
WU-Bauwerke Grundlagen - Instandsetzung - Bauphysik

1 Einführung

Die Bauweise "Weiße Wannen" ist eine dem Betonbau vorbehaltene Strategie. Diese wird explizit nicht durch das aktuell noch relevante Regelwerk der DIN 18590 ff. berührt. Die maßgeblichen und aktuellen technischen Grundlagen sind in der Richtlinie des DAfStb von 2003 "Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton" [1] geregelt. Die Richtlinie und ihre zwischenzeitlich erfolgten Erläuterungen [2], [3] können als Allgemein Anerkannter Stand der Technik bezeichnet werden. Sie sind Grundlage und Bewertungsmaßstab für WU-Konstruktionen. Eine bauaufsichtliche Einführung der Richtlinie hat nicht stattgefunden, da die Dichtigkeit einer Konstruktion, egal ob sie auf wasserundurchlässigem Beton ("Weiße Wanne") oder den Möglichkeiten der Abdichtungstechnologie im Regelungsrahmen der DIN 18195 ("Schwarze Wanne") basiert, nach Auffassung des Deutschen Instituts für Bautechnik im Versagensfall keine unmittelbare Gefahr für menschliches Leben und dessen natürliche Grundlagen darstellt. Zudem ist ein Versagen der primären Eigenschaft "wasserundurchlässig" auch für den Laien erkennbar und ermöglicht somit die Chance zur Gefahrenabwehr. Außerdem wäre der bauaufsichtliche Prüf- und Überwachungsaufwand nicht leistbar.

Zur Durchsetzung der Bauordnung der Länder im Sinne des Verbraucherschutzes und der Verantwortung der Hersteller für die Funktionstüchtigkeit von Abdichtungsprodukten existieren konkrete Anforderungen an die Verwendbarkeit, die entweder normativ (DIN EN 1504 bzw. DIN V 18028) geregelt sind oder aber durch allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP) belegt werden müssen. Hier werden auch die technischen Voraussetzungen für die Applikation abgeprüft.

Umfangreiche Untersuchungen zur Dichtigkeit von Beton, insbesondere gegenüber drückendem Wasser, haben zu praktischen Planungs- und Ausführungshilfen im Betonbau geführt [1], die als Allgemein Anerkannter Stand der Technik gelten können. Trotz der einfachen und sicheren Bauweise [2] ist die Nutzung der Untergeschosse auch bei riss- und mangelfreier Errichtung einer Weißen Wanne besonderen Voraussetzungen unterworfen. Insbesondere eine hochwertige Nutzung [3] erfordert raumklimatische Verhältnisse, die sich nur mit zusätzlichen Maßnahmen des Wärme- und Feuchteschutzes realisieren lassen und Planungsaufgaben sind. Die praktische Erfahrung zeigt, dass die einfachen Maßnahmen zwar beim Neubau leicht zu integrieren wären, aber gern vergessen werden. Vor allem die Aufklärung des Bauherrn über die Nutzungseinschränkungen oder aber die alternativ erhöhten Aufwendungen werden vernachlässigt. Gravierend werden die Probleme bei Eigentumswechsel oder Umnutzungen. Der Vortrag zeigt exemplarisch die Folgen auf, wenn bauphysikalische Grundlagen ignoriert werden. Diese reichen bis in den physiologischen Komplex der Wohngesundheit und der Baubiologie. Die nachträgliche Sicherung des Wärme- und Feuchteschutzes ist theoretisch nicht anspruchsvoll, kann aber ausführungstechnisch extrem schwierig und aufwendig werden.

2 Schäden an WU-Bauwerken und Ursachen

Die Schäden an WU-Bauwerken sind so vielfältig wie ihre Ursachen. Hier sollen im Schwerpunkt betonimmanente Schadensursachen eine kurze Betrachtung erfahren, da nur aus deren Kenntnis eine dauerhafte Instandsetzung realisiert werden kann.

2.1 Risse

Die häufigste betonimmanente Ursache für Undichtigkeiten in WU-Bauwerken sind Trennrisse [4] infolge von Zwang. Sie werden unfreiwillig durch Temperaturspannungen, aber auch durch behindertes Schwinden in der Konstruktion erzeugt. Sie müssen den ganzen Querschnitt bis zur wasserzugewandten Seite durchtrennen und wasserführend sein. Ihre Entstehung kann aber auch planmäßig als Entwurfsgrundsatz vereinbart sein, da hier ein deutlicher Kostenvorteil durch die Reduzierung der Bewehrung liegt. Nach Feststellung der Undichtigkeiten werden diese gezielt geschlossen. Neben den mittlerweile bewiesenen Modellvorstellungen von Beddoe und Springenschmid [5], die als Grundlage für WU-Bauwerke aus Beton gelten können, ist es vor allem die Untersuchung von Edvardsen [6], die zeigte, dass druckwasserbeaufschlagte Trennrisse auch dauerhaft heilen können.

Die Rissentstehung ist per se kein Mangel. Allerdings sollten diese und die Verfahrensweise für die Instandsetzung vorab vertraglich geklärt sein, da vor allem die Sensibilität auf Bauherrnseite überaus groß sein kann.

2.2 Gefügestörungen

Während Risse manchmal noch als unerklärlich gelten können, müssen Gefügestörungen als grobe handwerkliche Mängel eingeschätzt werden. Sie entstehen beim Betoniervorgang und führen als sog. Nester zu gravierenden Undichtigkeiten. Der Erfolg jeder Betonieraufgabe ist auf die Abstimmung des Materials und die Ausführung angewiesen. Das Größtkorn muss zum Bewehrungsabstand passen und Betonieröffnungen in der Bewehrung sind planerisch vorzusehen. Die Betonverdichtung ist zwingend und erfordert immer eine Nachverdichtung, um Wasseransammlungen unter groben Gesteinskörnern und der Bewehrung auszutreiben. Nach subjektiver Einschätzung des Verfassers sind 90% aller Elementwände innen viel zu glatt und ein Vornässen der Innenseiten findet in nahezu 100% der Fälle gar nicht statt. In der Folge sind WU-Konstruktionen aus Elementwänden besonders anfällig für Umläufigkeiten und Kiesnester am Wandfuß, die auch durch Fugenbleche nicht mehr geschlossen werden können (vgl. Abb.1).



