

Bundesgesundheitsbl 2015 · 58:1023–1024
DOI 10.1007/s00103-015-2211-9
Online publiziert: 14. August 2015
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015



Empfehlung des Umweltbundesamtes

Erratum zu: Vorgehen zur quantitativen Risikobewertung mikrobiologischer Befunde im Rohwasser sowie Konsequenzen für den Schutz des Einzugsgebietes und für die Wasseraufbereitung

Empfehlung des Umweltbundesamtes nach
Anhörung der Trinkwasserkommission

Erratum zu:
Bundesgesundheitsbl (2014)
57:1224–1230
DOI 10.1007/s00103-014-2039-8

In der Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission „Vorgehen zur quantitativen Risikobewertung mikrobiologischer Befunde im Rohwasser sowie Konsequenzen für den Schutz des Einzugsgebietes und für die Wasseraufbereitung“, erschienen im Bundesgesundheitsbl 2014 (10):1224–1230, haben sich bedauerlicherweise in **Abb. 1** Fehler eingeschlichen. Die Abbildung wird deshalb durch nachstehende Version ersetzt.

Die Online-Version des Originalartikels ist unter
doi:[10.1007/s00103-014-2039-8](https://doi.org/10.1007/s00103-014-2039-8) zu finden.

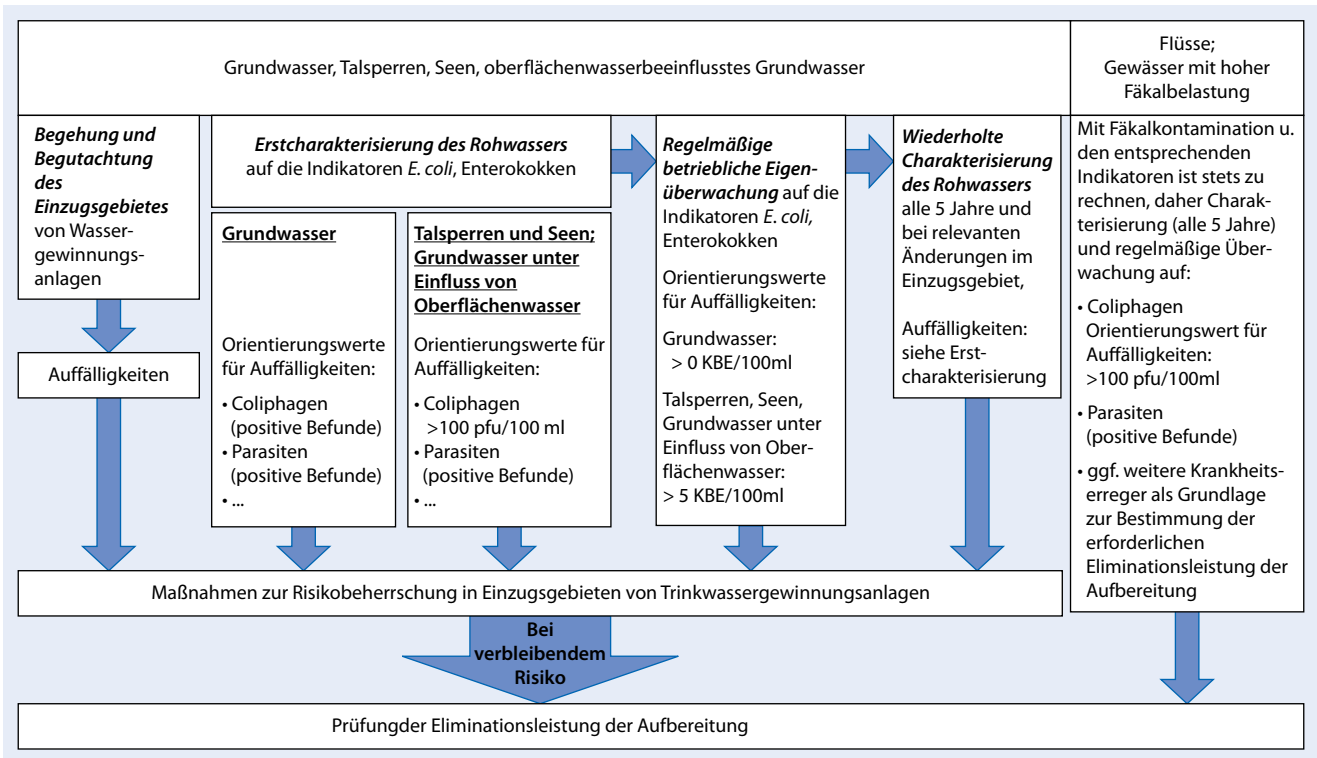


Abb. 1 ▲ Vorgehen zur Erfassung mikrobieller Gefährdungen im Einzugsgebiet, mikrobiologischer Auffälligkeiten im Rohwasser und Konsequenzen für Maßnahmen zur Risikobeherrschung (siehe auch Text zur Häufigkeit der Untersuchungen). *pfu* plaque forming units oder *pfp* Plaque formende Partikel, DIN EN ISO 17025-2, *KBE* Kolonie bildende Einheiten

Vorgehen zur quantitativen Risikobewertung mikrobiologischer Befunde im Rohwasser sowie Konsequenzen für den Schutz des Einzugsgebietes und für die Wasseraufbereitung

Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission

Einleitung

Die vorliegende Empfehlung richtet sich in erster Linie an Trinkwasserversorgungsunternehmen und Gesundheitsämter.

