Ursachen von Schimmelwachstum und Sanierung von Schimmelpilzschäden – Betrachtungen zum Baukörper

- Handlungsempfehlung des Umweltbundesamtes

Dipl.-Ing. Silke Sous, AIBAU Aachen

Vorkommen von Schimmelpilzen

„Schimmelpilze kommen in der Umwelt des Menschen weit verbreitet vor.

Es gibt über 100.000 Schimmelpilzarten.

Sie haben in der Natur die Aufgabe, organische Substanz abzubauen und in Form von Erdboden den Pflanzen als Nährstoffquelle zugänglich zu machen...“

[Schimmelpilzleitfaden des LGA-BW, 2001]

Gesundheitliche Folgen von Schimmelpilzen

„... Der Mensch ist deshalb an ein Vorkommen von Schimmelpilzen in seiner Umgebung angepasst und weist gegenüber Schimmelpilzen eine hohe natürliche Resistenz auf.

Er reagiert folglich nur selten mit Krankheitssymptomen auf eine Schimmelpilzexposition.“

[Schimmelpilzleitfaden des LGA-BW, 2001]

Gesundheitliche Folgen von Schimm n

„Klinisch relevante Infektionen a
Weg sind denkbar, wenn si
exposition quantitativ o ***von***
der Hintergrundex ***eidet oder***
der Mensch in ***gkeit stark***
geschwäch

Aller *f Schimmelpilze wie*
a *n, allergische Bindehaut-*
gisches Asthma o.ä...sind auch
ndexposition möglich.“

[Sch nzleitfaden des LGA-BW, 2001]

Aber: Es gibt keine belastbaren Erkenntnisse einer Expositions-Wirkungsbeziehung zwischen Schimmel in Innenräumen und einer gesundheitlichen Wirkung!

Schimmelpilze sind für den Kreislauf der Natur unverzichtbar!

Schlussfolgerung der Leitfäden

„Schimmelpilzwachstum im Innenraum stellt ein hygienisches Problem dar, das aus Vorsorgegründen nicht toleriert werden kann.

Bei nachweislichem Schimmelpilzwachstum im Innenraum müssen fachgerechte Sanierungsmaßnahmen zur Beseitigung der Schimmelpilze durchgeführt werden.“

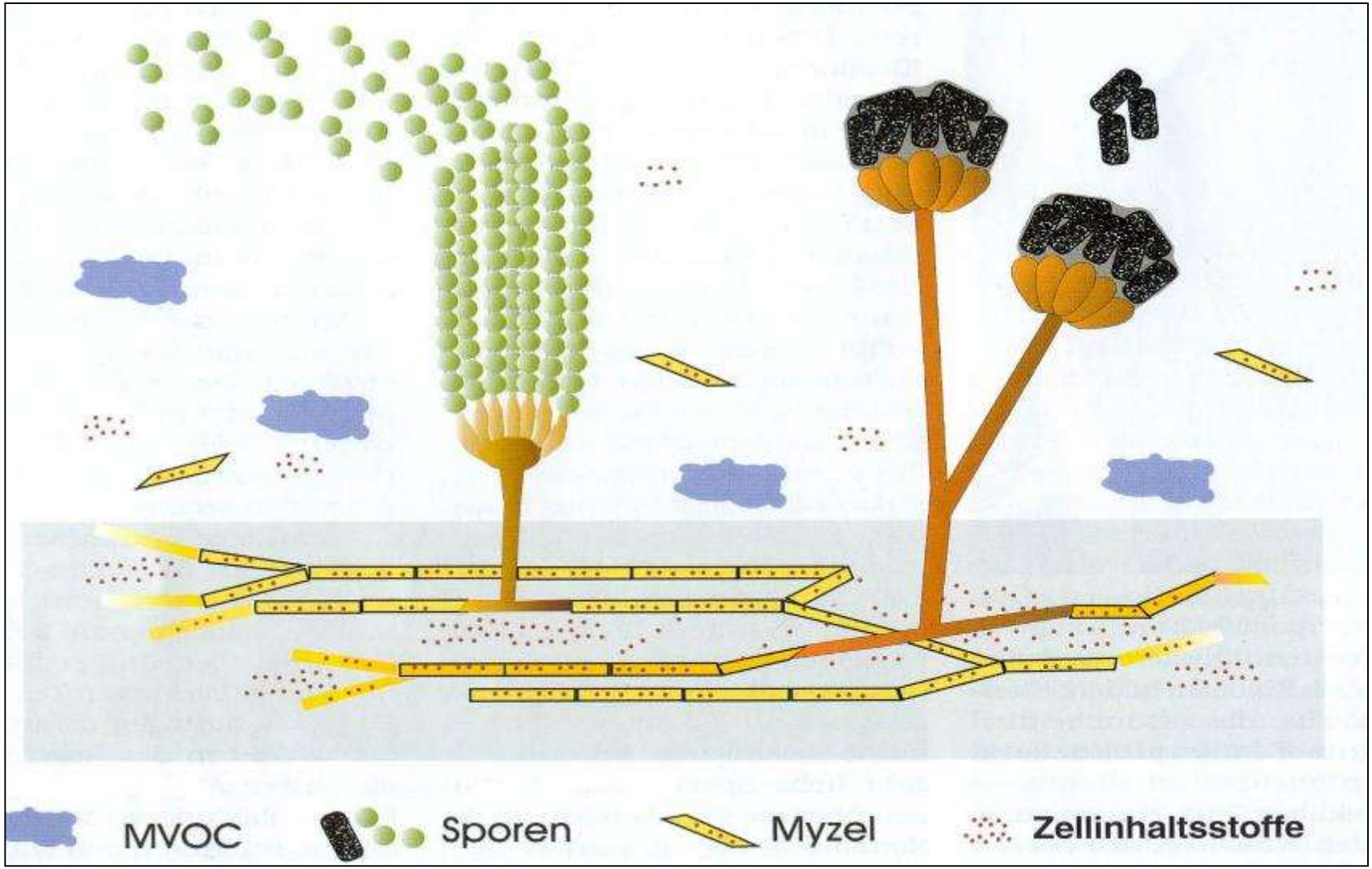
[UBA, 2005]

Schlussfolgerungen der Leitfäden

„... Eine Beseitigung des Schimmelpilzbefalls hat aber nur dann Sinn, wenn zuvor die Ursachen erklärt werden.

Ohne diese Klärung und die Behebung der Ursachen, die zu einem Wachstum geführt haben, ist ein erneuter Befall vorprogrammiert.“

Wachstumsbedingungen von Schimmel



Microbial Volatile Organic Compouds

(Trautmann)

Feuchte

Die Schimmelpilze benötigen für die Sporenkeimung, das Myzelwachstum und die Sporenbildung Feuchte. Die meisten Hausschimmelpilze haben ihre Wachstumsgrenze bei 80 bis 85% relativer Feuchte und ihr Optimum bei 90 bis 98 % relativer Feuchte.

größen

Nährstoff	Sauerstoff	Licht
Die Nährstoffansprüche der Schimmelpilze sind so minimal, daß dem Hausschimmel meist schon der unvermeidliche, dort zuliegende Staub in den Wohnräumen für die Ernährung ausreicht.	Die Hausschimmelpilze stellen geringere Ansprüche an den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre als der Mensch.	Für das Wachstum der Hausschimmelpilze ist Licht nicht erforderlich.

melpilze [nach Erhorn]

Wachstumsbedingungen von Schimmel

Einflussgrößen	Parameter	Einheit	Wachstums-bereich		Bemerkungen
			minimal	maximal	
Temperatur	Temperatur an der Bauteiloberfläche	°C	-8	60	hängt von der Pilzart und dem Lebens-stadium (Sporenkeimung oder Myzel-wachstum) ab.
Feuchte	relative Feuchte an der Bauteiloberfläche	%	70 [1]	100	
Substrat	Nährstoffe und Salzgehalt	–	–	–	auch in Staubablagerungen können Nährstoffe gefunden werden.
Milieu	pH-Wert der Oberfläche	–	2	11	[2]
Zeit	z.B. Stunden pro Tag	h/d	–	–	je nach Temperatur und Feuchte
Atmosphäre	Sauerstoffgehalt	%	0,25		immer vorhanden

[1] Bekannt sind auch Schimmelpilze (Xeromycis), die auf Gebäck schon ab 45 % relativer Feuchte wachsen.

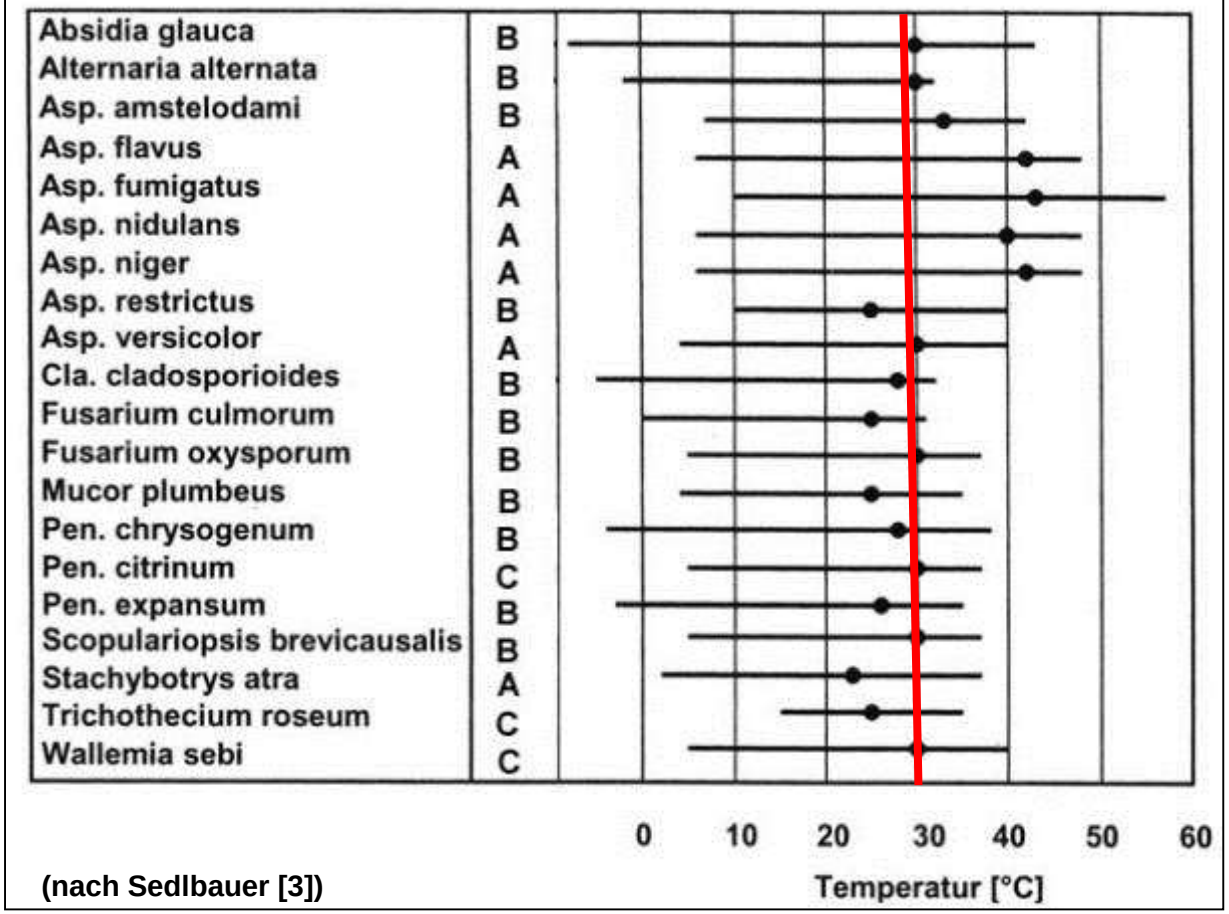
[2] Der pH-wert kann vom Pilz beeinflusst werden.

(aus Sedlbauer [3])

Temperatur

Temperatur-
bereich:
0°C – 50°C

Optimum:
um 30°C



(nach Sedlbauer [3])

5.3 Bemessung zur Verhinderung des Schimmelbefalls.

Um einen Schimmelbefall zu verhindern, sollten die monatlichen Mittelwerte der relativen Luftfeuchte an der Oberfläche eine kritische relative Feuchte von 0,8 nicht überschreiten…

- DIN EN ISO 13788:2013-05

Die auf der Bauteiloberfläche aufliegende Schimmelspore benötigt zur Auskeimung grundsätzlich **keinen feuchten Untergrund**, sondern nur eine **erhöhte Luftfeuchte** in ihrer unmittelbaren Umgebung.

Die notwendige Einwirkungsdauer ist von der Temperatur und dem Substrat abhängig.

Für jede Schimmelpilzart gelten eigene Grenzwerte.

DIN-Fachbericht 4108 - 8

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden

Teil 8:

Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden

September 2010

Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin; www.beuth.de

Stellenwert dieser Informationsquelle – siehe gesonderten Beitrag

Feuchtebedingungen für Schimmelpilzwachstum

„Für die Praxis kann man vereinfachend von bauphysikalischen Modellbetrachtungen ausgehen.

Hiernach kann eine Schimmelpilzbildung auftreten, wenn an mindestens ***fünf aufeinander folgenden Tagen*** *die relative Luftfeuchte auf der Bauteiloberfläche* ***mindestens 12h/d einen Wert von mehr als 80 %*** *aufweist.*

Bei höheren Luftfeuchten sind kürzere Zeiträume zu erwarten. Das Vorliegen von Wasser, wie z.B. Tauwasser, ist nicht erforderlich. (...)“

[DIN Fachb. 4108-8:2010-09]

Nährstoffansprüche

- Schimmelpilze brauchen organischen Nährstoff
- Ansprüche so gering, dass Hausstaub ausreicht
- besonders anfällig:
  - Raufasertapete
  - Dispersionsfarben
  - Kunststoffputze

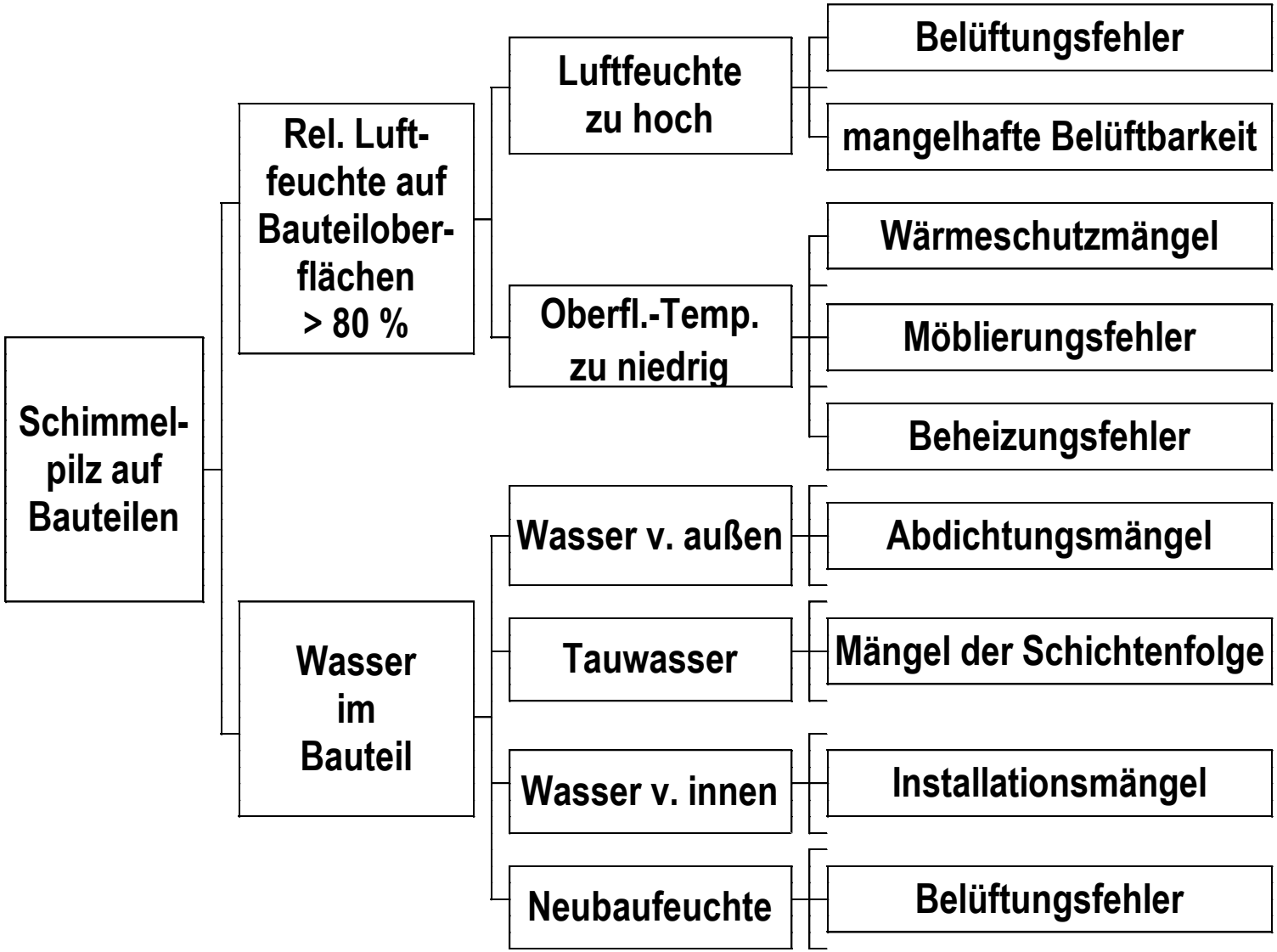
80-% r. F. als Kriterium bei Schimmel …

… anwendbar als Orientierung, aber nicht als festgeschriebener Grenzwert:

- flexible Anpassung des Schimmels (artenspezifisch) hinsichtlich Temperatur und Feuchte möglich
- Nutzung sonstiger Nährstoffangebote (Schmutz, Überleben in mikrobiellen Biofilmen)

[Vortrag Warscheid, ABST 2016]

Ursachenbaum bei Schimmelproblemen

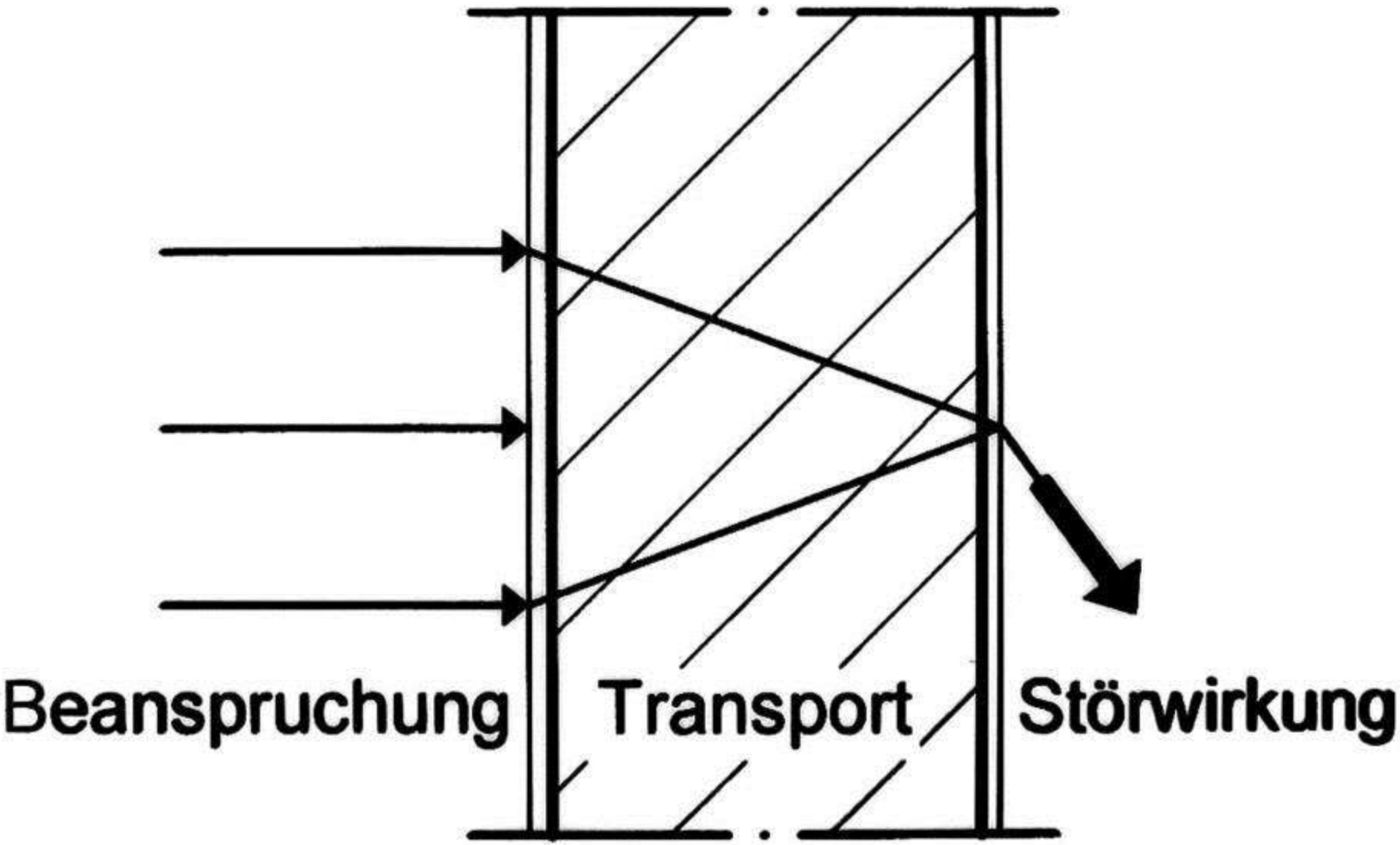


[Oswald 2003]