Abb. 1: Undichtigkeiten am Wandfuß

Aber auch die Zerstörung von Elementwänden bei ihrem Aufbau ist immer wieder ein zusätzliches Risiko, welches Umläufigkeiten verursachen kann. Abb.2 zeigt nur ein Segment einer vielfach gerissenen WU-Konstruktion,



Abb.2: zerstörte Elementwand

welche beim Aufstellen der Elementwände manuell "zerstört" wurde. Das besondere Problem der Instandsetzung von WU-Konstruktionen: Im Gegensatz zu monolithischen WU-Wänden gibt es keinen direkten Zugriff der Instandsetzung auf die Wege des eindringenden Wassers. Diese Schwierigkeit gleicht der Problematik schwarzer Wannen, bei denen Wassereintritt und Wasseraustritt unauffindbar weit auseinanderliegen können.

2.3 Dichtelemente

Ebenso wie Gefügestörungen, die letzten Endes Baufehler sind, so sind vielfach auch Dichtelemente nicht selbst Ursache für Undichtigkeiten, sondern ihr fehlerhafter Einbau, ihre nichtgeprüfte Verwendbarkeit oder ihr Nichtvorhandensein.

Besonders anfällig erscheinen in dieser Beziehung Durchdringungen, deren "technische" Lösung, anders als Fugenbleche und -bänder, die schon eher im Bewusstsein der Ausführungsbetriebe verankert sind, als einfache PVC/KG -Durchführungen oder Mauerkragen ohne abP (nach Prüfgrundsätzen) existieren und in der Instandsetzung unverhältnismäßig viel Aufwand bedeuten können.

3 Instandsetzung von WU-Bauwerken

Soweit nicht das Bemessungskonzept Risse und deren Füllung bereits einplant, ist es die Komplexität der Bauaufgabe, insbesondere die Schnittstellen von der Planung bis zur Ausführung und Überwachung, welche Fehlerquoten und ein Schadensrisiko implizieren. Hier sorgt die WU-Richtlinie vor und gibt in Kapitel 12.3 die Instandsetzungsrichtlinie [7] als Maßgabe für das Füllen von Rissen vor.

3.1 Injektionen

Injektionen mit Kunstharzen oder Zementleim/Zementsuspensionen können Risse und Gefügestörungen dauerhaft gegen durchtretendes Wasser verschließen.

3.1.1 Füllstoffe

Die Regeln der Durchführung sind in der Instandsetzungsrichtlinie [7], aber auch in der ZTV-ING [8] beschrieben. Die Stoffe benötigen die Verwendbarkeitsnachweise nach DIN EN

1504- 5 bzw. DN V 18028. Zahlreiche Produkte sind noch mit einem abP ausgestattet, welches nach Instandsetzungsrichtlinie erteilt wurde.

Die drei hauptsächlichen Stoffgruppen unterscheiden sich in ihrer Anwendbarkeit und eröffnen ein breites Spektrum von Möglichkeiten, die hier nur kurz und pauschal referiert werden sollen und keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, da die Entwicklung schnell fortschreitet und schon qualifizierte Ausnahmeprodukte auf dem Markt sind:

Epoxidharze: EP → Duromerharze, nicht wassertolerant, begrenzt kraftschlüssige Rissfüllung, aber keine Dehnfähigkeit, kein Nachverpressen möglich

Polyurethanharze: PU → Elastomerharze, wassertolerant, keine kraftschlüssige Rissfüllung, aber begrenzt dehnfähig, Nachverpressen möglich

Polyurethanharzschäume: SPUR → geschäumte Elastomere als schnelle temporäre Sofortabdichtung bei Wassereintrüben

Zementsuspension: ZS → Feinstzement und **Zementleim:** ZL → Zement, kraftschlüssig, nicht dehnfähig, mit dem Vorteil der Alkalität bzgl. Korrosionsschutz der Bewehrung und der potenziellen Selbstheilung verpresster Risse, die sich nochmals geöffnet haben.

Die Aufgabe der Injektionstechnologie, die sich hauptsächlich auf die Positionierung von Injektionskanälen, d.h. Bohrloch und Injektionspacker, bezieht, ist die zielgenaue Penetration der gerissenen Betonstruktur mit dem gewählten Injektionsmaterial. Dabei gilt immer, dass sich das eingetragene Material kugelsymmetrisch ausbreiten würde, ihm aber nur die nahezu zweidimensionale Rissstruktur zur Verfügung steht.

Aus dieser Vorstellung ergibt sich die Geometrie der Injektionskanäle in Abhängigkeit von der Bauteildicke bzw. der erforderlichen Eindringtiefe.

3.1.2 Druckinjektion

Mit dem abP ist häufig auch die Verfahrensweise der Applikation festgelegt. Die Hersteller liefern neben den Produkten auch die Anwendungstechnik mit.



Abb. 3: typische Anordnung der

Packer

Die Injektion des Dichtungsmaterials wird über Injektionskanäle und Einfüllstutzen, sog. Packer, unter Drücken bis zu 300 bar vorgenommen. Der zerstörungsfreie maximale Druck kann aus der Betondruckfestigkeit abgeschätzt werden. In Abb. 3 sind Bohrpacker gezeigt, die in die Bohrlöcher im Beton im 45°-Winkel alternierend eingeschraubt und verspannt werden.

