

## Sanierung von Gebäuden nach Hochwasserschäden mit Schadstoffeintrag

### Folgen von Öl- und Schwarzwassereintrag bei Flutschäden und die technische und hygienische Begutachtung von Gebäudekonstruktionen

#### Einleitung

Elementarschäden, verbunden mit öl- und fäkalienhaltigen Verschmutzungen bringen Belastungen durch Mikroorganismen, Schadstoffen und Geruch mit sich. Bei der Sanierung sind daher neben den materialtechnischen Bewertungen die hygienischen Gesichtspunkte besonders zu berücksichtigen. Die Folgen durch Elementarschäden sind 2021 durch die Hochwasserkatastrophen von 40Tsd. auf 210Tsd. Schäden und die Kosten für die Regulierung von 170 Mio. € auf 4,3 Mrd. € explodiert, wobei weitere 4 Mrd. € noch erwartet werden.

Um bleibende Schäden an Gebäudeteilen nach Hochwasserereignissen durch ausgetretenes Heizöl oder eingetragene Fäkalbakterien

zu begrenzen, müssen in und an diesen Gebäuden Sofortmaßnahmen durchgeführt werden. Da im Gegensatz zu Einzelschäden nach lokalen Großereignissen in der Regel weder die technische noch personelle Infrastruktur vorhanden ist, kommt der gutachterlichen Betrachtung und dem Entwickeln von Sanierungsstrategien im Vorfeld dieser Schäden, die teilweise Jahre für eine Regulierung benötigen, eine große Bedeutung zu.

#### Erste Schritte bei Hochwasserschäden

##### *Sofortmaßnahmen bei Ölschäden*

Erste Maßnahme beim Rückgang des Hochwassers, wenn möglich

noch vor Senkung des Wasserspiegels, ist die mechanische Beseitigung des auf dem Wasser schwimmenden Öl. Das Wasser ist erst dann aus- bzw. abzupumpen, wenn der Grundwasserspiegel um das Gebäude gesunken ist. Bei der überwiegenden Zahl der Altbauten in Hochwasser gefährdeten Gebieten sind Keller, Böden und Wände meist nicht in der Lage, höheren seitlichen Wasserdruck aufzunehmen. Ölbindemittel und -materialien kommen dort zum Einsatz, wo lediglich dünne Ölfilme aufgenommen werden müssen. Zu diesen Materialien zählen Aufsaugtücher, Aufsaugmatten, Absorberwürfel und -schläuche und lose Bindemittel (z.B. Polyurethanschaumwürfel, Torf, Kiefernborke etc.).

Damit das Mauerwerk schneller austrocknen kann, sollte der Putz bis auf eine Höhe von etwa 30 cm oberhalb des höchsten Wasserstandes abgeschlagen werden bzw. sind der Wand vorgelagerte Gipskartonplatten bzw. Holzverschalungen zu entfernen.

##### *Sofortmaßnahmen bei Schwarzwasserschäden*

Es handelt sich bei Fäkalwasser um Abwasser, das menschliche oder tierische Ausscheidungen enthält, oder mit diesen in Berührung stand. Somit fällt z. B. auch Urinalabwasser in diese Gruppe, obwohl es keine Fäkalien enthält.



Abb. 1: gebäudeerhaltend: Durchführung von Sofortmaßnahmen (© Blei-Institut)

Bei Fäkalwasserschäden kommt es unmittelbar mit dem Wasseraustritt zu einer Belastung mit Mikroorganismen.

