häuser ebenso wie bestehender Altbaubestand immer "dichter". Hinzu kommt, daß aus Gründen falsch verstandenen Energiesparens die Heizungen gedrosselt und das Lüften fast ganz eingestellt wird, damit "so wenig wie möglich Heizenergie nach außen gelangt".

Die Folge ist das Auftreten von Feuchteerscheinungen und daraus resultierender Schimmelbildung (auch Stockflecken genannt), vor allem im Bereich der inneren Oberflächen der Außenwände und der daran angrenzenden Wand- und Deckenflächen des Hauses bzw. der Wohnung.

Die Frage nach den Ursachen der Durchfeuchtung der Außenwand von innen läßt sich

- durch eine nicht DIN-entsprechende oder sonst mangelhafte Bausubstanz oder
- durch ein mangelndes oder fehlerhaftes Heizungs- und Lüftungsverhalten oder
- durch beides

erklären.

Das Auftreten von Kondenswasser bewirkt eine Durchfeuchtung der betreffenden inneren Bauteiloberflächen, wodurch in Verbindung mit Tapeten und Anstrichen ein für die Bildung von Schimmel günstiges Mikroklima entsteht. Aus diesem Grund deutet ein Schimmelbefall als Schadensbild in der Regel auf Kondensatbildung hin.

Bei fehlender bzw. ungenügender Wärmedämmung im Bereich der Außenbauteile von Gebäuden kommt es zur Ausbildung von Wärmebrücken. Bei einer Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außentemperatur kommt es an Wärmebrücken zu einem stärkeren Wärmefluß von der warmen Raumseite zur kalten Außenseite als in Bereichen höherer Dämmung. Die Folge ist eine überdurchschnittliche Auskühlung der inneren Oberflächen der Wärmebrücke sowie die Erwärmung der äußeren Bauteiloberflächen in diesem Bereich. Für die zerstörungsfreie Untersuchung der vorhandenen Wärmedämmung eines Objektes und die Lokalisierung von Wärmebrücken eignen sich:

- die Infrarot-Thermografie,
- die Oberflächentemperaturmessung im Vergleich zur Raumtemperatur und
- die k-Wert-Messung.

Um einen ersten Anhaltspunkt für das Vorliegen einer Wärmebrücke zu erhalten, kann die Messung der inneren Oberflächentemperatur im Vergleich zur Raumtemperatur herangezogen werden.

Zum Nachweis ungünstiger klimatischer Bedingungen in Räumen eignet sich die Langzeitmessung (mindestens eine Woche) der Raumtemperatur und der relativen Raumlufffeuchte. Anhand der aufgezeichneten Kurvenverläufe kann eine Aussage über die Beheizung und Belüftung der Räume getroffen werden. Kurzzeitmessungen (z.B. 30 Minuten) dagegen sind für die Beurteilung des Raumklimas ungeeignet, da z.B. eine unmittelbar vor der Messung durchgeführte Lüftung mit weit geöffnetem Fensterflügel die relative Raumlufffeuchte soweit absenken kann, daß selbst bei ansonsten hohen Raumlufffeuchten (> 70 %) für die Zeit der Messung die relative Raumlufffeuchte im normalen Bereich (50 bis 60 %) liegt und die Schadensursache somit nicht nachgewiesen werden kann.