An die Qualität von Trinkwasser werden in Deutschland hohe Anforderungen gestellt, da es sich um ein unverzichtbares, nicht zu substituierendes und verderbliches Lebensmittel handelt. Die Beschaffenheit des Rohwassers variiert aufgrund der vielfältigen naturräumlichen Gegebenheiten (Böden, Geologie) in den Einzugsgebieten von Wassergewinnungsanlagen. Bei der Rohwassergewinnung und Aufbereitung zu Trinkwasser sind die Anforderungen der Trinkwasserverordnung [1] als Maßstab und gesetzlicher Rahmen einzuhalten. Neben den darin festgelegten Mindestanforderungen fordert diese die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik.

Verbesserungen der Rohwasserbeschaffenheit bzw. die Absicherung erreichter Qualität sind durch ein vielfältiges Bündel nicht nur technischer, sondern auch organisatorischer und personeller Maßnahmen in der Prozesskette von der Rohwasserressource über das Wasserwerk bis zum Zapfhahn möglich.

Dieser Ansatz wird als „Multi-Barrieren-Prinzip“ bezeichnet und zählt in Deutschland seit vielen Jahrzehnten zu den Eckpfeilern der Trinkwasserversorgung. Dabei gilt das Prinzip der Ursachenvermeidung: Der Ausschluss oder die Verhinderung von Qualitätsbeeinträchtigungen in den Prozessschritten hat Vorrang vor späteren Korrekturen, die aufwendig umzusetzen und ggf. nur bedingt wirksam sind. Zu beachten ist, dass jede Barriere ein wichtiges Element für das Funktionieren des Gesamtsystems ist – keine Barriere darf auf Kosten einer anderen vernachlässigt werden. Durch diese Schritte wird die notwendige Strukturqualität sichergestellt.

Der stichprobenartige Nachweis der infektionshygienischen Unbedenklichkeit von Trinkwasser als Maß für die Ergebnisqualität (Endproduktkontrolle) vorangegangener Gewinnungs- und Aufbereitungsprozesse erfolgt nach Trinkwasserverordnung durch die Messung konventioneller bakterieller Indikatororganismen (*E. coli*, coliforme Bakterien, Enterokokken) im aufbereiteten Trinkwasser und ggf. zusätzlich nach Desinfektion. Diese Vorgehensweise hat sich seit über 100 Jahren, insbesondere zur Beherrschung der damals wichtigsten wasserassoziierten Infektionskrankheiten, wie z. B.

Cholera, Typhus, Shigellenruhr und Hepatitis A, bewährt. Sie wird für die Routineüberwachung des Trinkwassers auch weiterhin so beibehalten werden.

Fortschritte in der mikrobiologischen Analytik und der Epidemiologie sowie die wissenschaftliche Untersuchung von epidemisch verlaufenden Krankheitsausbrüchen haben jedoch gezeigt, dass nicht alle Krankheitserreger mit diesem Indikatoren-system sicher angezeigt werden. Dazu zählen insbesondere einige Viren sowie Parasitendauerformen (Cryptosporidien und Giardien). Diese durch Wasser übertragbaren Krankheitserreger können bereits in sehr geringen Konzentrationen im Trinkwasser infektiös sein und sind gegenüber Umwelteinflüssen z. T. widerstandsfähiger und gegenüber Desinfektionsverfahren resistenter als die etablierten bakteriellen Indikatororganismen. Um jene in niedrigen Konzentrationen im Trinkwasser nachweisen zu können, müsste zum Beleg einer ausreichenden Sicherheit vor Infektionsrisiken die Untersuchung des Trinkwassers auf diese Erreger in sehr großen Wasservolumina erfolgen. Dies ist jedoch weder durch die derzeit verfügbaren Analyseverfahren unter Routinebedingungen möglich, noch sind geeignete Verfahren in näherer Zukunft zu er-

warten. Für diese Krankheitserreger ist es daher nicht möglich, auf herkömmliche Weise – d. h. durch Untersuchungen des Trinkwassers am Ausgang des Wasserwerks auf Freiheit von den bislang genutzten Indikatororganismen in 100 ml Trinkwasser – zu belegen, dass die Forderung des § 5 Absatz 1 TrinkwV 2001 eingehalten wird („Im Trinkwasser dürfen Krankheitserreger ..., die durch Wasser übertragen werden können, nicht in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen“). Insofern besteht eine Nachweislücke im Indikatorsystem. Zur Verringerung dieser Nachweislücke wird nachfolgend ein pragmatisches und systematisches Vorgehen, ausgehend von der Bewertung der mikrobiologischen Rohwasserbeschaffenheit im Einzugsgebiet von Wassergewinnungsanlagen, empfohlen.

Vorgehensweise gemäß Weltgesundheitsorganisation

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat vorgeschlagen, der Herausforderung zur Beherrschung der oben genannten neu erkannten Krankheitserreger (sog. „emerging pathogens“) durch Erweiterung der bisherigen mikrobiologischen Qualitätssicherung zu begegnen [2]. Dazu beschreibt sie ein Verfahren zur quantitativen mikrobiologischen Risikoabschätzung. Es beruht darauf, dass Risiken durch diese Erreger dann zu erwarten sind, wenn sie – oder auf sie gerichtete Indikatororganismen – im Rohwasser in messbaren Konzentrationen vorkommen. Die quantitativ ermittelten Konzentrationen im Rohwasser können dazu genutzt werden, ihr mögliches Vorkommen im Trinkwasser abzuschätzen. Dem werden in groben Grenzen bekannte Daten zur Eliminationsleistung üblicher Wasseraufbereitungsverfahren gegengerechnet.