Ursachen für Schimmelpilze auf Bauteiloberflächen in Räumen

- Feuchtigkeits-einwirkungen von außen bzw. aus dem Querschnitt
- Hohe Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche

Bautechnische Ursachen


Beanspruchung
Transport
Störwirkung

Durchfeuchtungsursache: Undichtheiten

Anzeichen:

Erscheinungsbild: Feuchtekränze; Ausblühungen

Lage: z.B. feuchtebeanspruchte Bauteile

Zeitpunkt: z.B. Jahreszeitunabhängig

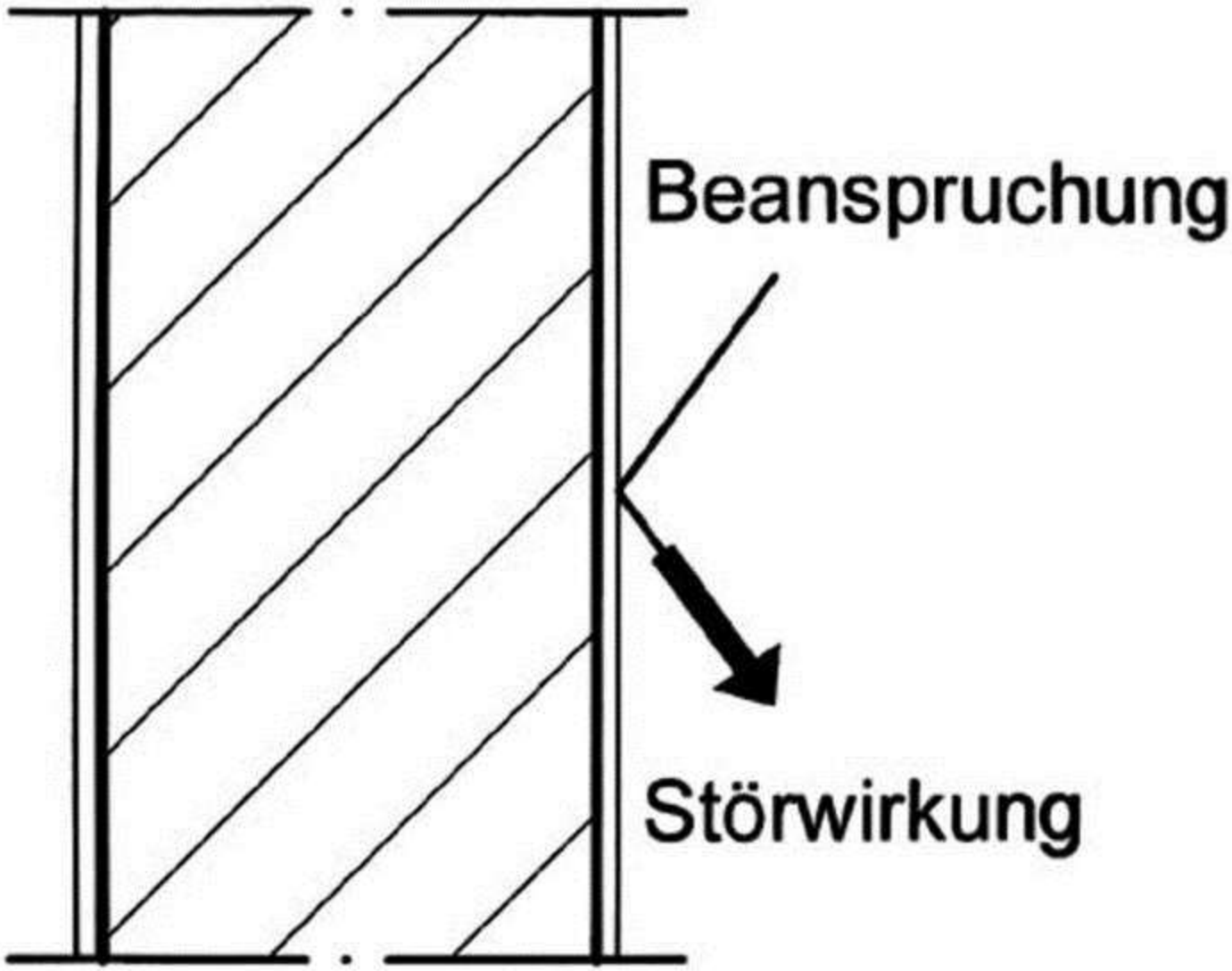
Vorgehen:

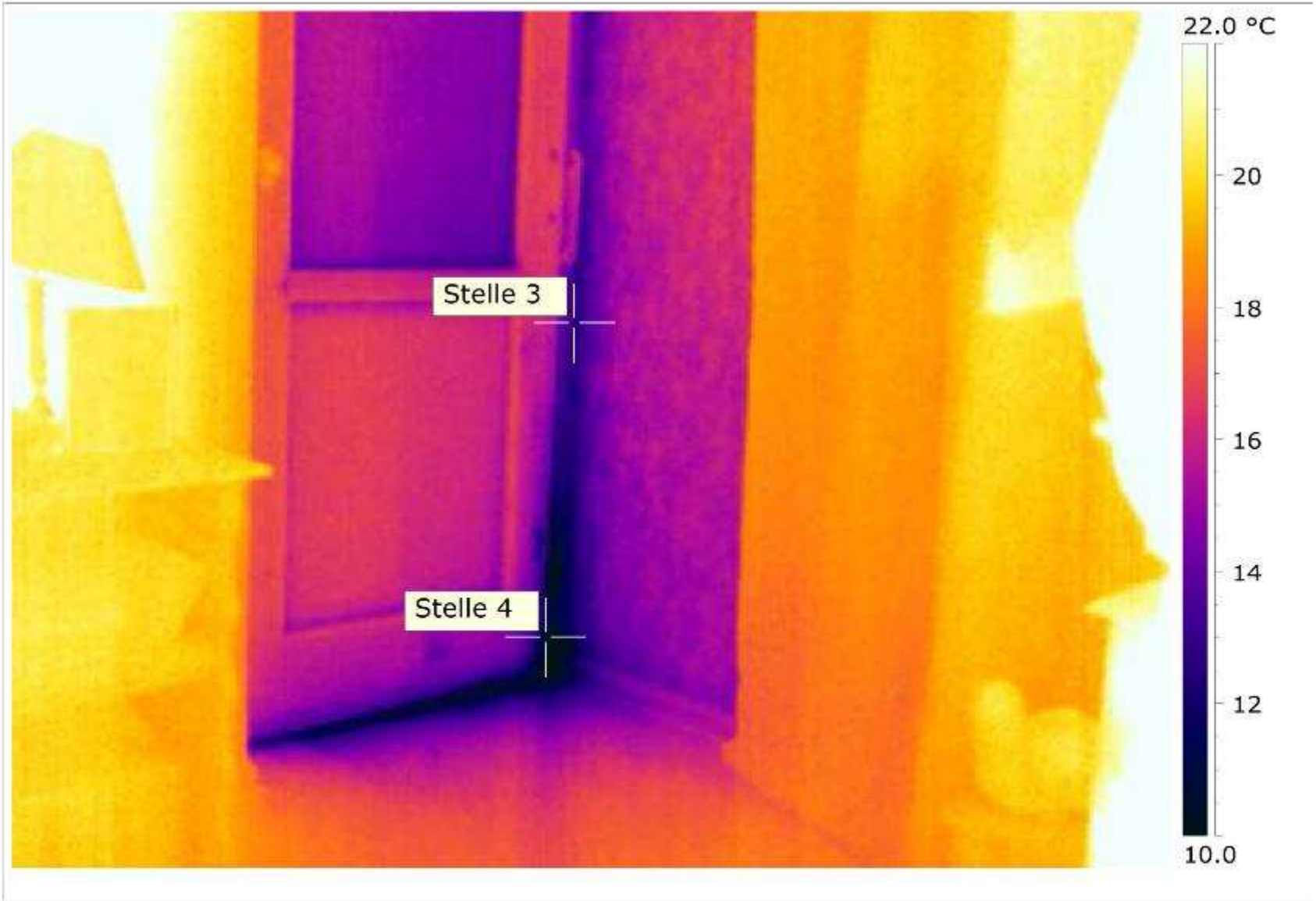
Feuchtemessung; Konstruktionsanalyse;

Lecksuche

Maßnahmen:

Beseitigung der Undichtheit nach den Regeln der Abdichtungstechnik und des Schlagregenschutzes


Beanspruchung
Störwirkung



11.02.2008 – ca. 9:26 Uhr

Stelle 3: ca. 12,3°C,
Stelle 4: ca. 9,2°C

Emissionsgrad: 0,80

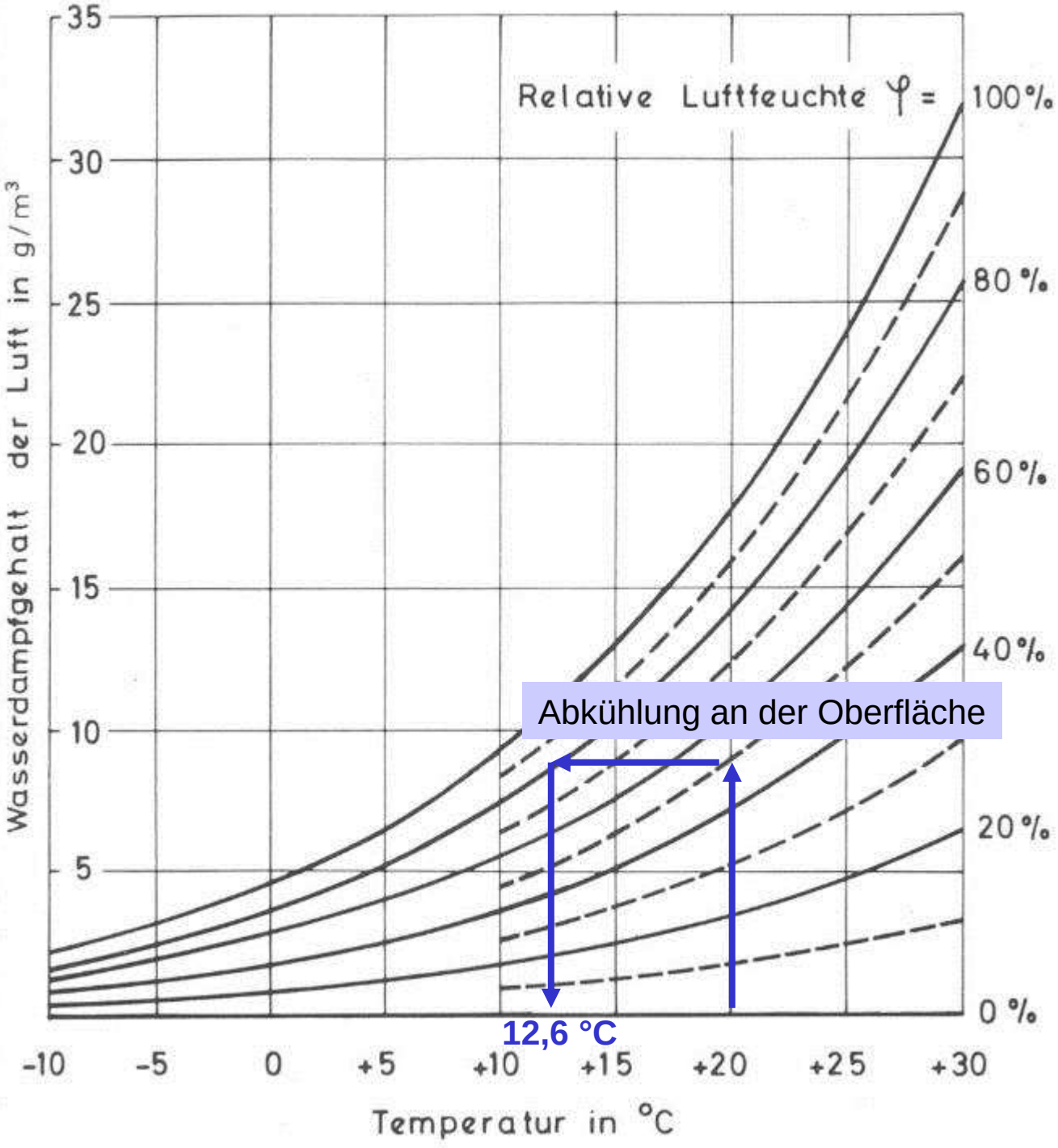
Raumluft: ca. + 19,3°C / 52,0% r.F.

Außenluft: ca. + 4,8°C / 64,3% r.F.

$\Delta_{temp.}$: ca. 14,5 Kelvin

Wassergehalt von Luft

Feuchte-bedingungen bei Mindest-wärmeschutz und „normalem“ Innenklima



Ausfall von Tauwasser bzw. Luftfeuchte über 80% an der Bauteiloberfläche

Niedrige Oberflächen-temperatur als Folge

- mangelhaften Wärme-schutzes im Querschnitt/ an Wärmebrücken
- unzureichender Beheizung
- Verringerung des Wärmeschutzes infolge Durchfeuchtung

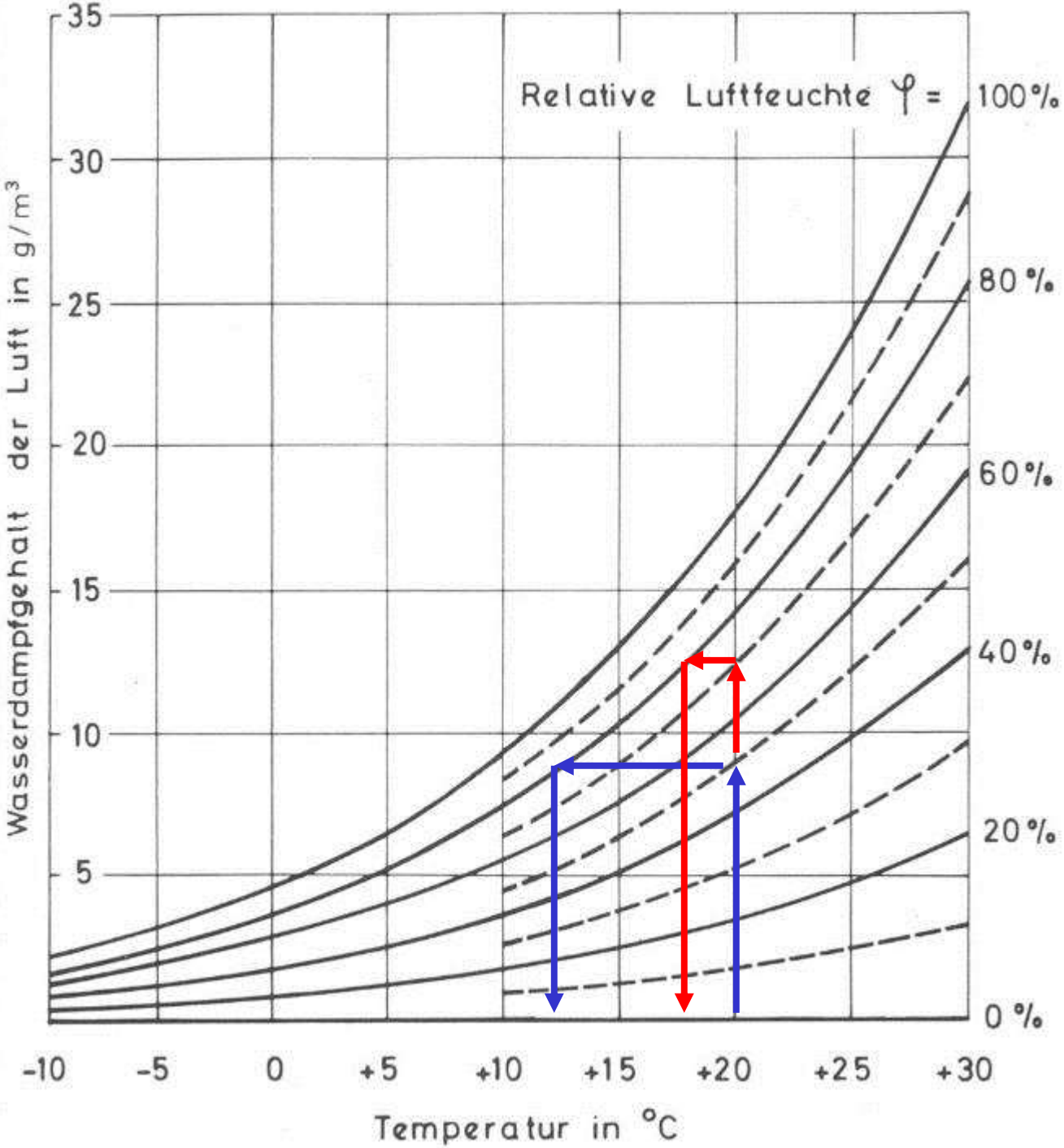
Hohe Raumluftfeuchte als Folge

- unzureichender Beheizung/ Lüftung (-möglichkeiten)
- fehlerhafter Nutzung
- von Bauteildurch-feuchtungen durch Schlagregen/ Baufeuchte

Beheizungs- und Belüftungsmängel

Wassergehalt von Luft

Feuchte-bedingungen bei ungünstigem Innenklima



DIN Fachbericht 2010

Der Fachbericht enthält gut nutzbare **Diagramme und Tabellen zum Zusammenhang zwischen Luftfeuchte und Temperatur** **und** **zur Feuchtelast in Wohnungen**.

