04/07

Pseudomonas aeruginosa in Naturfreibädern

Ursachen, Maßnahmen, Relevanz, Testverfahren und Grenzwerte

Hannes Kurzreuther und Stefan Bruns, Polyplan GmbH, Bremen

Seit über zehn Jahren liefert der Indikatorparameter Pseudomonas aeruginosa (P. a.) bei der Überwachung der Wasserqualität in Naturfreibädern Anlass zu Diskussionen und Kontroversen. Hierbei geht es um mögliche Ursachen und Maßnahmen, die Bewertung der Relevanz des Keims, die Validität der Messverfahren und nicht zuletzt um die Einordnung und Festlegung von Grenzwerten.

Im Folgenden wird der aktuelle Stand dieser Diskussionen zusammengefasst und es wird die Frage aufgeworfen, ob der aktuell in Deutschland gültige Grenzwert von 10 KBE/100 ml zukünftig nach oben hin korrigiert werden sollte.

Für die hygienische Überwachung von Naturfreibädern werden gemäß der gültigen Empfehlung des Umweltbundesamtes (UBA)[1] und der aktuellen Richtlinie zum Bau und Betrieb von Naturfreibädern[2] drei Indikatorparameter herangezogen: Escherichia coli (E. coli), Intestinale Enterokokken und Pseudomonas aeruginosa (P. a.).

Für die Fäkalkeime E. coli und Intestinale Enterokokken liefern die gültigen Messverfahren[3] verlässliche Ergebnisse. Die Ursachen im Falle einer Überschreitung lassen sich in der Praxis zumeist leicht bestimmen und entsprechend können erfolgreich Maßnahmen durchgeführt werden. Aus diesen Gründen und obwohl die Grenzwerte relativ eng gefasst sind[4] (E. coli: ≤ 100 KBE/100 ml; Enterokokken: ≤ 50 KBE/100 ml), kommt es im Betrieb von Naturfreibädern sehr selten zu Grenzwertüberschreitungen.

Eine Analyse der Daten von 43 Bädern aus der Datenbank Naturfreibäder (DANA) aus den Jahren 2005 bis 2018 (siehe Abbildung 1) ergab eine Überschreitungshäufigkeit im Beckenwasser für E. coli von 3,54 % und für Intestinale Enterokokken von 2,83 %. Im Reinwasser kam es bei E. coli in 1,48 % der Messungen zu Überschreitungen und bei den Enterokokken bei 1,55 %.

Für P. a. sieht dies anders aus. Die Messverfahren sind fehleranfällig, die Ursachen vielschichtig und die Maßnahmen in der Praxis entsprechend he-