Grundlage hierfür ist nach WHO eine rechnerische Annahme für eine zulässige Maximalkonzentration dieser Mikroorganismen. Diese beruht auf verschiedenen Annahmen. Vor allem aber wird ein Restrisiko transparent gemacht: Es kann z. B. der Erkrankung einer Person aus einer 10.000 Personen starken Gruppe je Jahr entsprechen (wie in den Niederlanden gesetzlich festgelegt). Alternativ kann

ein Faktor für die Schwere der Erkrankung einbezogen werden. Hierauf beziehend schlägt die WHO vor, dass durch Erreger im Trinkwasser nicht mehr als 1 gesundes Lebensjahr in einer Gruppe von 1 Mio. exponierten Personen verloren gehen sollte, das sind 10^{-6} „disability-adjusted life years“ oder 10^{-6} DALY. (Für eine nähere Diskussion dieses Konzepts s. Schmoll et al. [3].) In beiden Fällen ergibt sich für Viren und Parasiten mit sehr niedriger Infektionsdosis eine theoretische Maximalkonzentration im Trinkwasser von 10^{-6} pro Liter.

Die nachfolgend beschriebene Empfehlung nimmt die Grundgedanken des WHO-Ansatzes auf, modifiziert diese jedoch, indem sie für die Verhältnisse in Deutschland geeignete Indikator- und Referenzorganismen verwendet und indem sie primär auf die Identifikation und Beseitigung der Quellen fäkaler Belastungen des Rohwassers im Einzugsgebiet von Wassergewinnungsanlagen fokussiert.

Empfehlung zum Vorgehen unter den Bedingungen in Deutschland

Das Vorgehen umfasst folgende Schritte, die nachstehend näher erläutert werden:

1. Festlegung derjenigen fachlich ausgewiesenen Personen, die die Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung durchführen,
2. Begehung, Charakterisierung und Begutachtung des Einzugsgebietes der Wasserfassung oder Talsperre einschließlich der Wassergewinnung in hydro(geo)logischer und nutzungsbezogener Hinsicht zur Erfassung mikrobieller Gefährdungen,
3. Messprogramm zur quantitativ-mikrobiologischen Charakterisierung des Rohwassers, bei Trinkwassertalsperren-Systemen und Seen ggf. Untersuchungen auch der Zuflüsse, um eventuelle Quellen mikrobieller Gefährdungen im Einzugsgebiet zu identifizieren,
4. Bewertung der Ergebnisse der Einzugsgebietsbegehung sowie der mikrobiologischen Befunde im Rohwasser im Hinblick auf Eignung der (und ggf. Auswahl weiterer) Maßnahmen zur Risikobeherrschung im Einzugsgebiet,

5. Bewertung der quantitativen mikrobiologischen Befunde im Rohwasser im Hinblick auf die Eliminationsleistung der Wasseraufbereitung.

Zu Schritt 1: Festlegung derjenigen fachlich ausgewiesenen Personen, die die Gefährdungsanalyse und Risikoabschätzung durchführen

Die Federführung liegt beim betroffenen Wasserversorgungsunternehmen. Angesichts der Komplexität der Aufgabenstellung hat es sich bewährt, die Bearbeitung in einem angemessen zusammengesetzten, kooperativ arbeitenden Team sowie unter Einbindung des zuständigen Gesundheitsamtes (und ggf. weiterer Behörden) vorzunehmen. Bei Bedarf sind externe Experten hinzuzuziehen.

Zu Schritt 2: Begehung und Begutachtung des Einzugsgebietes und der Wassergewinnung

Die Trinkwasserverordnung enthält in § 14 Absatz 4 und § 16 Absatz 1 Anforderungen, die Schutzgebiete (s. Kasten), die Umgebung der Wasserfassungsanlage und das Rohwasser betreffen. Im Sinne der vorliegenden Empfehlung zählt bei Fehlen eines Schutzgebietes zur Umgebung auch das Einzugsgebiet.

§ 14 Absatz 4 TrinkwV 2001: *Der Unternehmer und der sonstige Inhaber einer Wasserversorgungsanlage nach § 3 Nummer 2 Buchstabe a oder Buchstabe b haben regelmäßig, mindestens jedoch jährlich, Besichtigungen der zur Wasserversorgungsanlage gehörenden Schutzzonen vorzunehmen oder vornehmen zu lassen, um etwaige Veränderungen zu erkennen, die Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Trinkwassers haben können. Sind keine Schutzzonen festgelegt, haben sie Besichtigungen der Umgebung der Wasserfassungsanlage vorzunehmen oder vornehmen zu lassen. Das Ergebnis der Ortsbegehung ist zu dokumentieren und dem Gesundheitsamt auf Verlangen vorzulegen. Soweit nach dem Ergebnis der Besichtigungen erforderlich, sind entsprechende Untersuchungen des Rohwassers vorzunehmen oder vornehmen zu lassen.*

§ 16 Absatz 1 Satz 3 TrinkwV 2001: *Der Unternehmer und der sonstige Inhaber einer Wasserversorgungsanlage nach § 3 Nummer 2 Buchstabe a, b oder Buchstabe c haben es dem Gesundheitsamt unverzüglich anzuzeigen, wenn ihnen Belastungen des Rohwassers bekannt werden, die zu einer Überschreitung der Grenzwerte im Trinkwasser führen können.*

Zur Umsetzung der in den §§ 14 Absatz 4 und 16 Absatz 1 der Trinkwasserverordnung festgelegten Anforderungen ist das Einzugsgebiet einer Wassergewinnung regelmäßig, mindestens jedoch jährlich, zu begehen und auf Gefährdungen hin zu untersuchen, um etwaige Veränderungen zu erkennen, die Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Trinkwassers haben können. Diese Gefährdungsanalyse soll unter Berücksichtigung der naturräumlichen Bedingungen und menschlichen Nutzungen des Einzugsgebiets erfolgen [4–10], um mögliche Eintragspfade für Krankheitserreger aufzufindig zu machen. Dabei sind auch bereits etablierte Maßnahmen zur Minimierung mikrobieller Gefährdungen bei der Wassergewinnung (z. B. Schutzgebiete, Vorsperren, variable Entnahmetiefen) zu bewerten. Neben anthropogenen Gefährdungen (z. B. Siedlungsentwässerung, Viehhaltung, Gülleausbringung, Futterplätze und Gehege für Wildtiere) sind auch natürliche Gefährdungen (z. B. Wildtierpopulationen) zu berücksichtigen. Bei der Betrachtung ist auch der potenzielle Einfluss von Extremereignissen, insbesondere Extremwetterlagen, als Auslöser für Gefährdungen von Bedeutung und sorgfältig zu erfassen. Sofern bereits mikrobiologische Daten aus früheren Untersuchungen (ggf. auch aus früheren Ereignissen) vorliegen, sollten diese mit in die Begutachtung einbezogen werden.

