

Sanierungsfähigkeit von klassischen Fußbodenkonstruktionen durch die Behandlung auf Wasserstoffperoxid Basis und anschließender technischer Trocknung

Mario Blei, Emilia Hildebrandt, Susanne Michaluk-Stanek

1. Abstract

Die Beurteilung der Sanierungs- bzw. Erhaltungsfähigkeit von Fußbodenkonstruktionen nach einem bestimmungs-widrigen Wassereintritt wird in der Praxis seit Jahrzehnten kontrovers diskutiert. Dabei sind weniger die erzielten Untersuchungsergebnisse auf Schimmelpilz- und Bakterienbefall selbst, sondern die Interpretation dieser von vielen subjektiven Faktoren beeinflusst. Die sich daraus ableitenden Sanierungsempfehlungen für den Einzelschaden und einer generellen Vorgehensweise sind daher oft gegensätzlich.

An diese Problemstellung knüpft die Auswertung einer durch das Blei-Institut seit 2021 durchgeführten Datenerfassung an, um mit ca. 35.000 Daten aus Informationen zu Schadensursachen, Schadensalter, Materialart, Aufbau der Estrichdämmschichtkonstruktionen, den durchgeführten Maßnahmen sowie der erzielten Untersuchungsergebnissen der mikrobiologischen Untersuchungen, Aussagen zu möglichen Sanierungsstrategien zu geben. Dazu wurden bisher 3.296 Materialproben aus 1.125 Objekten von 2021 bis 2023 ausgewertet.

2. Einleitung

Der ökologisch geprägte Begriff „Schimmel“ besitzt keine klare Definition, da er keine systematische Gruppe kennzeichnet. Im

Wesentlichen bezieht sich der Begriff auf die filamentösen Pilze, die makroskopisch (mit bloßem Auge) erkennbaren Mycelien (Hyphengeflechte), in denen die Bildung asexueller (vegetativer) Sporen dominiert. Oft mit Schimmelpilzen assoziierte Organismen, wie Milben, Eukaryoten, Bakterien oder Atinobakterien, sind bei mikrobiologischen Untersuchungen in Innenräumen als Gebäudemikrobiom zu bezeichnen.

Betrachtet man die moderne Definition für eine Desinfektion, so betrifft diese Stoffe oder Zubereitungen aus Stoffen, die dazu bestimmt sind, bei Anwendung die Zahl von Krankheitserregern auf Flächen oder Gegenständen um 5 log₁₀-Stufen zu reduzieren, so dass von ihnen keine Infektion bzw. Erregerübertragung mehr ausgehen kann, bzw. vorhandene Parasiten oder körperfremde Stoffe abzuwehren oder zu inaktivieren. Bei Anwendungen wie z.B. Estrichdämmschichtsanierungen, handelt es sich daher in der Regel um eine Reinigungsmaßnahme, um wieder die normale Hintergrundkonzentration an Mikroorganismen zu erreichen und daher nicht um eine Desinfektion.

3. Untersuchungsmethoden

Grundsätzlich ist es sinnvoll, neben der Bestimmung der Gesamtkonzentrationen an KBE/g, auch eine mikroskopische Untersuchung von Materialien aus

Estrichdämmschichten vorzunehmen, um einen Befall durch Mikroorganismen von einer Verunreinigung zu unterscheiden. Bei Estrichdämmschichten existieren bauartbedingte Einflussgrößen und natürliche Verschmutzungen, sodass je nach Größe der Verunreinigung, wie bei natürlichen organischen Dämmstoffen, durchaus hohe Zahlen an wachstumsfähigen Schimmelpilzsporen im Material vorliegen können. Einzig ein mikroskopisch nachgewiesenes Schimmelpilzwachstum ist ein eindeutiger Parameter bzw. ein Nachweis einer feuchtebedingten mikrobiellen Belastung. Bezüglich der Mikroskopie existiert bislang noch keine standardisierte Methode.