Suspendierte Bakterien, z.B. *Staphylococcus* sp., *Streptococcus* sp., *Pseudomonas* sp. und *Escherichia coli*, können sich innerhalb von wenigen Minuten anheften. Stark anhaftende Mikrokolonien bilden sich innerhalb von 2–4 Stunden und der Biofilm kann innerhalb von 6–12 Stunden zunehmend toleranter gegenüber Bioziden, z.B. Antibiotika, Antiseptika und Desinfektionsmitteln werden. Innerhalb von 2–4 Tagen, in Abhängigkeit von Spezies und Wachstumsbedingungen, existieren voll ausgereifte Biofilm-Kolonien. Maßnahmen, die bei bakteriell bedingten Belastungen sofort nach der Schadenentdeckung zu einer Schadenminimierung beitragen, sind die Aufnahme des fäkalhaltigen Abwassers, die Reinigung belasteter Oberflächen, ggf. belastete Oberflächen abkleben oder mit diffusionsoffenen Platten abdecken, damit der Raum weitergenutzt werden kann und die Herstellung einer natürlichen Lüftung bzw. Betrieb technischer Luftentfeuchtung zur Vermeidung von Folgeschäden.

### **Begutachtung durch den Sachverständigen vor Ort**

Bei Ölschäden sollte in erster Linie eine Diagnose erfolgen, ob sich noch Ölrückstände in den jeweiligen Bauteilen befinden. Wenn sich Mineralölbestandteile in Bauteilen eingelagert haben,

ist es wichtig zu wissen, wo und wie tief sie sich befinden. Erst dann sollte entschieden werden, welche Sanierungsmethode am sinnvollsten ist. Zur Feststellung des Kontaminationsgrades stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung. Einerseits einfach die sensorische Geruchsprüfung, andererseits labortechnische Methoden.



Abb. 2: Entkernungsmaßnahmen Keller (© Blei-Institut)

Bei offensichtlichen Fäkalwasserschäden ist eine Beprobung grundsätzlich nicht erforderlich, es sei denn zur Abgrenzung der lediglich von Feuchtigkeit betroffenen Flächen des Sanierungsbereichs von denen, die mit Fäkalkeimen verunreinigt sind. Sofern unklar ist, ob bei einem Abwasserschaden Fäkalwasser beteiligt ist, sollte eine Begutachtung und Beprobung möglichst kurzfristig nach Entdeckung des Schadens erfolgen.

Oberflächenproben können zur Beurteilung des hygienischen Zustandes von Oberflächen im Schadenbereich sinnvoll sein. Diese werden in der Regel mittels Abstrichproben entnommen. Die aussagekräftigste Methode ist die Entnahme von Materialproben

(z.B. in Estrich-Dämmschichten). Diese Proben werden durch Bauteilöffnungen oder Kernbohrungen entnommen. Da die untersuchten Bakterien kaum luftgängig sind, trägt eine Untersuchung der Raumluft zur Beurteilung der Belastung des Gebäudes wenig bei und ist daher ungeeignet.

Sofern bei einem frischen Fäkal-

wasserschaden freies, organisch belastetes Schadenwasser vorhanden ist, kann ein Nachweis von coliformen Bakterien oder Enterokokken auch durch Probenahme und Untersuchung des belasteten Wassers erfolgen.

Für die Konzentrationen von belasteten Materialproben bestehen keine Richt- oder Grenzwerte. Auf Basis der Laborergebnisse ist einzelfallbezogen unter Einbeziehung der Verhältnisse vor Ort zu entscheiden, welche Maßnahmen erforderlich sind. Die Ergebnisse zeigen, dass Enterokokken auf Grund der deutlich geringeren Nachweisrate als Indikator für Fäkalbelastungen der Estrichdämmschicht offenbar nur unzureichend geeignet sind. Trotz der hohen Umweltresistenz dieser

Bakteriengruppe ist daher bei Abwasserschäden eine alleinige Untersuchung von kontaminierten Materialien auf diese Mikroorganismen nicht zu empfehlen.

### **Sanierungsmaßnahmen von durch Öl verunreinigte Baumaterialien**

In vielen Kumulschäden ist der durch ausgeflossenes Öl verursachte Schaden am Gebäude so hoch, dass selbst ein Bauteiltausch aufgrund des hohen Aufwandes nicht mehr sinnvoll ist und das Gebäude komplett oder teilweise abgerissen werden muss.