Aus dieser Analyse sind die wesentlichen Eintragspfade für mikrobiologische Beeinträchtigungen des Rohwassers abzuleiten.

Auf der Grundlage der bis dahin gewonnenen Erkenntnisse ist die Begehung und Begutachtung des Einzugsgebietes regelmäßig sowie bei Veränderungen im Einzugsgebiet zu wiederholen. Die Forderungen des § 14 Absatz 4 TrinkwV

2001 (Besichtigungspflicht des Unternehmers und des sonstigen Inhabers einer Wasserversorgungsanlage) sowie des § 19 Absatz 5 TrinkwV 2001 (Überwachungspflicht der Gesundheitsbehörde) bleiben unbenommen.

Einzelheiten für die Durchführung der Gefährdungsanalyse sind in den einschlägigen technischen Regelwerken beschrieben [4, 5]. So werden z. B. in Tabelle 1 des DVGW-Arbeitsblattes W 101 „Richtlinien für Schutzgebiete; I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser“ Gefährdungspotenziale für die 3 Schutzzonen eines Wasserschutzgebietes dargelegt. Diese Tabelle kann als Einstieg für die Analyse von Gefährdungen der mikrobiellen Beschaffenheit des Rohwassers in Wassereinzugsgebieten auch bei der Trinkwassergewinnung aus Oberflächengewässern herangezogen werden.

Bestätigt das Ergebnis der Begehung und Begutachtung des Einzugsgebietes einen sehr guten Schutz der Rohwasserressource, kann das Risiko einer Verunreinigung mit humanpathogenen Erregern – vorbehaltlich der quantitativ-mikrobiologischen Untersuchung (s. Schritt 3) – als gering bewertet werden.

Zu Schritt 3: Quantitativ-mikrobiologische Untersuchung des Rohwassers

Die quantitativ-mikrobiologische Charakterisierung des Rohwassers dient neben der Begehung und Begutachtung des Einzugsgebietes dazu, zusätzliche Rückschlüsse auf das Einzugsgebiet, auf den genutzten Wasserkörper und auf die natürliche Elimination im Rahmen der Rohwassergewinnung zu ziehen, d. h., mikrobielle Gefährdungen und ihre Quellen zu erkennen, zu quantifizieren und soweit irgend möglich abzustellen. Sofern sie sich durch Maßnahmen im Einzugsgebiet nicht ausreichend reduzieren lassen, ist die quantitativ-mikrobiologische Charakterisierung des Rohwassers die Basis für das Konzept einer regelmäßigen mikrobiologischen betrieblichen Eigenüberwachung des Rohwassers und für die Ermittlung der erforderlichen Eliminierungsleistung der anschließenden technischen Wasseraufbereitung. **Abb. 1** gibt eine Übersicht des Vorgehens. Dabei wird zwischen Gewässern unterschieden, die eher gering fäkal

belastet sind und für die eine Chance besteht, diese Belastung durch Maßnahmen im Einzugsgebiet hinreichend zu beherrschen, und solchen wie Flüssen (und anderen ggf. stärker fäkal kontaminierten Gewässern), für die Maßnahmen in der Trinkwasseraufbereitung die entscheidende Barriere für eine hinreichend zuverlässige Beherrschung von Krankheits-erregern darstellen.

Die regelmäßige betriebliche Eigenüberwachung auf die konventionellen bakteriellen Indikatoren (*E. coli*, Enterokokken) stellt eine Daueraufgabe dar und bildet – je nach Befundlage – die Grundlage für die weitergehende mikrobiologische Charakterisierung auf ausgewählte Referenzerreger (Cryptosporidien, Giardien) bzw. Indikatoren (Coliphagen).

Erstcharakterisierung des Rohwassers im Einzugsgebiet

Sofern eine Erstcharakterisierung des Rohwassers im Einzugsgebiet bislang nicht stattgefunden hat, ist eine solche durchzuführen.

Sie umfasst eine Begehung des Einzugsgebiets sowie mindestens die Untersuchung auf *E. coli* und Enterokokken im Rohwasser und in relevanten Zuflüssen, wie auch im Kap. „Regelmäßige betriebliche Eigenüberwachung“ beschrieben.

Sofern im Ergebnis ein fäkaler Einfluss festgestellt wird sowie bei Wasserversorgungen, die Flusswasser direkt, Talsperren mit Abwassereinfluss oder oberflächenwasserbeeinflusstes Grundwasser nutzen, sind zusätzliche Untersuchungen auf Parasitendauerformen (Cryptosporidien und Giardien) sowie in der Regel auch auf somatische Coliphagen (als möglicher Indikator für das Vorkommen humanpathogener Viren) zu empfehlen.