Um Kontaminationen oder Verunreinigungen aus dem Estrichrandfugenbereich durch sedimentierte sporenhaltige Stäube oder den direkten Kontakt zu bewachsenen angrenzenden Wandkonstruktionen (Trockenbauwände) auszuschließen, wurden die betreffenden Proben, in der Regel aus Bohrkernen, mit jeweils mindestens 30-50 cm Abstand von der Wand zu nehmen. Die gezielte Beprobung des Estrichrandfugenbereiches dient allein der Feststellung eines lokal dort möglichen mikrobiellen Befalls bzw. einer Kontamination im angrenzenden Sockelbereich.

Bei feuchtebelasteten Konstruktionen sollten zu Vergleichszwecken Referenzproben aus

vermeintlich nicht geschädigten Bereichen des betreffenden Objektes entnommen werden. Dies dient dazu, mögliche überdurchschnittlich hohe und möglicherweise schon vor Schadenseintritt vorliegende Belastungen sowie eine Hintergrundbelastung der Dämmschichten ausschließen zu können.

In einer eigens entwickelten Datensoftware wurden spezifische Informationen zu den untersuchten Materialproben und Objekten erfasst und in einer Matrix vereinheitlicht, sodass in einer erstellten Datenbank insgesamt etwa 35.000 Daten bzw. Informationen in dem Zeitraum der ausgewerteten Jahre 2021, 2022 und 2023 erfasst werden konnten. Bei allen im Labor untersuchten Materialproben aus Estrichdämmschichtbereichen handelt es sich um Proben, welche aus der Sanierungs- und Schadenspraxis in diesem Zeitraum entnommen und untersucht wurden. Es ging primär um die Erfassung, Auswertung und Dar-

stellung der Sachverhalte aus der tagtäglichen Sanierungs- und Sachverständigenpraxis.

4. Auswertung

Für die Jahresverläufe 2021, 2022 und 2023 konnten insgesamt 1.125 unterschiedliche Objekte und damit genauso viele Schadensereignisse erfasst und aufgenommen werden. Dabei wurde festgestellt, dass der Anteil an Fäkalwasserschäden lediglich 10% betrug. Leitungswasserschäden nahmen einen Anteil von 15% ein. Der Anteil der Abwasserschäden betrug 35% und die Elementarwasserschäden nahmen 23% aller Schadensereignisse ein. Der zusätzlich erfasste Anteil von 17% an unbekanntem Schadensursachen muss differenziert betrachtet werden. Dieser Gruppe wurden Ereignisse zugeordnet, bei welchen zum Zeitpunkt der Probenahme (Erstmessung) eine eindeutige Zuordnung einer Schadensursache nicht möglich war, mehrere unterschiedliche Scha-

densursachen oder im Laufe der Projektbearbeitung weitere Schadensursachen festgestellt wurden.

Des Weiteren muss bei der Verteilung der Schadensursachen auch die Flutkatastrophe 2021 beachtet werden. Diesbezüglich wurden insbesondere im Jahr 2021 deutlich mehr Elementarwasserschäden (n=142) untersucht und aufgenommen als in den Folgejahren 2022 (n=41) und 2023 (n=79).

Jedoch sind in der Gesamtbetrachtung aller Schadensereignisse über die aktuell betrachteten und ausgewerteten Jahre generell Schwankungen der Anteile zu verzeichnen, was als normal zu bewerten ist.