*Abb. 3: sofortige Aufnahme von Ölverschmutzungen (© Blei-Institut)*

Je länger das Hochwasser dauert, desto länger ist der Heizölkontakt der Baustoffe und desto tiefer kann das Öl eindringen. Bei kurzfristigem Anstieg des Wasserstandpegels kann häufig davon ausgegangen werden, dass die Kontamination bei Massivbauweise rein oberflächlich ist.

### *Mikrobieller Abbau*

Es ist bekannt, dass Mikroorganismen in der Lage sind, Ölkontaminationen in der Umwelt als Kohlenstoffquelle zu nutzen. Bisher wurden bei Ölkatastrophen häufig Chemikalien eingesetzt, um das Öl aufzulösen, dadurch leichter abbaubar zu machen und von Oberflächen zu entfernen.

Die Wissenschaft sucht zurzeit nach Wegen, wie die natürlichen Abbauprozesse beschleunigt werden können. Ein PAK-Abbau kann neben dem Abbau von MKW vermutet, jedoch nicht eindeutig belegt werden. Die zum Kauf angebotenen Mittel sind wässrige

Lösungen von oberflächenaktiven Substanzen (Tensiden) und dem sogenannten „Bio-Aktivatoren“. Der Einsatz von diesen Produkten in Gebäuden ist im Moment nur in Einzelfällen als sinnvolle Ergänzung zu den diversen anderen Verfahren zur Bekämpfung von Kontaminationen möglich.



*Bild 4: Kernbohrungen (© Blei-Institut)*

### *Kombinierte mikrobiologisch-chemische Bauteilreinigung*

Eine andere Methode stellt das Auswaschen des Öls aus Hohlräumen in Decke und Mauerwerk mittels oberflächenaktiver Substanzen (Tensiden) und der mikrobielle Abbau der Ölbestandteile in der Waschlösung dar. Die ölgetränkten Bauteile werden angebohrt und man versucht, das Öl durch ständiges Fluten mit in heißem Wasser gelösten Tensiden herauszuwaschen. Dieser Vorgang ist zwei Wochen lang ca. alle drei Tage durchzuführen, da durch die Beseitigung des Öls an der Oberfläche ein Konzentrations-Gradient erzeugt wird, der bewirkt, dass die im Poreninneren liegenden Kohlenwasserstoffe an die Oberfläche gelangen, welche bei Wiederholung der Flutung herausgewaschen werden können.

Die Wirksamkeit in geschlossenen Systemen beschränkt sich auf eine oberflächliche Reinigung.

### *Photokatalyse*

Hier wird mit einem Katalysator, meist Titanoxid, durch Licht und Sauerstoff eine chemische Reaktion angeregt. An die Oberfläche diffundierendes Heizöl soll

photokatalytisch in Kohlendioxid und Wasser umgewandelt werden. Bei oberflächlicher Ölverunreinigung, wenn das Heizöl nur kurzen Wandkontakt hatte und nicht in das Mauerwerk eindringen konnte, wird die kontaminierte Wand bzw. Decke mit Farben gestrichen. Dadurch entfällt z.B. für Garagen oder Industriehallen die zeit- und kostenaufwändige Entfernung des Verputzes. Tiefer eingedrungenes Öl kann mit dieser Methode nicht erreicht werden.

#### *Verwendung von Chemikalien*

Auf dem Markt werden diverse Chemikalien angeboten, die sich laut diverser Herstellerangaben zur Entfernung von Ölflecken auf massiven Bauteilen eignen. Nach einer von Verschmutzungsgrad und Temperatur abhängigen Einwirkzeit sollen gemäß Angaben im Bauteil gebundene Kohlenwasserstoffe gelöst und an die Oberfläche transportiert werden. Aufgrund vieler durchgeführter Untersuchungen kann festgehalten werden, dass nach Anwendung dieser Methode vermehrt neue Kohlenwasserstoffe in den Bauteilen vorhanden sind. Es wird daher geraten, diese Wirkstoffe zur großflächigen Ölbeseitigung nur von Spezialisten und im Einzelfall einzusetzen.