### Beispiel 3: Kondenswasserbildung an einer Wärmebrücke infolge Durchfeuchtung

In einem 1994 fertiggestellten Wohngebäude wurde in einer Wohnung im obersten Geschoß unterhalb des ausgebauten Dachgeschosses Schimmelbildung an der Decke des Wohnzimmers festgestellt. Der Schimmelbefall erstreckte sich ausschließlich an der Decke ausgehend von der Außenwand auf einer Breite von ca. 1,5 m in den Raum hinein. Über dem mit Schimmel befallenen Teil der Decke befindet sich die Terrasse der darüber liegenden Wohnung. Nach Fertigstellung des Neubaus wurden im Bereich der Terrasse Undichtigkeiten festgestellt, die zum Eintritt von Niederschlagsfeuchte in die Decke und zur Ausbildung von Trockenrändern an der Decke führten. Die Terrasse wurde daraufhin abgedichtet und die Decke getrocknet und malermäßig instand gesetzt. In den darauffolgenden zwei Wintern bildet sich Schwarzsimmel an der Decke in dem beschriebenen Ausmaß. Da die Terrasse abgedichtet war und die Feuchteschäden in der unteren Wohnung nicht mit Niederschlägen in Zusammenhang standen, vermutete der Eigentümer als Schadensursache ein ungeeignetes Bewohnerverhalten und daraus resultierend eine zu hohe Raumlufffeuchte bei zu geringer Beheizung.

Zum Nachweis der Schadensursachen wurde eine raumklimatische Messung über den Zeitraum einer Woche durchgeführt, bei der die relative Luftfeuchte, die Raumlufftemperatur, die Oberflächentemperatur an der mit Schimmel befallenen Decke und die Außentemperatur über den Zeitraum einer Woche gemessen und in Intervallen von jeweils 30 min gespeichert wurden.

Die Meßwerte sowie die anhand der klimatischen Bedingungen berechnete Taupunkttemperatur sind in Tabelle 3 zusammengefaßt. Im Ergebnis der Messung wurde ein den allgemeineren Empfehlungen entsprechendes Heiz- und Lüftungsverhalten der Bewohner nachgewiesen.

Der Taupunkt wurde durch die Oberflächentemperatur an der Decke im gesamten Meßzeitraum erreicht bzw. kritisch bis auf 2 K angenähert, so daß Kondensationsbedingungen bestanden, die zum Kondenswasserausfall führen.

Tabelle 3:

Meßwert	Einheit	Maximalwert	Mittelwert	Minimalwert
Außentemperatur $t_a$	°C	4,7	-1,9	-6,8
Raumlufttemperatur $t_i$	°C	24,6	20,3	16,4
relative Feuchte $\phi$	%	61,0	52,7	32,3
absolute Feuchte $f$	g/m <sup>3</sup>	11,8	9,3	4,8
Taupunkttemperatur $t_{\text{tau}}$	°C	13,9	10,2	0,9
Oberflächentemperatur an der Decke $t_{oi \text{ Decke}}$	°C	14,6	13,0	11,1
Differenz zwischen Luft- und Oberflächentemperatur ( $t_i - t_{oi}$ )	K	11,1	7,2	4,5

Die mittlere Differenz zwischen Raumluft- und Oberflächentemperaturen an der Decke des Wohnzimmers von 7,2 K bei Außentemperaturen um den Gefrierpunkt deutet auf das Vorhandensein einer Wärmebrücke im Bereich der Decke hin. Bei Prüfung der Bauunterlagen und der Bauabnahmeprotokolle wurde eine ausreichende Dämmung im Bereich der Terrasse festgestellt. Allerdings wurde nicht beachtet, daß aufgrund der nach Fertigstellung aufgetretenen Durchfeuchtung der Decke die Dämmung ebenfalls durchfeuchtet und somit deren Dämmwirkung deutlich vermindert wurde. Die vorgenommene Trocknung der durchfeuchteten Bereiche erfolgte nur oberflächlich. Die durchfeuchtete Dämmung verblieb in der Decke. Das führt zu der nachgewiesenen überdurchschnittlichen Auskühlung der angrenzenden inneren Bauteile und zu der beschriebenen Schimmelbildung.

