

Bewertung von Fäkalwasserschäden in Gebäuden

Enterokokken – geeignete Indikatoren für eine Fäkalbelastung von Baumaterialien?

Baumert, J., Schulz, E., Reinsch, R., Blei, M.

1. Hintergrund

Durch Überschwemmungsschäden nach Hochwasserereignissen, Leckagen der Abwasserinstallation oder z. B. durch Rückstau, kann es in Gebäuden zu einem Austritt bzw. Eintrag von fäkalienhaltigem Abwasser kommen, das z. B. über Randfugen oder Rohrdurchführungen in die Fußboden- bzw. Wandkonstruktion eindringen kann und hier zur Durchfeuchtung von Bauteilen führt. Der Nachweis einer Fäkalbelastung von Baustoffen kann, analog zur hygienischen Untersuchung von Trinkwasser und Lebensmitteln, über die selektive Anzucht von Indikatororganismen erfolgen, die Teil der normalen Darmflora sind und somit regelmäßig in Fäkalien auftreten.

Das Bakterium *Escherichia coli* und andere coliforme Bakterien sind die am häufigsten in Wasser und in Lebensmitteln bestimmten Hygieneindikatoren. Diese werden auch für die Bewertung von Fäkalischäden herangezogen. Insbesondere der Nachweis des Hauptindikatorkeims *Escherichia coli* gelingt jedoch gewöhnlich nur über einen kurzen Zeitraum, da dieses Bakterium außerhalb des Darmtraktes aufgrund ungünstiger Umgebungsbedingungen und der begrenzten Verfügbarkeit von Nährstoff- und Energiequellen meist nicht lange lebensfähig ist (1). Oft sind auch in der Praxis, aufgrund diverser Filtrationsprozesse an den Bauteilen, *E. colis*



Abb. 1: Eine Belastung der Estrichdämmschicht mit Fäkalien kann durch den Nachweis von Indikatorbakterien festgestellt werden (Quelle: Blei-Institut)

schlechter oder schwieriger nachweisbar.

Fäkalien enthalten neben coliformen und anderen Bakterien gewöhnlich auch Enterokokken (2). Diese nahezu kugelförmigen, bevorzugt in Ketten angeordneten Bakterien sind sehr tolerant gegenüber Umwelteinflüssen und können in verschiedensten Habitaten außerhalb des Darmtraktes längere Zeit überleben (3). Deshalb dienen sie beispielsweise auch zur Feststellung einer Fäkalbelastung von Badegewässern (4). Aufgrund der hohen Um-

weltresistenz stellte sich in den vergangenen Jahren die Frage, ob diese Bakteriengruppe möglicherweise besser geeignet ist für den Nachweis einer Fäkalbelastung von Baumaterialien, als coliforme Bakterien.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde bei Materialproben aus der Estrichdämmschicht, die dem Institut zum Routine-Nachweis von coliformen Bakterien zugesandt wurden, zusätzlich die Belastung mit Enterokokken untersucht.



Abb. 2: Die in Fäkalien vorkommenden Bakterien sind außerhalb des Darmtraktes größtenteils nur eine kurze Zeit überlebensfähig (Quelle: Blei-Institut)

2. Material und Methode

Für die Untersuchung wurden Materialproben der Estrichdämmschicht aus Objekten ausgewählt, in denen nach Angaben der Auftraggeber ein Schaden unter möglicher Beteiligung von Abwasser aufgetreten ist. Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden ausschließlich Proben aus Polystyrol (EPS und XPS) untersucht. Es wurden insgesamt 100 Materialproben mittels Suspensionsmethode entsprechend angelehnt der DIN 16000-21 für Schimmelpilze und Bakterien, analysiert (5). Für die Selektion auf *Escherichia coli* und andere coliforme Bakterien diente Brilliance E. coli/Coliform-Selektivagar. Zum Nachweis von Enterokokken kamen die Selektivnährmedien Slanetz-Bartley-Agar (PO5018) bzw. Galle-Äskulin-Azid-Agar (PO5059A) der Firma Oxoid zur Anwendung. Die Nährmedien wurden anfänglich mit jeweils 0,1 ml des Probenüberstandes der zerkleinerten Proben beimpft. Nach Auswertung der Analyseergebnisse von 51