Zu Parasitendauerformen. Bisher durchgeführte Untersuchungen zum Vorkommen von Parasitendauerformen, insbesondere in Trinkwasser-Talsperrensystemen, zeigten, dass bei Abwassereinfluss vorzugsweise mit Giardien, bei Weidewirtschaft und tierischen Abspülungen mit Cryptosporidien zu rechnen ist. Parasiten aus Tierkot können jedoch auch Menschen infizieren. Weitere Informa-

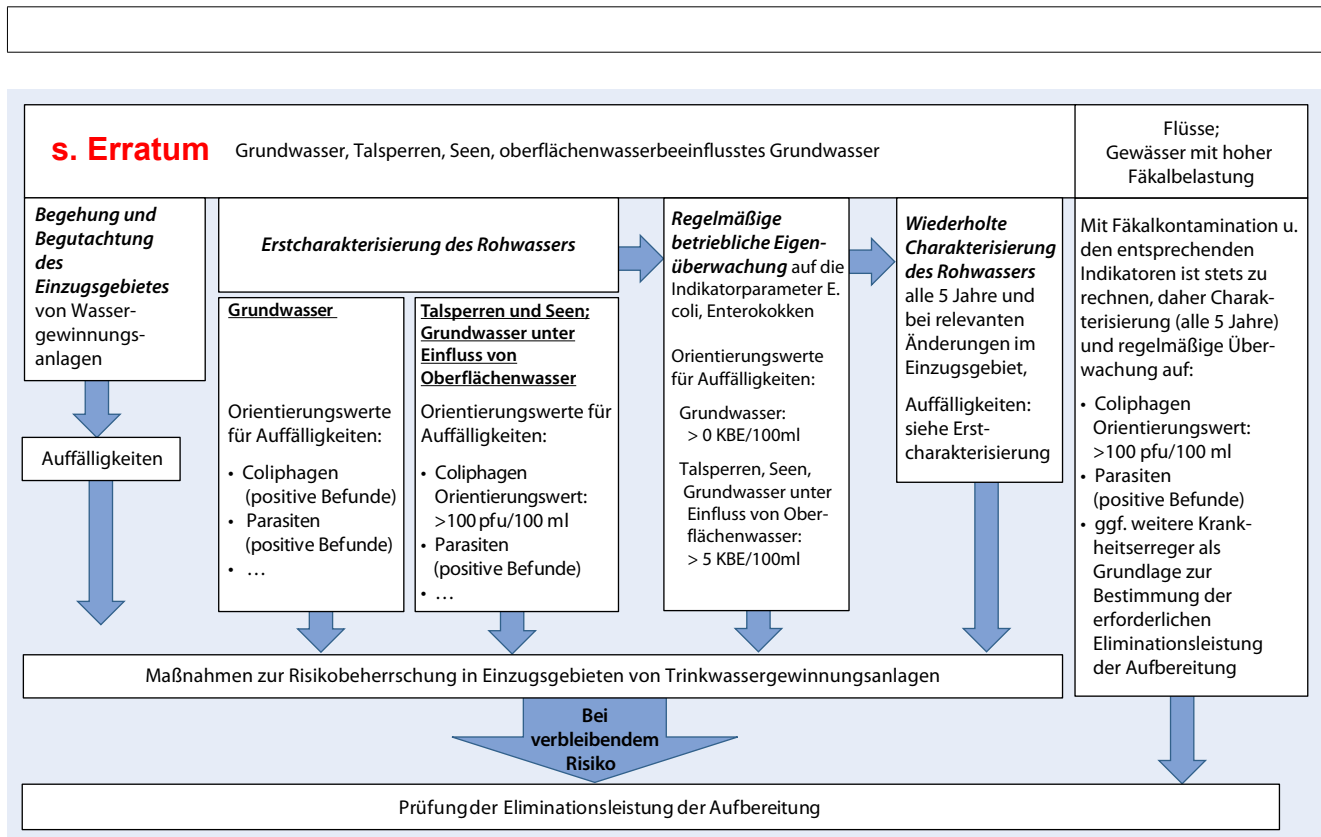


Abb. 1 ▲ Vorgehen zur Erfassung mikrobieller Gefährdungen im Einzugsgebiet, mikrobiologischer Auffälligkeiten im Rohwasser und Konsequenzen für Maßnahmen zur Risikobeherrschung (s. auch Text zur Häufigkeit der Untersuchungen). *pfu* plaque forming units oder *ppf* Plaque formende Partikel, DIN EN ISO 17025-2, *KBE* koloniebildende Einheiten

tionen zum Vorkommen von Parasitendauerformen und der Vermeidung von Belastungen des Roh- und Trinkwassers mit Parasiten können der UBA-Empfehlung von 2001 und weiterer Literatur entnommen werden [10–12]. Ihr Nachweis kann mit dem genormten Verfahren nach ISO 15553 erfolgen [13]. Durch Validierungsuntersuchungen wurde nachgewiesen, dass mit der angegebenen Methode eine Wiederfindungsrate von 60–70 % zu erreichen ist [14].

Zu somatischen Coliphagen. Diese sind Viren, die *E. coli* befallen und in ihrer Struktur humanpathogener Viren ähnlich sind. Sie eignen sich zur Klärung der Frage, inwieweit eine Belastung des Rohwassers mit humanpathogenen Viren vorliegt, da sie deren Verhalten in der Umwelt und unter den Bedingungen der Wasseraufbereitung besser widerspiegeln als die bakteriellen Indikatororganismen. Auch können somatische Coliphagen länger zurückliegende fäkale Verunreinigungen anzeigen, bei denen die bakteriellen Indikatoren bereits inaktiviert wurden,

während humanpathogene Viren noch überlebt haben können.

Coliphagen können (müssen aber nicht) menschlichen Ursprungs sein. Sie entstammen dem Magen-Darm-Trakt von Warmblütern, sind selbst jedoch nicht pathogen. Mit dem Vorkommen humanpathogener Viren korrelieren Coliphagen nur bei hohen Konzentrationen, z. B. im durch Abwasser belasteten Flusswasser. So wurde in fäkal verunreinigtem Oberflächenwasser ein Verhältnis von etwa 1000:1 oder mehr Coliphagen zu humanen enteralen Viren beschrieben [15]. Daten aus verschiedenen Gewässern zeigen jedoch, dass, wenn humanpathogene Viren – z. B. Adeno- oder Rotaviren – gefunden werden, die Coliphagen-Konzentrationen mindestens 10- bis 100-fach höher lagen [16–18]. Coliphagen werden aber wie *E. coli* immer mit Fäkalien ausgeschieden, während humanpathogene Viren nur von infizierten Personen mit dem Stuhl ausgeschieden werden.