Feuchtequelle		Feuchteabgabe	
Mensch	überwiegend nicht aktiv oder leichte Aktivität, je Person	50 g/h	1 200 g/d [a]
Pflanzen	repräsentativer Mittelwert für verschiedene Zimmerpflanzen, je Stück, Mix von verschiedenen Zimmerpflanzen	2 g/h [f]	50 g/d [f]
Küche	Kochvorgänge	700 g/h – 1 000 g/h	
	Geschirrspüler (Geschirr abgekühlt)	100 g/Spülvorgang	
	Spülen unter fließendem Wasser (50 °C)	300 g/h	
	Spülen im Spülbecken (50 °C)	140 g/h	
Bad	Wannenbad	etwa 700 g/h	etwa 300g/Bad [b]
	Duschen	etwa 2 600 g/h	etwa 300g/Dusche [c]
	Abtrocknen	etwa 70 g/Vorgang	
Wäschetrocknen[e)]	5 kg geschleudert	2500 g/Waschmaschine	
Haustiere	Aquarium (90 % abgedeckt, 26 °C)	6 g/(h·m²) [d]	150 g/(d·m²) [d]
	Katze	10 g/h	250 g/d [a]
	Hund (mittelgroß, 20 kg)	40 g/h	950 g/d [a]

a Anwesenheit 24 h/d

b 20 min Wannenbad und Abtrocknen

c 5 min Dusche und Abtrocknen

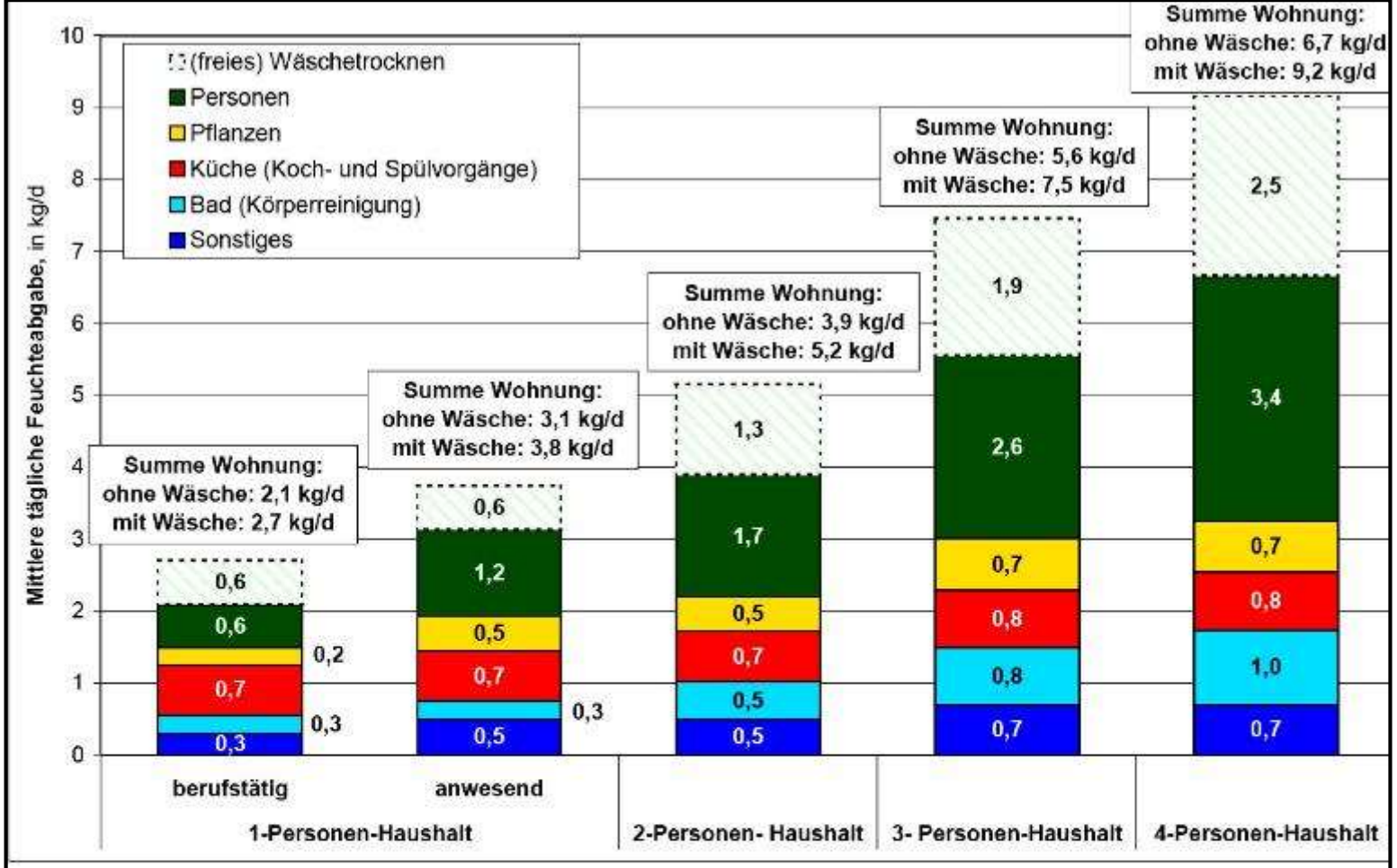
d Bezogen auf die Grundfläche des Aquariums

e Trockenen der Wäsche im Raum

f Es handelt sich um repräsentative Mittelwerte für verschiedene typische Zimmerpflanzen. Messungen haben eine Feuchtefreisetzung im Bereich von 0,6 g/h bis 4,4 g/h je Zimmerpflanze ergeben. Die Feuchtefreisetzung von Zimmerpflanzen korrespondiert in sehr guter Nährung mit der Gießwassermenge.

Typische Feuchtequellen in Wohnungen

[aus: DIN Fachbericht 4108-8:2010-09]



Randbedingungen für alle Szenarien: 1 Kochgericht, Spülen, Sonstiges

1-Pers.-Haushalt abwesend 1 Pers. 12 h/d; 5 Pflanzen; 1 Bad, 0,25 Waschmaschinen/d (WM/d)

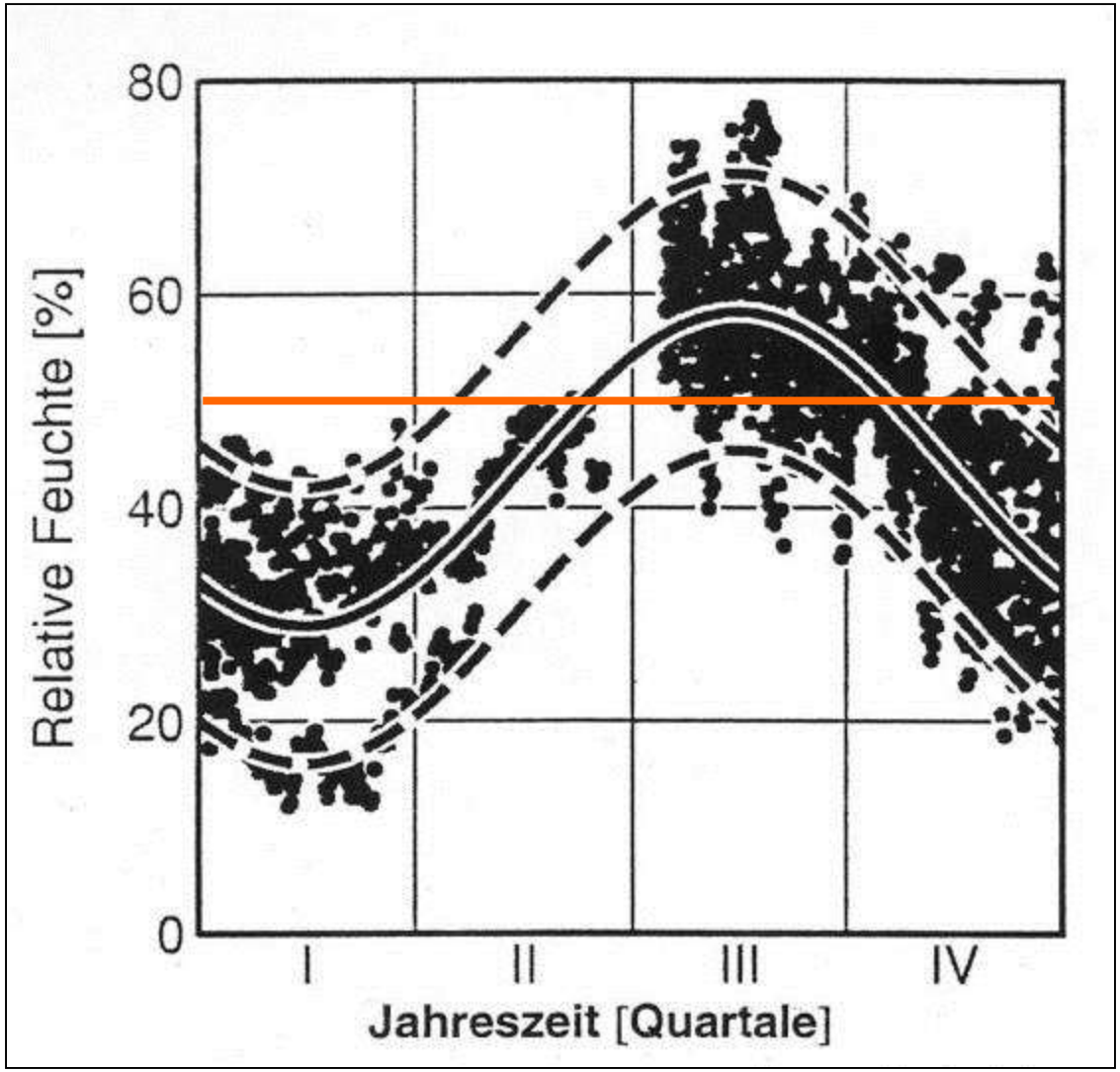
1-Pers.-Haushalt ganztägig anwesend 1 Pers. 24 h/d; 10 Pflanzen; 1 Bad, 0,25 WM/d

2-Pers.-Haushalt: 2 Pers. je 17 h/d; 10 Pflanzen; 1 Bad; 1 Dusche, 0,5WM/d

3-Pers.-Haushalt: 3 Pers. je 17 h/d; 15 Pflanzen; 2 Bäder, 1 Dusche, 0,75WM/d, Geschirrspüler

4-Pers.-Haushalt: 4 Pers. je 17 h/d; 15 Pflanzen; 2 Bäder; 2 Duschen, 1 WM/d , Geschirrspüler

Beispielszenarien für die tägliche Feuchteabgabe bei üblichem Wohnverhalten [DIN Fachbericht 4108-8:2010-09]

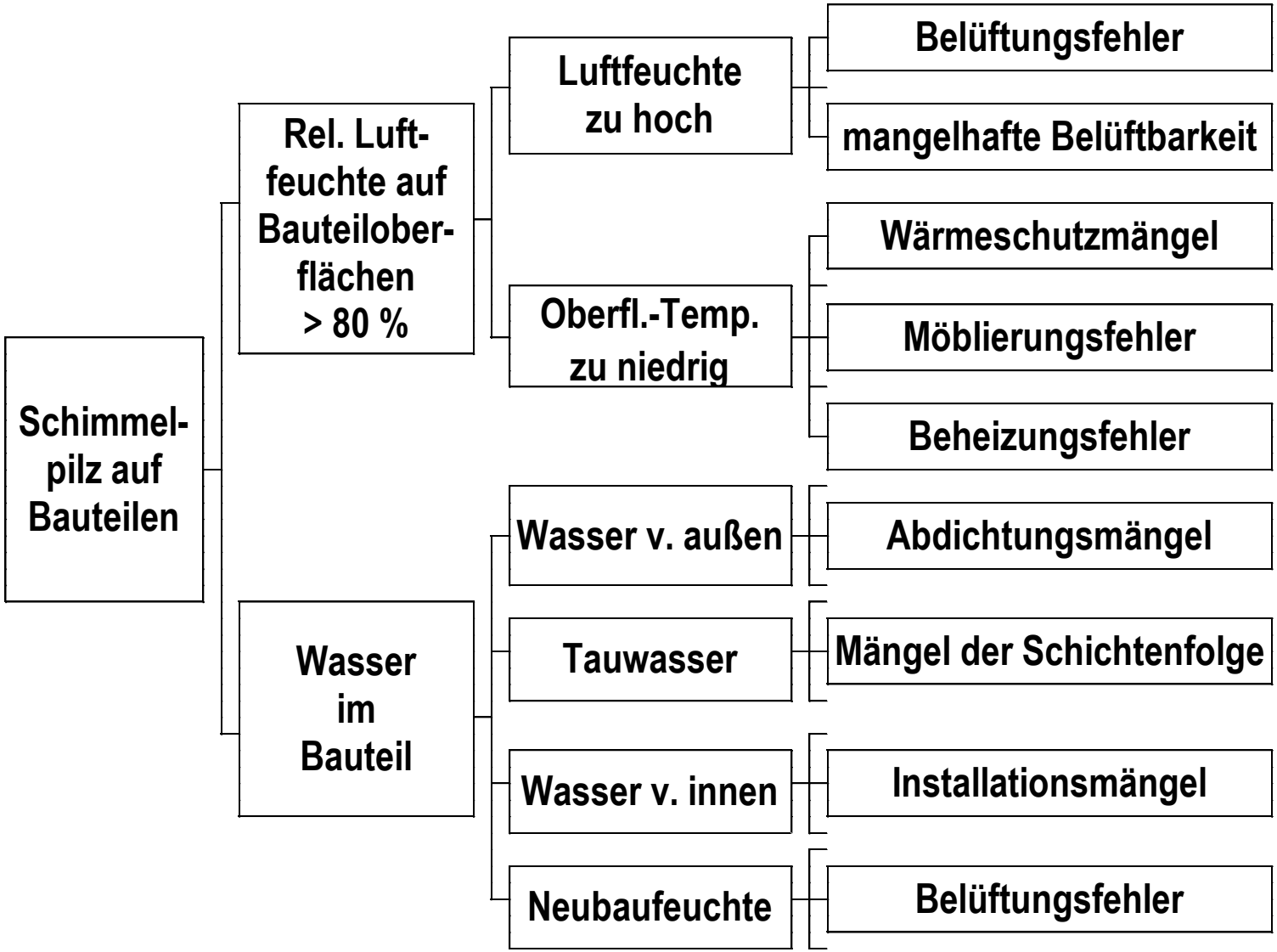


Typischer Jahresgang der relativen Raumluftfeuchte in Gebäuden in Deutschland.

Die durchgezogenen Linie ist eine an die Messpunkte angepasste Sinuskurve. Die gestrichelten Linien stellen die Streubreite der Messpunkte dar: zwischen diesen beiden Linien liegen 90% der Messpunkte

[Moriske; Szewzyk: Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden. 2005 UBA, Dessau]

Ursachenbaum bei Schimmelproblemen



[Oswald 2003]

Ursachenbaum für das Schadensbild Schimmelbildung auf Bauteilen
(nach Oswald 2003, überarbeitet Zöller 2014)

- Zu hohe Raumluftfeuchtigkeit
  - zu hohe Feuchtigkeitsabgabe in die Innenraumluft
    - Innenräume nicht bestimmungsgemäß belegt bzw. genutzt
    - Abtrocknende Baufeuchte oder solche aus Leckstellen in bzw. an Bauteilen
    - Hohe Feuchtigkeitsabgabe durch viele Pflanzen oder andere Quellen, wie z.B. offene Aquarien
    - Konvektion von Feuchtigkeit von warmen in gering beheizte Räume (z.B. nicht beheiztes Schlafzimmer durch andere Räume über offene Innentüren erwärmt)
  - Außenluftwechselproblematik
    - Sommerhalbjahr: in ungünstigem Zeitraum gelüftet
    - Winterhalbjahr: in zu großen Abständen oder zu geringer Zeitdauer gelüftet (bei freier Fensterlüftung); nicht geeignete, nicht gewartete oder falsch bediente Raumluftanlage
    - Infiltration durch Gebäudehülle geringer als rechnerisch angenommen, fehlender Nachweis nach DIN 1946-6 bei Neubau oder Modernisierung, z.B. bei unvollständigen Maßnahmen nach Austausch luftdurchlässiger gegen dichte Fenster ohne gleichzeitige Wärmeschutzmaßnahmen an gering gedämmten Bauteilen oder Einbau lüftungstechnischer Einrichtungen
  - zu geringe Raumtemperatur
    - Wärmeabgabeflächen (Heizkörper oder Flächenstrahlung) unzureichend dimensioniert und/oder ungünstig angeordnet
    - Unzureichendes Heizverhalten
- Zu geringe Oberflächentemperatur
  - Möblierung ungünstig angeordnet (z.B. dicht an Außenwände gestellt)
  - Möblierung unzureichend eingeplant (z.B. Einbauschränke an Außenwänden errichtet)
  - Zu geringer Wärmeschutz des Außenbauteils, zu hohe Wärmeleitung insbesondere an Wärmebrücken

- Zu geringe Oberflächentemperatur
  - Zu geringer Wärmeschutz des Außenbauteils, zu hohe Wärmeleitung insbesondere an Wärmebrücken
  - Geminderter Wärmeschutz durch hohen Feuchtigkeitsgehalt im Bauteil, z.B. aus den unten benannten Quellen und/od. Abkühlung durch Verdunstung
- Wasser im Bauteil (häufig verbunden mit Ausblühungen an Oberflächen)
  - Abdichtungsmängel bei erdberührten Bauteilen oder Dächern, unzureichender Schlagregenschutz bei sonstigen Außenbauteilen
  - Tauwasser im Bauteil durch Diffusion bei ungünstiger Schichtenfolge oder Konvektion

Hohes Nährstoffangebot
(z.B. Dispersionsanstriche auf zellulosehaltige Tapeten anstelle mineralischer Systeme)

Oberflächen verdeckt / zu geringe Luftanströmung der Bauteiloberflächen

- Wasser im Bauteil aus Neubaufeuchte
  - Baustelle ohne ausreichenden Tagwasserschutz
  - Gebäude zu früh bezogen, als die in den Bauteilen unvermeidbar enthaltenen Wassermengen noch sehr hoch waren
  - Abtrocknung durch Nutzerverhalten verzögert (Fehler bei Möblierung, Beheizung, Belüftung)
- Besondere Untergrundeigenschaften
  - Hohes Nährstoffangebot (z.B. Dispersionsanstriche auf zellulosehaltige Tapeten anstelle mineralischer Systeme)
  - Oberflächen verdeckt / zu geringe Luftanströmung der Bauteiloberflächen

[Oswald 2003 / Zöller 2014]

Sinnvoller Instandsetzungsaufwand?

Grundsätzlich völliger Abbruch poröser Baustoffe?

Warum Abschottungen indiskutabel?

Entfernen des gesamten Innenputzes ?

Dringlichkeit nach UBA 2005

„Bei größerem Befall sind die Dringlichkeit und die notwendigen Schutzmaßnahmen durch einen Fachmann zu beurteilen. Kriterien hierfür:

- Gesundheitszustand Bewohner
- Ausmaß und Aktivität des Schimmelschadens
- Schimmelpilzart
- **Art und Weise der Raumnutzung**
- …“

Dringlichkeit nach UBA 2005

Aber hieraus wurden **keine** nach den unterschiedlichen Gebäudebereichen abgestuften Sanierungsempfehlungen abgeleitet.

Dies führte oft dazu, dass **Bauteile komplett abgebrochen** wurden, obwohl dies **nicht in allen Fällen notwendig** gewesen wäre.