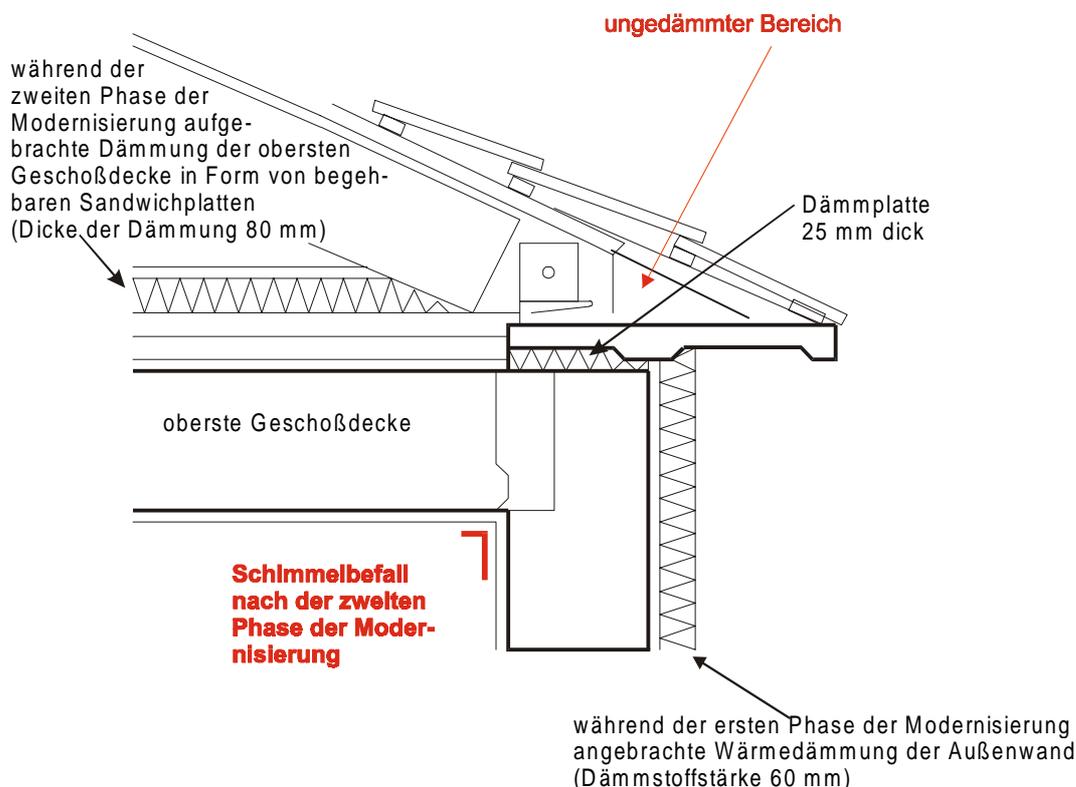
Zur Schadensbeseitigung ist neben der Behandlung und Beseitigung des Schimmelbefalls mit geeigneten Maßnahmen die durchfeuchtete Dämmung zu entfernen und durch trockenes Material zu ersetzen.

#### Beispiel 4: Kondenswasserbildung an einer Wärmebrücke nach Sanierung

Bei dem zu begutachtenden Gebäude handelt es sich um ein 4-geschossiges Wohngebäude in Ziegelbauweise. 1994 wurden die Außenwände mit einer Verbundwärmedämmung versehen, es wurden neue Kunststoffenster mit Isolierverglasung eingebaut und die Heizung modernisiert. Die oberste Geschoßdecke und die Kellerdecke wurden nicht gedämmt. Nach dieser Sanierung traten keine Probleme mit Kondenswasser- und Schimmelbildung auf.

1996 wurde die oberste Geschoßdecke mit sogenannten Sandwichplatten (Kombination aus Dämmstoff und Spanplatte) zur Sicherung der Begehrbarkeit des Trockenbodens gedämmt. Die Dämmstoffstärke beträgt 80 mm (Bild 2). Im ersten Winter nach der Dämmung der obersten Geschoßdecke trat in allen Wohnungen der

obersten Etage Schimmelbildung im Bereich der Deckeneinbindung in die Außenwand auf.