Die Verspannung erfolgt zumeist über den Querdruck beim Quetschen einer Gummimanschette gegen die Bohrlochwandung. Die Füllung der Risse erfolgt entgegen der Schwerkraft; bei Austreten des Materials aus dem benachbarten Packer wird auch dort ein Nippel mit Rückschlagventil eingedreht und die Schiebekupplung der Druckpumpe auf diesen Packer umgesetzt. So wird schrittweise die Rissfüllung vorgenommen und gleichzeitig die vollständige Füllung überwacht. Um ein Austreten des Harzes aus dem Riss zu verhindern, wird dieser, nachdem die Packer gesetzt sind, "verdämmt", d.h. mit einer Spachtelmasse oberflächlich verschlossen, die nach erfolgreicher Rissfüllung wieder vom Beton entfernt wird. Gleiches gilt für die Packer. Neben Schraubpackern gibt es auch Schlagpacker, die in die Bohrlöcher eingeschlagen werden, Ausführungen in Metall und Kunststoff. Die Bauaufgabe diktiert die Methode, die Materialien von Packer und Füllgut sowie die Befestigung der Einfüllstutzen. Als Nachteil der Hochdruckinjektion muss die erhebliche Verbundspannung der Einfüllstutzen im Beton und das Risiko von Blockaden im verzweigten Netz der feinen Rissverästelungen angesehen werden, die durch die Kompression der Luft entstehen. Mit nachlassendem Druck entspannt sich die Luft und kann einen Teil des Harzes zurückdrücken.

3.1.3 Niederdruckinjektion

Die Niederdruckinjektion löst dieses Problem und ist für geringere Baustofffestigkeiten geeignet. Die ausreichende Rissfüllung wird mit weniger handwerklichem Aufwand ermöglicht. Eine häufig anzutreffende Applikation erfolgt über die in Abb.4 gezeigten sog. Klebepacker. Entgegen der alternierenden Positionierung der tiefgreifenden Packer (vgl. Abb.3), wird hier direkt in den Rissverlauf injiziert. Die Arretierstifte verhindern einen Verschluss des Risses durch das Klebematerial der Packerbefestigung und werden nach dem Aufkleben der Packer entfernt und die Ventilnippel eingeschraubt. Der Füllvorgang verläuft analog 4.1.1 .



Abb. 4: Arretierstifte im Rissverlauf und aufgesetzte Klebepacker

Im Falle der Anwendung von "Mini-Bohrpackern" im Niederdruckbereich sind lediglich 10mm tiefe Bohrungen $\varnothing 6\text{mm}$ und Injektionsstutzen in Form von Klemmstiften notwendig, um vollständige Rissfüllungen mit minimalem Aufwand zu erzielen. Die Vorgehensweise bei Verdämmung und Verpressung ist identisch.

3.1.4 Qualitätskontrolle

Eine Kontrollprüfung bei begründetem Zweifel ist bei allen Injektionsmaßnahmen angeraten, bei denen es nicht nur um abdichtende Rissfüllungen, sondern um kraftschlüssiges Verbinden und damit um den direkten Bezug zur Standsicherheit geht.

Der Nachweis erfolgt nach Instandsetzungsrichtlinie, aber auch nach ZTV-ING [8], indem an der Mantelfläche kleiner Bohrkerne eine mindestens 80%-ige Rissfüllung bei Rissweiten von 0,1mm (0,2mm bei ZL) nachgewiesen wird. Abb. 5 zeigt ein Beispiel unter UV-Licht, in dem das verwendete PU-Harz hell hervortritt.

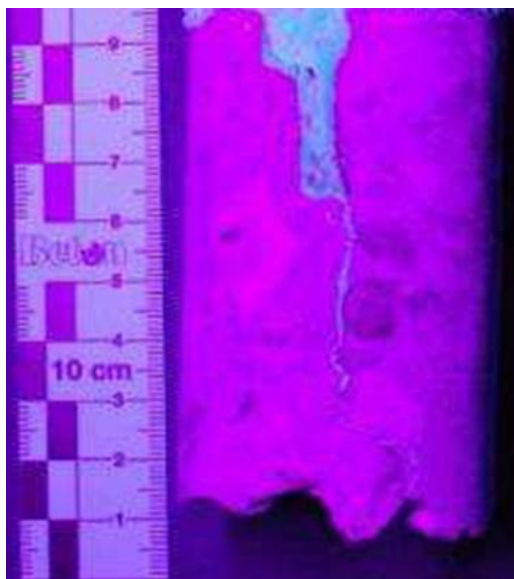


Abb.5: Kontrollprüfung im UV-Licht

3.1.5 Dehnfähiges Verbinden vs. kraftschlüssiges Verbinden

Der Begriff der Rissüberbrückung geht grundsätzlich von ruhenden, unveränderlichen Rissweiten aus. Dies ist in der Realität selten gegeben. Vom Füllstoff Polyurethan (PU) wird eine gewisse Dehnfähigkeit verlangt, um z.B. temperaturbedingte Verformungen schadensfrei zu ertragen. Eine Dehnfähigkeit von 5% bedeutet, dass der Füllstoff eines 0,3mm breiten Risses nur eine Rissbreitenänderung von 0,015mm erträgt. Das sind lediglich $\pm 15\mu\text{m}$ mit der Gefahr einer Versprödung über die Zeit und der Folge erneuter Undichtigkeit der WU-Konstruktion.

Eine kraftschlüssige Rissfüllung hat mangels Dehnfähigkeit ihre Grenzen und muss unter Berücksichtigung der zu erwartenden Verformungen im Bauwerk zusätzlich gesichert werden. Dies kann mit der Applikation von CFK-Lamellen geschehen, die orthogonal zum Riss in den Beton eingeklebt werden, die Steifigkeit der Konstruktion erhöhen und die rissöffnenden Kräfte übernehmen. Als Regelwerk für die in Schlitze eingeklebten CFK-Lamellen gilt die Richtlinie des DAfStb "Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung".