Da der Zweck der Untersuchung auf somatische Coliphagen die Indikation eines möglichen Vorkommens humanpathogener Viren ist, kann diese Untersu-

chung entfallen, sofern aufgrund der Gegebenheiten im Einzugsgebiet eine humane Fäkalbelastung auszuschließen ist. Die Entscheidung hierüber trifft die unter Schritt 1 beschriebene Arbeitsgruppe.

Coliphagen lassen sich vergleichsweise gut und nach einem genormten Verfahren messen – der Norm DIN EN ISO 10705-2 [19]; dies wurde durch Ringversuche bestätigt.

Für die Erstcharakterisierung des Rohwassers sind die Untersuchungen auf Parasitendauerformen und Coliphagen im Verlauf eines Jahres mindestens 4-mal (d. h. jedes Quartal) und mindestens 2-mal anlassbezogen (z. B. nach Extremereignissen wie Starkregen oder besondere Abschwemmungen wie bei Schneeschmelze oder nach lang anhaltender Trockenheit) durchzuführen; über das Vorgehen bei Abweichungen entscheidet die unter Schritt 1 beschriebene Arbeitsgruppe.

Die Charakterisierung ist periodisch alle 5 Jahre durchzuführen. Insbesondere bei relevanten Veränderungen im Einzugsgebiet kann dies auch Wiederho-

lungsuntersuchungen erforderlich machen.

Regelmäßige betriebliche Eigenüberwachung

Die Trinkwasserverordnung fordert in § 14 Absatz 4 „Untersuchungen des Rohwassers“, wenn diese als „Ergebnis der Besichtigung erforderlich“ sind. Im Technischen Regelwerk, wie beispielsweise im DVGW-Arbeitsblatt W 108 Messnetze zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Wassergewinnungsgebieten [8] oder im DVGW-Hinweis W 254 Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen [9], werden die Aufgaben des Wasserversorgers bei der Überwachung des Einzugsgebietes im Sinne des frühzeitigen Erkennens von Änderungen in der Rohwasserbeschaffenheit beschrieben.

Dem natürlichen Wasserkreislauf entnommenes Wasser, das als Trinkwasser genutzt wird bzw. zur Wasseraufbereitung genutztes Rohwasser im unmittelbaren Zulauf zur Aufbereitung, ist betrieblich regelmäßig mindestens auf die konventionellen bakteriellen Indikatoren (quantitativ) in 100 ml Rohwasser zu untersuchen. Die Untersuchungsfrequenz richtet sich nach den Ergebnissen der Begehung und Begutachtung des Einzugsgebietes und hängt von den Umständen des Einzelfalls ab. Dabei sind insbesondere extreme Wetterlagen zu berücksichtigen und zu bewerten. Diese regelmäßigen Untersuchungen des Rohwassers stellen eine Daueraufgabe dar.

Bei der Nutzung von Oberflächenwasser oder von durch Oberflächenwasser beeinflusstem Grundwasser lassen weniger als 12 Eigenuntersuchungen pro Jahr keine hinreichend sichere Bewertung zu.

Rohwässer aus Flüssen und Karstgebieten sowie aus unzureichend geschützten Talsperren können in der Regel jederzeit mit Krankheitserregern, insbesondere Parasiten und ggf. Viren, kontaminiert sein. Für solche Gewässer sind daher mehr Eigenuntersuchungen erforderlich, und der Parameterumfang ist ggf. auszuweiten, auch auf nicht-mikrobiologische sowie auf online messbare und kontinuierlich registrierbare Parameter (z. B. Trübung).

Zu Schritt 4: Bewertung der Ergebnisse der Einzugsgebietsbegehung zur Ermittlung der Belastungsquellen des Rohwassers

Die Befunde sind zu analysieren, zu bewerten und Konsequenzen hieraus abzuleiten. Dabei ist nicht nur auf die Beobachtungen im Einzugsgebiet und die Absolutwerte der mikrobiologischen Befunde zu achten, sondern auch auf Veränderungen in deren Muster des Vorkommens. Zu beachten sind insbesondere auch kontinuierliche oder plötzliche Erhöhungen der Mikroorganismenzahl im Rohwasser. Bei Auffälligkeiten sind deren Ursachen möglichst abzustellen (primär durch Maßnahmen zur Risikobeherrschung im Einzugsgebiet, ggf. auch durch den Wechsel von Quellen, Brunnen oder Entnahmetiefen). Sofern Risiken bestehen bleiben, kommt mit Schritt 5 der Bewertung der Eliminationsleistung der Wasseraufbereitung und ggf. ihrer Ertüchtigung entsprechend § 5 Absatz 5 TrinkwV 2001 besondere Bedeutung zu.

Nach § 5 Absatz 5 Satz 1 TrinkwV 2001 heißt es: *Soweit der Unternehmer und der sonstige Inhaber einer Wasserversorgungs- oder Wassergewinnungsanlage oder ein von ihnen Beauftragter hinsichtlich mikrobieller Belastungen des Rohwassers Tatsachen feststellen, die zum Auftreten einer übertragbaren Krankheit im Sinne des § 2 Nummer 3 des Infektionsschutzgesetzes führen können, oder annehmen, dass solche Tatsachen vorliegen, muss eine Aufbereitung, erforderlichenfalls unter Einschluss einer Desinfektion, nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik unter Beachtung von § 6 Absatz 3 erfolgen.*

Zu Schritt 5: Bewertung der quantitativen mikrobiologischen Befunde im Rohwasser im Hinblick auf die Eliminationsleistung der Wasseraufbereitung
Ziel des Bewertungsschrittes 5 ist eine Einschätzung der Wasseraufbereitung und Desinfektion im Wasserwerk daraufhin, wie effizient die im Rohwasser vorkommenden Normal- und Spitzenkonzentrationen von Indikatororganismen und Referenzerregern durch die Wasseraufbereitung beherrscht werden können, sofern bestehende oder neu zu treffende

Maßnahmen im Einzugsgebiet nicht ausreichen oder Prozesse im Gewässer nicht beherrschbar sind, um die mikrobielle Belastung hinreichend zu reduzieren.