#### *Bauteiltausch im Massivbau*

Bauteiltausch bedeutet, sämtliche mit Öl verunreinigten Bauteile zu entfernen und zu ersetzen. Aufgrund der kapillaren Saugkraft wird das möglicherweise in der Decke vorhandene Öl auch Tage nach Rückgang des Hochwassers



*Abb. 5: Zerstörung der Polystyrol-Dämmung durch Leichtöl (© Blei-Institut)*

von den an die Decke grenzenden Baustoffen absorbiert.

#### *Bauteiltausch im Leichtbau*

Bei Wänden in Leichtbauweise bedeutet ein Bauteiltausch das partielle Entfernen der Gipskartonbeplankung und des oft chemisch zerstörten oder geschädigten Dämmmaterials sowie ein Entfernen der mit Öl getränkten Holzteile. Dies ist gemeinsam mit einem Statiker durchzuführen, wenn es sich bei den Holzteilen um tragende Elemente handelt.

#### *Technische Trocknung*

Durch Belüftung der ölkontaminierten Bauteile werden nicht nur Teile der gesundheitsschädlichen Ölreste aus dem Wohnbereich geleitet, sondern auch die Restfeuchtigkeit des Hochwassers abtransportiert. Diese Reduktion der Feuchtigkeit im Gebäude unterstützt die Vermeidung von Schimmelpilzbildung. Obwohl Lüften,

Heizen und Entfeuchten nicht als Maßnahmen zur Ölschadensbekämpfung angesehen werden können, sind es wichtige begleitende Schritte, um die Räume begehbar zu machen und dadurch weitere Maßnahmen zu ermöglichen.

Ist ein Rückbau, wie z.B. bei historischen Gebäuden nicht möglich, sind bei tief in die Bauteile eingedrungenen Heizölbestandteilen unter Umständen mehrere Monate bis Jahre notwendig, um das mit Öl getränkte Bauteil durch Beheizung und Belüftung und begleitende Sanierungsmethoden in einem absehbaren Zeitintervall wieder soweit frei von Ölbestandteilen zu bringen, sodass ein Nutzen des Gebäudes zumutbar ist.

#### *Hochdruckreinigung*

Bei der Hochdruckreinigung wird das kaum oder nur wenige Millimeter tief in den Bauteil eingedrungene Öl durch spezielle Reinigungsgeräte abgewaschen.

Je nach zu reinigendem Material wird mit einem Druck von 50 bis 200 Bar gearbeitet. Als Reinigungsflüssigkeit dient Wasser, dem eine die Oberflächenspannung lösende Substanz beigemischt wird. Es besteht die Gefahr, dass das an der Oberfläche befindliche Öl aufgrund des starken Drucks weiter in das Bauteil eindringt.

#### *Abdichten*

Die ölkontaminierten Bauteile werden ähnlich wie bei Belastungen mit PAK (polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen) durch mit Aluminium beschichtete Abdichtungen eingehaust und so Ölbestandteile und -gerüche von den bewohnten Räumen ferngehalten. Aluminium wird deshalb eingesetzt, da sowohl reine Bitumen- als auch PE-Abdichtungen von den Öldämpfen angelöst und unter Umständen durchdrungen werden können.

Das während des Hochwassers ausgetretene, in Bauteile eingedrungene Heizöl verbleibt allerdings bei dieser Methode im Gebäude. Ein Restrisiko, dass sich mit der Zeit Undichtigkeiten ausbilden, ist auch bei korrekter Verarbeitung der Materialien nicht auszuschließen. Außerdem können unter Umständen Öldämpfe an anderer Stelle durch kapillaren Transport und Diffusionseffekte austreten. Durch Bewegungen des Baukörpers oder Alterung werden unter Umständen Verbindungen gelöst, was zu Undichtigkeiten zwischen den ölkontaminierten Bauteilen und den dem Innenraum zugewandten Materialien

führen kann.