→ **Daher war es notwendig, ein „Nutzungs-klassenkonzept“ zu entwickeln!**

Nutzungsklassen nach UBA 2016

Die neuen Nutzungsklassen wurden in **vier Bereiche** aufgeteilt:

- **1: Spezialbereiche** (Krankenhäuser, spezielle Pflegebereiche, Labors, gewerbliche Küchen)
- **2: Dauerhaft genutzte Räume** (Wohn- und Schlafräume, Büros, Unterrichtsräume etc.)
- **3: Nebenräume ohne Zugang zur Wohnung** (Keller ohne direkten Zugang, Treppenhäuser, abgetrennte Dachgeschosse)
- **4: Luftdicht abgeschottete Bereiche** (abgestuftes Vorgehen, Separierung genügt)

Klasse 1

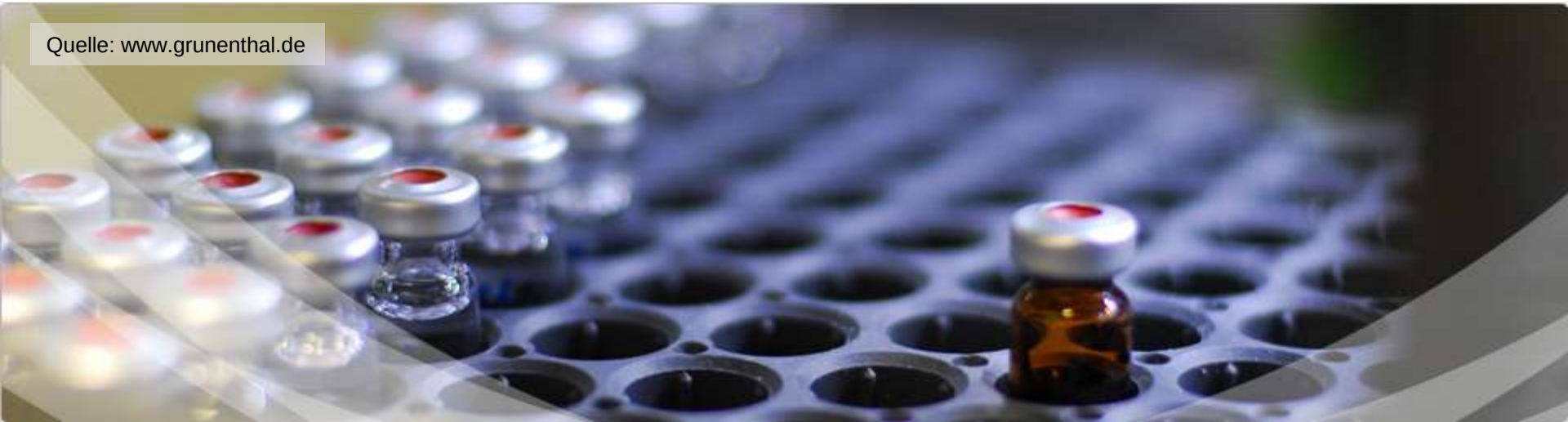
Nutzungs-klasse	Anforderungen an die Innenraumhygiene	Beispiel	Anmerkungen
1	Spezielle, sehr hohe Anforderungen wegen individueller Disposition	Räume für Patienten mit Immunsuppression	Nicht in diesem Leitfaden behandelt; die Anforderungen bedürfen gesonderter Vereinbarung.

Spezialbereiche z. B. Krankenhäuser, spezielle Pflegebereiche, Labors, gewerbliche Küchen

z.B. Krankenhäuser

Quelle: www.bethlehem.de

→ werden nicht im Leitfaden behandelt


Quelle: www.grunenthal.de

Klasse 2

Nutzungs-klasse	Anforderungen an die Innenraumhygiene	Beispiel	Anmerkungen
2	Normale Anforderungen	Räume zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen: Wohn- oder Büroräume einschließlich dazu gehörender Nebenräume	Es gelten die gleichen Anforderungen für alle genutzten Räume in der Wohnung (Wohnraum, Schlafraum, Kinderzimmer, Bad, Küche) einschließlich in der Wohnung liegender Nebenräume

Auch: Nebenräume mit Zugang zum Wohnraum!

Dauerhaft: länger als zwei Stunden

Klasse 2 - Fallbeispiel:

Schimmelschäden in Wohnbereichen

Schimmelpilzschäden nach Fensteraustausch und Heizungsmodernisierung

Gebäude Baujahr 1962,

Heizanlage erneuert 2001, Fensteraustausch 2004

Wohnzimmer: Fensterleibung

Wohnzimmer: Außenwandecke, nachgestrichen

Küche: Fensterleibung und hinter Kühlschrank

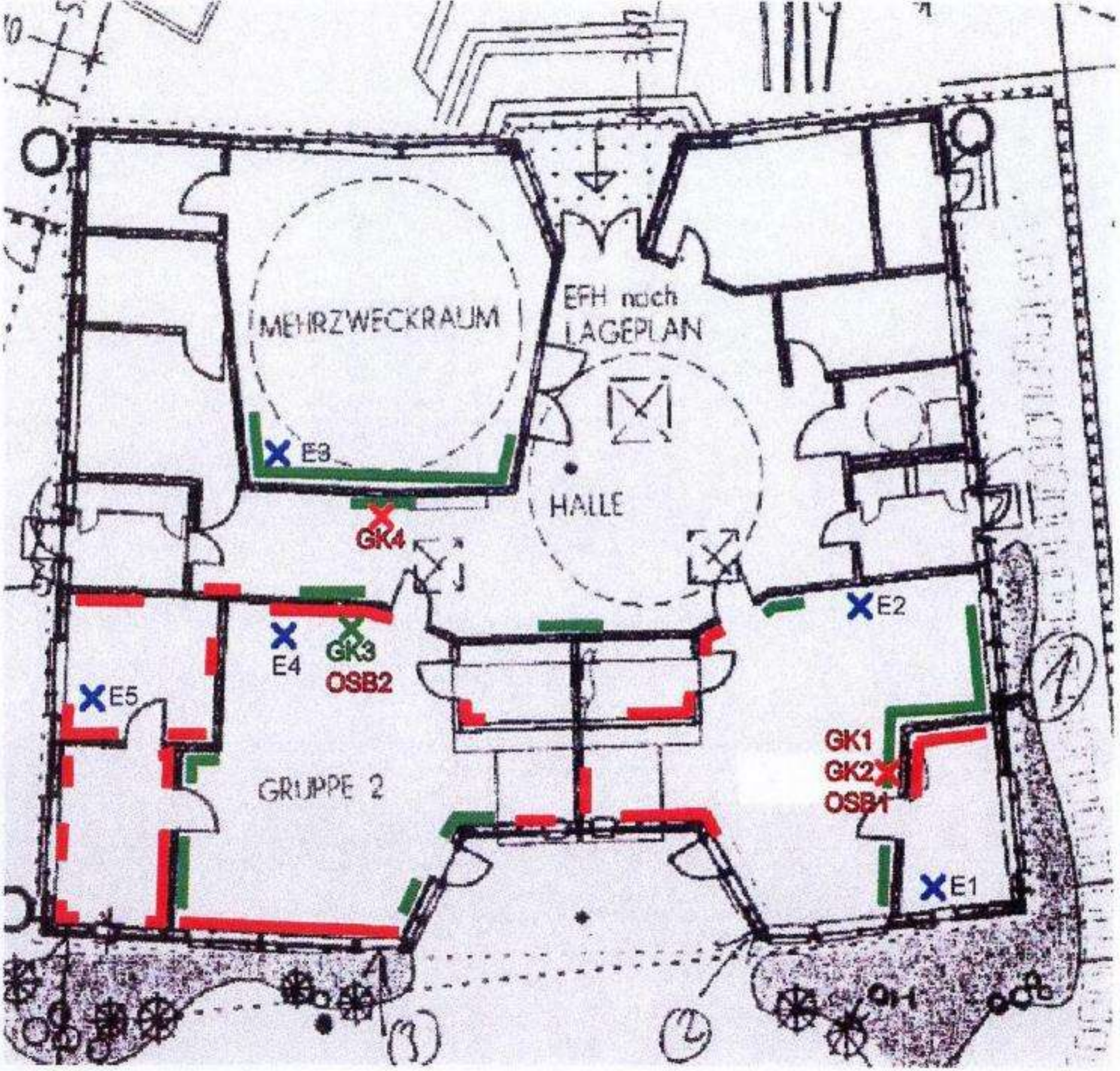
Bad: Fensterleibung und -sturz

Klasse 2 - Fallbeispiel:

Sockelanschluss Kindergarten

Schimmelpilzschäden

18.7
X·Y



E = Estrichproben
GK= Gipskarton
OSB= OSB-Platten

Kein sichtbarer Schimmelpilz

Nicht belastet

Sichtbarer Schimmelpilz

Belastet

Noch nicht ausgewertet

Fehlstellen in der Abdichtung an der Türleibung

49.6
GANN
Hydromette RTU 600
X·Y

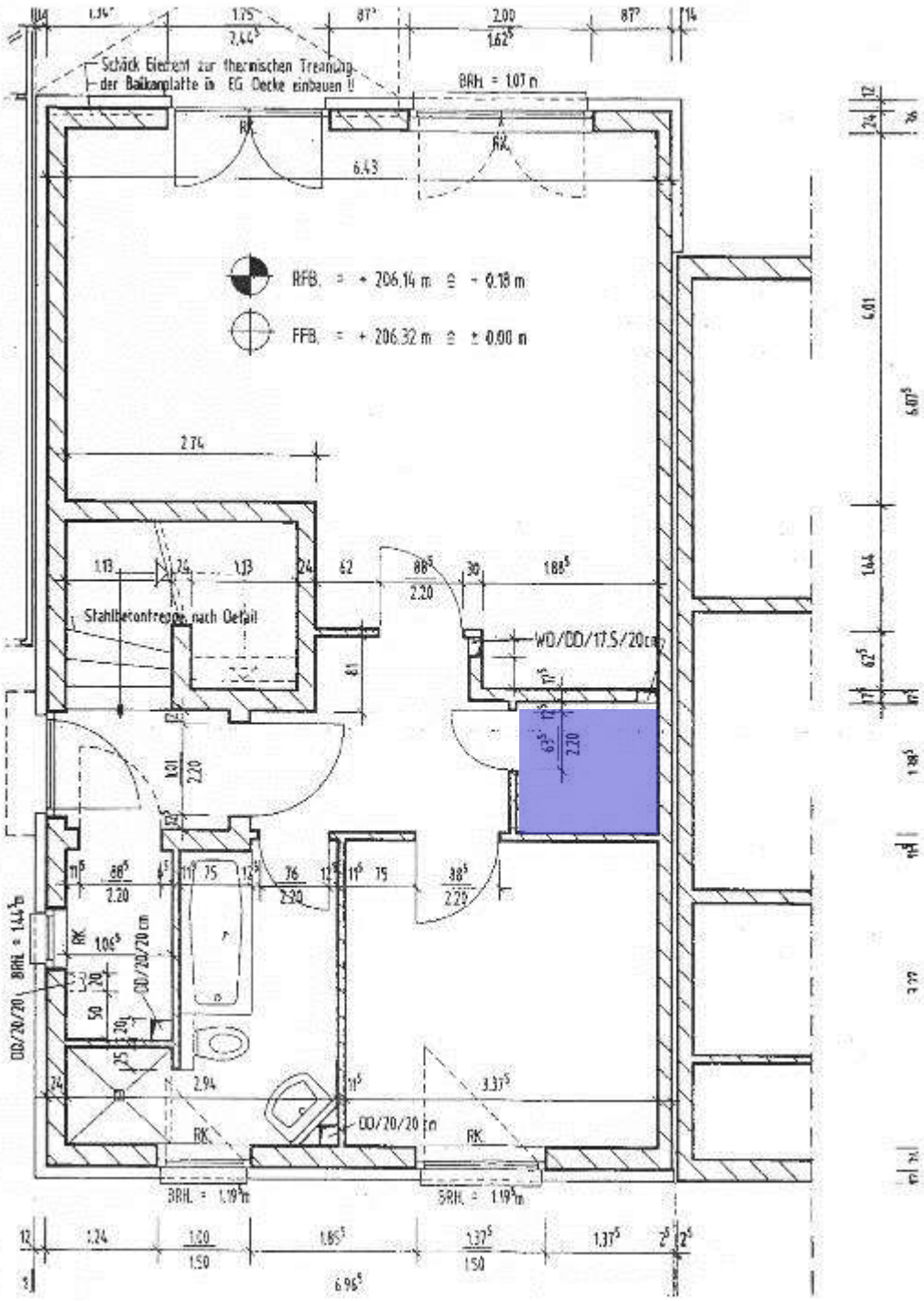
32 33 34 35
Fehlen

WÜRTH

Aufwändige Nacherfüllungsmaßnahmen

Klasse 2 - Fallbeispiel:

Nebenräume einer Wohnung



Typischer Wohnungsgrundriss im Mehrfamilienhaus mit unbelüftetem Abstellraum im direkten Wohnungsverbund

Möblierung des Abstellraumes

Zusätzliche Feuchtequelle

Ständiger Verbund mit der Raumluft der Wohnung

Dachgeschoss über eine Bodentreppe vom Wohnraum aus zugänglich

Dachgeschoss über eine Bodentreppe vom Wohnraum aus zugänglich

Dachgeschoss über eine Bodentreppe vom Wohnraum aus zugänglich

Dachgeschoss über eine Bodentreppe vom Wohnraum aus zugänglich

Dachgeschoss über eine Bodentreppe vom Wohnraum aus zugänglich

Klasse 3

Nutzungs-klasse	Anforderungen an die Innenraumhygiene	Beispiel	Anmerkungen
3	Reduzierte Anforderungen	nicht dauerhaft genutzte Nebenräume außerhalb von Wohnungen und Büros, z.B. Kellerräume und Abstellräume, die nur zur Lagerung von feuchteunempfindlichen Gegenständen dienen sowie Garagen oder Treppenhäuser	Verringertes Anforderungsniveau für Instandsetzung; geringere Dringlichkeit (vgl. Kap. 6)

Nebenräume ohne Zugang zur Wohnung z.B. Keller ohne direkten Zugang, Treppenhäuser, abgetrennte Dachgeschosse

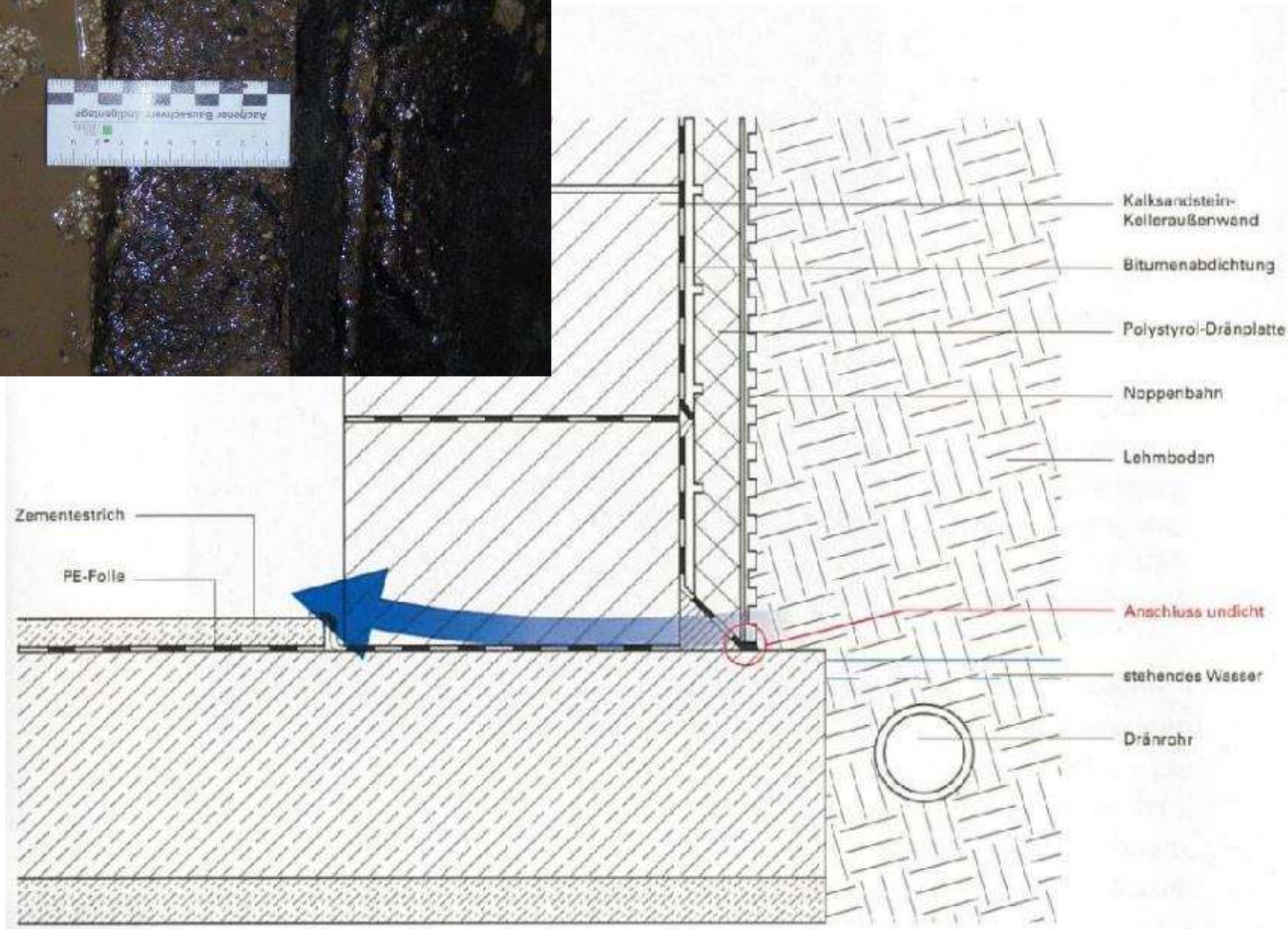
Klasse 3 - Fallbeispiel:

Kellerdurchfeuchtung und Überflutung eines Mehrfamilienhauses

13.03.2008 12:08

6

Aachener Bausachverständigentage


Kalksandstein-
Kelleraußenwand
Bitumenabdichtung
Polystyrol-Dränplatte
Noppenbahn
Lehmboden
Zementestrich
PE-Folie
Anschluss undicht
stehendes Wasser
Dränrohr

Klasse 3 - Anwendungsbeispiel:

Dachboden eines Mehrfamilienhauses

QUERLÜFTUNG MITTELS
TONROHRE ø 100
KAMIN: PLEWA 25/20
LÜFTUNG: PLEWA 20/15
KAMIN:
2X 13 5/20
QUERLÜFTUNG
MITTELS TONROHRE ø 100
FIRSTLINIE
FIRSTLINIE
KAMIN: 4X13 5/13 5
11.49
17.73

Klasse 4

Nutzungs-klasse	Anforderungen an die Innenraumhygiene	Beispiel	Anmerkungen
4	Luftdicht abgeschottete Bauteile und Hohlräume in Bauteilen; abgestufte Maßnahmen möglich	Hohlräume in Bauteilen oder Räumen, die nach Anforderung der DIN 4108-7 mit geeigneten Stoffen gegenüber Innenräumen abgeschottet sind;.	Bestimmungsgemäß trockene Bauteile hinter der Abschottung sollen trocken bzw. dürfen nicht dauerhaft feucht sein (vgl. Kap. 6)

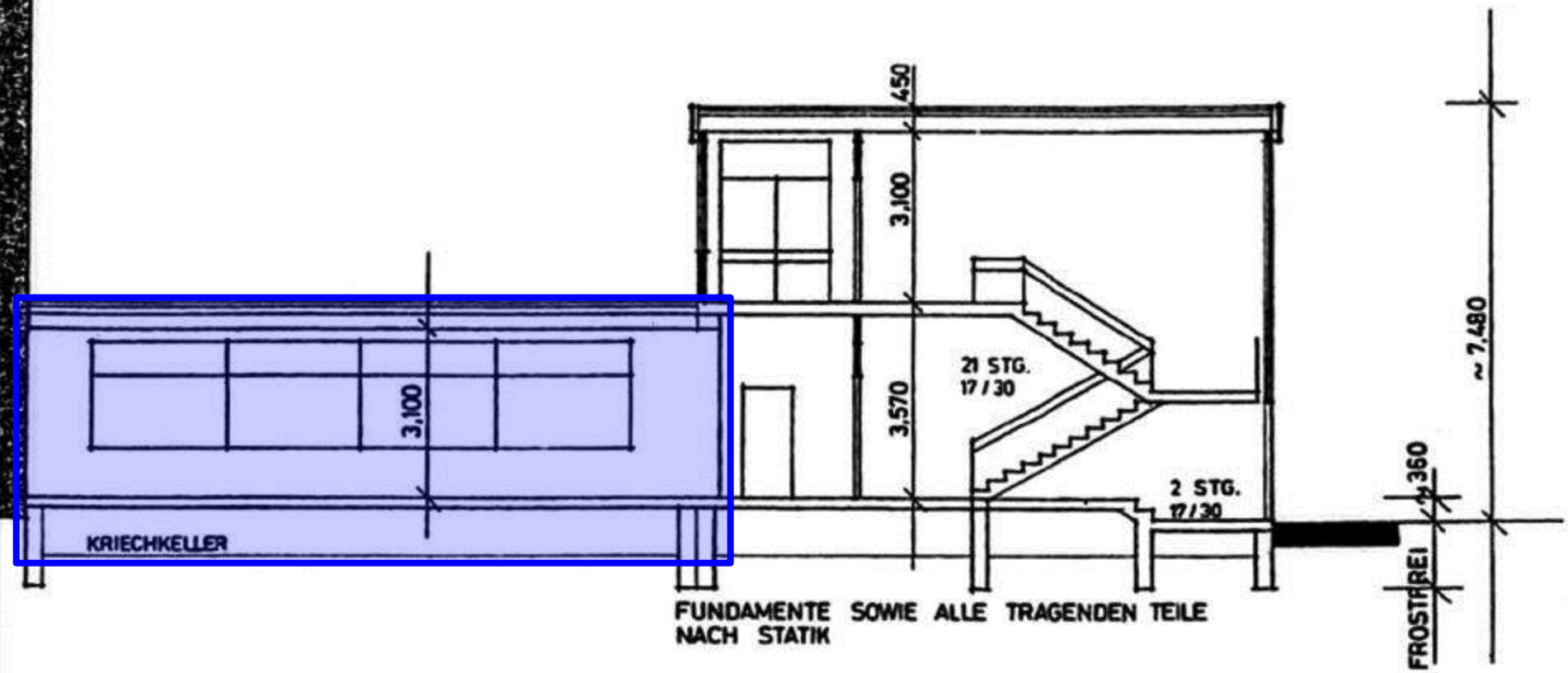
Hohlräume in Dach- oder Fußbodenkonstruktionen