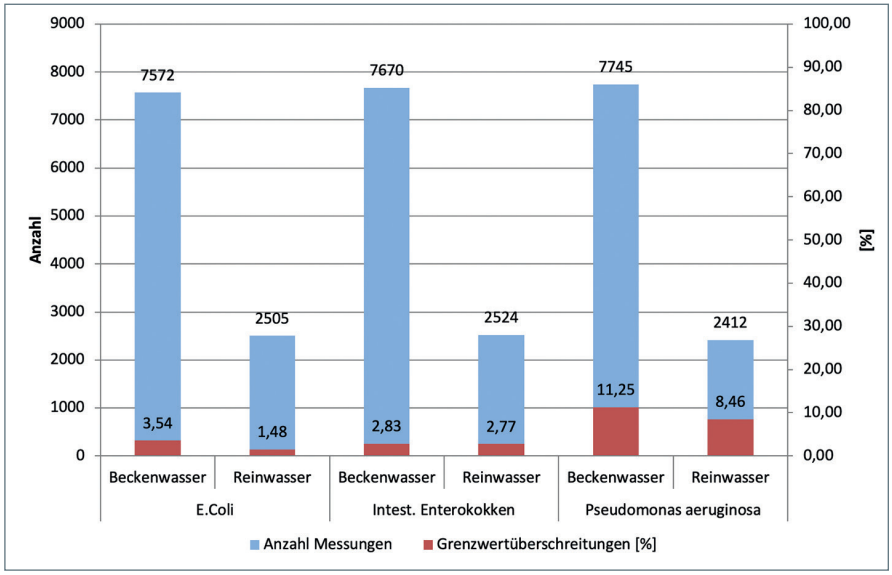

Abbildung 1: Becken- und Reinwasserwerte (Anzahl der Messungen und prozentualer Anteil der Grenzwertüberschreitungen): E.coli, Enterokokken und P. a.; Anzahl der Bäder: 43; Zeitraum: 2005–2018, Quellen: Datenbank Naturfreibäder (DANA)

rausfordernd. Zusätzlich existieren unterschiedliche Einschätzungen hinsichtlich tolerierbarer Höchstwerte des Keimes. Die Überschreitungshäufigkeit für Beckenwasser bei dem gültigen Grenzwert von ≤ 10 KBE/100 ml liegt hier bei 11,25 % und für Reinwasser bei 8,46 %. Betrachtet man die Gesamtheit aller Grenzwertüberschreitungen, so ist P. a. für ca. 64 % aller Grenzwertüberschreitungen verantwortlich (siehe Abbildung 2). Im Folgenden werden Ursachen, Relevanz, Testverfahren und Grenzwerte diskutiert.

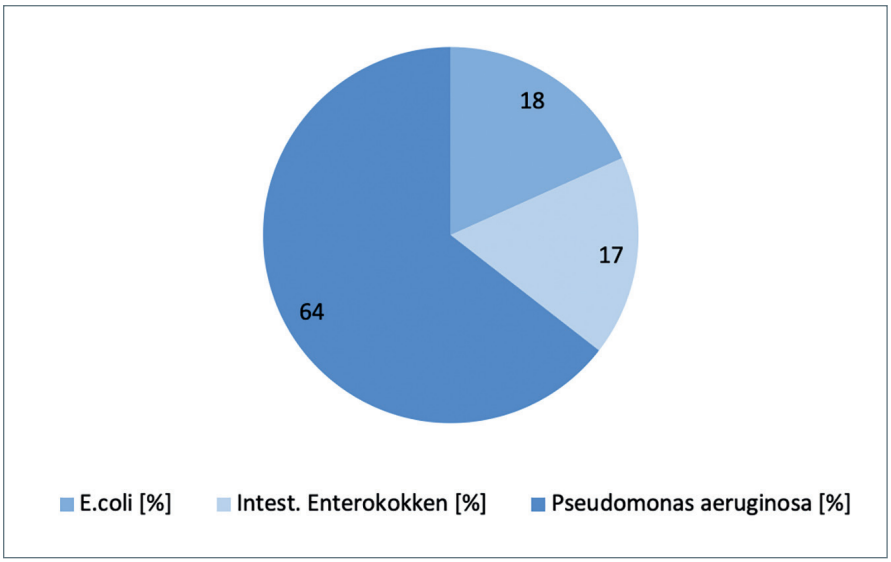

Abbildung 2: Prozentualer Anteil von Grenzwertüberschreitungen bei Becken- und Reinwasserwerten: E.coli, Intest. Enterokokken und P. a.; Anzahl der Bäder: 43; Zeitraum: 2005–2018

Ursachen von Pseudomonas aeruginosa

P. a. kommt ubiquitär in Oberflächengewässern, im Grundwasser, in Böden und auf Pflanzen vor. Die optimale Wachstumstemperatur beträgt 15–30 °C. P. a. gilt als sog. „Pfützenkeim", weil er häufig in kleinen Resten stagnierenden Wassers zu finden ist. Er hat die Fähigkeit zur Bildung von Biofilmen und kann sich auch in sehr sauberem Wasser vermehren[5]. Folgend werden P.-a.-Eintragsquellen für Naturfreibäder dargestellt. Hieraus ergeben sich entsprechend Maßnahmenoptionen.

