

Verhütung von Feuchtigkeitsschäden an Wand-Innendecken

Autor(en): **Bangerter, Heinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 36

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74546>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Verhütung von Feuchtigkeitsschäden an Wand-Innendecken

Von Heinz Bangerter, Zürich

Die Entstehung von Feuchtigkeitsschäden an Wand-Innendecken ist zwar ein langbekanntes Übel; sie ist im Zusammenwirken von baulichen und verhaltensmässigen Komponenten begründet. Besondere Aktualität erlangt das Problem aber dadurch, dass gerade bei schlecht isolierten Bauten – welche häufig aus Behaglichkeitsgründen mit übersetzter Raumtemperatur betrieben werden (müssen) – durch Raumtemperaturabsenkung und Fugendichten möglichst grosse und «billige» Energieeinsparungen angestrebt werden, womit aber das labile bauphysikalische Gleichgewicht entscheidend gestört werden kann. Aus dieser Sicht muss auch vor einer Einführung der individuellen Heizkostenerfassung und -abrechnung bei Altbauten gewarnt werden – wird diese «Motivationshilfe» zum Energiesparen nicht auch durch bauliche Sanierungen der Gebäudehülle begleitet.

Die bekannte Erscheinung allmählich oder plötzlich auftretender *Feuchtigkeitsschäden* und *Schimmelpilzbildungen* an Wand-Innendecken ist als Baumangel aus ästhetischen und besonders aus hygienischen Gründen zu beanstanden. Ausserdem ist er besonders in Mehrfamilienhäusern häufig Anlass für dauernde *Streitereien* zwischen Wohnungsmieter und Hauseigentümer bzw. Verwalter. So wird der *Hauseigentümer* dem Mieter mangelndes Lüften und daraus allgemein ein unordentliches Wohnverhalten vorwerfen, das zu den festgestellten Feuchtigkeitsschäden und Schimmelpilzen an gewissen Wandpartien geführt habe; er wird als «Beweis» stets einen Wohnungsnachbarn finden, bei dem die fraglichen Schäden nicht oder bloss in sehr reduziertem Rahmen aufgetreten sind. Der *Mieter* dagegen wird sich darauf berufen, dass «alles Lüften bisher nichts genützt habe, dass es im Übrigen im fraglichen Zimmer schon ohne Lüften kühl und unbehaglich sei und dass die Feuchtigkeitsschäden – wie man hört – vor allem auf eine schlechte Isolation zurückzuführen seien».

Um die Frage der *Verantwortlichkeiten* zu beleuchten, besonders aber um den bestehenden Schäden wirksam zu begegnen und neue zu verhüten, müssen die entsprechenden physikalischen Zusammenhänge bekannt sein.

Physikalische Zusammenhänge

Allgemein

Bild 1 zeigt sehr schematisch vier der fünf massgebenden Einflussfaktoren, die für das Eintreten oder Nichteintreten der zur Diskussion stehenden Feuchtigkeitsschäden verantwortlich sind:

– Der Wärmedurchlasswiderstand der ebenen Wand (WDW_{ew})

- Das vorhandene Temperaturniveau im betrachteten Innenraum (θ_i)
- Der relative Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft (RF_i)
- Das Temperaturgefälle «Raumlufttemperatur–Aussenklima» (Δt) und aus Punkt 2 und 3 zusammen:
- Der absolute Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft.

Wärmedurchlasswiderstand

Der Wärmedurchlasswiderstand (WDW) der Wand ist eine rein bautechnische Kenngrösse, die vom Mieter einer Wohnung nicht beeinflusst werden kann; ganz allgemein gilt: Je grösser der WDW, desto kleiner ist nicht bloss der spezifische Wärmeverlust durch diese Wand, sondern desto kleiner ist auch die Gefahr von Feuchtigkeitsschäden; auf diesen Zusammenhang wird später noch eingetreten.