Klasse 4 - Fallbeispiel:

Abgeschotteter Fußbodenaufbau eines Schulgebäudes

Situation

- Pavillongebäude einer Grundschule
- Anlass:
  Geruchsbelästigung in Klassenräumen (EG)


450
3,100
3,570
21 STG.
17 / 30
2 STG.
17 / 30
3,100
KRIECHKELLER
~ 7,480
360
FROSTFREI
FUNDAMENTE SOWIE ALLE TRAGENDEN TEILE
NACH STATIK

SCHNITT A - A

Kriechkeller unter einem Schulgebäude

- Schimmel an Holzwerkstoffplattenunterseite

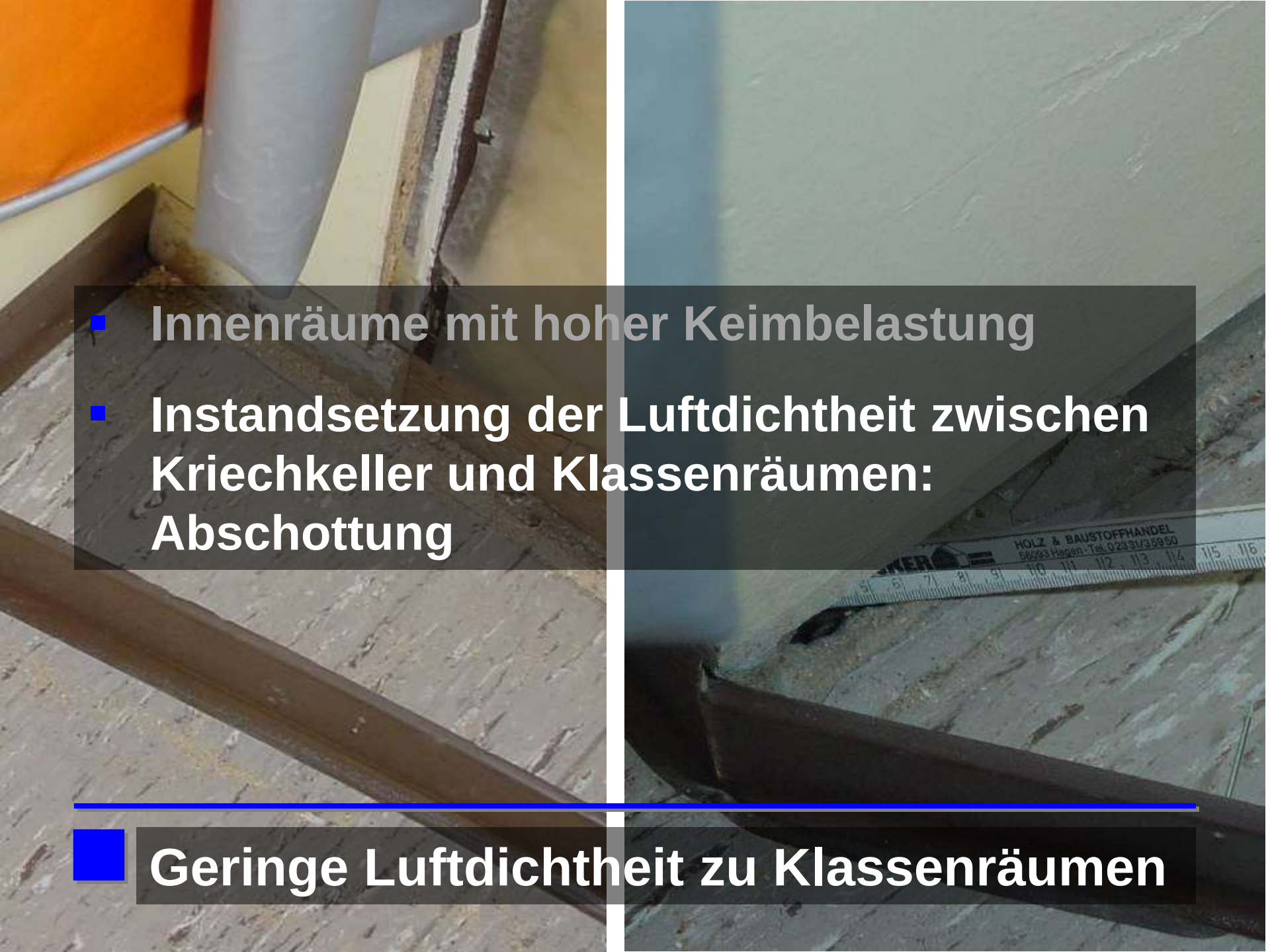
- Befallsursache:
  mangelhaft entwässerter und belüfteter Hohlraum unter dem Boden

- Feuchte Luft durch offenen Boden

Geringe Luftdichtheit zu Klassenräumen

- Innenräume mit hoher Keimbelastung

- Geringe Luftdichtheit zu Klassenräumen



- Innenräume mit hoher Keimbelastung
- **Instandsetzung der Luftdichtheit zwischen Kriechkeller und Klassenräumen: Abschottung**

Geringe Luftdichtheit zu Klassenräumen

- Innenräume mit hoher Keimbelastung
- Instandsetzung der Luftdichtheit zwischen Kriechkeller und Klassenräumen: Abschottung
- **Nach Reinigung der Innenräume: dauerhaft keine erhöhte Belastung**

Geringe Luftdichtheit zu Klassenräumen

Ausgangsbasis Forschung

- Welcher Aufwand zur Schimmelinstand-setzung ist wirklich notwendig?

- Unter welchen Bedingungen ist eine Abschottung möglich und sinnvoll?

Angemessener Aufwand zur Schimmelinstandsetzung

Neben der Differenzierung nach Gefährdungs-klasse der Pilzart und Anfälligkeit der Nutzer zuerst schärfere Differenzierung des zukünftigen Gefährdungspotenzials nach:

- *„Üblichem Schimmelbefall“*
- *Wachstumsbedingungen (zukünftige Entwicklung)*
- ***Abschottungsmöglichkeiten***
- ***Dringlichkeit abhängig von Raumnutzung!***

Leitfaden UBA 2017

*„Sowohl die **Dringlichkeit** der Sanierung als auch die zu ergreifenden **Maßnahmen** bei der Sanierung selbst hängen von der Frage der **Raumnutzung** ganz entscheidend ab.*

Leitfaden UBA 2017

*„Sowohl die **Dringlichkeit** der Sanierung als auch die zu ergreifenden **Maßnahmen** bei der Sanierung selbst hängen von der Frage der **Raumnutzung** ganz entscheidend ab.*

*Sanierungsentscheidungen bleiben daher auch immer eine **Einzelfallentscheidung** des / der **Sachverständigen** vor Ort …“*

Abschottung als Sanierungsziel

„Mit Schimmelpilzen bewachsene Materialien, welche fallbezogen nur mit sachverständig begründet unverhältnismäßigem Aufwand entfernt werden können, kann auch ***eine dauerhafte partikeldichte bzw. sporen-dichte Abschottung ein Sanierungsziel*** *darstellen.“*

[WTA-Merkblatt: Schimmelpilzschäden, November 2016]

Forschungsarbeit

Instandsetzung von Schimmelpilzschäden durch Abschottung – Partikeldichtheit von Bauteilschichten

Forschungsinitiative Zukunft Bau-
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

AIBAU
Aachener Institut für Bauschadenforschung und angewandte Bauphysik

LBW Bioconsult
Bauwerkserhaltung - Denkmalpflege - Wohnraumhygiene

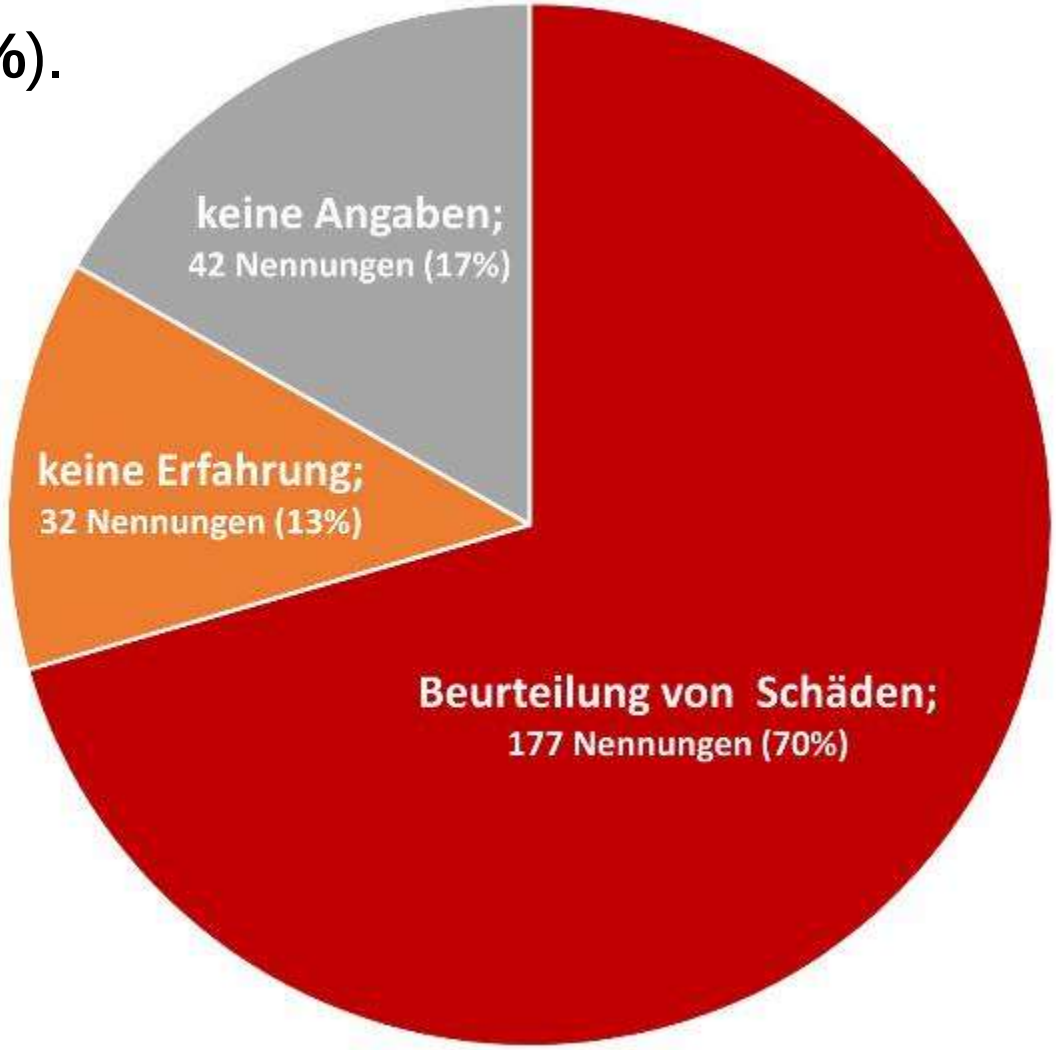
Fragestellungen an 2.300 Sachverständige

- Anzahl der Schimmelfälle in den letzten zehn Jahren
- Auftreten auch in Hohlräumen oder nur Befall der Oberflächen?
- Auswirkungen auf Bewohner?
- Durchführung von Luftkeimmessungen?
- Vorgehensweise bei Befall: Ursachenbeseitigung und Abschottung oder Abbruch?

Ergebnisse - Rücklauf

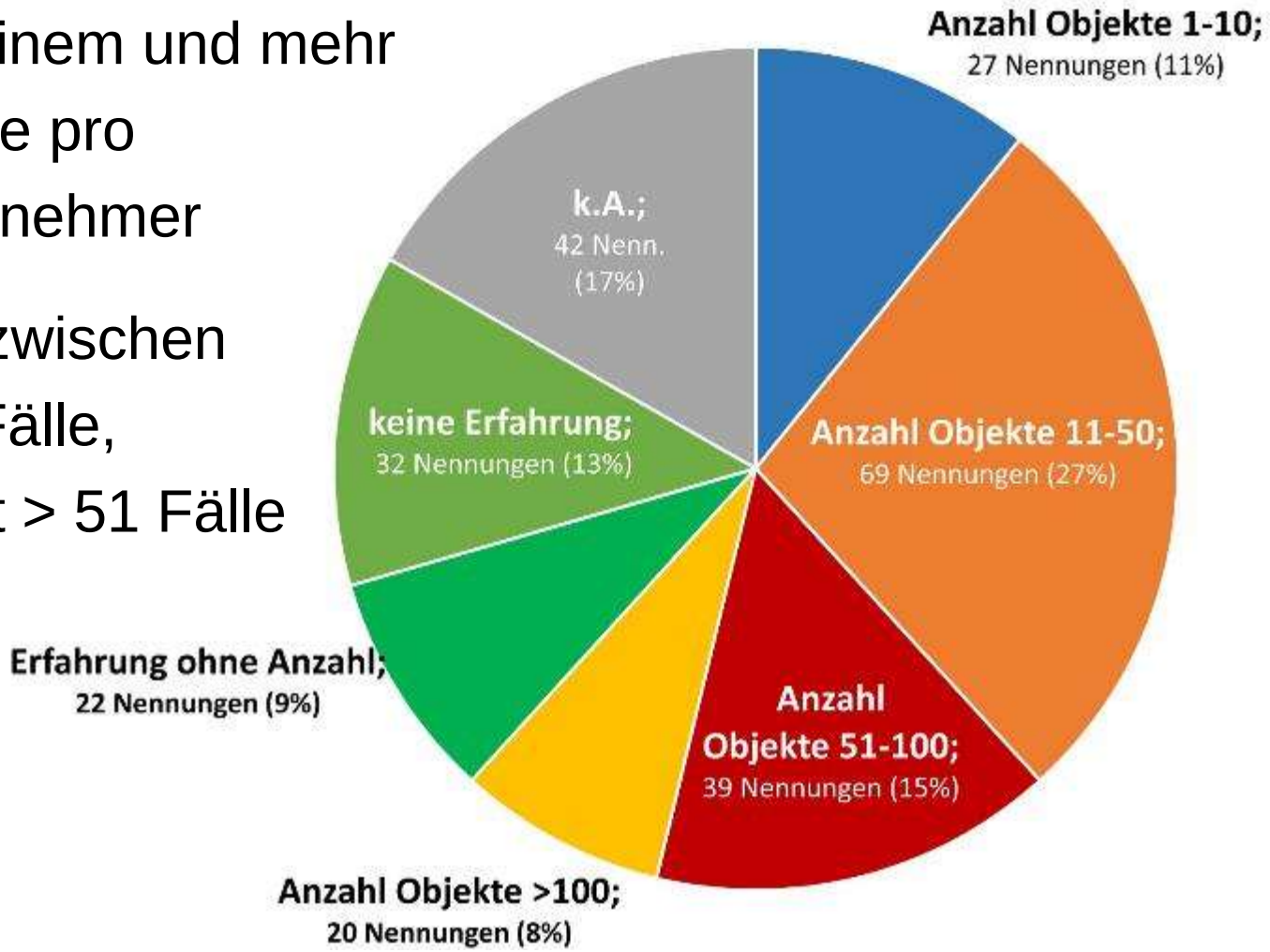
251 von ca. 2.300 Sachverständigen haben geantwortet (**~ 11%**).

177 von 251 (~**70%**) hatten in den letzten zehn Jahren **Schimmelschäden** zu beurteilen.



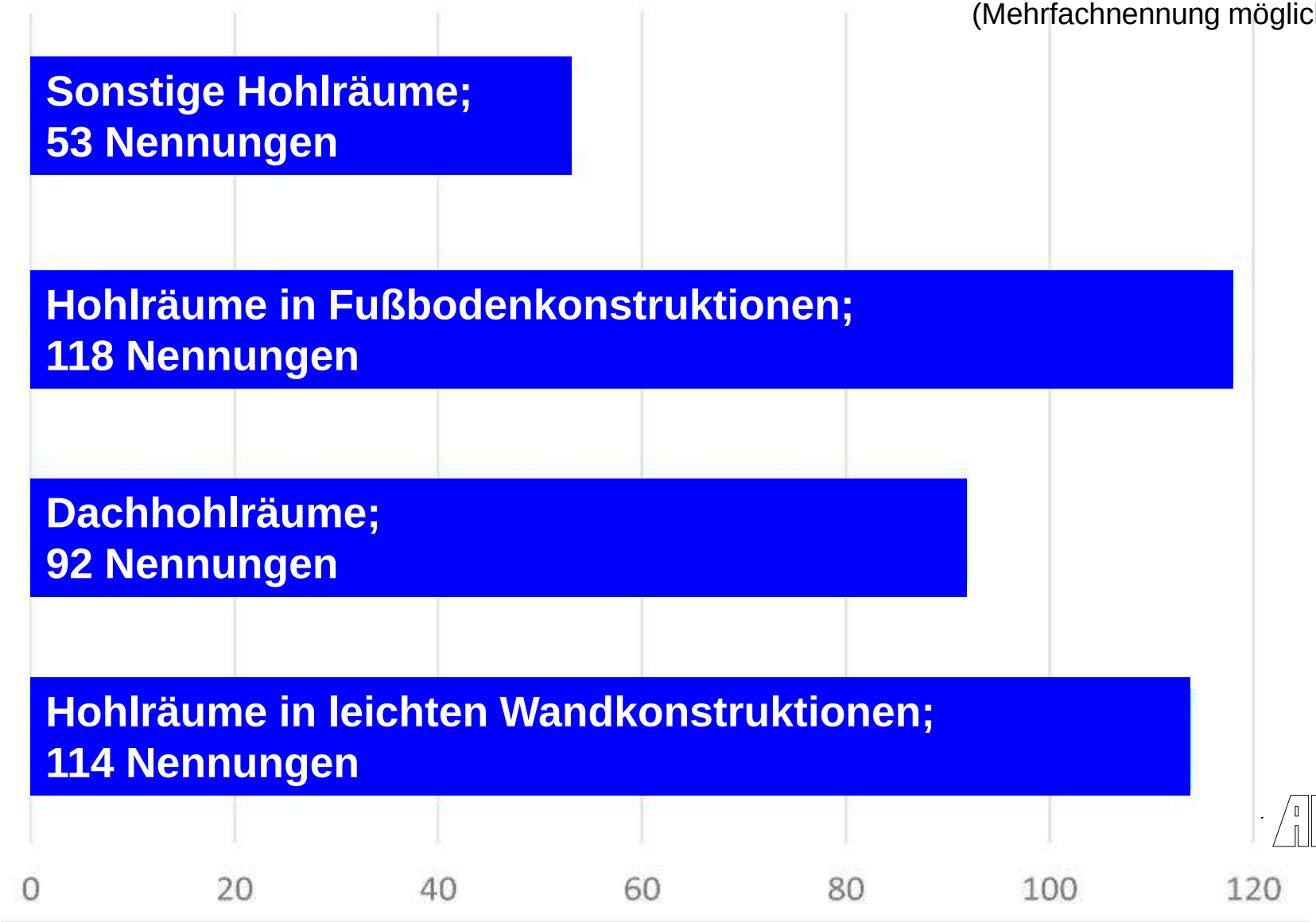
Ergebnisse – Anzahl pro Teilnehmer

- Insgesamt wurden rund 15.000 Fälle bearbeitet
- Zwischen einem und mehr als 100 Fälle pro Umfrageteilnehmer
- Ein Viertel zwischen 11 und 50 Fälle, genauso oft > 51 Fälle