Füllwasser

Von der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene e. V., Berlin, wird darauf hingewiesen, dass sowohl Wasserwerke als auch Wasserversorgungsnetze eine Quelle von P. a. darstellen können[6]. So wurde von Kistemann[7] in 5,2 % der untersuchten Gebäude P. a. im Leitungswasser nachgewiesen. Neben anderen Faktoren stellten hier insbesondere Eisenleitungen einen Risikofaktor dar. Nach den geltenden Vorgaben findet momentan keine Analyse des Füllwassers hinsichtlich P. a. statt. Beim Auftreten von P. a. in Naturfreibädern empfiehlt es sich folglich, das Füllwasser zu untersuchen und bei Bedarf entsprechende Maßnahmen am Leitungsnetz vorzunehmen.

Filter

Als besonderer Ansiedlungsort haben sich Filter in der Badewasseraufbereitung erwiesen[8]. Dies ist insbesondere bei Kolmationsproblemen der Fall. Da bei einer Filterkolmation leicht anaerobe Bereiche entstehen, hat P. a. vermutlich einen Selektionsvorteil, da es als fakultativ anaerobes Bakterium auch unter anaeroben Bedingungen wachsen kann. In der Praxis lässt sich das Milieu einfach über Redoxmessungen bestimmen. Sollten Probleme im Reinwasser eines Filters gefunden werden, so empfiehlt es sich, diesen im Hinblick auf die Durchlässigkeit und Beschickungsintervalle zu untersuchen.

Boden- und Wandaufwuchs in den Becken

Da P. a. die Fähigkeit zur Bildung von Biofilmen besitzt, ist der Boden- und Wandaufwuchs, der in den Becken von Naturfreibädern entsteht, ein potenzieller Besiedlungsraum des Keimes. Kommt es zum Abriss von Biofilmfragmenten (z. B. durch starken Biofilmbewuchs oder durch Reinigungsmaßnahmen), kann der Keim somit auch ins Freiwasser gelangen. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, die Becken regelmäßig zu reinigen und die Probennahme immer erst durchzuführen, wenn gelöste Biofilmfragmente durch manuelle Reinigungsmaßnahmen oder über den Filterkreislauf entnommen wurden.

Einträge organischer und anorganischer Partikel über Wind

Auch organische und anorganische Partikel, die über Wind ins Wasser gelangen können, stellen eine potenzielle Eintragsquelle dar. Erste Hinweise lieferten Versuche in einem Naturbad in Herrenberg. Hier wurde P. a. in einem offenen Kontrollgefäß gefunden. Kontrollversuche in einem Naturbad in Dortmund ergaben bisher keine Ergebnisse, da im Versuchszeitraum auch im Beckenwasser P. a. nicht nachgewiesen werden konnte. Hier soll noch in diesem Jahr ein weiterer Freiraumversuch erfolgen. Einträge über Wind lassen sich betrieblich nicht verhindern. Einzig eine funktionierende Wasseraufbereitung mit hohen Umwälzungsraten kann hier Abhilfe verschaffen.

Einträge über Regen

Zum Eintrag von P. a. über Niederschläge gab es bisher noch keine systematischen Versuche. Regen kann jedoch in der Luft mit Partikeln in Be-

rührung kommen (Auswaschungseffekt), auf denen Bakterien siedeln. So kann auch Regen eine potenzielle Eintragsquelle darstellen. Hier besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf. Da sich Einträge über Regen betrieblich ebenfalls nicht verhindern lassen, ist auch hier eine gute Wasseraufbereitung wichtig.