*Bild 2: Schimmelbildung an einer Wärmebrücke*

Dieser Fall ist ein Beispiel dafür, wie sich eine Wärmebrücke bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen auswirken kann. Da die Schimmelbildung nach der zweiten Phase der Dämmung in allen oberen Wohnungen auftrat, insgesamt 8 Wohnungen, und die Mieter nach der ersten Phase der Sanierung keinen Schimmelbefall anzeigten, wurde ein ungeeignetes Heizungs- und Lüftungsverhalten der Bewohner als Schadensursache ausgeschlossen. Mittels Oberflächentemperaturmessung wurden die an den Außenwänden, der Decken und im Bereich des Deckenanschlusses auftretenden Temperaturen gemessen. Die Oberflächentemperaturen im Bereich der Deckeneinbindung lagen bei Außentemperaturen von 5 °C und Raumtemperaturen von 17 °C mit 12 °C ca. 3 K unter den Oberflächentemperaturen an der Decke und den Außenwänden. Der Taupunkt wurde aufgrund der während der Messung herrschenden relativ hohen Außentemperaturen nicht erreicht bzw. kritisch angenähert, jedoch ist anhand der Meßwerte abzuschätzen, daß bei Außentemperaturen unter dem Gefrierpunkt die Gefahr des Kondenswasserausfalls im Bereich der Deckeneinbindung besteht.

Die nachgewiesene Wärmebrücke war bereits vor und nach der ersten Phase der Sanierung vorhanden. Da die oberste Geschoßdecke zu diesem Zeitpunkt noch nicht gedämmt war, lagen deren innere Oberflächentemperaturen nur geringfügig über denen der Deckeneinbindung, das heißt, daß in den Räumen der obersten Etage relativ große Flächen mit im Vergleich zur Außenwand niedrigen Oberflächentemperaturen vorhanden waren. Wenn es nutzungsbedingt in den obersten Wohnungen zu einer Erhöhung der relativen Raumluftfeuchte kam, stand die gesamte Deckenfläche als Kondensationsfläche zur Verfügung. Somit kam es nur zu einer geringen Feuchteansammlung an der Decke, welche mit dem nächsten

