

Fäkale Verunreinigungen im Trinkwasser

1. Trinkwasser als Vektor für Krankheitserreger

Trinkwasser muss frei sein von Krankheitserregern (1). Diese Forderung, so in § 4 der TrinkwV 2001, geht auf leidvolle Erfahrungen vor allem in den vergangenen Jahrhunderten zurück, in denen es durch die klassischen Seuchenerreger zu zahlreichen Epidemien mit schwerwiegenden Erkrankungen und auch Todesfällen kam (2). So starben beispielsweise in den Jahren 1854 und 1873 in München über verunreinigtes Trinkwasser durch die Cholera 2223 und 1490 Menschen. 1873 fiel zudem das Oktoberfest wegen der Cholera aus. 1892 ereignete sich die größte dokumentierte Trinkwasserseuche mit Cholera in Hamburg, an der 8605 Menschen verstarben (Tab. 1). Selbst kriegerische Auseinandersetzungen wurden ehemals häufiger durch Seuchen als durch Waffengewalt entschieden.

Ort	Jahr	Erkrankung	Erkrankte	Todesfälle
München	1854	Cholera	?	2223
Halle	1871	Typhus	282	11
Stuttgart	1872	Typhus	180	14
München	1873	Cholera	3075	1490
Hamburg	1885/88	Typhus	15804	1214
Hamburg	1892	Cholera	16956	8605
Paderborn	1898	Typhus	234	32
Gelsenkirchen	1901	Typhus	3231	350
Detmold	1904	Typhus	780	54
Petersberg	1908	Cholera	9000	4000
Pforzheim	1919	Typhus	4000	400
Hannover	1926	Typhus	2500	260
Jugoslawien	1938	Weil'sche Krankheit	390	8
Neuötting	1946/48	Typhus	1000	100
Neu-Delhi	1955	Hepatitis A (E?)	28745	-
Hagen	1955	Typhus, Paratyphus	500	-
Rochester	1965	Enteritissalmonellose	16000	3
Dingelstedt	1972	Hepatitis A	40	-
Ismaning	1978	E-Ruhr	2450	-
Bristol	1985	Lamblienruhr	108	-
Carrolton	1987	Kryptosporidiosis	>13000	-
Swindon	1989	Kryptosporidiosis	>5000	-
Milwaukee	1993	Kryptosporidiosis	>400000	?
La Neuville	1998	Durchfälle mit Noroviren, <i>Campylobacter jejuni</i> und <i>Shigella sonnei</i>	~2213	-
Walkerton	2000	<i>E. coli</i> O157: Durchfälle; HUS	2300	18 ?

Tabelle 1: Epidemien durch Trinkwasser

Wichtige, durch Wasser übertragbare Krankheitserreger sind in Tabelle 2 aufgelistet (3).

Erregerart	Hervorgerufene Erkrankung
Viren: Polioviren Coxsackieviren A und B ECHOviren Rotaviren A und B Adenoviren Hepatitisviren A und E Astroviren Coronaviren Caliciviren wie Norwalk-Virus u.a. kleine Rundviren	Kinderlähmung, Meningitiden Herpangina, Meningitiden, Ekzeme, Perikarditiden Meningitiden, Enteritiden, respiratorische Erkrankungen Enteritiden, Erbrechen respiratorische Erkrankungen, Enteritiden, Augeninfektionen Brechdurchfall, epidemische Hepatitis Enteritiden respiratorische Erkrankungen Enteritiden, Erbrechen
Bakterien: <i>Salmonella Typhi</i> <i>Salmonella Paratyphi A,B,C</i> Enteritis-Salmonellen <i>Shigella</i> spp. pathogene <i>Escherichia coli</i> (EPEC, EIEC, ETEC, EHEC) <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Brucella</i> spp. <i>Francisella tularensis</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Vibrio cholerae</i> und Biotyp <i>El Tor</i> NAG-Vibrionen <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Helicobacter pylori</i> <i>Leptospira</i> spp. <i>Listeria monocytogenes</i> <i>Bacillus anthracis</i> <i>Clostridium botulinum</i> <i>Clostridium perfringens</i> <i>Mycobacterium</i> spp. <i>Mycoplasma</i> species <i>Chlamydia trachomatis</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Legionella</i> spp.	Typhus Paratyphus Enteritiden Ruhr Enteritiden, Enterotoxämien, HUS Enteritiden Bang'sche Erkrankung Tularämie Otitiden, Dermatitiden Cholera Enteritiden Enteritiden Magenulzerationen Weil'sche Krankheit, Kanikolfieber Listeriose Milzbrand Botulismus Lebensmittelintoxikationen, Gasbrand Hautulzerationen, Tuberkulose respiratorische Erkrankungen Konjunktivitis Lebensmittelintoxikationen Lungenentzündung, Pontiac-Fieber
Protozoen: <i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidium parvum</i> <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Naegleria fowleri</i>	Lamblienruhr Cryptosporidiose Amöbenruhr Meningoenzephalitis
Helminthen: <i>Ascaris lumbricoides</i> <i>Taenia</i> species <i>Trichuris trichuria</i> <i>Enterobius vermicularis</i>	Ascariasis Bandwurmbefall Trichuriasis Oxyuriasis