4.1 Erstmessungen (IST-Zustand)

Insgesamt wurden für die Erstmessungen zur Schadensaufnahme 3.296 unterschiedliche Materialproben untersucht. Bei ~90% aller Materialproben kann davon ausgegangen werden, dass jede

nur EPS / XPS	Konzentration in KBE/g			
	Schimmelpilze	Bakterien	coliforme Bakterien	<i>Escherichia coli</i>
gesamt ø	341.882	15.681.501	250.416	8.426
Leitungswasserschaden ø	293.731	5.884.969	0	0
Abwasserschaden ø	318.941	13.670.052	211.067	1.763
Elementarschaden ø	285.065	12.980.280	134.641	1.017
Fäkalschaden ø	352.243	29.138.555	788.002	38.550
mehrere Ursachen / unbekannt ø	459.430	15.233.648	118.368	800

Tab. 1: durchschnittliche Ausgangskonzentrationen der mikrobiellen Bestandteile der Dämmstoffe EPS und XPS aus Estrichdämmschichtbereichen zur Erstmessung nach Schadensereignis (Jahresverläufe 2021, 2022 und 2023)

Materialprobe aus jeweils einer Fußbodenkonstruktion (=1 Raum) stammt. Bei sehr großen Flächen (10%) wurden pro Fußbodenkonstruktion im Einzelfall mehrere Materialproben entnommen und in Bezug auf eine vorhandene mikrobielle Belastung untersucht.

Der Anteil an Polystyrol und/oder Styrodur als Estrichdämmschicht betrug insgesamt in diesem Zeitraum ~80%. Diese Materialien können aus technischer Sicht grundsätzlich als trocknungsfähige Materialien beurteilt werden.

In der Tabelle 1 sind die betreffenden Durchschnittskonzentrationen ausschließlich für die aus technischer Sicht grundsätzlich sehr gut trocknungsfähigen Materialien EPS und XPS abgekoppelt dargestellt.

In der Gesamtbetrachtung wird deutlich, dass im Durchschnitt bei jedem Schadensfall die aktuell existierenden Eingriffswerte für Schimmelpilze (105 KBE/g) und Bakterien (106 KBE/g) zum Teil deutlich überschritten wurden. Für Abwasser-, Elementarwasser- und Fäkalwasserschäden steigen die

Die Bakteriengesamtkonzentrationen übertrafen zum Teil deutlich 107 KBE/g mit zusätzlich hohen Konzentrationen an coliformen Bakterien und Escherichia coli.

Im Ergebnis der durchgeführten mikrobiologischen Untersuchungen aller Materialproben wurden auf der Grundlage der zu Verfügung stehenden objekt-spezifischen Informationen

Sanierungsempfehlungen für die betreffenden Materialproben ausgegeben. Diese Empfehlungen inkludierten keine spezifischen Maßnahmen, wenn keine mikrobiellen Auffälligkeiten festgestellt werden konnten (n=1.162, Anteil: 35%), sodass in diesen Fällen ausschließlich technische Trocknungsmaßnahmen zum Erhalt der Fußbodenkonstruktionen als ausreichend beurteilt wurden. Der größte Anteil der untersuchten Proben (n=1.478, Anteil: 45%), wurde auf Grund der mikrobiologischen Ergebnisse, den technischen Rahmenbedingungen vor Ort, mit technischer Trocknung und einem Sanierungsmittel auf Wasserstoffperoxid-Basis behandelt. Eine Rückbauempfehlung gab es in 20% aller untersuchten Konstruktionen (n=656).

In der Gesamtbetrachtung aller ausgegebenen Sanierungsempfehlungen wurde bei der Auswertung der Datenerfassung diesbezüglich deutlich, dass für 80% (n=2.640) der Materialproben anhand der Analyseergebnisse primär kein Rückbau erforderlich wurde (Abbildung 1).

4.2 Kontrollmessungen

Nach der Behandlung mit einem Sanierungsmittel auf Wasserstoffperoxidbasis und anschließender technischer Trocknung zum Erhalt der Fußbodenkonstruktion, wurde zudem die Empfehlung einer entsprechenden mikrobiologischen Kontrollprobenahme und -untersuchung ausgegeben. Es wurden mit Abschluss der betreffenden Sanierungsmaßnahmen aus neuen Kernbohrungen neue Materialpro-



Abb. 1: Empfehlungen nach der Erstmessung (eigene Darstellung)

ben aus den Estrichdämmschichtbereichen entnommen und analog zu der Erstmessung untersucht, um zu prüfen, ob und in welchem Umfang sich die zuvor festgestellten mikrobiellen Auffälligkeiten reduziert haben.