Die Analyse beginnt mit einer Überprüfung, ob entsprechend dem Technischen Regelwerk verfahren wird, denn dies stellt „basisvalidierte“ Verfahren dar. Die Betriebsweise ist zu prüfen, z. B. durch Prüfen von Aufzeichnungen über Prozessparameter und Arbeitsanweisungen sowie im Rahmen einer Begehung durch Befragung des technischen Personals insbesondere zur Betriebsweise bei Spitzenbelastungen während Extremereignissen. Die Eignung der Kombination an Verfahrensschritten und ihrer Betriebsweise zur Beherrschung von mikrobiellen Gefährdungen des Rohwassers kann darüber hinaus auch anhand von Informationen in Regelwerken und der wissenschaftlichen Literatur (s. hierzu z. B. [2, 20–28]) und z. T. anhand von Herstellerangaben beurteilt werden. Allerdings sind diese Angaben bislang selten quantitativ und haben daher eher orientierenden Charakter.

Daher kann diese theoretische Analyse nur begrenzt quantitative Daten zur Eliminationsleistung liefern. Auch sind, sofern für einzelne Verfahrensschritte quantitativ-mikrobiologische Daten zu ihrer Eliminationsleistung vorliegen, diese nur bedingt auf andere Wasseraufbereitungssysteme mit anderen Rohwässern sowie Bau- und Betriebsweisen übertragbar. Daher gilt es, für die Beurteilung des eigenen Wasseraufbereitungssystems hinsichtlich der Eliminierungsleistung der Wasseraufbereitung die jeweiligen Besonderheiten von Einzugsgebiet, Rohwasserbeschaffenheit und Wasseraufbereitung der zu beurteilenden Wasserversorgung als jeweiliger Einzelfall so gut einzuschätzen, wie dies nach dem aktuellen Kenntnisstand möglich ist.

Dokumentation des Vorgehens und seiner Ergebnisse

Eine ausführliche Dokumentation der Ergebnisse der

- Begehung und Bewertung des Einzugsgebietes und der Wassergewinnung,
- Daten zur quantitativ-mikrobiologischen Rohwasserbeschaffenheit,

- Begründung der daraufhin abgeleiteten Maßnahmen zur Risikobeherrschung mikrobieller Gefährdungen,
- Erwägungsgründe bei der Bewertung der Eliminationsleistung der Wasseraufbereitung sowie
- bei den Bewertungen aufgetretenen Unsicherheiten und der zu schließenden Kenntnislücken

ist erforderlich. Sie ist Grundlage, um Investitionen in Verbesserungen oder in Untersuchungen zum Schließen von Kenntnislücken durchzusetzen.

Nutzen des Verfahrens und Ausblick

Die Anwendung der hier beschriebenen Vorgehensweise reduziert jene Nachweislücke, die sich durch die neu (ggf. als relevant) erkannten Krankheitserreger aufat, substantiell hinsichtlich der Sicherung der Trinkwasserqualität. Entscheidend bei ihrer Anwendung ist, dass das Ziel keineswegs darin besteht, einen gerichtsfesten Nachweis über die Erfüllbarkeit der Forderung des § 5 Absatz 1 TrinkwV 2001 zu erbringen. Mit der dargelegten Schrittfolge kann ein Wasserversorger jedoch belegen, dass unter Bezug auf § 5 Absatz 5 TrinkwV 2001 nach derzeitigem Kenntnisstand ein systematisches Verfahren angewandt wurde, um zu klären, inwieweit die aus heutiger Sicht trinkwasserrelevanten Erreger in den Rohwasserressourcen vorhanden sind, Maßnahmen zur Risikobeherrschung im Einzugsgebiet der Wassergewinnung erforderlich sind und wie sicher die etablierten Wasseraufbereitungsverfahren mögliche Restrisiken beherrschen.

Die in der vorliegenden Empfehlung beschriebene Vorgehensweise bietet einen flexiblen Bewertungs- und Handlungsrahmen, der im Sinne eines „Lernprozesses“ langfristig zu einer besseren Informationslage und zu mehr Systemverständnis führt. Die Ergebnisse sind Voraussetzung für die Identifikation der zur Risikobeherrschung erforderlichen Maßnahmen und/oder um belegen und kommunizieren zu können, dass auf die mikrobiologische Sicherheit des Trinkwassers vertraut werden kann. Diese Vorgehensweise unterstützt – trotz ihrer gegenwärtigen

Leistungsgrößen – das Konzept eines prozessorientierten und risikobasierenden Risikomanagements, das im DVGW-Hinweis W 1001 „Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risikomanagement im Normalbetrieb“ beschrieben ist [29].

Der Erkenntnisfortschritt durch Forschung und Entwicklung sowie die Anwendung der hier empfohlenen Vorgehensweise in der betrieblichen Praxis werden dazu führen, dass im Laufe der Zeit Verbesserungen möglich werden, die jene Nachweislücke verkleinern. Insofern wird hiermit ein Prozess zur kontinuierlichen Verbesserung des Qualitätsmanagements angestoßen. Entscheidend ist zusätzlich, dass auch weitere, bislang unbekannt neue Krankheitserreger mit diesem systematischen Verfahren erfasst und bewertet werden können. Hierdurch sind die Wasserversorger in die Lage versetzt, gegenüber den Verbrauchern die Sicherheit der Wasserversorgung auf dem neuesten Kenntnisstand und entsprechend den Anforderungen der Trinkwasserverordnung nachvollziehbar zu begründen.