Tabelle 2: Einige menschen- und tierpathogene Erreger, die direkt oder indirekt über Trink-, Schwimmbecken-, Oberflächen- und Abwasser erkrankungsauslösend wirken

2. Indikatorkeime und ihre Bedeutung

Da es nicht praktikabel ist, Trinkwasser auf all die zahlreichen unterschiedlichen Krankheitskeime unter den Viren, Bakterien und Einzellern (Tab. 2) zu untersuchen, machte man sich die Tatsache zunutze, dass die meisten davon auf fäkal-oralem Weg übertragen werden. Trinkwasser, das durch Warmblüterfäkalien (Mensch, Säugetier, Vogel) nicht verunreinigt werden kann, enthält somit auch keine dadurch verbreiteten Erreger. Sind dagegen Verunreinigungen möglich, müssen das Wasserreservoir besser geschützt und Aufbereitungsmaßnahmen (z.B. Flockung, Filtration, Desinfektion) ergriffen werden.

Bei mikrobiologischen Untersuchungen von Trinkwasser weist man daher Keime nach, die als „Indikatorkeime“ (4;5) spezifisch in hoher Anzahl in Fäkalien vorhanden sind wie *Escherichia coli*, Enterokokken sowie (eingeschränkt) *Clostridium perfringens* (Tab. 3 und 4).

Weitere Verunreinigungsmöglichkeiten können über Koloniezahlbestimmungen sowie über Coliforme oder *Flexibacter*-Keime nachgewiesen werden. Bei der üblichen Routineuntersuchung gilt Trinkwasser dann als einwandfrei, wenn in 100 ml Probe *E. coli* und Coliforme nicht nachweisbar sind. Für die Koloniezahlwerte in je 1 ml Probe gilt, dass keine anormale Veränderung auftreten sollte, wobei am Zapfhahn bei 22°C und bei 36°C üblicherweise nicht mehr als 100 Koloniebildner sein sollten.

	Fäkalcoliforme	Enterokokken	<i>Clostridium perfringens</i>
Mensch	13.000.000	3.000.000	1.600
Hund	23.000.000	980.000.000	251.000.000
Katze	7.900.000	27.000.000	25.100.000
Maus	330.000	7.700.000	<1
Rind	230.000	1.300.000	200
Schwein	3.300.000	84.000.000	3.980
Schaf	16.000.000	38.000.000	199.000
Pferd	12.600	6.300.000	<1
Ente	33.000.000	54.000.000	-
Huhn	1.300.000	3.400.000	250
Truthahn	290.000	2.800.000	-

Tabelle 3: durchschnittliche Anzahl verschiedener Fäkalbakterien je Gramm Faeces; Aufstellung nach (6)