Es wurden hierzu insgesamt 672 Materialproben aus 227 Objekten nach durchgeführten Behandlungsmaßnahmen der Estrichdämmschichtbereiche mikrobiologisch untersucht.

Die Ergebnisse der durchgeführten mikrobiologischen Kontrolluntersuchungen (Tabelle 2) zeigt zum einen, eine nahezu vollständige Minimierung der Konzentrationen an coliformen Bakterien und E.coli-Bakterien, zum anderen belegen die Ergebnisse eine Reduzierung der Konzentrationen an Schimmelpilzen in den Bereich von 104 KBE/g oder niedriger (\emptyset -Ausgangskonzentrationen deutlich >105 KBE/g) sowie eine Reduzierung der Konzentrationen an Bakterien im Bereich 105 KBE/g oder niedriger (\emptyset -Ausgangskonzentrationen deutlich >107 KBE/g).

In der Gesamtbetrachtung konnte damit für 90% (n=606) der behandelten Materialproben ein

nur EPS / XPS	Konzentration in KBE/g			
	Schimmelpilze	Bakterien	coliforme Bakterien	Escherichia coli
gesamt ø	10.192	82.016	189	0
Leitungswasserschaden ø	5.043	72.874	0	0
Abwasserschaden ø	8.068	132.752	272	0
Elementarschaden ø	13.021	105.202	591	0
Fäkalschaden ø	6.420	1.575	0	0
mehrere Ursachen / unbekannt ø	18.407	97.674	82	0

Tab. 2: durchschnittliche Konzentrationen der mikrobiellen Bestandteile der untersuchten EPS- und XPS-Materialien aus Estrichdämmschichtbereichen zur Kontrollmessung nach Behandlungsmaßnahmen (Jahresverläufe 2021, 2022 und 2023)

Sanierungserfolg bestätigt werden und es ergaben sich keine weiteren spezifischen Maßnahmen. Mit Hilfe von begleitenden Direktmikroskopie-Untersuchungen dieser Materialproben waren zudem keine Mycelbestandteile und/oder hohe Anzahlen an Sporen feststellbar. Abschließend durchgeführte Raumlufthuntersuchungen (Luftkeim- und Partikelsammlungen) ergaben ebenfalls nach Sanierungsabschluss keine Auffälligkeiten. Schadensbedingt vorhandene Gerüche waren in diesen Objekten zu Sanierungsabschluss ebenfalls nicht mehr feststellbar.

Für 8% (n=53) der kontrollierten Estrichdämmschichtbereiche konnte eine deutliche, aber noch nicht ausreichende Reduzierung der Gesamtkonzentrationen an Schimmelpilzen und/oder Bakterien und/oder coliformen Bakterien festgestellt werden, sodass eine erneute oxidative Behandlung empfohlen wurde. Für ausschließlich 2% (n=13) der kontrollierten

Materialproben konnte sich kein entsprechender Sanierungserfolg einstellen, sodass die betreffenden Fußbodenkonstruktionen trotz erfolgter Behandlung mit Wasserstoffperoxid nachfolgend zurückgebaut werden mussten.

Mit den zusätzlich eingeholten Informationen der ausführenden Sanierungsunternehmen konnte festgehalten werden, dass das Fluten als Behandlungsmaßnahme im Jahr 2023 nur noch einen Anteil von 43% und das Schäumen von 57% betrug. Im Jahr 2022 konnte diesbezüglich noch ein ausgegli-

chenes Verhältnis (50% Fluten und 50% Schäumen) festgestellt werden, während im Jahr 2021 noch in 61% der Fälle das Fluten als Behandlungsmaßnahme technisch umgesetzt wurde.