Vorhandenes Temperaturniveau

Eine ansteigende Temperatur im betrachteten Raum führt bei konstant gehaltener Aussentemperatur und einer schlecht isolierten Wand (kleiner WDW) zu einer relativ kleinen, bei einer gut isolierten Wand dagegen bloss zu einer relativ grossen Erhöhung der Oberflächentemperatur auf der Innenseite der betrachteten Fassade; bei einer allfälligen Raumtemperatur-Absenkung gilt dasselbe natürlich sinngemäss. Eine höhere Wandoberflächentemperatur wirkt sich bei der Schadenverhütung in jedem Falle günstig aus; sie kann aber vom Mieter nur über eine energetisch und physiologisch unerwünschte «Raum-Überheizung» erreicht werden.

Relative Feuchtigkeit

Ein ansteigender relativer Feuchtigkeitsgehalt (innen) wirkt sich – auch bei konstant gehaltener Raumlufttempera-

tur – ungünstig auf die Schadenverhütung aus. Ebenso wirkt sich ein konstanter relativer Feuchtigkeitsgehalt – bezogen auf ansteigende Raumtemperatur – ungünstig aus (→ grösserer absoluter Feuchtigkeitsgehalt).

Der Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft wird während der Heizperiode durch das *Verhalten des Bewohners* beeinflusst (Wasserdampfabgabe ~ 50 g/h Person, Bepflanzung, Luftbefeuchter, Anzahl Luftwechsel/h, Kochen, Baden, Duschen), ist aber auch abhängig vom «*baulich bedingten Lüften*» (→ natürliche Luftwechsel durch Fugen bei Fenstern, Türen, Cheminée-Klappen, usw.).

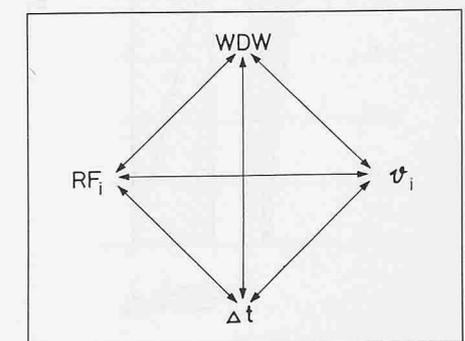
Temperaturgefälle

Ein zunehmendes Temperaturgefälle wirkt sich bei konstant gehaltener Aussentemperatur günstig aus (Anstieg der Raumlufttemperatur) – allerdings nur dann, wenn nicht gleichzeitig auch die absolute Raumfeuchte ansteigt. Entsteht jedoch ein zunehmendes Temperaturgefälle aus konstant gehaltenem Innenklima und weiter absinkender Aussentemperatur, so tritt in jedem Falle eine Verschlechterung der Verhältnisse an der Wandoberfläche ein.

Absoluter Feuchtigkeitsgehalt

Massgebend für Schadenentstehung ist neben der Wandoberflächentemperatur vor allem die vorhandene absolute Feuchtigkeitsmenge je Kubikmeter Raumluft: Die je nach Temperaturgefälle und Wärmedurchlasswiderstand um mehrere Grad Celsius oder Kelvin kühlere Luft an der Wandoberfläche kann bloss ein kleineres Maximum an Wasser in Dampfform aufnehmen als die wärmere Raumluft. Die maximal möglichen 100% relative Luftfeuchtigkeit, die zu Tauwasser-Ausscheidungen führen, werden an der Wandoberfläche je nach ansteigendem absolutem Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft und je nach Temperaturdifferenz «Raumluft–Wandoberfläche» früher oder später erreicht.