Ergebnisse - Schadensbereiche

(Mehrfachnennung möglich)

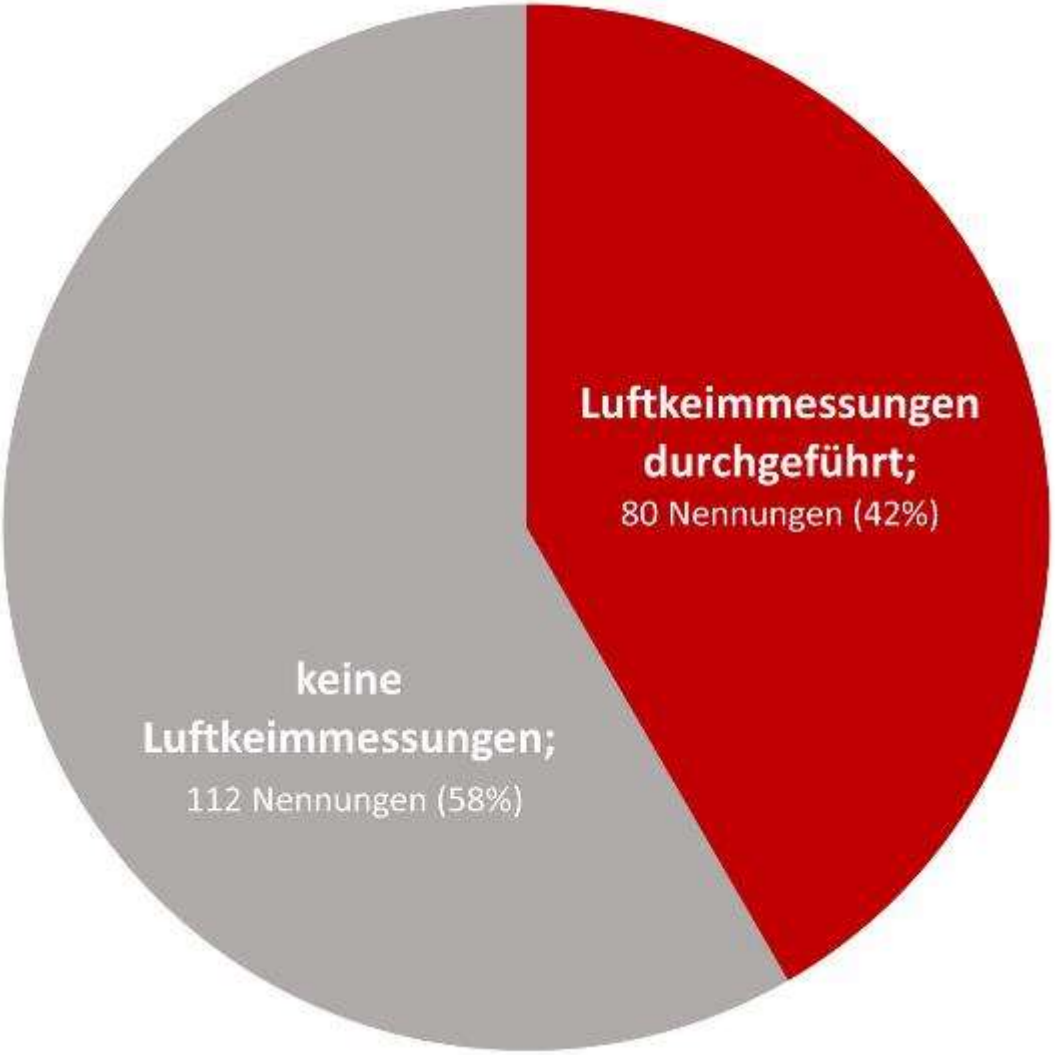


Ergebnisse – Auswirkungen Nutzer

104 Sachverständigen wurden keine Auswirkungen auf die Bewohner beschrieben (**~ 57%**).

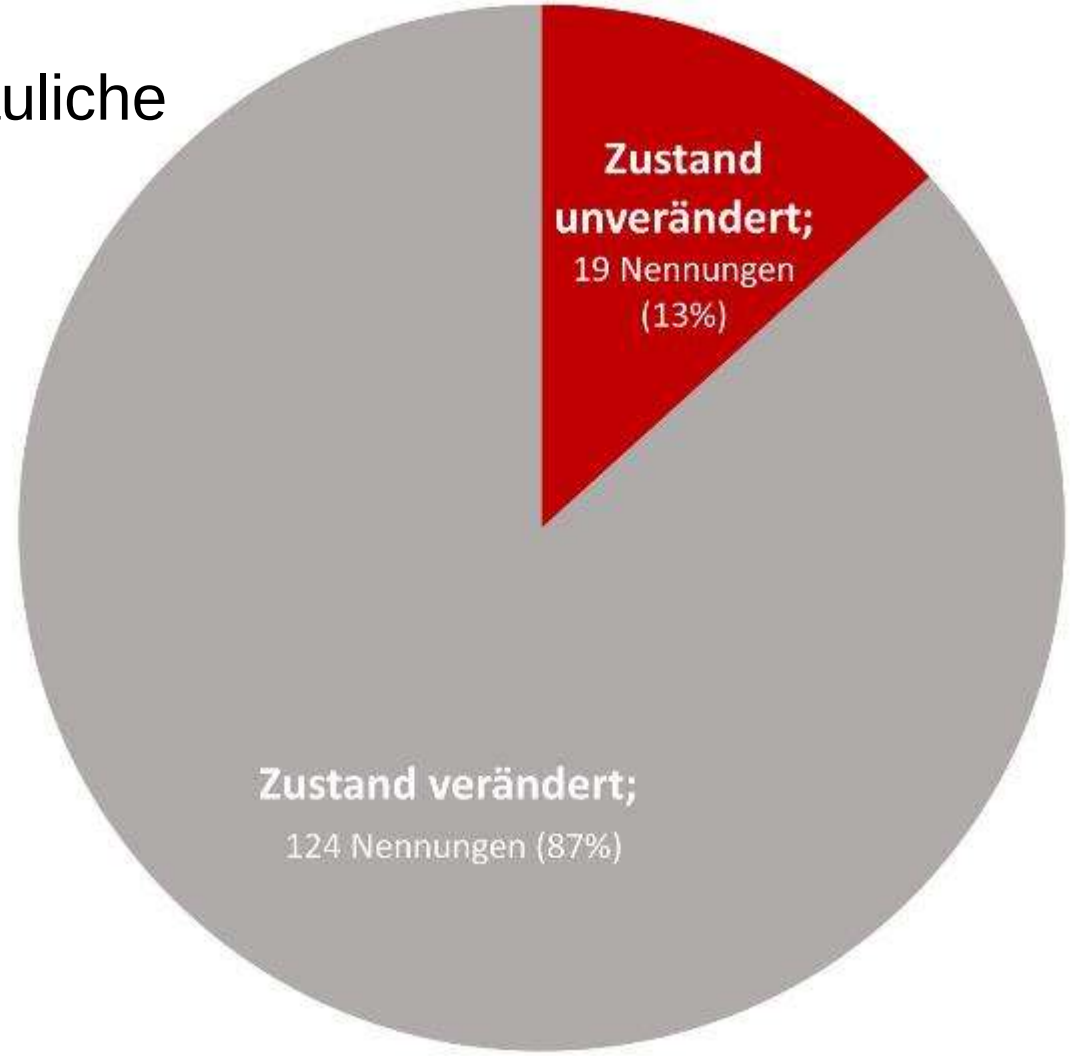
Ergebnisse – Luftkeimmessungen

112 Sachverständige gaben an, dass keine Luftkeimmessungen durchgeführt worden seien (**~ 58%**).



Ergebnisse – Zustand unverändert

124 Sachverständige gaben an, dass der bauliche Zustand dennoch verändert worden sei (**~ 87%**).



Dachhohlräume – unbelüftete Dächer

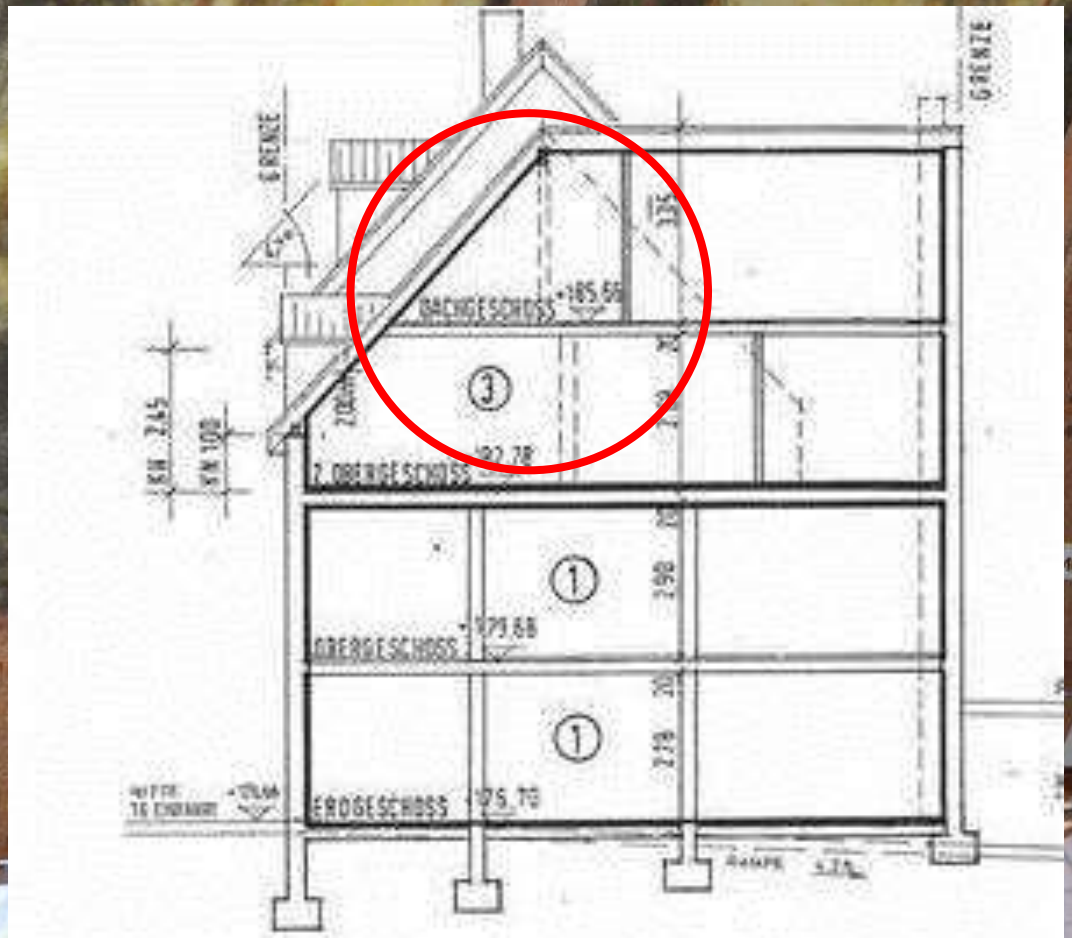
Dachhohlräume – unbelüftete Dächer

Dachhohlräume – unbelüftete Dächer

- Aber: keine Sporen im Innenraum, da Dampfsperre als Abschottung funktionierte

Situation

- Maisonettwohnung eines Mehrfamilienwohnhauses
- Anlass: Umbau und energetische Modernisierung

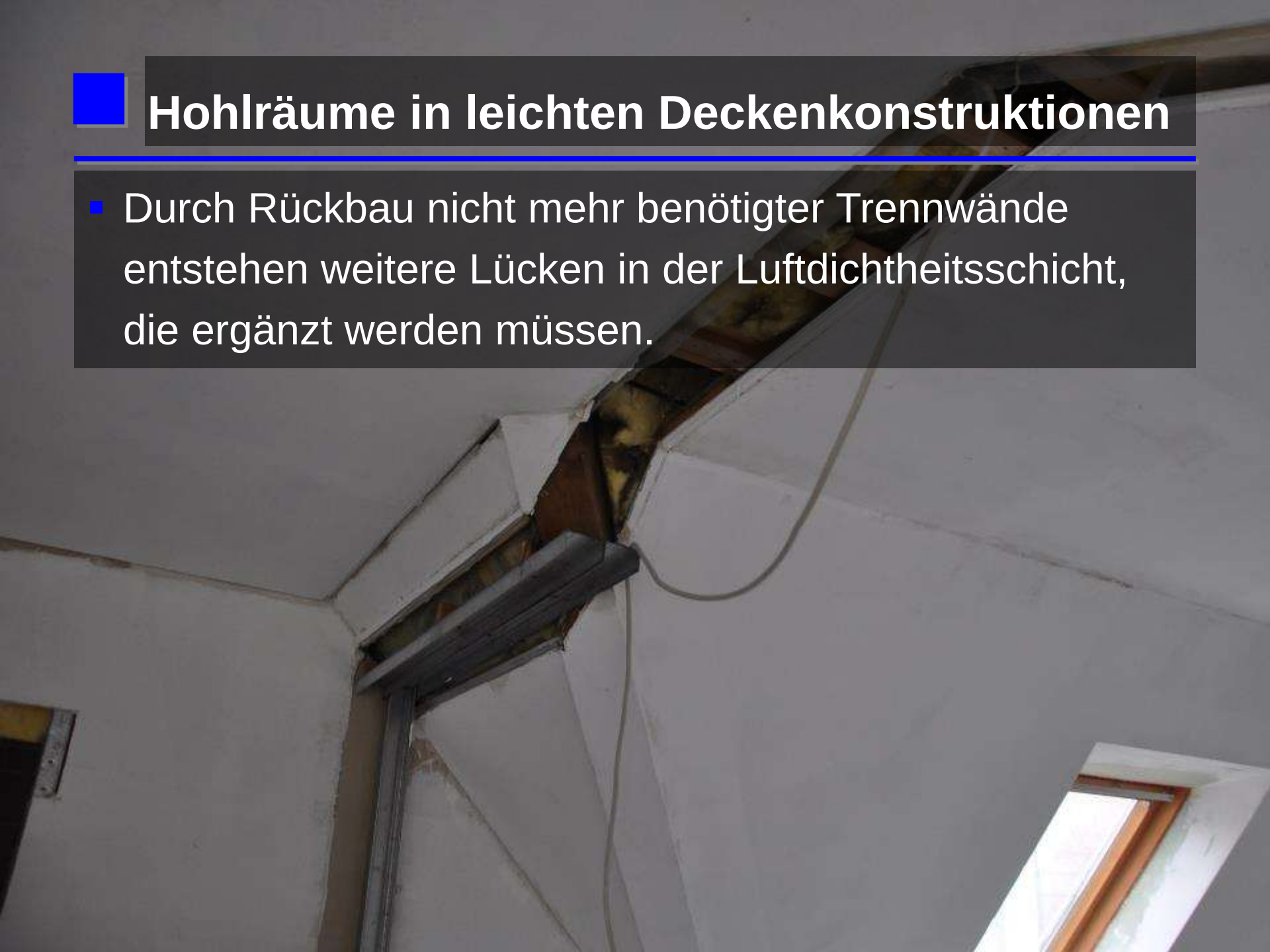


Hohlräume in leichten Deckenkonstruktionen

- Verschimmelte Mineralwolledämmung in geneigter Dachfläche und in der Kehlbalkenlage zwischen Dachgeschossebene und Spitzboden
- Ursache: Lücken und unverklebte Überlappungen in der Luftdichtheitsebene

Hohlräume in leichten Deckenkonstruktionen

- Durch Rückbau nicht mehr benötigter Trennwände entstehen weitere Lücken in der Luftdichtheitsschicht, die ergänzt werden müssen.

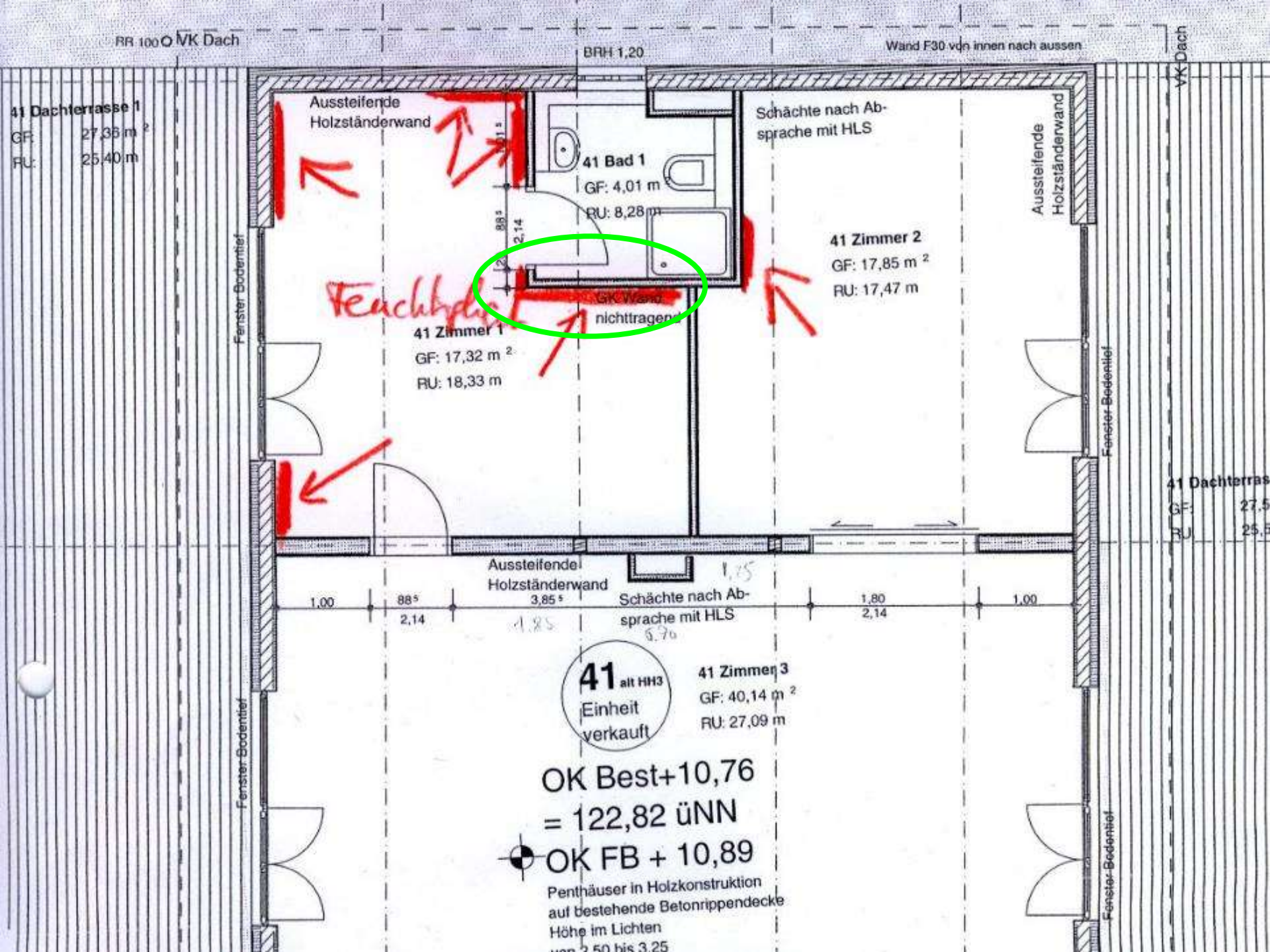


Hohlräume in leichten Deckenkonstruktionen

- Maßnahmen: Abschottung durch Herstellen einer neuen Luftdichtheitsschicht erforderlich