3.2 Instandsetzungen anderer Art

Der Problembereich undichter WU-Konstruktionen ist groß und erfordert häufig mehr als Textsicherheit in Richtlinien. Paracelsus soll den Satz geprägt haben: „Wer heilt, hat recht.“. Für den Bauunternehmer gilt: er schuldet den Erfolg. Das sollte sich im vertragsrechtlichen Rahmen bewegen und ist vielfach durch VOB und BGB auf die allgemein anerkannten Regeln der Technik reduziert. Nun steht aber außer Zweifel, dass auch alternative Bauweisen Erfolg zeitigen und häufig als einzige sinnvolle Möglichkeit zur Verfügung stehen. Diese Verfahren brauchen planerischen Vorlauf, da es tunlich ist, sie durch eine Zustimmung im Einzelfall zu legitimieren. Ohne Bezug zur Standsicherheit braucht es zumindest die Aufklärung des Bauherrn und seiner Erfüllungsgehilfen, um eine alternative Methode vertragskonform zu platzieren.

3.2.1 Abklebungen

Abklebungen zur Instandsetzung von WU-Bauwerken aus Beton sind ein Widerspruch in sich, aber manchmal nicht zu vermeiden. Hier bewegt man sich im Regelwerk der DIN18195 und aller dort verankerten konstruktiven Details. Die Norm regelt im Prinzip eine Bauweise, auch wenn diese nur in Hessen bauaufsichtlich eingeführt wurde.

Die Produkte müssen ihre Verwendbarkeit mit abP nachweisen. Diese werden nach Prüfgrundsätzen des DIBT erteilt. Dichtungsschlämme sind keine Abklebungen und sollten nicht bedenkenlos zur Instandsetzung herangezogen werden, da sie bei von außen drückendem Wasser nur begrenzt zulässig sind. Bandagen über wasserführenden Rissen sind eine zusätzliche Absicherung nach der Rissfüllung, die ggf. geringe Rissweitenänderungen tolerieren.

3.2.2 Flächeninjektion

Bei dieser Methode wird die undichte Konstruktion von innen perforiert und durch die Injektionskanäle, vorzugsweise Hydrogele auf Acrylatbasis, in mehreren Arbeitsgängen nach außen gepresst. Es entsteht ein dichter Kunststoffschleier, der wie eine Hülle das Bauwerk vom Wasser trennt. Voraussetzung ist immer die Eignung des umgebenden Bodens und die Grundwasserverträglichkeit des Acrylats.

3.2.3 Dynamische Kristallisationsvorgänge

In den vergangenen Jahren haben kristalline Abdichtungen Furore gemacht. Zweifellos sind hoffnungsvolle Produkte im Markt, die ihre Eignung ganz praktisch bewiesen haben. So sind z.B. ein Teil der Kellerwände im Alsterhaus in Hamburg, die der Binnenalster zugewandt sind, mit dieser Methode erfolgreich abgedichtet worden. Zwischenzeitlich hat das IKT in Gelsenkirchen für ein solches Material die Eignung zur Sanierung von Abwasserschächten unter Beweis gestellt.

4 Exkurs in die hochwertige Nutzung und bauphysikalische Grundlagen

Im Rahmen des Vortrags werden Ursache und Wirkung von Undichtigkeiten der Gebäudehülle bzw. der wu-Konstruktion und/oder deren Beseitigung nicht besprochen. Ohne Ansehen der Beanspruchungsklasse wird von einer mangelfreien, dichten Konstruktion und der Nutzungsklasse A nach [1] ausgegangen.

4.1 Baufeuchte infolge der verwendeten Baustoffe

Die WU-Richtlinie [1], [2] weist deutlich darauf hin, dass bauphysikalische Überlegungen und Bemessungen nicht in ihrem Regelungsrahmen zu finden sind. Der Beton trägt in ein Neubauvorhaben erhebliche Mengen Wasser und damit Wasserdampf ein. Dieser Vorgang ist naturgegeben und nur durch geeignete Abdichtungsmaßnahmen, wie sie in der nachfolgenden Tabelle beschrieben sind, zu begrenzen.

In der Praxis ist dem Bauherrn dieser Umstand zumeist nicht bekannt. Vor allem die erheblichen Zeiträume, über die sich die Austrocknung des Betons hinzieht, sind für den Laien nicht vorstellbar, zumal sie seine Nutzungsvorstellungen stark eingrenzen können.

Die Trocknung des Betons in Wand und Sohle ist, genau wie bei Zementestrich, aufgrund der Porenstruktur des Zementsteins sehr langwierig. Gipsputze oder Calciumsulfatestriche trocknen sehr viel schneller. Als Konsequenz dieser Eigenschaft muss der Planer bzw. der Nutzer die ungehinderte Austrocknung der Baustoffe gewährleisten oder planmäßig und nachhaltig verhindern.

Tafel 3.35 Mittlere Feuchtestromdichten \dot{m}'_{1a} im ersten Jahr \dot{m}'_{2a} und zweiten Jahr bei baufeuchten Bauteilen aus WU-Beton von 200 mm Dicke mit oder ohne Wärmedämmung sowie mit oder ohne Beschichtung auf der Raumseite mit unterschiedlichen diffusionsäquivalenten Schichtdicken s_d [nach H. Klopfer]

| Situation | \dot{m}'_{1a} in g/(m ² ·d) | \dot{m}'_{2a} in g/(m ² ·d) |
|--|--|--|
| Raumklima 15 °C, 70 %. keine Dämmung: $s_d = 0$ m $s_d = 5$ m $s_d = 10$ m | 6,6 | 4,1 1,1 0,8 |
| Raumklima 20 °C, 50 %. keine Dämmung: $s_d = 0$ m $s_d = 5$ m $s_d = 10$ m | 8,8 | 6,6 3,3 2,2 |
| Raumklima 20 °C, 50 %. 5 cm Dämmung XPS: $s_d = 0$ m $s_d = 5$ m $s_d = 10$ m | 9,9 | 7,1 4,4 3,3 |

Die während der Austrocknung anfallenden Wassermengen sind um eine 10-er Potenz höher als ungünstigstenfalls durch Dampfdiffusion von der Druckwasserseite nach innen transportierte Wassermenge.