<i>Escherichia coli</i>	Wasserverunreinigung mit frischen Fäkalien von Warmblütern
Coliforme Bakterien	Verunreinigung mit älteren Warmblüterfäkalien sowie allgemein Hinweis auf Verunreinigbarkeit
Enterokokken / (Fäkalstreptokokken)	Bestätigung und Hinweis auf fäkale Verunreinigung (vermehrt bei Tieren) (aber auch Wachstum in organischem Material!)
<i>Clostridium perfringens</i>	möglicherweise länger zurückliegende fäkale Verunreinigung; Cryptosporidienhinweis?? (wenig aussagekräftiger Indikatorkeim)
Koloniezahlwerte	Beeinflussung durch Oberflächenwasser oder obere Bodenschicht; Stagnationswasser; Rohrnetzverkeimung; Korrosion
(Keime der <i>Flexibacter/Sporocytophaga</i> Gruppe)	Hinweis auf mangelhafte Bodenfilterwirkung

Tabelle 4: Bedeutung der Indikatorkeime bei Trinkwasser

2.1 Ergebnisse mikrobiologischer Trinkwasseruntersuchungen in Südbayern

In den Abbildungen 1 und 2 sind die mikrobiologischen Ergebnisse von Trinkwasserproben in Südbayern in den Jahren 1993 bis 2002 wiedergegeben, wobei pro Jahr zwischen 3343 und 4720 Proben aus Zentralen Versorgungsungen und zwischen 555 und 1372 Proben aus Einzelwasserversorgungsungen anfielen.

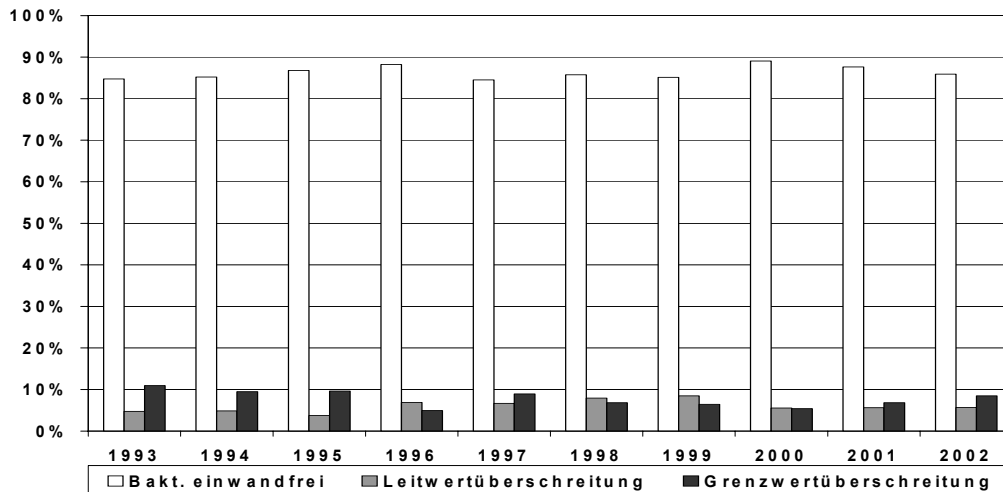


Abbildung 1: Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse von Proben aus Zentralwasserversorgungsungen in Südbayern (Grenzwertüberschreitung: *E. coli*, Coliforme, gelegentlich Fäkalstreptokokken; Leitwertüberschreitung: erhöhte Koloniezahlen, gelegentlich *Flexibacter*-Gruppe).