5. Diskussion

In vielen Schadensfällen muss neben einer mikrobiologischen Beurteilung auch eine Beurteilung der Bauteilkonstruktionen aus bautechnischer Sicht erfolgen, um beispielsweise die Schadensursachen vollständig und nachhaltig zu sanieren. Diesbezüglich besteht durchaus die Möglichkeit, dass Fußbodenkonstruktionen im Gesamtergebnis zurückgebaut werden, obwohl mit den Ergebnissen der mikrobiologischen Untersuchungen eine Sanierungsfähigkeit und damit einen Erhalt der betreffenden Konstruktionen attestiert werden konnte. Zudem muss beispielsweise bei Neubau-Objekten die komplexe Problematik der Gewährleistungsansprüche



Abb. 2: Empfehlungen nach der Freimessung

in der Gesamtbetrachtung mit beurteilt und berücksichtigt werden.

Auch eine rein objektive Wirtschaftlichkeitsrechnung der verschiedenen Sanierungsmethoden kann in einigen Schadensfällen zu dem Ergebnis in der Gesamtbetrachtung kommen, dass ein Rückbau bestimmter Fußbodenkonstruktionen betriebswirtschaftlich günstiger ist, als die mögliche Behandlungsvariante. Eine Beurteilung und Bewertung des Nachhaltigkeitsaspektes auch im Sinne des Kreislauf-Wirtschaftsgesetzes steht in diesem Zusammenhang der Betriebswirtschaftlichkeit oft konträr gegenüber.

Die Erfahrungen bei der Betreuung und Sanierungsbegleitung vieler, verschiedener sensibler Objekte, wie Schulen, Kindergärten, Wohnheime, Restaurants, Arztpraxen, Pflege- und Seniorenheime, ambulante medizinische Stationen, Isolierstationen, Labore usw., zeigten und belegen, dass ein Erhalt vieler Fußbodenkonstruktionen unter Einbeziehung der Behandlung der Estrichdämmschichtbereiche nicht nur möglich ist, sondern in der Praxis erfolgreich umgesetzt wird.

Die Beurteilung eines Feuchtigkeitsschadens obliegt dem Sachverständigen und bleibt eine individuelle, bauwerksbezogene Einzelfallentscheidung. Es existieren Grenzen der Erhaltungsfähigkeit von Fußbodenkonstruktionen, vor allem wenn geschichtete organische und schwer trocknungsfähige Materialien insbesondere im Holzrah-

men- und Niedrigenergiehaussektor zum Einsatz kommen

5.1 Ablaufschema zur Beurteilung der Sanierungsfähigkeit von Fußbodenkonstruktionen

Im Ergebnis der Datenerfassung und -auswertung konnte festgehalten und bestätigt werden, dass eine oxidative Behandlung von Estrichdämmschichtbereichen nicht nur aus technischer Sicht meist problemlos möglich ist, sondern damit auch schadensbedingte mikrobielle Auffälligkeiten, welche sich zum Teil deutlich über den aktuellen existierenden Eingriffswerten befinden, deutlich reduzieren oder sogar minimieren lassen. Die Estrichdämmschichtdesinfektion (Fluten und Schäumen) ist damit in Kombination mit der technischen Trocknung eine geeignete, standardisierte und zielführende Sanierungsmaßnahme zum Erhalt von Fußbodenkonstruktionen.

Unter Berücksichtigung aller bislang ausgewerteten Daten und Informationen war es möglich daraus ableitend ein Ablaufschema als Entscheidungshilfe für unterschiedliche Schadensfälle im Einzelfall als schematische Übersicht unsererseits zu erstellen (Abbildung 3). Diese Übersicht zeigt einen Ablauf zur Schadensaufnahme sowie für die Einschätzung zur Notwendigkeit von mikrobiologischen Untersuchungen in Laboren für die Erstellung eines objektspezifischen Sanierungskonzeptes.