Quelle [12]

4.2 Wassereintrag aus der Nutzung

Allein mit der eingangs dargelegten Eingrenzung des Themas auf die Nutzungsklasse A ist eine Differenzierung der Nutzung nicht zu erreichen. In [11] findet sich diese und ist nachfolgend einkopiert:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-------------------|------------------|---|--|--|
| | Unter- klasse | Raum- nutzung | Raumklima (i. d. R.) | Beispiele (informativ) | Maßnahmen ²⁾ (informativ) |
| 1 | A ^{***} | anspruchsvoll | warm, sehr geringe Luftfeuchte, geringe Schwankungsbreite der Klimawerte | Archive, Bibliotheken, Technikräume mit feuchteempfindlichen Geräten (Labor, EDV usw.), Lager für stark feuchte- oder temperaturempfindliche Güter | Wärmedämmung nach EnEV ³⁾ , Heizung, Zwangslüftung, Klimaanlage (Luftentfeuchtung) |
| 2 | A ^{**} | normal | warm, geringe Luftfeuchte, mäßige Schwankungsbreite der Klimawerte | Räume für dauerhaften Aufenthalt von Menschen, wie Versammlungs-, Büro-, Wohn-, Aufenthalts- oder Umkleieräume, Verkaufsstätten; Lager für feuchteempfindliche Güter; Technikzentralen | Wärmedämmung nach EnEV ³⁾ , Heizung, Zwangslüftung, ggf. Klimaanlage |
| 3 | A [*] | einfach | warm bis kühl, natürliche Luftfeuchte, große Schwankungsbreite der Klimawerte | Räume für zeitweiligen Aufenthalt von wenigen Menschen; ausgebaute Kellerräume, wie Hobbyräume, Werkstätten, Waschküche im Einfamilienhaus, Wäschetrockenraum; Abstellräume | Wärmedämmung nach EnEV ³⁾ ; ggf. ohne Heizung, natürliche Lüftung (Fenster, Lichtschächte, ggf. nutzerunabhängig) |
| 4 | A ^{0 1)} | untergeordnet | keine Anforderungen | einfache Technikräume (z. B. Hausanschlussraum) | - |

¹⁾ entspricht der WU-Richtlinie [R1], 5.3 (2), u. U. ist eine Einordnung in Nutzungsklasse B möglich
²⁾ Baukonstruktive Anforderungen an die Zugänglichkeit der umschließenden Bauteile sind immer zu beachten.
³⁾ EnEV: Energieeinsparverordnung [R37]

Quelle [11]

Hier wird deutlich, dass sich die Planung oder die Leistungsbeschreibung nicht allein auf die pauschale Formulierung "Nutzungsklasse A" beschränken kann.

Deshalb muss die Bauherrschaft nach ihren Nutzungen gefragt werden. Die empfohlenen Klimata sind nachfolgend in Abhängigkeit von der Nutzungsklasse dargestellt:

| | 1 Nutzungs- klasse | 2 Bedingungen | 3 relative Luftfeuchte ca. [%] | 4 Temperatur ca. [°C] |
|---|--------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | A* | Nebenträume, Treppenhäuser | 50 bis 70 | 10 bis 15 |
| 2 | | Wäschereien, Schwimmbäder | 80 bis 95 | 20 bis 25 |
| 3 | A** | Wohn- und Arbeitszimmer - im Sommerhalbjahr | 50 bis 70 | 20 (bis 26) |
| | | - im Winterhalbjahr | 30 bis 55 | 20 |
| 4 | | Badezimmer | 50 bis 100 | 24 |
| 5 | | Kaufhäuser | 50 bis 70 | 18 |
| 6 | | Betriebe Werkstätten | 40 bis 50 | 18 |
| 7 | | Theater, Turnhallen | 50 bis 80 | 15 bis 20 |
| 8 | A*** | Arztzimmer, Krankenhäuser | 40 bis 60 | 24 |
| 9 | | Archive | 40 bis 50 | 16 bis 20 |

Quelle [11]

Sie verändern sich im Zuge der Nutzung. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Orientierung, welche Wassermengen in die Raumluft hinein freigesetzt werden.

| | 1 Emittent | 2 Quelle | 3 Emission [g / h] |
|----|----------------|----------------------------|--------------------------------|
| 1 | Mensch | leichte Aktivität | 30 bis 60 |
| 2 | | mittelschwere Arbeit | 120 bis 200 |
| 3 | | schwere Arbeit | 200 bis 300 |
| 4 | Bad | Wannenbad | ≈ 700 |
| 5 | | Duschen | ≈ 2600 |
| 6 | Küche | Koch- und Arbeitsvorgänge | 600 bis 1200 |
| 7 | Wäschetrocknen | 4,5 kg geschleudert | 50 bis 200 |
| 8 | | 4,5 kg tropfnass | 100 bis 500 |
| 9 | Pflanzen | Blumen | 5 bis 10 |
| 10 | | Wasserpflanzen | 6 bis 8 (1 bis 5 [7]) |
| 11 | | Topfpflanzen | 7 bis 15 |
| 12 | | mittelgroßer Gummibaum | 10 bis 20 |
| 13 | Wasserflächen | frei: Teich, Springbrunnen | ≈ 40 g / (m ² h) |
| 14 | | abgedeckt: Aquarium | ≈ 2 g / (m ² h) [7] |

Quelle [11]

Hier wird deutlich, dass in so mancher "Wellness-Oase" im Souterrain sehr große Wasserdampfmengen erzeugt werden, die häufig nur ungenügend durch eine Lüftung abgeführt werden (können).