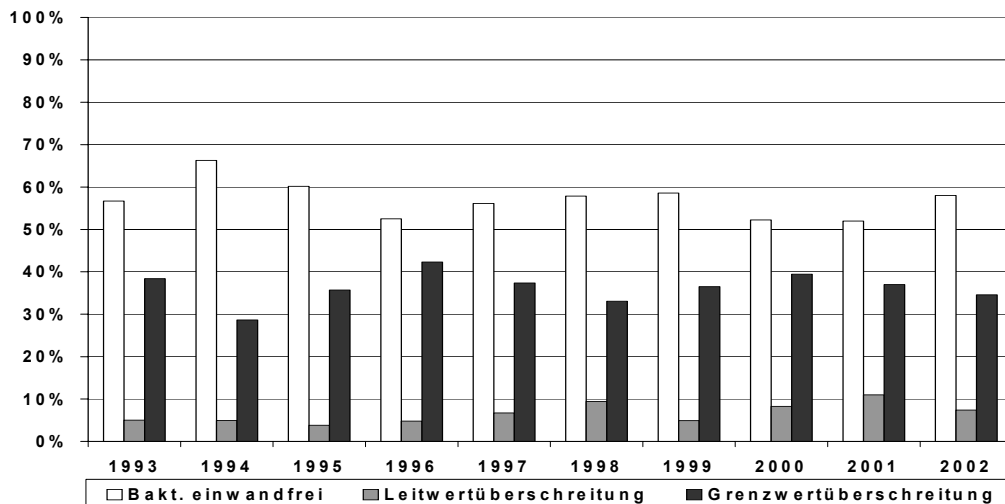


Abbildung 2: Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse von Proben aus Einzelwasserversorgungsungen in Südbayern (Grenzwertüberschreitung: *E. coli*, Coliforme, gelegentlich Fäkalstreptokokken; Leitwertüberschreitung: erhöhte Koloniezahlen, gelegentlich *Flexibacter*-Gruppe).

Hierbei handelte es sich überwiegend um Proben, die im Rahmen der amtlichen Überwachung durch die Gesundheitsämter zur Untersuchung an das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit eingesandt worden sind. Die Untersuchungen fanden hierbei noch nach der TrinkwV a.F. (7) statt.

Vor allem in den Sommermonaten wird die Bodenstruktur und damit die Filterwirkung durch Austrocknung mit Rissebildung gestört, so dass dann Bakterien aus Fäkalien bei Regenfällen erleichtert eingeschwemmt werden können. Grenzwertüberschreitungen mit *E. coli* und Coliformen konnten dann als monatliche Höchstwerte in bis zu jeder 2. Probe aus Einzelwasserversorgungen und in bis zu jeder 5. Probe aus Ortswasserversorgungen nachgewiesen werden. Im Jahr 2003 änderte sich mit Gültigwerden der TrinkwV 2001 auch die mikrobiologische Untersuchungsmethode zum Nachweis von *E. coli* und Coliformen. Durch Erweiterung des Coliformenspektrums über die bisher erfassten „klassischen Coliformen“ mit Laktoseverwertung unter Gas- und Säurebildung hinaus auf anaerogene Coliforme und β -Galaktosidase-positive Enterobakterien kommt es zu einem Anstieg bei den zu beanstandenden Proben. Der Jahresdurchschnittswert ist nunmehr fast so hoch wie der monatliche Höchstwert bei Beanstandungen nach der alten Methodik.

3. EHEC – neue Krankheitserreger im Trinkwasser

Neue Krankheitserreger sind verotoxinbildende *Escherichia coli* (VTEC), die auch als enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC) bezeichnet werden (8). Diese bilden vergleichbare Toxine wie der Ruhrerreger *Shigella dysenteriae*. Die Aufnahme von lediglich 10 - 100 Keimen kann bereits zu Erkrankungen führen. Beim Menschen dominieren wässrige Durchfälle mit Erbrechen, wobei auch Blutbeimengungen im Stuhl und Bauchkrämpfe vorhanden sein können. In bis zu 10% der Fälle kann es zum durch Anämie und akutem Nierenversagen gekennzeichneten hämolytisch-urämischen Syndrom (HUS) kommen, das in 5–10% der Fälle tödlich verläuft. Weitere bei diesen Bakterien vorhandene Pathogenitätsfaktoren wie Intimin (*eaeA*) und Enterohämolysin (*hly*) können die Wirkung verstärken. Die erstmals 1982 bei in den USA isolierten EHEC sind inzwischen weltweit verbreitet. Mittlerweile spielt nicht nur der hochvirulente Serotyp O157 beim Menschen eine Rolle. Bei Erkrankungen wird bereits eine Vielzahl von unterschiedlichen Serotypen nachgewiesen, die nach Gentransfer derartige Toxine bilden können (9). Die Übertragung findet durch Lebensmittel wie z.B. Rinderhackfleisch, Salami, Mettwurst, Rohmilch und ähnliche statt. Auch Trink- und Badewasser sind Infektionsquellen. Im Jahr 2000 kam es durch EHEC in Walkerton in Kanada zu einer Trinkwasserepidemie, bei der 2300 von 6000 versorgten Personen mit schweren Durchfällen erkrankten und 18 daran starben. Neben Mensch-zu-Mensch-Infektketten sind auch direkte Tier-Mensch-Kontakte als Übertragungswege möglich, beispielsweise in Streichelzoos oder bei Besuchen landwirtschaftlicher Betriebe. Wiederkäuer, vor allem Rinder, aber auch Schafe und Ziegen, werden als ein Hauptreservoir für VTEC/EHEC angesehen. Von Pferden, Schweinen, Hunden, Katzen, Rehen und Gamsen konnten EHEC, wenn auch seltener, ebenfalls isoliert werden (8). Ab 1997 wurden auch Trinkwasserproben in Südbayern mit dem Nachweis von *E. coli* zusätzlich auf EHEC untersucht (Tab. 5).