■ Einträge über Wasserspielgeräte
So wie die Beckenfolie einen Besiedlungsraum für P. a. darstellt, so können auch Wasserspielgeräte aus Kunststoff eine Aufwuchsfläche für Biofilm darstellen, in dem sich P. a. befindet. Vorbeugen lässt sich dies durch regelmäßige gründliche Reinigung und eine trockene Lagerung.[9)]

■ Einträge über Badegäste
P. a. kann über verschiedene Wege an den Badegast und über ihn dann ins Becken gelangen. So kann bei einer Kontaminierung des Leitungswassers mit P. a. der Badegast beim Duschen mit dem Keim in Kontakt kommen und diesen ins Badewasser tragen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass belastete Bodenpartikel oder belastetes Pfützenwasser über die Füße eingetragen werden. Sollte der Eintrag über das Duschwasser kommen, so muss eine Überprüfung des Leitungsnetzes vorgenommen werden. Kommt der Eintrag über Bodenpartikel oder belastetes Pfützenwasser zustande, so kann gründliches Abduschen vor dem Betreten des Beckens helfen.

Während ein Pseudomonas-Eintrag durch eine Filterkolmation, belastetes Füllwasser sowie durch Bodeneinträge und Beckenwandaufwuchs klar eingrenzbar und damit adressierbar ist, so sieht es bei den anderen Eintragsquellen schwieriger aus. Einträge über Wind, Regen und Badegäste lassen sich in der Praxis zumeist weder klar zurückverfolgen, noch durch Maßnahmen verlässlich unterbinden. Hier bleibt im Falle des Auftretens bloß darauf zu warten, dass die jeweilige Wasseraufbereitung den Keim beseitigt. Dies wiederum kann nur gelingen, wenn die Wasseraufbereitung im Hinblick auf die Beckenwasserhydraulik und die biologische Reinigung greift. Funktioniert diese nicht, so sind eine Adressierung dieser beiden Komponenten die wichtigsten Maßnahmen, die durchgeführt werden können.

Hygienische Relevanz bei der Bewertung von Badewasser

P. a. wird sowohl in der Krankenhaushygiene als auch bei der Bewertung von Badewasser als bedeutender Indikatorkeim für wasserassoziierte Erreger gesehen. Für Badewasser in Naturfreibädern wurde P. a. als Hygieneparameter in einer Empfehlung des UBA und folglich auch der FLL-Richtlinie aufgenommen, da „bekannt ist, dass dieser Krankheitserreger in kleinen nährstoffreichen Badeseen auftreten kann und nicht durch Fäkalindikatoren (E. coli und Enterokokken) angezeigt wird. In Kleinbadeteichen werden außerdem durch den Einbau von technischen Systemen, u. a. zur Aufbereitung des Wassers, zusätzlich potenzielle Wachstumsmöglichkeiten für P. aeruginosa (Biofilmbildung) geschaffen“.[1)]

Die Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene[8)] stellt fest, dass Pseudomonaden für die gesunde Bevölkerung in der Regel kein Risiko darstellen, für bestimmte Personengruppen jedoch möglicherweise schon. Relevant im Badewasserkontext sind:

- Personen mit Mukoviszidose
- Personen mit offenen Wunden
- stark abwehrgeschwächte Personen, die mit Immunsuppressiva behandelt werden

Zu folgenden Krankheitsbildern kann P. a. beitragen:

- Gehörgangentzündungen (Otitis externa)
- Haarbalgentzündungen (Follikulitis)/Badedermatitis
- Hornhautentzündungen (Keratitis) (insbesondere bei Kontaktlinsenträgern)
- chronische Wundinfektionen

Insbesondere Otitis externa und Follikulitis/Badedermatitis sind als Badewasser assoziierte Pseudomonaden-Infektionen gut dokumentiert[6)]. Beim Auftreten von P. a. ergeben sich als Schutzmaßnahmen folgende Möglichkeiten:

- Personen aus Risikogruppen meiden das Baden beim Auftreten von P. a.
- Badegäste trocknen nach dem Baden ihre Ohren gut ab.