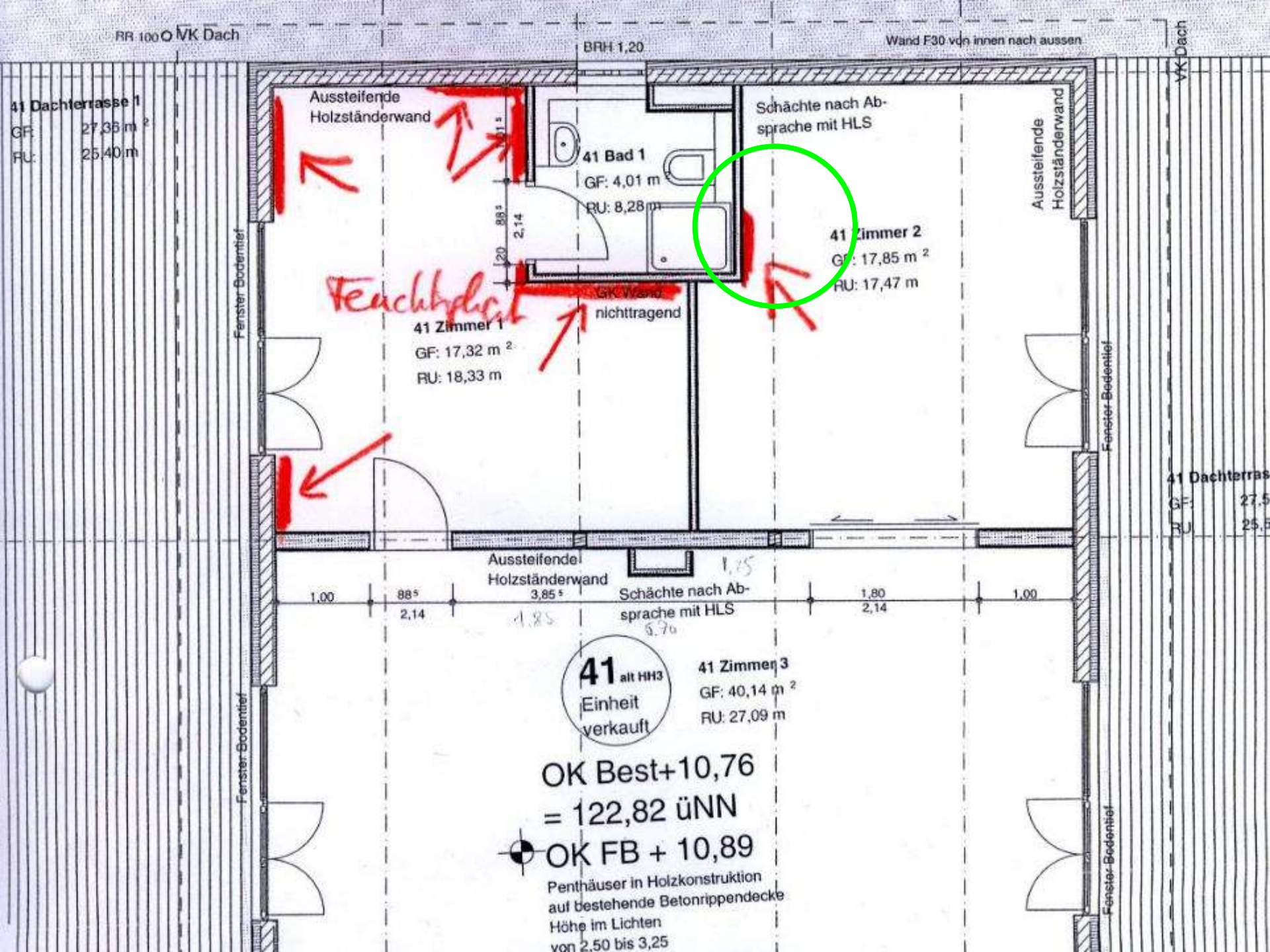
Situation

- Staffelgeschoss eines Mehrfamilienwohnhauses
- Anlass: Allergische Reaktionen der Bewohner


RR 100 O VK Dach
BRH 1,20
Wand F30 von innen nach aussen
VK Dach
41 Dachterrasse 1
GF: 27,35 m²
RU: 25,40 m
Aussteifende Holzständerwand
41 Bad 1
GF: 4,01 m²
RU: 8,28 m
Schächte nach Absprache mit HLS
Aussteifende Holzständerwand
41 Zimmer 2
GF: 17,85 m²
RU: 17,47 m
Feuchtbereich
GK Wand nichttragend
41 Zimmer 1
GF: 17,32 m²
RU: 18,33 m
Fenster Bodentief
Fenster Bodentief
Fenster Bodentief
Fenster Bodentief
41 Dachterras
Aussteifende Holzständerwand
Schächte nach Absprache mit HLS
1,00
88⁵
2,14
3,85⁵
1,85
1,80
2,14
1,00
41 alt HH3
Einheit verkauft
41 Zimmer 3
GF: 40,14 m²
RU: 27,09 m
OK Best+10,76
= 122,82 üNN
OK FB + 10,89
Penthäuser in Holzkonstruktion
auf bestehende Betonrippendecke
Höhe im Lichten
von 2,50 bis 3,25

Hohlräume in leichten Wandkonstruktionen

15 9 2005


RR 100 OVK Dach
BRH 1,20
Wand F30 von innen nach aussen
VK Dach
41 Dachterrasse 1
GF: 27,35 m²
RU: 25,40 m
Aussteifende Holzständerwand
41 Bad 1
GF: 4,01 m²
RU: 8,28 m
Schächte nach Absprache mit HLS
Aussteifende Holzständerwand
41 Zimmer 2
GF: 17,85 m²
RU: 17,47 m
Feuchtbrett
GK Wand nichttragend
41 Zimmer 1
GF: 17,32 m²
RU: 18,33 m
Fenster Bodentief
Fenster Bodentief
Aussteifende Holzständerwand
Schächte nach Absprache mit HLS
1,00
88⁵
2,14
3,85⁵
1,80
2,14
1,00
41 alt HH3
Einheit verkauft
41 Zimmer 3
GF: 40,14 m²
RU: 27,09 m
OK Best+10,76
= 122,82 üNN
OK FB + 10,89
Penthäuser in Holzkonstruktion
auf bestehende Betonrippendecke
Höhe im Lichten
von 2,50 bis 3,25
Fenster Bodentief
Fenster Bodentief
41 Dachterras

15 9 2005

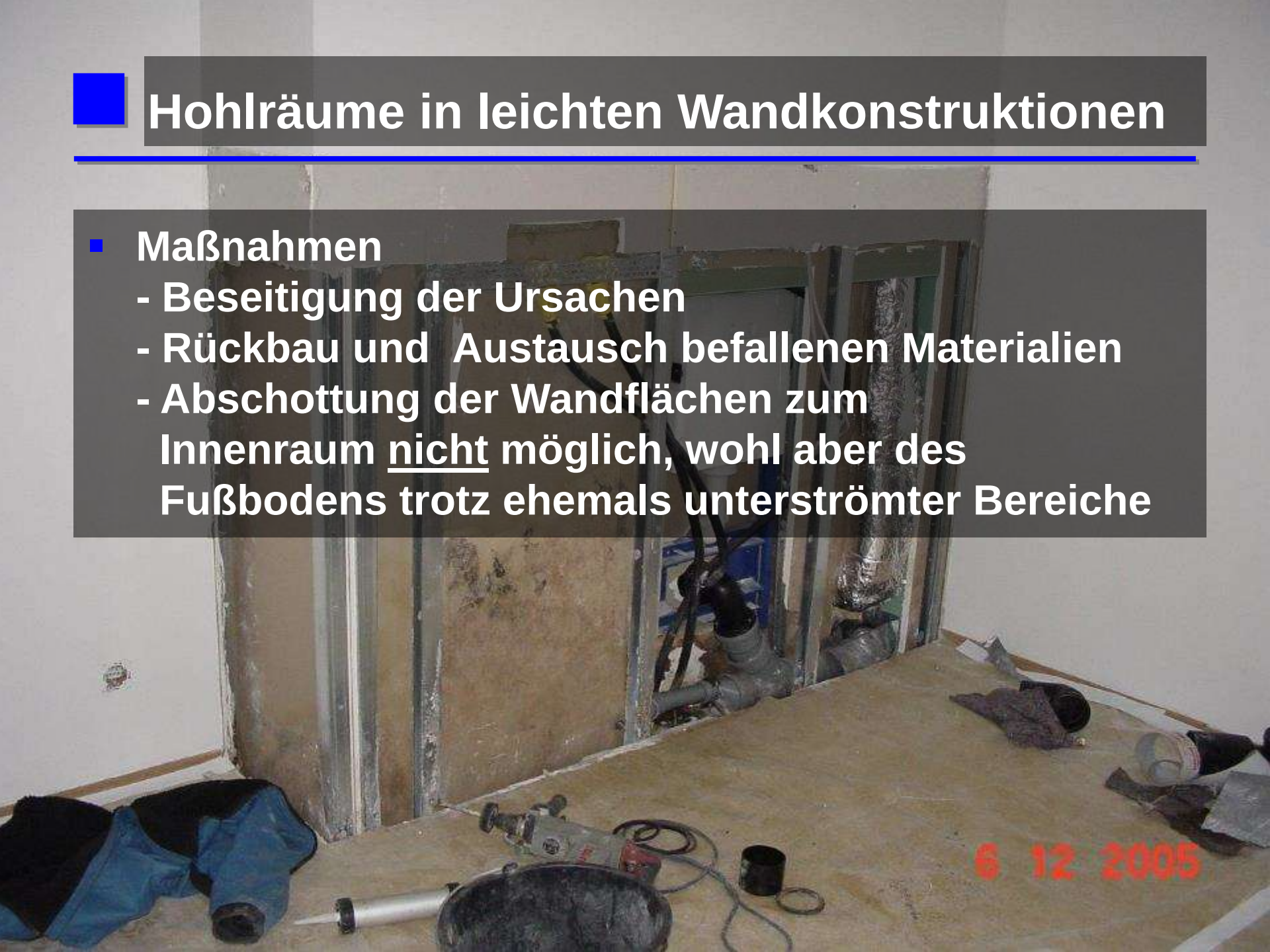
7 9 2005

Hohlräume in leichten Wandkonstruktionen

- **Ursachen des Befalls:**
  Ausführungsfehler bei der Trockenbaumontage

Hohlräume in leichten Wandkonstruktionen

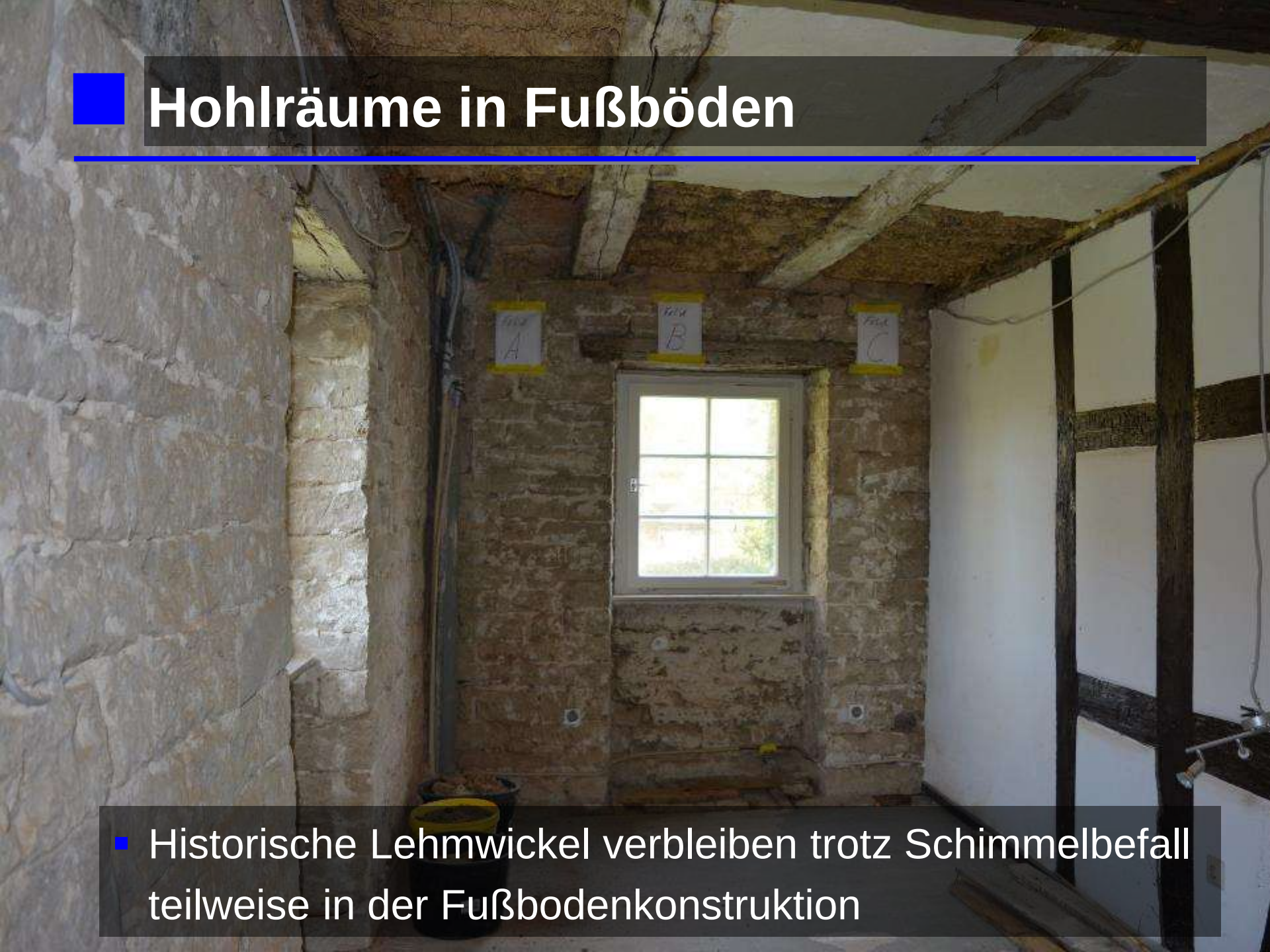
- **Maßnahmen**
  - Beseitigung der Ursachen
  - Rückbau und Austausch befallenen Materialien
  - Abschottung der Wandflächen zum Innenraum <u>nicht</u> möglich, wohl aber des Fußbodens trotz ehemals unterströmter Bereiche



Situation

- Burganlage (teilweise Denkmalschutz) mit Wohnnutzung
- Anlass: Leckage der Heizleitung verursacht Durchfeuchtung des Fußbodens

Hohlräume in Fußböden



- Historische Lehmwickel verbleiben trotz Schimmelbefall teilweise in der Fußbodenkonstruktion

Hohlräume in Fußböden

- Vorgehensweise:
  - Austausch extrem nasser Wickel
  - Trocknung der Bauteile soweit möglich
  - Feinreinigung soweit möglich
- Zustand, der seit mehreren hundert Jahren üblich war, wurde wiederhergestellt! Die Burganlage war noch nie vollständig trocken!

Partikeldichtheit von Baustoffen

- Weisen **<u>übliche Baustoffe</u>** einen ausreichenden **<u>Durchlasswiderstand</u>** gegen den Durchtritt von Keimen und anderen mikrobiellen Partikeln auf ?

- Sind **<u>Estrichrandfugen</u>** oder andere **<u>offene Baukon-struktionen</u>** nachweislich durchlässiger für Sporen und mikrobiell-organische Verunreinigungen ?

- Helfen zusätzliche **<u>Abklebungen</u>**, **<u>Abschottungen</u>** oder etwaige **<u>Filtermaterialien</u>** den Durchlasswiderstand von offenen Baukonstruktionen erkennbar zu verbessern ?

Mikrobiologische Klarstellungen

- **Keine belastbaren Hintergrunddaten** für einen „mikrobiell-hygienisch bauüblichen Gebäudezustand“ und damit **keine gesetzlich bindenden Grenz- und Richtwerte**; als Abweichung von der Norm ist lediglich aktives **Schimmelpilzwachstum** zu sehen

- Der **mikroskopische Nachweis** erhöhter Kontamination bzw. eines strukturierten Schimmelpilzbewuchses bzw. bakterieller Biofilme sowie eine **signifikante Raumluftbelastung** durch Sporen und Partikel sind entscheidend für die hygienische Bewertung

Umweltmedizinische Klarstellungen

- **Keine umweltmedizinische Indikation** für die Analyse von Schimmelpilzen in Innenräumen, da keine schimmelpilzspezifischen Krankheitssymptome (medizinische Differentialdiagnose)
- Forderungen nach der Wiederherstellung eines **„hygienisch geschuldeten Bauzustandes“** müssen damit ähnlich ins Leere gehen wie gesundheitlich relevante Erwartungen an einen **„hygienisch einwandfreien Wohnzustand“** (merkantiler Minderwert)

Maßgebliche Ziele für eine erfolgreiche Schimmelpilzsanierung (BVS-Richtlinie 2014)

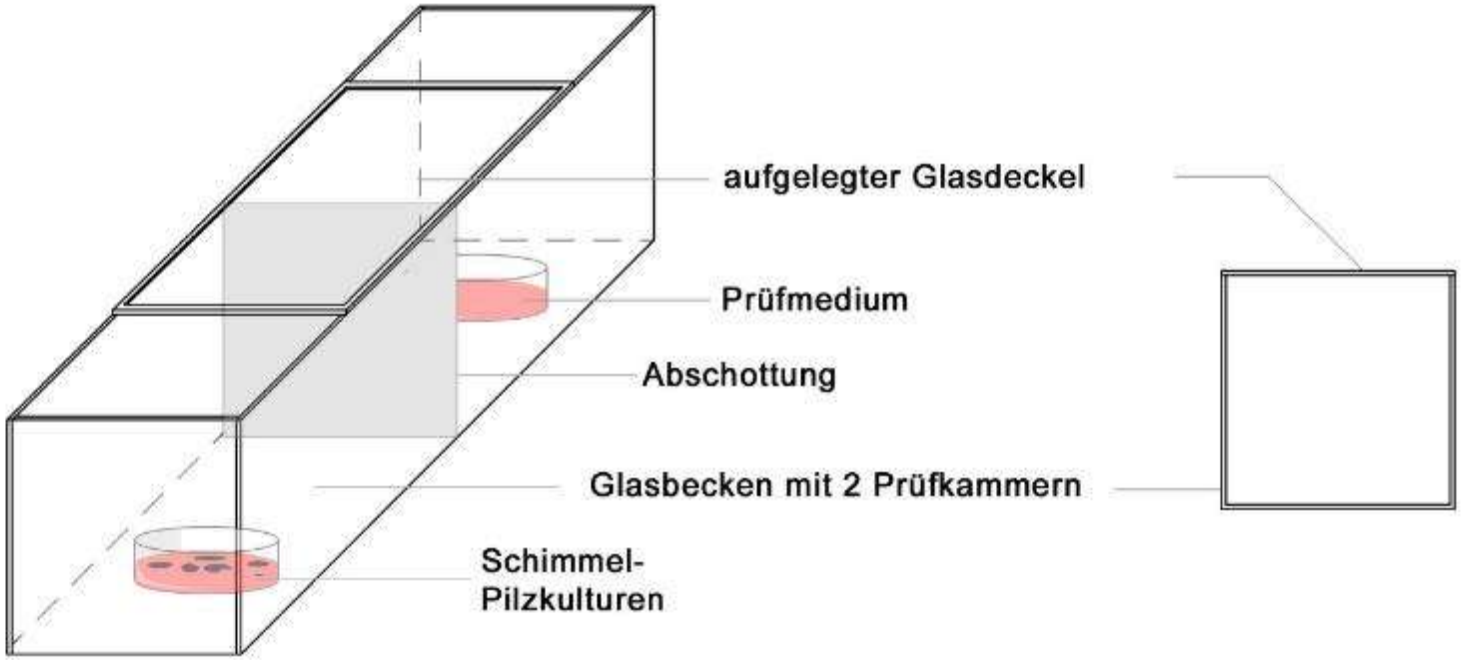
- kein auf die Schadensursache bezogener ***Schimmelpilzbewuchs***
- keine auffälligen **biogenen Raumluftbelastungen** (Lebendkeime, Gesamtsporen, Partikel und Allergene)
- keine **Geruchsbelastungen**
- keine **Feuchtebelastungen**
- Schadensursache grundlegend beseitigt

Partikeldichtheit

- **Welche bauüblichen Stoffe** weisen einen ausreichenden **Durchlasswiderstand** gegen Mikroben auf?
- Ist der Diffusionswiderstand maßgeblich, obwohl die Partikel größer als Moleküle sind?