Probenherkunft	Jahr	Anzahl der untersuchten Proben	<i>E. coli</i> -positive Proben*	davon EHEC positiv**	insgesamt EHEC positiv***
Trinkwasser aus Einzelwasserversorgungen	1998	814	150 (18,4 %)	2 (1,3%)	2 (0,25 %)
	1999	715	159 (22,2 %)	9 (5,7 %)	9 (1,26 %)
	2000	555	137 (24,7 %)	18 (13,1 %)	18 (3,24 %)
	2001	584	110 (18,8 %)	14 (12,7 %)	14 (2,4 %)
	2002	703	151 (21,5 %)	13 (8,6 %)	13 (1,85 %)
Trinkwasser aus Zentralwasserversorgungen	1998	3914	85 (2,2 %)	0	0
	1999	4473	108 (2,4 %)	2 (1,9 %)	2 (0,045 %)
	2000	4040	66 (1,6 %)	3 (4,5 %)	3 (0,074 %)
	2001	4638	99 (2,1 %)	5 (5,1%)	5 (0,108%)
	2002	4488	155 (3,5 %)	6 (4 %)	6 (0,134 %)

*) Anzahl positiver Proben mit *E. coli* an der Gesamtanzahl der untersuchten Proben

**) Anzahl EHEC-positiver Proben (*Shiga-Toxin-Gen-Nachweis positiv*) gemessen an der Anzahl *E. coli*-haltiger Proben

***) Anzahl EHEC-positiver Proben gemessen an der Gesamtanzahl

Tabelle 5: EHEC-Nachweise bei mit *Escherichia coli* belasteten Trinkwasserproben

EHEC-Isolate aus Trinkwasser 1998-2002									
Serotyp	Stx 1	Stx 2	hly	eaeA	Serotyp	Stx 1	Stx 2	hly	eaeA
O2:H-	+	∅	∅	∅	O113:H4	∅	+	∅	∅
O2:H2	+	∅	∅	∅	O113:H4	+	+	+	∅
O3:H-	+	∅	∅	∅	O113:H21	∅	+	∅	∅
O5:H-	+	∅	+	+	O113:H31	∅	+	∅	∅
O8:H11	+	∅	∅	∅	O116:H21	∅	+	+	∅
O8:H19	+	+	+	∅	O136:H?	+	+	∅	∅
O8:H31	∅	+	∅	∅	O153:H18	+	+	∅	∅
O15:H-	∅	+	∅	∅	O154:H20	∅	+	+	∅
O15:H16	∅	+	∅	∅	O157:H-	∅	+	+	+
O15:H31	∅	+	∅	∅	O163:H19	∅	+	+	∅
O16:H-	∅	+	+	∅	O175:H8	∅	+	+	∅
O21:H21	∅	+	+	∅	ONT:H2	+	+	+	∅
O26:H11	+	∅	+	+	ONT:H8	∅	+	∅	∅
O36:H14	∅	+	∅	∅	ONT:H14	∅	+	∅	∅
O40:H31	∅	+	+	∅	ONT:H19	+	∅	∅	∅
O55:HNT	+	∅	∅	∅	ONT:H21	∅	+	∅	∅
O74:H21	+	+	∅	∅	ONT:H24	+	∅	+	+
O74:H27	∅	+	∅	∅	ONT:H24	+	+	∅	∅
O74:H28	∅	+	∅	∅	ONT:H25	∅	+	+	+
O74:H42	+	+	+	∅	ONT:H27	∅	+	∅	∅
O82:H8	+	+	+	∅	ONT:H28	∅	+	∅	∅
O91:H10	∅	+	∅	∅	ONT:H28	+	+	+	∅
O91:H21	∅	+	+	∅	ONT:H29	∅	+	∅	∅
O91:H21	+	+	+	∅	ONT:H49	+	∅	∅	∅
O103:H2	+	∅	+	+					

Tabelle 6: Unterschiedliche EHEC-Isolate von 1998–2002 aus Trinkwasser in Südbayern (Stx 1/2: Shigatoxin 1/2; hly: Enterohämolysin; eaeA: Intimin; NT: unbekanntes Antigen).