Bild 1. Abhängigkeiten



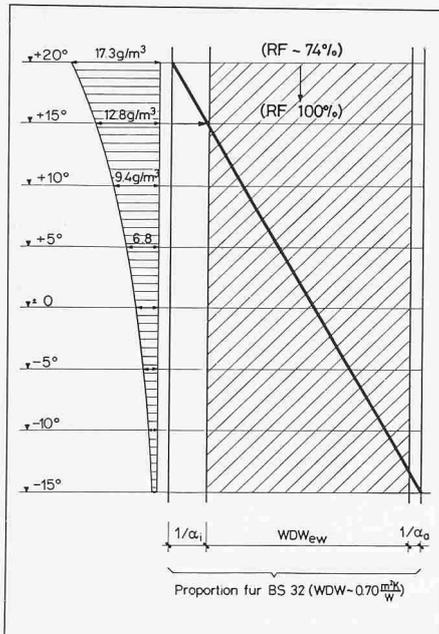


Bild 2. Temperaturverlauf durch ebene Wand

Verhältnisse an der ebenen Wand

Bild 2 zeigt den Temperaturverlauf durch eine ebene, homogene Backsteinwand $d = 32 \text{ cm}$ für ein willkürlich gewähltes Temperaturgefälle $\theta_i/\theta_a = +20/-15^\circ\text{C}$.

Entsprechend und proportional den drei «Isolationsschichten»:

- Wärmeübergangswiderstand (innen) $1/\alpha_i \sim 0,125 [\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$
- WDW-Backsteinwand $\sim 0,70 [\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$
- Wärmeübergangswiderstand (ausser) $1/\alpha_a \sim 0,043 [\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$

erfolgt auch der Temperaturabfall «innen-aussen»; er beträgt vom Rauminnen bis an die Wandoberfläche etwa $1/3$ oder 14%, entsprechend etwa $+15^\circ\text{C}$ Oberflächentemperatur.

Während die Raumluft bei $+20^\circ\text{C}$ max. etwa $17,3 \text{ g/m}^3$ Wasser in Dampf-form aufnehmen kann, sind es bei $+15^\circ\text{C}$ nur noch $12,8 \text{ g/m}^3$, d.h. $\sim 74\%$. Betrüge also im vorliegenden Beispiel die relative Feuchtigkeit der Raumluft $RF_i \geq 74\%$, so wäre selbst an der ebenen Wandoberfläche mit Schwitzwasser zu rechnen.

Obleich dieses zu reinen Anschauungszwecken gewählte Beispiel mit -15°C Aussentemperatur nicht sehr repräsentativ für schweizerische Mittelland-Verhältnisse ist, lohnt es sich, mit den gewählten Klimadaten eine nähere Untersuchung der Wandecke vorzunehmen.

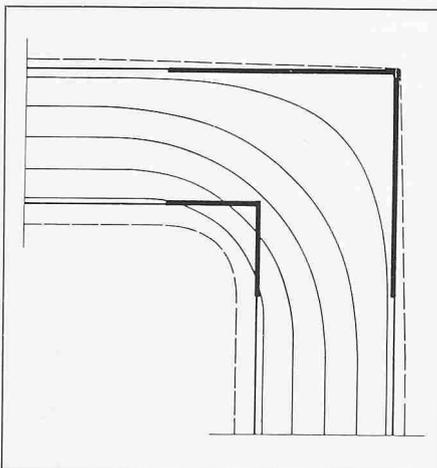


Bild 3. Isothermen in Wandecke

Verhältnisse in der Wandecke

Aus Bild 3 geht einleuchtend hervor, dass im Eckbereich einer Wand – bedingt durch die nur kleine «Warmfläche» (innen), der eine grosse «Kaltfläche» (ausser) zugeordnet ist – eine erhebliche Auskühlung der Ecke gegenüber der ebenen Wand erfolgt.

Für die Feuchtigkeitsnachweise in Wandecken wird diesem Umstand durch eine Reduktion des Wärmedurchlasswiderstandes (WDW_{ew}) der ebenen Wand Rechnung getragen. Für homogene Ecken kann dabei mit genügender Genauigkeit angenommen werden, dass die beiden Widerstandswerte $WDW_{Ecke} + 1/\alpha_a$ zusammen etwa $42 \div 45\%$ des Wärmedurchlasswiderstandes WDW_{ew} der ebenen Wand betragen.