5 Bauphysikalische Grundlagen

Zur Erläuterung bedarf es nur einiger Beispiele, um den Zusammenhang zwischen der Luftfeuchtigkeit und Temperatur darzulegen.

Bild 1 zeigt den einfachen Fall einer Weißen Wanne, die mit 10°C und 50% relativer Feuchte (r.F.) genutzt wird. Bei einer Oberflächentemperatur von 4°C ergeben sich auf der Oberfläche der Wand 76% r.F. Da sich aber bereits ab 70% einige Schimmelpilzarten entwickeln können, ist ein potenzielles Risiko für Schimmelbefall gegeben.

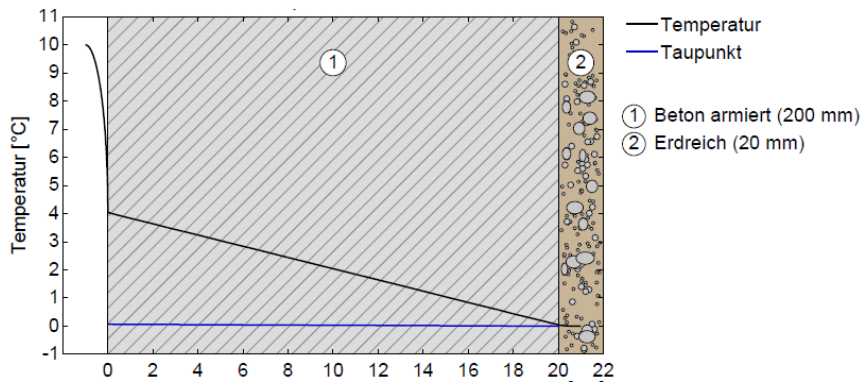


Bild 1: 10°C / 50% r.F.

Das gewählte Klima ist nicht zu Wohnzwecken geeignet. Deshalb wurde in Bild 2 die Temperatur auf 20°C erhöht.

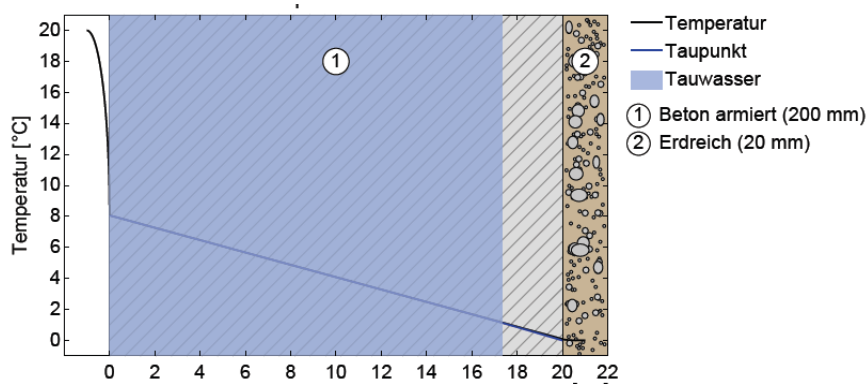


Bild 2: 20°C / 50% r.F.

Nach der Temperaturerhöhung wird die Misere sichtbar. Es fällt Tauwasser auf der Oberfläche aus. Schimmelpilzwachstum ist höchstwahrscheinlich.

Das probate Mittel ist natürlich die außenliegende Wärmedämmung, wie sie in Bild 3 modellhaft appliziert wurde.

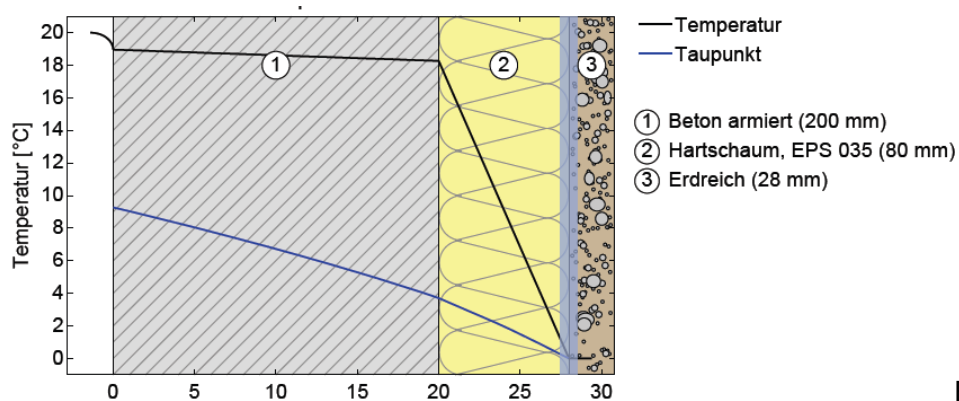


Bild 3: 20°/50%r.F.

Bei einer Oberflächentemperatur von 19°C ergibt sich bei 53%r.F. auf der Wand keine Gefahr eines Schimmelpilzbefalls.

Die Perimeterdämmung ist eine anerkannte Baukonstruktion und für die Planung von nutzbaren Untergeschossen unverzichtbar. Die DIN 4108-3 legt Anforderungen fest.

Aber auch diese muss nach den Nutzungswünschen bemessen werden. Besonders kritisch sind bekanntermaßen Wärmebrücken, wie sie an Fußbodenecken, aber auch am Sohle-Wand-Anschluss durch das punktuell hohe Verhältnis Außenfläche zu Innenfläche auftreten.