Dabei ist es nach Eintritt des Schadensfalls zunächst un-

erlässlich, dass seitens eines Sanierungsfachunternehmers aus technischer Sicht unter Berücksichtigung des konstruktiven Aufbaus der Fußbodenkonstruktionen grundsätzlich eine Aussage zur Trocknungsfähigkeit getätigt wird. Müssen die vorhandenen Materialien (Bsp.: Einblasdämmung, Schüttungen usw.) als nicht trocknungsfähig beurteilt werden, haben weiterführende mikrobiologische Untersuchungen oftmals nur noch einen dokumentativen Charakter. Ist die Trocknungsfähigkeit aus technischer Sicht gegeben muss eine Einschätzung zur Schadensursache in Korrelation mit dem Schadensalter erfolgen, um festzulegen ob und in welchem Umfang mikrobiologische Untersuchungen von Materialproben aus den Fußbodenkonstruktionen notwendig werden. Im Altbau (>25 Jahre) sowie bei Elementarwasserschäden müssen neben den mikrobiologischen Bestandteilen zusätzliche Parameter (Bsp.: Mineralöle, Asbest usw.) in der Analytik mitberücksichtigt werden.

Nach erfolgten mikrobiologischen Untersuchungen muss durch den Sachverständigen eine Festlegung der schadensbedingt notwendigen Sanierungsmaßnahmen erfolgen. Abschließend zu allen durchgeführten Maßnahmen sind abhängig vom Schadensbild Sanierungserfolgskontrollmessungen, welche vom Umfang und Art der Untersuchungen ebenfalls durch den Sachverständigen festzulegen sind, durchzuführen, welche den Sanierungserfolg belegen und damit allen Beteiligten (egal, ob Sanierer, Regulierer oder Versi-