Selbst dann, wenn der Wärmeübergangswiderstand $1/\alpha_i$ in der Ecke als gleich gross wie an der ebenen Wand angenommen wird – in Wirklichkeit kann er infolge reduzierter Konvektion durchaus grösser werden –, wird dieser durch die Verkleinerung der beiden üb-

rigen Widerstände *anteilmässig* wesentlich grösser und bewirkt damit einen entsprechend grösseren prozentualen Temperaturabfall zwischen Raumtemperatur und Wandoberfläche als im ebenen Fassadenbereich.

Bezogen auf unser vorheriges Beispiel ergibt sich nun gemäss Bild 4 ein Temperaturabfall von $\eta = 0,33 \triangleq 33\%$.

Dieser Abfall gilt beim vorhandenen Mauerwerk und mit $\alpha_i = 8 [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$ für alle beliebigen «Temperaturdifferenzen innen-aussen».

Der Zusammenhang kann auch algebraisch dargestellt werden:

$$\eta_{L,k} \equiv \frac{1}{1 + 2,9 \cdot WDW_{ew}} \quad (-)$$

bzw.

$$WDW_{ew} \equiv \frac{1 - \eta_{L,k}}{2,9 \cdot \eta_{L,k}} [\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$$

Die 33% Temperaturabfall bewirken nun aber, dass in unserem Fall in der Ecke eine Oberflächentemperatur von bloss etwa $8,5^\circ\text{C}$ herrscht, und dass damit der Taupunkt der Raumluft bei einer relativen Feuchte von etwa 46%, entsprechend 8 g/m^3 erreicht wird. Damit wiederum ist klar ersichtlich, dass sich ein möglicher Feuchtigkeitsschaden in den meisten Fällen zuerst in der Wandecke einstellen wird.

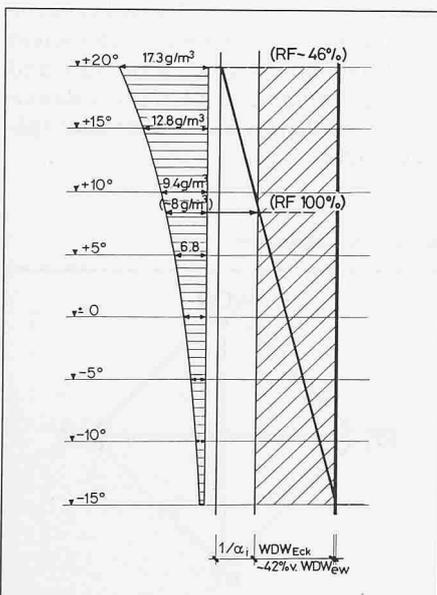
Aktuelle Problematik

Nun wird man entgegenhalten, die geschilderten Verhältnisse seien in der Praxis nicht dermassen kritisch wie eben skizziert, schliesslich seien unzählige Quadratmeter Backsteinfassade $d = 32 \text{ cm}$ ohne diesbezügliche Schäden bekannt und «in Betrieb». Dieser Einwand könnte mit den folgenden Argumenten untermauert werden:

- Abgesehen von wenigen Tagen mit extremem Aussenklima beträgt das Jahresmittel im Mittelland während der gesamten Heizperiode etwa $+4^\circ\text{C}$ und nicht -15°C !
- Bei effektiv -15°C Aussentemperatur wird eine relative Raumfeuchte von $45 \div 50\%$ kaum je überschritten; dafür sorgen allein schon die natürlichen Luftwechsel durch undichte Tür- und Fensterfugen.
- Schlecht isolierte Gebäude werden allein schon aus Gründen der Behaglichkeit auf über $+20^\circ\text{C}$ Raumtemperatur beheizt und weisen deshalb auch höhere Wandektemperaturen auf als oben dargestellt!