Derartige Keime konnten 1997 in Südbayern noch nicht nachgewiesen werden und wurden erstmals 1998 aus Proben von Einzel- und 1999 von Ortswasserversorgungen isoliert. Besonders häufig war der EHEC-Nachweis in Karst- und Kluftwässern der Alpenregion. Unter den zahlreichen isolierten Serotypen befanden sich auch die bei HUS isolierbaren Varianten O26:H11, O91:H21, O103:H2 und O113:H4 und O157:H- (Tab. 6).

Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher EHEC-Varianten muss angenommen werden, dass jeder *E. coli*-Stamm durch Gentransfer in einen potentiellen Shigatoxin-Bildner überführbar ist (10).

4. Trinkwasserschutz – heutzutage so unverzichtbar wie zu Epidemiezeiten

Die weite Verbreitung neuer Krankheitserreger wie EHEC in der Umwelt stellt ein Gefahrenpotenzial dar, das im Zusammenhang mit Trinkwasser als ernsthaftes Problem zu betrachten ist. Auch thermophile *Campylobacter*-Stämme, die als zweithäufigster bakterieller Durchfallserreger nach Salmonellen beim Menschen zu Erkrankungen führen, findet man in bis zu 20% der Rinderkotproben (11). Damit sind sie dort fast so häufig wie EHEC nachweisbar, die mittlerweile aus jeder dritten Rinderkotprobe isoliert werden können (12). Trinkwasser kann mit akzeptabler hygienischer Qualität in mikrobiologischer Hinsicht nur dann gewonnen werden, wenn es aufgrund seiner Untergrundpassage von eventuell eingebrachten Krankheitserregern wieder frei ist, und wenn es darüber hinaus aufgrund einer angemessenen Filtrationsschicht von oben oder von seitwärts nicht verunreinigt werden kann. In dieser Hinsicht sind Wasserversorgungen in Karstgebieten sowie mit Kluftwasserleitern oder Porenwasserleitern mit geringer Bodenüberdeckung als gefährdet einzustufen. Erst bei einer Bodenüberdeckung mit guter Filterwirkung (z.B. Sand im Gegensatz zu Kies oder Gestein) kann man davon ausgehen, dass Grundwasser bei ungestörtem Profil aus mehr als 6 m Tiefe bakteriologisch einwandfrei ist (13). Zudem muss ein angemessenes Schutzgebiet vorhanden sein. Neben einem durch Einzäunung gesicherten Fassungsgebiet ist hier in Hinblick auf Krankheitserreger insbesondere die engere Schutzzone oder Zone II wichtig. So wird die Fläche bezeichnet, in der das Grundwasser von der äußeren Begrenzung eine Mindestfließzeit von 50 Tagen bis zur Wasserfassung hat. Nach dem DVGW–Arbeitsblatt W 101 (14) stellen die Anwendung von Wirtschaftsdünger (Gülle, Jauche, Festmist) und Silagesickersaft, die Beweidung und die Errichtung und Erweiterung von Jauche- und Güllebehältern, von Dungstätten oder Gärfuttermilchsilos in der Zone II Gefährdungen dar und sind in der Regel nicht tragbar. Diese Ver- und Gebote sollen die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser von guter Qualität gewährleisten, so dass die in den Abb. 1 und 2 sowie in Tab. 5 aufgezeigten Verunreinigungen auch in dieser Hinsicht Anlass zu einer Überprüfung auf die Einhaltung der Vorschriften im Schutzgebiet sein sollten. Wenn überhaupt, dürfte organischer Wirtschaftsdünger in der engeren Schutzzone nur noch nach einem Hygienisierungsschritt mit akzeptabler Eliminierung von Krankheitserregern und anderen Fäkalkeimen und der Gewähr, nicht wieder zu verkeimen, ausgebracht werden. Ein diesbezügliches Pilotprojekt mit einer entsprechend konzipierten Biogasanlage wird derzeit in Rosenheim durchgeführt.