#### *Abflämmen oder Heißluftbehandlung*

Durch die Beseitigung des Öls an der Oberfläche wird ein Konzentrations-Gradient erzeugt, der bewirken soll, dass die im Poreninneren liegenden Ölreste an die Oberfläche diffundieren. Extraleichtes Heizöl, das wie Dieselkraftstoff zur Gruppe der Mitteldestillate gehört, weist einen Flammpunkt von 55 °C auf und siedet zwischen 200 °C und 360 °C. Tief eingedrungenes Öl kann mit dieser Methode nicht erreicht werden.

#### **Sanierungsmaßnahmen bei Fäkalschäden**

Die grundlegenden Ziele bei der Sanierung von Fäkalwasserschäden sind neben der Beseitigung der Schadenursache und einer vollständigen Trocknung, die Beseitigung von Ablagerungen

oder Verunreinigungen am und im Material, die sichere Verhinderung eines Kontaktes mit kontaminierten Oberflächen oder Baustoffen, die sichere und dauerhafte Beseitigung und Vermeidung einer Geruchsbelästigung. Diese Ziele können durch Reinigungs-, Desinfektions- und/oder Rückbaumaßnahmen erreicht werden. Grundsätzlich sind bei der Sanierung von Fäkalschäden dieselben Maßnahmen und Sanierungstechniken einsetzbar, wie sie bei den Schritten der Sanierung von Schimmelpilzschäden gemäß VdS 3151 aufgeführt sind. Auch aus Gründen der Nachhaltigkeit ist der Erhalt von Bausubstanz gegenüber dem Rückbau grundsätzlich zu bevorzugen. Daher ist vor dem Entfernen von Materialien deren Sanierbarkeit zu prüfen.

Beim Einsatz von Desinfektionsmitteln dürfen nur zulässige Biozide zum Einsatz kommen. Diese sind an der oder einer Zulassungsnummer zu erkennen. Desinfektionsmittel können bakterizide, fungizide, sporizide und



Abb. 6: Laboruntersuchungen an Dämmstoffen (© Blei-Institut)

viruzide Wirkung besitzen und darüber hinaus auch geruchsneutralisierend eingesetzt werden. Die gängigsten Desinfektionsmittel für diese Anwendung beruhen auf dem Wirkstoff Wasserstoffperoxid. Eine Datenerfassung zur Desinfektionswirkung und Sanierungsfähigkeit von Estrichdämmschichten im Blei-Institut 2021/22 hat gezeigt, dass bei 300 Materialproben aus 80 Objekten u.a. nach Fäkal-, Elementar-, Abwasserschäden für ca. 80% aller Fußbodenkonstruktionen anhand der Analysenergebnisse der untersuchten Konstruktionen primär kein Rückbau erforderlich war. Von den behandelten Konstruktionen konnten durch Trocknungs- und Reinigungs-/Desinfektionsmaßnahmen 97% erfolgreich saniert werden. Es war bei allen Untersuchungen eine vollständige Minimierung der Konzentrationen an coliformen Bakterien, eine Reduzierung der Konzentrationen an Schimmelpilzen im Bereich 104 KBE/g oder niedriger ( $\emptyset$ -Ausgangskonzentrationen deutlich  $>105$  KBE/g) und eine Reduzierung der Konzentrationen an Bakterien im Bereich 105 KBE/g oder niedriger ( $\emptyset$ -Ausgangskonzentrationen deutlich  $>107$  KBE/g) nach erfolgter einmaliger Behandlung erreicht worden. Der Anteil an Polystyrol- und/oder EPS-Dämmung betrug 87% (aus technischer Sicht grundsätzlich trocknungsfähige Materialien).