All diese Argumente tragen tatsächlich dazu bei, dass sich viele Wand-Innencken gerade noch in einem labilen bauphysikalischen Gleichgewicht befinden

Bild 4. Temperaturverlauf durch Wandecke



Varianten		1	2	3	4	5	6		
Merkmale									
A	Beweggrund, Motiv	Ressourcen	Versorgungssicherheit	Rendite N-K-Denken	Komfort	Bausubstanz			
B	Initiator	Eigentümer	Verwalter	Mieter	Andere			E-Berater (Stabsstelle)	
C	Gebäudetyp	EFH	MFH	Siedlung	Geschäfts- + Verwalt.-bauten	Industriebauten	Sonderbauwerke		
D	Bereich	Verhalten + Organisation	Hülle	Heizung + Installation					
E	Massnahme	Verbrauchsreduktion	Verlustreduktion durch Z+	Reduktion d. Leitungs- u. Fugen-Verluste	Mehrfachnutzung durch WK. Kopplung	Mehrfachnutzung durch Rückgewinnung	Substitution		
F	Mittel	Geld	Einsicht	Vorschriften	Sach- + Fachwissen	Erhebung „Ist“	Massnahmenplanung	Projektdefinition	Sanierung
G	± Konsequenzen für	Eigentümer	Verwaltung Treuhändler	Mieter	Andere	Grobanalyse Vergleiche Sparpot.	Massnahmenkatalog Kosten + Prioritäten	Zielsetzung Absichtserklärung	Detailprojekt Ausführung Begleitung
Legende Zuständigkeiten:						Feinanalyse E-Bilanz	Sanierungskonzept ± Konsequenzen für		E-Kontrolle

Bild 5. Merkmale wärmetechnischer Gebäudesanierungen

- weshalb also der Untertitel «aktuelle Problematik»?

Bild 5 zeigt anhand eines morphologischen Kastens die Merkmale und das zweckmässige Vorgehen bei wärmetechnischen Gebäudesanierungen, wofür sich verschiedene Berufsverbände im Rahmen der «Weiterbildungskurse des Impulsprogrammes im Auftrag des Bundesamtes für Konjunkturfragen» engagiert haben.

In der Darstellung des Planungsablaufs, der möglichen Motive, Massnahmen, Mittel usw. interessieren uns im Moment bloss die Aktivitäten, die vom Mieter eines Mehrfamilienhauses aus eigener Initiative - eventuell auch ausgelöst durch die Einführung der individuellen Heizkostenabrechnung! - realisiert werden können.

Es sind dies im Prinzip die drei Massnahmen:

- Verbrauchsreduktion = Raumtemperaturabsenkung,
- «vernünftiges» = reduziertes Lüften,
- Dichten von Tür- und Fensterfugen = ebenfalls reduzierte Luftwechsel.

Annahme:
 Backsteinwand $d = 32$, $\eta_{Eck} \sim 0,33 \triangleq 33\%$ (Temperaturabfall)
 Fall 1: tags $22,5^\circ\text{C} / 60\%$ RF (Wohn-Schlafzimmer)
 Fall 2: nachts $+17,5^\circ\text{C} / 60\%$ RF «dank» offenem Fenster und entsprechendem Luftaustausch

Beispiel

Mit der Durchführung dieser Massnahmen werden nun aber zwei der drei obengenannten Argumente für ein «bauphysikalisches Gleichgewicht» entkräftet:

- kältere Wandoberfläche durch Absenkung,
- höhere Raumluftfeuchte durch reduzierte Luftwechsel.

Das verbleibende, dritte Argument - höhere Aussentemperatur als angenommen - ist leider insofern nicht stichhaltig, als besonders bei Papiertapeten, die mit einem organischen Klebstoff aufgezogen werden, schon bei $80 \div 90\%$ relativer Wandeck-Feuchte Schimmelpilzbildungen auftreten können. Wie nachstehend zu sehen sein

wird, werden aber 90% Eckfeuchte schon bei einer wesentlich höheren Aussentemperatur erreicht als der, die zu 100% Eckfeuchte führt.

Wie sich die vom Mieter realisierbaren Energiesparmassnahmen auf ein schlecht isolierendes, aber bisher gerade noch intaktes Mauerwerk auswirken können, soll an einem realistischen Beispiel dargestellt werden.