Wichtig zu betonen ist, dass das Trinken von belastetem Wasser oder der Kontakt mit intakter Haut nicht zur Übertragung führt.[8)]

Testverfahren für die Bestimmung von Pseudomonas aeruginosa

Die Bestimmung von P. a. erfolgt in Naturbädern in Deutschland aktuell nach dem DIN EN ISO 16266 Verfahren. Dazu wurde 2009 im Bundesgesundheitsblatt eine Empfehlung der Schwimm- und Badebeckenwasserkommission veröffentlicht[9)]. Hier wird betont, dass das Verfahren primär für die Zählung von Wasser mit geringer Begleitflora vorgesehen ist, und daher zur Bestimmung in Schwimmbadwasser Probleme auftreten können. Bis zur Vorlage eines geeigneten Untersuchungsverfahrens werden zwei Vorgehensweisen empfohlen:

- Erfassung aller P.-a.-Kolonien mit zusätzlichem Bestätigungsschritt. Fluoreszierende Kolonien auf Cetrimid-Agar werden zunächst mittels der Acetamid-Reaktion geprüft. Ammoniak bildende Kolonien werden zusätzlich bei 42 °C bebrütet.
- Als zweite Möglichkeit wird die alleinige Zählung der blau-grünen (Pyocyanin bildenden) Kolonien auf Cetrimid-Agar empfohlen.

Um ein genaueres Verfahren zu testen, wurden 2014 Untersuchungen mittels Gensonden durchgeführt[10]. Hierbei konnte eine höhere Genauigkeit des Gensonden-Verfahrens gegenüber dem DIN-Verfahren beobachtet werden, die sich darin zeigte, dass geringere Keimzahlen detektiert wurden. Zur weiteren Testung des Verfahrens wurde im Sommer 2015 in Bädern in Deutschland, der Schweiz, Dänemark und Polen das Gensonden-Verfahren vergleichend zum Standard DIN-Verfahren getestet. Die ursprüngliche Annahme, dass die Gensonden durch die Vermeidung von Fehlbestimmungen geringere Keimzahlen detektieren, konnte durch die vorliegenden Daten nicht bestätigt werden. Es wurde jedoch herausgefunden, dass der Gensonden-Test im Vergleich zur Methode DIN EN 16266 geringer durch die bakterielle Begleitflora beeinflusst wird. Dies ergibt sich daraus, dass P.-a.-Zellen beim DIN-Verfahren möglicherweise nicht an der Oberfläche der Nährböden wachsen, bzw. von der Begleitflora überwachsen werden, wodurch sie dann nicht detektiert werden. Dieses Ergebnis zeigt, dass auch bei der Nutzung des modifizierten DIN-Verfahrens verfälschte Ergebnisse herauskommen können. Zusätzlich muss immer beachtet werden, dass eine zu lange oder zu warme Lagerung der Proben die Ergebnisse nach oben hin verfälschen kann.[11]

Grenzwerte

In der gültigen Empfehlung des UBA[1] und der aktuellen Richtlinie zum Bau und Betrieb von Naturfreibädern[2] wird für P. a. ein Höchstwert von ≤ 10 KBE/100 ml definiert. Dieser Wert unterscheidet sich beachtlich von Werten, die in einigen Bundesländern und in anderen Ländern Anwendung finden. So gilt bspw. in Dänemark ein Höchstwert von ≤ 50 KBE/100 ml und in Kanada ein Höchstwert von ≤ 100 KBE/100 ml. In Niedersachsen wird bei Messwerten > 10 KBE/100 ml eine verstärkte Ursachenprüfung veranlasst und erst bei wiederholten Messungen von > 100KBE/100 ml ein Badeverbot verhängt[13]. Auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) unterscheidet bei der Bewertung zwischen Anforderungen für den Normalbetrieb (< 10KBE/100 ml) und schließungsrelevanten Überschreitungen (wiederholtes Auftreten von > 100 KBE/100 ml)[14].