Als Sofortmaßnahme bei seuchenhygienischer Gefährdung (Indikatorbakterien-Nachweis von *E. coli* oder auch Enterokokken) ist in einem Abkochgebot die wirksamste Abhilfemaßnahme zu sehen. Früher wurde das Wasser 10 min lang gekocht, da dann auch die hitzeempfindlichen Milzbrandsporen abgetötet worden sind. Diese gelangten unter anderem auch über Gerbereien ins Wasser, da es damals unvermeidlich war, dass dort auch an Milzbrand erkrankte Tiere verarbeitet wurden. Durch Abkochen können jedoch die Sporen von Clostridien (Gasbrand, Tetanus, Botulismus) nicht abgetötet werden. Alle anderen Erreger wie Viren, typische bakterielle Seuchenerreger und Einzeller werden jedoch schon bei 80°C innerhalb einer Minute inaktiviert. Deshalb genügt es, solange zu erhitzen, bis das Wasser kräftig aufsprudelt. Da das Abkochen meist nur wenige Tage zuverlässig von den Betroffenen durchgeführt wird, ist es auch nur zur Überbrückung einsetzbar, bis andere Maßnahmen wie Chlorung, Spülung, Verbundanschluss greifen. Die für Trinkwasser zulässigen üblichen Desinfektionsverfahren sind jedoch nur begrenzt wirksam (15; Tab. 7).

	Verfahren:				
	Chlorung	(Ozonung)	UV-Be- strahlung	Thermische Desinfektion	Filtration
Einzelvorkommend:					
Viren	+/-	+	+	+	+
Bakterien	+	+	+	+	+
(Bakt.- sporen)	-	-	-	-	+
Parasiten	-	-	-	+	+
Würmer	-	-	-	+	+
In Aggregaten, Biofilmen oder in Partikeln vorkommend:					
Viren	-	-	-	+	+
Bakterien	-	-	-	+	+
(Bakt.- sporen)	-	-	-	-	+
Parasiten	-	-	-	+	+
Würmer	-	-	-	+	+

Bei üblicher Anwendung: +: wirksam; +/-: fraglich wirksam; -: in der Regel unwirksam

Tabelle 7: Möglichkeiten zur Abtötung, Inaktivierung oder Eliminierung bei seuchenhygienischer Gefährdung des Trinkwassers

Durch UV-Bestrahlung wie auch mittels Chlorung werden zwar einzeln vorliegende vegetative Bakterien abgetötet, nicht mehr jedoch aggregierte Keime oder solche in Wuchsbelägen. Viren werden noch gut mit UV erfasst, sind jedoch zunehmend unempfindlich gegenüber der Chlorung. Das Norwalkvirus, das vermutlich am häufigsten für wasserbedingte Virusinfektionen verantwortlich ist, übersteht selbst noch Konzentrationen von 10 mg freiem Chlor pro Liter (16). So gut wie nicht beeinflusst werden Parasitendauerformen und Bakteriensporen. Man kann jedoch annehmen, dass Aggregate und Einzeller nur vernachlässigbar gering in Wässern vorhanden sind, die nicht zu Eintrübungen neigen und bei denen die Trübung auf Dauer nicht über 0,2 FNU ansteigt. Insofern sind Dauerdesinfektionsmaßnahmen ohne einen zusätzlichen Aufbereitungsschritt auch nur für diese klaren Wässer als geeignet zu bezeichnen (15). Anderenfalls ist die Vorschaltung einer entsprechend wirksamen Filtration zu erwägen (17). Das UBA gab Empfehlungen, ab wann solche erweiterten Maßnahmen in Frage kämen (18).