Durch Einführung der individuellen Heizkostenabrechnung öffnet nun der Mieter sein Fenster nachts nicht mehr, sondern reduziert die Raumlufttemperatur am Radiator-Knopf auf Fall 3: $+17,5^\circ\text{C} / 82\%$ RF. Die 82% relative Luftfeuchte entstehen allein durch die Absenkung ohne Luftaustausch; ein zu-

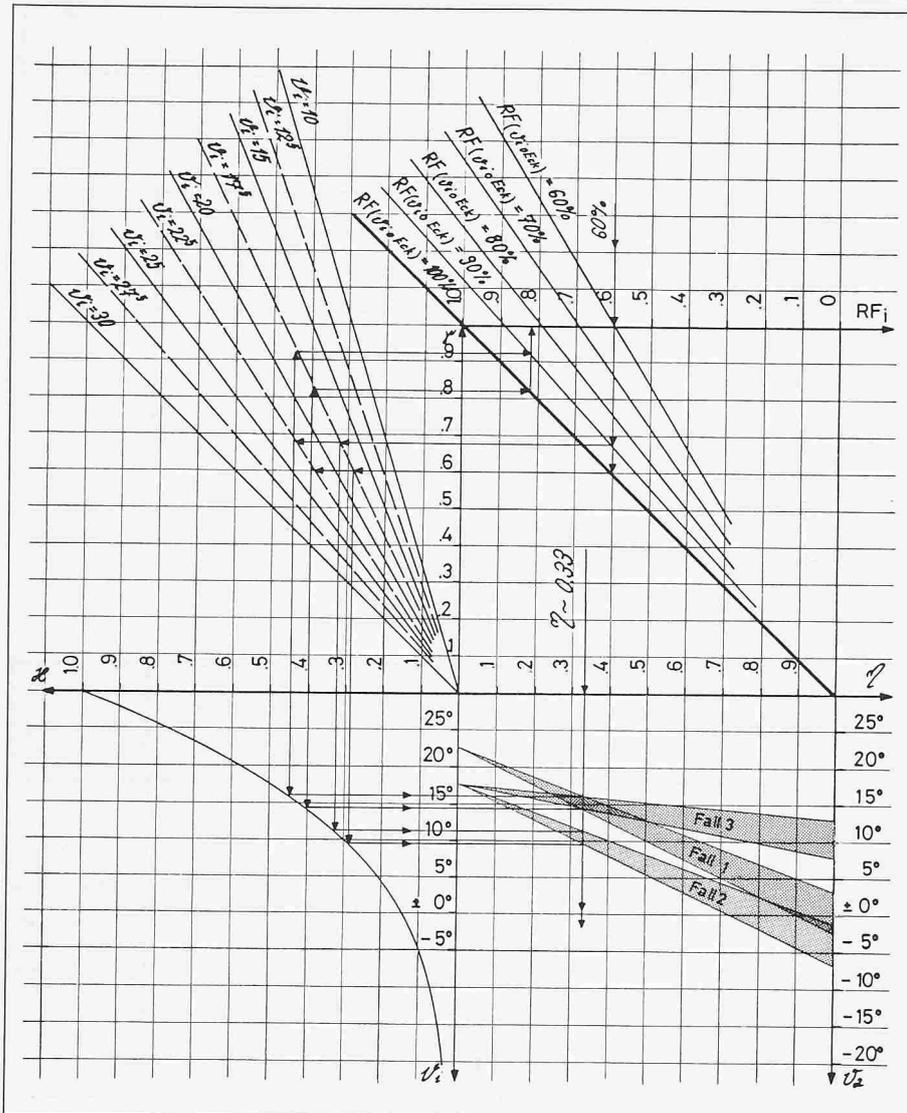


Bild 6. Nomogramm für homogene Wände

sätzlicher Anstieg durch allfälliges Fugendichten zur weiteren Energieeinsparung würde sich auch im Fall 1 niederschlagen und wird hier nicht berücksichtigt.

Im Nomogramm (Bild 6), das übrigens in absehbarer Zeit über die Schweiz Zentralstelle für Baurationalisierung (CRB) bezogen werden kann, werden die gerade noch «zulässigen» Aussentemperaturen bestimmt, bei denen in den drei Fällen 90% bzw. 100% relative Wandeck-Feuchte erreicht werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 enthalten.