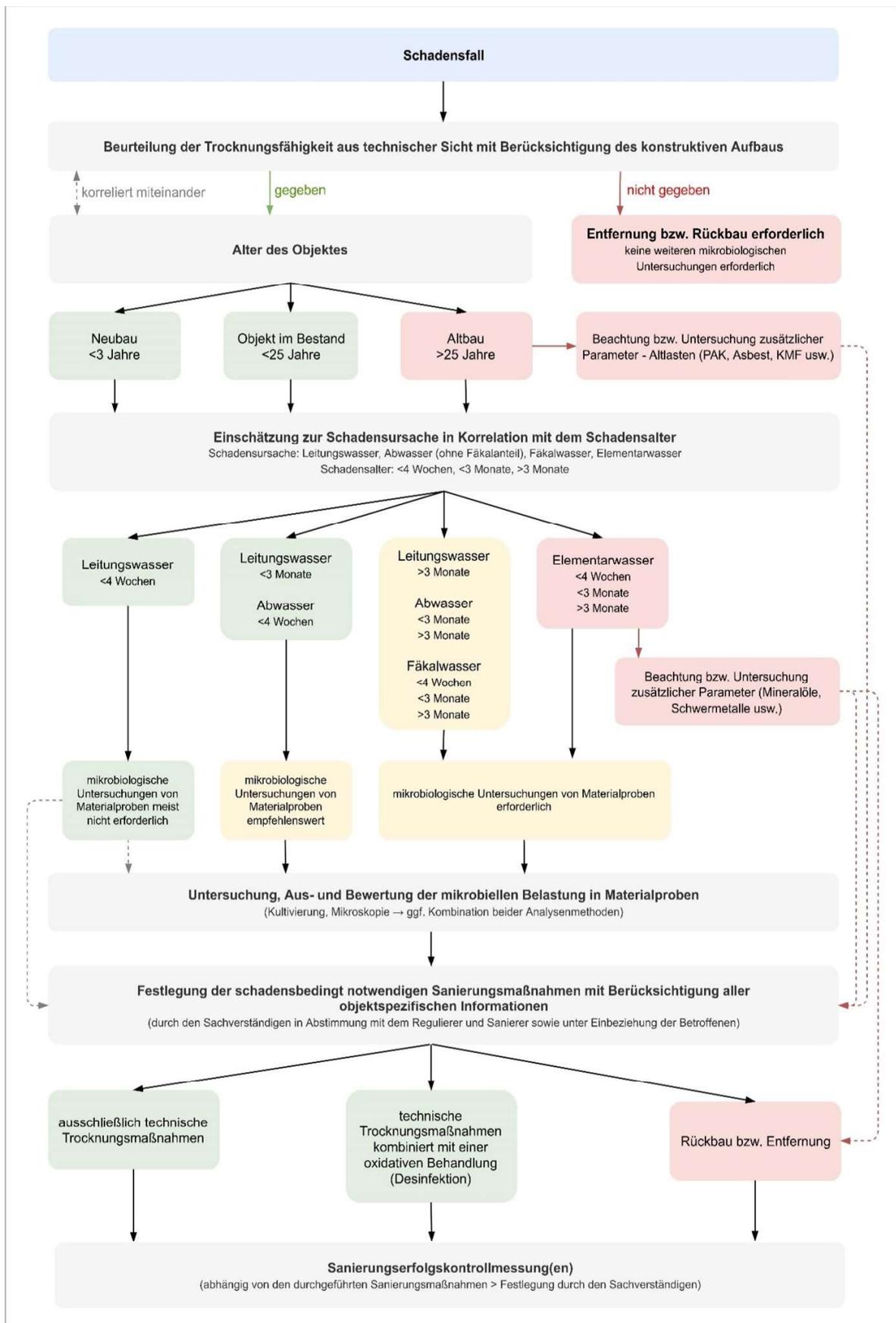


Abb. 3: Ablaufschema zur Beurteilung der Sanierungsfähigkeit von Fußbodenkonstruktionen (eigene Darstellung)

cherungsnehmer) eine Kontrolle aller Maßnahmen geben.

6. Zusammenfassung

Ca. 80% aller 3.296 untersuchten Fußbodenkonstruktionen konnten aus mikrobiologischer Sicht grundsätzlich als sanierungsfähig beurteilt werden.

Eine Reinigung von Estrichdämmschichten auf Wasserstoffperoxid-Basis ist oftmals problemlos möglich, um die KBE-Gesamtkonzentrationen auch bei

Fäkalschäden ausreichend oder vollständig zu reduzieren.

Mikroskopisch waren nach den Sanierungsmaßnahmen keine erhöhten Konzentrationen an Schimmelpilzsporen oder Myzelbestandteilen feststellbar.

Wurden Raumlufuntersuchungen begleitend durchgeführt, ergaben diese ebenfalls nach Sanierungsabschluss keine Auffälligkeiten und schadensbedingt vorhandene Gerüche werden beseitigt.

Kontakt: Privatinstitut für Innenraumtoxikologie - Dr. Blei GmbH

*www.blei-institut.de
jena@blei-institut.de*

Autoren



*Ing. Susanne
Michaluk-Stanek*



*Dr. rer. nat.
Emilia Hildebrandt*



*Dr. Ing. Dipl.
Biol. Mario Blei*

INFOBOX

Datenerfassung 2021, 2022 und 2023

insgesamt ~ 35.000 erfasste Daten und Informationen zur Auswertung herangezogen

IST-Messung (Schadensaufnahme):

Anzahl Objekte: 1.125 Anzahl Materialproben: 3.296

Anteil an Polystyrol und/oder Styrodur beträgt ~80%

→ aus technischer Sicht trocknungsfähige Materialien!

für 80% aller untersuchten Materialproben (n=2.640) ist anhand der Analyseergebnisse primär kein Rückbau erforderlich

Kontrollmessung:

Anzahl Projekte/Objekte: 227 Anzahl Materialproben: 672

für >90% der behandelten Materialproben der Estrichdämmschichtbereiche ergeben sich keine weiteren spezifischen Maßnahmen