Das Detail des Übergangs der Kellerwand zur freien Belüftung stellt hohe Anforderungen an die Ausführung einer Dämmung. **Was im Erdreich noch ausreichend ist, reicht im Kontakt mit der freien Bewitterung nicht mehr aus!**

6 Risiko Schimmelpilzwachstum

Wie exemplarisch gezeigt, stellt das Raumklima als Folge der Nutzungsbedingungen ein mögliches Risiko für Schimmelpilzbefall dar. Insbesondere temporär ausfallende Tauwassermengen bieten dafür eine Basis. Mit Hilfe von ausreichender Lüftung, die insbesondere die relative Feuchte der Raumluft absenken soll (DIN 4108-2: $0,5h^{-1}$), kann das Risiko reduziert werden. Gleiches gilt für die Belüftung von Wänden, indem der Luft freier Zugang gewährt wird und keine Möbel eine Abtrocknung behindern.

Aber: Es ist nach einigen aktuellen Urteilen nicht statthaft, Mieter zur ständigen Wohnungslüftung oder zur Einschränkung der Flächennutzung zu zwingen, nur um die Bausubstanz vor Durchfeuchtung zu schützen.

Der DIN Fachbericht 4108-8 "Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden" greift das Thema ganzheitlich auf, versucht aber den Nutzer/Mieter zum aktiven Gestalter des Wärme- und Feuchteschutzes zu machen, was dem Unkundigen nicht zuzumuten ist [13].

Während Beton durch seine Alkalität Schimmelpilzen kein geeignetes Substrat bietet, finden die Pilze auf Farben und Tapeten reichlich Nahrung. Es wurde sogar festgestellt, dass die Schimmelpilzarten in Bezug zu Ihrer Genese variieren. So tritt *Cladosporium* bevorzugt bei Durchfeuchtungsschäden auf, während *Aspergillus versicolor* eher infolge von Oberflächenkondensation auftritt [14].

Das Risiko, welches mit Schimmel in der hochwertigen Nutzung von Untergeschossen verbunden ist, ist primär die allergisierende Wirkung auf Menschen, also ein gesundheitlicher Schaden [15], [16].

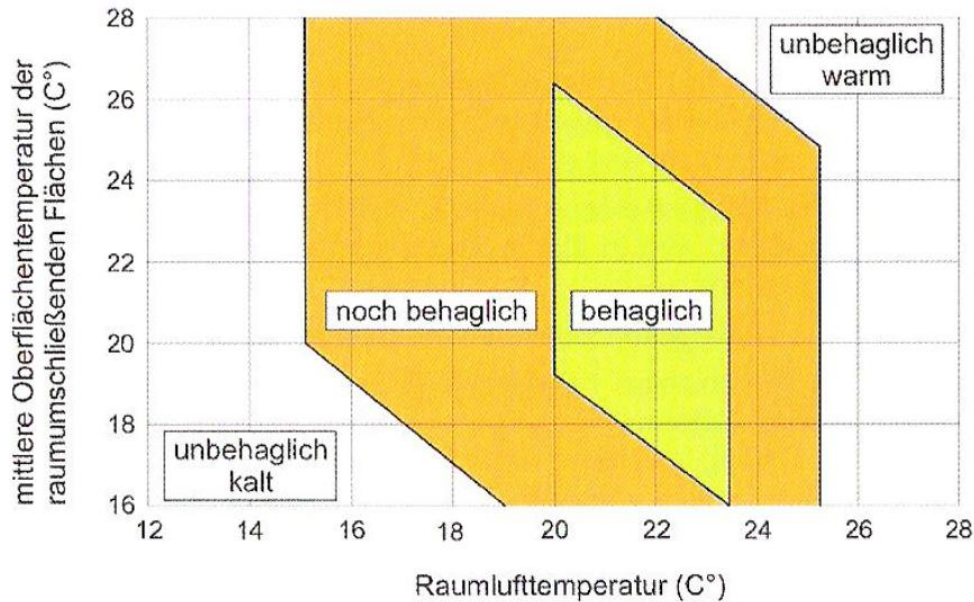
Aber auch der Schimmelbefall auf wertvollen Substraten, wie z.B. Bücher, kann zu persönlichen Verlusten und erheblichem wirtschaftlichen Schaden führen [17].



Typische Schimmelpilzkolonie aus [17]

7 Wohngesundheit und Behaglichkeit

Dass Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit das Wohlbefinden im Raum stark beeinflussen, ist klar. Die Oberflächentemperatur der Wände scheint untergeordnet, hat aber eine überragende Bedeutung für die Behaglichkeit. Diese Behaglichkeit herzustellen, ist, wie im folgenden Bild gezeigt, nur in einem engen Temperaturbereich möglich.



Quelle [3]

Wenn dann infolge einer Umnutzung an eine innenliegende Wärmedämmung gedacht wird, besteht ein hohes Risiko, den Feuchteschutz zu gefährden. Bild 4 zeigt für 20°C und 70%r.F. eine Lösung, die dank der Dampfbremse (2) nur 2,9 M.-% Tauwasser in die Dämmung treibt (3). Eine Menge, die im Sommer austrocknen kann. Ohne die Dampfbremse würde die Dämmung das ca. 100-fache an Tauwasser aufnehmen müssen und im Sommer nicht mehr austrocknen können.