#### *Behandlung mit Ozon*

Zur Beseitigung geruchlicher Belastungen infolge von Fäkalwasserschäden bieten sich verschiedene Methoden an. Die oxidative



*Abb. 7: Schaumverfahren auf Wasserstoffperoxidbasis (© Blei-Institut)*

Eigenschaft von Ozon ( $O_3$ ) kann dazu genutzt werden, um bei einer Geruchsbehandlung organische Verbindungen zu neutralisieren. Da Ozon zu den stärksten Oxidationsmitteln gehört, ist bei dessen Einsatz in der Sanierung zwingend auf die Konzentration zu achten, um mögliche Materialschädigungen zu vermeiden.

#### *Behandlung mit Peroxiden*

Verwendet werden zur Reinigung und Geruchsneutralisation oft Mittel auf Basis organischer Peroxide oder Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ), welche als Aerosol in den Raum eingebracht werden. Durch deren oxidative Eigenschaften werden die unerwünschten Gerüche nicht wie bei anderen Mitteln überdeckt, sondern es findet eine chemische Reaktion mit den Geruchsmolekülen statt, bei der diese oxidiert werden. Dadurch werden neben den Reinigungseffekten die Gerüche neutralisiert.

#### *Wärmebehandlung*

Durch die gezielte Erwärmung

von Bauteilen oder der Raumluft werden chemische Verbindungen volatiler und entweichen dadurch leichter aus dem Baustoff in die Raumluft. Begleitet durch wiederholte Lüftungsmaßnahmen ist es so möglich, geruchlich wahrnehmbare Verbindungen aus den Baustoffen in die Raumluft zu überführen und abzuleiten.

#### **Erfolgskontrolle bei Sanierungen**

Für die Erfolgskontrolle einer Sanierung ist zu überprüfen, ob die vereinbarten Sanierungsmaßnahmen ordnungsgemäß durchgeführt und dadurch alle Sanierungsziele dauerhaft erreicht worden sind.

Alle verbleibenden Bauteile müssen erfolgreich getrocknet sein, d.h. die typische Ausgleichsfeuchte muss dauerhaft erreicht sein. Erkennbare Verunreinigungen und schadenbedingte Beaufschlagungen dürfen nicht mehr vorliegen.