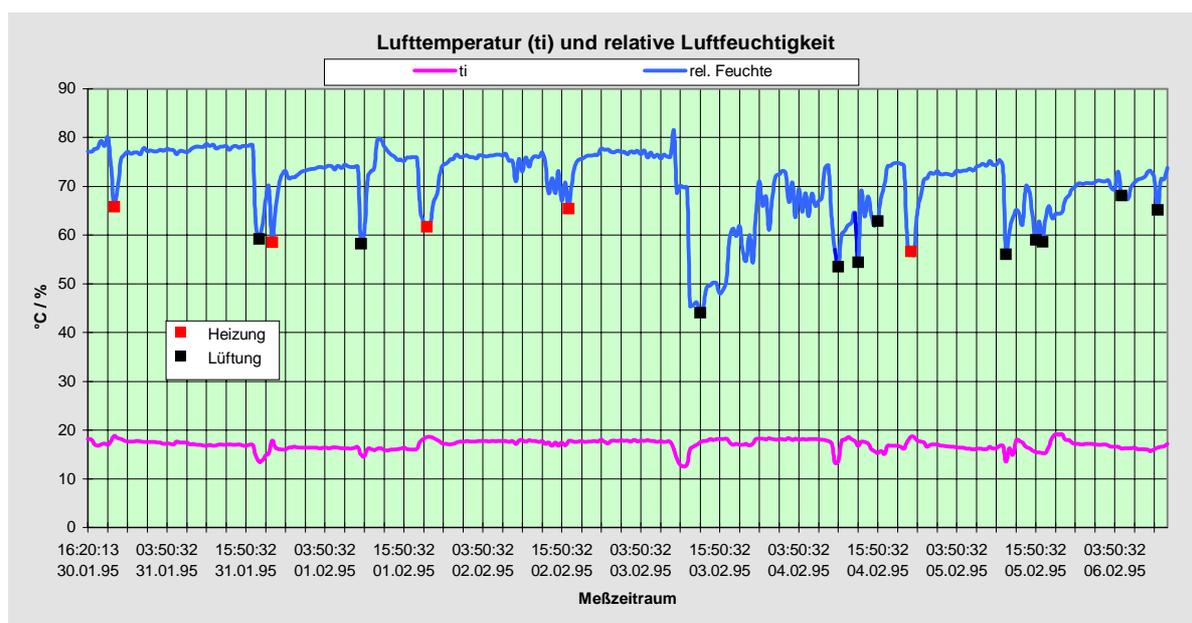
Lüftungsprozeß aufgrund der relativ großen Fläche wieder abgegeben wurde. Die Gefahr der Schimmelbildung infolge längerer Durchfeuchtung bestand nicht. Nach der Dämmung wies die oberste Geschoßdecke höhere Oberflächentemperaturen auf und eine Kondensation von Raumlufffeuchte ist erst bei Werten über 85 % wahrscheinlich. Lediglich im Bereich der Deckeneinbindung waren, wie mittels Messung nachgewiesen, niedrige Oberflächentemperaturen vorhanden und die überschüssige Feuchte kondensierte auf einem flächenmäßig schmalen Bereich, was zur anhaltenden Durchfeuchtung der Tapeten in diesen Bereichen und zur Schimmelbildung führte. Aufgrund der Meßergebnisse ist anzunehmen, daß die laut Typenprojekt vorgeschriebene 25 mm starke Dämmplatte oberhalb des Ringankers nicht eingebaut wurde. Zur Vermeidung weiterer Schimmelbildung ist die Dämmung des Ringankers nach oben erforderlich. In diesem konkreten Fall wurde ein Dämmmaterial in den Bereich eingeblasen.

### Beispiel 5: Kondenswasserbildung infolge ungünstigen Raumklimas

In einer Wohnung in der obersten Etage eines 4-geschossigen Wohngebäudes in Blockbauweise trat an den Außenwänden und der Geschoßdecke Schimmelbildung nach dem Einbau neuer Fenster und einer zentralen Heizungsanlage auf.

Aufgrund des Schadensbildes und des Vorhandenseins von Kondenswasser an den Fensterscheiben in großem Ausmaß wurde als Schadensursache ein ungeeignetes Heiz- und Lüftungsverhalten der Bewohner vermutet. Zum Nachweis wurde eine raumklimatische Untersuchung mit der Messung der Raumtemperatur, der relativen Raumlufffeuchte und der Oberflächentemperatur der Wand im Bereich der Schimmelbildung durchgeführt. Die Oberflächentemperaturen lagen bei Außentemperaturen um den Gefrierpunkt 3 bis 4 K unter der Raumtemperatur. In Anbetracht der Bauweise des Objektes bestätigten die Oberflächentemperaturen die für den Bauzeitraum typische Wärmedämmung der gemessenen Bauteile.

Während der einwöchigen Messung in dem Schlafzimmer der Wohnung wurden Werte für die relative Raumlufffeuchte zwischen 70 % und 80 % gemessen. Diese



**Bild 3: Darstellung der Raumklimamessung zum Nachweis des Heiz- und Lüftungsverhaltens**

Werte liegen deutlich oberhalb der Werte in den Empfehlungen für ein gesundes und behagliches Raumklima [4.5.] und [4.6.]. An den ersten 4 Meßtagen sind lediglich drei Stoßlüftungen mit weit geöffnetem Fenster zu erkennen. An den darauffolgenden 3 Tagen wurde das Schlafzimmer bis zu dreimal täglich mit weit geöffnetem Fenster gelüftet. Anhand der Meßkurven ist zu erkennen, daß nach dem Schließen des Fensters die relative Raumlufftfeuchte schnell wieder auf den Ausgangswert ansteigt. Das ist ein deutliches Anzeichen für eine anhaltende Feuchtebelastung des Meßraumes vor der Messung.