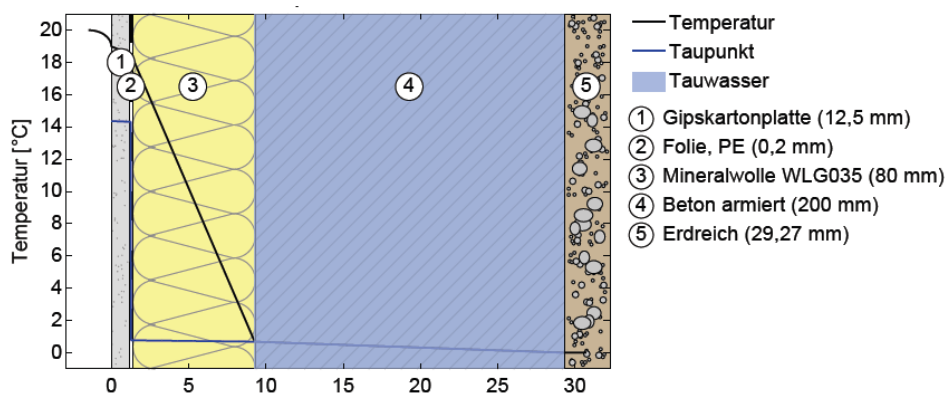


Bild 4: 20°C/70%r.F

An diesem extremen Beispiel wird die "Gefährlichkeit" einer unsachgemäßen Innendämmung für die Konstruktion und die Gebrauchstauglichkeit deutlich. Dabei liegt die Gefahr vor allem in der unzureichenden Sorgfalt der Ausführung. Wenn auch die Innendämmung auf den ersten Blick billiger erscheint, so führt sie zu einem bleibenden Flächenverlust und zu einem über die Zeit zunehmenden Versagensrisiko der Dampfbremse.

8 Zusammenfassung

Die Schäden an WU-Bauwerken sind so vielfältig wie ihre Ursachen. Diese sollten für eine zielsichere nachträgliche Abdichtung im Sinne einer Instandsetzung dem sachkundigen Planer bekannt sein.

Die Regelwerke [2], [7], [8] als allgemein anerkannte Regeln der Technik sind Grundlage für die Bauausführung. Die notwendigen Verwendbarkeitsnachweise der Abdichtungsmaterialien sind grundsätzlich für die Regelkonformität unverzichtbar.

Aber auch alternative Verfahren und Materialien erobern sukzessive den Markt und ergänzen die konventionellen Methoden wirkungsvoll.

Mit dem Anstieg der Grundstückspreise und dem Verzicht auf Flächenverbräuche liegt die hochwertige Nutzung von Untergeschossen im Trend.

Die Anforderungen an die Nutzungsqualität von Untergeschossen werden allein durch die Erwartungen der Bauherrschaft definiert. Diese muss sich zwangsläufig auf die Planungskompetenz verlassen. Der Architekt und Planer versucht den Widerspruch zwischen Erwartung und dem gesetzten Kostenrahmen aufzulösen. Dabei ist in letzter Konsequenz die Aufklärung des Bauwilligen und deren beweiskräftige Dokumentation von größter Bedeutung. Im Falle institutioneller Bauherren gilt dieses gleichermaßen.

Als besonders anspruchsvoll stellen sich Bauaufgaben im Bestand dar. Hier ist die hochwertige Nutzung auch eine Frage des nachträglich zu applizierenden Wärmeschutzes.

In vielen Fällen muss einer "energetischen" Ertüchtigung eines wasserundurchlässigen Kellers eine Schimmelpilz(befall)analyse vorausgehen. Allein die Dämmung und die neuen Klimata sind nicht in der Lage, allergisierende Schimmelpilzsporen zu vernichten [18].

Die handwerkliche Ausführung braucht die konsequente Überwachung. Dies gilt unter dem Aspekt der gesamtschuldnerischen Haftung umso mehr. Angefangen von der Luftdichtheit der Gebäudehülle über die Verwendung normgemäßer oder zugelassener Stoffe bis zur Erfolgskontrolle im resultierenden Energieverbrauch ist der Architekt in der Verantwortung.

Die Rahmenbedingungen der Nutzung und die daraus abgeleiteten Anforderungen an die bauliche Hülle sind weitgehend normativ gestützt (DIN 4108-ff). Die Energieeinsparverordnung in ihrer neuen Fassung - ENEC 2014 - gibt den darüber hinausreichenden Handlungsrahmen vor. Sie gilt grundsätzlich auch für Untergeschosse als Gebäudeteile.

9 Literaturverzeichnis

- [1] DAfStb-Richtlinie "Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)", 2003 incl. Berichtigung 2005
- [2] "Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton", Heft 555, Berlin 2006
- [3] "Wasserundurchlässige Betonbauwerke" Zementmerkblatt H10, 1.2010
- [4] "Risse in Beton" Zementmerkblatt B18, 2.2003
- [5] Beddoe, Springenschmid: Feuchtetransport durch Bauteile aus Beton,
In: Beton-und Stahlbetonbau 94(1999) Heft4, S. 158-166
- [6] C.K. Edvardsen: Wasserundurchlässigkeit und Selbstheilung von Trennrissen
in Beton, In: Heft 455, DAfStb, Berlin 1996
- [7] DAfStb-Richtlinie "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen
(Instandsetzungsrichtlinie)"; 2001
- [8] ZTV-ING, Teil 3 Massivbau, Abschnitt 5 "Füllen von Rissen und Hohlräumen
in Betonbauteilen", 04/10
- [9] DBV-Merkblatt "Hochwertige Nutzung von Untergeschossen-Bauphysik und
Raumklima", Berlin , Januar 2009
- [10] Lohmeyer/Ebeling: Weiße Wannen einfach und sicher, Verlag Bau und Technik, 2009
- [11] "Hochwertige Nutzung von Untergeschossen - Bauphysik und Raumklima" In: DBV-
Merkblatt 2009
- [12] Lohmeyer, Post, Bergmann "Praktische Bauphysik", Vieweg+Teubner, 2010
- [13] Gerken, Holger: Fachbericht DIN 4108-8:2010-09 "Vermeidung von
Schimmelwachstum in Wohngebäuden" in: Der Bausachverständige 5/2012, S. 34
- [14] Klus, Klaus: Anwendung und Umsetzung mikrobiologischer Analyseberichte durch
Bausachverständige in: Der Bausachverständige 4/2013, S. 10
- [15] Schimmelpilz-Leitfaden UBA, 2002
- [16] Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden, UBA 2005
- [17] Ratgeber Schimmel im Haus, UBA, 7/2012
- [18] BVS-Richtlinie zum sachgerechten Umgang mit Schimmelpilzschäden in Gebäuden
2/12