Die sanierten Räume und die

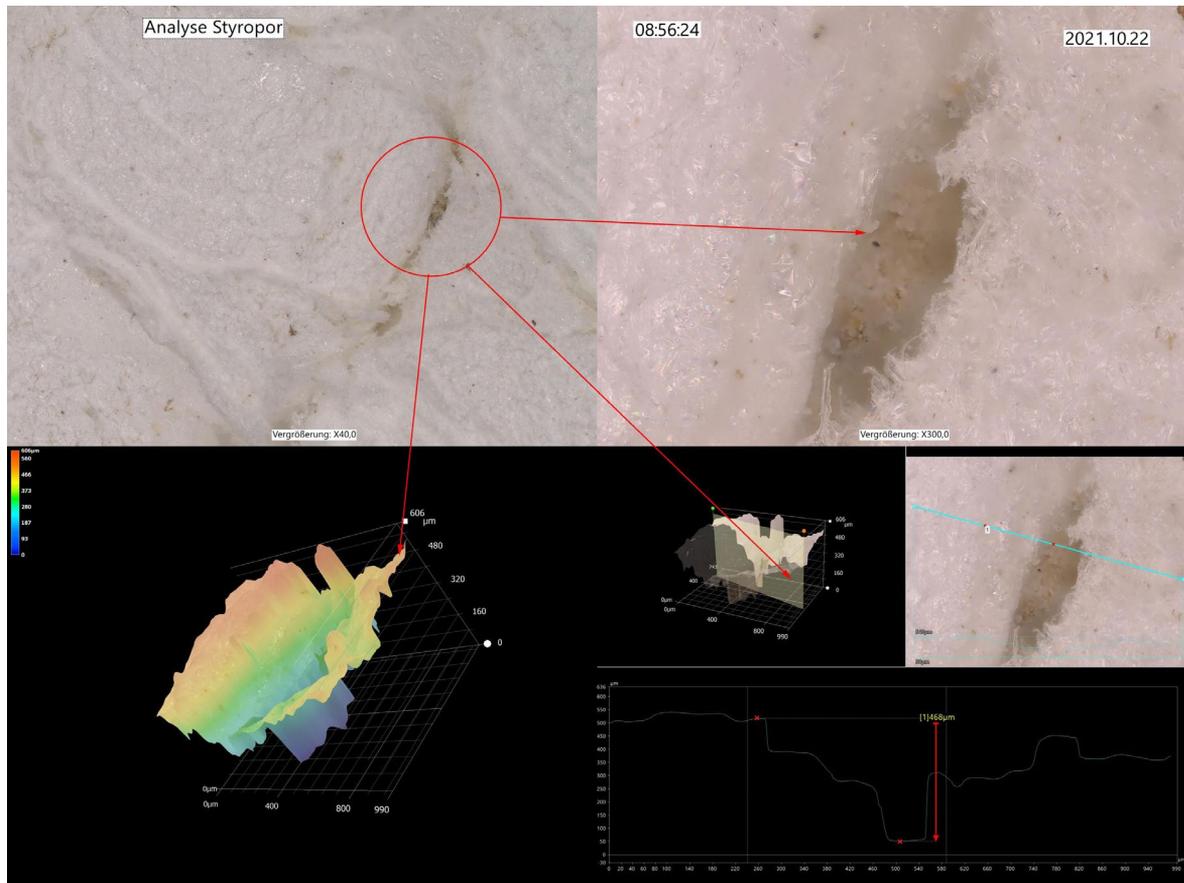


Abb. 8: Materialuntersuchungen im Labor (© Blei-Institut)

gereinigten Materialien sind auf Schäden und geruchliche Auffälligkeiten hin zu überprüfen. Die Geruchsbelastung aufgenommener Materialproben sollte dabei nicht nur vor Ort, sondern auch im Labor überprüft werden. Eine chemische Analytik im Ölschaden hat wie eine mikrobiologische Untersuchung auf Bakterien allgemein bei Fäkalschäden bei Materialproben nach der Sanierung und Trocknung Aussagekraft.

Soll der Erfolg einer keimreduzierenden Desinfektionsmaßnahme mit Hilfe von Materialproben überprüft werden, ist eine Beprobung im feuchten Zustand nach der Behandlung zu bevorzugen, da es durch die technische Trocknung zu einer weiteren Reduktion

der bakteriellen Gesamtkeimzahl kommt. Erst danach sollte die abschließende Trocknung erfolgen. Dies spricht nicht gegen eine Trocknung vor den Desinfektionsmaßnahmen.

#### Diskussion

Fäkalschäden führen in der Praxis, auch bei Kumulereignissen aus Sicht des Verfassers zu oft zu schnell zu einer Totalsanierung. Obwohl nach dem Stand der Technik Gebäudekonstruktionen auch vom Verfasser entfernt werden würden, zeigt die Praxis, dass wenn ein Rückbau nicht möglich ist, aus hygienischer Sicht alle Sanierungsziele erreicht werden können.

Ölschäden, bei denen es über den Putzträger oder der Leichtbaukonstruktion hinaus, zu einem tieferen Eindringen von Kohlenwasserstoffen in massive Baustoffe kommt, sind in der Regel ohne teilweisen oder vollständigen Bauteilaustausch nicht wirtschaftlich sanierbar. Bei oberflächlichen Verschmutzungen bieten sich dagegen eine Reihe von sinnvollen Sanierungsmethoden an.

Die gesetzlich vorgegebenen Energiesparmaßnahmen wurden in den letzten Jahren erheblich erweitert. Die aktuellen Veränderungen der Feuchte- und Temperaturregulierung von Gebäuden, infolge von Vollwärmeschutz, Niedrigenergiehausstandards, Bauteilabdichtungen etc., die

rasante Entwicklung von geschichteten organischen und nach Wasserschäden schwer sanierfähigen Fußboden- und Außenwandkonstruktionen im Holzrahmen- und Niedrigenergiehaussektor führen im Schadensfall häufig schon ohne Öl- oder Fäkalkeimbelastungen zum Totalverlust der Bausubstanz, nicht zuletzt auch als Folge fehlender Bewertungsmaßstäbe.