Literatur

1. **Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001** (Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001)). BGBl. I: (2001) 959-980
2. **Schoenen, D.:** Die hygienisch-mikrobiologische Beurteilung von Trinkwasser. gwf Wasser/ Abwasser 137 (1996) 72-82
3. **Schindler, P.R.G.:** Hygienische Beurteilung der Gewässer. In: S.H. Pfeiff (Hrsg.): ATV-Handbuch: Verlag Ernst & Sohn, Planung der Kanalisation, 4. Auflage, Punkt 6.1. (1994) 145-159
4. **Bonde, G.J.:** Bacterial indication of water pollution. Adv. Aquatic Microbiol. 1 (1977) 273-364
5. **Exner, M. und Tuschewitzki, G.-J.:** Indikatorbakterien und fakultativ-pathogene Mikroorganismen im Trinkwasser. Hyg.+ Med. 12 (1987) 514-521
6. **Geldreich, E.E.:** Bacterial populations and indicator concepts in feces, sewage, stormwater and solid wastes. In: Berg, G. (ed.), Indicators of viruses in water and food. Ann Arbor Science, Ann Arbor, Mich. (1978) 51-97
7. **Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe** (Trinkwasserverordnung - TrinkwV). BGBl. I: (1990) 2613-2629
8. **Merkblatt für Ärzte:** EHEC-Infektionen. Aktualisiert: Juli 2001; Erstveröffentlichung im Bundesgesundheitsblatt 06/1997: <http://www.rki.de/INFEKT/INFEKT.de>
9. **Huber, H. Ch., Kugler, R. und Liebl, B.:** Infektionen mit enterohämorrhagischen Escherichia coli (EHEC) – Ergebnisse einer epidemiologischen Erhebung in Bayern für den Zeitraum April 1996 bis März 1997. Gesundh.-Wes. 60 (1998) 159-165
10. **Schindler, P.R.G., Elmer-Englhard, D. und Huber, H.Ch.:** Überwachung der Badegewässer in Südbayern unter Berücksichtigung aktueller Krankheitserreger. Münchn. Beitr. Abw.-, Fisch.- u. Flußbiol. 55 (2003) 41-60
11. **Wundt, W. und Kasper, G.:** Enterocolitis durch *Campylobacter fetus* subsp. *jejuni* – Epidemiologie und Seuchenhygiene unter besonderer Berücksichtigung des Bundesseuchengesetzes und amtsärztlicher Maßnahmen. Öff. Gesundh.-Wes. 44 (1982) 357-360
12. **Weber, A., Klie, H., Richter, H., Gallien, P., Timm, M. und Perlberg, K.-W.:** Über die derzeitigen Probleme zum Auffinden von Infektionsquellen und Infektionsketten beim enterohämorrhagischen *E. coli* (EHEC). Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 110 (1997) 211-213
13. **Borneff, J.:** Hygiene – Ein Leitfaden für Studenten und Ärzte. Georg Thieme Verlag, 2. Auflage, (1974)
14. **DVGW-Arbeitsblatt W 101:** Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser. (1995)
15. **1. Änderungsmitteilung zur Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß §11 Trinkwasserverordnung 2001. Stand Januar 2003:** Bundesgesundhbl–Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 46 (2003) 254-261
16. **Keswick, B.H., Satterwhite, T.K., Johnson, P.C., DuPont, H.L., Secor, S.L., Bitsura, J.A., Gary, G.W. and Hoff, J.C.:** Inactivation of Norwalk virus in drinking water by chlorine. Appl. Environ. Microbiol. 50 (1985) 261-264
17. **Günther, F.W. u.a. :** Einsatz der Ultrafiltration zur Trinkwasseraufbereitung von trübstoffhaltigen und mikrobiologisch belasteten Karst-, Kluft- und Quellwässern. Mitteilungen / Institut für Wasserwesen der Univ. d. Bundeswehr München, Heft 76 (2002)
18. **Empfehlung des Umweltbundesamtes:** Empfehlung zur Vermeidung von Kontaminationen des Trinkwassers mit Parasiten. Bundesgesundhbl–Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 44 (2001) 406-408

Stand: März 2004

Autor: Dr. Peter Schindler, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit; Beitrag im Rahmen des FLUGS-Seminars „Wasser – Reservoir des Lebens. Aktuelle Fragen zu Wasserversorgung und –hygiene“ (6.Oktober 2003, Nürnberg)

Redaktion: Gabriele Behling / FLUGS