Wenn in einem Raum über längere Zeiträume eine erhöhte Raumlufftfeuchte vorhanden ist, speichern alle Einrichtungsgegenstände sowie die Wände einen höheren Anteil Feuchtigkeit. Wird während der Lüftung feuchte Raumlufft gegen trockene Außenlufft ausgetauscht, wird ein Teil der gespeicherten Feuchte in die trockenere Raumlufft abgegeben, womit die Erhöhung der relativen Feuchte im Schlafzimmer unmittelbar nach der Lüftung zu erklären ist.

In dem Diagramm ist eine Lüftung mit weit geöffnetem Fenster über den Zeitraum von 3 Stunden zu erkennen. Eine derartig lange Lüftung führt zur Auskühlung des Raumes und der Außenbauteile nicht aber, wie häufig angenommen, zu einem weiteren Feuchteabbau. Je nach Außentemperatur sollte für einen einmaligen Luftaustausch das Fenster für 10 bis 20 Minuten geöffnet bleiben.

Bei Fenstern mit Wärmeschutzverglasung gilt folgende Regel für einen einmaligen ausreichenden Luftaustausch: Wird der Fensterflügel bei niedrigen Außentemperaturen geöffnet, bildet sich auf der äußeren Scheibenoberfläche Kondensat. Durch den Austausch der warmen, mit Feuchte angereicherten Raumlufft gegen kältere, trockenere Außenlufft geht das Kondensat auf der äußeren Scheibenoberfläche zurück. Ist es vollständig verschwunden, ist die gesamte Raumlufft gegen Außenlufft ausgetauscht und der Fensterflügel kann geschlossen werden. Eine länger währende Lüftung führt nur zum Auskühlen des Raumes nicht aber zum weiteren Luftaustausch.

Die mittlere Lufttemperatur von 17 °C ist für einen Schlafräum als ausreichend zu werten. Hierbei sollte jedoch beachtet werden, daß bei Räumen mit niedrigeren Raumtemperaturen die Zimmertüren stets geschlossen gehalten werden, um den Feuchteeintrag aus dem wärmeren Teil der Wohnung zu unterbinden.

Zur Vermeidung weiterer Schimmelschäden in dem begutachteten Schlafzimmer ist eine Veränderung der Heizungs- und Lüftungsgewohnheiten der Bewohner erforderlich. Dies bedeutet in der kalten Jahreszeit das täglich mehrmalige Stoßlüften mit weit geöffnetem Fensterflügel bei kontinuierlicher Beheizung aller Wohnräume. Jede Kipplüftung ist in der kalten Jahreszeit zu unterlassen und die Innentüren sind stets geschlossen zu halten. Sobald sich Kondensat auf den Scheiben der Fenster bildet ist das ein Zeichen erhöhter Raumlufftfeuchte und sollte für die Bewohner Anlaß für eine Stoßlüftung sein. Die Absenkung des Niveaus der relativen Raumlufftfeuchte ist ein langwieriger Prozeß und kann selbst bei strikter Einhaltung der Heizungs- und Lüftungsregeln je nach Feuchtebelastung bis zu einem Jahr dauern.

Die Tapeten mit Schimmelbefall sind großflächig zu entfernen und die betreffenden Wandbereiche sind mit fungiziden Mitteln oder mit Essiglösung zu behandeln. Vor einer erneuten malermäßigen Instandsetzung sind die behandelten Bereiche vollständig auszutrocknen.