Tabelle 1. «Zulässige» Aussentemperaturen in bezug auf relative Wandeck-Feuchte

RF _{teck}	Fall 1	Fall 2	Fall 3
90%	+3.0 °C	-1.4 °C	+13.0 °C
100%	-1.8 °C	-5.9 °C	+ 8.2 °C

Durch das energetisch geschickte Verhalten des Mieters nach Fall 3 entstehen jedoch ganz offensichtliche bauphysikalische Risiken, indem nunmehr bei wesentlich höheren Aussentempe-

raturen, nämlich schon bei der Heizgrenze, Wandeck-Feuchten von über 90% auftreten! Allerdings muss hier mit Nachdruck betont werden, dass bei der schlecht isolierten Fassade so oder so eine latente Gefährdung gegeben ist und dass hier ein Schaden durch ein ansich berechtigtes und vernünftiges Verhalten ausgelöst wird.

Spezielle Gesichtspunkte

Neben dem Umstand, dass bei ungegeschickter Möblierung, bei durchgehenden Betondecken (Wärmebrücken) und bei mehrschichtigen Wandkonstruktionen gewisse Spezialprobleme auftreten können, die hier aber nicht diskutiert werden sollen, sind zwei weitere, besondere Aspekte von Bedeutung:

Isolation der obersten Wohngeschossdecke

In neuerer Zeit haben Maler und Gipser damit begonnen, die obersten

Wohngeschossdecken zur Energieeinsparung oder auch nur aus ästhetischen Gründen im Auftrag der Hausverwalter oder der Mieter mit Wärmedämmplatten aus Polystyrol zu versehen.

Mit Blick auf den bestehenden Flachdachaufbau kann dazu gesagt werden, dass hier, keine unzulässige Taupunktverschiebung stattfindet, solange der Isolationswert der neuen Platten nicht grösser wird als die Hälfte des Wärmedurchgangswiderstandes der bisherigen Flachdachkonstruktion.

Diese maximal zulässige, fünfzigprozentige Verbesserung führt jedoch zu einer gewissen Auskühlung der bisher relativ warmen Betondecke. Dies hat wiederum zur Folge, dass im Wandbereich unmittelbar unter den applizierten Polystyrolplatten ein grösserer Wärmeabfluss von der Wandecke in die Betondecke und damit eine zusätzliche Reduktion der Wandeck-Temperatur erfolgt. Es wäre also nicht allzu überraschend, wenn nach der gutgemeinten Decken-Innenisolation in der Wandecke plötzlich Schimmelpilzbildungen auftreten würden!

Wand-Innenisolation in auskragendem Erdgeschoss

Auch hier wird eine Domäne des Malers/Gipsers tangiert, indem heute häufig mittels Polystyrol-Gipskartonplatten innenseitige Fassaden-Isolationen vorgenommen werden.

Trotz bauphysikalischem Nachweis für die derart sanierte Fassadenpartie können im Nachbarbereich gewisse Bauschäden auftreten, denn im Prinzip spielt sich bei dieser Applikation derselbe Vorgang ab wie im Wandeck-Bereich des innenseitig isolierten Flachdachs:

Durch die innenseitige Abdeckung der Fassadenwände wird speziell einem frei auskragenden und unterseitig dem Aussenklima ausgesetzten Boden im Eckbereich zusätzlich Wärme entzogen, so dass sich hier über ein örtliches Kältegefühl hinaus innert kurzer Zeit auch gewisse Feuchtigkeitsschäden (feuchter Spannteppich, graues Parkett, usw.) einstellen können!

Nach einem Vortrag, gehalten an der Generalversammlung der CRB am 24. Juni 1981 in Luzern

Adresse des Verfassers: H. Bangarter, Ing. SIA, c/o Weder+Bangarter AG, Ing.-Büro für Hoch- u. Tiefbau, Abdichtungstechnik, Energieberatung, Waffenplatzstr. 63, 8002 Zürich.