Literatur

1. Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. August 2013 (BGBl. I S. 2977), die durch Artikel 4 Absatz 22 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist
2. WHO (2011) Guidelines for drinking-water quality. 4. Aufl. WHO, Geneva
3. Schmoll O, Chorus I, Feuerpfeil I, Selinka H-C, Szewzyk R (2012) Die Bewertung gesundheitlicher Risiken durch Krankheitserreger im Trinkwasser: Theoretische Maßstäbe und praktische Konsequenzen. *Umweltmed Forsch Prax* 17(2):81–95
4. DVGW (2002) Arbeitsblatt W 102: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; II. Teil: Schutzgebiete für Talsperren, April 2002
5. DVGW (2006) Arbeitsblatt W 101: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser, Juni 2006
6. Kistemann T, Clasen T, Koch C, Dangendorf F, Fischer R, Gebel J et al (2002) Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff. *Appl Environ Microbiol* 68(5):2188–2197
7. Treskatis C, Exner M, Koch C (2008) Konzept einer hydrogeologisch-mikrobiologischen Risikoanalyse von Trinkwassereinzugsgebieten. *GWF Wasser Abwasser* 149:667–676
8. DVGW (2003) Arbeitsblatt W 108: Messnetze zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Wassergewinnungsgebieten, Dezember 2003
9. DVGW (1988) Hinweis W 254: Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen, April 1988

10. Bischoff K (2005) Belastung von Trinkwassertalsperren unterschiedlicher Nutzung in Einzugsgebieten Sachsens und Thüringens mit Parasitendauerformen (*Cryptosporidium*-Oocysten und *Giardia*-Cysten) und ausgewählten potentiell pathogenen Bakterien als hygienisches Risiko für die Trinkwasseraufbereitung. Dissertation an der Fakultät III, Prozesswissenschaften der TU Berlin, Juni 2005
11. Umweltbundesamt/Trinkwasserkommission (2001) Empfehlung zur Vermeidung von Kontaminationen des Trinkwassers mit Parasiten. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitschutz* 44:406–408
12. Kistemann T et al (1998) Untersuchungen zur mikrobiellen Belastung von Siedlungsabwässern und Talsperrenzuläufen in unterschiedlichen Einzugsgebieten. Abschlussbericht. Hygieneinstitut, Bonn
13. ISO 15553 Water quality – Isolation and identification of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts from water. Beuth, Berlin
14. Lee Y, Gomez LL, McAuliffe IT, Tsang VCW (2004) Evaluation of *Cryptosporidium parvum* oocyst recovery efficiencies from various filtration cartridges by electrochemiluminescence assays. *Lett Appl Microbiol* 39:156–162
15. Grabow WOK, Coubrough P, Nupen EM, Bateman BW (1984) Evaluation of coliphages as indicators of the virological quality of sewage-polluted water. *Water Res SA* 10:7–14
16. Grabow WOK (2001) Bacteriophages: update on application as models for viruses in water. *Water Res SA* 27(2):251–268
17. Hot D, Legeay O et al (2003) Detection of somatic phages, infectious enteroviruses and enterovirus genomes as indicators of human enteric viral pollution in surface water. *Water Res* 37:4703–4710
18. Jurzik L, Hamza IA, Puchert W, Überla K, Wilhelm M (2010) Chemical and microbiological parameters as possible indicators for human enteric viruses in surface water. *Int J Hyg Environ Health* 213:210–216
19. DIN EN ISO 10705-2. Wasserbeschaffenheit – Nachweis und Zählung von Bakteriophagen. Teil 2: Zählung von somatischen Coliphagen. Beuth, Berlin
20. DVGW (2010) Arbeitsblatt W 202: Technische Regeln Wasseraufbereitung (TRWA) – Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Anlagen zur Trinkwasseraufbereitung, März 2010
21. DVGW (2005) Arbeitsblatt W 290: Trinkwasserdesinfektion – Einsatz- und Anforderungskriterien, Februar 2005
22. Hamsch B, Kreißel K, Lipp P, Bösl L (2013) Ermittlung der Eliminationsleistung von Flockungsverfahren und Ultrafiltrationsverfahren. Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben. DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe
23. Chorus I, Selinka H-C, Szewzyk R (2013) Virologische Untersuchungen sowie Ermittlung der Eliminationsleistung der Langsandsandfiltration unter anaeroben Bedingungen. Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben. Umweltbundesamt, Berlin
24. Teunis PFM, Rutjes SA, Westrell T, Husman AMR (2009) Characterization of drinking water treatment for virus risk assessment. *Water Res* 43:395–404
25. Wricke B (2006) Effizienz von Aufbereitungsverfahren zur Entfernung mikrobiologischer Belastungen. *GWF Wasser Abwasser* 147(13):2–6

26. Hijnen WAM, Medema G (2010) Elimination of micro-organisms by water treatment processes. KWR Water Cycle Research Institute Series. ISBN: 10:1843393753
27. Chevretils G et al (2006) UV dose required to achieve incremental log inactivation of bacteria, protozoa and viruses. *IUVA News* 8(1):38–45
28. Kreissel K, Bösl M, Lipp P, Franreb M, Hambsch B (2012) Study on the removal efficiency of UF membranes using bacteriophages in bench-scale and semitechnical scale. *Water Sci Technol* 66(6):1195–1202
29. DVGW (2008) Hinweis W 1001: Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risikomanagement im Normalbetrieb, August 2008