Proben wurde zur Herabsetzung der Nachweisgrenze (höhere Sensitivität) bei weiteren 49 Proben ein Puffervolumen von 1,0 ml ausplattiert.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Analysen waren zweifellos überraschend. Bei 22 der ersten 51 untersuchten Proben (43 %) wurde eine Belastung mit coliformen Bakterien (*E. coli* und/oder andere coliforme Bakterien) festgestellt. Jedoch ließen sich nur bei 2 Proben (4 %) Enterokokken in sehr geringen KBE-Konzentrationen nachweisen (Abb. 3). Es handelte sich hierbei um Proben, bei denen auch coliforme Bakterien vorhanden waren, allerdings in deutlich höheren Koloniezahlen.

Nach Anpassung des Analyseverfahrens durch Ausplattierung eines höheren Probenvolumens (Herabsetzung der Nachweisgrenze) zeigte sich bei weiteren 49 untersuchten Materialproben,

dass der Anteil ohne sowie mit positivem Nachweis von coliformen Bakterien mit den Werten der zuvor untersuchten Proben vergleichbar ist (Abb. 3). Der Probenanteil, bei denen Enterokokken nachgewiesen wurden, betrug nun 27 %, was einer etwa 7-fachen Erhöhung der Nachweisrate entspricht. Diese liegt dennoch etwa ein Drittel unter dem Anteil der Proben, bei denen coliforme Bakterien nachweisbar waren.

4. Diskussion

Bei den analysierten Materialproben ließen sich trotz Erhöhung der Empfindlichkeit des angewendeten Analyseverfahrens Enterokokken nur in einem deutlich geringeren Anteil der Proben nachweisen als coliforme Bakterien. Da Enterokokken in einer ähnlichen Größenordnung wie coliforme Bakterien im Darmtrakt des Menschen vorkommen (6, 7), ist nicht von einer deutlich geringeren Ausgangsbelastung der von Abwasser- und Fäkalschäden

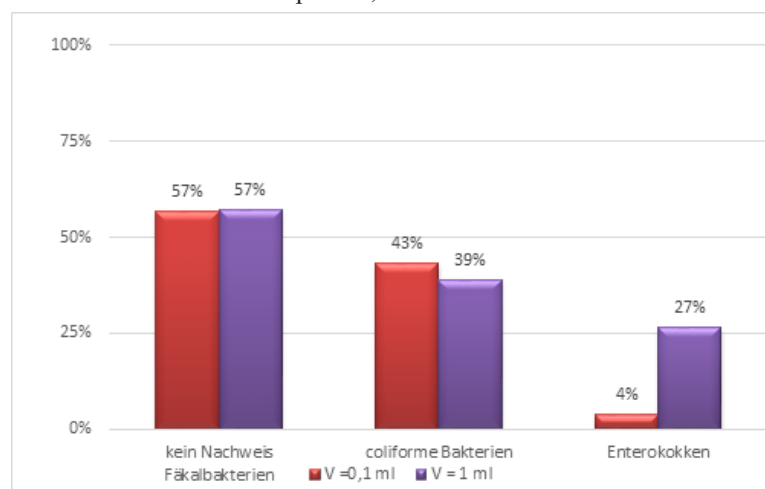


Abb. 3: Nachweis von coliformen Bakterien bzw. Enterokokken sowie kein Nachweis beider Fäkalindikatoren in 0,1 ml ($n = 51$) und in 1 ml ($n = 49$) Überstand von Materialproben der Estrichdämmschicht (Polystyrol) aus Objekten mit Abwasserschäden.



Abb. 4: Hochwasser im ländlichen Bereich (Quelle: M. Blei)

betroffenen Materialien mit Enterokokken auszugehen. Wie sind deshalb die ermittelten Ergebnisse zu bewerten?