### Beispiel 6: Kondenswasserbildung infolge ungeeigneter Anordnung der Heizkörper

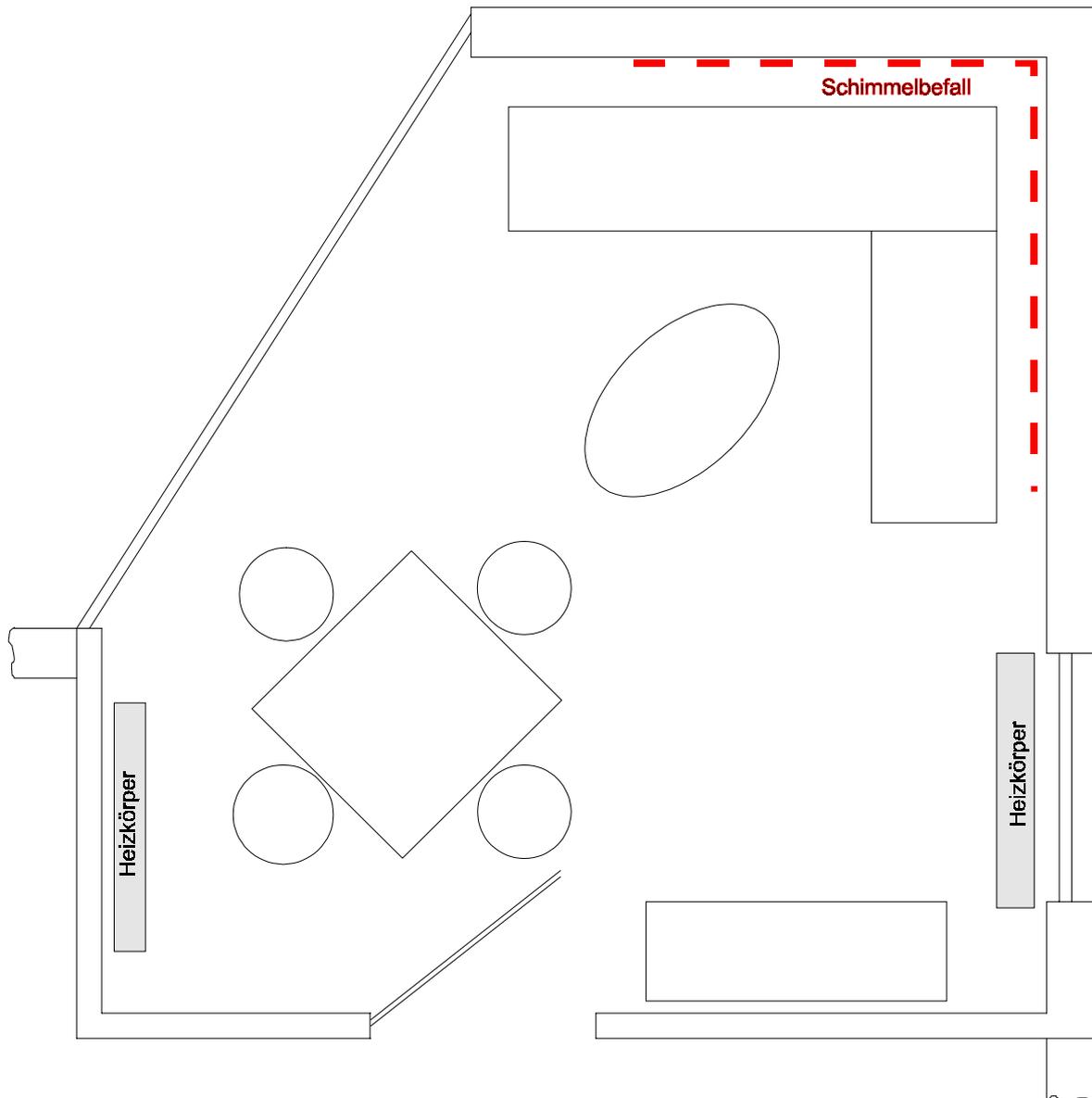
Bei diesem Objekt handelt es sich um einen 1995 fertiggestellten Anbau an ein bestehendes Gebäude. In diesem Anbau entstand pro Etage je eine Wohnung. Die Außenwände bestehen aus Porotonmauerwerk. Die Erdgeschoßzone wurde zurückgesetzt. Die Außenwände der Wohnzimmer der Wohnungen in den Obergeschossen in östlicher und südlicher Richtung stehen auf insgesamt 5 Stahlbetonsäulen, an deren oberen Abschluß umlaufend um die genannten Außenwände ein Stahlbetonringbalken angeordnet ist. Dieser dient als Deckenaufleger und als Unterzug für das aufgehende Mauerwerk.