Abschließende Bewertung

Vor dem Hintergrund der Schwierigkeiten bei der Bestimmung von Ursachen und entsprechend der Durchführung von Maßnahmen, der Unsicherheiten im Bereich der Messverfahren sowie der unterschiedlichen Einschätzungen zum Grenzwert erscheint eine Hinterfragung des aktuellen UBA-Grenzwertes von ≤ 10 KBE/100 ml sinnvoll. Eine Angleichung des Grenzwertes an den schließungsrelevanten Grenzwert der WHO (≤ 100 KBE/100 ml) würde die Betreiber entlasten. Betrachtet man die eingangs erwähnten Daten aus der DANA (2005–2018), so liegen nur 1,67 % der Beckenwasserproben und 1,16 % der Reinwasserproben oberhalb von 100 KBE/100 ml. Wäre dies der Grenzwert gewesen, so wären im genannten Zeitraum 85 % aller P.-a.-Grenzwertüberschreitungen – und somit potenziellen Badschließungen – entfallen. Setzt man voraus, dass der von der WHO genannte schließungsrelevante Grenzwert unbedenklich ist, so wäre der Großteil der Grenzwertüberschreitungen hygienisch tolerierbar.

Zu prüfen wäre, woraus sich die unterschiedlichen Bewertungen des UBA und der WHO ergeben haben, und ob eine Angleichung der deutschen Grenzwerte an den internationalen Standard hygienisch vertretbar ist. Darüber hinaus sollte überprüft werden, ob eine unterschiedliche Bewertung von Becken- und Reinwasser sowie von Erst-, Zweit- und Drittbeprobungen vorzunehmen ist.

Anmerkungen/Literatur

1) Umweltbundesamt (2003): Empfehlung des Umweltbundesamtes. Hygienische Anforderungen an Kleinbadeteiche (künstliche Schwimm- und Badeteichanlagen), Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz, 2003, 46:527-529 DOI 10.1007/s00103-003-0627-0

2) FLL-Richtlinien für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung (Schwimm- und Badetei-

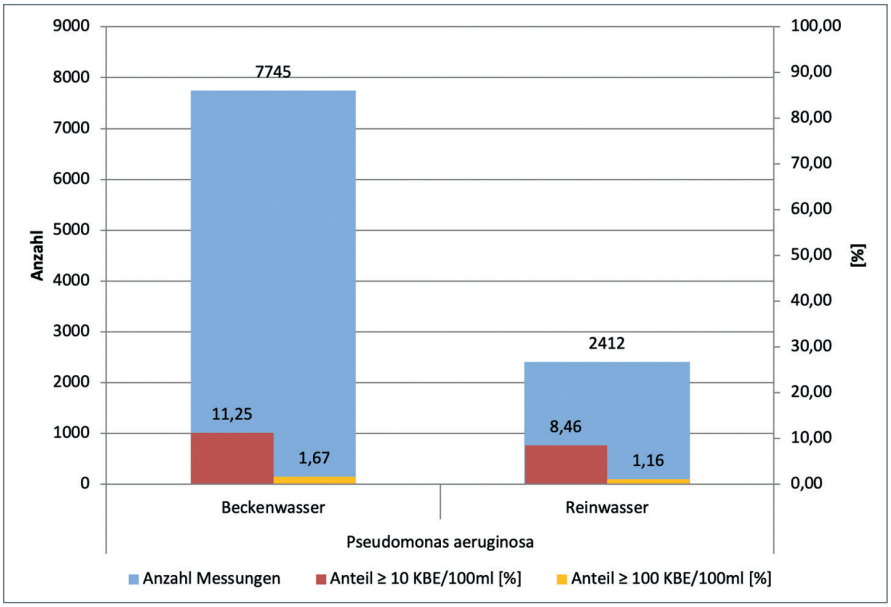

Abbildung 3: Becken- und Reinwasserwerte Pseudomonas aeruginosa (Anzahl der Messungen und prozentualer Anteil der Messwerte ≥10KBE/100 ml + ≥100 KBE/100 ml; Anzahl der Bäder: 43; Zeitraum: 2005–2018