Für die Beobachtungen könnte eine spezifische Eigenschaft dieser Bakteriengruppe verantwortlich zu sein. Insbesondere die im menschlichen Verdauungstrakt hauptsächlich vorkommenden Enterokokken-Spezies *E. faecalis* und *E. faecium* haben eine stark ausgeprägte Fähigkeit zur Adhäsion an Kunststoffoberflächen, z. B. von Stents und Dauerkathetern und zur Bildung von Biofilmen, was insbesondere von Bedeutung für ihre Rolle als opportunistische Krankheitserreger ist (8, 9, 10). Es ist deshalb zu vermuten, dass an Materialproben aus der Fußbodenkonstruktion anhaftende Enterokokken durch

den Aufarbeitungsprozess nur zu einem geringen Teil von der Materialoberfläche abgeschwemmt werden. Unter dieser Annahme ist das in der Norm DIN 16000-21 beschriebene Verfahren für den Nachweis dieser Bakterien möglicherweise nur unzureichend geeignet.

Die grundlegenden Sanierungsziele bei einer Fäkalschaden-sanierung sind neben einer vollständigen Trocknung die sichere und dauerhafte Beseitigung und Vermeidung einer Geruchsbelästigung, die vollständige Beseitigung von Ablagerungen oder Verunreinigungen am und im Material und die sichere Verhinderung eines Kontaktes mit kontaminierten Oberflächen oder Baustoffen (11).

Aber gerade der Nachweis von Enterokokken könnte auf Grund ihrer Eigenschaften ggf. als Kontrolle nach Desinfektions- oder Reinigungsmaßnahmen im Sanierungsfall von Leitungs- oder Elementarwasserschäden zusätzlich zum Nachweis von *Escherichia coli* und anderen coliformen Bakterien zur Erfolgskontrolle von porösen Oberflächen sinnvoll sein.

5. Fazit

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass Enterokokken unter Anwendung der bisher etablierten Aufarbeitungsmethoden aufgrund der im Vergleich zu coliformen Bakterien 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. In weiteren Untersuchungen soll geklärt werden, ob durch eine modifizierte Aufarbeitung der Proben eine Optimierung des Untersuchungsverfahrens erreicht werden kann und sich auf diese Weise die Nachweisrate von Enterokokken steigern lässt.

Referenzen:

- (1) 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.
- (2) Layton, B. A., Walters, S. P., Lam, L. H., & Boehm, A. B. (2010). *Enterococcus species distribution among human and animal hosts using multiplex PCR. Journal of applied microbiology*, 109(2), 539–547.
- (3) Byappanahalli, M. N., Nevers, M. B., Korajkic, A., Staley, Z. R., & Harwood, V. J. (2012). *Enterococci in the environment. Microbiology and molecular biology reviews : MMBR*, 76(4), 685–706.
- (4) 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.
- (5) DIN e.V. (Hrsg.) (2014). *DIN ISO 16000-21 Innenraumluftverunreinigungen – Teil 21: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen, Probenahme von Materialien. Ausgabe 2014-05, Beuth-Verlag, Berlin.*
- (6) Zubrzycki, L., & Spaulding, E. H. (1962). *Studies on the stability of the normal human fecal flora. Journal of bacteriology*, 83(5), 968–974.
- (7) Berg R. D. (1996). *The indigenous gastrointestinal microflora. Trends in microbiology*, 4(11), 430–435.
- (8) Baldassarri, L., Cecchini, R., Bertuccini, L., Ammendolia, M. G., Iosi, F., Arciola, C. R., Montanaro, L., Di Rosa, R., Gherardi, G., Dicuonzo, G., Orefici, G., & Creti, R. (2001). *Enterococcus spp. produces slime and survives in rat peritoneal macrophages. Medical microbiology and immunology*, 190(3), 113–120.
- (9) 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.
- (10) Jansen, B., Goodman, L. P., & Ruiten, D. (1993). *Bacterial adherence to hydrophilic polymercoated polyurethane stents. Gastrointestinal endoscopy*, 39(5), 670–673.
- (11) *Informationsblatt Fäkalwasserschäden (Entwurf August 2021). Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV), Köln*

Autoren:

Dr. rer. nat. Jürgen Baumert

Dr. rer. nat. Emilia Schulz

B. Sc. Ramiro Reinsch

Dr.-Ing. Dipl.-Biol. Mario Blei

Privatinstitut für Innenraumtoxikologie - Dr. Blei GmbH

Rodatalstraße 8

07751 Jena-Zöllnitz

Tel.: 03641 - 50 48 48

Kontakt E-Mail:

jena@blei-institut.de