Laboruntersuchungen

Versuchsaufbau zur Bestimmung der Durchlässigkeiten von Baustoffen: Doppelkammer



AIBau LBW Bioconsult

Versuchsbedingungen

- Einbringen sporulierender Schimmelpilzkulturen bauüblicher Spezies in den „Schwarzbereich“
- Partikeldichte Isolierung von der Laborraumluft
- Inkubation in Ruhe für 7 Tage
  => Untersuchungen im „Weiß“- und „Schwarzbereich“

Versuchsbedingungen

- 2 h Luftbewegung durch 2 Computerlüfter im „Schwarzbereich“
  => Untersuchungen im „Weiß“- und „Schwarzbereich“
- keine auffälligen **biogenen Raumluft-belastungen**
  (Lebendkeime, Gesamtsporen, Partikel und Allergene)
- keine **Geruchs- oder Feuchtebelastungen**

AIBau

LBW Bioconsult

Laboruntersuchungen

Versuchsaufbau zur Bestimmung der Durchlässigkeiten von Baustoffen: Doppelkammer

„Schwarzkammer“

Penicilium chrysogenum
Aspergillus niger
Chaetomium globosum
Rhizopus oligosporus
Aspergillus versicolor

Mikrobiologische Untersuchungen

- Gesamtsporen und Lebendkeimbelastung
- Mikroskopie von Klebefilmpräparaten von Baustoffoberflächen in beiden Kammern

Partikeldichtheit – bauübliche Stoffe

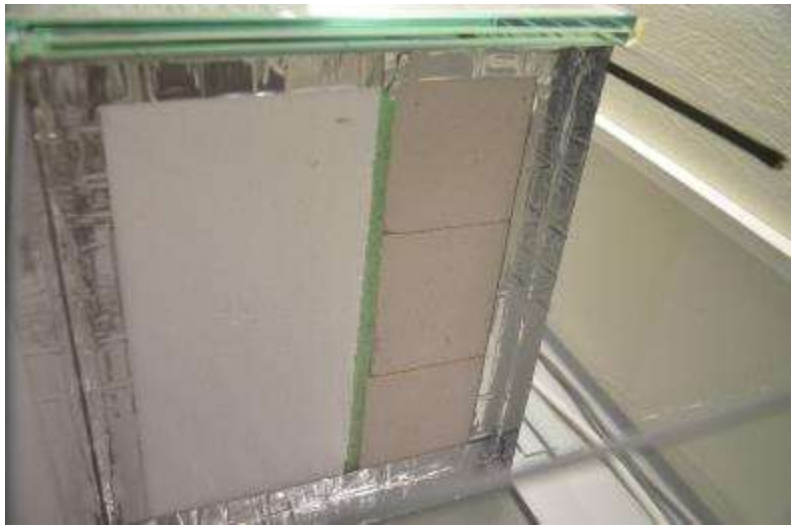
- beschichtete Gipskartonplatten, die in zu Wohnzwecken ausgebauten Dachräumen sehr häufig verwendet werden

Partikeldichtheit – übliche Baustoffe

- Holz (natur, verleimt)
- Holzfaserdämmplatten
- OSB-Platten
- GK-Platten (weiß/grün)
- Fermacell-Platten
- Styropor (EPS / XPS)
- Beton
- Kalksandstein
- Porenbeton
- Dampfsperrfolie
- Bitumen

Partikeldichtheit – Baukonstruktionen

- Estrichrandfuge (geschlossen / offen)
- Estrichrandfuge (Compriband)
- Estrichrandfuge (Filtermaterial)
- GK-Leichtbauwand (verspachtelt)
- Fermacell-Verbund (abgeklebt)



Partikeldichtheit – bauübliche Stoffe

- Mineralwolle, die häufig als Zwischensparren-dämmung verwendet wird
- Baufolien, die z. B. als Luftdichtheitsebenen oder Dampfsperren verlegt werden
- Estriche mit üblichen Belägen, jeweils mit und ohne im Badezimmer üblichen Abdichtungen, die im Verbund mit den Belägen verarbeitet werden
- **Dichtstoffe, die als Verschluss der Randfugen schwimmend eingebauter Estriche verwendet werden**

Zusammenfassung

- Schimmelpilzbewuchs auf Baustoffen innerhalb von Baukonstruktionen ist häufig eine **bauübliche Beschaffenheit ohne Wirkung auf die Raumhygiene**
- In Abhängigkeit der Nutzungsklassen sind damit nach Maßgabe des neuen UBA-Schimmelpilzleitfaden **differenziertere Sanierungsmaßnahmen** möglich

Zusammenfassung

- Sofern anhaltenden Feuchte- und Geruchsbelastungen ausgeschlossen sind, besteht zum Erreichen einer raumlufthygienisch einwandfreien Situation **nicht in jedem Schadensfall** die Notwendigkeit eines Rückbaus
- Erfahrungen aus der **Baupraxis** belegen diese Vorgehensweise und werden durch die bisherigen mikrobiologischen **Ergebnissen des Projektes** gestützt

AIBau LBW Bioconsult

Zusammenfassung

- Im weiteren Verlauf des Projektes werden die Möglichkeiten **alternativer Abschottungstechniken** für offene Baukonstruktionen auf Ihre Wirkung überprüft
- Die laufenden Forschungsarbeiten befassen sich ausdrücklich mit raumlufthygienischen Aspekten und **nicht mit werkvertraglichen Ansprüchen** !

Bewertung bei sichtbarem Schimmel

- visuelle Feststellung des Schadensumfangs (Zahlenwerte nicht absolut zu sehen, sondern als Orientierung, Flächenbezug pro Raum-einheit, punktförmiges Wachstum einzeln bewerten)
- oft keine mikrobielle Untersuchung nötig
- Berücksichtigung der Art des Befalls (aktiv, Altschaden oder Kontamination)

[Leitfaden UBA, 2016]

Bewertung bei sichtbarem Schimmel

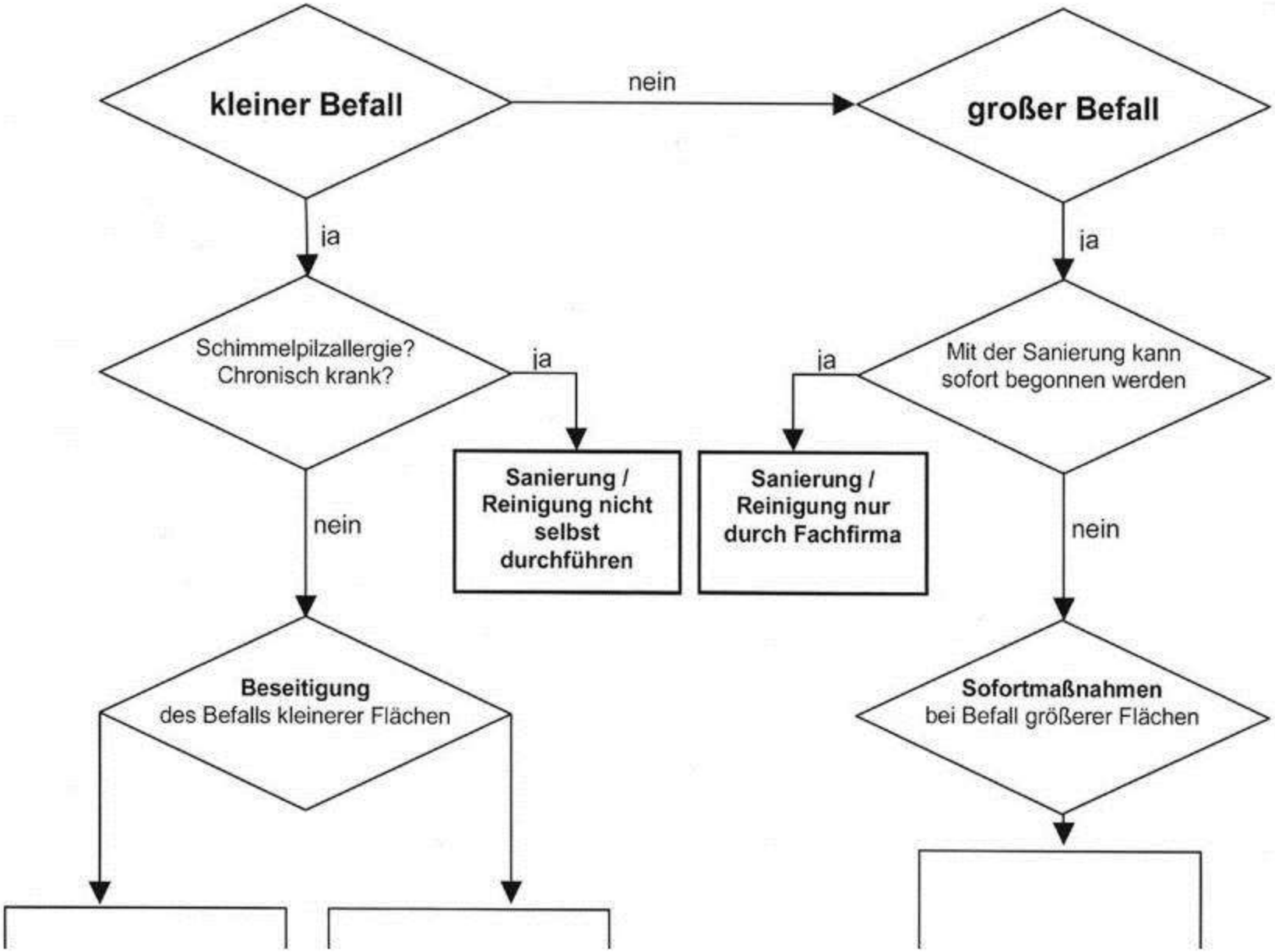
Schadensausmaß	Kategorie 1* Normalzustand bzw. geringfügiger Schimmelbefall	Kategorie 2* Geringer bis mittlerer Schimmelbefall	Kategorie 3* Großer Schimmelbefall
Biomasse	keine bzw. sehr geringe Biomasse	mittlere Biomasse	große Biomasse
Ausdehnung in der Fläche und in der Tiefe	geringe Oberflächenschäden < 20 cm^2	oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m^2, tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	große flächige Ausdehnung > 0,5 m^2, auch tiefere Schichten können betroffen sein

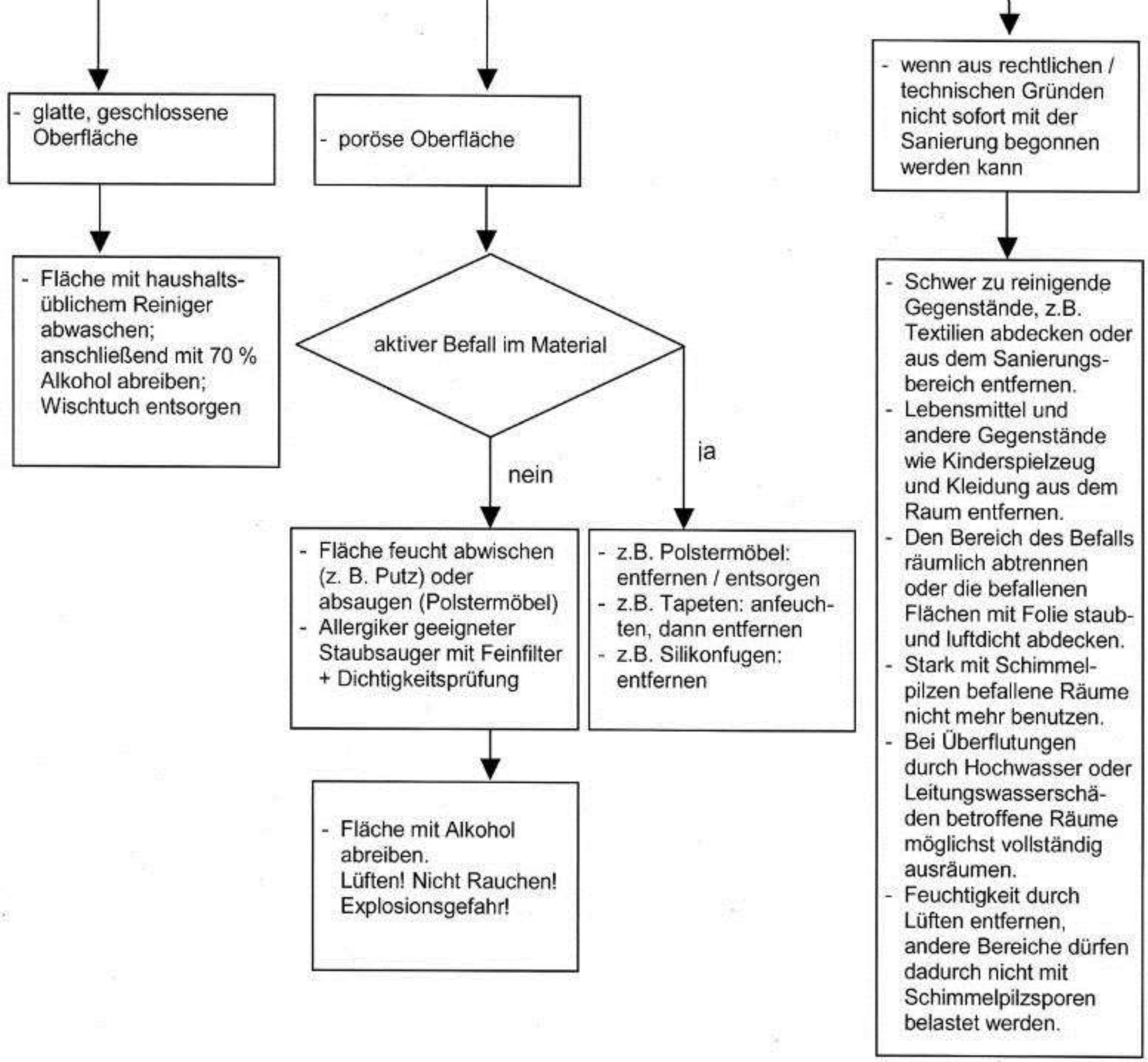
Kategorie 1: Normalzustand bzw. geringfügiger Schimmelbefall
Sofortmaßnahmen sind in der Regel nicht erforderlich. Die Ursache sollte erkannt und Abhilfemaßnahmen eingeleitet werden. Typische Beispiele sind mit Schimmel bewachsene Dichtungen in Bädern und an Fensterfugen oder Schimmelwachstum auf Blumenerde.

Kategorie 2: Geringer bis mittlerer Schimmelbefall .
Die Freisetzung von Schimmelbestandteilen sollte zeitnah unterbunden werden und die Ursache des Befalls mittelfristig ermittelt und beseitigt werden.

Kategorie 3: Großer Schimmelbefall.
Die Freisetzung von Schimmelbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden und die Ursache des Befalls kurzfristig ermittelt und beseitigt werden.

[Leitfaden UBA, 2016]


kleiner Befall
nein
großer Befall
ja
ja
Schimmelpilzallergie?
Chronisch krank?
ja
ja
Mit der Sanierung kann
sofort begonnen werden
Sanierung /
Reinigung nicht
selbst
durchführen
Sanierung /
Reinigung nur
durch Fachfirma
nein
nein
Beseitigung
des Befalls kleinerer Flächen
Sofortmaßnahmen
bei Befall größerer Flächen


- glatte, geschlossene Oberfläche
- Fläche mit haushaltsüblichem Reiniger abwaschen; anschließend mit 70 % Alkohol abreiben; Wischtuch entsorgen
- poröse Oberfläche
aktiver Befall im Material
nein
ja
- Fläche feucht abwischen (z. B. Putz) oder absaugen (Polstermöbel)
- Allergiker geeigneter Staubsauger mit Feinfilter + Dichtigkeitsprüfung
- z.B. Polstermöbel: entfernen / entsorgen
- z.B. Tapeten: anfeuchten, dann entfernen
- z.B. Silikonfugen: entfernen
- Fläche mit Alkohol abreiben. Lüften! Nicht Rauchen! Explosionsgefahr!
- wenn aus rechtlichen / technischen Gründen nicht sofort mit der Sanierung begonnen werden kann
- Schwer zu reinigende Gegenstände, z.B. Textilien abdecken oder aus dem Sanierungsbereich entfernen.
- Lebensmittel und andere Gegenstände wie Kinderspielzeug und Kleidung aus dem Raum entfernen.
- Den Bereich des Befalls räumlich abtrennen oder die befallenen Flächen mit Folie staub- und luftdicht abdecken.
- Stark mit Schimmelpilzen befallene Räume nicht mehr benutzen.
- Bei Überflutungen durch Hochwasser oder Leitungswasserschäden betroffene Räume möglichst vollständig ausräumen.
- Feuchtigkeit durch Lüften entfernen, andere Bereiche dürfen dadurch nicht mit Schimmelpilzsporen belastet werden.

Schimmelsanierung (I)

„Bei glatten Oberflächen (Fliesen, Keramik, Glas, Metall) reicht es, wenn diese mit einem haushaltsüblichen Reiniger abgewaschen werden, …

Im Bad sollen deutlich mit Schimmel befallene Silikonfugen erneuert werden, weil sie in er Regel nicht zu reinigen sind. … Bei leichtem Befall können die Fugen mit Alkohol gereinigt werden.“

[Leitfaden UBA, 2016]

Schimmelsanierung (II)

„Poröse, offenporige Flächen (z. B. verputzte Wände sollen feucht abgewischt und danach mit Alkohol abgerieben werden. …

Bei trockenen Flächen 70%igen Alkohol und bei nassen Flächen 80%igen Alkohol verwenden.

Befallene Tapeten sollen angefeuchtet und immer entfernt werden.“

[Leitfaden UBA, 2016]

Zusammenfassung

Sofortmaßnahmen bei größerem Befall:

*„ … richten sich nach der **Art der Raumnutzung und nach der Dauer des Aufenthalts in den Räumen**.*

*Ob und welche Sofortmaßnahmen sinnvoll und notwendig sind, **muss im Einzelfall** entschieden werden.“*

[Leitfaden UBA, 2016]

Zusammenfassung

Entfernung befallener Materialien:

„Bei der Frage Entfernung befallener Materialien und Bauteile oder ***Abhilfe durch andere Maßnahmen wie Abschotten oder Abdichten*** *ist zu berücksichtigen, wo das Schimmelwachstum auftritt. …“*

[Leitfaden UBA, 2016]

Zusammenfassung

Entfernung befallener Materialien:

„Sowohl die Dringlichkeit der Sanierung als auch die zu ergreifenden Maßnahmen bei der Sanierung selbst hängen von der Frage ***der Raumnutzung ganz entscheidend*** *ab.*

Sanierungsentscheidungen bleiben daher auch immer eine ***Einzelfallentscheidung*** *des / der Sachverständigen vor Ort …“*

[Leitfaden UBA, 2016]

Zusammenfassung

Abschottung als Sanierungsziel:

„Mit Schimmelpilzen bewachsene Materialien, welche fallbezogen nur mit sachverständig begründet unverhältnismäßigem Aufwand entfernt werden können, kann auch eine ***dauerhafte partikeldichte bzw. sporen-dichte Abschottung*** *ein Sanierungsziel darstellen.“*

[WTA-Merkblattentwurf: Schimmelpilzschäden, März 2016]

Ursachen von Schimmelwachstum und Sanierung von Schimmelpilzschäden – Betrachtungen zum Baukörper

- Handlungsempfehlung des Umweltbundesamtes

Dipl.-Ing. Silke Sous, AIBAU Aachen