che) 2011, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V., Bonn
3) E. coli: DIN EN ISO 9308-3; Enterokokken: DIN EN ISO 7899-1, DIN EN ISO 7899-2
4) Wie eng die Werte gefasst sind, lässt sich an den Bewertungen der EU-Badegewässerrichtlinie erkennen. Hier werden auf Grundlage einer 90-Perzentil-Bewertung z. B. bei E. coli bis zu neunmal so hohe Werte noch als „ausreichende Qualität“ eingestuft. (Amtsblatt der EU, Richtlinie 2006/7/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung und zur Aufhebung der Richtlinie 76/160/EWG)
5) Roeske, W. (2007): Trinkwasserdesinfektion. Grundlagen, Verfahren, Anlagen, Geräte, Mikrobiologie, Chlorung, Ozonung, UV-Bestrahlung, Membranfiltration, Qualitätssicherung; Oldenbourg Industrieverlag, 2. Auflage, S. 25
6) DGKH (2016): Gesundheitliche Bedeutung, Prävention und Kontrolle Wasser-assoziierter Pseudomonas aeruginosa- Infektionen. Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene, Hygiene und Medizin, Jahrgang 41, Supplement 2, 2016, S. 1
7) Kistemann, T. et al. (2010): Vorkommen mikrobieller Trinkwasserkontaminationen in Hausinstallationen. In: Flemming H-C. (Hrsg.): Vermeidung und Sanierung von Trinkwasser-Kontaminationen durch hygienisch relevante Mikroorganismen aus Biofilmen der Hausinstallation. IWW-Schriftenreihe, Band 54, S. 3–100
8) DGKH (2016): Gesundheitliche Bedeutung, Prävention und Kontrolle Wasser-assoziierter Pseudomonas aeruginosa-Infektionen. Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene, Hygiene und Medizin, Jahrgang 41, Supplement 2, 2016, S. 26
9) De Buhr, W. (2019): Vortrag: Überwachung von Freibädern mit natürlicher Aufbereitung (Kleinbadeteiche): Erfahrungsbericht aus Sicht der Gesundheitsbehörde, Aktuelle Aspekte der Badegewässer- und Beckenwasserhygiene, Fortbildungsveranstaltung H7/2019; Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 19.03.2019
10) Schwimm- und Badebeckenwasserkommission (2009): Hinweise für die Überwachung von Kleinbadeteichen zur Bestimmung von P. aeruginosa nach dem DIN EN ISO 16266 Verfahren, Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz, 52:370–371 DOI 10.1007/s00103-009-0799-3
11) Cordes, A. (2014): Quantitative Bestimmung von Pseudomonas aeruginosa mittels Gensonden. In: AB Archiv des Badewesens 06/2014, S. 360–366
12) Cordes, A. (2015): Nachweis von Pseudomonas aeruginosa in verschiedenen Naturbädern – Vergleich Gensondentest mit DIN 16266, ABS Sitzung, Internationaler Schwimmteichkongress Köln, 27.10.2015
13) Land Niedersachsen (2007): Vorgehen bei erhöhten Messwerten von Pseudomonas aruginosa, Anlage 1 zum Runderlass, d. MS v. 06.05.2007, AZ.: 401.15-41504/3/4/4
14) WHO (2006) Guidelines for safe recreational water environments, Volume 2: Swimming pools and similar environments, World Health Organization, S. 96 f.

Über die Autoren

Hannes Kurzreuther ist der Bereichsleiter Naturbadbetreuung bei der Polyplan GmbH Bremen, Stefan Bruns ist der Geschäftsführer dieses Ingenieurbüros für Energie und Umwelttechnik.

Anzeige: 1/6 Seite = 0,17
177 x 40 mm

Anzeige: 1/4 Seite = 0,25
177 x 60 mm