#### Literatur

1. Baumert, J., Schulz, E., Reinsch, R., Blei, M. (2021). Bewertung von Fäkalwasserschäden in Gebäuden Enterokokken – geeignete Indikatoren für eine Fäkalbelastung von Baumaterialien, *Wohnmedizin* 1+2, 2021
2. Blei, M.: *Wohnmedizin - Technisches Merkblatt für die Bewertung von feuchtegeschädigten Dämmstoffen im Hochbau*, 9/2014
3. Blei, M.: *Wohnmedizin - Sanierung von Heizölkontaminationen nach Hochwasserereignissen in Wohngebäuden*, 4/2013
4. Fritz H. Kayser: *Medical Microbiology*. Thieme, 2005, ISBN 978-1-60406-122-2, S. 292.
5. Merkblatt Fäkalwasserschäden VdS 3154, *Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)*, Köln, 2023
6. *Wohngebäude und Hausratversicherung*, *Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)*, Köln, 2022
7. Todar, K.: *Pathogenic E. coli*. *Online Textbook of Bacteriology*. University of Wisconsin–Madison, Department of Bacteriology.
8. Reid, G., Denstedt, J. D., Kang, Y. S., Lam, D., & Nause, C. (1992). *Microbial adhesion and biofilm formation on ureteral stents in vitro and in vivo*. *The Journal of urology*, 148(5), 1592–1594.
9. *Umweltbundesamt: Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden*, 2017
10. van Elsas, J. D., Semenov, A. V., Costa, R., & Trevors, J. T. (2011). *Survival of Escherichia coli in the environment: fundamental and public health aspects*. *The ISME journal*, 5(2), 173–183.
11. *VdS 3151: Richtlinien zur Schimmelpilzsanierung nach Leitungswasserschäden*, 2020
12. Wiedenmann, A., Krüger, P., Dietz, K., López-Pila, J. M., Szewzyk, R., & Botzenhart, K. (2006). *A randomized controlled trial assessing infectious disease risks from bathing in fresh recreational waters in relation to the concentration of Escherichia coli, intestinal enterococci, Clostridium perfringens, and somatic coliphages*. *Environmental health perspectives*, 114 (2), 228–236.
13. Hähnel, J.: *Untersuchungen zur Charakterisierung neuartiger Ölbindematerialien sowie zur Bestimmung der Ölabbauleistung eines Mikroorganismenkonsortiums aus der Ostsee*, *Dissertation an der Mathematisch-Naturwissen-*
- schaftlichen Fakultät der Universität Rostock*, 2016
14. *„Handlungsanweisungen zur Sanierung von Heizölschäden nach Hochwasserereignissen“ (Landesregierung Niederösterreich, Allgemeiner Baudienst, 22.09.2010)*

Zur Person

Dr. Ing. Dipl. Biol. Mario Blei

seit 1998 Geschäftsführer BLEI-INSTITUT

Lehrbeauftragter FG Wohnmedizin/Baubiologie an der Technischen Hochschule OWL in Detmold

Präsident der Gesellschaft für Wohnmedizin, Bauhygiene und Innenraumtoxikologie e.V.

ö. b. u. v. SV für das „Messen und Beurteilen von mikrobiologischen Belastungen in Innenräumen“

Mitautor der VdS 3151, „Richtlinie zur Schimmelpilzsanierung nach Leitungswasserschäden“, Merkblatt Fäkalwasserschäden (VdS 3154) und der „Richtlinie zum sachgerechten Umgang mit Schimmelpilzschäden in Gebäuden“ des b.v.s

Herausgeber der Zeitschrift für Wohnmedizin und Bauhygiene

Kontakt: [www.blei-institut.de](http://www.blei-institut.de)

[jena@blei-institut.de](mailto:jena@blei-institut.de)