Der Grundriß des Wohnzimmers im ersten Obergeschoß ist im Bild 4 dargestellt. An den Außenwänden trat im ersten Winter nach der Fertigstellung Schimmelbildung ausgehend vom Fußboden bis in ca. 40 cm Höhe auf. Der Eigentümer vermutete eine unzureichende Dämmung der Betonsäulen und des Ringbalkens in Höhe der Geschoßdecke zwischen dem Erdgeschoß und dem ersten Obergeschoß.

Mittels Infrarotthermografie von außen wurde die Dämmung der Außenwände und Decken untersucht. Dabei wurden keine Wärmebrücken, die eine Kondensatbildung an den inneren Oberflächen der Außenwände bedingen würden, festgestellt.

Im Wohnzimmer im ersten Obergeschoß steht im Abstand von ca. 40 cm eine Couchgarnitur vor den beiden Außenwänden. Die Anordnung der Möbel ist hinsichtlich einer erforderlichen Belüftung der Außenwände als ausreichend zu werten.

Aufgrund der Anordnung der Heizkörper an den gegenüberliegenden Wänden im vorderen Bereich des Wohnzimmers findet die Zirkulation der erwärmten Luft vorrangig in der vorderen Hälfte des Wohnzimmers statt. Die zur Vermeidung von Kondenswasserausfall notwendige Erwärmung der Außenwände wird somit im Bereich der Außenwanddecke nicht erreicht. Im Vergleich zu den baugleichen Wohnungen der oberen Etagen, in deren Wohnzimmern beide Heizkörper an den Außenwänden angebracht waren, wurde festgestellt, daß die inneren Oberflächentemperaturen an den unteren Wandbereichen im Wohnzimmer des ersten Obergeschosses bis zu 5 K niedriger lagen, wodurch selbst bei normalen raumklimatischen Bedingungen und ausreichender Dämmung der Außenbauteile die Gefahr der Kondensatbildung besteht.



*Bild 4: Grundriß des Wohnzimmers im ersten Obergeschoß mit Schimmelbefall im unteren Bereich der Außenwände*

Abhilfe kann in diesem Fall nur durch eine Veränderung der Heizkörperanordnung geschaffen werden, wobei ein zusätzlicher Heizkörper an der Außenwand rechts neben dem Terrassenfenster angebracht werden muß. Zur Gewährleistung der Zirkulation der erwärmten Luft im Bereich der Außenecke ist eine Zirkulationsleitung zwischen den beiden Heizkörpern an den Außenwänden einzubauen.

#### **4. Literatur**

- [4.1.] L. Goretzki: Was bedeutet "feucht" ? , baustanz 2/97, S. 42
- [4.2.] H. Weber: Instandsetzung von feuchte- und salzgeschädigtem Mauerwerk, expert verlag, Renningen-Malmsheim, 1998
- [4.3.] WTA-Merkblatt 2-2-91, Sanierputzsysteme
- [4.4.] WTA-Merkblatt 4-5-97, Beurteilung von Mauerwerk - Mauerwerksdiagnostik
- [4.5.] Bieberstein: "Schimmelpilze in Wohnräumen – was tun ?", alpha & omega Verlag Stuttgart 1995
- [4.6.] Merkblatt des Gesamtverbandes der Wohnungswirtschaft e.V. "Richtig heizen und lüften", Harmonia-Verlag GmbH, 1985